

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



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

Mémoire de Fin d'Etudes De MASTER ACADEMIQUE

Domaine : **Sciences et Technologies**

Filière : **Electronique**

Spécialité : **Electronique Industrielle**

Présenté par

Redouane IGHIL

Abdenour FETTOUHI

Thème

Conception et réalisation d'un contrôleur
de température automatique par carte
Arduino avec un GSM

Mémoire soutenu publiquement le/...../ 20..... devant le jury composé de :

M Yacine MOHIA

Grade, Lieu d'exercice, Promoteur

M Prénom NOM

Grade, Lieu d'exercice, Président

M Prénom NOM

Grade, Lieu d'exercice, Examineur

M Prénom NOM

Grade, Lieu d'exercice, Examineur



Introduction Générale

Introduction générale

Depuis l'invention du premier appareil électronique en 1904 (tube de Fleming), l'électronique a connu des progrès considérables et exceptionnels dans presque tous les domaines. Elle est devenue un outil indispensable dans notre vie au quotidien.

Notre Domaine consiste et travaille notamment sur la miniaturisation de ses appareils sans perdre leur fonctionnalité d'origine, C'est dans ce contexte que se situe ici le travail présenté. Dans cet article dédié à la réalisation de régulateur numérique de température avec un model GSM (Global System for Mobile communication) [1].

Les régulateurs numériques de température sont des dispositifs essentiels pour le control précis de la température dans divers environnement et application. Ils utilisent des technologies numériques pour surveiller et ajuster la température. Les thermomètres électroniques sont des dispositifs modernes utilises pour mesurer la température corporelle ou environnementale avec précision et rapidité. Ils se déclinent en plusieurs types, chacun ayant ses propres caractéristique et applications. Dans le cadre de notre recherche, on nous a demandé d'entreprendre un projet afin d'améliorer nos connaissances et notre capacité à travailler dans le domaine de l'électronique. Le but de ce projet est d'implémenter un thermomètre numérique basé sur une carte ARDUINO et une électronique capable d'effectuer la mesure et la surveillance de la température et de l'afficher sur un écran LCD, et Transmettre systématiquement la valeur de la température à l'utilisateur par le biais d'un modèle GSM afin qu'il soit informé des modifications qui se produisent.

Notre projet est divisé en trois chapitres :

- Le chapitre 1, l'exploitation des capteurs de températures et un aperçu sur les cartes Arduino.
- Le chapitre 2, partager et expliquer les blocs utilisés et effectuera des recherches approfondies sur eux.
- Le chapitre 3, présenté la simulation de la conception de notre circuit électronique pour le contrôle et la mesure de la température.
- Conclusion générale



Chapitre I :

Généralités sur les capteurs de
Température et les cartes

I.1 Introduction

Nous vivons aujourd'hui dans un monde complètement numérisé et cela grâce à l'électronique. Parlant de l'électronique, c'est grâce à ses capteurs qui ont amélioré et facilité les tâches pour l'humanité, cette dernière qui a connu des avancées géantes dans divers domaines technologiques tels que l'industriel.

Les capteurs jouent un rôle essentiel dans la collecte des données environnemental et physiologique ; nous alertant en cas d'incendie ou de fumée, nous ouvrent la porte dès qu'on s'approche, règlent automatiquement la température de la maison... Tous ses tâches mentionnées et de nombreuses autres taches est devenues faciles à mettre sur le terrain grâce aux capteurs. Et ici nous allons apprendre davantage sur les capteurs en général et sur les capteurs de températures en particulier, puis en parle.

I.2 Unités de mesure de la température

Il existe plusieurs unités de mesure de température ; ils constituent une méthode fiable et polyvalente pour identifier les différences de température corporelle ou d'un objet, chacune avec ses avantages et ses inconvénients. Les unités les plus utilisées sont le degré Fahrenheit, le degré Celsius, le Kelvin, le Rankine et Le Réaumur [2].

I.2.1. Échelle Celsius (°C)

En 1741, le physicien Andres Celsius choisi de prendre pour référence :

- L'ébullition de l'eau pour le point haut
- La congélation de l'eau pour le point bas

Il divise son échelle en 100 intervalles, qu'il appelle " degré Celsius " (°C), démarrant de zéro pour le point haut et 100 pour le point bas (pour lui, l'eau se transformait en glace à 100 °C).

Ensuite, ont inversé son échelle pour obtenir celle qu'on utilise actuellement : l'eau se transforme en glace à 0 °C et bout à 100 °C.

I.2.2 Échelle Fahrenheit (°F)

Le physicien allemand Daniel Fahrenheit (1686-1736) invente le thermomètre a mercure et définit son échelle de température.

Il utilise une échelle de température prenant pour référence :

- Un mélange eau-glace-sel a l'équilibre pour le point bas
- L'ébullition de l'eau pour le point haut

Et pour que la température du corps humain soit 100 °F dans son échelle, il décide que le point bas sera 32 °F et le point haut 212 °F.

I.2.3 Échelle Kelvin (K)

Les lois de la thermodynamique nécessitent une limite inférieure absolue de température. Une échelle de température doit être créée avec une limite inférieure théorique infranchissable.

Le physicien anglais Lord Kelvin (1824-1907), suggère donc d'utiliser une échelle de température ou le zéro en dessous duquel on ne peut pas descendre : "le zéro absolu". Et les physiciens connaissent cette température infranchissable : c'est $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$, la température à laquelle plus rien ne bouge dans l'atome.

I.2.4 Réaumur ($^{\circ}\text{Ré}$)

En 1730, René de Réaumur introduit la gamme Réaumur. Ses points de référence sont le point de congélation de l'eau, 0°Re , et le point d'ébullition de l'eau, 80°Re .

I.2.5 Rankine ($^{\circ}\text{R}$ ou $^{\circ}\text{Ra}$)

En 1859 L'Écossais William Rankine a introduit pour la première fois l'échelle de Rankine. Comme l'échelle Kelvin, le point de référence de l'échelle Rankine est le zéro absolu à 0°R . Rankine a la même taille que Fahrenheit, mais zéro est très différent. Le point de congélation de l'eau est égal à $491,67^{\circ}$ Rankine.

La formule de conversion des mesures de température d'une unité à une autre est représentée dans le tableau (I.1) suivant :

DE/EN	EN $^{\circ}\text{C}$	EN $^{\circ}\text{F}$	EN $^{\circ}\text{K}$	EN $^{\circ}\text{Re}$	EN $^{\circ}\text{Ra}$
DE $^{\circ}\text{C}$	1	$T(^{\circ}\text{C}) \times 1.8 + 32$	$T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$	$(T(^{\circ}\text{C})+273.15) \times 1.8$	$T(^{\circ}\text{C}) \times 0.8$
DE $^{\circ}\text{F}$	$(T(^{\circ}\text{F}) - 32)/1.8$	1	$(T(^{\circ}\text{F})-32)/1.8$	$T(^{\circ}\text{F}) + 459.67$	$(T(^{\circ}\text{F}-32) \times 4/9)$
DE $^{\circ}\text{K}$	$T(^{\circ}\text{K}) - 273.15$	$T(^{\circ}\text{K}) \times 1.8459.67$	1	$T(^{\circ}\text{K}) \times 1.8$	$(T(^{\circ}\text{K})-273.15) \times 0.8$
DE $^{\circ}\text{Re}$	$(T(^{\circ}\text{Ra})-491.67)/1.8$	$T(^{\circ}\text{Ra}) - 459.67$	$T(^{\circ}\text{Ra}) / 1.8$	1	$(T(^{\circ}\text{Ra})-491.67) \times 4/9$
DE $^{\circ}\text{Ra}$	$T(^{\circ}\text{Ré}) / 0.8$	$T(^{\circ}\text{Ré}) \times 9/4 + 32$	$T(^{\circ}\text{Ré}) \times 1.25 + 273.15$	$T(^{\circ}\text{Ré}) \times 9/4 + 273.15$	1

Tableau I.1 : Formule pour convertir entre différentes unités de mesure de la température.

I.3 Définition d'un capteur

Un capteur est un dispositif essentiel dans les systèmes de détection, utilisé pour mesurer et détecter des variables spécifiques dans un environnement donné.

Un capteur a pour fonction la conversion d'une grandeur physique en une grandeur électrique pouvant être exploitable dans une chaîne de mesure.

I.4 Structure d'un capteur

Tout capteur est composé de deux parties :

- L'une directement sous l'influence de la grandeur à détecter ou à interpréter (corps d'épreuve)
- L'autre relative à la mise en forme et à la transmission de la formation vers la fonction traitement (élément sensible).

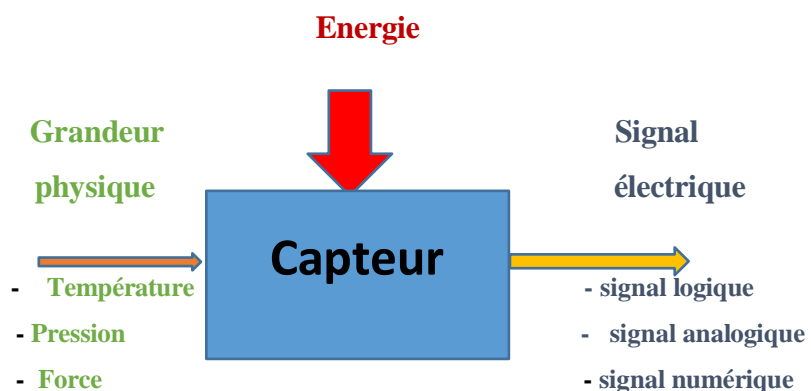


Figure I.1 : Structure d'un capteur

I.5 Classification des capteurs

Les capteurs de températures sont classés selon :

- **Apport énergétique** : soit être un capteur actif ou capteur passif
- **Capteurs passifs** : ce sont des capteurs qui ne nécessitent pas de source d'énergie pour fonctionner, leur fonctionnement dépend des phénomènes naturels ou des conditions précises pour générer un signal.

Par exemple, un capteur thermocouple mesure la différence de température entre deux métaux différents. Puis il génère une tension proportionnelle à la température.

Les capteurs passifs sont simples peu coûteux et fiable par contre leurs précision, sensibilité et ça portée sont limitée. Ils ont conseiller pour les applications qui ne nécessitent pas une grande précision.

- **Capteurs actifs** : ce sont des capteurs qui ne fonctionnent qu'avec la présence d'une source d'énergie :

Ils émettent activement un signal et mesurent sa réponse à l'environnement. Par exemple, un capteur ultrason émet une onde sonore et mesure le délai de l'intensité de l'onde réfléchi pour détecter la distance et la forme des objets.

Les capteurs actifs, ce sont plus complexe, plus couteux mais ils ont une précision, une sensibilité et une portée plus élevées, ils conviennent aux applications qui exigent une grande précision [3].

➤ **Type de détection :**

- Détection de contact où le capteur doit être en contact physique avec le phénomène pour le détecter.
- Détection sans contact où le capteur détecte un phénomène proche de lui.

➤ **Type de sortie :** Le capteur et son régulateur peuvent également être classés par type de sortie :

- Capteur logique
- Capteur analogique
- Capteur numérique

I.5.1 Signal logique : Capteurs logiques ou dits capteurs tout ou rien (TOR), le signal en sortie de ce capteur est de type logique : il ne prend que deux niveaux ou deux état (vrai ou faux) qui s'affichent par rapport au franchissement des deux valeurs [4].

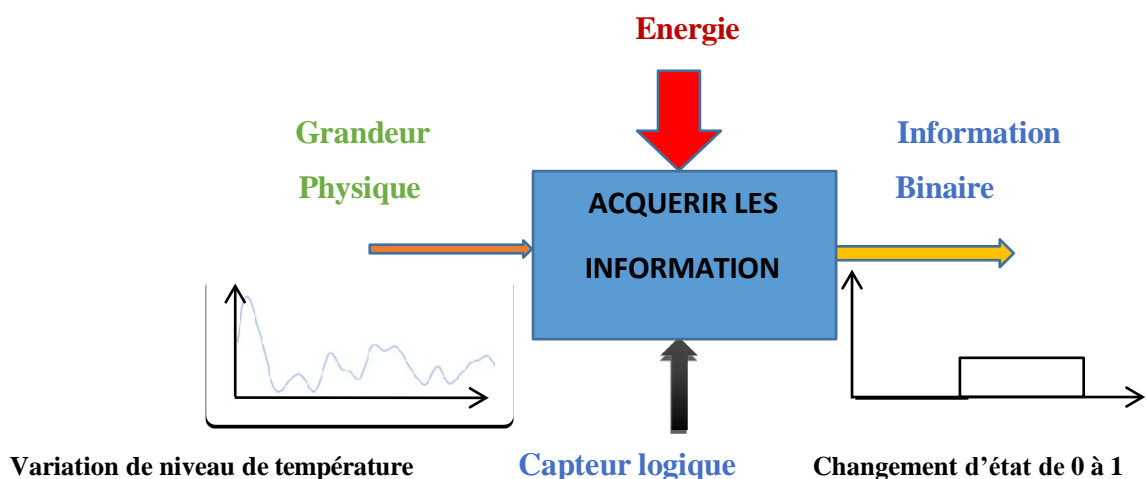


Figure I.2: Structure d'un capteur logique

Les signaux logiques ne prennent que deux états (valeurs) de niveau haut et de niveau bas. Les deux états de liaison sont généralement représentés par une seule charge. La tension est la plus courante, mais le courant est utilisé dans certains cas. Dans le cas de la tension, cette région est définie pour indiquer si l'on a action à une tension de niveau haut (1 logique) ou à un niveau bas (0 logique).

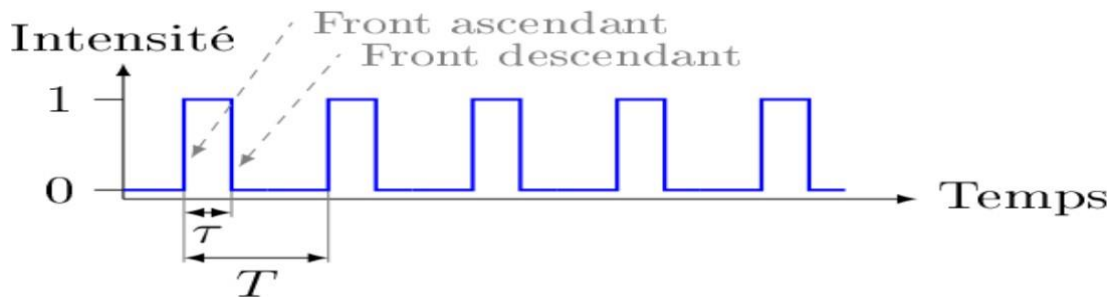


Figure I.3 : signal logique en fonction de temps

I.5.2 Signal analogique : Les capteurs analogiques transmettent un signal analogique qui est une forme d'onde continue qui évolue au fil du temps. Cela signifie qu'il peut prendre un nombre infini de valeurs dans une plage donnée, contrairement aux signaux numériques, qui ne peuvent prendre que des valeurs discrètes.

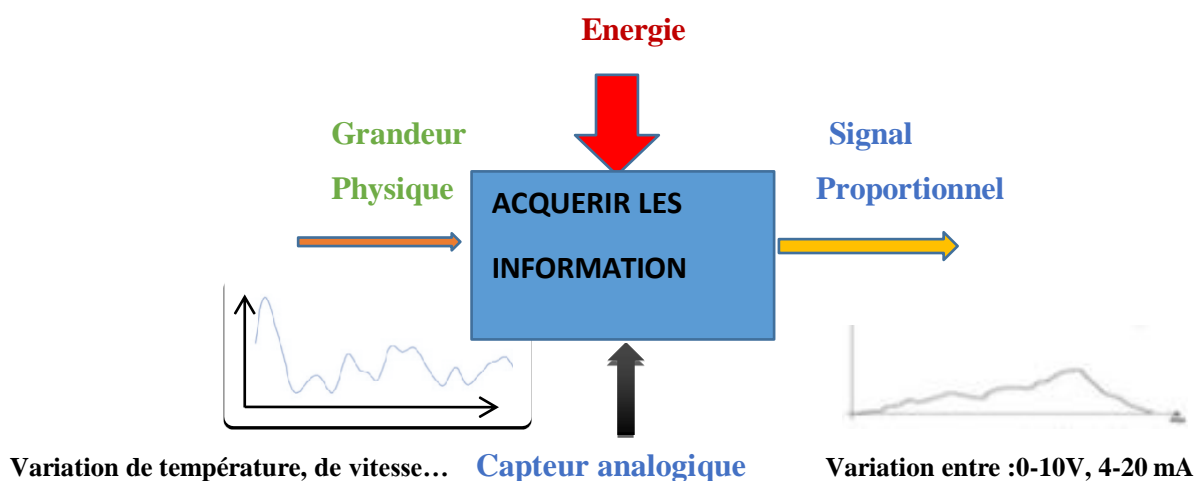


Figure I.4 : Structure d'un capteur analogique

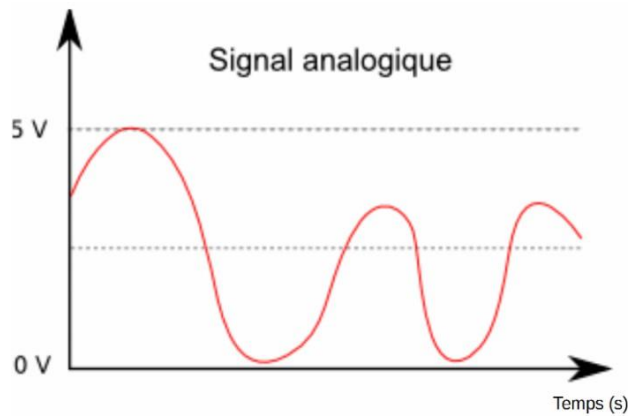


Figure I.5: Signal analogique

I.5.3 Signal numérique : Un signal électronique transmis sous forme codée binaire qui indique la présence ou l'absence de courant électrique, de niveau de tension élevés et faible ou de courtes impulsions d'une fréquence spécifique. Par rapport aux signaux analogiques, la transmission basée sur la technologie numérique offre des textes, des images et du son de meilleure qualité, ainsi que des fonctions supplémentaires.

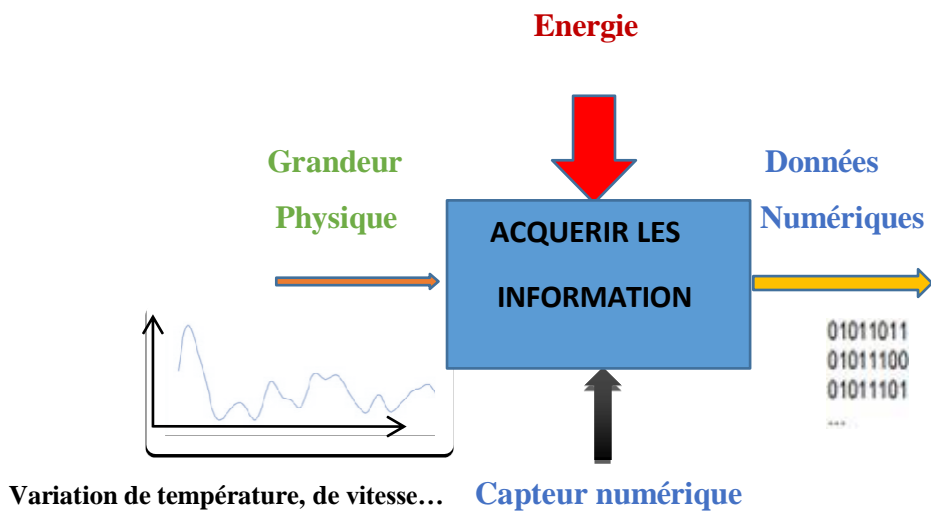


Figure I.6 : Schéma d'un capteur numérique

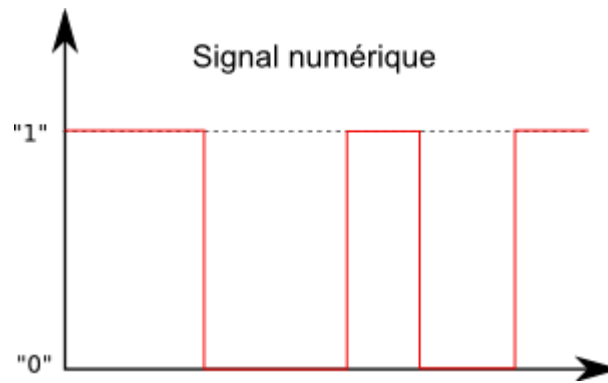


Figure I.7 : Signal numérique

I.6 Chaîne de mesure

C'est un ensemble d'éléments nécessaires pour comprendre les valeurs des paramètres physiques d'un système.

La structure de base de la chaîne de mesure comprend au moins trois étapes :

- Des capteurs sensibles aux variations de grandeurs physiques et transmettant des signaux en fonction de ces variations.
- Les conditions de signal dont la fonction principale est d'amplifier le signal du capteur à un niveau compatible avec l'affichage ou l'unité d'abonné ; parfois, des filtres peuvent être intégrés à ce stade pour réduire les interférences avec le signal.
- Unité de numérisation qui va échantillonner le signal à intervalle régulier et affecter un nombre binaire (enregistrement, affichage de courbe, traitement mathématique, transmission des données).

Une unité d'affichage ou d'utilisation qui peut lire la valeur d'une grandeur ou l'utiliser dans le cas d'un asservissement par exemple.

Cette structure de base est présentée dans toutes les chaînes de mesure, indépendamment de la complexité et de leur nature. Aujourd'hui, avec les capacités fournies par l'électronique et l'informatique, les capteurs fournissent des signaux et la quasi-totalité des chaînes de mesure sont électroniques [5].

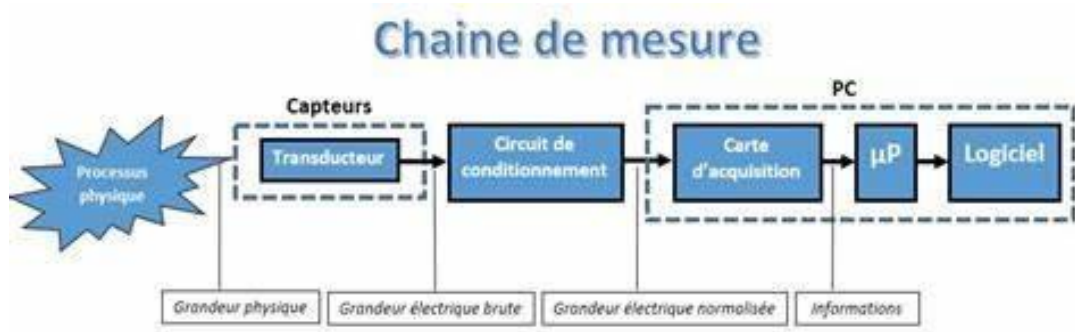
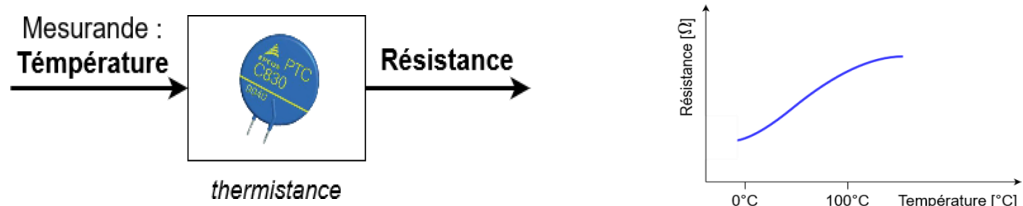


Figure I.8 : chaîne de mesure informatisée

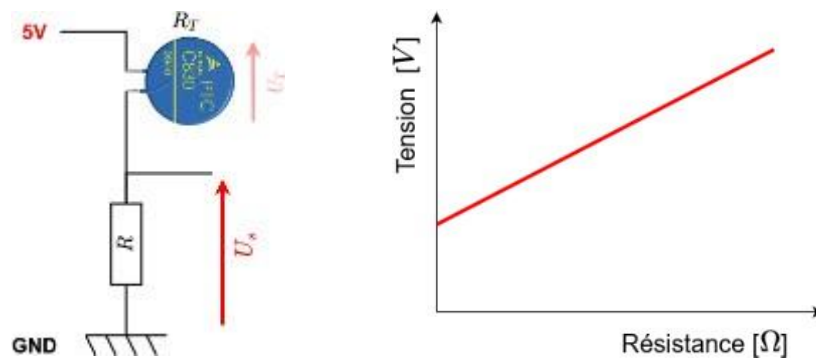
- La structure de base d'une chaîne de mesure comprend au minimum quatre étages :
 - Un capteur sensible aux variations d'une grandeur physique et qui, à partir de ces variations, délivre un signal le plus souvent électrique (courant, tension et fréquence...).

Exemple : thermistance : température a résistance électrique.



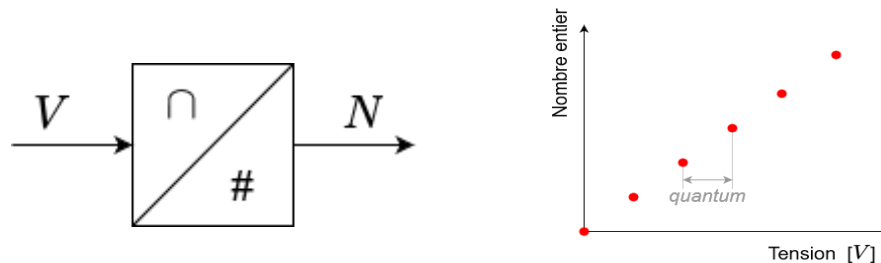
- Un conditionneur de signal dont le rôle principal est la conversion (en tension) et l'amplification du signal par le capteur pour lui donner un niveau compatible avec l'unité de numérisation ; cet étage peut parfois intégrer un filtre qui réduit les perturbations présentes sur le signal.

Exemple : conditionneur thermistance-Arduino : pont diviseur de tension avec résistance R et tension régulée 5v.



- Une unité de numérisation (carte d'acquisition intégrant un convertisseur analogique-numérique = CAN) qui va échantillonner le signal à intervalle de temps réguliers et affecter un nombre (quantifier), image de la tension, à chaque point d'échantillonnage.

Exemple : microcontrôleur L'ARDUINO : une tension entre 0V et 3.6V est convertie en nombre entre 0 et 1023.



I.7 Rôle du capteur

Le rôle d'un capteur est de convertir une grandeur physique en une grandeur disponible et convertir l'information lumineuse en un courant électrique mesurable. Les capteurs détectent des événements et fournissent des données ou des informations à d'autres appareils électroniques.

I.8 Capteur de température

Un capteur de température est un dispositif qui mesure la température et envoie des informations à un autre système. Il existe plusieurs types de capteurs de température qui utilisent des principes différents pour mesurer la température.

I.8.1 Thermocouple

Le thermocouple a été découvert pour la première fois en 1821 par Thomas Johan Seebeck. Le thermocouple est un appareil de mesure de la température, il sert à mesurer la température en un point particulier. En d'autres termes, il s'agit d'un type de capteur utilisé pour mesurer la température sous la forme d'un courant électrique. Le thermocouple se compose de deux fils de métaux différents qui sont soudés ensemble aux extrémités. La partie soudée crée la jonction où la température est utilisée pour être mesurée. La variation de température de la température de fil induit les tensions [6].

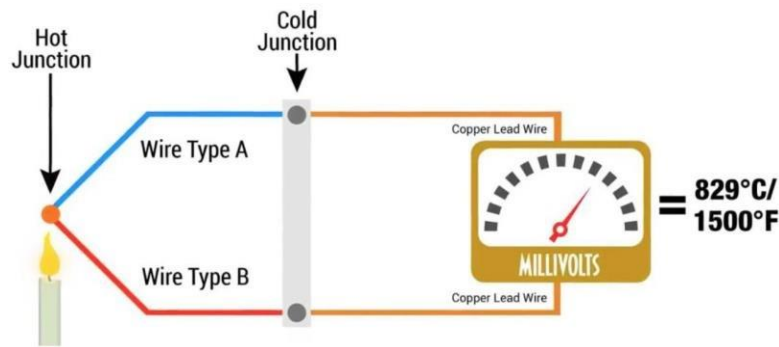


Figure I.9: Thermocouple

➤ Différents types de thermocouple

Il existe plusieurs types de thermocouples, chacun étant composé de deux métaux différents. Les types les plus courants sont les thermocouples de type J, K, T et S.

Type	Métal A (+)	Métal B (-)	Plage d'utilisation	Erreur standard
J	Fer	Constantan	0 à +750 °C	2,2% à 0,75%
K	Chrome	Alumel	-200 à 1250 °C	2,2% à 0,75%
S	Platine/Rhodium	Rhodium	0 à 1450 °C	1,5% à 0,25%
T	Cuivre	Constantan	-200 à 350 °C	1% à 0,75%

Tableau I.2 : Différent types de thermocouple.

I.8.2 Capteur de température à résistance (RTD)

Un capteur de températures RTD est un petit appareil communément utilisé à des fins de mesures de température dans une large gamme d'applications industrielles. « RTD » signifie « Résistance Température Detector » (détecteur de température à résistance). Ils sont généralement plus précis et offrent une plus grande stabilité que les thermocouples et autres sondes de température lorsqu'ils sont utilisés dans les plages de températures recommandées. Maintenant que nous avons défini ce qu'est un capteur RTD, nous allons examiner trois des types de capteur RTD les plus courants (RTD en platine, en nickel et en cuivre respectivement) et ce qui les différencie les uns des autres.

➤ RTD en platine

Les capteurs RTD en platine sont identifiés par le préfixe PT suivi d'un nombre indiquant la résistance nominale à 0 °C, par exemple pt100. Il s'agit du type de RTD le plus utilisé dans les applications industrielles et pour cause.

En effet, le platine possède une excellente résistance en corrosion, une excellente stabilité à long terme et mesure une large gamme de température (-200...+850°C).

➤ RTD en nickel

Nickel RTDs sont identifiés par le préfixe Ni suivi d'un nombre indiquant la résistance nominale à 0°C, tel que Ni120.

Ces RTDs en nickel sont moins chers que ceux en platine et présentent une bonne résistance à la corrosion. Cependant le nickel vieillit plus rapidement avec le temps et perd de sa précision à des températures plus élevées. Le nickel est limité à une plage de mesure de -80 à 260 °C.

➤ RTD en cuivre

Copper RTDs sont identifiés par le préfixe Cu suivi d'un nombre indiquant la résistance nominale à 0°C tel que Cu10. Ces RTDs en cuivre offrent la meilleure linéarité entre la résistance et la température parmi les trois types de RTD. De plus, le cuivre est un matériau peu coûteux. Cependant le cuivre s'oxyde à des températures plus élevées, le cuivre est limité à une plage de mesure de -200 à +260 °C.

Le tableau ci-dessous présente la distinction entre les trois classifications de capteurs RTD [7].

Type de RTD	Plage de mesure	Stabilité à long terme	Resis-tance à la corrosion	Resis-tance typique à 0 °C	Resis-tance typique à 100 °C	Rapport de résistance (R100-R0)/R0
Platine	-200... 850 °C	Excellent	Excellent	100Ω	138.5Ω	0.385
Nickel	-80... 260 °C	Assez bon	Bon	120Ω	200.64Ω	0.672
Cuivre	-200...260 °C	Bon	Assez bon	9.035Ω	12.897Ω	0.427

Tableau I.3 : Les différents caractères des trois capteurs RTD.

I.8.3 Thermistance

Les thermistances sont des capteurs de température qui mesurent la résistance électrique d'un matériau en fonction de la température. La résistance électrique d'une thermistance diminue ou augmente selon le type de thermistance, ce qui permet de mesurer la température en mesurant la résistance de cette dernière [8].

I.8.3.1 Types de Thermistance

Il y a deux types de thermistance CTP et CTN.

- **CTP** (Coefficient de Température Positif), sa résistance augmente avec l'augmentation de la température et diminue également avec la diminution de la température. Bien que leur utilisation soit délicate, ils sont généralement utilisés comme détecteurs de température, pour la protection des composants tels que les moteurs et les transformateurs contre l'élévation excessive de la température ou encore contre des surintensités.
- **CTN** (Coefficient de Température Négatif), possède une propriété intéressante : sa valeur ohmique diminue quand la température augmente selon la loi théorique suivante :

$$RT = R0e^{\beta(\frac{1}{T}-\frac{1}{T0})}$$

RT : Résistance a la température absolue T.

β : Constante comprise entre 2000 à 9000°K, suivant les thermistances.

R0 : Résistance a la température absolue T0.

T0 : Température absolue à laquelle R0 a été mesuré, généralement T0=273.15°K.

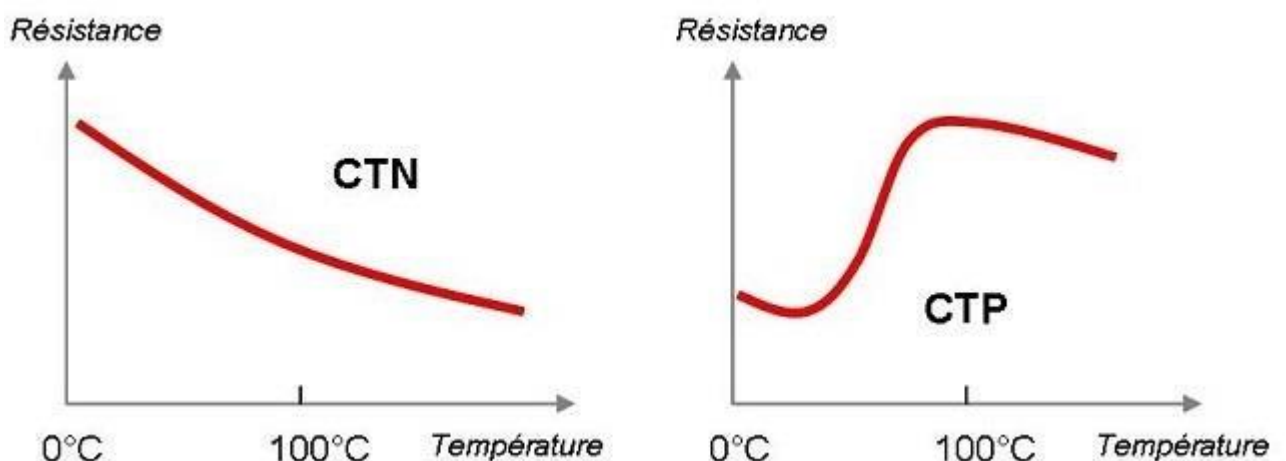


Figure I.10 : Caractéristiques typique d'une CTN et d'une CTP

- Les thermistances sont caractérisées également par leurs coefficients de température :

$$\alpha_{CTN} = \frac{\beta}{\Delta T^2}$$

$$\alpha_{CTP} = \frac{RT - R_0}{R_0 \cdot \Delta T}$$

Les CTN sont utilisées fréquemment pour les mesures et le contrôle de la température. La limitation d'impulsions transitoires, la mesure de flux de liquide, ils peuvent être utilisés dans une large gamme de températures allant de -200 à +1000°C, et elles sont disponibles en différentes versions (pastilles, disque, perle de verre, barreaux, rondelles...).



Figure I.11 : modèles de thermistance de différents diamètres

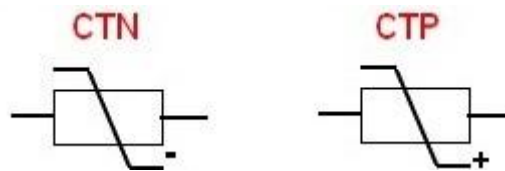


Figure I.12 : Représentation schématique

I.8.4 Capteur de température LM35

Définition : Le LM35 est un capteur de température hautement adaptable célèbre pour sa capacité à fournir une sortie de tension directement proportionnelle à la température, mesuré en degrés Celsius. Ce capteur se distingue des autres en éliminant le besoin d'une amplification de signal supplémentaire. Ses caractéristiques linéaires inhérentes et sa nature conviviale en font une option attrayante dans les projets de surveillance de température.

Un attribut important du LM35 est son facteur d'échelle précis de 0,01V / °C, ce qui garantit des lectures fiables sur une large plage de température. La conception efficace du capteur ne

nécessite que 60 μA du courant, ce qui entraîne un minimum d'auto-chauffage. Ce faible degré d'auto-chauffage renforce sa précision en empêchant des augmentations de température substantielles pendant le fonctionnement [9].



Figure I.13 : Capteur de température LM35

I.8.4.1 Pins de configuration

VCC : Broche d'alimentation positive (4... 30 V)

VOUT : Sortie analogique du capteur de température

GND : Broche de terre d l'appareil (connecter à 0V)

I.8.4.2 Principe de fonctionnement

Le noyau du capteur LM35 contient un élément sensible à la température, qui est généralement constitué de silicium ou d'un autre matériau solide présentant des caractéristiques similaires. Cet élément présente un changement linéaire de ses propriétés électriques en réponse aux variations de température. La sortie de tension analogique linéaire qui est directement proportionnelle à la température mesurée. Après, il y a un processus d'étalonnage, par lequel la relation entre la température et la tension de sortie correspondante est établie. La stabilité de la tension de l'alimentation est ce qui garantit la précision des lecteurs.

Ci-après un tableau non exhaustif qui résume les avantages et les inconvénients des thermocouples vs RTD vs thermistances vs LM35 :

	Thermocouple	RTD	Thermistance (CTN)	LM35
Avantages	Simple Robuste Très sensible Temps de réponse rapide Large plage d'utilisation Peu chers	Une plus grande précision Stabilité Durée de vie plus longue Meilleur résolution de mesure Meilleur gestion de signal	Haute sensibilité Temps de réponse rapide Mesure avec deux fils	Haute précision Linéarité Facilité d'utilisation
Inconvénients	Stabilité a longue termes Précision faible Nécessite une jonction de référence Tension de mesure faible	Gamme de température limités Temps de réponse plus longue Sensible à la vapeur Moins robuste	Non linéaire Petit plage de mesure Auto-échauffement	Gamme de température limités Sensible aux interférence électromagnétique

Tableau I.4 : les avantages et les inconvénients entre différents types de capteurs de températures

I.9 Historique du projet Arduino

La carte Arduino est un projet inventé en 2005 par une équipe italienne de l'Institut du Design d'Interaction d'Ivrea (IDII) désirant permettre à des étudiants en art et en design de créer tout type de projets. La carte Arduino est un circuit imprimé dont l'élément essentiel est un microcontrôleur. Également, elle comprend des composants électroniques qui font fonctionner le microcontrôleur et d'autres composants pour permettre la communication avec l'environnement externe qui peuvent être interfacés avec d'autres appareils, tels que des broches d'entrées et de sorties (E/S) numériques et analogiques. Grâce au microcontrôleur que

l'on programmera facilement via un logiciel (Arduino IDE) qui peut être développé à l'aide d'un logiciel PC, appelé EDI (ou IDE en anglais) [10].

La carte Arduino est devenue très populaire auprès des débutants en électronique, car elle n'a pas besoin de matériel séparé (programmeur) pour charger les codes sur la carte. Les codes peuvent être chargés simplement à l'aide d'un câble USB. De plus, l'IDE Arduino utilise une version simplifiée de C++, ce qui facilite l'apprentissage de la programmation. Un grand avantage pour cette carte est qu'elle est complètement open-source. Actuellement, Arduino est utilisé dans beaucoup d'applications comme l'électronique industrielle, les systèmes embarqués, l'art contemporain, le pilotage d'un robot, la commande des moteurs... Depuis son invention, la carte Arduino a vu un grand nombre de versions. Actuellement, il existe plus de 20 versions de cartes.

I.10 Définition du module Arduino

Arduino est une carte électronique sur laquelle se trouve un microcontrôleur qui peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques.

Ci-dessous, nous donnerons la définition ainsi que les caractéristiques de base de la carte Arduino UNO, l'une des plus largement utilisées.

I.11 Types de carte Arduino

Il existe plusieurs types de cartes Arduino, on trouve les originales et les dérivées.

Parmi les plus utilisées dans le monde des systèmes embarqués on a : la UNO, la MEGA, la NANO, la LEONARDO [11].

I.11.1 Arduino UNO

L'Arduino UNO est l'une des cartes Arduino les plus populaires. C'est simplement l'évolution du premier Arduino. La carte UNO est très simple, elle est la plus utilisée et la plus documentée. La carte UNO est parfaite pour les débutants car elle est abordable assez puissante pour commencer et dispose suffisamment d'entrées et de sorties pour la plupart des projets. De plus, UNO est compatible avec presque toutes les cartes d'extension, et c'est la carte qu'on a utilisée dans notre projet (plus de détails sur cette carte dans le chapitre qui suit).



Figure I.14 : Carte Arduino UNO

I.11.2 Arduino Méga

C'est une carte plus grande que la UNO, Elle est destinée à ceux qui veulent plus : plus d'entrées, plus de sorties de puissance de calcul. La Méga possède 54 broches numériques et 16 broches analogiques. Le CPU est cadencé à 16 MHz, comprend 256 Ko de ROM et 8 Ko d'EEPROM et fonctionne à 5 V, ce qui le rend facile à utiliser avec la majorité des appareils électroniques conviviaux.



Figure I.15 : Carte Arduino MEGA

I.11.3 Arduino Nano

L'Arduino Nano est un Arduino condensé qui ne mesure que 1,85 cm sur 4,3 cm.

Il utilise le même microcontrôleur ATmega328, mais ne fait qu'une fraction de sa taille.

Le Nano est exécuté à 16 MHz par un processeur Atmega328 et comprend 32 Ko de mémoire programme, 1Ko EEPROM, 2 Ko de RAM, 14 E/S numériques, 6 entrées analogiques et des rails d'alimentation 5V et 3,3V.



Figure I.16 : Carte Arduino NANO

I.11.4 Arduino Leonardo

Est l'une des dernières cartes de la gamme officiel Arduino. Il adopte la même empreinte (forme de circuit imprimé). Mais le microcontrôleur utilisé est différent, ce qui lui permet de reconnaître un clavier ou une souris de d'ordinateur.



Figure I.17 : Carte Arduino LEONARDO

Voici un tableau II-1 décrit brièvement quelques importantes caractéristiques des cartes précitées :

Arduino	Microcontrôleur	Flash (Ko)	Broche d'E/S numérique	Broche d'entrée analogique	Vitesse de processeur
UNO	ATmega238P	32	14	6	16MHz
MEGA	ATmega1280	128	54	16	16 MHz
NANO	ATmega328	32	14	6	16MHz
LEONARDO	ATmega32U4	32	20	12	16MHz

Tableau I.5 : Types de cartes Arduino et leurs caractéristiques

I.12 Les périphériques de carte Arduino

I.12.1 Diode électroluminescent (LED)

Une LED fonctionne en courant et tension continue. Comme une diode classique, la LED ne conduit que dans un sens. Dans l'autre sens, elle est bloquée mais ne supporte pas des tensions inverses élevées (souvent 5V max). Lorsqu'une LED est passante, il s'établit à ses bornes une tension assez indépendante du courant : on peut appeler cette tension la tension de seuil. Elle dépend du matériau utilisé dans la LED, et donc de sa couleur. Ainsi, chaque LED possède une tension de seuil propre à elle [12].



Figure I.18 : Diodes électroluminescent

I.12.2 Transistor BC548

Le BC548 est un transistor à jonction bipolaire NPN à usage général couramment utilisé dans les équipements électroniques.



Figure I.19 : Transistor BC548

- **Caractéristique de transistor**

<i>Type de transistor</i>	NPN
<i>Polarisation</i>	Bipolaire
<i>Tension collecteur-émetteur</i>	30 V
<i>Courant de collecteur</i>	0.1 A
<i>Puissance de dissipation</i>	0.5 W
<i>Boitier</i>	TO92
<i>Renforcement de transistor</i>	75...800
<i>Montage</i>	THT
<i>Genre de l'emballage</i>	EN vrac
<i>Fréquence</i>	100 MHz

Tableau I.6 : caractéristiques de transistor BC548

I.12.3 Relais électrique (SPDT) / SPDT : Single Pole Double Throw.

Le relais SPDT possède un seul contact mais avec une borne commune, un contact normalement ouvert (quand il n'y a pas de tension sur la bobine) et un contact normalement fermé (quand il n'y a pas de tension sur la bobine).

Quand on applique une tension sur la bobine, on entend « clic » : la borne commune va se connecter sur le contact normalement ouvert (NO = normally open) et le contact normalement fermé (NC = normally closed) s'ouvre. Dès qu'on coupe la tension aux bornes de la bobine, on entend « clic » et le relais revient à son état de repos. On peut ainsi basculer d'un circuit à l'autre [13].

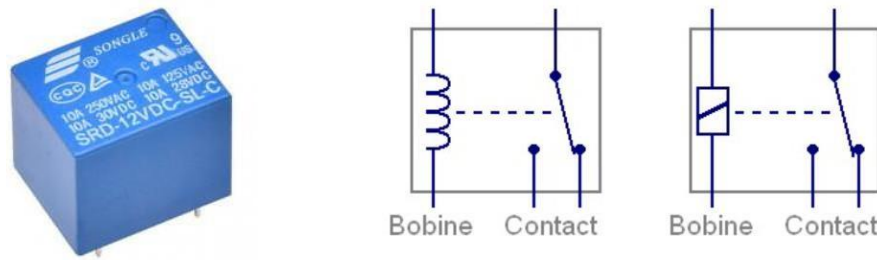


Figure I.20 : Module relais

I.12.4 Speaker

Un speaker est un dispositif de signalisation audio, qui produit un effet sonore lorsqu'il est excité.

Les speakers électroniques sont représentés sous la forme d'un petit boîtier rond, avec connexion électrique rigide pour la fixation directe sur circuit imprimé ou avec des connexions électriques constituées de fils souples, ils fonctionnent sous tension continue généralement comprise entre 3V et 28V.



Chapitre II :

Blocs matériels et environnement
de travail utilisé pour la réalisation

II.1 Introduction

La conception de projet est une étape importante dans la réalisation d'un projet ou la résolution d'un problème. Elle consiste à identifier clairement les besoins, définir les objectifs, et planifier les ressources nécessaires. Cette phase implique également la collaboration entre les différentes parties pour élaborer des solutions innovantes.

Une conception bien pensée constitue la base solide pour une mise en œuvre réussie et garantit que chaque étape soit alignée avec la vision globale du projet. Dans ce chapitre, on va entrer dans le vif de notre sujet, qui consiste à mettre en œuvre un thermomètre numérique basé sur un capteur LM35, contrôlé par ARDUINO UNO, qui peut afficher la valeur de température mesurée sur un écran numérique LCD 16x2 (Liquide Crystal Display), puis la transmettre via un module GSM vers un téléphone portable.

Le schéma de principe général de notre dispositif est représenté sur la figure (II.1). Pour faciliter cette étude, nous avons décomposé le schéma bloc en cinq blocs.

Bloc d'alimentation

Bloc d'acquisition

Bloc de traitement

Bloc d'affichage

Bloc de transmission

II.2 Schéma synoptique des différents blocs

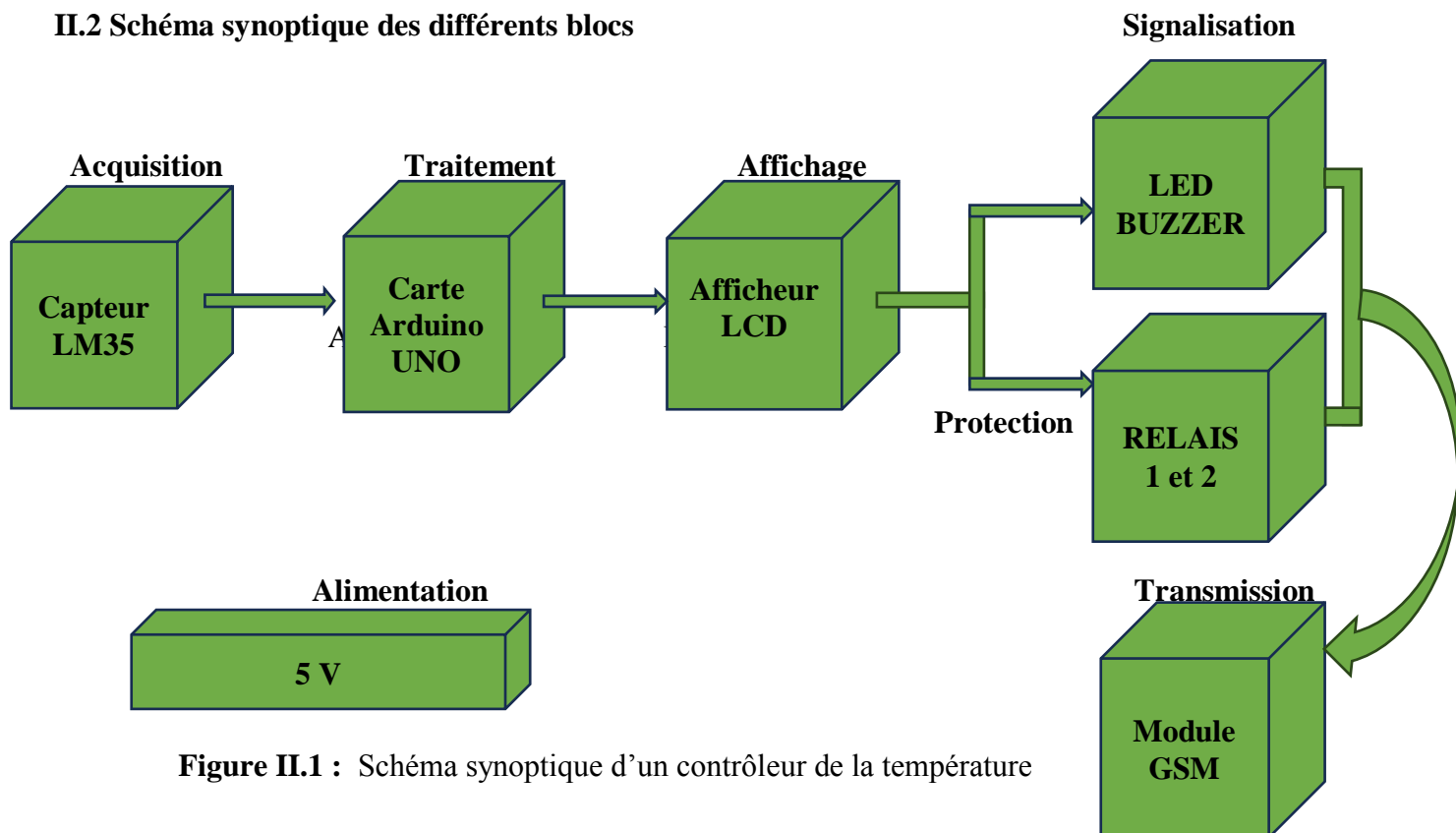


Figure II.1 : Schéma synoptique d'un contrôleur de la température

II.1.1 Alimentation

L'alimentation d'un circuit électronique consiste à fournir une tension ou un courant adapté à ses besoins à l'aide de circuits d'alimentation.

La fonction des alimentations est de fournir à un objet technique l'énergie électrique nécessaire à son fonctionnement. Dans la plupart des cas, la fonction alimentation transforme les caractéristiques de l'énergie livrée par le réseau pour les adapter aux conditions de l'alimentation d'un objet technique qui nécessite en général une alimentation sous Très Basse Tension Continue.

II.1.2 Chaîne d'acquisition

La partie d'acquisition d'un système de contrôle de température basée sur des capteurs précis, une électronique de traitement adaptée, l'intégrité des capteurs intelligent assurer une surveillance fiable de la température

- **Acquisition et traitement** : le capteur utilisé (LM35) mesure la température dans l'environnement présent puis il transmet le signal à un microcontrôleur (CAN) qui dans ce cas est l'Arduino. Ce dernier transforme le signal analogique en un signal numérique exploitable par le système.
- **Surveillance** : Le système doit afficher la température mesurée et transmettre les données par un module GSM. Les ajustements nécessaires pour maintenir la température dans les limites de la normal seront effectués manuellement, ceci permet un contrôle précis et adapté aux besoins.

II.1.3 Traitement

Pour le traitement de notre signal analogique sortant de LM35, notre choix s'est porté sur la carte UNO. Le choix de cette carte est fait pour plusieurs raisons, car ses performances sont largement suffisantes pour gérer le fonctionnement de notre système [14].

- L'Arduino UNO est une carte polyvalente qui convient à notre projet. Elle offre un nombre de broches d'entrées/sortie suffisantes.
- L'Arduino UNO est largement disponible dans le commerce.
- L'Arduino UNO est relativement abordable ce qui la rend plus accessible en termes de prix.
- L'Arduino offre une capacité mémoire adéquate pour notre projet ce qui en fait une option fiable pour nos besoins.

II.1.3.1 Description de la carte Arduino UNO

II.1.3.1.1 Partie matérielle

Un module Arduino est généralement construit autour d'un microcontrôleur ATMEL AVR (ATmega328), L'Arduino utilise la plupart des entrées/sorties de microcontrôleur pour s'interfacer avec d'autres circuits

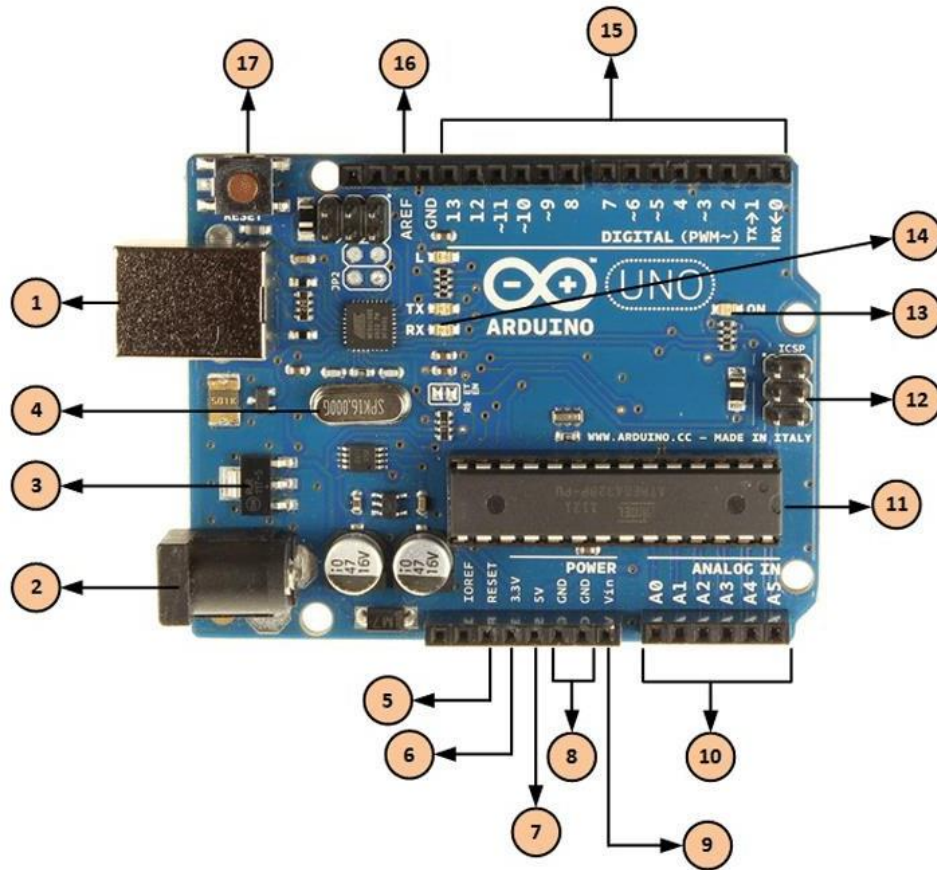


Figure II.3 : Les composants de la carte Arduino UNO [15]

Numéro de composant	Description
1	Alimentation : La carte Arduino peut être alimentée avec un câble USB relié à votre ordinateur.
2	Alimentation via connecteur jack DC : La carte Arduino peut être directement alimentée par ce connecteur, qui sera relié au régulateur de tension intégré à la carte (5V – 12 V).

3	Régulateurs de tension : La fonction de régulateur de tension est de contrôler la tension donnée à la carte Arduino et de stabiliser les tensions continues utilisées par le processus.
4	Oscillateur à quartz : Un oscillateur à quartz est un élément électronique qui a la particularité de posséder un quartz à l'intérieur qui vibre sous l'effet piézoélectrique. Cet élément aide l'Arduino à calculer les données de temps.
5/17	Arduino Reset : vous pouvez redémarrer un Arduino avec un "Reset". Cela aura pour effet de redémarrer votre programme depuis le début. Vous pouvez redémarrer l'Arduino UNO de deux manières : soit en utilisant le bouton "Reset" (17), soit en connectant un bouton externe sur la broche de la carte Arduino mentionnée "Reset" (5).
6	Pin 3.3v : Sortie alimentation 3.3 volt.
7	Pin 5v : Sortie alimentation 5 volt.
8	Pin GND : Il existe plusieurs broches GND dans l'Arduino, dont l'une peut être utilisée pour relier votre circuit.
9	Pin VIN : Cette pin permet d'alimenter l'Arduino depuis une source de tension extérieure. Elle est reliée au circuit d'alimentation principale de la carte Arduino.
10	Broche analogique : La carte Arduino UNO comporte cinq broches d'entrée analogique A0 à A5. Ces broches permettent de lire un signal analogique d'un capteur comme un capteur de température.
11	Microcontrôleur (ATMega 328) : C'est le cœur de la carte, qui est programmable et exécute les instructions.
12	Le connecteur ICSP : Principalement ICSP est un AVR, un petit en-tête de programmation pour Arduino composé de MOSI, MISO, SCK, RESET, VCC et GND.
13	Indicateur d'alimentation LED : Cette LED s'allume lorsque vous branchez votre Arduino dans une source d'alimentation pour indiquer que votre carte est sous tension correctement.
14	LEDs TX et RX : TX (transmission) ; RX (réception).
15	Entrées/Sorties numériques : la carte Arduino UNO possède 14 broches d'Entrées/Sorties numériques.

16	Broche AREF : l'acronyme anglais "référence analogique", cette broche est parfois utilisée pour définir une tension de référence externe (entre 0 et 5 volts).
-----------	---

Tableau II.1 : Les composants de la carte Arduino UNO

Voici encore ci-dessous un autre tableau qui représente les caractéristiques techniques de la carte Arduino UNO [16] :

Catégorie	Valeur
Microcontrôleur	Atmega328
Fréquence d'horloge	16 MHz
Tension d'alimentation interne	5 V
Tension d'alimentation recommandée	7 – 12 V
Entrée analogique	6 ports
Entrée/Sorties numérique	14 ports dont 6 sorties
Courant max par broche d'E/S	40 mA
Mémoire	32 Ko Flash
Interface	USB
Dimension	68 × 53mm

Tableau II.2 : Les caractéristique de la carte Arduino UNO

II.1.3.1.2 Partie programme

Concernant la partie logicielle on distingue deux étapes essentielles, premièrement, un programme qui va s'injecter au microcontrôleur après avoir été converti en code HEX via l'IDE. Ensuite, une application est développée du nom "App inventor", permettant une interaction directe depuis un smartphone [17].

II.1.3.2 Le logiciel Arduino

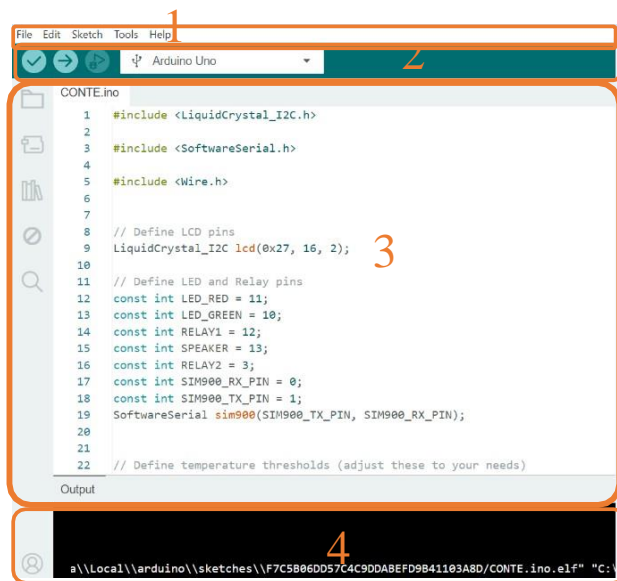
Le logiciel de programmation de la carte Arduino est fait pour générer le code (langage proche de C). Le programme tapé au clavier. Ensuite, il sera transféré et mémorisé dans la carte à travers une liaison USB, ce câble alimente à la fois la carte et transfère les informations [18].

II.1.3.2.1 Présentation de « IDE »

Le logiciel Arduino est un environnement de développement simple et accessible qui repose sur la programmation facile des cartes Arduino.

L'IDE Arduino permet à :

- D'éditer des programmes dans un éditeur de texte.
- Les programmes sont écrits dans un langage basé sur C/C++.
- Compiler les programmes en code machine puis les téléverser sur la carte.



1 : ce sont les options de configurations du logiciel.

2 : barre des boutons.

3 : ce bloc va contenir le programme que nous allons écrire.

4 : consol d'affichage des messages de compilation

Figure II.4 : interface IDE Arduino

II.1.3.2.2 Programmer avec l'Arduino

Un programme utilisateur Arduino est une liste d'instructions qui est exécutée par un système les unes après les autres dans l'ordre défini par les lignes de code.

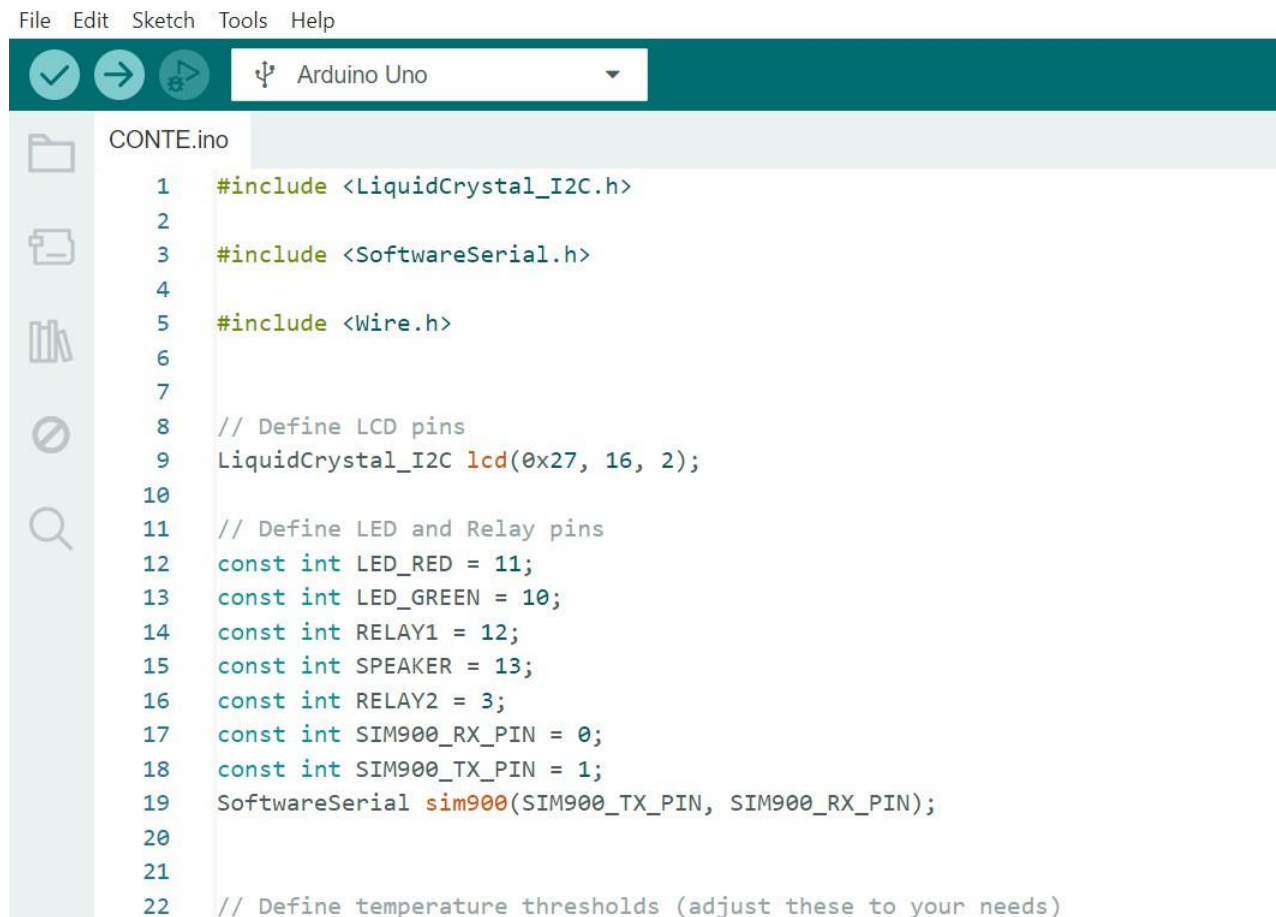
II.1.3.2.3 Programme d'injection

Avant de passer au téléversement de programme à la carte, il faut choisir le type de carte (Arduino UNO) et le numéro de port USB (COM3).

II.1.3.2.4 Structure de programme

Le programme comporte trois phases consécutives :

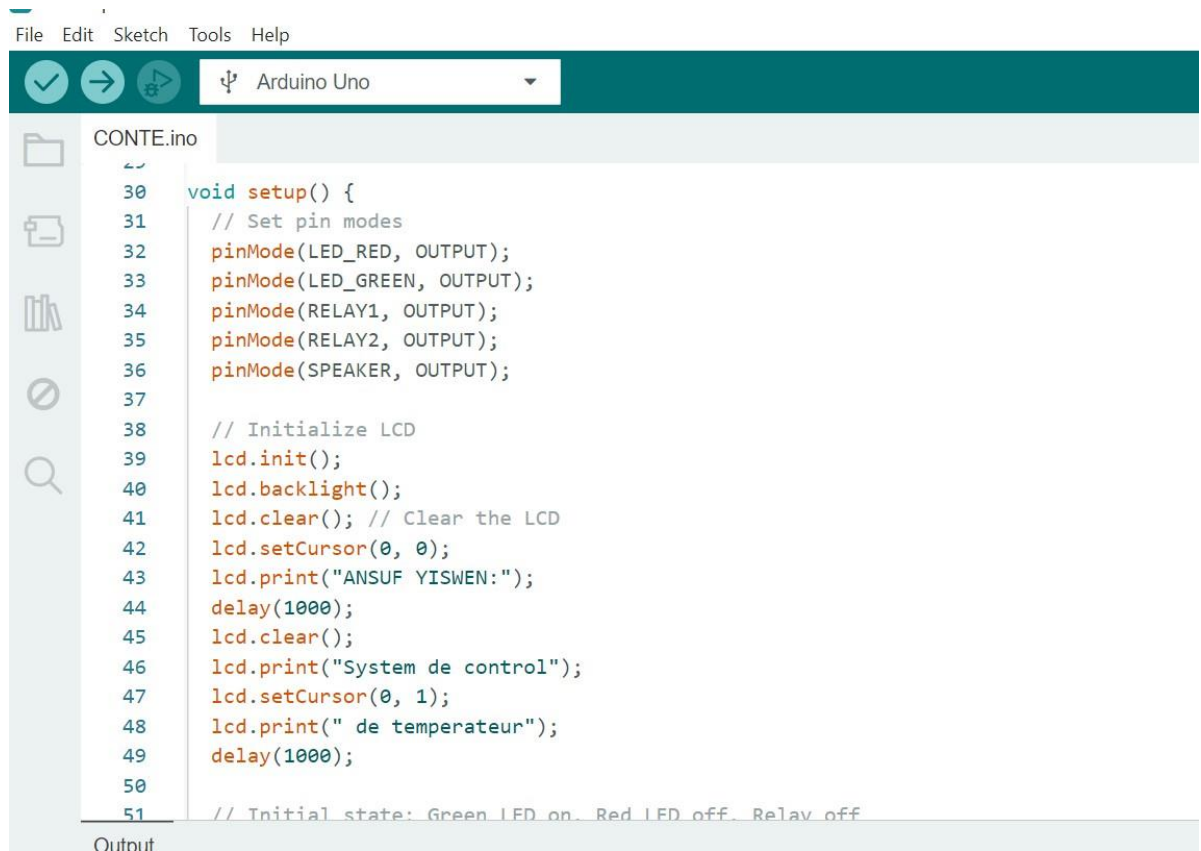
- **La définition des constantes et des variables :** dans cette première partie on déclare les constantes et les variables ainsi que les bibliothèques nécessaires, pour que notre programme démarre correctement on définit aussi chaque entrée et sortie, en lui donnant un nom et en lui affectant le numéro d'E/S voulu.



```
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
CONTE.ino
1  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
2
3  #include <SoftwareSerial.h>
4
5  #include <Wire.h>
6
7
8  // Define LCD pins
9  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
10
11 // Define LED and Relay pins
12 const int LED_RED = 11;
13 const int LED_GREEN = 10;
14 const int RELAY1 = 12;
15 const int SPEAKER = 13;
16 const int RELAY2 = 3;
17 const int SIM900_RX_PIN = 0;
18 const int SIM900_TX_PIN = 1;
19 SoftwareSerial sim900(SIM900_TX_PIN, SIM900_RX_PIN);
20
21
22 // Define temperature thresholds (adjust these to your needs)
```

Figure II.5 : Partie déclaration des constantes et des variables dans le programme

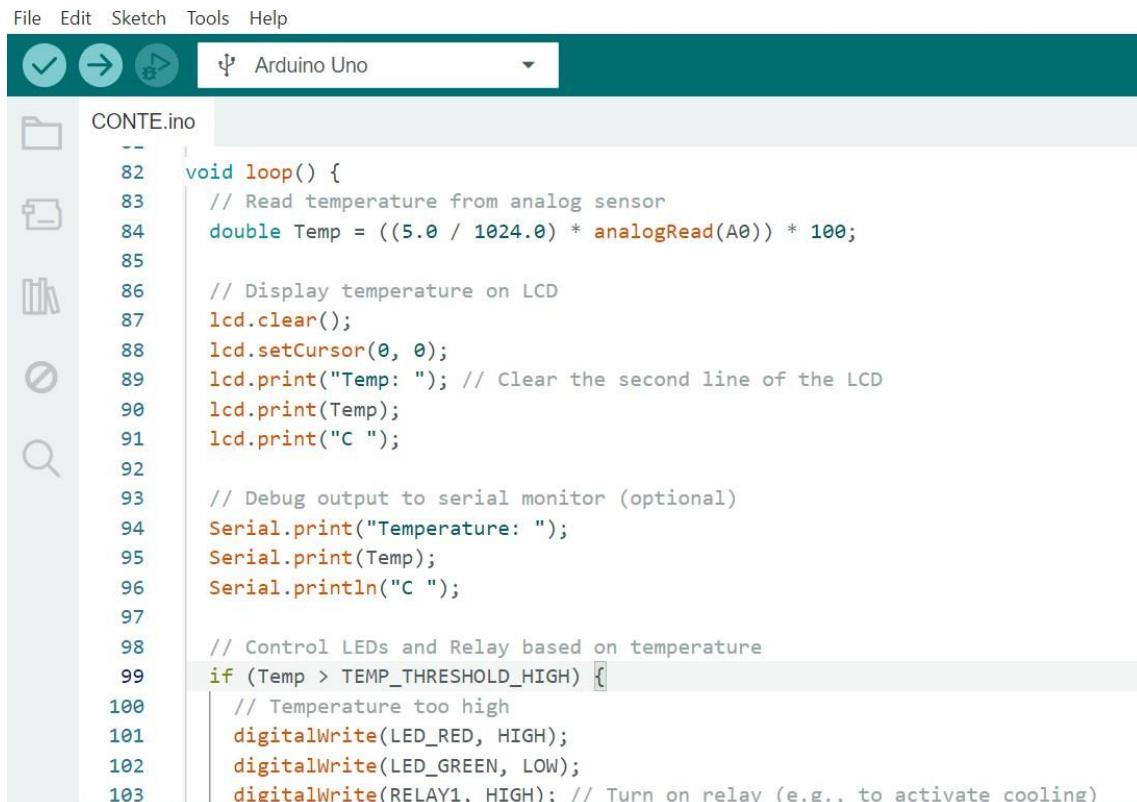
- **Configuration des entrées sorties :** Après la déclaration de la fonction setup () au démarrage du programme, en initialise les variables, le sens des broches selon les besoins, voici un exemple ci-dessous :



```
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
CONTE.ino
30 void setup() {
31 // Set pin modes
32 pinMode(LED_RED, OUTPUT);
33 pinMode(LED_GREEN, OUTPUT);
34 pinMode(RELAY1, OUTPUT);
35 pinMode(RELAY2, OUTPUT);
36 pinMode(SPEAKER, OUTPUT);
37
38 // Initialize LCD
39 lcd.init();
40 lcd.backlight();
41 lcd.clear(); // Clear the LCD
42 lcd.setCursor(0, 0);
43 lcd.print("ANSUF YISWEN:");
44 delay(1000);
45 lcd.clear();
46 lcd.print("System de control");
47 lcd.setCursor(0, 1);
48 lcd.print(" de temperateur");
49 delay(1000);
50
51 // Initial state: Green LED on, Red LED off, Relay off
```

Figure II.6 : Fonction Setup () de programme

- **Programmation des interactions et comportements :** Celles-ci viennent après le void loop (), c'est la partie principalement, ou on rédige les instructions et les opérations comme la lecture des données, les boucles, les affectations, etc. Chacune d'elle doit obligatoirement finir par un point-virgule.



```
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
CONTE.ino
--
82 void loop() {
83 // Read temperature from analog sensor
84 double Temp = ((5.0 / 1024.0) * analogRead(A0)) * 100;
85
86 // Display temperature on LCD
87 lcd.clear();
88 lcd.setCursor(0, 0);
89 lcd.print("Temp: "); // Clear the second line of the LCD
90 lcd.print(Temp);
91 lcd.print("C ");
92
93 // Debug output to serial monitor (optional)
94 Serial.print("Temperature: ");
95 Serial.print(Temp);
96 Serial.println("C ");
97
98 // Control LEDs and Relay based on temperature
99 if (Temp > TEMP_THRESHOLD_HIGH) {
100 // Temperature too high
101 digitalWrite(LED_RED, HIGH);
102 digitalWrite(LED_GREEN, LOW);
103 digitalWrite(RELAY1, HIGH); // Turn on relay (e.g., to activate cooling)
```

Figure II.7 : Fonction void loop () de programme

Ajoutant à tout ça les commentaires qu'on peut les ajouter au programme dans la configuration des entrées sorties, les commentaires doivent être écrit après un slash ou une étoile.

II.1.4 Affichage

L'afficheur LCD 16*2 est utilisé pour l'afficher visuellement les données. L'écran affiche des caractères noirs d'une taille de 5×8 pixels. Le rétroéclairage intégré s'allume en appliquant une alimentation aux broches du module. L'écran de texte 16*2 est connecté au microcontrôleur par 16 broches.

L'écran à cristaux liquides comporte deux rangées de 16 caractères, d'où son nom de LCD 1602. La mémoire de l'appareil comporte 192 caractères, mais il existe de nombreux types de moniteurs LCD sur le marché. Ils diffèrent par leurs caractéristiques techniques, leur tension d'exploitation et leurs dimensions. La figure (II.8) montre un afficheur LCD16x2 [19] :

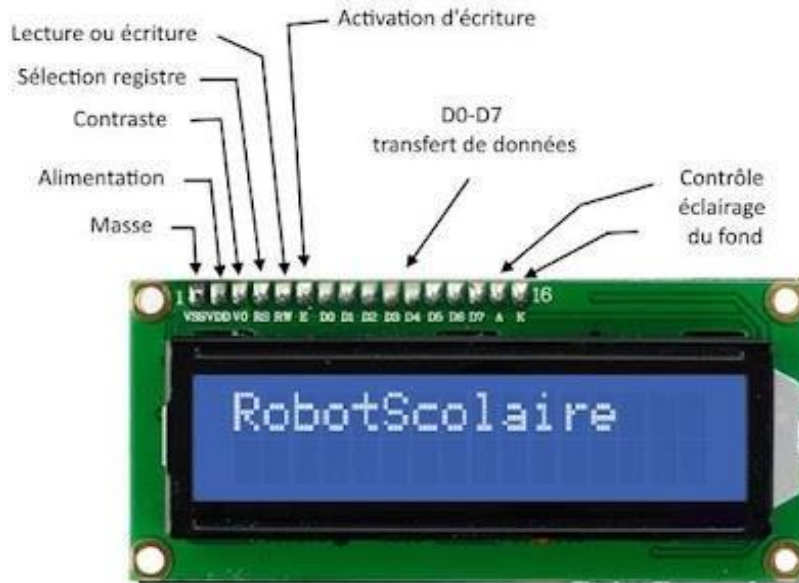


Figure II.8 : L’afficheur LCD 16*2

II.1.4.1 Descriptions des pins de l’afficheur LCD 16*2

N ^o	NOM	Rôle de la broche
1	Masse	Alimentation : masse 0V de l’afficheur
2	Vcc	Alimentation : +5 V de l’afficheur
3	V0	Réglage de contraste entre 0 et +5 V
4	Rs	Commutation de registre entre les instructions <<0>> Et les données <<1>> SI RS=1 on envoie une donnée, SI RS=0 on envoie une commande
5	R/W	Commutation entre lecteur et écriture
6	E	Entrée de validation
7	D0	Bus de donnée a trois états : <<0>>. <<1>>. En haute impédance
8	D1	
9	D2	
10	D3	
11	D4	
12	D5	
13	D6	
14	D7	

15	BI+	Anode de retro éclairage (+5 V)
16	BI-	Cathode de retro éclairage (masse)

Tableau II.3 : Rôle des broches de l’afficheur LCD 16*2

II.1.5 Transmission avec le GSM (Global System for Mobile communications)

Global System for Mobile Communications (GSM) historiquement « Groupe spécial mobile » est une norme numérique de seconde génération pour la téléphonie mobile.

Les modules GSM sont des boîtiers électroniques autonomes (batterie interne), munis d’une carte SIM, comportant des entrées et des sorties. Ainsi comme un téléphone portable ils possèdent leur propre numéro de téléphone.

Le groupe de travail chargé de la définir a été établi en 1982 par la Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications (CEPT). Elle a été spécifiée et mise au point par l’ETSI (Européen Télécommunications Standard Institut) pour la gamme de fréquences des 900 MHz. Une variante appelée Digital Communication System (DCS) utilise la gamme des 1 800 MHz. Cette norme est particulièrement utilisée en Europe, en Afrique, au Moyen-Orient et en Asie. Deux autres variantes, en 850 MHz et en 1 900 MHz PCS (personale communications services), sont également utilisées [20].

II.1.5.1 Commande par GSM

La commande par GSM peut connecter /déconnecter à distance, tous les matériels électriques comme moteurs, pompes, portes, portails, chauffages, climatisation, etc... Ainsi tous les systèmes utilisant le GSM se connectent au réseau de téléphonie et comme chaque téléphone portable dispose de sa propre carte SIM et son numéro, et c’est pour ça la commande par GSM est protégée et seuls les numéros que vous autorisez seront habilités à commander votre maison.

II.1.5.2 Surveillance par GSM

La surveillance par GSM vous permet de contrôler tous les paramètres de votre maison, bureau, entreprise, coupure de courant, variation de température, mouvement ou intrusion, fuite de gaz, etc.... sans vous déplacer, en recevant des messages ou des notifications sur votre téléphone.



Figure II.9: Arduino GSM Shield [21]

II.2 Fonctionnalités du logiciel (programme)

Lorsque nous lançons dans le développement des systèmes critiques, comme la gestion de la température, de l'humidité ou d'un incendie... Le seul élément important est le scénario dans le monde réel : << un incendie, une surchauffe ou de l'humidité >> peuvent se produire à n'importe quel moment. C'est la signification d'une surveillance en permanence de la température 24h/07 jours.

Nous verrons dans notre programme qu'il ne contient que deux appels de fonction dans une boucle void, l'une de ces fonctions utilisée pour calculer et afficher la température détectée par le capteur et l'autre pour comparer la température actuelle avec la plage de consigne. C'est la fonction qui surveille la montée de température 24h/7jours. Cette fonction renvoie la température mesurée par le LM35 et la stocke dans la variable pour comparaison. Cette valeur de température est comparée à la plage de consigne que nous avons déclarée au départ.

Une fois que la valeur de température actuelle diminue ou augmente au-delà de la valeur de notre plage qui est fixée, les éléments de sécurité s'activent : le relais automatiquement va couper le passage de courant (pour éteindre donc l'élément chauffant si la température est au-dessous de 05 °C tel que le chauffage qui est connecté à la sortie de relais 2, ou bien l'élément refroidissant si la température est supérieure à 15 °C tel que le ventilateur qui est connecté à la sortie de relais 1. Nous affichons également l'état du chauffage sur les LEDs et sur l'écran LCD, puis nous envoyons l'information via un module GSM.

Organigramme du programme principal

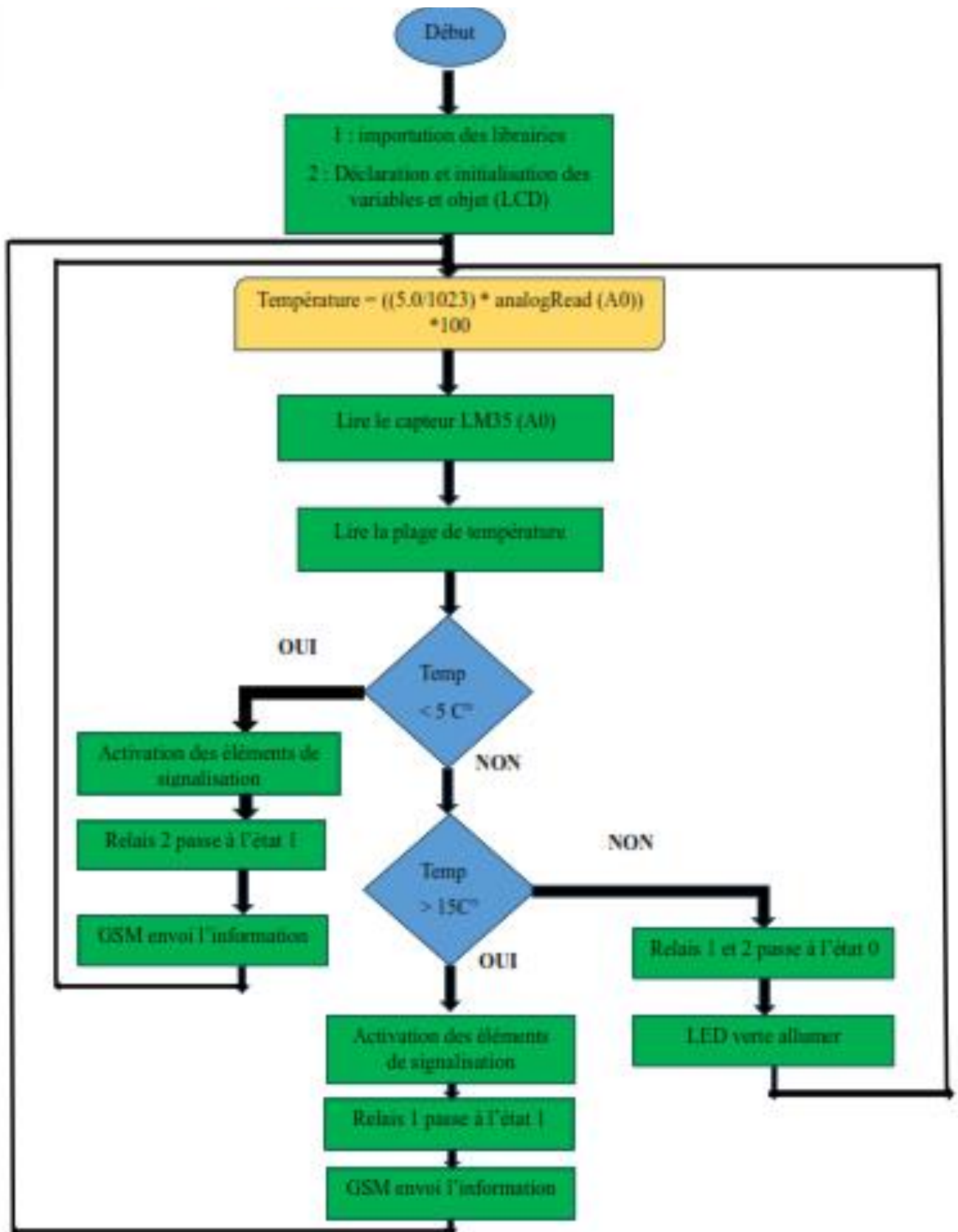


Figure II.11 : Organigramme du programme principal

II.3 La partie Simulation

La partie simulation ou la réalité virtuelle est un domaine en plein progrès. Elle offre de nouveaux outils pour de nombreuses applications dans des divers domaines, comme par exemple la conception avec le ISIS PROTEUS. L'avantage décisif de cette technologie est d'offrir un bon degré de contrôle sur la simulation ainsi la planification de tous les évènements simulés, ce qui est d'habitude impossible dans la réalité.

II.3.1 Présentation de PROTEUS

Proteus est une suite logicielle destinée à l'électronique. Développé par la société "Labcenter Electronics", les logiciels inclus dans Proteus permettent la CAO (Conception Assistée par Ordinateur) dans le domaine électronique. Deux logiciels principaux composent cette suite logicielle : ISIS, ARES, PROSPICE et VSM [22].

Cette suite logicielle est très connue dans le domaine de l'électronique. De nombreuses entreprises et organismes de formation (les universités) utilisent cette suite logicielle. Outre la popularité de l'outil, Proteus possède d'autres avantages :

- Pack contenant des logiciels facile et rapide à comprendre et utilise.
- 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.
- Offre un environnement d'apprentissage sûr, rapide et immersif aux étudiants.

II.3.2 Logiciel ISIS

Le logiciel ISIS de Proteus est principalement connu pour éditer des schémas électriques, car il facilite l'utilisation d'outils puissants dans la construction de circuit. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler ces schémas ce qui permet de déceler certaines erreurs dès l'étape de conception. Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisés dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits.

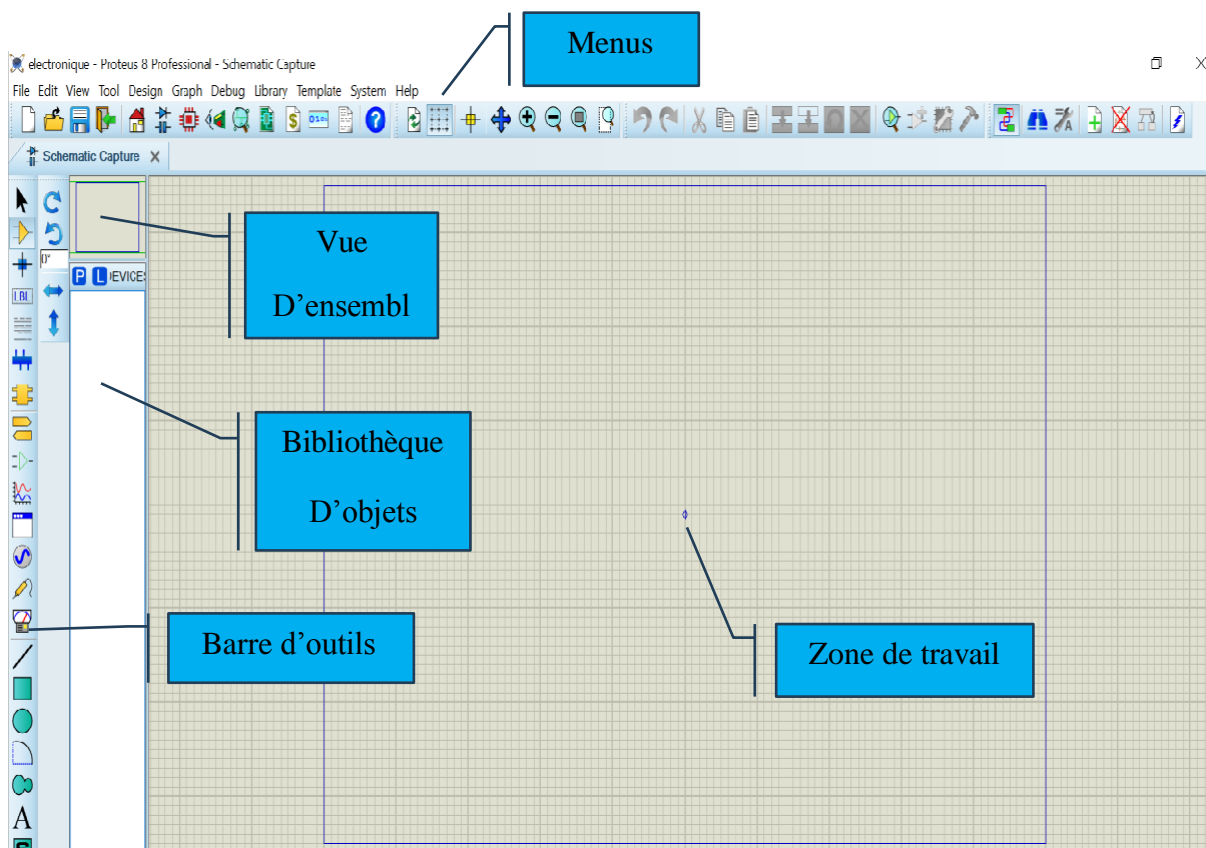


Figure II.12 : Fenêtre principale de travail sur ISIS

II.3.3 Sélection des composants à utiliser

Pour faire la sélection des composants qu'on va utiliser, on clique sur l'icône « component mode », puis sur bouton « parcourir la bibliothèque ».

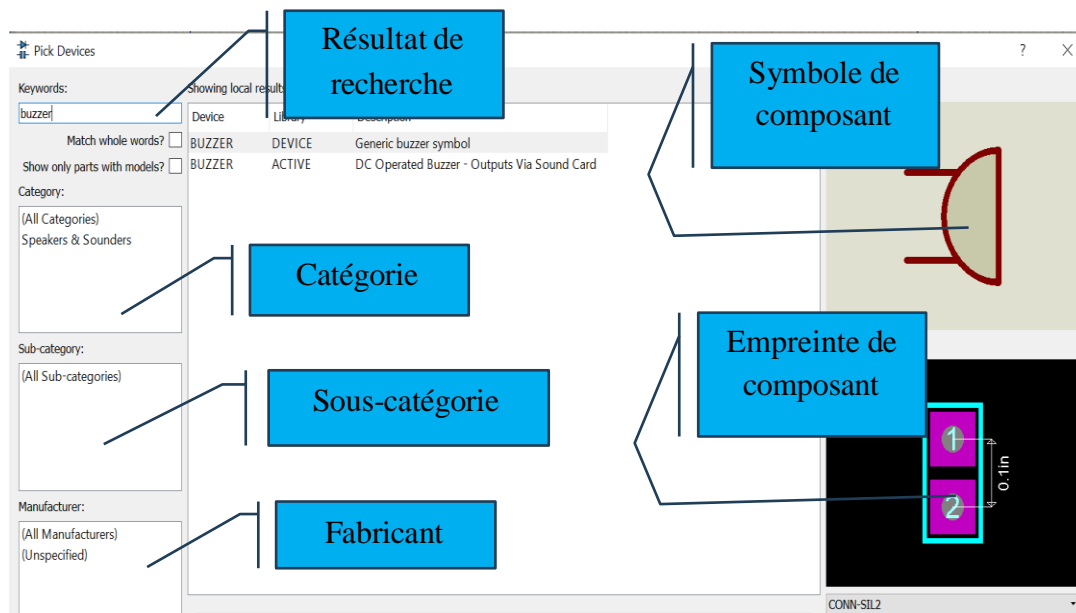


Figure II.13 : Bibliothèque ISIS

II.3.4 Bibliothèque Arduino pour Proteus

Pour simuler une carte Arduino sur Proteus, il faut d'abord télécharger la bibliothèque Arduino disponible sur internet, puis il faut décompresser et copier les fichiers nommés "ArduinoTEP.LIB et Arduino. IDX" et les placer dans le dossier bibliothèque de notre logiciel Proteus. Enfin, nous devons redémarrer le logiciel Proteus et sélectionner l'Arduino UNO dans la section des composants qui recherche Arduino TEP, Avant de lancer la simulation, nous devons charger le fichier.Hex. Pour continuer, double clic sur PIC, pour nous donner une fenêtre qui nous permet de rechercher des fichiers. Hex, dans cette fenêtre On peut aussi choisir le type d'Arduino UNO. Cette fenêtre correspond à ceci.

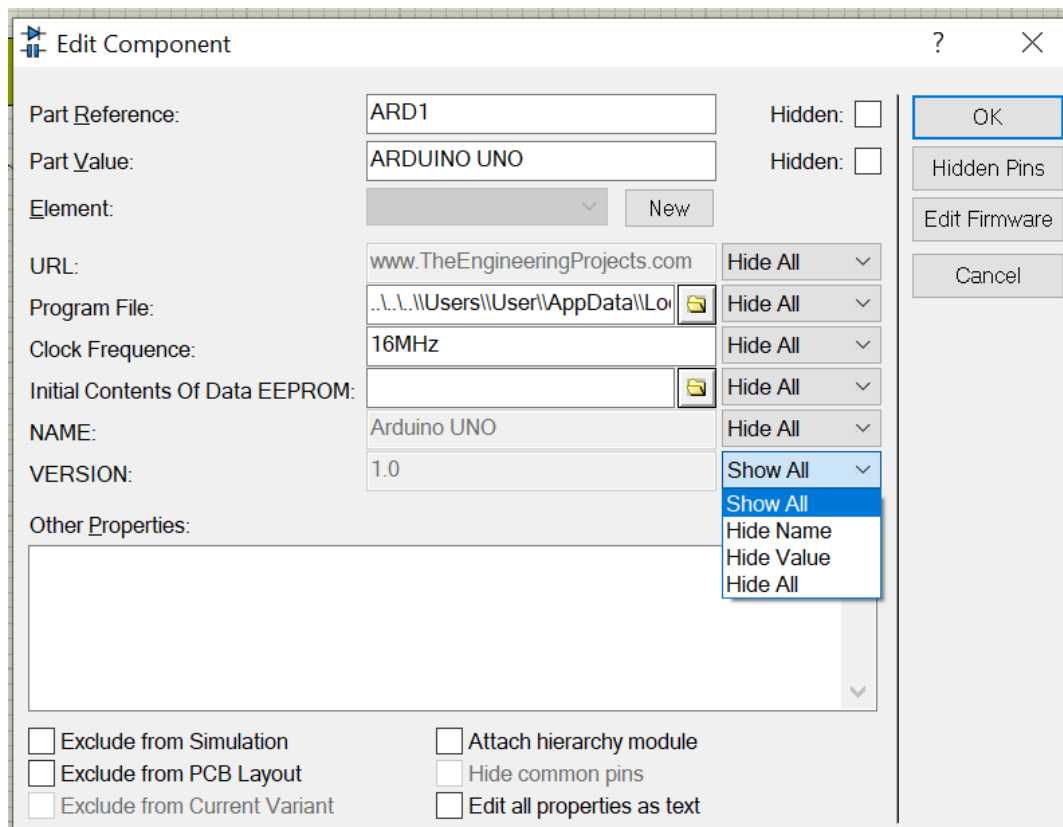


Figure II.14 : Charge carte Arduino sous Proteus



Chapitre III :

Simulation et réalisation du circuit

III.1 Introduction

L'objectif de notre projet est de réaliser un prototype afin de détecter la hausse et la basse température qui peut influencer sur notre système. Dans ce chapitre, nous allons présenter le principe de fonctionnement de notre prototype ainsi que les solutions de sécurité implémentées. Pour faire, on a utilisé une carte Arduino UNO pour contrôler les éléments électroniques qui constituent les différents étages de notre projet comme le relais, LED, buzzer (l'interventions de ces éléments est bien définies dans le chapitre précédent). Cependant, avant d'entamer l'étape de la réalisation, il faut tout d'abord passer par la simulation des différents circuits par le logiciel PROTEUS (déjà mentionner).

III.2 Résultats de la simulation

III.2.1 L'état initial du système

Lors du lancement de notre prototype, l'écran LCD affichera un message concernant notre projet, (ANSUF YISWEN etc.).

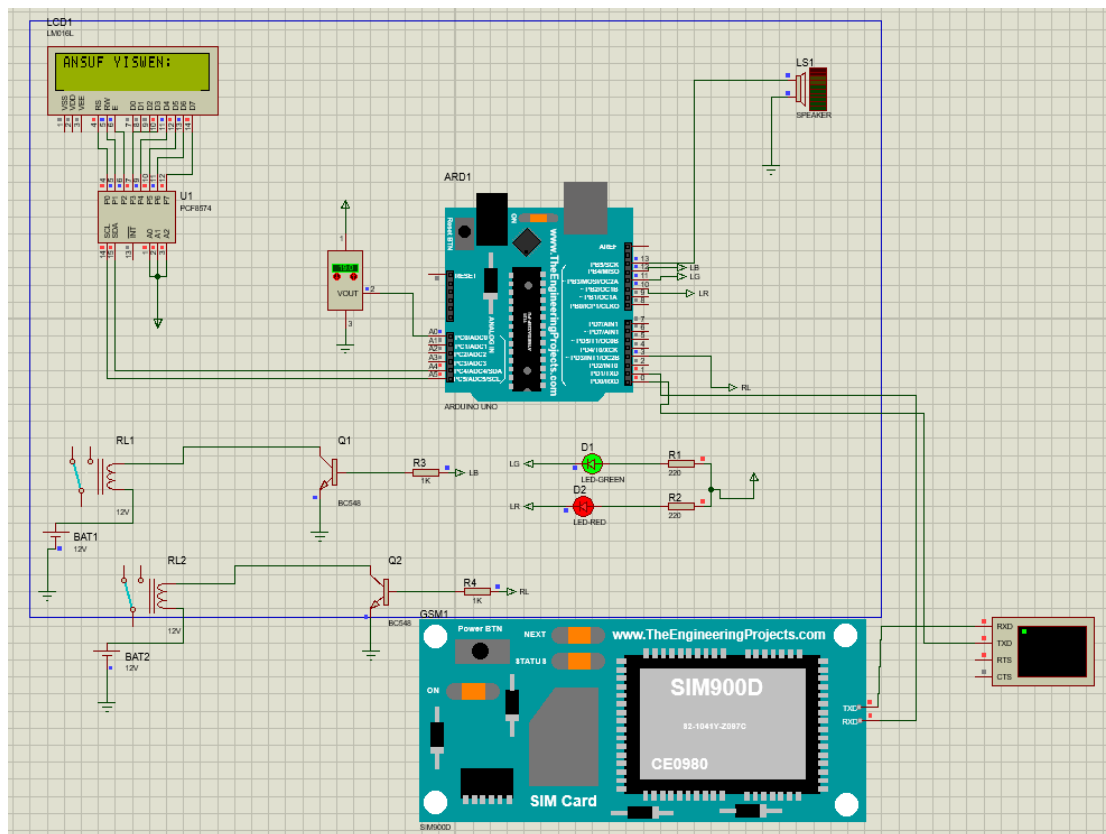


Figure III.1 : L'état initial du système

Après quelques secondes, l'écran affiche l'état du système et les informations sur la température. Si celle-ci se situe dans la plage définie [5°C _ 15°C], le LCD affiche le message "STABLE" et la LED verte s'allume (passante), indiquant un fonctionnement normal. Ainsi, la sortie

numérique de la carte Arduino (broche n° 10) se trouve à l'état haut (niveau logique 1) et les deux relais (RELAIS1 et RELAIS2) sont à l'état ON (normal open), empêchant ainsi l'activation des éléments de sécurité (chauffage et refroidissement). Par ailleurs, le module GSM envoie automatiquement un message vers notre mobile pour nous informer que la température est stable et dans la plage sécurisée. De plus, le speaker reste à l'état OFF, puisqu'aucune alerte sonore n'est nécessaire tant que la température demeure idéale.

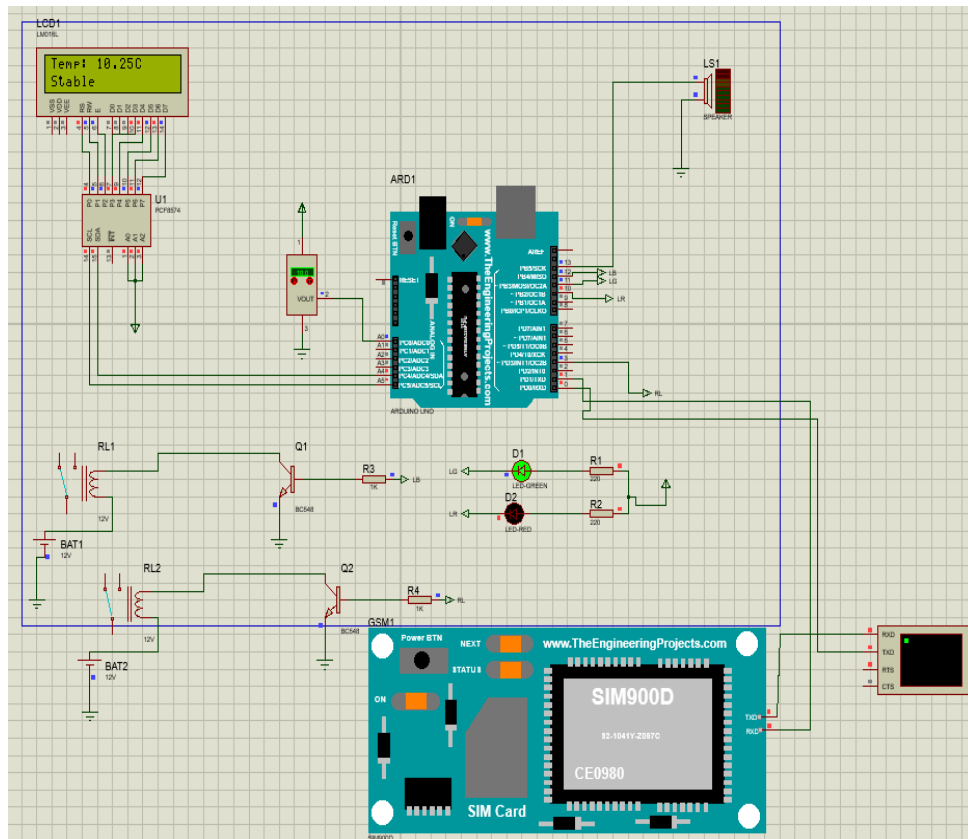


Figure III.2 : Montage électrique de contrôleur de température :
Température actuelle est dans la plage sécurisée

Dans le cas où la température est supérieure ou inférieure à notre plage, le circuit d'alarme est activé : le LCD affiche le message "TROP FROID/TROP CHAUD" la LED verte est éteinte, la LED rouge est allumée. La sortie numérique de la carte Arduino (broche n°12 ou n°3) l'une des deux passe à l'état haut (niveau logique 1), ce qui active les relais (RELAIS1 et RELAIS2) et déclenche les éléments de sécurité (chauffage ou refroidissement selon le besoin). Par ailleurs, le module GSM envoie automatiquement un message vers notre mobile pour nous informer que la température est ou sort de notre plage de sécurité. En même temps, le speaker s'active pour émettre un signal sonore, nous alertant en temps réel de la situation critique.

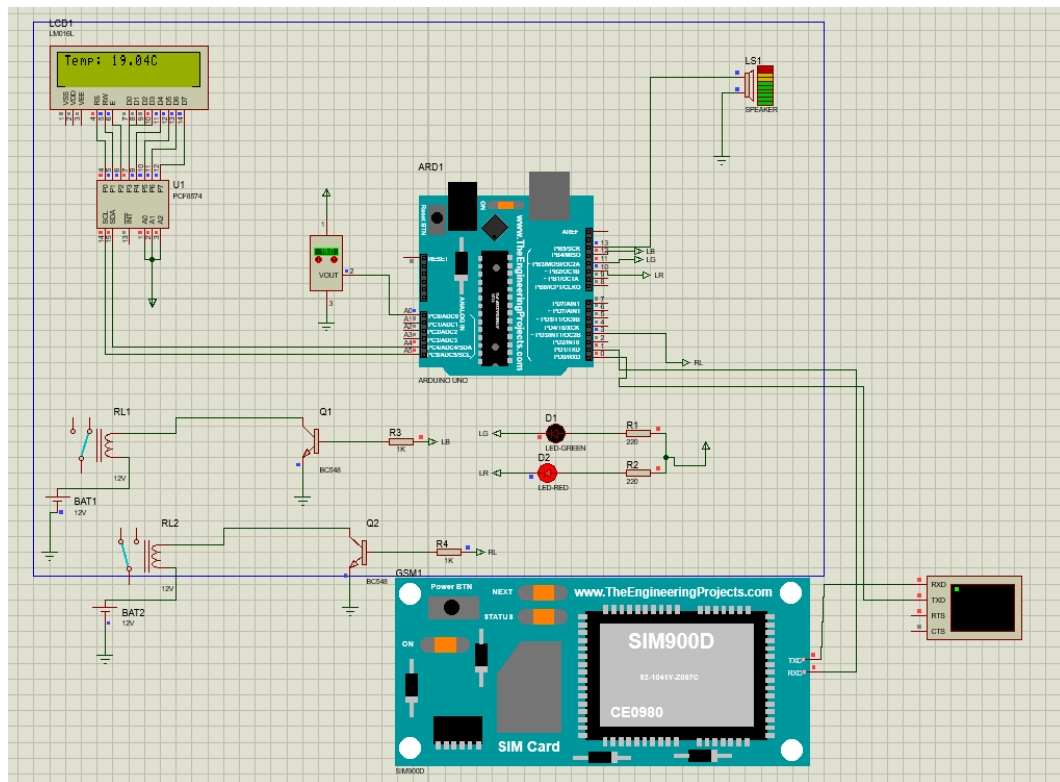


Figure III.3 : Montage électrique de contrôleur de température :
Température actuelle supérieure à la plage sécurisée

III.3 Réalisation sur la plaque d'essai

III.3.1 Liste des composants utilisés

- Arduino UNO
- Capteur de température LM35
- Résistances
- LEDs
- Afficheur LCD (16×2)
- Carte I2C
- GSM
- Buzzer

III.3.2 Réalisation le thermomètre numérique sur plaque d'essais

La stratégie dans la partie réalisation est basée sur la simplicité des montages et le moindre coût, afin d'assurer le bon fonctionnement de notre carte dont réduire le nombre de connexions. Les figures qui suites illustre la réalisation de montage électrique de contrôleur de température numérique sur la plaque d'essai.

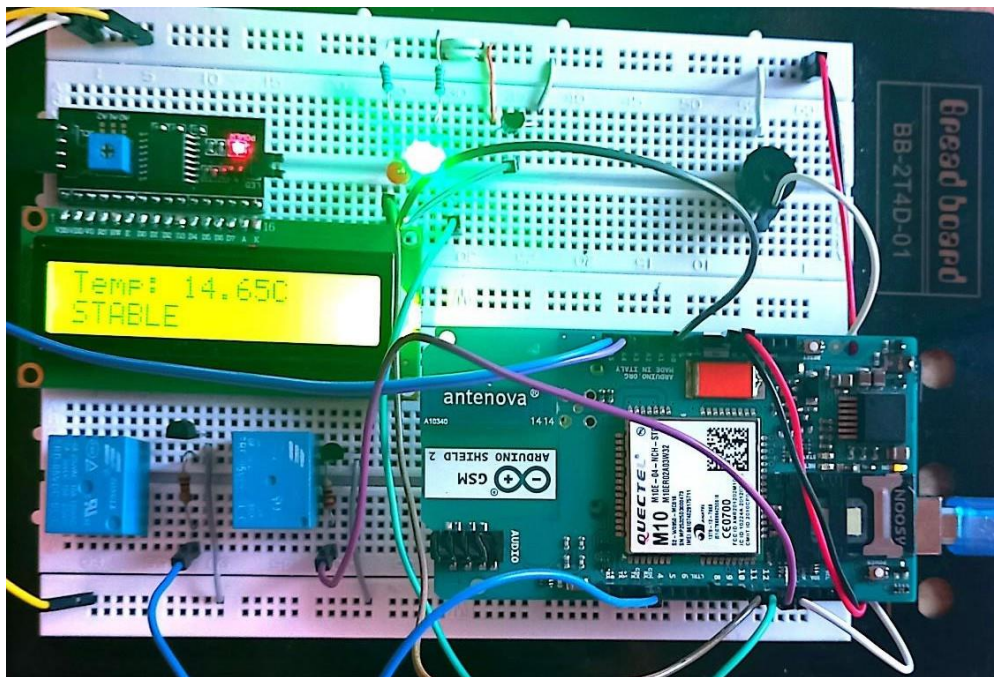


Figure III.4: Photos de contrôleur de température numérique réalisé en état stable

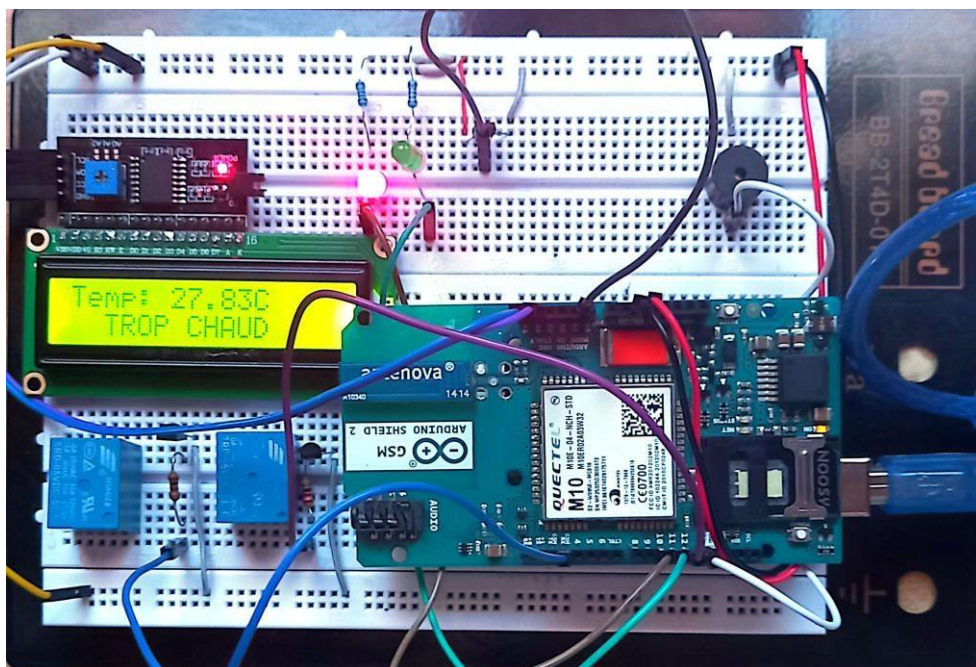


Figure III.5: Photos de contrôleur de température numérique réalisé en état " Trop chaud"

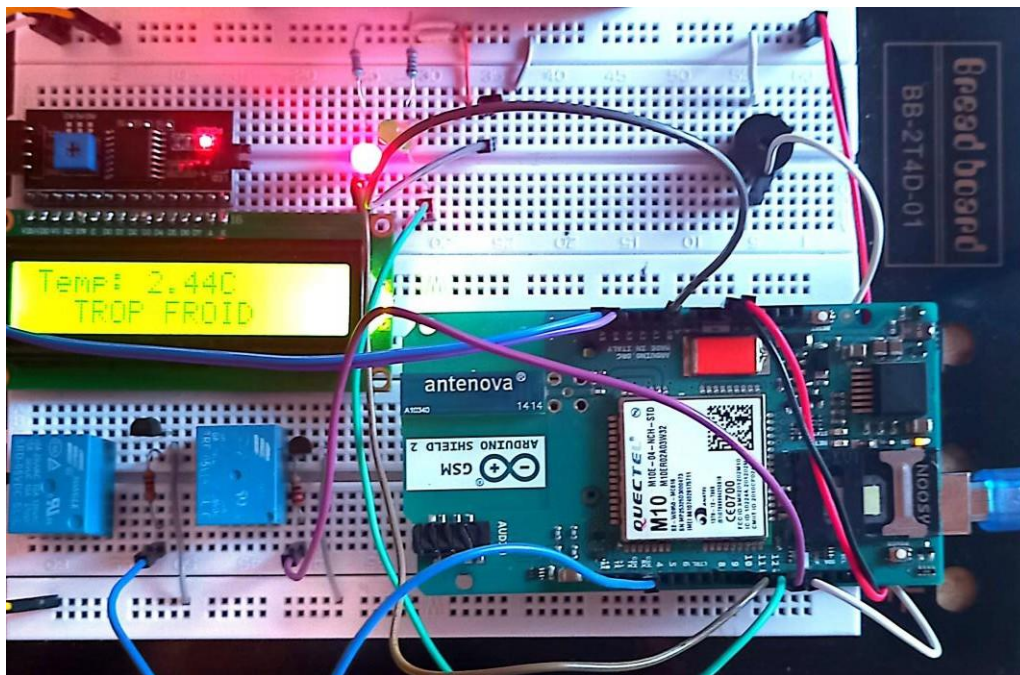


Figure III.6: Photos de contrôleur de température numérique réalisé en état " Trop froid"

III.4 L'impact du système et les domaines d'application

Notre système peut avoir un impact concret et positif :

- En prévenant les pertes de produits sensibles (médicaments, aliments...).
- En réduisant les risques pour la santé humaine ou animale.
- En facilitant une réaction rapide en cas de danger thermique.
- Et en contribuant à une meilleure gestion de l'environnement thermique.

Les domaines d'application sont nombreux et variés :

- Agriculture : surveillance des serres et des conditions climatiques.
- Agroalimentaire : préservation des aliments sensibles à la température.
- Industrie : contrôle de machines et d'environnements de production.
- Médical : surveillance des chambres froides, laboratoires, etc...

III.5 Conclusion

L'objectif principal du système est de contrôler la température à distance, d'améliorer la sécurité, et de réduire les interventions manuelles. Grâce à l'intégration du module GSM, le dispositif peut envoyer automatiquement des alertes par SMS, le système garantit une réactivité immédiate en cas de dépassement de seuils critiques, ainsi une réaction rapide et appropriée.

Ce projet de contrôle de température a été conçu et testé d'abord sur le logiciel de simulation ISIS, où le temps d'exécution observé était de 47.28 secondes. Cependant, lors de son implémentation réelle sur une plaque d'essai, les performances se sont révélées bien supérieures, avec un temps d'exécution réduit à seulement 9.70 secondes. Cette différence met en évidence l'écart entre la modélisation logicielle et l'application physique, prouvent l'importance des tests pratiques pour optimiser le fonctionnement du système et mieux comprendre ses performances dans un environnement réel.



Conclusion générale

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Dans le cadre de notre mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master, nous avons conçu et réalisé un système de contrôle de température à distance, basé sur un module GSM Shield Arduino UNO 2. Ce système joue un rôle essentiel en permettant de surveiller, contrôler et réguler la température à distance, de manière autonome et efficace.

Dans le domaine du contrôle thermique, Notre système repose sur la synergie entre un capteur de température, un microcontrôleur Arduino, un afficheur LCD, des éléments de signalisation (LED, buzzer), un relais de commande et un module GSM, notre système permet de détecter une température anormale et de transmettre une alerte par SMS, le tout sans connexion Internet, pour proposer des solutions autonomes, et efficaces adaptée aux besoins spécifiques et aux exigences actuelles. Cette architecture permet une surveillance en temps réel avec envoi automatique d'alertes par SMS dès que la température dépasse des seuils prédéfinis Le système se veut intelligent, réactif et fiable, capable de fonctionner sans surveillance humaine constante. Ce projet a été mené de bout en bout, de la phase de réflexion à la réalisation concrète.

Nous avons conçu le schéma, simulé le circuit sous Proteus, programmé le système et vérifié son bon fonctionnement. Le système répond aux objectifs fixés : il surveille en continu la température dans une plage définie [5°C à 15°C] et déclenche une alerte automatique en cas de dépassement. Pour la réalisation de ce projet, nous sommes appuyés sur l'ensemble des connaissances théoriques et compétences pratiques acquises tout au long de notre formation, notamment en électronique, communication, programmation, ainsi qu'en conception de circuits intégrés. Ce travail nous a confrontés à divers défis techniques et méthodologiques, que nous avons su relever en adoptant une démarche structurée et rigoureuse.

En fin, ce projet représente une avancée concrète dans le domaine de l'automatisation et de la modernisation des systèmes de gestion thermique. Il constitue une base solide pour des améliorations futures, Il ouvre également la voie à de futures évolutions, telles que l'utilisation de réseaux sans fil plus performants ou encore le déploiement à grande échelle dans des environnements industriels et professionnels. En résumé, ce projet nous a permis de valoriser nos compétences techniques et de développer une solution concrète, utile et applicable dans la vie réelle. C'est une expérience enrichissante, à la fois sur le plan professionnel et personnel.

Références

- [1] www.culturesnumeriques.net/evenements/le-premier-tube-a-vide
- [2] <https://blog.beamex.com/fr/les-unites-de-temperature-et-leur-conversion>
- [3] <http://dptgeii.iutsd.univ-lorraine.fr/cours/lpsarii/IM/Cours/Capteurs.pdf>
- [4] [ZAR HAMZA , MELLOUK ISLAM << Conception et réalisation d'un contrôleur de température automatique par carte Arduino>> Mémoire de fin d'études, Université de Tlemcen](#)
- [5] <http://www.bedwani.ch/electro/ch25/index.htm>
- [6] <https://www.techno-science.net>
- [7] <https://www.electricity-magnetism.org>
- [8] <https://www.electricity-magnetism.org>
- [9] <https://www.ic-components.fr>
- [10] <https://www.mouser.fr>
- [11] <https://www.arduino-france.com>
- [12] [LED et calcul de la résistance série - Astuces Pratiques](#)
- [13] <https://www.astuces-pratiques.fr>
- [14] I. Bradai G. Roumaïssa « Etude, Simulation d'un Thermomètre Numérique a base d'Arduino ». Mémoire PFE, Université Ain Témouchent 202.1
- [15] <https://benetk.fr/2-arduino-uno>.
- [16] H. KACI MOUSSA, « Conception et réalisation d'un system de régulation a base d'un microcontrôleur », Mémoire de fin d'étude Université Mouloud Mammeri De « Tizi-Ouzou », 12 juillet 2018
- [17] <https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2022/02/Khoualdia-Farouk.pdf>
- [18] Jean- Noel, « livre Arduino en français », centre de ressources art sensitif

- [19] <https://www.orbit-dz.com/product/lcd-2-16/>
- [20] <https://www.m2m.fr/guide/gsm/>
- [21] <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoGSMShieldV2>
- [22] <https://elearning-facsci.univ-annaba.dz/>

Résumé

Notre projet consiste à étudier et à réaliser un dispositif numérique de contrôle de température, basé sur une carte Arduino programmée pour surveiller une plage de température comprise entre [5 °C à 15 °C], en utilisant le programme Arduino IDE.

Ce dispositif permet de mesurer et contrôler la température localement. Nous avons simulé son fonctionnement en utilisant un capteur de température LM35, un afficheur LCD, et des plusieurs composants d'alertes ce qui permet une surveillance efficace du système.

Le fonctionnement de notre circuit est de telle façon lorsque le capteur détecte une variation de température dans un lieu, le système va afficher la valeur mesurée sur l'écran LCD. Si la température inférieure à 5 °C ou supérieure à 15 °C, les éléments de sécurité se déclenchent automatiquement, Un message d'alerte est envoyé via le GSM Shield Arduino 2 ; le relai 1 automatiquement vas activer pour allumer le ventilateur et le relai 2 couper le passage de courant pour éteindre donc l'élément chauffant, qui est connecté à la sortie des relais et la LED rouge va allumer pour signaler le dépassement de la plage.

Abstract

Our project involves designing and building a digital temperature monitoring device based on an Arduino board programmed to monitor a temperature range between [5°C and 15°C] using the Arduino IDE program.

This device allows for local temperature measurement and control. We simulated its operation using an LM35 temperature sensor, an LCD display, and several alert components, allowing for effective system monitoring.

Our circuit operates in such a way that when the sensor detects a temperature change in a location, the system will display the measured value on the LCD screen. If the temperature drops below 5°C or above 10°C, the safety features are automatically triggered. An alert message is sent via the Arduino GSM Shield 2; Relay 1 will automatically activate to turn on the fan and relay 2 will cut off the current flow to turn off the heating element (for example a heater), which is connected to the relay output and the red LED will light up to signal that the range has been exceeded.