

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE

DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE

THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

HIGHER TEACHER TRAINING COLLEGE

DEPARTMENT OF PHYSIC



CONCEPTION ET RÉALISATION D'UN INCUBATEUR À ŒUFS

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur de l'Enseignement
Secondaire deuxième grade (D.I.P.E.S. II)

Par

ATANGANA BARR Vincent Arsène
Licencié en Sciences Physiques

Sous la direction de
ATANGANA Jacques
Maître de Conférences

Année académique 2018/2019

CERTIFICATION

Je certifie par la présente que ce mémoire intitulée : «Conception et réalisation d'un incubateur à œufs» a été réalisée par ATANGANA BARR Vincent Arsène, sous le matricule 10W0047 au Département de Physique de l'Ecole Normale Supérieure de l'Université de Yaoundé I.

Date _____

Date

Superviseur

Chef de Département

Signature _____

Signature _____

DÉDICACE

A la mémoire de mes feu parents

ATANGANA Athanase

Et

AYISSI Rose

REMERCIEMENTS

Il n'y a pas de travail parfait sur cette terre et tout le monde ne peut pas travailler seul jusqu'aux résultats. Le travail que nous avons ici n'aurait donc pas été accompli sans l'aide de nombreuses personnes à qui nous adressons nos remerciements.

Le Dieu tout-puissant qui nous a donné la force, la connaissance et la compréhension tout au long de ce travail

Nous remercions notre encadreur, le Pr. ATANGANA Jacques, pour nous avoir fait bénéficier de son expérience tout au long de cette année, de ses encouragements et d'avoir suivi l'évolution de ce travail dans les détails;

Nous pensons également au Pr. MBALLA ZE Barnabé, Directeur de l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé pour son dévouement pour la bonne formation des élèves professeurs ;

Nous adressons nos respectueux remerciements au Pr. OWONO OWONO Luc Calvin, Chef de Département de Physique de l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé I pour la qualité de la formation qu'il nous a offerte dans cette école;

Nous remercions aussi et surtout la communauté éducative de l'École normale supérieure de Yaoundé I notamment, le collège d'enseignants et les élèves-professeurs de la filière Physique de ladite école. Les premiers pour leur encadrement et les seconds pour leur concours en termes d'idées et d'encouragements ;

Nous remercions profondément notre fiancée ANGUISSA MBARGA Murielle Francine, nos deux enfants MBOE BARR Florencia et MBARGA BARR Eva Grace, notre tante Mme BALLA Emilia Pascalie épouse ZANGA ainsi que notre belle-mère NNOMO Catherine qui nous ont apporté leur soutien total, pour la réalisation de ce mémoire.

Que tous ceux et celles qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à notre formation aussi théorique que pratique, et à la réalisation de ce travail en soient sincèrement remerciés. De même que tous ceux qui nous portent affectivement dans leurs cœurs.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

APC	Approche par les compétences
HR	Humidité relative
PCV	Polychlorure de vinyle
RF	Radio fréquence
VRRM	Tension inverse répétitive maximale
PWM	Pulse width modulation : Modulation de largeur d'impulsions
USB	Universel serial bus : Bus universel en série
LCD	Liquid cristal display : Affichage à cristaux liquide
ARD	Arduino
DEL	Diode électroluminescente
PIB	Produit intérieur brut

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Mini incubateur pour 7 œufs.....	7
Figure 2. Incubateur pour 60 œufs	8
Figure3. Chariots munis de plateaux à œufs.	12
Figure 4. Ventouse d'aspiration.	12
Figure 5. Schéma des solutions pour avoir une température stable.	14
Figure6. La chaleur produite par l'œuf dans les jours d'incubation.	15
Figure7. Machine de transfert.	18
Figure 8 : schéma d'un système en boucle ouverte	23
Figure 9 : schéma de régulation de la température.....	23
Figure 10 : schéma d'un système en boucle fermée	24
Figure 11a: Moteur à induction.....	25
Figure 11b: Moteur à induction.....	26
Figure 12 : Champ tournant.	26
Figure 13 : Moteur à réluctance commuté.....	27
Figure 14 : Vue d'ensemble du système	30
Figure 15 : alimentation	33
Figure 16 : le schéma d'un DHT11.....	35
Figure 17 : schéma de l'unité d'affichage.	36
Figure 18 : le schéma du circuit de chauffage.....	37
Figure 19 : le schéma de l'indicateur LED	37
Figure 20 : schéma de principe du circuit de commande du moteur à courant continu.....	38
Figure 22 : connexions de la broche à arduino.....	40
Figure 23 : algorithme de projet.....	41
Figure 24 : circuit électronique	42
Figure 25 : plaque perforée	43

Figure 26 : réalisation du circuit.....	43
Figure 27 : Modélisation en 3D.....	45
Figure 28 : caisse en fer forgé de notre incubateur	45
Figure 29 : Incubateur en itinérance en cours d'expérimentation	46
Figure 30 : Ventilateur	47
Figure 31 : Plateau à œufs	48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Mauvaise hygrométrie dans l'incubateur	16
Tableau 2 : Spécifications techniques	39
Tableau 3 : Estimation du coût de l'incubateur	50

RÉSUMÉ

Au Cameroun, le secteur rural est prépondérant dans l'économie parce qu'il représente 60% de la population active et son apport au PIB se situe à 20%. L'élevage qui occupe 20% de la population est placé au 2ème rang de ce secteur. La contribution de l'élevage à l'économie nationale atteint 15% si l'on tient compte de la valeur ajoutée apportée par les filières de commercialisation. L'aviculture est une composante importante de l'élevage. En effet c'est une activité pratiquée par 49% des ménages avec un effectif de volailles estimé à 35 359 174 de têtes en 2008 dont 79,94% de poulets. La production du poulet est permanente et est à la portée des ménages à faibles revenus. En outre, il constitue la source principale de protéines animales et de revenu des ménages. Cependant, la productivité du poulet de race locale reste faible en dépit d'importantes actions du gouvernement de soutien au secteur. Des causes multifactorielles concourent généralement à cette faible productivité parmi lesquelles figure en bonne place la reproduction. En effet, la couveuse naturelle demeure le principal moyen d'obtention de poussins au niveau de l'élevage traditionnel de volailles. Le recours à la couveuse artificielle quant à elle reste marginale surtout en milieu rural à cause de l'indisponibilité d'incubateurs adaptés à ce milieu. Pour apporter une modeste contribution à la résolution de ce problème, l'université de Yaoundé I à travers l'Ecole Normale Supérieure accentue les recherches dans ce domaine, notamment sur la conception et la réalisation des incubateurs artificiels. Nous espérons donc par ce travail intitulé "**Conception et réalisation d'un incubateur à œufs**" apporter une contribution significative à la vulgarisation et à la fiabilité des incubateurs artificiels modernes.

ABSTRACT

In Cameroon, the rural sector is predominant in the economy because it represents 60% of the workforce and its contribution to GDP to rise by 20%. Livestock which occupies 20% of the population is placed in 2nd place in the sector. The contribution of livestock to the national economy reaches 15% if one takes into account the added value of marketing channels. Poultry farming is an important component of livestock. Indeed it is an activity practiced by 49% of households with a workforce of poultry estimated at 35,359,174 in 2008, including heads of chickens 79.94%. Chicken production is permanent and is within reach of low-income households. In addition, it is the main source of animal protein and income for poor households. However, producing local breed of chickens is low despite significant support from government sector shares. Multifactorial causes usually contribute to low productivity among which poor reproduction. Indeed, the natural brooding remains the primary means of obtaining chickens at the traditional poultry farming. The use of artificial breeding is marginal especially in rural areas because of the unavailability of incubators suited to this environment. To make a modest contribution to solving this problem, the University of Yaoundé I through Higher Teacher Training College step up research in this area, including the design and implementation of artificial incubators. We hope through this work entitled "**Design and Realization of a one hundred Egg Incubator.**" Contributed significantly to the popularization and reliability of modern artificial incubator.

TABLE DES MATIÈRES

CERTIFICATION	i
DÉDICACE	ii
REMERCIEMENTS	iii
LISTE DES ABRÉVIATIONS	v
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES TABLEAUX	viii
RÉSUMÉ	ix
ABSTRACT	x
TABLE DES MATIÈRES	xi
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
A. CONTEXTE	2
B. PROBLÉMATIQUE	2
C. QUESTIONS DE RECHERCHE	2
D. HYPOTHÈSE DE RECHERCHE	3
E. OBJECTIF GÉNÉRAL.....	3
F. OBJECTIF SPÉCIFIQUE.....	3
G. IMPORTANCE DE L'ÉTUDE	4
CHAPITRE 1: REVUE DE LA LITTÉRATURE SUR LES INCUBATEURS ET LE PROCESSUS D'INCUBATION	5
Introduction	6
1. Généralités sur l'incubateur à œufs de poule	6
1.1. L'incubation artificielle :.....	6
1.2. L'incubateur	7
1.3. Quelques modèles d'incubateur	7
1.3.2. Exemple d' incubateur à taille moyenne : incubateur pour 60 œufs.....	8

1.4.Processus d'incubation artificiel d'un œuf de poule	8
1.5. Fertilité des œufs à couvrir	9
1.5.1. Traitement des œufs à couvrir :.....	9
1.5.1.1. Ramassage des œufs	10
1.5.1.2. Tri des œufs à couvrir	10
1.5.1.3. Désinfection des œufs à couvrir	10
1.5.1.4. Stockage des œufs à couvrir	11
1.5.1.5. Transport des œufs à couvrir.....	13
1.6. Procédés d'incubation.....	13
1.6.1. Installation de l'incubateur	13
1.7. Les paramètres d'incubation	13
1.7.1. La température.....	13
1.7.2. Le niveau d'humidité relative	15
1.7.3. La ventilation.....	16
1.7.4. Le retournement des œufs	16
Conclusion :.....	19
CHAPITRE 2: CADRE MÉTHODOLOGIQUE.....	20
2.1. Présentation de la zone d'étude	21
2.1.1. Situation géographique de la zone d'étude.....	21
2.1.2. Climat et relief.....	21
2.1.3. Flore	22
2.2. Principes généraux de régulation	23
2.2.1. Définition	23
2.2.2. Commande en boucle fermée et commande en boucle ouverte	23
2.2.3. Régulation de la température d'une salle à l'aide d'un thermostat	23
2.2.4. Boucle fermée	24
2.3. Moteurs électriques	24

2.3.1. Moteurs CC	24
2.3.2. Moteurs AC	26
2.3.3. Autres moteurs	27
CONCLUSION	28
CHAPITRE 3: MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE.....	29
3.1. Synoptique du système.....	30
3.1.1. Description du synoptique.....	30
3.1.2. La fourniture de l'incubateur.....	30
3.1.2.1. Courant secondaire.....	31
3.1.2.2. Courant primaire	31
3.1.2.3. Tension secondaire.....	31
3.1.2.4. Puissance apparente.....	31
3.1.2.5. Sélection du rectificateur.....	31
3.1.2.6. Calculeur VRRM.....	31
3.1.2.7. Unité de filtration	32
3.2. Contrôle de la température	34
3.3. Humidification et déshumidification.....	34
3.3.1. Humidification	34
3.3.2. Déshumidification	35
3.4. Circuit d'affichage.....	36
3.5. Circuit de chauffage	36
3.6. Indicateur LED.....	37
3.7. Conception et contrôle mécanique	38
3.8. La carte mère Arduino.....	38
3.9. Algorithme du projet	40
3.9.1. Interprétation de l'algorithme.....	41
4. Outil de conception du circuit électrique	42

5. Codes d'outils de programmation de Arduino-uno	44
5.1. L'incubateur	44
5.1.1. Modélisation sur archicad 17	44
5.1.2. Caractéristiques des matériaux de construction	45
5.1.3. Coque de l'incubateur	46
5.1.4. Salle de l'incubateur	46
5.1.5. Incubateur de chauffage	47
5.1.6. Ventilateur	47
5.1.7. Plateau à œufs	47
5.1.8. Capteur DHT11	48
5.1.9. Aération de l'incubateur	48
6. Estimation de la rentabilité et du coût de l'incubateur pour une incubation	49
6.1. Période d'incubation	49
6.2. Estimation des coûts	49
6.2.1. Calcul de notre puissance d'incubateur	49
6.2.2. Calcul de l'avantage	49
6.2.3. Étude expérimentale de l'incubateur	50
6.2.4. Estimation du coût de l'incubateur	50
Conclusion	51
CHAPITRE 4 : IMPLICATIONS DIDACTIQUES	52
Introduction	53
4.1. Intérêt didactique	53
4.2. Fiche pédagogique	53
4.2.1. Thème traité	53
4.2.2. Le niveau des apprenants	54
4.2.3. Objectifs généraux	54
4.2.4. Méthode de travail	54

4.2.5. Démarche pédagogique	55
Conclusion.....	55
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	56
CONCLUSION GÉNÉRALE	57
PERSPECTIVES.....	57
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	58

INTRODUCTION GÉNÉRALE

A. CONTEXTE

L'incubation naturelle est la technique de production de poussins la plus ancienne et la plus simple car, elle ne nécessite aucun effort particulier, puisque ce sont les poules qui font presque tout le travail. Avec la croissance démographique et le capitalisme en augmentation constante, l'homme n'entend pas limiter sa production sur sa dimension artisanale, mais il vise une amélioration qualitative et quantitative, afin de tirer le plus grand profit possible de la demande sans cesse croissante. C'est dans cette optique que l'éleveur de volailles devenu commerçant pratique un mode d'incubation naturel très limité et peu rentable. Il optera pour une production massive et permanente. Les poules sont incapables de satisfaire les ambitions des éleveurs, ce qui équivaudrait sans doute au mode d'incubation artificielle.

B. PROBLÉMATIQUE

Nous pouvons reconnaître le fait que notre économie soit une économie agricole. Par conséquent, la croissance de cette industrie devrait être en mesure de renforcer la situation économique de notre pays et donc, une recherche dans le secteur avicole. L'élevage de volaille à grande échelle exige une production élevée et un flux constant de revenus. En raison de ce besoin de production élevée, des recherches sont en cours et des machines sont développées pour faciliter ce processus. L'une des machines utilisées dans l'industrie avicole est « L'incubateur d'œufs », qui permet de couvrir artificiellement des œufs en grand nombre. Il existe déjà des incubateurs qui contrôlent la température, l'humidité et la position des œufs, mais qui sont encore importés et très coûteux et qui ne sont pas vraiment accessibles du fait de notre situation géographique. C'est pourquoi nous nous sommes inspirés des connaissances acquises à l'école pour concevoir et réaliser un incubateur d'œufs adapté à la réalité de notre environnement. La réalisation de cet incubateur rendra l'effort humain pratiquement minime. Celle-ci pourrait ensuite être produite en grand nombre pour résoudre les problèmes d'incubation et arrêter l'importation de machines qui pourraient être fabriquées localement.

C. QUESTIONS DE RECHERCHE

Afin de réaliser un panneau d'affichage défilant qui puisse être utilisé pour la communication sur le terrain, en entreprise, à l'école ou au super marché, il convient de répondre à un bon nombre de questions. Vous trouverez ci-dessous quelques questions à résoudre.

- Quel est l'avantage d'utiliser un incubateur artificiel?
- Tous les matériaux nécessaires à la réalisation de ce système sont-ils disponibles autour de nous?
- Le système peut-il être réalisé avec un Arduino-Uno?

D. HYPOTHÈSE DE RECHERCHE

L'utilisation d'un incubateur artificiel permet de produire le plus grand nombre d'œufs à un moindre coût.

Pour concevoir et réaliser un incubateur à œufs, nous pouvons utiliser un Arduino-Uno avec un circuit composé de lampes, de relais, de condensateurs, de résistances et d'un transistor de puissance.

E. OBJECTIF GÉNÉRAL

L'objectif général de ce mémoire est de contribuer à l'industrialisation du secteur avicole camerounais en construisant un incubateur automatique d'œufs afin d'accroître la productivité des éleveurs de volaille en augmentant leurs bénéfices d'une part, d'autre part en développer chez l'enfant des compétences dans le sens de l'APC, et contribuer à l'évolution de notre patrie.

F. OBJECTIF SPÉCIFIQUE

Cette étude vise à mettre en place un incubateur automatisé capable de répondre aux exigences de temps et de progrès technologiques. En effet, grâce au projet structurant lancé par le gouvernement, le Cameroun est un état qui poursuit l'autosuffisance en énergie électrique, il faut donc déjà penser à construire des dispositifs adaptés à cette évolution. Ainsi, notre objectif spécifique est de:

- Construire un incubateur automatique avec une efficacité maximale en termes de taux d'éclosion des œufs.
- Acquérir et contrôler la température afin d'avoir un degré stable à l'intérieur de l'incubateur.
- Mesurer l'évolution des paramètres d'incubation.
- Utilisez la lampe pour assurer l'élévation de la température dans l'incubateur.

- Effectuer une rotation automatique des œufs pendant un intervalle de temps régulier afin de réduire la main humaine qui souffre et ainsi permettre à l'éleveur de volailles d'exercer librement une autre activité.
- Rendre homogène de la température à l'intérieur de l'incubateur par la ventilation de la pièce

G. IMPORTANCE DE L'ÉTUDE

La conception d'un incubateur entièrement automatique est essentielle à l'heure actuelle où la technologie est en expansion. Le problème posé par la qualité et la quantité de protéines animales pour répondre à la demande nutritionnelle de l'homme reste très préoccupant, en particulier avec la croissance exponentielle de la population mondiale. Il fallait produire abondamment cette denrée alimentaire très valorisante. Ensuite, la communauté scientifique a découvert une nouvelle solution visant à accroître la rentabilité et la prévisibilité des éleveurs de volaille, d'où la nécessité de concevoir un incubateur.

CHAPITRE 1: REVUE DE LA LITTÉRATURE SUR LES INCUBATEURS ET LE PROCESSUS D'INCUBATION

Introduction

La vente de volaille et d'œufs est une activité génératrice de revenus pour ceux qui en produisent. Ce produit ainsi que ses dérivés constitue une source précieuse de protéines de qualité. Pour sa réalisation, l'on utilise traditionnellement la main d'œuvre familiale et des méthodes souvent pénibles et pas assez rentables. Ainsi, la volaille dans les pays en développement constitue une opportunité d'investissement à rendre fiable par l'amélioration de son système de reproduction, notamment la couvaison, d'où la conception et la réalisation d'un incubateur à œufs.

1. Généralités sur l'incubateur à œufs de poule

Les incubateurs en général sont des appareils chauffants. Aussi, un incubateur à œufs, puisque c'est celui qui nous intéresse est un appareil destiné à l'incubation des œufs afin d'obtenir des poussins. Cet appareil a pour rôle de simuler la couvaison en maintenant les œufs dans des conditions de température et d'humidité constantes. L'inventeur de l'incubateur artificiel fut Arthur Douglas en 1870, pionnier des éleveurs de Grahamstown (République d'Afrique du Sud). Toutefois, l'incubateur au fil du temps a connu plusieurs améliorations et les résultats obtenus aujourd'hui avec les incubateurs modernes sont plus satisfaisants.

1.1. L'incubation artificielle :

L'incubation artificielle est l'ensemble des opérations qui, à partir d'une quantité d'œufs pondus, permet d'obtenir le maximum de poussins viables au coût le plus bas possible. Cette technique utilise des incubateurs qui sont conçus pour réguler la chaleur, l'humidité, la ventilation et la rotation des œufs afin que s'accomplisse un développement embryonnaire normal. Il existe deux types d'incubateurs : les incubateurs à ventilation naturelle ou statique et les incubateurs à ventilation forcée ou dynamique où l'air est brassé par un ventilateur. Les incubateurs fonctionnent soit à l'électricité, soit au gaz, soit à l'énergie solaire, soit au pétrole et ont des capacités variant entre 7 et 200 œufs pour les petits producteurs à plus de 100.000 œufs pour les grandes fermes.

1.2. L'incubateur

L'incubateur est un appareil clos, aseptique, maintenue à température et humidité constantes par des systèmes de régulation, et où sont placés les œufs pour la durée de leur incubation. Les matériaux utilisés pour l'enceinte doivent être non poreux et d'entretien aisé pour le nettoyage ; le PVC est idéal pour cet usage. Ils doivent aussi être exothermiques pour éviter les déperditions de calories. Les systèmes de régulation de la température (thermostats) sont de plusieurs types : bilames, tubes de mercure à contacts électriques, ou thermostats électroniques à micro-processeurs. Ces modèles sont préférables aux autres du fait de leur précision de régulation. Un système de retournement automatique des œufs sera plus commode que le retournement manuel. Les incubateurs peuvent être de capacité différentes (50, 100, 250, 1000, ... œufs) allant même jusqu'à la taille d'un local entier. En résumé, l'incubateur imite l'incubation par les poules grâce à un bon réglage de la température, de l'humidité relative, de la ventilation et du retournement régulier des œufs. Il existe plusieurs modèles avec des différentes tailles.

1.3. Quelques modèles d'incubateur

1.3.1. Exemple d'incubateur à petite taille: Mini incubateur pour 7 œufs



Figure 1. Mini incubateur pour 7 œufs

1.3.2. Exemple d'incubateur à taille moyenne : incubateur pour 60 œufs



Figure 2. Incubateur pour 60 œufs

1.4. Processus d'incubation artificiel d'un œuf de poule

Un œuf à couver a besoin de certains ingrédients pour se développer correctement :

- * La conservation idéale est comprise entre 12 °C de 20 °C.
- * On ne doit pas garder les œufs trop gros, trop petits, fêlés, difformes...
- * On ne doit pas laver les œufs.
- * Les œufs doivent être placés à plat et doivent être calés sur du sable bien sec.
- * Il faut éviter toutes vibrations et secousses.
- * Tous les œufs doivent être placés presque au même moment dans l'incubateur.

- * La durée de l'incubation des œufs de poules est d'environ 21 jours.
- * L'humidité doit être stable du premier au 19ème jour (40%) et du 19ème au 21ème (65%).
- * La température de la pièce où se trouve l'incubateur doit être comprise entre 19 °C et 25 °C. La température doit être stable (38,5°C) au-dessus des œufs et il faut éviter les variations de température.
- * Ils doivent être retournés 2 fois par jour (1/2 tour le matin et 1/2 tour le soir).
- * Une légère ventilation est nécessaire pour que les œufs puissent respirer.

Tous les œufs ne sont aptes à être couvés. En plus d'être bien fécondé, l'œuf à couver idéal doit répondre à un ensemble d'exigences.

1.5. Fertilité des œufs à couver

Les œufs à incuber doivent avoir été fécondés. En reproduction naturelle, le taux de fécondation moyen des œufs varie entre 78 et 91% selon l'âge et l'origine des reproducteurs (coqs, poules). Les meilleurs résultats de fécondation sont obtenus avec des reproducteurs (coqs et poules) élevés dans des conditions similaires à celles des pondeuses. La sex-ratio est en général d'un coq pour 10 poules avec des variations en fonction des races. L'étude préconise plutôt que, pour avoir une bonne fécondation, il faut 8 à 8,5% de coqs du nombre de poules pour obtenir 90 à 92% d'œufs fécondés dès la 26ème semaine d'âge et 94 à 97% dès la 28ème semaine. Chez la poule, plus le taux de ponte est élevé, plus le pourcentage d'œufs fertiles est élevé.

1.5.1. Traitement des œufs à couver :

Le succès de l'incubation commence par la collecte méticuleuse des œufs dans les nids, par une bonne conservation des œufs avant l'incubation et finit par le maintien de la température durant toute la durée de l'incubation. Ainsi, le traitement des œufs comportent plusieurs aspects dont les principaux sont le ramassage, le tri, la désinfection, le stockage et le transport.

1.5.1.1. Ramassage des œufs

Les œufs pondus ont une température voisine de celle du corps de la poule (40, 5°C). De ce fait, ils devraient être ramassés régulièrement au moins deux fois par jour et refroidis à la température de stockage pour empêcher la pré-incubation et le développement de l'embryon. En effet, l'embryon commence à se développer à 21°C et des changements de température ultérieurs peuvent entraîner une mortalité embryonnaire précoce qui pourra être faussement interprétée comme un problème de fertilité. En outre, le matériel servant au ramassage des œufs doit être propre et nettoyé régulièrement afin d'éviter toute souillure aux œufs

1.5.1.2. Tri des œufs à couvrir

Cette opération a pour objectif d'obtenir un maximum d'œufs à couvrir aptes à l'incubation. Les œufs à couvrir doivent être frais, propres, de poids convenable et sans anomalies de taille et de forme. Ainsi donc, les œufs présentant des anomalies de la coquille (mince, poreuse, rayée) et des formes anormales (allongées, arrondies annelées) sont à éliminer. Il en est de même des œufs trop petits ou trop gros et ceux âgés de plus d'une semaine. Les meilleurs résultats d'éclosion s'obtiennent avec des œufs âgés de 3 à 4 jours et de poids compris entre 30 et 70 g en fonction des races. Les œufs de 55 à 60 g éclosent mieux que ceux de 60 à 70 g. Cependant, ces œufs doivent avoir été fécondés et provenir de poules saines et bien nourries et qui ont principalement reçu des vitamines (A, B, D et E). En effet, leur carence dans l'alimentation réduit la fertilité des œufs et augmente la mortalité embryonnaire.

1.5.1.3. Désinfection des œufs à couvrir

La désinfection a pour but d'éliminer les impuretés et germes qui se trouveraient sur la coquille des œufs et qui pourraient compromettre les résultats d'éclosion. Cette opération doit être effectuée rapidement après la collecte des œufs. Toutefois, il est déconseillé de laver les œufs à l'eau de peur d'éliminer la couche protectrice les recouvrant (cuticule) et destinée à les protéger des invasions microbiennes. Différentes méthodes de désinfection sont utilisées, mais la fumigation au formol reste la méthode de référence. Ainsi, l'étude propose une fumigation des œufs aux doses de 40 ml de formol, 40 ml d'eau et 20 g de permanganate de potassium pour un mètre cube. La désinfection doit être réalisée dans une salle à une température de 22 à 26°C pendant 20 à 30 minutes.

1.5.1.4. Stockage des œufs à couver

Après la désinfection, les œufs doivent être conservés dans un local aéré mais à l'abri des courants d'air, du soleil et de la poussière. La durée de conservation des facultés d'éclosion des œufs dépend en partie de la température de la pièce dans laquelle sont stockés les œufs avant incubation. De 7 à 15°C, la conservation des facultés d'éclosion est bonne pendant 6 jours. Elle diminue progressivement à partir du début de la seconde semaine. La température de la salle de stockage doit être maintenue entre 17 et 18°C pour une durée de 3 à 4 jours. L'éclosion des œufs diminue de 1 à 1,4% par jour de stockage. Afin de limiter les pertes d'eau par évaporation qui aura pour effet d'abaisser le taux d'éclosion et la vitalité du poussin, l'humidité relative de la salle de stockage doit être maintenue entre 70 et 85%. Durant leur stockage, les œufs à couver sont placés dans une position pointe en bas pour un stockage de courte durée. Pour des stockages supérieurs à 7 jours, un stockage pointe en haut permet de limiter les pertes d'éclosion dues au stockage. Aussi, il est recommandé de les retourner pendant le stockage afin d'éviter que le jaune adhère à la coquille. Les œufs ne doivent jamais être stockés à même le sol mais sur des palettes en bois ou de préférence en plastique. Au couvoir, les œufs sont mis dans des chariots munis de plateaux d'incubation (Voir figureI.3) pointe vers le bas à l'aide de ventouse aspiratrices (Voir figureI.4) et stocké dans la chambre froide. Normalement on ne peut pas éviter le stockage avant l'incubation. Le temps de stockage, et surtout la température et l'humidité relative sous laquelle on stocke les œufs sont très importants pour le taux d'éclosion. C'est pourquoi il faut stocker les œufs dans des zones spéciales (locaux de stockage d'œufs) où l'on peut obtenir et maintenir la température/humidité adéquate. Les conditions optimales pour le stockage sont mentionnées dans la procédure de transport et stockage.



Figure3. Chariots munis de plateaux à œufs.

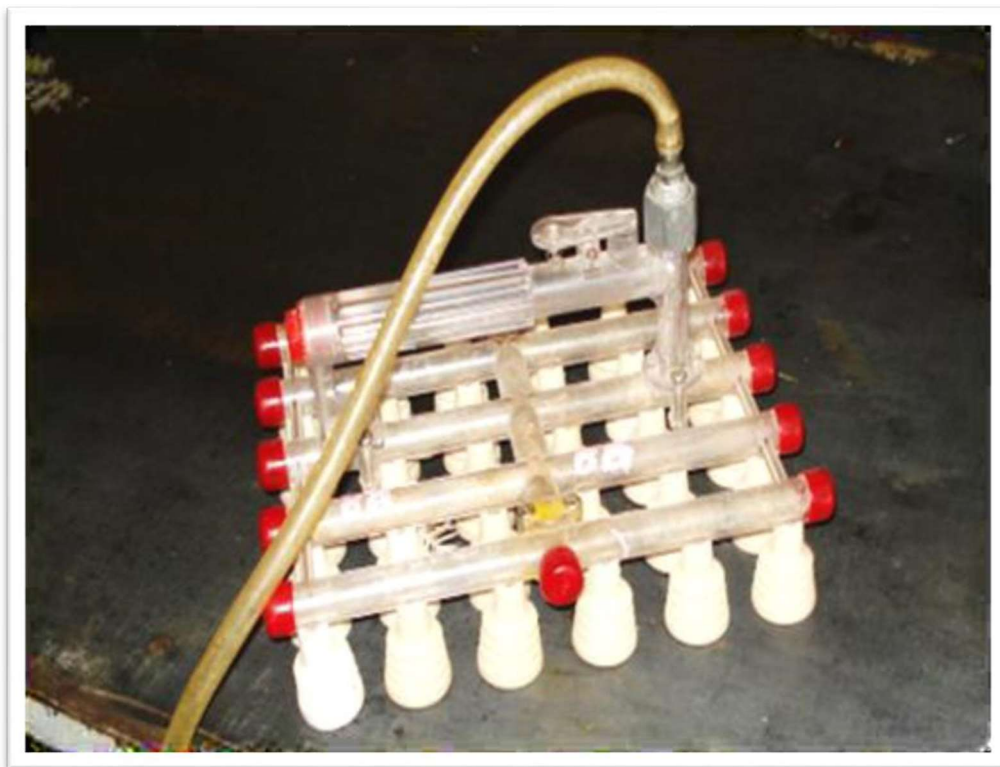


Figure 4. Ventouse d'aspiration.

1.5.1.5. Transport des œufs à couver

Il est déconseillé de transporter les œufs à couver. Cependant, lorsque le transport des œufs est nécessaire, il doit être fait avec délicatesse afin de limiter les pertes. En effet, au cours du transport, il y a des risques de chocs qui peuvent provoquer des micro-fêlures ou même la rupture des chalazes dont la fonction est de maintenir le jaune au centre de l'œuf.

1.6. Procédés d'incubation

L'incubation des œufs de poule dure en moyenne 21 jours dont 18 jours en incubateur et 3 jours en éclosoir.

1.6.1. Installation de l'incubateur

La couveuse doit être placée dans une pièce bien isolée dans laquelle la température reste la plus constante possible jour et nuit. La température de la salle doit être comprise entre 18 et 20°C et l'hygrométrie supérieure à 70%. Il faut aussi assurer une bonne ventilation tout en évitant les courants d'air. Par ailleurs, avant la mise en service de la couveuse, il est préférable de la faire fonctionner pendant une semaine afin de pouvoir effectuer tous les réglages (stabilité de la température et de l'hygrométrie). On considère que le réglage est au point lorsque la couveuse maintient une température stable pendant une période de 24 heures sans réajustement du thermostat.

1.6.2. Préchauffage des œufs

Pour obtenir un bon taux d'éclosion, il est nécessaire de réchauffer les œufs avant leur mise dans l'incubateur. Ce procédé permet d'éviter un choc thermique aux œufs mais également il permet un démarrage plus rapide et plus homogène du développement embryonnaire. Il est préconisé un préchauffage compris entre 25 et 28°C pendant 56 minutes.

1.7. Les paramètres d'incubation

1.7.1. La température

Une couveuse doit fournir une température comparable à celle d'une poule qui chauffe ses œufs avec son corps. Si la température ambiante descend en dessous de 35 °C, il faut se servir d'une couveuse équipée d'un chauffage. Un thermomètre (0-50 °C) est indispensable de même que le maintien de la bonne température nécessite une bonne isolation. La température obtenue par chauffage se règle manuellement ou à l'aide d'un thermostat. Il est

déconseillé d'incuber d'œufs pendant les saisons où la température ambiante de la pièce ne descend pas au-dessous de 40 °C. Une telle chaleur tue les embryons. Dans ce cas, on ne peut pas incuber, sauf dans une chambre climatisée, ce qui entraîne d'autres Complications, car il faut maintenir la température exacte et l'humidité relative.

- **Le réglage de la température pendant l'incubation**

Le facteur essentiel de la réussite de l'incubation est la température, surtout pendant la première semaine. La température optimale lors des 2 premières semaines est de 38,9 °C avec un écart maximal de 0,5 °C vers le haut ou vers le bas. Au-delà de 40,5 °C, les températures sont mortelles pour les embryons. Une hausse de température et une baisse d'humidité peuvent donner ensemble des résultats désastreux. Une température trop basse retarde l'éclosion des œufs, mais est toutefois moins dangereuse qu'une température trop élevée. A partir du 19ième jour de l'incubation, la température doit baisser à 36,1 °C car les poussins produisent eux-mêmes de la chaleur. Les poussins nouveau-nés qui gardent le bec ouvert essayent de perdre de la chaleur en respirant fortement. Cela indique un surchauffement de la couveuse. Contrôlez donc le thermomètre. Dans la couveuse à pétrole l'air chaud vient du bas. La température la plus haute des œufs est bien sûr près de la source de chaleur. Il faut donc placer la cuvette du thermomètre exactement au niveau des œufs, c'est-à-dire à 5 cm au-dessus du fond du plateau.

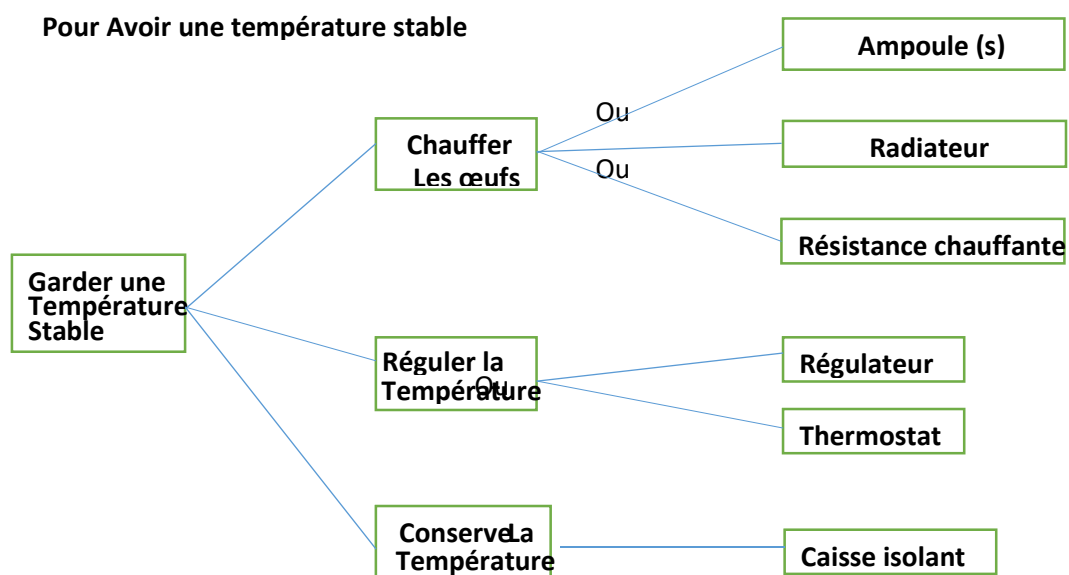


Figure 5. Schéma des solutions pour avoir une température stable.

Le développement embryonnaire est essentiellement régi par la température. Il s'agit là d'un paramètre capital dans la détermination des conditions d'incubation.

- **La production de chaleur de l'embryon.**

Il est communément admis qu'au cours du développement embryonnaire deux grandes périodes se succèdent : l'une, endothermique, en tout début d'incubation et d'une durée d'environ 8-9 jours, et l'autre, exothermique, en fin d'incubation et d'une durée approximative de 7-8 jours. Entre les deux, une étape dite iso thermique, souvent très courte, est parfois mentionnée. Ces deux grands moments ont été les premiers à déterminer la production de chaleur de l'embryon :

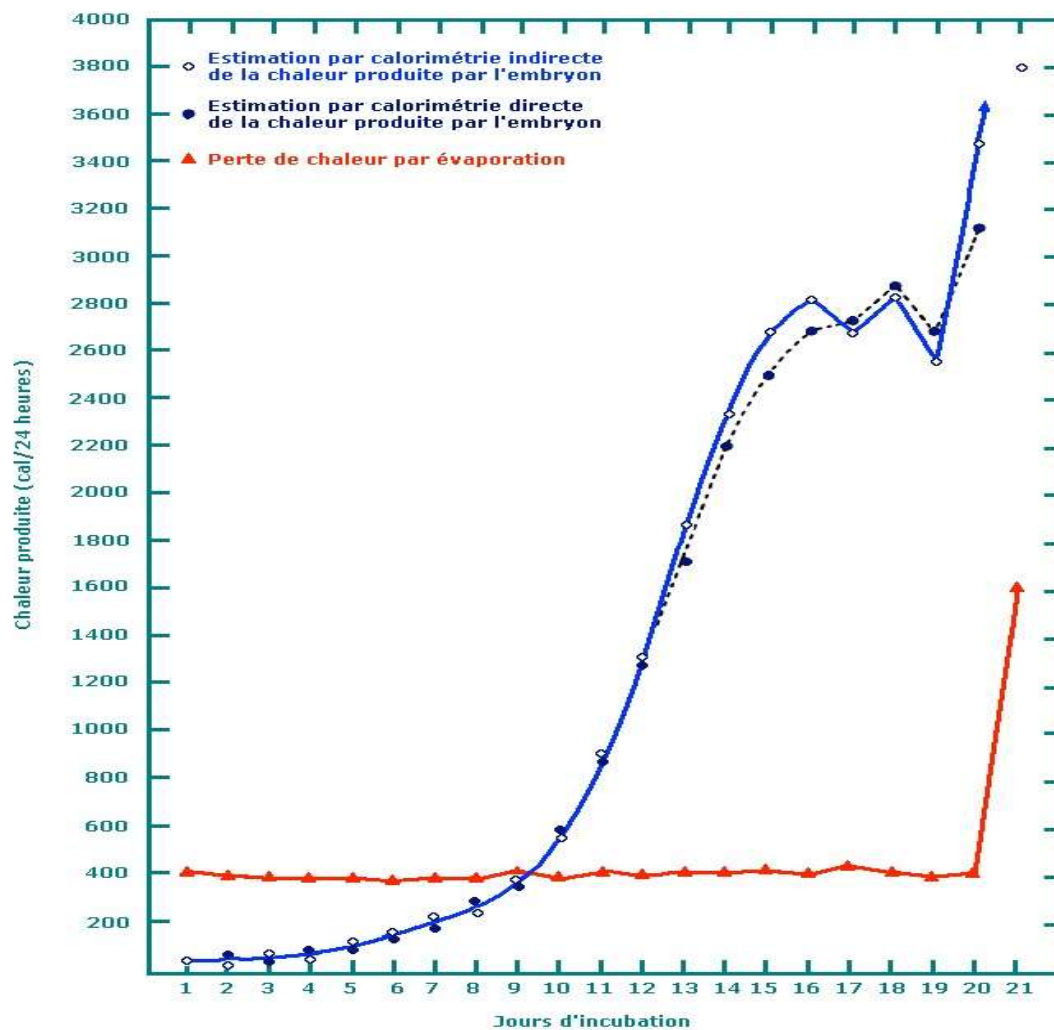


Figure6. La chaleur produite par l'œuf dans les jours d'incubation.

1.7.2. Le niveau d'humidité relative

L'humidité relative (HR) varie fortement avec la température. Si ce niveau n'est pas bon, les embryons se déshydratent dans l'œuf ou ne parviennent pas à éliminer les gaz toxiques qu'ils produisent. Un bon niveau d'humidité s'obtient en installant dans la couveuse des

réipients remplis d'eau. L'humidité relative se mesure à l'aide d'un thermomètre à cuvette humide ou avec un hygromètre conséquences d'une mauvaise hygrométrie dans l'incubateur.

Tableau 1 : mauvaise hygrométrie dans l'incubateur

	Hygrométrie trop élevée	Hygrométrie trop basse
Œuf	augmentation de la contamination et développement des bactéries	fuite hydrique entraînant des adhérences
Embryon	mort tardive par défaut de perte d'eau	
Éclosion	prématurée	éclosion tardive
Poussin	faible, non mobile, poisseux, œdèmes sous-cutanés	sec, petit, déshydraté, adhérent à la coquille
Cordon ombilical	mal cicatrisé	Sec

1.7.3. La ventilation

Une bonne ventilation est nécessaires car les embryons ont besoin d'oxygène et rejettent du gaz carbonique. Une ventilation déficiente peut provoquer l'étouffement des poussins dans l'œuf. La couveuse présentée ici est dotée de trous d'aération spéciaux. Le diamètre des trous est d'environ 1 cm. Les trous peuvent être fermés avec des bouchons. Il est difficile de prévoir combien de trous devront être ouverts. Cela dépend du nombre de fois que la porte est ouverte pour le retournement des œufs. Comme la porte ouverte laisse entrer un peu d'air frais, il faut ouvrir quelques trous supplémentaires quand on arrête de retourner les œufs après 19 jours d'incubation. Au moins deux trous doivent rester ouverts constamment. Le système automatique de retournement des œufs exige l'ouverture d'un plus grand nombre de trous.

1.7.4. Le retournement des œufs

Les œufs doivent être retournés régulièrement, sinon les résultats d'incubation seront très bas. Le nombre de fois que les œufs ont été retournés est en relation directe avec le nombre d'œufs qui éclosent. Retournez les œufs trois fois par jour pendant les premiers 19 jours. Après, le retournement n'est plus nécessaire. Le retournement des œufs à l'aide d'un mécanisme automatique est une opération très facile. Il peut également se faire à la main.

Agissez doucement mais assez rapidement. Il est bon de retirer totalement le plateau à incubation, de retourner les œufs sur 180° et de replacer le plateau en position inverse. Fermez la porte pendant le retournement des œufs. Si vous n'êtes pas sûr que la chaleur se diffuse de façon égale sur tous les œufs, remplacez les œufs du milieu par ceux qui se trouvent sur les bords. Marquez les œufs en écrivant un nombre.

- **Recommandations.**

Alors que l'intérêt d'un angle de retournement de 45° semble susciter peu de controverses, le moment de son arrêt et sa fréquence semblent encore soulever des questions. Les essais que nous avons réalisés dans nos propres couvoirs ont clairement montré qu'une augmentation de la fréquence des retournements avait un effet bénéfique sur les taux d'éclosion. Il convient donc, là où ceci est possible, de privilégier les retournements toutes les 15 ou 30 minutes plutôt que toutes les heures. L'arrêt du retournement ne peut être envisagé que si celui-ci n'entraîne pas la formation de poches de chaleur dans la machine. French N.A. (1997) a montré que les vitesses d'air requises pour évacuer la chaleur produite par l'embryon diminuaient lorsque les plateaux d'incubation étaient maintenus à l'horizontal. Cependant, ceci peut favoriser la formation de zones plus chaudes dans la machine, en particulier là où les vitesses d'air sont normalement les moins importantes.

Maintenir le retournement jusqu'au transfert et travailler à des fréquences plus élevées que d'habitude peut éviter la formation de poches de chaleur et réduire ainsi indirectement les besoins en vitesse d'air.

1.7.5. Mirage des œufs à couver

Le mirage est une opération qui consiste à éclairer l'intérieur de l'œuf à l'aide d'un appareil. Le mirage des œufs est une opération très importante car il permet de détecter les œufs clairs (non fécondés), les Embryons morts et de voir si le développement du poussin dans l'œuf se déroule normalement, Habituellement deux mirages sont pratiqués. Le premier est effectué au 7ème ou 9ème jour d'incubation et permet de retirer les œufs non fécondés et le second a lieu au 18ème jour d'incubation. Ce dernier mirage permet de retirer les œufs à embryons morts. On peut également observer le bon développement de la chambre à air le 7 ème, 14 ème et 19 ème jour d'incubation et éliminer les œufs contenant des embryons morts en cours d'incubation. Le mirage doit être fait avec précaution car il est responsable de 1 à 3% de mortalité embryonnaire.

Après le dernier mirage, les œufs peuvent être transférés dans un éclosoir si le dispositif existe, auquel cas, l'éclosion peut se poursuivre dans l'incubateur. Dans tous les cas l'humidité relative qui était de 50 à 60% durant les 18 premiers jours, doit être élevée à plus de 75% afin que l'éclosion puisse se dérouler normalement. A partir du 18ème jour, aucune autre manipulation n'est faite jusqu'à l'éclosion. L'éclosion intervient au 21ème jour d'incubation. Il faut au poussin douze heures pour briser la coquille et se libérer. A la sortie, le poussin emmène avec lui, l'enveloppe contenant le jaune, ce qui constitue une réserve alimentaire supplémentaire pour sa première semaine de vie hors de la coquille. C'est la présence de ce jaune qui permet le transport des poussins sur de grandes distances et pendant plusieurs jours sans qu'il faille les nourrir ou les abreuver.

- **Transfert :**

Après environ 18,5 jours d'incubation, les œufs sont transférés à l'éclosoir. On mire souvent les œufs avant de les transférer à l'éclosoir afin de pouvoir enlever les œufs stériles et les œufs contenant des embryons morts. Si le pourcentage d'œufs clairs (vierges) dépasse les attentes, une analyse des œufs clairs (vierges) peut aider à déterminer le problème d'une faible couvabilité ou d'une mauvaise qualité des poussins. Le transfert des œufs se fait des plateaux d'incubation aux caisses d'éclosion.



Figure7. Machine de transfert.

Le transfert des œufs ne doit pas durer plus de 30minutes. Si les œufs restent plus longtemps hors de la machine, il y a risque d'une baisse importante de leur température.

- **Éclosoir**

Pour éclore, les œufs sont chargés dans les éclosoirs qui ont les mêmes caractéristiques qu'un incubateur, démunis d'un système de retournement, d'un jeu de résistance et du régulateur de la température mais dotés de bobines électromagnétiques.

- Température 99° ¼

- Humidité 90 à 92%

La fiche contenant le code d'identification doit être transférée également avec les œufs et placée sur l'éclosoir. Le programme d'éclosion commence et dure environ 3 jours. Les poussins sont traités au formol afin de leur donner une couleur jaune uniforme et réduire la contamination par des micro-organismes pathogènes. Après 21 jours et 8 heures a lieu l'éclosion, de ce fait on procède au tri et au comptage des poussins, lesquels sont mis par 100 dans des cartons troués pour l'aération et déposés dans la salle d'expédition qui est une salle dotée d'un climatiseur automatique.

Conclusion :

L'utilisation d'un incubateur est une bonne option si vous n'avez pas accès à une poule couveuse ou si vous couvez des œufs pour la première fois. Un incubateur vous permet d'être au contrôle du processus d'éclosion et de rentabiliser votre activité, car les incubateurs sont également la meilleure option pour couvrir de grandes quantités d'œufs.

CHAPITRE 2: CADRE MÉTHODOLOGIQUE D'ANALYSE

2.1. Présentation de la zone d'étude

Notre étude est effectuée au quartier Mendong, dans la ville de Yaoundé, région du centre, Cameroun.

2.1.1. Situation géographique de la zone d'étude

La ville de Yaoundé est située au sud de la Région du Centre et est éloignée de 250 km à l'est des côtes de la baie de Biafra. Ce site de collines se décompose en trois unités topographiques inscrites dans un socle rocheux de gneiss précambrien : la barrière d'inselbergs au Nord-Ouest dominée par les monts Mbam Minkom (1 295 m) et le Mont Nkolodom (1 221 m) et au sud-ouest avec le mont Eloumden (1 159 m) ; un ensemble de collines de 600 à 700 m d'altitude et de plateaux ; les vallées appelées également élobis. Yaoundé a une superficie de 18300ha en 2018 et une population de 3,5millions d'habitants environ de la même année. Ses limites géographiques sont :

- à l'Ouest, l'arrondissement de Nbankomo;
- à l'Est, le département de la Mefou-Afamba ;
- au Sud, le département de la Mefou-Akono ;
- au Nord, l'arrondissement d'Okola

Les différents quartiers s'ordonnent en fonction du relief accidenté du site de la ville. Les routes et les bâtiments se développent principalement sur les hauteurs des différentes collines, tandis que les bas-fonds marécageux laissent souvent place à de l'agriculture vivrière, à la végétation et à de nombreux petits cours d'eau. Quelques-uns parmi eux sont les rivières Mfoundi, Ékozoa, Biyeme et Mefou. Près du centre administratif de Yaoundé se trouve un lac appelé lac Municipal, créé en 1951-1952. Les bas-fonds marécageux sont également une réserve foncière pour le développement de l'habitat précaire : le géographe Martin Luther Djatcheu a montré comme ce type d'habitat auto construit s'est développé dans les parties inondables de la ville, suite à la forte croissance démographique.

2.1.2. Climat et relief

Le climat qui règne dans la ville de Yaoundé est de type équatorial (Yaoundéen), caractérisé par l'alternance de deux saisons sèches et deux saisons de pluies. On enregistre une température moyenne de 23,5°C contrastée entre 16 et 31°C selon les saisons et 1650mm d'eau par an. L'hygrométrie moyenne est de 80% et varie dans la journée entre 35 et 98%. Les

vents fréquents sont humides et soufflent en direction du Sud-Ouest ; les vents violents sont orientés vers le nord-ouest. La végétation est du type intertropical avec prédominance de la forêt humide méridionale (Wéthé .J. 1999 ; 2001). Sur le plan morphologique, la ville est située en grande partie dans le bassin versant du cours d'eau Mfoundi. On y trouve quatre types de terrains qui sont :

- les crêtes de faible pente dont les terrains sont facilement urbanisables ;
- les collines aménageables dont les pentes varient de 5 à 15% ;
- les collines très difficiles à aménager de pente supérieure à 15% ;
- les fonds de vallée inondables généralement de pente inférieure à 5%.

De ces types de terrains, découlent deux grandes zones. Les zones non constructibles englobent d'une part, les secteurs de faible pente (inférieure à 5%) dont les fonds de vallée généralement inondables et d'autre part, les zones de forte pente, sièges permanents d'érosion et d'éboulement. Les zones constructibles ou urbanisables sont les versants et sites de pente comprise entre 5 et 15%.

2.1.3. Flore

La ville de Yaoundé est constituée de deux zones : urbaine et semi-rurale. La végétation est du type intertropical avec prédominance de la forêt humide méridionale (Wéthé.J., 1999 ; 2001). Les différents quartiers, disséminés de manière anarchique, laissent une place importante à la végétation dans les bas-fonds. Se situant comme les autres communes de Yaoundé dans la zone de transition savane (au Nord) et forêt (au Sud), la végétation est de type transition arbustive. Cependant, avec l'urbanisation et l'anthrophisation du milieu, on a affaire actuellement à des restes de forêts sur les forêts galeries graminées dans les vallées; des arbres fruitiers dans tous les quartiers et la plupart des habitants à mesure que l'on s'éloigne de la zone fortement urbanisée. La végétation à Yaoundé offre encore un paysage naturel où il fait vivre et dont la préservation doit être encouragée dans le respect des plans d'aménagement.

2.2. Principes généraux de régulation

2.2.1. Définition

Le contrôle est une méthode dans laquelle la variable contrôlée est mesurée en continu, comparée à une valeur de référence et (en fonction du résultat de cette comparaison) est adaptée au niveau de la variable de référence.

2.2.2. Commande en boucle fermée et commande en boucle ouverte

Un système se caractérise par sa grandeur d'entrées et de sorties. Les valeurs d'entrée sont celles qui agissent sur le système. Il en existe deux types: les commandes et les perturbations. Les perturbations sont des quantités que nous ne pouvons pas maîtriser, le fonctionnement des systèmes auxquels elles sont liées est associé à des incertitudes sur les données et des imprévus pouvant être associés à des accidents. Un système est en boucle ouverte (BO) lorsque la commande est préparée sans l'aide de la connaissance des quantités de sortie; il n'y a pas de retour d'information. Sinon, le système est en boucle fermée et l'ordre est basé sur le point de consigne (valeur souhaitée à la sortie et à la sortie elle-même).



Figure 8 : Schéma d'un système en boucle ouverte

2.2.3. Régulation de la température d'une salle à l'aide d'un thermostat

Considérons le chauffage électrique d'une pièce, la sortie du système étant la température ambiante et la commande du système est à la position 0 ou 1 du commutateur. Les perturbations peuvent être l'ouverture d'une porte ou la lumière du soleil. En boucle ouverte, la commande est insensible à la sortie pour créer un retour ou une réaction, la commande est ensuite développée en fonction de l'ensemble et de la sortie (température ambiante).

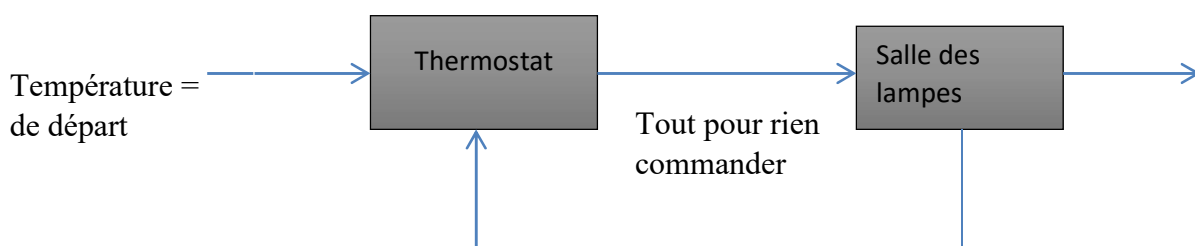


Figure 9 : Schéma de régulation de la température

2.2.4. Boucle fermée

Exceptionnellement, le système de contrôle peut fonctionner en boucle ouverte d'un signal au point de consigne. Mais la boucle fermée (rétroaction négative) est capable de :

- Stabiliser un système en boucle ouverte instable
- Compenser les perturbations externes
- Compenser les incertitudes internes dans le processus

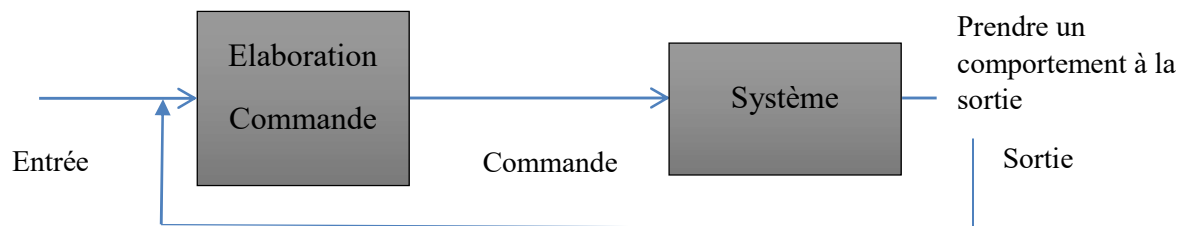


Figure 10 : Schéma d'un système en boucle fermée

Un système de contrôle peut remplir deux fonctions distinctes :

- l'asservissement qui est la poursuite par la sortie d'une variable dans le temps.
- La régulation c'est à dire la compensation variable de l'effet de perturbation sur la sortie, le point de consigne fixe restant.

Le régulateur extrait ces mesures et les compare aux valeurs souhaitées, plus communément appelées points de consigne. En cas de non concordance des valeurs mesurées et des valeurs de consigne, le dispositif de contrôle envoie un signal de contrôle à l'organe de contrôle (vanne, moteur, etc.) afin qu'il agisse sur le processus. Les paramètres régissant le processus sont ainsi stabilisés en permanence aux niveaux souhaités.

2.3. Moteurs électriques

Pour effectuer l'incubation automatique des œufs de poule, l'utilisation de moteurs est essentielle. En effet, la rotation automatique des œufs et le mélange de l'air dans l'incubateur sont effectués à l'aide d'un moteur.

2.3.1. Moteurs CC

Moteur à courant continu shunt: les enroulements du rotor et du stator sont connectés en parallèle.

Moteur à excitation séparée: le rotor et le stator sont reliés par une alimentation différente, ce qui donne un autre degré de liberté pour contrôler le moteur par le biais du shunt.

Moteur en série: les enroulements du stator et du rotor sont connectés en série. Il est donc utilisé dans les démarreurs de voitures et les moteurs d'ascenseurs.

Moteurs à aimant permanent (MAP): le stator étant un aimant permanent, sa taille est réduite.

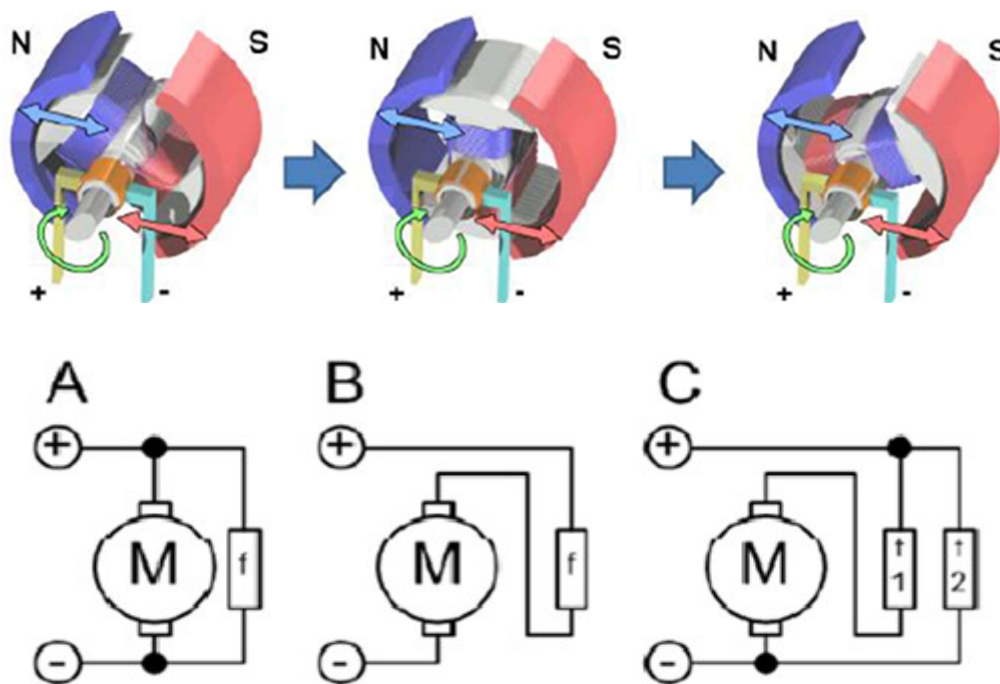


Figure 11a: Moteur à induction.

➤ Inconvénients des moteurs à courant continu

L'usure des brosses: puisqu'ils ont besoin de brosses pour connecter l'enroulement du rotor. L'usure des brosses se produit et augmente considérablement dans un environnement à basse pression. Si elles sont utilisées dans un avion, les brosses devront être remplacées après une heure d'utilisation. Les étincelles des brosses peuvent provoquer une explosion si l'environnement contient des matériaux explosifs. Le bruit RF provenant des brosses peut interférer avec le téléviseur.

2.3.2. Moteurs AC

Moteur à induction: Il est appelé ainsi parce que la tension est induite dans le rotor (donc pas besoin de balais), mais pour que cela se produise, le rotor doit tourner à une vitesse inférieure à celle du champ magnétique pour permettre l'existence d'une tension induite. Par conséquent, un nouveau terme est nécessaire pour décrire le moteur à induction: le glissement.

Moteur synchrone: Pour ce moteur, le rotor tente de s'aligner sur le champ magnétique tournant dans le stator. Il a le stator d'un moteur à induction et le rotor d'un moteur à courant continu.



Figure 11b: Moteur à induction.

La figure est trompeuse. Le nombre de pôles doit être un entier pair du nombre de phases utilisées. Ainsi, ce diagramme devrait avoir six bobines, mais cela empêcherait d'imaginer la rotation.

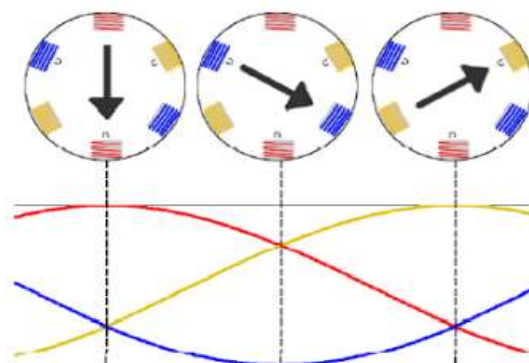


Figure 1 : Champ tournant.

Représentation précise d'un moteur à induction triphasé à six pôles, les champs rotatifs triphasés nécessitent trois paires d'enroulements distants de 120°, alimentés par des tensions présentant également un déphasage de 120 degrés. Les moteurs synchrones sont spécialement conçus pour maintenir une vitesse constante, le rotor étant synchrone du champ tournant. Les moteurs synchrones nécessitent une modification (tels que des enroulements à cage d'écureuil) pour démarrer automatiquement.

2.3.3. Autres moteurs

Moteur à réluctance: c'est un moteur à induction synchrone. Le rotor a des pôles saillants et une cage qu'il démarre comme un moteur à induction et fonctionne comme un moteur synchrone. Il utilise un rotor à aimant doux qui est magnétisé par l'application de courant dans les bobines du stator. L'aimant est filé par un moteur triphasé sans tension du rotor. Les engrenages sont conçus pour augmenter le flux magnétique entraînant le rotor tout en fournissant une asymétrie qui favorise l'accélération de la rotation. La perméabilité du rotor permet une augmentation significative de la puissance inductive, solution complète de la loi de Faraday avec dépendance du temps et de la vitesse.



Figure 2 : Moteur à réluctance commuté.

Moteur à hystérésis: l'hystérésis produit le couple, peut être très petit, utilisé comme pilote pour les horloges électriques (Chapman p. 669). **Moteur pas à pas:** c'est un type spécial de moteurs synchrones qui fait pivoter un nombre de degrés avec chaque impulsion électrique. **Moteur à courant continu sans balai:** c'est un proche cousin du moteur pas à pas à aimant permanent avec des contrôleurs électroniques **Moteur universel:** c'est un moteur à courant continu possède un cadre de stator laminé. Il peut fonctionner efficacement à partir d'une alimentation en courant alternatif ou continu.

CONCLUSION

Ce chapitre basé sur le cadre méthodologique d'analyse présente tour à tour les conditions générales nécessaires à notre étude et les différents principes de régulation indispensable au fonctionnement d'un incubateur.

CHAPITRE 3: MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

3.1. Synoptique du système

3.1.1. Description du synoptique

Ce projet contient un système embarqué qui consiste en un programme écrit en langage C et téléchargé sur la carte Arduino auquel sont connectés des capteurs, des relais, des écrans à cristaux liquides et de nombreux autres périphériques sur lesquels nous étudierons plus tard dans la prochaine section de ce projet. La figure ci-dessous montre le schéma fonctionnel de ce projet.

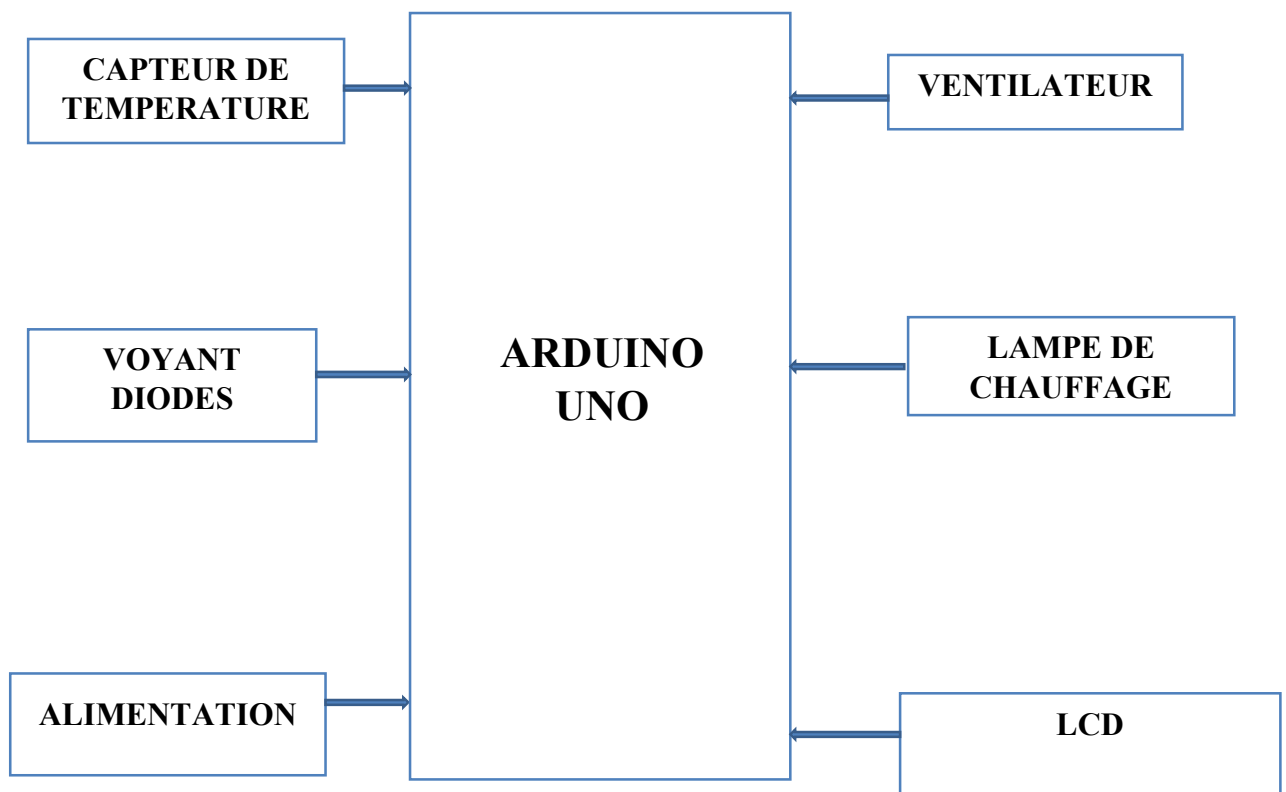


Figure 14 : Vue d'ensemble du système

3.1.2. La fourniture de l'incubateur

Généralités

Les différents niveaux de tensions qui nous sont proposés par l'opérateur national ENEO sont: haute tension (HT), moyenne tension (MT) et basse tension (BT), mais ils ne nous permettent pas de fournir directement notre module électronique, car les composants utilisés

doivent être alimentés entre + 5V et + 12V. C'est dans cette optique que nous avons choisi la réalisation d'une alimentation fournissant deux niveaux de tensions continues:

+ 12V, + 5V. Cette partie de l'appareil est aussi importante que le reste dans la mesure où c'est la principale source d'énergie du dispositif, car il faut que chaque composant présent dans l'assemblage ait juste le niveau de tension nécessaire à son meilleur fonctionnement, c'est pourquoi nous avons préféré effectuer une alimentation stabilisée de + 5V et + 12V.

3.1.2.1. Courant secondaire

La carte Arduino absorbe un courant de 240mA et le circuit du transistor consomme un courant de $50 \times 2 = 100$ mA, nous aurons un courant total de 340mA et nous supposons donc un courant nominal secondaire $I_s = 400$ mA.

3.1.2.2. Courant primaire

Le transformateur est connecté à la basse tension de l'opérateur national; la tension est imposée par le réseau et est de 220V - 50Hz.

3.1.2.3. Tension secondaire

Dans notre montage, nous avons besoin d'une tension de 12V. Ainsi:

$$V_{\text{rms}} = 12\text{V} \text{ d'où } V_{\text{max}} = V_{\text{rms}}\sqrt{2} = 12\sqrt{2} = 16,97\text{V}.$$

3.1.2.4. Puissance apparente

$S = UI$, où I est le courant absorbé par le circuit

$$S = 12 \times 0,5 = 6\text{VA}.$$

Les transformateurs sont sélectionnés en fonction de cette caractéristique: 220V / 12V 6VA, 50Hz.

3.1.2.5. Sélection du rectificateur

Il redresse la tension alternative du transformateur en tension continue et s'articule autour de quatre diodes de redressement connectées dans le pont de Graetz.

3.1.2.6. Calculeur VRRM

$$V_{\text{rrm}} > V_{\text{rms}}\sqrt{2} = 12\sqrt{2} = 16,97\text{V} \quad V_{\text{rrm}} \geq 17\text{V}$$

$$I_{\text{fav}} > I_{\text{max}} / 2 = 0,5 / 2 = 0,25\text{A} \quad I_{\text{fav}} = 1\text{A}$$

Notre choix se fera sur un pont de diodes ayant $V_{rrm} = 17V$ et $I_{fav} = 1A$.

3.1.2.7. Unité de filtration

Le filtrage est assuré par un condensateur électrolytique. Il aide à limiter les ondulations à la sortie du redresseur et ses caractéristiques sont:

Capacité

$$Q = CU \Delta U = I \Delta t C = I \Delta t / \Delta U \text{ où } t = t_1 + T / 4 \text{ et } \Delta U = U_{cmax} - U_{cmin}$$

Nous savons que le facteur d'ondulation est donné par: $\tau = (U_{cmax} - U_{cmin}) / (U_{cmax} + U_{cmin})$

$$U_{cmin} = U_{cmax} (1 - \tau) / (1 + \tau)$$

Pour un bon filtrage, nous choisissons un facteur d'ondulation de 10%, donc

$$U_{cmin} = 15,57 * 0,81 = 12,61 \text{ V}$$

$$T = t_1 \quad U_{cmin} = U_{cmax} \sin(\omega t_1) \quad t_1 = 1 / \omega \arcsin(U_{cmin} / U_{cmax}) \text{ où } \omega = 2\pi f$$

$$t_1 = 1 / (6,28 * 50) \arcsin(12,61 / 15,57) = 1,57 \text{ms} \quad t_1 = 1,57 \text{ms}$$

$$\text{Finales: } C = 500 (1,57 + 5) / (15,57 - 12,59) = 1097 \mu\text{F} \quad C = 1000 \mu\text{F}$$

Nous choisissons un condensateur $1000 \mu\text{F} / 25V$ pour supprimer les courants de Foucault, nous placerons un condensateur céramique 100nF .

Le schéma de l'alimentation est donné par:

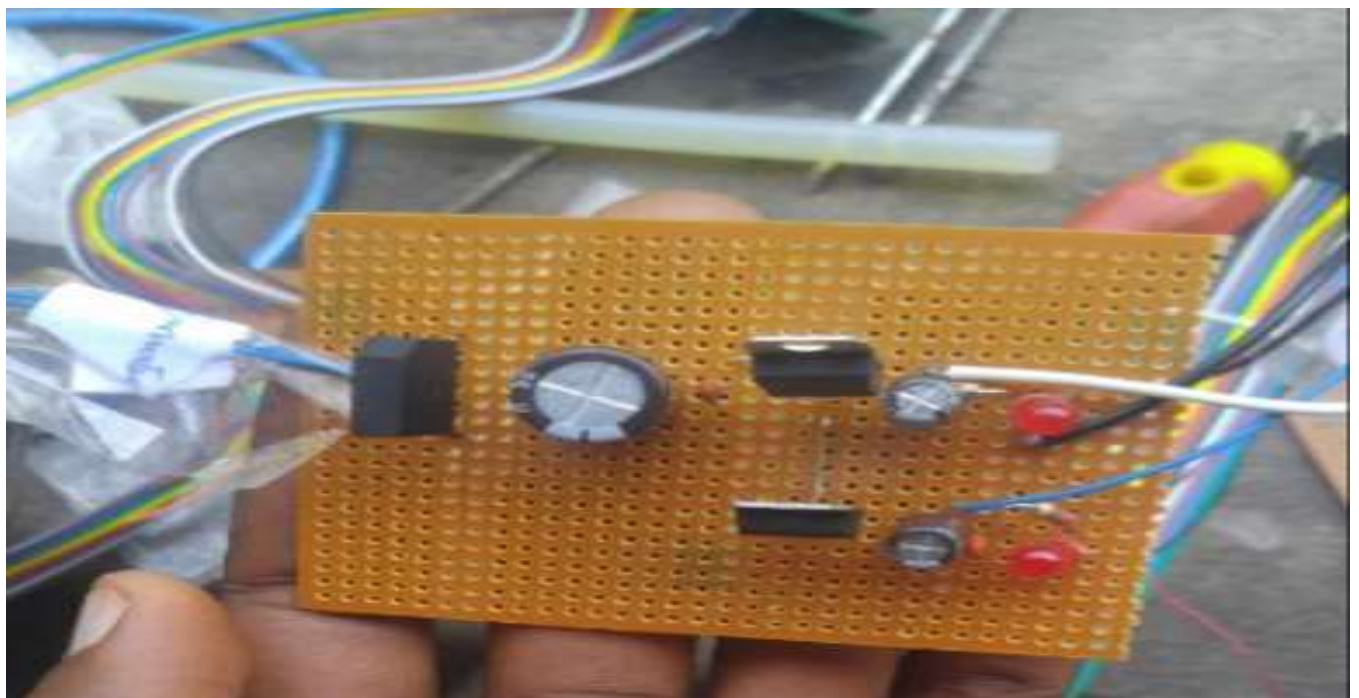
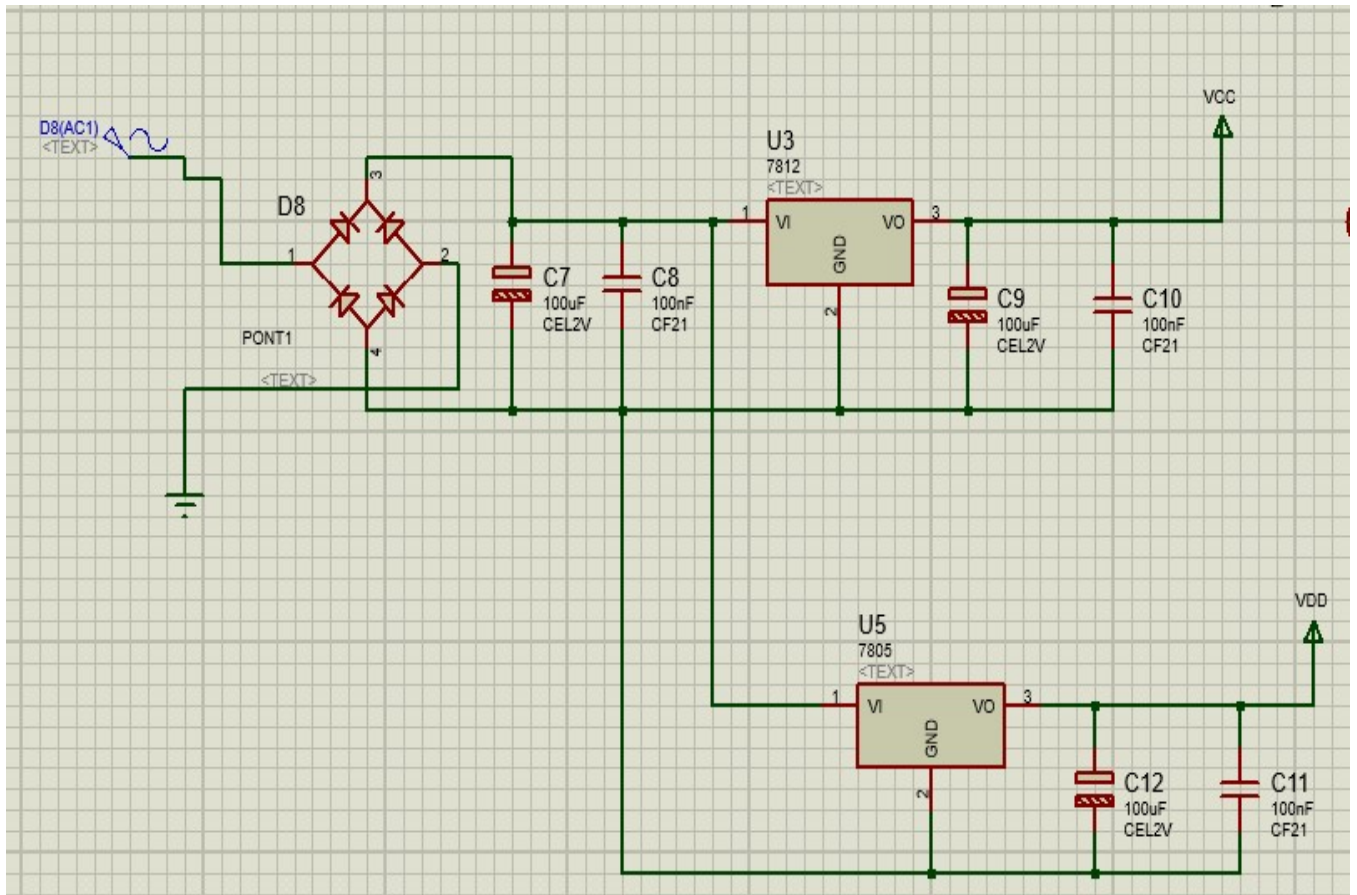


Figure 4 : Alimentation

3.2. Contrôle de la température

Le contrôle et la régulation de la température dans notre incubateur sont très nécessaires car si la température devient trop élevée ou trop basse à 37°C, elle a tendance à affecter la croissance embryonnaire des poussins et donc à réduire leur éclosion. Plusieurs technologies existent dans le contrôle de la température d'un système comme celui-ci et son maintien à une valeur particulière. Ceux-ci incluent: l'utilisation de résistances chauffantes, l'utilisation d'ampoules pour l'aviculture à petite échelle et l'utilisation de chauffages électriques. Dans ce projet, nous avons utilisé deux lampes car l'incubation se fait dans une enceinte réduite. Comme on l'a vu précédemment, Yaoundé a une température moyenne d'environ 23,5°C, ce qui signifie qu'une température supplémentaire d'environ 14°C doit être générée en permanence dans un incubateur. Un capteur de température DHT11 est utilisé pour informer la carte Arduino de la température actuelle de l'incubateur et des ajustements nécessaires effectués selon que la température est trop élevée ou trop basse.

3.3. Humidification et déshumidification

3.3.1. Humidification

C'est un processus d'augmentation de la teneur en vapeur d'eau (humidité), d'un gaz, et d'un espace défini. Dans ce cas d'incubation, cela peut être défini comme le processus consistant à ajouter le contenu en vapeur d'eau de l'air dans notre incubateur. Ce processus, son fonctionnement inverse et la déshumidification, sont des étapes importantes de la climatisation pour le développement des œufs et de nombreuses opérations industrielles.

Le contrôle de l'humidité de l'incubateur est essentiel car si l'air dans l'incubateur est trop sec, l'œuf a tendance à perdre trop d'eau dans son environnement par le processus d'évaporation, rendant ainsi l'incubation impossible. De plus, si l'air contient trop d'eau, une déshumidification est nécessaire. Au fur et à mesure que l'incubation se poursuit, un œuf deviendra normalement plus léger et les espaces aériens à l'intérieur de l'œuf deviendront normalement plus grands, du fait de l'évaporation de l'œuf. L'air (ou d'autres gaz) peut être humidifié par injection directe de vapeur d'eau (vapeur) ou, plus généralement, par évaporation d'eau liquide en contact avec le flux d'air. Lorsque l'évaporation se produit, la chaleur est nécessaire pour fournir la chaleur latente de vaporisation. Si aucune source de chaleur externe n'est fournie, l'eau ou l'air, ou les deux, seront refroidis.

Dans notre incubateur, un bol d'eau est placé dans l'incubateur pour jouer sur l'humidité. La chaleur de la source de chaleur chauffant l'eau, une partie de celle-ci va s'évaporer et donc,

augmenter l'humidité de l'incubateur. Cette eau va être changée manuellement de temps en temps.

3.3.2. Déshumidification

Cela implique la réduction de la teneur en vapeur d'eau dans un flux d'air spécifié, c'est le cas de notre incubateur. Pour ce faire, il est essentiel de connaître la teneur en humidité du flux d'air et la façon dont l'air s'est hydraté. Cela est nécessaire car une humidité excessive dans l'incubateur influence les échanges gazeux à travers les pores de la coque de l'incubateur. Cela peut donc causer à l'embryon de souffrir de dioxyde de carbone (qui est un déchet métabolique de l'incubateur) et certainement mourir. Dans le cas de cet incubateur, puisque nous allons détecter la quantité d'humidité présente à partir de notre capteur, et nous connaissons également la méthode utilisée pour augmenter l'humidité de l'incubateur, si l'humidité dépasse un certain niveau le bol de l'eau placée dans notre incubateur peut ensuite être retirée pendant un moment. Le capteur de température / humidité utilisé dans ce projet est le capteur DHT11. Le DHT11 est un capteur numérique de température et d'humidité basique et économique. Il utilise un capteur d'humidité capacitif et une thermistance pour mesurer l'air ambiant et génère un signal numérique sur la broche de données (aucune broche d'entrée analogique n'est requise). Il est assez simple à utiliser, mais nécessite un minutage minutieux pour récupérer les données. Le seul inconvénient réel de ce capteur est que vous ne pouvez obtenir de nouvelles données qu'une fois par seconde. Par conséquent, lors de l'utilisation de ce capteur, la lecture peut durer jusqu'à 2 secondes. La figure ci-dessous montre



Figure 5 : Le schéma d'un DHT11.

3.4. Circuit d'affichage

Un écran à cristaux liquides (LCD) 16 * 2 est utilisé pour afficher des informations utiles pour les éleveurs de volailles, telles que: le jour d'incubation, le nombre d'heures avant le retournement, le type d'œuf actuellement incubé, la température et l'humidité dans l'incubateur. Toutes ces informations sont fournies par les capteurs précédemment examinés et traités par le microcontrôleur pour l'affichage à cristaux liquides. Vous trouverez ci-dessous le schéma de l'unité d'affichage.

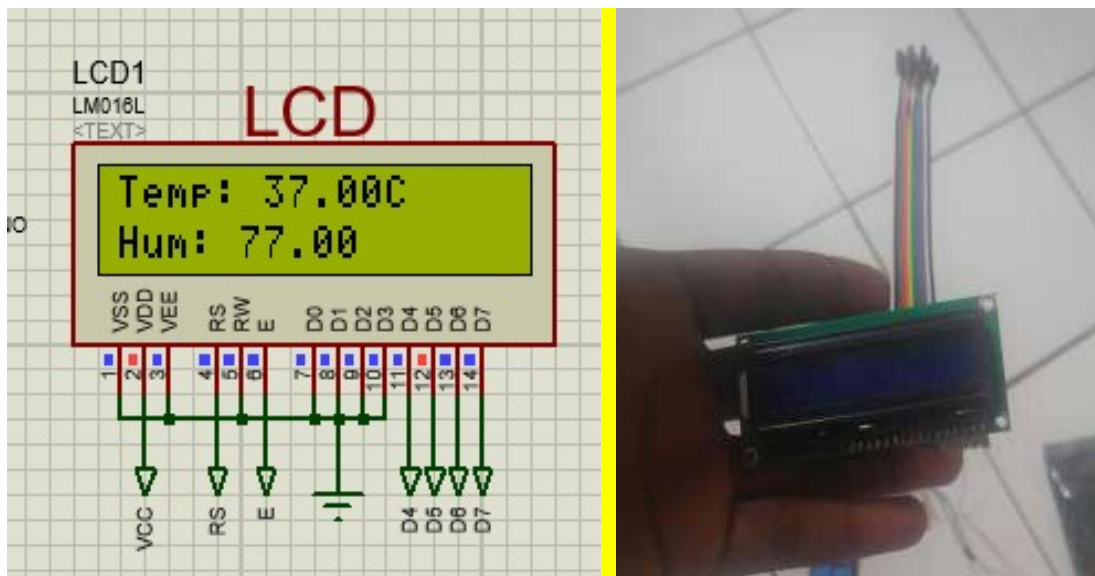


Figure 6 : Schéma de l'unité d'affichage.

3.5. Circuit de chauffage

C'est le circuit qui contrôle la température du circuit lorsque celle-ci devient inférieure à la température normale. Ce chauffage est réalisé par l'utilisation de lampes de 40Watt. Lorsque la température devient inférieure à 35°C, le relais est activé, ce qui allume les lampes. Un ventilateur est à son tour utilisé pour répartir la température dans l'incubateur. Vous trouverez ci-dessous le schéma du circuit de chauffage.

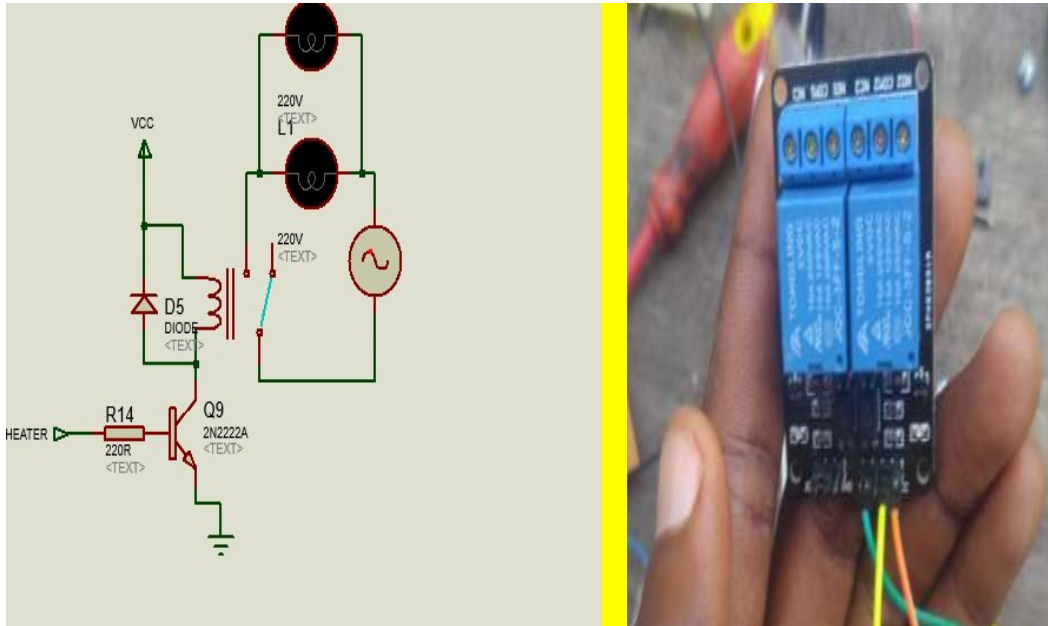


Figure 7 : Le schéma du circuit de chauffage.

3.6. Indicateur LED

Des diodes électroluminescentes (DEL) sont incluses dans le projet pour indiquer visuellement l'état de certains paramètres dans l'incubateur, comme lorsque la porte est fermée, lorsque la température est (basse ou élevée), lorsque l'incubateur fonctionne normalement, lorsque l'incubateur est en train de fonctionner Erreur.

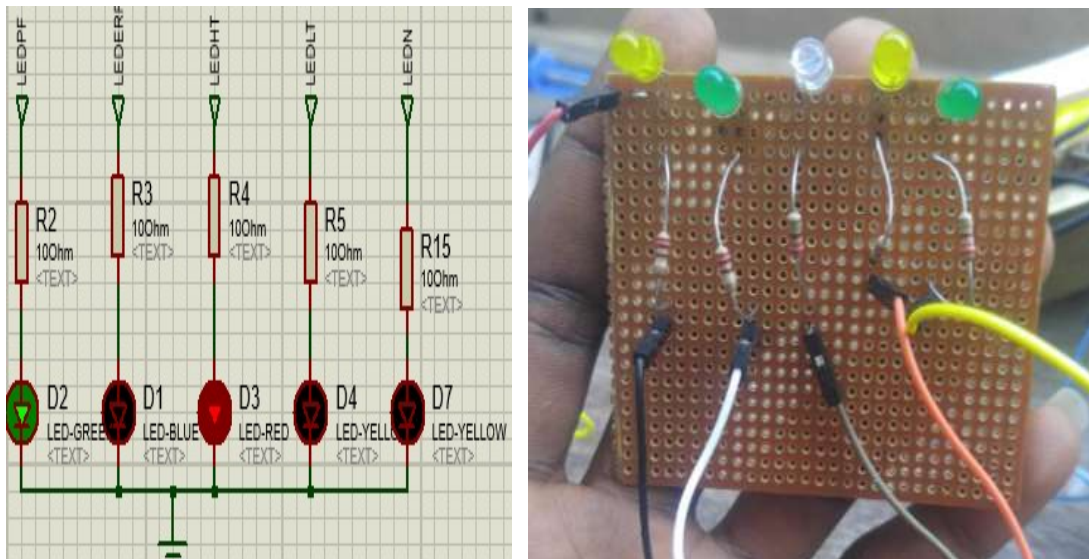


Figure 19 : Le schéma de l'indicateur LED

3.7. Conception et contrôle mécanique

Comme mentionné précédemment, le projet a un ventilateur qui est utilisé pour mettre la brise à l'intérieur de l'incubateur. Lorsque les lampes sont allumées, le ventilateur est éteint et lorsque le ventilateur est allumé, les lampes sont également essentielles car nous recherchons une tâche particulière. La figure ci-dessous est un schéma de principe du circuit de commande du ventilateur.

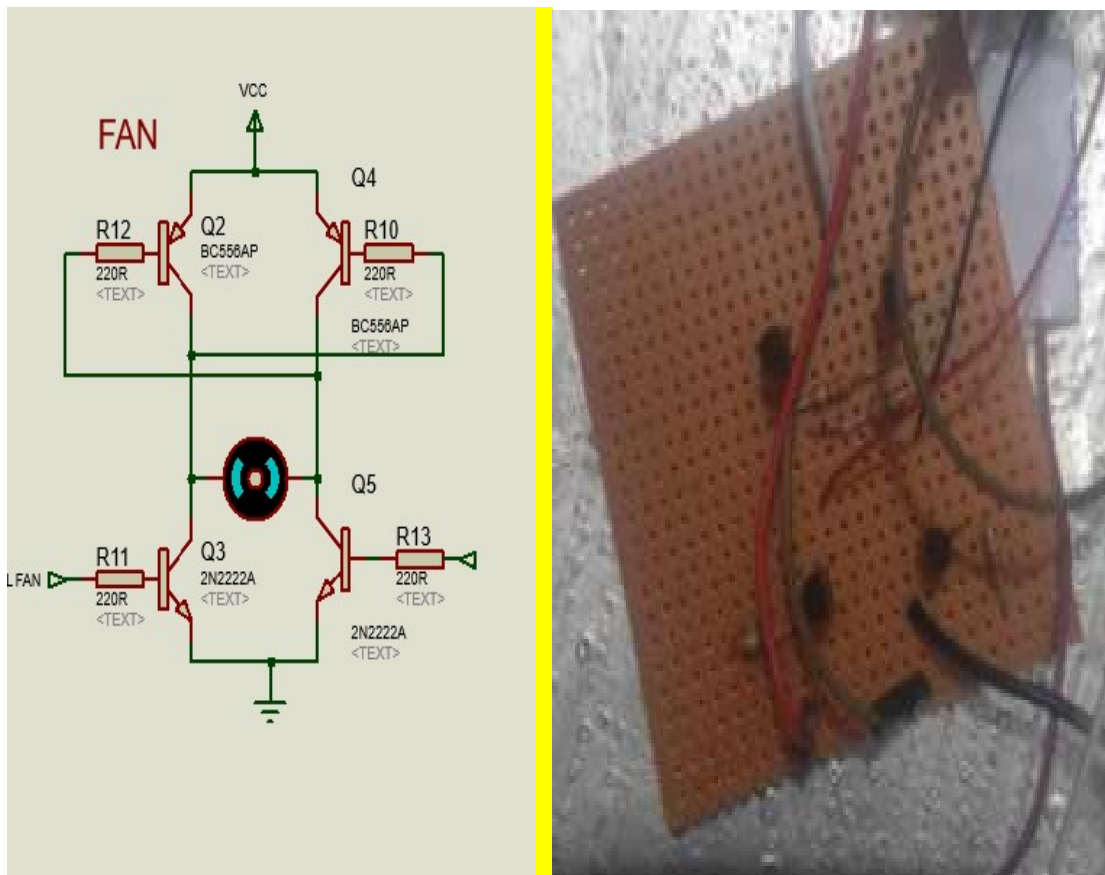


Figure 8 : Schéma de principe du circuit de commande du moteur à courant continu

3.8. La carte mère Arduino

La carte Arduino est basée sur l'ATmega328P. Il possède quatorze broches d'entrée / sortie numériques (dont six peuvent être utilisées en tant que sortie PWM), six entrées analogiques, un oscillateur à quartz de 16 MHz, une connexion USB, une prise d'alimentation, un chauffage ICSP et un bouton de réinitialisation. Il contient tout le nécessaire pour prendre en charge le microcontrôleur. Connectez-le simplement à un ordinateur avec un câble USB ou alimentez-le avec un adaptateur secteur / continu ou une batterie pour commencer. Arduino diffère des autres cartes en ce sens qu'il n'utilise pas la puce de pilote FTDI USB-to-serial. Au lieu de cela, il propose l'ATmega8U2 programmé en tant que convertisseur USB / série.

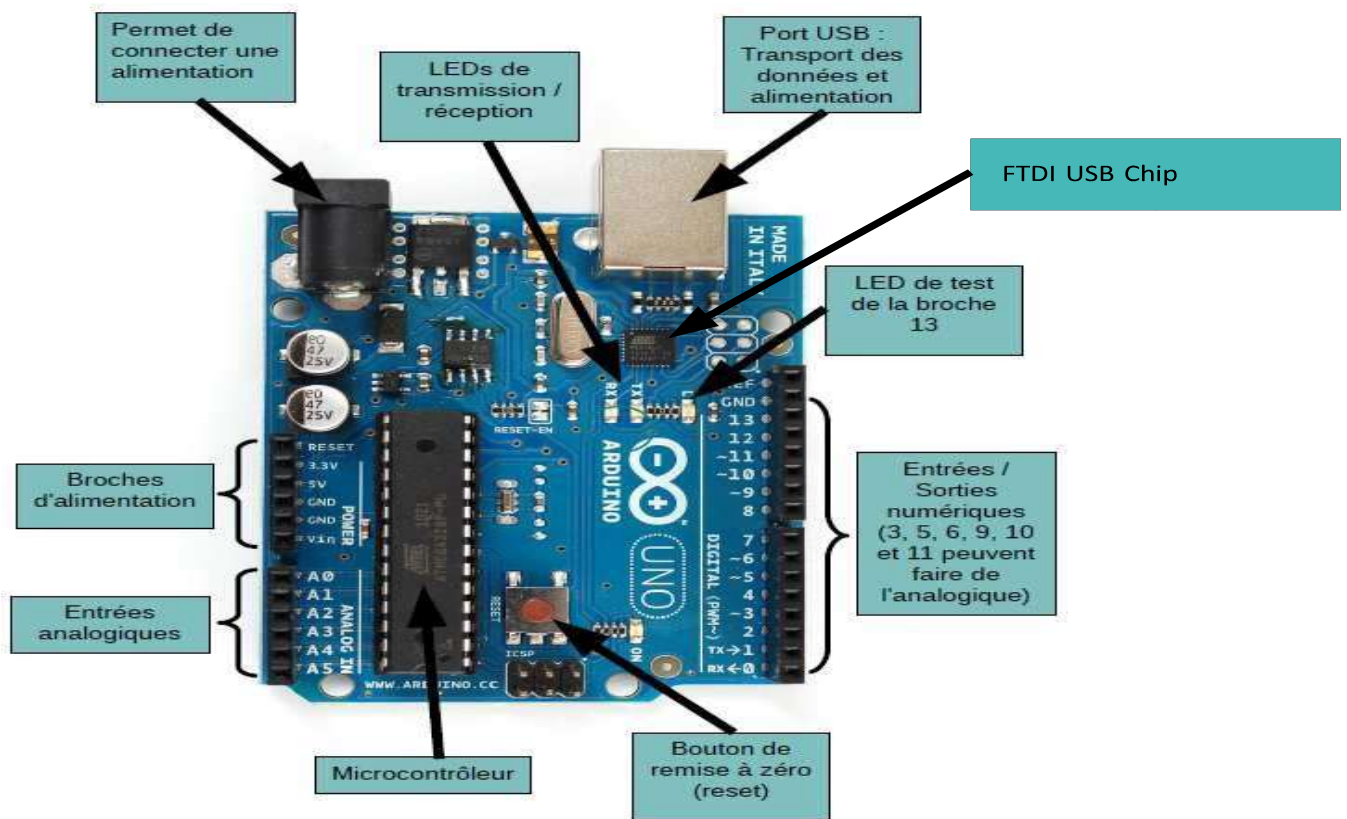


Figure 9 : La carte mère Arduino Uno

Tableau 2 : Spécifications techniques

Spécifications techniques	
Noms	Caractéristiques
Microcontrôleur	ATmega328
Voltage du système	5v
Voltage recommandé d'entrée	7-12V
Limite voltage d'entrée	6-20V
Digital I/O épingle	14 (dans lesquels 6 pour la PWM sortie)
Broches d'entrée analogiques	6
DC current per I/O pin	40 Ma
DC current for 3.3V pin	50 Ma
Mémoire flash	32 KB dont 0.5KB utiliser pour le démarrage
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Fréquence	16MHZ

Pour réaliser nos schémas, nous avons connecté notre arduino comme indiqué dans la figure ci-dessous.

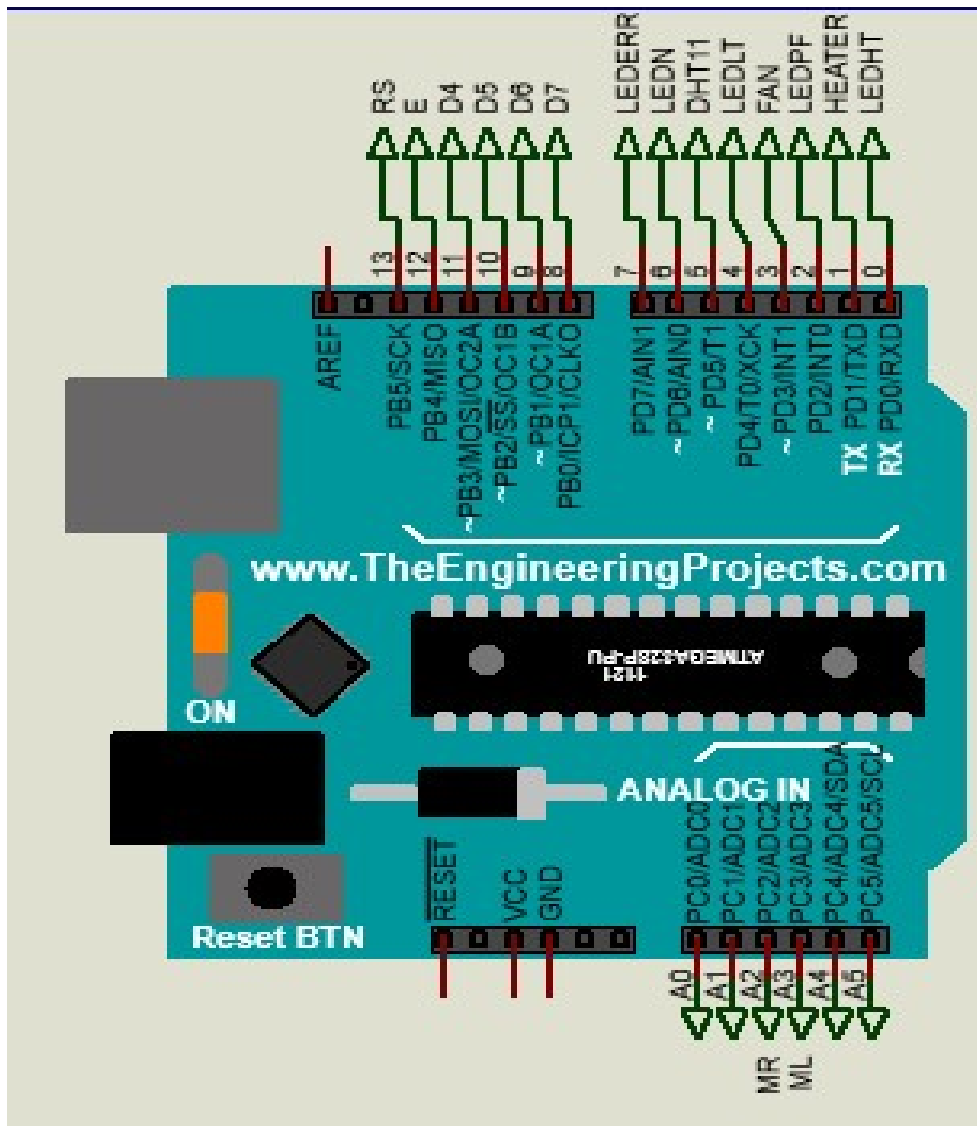


Figure 10 : connexions de la broche à arduino

3.9. Algorithme du projet

Cet algorithme représente le fonctionnement du module complet et l'une des raisons de sa présence dans ce travail est qu'il aide et facilite la conception du programme et du circuit électronique qui contrôlera l'ensemble du module.

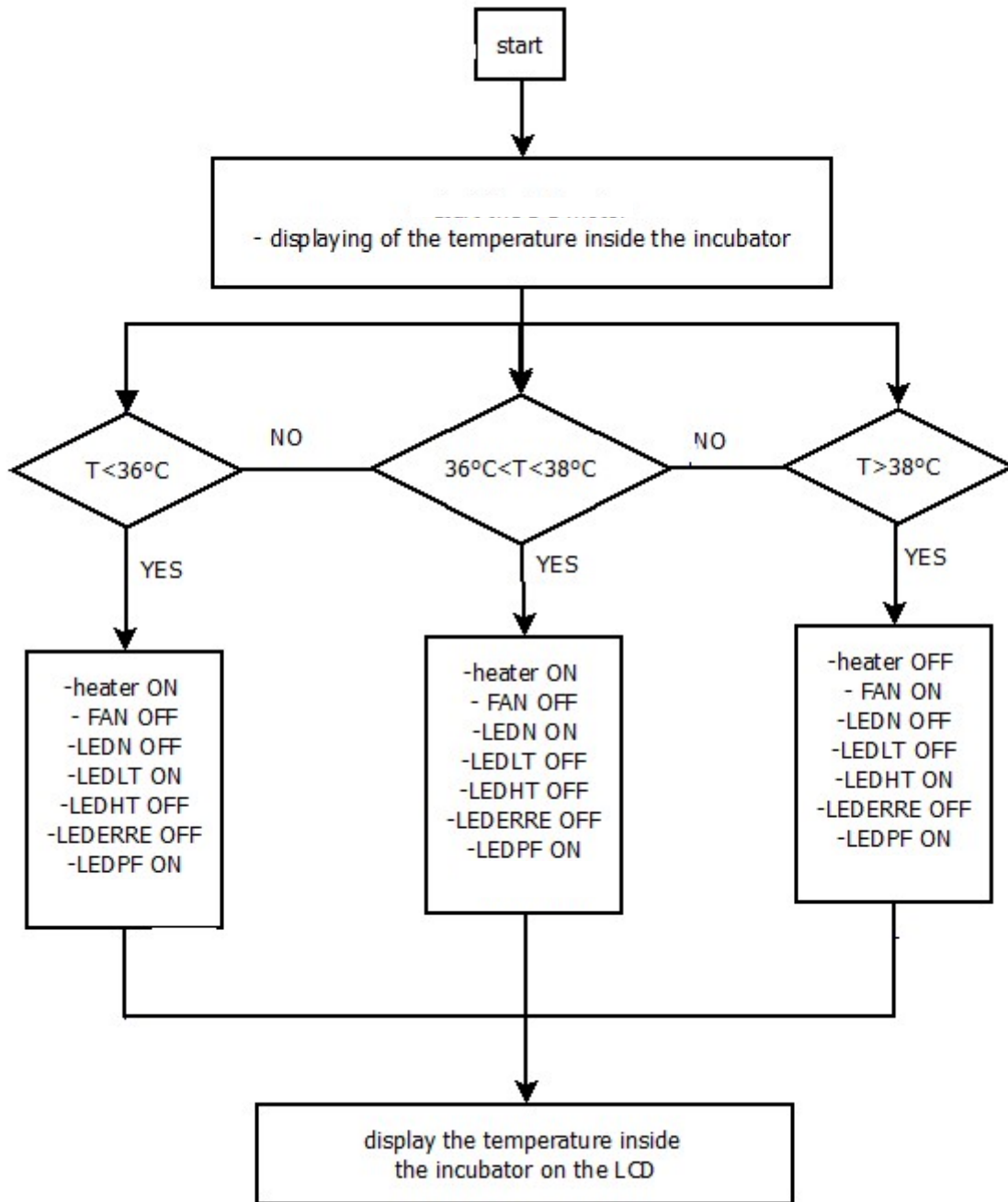


Figure 11 : Algorithme de projet

3.9.1. Interprétation de l’algorithme

Dès le premier démarrage de l'appareil, Arduino lit et affiche la valeur de la température à l'intérieur de l'incubateur, puis une série de tests est effectuée pour assurer un contrôle et une régulation appropriés de la température à l'intérieur du système:

Si la valeur de la température lue par Arduino est inférieure à 36°C, le chauffage est élevé, le ventilateur est bas.

Si la valeur de température est strictement inférieure à 38°C et strictement supérieure à 36°C, le ventilateur Arduino réagit au chauffage, le ventilateur est faible.

Si la température est supérieure ou égale à 38°C, le chauffage est désactivé, la ventilation est élevée.

À la fin de toutes ces actions, Arduino envoie la valeur de la température sur l'écran LCD.

4. Outil de conception du circuit électrique

Le circuit électronique représente l'assemblage de tous les blocs de synoptique précédemment cités, ce schéma global est un brouillon du module électronique de l'incubateur dans le logiciel ISIS PROTEUS 8.5, ainsi que son circuit imprimé (typon) dans ARES afin de se rassurer de son opération pour garantir le succès de sa réalisation; la figure ci-dessous présente le schéma total du circuit électronique de l'incubateur:

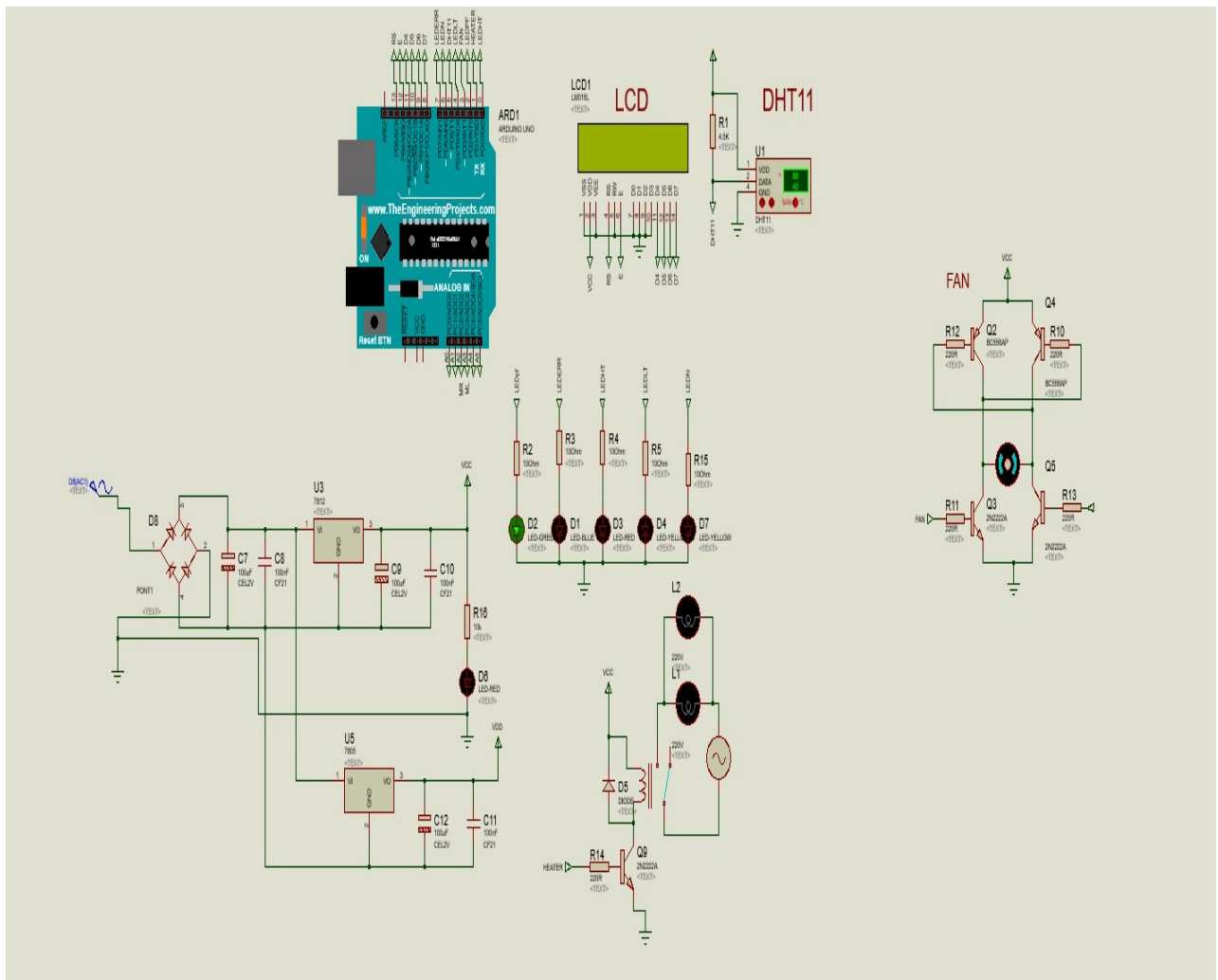


Figure 12 : Circuit électronique

Dans ce projet, nous utilisons la plaque perforée

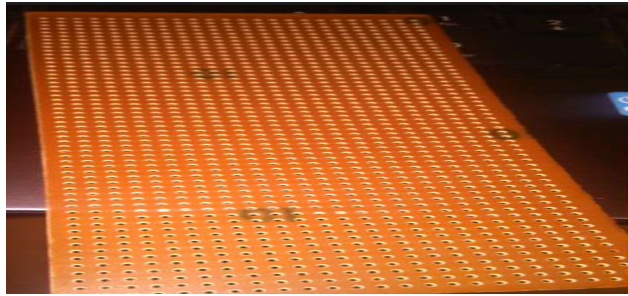


Figure 13 : plaque perforée



Figure 14 : Réalisation du circuit

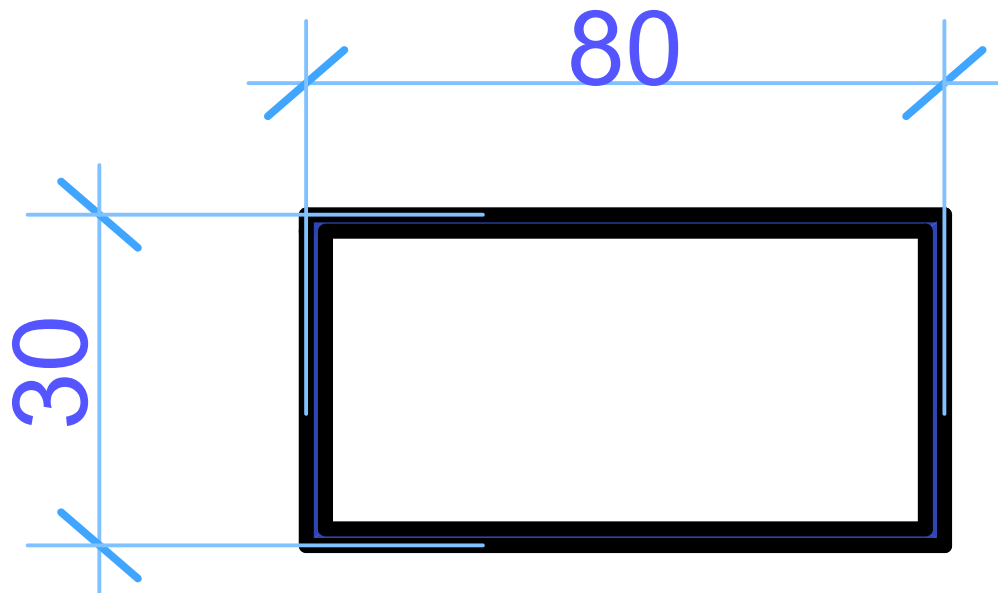
5. Codes d'outils de programmation d'Arduino-uno

Le code qui rend possible le contrôle d'Arduino Uno de notre projet a été écrit en langage C, en utilisant Arduino 1.6 qui est un compilateur très simple supportant le développement rapide et facile du programme. Il est important de noter que l'écriture de ce code ou programme n'est que la traduction de l'algorithme indiqué ci-dessus; et à la fin de la conception et de la compilation de notre programme, le compilateur générera un fichier exécutable qui sera chargé dans Arduino présent dans notre circuit électronique dans PROTEUS, afin de nous assurer de sa fonctionnalité et de sa fiabilité. Une fois sa fiabilité assurée, nous pouvons ainsi procéder à la réalisation du matériel de notre projet.

5.1. L'incubateur

5.1.1. Modélisation sur archicad 17

A différents stades de la conception de notre incubateur, il est essentiel de représenter la solution envisagée par des moyens graphiques adaptés (ARCHICAD 17). Ces différentes représentations permettent à la fois de concevoir un produit étudié du point de vue de la conception. Pour cela nous avons utilisé le logiciel ARCHICAD 17 qui offre la possibilité de modéliser notre produit à une approche presque réelle.



Plan de l'incubateur à oeufs

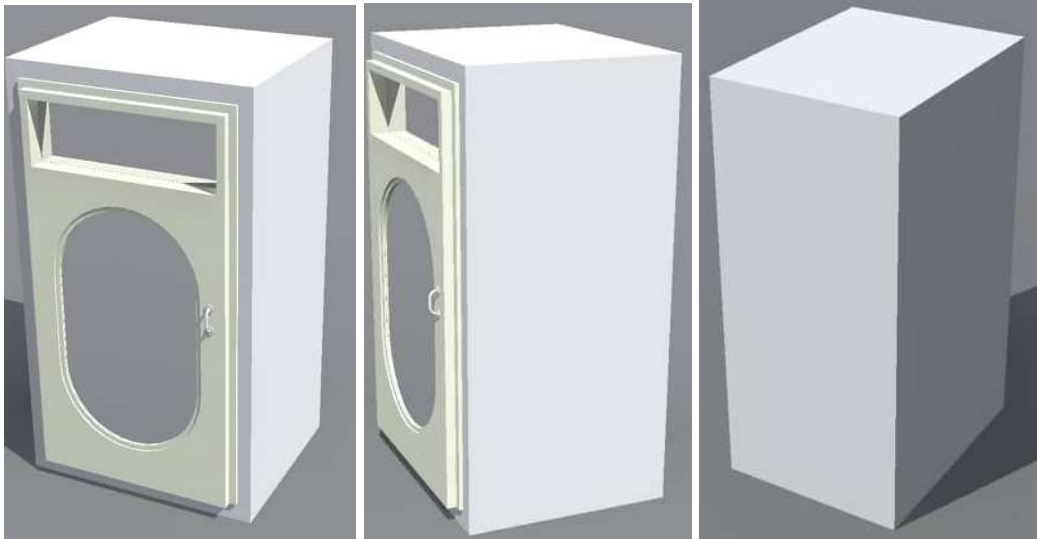


Figure 27 : Modélisation en 3D

5.1.2. Caractéristiques des matériaux de construction

Des études menées sur les incubateurs, il ressort que le dispositif d'incubation est un dispositif qui se veut rigoureux et dont le contrôle doit être exigé. Les matériaux utilisés pour la construction des dispositifs thermiques sous forme de chaleur, tels que les incubateurs, le séchoir solaire..., devraient pouvoir satisfaire aux exigences suivantes pour une meilleure efficacité :

- Résister aux températures dégagées par l'appareil
- Résister à la fissuration des parties vitrées
- Être disponible à un coût acceptable
- Les matériaux utilisés pour fabriquer la salle de chauffage doivent assurer de faibles pertes d'énergie par convection et maximiser l'isolation.



Figure 28 : Caisse en feuilles métalliques de notre incubateur



Figure 29 : Incubateur en itinérance en cours d'expérimentation

5.1.3. Coque de l'incubateur

L'extérieur de notre appareil a une hauteur de 50 cm, une largeur de 30 cm et une longueur de 80 cm.

De l'extérieur à l'intérieur, la coque de notre incubateur est composée des composants suivants:

- Une matière sombre (pas soufflé) qui absorbe la chaleur de l'extérieur vers l'intérieur.
- Le polystyrène (grande feuille de mousse) servant d'isolant thermique
- Un conducteur métallique (feuille en aluminium) capable de dissiper la chaleur dans la pièce

5.1.4. Salle de l'incubateur

À l'intérieur de notre incubateur, vous avez deux plateaux à œufs d'une capacité de 30 œufs chacun (l'incubateur contient donc 60 œufs au total). À la droite de ces plaques, nous avons deux ampoules (40watt) et deux ventilateurs (12V-0.012A) pour placer la brise à l'intérieur de l'incubateur. L'intérieur a une hauteur de 40 cm, une largeur de 25 cm et une longueur de 50 cm pour une profondeur de 20 cm.

5.1.5. Incubateur de chauffage

La source de chaleur utilisée dans notre incubateur est une ampoule de 40 WATTS. Cet appareil de chauffage a été choisi pour que la température se déplace progressivement dans l'enceinte de l'incubateur.

5.1.6. Ventilateur

Dans un incubateur, il est important que la température soit uniforme à tous les points de la pièce à traiter pour que la valeur de température donnée par le capteur soit placée en un point et soit suffisante pour permettre un fonctionnement correct. En effet, la chaleur générée par les ampoules est directement renvoyée à l'intérieur de l'incubateur à l'aide d'un ventilateur en bande d'une puissance égale à 0,144 watts.



Figure 30 : Ventilateur

5.1.7. Plateau à œufs

Dans notre incubateur, nous avons deux étages de plateaux à œufs pouvant chacun contenir 30 œufs (notre incubateur a une capacité de 60 œufs). Le confort des œufs à l'intérieur de l'incubateur est essentiel. C'est pour cette raison que des œufs sont suspendus sur les cellules en matière plastique, ces cellules fournissent aux œufs une stabilité lors de la rotation automatique.

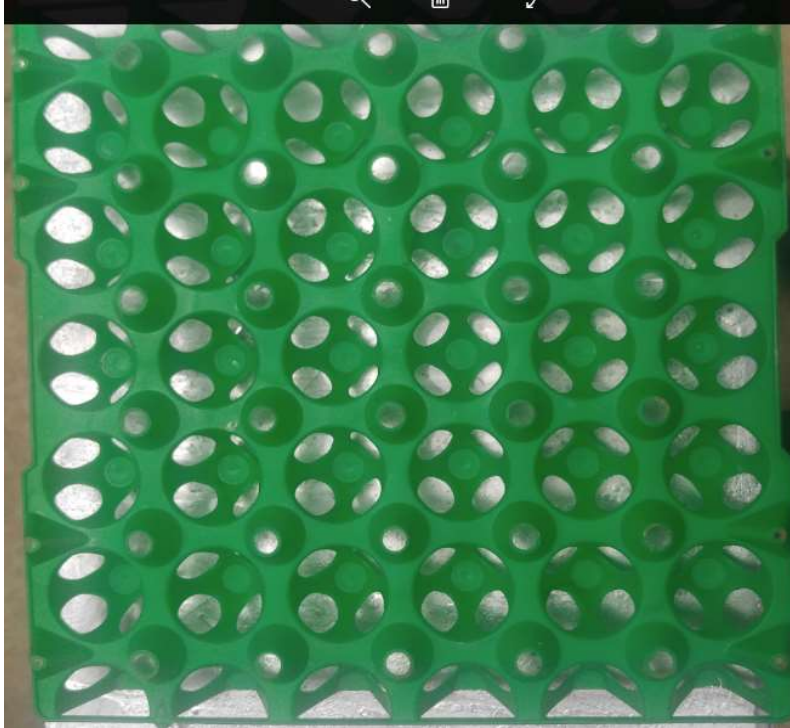


Figure 15 : Plateau à œufs

5.1.8. Capteur DHT11

Atteindre une température constante entre 36°C et 38°C n'était pas une tâche facile avec des ampoules électriques. Certaines mesures ont été effectuées à intervalles réguliers à l'aide d'un thermomètre à bulbe humide et il a été noté que les lectures du capteur étaient légèrement différentes de celles du capteur d'environ + 0,40°C. Cela nous a donc amené à augmenter la température du capteur de 0,40 pour obtenir une lecture de température stable à partir du thermomètre et du DHT11. Dans notre prototype d'incubation nous avons utilisé un seul capteur de température, mais normalement nous devons utiliser deux à trois pour se rassurer de la bonne température à l'intérieur de l'incubateur.

5.1.9. Aération de l'incubateur

L'approvisionnement en oxygène étant nécessaire au bon développement de l'embryon, plusieurs petits trous ont été créés sur la coque de l'incubateur. Ces trous doivent être faibles pour éviter que la température extérieure n'influence significativement la température ambiante de l'incubateur.

6. Estimation de la rentabilité et du coût de l'incubateur pour une incubation

6.1. Période d'incubation

Notre incubateur fonctionne avec les ampoules de 40 watts dans la ville de Yaoundé. Pour une période de production de poussins avec des œufs de poule, la période de chauffage de l'incubation est d'environ 25 jours. C'est-à-dire une incubation de 23 à 24 jours (floraison tardive) et de 4 à 5 jours selon une température moyenne constante avec la valeur désirée.

6.2. Estimation des coûts

Pour estimer le coût de notre incubateur, nous allons d'abord calculer la puissance totale de cet incubateur.

6.2.1. Calcul de notre puissance d'incubateur

- Puissance du ventilateur 0,144 W
- Puissance des lampes: 80W
- Puissance de la carte électronique: 12W

La puissance totale de l'incubateur est donc: $0,144w + 80w + 12 = 92,144W$.

6.2.2. Calcul de l'avantage

Pour 24 jours, le total des heures d'incubation est donné par:

$25 \times 24h = 600$ heures.

On sait que la puissance de l'incubateur 92.144W a une consommation de 0,0921 kW / h. Ainsi, pour l'incubation, le nombre total de KW est donné par: $600 \times 0,0921 = 55,286$ kWh. Si le prix d'un kilowatt est de 80 francs, nous avons une consommation totale d'électricité de: $55,2 \times 80 = 2\ 016$ francs. Produisant nous-mêmes des poussins d'un jour, nous devons les acheter sur le marché, le prix de revient est de $55 \times 650 = 35\ 750$ francs. Si l'on considère un taux de floraison, ce qui représente 91,66% des œufs (55/60 œufs incubés); en extrayant le coût de l'électricité consommée, et celle du matériel d'entretien, y compris la désinfection de l'alcool, nous avons utilisé les appareils de 1 000 F CFA puis après qu'un épanouissement en a eu un (bénéfice) de: $35\ 750 - (2\ 016 + 1\ 000) = 32\ 734$ F CFA. Ainsi, une production personnelle de ses propres poussins d'un jour est avantageuse et peut nourrir son producteur.

6.2.3. Étude expérimentale de l'incubateur

À la fin de ce travail, le temps ne nous permettait pas vraiment de tester et d'obtenir une éclosabilité complète et un pourcentage de hachures pour cet incubateur. Il est supposé que, puisque les paramètres à contrôler correspondent à ce que nous attendions, nous pouvons obtenir une bonne éclosion de cet incubateur.

6.2.4. Estimation du coût de l'incubateur

Le tableau ci-dessous présente la liste des composants et leurs prix sur le marché local.

Tableau 2 : Estimation du coût de l'incubateur

Catégorie	Quantité	Références	Valeur	P.U.	Total
Condensateurs	3	C7; C9; C12	100µf	400	1.200
Condensateurs	3	C8-C10-C11	100nf	400	1.200
Résistance	10	R2,R6,R8,R14	10K	200	2.000
Arduino Uno	1	ADR	5V/0.25A	15.000	15.000
Capteur de température et d'humidité	1	U1	DHT11	10.000	10.000
Régulateur 12v	1	U3	7812	1000	1.000
Régulateur 5v	1	U5	7805	1000	1.000
Transistor	2	Q2; Q4	2N2222A	500	1.000
Transistor	2	Q3; Q5	BC556AP	500	1.000
LED	6	LED1 LED2 ...		200	1.800
Connecteurs	21			300	6.300
LCD	1	LM016L		12.000	12.000
Relais	1	RL1	G5cle-1-dc12	900	900
Potentiomètre	1	RV1	1k	900	900
Ventilateur	2		12v-0.012A	5000	10.000
conception mécanique				15000	15.000
Lampes	2		40W	200	400

Transformateurs	1		12V*2	4000	4.000
Plateaux	2		30 œufs	800	1.600
Coût total :				86.300 fcfa	

Conclusion

La réalisation d'un incubateur possède deux parties essentielles, mécaniques et électriques. Les composants de chaque partie sont étudiés théoriquement dans ce chapitre. La réalisation de notre système nous permet de bien comprendre l'Arduino-Uno qui est une carte à microcontrôleur basée sur l'ATmega328P, qui possède 14 broches d'entrée/sortie numériques et une estimation du coût d'un incubateur. Le chapitre suivant est consacré à l'implication pédagogique de notre travail dans le système éducatif.

CHAPITRE 4 : IMPLICATIONS DIDACTIQUES

INTRODUCTION

L'apport pédagogique d'un travail scientifique est l'ensemble des techniques dégagées par celui-ci dans le but de favoriser la compréhension, voir même la résolution des problèmes liés à l'apprentissage de la discipline cadre dudit mémoire. Dans les chapitres précédents, nous avons fait une étude générale de la conception et la réalisation d'un incubateur à œufs. La réalisation de notre système nous a permis de bien comprendre Arduino-Uno qui est une carte à microcontrôleur basée sur l'ATmega328P, qui possède 14 broches d'entrée/sortie numériques ainsi qu'une estimation du coût de ce dernier. Il est question dans ce chapitre de donner l'intérêt de ce travail dans notre système éducatif. Pour y parvenir, nous allons donner les éléments ou paramètres qui entrent dans l'élaboration d'une fiche pédagogique, ensuite nous donnerons l'intérêt didactique de notre travail, ainsi que ses applications dans la vie courante et enfin, les problèmes rencontrés par les apprenants en général, et en particulier ceux du secondaire.

4.1. Intérêt didactique

La didactique est l'étude des questions posées par l'enseignement et l'acquisition des connaissances dans les différentes disciplines scolaires. Les notions abordées dans ce mémoire peuvent encourager les élèves à embrasser les sciences physiques, en particulier le domaine de l'électronique, de développer en eux un esprit créatif et une rigueur dans l'apprentissage de cette science.

4.2. Fiche pédagogique

Dans notre étude, les implications sont les applications directes de notre thème : conception et réalisation d'un incubateur à œufs au niveau des programmes d'enseignement secondaire. La fiche pédagogique décrit le déroulement des activités pédagogiques.

4.2.1. Thème traité

Notre thème traite d'un domaine de la physique qu'est l'électronique, la mécanique, la science de l'environnement, l'étude des moteurs électriques.

4.2.2. Le niveau des apprenants

Classes Terminales scientifiques

Ce travail a comme cible les élèves des classes terminales scientifiques en ce qui concerne les oscillateurs électriques, la lumière (sur l'effet photoélectrique), l'interaction électrique ; champ électrique. On développe en profondeur la notion d'un circuit électronique et électrique.

Classes de premières scientifiques

IL concerne les élèves de cette classe dans la mesure où, il traite les éléments du chapitre 9 : l'énergie électrique consommée dans une portion de circuit. En abordant ici la chaleur et l'effet joule.

Classes de Secondes scientifiques

Ce travail concerne les élèves des classes de secondes scientifiques à travers le module IV de la physique intitulé : Les résistors, diodes et transistors.

Classes de troisièmes et quatrièmes

Ce travail concerne les élèves des classes de troisièmes et quatrièmes à travers le module 2 : Actions mécaniques et énergie électrique, le module 4 : Projets et éléments d'ingénierie.

4.2.3. Objectifs généraux

Faire acquérir aux apprenants les éléments de bases leur permettant de comprendre le fonctionnement d'un incubateur, ainsi que les différentes parties qui le constituent.

4.2.4. Méthode de travail

Elle peut être présentée aux élèves sous forme explicative, démonstrative et/ou pratique.

- **Méthode explicative:** faire de ce travail un exemple d'application directe du cours (classes de troisièmes en leur montrant le fonctionnement du moteur électrique).
- **Méthode démonstrative :** montrer par des calculs puisés dans le cours comment on calcule la puissance de l'incubateur ainsi que l'avantage.
- **Méthode pratique :** amener les élèves à faire les maquettes des circuits électriques et à les testés lors des cours.

4.2.5. Démarche pédagogique

Approche par les compétences : elle met l'élève au centre de la construction des connaissances et présente les liens entre les notions apprises et notre environnement permettant ainsi à l'élève d'agir sur son environnement immédiat.

Conclusion

Dans ce chapitre, notre objectif était de donner l'implication pédagogique de notre travail dans le système éducatif. Après analyse, nous constatons que notre travail permet aux élèves du secondaire d'avoir la culture scientifique et l'esprit de créativité, de s'approprier des connaissances leur permettant de comprendre les différentes notions développées en classe et de faire un lien entre les différentes disciplines.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION GÉNÉRALE

Après l'étude finale de notre projet, on peut conclure que nous pouvons concevoir et mettre en place un incubateur automatique moderne respectant les exigences techniques de la production de poussins. Au chapitre deux, nous avons brièvement présenté les conditions climatiques et l'emplacement du site à l'étude, puis nous avons rappelé les principes généraux de la réglementation, suivis d'une petite étude sur les moteurs électriques. Le chapitre trois était consacré essentiellement à l'explication et la présentation des différentes études et étapes d'analyse de la construction d'un incubateur automatique d'œufs de poule, utilisant les ampoules comme source de chaleur. Le chapitre quatre nous montre l'importance de ce projet en milieu scolaire (enseignement secondaire), dans la mesure d'une approche par les compétences.

PERSPECTIVES

Pour une nette amélioration des tâches de recherche engagées, nous suggérons de:

- Introduire le moteur à courant continu pour faire tourner le plateau à œufs en cas de forte production
- Utiliser le module GSM pour envoyer le message en cas de dysfonctionnement de l'incubateur
- Construire un incubateur autoalimenté à l'aide d'une plaque solaire en cas de panne d'électricité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Incubator, [1] conception of an automatic.** Wikipedia, . “<http://fr. Wikipedia.> . [En ligne]
2. HANSETS, Edouard. **De l'œuf à l'autruchon**, Belgique, Les presses Agronomiques de Gembloux, 2013, 66p.
3. Guide d'incubation, Amérique, Hubbard, 62p
4. www.droboticsonline.com,DHT11Temperature & humidity, 2010
5. GRAULE,Anthony, Comment construire son incubateur façon méthode Albey ? ,2009 <http://dragoland.free.fr>
6. Dr. Soltane. « Chapitre 5», cours Automatique 'I2C', 2014, 53P.
7. **MRA.** les statistiques animales du secteur de l'élevage au cameroun . Yaounde : directions des statistiques animales , 2008.
8. **TIOFOUE, NGNINTEDEM.** Design and implementation of a system for acquisition and regulation of temperature applied to an incubator. Bambili : Enset de Bambili, 2008.
9. **J, SONAIYA E B et SWAN S E.** Production en Aviculture familiale ». Manuel FAü . Rome, : FAü, Rome, Italie,, 2004.
10. **H, BRUGERE.** Les particularités de la physiologie des oiseaux. L'Aviculture . Paris, : R Rosset, Paris, , 1988.
11. **G, LISSOT.** Poules et œufs. paris : Editions La Maison Rustique Flammarion, Paris, , 1987.
12. **WAGENINGEN N. V., MEINDERTS J., BONNIER P. and KASPER H.** L'incubation des œufs par les poules et en couveuse. Wageningen : Editions Fondation Agromisa et CTA, Wageningen, Pays Bas, , 1988.
13. **De Purry P.** Comment élever les poulets. Yaoundé : édition clé, Yaoundé, 5ème édition,, 1975.
14. **L, Makembe L.**Cconception, fabrication et évaluation des performances d'un incubateur . Dschang : FASA université de Dschang, 2014.
15. **M., GUILLOU.** La poulette et la pondeuse d'œufs de consommation. paris france : R Rosset, 1988.

16. **M, L'AMOULEN.** L'incubation artificielle . Paris, France : R Rosset, Paris, France, 1988.
17. **G, KENNE.** Cours d'Asservissement et Commande des Systèmes Continus. Bandjoun : IUT-Fv Bandjoun, 2009.
18. **ATABONGNGOU.F, [1].** Design and realization of temperature monitoring system for. Dschang : University of Dschang, 2011.
19. **B., SAUVEUR [2].** Reproduction des volailles et production d'œufs. parie : INRA, Parie, France, 1988.
20. **[3], CSAO-CILSS.** Profil sécurité alimentation, cameroun, rapport final , avril. s.l. : food-security.net, 2008.
21. **ATABONGNGOU.F.** Design and realization of temperature monitoring system for force convection. University of dschang : University of dschang, 2014. 71 pages.
22. **G, KENNE.** Cours d'Asservissement et Commande des Systèmes Continus. Bandjoun, : IUT-FV de Bandjoun,, 2009. 120 page.
23. **Tsague T., Tamo S.** Conception et réalisation d'une couveuse . Bamenda, : University of Bamenda, , 2012. 46 page.
24. en.wikipedia.org. wikipedia. [En ligne] electric_motor. , 02 02 2015. [Citation : 02 02 2015.] http://en.wikipedia.org/wiki/electric_motor. 02.
25. **KOMETA.D, LAMFU.E.**« Experimental study of a solar collector with concentration . Dschang, : University of Dschang, , 87 pages.
26. **M, NFAH E.** Design and Realisation of a Diode Thermostat for Two- Kilowatt Electric Fish Drier . University of Benin, Nigeria. : University of Benin, Nigeria., 1997. 166.
27. **2/02/2015, <http://en.wikipedia.org/wiki/3> . Consulté le. <http://en.wikipedia.org/wiki/3>. <http://en.wikipedia.org/wiki/3>. [En ligne] <http://en.wikipedia.org/wiki/3>, 02 02 2015. [Citation : 02 02 2017.] <http://en.wikipedia.org/wiki/3>. 02.**