

Etude et conception d'un thermomètre à infra rouge

Filière :

- Génie industriel

Réalisé par :

- BELHASBIA KAOUTAR
- ZAAIT IMANE

2020 / 2021

Remerciement

Ce n'est pas parce que la tradition l'exige ou par habitude que cette page doit être présentée dans notre rapport, mais parce que les personnes auxquelles s'adressent nos remerciements les méritent vraiment.

Merci à tout le corps professoral et administratif de l'école nationale supérieure d'arts et métiers de CASABLANCA :

- **Mr. Ahmed Mouchtachi** le directeur d'ENSAM Casablanca.
- **Mr.ABOURICH** le directeur adjoint.
- **Mme. NOUI** le chef de département génie industriel ainsi que tous les professeurs pour leurs efforts et leurs encadrements.

Nos vifs remerciements s'adressent également à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail de près ou de loin.

Liste des figures

Chapitre 1 :

Figure 1 : thermomètre à gaz.....	11
Figure 2: thermomètre à cadran et aiguille.....	12
Figure 3: thermomètre à cristaux liquides.....	13
Figure 4 : thermomètres à alcool.....	13
Figure 5: thermomètre à mercure.....	14
Figure 6 : thermomètre de Galilée.....	14
Figure 7 : thermomètre électronique.....	15
Figure 8 : thermomètre magnétique.....	16

Chapitre 2 :

Figure 1 : Système infrarouge.....	18
Figure 2 : Le thermomètre médical	19
Figure 3 : Le thermomètre laser pour le bricolage.....	19
Figure 4 : Les thermomètres sans contact.....	20
Figure 5 : Le capteur de température MLX90614.....	26
Figure 6 : Le capteur de température MLX90614.....	26
Figure 7: description des broches.....	27
Figure 8: schéma fonctionnel.....	28
Figure 9 : Un ARDUINO NANO	29
Figure 10: un MLX90614ESF-ACF.....	30
Figure 11 : un afficheur OLED SSD1306.....	30
Figure 12 : un bouton-poussoir.....	30
Figure 13 : diodes laser.....	31
Figure 14 : un connecteur 6 broches femelle.....	31
Figure 15 : cavalier.....	32
Figure 16 : les étapes pour mesurer la température.....	33

Chapitre 3 :

Figure 1 : schéma de la carte de capteur.....	38
Figure 2 : schéma de la carte d'alimentation.....	39
Figure 3 : schéma de la carte de thermomètre.....	40
Figure 4: simulation de la Carte capteur_MLX90614ESF-BAA.....	41
Figure 5: simulation de la Carte d'alimentation	41
Figure 6 : simulation de la Carte de thermomètre.....	42
Figure 7 : .Schéma du circuit sous ARES.....	43
Figure 8 : Visualisation 3D du circuit sous ARES.....	43
Figure 9 : interface de CATIA.....	44
Figure 10 : dessin du corps.....	45
Figure 11 : Modélisation du Corps.....	46
Figure 12 : Modélisation d'un afficheur OLED.....	46
Figure 13 : Modélisation de bouton-poussoir.....	46
Figure 14 : Modélisation de cadre de laser.....	47
Figure 15 : Assemblage final.....	47
Figure 16 : Modélisation de la carte du thermomètre	47

Liste des tableaux

Tableau 1 : Table de conversion.....	10
Tableau 2 : Caractéristiques techniques d'un thermomètre.....	21
Tableau 3 : meilleur thermomètre infrarouge en 2020.....	24
Tableau 4 : meilleur vente de thermomètre infrarouge.....	24
Tableau 5: description des broches MLX90614.....	28

Liste des abréviations

ATM	Atmosphérique
LCD	liquid crystal display
IR	infrarouge
TIR	Thermomètre à infrarouge
CAO	Conception assistée par ordinateur
ISIS	Intelligent Schematic Input System
PCB	bloc de contrôle de processus

Sommaire

Introduction générale	7
<u>Chapitre 1 : Généralités sur la thermométrie.....</u>	<u>8</u>
Introduction.....	9
1. Notion de température	9
2. les échelles de température	9
2.1 Différents échelles de température	9
2.1.1. Échelle fahrenheit	9
2.1.2. Échelle Celsius	10
2.1.3. Échelle kelvin	10
2.1.4. Échelle de Réaumur	10
3. Thermomètres	11
3.1. Définition du thermomètre	11
3.2. Types de thermomètre	11
3.2.1. Thermomètre à gaz.....	11
3.2.2. Thermomètre à cadran et aiguille.....	12
3.2.3. Thermomètre à cristaux liquides.....	13
3.2.4. Thermomètre à liquides.....	13
• Thermomètre à alcool	13
• Thermomètre à mercure	14
• Thermomètre de Galilée	14
3.2.5. Thermomètre électronique.....	15
3.2.6. Thermomètre magnétique	16
Conclusion	16
<u>Chapitre 2 : Etude d'un thermomètre infrarouge.....</u>	<u>17</u>
Introduction.....	18
1. Thermomètre infrarouge	18
1.1 Principe de fonctionnement	18
1.2 Les différents types de thermomètre infrarouge	19
1.3 Les caractéristiques d'un thermomètre infrarouge	20
1.4 Critères de choix d'un thermomètre infrarouge	21

1.5 Les avantages et les inconvénients d'un thermomètre infrarouge	22
1.6 Etude économique d'un thermomètre infrarouge	23
1.7 Comment utiliser un thermomètre infrarouge.....	25
2. Etude des capteurs utilisés	25
2..1. Le capteurs de température MLX90614	25
2..2. Description générale	26
2..3. Caractéristiques	27
2..4. Description des broches	27
2..5. Description détaillée	28
2..6. Les différents outils électroniques utilisés	29
3. Les étapes pour mesurer la température.....	32
4. Estimation des erreurs d'étalonnage d'un thermomètre infrarouge industriels.....	34
5. Le rayonnement infrarouge	35
Conclusion	35
<u>Chapitre 3: Simulation et Réalisation.....</u>	<u>36</u>
Introduction	37
1. les schémas	38
1.1. Carte capteur	38
1.2. Carte alimentation	39
1.3. Carte thermomètre	40
2. simulation sous ISIS	41
3. Réalisation du circuit imprimé	43
4. Dimensionnement sur CATIA	44
4.1 Présentation générale	44
4.2 Conception des pièces	44
Conclusion	48
Conclusion générale	49
Bibliographie.....	50

Introduction générale

Face à la propagation de la pandémie du Covid-19 au Maroc, notre pays s'est lancé dans le défi de la fabrication nationale de plusieurs produits tels que les bavettes médicales, les thermomètres, les désinfectants dans le cadre de la lutte contre la propagation du Coronavirus. Un défi qui a été relevé avec succès, une autosuffisance est atteinte jusqu'à maintenant grâce à la mise en service de plusieurs ateliers. Alors notre projet concerne l'étude et la conception d'un thermomètre à infra rouge.

Un thermomètre est un appareil qui sert à mesurer et à afficher la valeur de la température. C'est le domaine d'étude de la thermométrie. Développé durant les XVI^e et XVII^e siècles, le thermomètre est utilisé dans différents domaines. Les applications des thermomètres sont multiples, en météorologie, en médecine, en cuisine, pour la régulation, dans les procédés industriels, etc.

L'ancêtre du thermomètre est le thermoscope, appareil mettant en évidence des différences de température, mais sans les mesurer. Les premiers thermoscopes remontent à l'Antiquité, comme ceux de Philon de Byzance et de Héron d'Alexandrie. Le principe est la variation de volume, selon la température, d'une quantité d'air déplaçant une colonne d'eau.

Sous le terme « thermomètre » qu'il a inventé en 1624, le jésuite Jean Leurechon décrit, dans son ouvrage *Récréations mathématiques*, le principe du thermomètre à air, déjà utilisé par Galilée dès 1592 (un changement de température faisant monter le niveau de l'eau dans un tube de faible section).

On trouve plusieurs types de thermomètres, par eux le thermomètre à infrarouge, ce dernier est un instrument de mesure de la température de surface d'un objet à partir du rayonnement du corps noir — rayonnement de type corps noir — qu'il émet dans l'infrarouge. On utilise également le terme de pyromètre infrarouge lorsqu'il s'agit de mesurer des températures élevées d'un objet ou d'un environnement (four, incendie, volcan, etc.).

Chapitre 1 : Généralités sur la thermométrie

Introduction:

La thermométrie est le domaine de la physique qui concerne la mesure de la température.

Parmi les grandeurs physiques, la température est l'une des plus délicates à mesurer de façon rigoureuse pour deux raisons. D'une part, il faut bien définir le système dont on mesure la température. D'autre part, la définition même du concept de température et de son échelle de mesure nécessitent de connaître des concepts thermodynamiques qui sont loin d'être intuitifs.

1. Notion de température :

La notion de température est liée à la sensation du chaud et du froid due au sens du toucher. Soit un corps, solide, liquide ou gazeux au repos. En fait le repos n'est qu'apparent car il se produit en tout point une agitation moléculaire, les molécules sont précipitées les unes contre les autres à grande vitesse et il y a une transformation de l'énergie cinétique en énergie thermique. La température apparaît donc comme un paramètre susceptible de caractériser le niveau énergétique.

La température est une grandeur intensive, qui peut être mesurée de deux façons différentes : A l'échelle atomique, elle est liée à l'énergie cinétique moyenne des constituants de la matière. Au niveau macroscopique, certaines propriétés des corps dépendant de la température (volume massique, résistivité électrique, etc....) peuvent être choisies pour construire des échelles de température.

2. Les échelles de température :

2.1. Différentes échelles de températures :

Depuis des siècles les hommes construisent des thermomètres afin de mesurer la température. La première date 1641, œuvre de Ferdinand II, grand-duc de Toscane. Ces thermomètres sont gradués selon une échelle de température. Il existe plusieurs échelles : kelvin, Celsius, Fahrenheit, Newton, Réaumur, Rankine, Delisle, Römer. Les principales utilisées actuellement sont les échelles Celsius, Fahrenheit, kelvin et Réaumur.

2.1.1. Échelle Fahrenheit :

L'une des plus anciennes échelles de température a été imaginée en 1720 par le physicien allemand Gabriel Fahrenheit. Sur cette échelle, à la pression de 1 ATM (pression dite << normal >>) la température de congélation de l'eau est de **32°F** et sa température d'ébullition est de **212°F**.

2.1.2. Échelle Celsius :

L'échelle centésimale a été inventée par Carl Von Linné en 1743. Sur cette échelle, la température de congélation de l'eau est de 0°C température d'ébullition est de 100°C sous pression de 1ATM.

Parallèlement, l'échelle Celsius est introduite l'astronome suédois André Celsius, et correspond pratiquement à l'échelle centésimale. L'échelle Celsius est l'échelle de température utilisée dans la vie courante.

La température en Celsius (TC) est liée à la température en fahrenheit (TF) par la relation :

$$TF=32+1.8*TC$$

2.1.3. Échelle kelvin :

Inventée par le mathématicien physicien britannique William Thompson kelvin au XIXe siècle, l'échelle kelvin est couramment employée dans les domaines scientifiques.

Le kelvin (K) est l'unité du système international de température. Sur terre, la température théorique la plus basse que l'on puisse approcher est le zéro absolu, à savoir 0 K, ou - 273.15°C.

La température en kelvin (TK) est liée à la température en Celsius (TC) par la relation :

$$TK=273.15+TC$$

2.1.4. Echelle de Réaumur :

L'échelle de Réaumur est une échelle de température conçue en 1731 par le physicien et inventeur français René-Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757), qui a calibré son thermomètre entre 0 et 80 : le pont de congélation de l'eau (valeur : zéro) et le point d'ébullition de l'eau (valeur : 80).

$$T_{Re} = 0.8 T_C \text{ donc } T_C = 1.25 T_{Re}$$

- **Table de conversion :**

Le tableau ci-dessous résume les formules permettant de convertir une température entre les différentes échelles :

À partir de :	Kelvin	Celsius	Fahrenheit	Rankine	Réaumur
$T_{\text{Kelvin}} =$	T_K	$T_C + 273,15$	$\frac{5}{9} (T_F + 459,67)$	$\frac{5}{9} T_{Ra}$	$\frac{5}{4} T_{Re} + 273,15$
$T_{\text{Celsius}} =$	$T_K - 273,15$	T_C	$\frac{5}{9} (T_F - 32)$	$\frac{5}{9} (T_{Ra} - 491,67)$	$\frac{5}{4} T_{Re}$
$T_{\text{Fahrenheit}} =$	$\frac{9}{5} T_K - 459,67$	$\frac{9}{5} T_C + 32$	T_F	$T_{Ra} - 459,67$	$\frac{9}{4} T_{Re} + 32$
$T_{\text{Rankine}} =$	$\frac{9}{5} T_K$	$\frac{9}{5} T_C + 491,67$	$T_F + 459,67$	T_{Ra}	$\frac{9}{4} T_{Re} + 491,67$
$T_{\text{Réaumur}} =$	$\frac{4}{5} (T_K - 273,15)$	$\frac{4}{5} T_C$	$\frac{4}{9} (T_F - 32)$	$\frac{4}{9} (T_{Ra} - 491,67)$	T_{Re}

3 .Thermomètres :

3.1. Définition du thermomètre :

Un thermomètre est un appareil qui sert à mesurer des températures. C'est le domaine d'étude de la thermométrie. Il détermine à quel point les objets sont chauds ou froids, le fonctionnement de celui-ci est basé sur la variation des propriétés physiques. Le thermomètre est aussi un instrument mesurant l'énergie cinétique des particules.

3.2. Types de thermomètre :

il existe six types de thermomètre : thermomètre à gaz, thermomètre à cadran et aiguille, thermomètre à cristaux liquides, thermomètres à liquides (alcool et mercure), thermomètre électronique et thermomètre magnétique. La composition de chaque thermomètre dépend alors de son type.

3.2.1. Thermomètre à gaz :

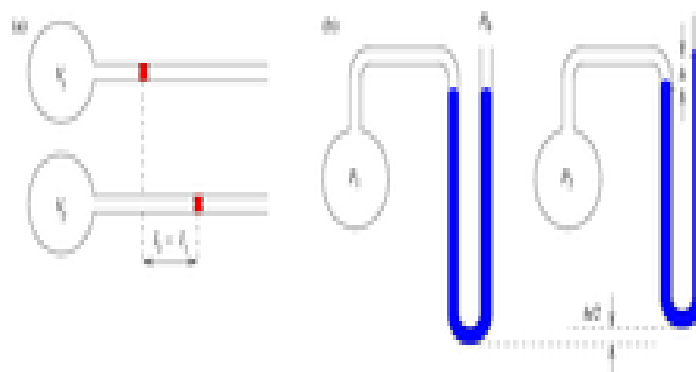


Figure 1 : thermomètre à gaz

Le thermomètre à gaz est basé sur les variations de pression ou de volume d'un gaz en fonction de la température. Ce type de thermomètre utilise la loi d'Avogadro :

$$p.V = n.R.T$$

où :

- V est le volume du gaz ;
- p est la pression ;
- T est la température ;
- R est la constante des gaz parfaits, de valeur $R = 8,314\,462\,1\text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- n est le nombre de moles (mol).

La première variante utilise un réservoir rempli de gaz et un tube ouvert dans lequel se trouve un bouchon mobile séparant le gaz du réservoir de l'air ambiant. Si la pression ambiante reste constante, une variation de température du réservoir va causer une variation du volume du gaz qui va se refléter dans la position du bouchon. La variation de V est proportionnelle à celle de T et on peut donc en obtenir le changement de température.

La seconde variante de ce thermomètre garde le volume constant. Un réservoir contenant un gaz est connecté par un tube capillaire à un manomètre. Lors d'une variation de température, le volume reste constant mais la pression varie inversement au changement de température. La température peut donc être calculée avec l'équation. Ce type de thermomètre est à l'origine de la découverte du zéro absolu bien avant que la cryogénie ne soit développée. En effet, en étudiant le comportement de la pression de plusieurs gaz avec la température avant leur condensation, les chercheurs ont pu extrapoler vers une température convergente selon le graphique.

3.2.2. Thermomètre à cadran et aiguille :



Figure 2 : thermomètre à cadran et aiguille

Le thermomètre bilame est constitué de deux lames de métaux ou d'alliages différents, souples, soudées ou collées l'une contre l'autre, dans le sens de la longueur. Ces deux plaques de métal soudées par laminage à froid, sont très souvent de l'invar et

du nickel ayant un coefficient de dilatation différent. Leur dilatation étant différente, l'objet se déforme avec les variations de température. Cette déformation est lue sur un cadran via un mécanisme de micromètre.

Dans le thermomètre à spirale, la lame est enroulée, une de ses extrémités est fixée au centre d'un cadran et l'autre, en forme de pointe, est libre. Un cadran gradué est placé derrière la lame en spirale. Lorsqu'elle se dilate ou se contracte sous l'effet de la température, la géométrie en spirale convertit cette dilatation en une rotation de l'aiguille sur un cadran gradué.

3.2.3. Thermomètre à cristaux liquides :

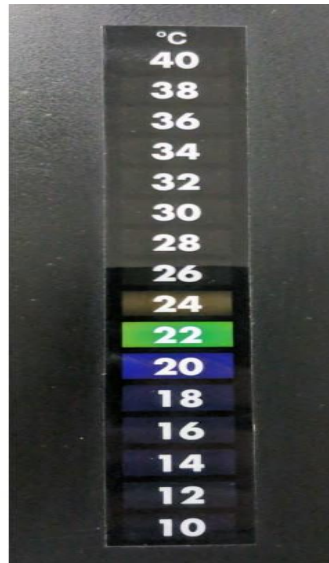


Figure 3 : thermomètre à cristaux liquides

Les thermomètres à cristaux liquides utilisent des cristaux liquides qui changent de couleur selon la température.

Souvent, les cristaux liquides dessinent la valeur de la température. Sur d'autres modèles, ils dessinent simplement une échelle juxtaposée à des valeurs chiffrées.

Ces thermomètres sont souvent utilisés pour les aquariums (modèles autocollants) ou dans le secteur médical (thermomètres frontaux), mais la mesure peut être inexacte.

3.2.4. Thermomètres à liquides :

- **Thermomètre à alcool :**

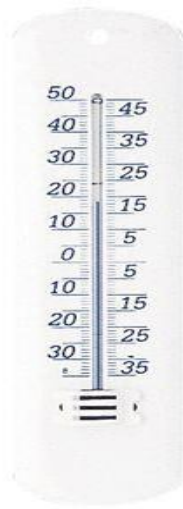


Figure 4 : thermomètre à alcool

Le thermomètre à alcool est une alternative à celui au mercure apparu dès le XIX^e siècle pour des raisons de prix, de revient et de santé publique (lors d'un bris du réservoir, l'alcool s'évapore rapidement avec peu d'effets toxiques). Le liquide organique du réservoir peut être de l'éthanol, du toluène, du kérosène ou de l'acétate de 3-méthylbutyle.

Le liquide est coloré en rouge ou en bleu pour une meilleure lecture et peut se déplacer du réservoir vers un tube capillaire fermé hermétiquement et rempli d'azote. Un ménisque se forme à l'interface alcool-azote afin de pouvoir suivre l'expansion/contraction du liquide avec la variation de la température et ainsi pointer sur une échelle graduée la température.

- **Thermomètre à mercure :**



Figure 5 : thermomètre à mercure

Le thermomètre à mercure a été inventé par Daniel Gabriel Fahrenheit en 1724. Son fonctionnement repose sur du mercure contenu dans un tube de verre. Le volume du mercure, donc la longueur de la colonne dans le tube, est fonction de sa température. On peut lire cette dernière grâce à des marques inscrites le long du tube. Pour augmenter la sensibilité du thermomètre, une ampoule plus large que le tube est formée à l'une de ses extrémités et est remplie de mercure ; les petites variations de volume du mercure se traduisent alors par de grands déplacements de l'extrémité de la colonne. L'autre extrémité du tube est remplie d'azote, à une pression plus faible que la pression atmosphérique.

- **Thermomètre de Galilée :**



Figure 6 : thermomètre de Galilée

Le thermomètre de Galilée est composé de flotteurs d'une densité moyenne proche du liquide dans lequel ils sont immergés. Lorsque le liquide du tube se dilate avec la température, il devient moins porteur, ce qui fait couler certains flotteurs. Plusieurs flotteurs lestés différemment peuvent montrer les températures différentes.

La température est généralement gravée sur un disque de métal suspendu sous chaque ampoule. En règle générale, un espace tend à séparer un groupe d'ampoules du haut d'un groupe du bas : la température doit être lue sur le disque situé à la base du groupe du haut ; si une ampoule flotte entre les deux groupes, on en déduit une température intermédiaire, un peu inférieure. Pour atteindre cet objectif, la fabrication d'un tel thermomètre doit avoir des tolérances de masse des ampoules de l'ordre du milligramme.

3.2.5. Thermomètre électronique :



Figure 7 : thermomètre électronique

Les thermomètres électroniques sont très précis et performants. Ils permettent les mesures de température de l'air, des liquides, des matériaux, etc. Ils ont également la possibilité de mémoriser des valeurs avec une alarme et la lecture est facilitée grâce à un écran. Les données peuvent également être imprimées pour faire une sauvegarde. On peut leur ajouter différents capteurs en fonction du type de mesure à effectuer, voire des sondes sans fil (radio). La précision des thermomètres électroniques dépend cependant de leur fabrication et de l'usage auquel ils sont destinés. Par exemple, les thermomètres commerciaux à usage médical peuvent être moins précis que les thermomètres à liquide utilisant le galinstan.

3.2.6. Thermomètre magnétique :



Figure 8 : thermomètre magnétique

Un thermomètre magnétique utilise la loi de Curie qui dit que la susceptibilité magnétique des dipôles paramagnétiques est inversement proportionnelle à la température absolue :

Susceptibilité magnétique = $\chi_m = C/T$ où C est la constante de Curie et T la température.

Ces appareils sont utilisés pour les températures sous 1 kelvin. Un circuit électrique avec pont à inductance mutuelle est soumis à un courant alternatif de basse fréquence. L'inductance est formée par deux bobines identiques dont les tensions de sortie sont comparées et rendues aussi près de zéro que possible. Ensuite, un matériau paramagnétique est introduit dans le pont ce qui donne une différence de tension qui dépend de la température. La différence de tension est proportionnelle au moment magnétique et avec la loi de Curie, la température peut être extraite.

Conclusion:

Ce chapitre a décrit la notion de thermométrie, les différents types des thermomètres disponibles, et aussi il montre les relations entre les unités de la température.

Chapitre 2 : Etude d'un thermomètre infrarouge

Introduction:

Le concept de pyromètre infrarouge est énoncé par Charles R. Darling dans son livre Pyrometry en 1911. L'avènement de l'électronique dans les années 1930 permet l'industrialisation des premiers thermomètres de type infrarouge qui sont désormais un instrument classique de mesure pour les applications personnelles, industrielles et universitaires.

1. Thermomètre infrarouge :

Au fil des années, la température est la grandeur physique la plus souvent mesurée. Les thermomètres infrarouges déterminent, à partir du rayonnement infrarouge émis par l'objet à mesurer, la température de ce dernier sans nécessiter de contact direct. La détermination de la température est basée sur les lois régissant le rayonnement qui ont été formulées par Planck et Boltzmann. Mais comment fonctionne la mesure de températures sans contact ?

1.1. Principe de fonctionnement :

Quand la température d'un objet est supérieure au zéro absolu de 0 K (-273,149°C), il émet un rayonnement naturel qui est proportionnel à sa température naturelle. Une partie de ce rayonnement émis est le rayonnement infrarouge, dont on se sert pour mesurer la température. Le rayonnement infrarouge émis par un objet pénètre l'atmosphère et peut être focalisé sur un élément détecteur grâce à une lentille ou une optique.

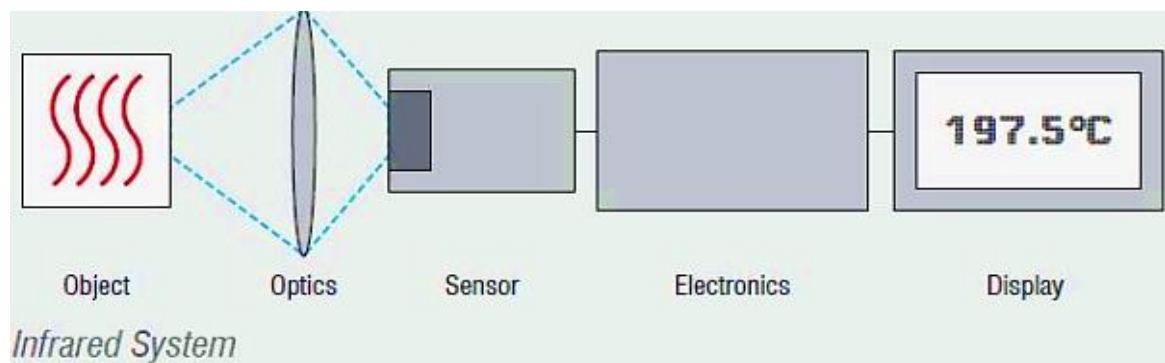


Figure 1 : Système infrarouge

La plupart des thermomètres infrarouges sont conçus pour capter les longueurs d'ondes situées entre 7 et 15 micromètres. Cela correspond à une température comprise entre -60 degrés et 450 degrés Celsius.

Outre le rayonnement émis par la surface d'un objet, un détecteur infrarouge capte également le rayonnement réfléchi provenant de l'environnement, ou même un rayonnement infrarouge qui traverse le corps mesuré.

1.2. Les différents types de thermomètre infrarouge :

- **Le thermomètre médical :**

Un thermomètre médical est utilisé pour mesurer la température du corps humain ou animal. Il est bien plus précis que le thermomètre de bricolage mais sa plage de température est souvent moindre, adaptée à la température corporelle.

Il y en a 2 types du thermomètre médical : le thermomètre auriculaire ou thermomètre oreille et le thermomètre frontal.



Figure 2 : Le thermomètre médical

- **Le thermomètre laser pour le bricolage :**

Le thermomètre de bricolage est réservé aux mesures d'objets plus gros et présente le plus souvent une visée laser qui permet de localiser la surface mesurée, Ainsi leur utilisation va de la mesure de l'eau de piscine à la mesure de surfaces très chaudes ou hostile, en passant par la détection de fuites thermiques. Ces thermomètres infrarouges ont une plage de température bien plus élevée au détriment de la précision de mesure.



Figure 3 : Le thermomètre laser pour le bricolage

- **Le thermomètre sans contact :**

Voici quelques avantages des thermomètres infrarouges :

- La température est donnée très rapidement. Une à deux secondes suffit en général.
- Il est possible de prendre la température d'un objet très chaud que l'on ne peut pas toucher ou que l'on ne peut pas accéder.
- Aucun risque de maladie transmise étant donné qu'il n'y a aucun contact
- Il est possible de mesurer la température d'un objet en mouvement.
- Une précision importante grâce aux différentes mesures effectuées par le capteur et ensuite moyennées pour éviter de prendre en compte les perturbations temporaires.



Figure 4 : Les thermomètres sans contact

1.3. Les caractéristiques d'un thermomètre infrarouge :

Les caractéristiques générales:

- Mesures précises sans contact,
- Pointeur laser incorporé,
- Sélection automatique de la gamme et résolution jusqu'à 0.1° ou 1° ,
- Sélecteur °C/°F,
- Maintien automatique des données & mise hors circuit automatique,
- A une distance de ± 20 cm, le thermomètre mesure une cible de $\pm 2,5$ cm,
- Afficheur éclairé à cristaux liquides.

Les caractéristiques techniques :

Réponse spectrale	8 - 14 μm
Optique	D.S : 20:1 (13 mm à 260 mm)
Gamme de température	De -50 à +800 °C
Exactitudes*	De -50 à +20°C : ± 2.5 °C De +20 à +300°C : $\pm 2\%$ de la lecture ± 2 °C De +300°C à +800 °C : $\pm 2\%$ de la lecture
Répétabilité infrarouge	De -50 à +20 °C : ± 1.3 °C De +20 à +800 °C : $\pm 0.5\%$ ou ± 0.5 °C
Résolution de l'affichage	0.1 °C
Temps de réponse	150 ms
Émissivité	Réglable de 0.10 à 1.0 (pré-réglée à 0.95)
Indication de dépassement de gamme	Indication à l'écran : « ---- »
Double visée laser	Longueur d'onde : de 630 nm à 670 nm Sortie inférieure à 1mW, Classe 2 (II)
Indication de température positive ou négative	Automatique (pas d'indication en cas de température positive) Signe (-) en cas de température négative
Écran	4 digits avec écran rétro-éclairé LCD
Auto-extinction	Automatique au bout de 7 secondes d'inactivité
Alarme Haute/Basse	Signal clignotant sur l'écran et signal sonore avec seuils réglables
Alimentation	Pile Alcaline 9 V
Autonomie	105 h (laser et rétro-éclairage inactifs) 20 h (laser et rétro-éclairage actifs)
Température d'utilisation	De 0 à +10 °C pour une courte période De +11 à +50 °C pour une longue période

1.4. Critères de choix d'un thermomètre infrarouge :

- **Ses fonctions :**

Le choix d'un thermomètre infrarouge se fait en fonction de son mode d'emploi. Par exemple le modèle destiné à mesurer la température du corps propose une précision rapide et fiable sur l'état de la personne, si elle est fiévreuse ou non, il est différent de celui conçu pour mesurer la température sur une multitude de surfaces qui propose une plage de température qui va de -50 °C et plus de 1000 °C.

- **Sa précision :**

Pour mesurer la température sur une multitude de surfaces Il n'y a pas de risque d'avoir un résultat approximatif. Par contre lorsque nous savons que pour des raisons de santé avoir une température qui est de 37 °C et 38 °C ce n'est pas du tout pareil on doit bien évidemment opter pour un thermomètre plus précis.

- **Sa fiabilité :**

Les informations fournies par un thermomètre infrarouge sont exactes et fiables. Tous les modèles, quelle que soit la marque, sont conçus selon une matrice exacte qui leur assure un bon fonctionnement. La présence de plusieurs luminosités au moment de la prise de température lui confère sa fiabilité.

- **Sa sécurité :**

Le taux de carbone présent au niveau de l'appareil n'affecte en rien l'état de santé de la personne qui reçoit les luminosités infrarouges. Contrairement au thermomètre basique qui fonctionne au mercure, le modèle infrarouge est sans aucun danger pour la santé de l'homme.

- **Son confort :**

On trouve le modèle compact qui est facile à transporter dans un sac ou un cartable ainsi la présence d'un écran rétro éclairé offre une visibilité maximale, ce qui permet une lecture lisible des données qui sont affichées par l'appareil.

Pour pousser davantage le côté pratique sur certains appareils, les fabricants ont mis en place un mode de lecture silencieux. C'est-à-dire que l'appareil ne va émettre aucun son pour marquer la prise de température.

1.5. Les avantages et les inconvénients d'un thermomètre infrarouge :

Les avantages que vous présente le thermomètre infrarouge sont nombreux. Notamment, avec cet accessoire, vous aurez des prises de température facile, une utilisation hygiénique et un affichage de résultats très rapide.

- **Une utilisation hygiénique :**

Le thermomètre infrarouge n'a pas besoin d'être introduit dans une partie du corps pour prendre la température. Il suffit d'être en contact avec le corps ou la chaleur humaine. Cela évite les risques de transmission de microbe et les risques d'infections liés à l'utilisation d'un même appareil à plusieurs.

- **Une prise de température facile :**

Le thermomètre infrarouge aide l'utilisateur à effectuer facilement les prises de températures. Pour effectuer une prise de température avec cet outil, il vous faudra simplement suivre les instructions de la notice.

- **Un affichage de résultat rapide :**

Quand vous prenez la température avec le thermomètre frontal, le résultat s'affiche très rapidement. Il ne faudra qu'une petite minute pour que vous soyez figé sur la température que

l'appareil a prélevée. Avec cet outil, vous gagner du temps en ayant rapidement un résultat sur l'état de santé du malade ou du vôtre, afin d'agir rapidement.

Les inconvénients d'un thermomètre infrarouge :

L'accessoire présente aussi quelques inconvénients notamment par rapport au prix d'achat des différents types, mais aussi par rapport à la fiabilité du résultat dans différents cas.

- **Le prix d'achat :**

Le thermomètre infrarouge est un appareil généralement cher, ceci est due au fait que certains modèles soient dotés d'un système infrarouge. Cette option augmente largement le prix de l'appareil au point de ne pas avoir accès à ce dernier avec moins de 100 €.

- **La fiabilité du résultat**

Lorsque vous effectuez une prise de température avec le thermomètre infrarouge, vous pouvez être confronté à un résultat un peu douteux qui n'est pas exact surtout avec les modèles à bille. En effet, puisque le thermomètre infrarouge à bille est mis en contact avec le corps humain, il peut être en contact avec la sueur. Cette matière peut influencer le résultat de l'appareil. D'où la fiabilité est remise en cause.

1.6. Etude économique d'un thermomètre infrarouge :

Le prix du thermomètre infrarouge varie d'un modèle à un autre, ceci est lié à plusieurs critères dont on peut citer :

- **Le nombre de luminosités :**

le nombre de luminosités est à prendre en compte en premier. Il définit les capacités de l'appareil à fournir des données exactes ou approximatives. Plus le nombre de luminosités est élevé, plus le pyromètre fournit un résultat précis et fiable à 100 %.

- **Le délai d'affichage :**

Le prix de l'appareil va aussi dépendre du délai d'affichage des données. En général, les meilleurs modèles affichent un délai d'attente de 0,28 seconde à 2 secondes. Bien que l'attente soit minime, c'est un critère qui contribue considérablement sur le prix de l'appareil.

- **le nombre de fonctionnalités :**

Le nombre de fonctionnalités proposé par le thermomètre infrarouge est aussi un point qui va différer le prix de chaque modèle présent et vendu sur le marché.

Etude économique :

• La fourchette de prix :

De notre côté, nous avons mené une petite étude du marché afin de définir une fourchette de prix. Les modèles médicaux sont vendus à un prix raisonnable. Leur prix varie entre 20 et 700 dhs, Pour ce qui est du thermomètre à usage industriel, il faut compter entre 300 et 500 dhs, et pour les thermomètres sans contact leur prix peut être un peu plus cher et peut arriver à 6000 dhs. De cette façon, vous êtes sûr d'avoir un produit fiable et efficace.

• Comparatif des meilleurs thermomètres infrarouges en 2020

Meilleur qualité \ prix		Le moins cher	
			
ATE2015	RC1160	AH4230	TIR Bosch
Lecture de -50°C à 2200 °C	Lecture de -50°C à 800°C	Lecture de -20°C à 199°C	Lecture de -20°C à 200°C
Thermomètre IR température avec écran LCD rétroéclairé	simple laser qui permet une visée plus précise	Doté d'une sonde de pénétration	Avec 3 modes de mesure
Avec arrêt automatique	Avec précision digitale	Lecture instantané	Grande facilité d'utilisation
6080 DHS	5980 DHS	2580 DHS	1150 DHS

• Les meilleures ventes de thermomètre infrarouge :

Les modèles suivants sortent du lot, car ils ont été les plus vendus du moment :

 <p>Thermomètre Frontal</p> <p>79,99 € 44,99 €</p> <p> Voir plus</p>	 <p>Thermomètre Frontal,</p> <p>54,99 € 44,99 €</p> <p> Voir plus</p>	 <p>Topker Numérique LCD</p> <p>49,99 €</p> <p> Voir plus</p>	 <p>Koogeek Thermometre</p> <p>42,99 €</p> <p> Voir plus</p>
--	---	--	---

1.7. Comment utiliser un thermomètre infrarouge ?

Le mode d'emploi d'un thermomètre infrarouge est très simple. Nous l'avons déjà vu un peu plus haut, il n'est pas nécessaire d'avoir un contact direct pour obtenir une température.

Il suffit de placer l'appareil à une distance de pas plus de 5 cm pour obtenir sa température exacte. Il est important de respecter cette distance maximale de 5 cm pour avoir un résultat précis et adéquat.

La portée du laser est indiquée sur chaque appareil. Tant que vous vous y tenez, vous êtes sûre d'utiliser correctement votre thermomètre infrarouge comme il le faut.



Pour que l'appareil puisse capter une température, il est important que la surface à contrôler remplisse la surface de la lentille. Celle qui sert de champ de vision au thermomètre et qui permet la projection des lumières infrarouges. Dans le cas contraire, vous risquez d'obtenir des résultats non adaptés.

Pensez aussi à vérifier la lentille avant chaque utilisation. Il est important qu'elle soit bien propre. Les mêmes constats sont valables pour la surface à contrôler. Aucun corps étranger ne doit venir interférer entre le thermomètre infrarouge et la surface à contrôler. Cela peut être de la poussière, de l'eau ou du gaz. Tout corps qui risque de modifier la température réelle d'une surface donnée doit être enlevé. C'est une habitude à adopter avant chaque prise de température.

2. Etude des capteurs utilisés :

2.1. Le capteur de température MLX90614 :

Le MLX90614 est un thermomètre infrarouge pour les mesures de température sans contact. Le capteur de température infrarouge Melexis MLX90614 permet ainsi la prise de mesures précises sur une plage importante (jusqu'à 382,2°C !), avec une faible marge d'erreur : +/- 0,5°C pour la capture de la température ambiante dans un lieu donné.

Le capteur dispose de 2 interfaces de communication possible : le SMBus (par défaut), mais aussi une sortie PWM 10 bits. Pour toutes les fréquences situées en-dessous de 100 kHz, le SMBus est également compatible avec l'interface I2C.

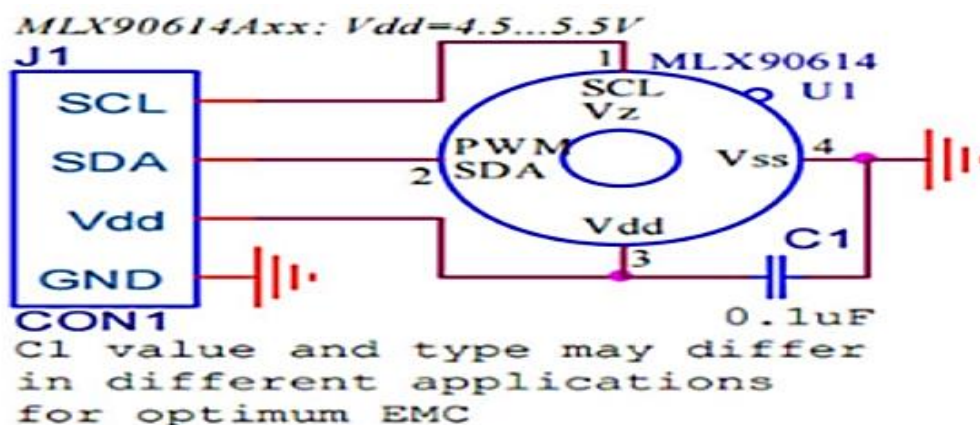


Figure 5 : Le capteur de température MLX90614

Enfin, le capteur de température infrarouge MLX90614ESF-BAA est contenu dans un packaging extrêmement léger protégeant le capteur du rayonnement infrarouge ambiant, et de la lumière du soleil.

N.B : Veuillez noter que pour obtenir des données les plus précises possibles, il vous faudra veiller à ce que le capteur de température soit toujours placé dans un milieu isotherme : si l'enveloppe protectrice du capteur se trouve exposée à différentes températures, le capteur ne sera pas en mesure de fournir une mesure fiable.



Figure 6 : Le capteur de température MLX90614

2.2 . Description générale :

Le MLX90614 est construit à partir de 2 puces développées et fabriquées par Melexis:

- Le détecteur à thermopile infrarouge MLX81101

- Le conditionnement du signal ASSP MLX90302, spécialement conçu pour traiter la sortie du capteur IR.

Le MLX90614 est étalonné en usine dans de larges plages de températures: **-40 à 125 °C** pour la température ambiante et **-70 à 382,2 °C** pour la température de l'objet. La valeur mesurée est la température moyenne de tous les objets dans le champ de vision du capteur.

Le MLX90614 offre une précision standard de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ autour des températures ambiantes. Une version spéciale pour le médical il existe des applications offrant une précision de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ dans une plage de température limitée autour du corps humain.

N.B : Il est très important pour la conception de l'application de comprendre que ces précisions ne sont garanties et réalisable lorsque le capteur est en **équilibre thermique** et dans des conditions **isothermes** (il n'y a pas différences de température dans l'ensemble du capteur).

La précision du thermomètre peut être influencée par différences de température dans le boîtier induites par des causes comme (entre autres): l'électronique chaude derrière le capteur, radiateurs / radiateurs derrière ou à côté du capteur ou par un objet chaud / froid très proche du capteur qui ne chauffe uniquement l'élément sensible dans le thermomètre mais également le boîtier du thermomètre.

2.3 Caractéristiques :

- Calibré en usine
- 40°C à +125°C pour la température du capteur
- 70°C à +380°C pour la température de l'objet
- Précision de 0,5°C autour de la température ambiante
- Haute précision de 0,5°C sur une température étendue
- 90° Champ de vision
- Alimentation 4,5 à 5,5V
- Interface I2C, 0x5A est l'adresse fixe 7 bits

2.4 Description des broches :

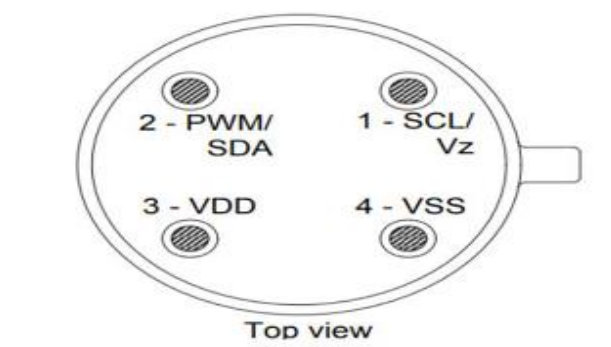


Figure 7: description des broches

Nom de broche	La fonction
VSS	La boîte métallique est également connectée à cette broche.
SCL / Vz	Entrée d'horloge série pour protocole de communication à 2 fils. 5.7V zener est disponible à cette broche pour la connexion du transistor bipolaire externe à MLX90614A pour alimenter l'appareil à partir d'une source externe 8 -16V.
PWM / SDA	Entrée / sortie numérique. En mode normal, l'objet mesuré la température est disponible sur cette broche Pulse Width Modulated. En mode compatible SMBus configuré automatiquement comme ouvert vidange NMOS
VDD	Tension d'alimentation externe.

2.5. Description détaillée :

- Schéma fonctionnel

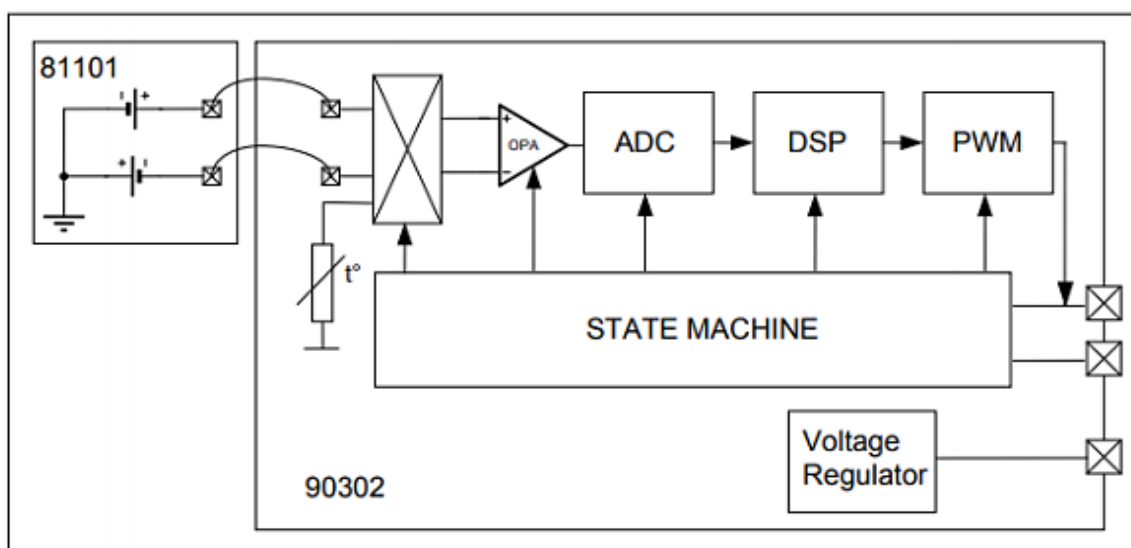


Figure 8: schéma fonctionnel

- Caractéristiques :

- Petite taille
- Monté sur une carte avec deux types de broches
- 10k résistances de traction pour l'interface I2C avec cavaliers de soudure en option
- Facile à intégrer
- Étalonné en usine dans une large plage de température : -40... + 125 ° C pour la température du capteur et -70... + 380 ° C pour la température de l'objet.
- Haute précision de 0,5 ° C sur large plage de température (0... + 50 ° C pour Ta et To)

- Etalonnage haute précision (médical)
- Résolution de mesure de 0,02 ° C
- Versions simple et double zone
- Interface numérique compatible SMBus
- Sortie PWM personnalisable pour une lecture continue
- Adaptation simple aux applications 8-16V
- Mode veille pour une consommation d'énergie réduite
- Différentes options de package pour la polyvalence des applications et des mesures
- Catégorie automobile

2.6 Les différents outils électroniques utilisés :

A. Un ARDUINO NANO :

Arduino est un circuit imprimé en matériel libre (dont les plans sont publiés en licence libre) sur lequel se trouve un microcontrôleur qui peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques, de manière à effectuer des tâches très diverses comme la domotique (chauffage, éclairage, pilotage d'un robot,...) c'est une plateforme basée sur une interface entrée/sortie simple.

Il était destiné à l'origine principalement mais pas exclusivement à la programmation multimédia interactive en vue de spectacle ou d'animations artistiques.

Arduino peut être utilisé pour construire des objets interactifs indépendants (prototype rapide), ou bien peut être connecté à un ordinateur pour communiquer avec ses logiciels (ex : Macromedia Flash, processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider).

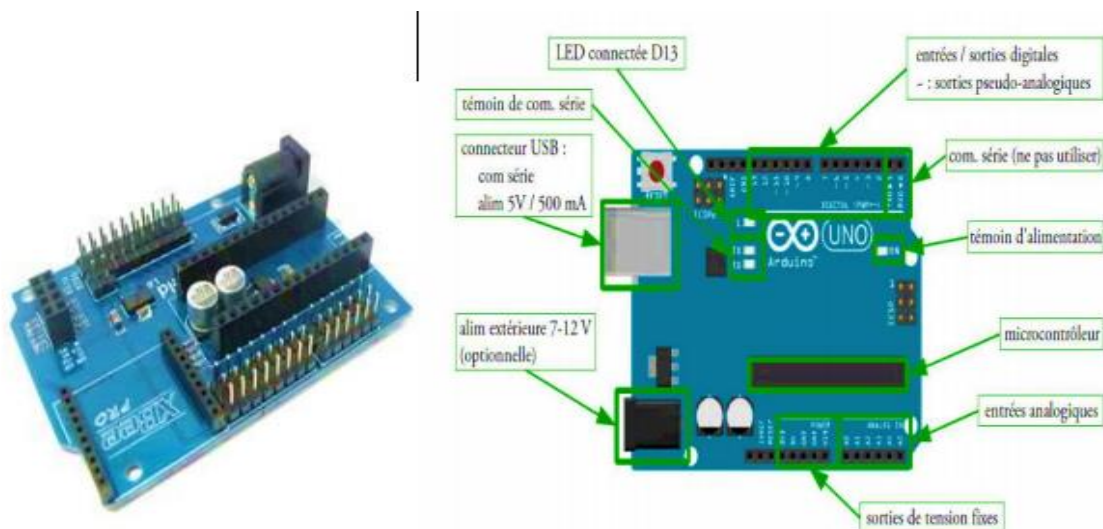


Figure 9 : Un ARDUINO NANO

B. Un MLX90614ESF-ACF



Figure 10: un MLX90614ESF-ACF

C. Un afficheur OLED SSD1306 0.96 pouces 128x64

Cet écran très petit (moins d'un pouce de diagonale) reste très lisible grâce au contraste de la technologie OLED. L'affichage est constitué de pixel monochrome blanc, il offre une résolution de 128*64 pixels, contrôlés par un driver intégré à la carte. L'absence de rétroéclairage réduit la consommation électrique du composant ce qui en fait un élément idéal pour tout montage où la mobilité est votre premier critère.



Figure 11 : un afficheur OLED SSD1306

D. Un bouton-poussoir 12mm



Figure 12 : un bouton-poussoir

E. Deux boutons-poussoir 6 mm verticaux

F. Une ou deux diodes laser 5V 5mW une résistance de 100Ω

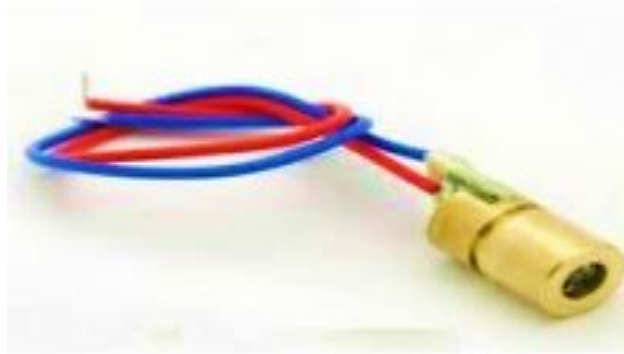


Figure 13 : diodes laser

Ces diodes sont des modèles bas de gamme amplement suffisantes pour l'application :

Elles sont composées d'un petit circuit imprimé pincé dans le boîtier. Le boîtier comporte un réglage de l'optique (les deux pièces de laiton sont vissées l'une dans l'autre).

Il est conseillé d'essayer ces diodes avant de les mettre en place, et après avoir éventuellement peaufiné le réglage, il vaut mieux bloquer le filetage avec un point de colle. On peut aussi bloquer la petite carte dans le boîtier par le même moyen.

Les trous dans la carte capteur font 6mm. Il faudra coller les diodes une fois que celles-ci sont en place et que leur faisceau a été réglé. On peut effectuer le réglage facilement à l'œil, en visant une cible à quelques dizaines de centimètres.

G. Un connecteur 6 broches femelle coudé au pas de 2.54mm



Figure 14 : un connecteur 6 broches femelle

H. Pour un choix du mode °C ou °F par cavalier :



Figure 15 : cavalier

- Un connecteur 3 broches coudé + un cavalier au pas de 2.54mm

Ou :

- Un interrupteur à glissière à 90° ou aucun des deux si l'on désire un affichage en °C uniquement

I. Pour une version alimentée par batterie ou alimentation externe (option) :

- Un connecteur 3 broches tulipe ou DUPONT au pas de 2.54mm
- Une résistance de 1MΩ film métallique 1%
- Une résistance de 330KΩ film métallique 1%
- Une diode 1N5817

3. Les étapes pour mesurer une température d'un thermomètre infrarouge :

Le champ de vision d'un capteur est déterminé par l'**angle** dans lequel le capteur est sensible au rayonnement thermique, cela signifie que le capteur détectera tous les objets dans le champ de vision, le capteur renvoie la moyenne de tous les objets, il est important que l'objet mesuré complètement le **champ de vision** si ce n'est pas le cas, **le capteur peut détecter des objets qui ne sont pas censés être mesurés**, ce qui entraîne une mesure incorrecte de cette manière.

Une bonne compréhension du champ de vision est conseillée lors de la conception d'une application avec des capteurs infrarouges afin de mesurer un certain objet dont l'utilisateur a besoin pour prendre en compte le champ de vision afin de déterminer la distance entre le capteur et l'objet car le champ de vision et les dimensions de l'objet sont connus vous pouvez dériver entre capteur et objet avec une géométrie simple.

La principale mesure du champ de vision est basé sur un objet qui est fixe et le capteur panoramique de gauche à droite ou pour moins 90 à plus 90, il est conseillé de garder la différence de température entre le point fixe et l'arrière-plan pour être aussi grand que possible de cette manière, le **hotspot** aura un effet maximum lorsqu'il entrera dans le champ de vision en déplaçant le capteur de moins 90 à plus 90.

Le capteur affichera une valeur de crête à 0 à ce point le capteur est droit à travers le hotspot si nous avons montré le graphique normalisé de cet ensemble de données, nous pouvons voir une réponse maximale à 0 un graphique normalisé l'intensité de 0 à 100 par

rapport à l'angle qui est mesuré de moins 90 à 90 le champ de vision est maintenant défini à 50 dans la courbe de notre exemple 35 comme le montre le graphique.

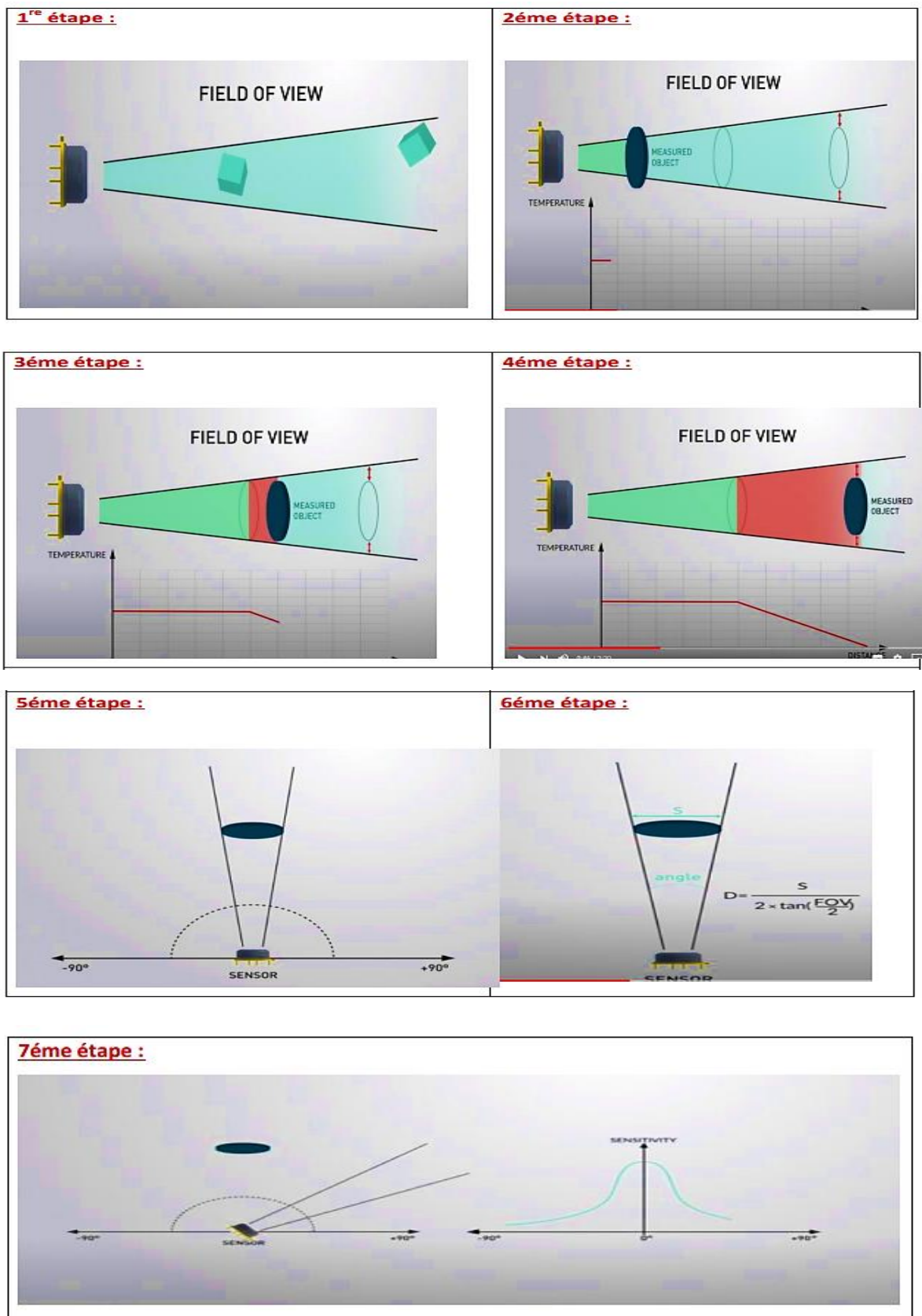


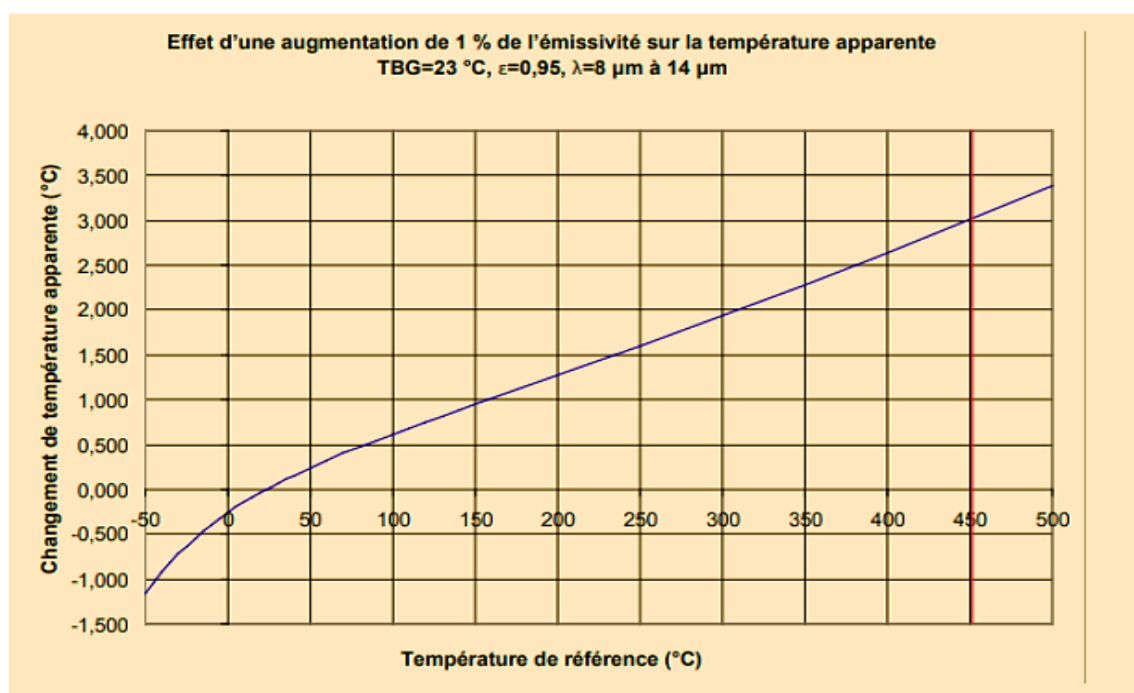
Figure 16 : les étapes pour mesurer la température

4. Estimation des erreurs d'étalonnage de thermomètres infrarouges industriels :

L'émissivité ϵ (epsilon) relève d'une importance cruciale lorsqu'il s'agit de déterminer la température en mesurant un rayonnement. L'émissivité indique le ratio entre le rayonnement réel d'un corps et le rayonnement d'un corps noir, à températures égales. Pour le corps noir, l'émissivité maximale est de 1. Mais dans la réalité, il n'existe quasi aucun corps qui corresponde à cet objet idéal. Dans la pratique, pour étalonner les capteurs, on utilise souvent des surfaces émettrices pouvant atteindre des émissivités allant jusqu'à 0,99 dans la plage de longueurs d'onde désirée.

Bon nombre des surfaces à mesurer présentent une émissivité constante sur les longueurs d'onde, elles émettent toutefois moins de rayonnement, comparé aux corps noirs. On les appelle alors corps gris. Les corps dont l'émissivité dépend, entres autres, de la température et de la longueur d'onde, comme les métaux, sont appelés corps sélectifs. Dans les deux cas, la portion manquante du rayonnement est compensée en indiquant l'émissivité. En ce qui concerne les corps sélectifs, il convient cependant de bien préciser la plage de longueurs d'onde dans laquelle on va les mesurer (pour les métaux, par exemple, utiliser les ondes aussi courtes que possibles).

Outre le rayonnement émis par la surface d'un objet, un détecteur infrarouge capte également le rayonnement réfléchi provenant de l'environnement, ou même un rayonnement infrarouge qui traverse le corps mesuré. Pour de plus amples informations concernant ce sujet et les autres principes fondamentaux de la thermométrie sans contact.



Erreurs de température équivalentes à une erreur de 1 % dans l'émissivité. Une erreur de 1 % dans l'émissivité risque d'entraîner une erreur de 3 °C dans la température à 450 °C.

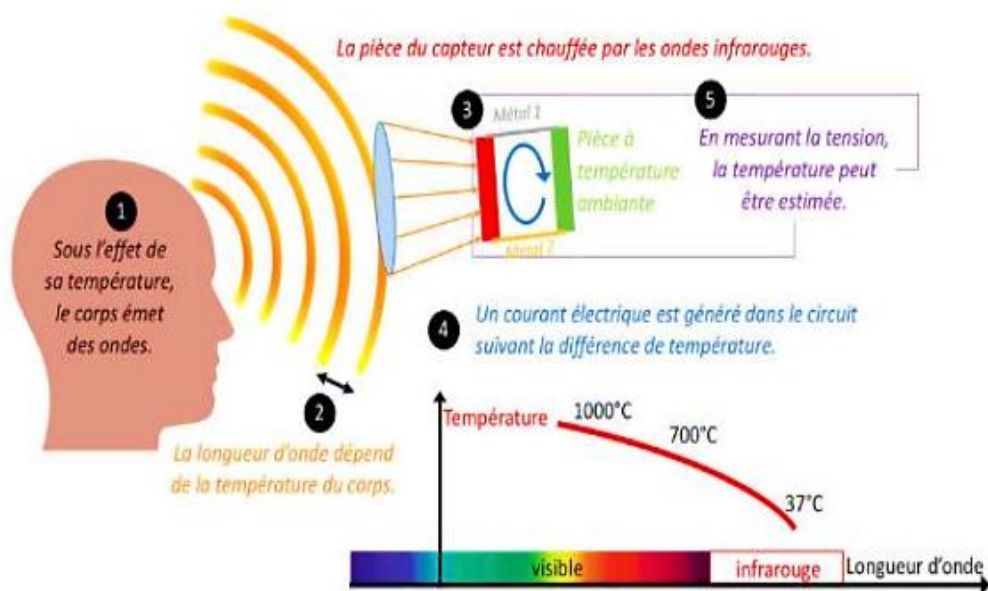
5. Le rayonnement infrarouge :

Tous les corps d'une température supérieure au zéro absolu émettent en fonction de la température, un rayonnement infrarouge dont le spectre s'étend de 0.7 à 1 000 μm de longueur d'onde. Cette plage est en dessous de l'étendue des longues ondes rouges et elle est invisible à l'oeil humain.

La plage intéressante d'un point de vue métrologique va de 0.7 à 20 μm . Le rayonnement infrarouge émis par l'objet de mesure obéit aux lois connues de l'optique, et l'on peut de ce fait le dévier, le concentrer à l'aide de lentilles ou le réfléchir sur des miroirs.

Pour mesurer les ondes invisibles on doit utiliser un dispositif particulier pour ces ondes infrarouges. Il est composé d'une lentille qui concentre comme une loupe les rayons pour chauffer une zone sensible d'un capteur appelé « thermocouple ».

Cette zone est reliée par deux métaux différents à une pièce qu'on maintient à la température ambiante pour former un circuit fermé. Ce circuit a la particularité de générer un courant électrique qui évolue en fonction de la différence de température entre la partie chauffée et celle à température ambiante. On peut alors mesurer ce courant et en déduire la température de la partie réchauffée par les ondes infrarouges.



Le thermomètre sans contact demande donc de connaître les caractéristiques du corps qui émet les ondes infrarouges et que celles-ci soient transmises sans trop de perturbations sur le capteur infrarouge.

Conclusion :

L'objectif du chapitre est d'étudier le thermomètre infrarouge : connaître les différents types, connaître ses caractéristiques et son domaine d'application, faire une étude économique et découvrir les différents outils électroniques utilisés.

Chapitre 3 :

Simulation et

réalisation

Introduction :

Proteus est un logiciel regroupant ISIS, ARES, PROSPICE et VSM. Tous ces modules sont destinés à l'électronique. Grâce à ce logiciel, nous pouvons réaliser des schémas structurels et les simuler. Développé par Labcenter Electronics, ces logiciels présents dans Proteus, permettent la CAO (Conception Assisté par Ordinateur) dans le domaine de l'électronique.



- **Définition d'ISIS :**

ISIS (Intelligent Schematic Input System) est principalement connue pour éditer des schémas électriques. Il permet aussi de simuler les schémas réalisés auparavant. Grâce à lui, nous pouvons également contrôler la majorité de l'aspect graphique du circuit.



- **Définition d'ARES :**

ARES Le logiciel ARES est un outil d'édition et de routage qui complète parfaitement ISIS. Un schéma électrique réalisé sur ISIS peut alors être importé facilement sur ARES pour réaliser le PCB (bloc de contrôle de processus) de la carte électronique. Bien que l'édition d'un circuit imprimé soit plus efficace lorsqu'elle est réalisée manuellement par routage, ce logiciel permet de placer automatiquement les composants et de réaliser le routage automatiquement.



1. les schémas :

Le circuit général peut se décomposer en trois sous circuits, ayant chacun une fonctionnalité qui leur est propre.

1.1. Carte capteur :

On peut ajouter une petite carte optionnelle regroupant le capteur et la ou les LED, venant s'enficher sur le connecteur 6 points de la carte thermomètre.

En fonction du capteur choisi (module MLX90614ESF-BAA ou MLX90614ESF-ACF) elle aura besoin de composants différents :

- MLX90614ESF-ACF ou MLX90614ESF-BAA : deux résistances pull up
- MLX90614ESF-BAA : régulateur 3.3V
- Module MLX90614ESF-BAA : rien

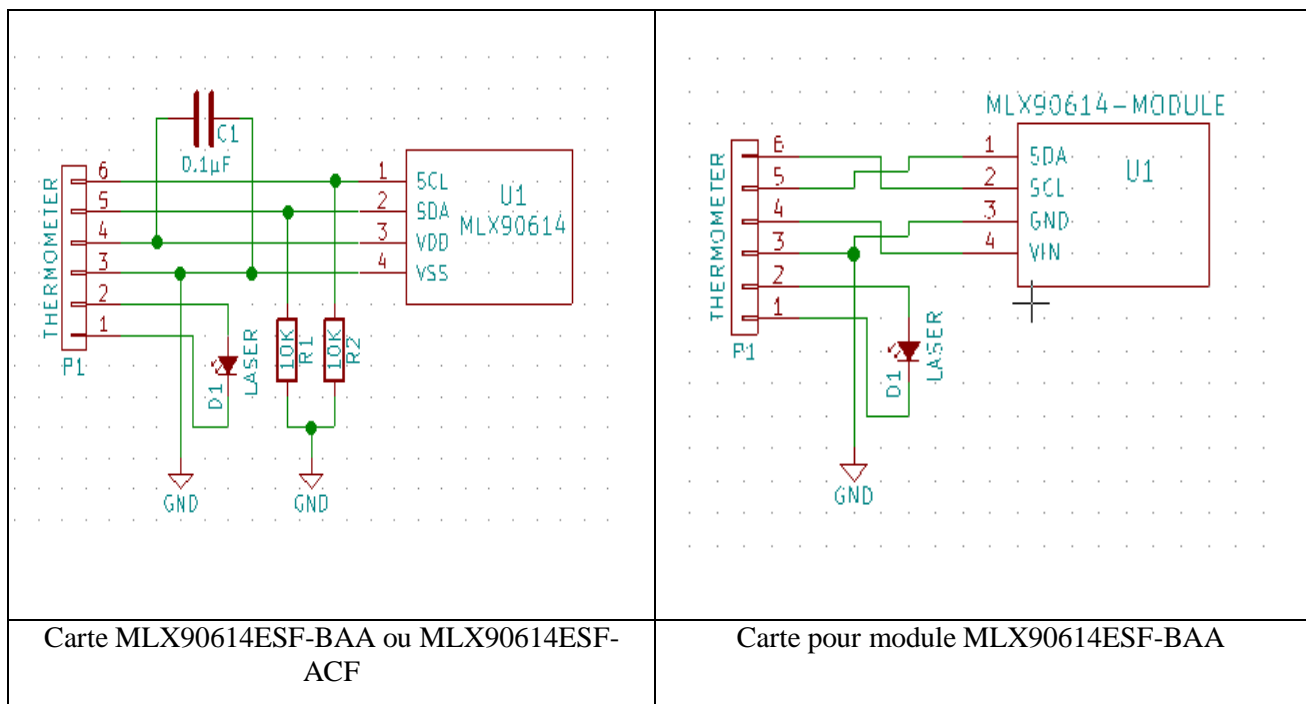


Figure 1 : schéma de la carte de capteur

Une ou deux diodes laser peuvent être implantées.

Je n'ai pas prévu de carte pour le MLX90614ESF-BAA seul, avec régulateur 3.3V, car le module MLX90614ESF-BAA est moins cher en général, et comporte déjà les composants nécessaires.

On peut se passer de cette carte si l'on préfère fixer le capteur et les diodes sur un support et faire le raccordement pas des fils. Dans ce cas il vaudra mieux éviter le métal, car le boîtier des diodes est relié au fil bleu, ou alors il faudra prévoir un isolant.

1.2. Carte alimentation :

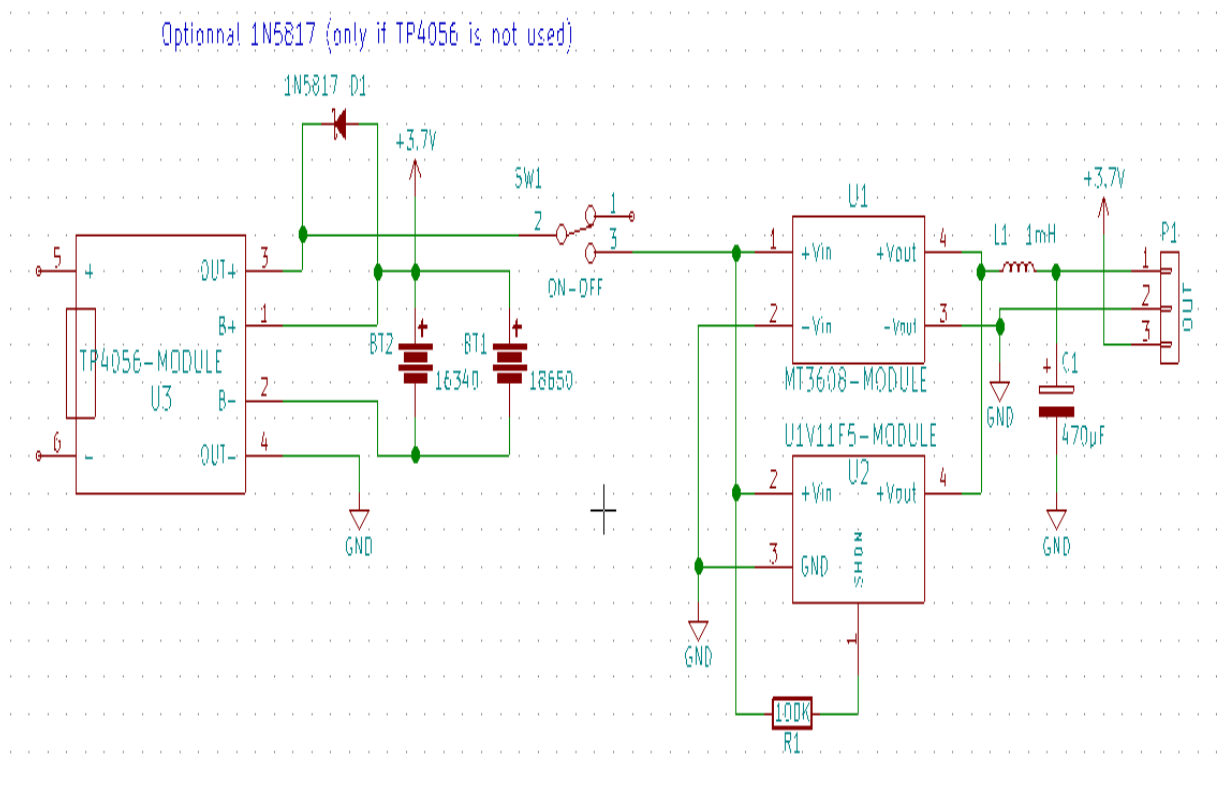


Figure 2 : schéma de la carte d'alimentation

Deux types de batterie sont prévus, ainsi que deux modèles de convertisseurs. Il faudra faire des choix en fonction de l'autonomie désirée et du prix (un convertisseur U1V11F5 est plus cher qu'un MT3608 mais offre une meilleure qualité de régulation).

Le convertisseur MT3608 est assez bruyant et je remarque que le montage est assez sensible à ce bruit. La sortie de ce convertisseur doit être filtrée (inductance L1 + condensateur C1). Le convertisseur POLULU U1V11F5 n'aura pas besoin de ces composants

Dans le cas où un chargeur TP4056 est utilisé il n'y a pas de diode de protection contre l'inversion de polarité de la batterie, car il faudrait placer cette diode entre la batterie et le chargeur TP4056, ce qui empêcherait la charge de celle-ci.

Comme la batterie est censée rester en place, il suffit de la placer dans le bon sens lors du montage.

Si par contre si le chargeur TP4056 n'est pas implanté, comme la batterie est censée être démontée pour être rechargée, il serait dommage de la réintroduire accidentellement dans le mauvais sens.

Mettre en place la diode D1 1N5817 permet d'éviter les accidents (comme précisé sur le schéma ci-dessus).

1.3. Carte thermomètre :

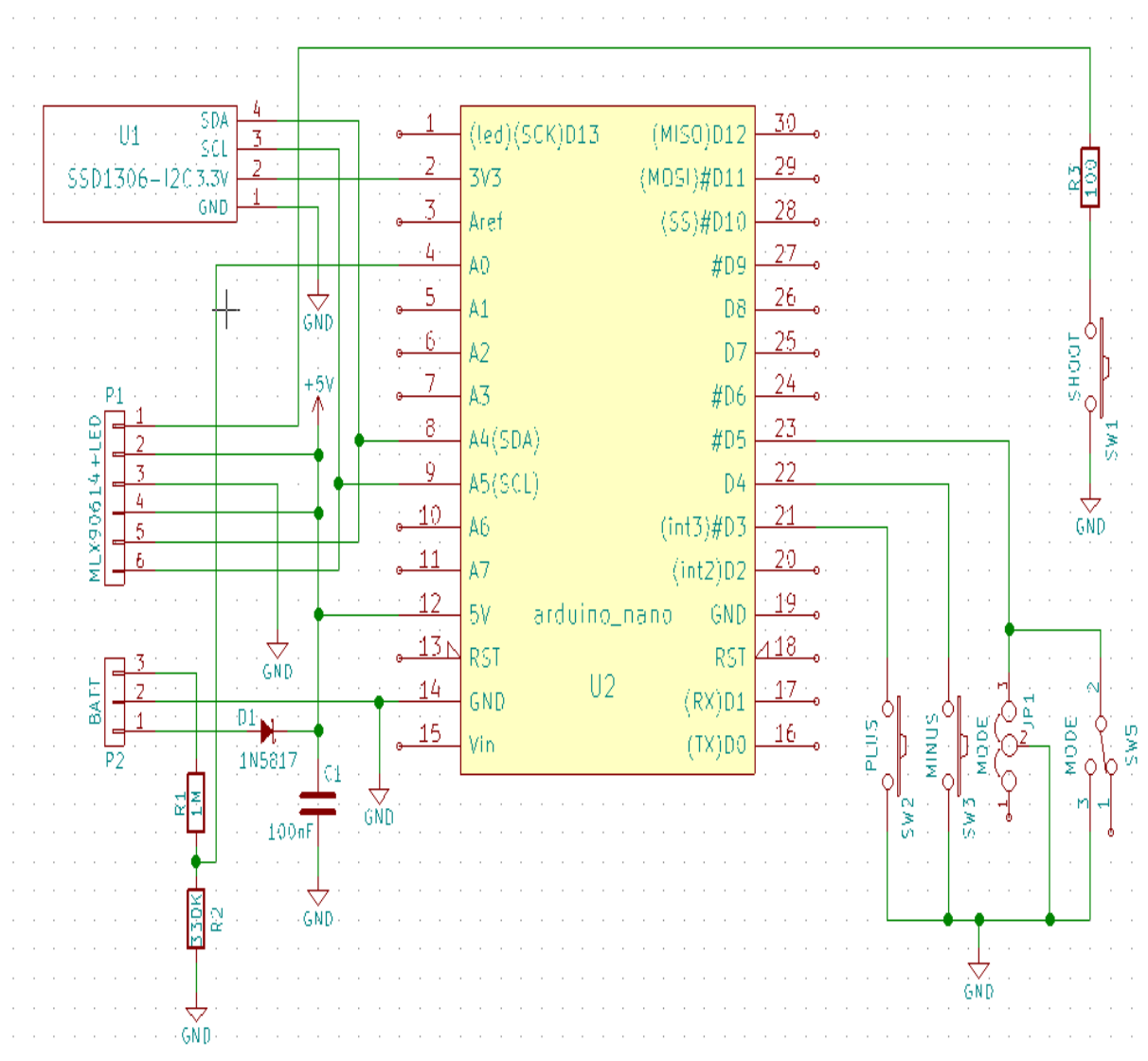


Figure 3 : schéma de la carte de thermomètre

Le connecteur P1 reçoit le capteur de température et la diode laser.

Le jumper et l'inverseur MODE jouent le même rôle : permettre l'affichage de la température en °C ou °F. On peut choisir l'une ou l'autre des solutions suivant que l'on souhaite changer souvent le mode d'affichage on non. Par défaut l'affichage se fait en °C (si l'entrée D5 est en l'air).

Le bouton-poussoir SHOOT active la diode laser en direct sans passer pas le microcontrôleur.

La diode D1 protège le montage en cas d'inversion de l'alimentation.

Le pont de résistances R1 + R2 permet de mesurer la tension de la batterie.

2. Simulation sous ISIS :

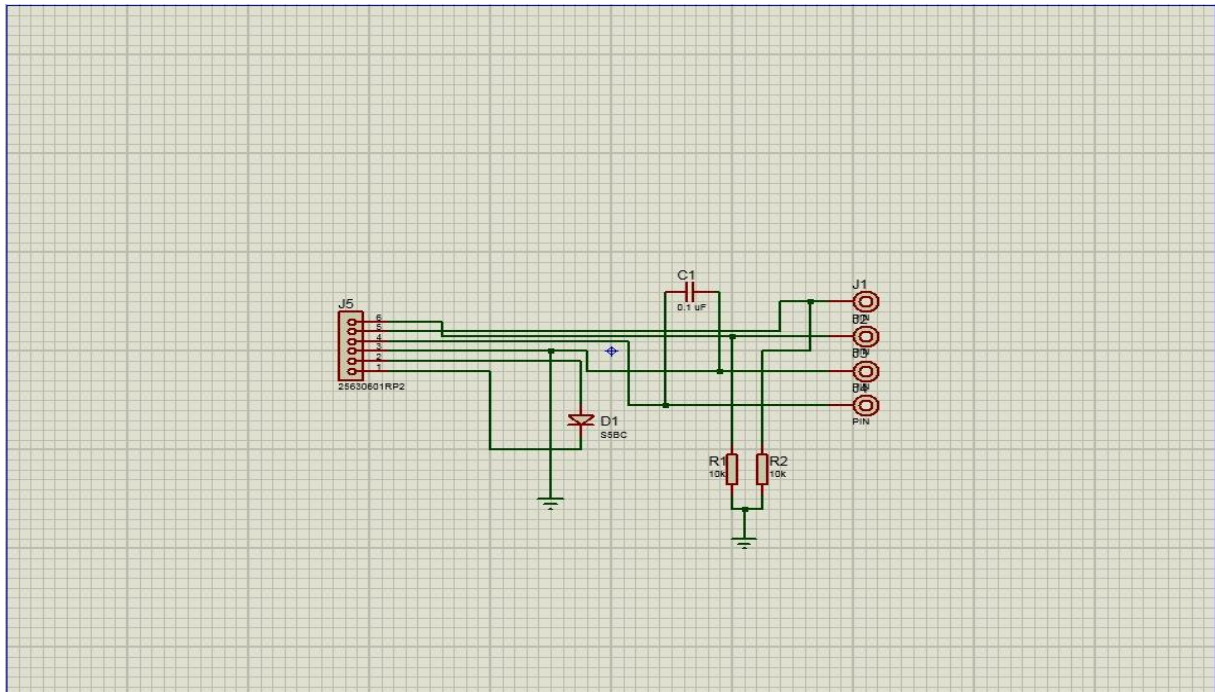


Figure 4: simulation de la Carte capteur MLX90614ESF-BAA

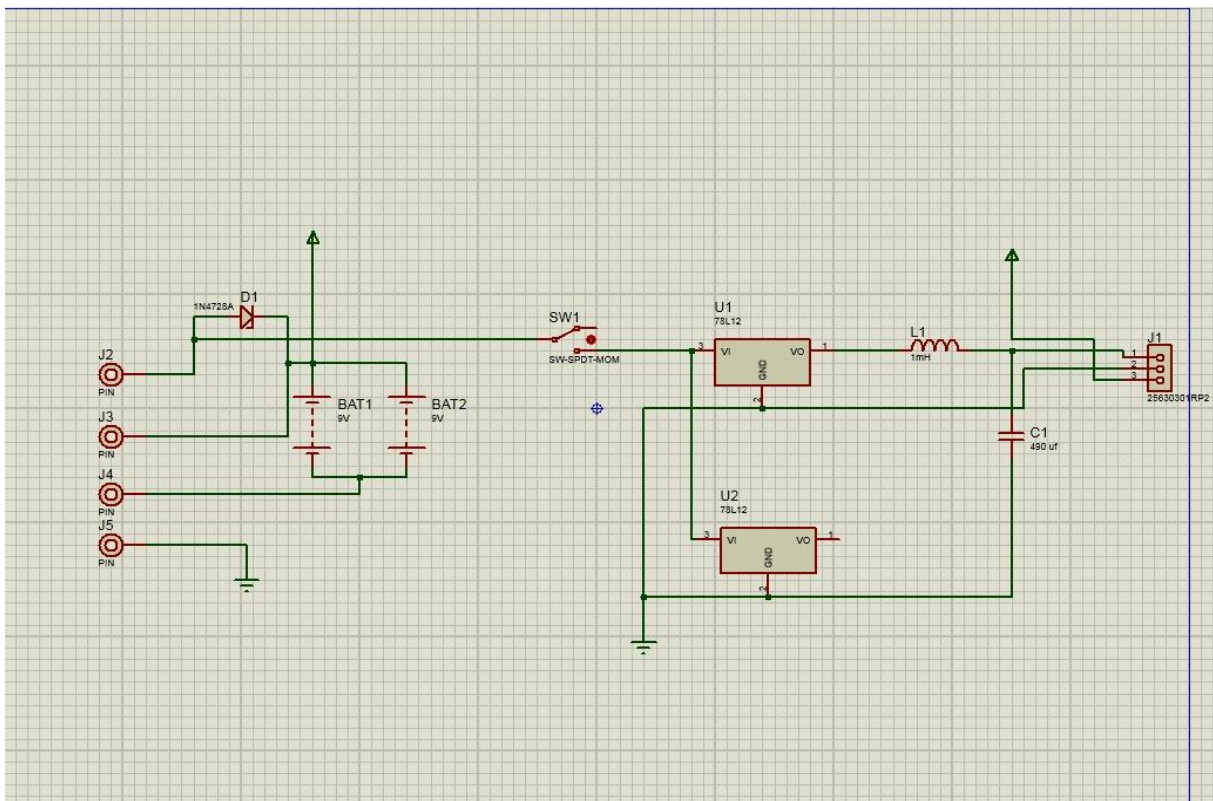


Figure 5: simulation de la Carte d'alimentation

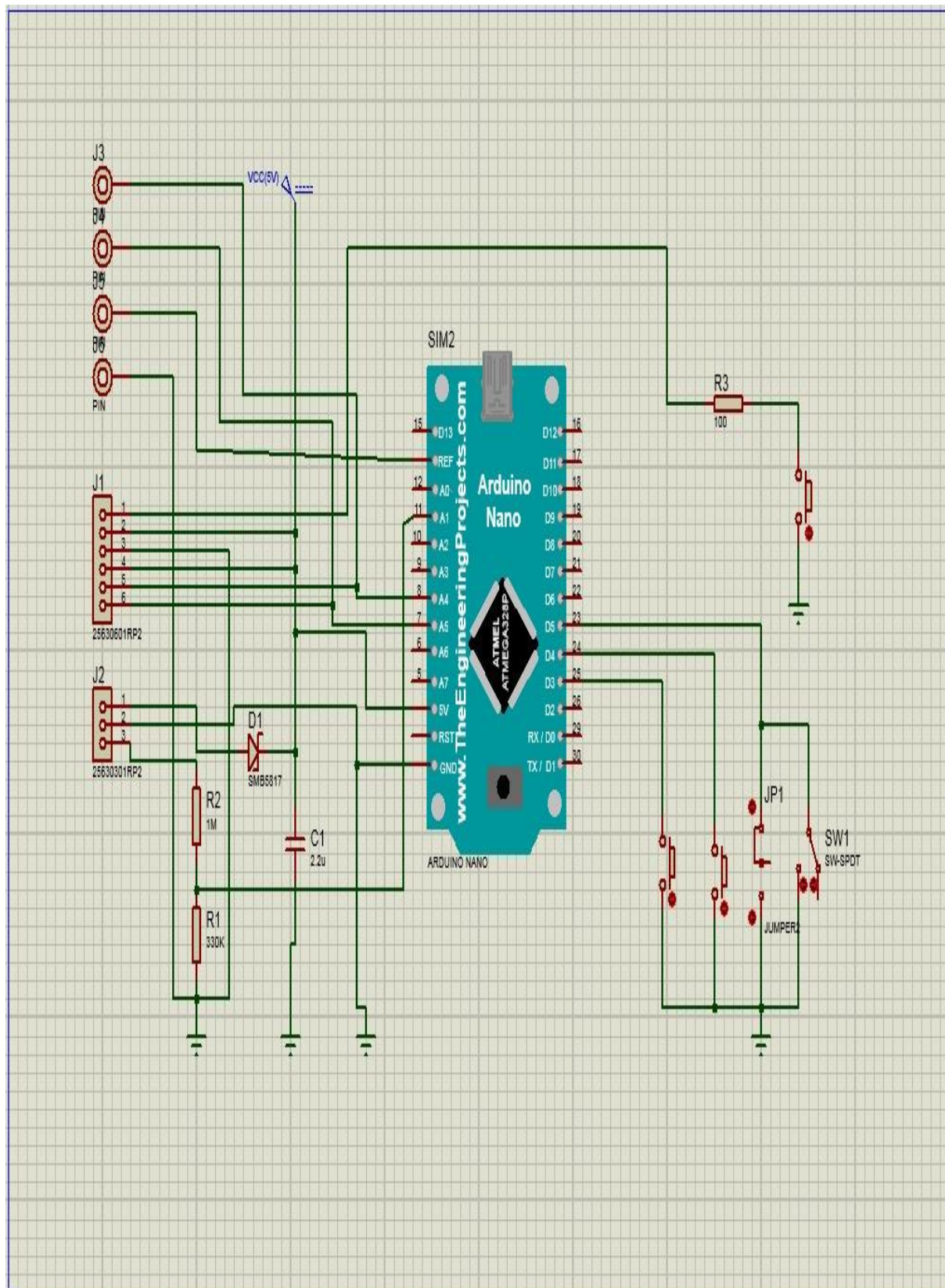


Figure 6 : simulation de la Carte de thermomètre

3. Réalisation du circuit imprimé :

On utilise la partie du logiciel ARES pour la réalisation des schémas suivant :

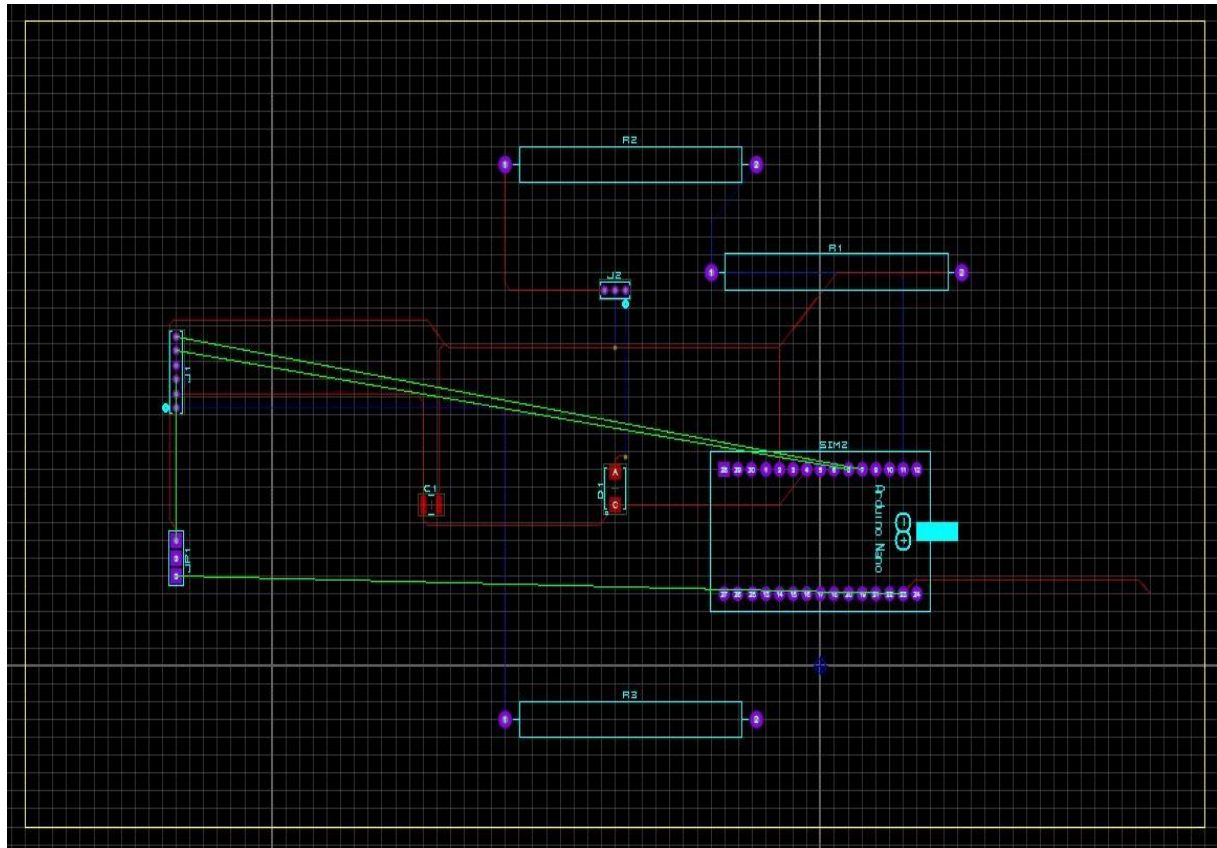


Figure 7 : .Schéma du circuit sous ARES

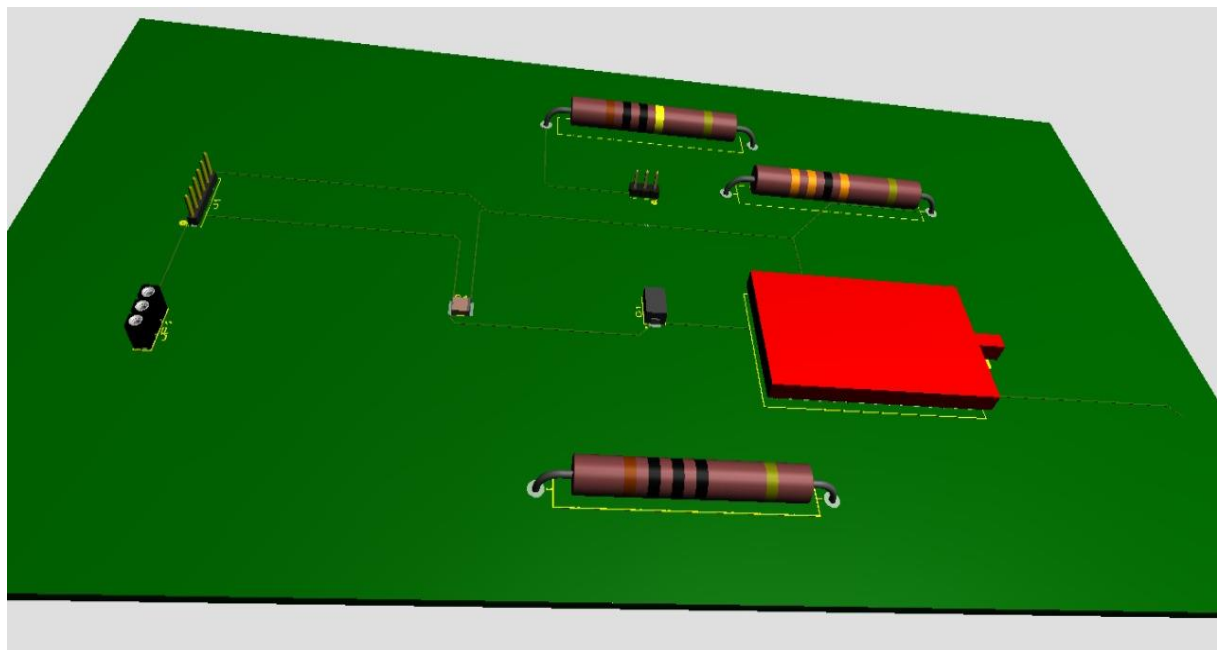


Figure 8 : Visualisation 3D du circuit sous ARES

4 .Dimensionnement sur CATIA :

4.1 Présentation générale :

CATIA, acronyme de Conception Assistée Tridimensionnelle Interactive Appliquée, est un logiciel de CAO mis au point par la société Dassault Aviation pour ses propres activités. Il regroupe un nombre important de modules totalement intégrés dans un seul et même environnement de travail. Ces modules permettent de modéliser une géométrie (CAO), de réaliser des analyses et des simulations (IAO), de mener une étude d'industrialisation (conception des outillages), de générer les programmes de commande numérique pour les machines-outils (FAO), d'établir les plans d'usines...

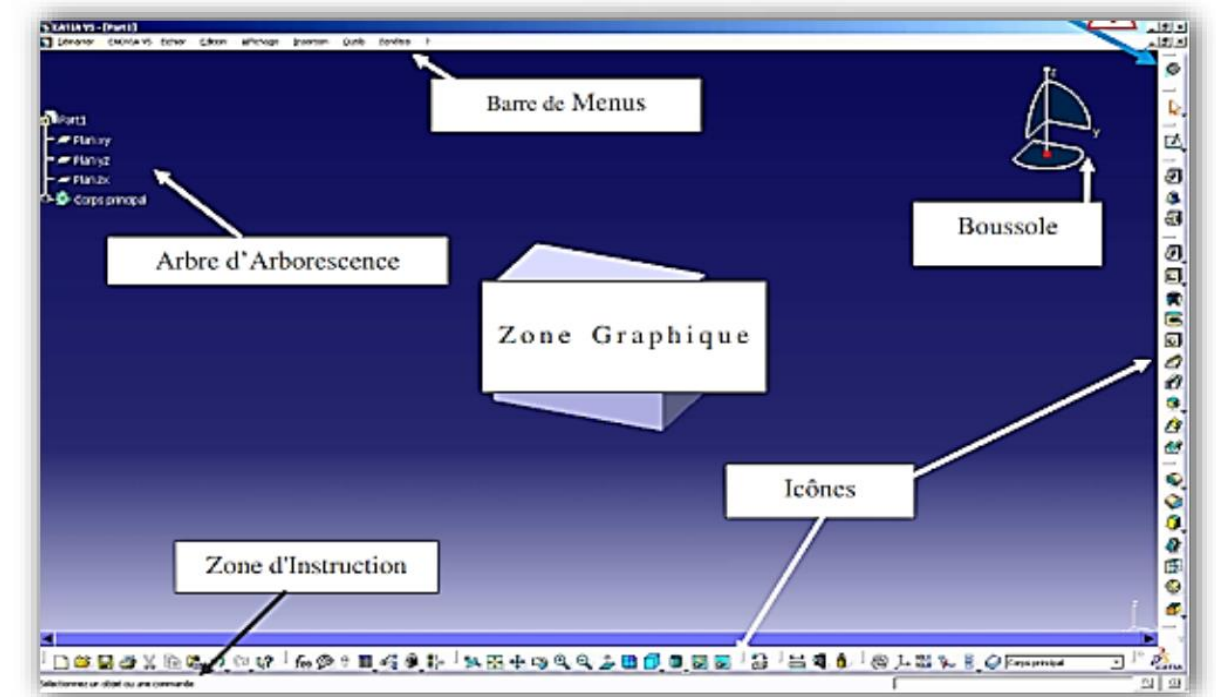


Figure 9 : interface de CATIA

4.2 Conception des pièces :

- Le model composé : le Corps
- L'atelier utilisé dans ces conceptions est : Part design

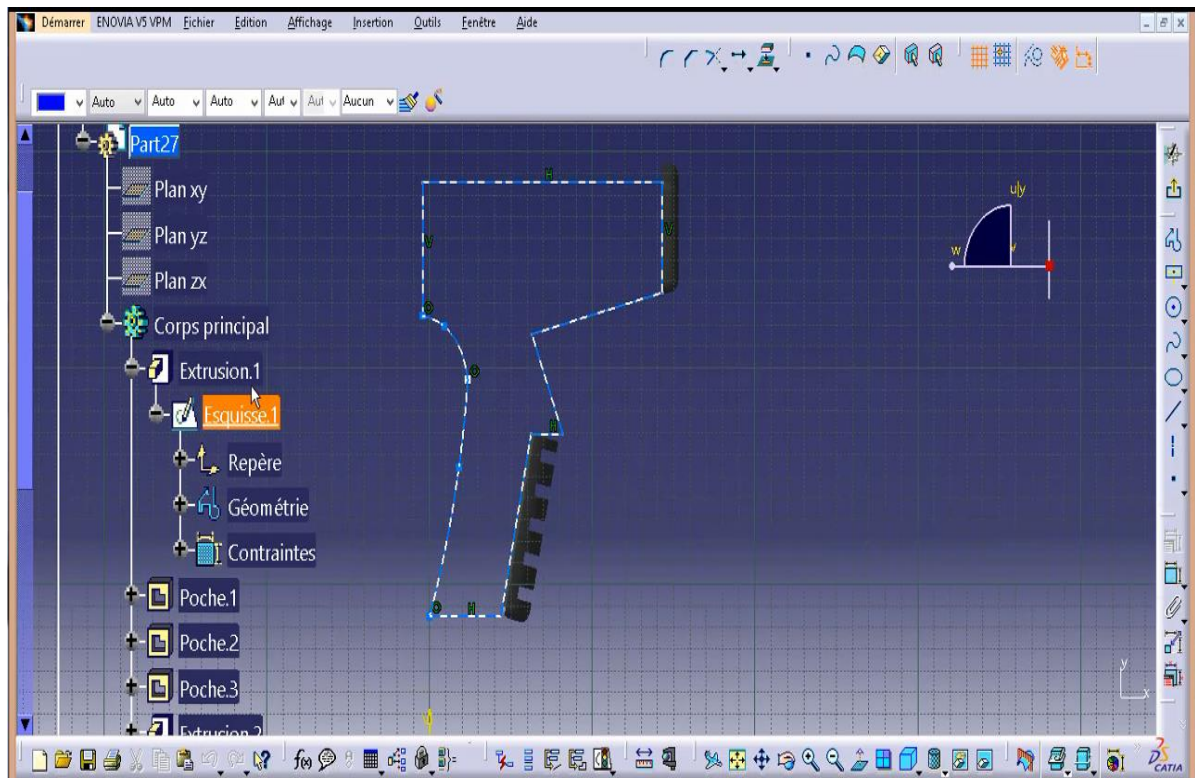


Figure 10 : Dessin du corps

🔧 Commentaire 1 :

Pour commencer travaillons dans une esquisse, il est donc nécessaire de définir un **plan de travail** :

- Activons l'icône d'**esquisse**
- On sélectionne un plan de travail (3 possibilités)
 - Sélectionner un plan dans l'**arbre de spécifications**
 - Sélectionner la représentation d'un plan dans la **zone géométrique**
 - Sélectionner une **face plane** d'un objet

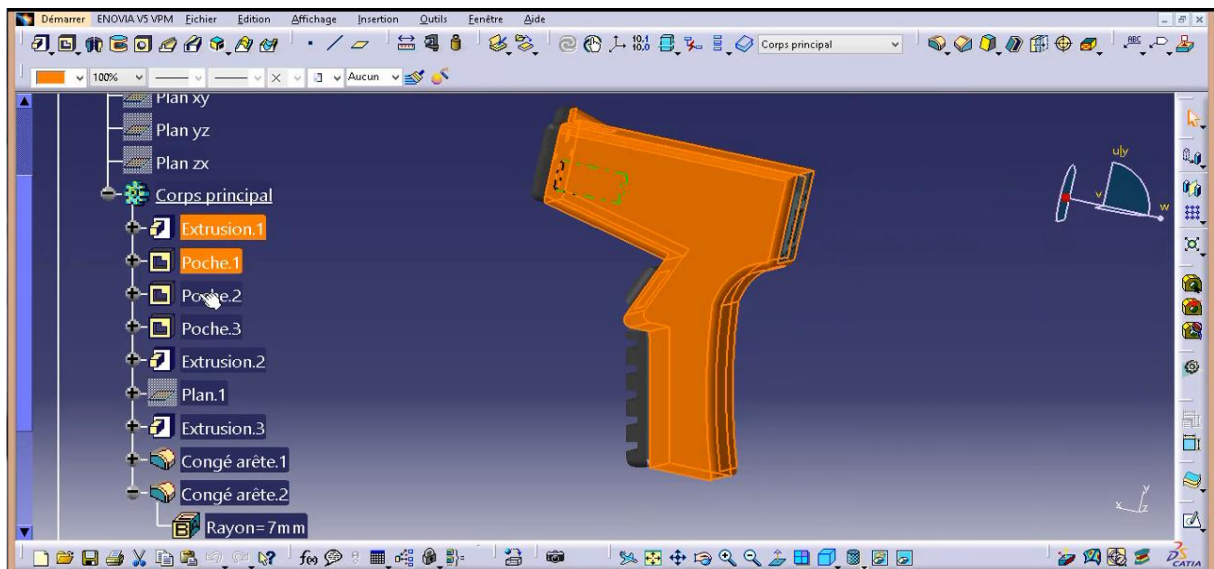


Figure 11 : Modélisation du Corps

Commentaire 2 :

La sortie de l'atelier d'esquisse peut être réalisée afin de revenir à l'atelier PART.

Il est alors possible d'établir le volume de la pièce en utilisant la fonction **Révolution**.

La méthode, pour construire cette pièce, consiste à définir une courbe guide (ligne moyenne de la pièce) dans une esquisse ainsi que le contour de la surface à balayer dans une autre esquisse.

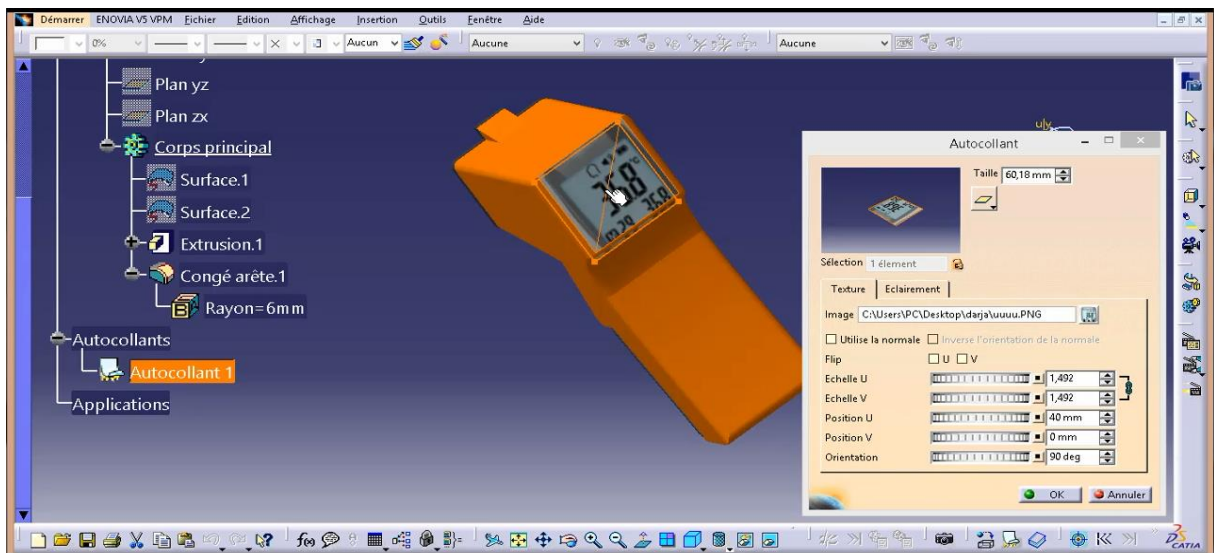


Figure 12 : Modélisation d'un afficheur OLED

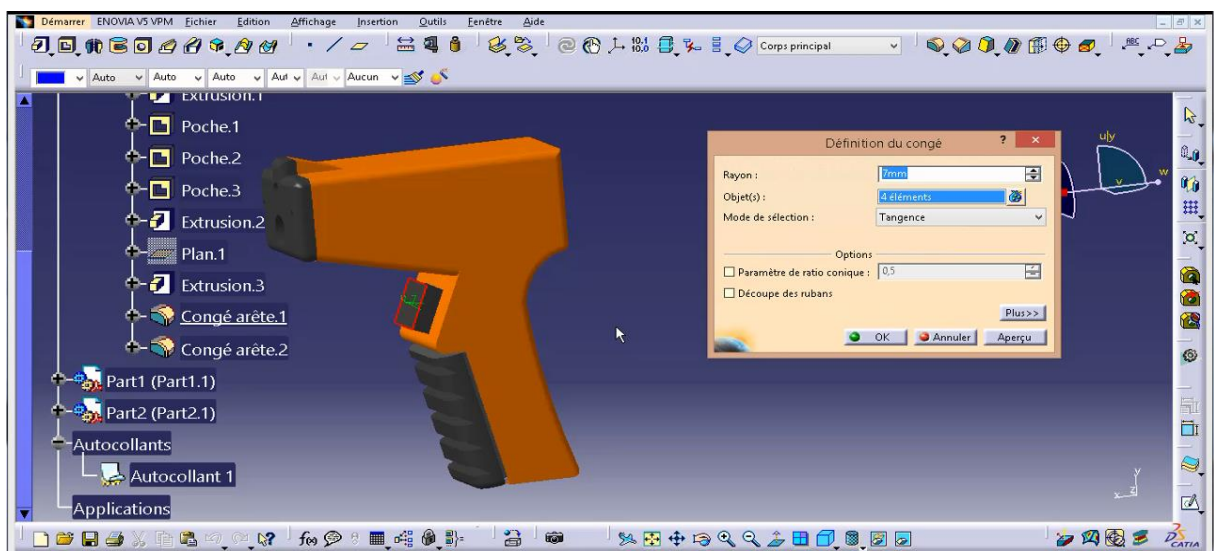


Figure 13 : Modélisation de bouton-poussoir

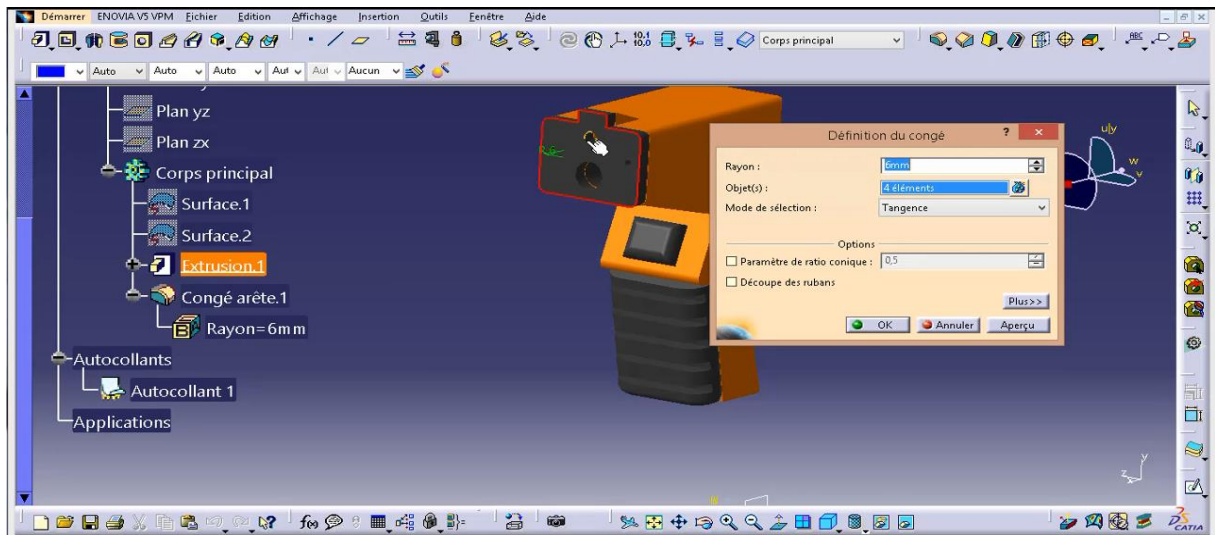


Figure 14 : Modélisation de cadre de laser

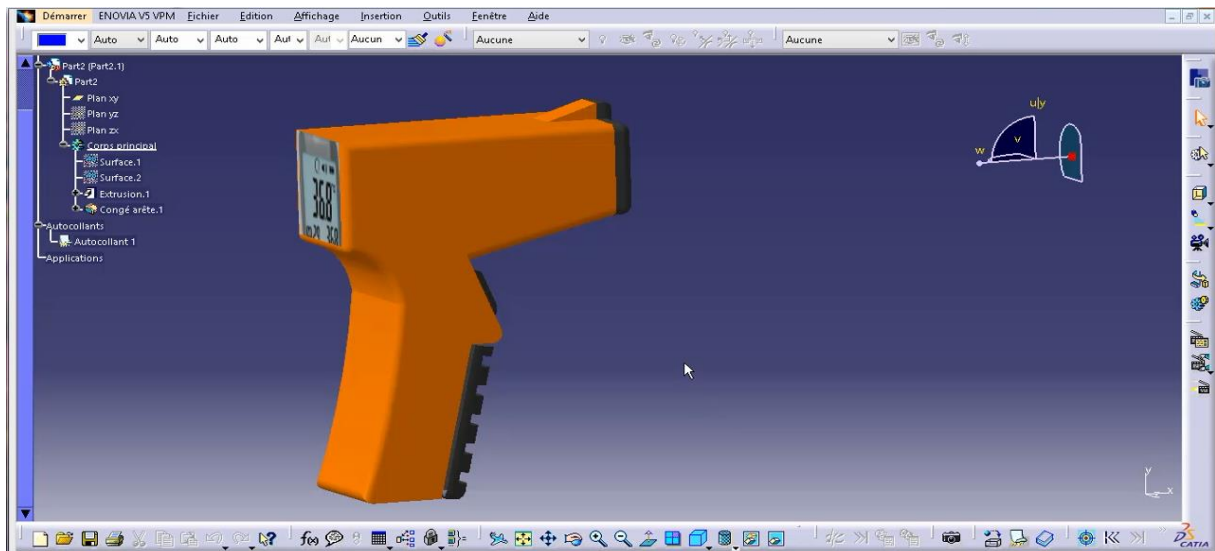


Figure 15 : Assemblage final

Commentaire 3 :

L'objectif de cette nouvelle étape consiste à assembler les pièces les unes avec les autres afin de former le mécanisme.

Pour accéder à l'atelier d'assemblage, il est possible de choisir **Démarrer + Conception Mécanique + Assembly Design**.

L'assemblage de deux pièces s'établit à partir des réalités physiques (contacts entre surfaces, coaxialité, etc..).

Pour insérer les composants, il suffit de cliquer (bouton droit) sur le nom de l'assemblage concerné et cliquer sur Composants + Composant existant. Il est possible d'insérer plusieurs fois le même composant (sans oublier de les déplacer après).

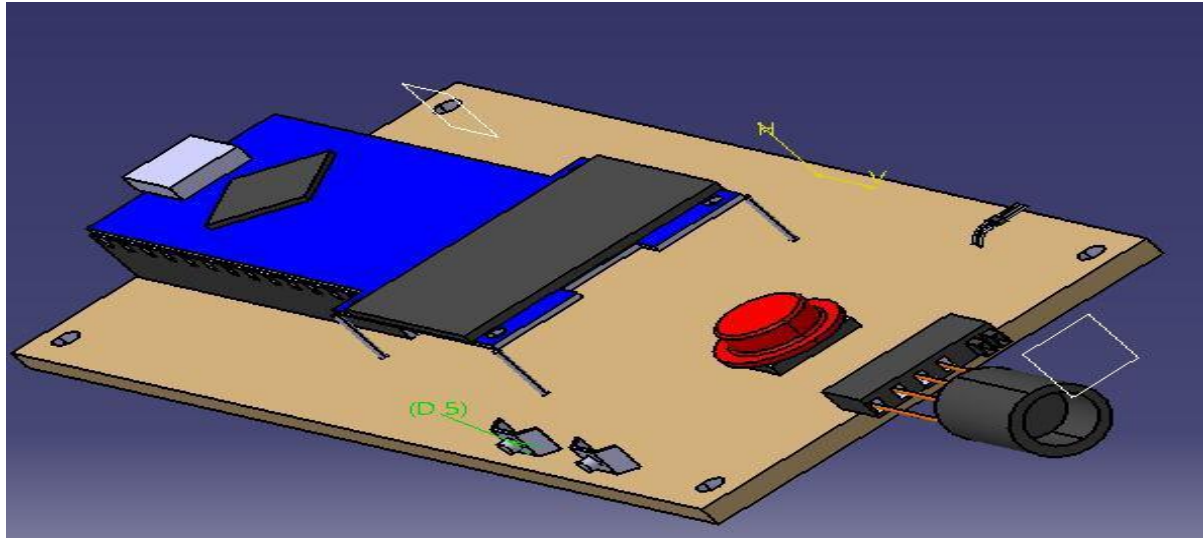


Figure 16 : Modélisation de la carte du thermomètre

Conclusion :

A partir de la conception de notre circuit nous avons bien compris le fonctionnement de logiciel Proteus qui est destiné pour la réalisation de la maquette électronique et le circuit imprimé pour obtenir des bons résultats.

Conclusion générale

Cette étude était focalisée principalement sur la conception d'un thermomètre infrarouge en mettant en œuvre et en évidence quelques bases d'électroniques générale et numérique.

A cet effet, deux axes ont été améliorés : Le premier concerne la conception d'un thermomètre infrarouge et le deuxième axe vise les simulations électriques de la structure, c'est pourquoi nous avons utilisé le logiciel Proteus qui nous a permis de bien construire notre maquette avec l'éditeur de schéma ISIS et puis de passer vers la conception du typon du circuit imprimé par l'outil ARES.

En perspective, et face à la propagation de la pandémie du Covid-19 au Maroc, La fabrication du thermomètre infrarouge a un grand rôle dans la lutte contre cette épidémie, il va aider à mesurer la température sans contact à travers la radiation infrarouge du corps et il fournit le résultat de mesure immédiatement, entre 1 s y 10 μ s, en outre, il ne se produit pas d'erreur causé par un contact défectueux.

Bibliographie

https://fr.wikipedia.org/wiki/Thermom%C3%A8tre_infrarouge

<https://www.generationrobots.com/fr/403571-systeme-ia-de-reconnaissance-et-prise-de-temperature-a-distance.html>

<https://boutique.semageek.com/fr/1161-capteur-de-temperature-sans-contact-infrarouge-melexis-mlx90614-5v.html>

<https://arduino103.blogspot.com/2019/06/micropython-lecture-de-la-temperature.html>

<http://riton-duino.blogspot.com/2019/11/thermometre-infrarouge.html>

<https://www.theengineeringprojects.com/2016/08/new-proteus-libraries-engineering-students.html>

https://www.labomoderne.com/categorie.Thermometres-dataloggers.MATERIEL_THERMO_INFRAROUGE.html