

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار تليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI – LAGHOUAT –
كلية التكنولوجيا
FACULTE DE TECHNOLOGIE
قسم الالكتروتقني
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE



Mémoire de Master

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIERE : ELECTROTECHNIQUE

OPTION : COMMANDES ELECTRIQUES

Réalisé par :

DJEKIDEL MARIA KOBTIA

Thème :

Contribution à la commande et la surveillance du
système d'incubateur nouveau-né

Soutenu publiquement le 28/09/ 2022 devant le jury composé de :

Président : GUIBADJ Mossadek	M.C.A
Encadreur : ZEGHOUDI Abdelfettah	M.C. A
Examinatrice : KOUZI Katia	Professeur

Année Universitaire : 2021/2022

Dédicaces

Je dédie cet humble travail :

Pour toute ma famille

À ma chère mère

Aucune dédicace ne peut exprimer mon respect, mon amour éternel et ma pensée les sacrifices que j'ai consentis pour l'éducation et le bien-être.

Merci pour tout le soutien et l'amour que j'ai eu depuis mon enfance et espoir. Sois toujours avec moi. J'espère que cet humble acte est une réalisation de vos désirs déclarés, un fruit innombrable. Sacrifices, je prie Dieu tout-puissant de vous accorder santé, bien-être et beaucoup de bonheurs.

À mon cher père

Qui sait être à mes côtés dans les moments difficiles, l'encourager et l'honorer sans limites, ces sacrifices tout au long de sa vie pour me voir, c'est ce que je suis maintenant.

À tous mes professeurs pendant tous nos cours.

Remerciements

Nous remercions beaucoup Dieu de nous avoir donné la confiance, la capacité et la force d'accomplir ce travail simple, de vous le présenter d'une manière simple.

*Je suis également très reconnaissant envers ma famille qui m'a apporté divers soutiens dans ce projet, ainsi que mes remerciements et mon plus grand respect au **Dr Zeghoudi Abdelfettah**, pour tous ses efforts à nos côtés dans ce projet, sa présence constante et ses précieux conseils. Je n'oublie pas mes professeurs en particulier **Mme Kouzi Katia** et le professeur **Guibadi Mossadek**, qui ont contribué et fait un effort dans notre éducation et notre formation tout au long de la période précédente, donc je vous en remercie beaucoup. Je remercie également tous ceux qui ont contribué à la construction de ce projet simple, qu'ils soient de près ou de loin.*

المخلص

حاضنة الأطفال، والتي تسمى أيضًا جهاز الحضانة، هي جهاز طبي يحاكي ظروف نمو الجنين. مخصص للأطفال حديثي الولادة، يقدم هذا العمل مجموعة من المفاهيم الطبية حول الأطفال المولودين قبل الأوان وبعض أسبابه، بالإضافة إلى معلومات مهمة عن هذا النوع ومدى حساسيته للبيئة الخارجية عند تعرضه للأمراض. الغرض من هذه المذكرة هو إنشاء نظام تحكم لعناصر التسخين وبالتالي الحصول على الرطوبة والحرارة اللازمتين لجهاز الحضانة، وتم الحصول على قيم درجة الحرارة والرطوبة وقياسها بواسطة مستشعرات LM35 و DHT11 ، باستخدام واجهة Matlab الرسومية (GUI) ، وتطبيقه على نموذج أولي للحاضنة.

الكلمات المفتاحية: حاضنة، أطفال حديثي الولادة، التحكم في مقاومات التدفئة ودرجة الحرارة والرطوبة.

Abstract

The baby incubator, is a medical device that mimics the conditions of fetal development. It is intended for premature babies, This work presents a set of medical concepts on prematurity and some of its causes, as well as important information about the premature baby and the extent of its sensitivity to the external environment when exposed to diseases. The purpose of this thesis is to create a control system for heating resistors to obtain the necessary humidity and heat, the acquisition and measurement of the temperature and humidity values were made by the LM35 and DHT11 sensors, using the Matlab graphical interface (GUI), and to apply it to a realized incubator prototype.

Keywords: incubator, premature babies, control of heating resistors, temperature and humidity

Résumé

La couveuse pour bébé, également appelée incubateur, est un appareil médical imitant les conditions de développement fœtal. Elle est destinée aux bébés prématurés, ce travail présente un ensemble de concepts médicaux sur la prématurité et certaines de ses causes, ainsi que des informations importantes sur le bébé prématuré et l'étendue de sa sensibilité à l'environnement extérieur lorsqu'il est exposé à des maladies. Le but de ce mémoire est de réaliser un système de commande des résistances chauffantes pour obtenir l'humidité et la chaleur nécessaires, l'acquisition et la mesure des valeurs de température et humidité a été faite par les capteurs LM35 et DHT11, en utilisant l'interface graphique de Matlab (GUI), et de l'appliquer sur un prototype de couveuse réalisée.

Mots-clés : incubateur, bébés prématurés, commande des résistances chauffantes, température et humidité.

Table des Matières

Dédicaces	
Remerciements	
Résumé.....	I
Abstract	I
المُلخَص	I
Table des Matières	II
Liste des Figures	V
Liste des Tableaux	VII
Liste des abréviations.....	VIII
Introduction générale	0

Chapitre 1:Généralité sur la prématurité

I.1 Introduction.....	4
I.2 Historique de l'incubateur	4
I.3 La néonatalogie et le bébé prématuré	5
3.1 La néonatalogie	5
3.2 Le bébé prématuré	6
Définition.....	6
Type de la prématurité	7
Degré de prématurité	7
Les causes de prématurité	7
Les complications de prématurité	8
I.4 L'incubateur néonatal	10
4.1 Définition.....	10
4.2 Le rôle d'incubateur néonatal	11
4.3 Les types d'incubateur néonatal	11
L'incubateur ouvert	11
Incubateur fermé.....	13
Incubateur photothérapie	16
I.5 Conclusion	18

Chapitre 2:Conception et réalisation de la couveuse

II.1 Introduction	20
-------------------------	----

II.2 Conception générale incubateur néonatale	21
2.1 Cabine	21
Avantage	21
2.2 Sonde cutanée	22
L'emplacement de la sonde cutanée sur l'appareil	22
2.3 Nomenclature et fonctions des pièces contrôleur	23
II.3 Principe de fonctionnement	24
3.1 Circuit d'aération	24
3.2 Humidification de l'air	25
Connexion oxygène dans l'incubateur	26
3.3 Chauffage	26
II.4 Organigramme de commande	28
II.5 Connexion entre ARDUINO UNO et MATLAB	28
Méthode serial communication entre ARDUINO MATLAB	31
Méthode 1 : Connexion série à l'aide de la fenêtre de commande MATLAB	31
Méthode 2 communications Serial à l'aide de l'interface graphique MATLAB « Guide »	33
II.6 GUIDE avant implémentation.....	34
II.7 Matériel utilisé.....	35
7.1 Capteur en général	35
7.2 Capteur LM35	36
Caractéristiques du capteur LM35	37
7.3 Capteur DHT11	37
Définition.....	37
Application et fonctionnement	38
Caractéristiques du capteur DHT11	39
7.4 Carte ARDUINO UNO	40
Définition de carte ARDUINO UNO	40
Caractéristiques de la carte Arduino UNO	40
Aliments.....	41
Horloge	41
Réinitialiser	42
Mémoire	42
7.5 Le support des capteurs (Blindage – TinkerKit Sensor Shield V.2)	42
7.6 Définition de relais	44

7.7	Caractéristique de Buzzer	45
7.8	Ventilateur	45
	Le ventilateur et son circuit associé	46
II.8	Conclusion	47
Chapitre 3: Tests et résultats		
III.1	Introduction	49
III.2	Le système développé	49
III.3	Test de température et humidité de la couveuse	50
3.1	Test de température 1	50
3.2	Test de température 2	52
	Interprétations des résultats	53
3.3	Test de température 3	53
3.4	Test de température 4	55
	La commande tout ou rien	55
3.5	Test humidité 1	56
	Interprétations des résultats	58
3.6	Test d'humidité 2 (relation entre l'humidité et la température).....	59
	Interprétations des résultats	60
3.7	Test de l'humidité 3	60
III.4	Les différents montages possibles pour commander la température	63
III.5	Interface graphique de commande et de surveillance	63
III.6	Conclusion	65
	Conclusion générale	67
	Reference	69

Liste des Figures

CHAPITRE 1 : Généralité sur la prématurité	
Figure I.1 : Le Dr Etienne Stéphane Tarnier et Dr Pierre Constant Budin	16
Figure I.2 : Un bébé prématuré au niveau de la couveuse	18
Figure I.3 : La suite d'un bébé dans une couveuse	24
Figure I.4 : Incubateur ouvert	25
Figure I.5 : La composition d'incubateur ouvert (radiante)	26
Figure I.6 : Incubateur néonatale	27
Figure I.7 : Composition d'incubateur fermé	29
Figure I.8 : La photothérapie intensive	31
Figure I.9 : Photothérapie simple	39
CHAPITRE 2 : Conception et réalisation de la couveuse	
Figure II.1 Schéma bloc de système proposé	34
Figure II.2 : Schéma globale de fonctionnement d'incubateur	35
Figure II.3 : La sonde cutanée	36
Figure II.4 : L'emplacement de la sonde cutanée sur l'appareil	37
Figure II.5 : Schéma de composition l'unité de contrôle	38
Figure II.6 : Circuit de circulation d'air au sein de la couveuse	36
Figure II.7 : Remplissage de réservoir d'eau de l'incubateur	40
Figure II.8 : Connecteur de sonde d'oxygène	40
Figure II.9 : Résistance chauffante de l'incubateur et la plaque chauffante utilisé dans la réalisation	41
Figure II.10 : Organigramme de la commande d'humidité et de température de la couveuse	42
Figure II.11 : Les fichiers téléchargés pour l'installation I/O Arduino	43
Figure II.12 : Le fichier à envoyer vers la carte Arduino	43
Figure II.13 : Interface de IDE Arduino avec le choix de port COM	44
Figure II.14 : Le fichier à installer au niveau de Matlab	44
Figure II.15 : Message après la bonne connexion (Arduino connecté avec succès)	45
Figure II.16 : Programme de connexion par la méthode Serial	46
Figure II.17 : Script Matlab pour commander une LED	47

Liste des figures

Figure II.18 : Interface guide vide	48
Figure II.19 : L'interface graphique avant l'exécution	49
Figure II.20 : Capteur LM35	50
Figure II.21 : Montage ARDUINO et capteur LM35	51
Figure II.22 : Câblage d'un capteur DHT11 avec microcontrôleur	53
Figure II.23 : Montage ARDUINO et DHT 11	53
Figure II.24 : La composition du ARDUINO	55
Figure II.25 : Shield sensor	58
Figure II.26 : Relais à deux canaux	60
Figure II.27 : Fonctionnement d'un moteur à courant continue	62
Figure II.28 : Câblage ventilateur avec microcontrôleur ARDOUINO UNO	63
Chapitre 3 : Tests et résultats	
Figure III.1 : Schéma synoptique de notre prototype	65
Figure III.2 : Montage du test de température à l'aide de capteur LM35	67
Figure III.3 : Courbe de test 1 de température à l'aide de capteur LM35	67
Figure III.4 : Courbe test 2 de température à l'aide capteur LM35	69
Figure III.5 : Montage de la couveuse durant le test de température 3	71
Figure III.6 : Courbe de test de température 3 par le capteur LM35	71
Figure III.7 : Courbe de test température avec l'erreur et signale de commande	72
Figure III.8 : La valeur d'erreur calculée au niveau de la fenêtre de commande Matlab	73
Figure III.9 : Montage de test d'humidité à l'aide de capteur DHT11	74
Figure III.10 : Courbe de test d'humidité à l'aide de capteur DHT11	74
Figure III.11 : Montage de test d'humidité et température à l'aide de capteur DHT11	76
Figure III.12 : Courbe de test humidité et température à l'aide de capteur DHT11	77
Figure III.13 : Montage expérimental de la mesure d'humidité au niveau de la couveuse	79
Figure III.14 : Production et mesure de l'humidité au niveau de la couveuse	80
Figure III.15 : La valeur moyenne calculée au niveau de la fenêtre de commande Matlab	81
Figure III.16 : Interface de surveillance et de commande de couveuse après l'exécution	83

Liste des Tableaux

CHAPITRE 1 : GENERALITE SUR LA PREMATURE	
Tableau 1 : Caractéristique d'un modèle d'un incubateur fermé	30
CHAPITRE 2 : CONCEPTION ET REALISATION DE LA COUVEUSE	
Tableau II.1 : La composition d'unité de contrôle	38
Tableau II.2 : Caractéristiques du capteur LM35	52
Tableau II.3 : Caractéristiques de capteur DHT11	54
Tableau II.4 : Caractéristiques de la carte Arduino UNO	56
Tableau II.5 : Caractéristique de Buzzer	61
CHAPITRE 3 : TEST ET RESULTAT	
tableau III.1 : Tableau descriptif de segmentation de courbe du test1 de température	68
tableau III.2 : Tableau descriptif de segmentation de courbe du test2de température	69
Tableau III.3 : Tableau descriptif de segmentation de courbe humidité	75
Tableau III.4 : Tableau descriptif de segmentation de courbe humidité et température	77

Liste des abréviations

OMS	Organisation mondiale de la santé
SA	Semaine d'aménorrhée
VRS	Le virus respiratoire syncytial
RGO	reflux gastro-œsophagien
PWM	Pulse Width Modulation

Introduction générale

Introduction générale

Une couveuse (ou incubateur) est une machine reproduisant les conditions de développement fœtal. C'est le chirurgien-accoucheur Stéphane Tarnier (1828-1897), Président de l'Académie de Médecine, professeur de clinique obstétricale, qui le premier a mis au point une véritable couveuse pour les prématurés. Il est imité par les médecins de province qui font réaliser des couveuses artisanales encore très rudimentaires, tel le docteur Léon Dufour (1856-1928) de Fécamp, fondateur de l'Œuvre de la Goutte de lait [1].

Les couveuses modernes ont été créées dans les années 1950 par les pédiatres pour permettre de contrôler la température, prévenir les risques d'infection et permettre l'accès aux ressources et équipements spécialisés.

La couveuse n'est pas une bulle stérile, elle permet avant tout au bébé de se protéger du froid. Le nouveau-né n'a, en effet, pas encore la maturité nécessaire pour réguler sa température. Il a besoin d'être au chaud, c'est la fonction principale de la couveuse, également appelée incubateur.

Le bébé prématuré sera donc placé s'il en a besoin, dès sa naissance dans ce milieu chaud, mais également humide afin d'assurer une hydrométrie optimale et se rapprocher des conditions de l'utérus maternel. Enfin, cet incubateur, constitué d'une paroi vitrée transparente, généralement de forme arrondie, est un lieu protecteur qui permet d'isoler le nounou-né des microbes et d'observer le bébé.

La couveuse, sans être complètement stérile, assure une protection contre les différents agents infectieux. Elle est équipée d'orifices qui permettent de manipuler les nourrissons. Il existe deux types d'incubateurs : ouverts ou fermés. On remarque surtout des modèles fermés, constitués d'une bulle de plastique et qui garantissent une température constante à l'intérieur.

Les modèles ouverts se composent d'une table/matelas, non recouverte, surmontée d'une lampe radiante pour la chaleur. On les appelle les incubateurs radiants. Ils permettent d'avoir accès plus facilement au nouveau-né pour certains soins.

Autant qu'automaticienne notre projet de fin d'études, est consacré en premier lieu à étudier et réaliser une commande facile de température et d'humidité de l'incubateur à partir de la programmation d'une interface graphique et à base de la carte Arduino (UNO).

Notre mémoire est divisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre est un rappel sur la prématurité.
- Le deuxième chapitre regroupe une large bibliographie l'incubateur de bébé prématuré et le matériel utiliser pour réaliser notre prototype.

Introduction générale

- La conception de l'ensemble de l'interface graphique avec l'étude du circuit électronique du système automatique, la conception mécanique constituant notre prototype est présentée dans le troisième chapitre. La deuxième partie de ce chapitre concerne la mise en marche de notre couveuse avec les différents tests et résultats.
- Enfin, on finalise notre travail par une conclusion générale et perspective.



Chapitre 1

Généralité sur la prématurité

I.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous passerons en revue les concepts théoriques de base que nous devons comprendre avant de nous lancer dans le processus de réalisation.

Ainsi, dans ce chapitre, nous expliquerons quelques concepts de base, en trois étapes successives.

La première étape sera consacrée à l'étude de l'histoire de l'incubateur : son contenu est un aperçu historique sur l'incubateur et ses origines, l'année de sa fabrication et par qui ? Et quelles sont ses conditions ?

Une deuxième étape s'adresse aux nouveau-nés en général, et aux bébés prématurés en particulier : à cette étape, leur information médicale est fournie, qui dépend de la réalisation de la couveuse.

La dernière étape concerne l'étude de l'aspect théorique de l'incubateur : une définition simplifiée en est donnée, avec mention de ses types et de ses caractéristiques.

I.2 Historique de l'incubateur :

L'incubateur est un symbole de la vie des bébés prématurés. Aucun bébé prématuré ne peut vivre et terminer sa croissance en dehors de l'incubateur. Il représente l'environnement équivalent. Cela a été noté avant 1878. La cause de la mort des bébés prématurés était le froid, malgré plusieurs tentatives pour les maintenir en vie jusqu'à ce qu'ils échouent.

Il est mentionné que le début de l'histoire de l'incubateur a commencé par une promenade dans le Jardin d'Acclimatation en France, où le Dr Etienne Stéphane Tarnier - chirurgien sage-femme à la maternité de Portroyal à Paris - se promenait, remarquant l'incubateur de poussins placés dans la tente, dans laquelle les œufs étaient pondus à une certaine température et les attendaient Jusqu'à ce qu'ils éclosent, son esprit a inspiré l'idée, dans le même ordre, il pourrait s'agir d'un incubateur pour bébés prématurés.

Il ne reste que quelques mois et une boîte en bois est fabriquée dans laquelle le bébé prématuré est placé, et à travers un petit trou, l'air chaud passe à travers - l'air passe à travers un réservoir d'eau chaude - et donc un environnement chaud adapté à un enfant est sécurisé, ce qui est nécessaire à l'époque, et pour maintenir la température du réservoir, une lampe à alcool est placée.

En 1893, Pierre Constatn Budin, Tarnier demanda l'amélioration de la couveuse, d'une couveuse en bois à une couveuse en verre, facilitant ainsi l'observation du bébé prématuré, et

il changea également le système de chauffage du chauffage de l'air en chauffant l'eau dans le réservoir pour chauffer le gaz naturel.

L'année 1950 marque le début de l'émergence des incubateurs perfectionnés, avec un système automatique inspiré de l'incubateur du lion d'Alexandre Lyon, ingénieur et médecin niçois, et avec les mêmes normes pour chacun des deux médecins précédemment cités [2].

La première exposition d'incubateurs prématurés hors de France a été créée par le physicien allemand Martin Kony en 1896. Elle a suscité l'intérêt d'entreprises, dont une société américaine et une société berlinoise, et ils ont fabriqué des incubateurs après avoir obtenu l'approbation et la licence du Dr Leon. , qui a ensuite été publié dans plusieurs pays, ce qui a conduit à la création d'un centre de formation et de recherche pour les prématurés en 1939 à New York par l'hôpital universitaire [3].

Plusieurs médecins et ingénieurs tentent encore, jusqu'à présent, d'améliorer l'incubateur en y ajoutant des dispositifs médicaux, par exemple, pour un bon suivi.

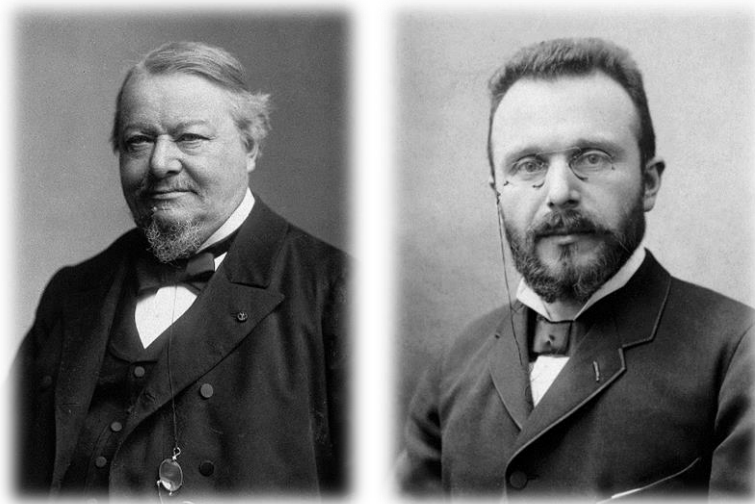


Figure I.1 : Le Dr Etienne Stéphane Tarnier et Dr Pierre Constant Budin.

I.3 La néonatalogie et le bébé prématuré :

3.1 La néonatalogie :

La néonatalogie est une spécialité concernée par l'étude du fœtus et du nouveau-né, et donc elle concerne les enfants avec des conditions naturelles et anormales, avant et après la naissance [4].

Les nouveau-nés anormaux, comme les bébés prématurés, ont besoin de soins particuliers et d'un suivi continu, qui est supervisé par le service de néonatalogie qui reçoit les

enfants nés prématurément et ayant contracté des maladies nécessitant la surveillance et le suivi d'un médecin [5] :

* Réanimation du nouveau-né : bébés qui sont dans un état critique, par exemple, très malades ou très prématurés

* - Soins intensifs ou néonatalogie : la branche désignée pour les enfants nécessitant une surveillance continue.

*-Pré-sortie : C'est la branche qui prépare l'enfant à reprendre une vie normale.

3.2 Le bébé prématuré :

Définition :

Selon les normes médicales et l'Organisation mondiale de la santé (OMS), un bébé prématuré est défini comme un bébé né avant 37 semaines d'aménorrhée (SA) ou 35 semaines d'âge gestationnel, et ceci est basé sur la période de gestation normale estimée à 39 semaines à 41 semaines (SA) - grossesse complète - [6-7].

Un enfant dont le poids est inférieur à 2500 grammes est considéré comme un enfant nécessitant des soins de santé, selon les conditions établies par le médecin français, Arvo Yelbo, pour que le nouveau-né soit en pleine santé naturelle, et l'Organisation mondiale de la santé a adopté son norme [7].



Figure I.2 : Un bébé prématuré au niveau de la couveuse.

Type de la prématurité :

Les bébés prématurés naissent à des degrés divers selon la répartition temporelle répartie dans la partie suivante [8].

Ils sont également divisés en deux types selon le contexte de l'accouchement comme suit [8] :

➤ **Prématurité normale** : on peut aussi dire qu'elle est spontanée ; Parce qu'en raison de l'état biologique de la mère, cela peut être normal, comme une naissance prématurée, ou il peut s'agir d'un état pathologique, comme certaines anomalies internes.

➤ **Prématurité active** : avec l'intervention du personnel médical, afin de sauver la vie de l'enfant ou de la mère, ou d'éviter un cas de complications graves.

Degré de prématurité :

➤ **Né entre 33 et 36 semaines (La prématurité moyenne) :**

Le bébé prématuré souffre pendant cette période, son incapacité à se coordonner entre l'alimentation et la respiration, et cela est dû au développement incomplet de son système respiratoire, et donc il se sent rapidement fatigué, et il ne peut pas maintenir sa température corporelle.

➤ **Né entre 29 et 32 semaines (La grande prématurité) :**

Le nourrisson prématuré de cette période est considéré comme nécessitant des soins spéciaux, car il souffre de son incapacité à contrôler sa respiration, et il est également sujet à un arrêt respiratoire, et il ne peut pas non plus contrôler complètement sa température corporelle, en plus de la nutrition, donc il est nourri la première période par gavage pour éviter l'effort et obtenir les calories indispensables à sa croissance.

➤ **Né avant 28 semaines (La très grande prématurité) :**

Cet enfant prématuré souffre d'incapacité à respirer ou à manger, et il est placé sous surveillance étroite et subit une respiration veineuse et reçoit les médicaments nécessaires, et il est possible qu'il soit exposé à des complications telles que des infections et une rétinopathie.

Les causes de prématurité :

Énumérez quelques-unes des raisons célèbres ci-dessous:

➤ **État de santé de la mère:**

- l'hypertension artérielle.
- une infection.
- un traumatisme.

- une maladie chronique.
- **L'état de santé biologique de la mère:**
 - une béance cervico-isthmique.
 - une ouverture prématurée du col de l'utérus.
 - une malformation de l'utérus.
 - une surabondance du liquide amniotique.
- **État de santé fœtal:**
 - une infection.
 - une malformation fœtale.
 - des anomalies chromosomiques.

Les complications de prématurité :

Les bébés prématurés sont exposés à plusieurs maladies, dont les suivantes [9] :

➤ **Syndrome de détresse respiratoire :**

L'un des problèmes les plus courants chez les bébés prématurés est dû à l'immaturité de leurs poumons. Cela conduit parfois à la nécessité d'utiliser un respirateur.

➤ **Anomalies pulmonaires :**

Cette complication survient chez les nouveau-nés (nés avant 32 semaines de gestation) qui ont reçu de l'oxygène à l'aide d'un ventilateur pendant une période prolongée.

➤ **Arrêt temporaire de la respiration et rythme cardiaque irrégulier :**

Le contrôle de la respiration et du rythme cardiaque est très difficile, et cela est dû au développement incomplet du cerveau total. Par conséquent, les bébés prématurés souffrent de troubles respiratoires et cardiaques. Cela les amène à être connectés à un moniteur cardiaque et respiratoire pour surveiller leurs signes vitaux.

➤ **La maladie de reflux gastro-œsophagien:**

Environ 3 à 10 % des bébés très prématurés souffrent de reflux gastro-œsophagien (RGO). Nous constatons que le contenu de l'estomac retourne dans l'œsophage. Cela est dû à la maturité incomplète du muscle contrôlant l'ouverture de l'estomac.

➤ **Jaunisse :**

C'est la condition la plus courante chez les bébés prématurés, et c'est parce que leurs foies sont immatures. Les bébés prématurés ont besoin de lumineothérapie.

➤ **Anémie:**

Étant donné que les réserves de fer s'accumulent dans les derniers mois de la grossesse d'environ 80 %, les bébés prématurés sont plus sensibles à l'anémie.

➤ **Infections :**

Les bébés prématurés sont plus susceptibles de contracter des infections à cause de :

* Leur peau fragile et fenêtrée.

* Leur système immunitaire n'est pas complètement développé.

* Leur faible poids et les nombreuses procédures médicales auxquelles ils sont exposés.

* L'infection peut également survenir pendant la grossesse ainsi que pendant l'accouchement ou pendant l'hospitalisation.

Ces infections sont généralement traitées avec des antibiotiques.

➤ **Domages cérébraux:**

L'hémorragie cérébrale touche les bébés nés avant 30 semaines ou pesant moins de 1500 grammes. Cela est dû à la fragilité de certaines zones du cerveau chez les prématurés. Les vaisseaux sanguins peuvent également saigner par la suite si la pression augmente. Les complications varient selon la gravité de l'hémorragie. Cependant, des interventions simples peuvent prévenir ce saignement.

➤ **Inflammation intestinale :**

L'inflammation de l'intestin peut être mortelle. Elle survient principalement dans les deux premières semaines après la naissance et touche de manière significative 5 à 10 % des bébés pesant moins de 1500 g.

➤ **Malformation cardiaque:**

Certains bébés prématurés peuvent avoir un souffle cardiaque parce que leur canal artériel n'a pas eu le temps de se fermer.

➤ **Surdité :**

Chez les prématurés, la fonction auditive est souvent immature. On estime que 2 à 10 % des bébés nés avant ou avant 32 semaines de gestation ont des problèmes auditifs.

➤ **Rétinopathie :**

Cette anomalie affecte les yeux des bébés prématurés et consiste en un développement anormal des vaisseaux sanguins dans l'œil, ce qui entraîne la formation de croûtes sur la rétine, la membrane qui recouvre le fond de l'œil. La principale raison est de donner de l'oxygène. Elle

touche principalement les bébés nés avant 28 semaines et peut parfois entraîner une perte de vision.

➤ **Virus respiratoire syncytial (VRS) [10] :**

Le virus respiratoire syncytial (VRS) est un virus qui infecte les poumons et le système respiratoire. Il se transmet de la même manière que le rhume en touchant des gouttelettes contenant le virus après qu'une personne a toussé ou éternué, par exemple. L'infection par le virus respiratoire syncytial est plus sévère chez les jeunes enfants, et on observe des enfants infectés par le virus RSV ils ont les mêmes symptômes que s'ils avaient un rhume, qui peuvent inclure :

Toux, nez qui coule, fièvre, perte d'appétit et d'énergie, irritabilité. Certains enfants (surtout de très jeunes enfants) développent une bronchiolite, une infection des petites voies respiratoires qui mènent aux poumons, provoquant une respiration sifflante ou des difficultés respiratoires.

Le VRS est traité

Surveiller de près et recevoir des liquides ou de l'oxygène, si nécessaire.

Comme le VRS est un virus, les antibiotiques n'accélèrent pas la guérison. Les antibiotiques tuent les bactéries, pas les virus.

I.4 L'incubateur néonatal :

4.1 Définition :

L'incubateur nouveau-né, également connu sous le nom couveuse, est l'espace équivalent au ventre de la mère, car il fournit l'atmosphère appropriée au développement complet du bébé prématuré ou de l'enfant qui a besoin de soins de santé, tout en l'isolant du monde extérieur. En termes de maladies infectieuses, virus et autres maladies dues à la faiblesse de sa structure.

Il est divisé en plusieurs sections, dont l'espace transparent ou box qui permet de placer l'enfant, avec des ouvertures qui permettent à l'équipe médicale de l'examiner et de livrer du matériel médical. La section de contrôle et de programmation, dans laquelle on règle la température, l'humidité, etc... Et une sous-section dans laquelle certains dispositifs médicaux supplémentaires peuvent être placés [11].

4.2 Le rôle d'incubateur néonatal :

Ce qu'il faut savoir sur la couveuse c'est que ce n'est pas une bulle de protection, c'est un espace qui assure les besoins du bébé prématuré pour qu'ils soient équivalents à ce que la maman apporte pendant sa grossesse, que ce soit la température ou l'humidité, ils sont nécessaires pour compléter le développement global de l'enfant, et dans l'intérêt de sa structure étudiée, il nous permet de suivre de près le nourrisson [12].



Figure I.3: La suite d'un bébé dans une couveuse.

4.3 Les types d'incubateur néonatal :

Parmi les différents types d'enfants (prématurés, de faible poids ou malades), les types de couveuses diffèrent forcément, on peut donc les distinguer [11] :

Incubateur d'attente : pour réchauffer le bébé quelques heures avant qu'il ne soit transféré à sa mère dans un autre service.

- **Incubateur d'élevage.**

- **Couveuse de soins intensifs et de réanimation** : pour un enfant qui a besoin de soins fréquents et permanents comme une couveuse de luminothérapie

Incubateur de transport : pour transporter l'enfant d'un endroit à un autre.

Cet incubateur est divisé en trois types :

L'incubateur ouvert :

On l'appelle aussi couveuse radiante en raison de son mode de chauffage : la chaleur radiante est générée sur la table à l'aide d'une rampe chauffante, qui est une source infrarouge.

Dans certains modèles, un matelas gel chauffant délivre de la chaleur au bébé. La température est régulée par positionnement dermique grâce à une sonde thermique placée au mieux sur l'abdomen. L'énergie émise sous forme de photons est absorbée par la peau, qui est

transformée en chaleur transmise par conduction puis convection grâce à la circulation du sang [13].



Figure I.4 : Incubateur ouvert.

La composition d'incubateur néonatal ouvert [13] :

- Rampe chauffante mobile associée au module de contrôle et de surveillance : régulation de la température, luminosité, sonde thermique, sonde d'Oxygène pour certains modèles, et chronomètre (Calcul du score d'Apgar)
- Socle avec Matelas simple ou gel, et parois latérales
- Colonne d'aspiration (vide) et de fluides
- Tiroir sous le socle et cassette pour les films radios (la rampe est mobile pour permettre l'accès de l'appareil de radio)
- Pédale de réglage en hauteur et d'aspiration.

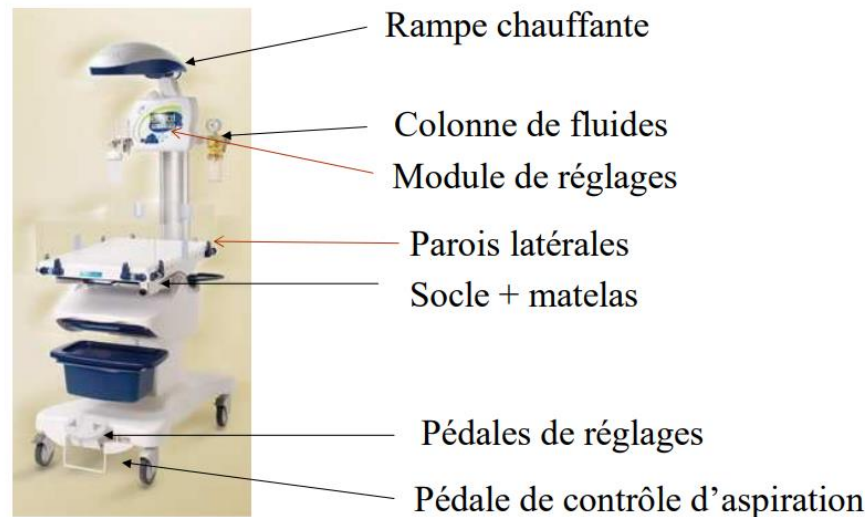


Figure I.5 : La composition d'incubateur ouvert (radiante).

Utilisation d'incubateur ouvert [13] :

Principalement utilisé en salle d'accouchement, service de réanimation aiguë et chirurgie pédiatrique.

Ils sont les plus pratiques pour la salle d'accouchement, et sont souvent équipés d'une minuterie (score d'Apgar).

La température est fixée dans l'air ambiant et reste toujours chaude .

Incubateur fermé

L'incubateur fermé dépend du système de chauffage de l'air, c'est-à-dire en utilisant la résistance chauffante, quant à l'humidité, elle dépend de la vapeur d'eau.

Cette couveuse fermée est un ensemble d'équipements de surveillance et permet le chauffage et le maintien thermique de l'enfant et l'humidification de l'air circulant dans la couveuse.

Il est destiné aux enfants prématurés et nouveau-nés dans les secteurs de la médecine, de la chirurgie, de la réanimation néonatale et de la maternité.

Depuis la promulgation du décret du 3 novembre 1998 portant interdiction d'utiliser les incubateurs d'ancienne génération, les derniers modèles sont équipés de cabines à double paroi pour les incubateurs dits de réanimation, d'un bac à eau amovible et autres, pour exemple, un moniteur à distance, un moniteur de fréquence cardiaque et un respirateur[14].



Figure I.6 : Incubateur néonatale.

La composition d'incubateur néonatal fermé :

Pour chaque modèle il y a une composition spéciale, et en raison des visites fréquentes à la maternité de Laghouat, une étude de la composition de la couveuse est présentée à l'hôpital [15].

Hotte :

Elle est composée de fenêtres transparentes à 4 côtés qui permettent aux utilisateurs de surveiller un bébé.

Sommier :

Composé d'un sommier et d'un pont principal .un matelas est posé, et d'une partie contrôle. Un réservoir d'eau est installé pour le contrôle de l'humidité.

Armoire :

L'incubateur y est placé et d'autres choses peuvent y être stockées.

Réservoir d'humidité :

Le réservoir d'eau alimente en eau le générateur d'humidité et coulisse comme un tiroir pour le nettoyage et le remplissage.

Porte d'entrée :

Porte conçue pour permettre à l'utilisateur d'y mettre des bébés.

Port d'accès :

Porte qui permet le traitement des nourrissons sans ouvrir une porte de hotte.

Poignée basculante :

Dispositif de type poignée qui est conçu pour ajuster un matelas en position de trendlenburg et en position de trendlenburg inversé.

Roulette :

Roue servant à faciliter le déplacement d'un incubateur elles sont munies d'un dispositif de freinage afin de pouvoir être fixées sur un sol.

Contrôleur :

Appareil qui régule la température de la hotte et élimine l'humidité dans une hotte.

Boîtier de capteur :

Appareil qui mesure la température et l'humidité dans l'incubateur. Un capteur de température et d'humidité y est installé.

Plateau de cassette à rayons X :

Le plateau de cassette qui monte et démonte la cassette à rayons X (10*12").

Pèse-personne :

Appareil qui mesure le poids du patient.

Interrupteur au pied :

Dispositif qui monte et descend l'armoire d'élévation.

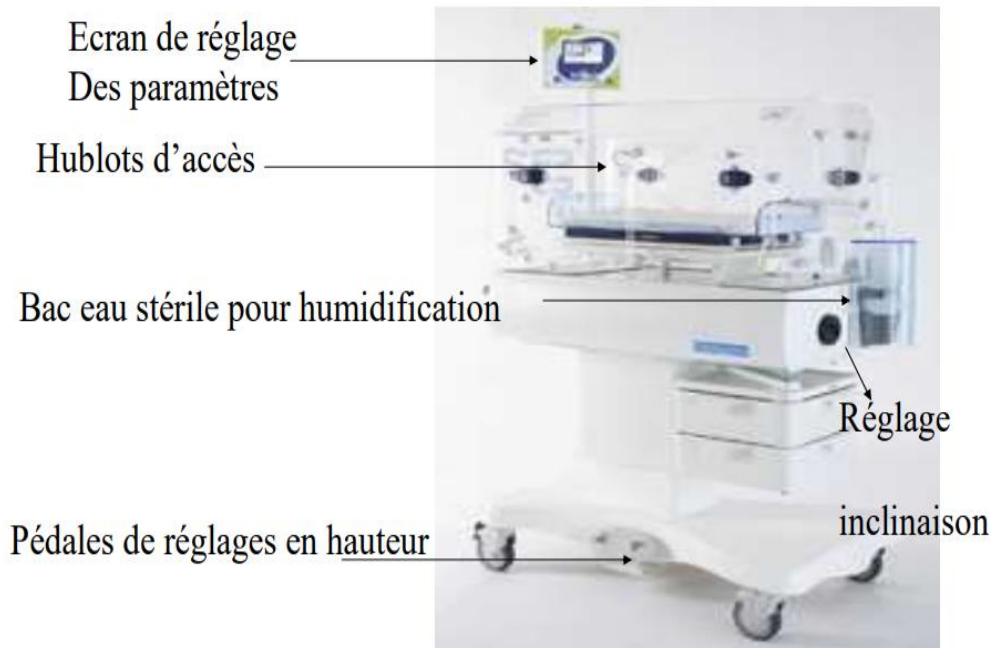


Figure I.7 : Composition d'incubateur fermé.

Nous mentionnons également certaines des fonctionnalités supplémentaires de l'incubateur [16] :

Source d'énergie	AC 220V, 50/60Hz
Consommation d'énergie	/
Radiateur	450W
Régulateur	60W
Humidificateur	23W
Mode de contrôle	Mode Air / Mode Peau
Temps de Chauffe	≤25min
Contient de l'oxygène	21 ~80%
Capacité d'humidité	1500ml
Température de la peau	/
Plage d'affichage	22~45°C
Plage de contrôle	34~37°C (fusible : 37,1 ~ 38°C)
Température de l'air	/
Réglage de l'humidité	30~90%
Dimensions	/
Casquette	Largeur 80sm x hauteur 48sm x profondeur 50sm
Boîtier supérieur	Largeur 101,6sm x hauteur 70sm x profondeur 64sm
Matelas	Largeur 70sm x hauteur 2sm x profondeur 37sm
Inclinaison du matelas	0~12°
Niveaux d'une pente d'un matelas	≤47
Système de couverture	Type à double paroi
Le poids	80 kg
type de contrôle	Microprocesseur

Tableau I.1 : Caractéristique d'un modèle d'un incubateur fermé.

Incubateur photothérapie [14] :

Cela a été découvert après la sympathie manifestée par l'infirmière anglaise dans les années cinquante du siècle dernier, lorsqu'elle, désobéissant au chef de son service, a infiltré les nouveau-nés avec la jaunisse, les a emmenés dans le jardin de l'hôpital et les a exposés au soleil. Et les parties du corps exposées au soleil avaient beaucoup moins de jaunisse, c'est ce

que le médecin a fini par remarquer : c'est ainsi qu'est née la luminothérapie. La photothérapie consiste à exposer la peau du nouveau-né à une lumière bleue (parfois blanche), d'une longueur d'onde allant de 450 à 495 nanomètres, pour modifier la structure de la bilirubine non identifiée Directe/non conjuguée à travers l'épiderme (2 mm de profondeur) pour la rendre soluble dans l'eau.

Le but est de réduire le taux de bilirubine circulante indirecte et de détourner la bilirubine cutanée afin de permettre son élimination par les voies rénale et biliaire (photoisomères).

Et il y a deux types :

La photothérapie intensive :

Il est utilisé dans le cas où le nouveau-né souffre d'ictère de haut grade, car il est traité avec des rayons lumineux intenses et surveillé.

Photothérapie simple

Il est utilisé dans le cas d'un nouveau-né présentant une jaunisse faible et moyenne, car il est traité avec des rayons lumineux.



Figure I.8 : La photothérapie intensive.



Figure I.9: Photothérapie simple.

I.5 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons couvert de nombreux concepts de base de l'incubateur pour nouveau-nés et prématurés, de son histoire à ses types et son rôle, et le fait que les prématurés naissent avec des organes qui n'ont pas encore atteint une maturité suffisante pour permettre la vie en dehors d'utérus. En conséquence, ils sont sujets à de nombreux problèmes de santé, notamment l'hypothermie, qui peut avoir des effets importants sur la santé. Pour pallier ces problèmes et assurer le meilleur suivi de l'enfant, il est soigné dans une couveuse fermée qui le protège des différents agents infectieux et lui assure des conditions thermiques et standards optimaux permettant d'approcher les exigences du ventre de la mère et de former la protection de l'environnement par excellence pour la santé et le bien-être de l'enfant.

Ces informations permettent de passer au chapitre deux dans lequel nous discutons des concepts de base sur le matériel qui compose l'incubateur et certains logiciels.



Chapitre 2

Conception et réalisation de la couveuse

II.1 Introduction

Après avoir présenté les concepts de base sur la prématurité et ses exigences pour le traitement, nous aborderons la discussion technique de l'incubateur, qui contribue à une grande partie de ce traitement, basée sur la conception générale qui explique les systèmes d'incubateur, tels que le système de surveillance par l'interface. Le système de chauffage qui dépend de capteurs, par exemple DHT11, et d'autres systèmes, en passant par la définition des appareils et de leurs caractéristiques comme la partie du troisième chapitre, qui traite de la structure globale de l'incubateur.

Nous consacrerons l'étude technique à l'incubateur de type fermé pour bébés prématurés, et cela est dû à la présence de plusieurs types de celui-ci, et nous discuterons également pour présenter des concepts supplémentaires qui aident à suivre le chemin de l'information.

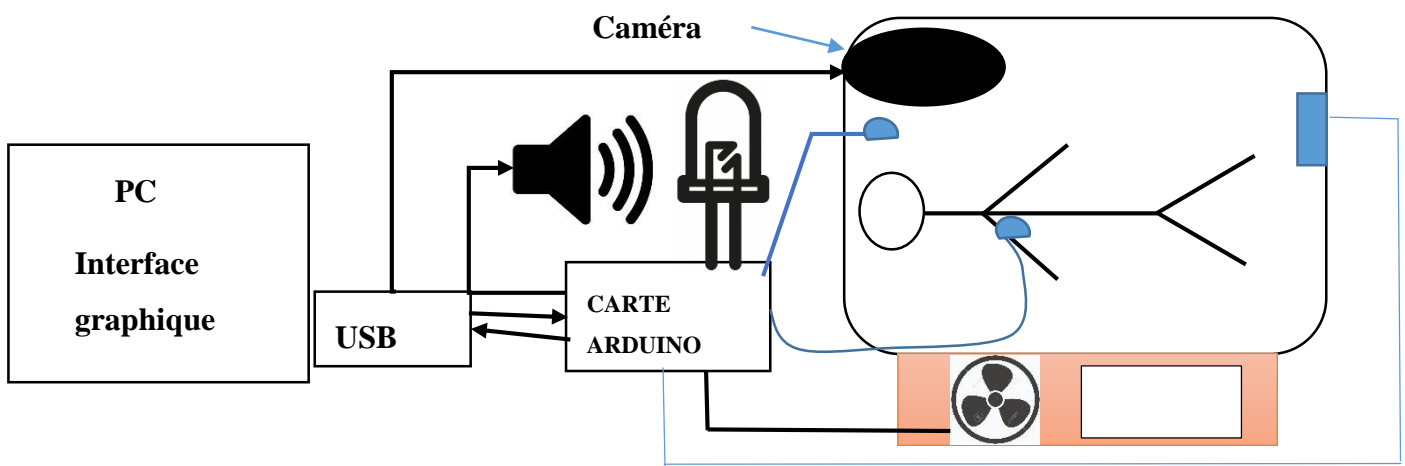


Figure II.1 : Schéma bloc de système proposé.

Le schéma bloc fournit une explication simplifiée de la façon dont l'incubateur est surveillé et contrôlé. Il dispose de plusieurs systèmes connectés à l'interface qui affichent les changements à l'intérieur de l'incubateur, aidant à la fois l'infirmière ou le médecin avec une surveillance à distance. Système de surveillance par caméra Système de chauffage qui contrôle la température de l'incubateur dans la plage médicalement définie de 36,7°C et 37,7°C ; Système d'alarme sonore et visuelle qui s'active automatiquement et lie avec les changements de température dans tous les cas (le contrôle de l'intensité du bip est programmé en option). Peut également être surveillé La température du nouveau-né et ses changements et informez le médecin si la plage autorisée est dépassée ; par le système d'alarme, et l'humidité peut être

surveillée afin qu'elle ne soit pas inférieure à 40%. Ces systèmes fonctionnent à l'aide de capteurs de température LM35 et d'humidité DHT11.

II.2 Conception générale incubateur néonatale[11] :

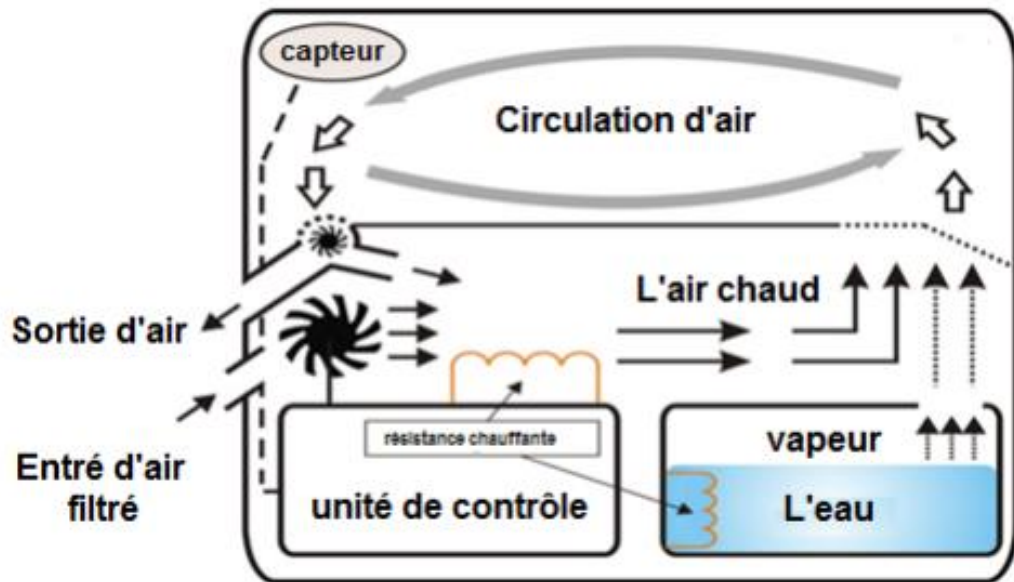


Figure II.2 : Schéma globale de fonctionnement d'incubateur.

2.1 Cabine :

La cabine est équipée de persiennes sur les côtés de la tête et des pieds ainsi que de plusieurs trous pour le passage des capteurs et des tubes, améliore le positionnement et la préparation de l'enfant par l'équipe soignante.

Les passages sur le côté de la tête, situés à différents niveaux, permettent de régler parfaitement la position verticale des tubes du ventilateur. De plus, ces tubes peuvent être insérés dans les portes avant, sans intuber l'enfant. Ainsi ce dernier peut recevoir tous les soins sur sa surface étendue à 75% sans arrêter la ventilation artificielle. Le gain de temps pour l'équipe soignante est grand ainsi que le confort de l'enfant.

Avantage :

Réduisez considérablement le bruit des ouvertures des persiennes.

Offrir une plus grande visibilité dans la cabine pour permettre une ouverture avec les coudes sans compromettre l'hygiène pour rendre le nettoyage et la désinfection de la cabine particulièrement rapides et efficaces.

2.2 Sonde cutanée :

C'est un capteur pour indiquer la température sur la peau de l'enfant et il se compose d'une thermistance, d'un câble et d'un connecteur RJ45 comme indiqué sur la figure II.3, et ces appareils se trouvent dans l'incubateur utilisé à l'hôpital, tandis que notre incubateur d'étude utilise le LM35 comme capteur de température.

Voilà ensuite les étapes pour le mettre sur le bébé :

- Retirez la protection adhésive du couvercle de la sonde.
- Appliquez la face de la sonde noire sur l'adhésif du couvre-sonde.
- Couvrez délicatement le côté métallique avec de la vaseline.
- Collez le couvercle de la sonde à la sonde sur la peau.
- La position la plus couramment utilisée est sur l'abdomen pour permettre, entre autres, de vérifier qu'il ne s'est pas détaché.



Figure II.3 : La sonde cutanée.

L'emplacement de la sonde cutanée sur l'appareil :

Après avoir placé la sonde cutanée sur le nouveau-né, branchez le connecteur RJ45 de la sonde dans le connecteur " SONDE DU NOUVEAU-NE CUTANEE " situé sur le côté de l'incubateur. Ensuite l'affichage "CUTANEE T°" indique la température cutanée du nouveau-né avec une précision de 0,1°C. La température mesurée correspond à l'endroit où est placée la sonde, elle peut donc varier de quelques dixièmes en fonction de son emplacement sur l'enfant. Normalement et en général, la température cutanée est inférieure d'environ 0,5 °C à la température rectale à l'équilibre thermique. Et ce processus est dans le cas de l'étude de terrain à l'hôpital.

Dans le cas d'études, il est compensé par le capteur utilisé dans l'étude, en plus d'un dispositif d'alarme audio et visuel pour alerter l'infirmière ou le médecin en cas de changement de température du nourrisson, car il joue un rôle très sensible dans la pleine croissance du nourrisson prématuré.



Figure II.4: L'emplacement de la sonde cutanée sur l'appareil.

2.3 Nomenclature et fonctions des pièces contrôleur [17] :

L'unité de contrôle se compose de plusieurs indicateurs, Ils sont mentionnés dans le tableau suivant :

1-panneau avant du contrôleur	13- lampe d'alarme de panne de courant
2-affichage de la température de l'air	14 -défaillance du système alarme forfaitaire
3-Affichage de la température de la peau	15- lampe d'alarme de surchauffé
4-affichage de température de réglage	16- lampe d'alarme de température de l'air
5-Affichage humidité	17 -lampe d'alarme de panne de débit d'air
6 -réglage de l'affichage del'humidité	18- capteur panne lampe d'alarme
7-Affichage de sortie heater	19 -lampe d'alarme de température cutanée
8 -interrupteur de mode d'air	20-commutateur de priorité
9- commutateur de réglage	21 -interrupteur d'alarme
10 -contacteur de température	22- lampe d'alarme basse eau
11- Interrupteur à températures	23- Interrupteur à degrés d'humidité
12- Commutateur de mode de peau	24- interrupteur d'humidité

Tableau II.1 : La composition d'unité de contrôle.

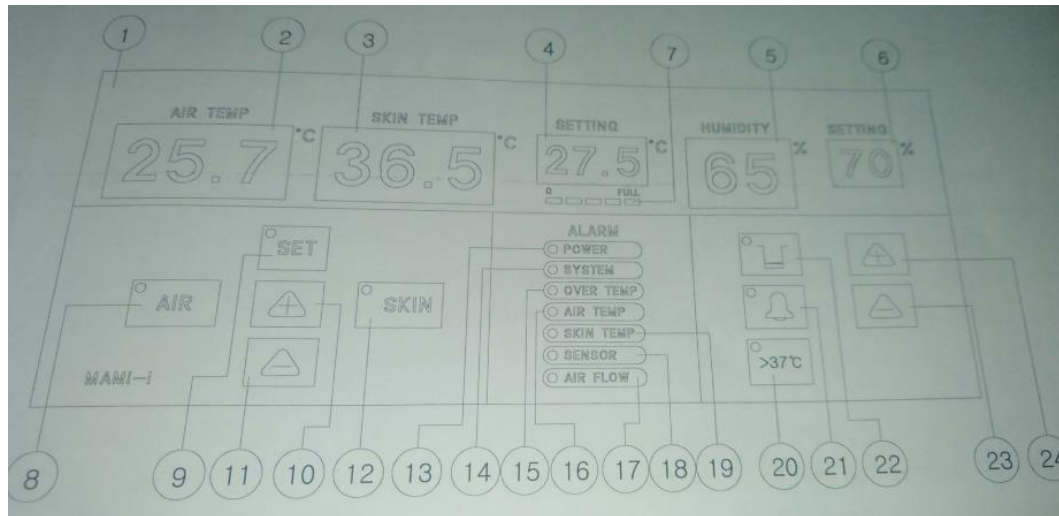


Figure II.5 : Schéma de composition de l'unité de contrôle.

II.3 Principe de fonctionnement :

L'incubateur nouveau-né est une chambre en verre dans laquelle l'atmosphère est contrôlée par un système électronique. La cabine est équipée de persiennes qui permettent au personnel soignant de s'occuper du bébé.

La brique et la température sont fournies par des dispositifs stériles

Des capteurs (dans l'habitacle et sur la peau du nouveau-né) permettent de régler les paramètres et de déclencher des alarmes en cas de surchauffe.

3.1 Circuit d'aération :

Le principe est de créer une zone d'air, calme et stable, autour du nouveau-né grâce aux barrières de protection, réduisant ainsi les déperditions de chaleur par convection. L'air de ventilation chauffé s'étend le long des parois de la cabine et chauffe ainsi sa paroi intérieure, réduisant ainsi considérablement les pertes de chaleur dues au rayonnement. Il peut être encore réduit en utilisant un double paroi, ce qui est utile lorsque la température ambiante est fraîche.

La déperdition de chaleur par conduction est quasi inexistante grâce à la conception du matelas en mousse, qui est étroitement recouvert d'une matière plastique (également facile à désinfecter). Tous les composants du circuit de ventilation sont facilement démontables, ce qui permet un nettoyage et une désinfection rapides dans le respect des dernières normes d'hygiène.

Le sens de ventilation de la tête aux pieds permet d'ouvrir longtemps les vitres latérales sans chute brutale de température. L'habitacle est alors facilement maintenu à la température souhaitée, contribuant au meilleur confort du nourrisson et de l'utilisateur.

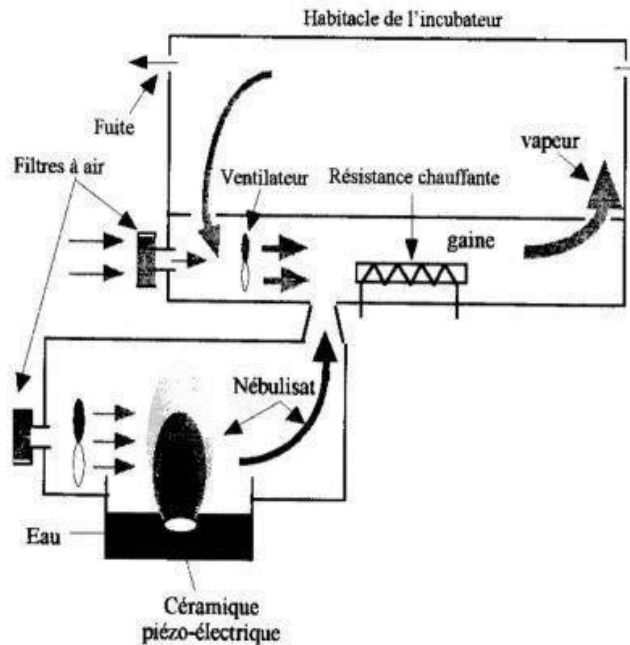


Figure II.6 : Circuit de circulation d'air au sein de la couveuse.

3.2 Humidification de l'air :

L'incubateur contient un système d'humidification efficace qui peut atteindre en toute sécurité et de manière fiable des niveaux d'humidité allant jusqu'à 90 % à 39 °C. Le taux de montée de l'humidité est très rapide (10% minimum).

Une atmosphère aussi humide couplée à une régulation thermique très efficace permet d'envisager les soins du nouveau-né dans les meilleures conditions possibles.

Voilà ensuite la méthode d'utilisation et de remplissage du réservoir d'eau :

- Retirez doucement le réservoir d'eau.
- Versez de l'eau stérilisée dans ce bac jusqu'au niveau d'eau maximum.
- Repoussez doucement le bol d'eau.

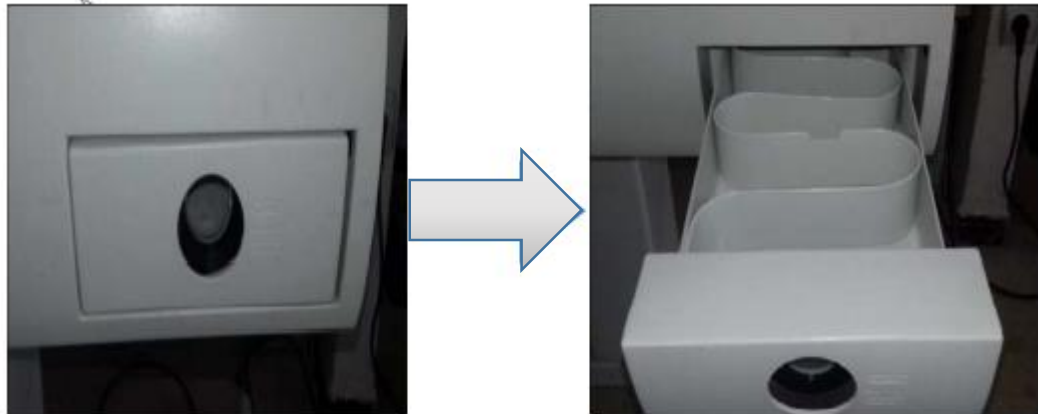


Figure II.7 : Remplissage de réservoir d'eau de l'incubateur.

Généralement l'humidité relative est proche de l'humidité ambiante.

Connexion oxygène dans l'incubateur :

L'incubateur est alimenté en oxygène par une ventilation normale de l'environnement ou par la prise prévue pour l'oxygène.

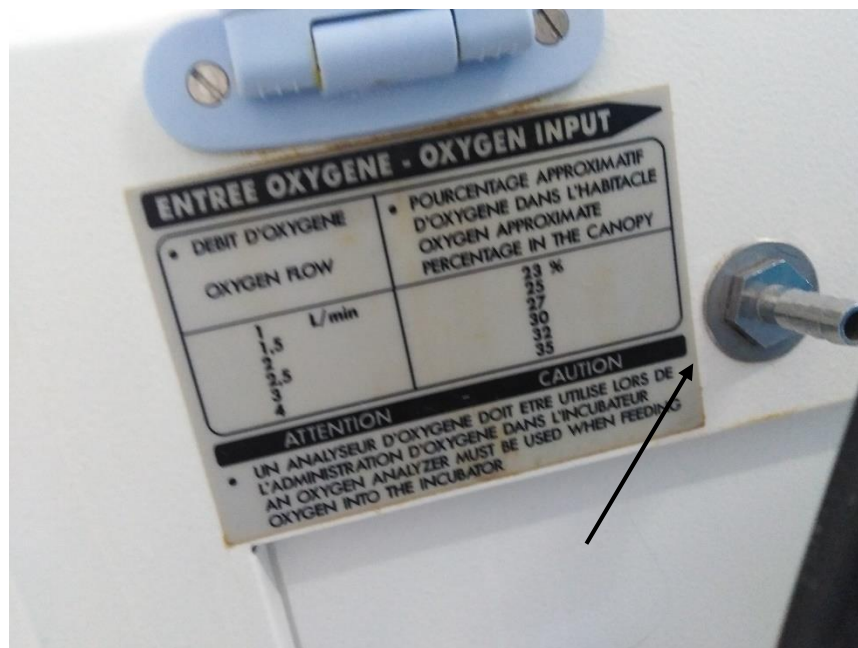


Figure II.8 : Connecteur de sonde d'oxygène.

3.3 Chauffage:

Une résistance chauffante de 450W est placée sous 230V après le ventilateur. Il peut chauffer jusqu'à plus de 100 degrés Celsius. La température de l'air fourni à l'habitacle peut atteindre 50°C.



Figure II.9 : Résistance chauffante de l'incubateur et la plaque chauffante utilisé dans la réalisation.

Avant de passer à la programmation, nous devons réaliser un organigramme qui explique le déroulement des différentes parties de commande.

II.4 Organigramme de commande :

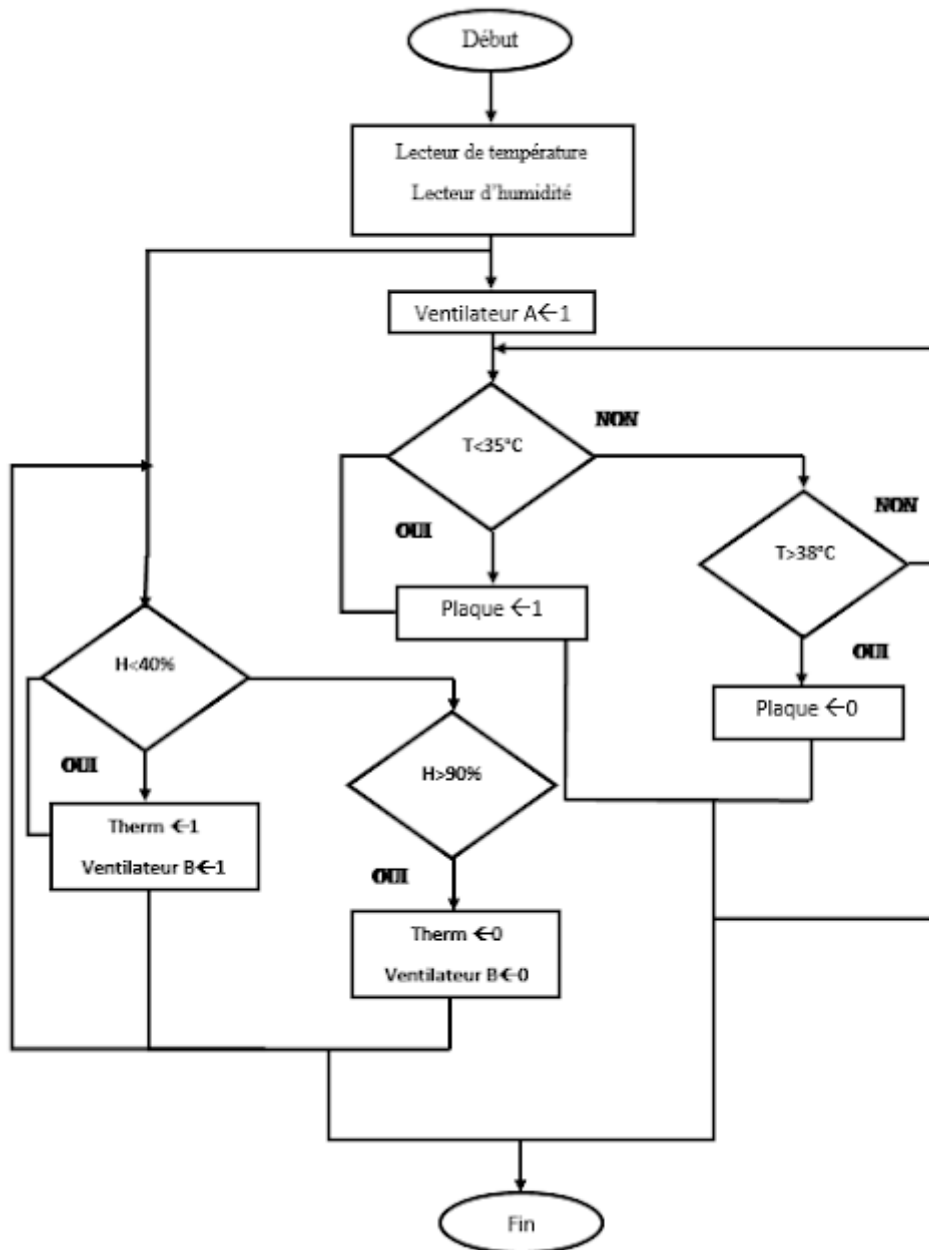


Figure II.10 : Organigramme de la commande d’humidité et de température de la couveuse.

T : Température de la couveuse.

H : humidité de la couveuse.

Ventilateur A : ventilateur en face de la plaque chauffante.

Ventilateur B : Ventilateur en face de thermoplongeur.

Therm : thermoplongeur.

II.5 Connexion entre ARDUINO UNO et MATLAB :

Programmation de la carte Arduino Uno comme une carte d’interface ArduinoIO :

Cette solution consiste à utiliser la carte Arduino comme une interface d’entrées (Analog Input) /sorties (Analog/Digital Output). Ce package permet de communiquer Matlab ou Simulink avec la carte Arduino via un câble USB.

- Pré-chargement du programme dans la carte Arduino :
 1. Télécharger le package ArduinoIO
 2. Décompresser à la racine de disque dur (C :Users :.... :\Arduino IO)
 3. Ouvrir le dossier décompressé.
 4. Aller vers : ”ArduinoIO\pde\adio.ino*

Nom	Modifié le	Type	Taille
+arduinoioaddons	27/02/2022 14:06	Dossier de fichiers	
examples	27/02/2022 14:06	Dossier de fichiers	
pde	27/02/2022 14:06	Dossier de fichiers	
simulink	27/02/2022 14:06	Dossier de fichiers	
arduino.m	20/12/2017 10:55	MATLAB Code	97 Ko
contents.m	20/12/2017 10:55	MATLAB Code	4 Ko
install_arduino.m	20/12/2017 10:55	MATLAB Code	2 Ko
license.txt	20/12/2017 10:55	Document texte	15 Ko
readme.txt	20/12/2017 10:55	Document texte	30 Ko

Figure II.11 : Les fichiers téléchargés pour l’installation I/O Arduino

Nom	Modifié le	Type	Taille
adio.pde	20/12/2017 10:55	Fichier PDE	10 Ko

Figure II.12 : Le fichier à envoyer vers la carte Arduino.

Compiler et Téléviser :

Avant cette étape il faut choisir le port USB (COM), dans notre exemple nous avons choisir le COM3, comme le montre les figures suivantes :

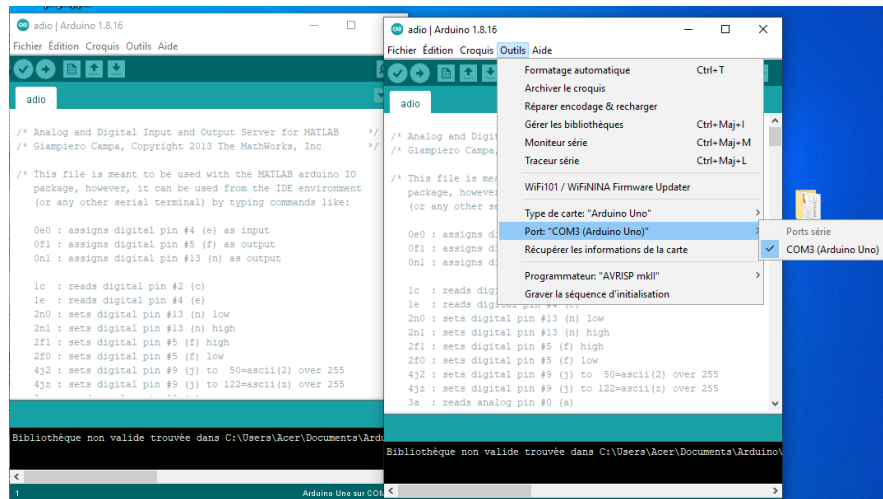


Figure II.13 : Interface d’IDE Arduino avec le choix de port COM.

La carte Arduino UNO est maintenant configurée pour être utilisée comme une carte d’interface Entrées/Sorties

Installation du package ArduinoIO :

1. Lancer Matlab 2014 et placer vous dans le répertoire E :\arduinoio
2. Exécuter la commande : install-arduino
3. Fermer et relancer Matlab.
4. Dans les bibliothèques se trouvent maintenant les blocs dans Arduino IO Library.

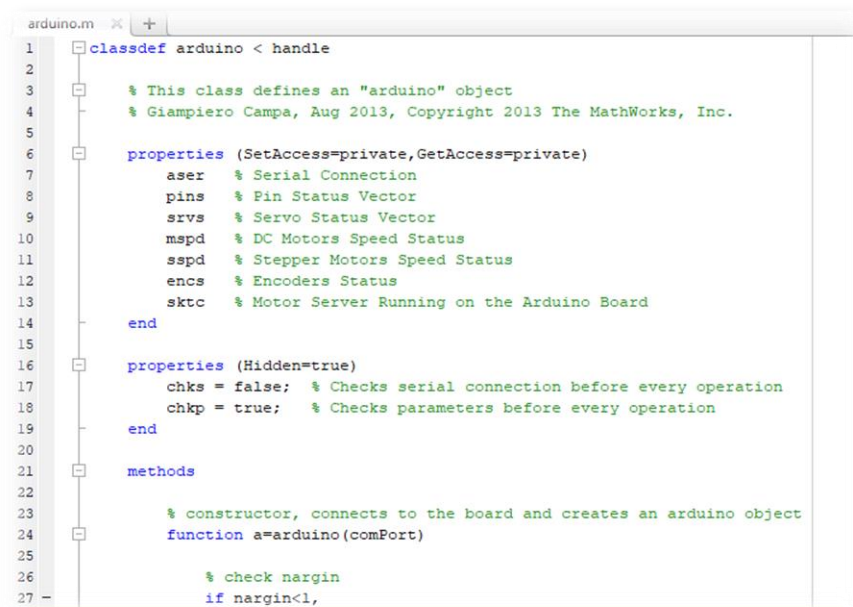


Figure II.14 : Le fichier à installer au niveau de Matlab.

Exploitation du package ArduinoIO sous Matlab

Le package ArduinoIO offre une panoplie de commandes permettant d'écrire un programme sous Matlab (M-file). Pour accéder à ces commandes il faut créer un objet Arduino dans l'espace de travail et spécifier le port sur lequel la carte arduino est connectée avec la commande :

```
>> a= arduino('com3')
```

MATLAB tentera alors de communiquer avec notre port. En cas de succès, MATLAB affichera les propriétés de la carte Arduino connectée à votre PC comme indiqué ci-dessous :

```
>> a= arduino('com3')
Attempting connection .....
Basic Analog and Digital I/O (adio.pde) sketch detected !
Arduino successfully connected !

a =

arduino object connected to COM3 port
Basic Analog & Digital I/O sketch (adio.pde) running on the board

Digital Pin 02 is currently UNASSIGNED
Digital Pin 03 is currently UNASSIGNED
Digital Pin 04 is currently UNASSIGNED
Digital Pin 05 is currently UNASSIGNED
Digital Pin 06 is currently UNASSIGNED
Digital Pin 07 is currently UNASSIGNED
Digital Pin 08 is currently UNASSIGNED
Digital Pin 09 is currently UNASSIGNED
Digital Pin 10 is currently UNASSIGNED
```

Figure II.15 : Message après la bonne connexion (Arduino connecté avec succès).

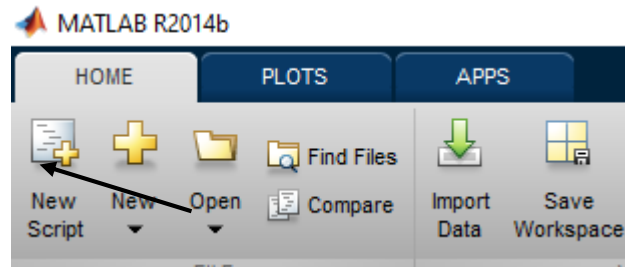
Méthode serial communication entre ARDUINO MATLAB :

Il existe deux façons de configurer la communication série entre MATLAB et Arduino, l'une utilisant la fenêtre de commande et l'autre utilisant l'interface graphique MATLAB. Le code Arduino pour les deux méthodes restera le même.

Méthode 1 : Connexion série à l'aide de la fenêtre de commande MATLAB :[18]

C'est le moyen simple de configurer la communication série entre Arduino et MATLAB. Ici, nous allons simplement envoyer les données de MATLAB à l'Arduino en série à l'aide de la fenêtre de commande, puis l'Arduino lira les données série entrantes. Ensuite, ces données envoyées séquentiellement peuvent être utilisées pour contrôler tout ce qui est connecté à l'Arduino. La méthode est pratiquement la suivante (Exemple)

Tout d'abord, chargez le code Arduino sélectionné dans Arduino UNO, puis commencez à coder dans la fenêtre de l'éditeur MATLAB. Pour ouvrir un nouveau texte d'éditeur, cliquez sur Nouveau texte comme indiqué dans l'image ci-dessous.



Ensuite, nous écrivons le code MATLAB dans la fenêtre de l'éditeur pour la communication série entre MATLAB et Arduino.

```

1 %MATLAB Code for Serial Communication between Arduino and MATLAB
2
3 x=serial('COM3','BAUD', 9600);
4 fopen(x);
5 go = true;
6
7 while go
8
9     a= input('Press 1 to turn ON LED & 0 to turn OFF:');
10    fprintf(x,a);
11
12    if (a == 2)
13        go=false;
14    end
15 end
16
17
18

```

Figure II.16 : Programme de connexion par la méthode Serial.

Dans le code donné, la commande ci-dessous est utilisée pour définir la connexion série dans MATLAB. Assurez-vous que le numéro de port com est le port auquel l'Arduino est connecté et que le débit en bauds doit être identique dans les codes Arduino et MATLAB

x = serial ('COM3', 'BAUD', 9600);

Pour ouvrir le port série, utilisez la commande ci-dessous :

fopen(x);

La commande ci-dessous est utilisée pour envoyer des données de MATLAB à Arduino en série, où x est pour la communication série et la valeur entrée par l'utilisateur.

fprintf(x,a);

Nous avons utilisé la fonction « while » pour créer une boucle infinie et chaque fois que l'utilisateur entre le chiffre "2", la boucle est rompue.

/* Nous avons utilisé un exemple pour expliquer la méthode donc appuyer sur 1 pour allumer la LED et 0 pour l'éteindre.

```

1 %MATLAB Code for Serial Communication between Arduino and MATLAB
2
3 x=serial('COM3','BAUD', 9600);
4 fopen(x);
5 go = true;
6
7 while go
8
9 a= input('Press 1 to turn ON LED & 0 to turn OFF:');
10 fprintf(x,a);
11
12 if (a == 2)
13 go=false;
14 end
15 end
16

```

```

>> Serial
Press 1 to turn ON LED & 0 to turn OFF:0
Press 1 to turn ON LED & 0 to turn OFF:1
Press 1 to turn ON LED & 0 to turn OFF:2
fx >> |

```

Figure II.17 :Script Matlab pour commander une LED.

Méthode 2 communications Serial à l'aide de l'interface graphique MATLAB « Guide » [7]:

1. Lancer MATLAB.
2. Écrire guide de COMMANDE WINDOW. >> *guide*
3. Nous appuyons sur le bouton Entrée.
4. Une fenêtre de suggestion apparaît, pour choisir celui que nous choisissons GUIDE.
5. Après avoir sélectionné GUIDE, une boîte apparaît comme indiqué dans les images suivantes

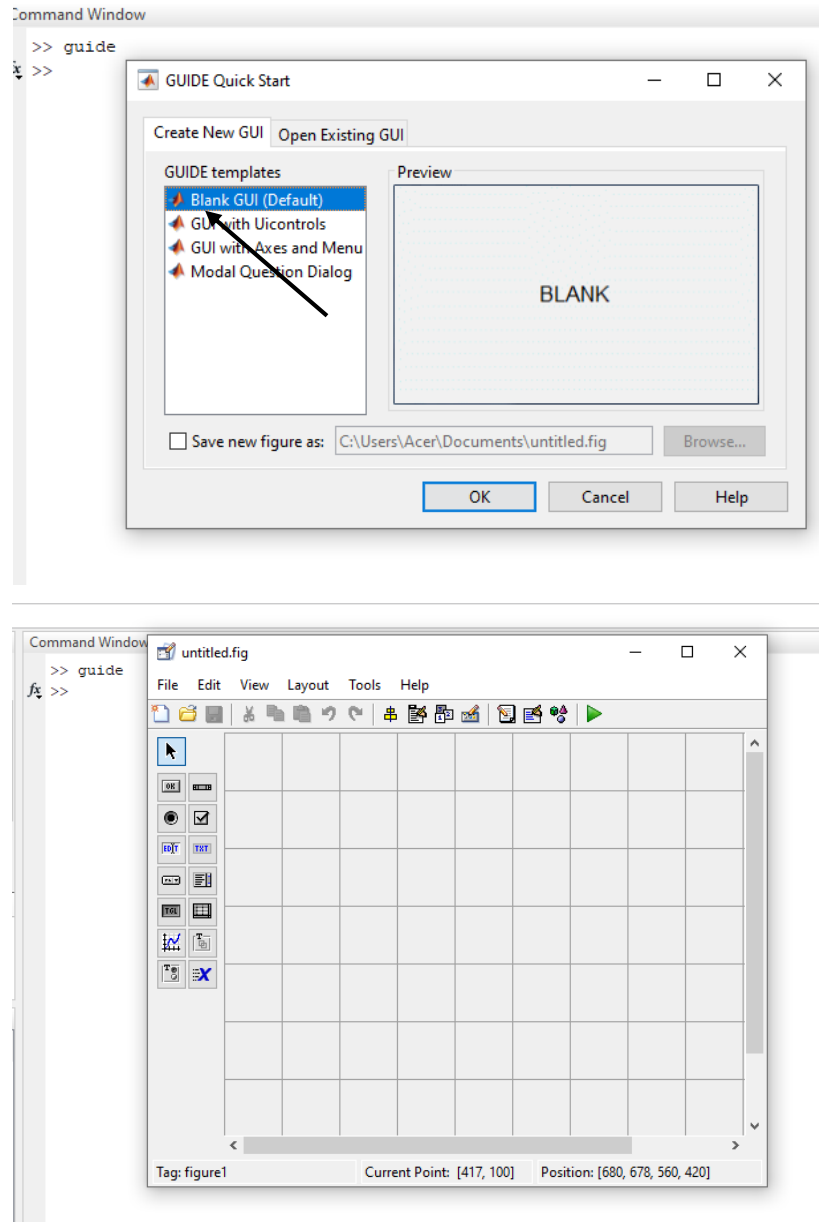


Figure II.18 : Interface guide vide.

II.6 GUIDE avant implémentation :

Dans cette partie, nous avons localisé les fenêtres CAM. Température de l'incubateur, humidité de l'incubateur, température prématurée avec positions de texte et boutons poussoirs pour éteindre et faire fonctionner les systèmes étudiés

L'interface se compose de deux textes (le nom de l'université et du projet) 4 axes ; Axe 1 et Axe 2 pour afficher le logo de l'université ; Axe 4 pour la caméra ; Axe 3 pour la température et l'humidité du milieu.

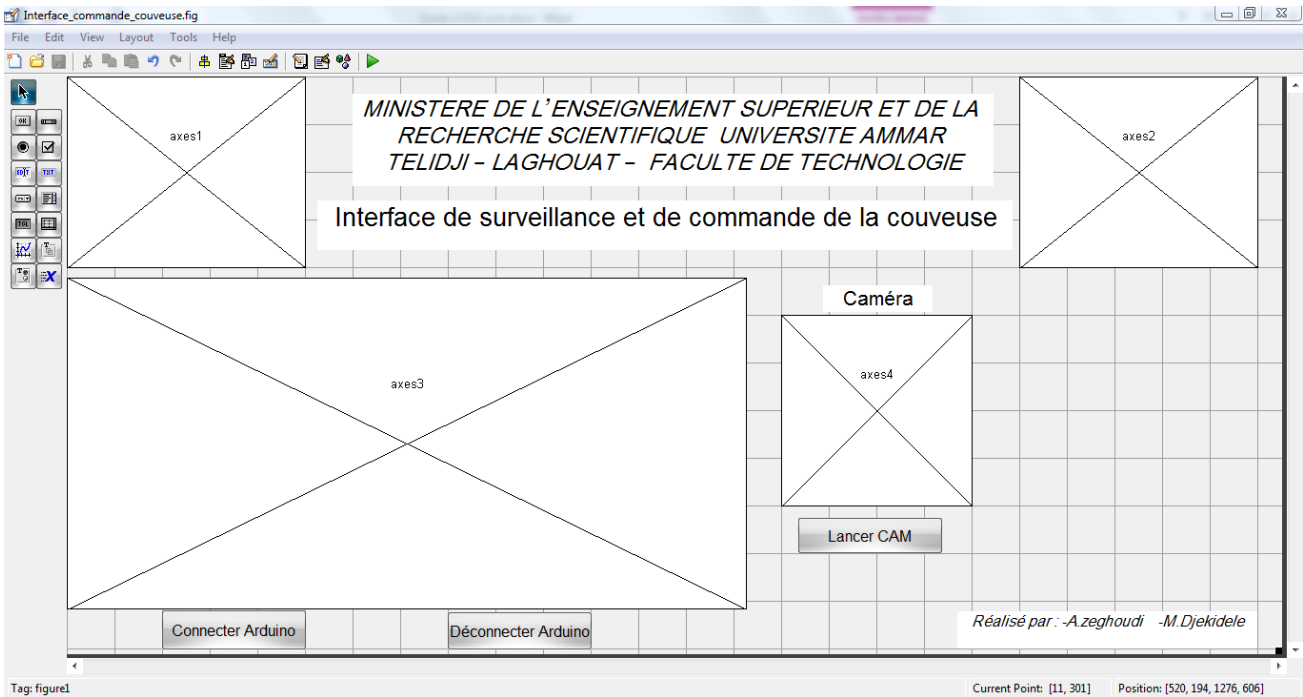


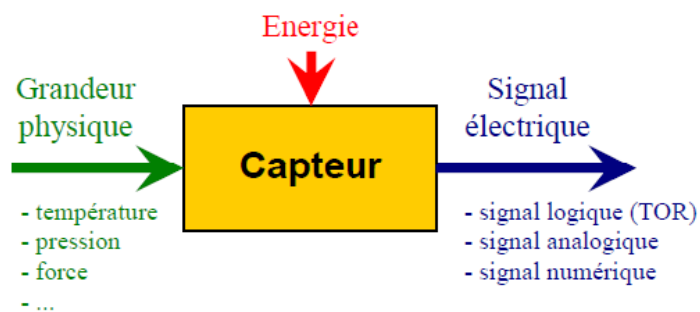
Figure II.19 : L’interface graphique avant l’exécution.

II.7 Matériel utilisé

7.1 Capteur en général :

Un capteur est un composant technique qui détecte un événement physique se rapportant au fonctionnement du système (présence d’une pièce, température, etc.) et traduit cet événement en un signal exploitable par la PC de ce système. Ce signal est généralement électrique sous forme d’un signal basse tension.

Un capteur convertit la grandeur physique à mesurer en une grandeur électrique et traite cette dernière de telle manière à ce que les signaux électriques puissent être facilement transmis et traités en aval. Le capteur peut signaler si un objet est présent ou absent (binaire) ou si une valeur mesurée est atteinte (analogique ou numérique).



d'humidité ainsi que la technologie d'acquisition de signaux numériques, cet article assure une stabilité élevée et excellente à long terme.

Le DHT contient un élément de mesure de type résistance pour la mesure de l'humidité et un élément NTC11 pour la mesure de la température, reliés à un microcontrôleur 8 bits.

Il offre une excellente qualité de mesure, une rapidité de réponse et un coût économique. L'interface série à un fil facilite l'intégration rapide dans un système. De plus, sa très petite taille, sa faible consommation d'énergie et sa capacité à transmettre le signal jusqu'à 20 mètres de distance en font le meilleur choix pour une variété d'applications, y compris la nôtre[3].

Application et fonctionnement :

Le composant se connecte directement au microcontrôleur (à la carte Arduino), Le schéma suivant montre le branchement du DHT11 avec un microcontrôleur :

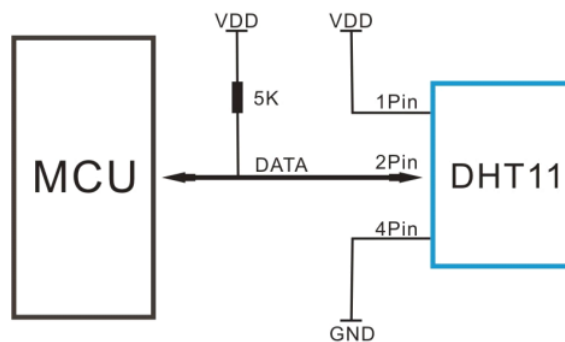


Figure II.22 : Câblage d'un capteur DHT11 avec microcontrôleur.

Puisque l'ARDUINO inclut des sorties d'alimentation, la connexion de ce dernier avec le capteur utilisé révèle encore plus facile, dans ce cas, il suffit de brancher les pins de 5V et de VSS ainsi que le pin du data avec les sortie correspondants sur la carte comme le montre la figure suivante :

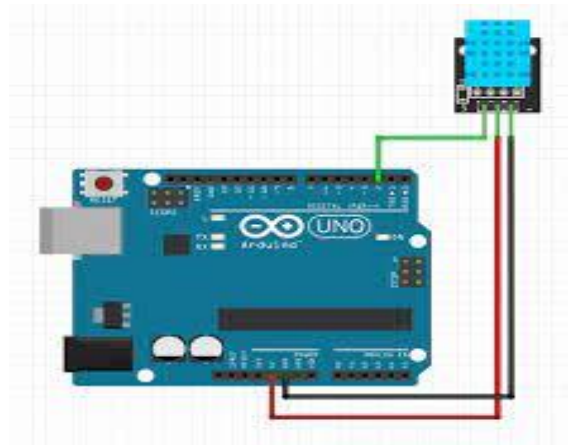


Figure II.23: Montage ARDUINO et DHT 11.

Caractéristiques du capteur DHT11 :

Dans le tableau ci-dessous, nous mentionnons quelques-unes des caractéristiques de capteur DHT11 :

Alimentation	3,5v à 5v
Consommation de courant	2,5 mA
Signal de sortie	numérique
Plage de température	0 ° C à 50 ° C
erreur de mesure de température	± 2 ° C
Précision pour mesurer la température	25 ° C d'une variation d'environ 2 ° C
L'humidité peut mesurer	20% HR à 90% HR
erreur de mesure de l'humidité	+ -5%
Poids	8g

Tableau II.3 : Caractéristiques de capteur DHT11.

Précisément pour une humidité de 5% HR pour des températures comprises entre 0 et 50 ° C [19].

7.4 Carte ARDUINO UNO [7]:

Définition de carte ARDUINO UNO

ARDUINO est une carte électronique open source OPEN HARDWARE pour développer de nombreuses idées et projets liés au contrôle automatique de manière simple et simple en utilisant le langage de programmation open source ARDUINO C et le contrôleur est programmé sur la carte à l'aide du programme ARDUINO IDE (environnement de développement intégré)

Nous voulons dire qu'il est open source que les codes d'ingénierie et les codes source peuvent être consultés et modifiés pour chacune des cartes IDE ARDUINO pour vous convenir et vous pouvez également développer le langage de programmation ARDUINO C complètement librement et voir ses codes source car toutes ces fonctionnalités et logiciels sont entièrement gratuits, similaires à certains environnements de développement comme MIKRO C .

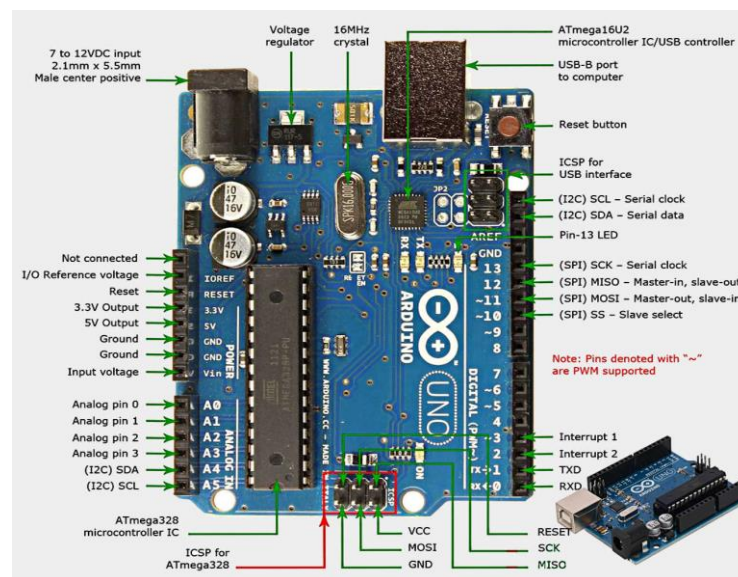


Figure II.24 : La composition du ARDUINO .

Caractéristiques de la carte Arduino UNO:

La carte Arduino se distingue des autres cartes de développement des autres microcontrôleurs MICRO CONTROLLEURS DEVELOPMENT BOARDS par sa facilité de manipulation et la simplicité du langage de programmation qu'une équipe italienne a développé depuis 2005 jusqu'à maintenant.

Arduino est au-dessus des microcontrôleurs et est une possibilité de l'intégrer dans des projets programmés dans des langages d'ingénierie avancés tels que MATLAB et JAVA.

Microcontrôleur	Atmega328
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandée)	7-12V
Tension d'entrée (limites)	6-20V
Courant CC par broche d'E / S	40mA
Courant CC pour broche 3,3 V	50mA
mémoire flash	32KB
vitesse de l'horloge	16MHz
lecture numérique	(2_19)
écriture numérique	(2_19)
écriture analogique [PMW]	(3, 5, 6, 9, 10,11)
lecture analogique	(A0_A5)

Tableau II.4 : Caractéristiques de la carte Arduino UNO.

Aliments

Le microcontrôleur que l'on trouve généralement sur les cartes Arduino est alimenté en 5V. Selon le modèle de la carte, cette tension peut être fournie de deux manières :

Via l'une des prises de courant de la carte.

Via la prise USB servant à le connecter à un ordinateur

. La valeur de la tension à fournir à l'une des prises de courant doit être comprise entre 7 et 12 volts, mais cette tension n'a pas besoin d'être stabilisée du fait de la présence d'un régulateur de tension sur la carte. Connectez la branche positive de son alimentation à cette broche, comme vous le feriez pour une batterie, et la branche négative à la broche GND [15]

Horloge :

L'horloge détermine la fréquence ou la rapidité avec laquelle les instructions seront exécutées par le microcontrôleur. Cette vitesse peut varier d'un contrôleur à l'autre et s'exprime en Hertz (Hz). Si les PC et les Mac peuvent atteindre des fréquences de plusieurs gigahertz, la fréquence est beaucoup plus faible pour les microcontrôleurs, avec des fréquences de quelques mégahertz seulement. Cette fréquence est déterminée par un oscillateur à quartz ou un résonateur céramique.

Réinitialiser :

La réinitialisation est une fonction physique qui permet au microcontrôleur de réinitialiser son état. Le microcontrôleur exécute en fait les instructions dans sa mémoire de façon infiniment périodique. Ainsi il n'est pas rare, notamment lors de la conception de son circuit, et est illimité. Il n'est donc pas rare, notamment lors de la conception de son circuit, que le programme rencontre une erreur qui entrave le bon déroulement du programme.

Mémoire :

Les microcontrôleurs ATmega dont sont équipées la plupart des cartes Arduino contiennent trois types de mémoire : mémoire flash, SRAM (mémoire vive fixe) et EEPROM (mémoire morte électronique effaçable et programmable).

Ces avantages

- Faible coût
- La nature de la programmation est claire et simple.
- Multiplateforme : Fonctionne sous Windows,....
- Plusieurs bibliothèques disponibles avec différentes implémentations de fonctions.
- Les logiciels et le matériel sont open source et extensibles.
- De nombreux conseils, tutoriels et exemples en ligne
- La présence d'un « shield » : ce sont des cartes supplémentaires qui se connectent au module Arduino pour multiplier les possibilités telles que : affichage graphique couleur, interface ethernet, GPS, etc...

De par sa simplicité d'utilisation, Arduino est utilisé dans de nombreuses applications telles que l'électronique industrielle et d'intérieur, le modélisme et la domotique, mais aussi dans divers domaines comme l'art contemporain ou le divertissement.

7.5 Le support des capteurs (Blindage – TinkerKit Sensor Shield V.2) :

Le Sensor Shield v.2 vous permet de connecter les capteurs et actionneurs directement à l'Arduino, sans utiliser la planche à pain. Il dispose de 12 connecteurs TinkeKit standard à 3 broches. Les 6 étiquetés I0 à I5 sont des entrées analogiques. Celles étiquetées O0 à O5 sont des sorties analogiques connectées aux sorties compatibles PWM de la carte Arduino (il est possible de les changer en entrées numériques, auquel cas elles signaleront soit HIGH soit LOW, mais rien entre les deux).

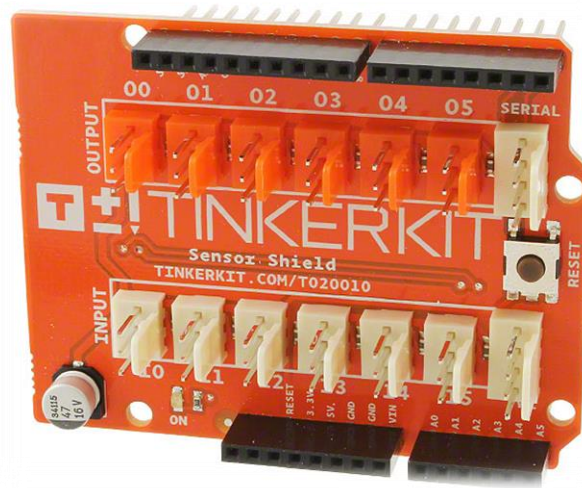


Figure II.25: Shield sensor.

Sur une carte Arduino DuemilaNove standard, les broches sont :

- La broche 11 sur l'Arduino est O0 sur le blindage.
- La broche 10 sur l'Arduino est O1 sur le blindage.
- La broche 9 sur l'Arduino est O2 sur le blindage.
- La broche 6 sur l'Arduino est O3 sur le blindage.
- La broche 5 sur l'Arduino est O4 sur le blindage.
- La broche 3 sur l'Arduino est O5 sur le blindage.

Description du module : Une LED verte signale que le shield est correctement alimenté, un bouton poussoir standard de 6mm permet de RESET la carte.

La prise TWI 4 broches permet la communication avec tout appareil prenant en charge le protocole I2C via la bibliothèque Wire sur Arduino. 5V et Ground sont fournis sur la prise. Notez que sur Arduino, le bus I2C utilise les entrées analogiques 4 et 5, l'utilisation de la connexion TWI empêche l'utilisation de ces entrées analogiques.

La prise SERIAL 4 broches permet à la carte de communiquer avec d'autres appareils prenant en charge la communication série. 5V et Ground sont fournis sur la prise pour votre commodité.

Remarque : Si vous envoyez ou recevez des données vers et depuis l'ordinateur, ce connecteur série n'est pas disponible.

Deux trous de montage sont fournis dans la même position trouvée sur la carte Arduino. Un troisième trou permet de voir la led reliée à la broche 13 de l'Arduino.

7.6 Définition de relais :

Un relais est un appareil dans lequel un phénomène électrique (courant ou tension) commande l'allumage/extinction d'un élément mécanique ou d'un élément électronique.

C'est en quelque sorte un interrupteur qui peut être actionné à distance, de sorte que la fonction de coupe est séparée de la fonction de commande. La tension et le courant de commande (la partie "commande"), ainsi que la puissance de commutation (la partie "puissance"), selon le relais. Ces paramètres doivent être sélectionnés en fonction de l'application requise

Un relais est un interrupteur électrique qui vous permet de contrôler un deuxième circuit qui utilise généralement une tension et un courant beaucoup plus élevés que ce que l'ARDUINO peut accepter (par exemple, allumer/éteindre une ampoule de 220 volts). Il n'y a pas de connexion entre le circuit basse tension de l'ARDUINO et le circuit haute tension.

Le relais est un simple mécanisme d'interrupteur marche/arrêt : il se ferme lorsque l'entrée est de 12 V et s'ouvre lorsque l'entrée est de 0 V. Il sera donc contrôlé à partir de la fonction digital Write () dans l'environnement de programmation ARDUINO.

L'unité fournit trois connexions COM, NC et NO. NC signifie "NORMALEMENT FERMÉ". Cela signifie que lorsque le relais n'a pas de signal d'entrée (valeur faible dans digital Write ()), le circuit haute tension connecté sera actif. Par contre, si vous appliquez une tension de 12V au relais, le circuit secondaire sera coupé. Cela ne signifie pas "ouvrir normalement". Cela signifie qu'au contraire la valeur de 12V appliquée au relais (valeur haute en écriture numérique ()) va couper le circuit haute tension et inversement.

Pour remplacer un interrupteur classique par le module, la procédure est simple : retirez l'interrupteur et connectez les fils aux entrées COM et NO. Ainsi, lorsque le relais est activé par écriture numérique, le courant circule dans l'appareil que vous souhaitez contrôler [20].

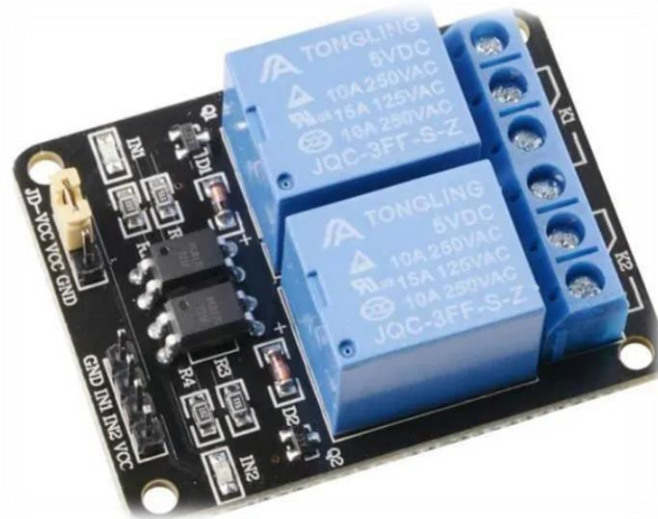


Figure II.26: Relais à deux canaux.

7.7 Caractéristique de Buzzer :

Dans le tableau ci-dessous, nous mentionnons quelques-unes des caractéristiques de Buzzer [21] :

Tension nominale	12 VCC
Tension de fonctionnement	3~28 Vcc
Consommation de courant	≤15 mA
Distance de test	10 cm
SPL	≥90 dB à 10 cm
Fréquence de résonance	3400±500 Hz
Son	continue
Température de fonctionnement	-20 ~ +70 °C
Température de stockage	-30 ~ +80 °C
Poids	3,5g

Tableau II.5 : Caractéristique de Buzzer.

7.8 Ventilateur :

Lorsque le ventilateur est mentionné, le concept est particulier, il s'agit d'un moteur à courant continu, défini comme suit :

Un moteur à courant continu est constitué d'un circuit magnétique comprenant une partie fixe appelée stator, une partie tournante appelée rotor et un entrefer qui est l'espace entre les deux parties : l'inductance (stator) crée les champs tournants par une bobine. Le circuit électrique induit (rotor) est soumis aux effets de ce champ magnétique. Le collecteur et les balais donnent accès au circuit du rotor.

Lorsque la bobine d'une inductance de moteur est alimentée en courant continu, sur le même principe qu'un moteur à aimants permanents (comme sur la figure ci-dessous), elle crée un champ magnétique (flux d'excitation) dans le sens nord-sud. Un vortex capable de tourner est placé sur l'axe de rotation dans le champ magnétique. De plus, chacun des deux conducteurs qui composent le coude est relié électriquement à un demi collecteur et alimenté en courant continu par deux balais d'essuie-glace. Selon la loi de Laplace (c'est-à-dire qu'un conducteur traversé par un courant et placé dans un champ magnétique est soumis à une force), les conducteurs du moteur placés de part et d'autre de l'axe des balais (la ligne neutre) sont soumis à des forces égales F mais en sens opposés en créant un couple moteur : le moteur se met à tourner.

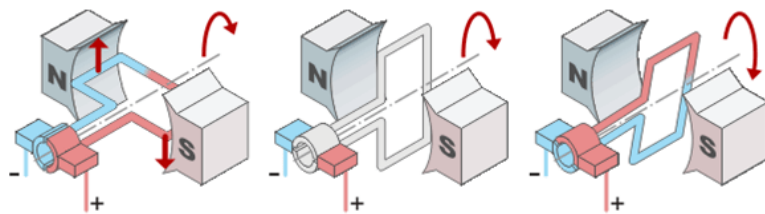


Figure II.27 : Fonctionnement d'un moteur à courant continu.

Les avantages et inconvénients du moteur à courant continu sont listés ci-dessous : accompagné d'un moteur électronique à vitesse variable, il possède une large plage de variation (1-100% de la plage), une régulation précise du couple, et son indépendance de la fréquence du réseau en fait un moteur avec un large domaine d'application, peu performant par rapport à la machine non motorisée Synchrones, gros investissement et maintenance coûteuse (entretien du collecteur et des balais)[22].

Le ventilateur et son circuit associé :

Aussi appelé système d'aération, son rôle est d'injecter un flux d'air dans l'incubateur. Sa fonction est similaire à celle d'un générateur de tension ou de courant dans un circuit électrique. Cette unité composée d'un moteur de ventilateur à courant continu et d'un relais électromécanique sert à ouvrir ou fermer un circuit électrique d'alimentation d'une commande

donnée par un contrôleur. Dans notre cas, le module relais sert uniquement à ouvrir ou fermer l'alimentation 5V du ventilateur. Le module relais est contrôlé par la sortie numérique 2 de l'Arduino [13].

Le schéma électrique et de montage d'un tel système est représenté sur la Figure ci-dessous :

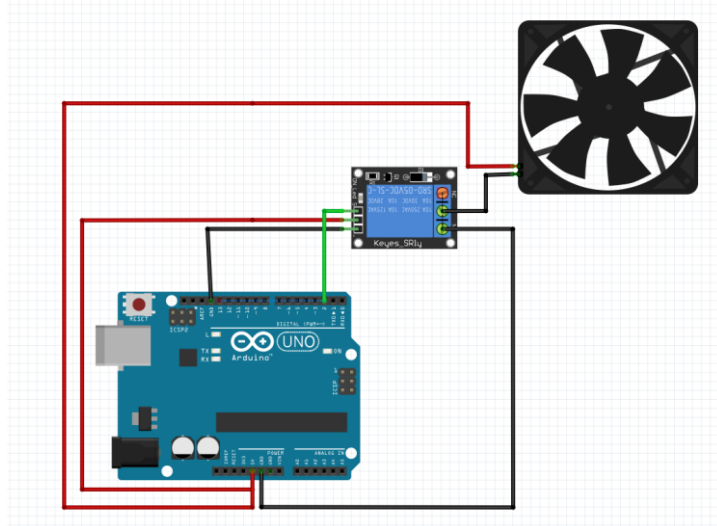
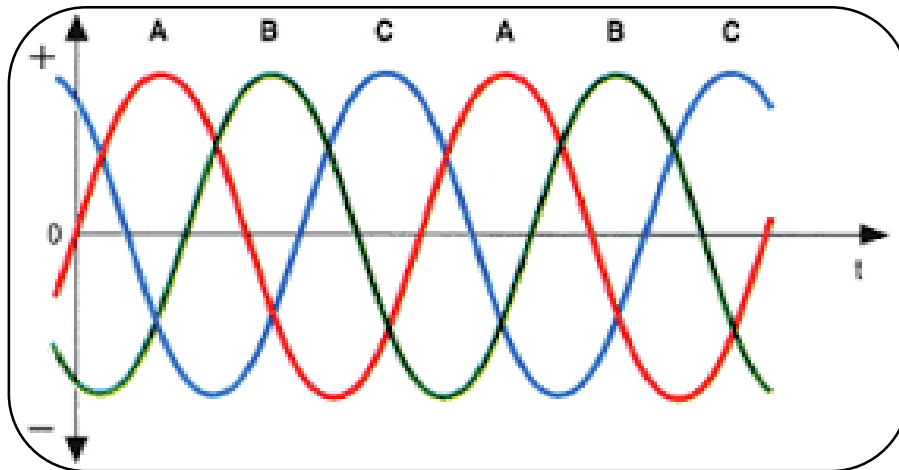


Figure II.28: Câblage ventilateur avec microcontrôleur ARDOUINO UNO.

II.8 Conclusion :

Après avoir fourni un aperçu technique général des systèmes d'incubateur, il a été abordé pour fournir des appareils électroniques et des machines qui contribuent à la construction du projet d'étude, tels que des capteurs de température et d'humidité. Ce chapitre contribue en grande partie à l'explication du chapitre suivant, qui se caractérise par la présentation de l'aspect application.



Chapitre 3

Tests et résultats

III.1 Introduction :

Partant du dernier chapitre dans lequel nous avons discuté des définitions et du mode de fonctionnement des composants électroniques qui composent l'incubateur, nous passons au dernier chapitre de l'étude, dans lequel la méthode PWM est discutée. Et le lien entre les éléments, leur test un par un pour arriver au résultat souhaité, les tests ont été menés dans des conditions climatiques moyennes et leurs résultats ont été repris du court au long terme avec une discussion des résultats.

III.2 Le système développé

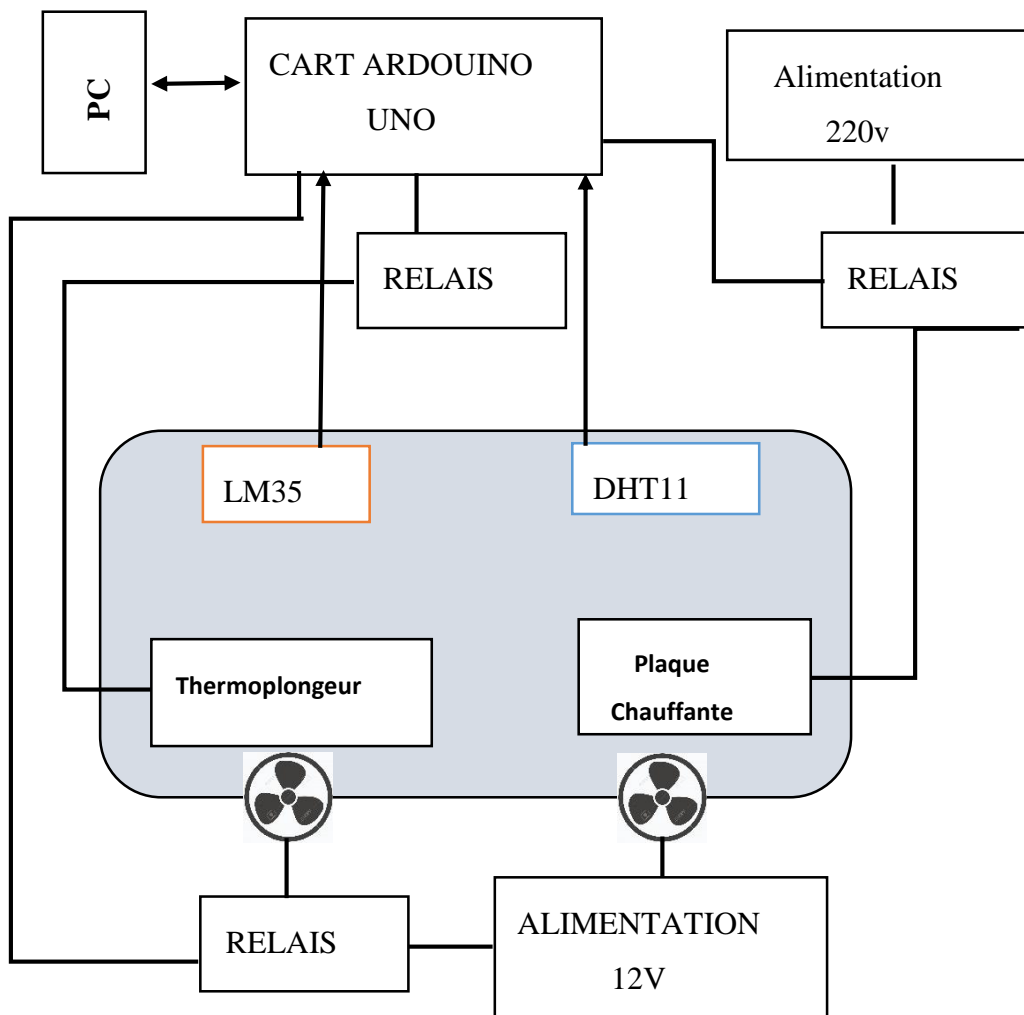


Figure III.1: Schéma synoptique de notre prototype.

La figure ci-dessus représente un diagramme schématique du travail effectué de sorte que :

Le microcontrôleur Arduino est connecté avec l'ordinateur via un câble USB, et les relais qui contrôlent la plaque chauffante et le thermoplongeur sont connectés comme suit :

La troisième sortie (**PIN 3**) : Elle est reliée au premier relais, qui commande la résistance chauffante, qui est alimentée en 220 volts.

Cinquième sortie (**PIN 5**) : connectée au deuxième étage qui contrôle le thermoplongeur pour l'humidification de la couveuse répondant aux conditions médicales.

La dixième sortie (**PIN 10**) : Elle est reliée au premier ventilateur pour distribuer la chaleur et changer l'air à l'intérieur de l'incubateur.

La onzième sortie (**PIN11**): Elle est reliée au deuxième ventilateur pour répartir la teneur en humidité, et il travaille en parallèle avec le thermoplongeur.

III.3 Test de température et humidité de la couveuse

Dans cette partie nous avons essayé de faire des tests d'humidification et de température différente pour bien comprendre la distribution de l'air à l'intérieur de la couveuse ; les tests suivants se divisent en deux types (humidité et température) et chaque type comporte plusieurs parties.

3.1 Test de température 1

Ce test a été réalisé à l'aide du capteur LM35 connecté au microcontrôleur Arduino et de la plaque chauffante comme le montre la figure ci-dessous, la courbe d'évaluation de température a été affichée sur l'ordinateur (logiciel Matlab), dans des conditions climatiques de 25°C, selon le site météorologique, correspondant au 27 avril 2022 [23].

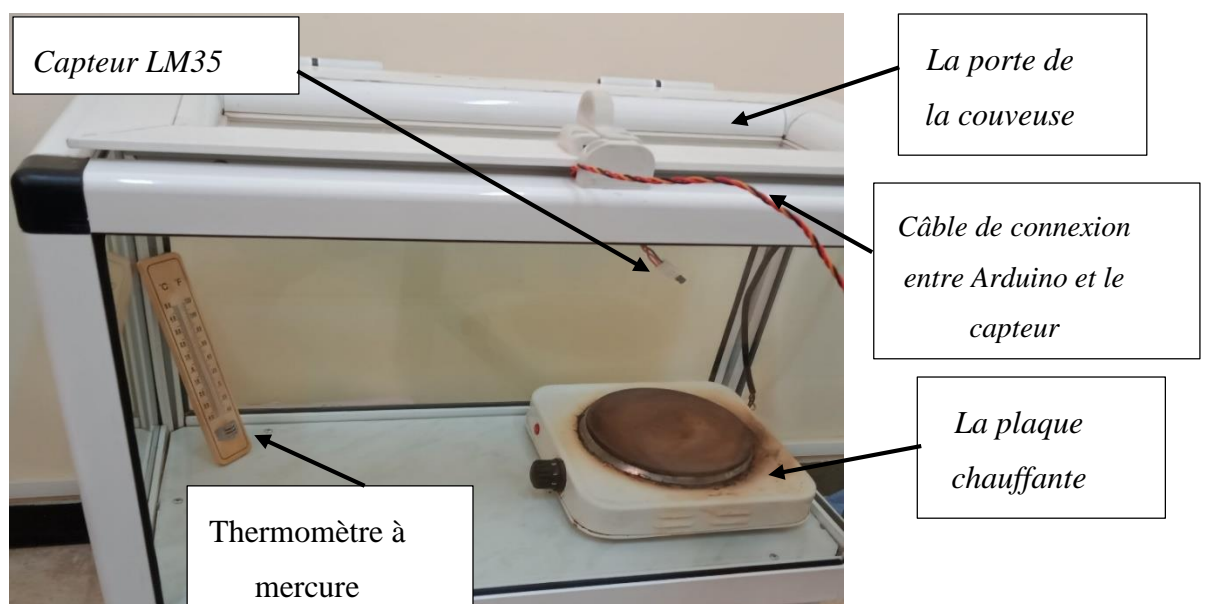


Figure III.2 : Montage du test de température à l'aide de capteur LM35.

La figure suivante montre la courbe d'évaluation de température au niveau de la couveuse.

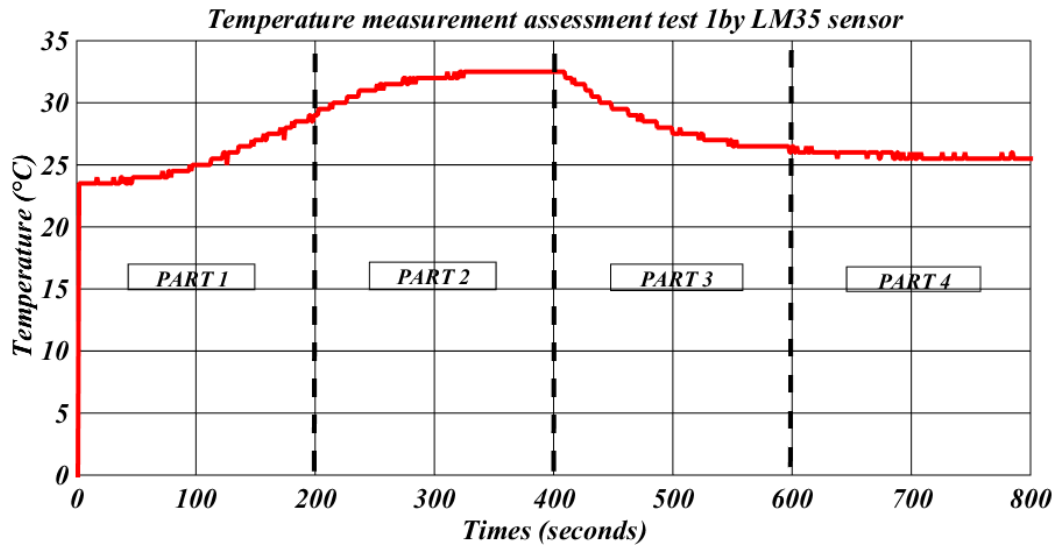


Figure III.3 : Courbe de test 1 de température à l'aide de capteur LM35.

Le tableau suivant résume les quatre parties d'évaluation de température au niveau de la couveuse avec la situation de la plaque chauffante (On/Off) et la porte de la couveuse (fermée/ouverte) :

Partie (temps)	La résistance chauffante	La porte de la couveuse
Partie 1 [00 sec -200sec]	On	fermée
Partie 2 [200 sec -400sec]	Off	fermée
Partie 3 [400 sec -600sec]	Off	Ouverte
Partie 4 [600 sec -800sec]	On	Ouverte

Tableau III.1 : Descriptif de segmentation de courbe du test1 de température

D'après la courbe de la figure III.3 et le tableau III.1, on note que l'évaluation de ce test est divisée en quatre parties, où l'on note

Partie 1 :

A l'instante $t=0\text{sec}$ la courbe monte à environ $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ et cela est dû au fait que le capteur est allumé à ce moment-là, la valeur étant la température ambiante. Par la suite, une

augmentation progressive des valeurs de température a été enregistrée grâce au fonctionnement de la plaque chauffante jusqu'à 29°C avec la porte de l'incubateur fermée.

Partie 2 :

Malgré la plaque chauffante n'est pas alimenté , une augmentation de la température est observée jusqu'à ce qu'elle atteigne $32,5^{\circ}\text{C}$ à un moment de **329 sec** pour se stabiliser pendant un certain temps .La porte de l'incubateur est fermée, ce qui signifie qu'il n'y a pas d'influence extérieure sur la température de l'incubateur.

Partie 3 :

La porte de l'incubateur s'ouvre au bout de **400 sec**, pour constater une diminution de la température de $32,5^{\circ}\text{C}$ à $26,5^{\circ}\text{C}$, alors que la résistance chauffante ne fonctionne pas, ce qui signifie qu'une perte de chaleur s'est produite vers le milieu extérieur.

Partie 4 :

En gardant la porte de l'incubateur ouverte et en actionnant la plaque chauffante, on constate que la température mesurée est constante dans sa valeur comprise entre $25,5^{\circ}\text{C}$ et 26°C Ceci est lié à l'échange de chaleur entre l'incubateur et le milieu extérieur.

3.2 Test de température 2 :

Le deuxième test a été réalisé immédiatement après le premier test, afin de suivre l'effet de la température à l'intérieur de l'incubateur, il a été réalisé dans les mêmes conditions climatiques que le premier test, ainsi que le jour.

Le deuxième test est considéré comme une continuation du premier test, ce qui explique une valeur initiale au début du test, qui a été estimée à environ 29°C .

La figure suivante montre l'évaluation de température au niveau de la couveuse, selon la figure III.4 le test se divise en deux parties comme suite :

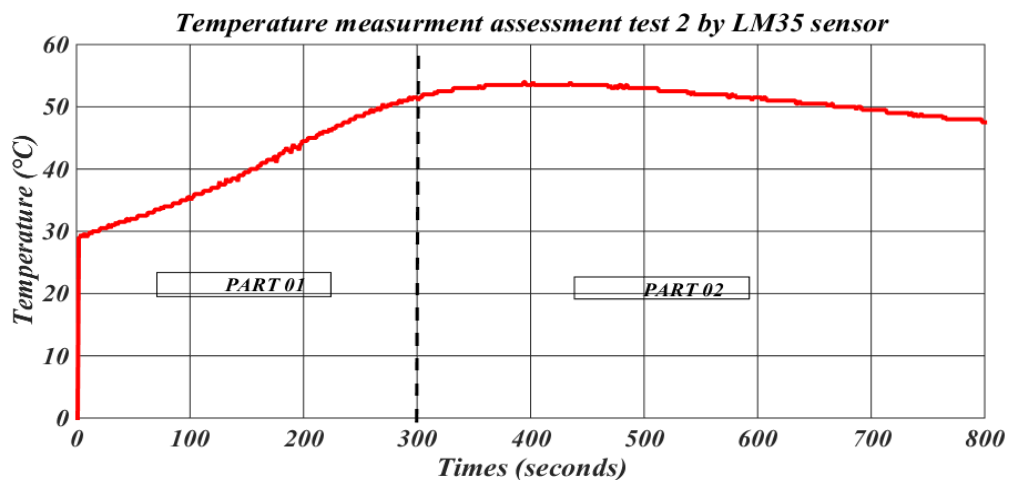


Figure III.4 : Courbe test 2 de température à l'aide capteur LM35.

Interprétations des résultats :

Le tableau suivant résume les deux parties d'évaluation de température au niveau de la couveuse avec la situation de la plaque chauffante (On/Off) et la porte de la couveuse (Fermée) :

Partie (temps)	La résistance chauffante	La porte de la couveuse
Partie 01 [00 sec – 300sec]	On	fermée
Partie 02 [300 sec -800sec]	Off	Ouverte

Tableau III.2 : Descriptif de segmentation de courbe test 2 de température

Compte tenu de l'enchaînement entre le premier et le deuxième test, on note que le test se divise en deux parties comme suite :

Partie 01 :

Au point initial, la température a pris une valeur de **29 °C**, cela est dû au test précédent et à la continuité de la résistance chauffante dans la diffusion de l'énergie thermique avec la porte de l'incubateur fermée.

Il continue également à mesurer des valeurs dans l'ordre croissant jusqu'à **51,5°C** en un temps de **300 sec**.

Ce qui prouve que l'énergie thermique issue de la résistance chauffante continuait à circuler à l'intérieur de l'incubateur et qu'aucune perte de chaleur n'était observée.

Partie 02 :

Au moment de **300 sec**, ce qui correspond à **51,5 °C** de température, la porte de l'incubateur a été ouverte. Il a été noté que les valeurs mesurées de la température ont augmenté de deux degrés et sont restées constantes pendant un certain temps, pour revenir à diminuer en temps **487sec** ; jusqu'à ce que la température atteigne **48°C** à la fin du test . Cette diminution est attribuée à l'arrêt de la résistance chauffante et à l'ouverture de la porte au fait que l'énergie thermique a été échangée avec le milieu extérieur.

3.3 Test de température 3 :

Le troisième test a été réalisé dans des conditions climatiques estimées à **25 °C**, selon le site météorologique du 08 avril 2022.

Ce test est réalisé par un relais ; des ventilateurs à moteur à courant continu de 12 v et un capteur de température LM35 ; ces composants connecter à microcontrôleur ARDUINO UNO.

La régulation de température à environ 37°C par la méthode MLI. La figure suivant montre le montage :

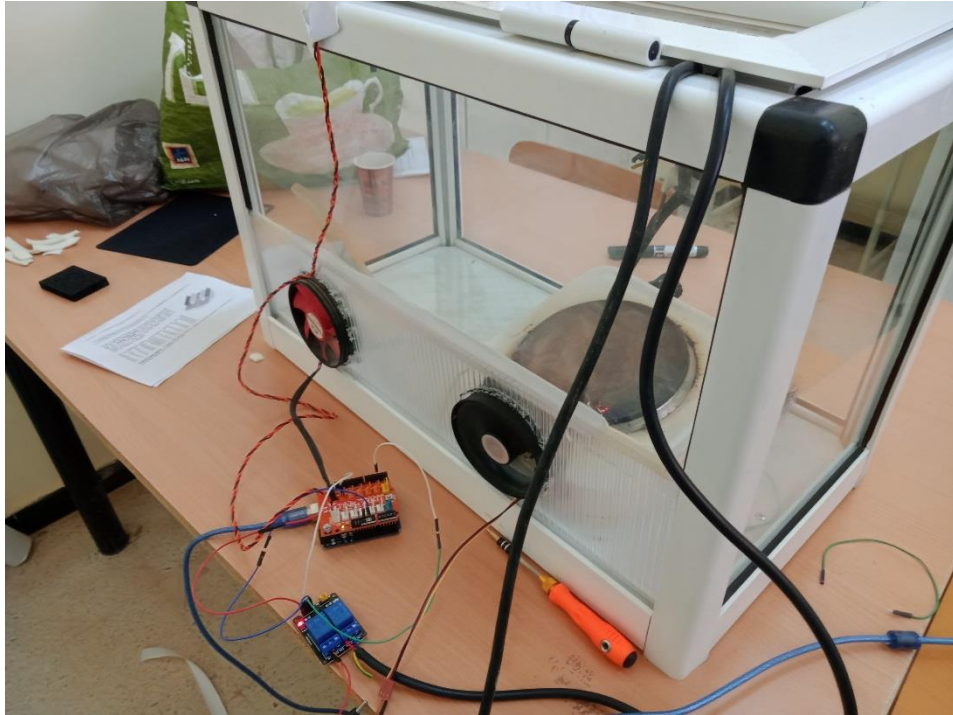


Figure III.5 : Montage de la couveuse durant le test de température 3

La figure suivante montre la courbe de régulation de température au niveau de la couveuse par méthode PWM.

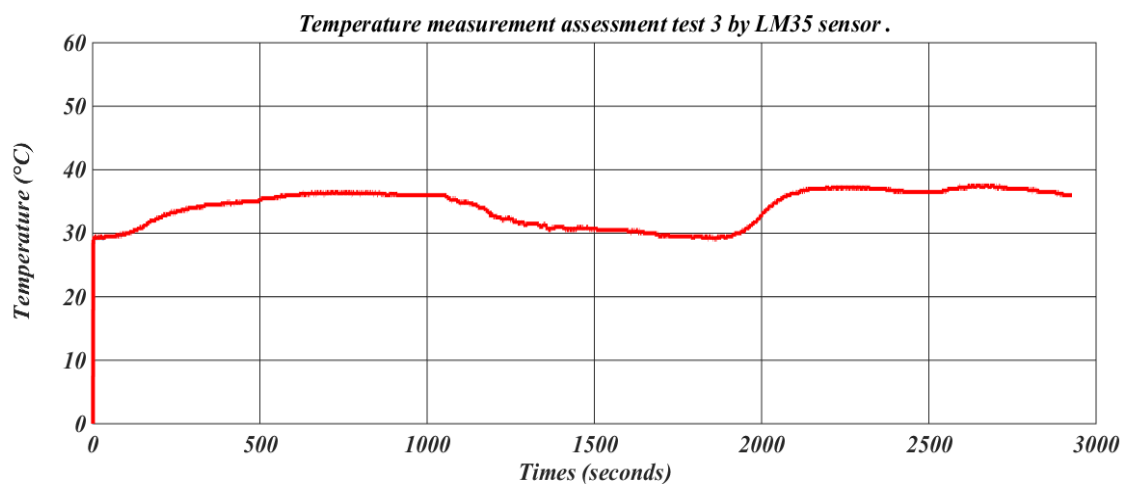


Figure III.6 : Courbe de test de température 3 par le capteur LM35.

D'après ces résultats de test de température **3** on note que la température de la couveuse est entre **30°C** et **38°C**.

3.4 Test de température 4

La figure suivante illustre la courbe de température avec le signal de commande, ce signal est généré à partir d'un script Matlab basée sur la structure répétitive **For** et conditionnelle **If**, le signal de commande nous a permis de fonctionner et d'arrêter la plaque chauffante à travers le relais.

La durée de ce test égale 6000 secondes (01h40min).

La commande tout ou rien

Il s'agit d'une technique de création de signaux qui permet de contrôler de l'analogique avec des sorties numériques d'un microcontrôleur. La commande en PWM consiste en une **succession rapide de signaux numériques**. Ce peuvent être par exemple des signaux tout ou rien, c'est-à-dire alternant sans transition entre une valeur minimale fixe A (extinction) et une valeur maximale fixe B (allumage). Si la fréquence choisie est suffisamment rapide, le résultat de cette alternance d'allumage/extinction se fond dans une valeur moyenne. En fonction de la durée des signaux A en proportion des signaux B, la **moyenne** obtenue donne un grand nombre de valeurs intermédiaires (le protocole choisi pour la commande détermine ce nombre).

Dans notre cas, les circuits ou appareils analogiques concernés sont des actionneurs comme le thermoplongeur et la plaque chauffante.

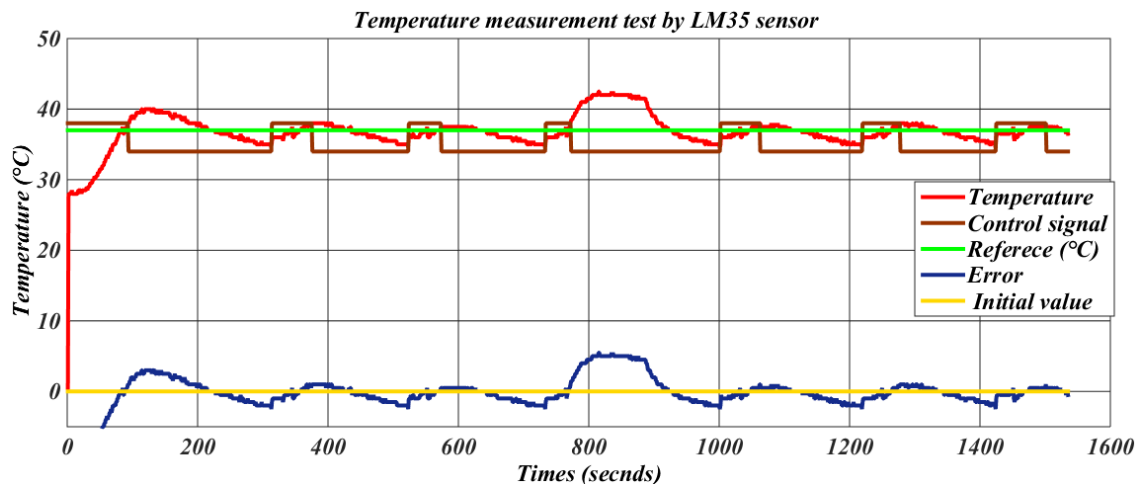


Figure III.7 : Courbe de test température avec l'erreur et signale de commande.

Interprétation

Dans cette partie, nous avons utilisé la plaque chauffante pour produire de la chaleur à l'intérieur de l'incubateur ; Un ventilateur est utilisé pour une distribution et une circulation uniforme de la chaleur et de l'air à l'intérieur de l'incubateur, le contrôle de la plaque chauffante

est basé sur la structure conditionnelle développée au niveau Matlab. Une connexion de type série a été développée via un câble USB.

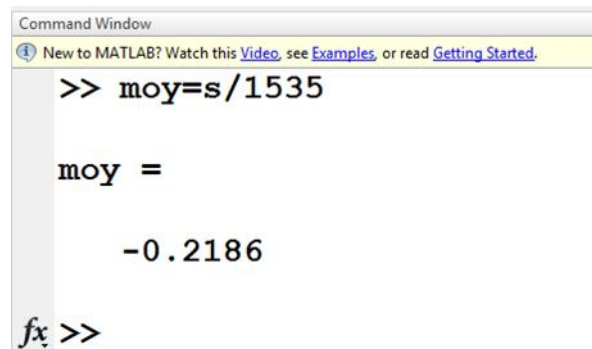
La courbe en rouge montre l'évolution de la température mesurée par le capteur LM35, et on constate que la courbe suit une forme sinusoïdale (croissante et décroissante), et on constate qu'il y a une montée très rapide après mise en marche d'une résistance ; Une baisse lente et décroissante est observée après l'arrêt

La courbe en marron montre le signal de contrôle généré par la structure conditionnelle (Script Matlab), et on remarque que ce signal est un ensemble d'impulsions (train d'impulsions). Lorsque le signal est à un niveau haut, le relais qui commande la résistance est allumé et par contre si le signal est à un niveau bas, le relais de la plaque chauffante est au repos.

La valeur de température moyenne pour ce test est égale à **36,7814** ; Il est facile d'améliorer et d'augmenter cette valeur immédiatement après avoir ajusté le seuil (structure conditionnelle).

La courbe représentée en vert montre la valeur optimale de la température donnée à **37°C**

La courbe en bas de la figure en bleu, elle représente l'erreur entre la valeur optimale et la valeur de température mesurée par le capteur de température, l'erreur moyenne de mesure égale **-0,2186** comme le montre l'image ci-dessous.



```
Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Examples, or read Getting Started.
>> moy=s/1535
moy =
-0.2186
fx >>
```

Figure III8 : La valeur d'erreur moyenne calculée au niveau de la fenêtre de commande Matlab.

3.5 Test humidité 1 :

Après les tests et les résultats précédentes on passe à d'autre paramètre n'est pas moins important que de mesurer la température c'est la mesure d'humidité au niveau de la couveuse ;

la figure suivante illustre le montage expérimentale pour avoir l'évaluation de température à l'intérieur de l'incubateur.

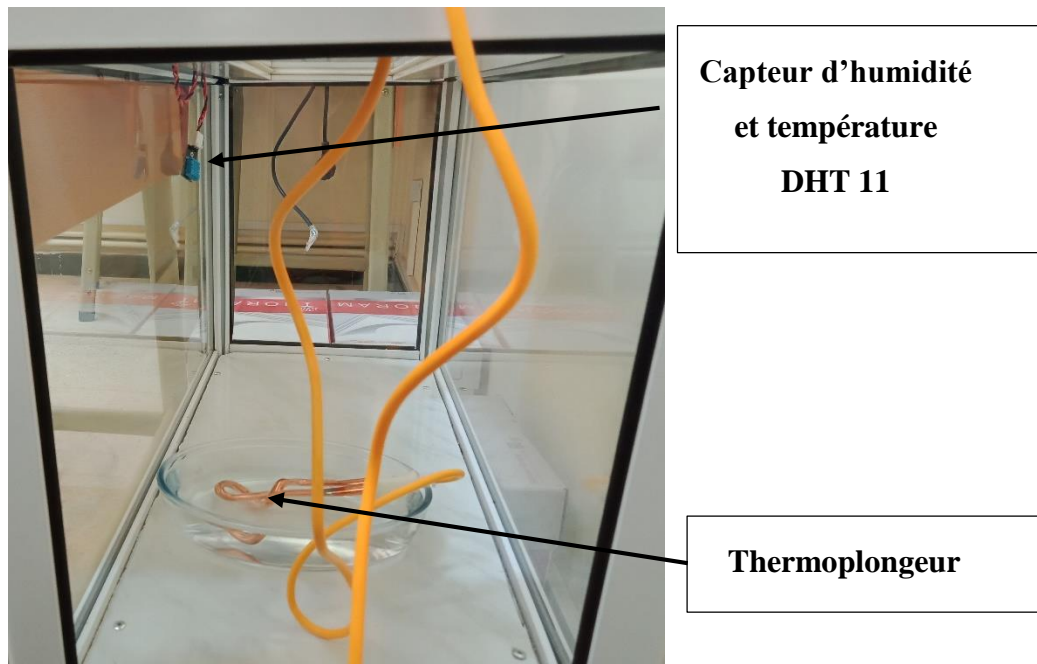


Figure III.9 : Montage de test d'humidité à l'aide de capteur DHT11.

Pour tester l'évaluation de la température et de l'humidité ambiantes dans l'incubateur, nous avons besoin du capteur DHT11 connecté à la carte Arduino . Où il a été testé dans des conditions climatiques de **65%** d'humidité et **22 °C** pour la journée de **05/08/2022 à 09h00**.

La figure suivante illustre les résultats de test obtenu au niveau de Matlab :

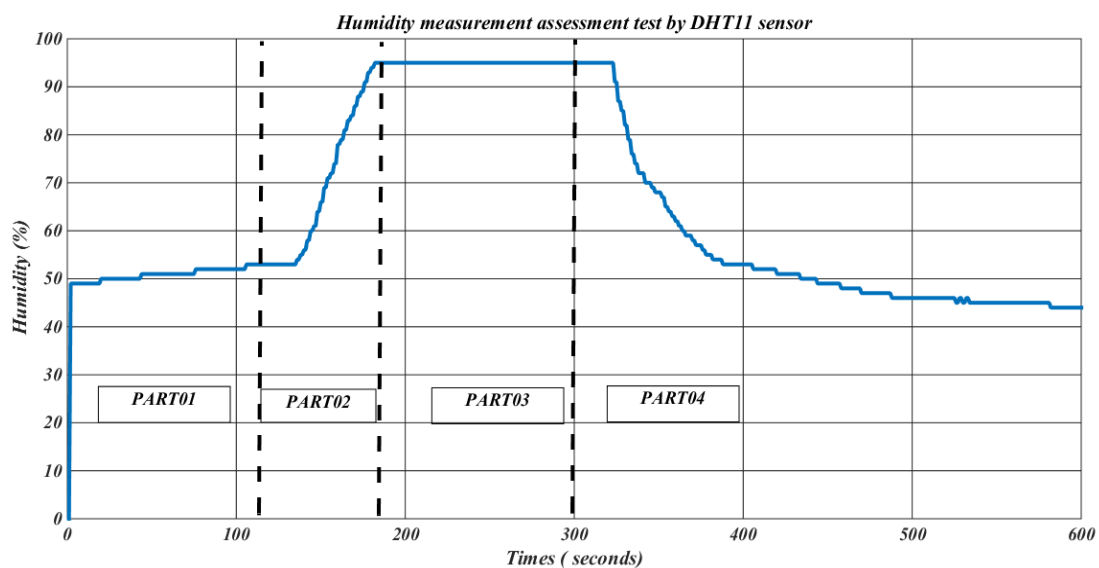


Figure III.10 : Courbe de test d'humidité à l'aide de capteur DHT11.

Interprétations des résultats :

Le tableau suivant résume les quatre parties d'évaluation de l'humidité au niveau de la couveuse avec la situation de thermoplongeur (On/Off) et la porte de la couveuse (fermée/ouvertes) :

Partie (temps)	La résistance d'eau (thermoplongeur)	La porte de la couveuse
Partie 1 [00 sec -120sec]	Off	fermée
Partie 2 [120 sec -180sec]	On	fermée
Partie 3 [180 sec -300sec]	Off	fermée
Partie 4 [300 sec -600sec]	Off	Ouverte

Tableau III3 : Descriptif de segmentation de courbe humidité

D'après la courbe de la figure **III.10**, on remarque que l'évaluation de ce test est divisée en quatre parties, où l'on note :

La première partie :

Le capteur de température et d'humidité DHT11 a été installé où la porte de l'incubateur est fermée, l'humidité ambiante au sein de l'incubateur est mesuré pendant une période de temps de **120 sec**, la valeur d'humidité est resté stable à environ de **50 %** Pendant un certain temps , on remarque ensuite une augmentation jusqu'à **51%** en temps **120 sec** .

Deuxième partie :

En gardant la porte de l'incubateur fermée, le thermoplongeur (résistance d'eau) est en marche dans le réservoir d'eau à l'instant **t= 120 sec** afin de l'évaporer et de produire de l'humidité (humidification), une augmentation rapide de l'humidité est notée pour atteindre **94%** en un temps de **180 sec** (juste après **60 sec**).

La troisième partie :

Lorsque l'humidité atteint **94%** à l'instant **t=180 sec**, le thermoplongeur est en arrêt et la porte de l'incubateur est maintenue fermée, on note que la valeur d'humidité enregistrée est stable à la valeur de cette dernière pendant que la porte est fermée.

La quatrième partie :

En raison de la stabilité de la valeur d'humidité, on ouvre la porte de l'incubateur à l'instant **t=300 sec** pour avoir l'effet de milieu extérieur, la valeur de l'humidité va diminuer d'une manière décroissant.

3.6 Test d'humidité 2 (relation entre l'humidité et la température)

Le test a été réalisé le 05/08/2022 à 09h40 dans des conditions climatiques estimées à 65% d'humidité et 22 °C, selon le site de prévisions météo.



Figure III.11 : Montage de test d'humidité et température à l'aide de capteur DHT11. La figure ci-dessus illustre l'humidité au niveau des parois de la couveuse.

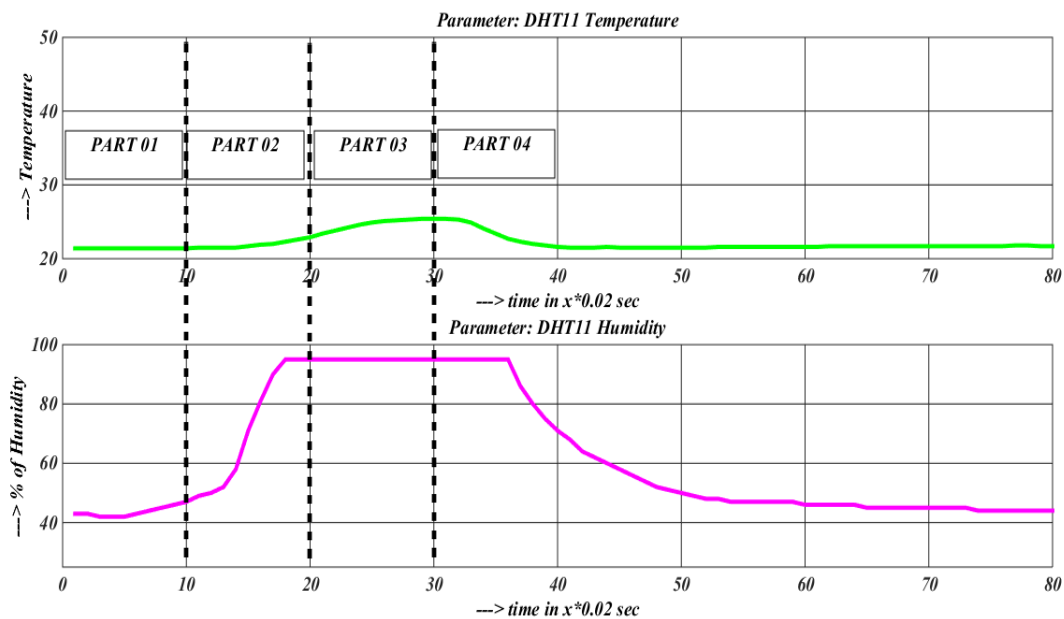


Figure III.12 : Courbe de test humidité et température à l'aide de capteur DHT11.

Interprétations des résultats :

Partie (temps)	La résistance d'eau (thermoplongeur)	La porte de la couveuse
Partie 1 [00 sec -10sec]	off	fermée
Partie 2 [10 sec -20sec]	on	fermée
Partie 3 [20 sec -30sec]	Off	fermée
Partie 4 [30 sec -80sec]	Off	Ouverte

Tableau III.4 : Tableau descriptif de segmentation de courbe humidité et température

D'après la courbe de la figure III.12, on remarque que l'évaluation de ce test est divisée en quatre parties, où l'on note :

La première partie :

Une fois le capteur installé et la porte de l'incubateur fermée, la température et l'humidité ambiante ont été mesurées, chacune enregistrée à **21,4 °C** et **41 %**.

La deuxième partie :

En gardant la porte de l'incubateur fermée et en allumant la thermoplongeur dans le réservoir d'eau, on note une augmentation significative de l'humidité pour atteindre une valeur de **95%** due à la vapeur d'eau, accompagnée d'une légère augmentation de la température, qui a été estimée à **22 °C**.

La troisième partie :

En arrêtant la résistance chauffante le thermoplongeur et en laissant la porte de l'incubateur fermée, l'humidité reste constante, tandis que la température augmente à **25.5 °C**, et cela est dû au fait que la résistance d'eau fournit toujours l'énergie thermique à l'environnement.

La quatrième partie :

Avec l'ouverture de la porte d'incubateur pour avoir une diminution de l'humidité et de la température, ce qui indique une perte d'énergie avec le milieu extérieur.

3.7 Test de l'humidité 3

Pour évaluer le fonctionnement de la partie humidification et mesure de l'humidité au niveau de la couveuse nous avons fait des longs tests pour avoir la forme de variation de l'humidité en fonction du temps.

La figure suivante montre le montage expérimental avec le matériel utilisé pour la production et la mesure de l'humidité au niveau de la couveuse.

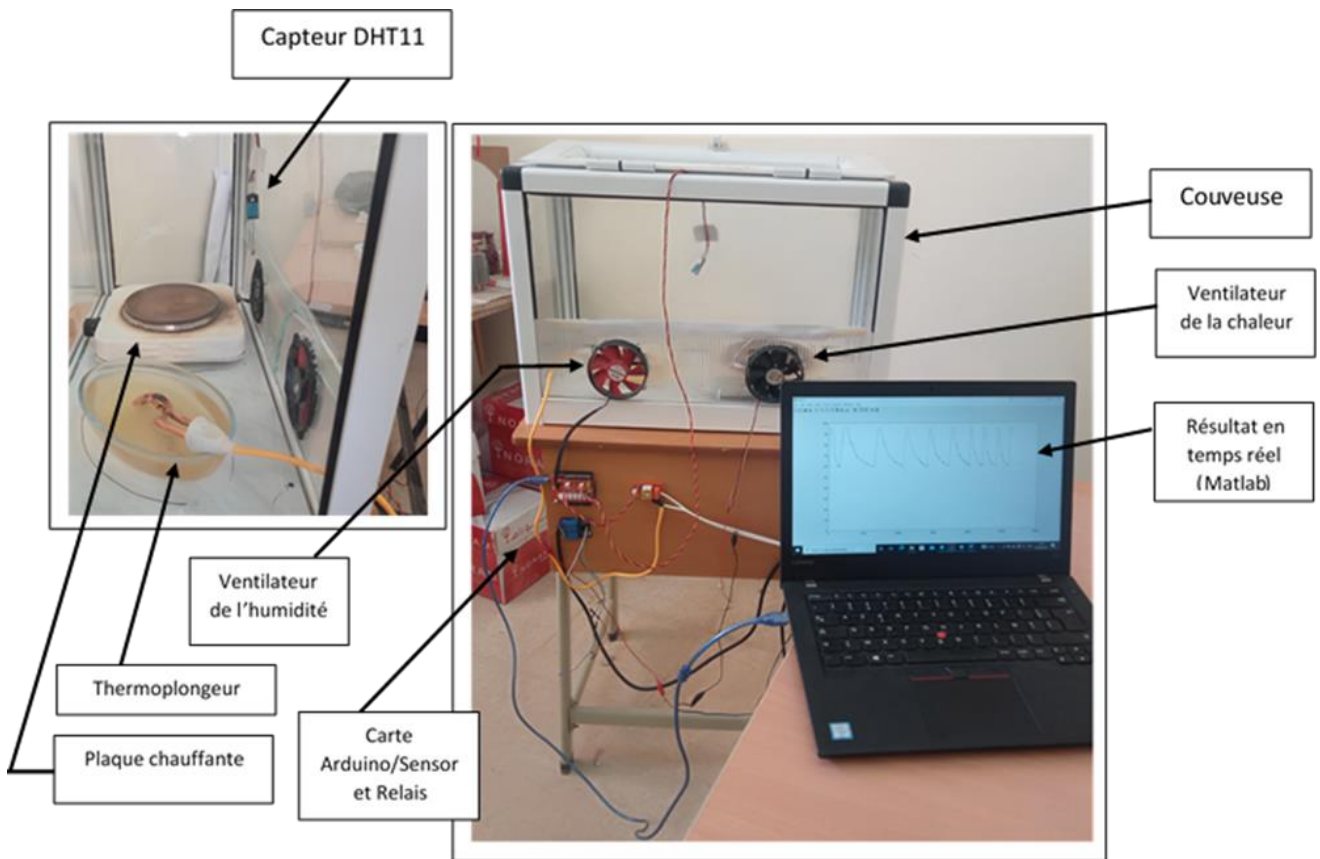


Figure III13 : Montage expérimental de la mesure d'humidité au niveau de la couveuse

La figure suivante illustre la courbe de l'humidité avec le signal de commande, ce signal est généré à partir d'un script Matlab basée sur la structure répétitive For et conditionnelle If, le signal de commande nous a permis de fonctionner et d'arrêter le thermoplongeur à travers le relais.

Le test a eu lieu le 19/09/2022 à 12h00 et la durée de test est de 6000 secondes (01h40min).

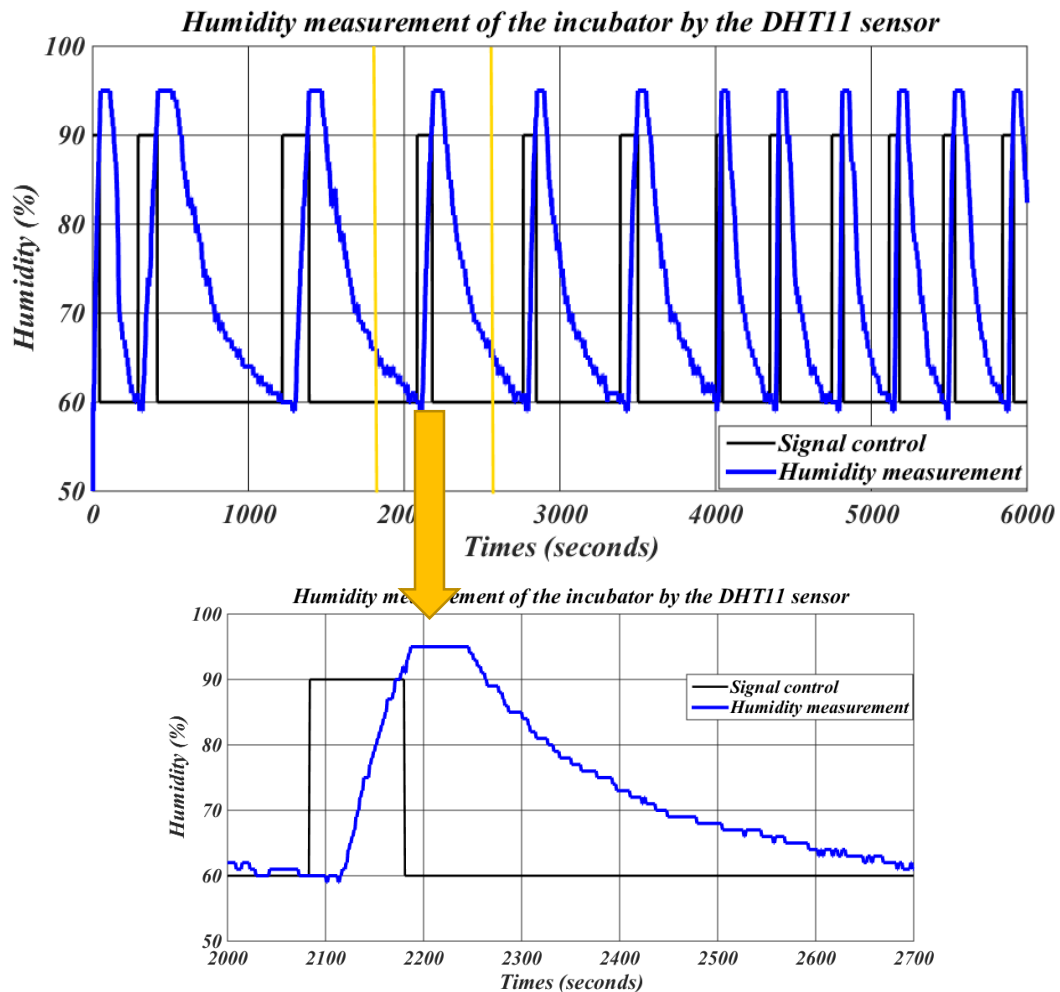


Figure III14 : Production et mesure de l'humidité au niveau de la couveuse

Dans cette partie nous avons utilisé un thermoplongeur pour produire de l'humidité au sein de la couveuse, le thermoplongeur est placé dans une cuve d'eau ; un ventilateur a été utilisé pour la distribution uniforme et la circulation de l'humidité à l'intérieur de la couveuse, la commande des actionneurs (ventilateur et thermoplongeur) est basé sur la structure conditionnelle développer au niveau de Matlab. Une communication de type serial communication a été développer à travers le câble USB, la carte Arduino et les relais.

La courbe en noir montre l'évolution de l'humidité mesurée par le capteur DHT11, on note que la courbe suit une forme exponentielle (croissant et décroissant), On note qu'il y a une augmentation très rapide juste après le fonctionnement de thermoplongeur ; une diminution lente et décroissante a été remarqué après l'arrêt de fonctionnement de thermoplongeur.

Le temps pour augmenter la valeur de l'humidité de 60 à 90% égal presque 50 secondes.

Le temps pour diminuer la valeur de l'humidité de 95% à 60% est environ de 400 secondes.

La courbe en bleu montre le signal de commande généré par la structure conditionnelle (Script Matlab), on note que ce signal est un ensemble d'impulsion (train d'impulsion) presque uniforme. Lorsque le signal est au niveau haut le relais qui commande le thermoplongeur est au travail et par contre si le signal au niveau bas le relais de thermocouple est au repos.

La valeur moyenne de l'humidité pour ce test égal 73,0893% ; il est facile d'améliorer et augmenter cette valeur juste après la modification de seuillage (la structure conditionnelle).

```
>> moy=sum(X)/6001
moy =
    73.0893
```

Figure III.15 : La valeur moyenne calculée au niveau de la fenêtre de commande Matlab

III.4 Les différents montages possibles pour commander la température :

Différentes créent une diversité dans les schémas et les outils utilisés pour créer le modèle final, et nécessairement les résultats diffèrent en fonction de la différence de pensée et d'objectif. L'étude des différents schémas a pour objectif d'atteindre la température et l'humidité requise.

Les trois montages possibles sont présentés dans la partie suivante :

1. Le premier ventilateur en parallèle avec thermoplongeur et le deuxième ventilateur en parallèle avec la plaque chauffante.
2. Le premier ventilateur en parallèle avec thermoplongeur ; et le deuxième reste au travail tout le temps, et la plaque chauffante selon la structure conditionnelle de programme.
3. Les deux ventilateurs à l'état travaillent ; le thermoplongeur et la plaque chauffante selon la structure conditionnelle.

Le second montage a été choisi et utilisé pour notre type de commande.

III.5 Interface graphique de commande et de surveillance

En raison du temps limité et des informations limitées, nous n'avons pas pu terminer le travail qui devait être présenté. Nous avons arrêté la chaîne d'idées à ce point-là, et la figure suivante montre l'interface graphique finale après l'exécution.

GUIDE (environnement de développement d'interfaces utilisateurs graphiques) fournit des outils pour concevoir des interfaces utilisateur associées à des applications personnalisées. À l'aide de l'éditeur d'interface GUIDE, On peut créer notre interface utilisateur de manière graphique. GUIDE génère alors automatiquement le code MATLAB correspondant, que vous pouvez ensuite modifier afin de définir le comportement de votre application.

Il faut noter qu'une interface **interface-commande-couveuse** créé à partir de l'éditeur d'interfaces guide tient dans deux fichiers. Le script contient la description en langage Matlab de l'interface, et la figure **interface-commande-couveuse.fig** (Figure III.16) qui contient l'apparence du programme. On lance l'exécution de l'interface en lançant le script **interface-commande-couveuse.m**.

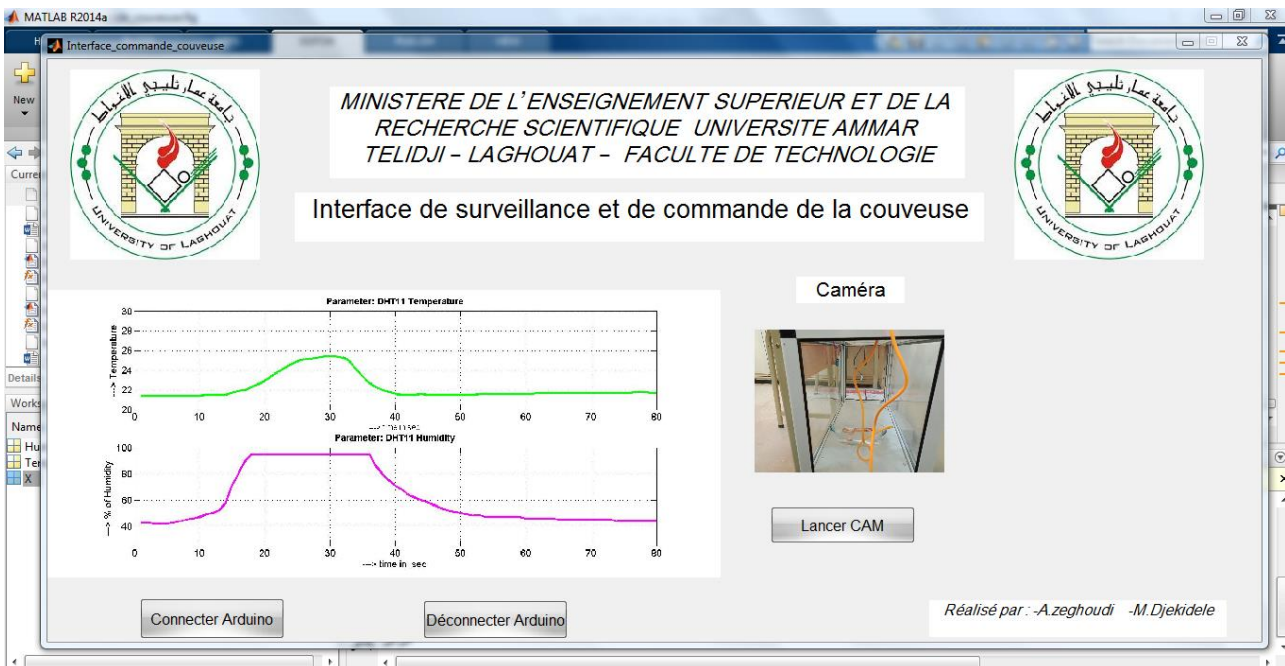


Figure III.16 : Interface de surveillance et de commande de couveuse après l'exécution.

Cette interface a été développée dans pour la commande de system d'humidification et de chauffage ; et d'assurer au même temps l'acquisition de température et d'humidité en temps réels afin d'avoir une température environ de 37°C et humidité dans la plaque [60% - 95%].

L'option de caméra permet à l'infirmier ou le médecin de suivre la position et l'état de bébé prématuré à distance.

III.6 Conclusion

Dans le dernier chapitre, le schéma de l'incubateur, qui expliquait son fonctionnement et la connexion entre ses éléments électroniques, a été traitée, et divers tests ont été effectués avec des capteurs de base dans l'incubateur, à la fois LM35 et DHT11, et les résultats ont été analysés et atteint des points très importants.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce projet nous a permis une bonne compréhension des systèmes d'incubateur de bébé prématuré avec le fonctionnement de chaque partie constituant la couveuse, et par suite les différents types et structures des incubateurs.

Malgré les problèmes rencontrés durant la réalisation, comme les contraintes mécaniques, et la non-disponibilité des pièces électroniques, on est arrivé à réaliser notre prototype avec la partie software et programmation de notre interface graphique de Matlab GUI, cette interface nous a permis de superviser l'humidité, température et de commander notre prototype réalisé. Mais malheureusement, et suite à des contraintes de temps principalement et suite à des difficultés diverses au niveau de structure mécanique et la partie commande ; on n'a pas réussi de faire commander l'humidité et la température par système de contrôle permettant d'améliorer les performances d'un asservissement, c'est-à-dire un système ou procédé en boucle fermée (Exemple : régulateur PID) et pourquoi pas aussi un régulateur Intelligent PI-Floue ou par réseau de neurones.

le prototype de la couveuse réalisé commande la plaque chauffante et le thermoplongeur, ce qui a conduit à faire les tests de l'humidité et la température séparément ou bien au même temps, l'acquisition de température et de l'humidité a été faite par les capteurs LM35 et DHT11.

Les résultats des tests du système d'acquisition de température et d'humidité avec la commande de la plaque chauffante et le thermoplongeur de notre prototype réalisé sont acceptables ce qui fait dire que notre couveuse est un prototype expérimental, et il peut être utilisé dans toute application nécessitant la production de l'humidité et de température à travers la commande des résistances chauffantes. Ce travail nous a permis aussi de détailler des aspects pratiques de communication entre l'Arduino UNO et Matlab via le port USB pour la commande des résistances chauffantes et par suite l'acquisition de température et d'humidité.

En recommandation, on essaye d'améliorer la structure mécanique de notre prototype afin d'éliminer le problème des pertes de température et d'humidité, et d'appliquer une commande plus efficace et intelligente.

Ce projet de fin d'études était pour nous l'occasion précieuse de faire un travail multidisciplinaire, car ce travail est une interaction entre l'instrumentation électronique, automatique, informatique et mécanique appliqué dans le domaine de l'instrumentation biomédical.

Reference

Reference

Reference

- [1] Article disponible sur URL suivant : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Couveuse>. Consulté le 03/10/2022.
- [2] Articles La couveuse, une invention française. Posté Le 24 Avril 2019 Par Bulbille disponible sur l'adresse URL suivant : <https://Bulbille.Fr/Articles/La-Couveuse-Une-Invention-Francaise-Pour-Bebe-Premature> .
- [3] Barrouchi Oussama, Réalisation d'un prototype d'incubateur d'enfant équipé d'un système pour la régulation de la température et de l'humidité, Mémoire de Master, Université Aboubakr Belkaïd Tlemcen ,19/09/2019.
- [4] Taleb Sidali et Zadi belhadj Sidali, Conception et réalisation d'un prototype de couveuse de néonatalogie, Mémoire Master, Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira, 25/09/2017 .
- [5] Article rédigé par Myriam Blidi en septembre 2018 disponible sur URL <https://www.sparadrap.org/parents/le-bebe-la-prematurite/lhospitalisation-en-neonatalogie> Consulté le 03/10/2022.
- [6] Article rédigé par Anne-Sophie Glover-Bondeau en 05 janvier 2022 disponible sur URL : <https://www.passeportsante.net/fr/grossesse/Fiche.aspx?doc=bebe-premature> . Consulté le 03/10/2022.
- [7] Djekidel Maria Kobtia, Développement D'une Interface Graphique Pour Le Suivi Des Bébéés Prématués A Distance., Mémoire de PFC Licence, Université Amar Telidji Laghouat, année universitaire 2019/2020.
- [8] Article rédigé par Équipe Naître et grandir le Février 2021 disponible sur URL : https://naitreetgrandir.com/fr/etape/0_12_mois/soins/fiche.aspx?doc=bg-naitre-grandir-bebe-premature . Consulté le 04/10/2022
- [9] Article disponible sur URL suivant : <http://www.premaquebec.ca/fr/la-prematurite/complications-possibles-de-prematurite> . Consulté le 03/10/2022.

Reference

[10] Article rédigé en Août 2021 disponible sur URL suivant et consulté le 04/10/2022 :

https://soinsdenosenfants.cps.ca/handouts/health-conditions-and-treatments/respiratory_syncytial_virus.

[11] Mahrouf Hassina et Khemri fatma zohra, Etude d'un incubateur (couveuse) et réalisation d'une carte de surveillance de la température et d'humidité Mémoire de Master, UNIVERSITE Mouloud MAMMERI DE TIZI- OUZOU, 24/09/2018.

[12] Article rédigé Par Pr Umberto SIMEONI Et Dr Catherine SALINIER Le 21 Mars 2018 disponible sur URL suivant : <https://www.Mpedia.Fr/Art-Couveuse-Quelle-Fonction/#Article>

Consulté le 04/10/2022

[13] M Rajguru, Incubateurs et tables radiantes, cour PDF ,Hôpital Bichat-Claude Bernard.

Lien Internet : <https://docplayer.fr/16227092-Introduction-incubateurs-et-tables-radiantes-rappels-la-neonatalogie-determination-de-l-age-gestationnel-diagnostic-de-maturation.html> Consulté le 04/10/2022

[14] Bernoussi Yacine - Chouchou Aissa, Etude théorique d'une couveuse de néonatalogie, Mémoire de Master, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi Bordj Bou Arréridj .Année Universitaire 2020/2021.

[15] Mehalaine Nourelhouda, Étude et réalisation d'un système intelligent pour la commande d'éclairage publique et surveillance de quelques paramètres atmosphériques. Mémoire de Master, Université Larbi ben m'hidioum el bouaghi, Juin 2018.

[16] Article rédigé par Surgicare Group disponible sur URL suivant : <http://surgicare.eu/products/gynecology/incubators/372-inkubator-dlya-novorozhdennyh-chs-i1000-jw-medical-yukoreya>

Consulté le 04/10/2022

[17] Catalogue mmi infant incubator, operation & service manual, model CH-11000, 26/11/2012.

Reference

[18] Article rédigé par Pankaj Khatri le Octobre 12, 2018 disponible sur URL suivant : <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/serial-communication-between-matlab-and-arduino>

Consulté le 04/10/2022

[19] Lien disponible sur URL suivant, Consulté le 04/10/2022 : <https://annonces-tunisie.mega24.news/detail-jumia.php?u=/arduino-module-dht11-sans-accessoires-331924> .

[20] Lien disponible sur URL suivant, Consulté le 04/10/2022:
<https://www.moussasoft.com/product/relais-electrique-12v-1-canal-220v-10a-domotique-casablanca-maroc-agadir>

[21] Lien disponible sur URL Suivant , Consulté le 04/10/2022 :
<https://www.cre-soundbuzzer.com/Internal-Driven-Piezo-Buzzer/LPB2395W1533-TC-12-3.4-R>.

[22] Lien disponible sur URL suivant Consulté le 04/10/2022:
<https://www.electronique-mixte.fr/projet-electronique-fpga-8-commande-dun-moteur-a-cc-v2>

[23] Lien disponible sur URL suivant , Consulté le 04/10/2022:
<https://www.accuweather.com/fr/dz/laghouat/4583/april-weather/4583> .