

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
ECOLE NORMALE SUPERIEUR
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
D'EBOLOWA
DEPARTEMENT DE DE GENIE
MECANIQUE



REPUBLIC OF CAMEROUN

Peace – Work – Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I
HIGHER TECHNICAL TEACHER
TRAINING COLLEGE OF
EBOLOWA
DEPARTMENT OF OF
MECHANICAL
ENGINEERING

**Filière
Fabrication Mécanique**

**CONCEPTION ET REALISATION D'UN INCUBATEUR
A ROTATION AUTOMATIQUE AVEC ENERGIE
D'APPOINT**

Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du Diplôme de Professeur d'Enseignement
Technique et
Professionnel de 2e grade (DIPET II)

Par : **SOGANG Bonas**

Sous la direction de
M. TCHASSEM NOUBE Vivès-Arold
Enseignant
Dr. KOUMI NGOH Simon
Chargé de cours

Année Académique : 2019 - 2020



EPIGRAPHIE

« Tout le monde est un génie. Mais si vous jugez un poisson par sa capacité à grimper aux arbres, il passera sa vie entière persuadé qu'il est totalement stupide. »

Albert Einstein

DEDICACE

A
LA
FAMILLE
NGNITEDEM

AVANT PROPOS

L'Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique (ENSET), créé par Décret Présidentiel N° 2017/586 du 24 Novembre 2017, est un établissement d'Enseignement Supérieur relevant de l'Université de Yaoundé I. Il est situé au campus de Metykpwale dans la ville d'Ebolowa et abrite un bloc administratif, des salles de classes, un restaurant et bien d'autres.

L'ENSET a pour mission d'assurer :

- La formation des enseignants de l'Enseignement Secondaire Technique et des Conseillers d'Orientation Scolaire, Universitaire et Professionnelle;
- La promotion de la recherche scientifique, technologique et pédagogique, ainsi que la valorisation de résultats de la recherche dans son implémentation ;
- L'appui au développement ;
- Le recyclage et le perfectionnement du personnel de l'Enseignement Secondaire Technique, des professionnels dans ces domaines de formation.

Conformément à l'arrêté ministériel N°042/MESIRES du septembre 1991 dans son article 30, qui stipule qu'un mémoire de recherche sous forme de projet doit être présenté à la fin de chaque cycle. Le thème doit porter sur la spécialité de l'étudiant ou sur un problème d'ordre pédagogique. Cette disposition a pour principal objectif d'appliquer les connaissances acquises au cours de nos deux années de formation. C'est en s'inscrivant sur cette visée et en vue de l'obtention du diplôme de professeur d'enseignement technique grade 2 (DIPET 2), que nous avons en toute modestie effectué ce projet intitulé : « INCUBATEUR A ROTATION AUTOMATIQUE AVEC ENERGIE D'APPOINT ».

Nous voudrions par ce travail concilier les études théoriques et la réalité, ceci grâce à une machine dont le but est de clore les œufs de poule afin de faciliter l'acquisition des poussins tout en surmontant le problème de disponibilité en énergie.

Nous espérons par ce travail apporter une marque à l'édifice de la technologie

REMERCIEMENTS

Il est assez difficile de réaliser une œuvre comme celle-ci sans la collaboration de plusieurs personnes. Ainsi, la récompense d'un dur labeur ne profite pas à ses seuls auteurs. C'est fort de cette idée que nous tenons à adresser nos plus sincères remerciements à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué moralement, financièrement et intellectuellement à la réalisation de ce travail; c'est pourquoi, nous tenons à remercier particulièrement les personnes ci-après :

- ❖ Madame Le Directeur de l'ENSET d'Ebolowa, **Pr SALOME NDJAKOMO ESSIANE** au vue des efforts déployée pour nous offrir une formation de qualité;
- ❖ notre Chef de Département Génie mécanique, **Pr KANAA** pour son encadrement, ses conseils, son dévouement, sa présence et son soutien ;
- ❖ **M. TCHASSEM NOUBE Vivès-Arold**, notre encadreur pour ses remarques, ses conseils et sa disponibilité ;
- ❖ **Dr. KOUMI NGOH Simon**, notre superviseur pour ses remarques, ses conseils et sa disponibilité ;
- ❖ Tout le Staff Administratif et Professoral de l'ENSET d'Ebolowa pour la formation enrichissante et nécessaire pour le suivi de nos jeunes frères et sœurs des lycées et collèges du pays ;
- ❖ Tous nos camarades de l'ENSET d'Ebolowa, en particulier à ceux du département Mécanique niveau V pour l'esprit de fraternité dont chacun a fait preuve durant toute cette formation afin que tous évoluons d'un même pas;
- ❖ Les différents membres du jury pour leurs disponibilités pour l'évaluation de ce travail ;
- ❖ Ma famille pour leurs soutiens moraux, financiers et les diverses motivations ;
- ❖ **M. DOUMTSOP Gaétan** pour l'assistance technique déployée afin de permettre le fonctionnement de ce projet.
- ❖ Tous ceux dont de près ou de loin ont participé à la réalisation de ce travail.

LISTES DES ABREVIATIONS

Tableau 1 : Symboles et sigles.

abréviation	Désignation	unité
Symbole		
D	Diamètre	Mili mètre (mm)
E	Epaisseur	Mili mètre (mm)
H	Hauteur	Mili mètre (mm)
HR	Humidité relative	Pourcentage (%)
I	Courant	Ampère (A)
M	Masse	Kilo gramme (Kg)
P	Pression	Pascal (Pal)
P _m	Puissance du moteur	Kilo watts (kw)
S	Coefficient de sécurité	Volt (v)
T	Température	degré Celsius (°C)
U	Tension	
Σ	contrainte	Méga pascal (MPa)
Φ	Flux	Watt par mètre carré (Wm ⁻²)
θ	Angle	Degré
Sigle		
AGROCAM	Agroalimentaire du Cameroun	
CO	Cote outil	
Cf	Cote fabrication	
ENSET	Ecole Normale Supérieur d'Enseignement Technique	
FS	Fonction de Service	
SPC	Société des Provenderies du Cameroun	

RESUME

Le secteur avicole dans la région du SUD Cameroun connaît une difficulté majeure qui est celui d'approvisionnement en poussin d'un jour. Pour trouver une solution au problème, il nous a été proposé dans le cadre des projets de fin de second cycle le thème « **CONCEPTION ET REALISATION D'UN INCUBATEUR A ROTATION AUTOMATIQUE AVEC ENERGIE D'APPOINT** ». Nous en sommes arrivés à un cahier de charge qui regroupe tous les éléments à prendre en compte pour la conception d'un dispositif, qui va permettre de fournir aux œufs, les mêmes conditions que leurs offre la mère poule couveuse, à savoir la chaleur nécessaire, l'humidité relative, l'aération et le mouvement nécessaire au développement adéquat de l'embryon. Le but de ce projet dans sa première phase est de mettre sur pied un prototype avec pour caractéristique principale : l'auto régulation de sa température à un seuil prédéfini, le retournement motorisé des supports d'alvéoles, l'auto sélection de la source d'alimentation pour assurer une alimentation en continu et un rendement de production avoisinant les **100%**. L'implémentation de ce prototype de **126 œufs** a été possible suite à l'étude des systèmes existants, à un dimensionnement des éléments qui entrent dans sa réalisation et à des simulations numériques des schémas pour vérification de la fonctionnalité des systèmes à assembler. Le prototype implémenté, les tests nous ont permis sur des périodes de **21 jours** de relever : pour une consigne de **37.5 °C** de température une variation dans l'enceinte allant de **37.4 °C à 38.20°C** ; une humidité variant de **47% à 51%** ; une consommation en énergie de **2350 francs** ; consommation en eau d'environ 20 Litres pour un rendement moyen de **85%**. Au sortir de ces tests, nous relevons que les objectifs escomptés présentent un déficit de **15%** dont il faut rattraper.

Mots Clés : Incubateur, rotation automatique, appoint, aviculture.

ABSTRACT

The poultry sector in the SOUTH Cameroon region is experiencing a major difficulty, that of supplying day-old chicks. To find an attempt at a solution to the problem, we were offered as part of the end of second cycle projects the **theme "DESIGN AND REALIZATION OF AN AUTOMATIC ROTATION INCUBATOR WITH BACKUP ENERGY"**. We have arrived at a specification which brings together all the elements to be taken into account for the design of a device, which will make it possible to provide the eggs with the same conditions as their mother incubator provides, namely the heat required, relative humidity, aeration and movement necessary for the proper development of the embryo. The aim of this project in its first phase is to set up a prototype with the main characteristic: self-regulation of its temperature at a predefined threshold, motorized reversal of the cell supports, self-selection of the source of feed to ensure continuous feeding and a production yield of around **100%**. The implementation of this prototype of **126 eggs** was possible following the study of the existing systems, a dimensioning of the elements which go into its realization and a numerical simulation of the diagrams to verify the functionality of the systems to be assembled. The prototype implemented, the tests enabled us over periods of 21 days to note: for a temperature set point of 37.5°C a variation in the enclosure ranging from **37.4°C to 38.20°C** ; humidity varying from **47% to 51%**; an energy consumption of 2,350 francs; water consumption of about **20 liters** for an average yield of **85%**. At the end of these tests, we note that the expected objectives present a deficit of **15%** which must be made up.

Keywords: Incubator, automatic rotation, extra, poultry farming.

TABLES DES MATIERES

EPIGRAPHIE.....	i
DEDICACE.....	ii
AVANT PROPOS.....	iii
REMERCIEMENTS	iv
LISTES DES ABREVIATIONS.....	v
RESUME.....	vi
ABSTRACT	vii
TABLES DES MATIERES	viii
LISTES DES FIGURES.....	xi
LISTES DES TABLEAUX.....	xiii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I: GENERALITES SUR LA THEMATIQUE	2
I.1. BESOIN EXPRIME	2
I.2. DESCRIPTION DE L'ŒUF	2
I.3. QUALITE DE L'ŒUF	3
I.3.1. Principes de croisement des parentaux	3
I.3.2. Sélection et conservation des œufs pour l'incubation.....	4
I.4. SOINS APORTE A L'ŒUF	5
I.5. DEVELOPPEMENT DE L'EMBRYON.....	6
I.5.1. Suivie du développement de l'embryon	6
I.5.2. Mirage.....	7
I.6. TYPES D'INCUBATIONS	9
I.6.1. L'Incubation naturelle	9
I.6.2. L'Incubation artificielle.....	10
I.6.3. Le retournement régulier des œufs	11
CHAPITRE II : REVUES DE LITTERATURE.....	12
II.1. DIAGRAMME DE BETES A CORNES ET DES FONCTIONS	12
II.2. PARAMETRE D'INCUBATION	14
II.2.1. Température et humidité	14

II.3. ISOLATION DES PAROIS	17
II.4. DIFFERENTS TYPES D'INCUBATEUR ET CHOIX DES SOLUTIONS	20
II.3.1. Rechercher des solutions techniques	20
II.3.2. Proposition des solutions techniques FS2	23
II.4. CHOIX DE LA SOLUTION	26
CHAPITRE III : ETUDES CONCEPTUELLES	28
III.1. INTRODUCTION	28
III.2. DIMENSIONNEMENT DE L'ENCOMBREMENT	28
III.2.1. NOMBRE D'ALVEOLES.....	29
III.2.2. calcul du volume occupe par une alvéole	29
III.2.3. déterminons le nombre de casier a réaliser	30
III.2.4. détermination de l'épaisseur des parois	30
III.3. CALCUL DES CHARGES	32
III.3.1. masse œufs et alvéoles	32
III.3.2. charge support alvéoles.....	32
III.4. DIMENSIONNEMENT ALIMENTATION.....	37
III.4.1. calcul puissance électrique utile du moteur	37
III.4.2. énergie utile au système	37
III.4.3. dimensionnement en appoint en solaire	38
CHAPITRE IV : FABRICATION DU PROTOTYPE / MATERIELS ET METHODES	40
INTRODUCTION	40
IV.1. PARTIE MECANIQUE.....	43
IV.1.1. Montage de l'ossature.....	43
IV.1.2. Montage des parois	47
IV.1.3. Montage du système de retournement	48
IV.2. PARTIE ELECTRIQUE	51
IV.2.1. Alimentation	52

IV.2. Entrée	54
IV.2.3. Unité de traitement	54
IV.2.4. Sortie.....	55
CHAPITRE V : TEST RESULTATS ET PLAN DE MAINTENANCE	57
V.1. EXPLOITATION DES COUTS.....	57
V.2. TEST ANALYSE ET INTERPRETATION DU SYSTEME	59
V.2.1. Test du prototype	59
V.2.2. Rendement du prototype	62
V.3. MAINTENANCE DU SYSTEME.....	63
V.3.1. Types de maintenance	63
V.3.2. Outils d'aide à la maintenance	65
CONCLUSION GENERALE	66
BIBLIOGRAPHIE	66
ANNEXES	66

LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Représentation schématique d'une coupe longitudinale d'un œuf de poule. [2].....	3
Figure 2 : Qualité de l'œuf. [3]	5
Figure 3 : Evolution de l'embryon. [2].	7
Figure 4 : Evolution de l'embryon. [2].	7
Figure 5 : Volume idéal de la chambre à air. [8]	8
Figure 6 : Diagramme bête à corne.	12
Figure 7 : Psychomètre. [7].....	15
Figure 8 : Diagramme psychométrique. [7]	16
Figure 9 : Capteurs de température/d'Humidité (DHT22) et le thermostat.	16
Figure 10 : Couvreuse à pétrole. [9]	21
Figure 11 : Couvreuse plastique. [10].....	21
Figure 12 : Incubateur en métal.....	22
Figure 13 : Retournement manuelle. [9]	23
Figure 14 : Retournement avec cylindre creux. [11].....	24
Figure 15 : Retournement avec barre cylindrique. [11]	24
Figure 16 : Retournement avec tapis mobile. [11].....	25
Figure 17 : Retournement avec plaque translatant. [9]Principe:	25
Figure 18 : Retournement par basculement.	26
Figure 19 : Cinématique du système.	27
Figure 20 : Structure interne l'incubateur.	28
Figure 21 : Volume de l'alvéole.....	29
Figure 22 : Section de la paroi.....	31
Figure 23 : Charge sur le fer plat.....	33
Figure 24 : Charge sur les cornières.....	34
Figure 25 : Appui sur la cornière.....	34
Figure 26 : Efforts exercé sur la cornière.	35
Figure 27 : Moments fléchissant.	35
Figure 28 : Ossature.....	47
Figure 29 : Enceinte incubateur.....	47
Figure 30 : Système de retournement.....	51
Figure 31 : Synoptique système.....	51
Figure 32 : Relais électronique.....	52

Figure 33 : Transformateur 220/12V.	52
Figure 34 : Régulateur électronique.	53
Figure 35 : Redressement.	53
Figure 36 : Schéma d'alimentation.	53
Figure 37 : Capteur DHT22.	54
Figure 38 : Arduino nano.	54
Figure 39 : Led.	55
Figure 40 : Moteur.	55
Figure 41 : Ventilateur.	56
Figure 42 : Résistance chauffante.	56
Figure 43 : Schéma câblage.	56

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1 : Symbole et cige.	v
Tableau 2 : Proportion des parentaux. [3]	4
Tableau 3 : Récapitulatif du suivi. [8]	8
Tableau 4 : Paramètres d'incubation pour différentes volailles. (Adapté à nos soins)	10
Tableau 5 : Critères d'appréciation et les niveaux de fonctions de service.	13
Tableau 6 : Isolants [8]	17
Tableau 7 : Caractérisation couvreuse en bois.	21
Tableau 8 : Caractérisation couvreuse plastique.	22
Tableau 9 : Caractérisation métallique.	22
Tableau 10 : Caractérisation retournement manuelle.	23
Tableau 11 : Caractérisation retournement semi-automatique.	23
Tableau 12 : Caractérisation retournement automatique.	26
Tableau 13 : Caractérisation du choix retenu.	27
Tableau 14 : Récapitulatif des dimensions.	32
Tableau 15 : Quantité tôle a utilisé.	32
Tableau 16 : Quantité de fer a utilisé.	33
Tableau 17 : Evaluations énergies des composants.	37
Tableau 18 : Avant-projet de fabrication.	40
Tableau 19 : Gamme d'usinage.	40
Tableau 20 : Dimensions tube à souder.	43
Tableau 21 : Matière d'œuvre.	57
Tableau 22 : Suivis sur 21 jours.	59
Tableau 23 : Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets.	65

INTRODUCTION GENERALE

Dans les pays en voie de développement comme le CAMEROUN, une grande partie de la population se retourne vers l'élevage et plus précisément vers celui de la volaille. En vue de subvenir aux besoins en alimentation et de limiter le taux de chômage, qui constitue l'un des défis majeurs pour notre société, nous apportons notre contribution à la résolution de ce problème en proposant un dispositif permettant la production de poussin d'un jour. La demande en volaille d'un jour, pour démarrer l'élevage devient grandissante or l'accès aux équipements adéquats pour la couaison des œufs reste une énigme de par son coût élevé et sa non-disponibilité. Rendre cet équipement disponible fait l'objet du travail de notre mémoire de fin de cycle du DIPET II, qui est intitulé : « CONCEPTION ET REALISATION D'UN INCUBATEUR A ROTATION AUTOMATIQUE AVEC ENERGIE D'APPONT ». Compte tenu de la demande, comment mettre sur pied un dispositif complet, à fiabilité élevée, à moindre coût, utilisable même dans des zones reculées et non électrifiées du territoire national ? Pour mieux comprendre le fonctionnement de notre dispositif, nous allons organiser le travail en cinq chapitres. Dans le premier chapitre, il sera question de faire une généralité sur les moyens utilisés dans le secteur avicole pour assurer la pérennité des espèces ; Dans le deuxième chapitre, nous présenterons l'ensemble des aspects théoriques qui entrent dans la conception et la réalisation des dispositifs d'incubation existants ; Le troisième chapitre sera une étude dimensionnelle de la matière d'œuvre pour un dispositif d'environ 30000 œufs ; le quatrième chapitre mettra en relief les étapes de la réalisation pratique d'un prototype et en fin nous aborderons les résultats obtenues ainsi que la proposition d'un plan de maintenance.

CHAPITRE I: GENERALITES SUR LA THEMATIQUE

I.1. BESOIN EXPRIME

Les éleveurs de volaille de la région du SUD ont de la peine à étendre leurs activités et satisfaire la demande locale. Ceci suit aux moyens d'approvisionnement en œufs et poussins très souvent importés. Le sondage des éleveurs nous a permis d'obtenir les sources d'approvisionnements suivantes : BAFOUSSAM (AGROCAM, SPC) ; DOUALA (Elevage d'Afrique) et YAOUNDE. Les longs voyage accompagnés des vibrations et variations de température considérés comme source de stress important, il n'est pas à écarter certains méthodes d'approvisionnement comme facteurs du mauvais rendement local observé. Face à cette situation, on se demande comment optimiser l'approvisionnement local en œufs et en poussins? Suivre cette piste nous a conduits à ressortir les caractéristiques et qualités des œufs incubés ainsi que les soins adaptés pour la cause.

I.2. DESCRIPTION DE L'ŒUF

La constitution de la coquille d'un œuf, nous indique qu'il est uni, poli et poreux. La longueur, la largeur, la couleur, l'épaisseur de la coquille, le contenu, la résistance à l'écrasement et le poids d'un œuf sont variables d'un animal à un autre. Sa structure anatomique est composée du jaune ou vitellus, le blanc ou albumen, les membranes coquillières et la coquille. Les parts pondérales relatives de ces constituants de l'œuf de poule sont: [1]

- coquille (9,5%) ;
- albumen ou blanc (61,50%) ;
- Vitellus ou jaune (29%).

Le poids de l'œuf de poule est variable en fonction de la souche et de l'âge de la poule. Il est en moyenne de (30 à 70g). L'épaisseur de la coquille de l'œuf est variable (0,35 à 0,40 mm et de 0,44 à 0,62 mm). La fragilité des œufs de poule pose quelques soucis lors du transport des œufs lorsque les centres de production sont éloignés des lieux de consommation ou des lieux d'incubation.

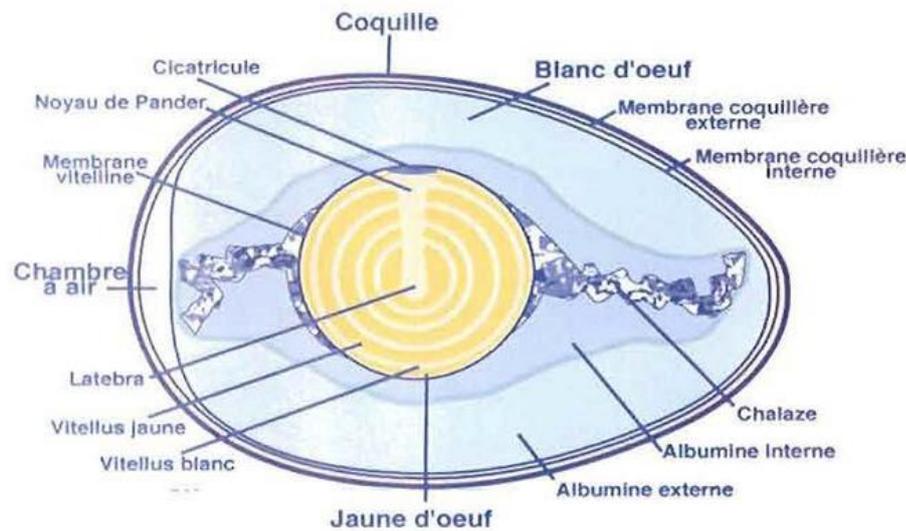


Figure 1 : Représentation schématique d'une coupe longitudinale d'un œuf de poule. [2]

I.3. QUALITE DE L'ŒUF

L'humidité ainsi que le taux en protéine et calcium d'un œuf sont génétiquement fixés et ne dépendent pas de l'alimentation. Par contre le taux en vitamine E et en sélénium dépendent de l'alimentation. La teneur en vitamine de l'œuf influence directement sur la possibilité d'éclosion et sur la viabilité des petits. Alors l'alimentation des reproducteurs et reproductrices doit donc être fournie en vitamines et de minéraux en quantités suffisantes. La qualité du poussin d'un jour dépend en grande partie de celle de l'œuf à couvrir.

I.3.1. Principes de croisement des parentaux

Les reproducteurs ne doivent pas être consanguins afin d'éviter les maladies héréditaires. Ils pourraient également donner lieu à des œufs contenant des embryons faibles destinés à mourir pendant l'éclosion. La nature est très sélective et ne permet pas de faire naître des sujets faibles. Les reproducteurs doivent être sexuellement mûrs et les mâles doivent être présents dans les bonnes proportions par rapport aux femelles. Après avoir mis en application tous ces considérations, nous obtenons un tableau de suivi des reproducteurs car ils perdent une bonne partie de leurs fertilités après 3 ans d'où la nécessité de penser à leurs renouvellement.

Tableau 2 : Proportion des parentaux. [3]

Espèce	Proportion		Age de maturité sexuelle	
	Male	Femelle	Male	Femelle
Poule	1	6	6/8 mois	6/8 mois
Faisan	1	4	6/7 mois	6/7 mois
Canard	1	4	8 mois	4 mois
Oie	1	4	8 mois	7 mois
Pintade	1	2	8/10 mois	8/10 mois
Perdrix	1	1	10/12 mois	10/12 mois
Caille	1	3	60 jours	50 jours
Dinde	1	8	7 mois	7 mois

I.3.2. Sélection et conservation des œufs pour l'incubation

Il est conseillé d'incuber des œufs provenant de sa propre ferme ou d'éleveurs limitrophes. Des œufs qui ont voyagé des kilomètres avec des transporteurs auront normalement une éclosion inférieure à 50 % en raison des facteurs dus au stress du voyage, aux vibrations, écarts de température, embryons morts par asphyxie car les œufs enfermés dans un emballage ne respirent pas.

À la limite, si vous avez pris des œufs qui ont voyagé, faites-les reposer dans un plateau porte-œufs pendant 24 heures au moins avec la pointe tournée vers le bas avant de les incuber. Choisir des œufs provenant de reproducteurs qui soient bien développés, bien nourris et sains [4]. Il est primordial pour nous de faire une sélection minutieuse des œufs destinés à l'incubation.

- **Œufs adaptés à l'incubation**



Œufs de bonne qualité

- **Œufs ayant un faible pourcentage d'éclosion**



Figure 2 : Qualité de l'œuf. [3]

I.4. SOINS APORTE A L'ŒUF

Le traitement des œufs à incuber comporte trois aspects importants qu'il faut absolument respecter si l'on veut avoir un bon rendement : La sélection; Le nettoyage; La conservation [3].

1. Ramasser les œufs au moins 5 fois par jour pour éviter toute contamination environnementale. Ne jamais incuber d'œuf prélevé dans un environnement ayant une température inférieure à 5 °C ou supérieure à 24 °C. Au-delà de 24 °C, la cellule germinative commence à se développer de façon anormale, puis en l'incubant, il se développe également mais le poussin mourra pendant l'éclosion.
2. Ne pas incuber d'œufs salis par de la matière fécale car pendant l'incubation avec les températures et l'humidité, il se créerait une flore bactérienne qui contaminerait tous les œufs en causant des infections aux embryons et par conséquent, la mort du poussin pendant l'éclosion. Les œufs ne

doivent pas avoir de taches de sang. Ne laver les œufs pour aucune raison. À la limite, vous pouvez les brosser à sec avec un tampon abrasif.

3. Conserver les œufs dans un local frais avec une température comprise entre 14 °C et 16 °C et une humidité d'environ 65-75 %.
4. Conserver les œufs avec la pointe tournée vers le bas dans un plateau porte-œufs.
5. Les œufs peuvent être incubés du second au sixième/septième jour après la ponte. Incuber des œufs de 8 jours de plus réduit de beaucoup le pourcentage de naissance et le réduit quasi à zéro si les œufs ont été conservés pendant plus de 15 jours !
6. Choisir des œufs de forme normale (ils ne doivent pas être allongés, sphériques, ondulés ou avec une autre malformation).
7. La coquille de l'œuf ne doit pas être fissurée, cassée, rugueuse, molle, fine ou avec des points bleuâtres (vieux œufs).
8. Permettre aux œufs froids (de la température de conservation) d'atteindre lentement la température de la pièce avant de les placer dans l'incubateur. Le passage brusque de 12 °C à 38 °C provoquerait de la condensation sur la coquille qui causerait une réduction des naissances.

I.5. DEVELOPPEMENT DE L'EMBRYON

I.5.1. Suivre du développement de l'embryon

Le développement embryonnaire des volailles est comparable à celui des amphibiens et bénéficie des mêmes avantages. La cavité amniotique et la vésicule allantoïdienne sont des dispositifs visant à assurer la protection, la nutrition, la respiration et l'élimination des déchets métaboliques de l'embryon. On peut définir trois phases dans le développement embryonnaire:

- ✓ La première phase s'étend du début de l'incubation au développement complet de l'embryon. On assiste à la mise en place des organes et des membranes
- ✓ La deuxième phase s'étend jusqu'à la formation significative des plumes du corps. Cette période s'accompagne d'un accroissement des organes sans réelle différenciation.
- ✓ La dernière phase se poursuit jusqu'à l'éclosion et inclut la rétraction de la réserve nutritive de l'ovule, ainsi que le passage du système respiratoire de l'allanto-chorion à celui des poumons.

Les repères visuels qui permettent de suivre les stades du développement embryonnaire pendant l'incubation sont perceptibles sur la figure suivante :

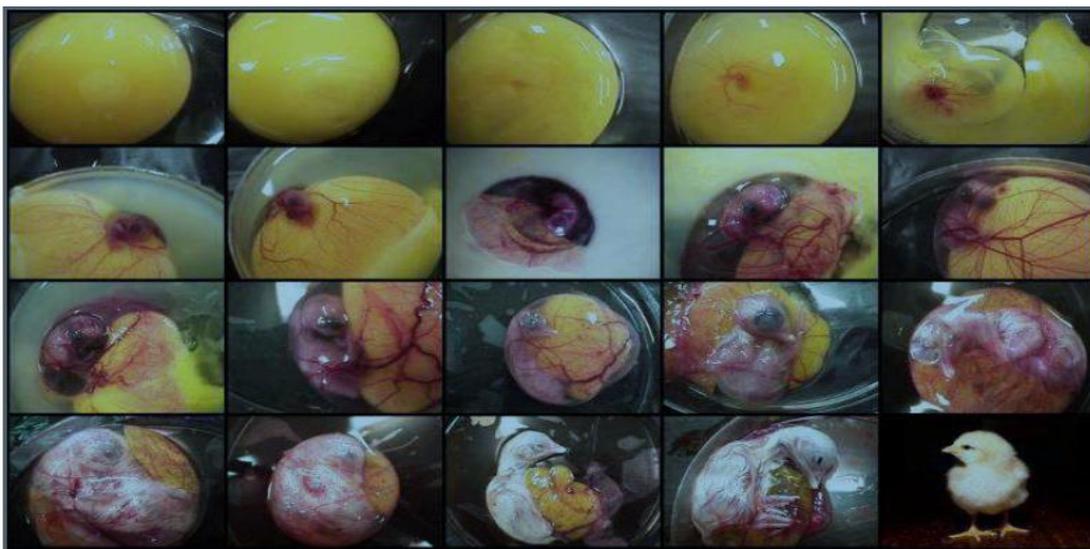


Figure 3 : Evolution de l'embryon. [2].

I.5.2. Mirage

Bien incuber consiste à maintenir la température convenable et l'humidité durant l'incubation. Les 3 derniers jours avant l'éclosion prévue, ne plus retourner les œufs, les étaler sur la grille d'éclosion et augmenter l'humidité, puis faire chuter légèrement la température. Ces conditions réunies, il faut mirer les œufs. Ça se fait avec une source lumineuse puissante pour évaluer le stade de développement de l'embryon et de la poche d'air pendant l'incubation.

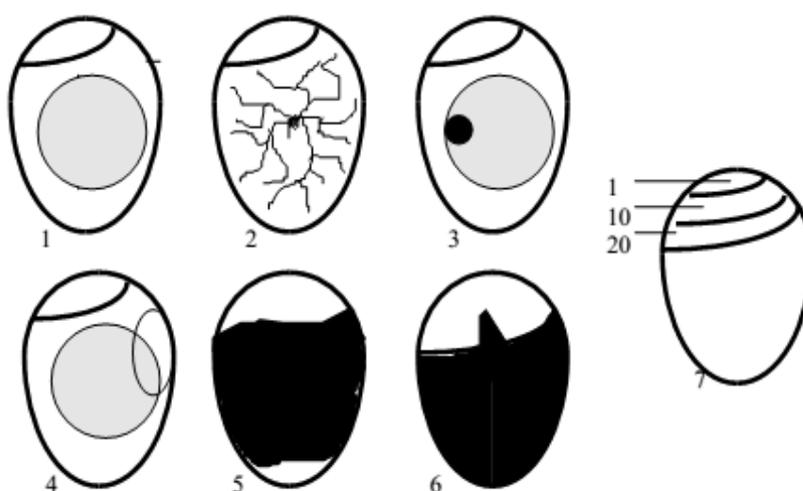


Figure 4 : Evolution de l'embryon. [2].

Interprétation :

- 1) Œuf clair : probablement non fécondé (ou mort très précoce), mirage à 8 jour d'incubation ;
- 2) Œuf fécondé avec les vaisseaux sanguins rouges : après 8 jours.
- 3) Tache rouge ou noire : mort précoce, mirage à 8 jours.
- 4) Embryon avec un rond rouge : mort précoce, mirage à 8 jours.
- 5) Tache noire au contour indéfini : mort tardive, mirage 10 et 16 jours.
- 6) Embryon vivant avec le bec dans la poche d'air en fonction du nombre de jour.
- 7) Développement normal de la poche d'air en fonction du nombre de jours.



Figure 5 : Volume idéal de la chambre à air. [8]

Tableau 3 : Récapitulatif du suivi. [8]

Espèce	Premier contrôle	Deuxième contrôle	Troisième contrôle
Poule	8 jours	11 jours	18 jours
Faisan	8 jours	12 Jours	20 jours
Pintade	8 jours	13 jours	23 jours
Dinde	8 jours	13 jours	25 jours
Perdrix	8jours	12 jours	20 jours
Paon	9 jours	14 jours	25 jours
Oie	9 jours	15 jours	27 jours
Canard Colvert et sauvage	9 jours	13 jours	24 jours
Canard de Barbarie	9 jours	15 jours	30 jours

Prélever les œufs de l'incubateur un à un et les contrôler immédiatement. L'œuf peut rester hors de l'incubateur pendant 2 minutes maximum. Avec un peu d'expérience et en utilisant l'instrument prévu à cet effet, il est possible d'effectuer le contrôle sans extraire les œufs de l'incubateur. Dans ce cas,

ouvrir l'incubateur et poser la mireuse d'œufs sur chaque œuf. Le faisceau de lumière permet de voir l'embryon. Ne jamais tourner ou secouer violemment les œufs car cela pourrait conduire à la rupture des vaisseaux sanguins et à la mort subséquente de l'embryon.

1^{er} Contrôle: Au début de l'incubation d'habitude, il est difficile de voir l'embryon car il est intégré dans le jaune à proximité de la chambre à air et la pointe des vaisseaux sanguins sont visibles. Si l'œuf n'est pas fécondé, son intérieur est uniforme, sans vaisseaux sanguins et le jaune est au milieu. Dans ce cas, éliminer l'œuf. Il se peut qu'à ce stade, il soit impossible de bien voir à l'intérieur des œufs avec la coquille épaisse ou marron: il faudra les vérifier au deuxième contrôle.

2^e Contrôle: Lors du développement de l'embryon, le réseau des vaisseaux sanguins est visible dans la pointe de l'œuf et l'embryon a l'aspect d'une tache sombre. Si les vaisseaux sanguins ne sont pas visibles, cela signifie que l'embryon est mort.

3^e Contrôle: l'embryon doit occuper la totalité de l'œuf ainsi, les vaisseaux sanguins ne devraient plus être visibles. La chambre à air est grande. Si l'embryon n'occupe pas tout l'espace, des vaisseaux sanguins sont visibles, la chambre à air est petite et le blanc n'a pas été consommé, cela signifie que l'embryon est sous-développé et l'œuf doit être écarté.

L'objectif du regroupement de ses données d'approvisionnement de la région du sud en œufs et poussin se situent dans l'optique de l'évaluation des besoins de la région dans le secteur de la volaille, il nous revient de rechercher des solutions technologiques devant satisfaire à toutes les conditions d'incubation et d'éclosion maximum.

I.6. TYPES D'INCUBATIONS

I.6.1. L'Incubation naturelle

L'incubation naturelle est définie par une couvaion faite par la femelle, sans intervention humaine. Les observations sur de multiples volailles en captivité ont permis de mettre en évidence les caractéristiques de l'incubation naturelle chez ces volailles. La température des œufs couvés reste quasi-constante ainsi que celle du nid. La durée de l'incubation varie d'une volaille à l'autre. La femelle ne commence réellement à couvrir qu'à la fin de la ponte car la couvaion des œufs incombe la femelle à rester dans son nid pour la majeure partie de son temps. La femelle ne quitte le nid qu'une fois par jour pour aller se nourrir et marcher. Pendant l'incubation naturelle, la volaille assis va périodiquement se lever et bouger les œufs du nid. Le retournement des œufs est nécessaire pour égaliser la température de l'œuf en éliminant les gradients de température que subit un œuf sous ladite volaille.

I.6.2. L'Incubation artificielle

Bien que l'œuf ait parcouru des siècles, et par conséquent traversé de multiples civilisations (égyptienne, grecque, romaine, bushman, etc...) ce n'est qu'à partir des années 80 que son exploitation devint industrielle grâce à l'invention de l'incubateur artificiel permettant de contrôler les paramètres adaptés pour différents volailles regroupés dans le tableau ci-dessous:

Tableau 4 : Paramètres d'incubation pour différentes volailles. (Adapté à nos soins)

Volaille	Incubation en jour		Température (°C)		Humidité (%)		Dimensions (h*d)	Masse (g)	Durée incubation
	Phase 1	Phase 2	Phase 1	Phase 2	Phase 1	Phase 2			
Poule	18	03	37.5	36.5	45	70	43*50	53	20-21
Dinde	25	03	38	37.5	50	75	50*90	85	28-30
Pintade	21	07	37.5	36.8	60	85	38*49	50	26-27
Cane	25	03	38	37.5	50	75	46*65	75	27-28
Oie	25	07	37.2	36.5	45	70	68*106	140	29-30
Faisan	21	07	37.5	36.5	50	85	35*46	30-35	24-25
Perdrix	20	04	37.5	36.5	50	85	30*40	12-14	23-24
Caille	15	02	37.7	37.2	60	90	25*30	11	16-17

Ce tableau ressort les éléments principaux d'incubation à savoir :

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 récipients remplis d'eau. L'humidité relative se mesure à l'aide d'un Thermomètre à cuvette humide ou avec un hygromètre.

La ventilation

Le poussin en formation dans l'œuf assimile de l'oxygène et rejette du gaz carbonique (CO₂). Une bonne ventilation est donc nécessaire. Il se forme aussi des gaz toxiques : pour les faire sortir, il faut ventiler la couveuse.

I.6.3. Le retournement régulier des œufs

Ce retournement est nécessaire pour le bon développement de l'embryon. Les œufs ne doivent pas être retourné pendant les deux premiers jours d'incubation, ni pendant les deux derniers jours. **A partir du 3ème jour et jusqu'au 19ème jour, les œufs doivent être retournés au minimum 2 fois par jour**, c'est pour permettre un bon développement de l'embryon. Il existe des couveuses :

- **À retournement manuel** : c'est vous qui retournez manuellement chaque œuf, l'un après l'autre.
- **À retournement semi-automatique** : c'est vous qui retournez tous les œufs en une seule opération.
- **À retournement automatique** : c'est la couveuse qui retourne les œufs à intervalles réguliers. Vous n'avez rien à faire si ce n'est de surveiller le bon déroulement des opérations.

CHAPITRE II : REVUES DE LITTERATURE

II.1. DIAGRAMME DE BETES A CORNES ET DES FONCTIONS

Le diagramme de bêtes à cornes pour l’incubateur à œufs

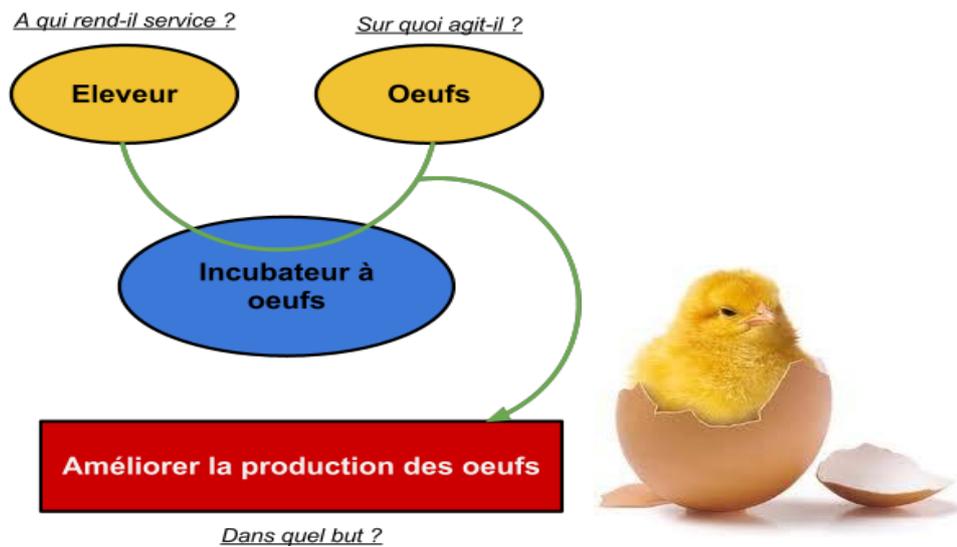
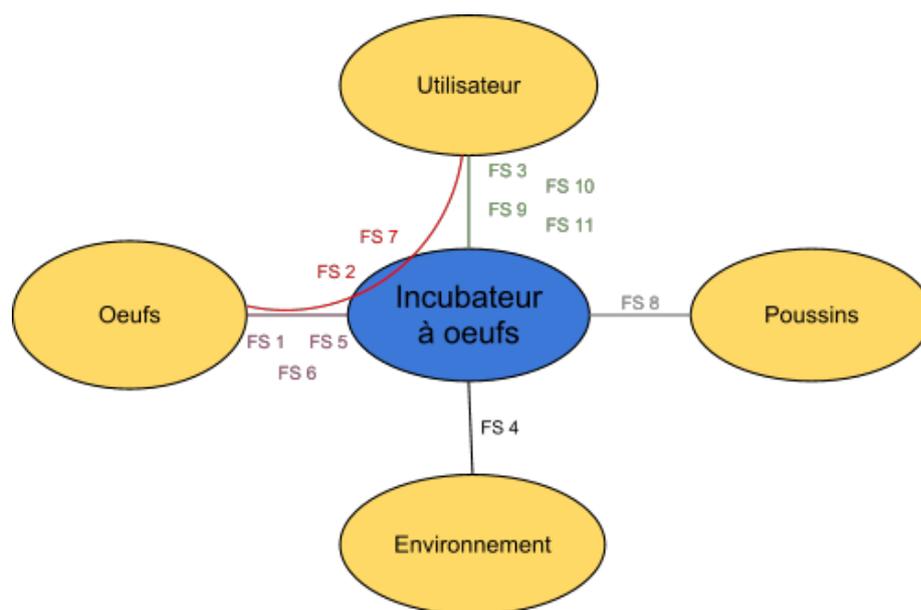


Figure 6 : Diagramme bête à corne.

Le diagramme des intégrateurs représentant les fonctions de services que doit assurer notre incubateur :



FS 1 = Accueillir un certain nombre d'œufs

FS 2 = Pouvoir retourner les œufs automatiquement

FS 3 = Satisfaire les goûts de l'utilisateur

FS 4 = Etre un milieu adiabatique

FS 5 = Avoir une température stable

FS 6 = Respecter un taux d'humidité stable

FS 7 = Etre toujours alimenter

FS 8 = Pouvoir garder les poussins en vie pendant 24 heures

FS 9 = Etre simple à utiliser

FS 10 = Pouvoir l'ouvrir et le fermer facilement

FS 11 = Pouvoir nettoyer facilement

Tableau 5 : Critères d'appréciation et les niveaux de fonctions de service.

	Fonction de service	Critère	Niveau
FS 1	Accueillir un certain nombre d'œufs	Nombre d'œufs	Au moins 30000
FS 2	Pouvoir retourner les œufs automatiquement	nombre de blocs + temps	- tous les blocs -moins de 1 min
FS 3	Satisfaire les goûts de l'utilisateur	Cohérence avec le goût des utilisateurs	(/)
FS 4	Etre un milieu adiabatique	Isolation thermique des parois	Coefficient de conductivité plus petit possible
FS 5	Avoir une température stable	La précision de la température	+ ou - 0.1°C
FS 6	Respecter un taux d'humidité stable	précision de l'humidité	+ ou - 1 %
FS 7	Etre toujours alimenter	Plusieurs sources d'énergies	Au moins 2

FS 8	Pouvoir garder les poussins en vie pendant 24 heures	apport d'air (volume)	Troue d'aérations
FS 9	Être simple à utiliser	Notice	/
FS 10	Pouvoir l'ouvrir et le fermer facilement	ouverture temps	déboîtement facile 5sec
FS 11	Pouvoir nettoyer facilement	Temps	10 mins

II.2. PARAMETRE D'INCUBATION

II.2.1. Température et humidité

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 récipients remplis d'eau. L'humidité relative se mesure à l'aide d'un Thermomètre à cuvette humide ou avec un hygromètre.

Pour obtenir l'humidité relative, on utilise généralement trois méthodes : le psychomètre ; la méthode graphique ; la méthode électronique ;

II.2.1.1 Le psychomètre

Pour mesurer la température sèche et la température humide de l'air, On place l'équipement dans l'enceinte et on procède à la lecture des valeurs obtenues sur les thermomètres.

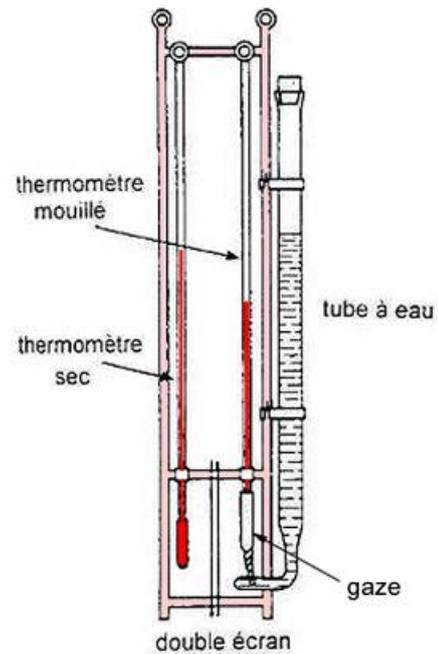


Figure 7 : Psychomètre. [7]

II.2.1.2. Méthode graphique

Une installation de climatisation a pour rôle de maintenir à des conditions fixées à l'avance, l'état de l'air dans le local que l'on veut conditionner.

Pour ce faire, on utilise des procédés pour chauffer, refroidir, humidifier et déshumidifier l'air. Pour faciliter la représentation des transformations de l'air et le calcul des différents éléments de l'installation de climatisation on utilise le "diagramme psychrométrique" de l'air humide. Un tel diagramme précise, pour tous les états que peut occuper l'air humide, ses caractéristiques physiques. Obtenir l'humidité relative en projetant la valeur de la température et le point de la ligne de saturation à humidité relative égale à 50%. Le point d'intersection des deux droites nous donne sur les lignes de saturation la valeur de l'humidité (Hr).

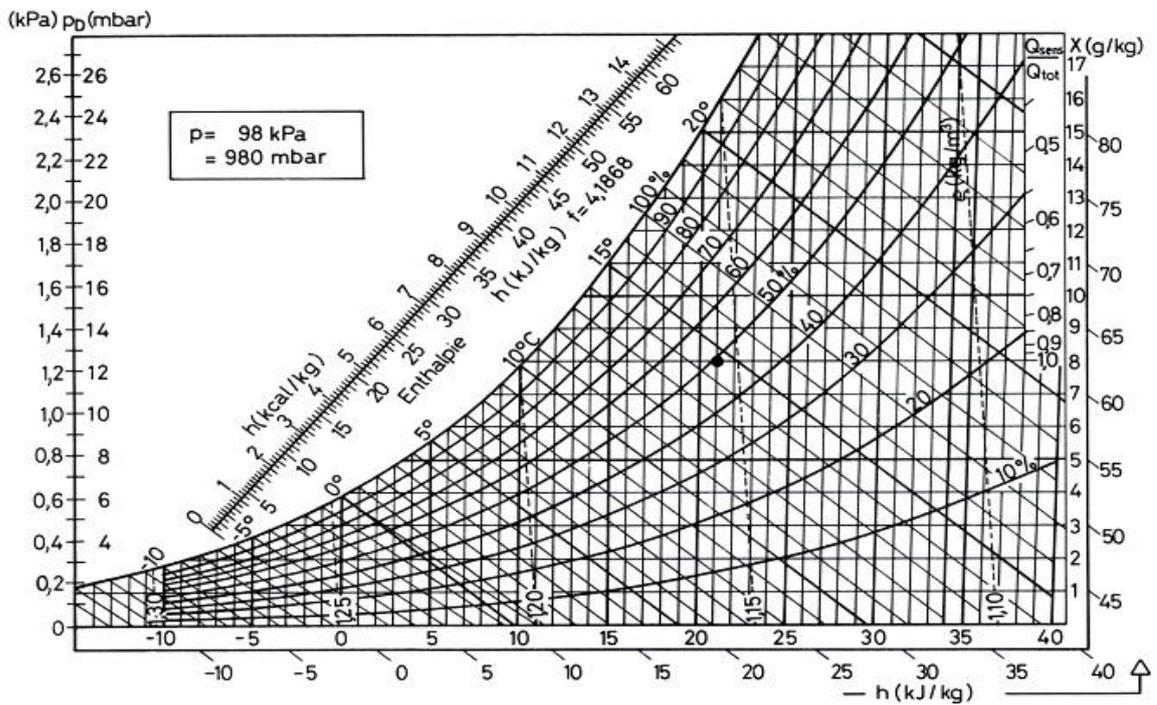


Figure 8 : Diagramme psychométrique. [7]

II.2.1.3. Méthodes électronique et numérique

Cette méthode consiste à utiliser un capteur électronique comme le capteur DHT22 (marge d'erreur de 0.1) ou les thermostats (marge d'erreur de 0.5) pour déterminer la température et l'humidité exactement comme le psychomètre ou un hydromètre. Elle permet d'avoir la valeur la plus rapprochée de l'humidité et de la température.

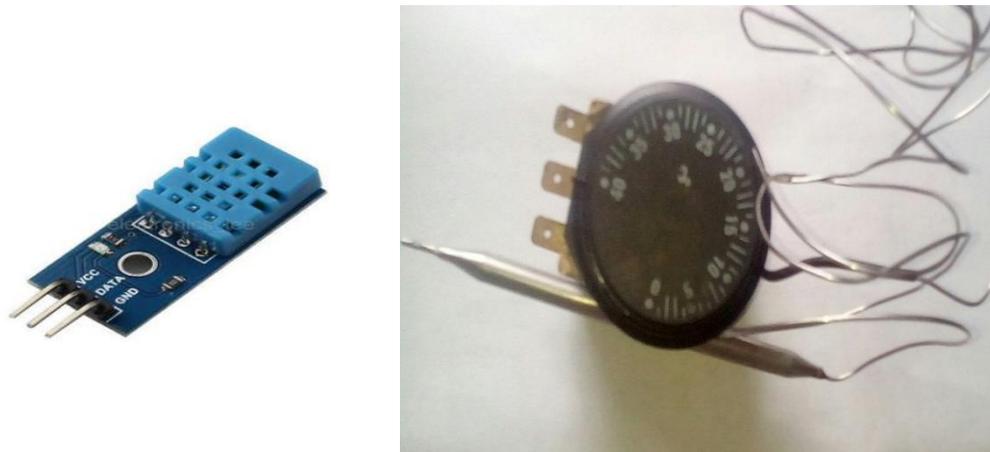


Figure 9 : Capteurs de température/d'Humidité (DHT22) et le thermostat.

II.3. ISOLATION DES PAROIS

Les isolants disponibles sur le marché sont de sources très diverses (minérales, végétales, synthétiques...) et se présentent sous des formes très variées (panneaux rigides, vrac, rouleaux...). Plusieurs critères caractérisent un isolant :

- sa conductivité thermique (λ), exprimée en W/m.K, caractérise le comportement du matériau lors du transfert de chaleur par conduction : elle désigne la quantité de chaleur qui traverse un mètre d'épaisseur de ce matériau par seconde. Plus le λ est faible, plus le matériau présente des qualités isolantes.
- sa capacité thermique (S), exprimée en J/m³.K, qui représente la capacité d'un matériau à stocker de la chaleur rapportée à son volume.
- sa densité (p), exprimée en kg/m³. Afin de favoriser une bonne inertie thermique, d'assurer une bonne isolation thermique d'été et de concourir également à une bonne isolation phonique, il faut privilégier une densité élevée.
- sa chaleur spécifique (c), exprimée en J/kg.K. La chaleur spécifique d'un matériau est sa capacité à stocker de la chaleur par rapport à son poids.
- son effusivité (ef), exprimée en J/ \sqrt{s} .m².K, indique la vitesse à laquelle la température de superficie d'un matériau varie et exprime la capacité d'un matériau à absorber (ou restituer) de la chaleur.

Ce sont principalement ces différentes caractéristiques qui doivent vous permettre de choisir un isolant plutôt qu'un autre, en fonction des qualités recherchées : isolation thermique, inertie, confort d'été [8] Les isolants présentés ci-après ne présentent pas un caractère exhaustif

Tableau 6 : Isolants [8].

ISOLANT	SOURCE	AVANTAGES	INCONVENIENTS	CONDUCTIVITE (W/m.K.)
La laine de coton	Le coton est originaire de Chine. La fibre de coton est utilisée comme matériau isolant depuis une quinzaine d'années. Les	<ul style="list-style-type: none"> • Bon pouvoir hygroscopique • Matériau renouvelable, réutilisable ou compostable. 	Coût plus élevé que les autres isolants végétaux (chanvre, lin), mais qui, eux,	0,04 W/m.K

	<p>fibres ne reçoivent aucun traitement chimique, elles reçoivent un traitement ignifugeant au sel de bore.</p> <p>Les matériaux se présentent sous forme de flocons en vrac, de rouleaux ou de panneaux en feutre.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En cas d'incendie, pas de dégagements toxiques. 	<p>sont issus d'une agriculture locale.</p>	
Le bois	<p>Le bois comme isolant se présente également sous différentes formes : laine de bois (panneau semi-rigide, en vrac...), panneau de fibres de bois rigides ou encore des fibbraglos (fibres de bois avec enrobage de plâtre et ciment).</p> <p>Les déchets des scieries sont la matière première du panneau de bois. Les fibres sont pressées et séchées pour donner des produits à fibres tendres ou dures.</p> <p>La fabrication se fait naturellement, sans produit ajouté.</p> <p>Ces panneaux peuvent être posés pour la toiture, les Murs.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Facilité de pose. • Assure une bonne isolation acoustique. • Matériau renouvelable de grande disponibilité 	Coût élevé.	0,042 à 0,070 W/m.K
La laine de verre et la	<p>La laine de verre est fabriquée au moyen de verre de récupération et de sable siliceux et obtenue par</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Imputrescible s. • Non consommables 	<ul style="list-style-type: none"> • Matériau qui se tasse dans le temps. 	de 0,032 à 0,04 W/m.K.

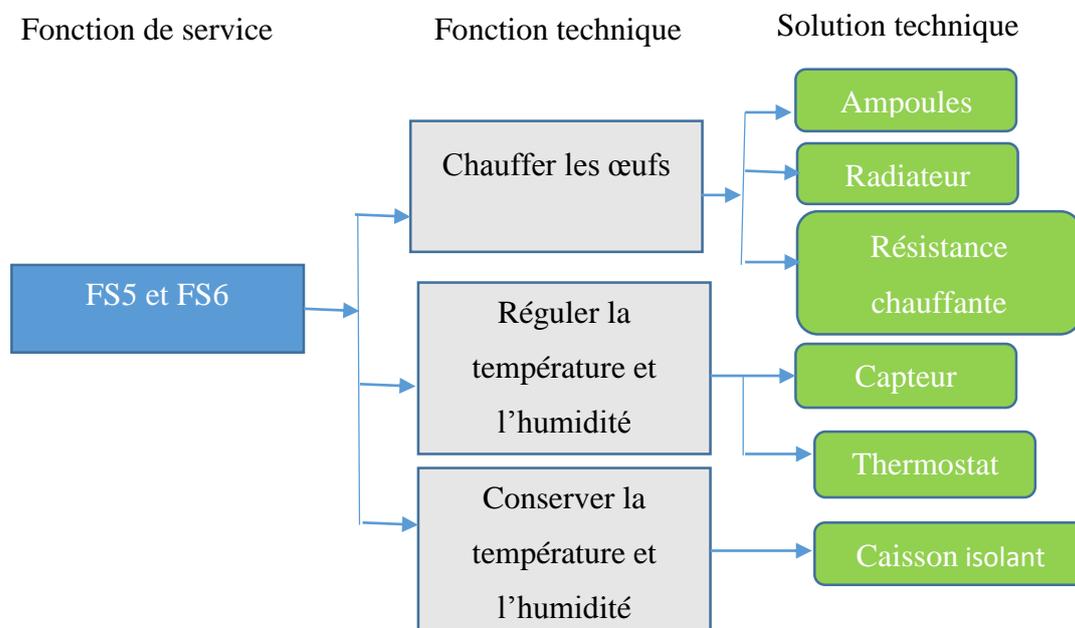
<p>laine de roche</p>	<p>fusion de ces matières à environ 1 500 °C. La fabrication de la laine de roche nécessite, quant à elle, des roches volcaniques comme le basalte.</p>	<p>par les rongeurs. • Coût faible de ce matériau.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ressource non renouvelable mais de grande disponibilité. • Difficilement recyclable. • Dégradable par les rongeurs. • Risques connus ou non liés à la santé : irritation de la peau et des voies respiratoires supérieures (inflammations, trachéites...). 	
<p>Les polystyrènes</p>	<p>Le polystyrène expansé est fabriqué au moyen d'hydrocarbure (styrène) expansé à la vapeur d'eau et présente donc une structure à pores ouverts. Le polystyrène extrudé est soumis à un agent gonflant sous pression qui lui confère une structure à pores fermés.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Coût faible de ce matériau. • Bonne performance thermique. • Imputrescible. 	<p>Aucune capacité de respiration.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ressource non renouvelable. • Énergie grise importante (énergie nécessaire pour la production du matériau). • Non recyclable. • Dégradable par les rongeurs. 	<p>0,035 W/m.K et de 0,028 W/m.K p</p>

II.4. DIFFERENTS TYPES D'INCUBATEUR ET CHOIX DES SOLUTIONS

II.3.1. Rechercher des solutions techniques

La recherche de solutions techniques a pour objectif de concevoir l'incubateur, en vue de satisfaire les fonctions de service du cahier des charges. La description de l'objet technique doit évoquer la structure technique interne qui a été retenue.

Pour cela, il faut définir les fonctions techniques et rechercher les solutions techniques. Les différentes solutions techniques qui permettent de satisfaire la fonction FS5 et FS6 (Avoir une température et humidité stable)



II.3.1.1. Incubateur à lampe tempête

Il est généralement fabriqué à partir du bois avec un revêtu métallique interne. La lampe tempête entretient le degré de température du liquide caloporteur contenu dans le bac au-dessus ou en dessous des œufs

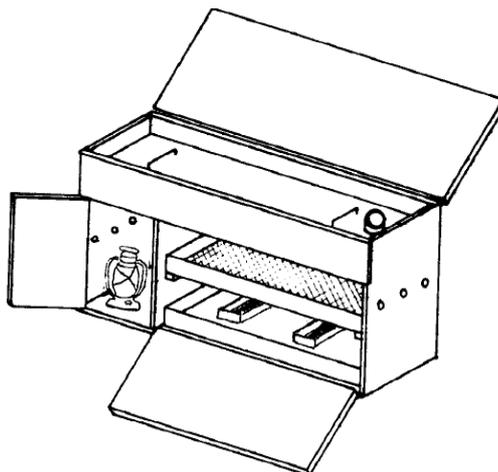


Figure 10 : Couvreuse à pétrole. [9]

Tableau 7 : Caractérisation couvreuse en bois.

Dénomination	Avantages	Inconvénients
Incubateur a ventilation statique	-coût de fabrication moins élevé ; -facilité à s’approvisionner en bois et à le manipuler ; -facile à transporter	-détérioration rapide ; -source de chaleur nocive ; -retournement manuel ; -capacité réduite ; -chaleur non repartit proportionnellement.

II.3.1.2. Incubateur en matière plastique

C’est un incubateur donc la coque est mouler grâce aux matières plastique



Figure 11 : Couvreuse plastique. [10]

Tableau 8 : Caractérisation coureuse plastique.

Dénomination	Avantages	inconvénients
Incubateur a ventilation dynamique	-coût de fabrication moins élevé ; -facile à transporter ; -encombrement réduit ;	-très fragile ; - mauvaise aération ; -il subie beaucoup de variation de température ; -capacité réduite -dilatation des parois

II.3.1.3. Incubateur en métal

Ce type est conçu avec un squelette formé des tubes carré qui sont recouvert par les tôles de l'extérieur et de l'intérieur. Les tôles sont séparés entre elles par un isolent et il est prévue des trous d'aération sur le caisson.

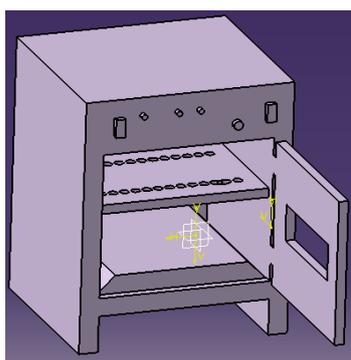


Figure 12 : Incubateur en métal.

Tableau 9 : Caractérisation métallique.

dénomination	Avantages	Inconvénients
Incubateur a ventilation dynamique	-on peut facilement adapter des mécanismes ; -les variations de flux sont réduit ; -capacité réalisé en fonction du besoin ; -duré de vie élevé ;	- il est encombrant et difficile à déplacer ; -cout de fabrication élevé ;

II.3.2. Proposition des solutions techniques FS2

Retourner les œufs est impératif pour le bon développement de l'embryon. Pour accomplir cette tâche, plusieurs approches sont utilisés dont on a entre autres :

- ✓ **retournement manuel** : c'est vous qui retournez manuellement chaque œuf, l'un après l'autre.

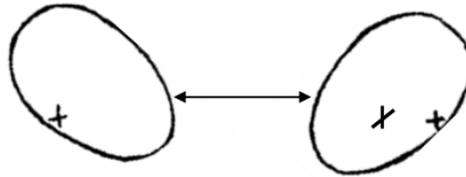


Figure 13 : Retournement manuelle. [9]

Tableau 10 : Caractérisation retournement manuelle.

Avantages	Inconvénients
-il est à la portée de tous	-entraîne des pertes de chaleur considérable -risques d'endommager les œufs lors de la manipulation -perte de temps

- ✓ **retournement semi-automatique** : c'est vous qui retournez tous les œufs en une seule opération.

Tableau 11 : Caractérisation retournement semi-automatique.

Avantages	Inconvénients
-il offre des choix multiples -temps d'action réduit -il a un coût abordable	-les frottements détériorent la coquille de l'œuf -il impose une présence humaine -le retournement n'est pas suffisamment uniforme

Entre autre possibilité présenté par le retournement semi-automatique, on a les solutions suivantes :

Solution 1 : Croquis :

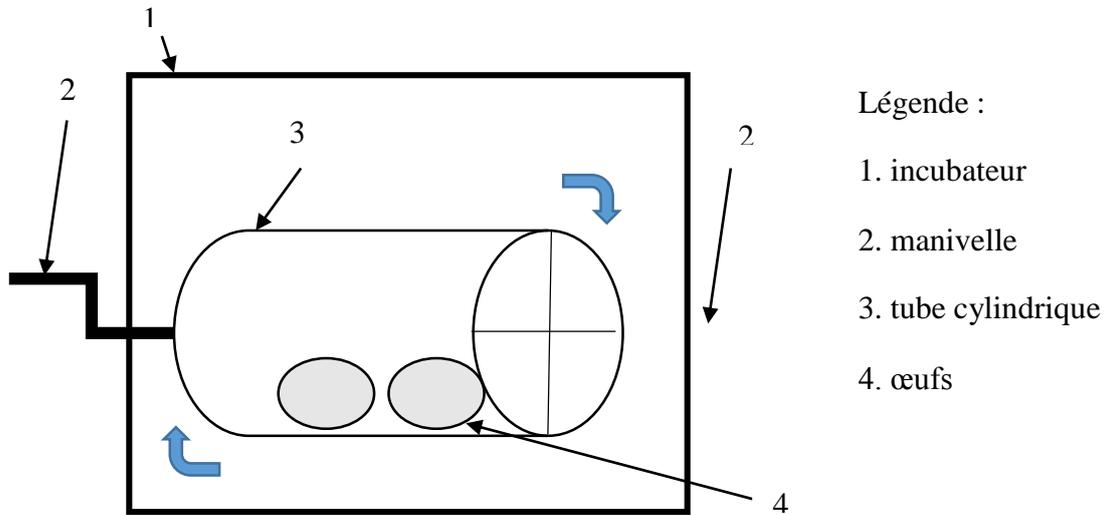


Figure 14 : Retournement avec cylindre creux. [11]

Principe :

Les œufs(4) sont placés dans un cylindre(3), une manivelle(2) fait tourner le cylindre les œufs roulent à l'intérieur.

Solution 2 : Croquis :

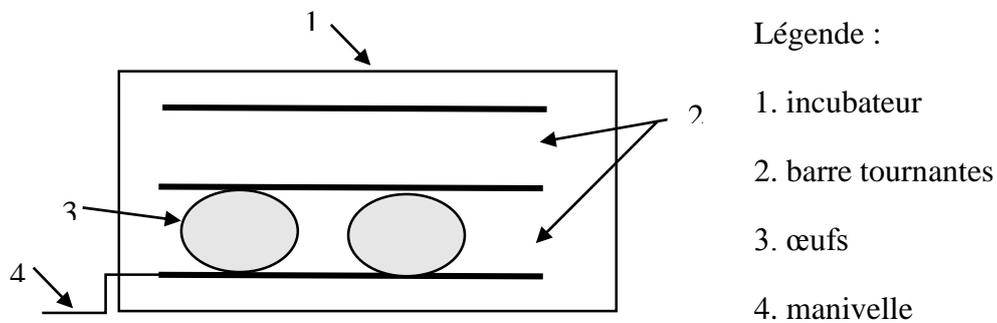


Figure 15 : Retournement avec barre cylindrique. [11]

Principe :

Les œufs(3) sont posés sur des barres(2) qui tournent à l'aide d'une manivelle(4) pour que les œufs tournent sur elles-mêmes tout en mettant les barres d'à côté en mouvement.

Solution 3:Croquis

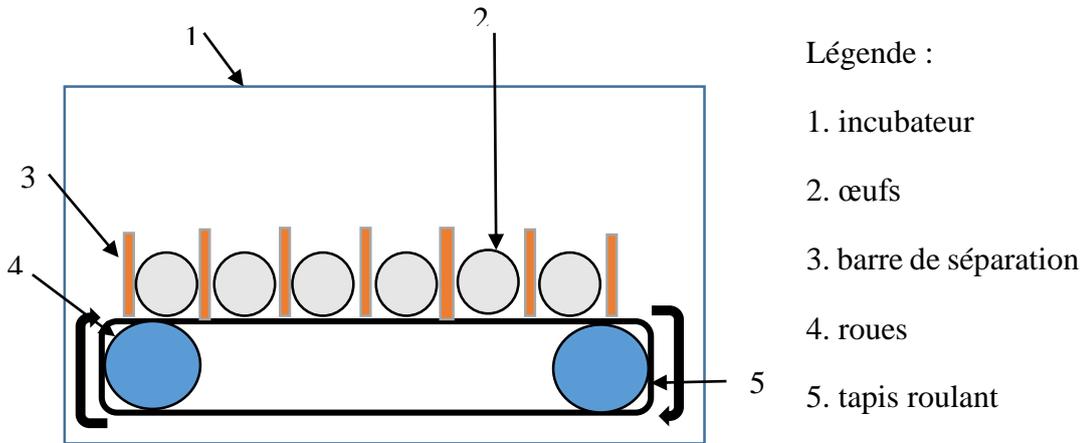


Figure 16 : Retournement avec tapis mobile. [11]

Principe:

Les œufs sont posés sur un tapis roulant(5) et retenus par des parois(3). Quand les roues(4) tournent, elles entraînent le tapis qui entraîne lui-même les œufs(2). Comme ces derniers sont retenus par les parois, ils roulent sur eux même.

Solution 4 : Croquis

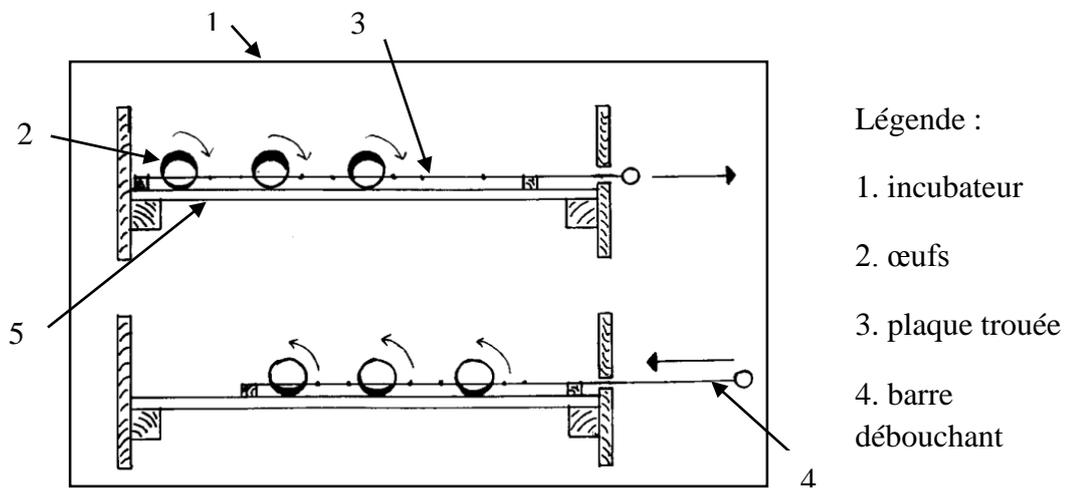


Figure 17 : Retournement avec plaque translatant. [9]

Principe:

Les œufs(2) sont disposés sur première plaque(5) et disposés dans les trous d'une deuxième plaque trouée(3). Lorsque l'on fait glisser la plaque à l'aide de la barre(4), les œufs roulent.

Solution 5_: Croquis

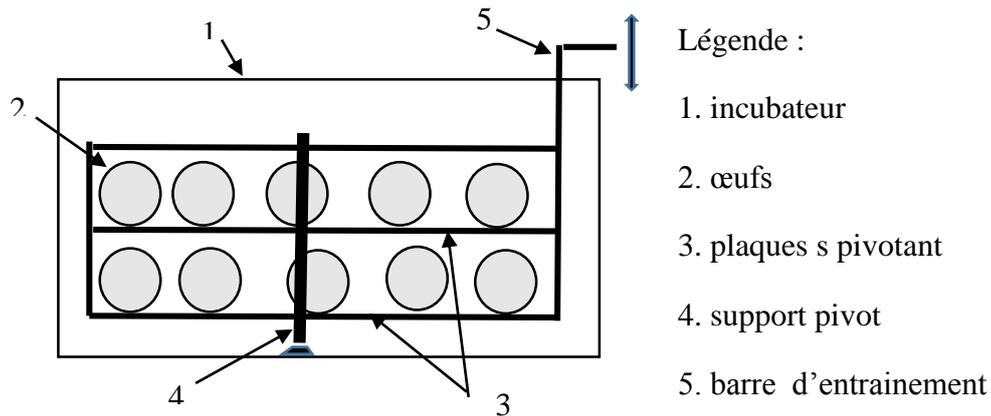


Figure 18 : Retournement par basculement.

Principe :

Les œufs(2) sont entreposés sur des étagères(3) mobiles; ils sont à leurs tours accouplées à une barre (5) qui les entraine dans un mouvement. L'utilisateur fait basculer ensemble vers le haut ou le bas par simple action sur la barre d'entrainement (5).

- ✓ **retournement automatique :** le retournement des œufs se fait dans des intervalles de temps réguliers. Vous n'avez rien à faire si ce n'est de surveiller le bon déroulement des opérations. Il est possible de rendre les systèmes semis automatiques en automatiques juste en motorisant le mouvement.

Tableau 12 : Caractérisation retournement automatique.

Avantages	Inconvénients
-il n'exige pas une présence humaine -le retournement est synchronisé -il est applicable à tous les autres systèmes -il garde l'intégrité des caractéristiques de la coquille	-il est couteux -il est plus encombrant

II.4. CHOIX DE LA SOLUTION

Le choix d'une solution est guidé par la volonté d'obtention du rendement d'éclosion le plus élevé. Ceci sera donc possible par l'implémentation du prototype décrit par le schéma cinématique suivant :

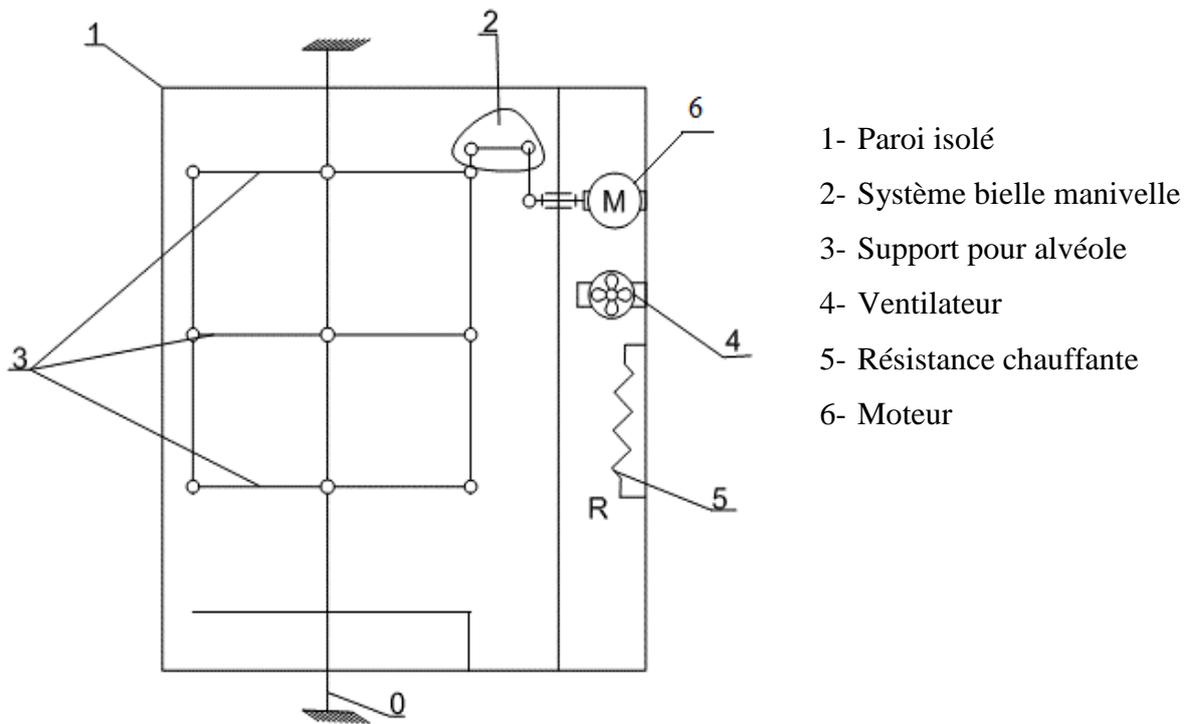


Figure 19 : Cinématique du système.

Pour ce système, on a des parois isolées (1) qui minimisent la dissipation de la chaleur produite par les résistances (5). La chaleur ainsi produite est reparti dans l'enceinte par le ventilateur (4) qui joue le rôle d'aérodynamisme. Le système bille manivelle (2) relis les supports (3) au moteur (6) qui permet leurs basculement.

Mettre sur pied notre système nécessite à cet effet de regrouper des composants du système ayant les caractéristiques les plus appropriées pour la cause. Ils sont résumés par le tableau ci-dessous

Tableau 13 : Caractérisation du choix retenu.

Eléments	Choix	Caractéristiques
Capteur	Capteurs de température et d'Humidité (DHT22)	Marge d'erreur = 0.1
Isolent	Polystyrènes	conductivité thermique. est de 0.028 w/m.k
Types d'incubateur	Incubateur en métal	Grande flexibilité et dureté
Types de retournement	Retournement automatique par motorisation de la solution 5	Il présente mouvement avec le moins de risques possible d'endommager les œufs

CHAPITRE III : ETUDES CONCEPTUELLES

III.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous déterminerons l'encombrement de la structure et les charges à imposer à celle-ci. Pour y parvenir nous allons faire des approximations sur la masse en prenant 150g et un plateau porte œufs de dimensions 300*400 mm. Ces valeurs seront utilisées par la suite pour dimensionner un incubateur de 30000 œufs.

III.2. DIMENSIONNEMENT DE L'ENCOMBREMENT

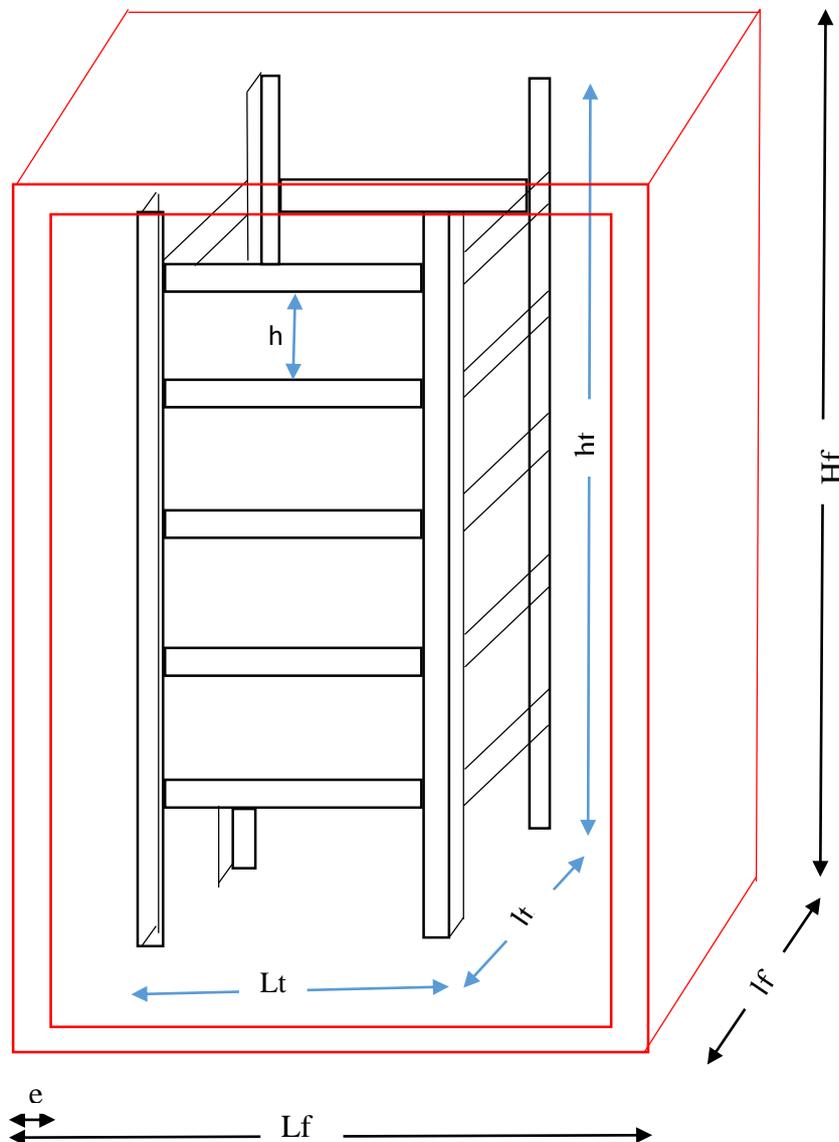


Figure 20 : Structure interne l'incubateur.

Lt : longueur interne

lt : largeur interne

Ht : hauteur interne

Lf : longueur externe

lf : largeur externe

Hf : hauteur externe

III.2.1. NOMBRE D'ALVEOLES :

$$Na = \frac{No}{N}$$

$$Na = 30000/30$$

$$Na = 1000$$

N= nombres d'œufs par alvéoles
 Na=nombres d'alvéoles
 No=nombre d'œuf total

III.2.2. calcul du volume occupe par une alvéole

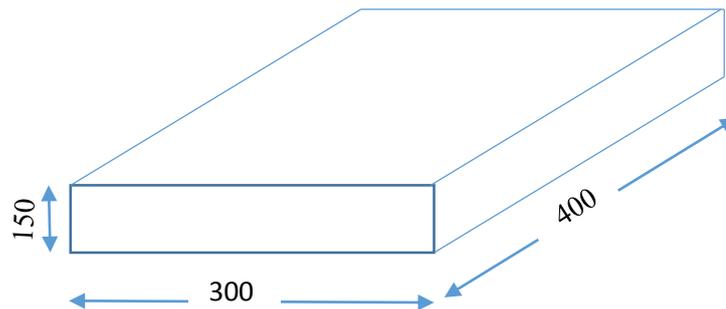


Figure 21 : Volume de l'alvéole.

$$Va = h * L * l$$

$$Va = 300 * 400 * 150$$

$$Va = 18.000.000$$

$$Va = 0.018m^3$$

- **Déduction volume total**

$$Vt = Va * Na$$

$$Vt = 0.018 * 1000$$

$$Vt = 18m^3$$

Va= volume alvéole
 h= hauteur occupé
 L= longueur
 l= largeur
 Vt= volume total

III.2.3. déterminons le nombre de casier a réaliser

En prenant pour hauteur total $ht=2500\text{mm}$ on a :

$$Nc=2500/150$$

$$Nc=16.666$$

Nc : Nombre de casier

- **Déduction de la longueur et largeur total**

$$S=Vt/ht$$

$$S=18/2.5$$

$$S=7.2\text{m}^2$$

S: surface de base

D'où

$$Lt=3000 \text{ mm}$$

$$lt = 2400\text{mm}$$

III.2.4. détermination de l'épaisseur des parois

Pour déterminer l'épaisseur, on va négliger la surface occupée par les trous d'aération ; Nos parois sont soumises à un flux de chaleur convectif et conductif ; Nous avons une enceinte adiabatique.

- **Flux conductif**

D'après Fourier, le flux de chaleur transmis par conduction est régi par la formule

$$\varphi = -\lambda A \frac{\delta T}{\delta X}$$

$\frac{\delta T}{\delta X}$ = gradient de température dans la direction du flux de chaleur (K/m)

φ = quantité de chaleur transférée par conduction (W)

λ = résistance thermique du matériau (m.K-1.W-1)

A= aire de la surface de transfert de la chaleur (m²)

- **Flux convectif**

$$\varphi = hA\Delta T$$

φ = quantité de chaleur transférée par convection (W)

h = coefficient de convection pour le transfert de chaleur (W. m⁻². °C-1)

ΔT = Variation de la température

Calcul de la puissance de l'incubateur pour un milieu adiabatique:

$$\varphi_1 = hA\Delta T$$

$$\varphi_1 = 50 \cdot 40.929 \cdot 13.5$$

$$\varphi_1 = 27627W$$

Avec les orifices d'aération avec une surface estimée à 0.471m² on n'a les pertes de :

$$\varphi_2 = 50 \cdot 0.471 \cdot 13.5$$

$$\varphi_2 = 317.925W$$

Donc

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$$

$$\varphi = 27944.925W$$

Soit un pourcentage des pertes estimé à 1.12%

Pour une paroi composée de plusieurs couches on a :

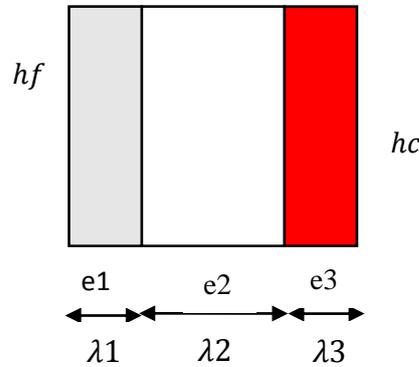


Figure 22 : Section de la paroi.

$$\varphi = - \frac{T_f - T_c}{\frac{1}{h_f} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{1}{h_c}}$$

On a :

$e_1 = e_3$, $\lambda_1 = \lambda_3 = 46$ car nous avons deux couches de tôle et $h_c = 50$ (la convection de l'air est forcer à l'intérieur) ; $h_f = 10$ (convection naturel à l'extérieur) car le fluide est le même des deux coté des parois

$$\varphi = - \frac{T_f - T_c}{\frac{1}{h_f} + \frac{2e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_c}}$$

$$\varphi \left(\frac{1}{h_f} + \frac{2e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_c} \right) = -(T_f - T_c)$$

$$\left(\frac{1}{h_f} + \frac{2e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_c} \right) = - \frac{T_f - T_c}{\varphi}$$

$$e_2 = \lambda_2 \left(- \frac{T_f - T_c}{\varphi} - \frac{1}{h_c} - \frac{1}{h_f} - \frac{2e_1}{\lambda_1} \right)$$

$$e_2 = 30.4 \text{ mm}$$

Pour obtenir l'encombrement externe, on ajoute aux valeurs de longueur déterminé plus haut la somme des trois épaisseurs.

Tableau 14 : Récapitulatif des dimensions.

Eléments	Intérieur			Epaisseur paroi	Extérieur		
	Lt	lt	Ht		Lf	Lf	Hf
Valeurs (mm)	3000	2400	2500	200	3200	2600	2700

III.3. CALCUL DES CHARGES

III.3.1. masse œufs et alvéoles

M œuf= 0.140 Kg ; M alvéole = 0.159 Kg

$$m= 30000*0.140 + 1000*0.159$$

m=4359 Kg

III.3.2. charge support alvéoles

III.3.2.1 calcul de la quantité de fer nécessaire

- Cas tôle lisse

Tableau 15 : Quantité tôle a utilisé.

	Valeurs unitaire (mm)	Surface latérale 1	Surface latérale 2	Surface de base	Total
Lf	3200	/	3200	3200	/
Lf	2600	2600	/	2600	/
Hf	2700	2700	2700	/	/
Quantité	/	4	4	4	/
Total (mm ²)	/	28080000	34560000	33280000	95920000
Surface tôle	/	/	/	/	200000
Nombres tôle nécessaire					47.96

- Cas du fer

Tableau 16 : Quantité de fer a utilisé.

Désignations des dimensions	Valeurs unitaire (mm)	tube carre	Fer plat	Cornière
Lf	3200	3200*4	3200*30	3200*30
Lf	2600	2600*8	/	2600*30
Hf	2700	2700*4	2700*6	
Total	/	44400	112400	174000
Longueur normalisée	/	6000	6000	6000
Nombre de barre nécessaire	/	7.4	18.7	29

III.3.2.2. charge sur un fer plat et dimensions

$P_1 = m_i g$

$P_1 = [((0.15 \cdot 30) + 0.159) \cdot 2400 / 400] \cdot 9.81$

$P_1 = 274.229N$

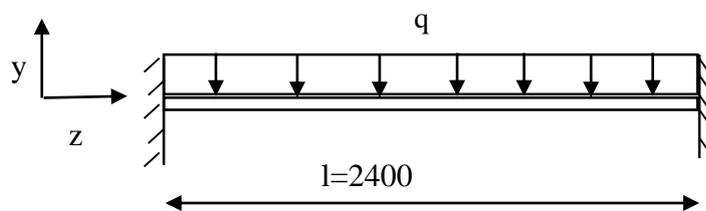


Figure 23 : Charge sur le fer plat.

$$q = \frac{p}{l}; \quad M_{fmax} = \frac{ql^2}{12}$$

$$I_z = \frac{e^3 b}{12} \text{ or } y = h/2$$

$$\frac{I_z}{y} = \frac{e^3 b}{12 \cdot h/2} = \frac{e^2 b}{6}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{fmax}}{\frac{I_z}{y}} = \frac{ql^2}{2e^2 b} \leq \sigma_p$$

$\frac{ql^2}{2\sigma_p} \leq e^2b$ De cet expression, la largeur $b = 50\text{mm}$ [12] du fer plat et déduisons son épaisseur pour $\sigma_p = 270\text{MPa}$ [14]

$$e = \sqrt{\frac{ql^2}{2\sigma_p b}}$$

$$e = \sqrt{\frac{274.229 \cdot 2400}{2 \cdot 270 \cdot 50}} = 4.94\text{mm}$$

$e = 5\text{mm}$ [12]

- **Poids total fers plat**

$$P_{fp} = 1.96 \cdot 6 \cdot 18.7$$

$$P_{fp} = 219.912\text{N}$$

III.3.2.3. charge sur une étagère et dimensions cornière

$$P_2 = (P_{fp} + mg) / 16.666$$

$$P_2 = 2579\text{N}$$

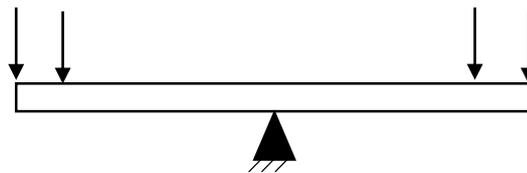


Figure 24 : Charge sur les cornières.

Déterminons le moment maximal dans ce système :

- **Théorème de la suspension**

Prenons deux efforts symétriques à l'appui

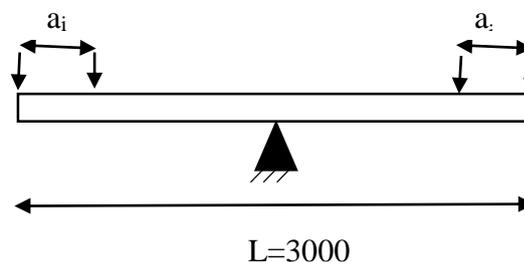


Figure 25 : Appui sur la cornière.

Ou $a_i = \frac{Li}{29}$ avec $i \in [0 ; 14]$

a) **Etudions le système associé à ces deux efforts :**

- statique

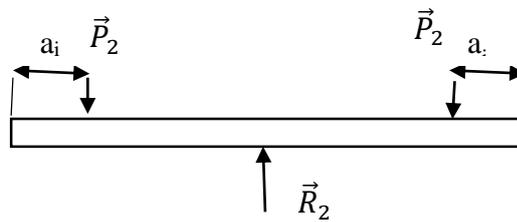


Figure 26 : Efforts exercé sur la cornière.

- $\Sigma \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ d'où $R_2 = 2P_2$

b) Calcul des équations des moments fléchissant

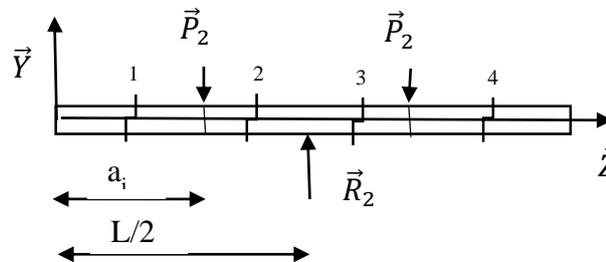


Figure 27 : Moments fléchissant.

- Sur la coupure (1)
 $0 \leq x \leq a_i$ et on a $M_{fz} = 0$
- Sur la coupure (2)
 $a_i \leq x \leq L/2$ on a $M_{fz} = (x - a_i) * P_2$
- Sur la coupure (3)
 $L/2 \leq x \leq L - a_i$ on a $M_{fz} = -[(L - a_i - x) * P_2]$
- Sur la coupe (4)
 $L - a_i \leq x \leq L$ on a $M_{fz} = 0$
- Moment fléchissant le long de la poutre
 $M_{f_{max}} = - a_i * P_2$

c) Le moment maximal sur toute la cornière est donné par :

$$M = \sum_{i=0}^{14} M_{f_{max}} = \sum_{i=0}^{14} \left(\frac{L}{2} - a_i\right) P_2$$

$$M = \frac{15}{2} P_2 L - \sum_{i=0}^{14} \frac{L P_1}{29} i$$

$$M = P_2 L \left(\frac{15}{2} - \frac{15 \cdot 14}{29 \cdot 2}\right) = \frac{15}{2} P_2 L \left(1 - \frac{14}{29}\right) = \frac{15}{2} P_2 L \left(\frac{29 - 14}{29}\right) = \frac{15 \cdot 15}{2 \cdot 29} P_2 L$$

$$M = \frac{225}{58} P_2$$

$$\text{Avec } P_2 = \frac{qL}{2}$$

d) Calcul de σ_{max} ayant concentration des contraintes

$$\sigma_{max} = \frac{kM}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{6kM}{bh^2}$$

$$\text{Avec } k=3 \text{ [13]}$$

e) Condition d'existence

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{pc} = \frac{\sigma_e}{s}$$

$$\frac{6kM}{bh^2} \leq \frac{\sigma_e}{s}$$

$$\frac{6skM}{\sigma_e} \leq bh^2$$

$$\frac{6sk * 225P_2}{58\sigma_e} \leq bh^2$$

$$\frac{6sk * 225P_2}{58\sigma_e} \leq bh^2$$

Pour le coefficient de sécurité $s=1$ et comme contrainte d'élasticité de l'acier C35

$$\sigma_e = 270 \text{MPa [] on a :}$$

$$\frac{6 * 1 * 3 * 225 * 2579}{58 * 270} \leq bh^2$$

$$666.983 \leq bh^2$$

En prenant pour épaisseur $h=4.5$, on a une largeur normalisé de $b=45$ soit une cornière de $45*45*4.5$ avec un poids par mètre de 3.040 [12]

f) Le poids des cornières

$$P_{cr} = 3.040 * 6 * 29$$

$$P_{cr} = 528.96 \text{N}$$

III.3.2.4. charge total

$$P_t = P_{fp} + P_{cr} + mg$$

$$P_t = 219.91 + 528.96 + (4359 * 9.81)$$

$$P_t = 43510.66 \text{N}$$

P_t : poids total à être entraîné en mouvement par le moteur

III.4. DIMENSIONNEMENT ALIMENTATION

III.4.1. calcul puissance électrique utile du moteur

- Vitesse du mouvement

$$V = \frac{d}{t}$$

Avec $d = r \Theta$

$$V = \frac{r \Theta}{t} = r \dot{\Theta} = D. \pi N$$

$$V = 2r\pi N$$

Avec $N = 10$ trs/min la fréquence de rotation du moteur [15]

- Puissance utile du moteur

$$P = P_t V$$

$$P = 43510.66 * 2 * 3.14 * 0.15 * 10$$

$$P = 409870.42W$$

III.4.2. énergie utile au système

Tableau 17 : Evaluations énergies des composants.

Désignation	Puissance (W)	Nombre	Puissance Totale (W)	Temps d'utilisation Par jour (h)	Énergie Consommée Par jour (Wh/j)
LED	1	4	4	24	96
Résistance chauffante	300	1	300	14	4200
Moteur	409870.42	1	409870.42	0.033	13662.35
Eclairage	60	2	120	1	120
Autre	100	1	100	24	2400

$$E_j = \Sigma(p(w) * t(h))$$

$$E_j = 96 + 4200 + 13662.35 + 120 + 2400$$

$$E_j = 20478.55Wh$$

P : est la puissance appelée par l'équipement en **W**

t : est le temps de fonctionnement de l'équipement en **h**

E_j : est l'énergie totale consommée journalière en **Wh**

III.4.3. dimensionnement en appoint en solaire

III.4.3.1. puissance crête

L'on calcule la puissance crête totale des panneaux solaires à installer

$$Pc = \frac{Ej \times 1kw}{K \times Ir}$$

$$Pc = \frac{20478.35 \times 1}{0.6 \times 4.8}$$

$$Pc=7110.5Wc$$

Ir : ensoleillement (**4,8KW/m2 pour la région du sud**)[5]

K : rendement de l'installation (**60%**).

III.4.3.2. Détermination du nombre de module

Selon la puissance totale demandée, nous avons opté pour L'installation des générateurs PV de puissance de 120 Wc et d'une tension de 12V.

Le nombre de panneaux à installer se calcule par :

$$Npv \geq \frac{pc(W)}{Ppvunitaire(w)}$$

$$Npv=7110.5/120$$

$$Npv=59 \text{ panneaux photovoltaïques}$$

Npv: nombre de panneau

Ppv unitaire: puissance du générateur photovoltaïque estimé

Pc : puissance du générateur photovoltaïque

III.4.3.3. capacité de la batterie

$$Cs = \frac{Ej * N}{U_{batt} * b}$$

Cs : Capacité de la batterie

Ej : Besoins journaliers

N : Autonomie désirée en jours

U_{batt} : Tension d'entrée de la batterie

b : coefficient de profondeur de décharge de la batterie.

40% est en général la décharge profonde de la batterie.

Ainsi, pour 40% de la batterie devant rester en permanence, l'on aura besoin de 60% $b = 0.6$

$$Cs = \frac{20478.35 * 2}{220 * 0.6}$$

$$Cs=310.3Ah$$

III.4.3.4. contrôleur de charge et régulateur

- **Calcul du courant de cour circuit (Icc) :**

$$I_{cc} = P_c \div U_c$$

$$\text{AN: } I_{cc} = 7110.5 \div 220$$

$$I_{cc} = 32.32 \text{A}$$

- **Calculons le courant du régulateur (Ir) :**

$$I_r = I_{cc} + 20\% I_{cc}$$

$$\text{AN: } I_r = 50.25 + 0,2 \times 50.25$$

$$I_r = 38.8 \text{A}$$

- **Section des câbles du panneau aux batteries**

$$S_s = \frac{2L * P}{3\% * K * U^2}$$

$$S_s = L \left(\frac{2P}{3\% * K * U^2} \right)$$

$$S_s = L \left(\frac{2 * 7110.5}{0.03 * 56 * 12^2} \right)$$

$$S_s = 58.8 \text{mm}^2$$

S : section du câble (mm²)

L : Longueur du câble (m)

P : puissance transportée (w)

U : tension qui traverse le câble (v)

K : type de matériau (56 pour le cuivre, 34 pour l'aluminium)

CHAPITRE IV : FABRICATION DU PROTOTYPE / MATERIELS ET METHODES

INTRODUCTION

L'objet de ce chapitre est de ressortir le matériel nécessaire pour la réalisation du prototype, de caractériser chaque composant utilisés. Après cette caractérisation, la description du système obtenu seras présenter tan sur le plan mécanique qu'électrique en suivant les phases ci-dessous.

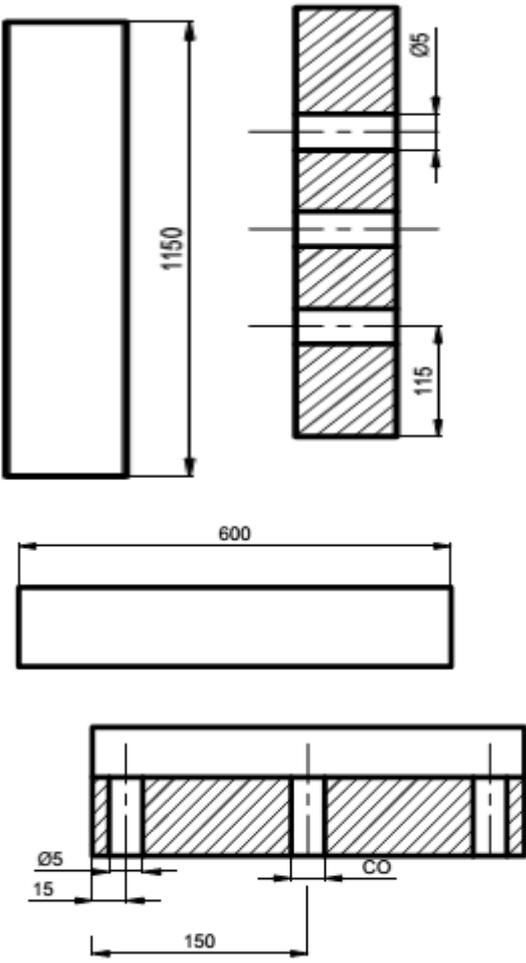
Tableau 18 : Avant-projet de fabrication.

PHASES	DESIGNATION	OBSERVATION
10	CONTROLE DU BRUT	Non réaliser
20	SCIAGE	Non réaliser
30	PERCAGE	Non réaliser
40	CONTROLE FINAL	Non réaliser
50	CABLAGE ELECTRIQUE	Non réaliser

Tableau 19 : Gamme d'usinage.

Phases	désignation	appareillage	Outils de coupe	Croquis
10	Contrôle du brut Cb (cote e brut)	Mettre et réglet		
20	Sciage Cf1=1150 Cf2=600	Mettre et réglet	Meule et scie à métaux	

<p>30</p>	<p>Perçage Cf3=115 Cf4=15 Cf5=150</p>	<p>Perceuse à colonne</p>	<p>Foret HCS Φ5 en ARS</p>	

<p>40</p>	<p>Contrôle final Cf1=1150 Cf2=600 Cf3=115 Cf4=15 Cf5=150</p>	<p>Réglet et écrous M4.5</p>	 <p>The technical drawing shows a component with the following dimensions and features:</p> <ul style="list-style-type: none"> Overall height: 1150 Overall width: 600 Bottom section height: 115 Internal hole diameter: $\varnothing 5$ Bottom section diameter: $\varnothing 5$ Bottom section length: 150 Bottom section offset from left edge: 15 Bottom section offset from right edge: CO
-----------	--	---	---

IV.1. PARTIE MECANIQUE

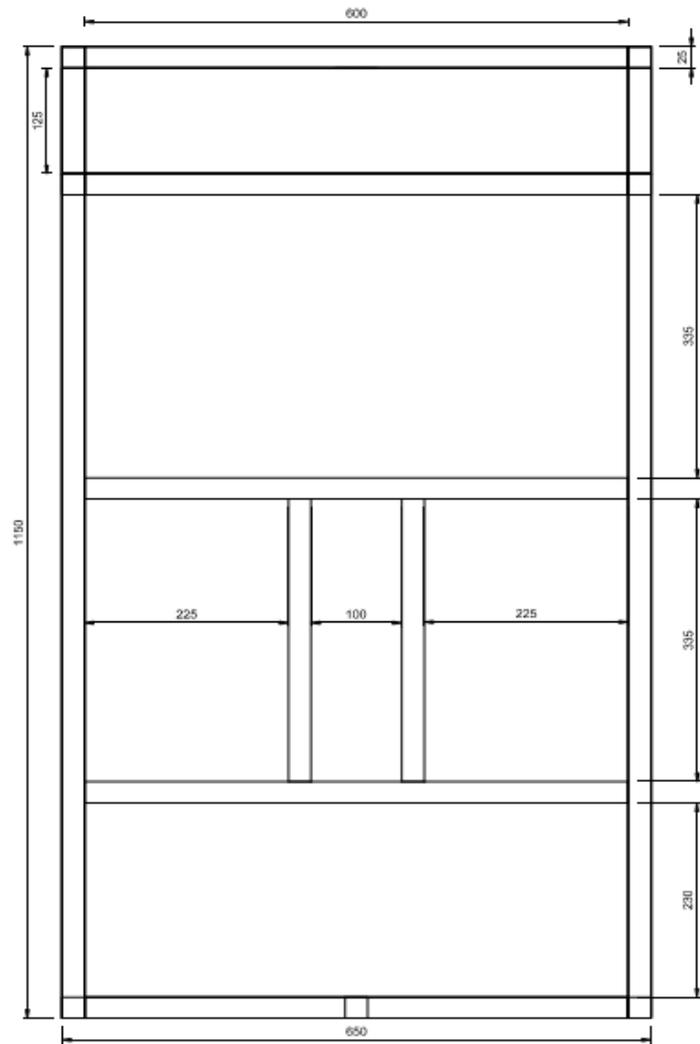
IV.1.1. Montage de l'ossature

Pour réaliser l'ossature il faut se procurer 19800 mm soit 4 barre de tube carré (25*25*1.5) à tronçonner tel que suit :

Tableau 20 : Dimensions tube à souder.

Longueur (mm)	Nombres	logeur de tube nécessaire (mm)
1150	4	4600
1000	2	2000
600	12	7200
500	7	4900
150	2	300
200	2	400
Total		19800

L'assemblage de la structure en métal se fait par soudure à l'arc électrique en respectant les dessins de définition ci-dessous :

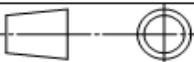


ENSET D'EBOWA

ECHELLE:1/1

VUE DE FACE CAISSON

FOLIO 1

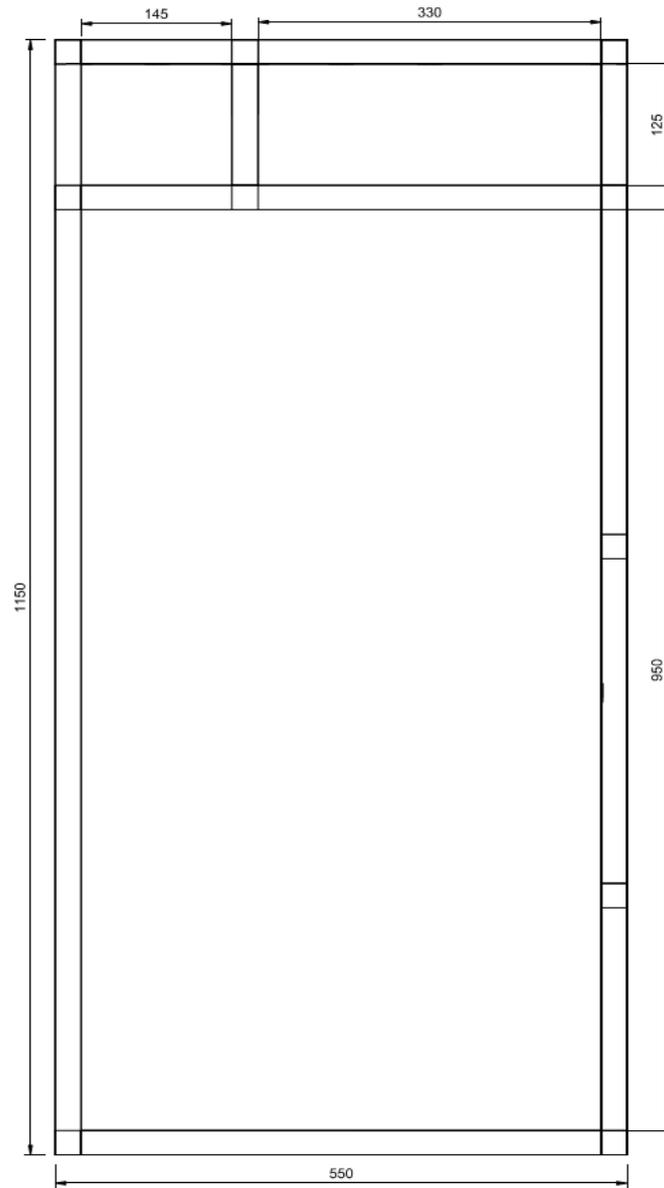


A4 H

SOGANG BONAS

18W385



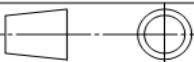


ENSET D'EBOWA

ECHELLE:1/1

VUE DE GAUCHE CAISSON

FOLIO 2

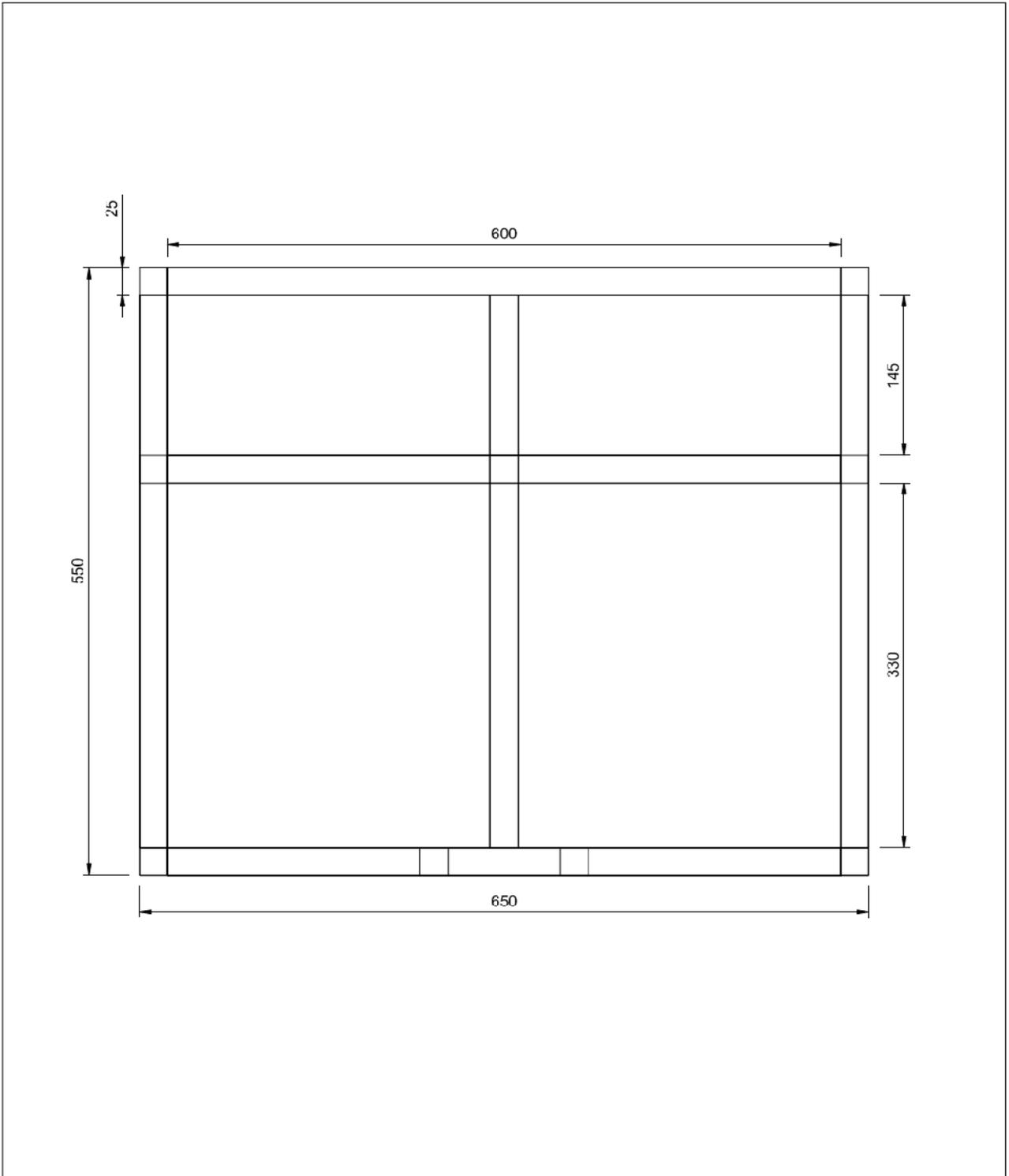


A4 H

SOGANG BONAS

18W385





ENSET D'EBOLOWA

<p>ECHELLE:1/1</p>	<p>VUE DE DESSUS CAISSON</p>	<p>FOLIO 3</p>
		<p>A4 H</p>
<p>SOGANG BONAS</p>		<p>18W385</p>



Après avoir assembler nous obtenons la figure ci-dessous



Figure 28 : Ossature.

IV.1.2. Montage des parois

Pour réaliser les parois on utilise les feuilles de tôle qui sont découpées et cintrées de façon à respecter les mesures internes. Grâce à l'isolant on limite les pertes de chaleur et une autre feuille de tôle permet de recouvrir les surfaces externe pour obtenir la figure ci-dessous :

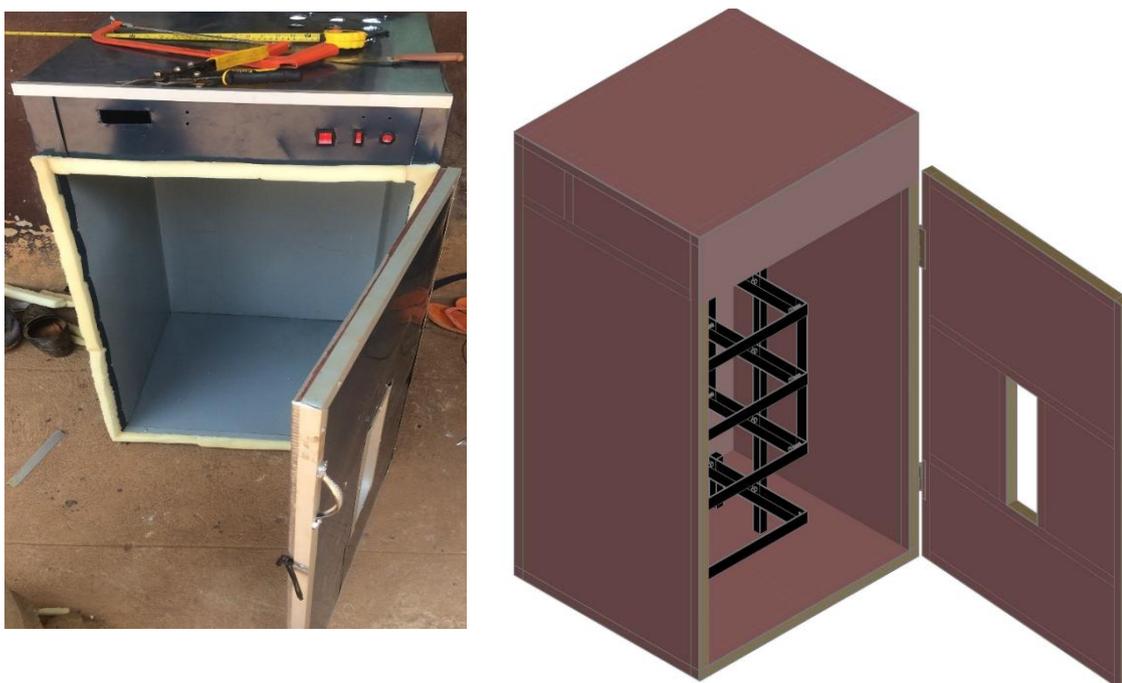


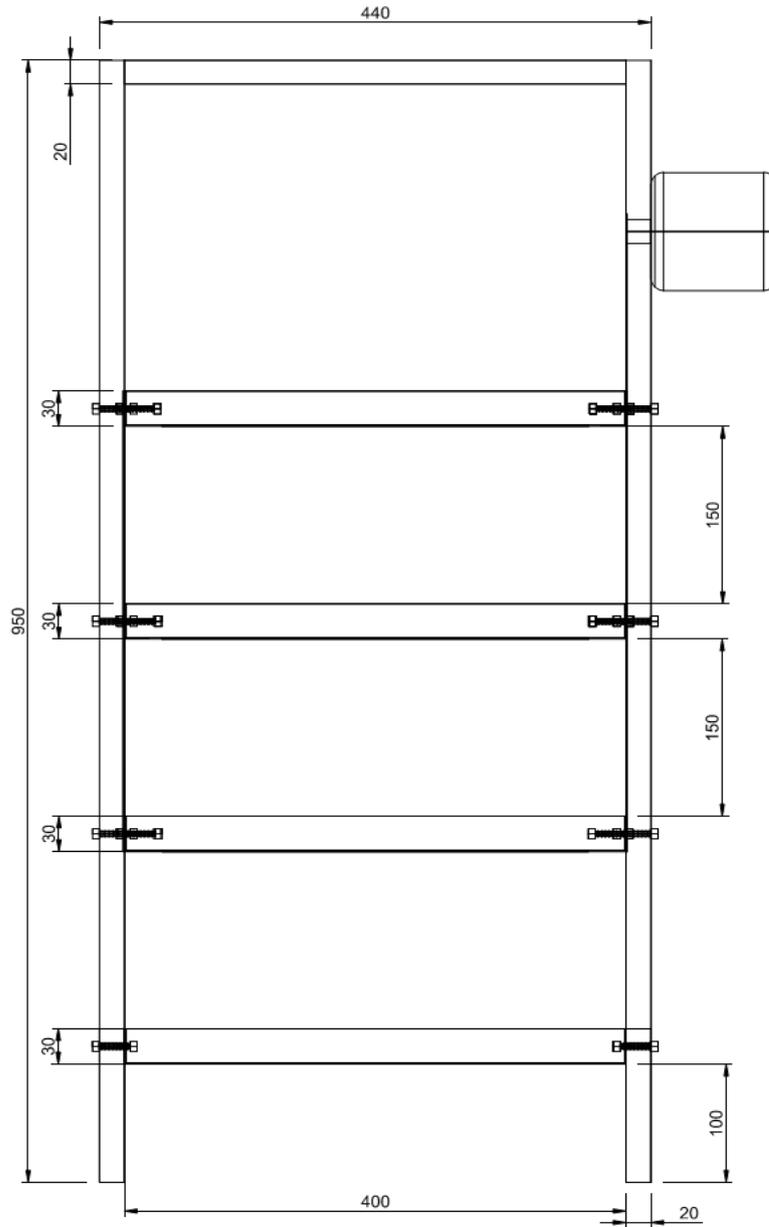
Figure 29 : Enceinte incubateur.

IV.1.3. Montage du système de retournement

Notre système de retournement est formé de trois niveaux de support porte alvéole de forme rectangulaire (400*303 mm) et d'une étagère d'écloisir. Ils sont mis en mouvement par un système bielle manivelle comme ressortis sur le schéma cinématique. Et pour l'assemblé ont aura besoin de :

Tableau IV-4 : éléments système de rotation

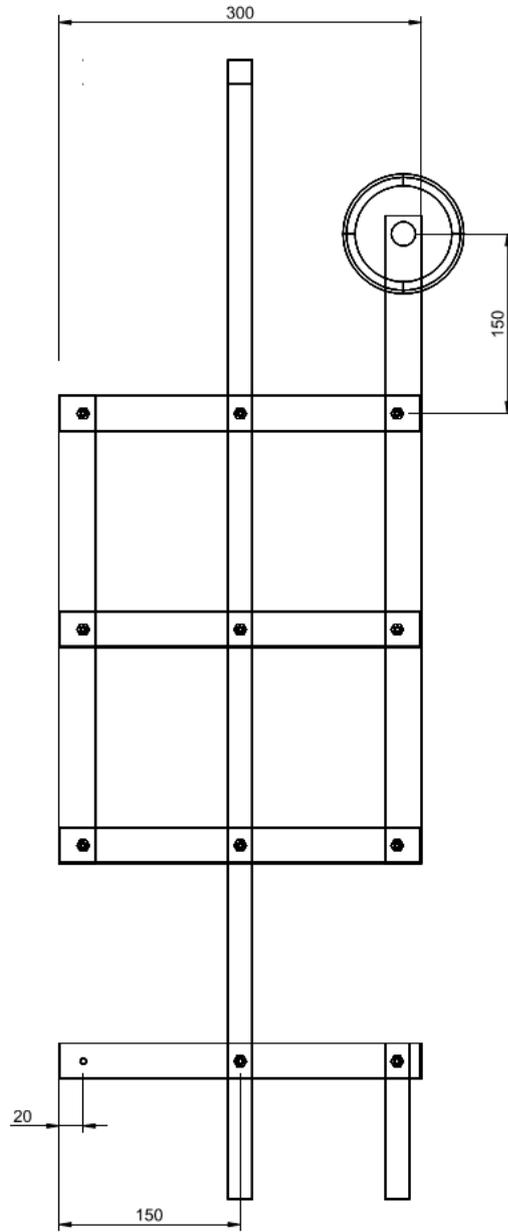
ELEMENTS	CARACTERISTIQUES	NOMBRES
Cornière de 30 mm	400 mm	8
Cornière de 30 mm	300 mm	8
Tube 20 mm	1000 mm	2
Tube 20 mm	410 mm	1
Boulon	$\Phi = 4.5$	20
Fer plat 20 mm	300 mm	5



ENSET D'EBOWA

ECHELLE:1/1 	VUE DE FACE SYSTEME DE RETOURNEMENT	FOLIO 4
		A4 H
SOGANG BONAS		18W385





ENSET D'EBOWA

ECHELLE:1/1



VUE DE GAUCHE SYSTEME RETOURNEMENT

FOLIO 5

A4 H

SOGANG BONAS

18W385



Une fois les éléments assemblés dans le respect des dimensions perceptibles dans le tableau sur le dessin de définition présenté ci-haut, on obtient :

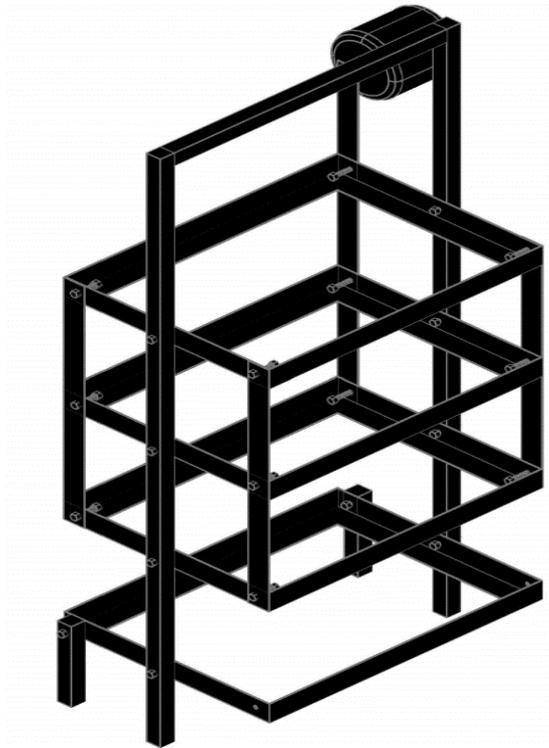


Figure 30 : Système de retournement.

IV.2. PARTIE ELECTRIQUE

La partie électrique de ce système est constituée de quatre parties dont la synoptique suivante ressort :

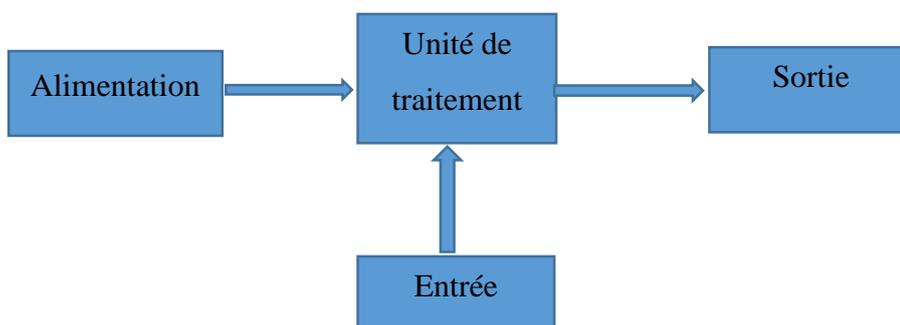


Figure 31 : Synoptique système.

IV.2.1. Alimentation

Un système hybride est défini comme une installation qui utilise deux ou plus des technologies de la génération d'énergies. L'alimentation de notre prototype devant tendre vers cette définition, il est constitué intérieurement de :

a. relais

C'est un organe électrique permettant l'ouverture et la fermeture d'un circuit ; Il fonctionne comme un interrupteur quand il faut commander certain organe. Il nous aide également à gérer la commande de l'énergie à fournir au récepteur à travers les différentes sources en 220V.

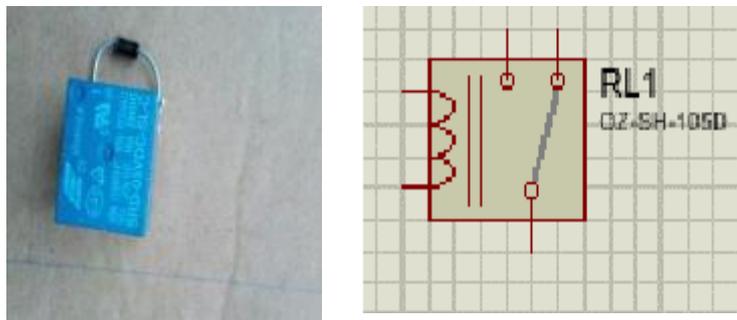


Figure 32 : Relais électronique.

b. transformateur

Dans notre cadre, nous utilisons un transformateur abaisseur 220/12 V à 1.5 ou 2 A pour alimenter les composants électroniques qui fonctionnent à faible tensions

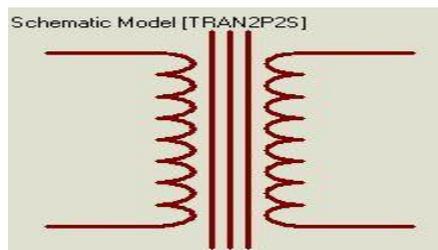


Figure 33 : Transformateur 220/12V.

c. régulateur

Le régulateur 7812 permet de stabiliser la tension venant du transformateur à 12V, qui sert à exciter les bobine des relais tan dis que le régulateur 7805 permet de stabiliser la tension devant alimenter la carte les mémoires.

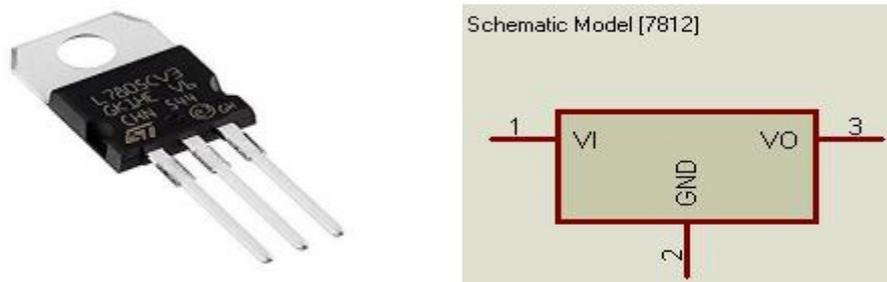


Figure 34 : Régulateur électronique.

d. pont redressement

Ce redressement est formé de quatre diodes plus condensateur. Il nous permet de convertir le courant alternatif en courant continu, régime auquel la plus part des composants électroniques du prototype en dépendent.

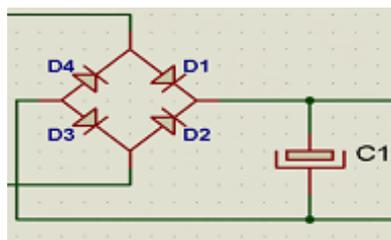


Figure 35 : Redressement.

Les composants ci-dessus cités vont nous permettre de réaliser le circuit d'alimentation de notre prototype avec possibilité de basculement automatique de source d'alimentation au cas où la source principale ENEO est défaillante. Le circuit global s'illustre comme suit :

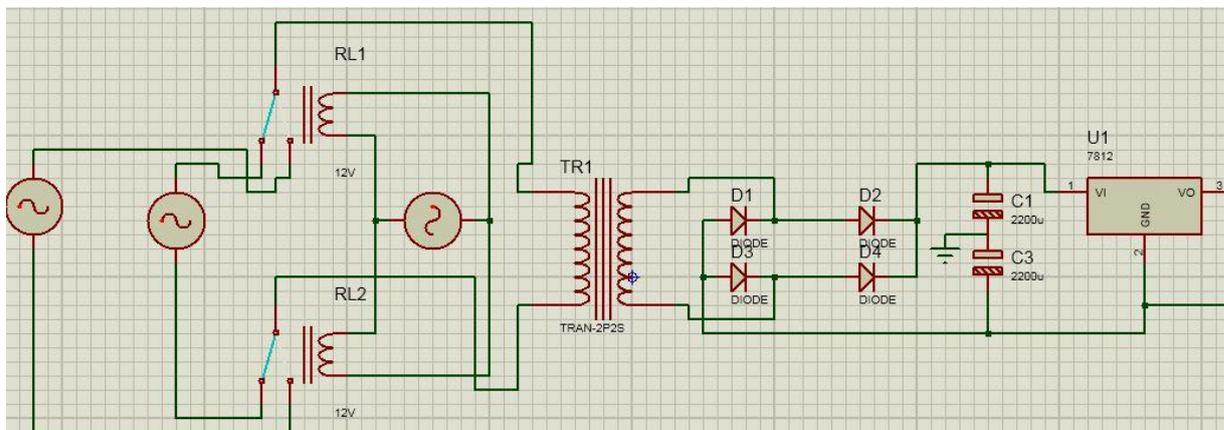


Figure 36 : Schéma d'alimentation.

IV.2. Entrée

La commande du système est gérée uniquement par un capteur. Il est chargé d'envoyer la consigne de température à comparer à la mémoire de traitement. Sa plage de température est comprise entre : $-63\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq +175\text{ }^{\circ}\text{C}$.

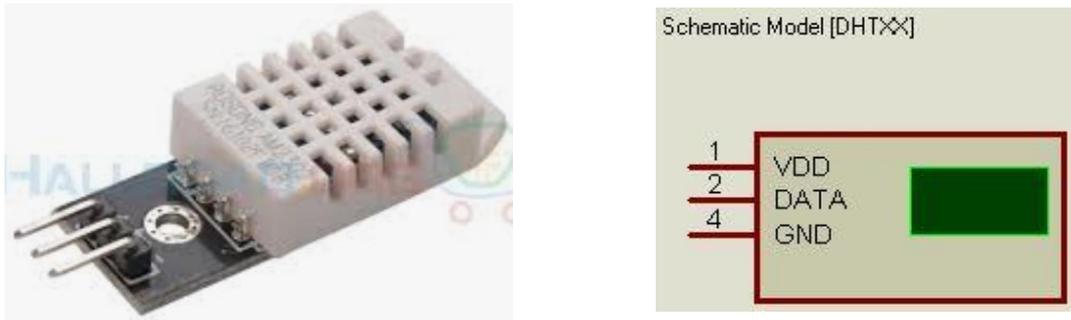


Figure 37 : Capteur DHT22.

IV.2.3. Unité de traitement

Pour notre prototype, nous avons utilisé une carte Arduino nano. C'est une carte électronique qui contient un microcontrôleur intégré. Ce microcontrôleur fait office de centre de traitement des informations qui lui parviennent. Pour notre cas, il reçoit les signaux électriques du capteur DHT22 et des relais sur ses broches d'entrées (A0 à A7). Il convertit en signaux analogiques. Cette conversion suit un canevas imposé par un programme donc nous introduisons dans le microcontrôleur. Le programme permet de comparer les différentes consignes afin de transmettre des ordres exécutables reconvertis en signaux numériques sur ses broches de sorties (D0 à D12).

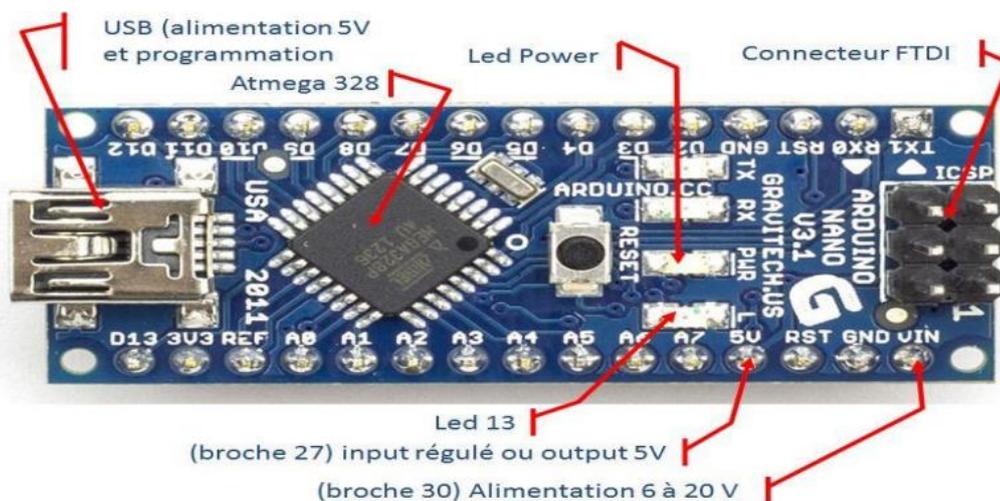


Figure 38 : Arduino nano.

IV.2.4. Sortie

La sortie de notre système est constitué de :

a. led

Tout comme la diode, c'est un composant électronique semi-conducteur qui se comporte comme un interrupteur fermé quand elle est polarisée en direct et comme un interrupteur ouvert polarisée en inverse. Le courant circule uniquement de l'anode vers la cathode, mais de plus elle émet de la lumière pendant le passage du courant. Deux led nous permettent ici de connaître si la température de notre enceinte est supérieur ou inférieur à la température de consigne 38.5 °C

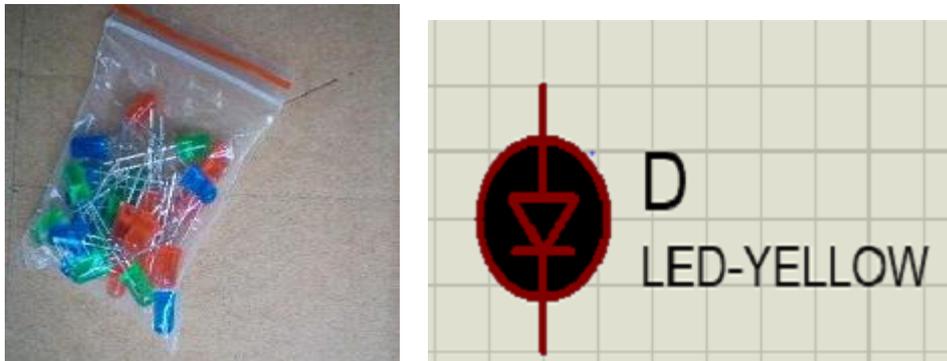


Figure 39 : Led.

b. moteur

C'est un moteur tournant très lentement et se déplaçant suivant la position angulaire ou du nombre de pas. Plus le nombre de Pas est important plus il est précis. Pour ce projet, un moteur d'essuie-glace 12V/2A avec un couple nominal de 4Nm et un rapport de réduction de 1/66 est commandé par un relais pour permettre la rotation de la plateforme qui porte les œufs après chaque 60 minute.



Figure 40 : Moteur.

c. ventilateurs

C'est un appareil électromécanique destiné, comme son nom l'indique à créer un vent artificiel. Il permet d'évacué les gaz toxique de l'enceinte mai aussi à repartir la chaleur.



Figure 41 : Ventilateur.

d. résistance chauffante

Pour élever la température de l'enceinte, on utilise une résistance chauffante de 300W/220V commander par un relai.



Figure 42 : Résistance chauffante.

Avec tous ces éléments de base, nous pouvons ressortir le schéma de câblage de la commande de notre système final comme suit :

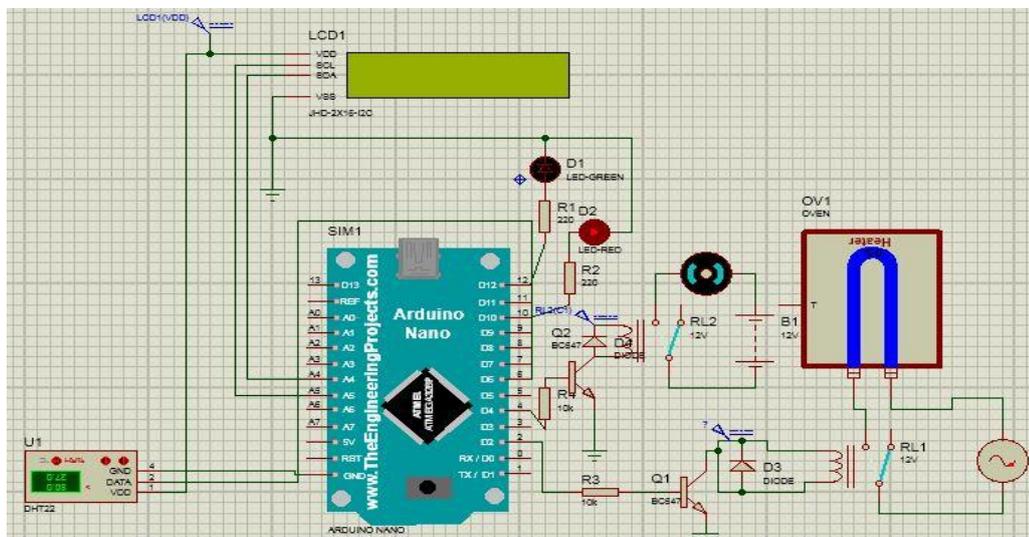


Figure 43 : Schéma câblage.

CHAPITRE V : TEST RESULTATS ET PLAN DE MAINTENANCE

V.1. EXPLOITATION DES COUTS

Le matériel nécessaire rendant fonctionnel notre prototype est regroupe dans le tableau suivant :

Tableau 21 : Matière d'œuvre.

Eléments	Caractéristique	Prix unitaire(Frs)	nombres	Total
Composant mécanique				
Tube carré	25*25*1.5 (mm)	3000	4	12000
Tôle	0.7 (mm)	2400	8	19200
Tube carré	2*2*1.5 (mm)	1700	1	1700
Cornière en aluminium	2*2	3500	1	3500
Cornière	3*3	5000	1	5000
Matelas	30 (mm)	4500	1	4500
Rivet	4.5 (mm)	5000	/	4500
Alvéole	Pvc	400	5	2000
Manche	/	300	1	300
Pommelle	/	300	2	600
Flexi-glace	120*330 (mm)	1000	1	1000
Cole forte	Boîte	500	1	500
Porte Cardenas	/	300	1	300
Total(T1) : cinquante-quatre mille neuf cent FCFA				54900
Composant électrique				
Résistance chauffante	300W/220V	3000	1	3000
Ventilateur	AC-220V	3500	1	3500
Ventilateur	DC-12V	1500	1	1500
Moteur essuie-glace	DC-12V	10000	1	10000
Lampe	60W/220V	200	2	400
Carte arduino	NANO	5000	2	10000

Afficheur LCD+I2C	16*2	5000	1	5000
Capteur température	DHT22	4000	1	4000
Transformateur(X fos)	220V/12V	3500	4	14000
Module Relais électronique	10A DC 12V	2500	2	5000
Relais électronique	10A DC 12V	500	2	1000
Résistance électronique	220Ω	50	2	100
LED	/	100	2	200
condensateur	3300μf/35V	300	4	1200
Pont redresseur	/	250	4	1000
Câble d'alimentation	/	1500	2	3000
Câble de connexion	/	1000	1	1000
Interrupteur	SA	250	3	250
Douille	/	200	2	400
Etain	/	1000	/	1000
Fer à souder	40W/220V	2000	1	2000
Total(T2) = soixante-sept mille cinq cent cinquante FCFA				67550
Fabrication et manutention				
Soudure	/	7000	/	7000
Schémas électriques	/	5000	/	5000
Cintrage	/	2000	/	2000
Perçage	/	5000	/	5000
Electricité	/	2500	/	2500
Transport	/	20000	/	28000
Total (T3) = quarante-neuf mille cinq cent FCFA				49500
Total (T1+T2+T3)=				166950

Le cout total du prototype donc estimé à:

$$\text{TVA} = 19.25\% \text{ Total (T1+T2+T3)}$$

$$\text{TVA} = 32137.9 \text{ FCFA}$$

Le montant total (Mt) est formé de la TVA plus le total cumulé des frais.

$$\text{Mt} = \text{TVA} + \text{Total (T1+T2+T3)}$$

$$\text{Mt} = 32137.9 + 166950$$

$$\text{Mt} = 199087.9 \text{ FCFA}$$

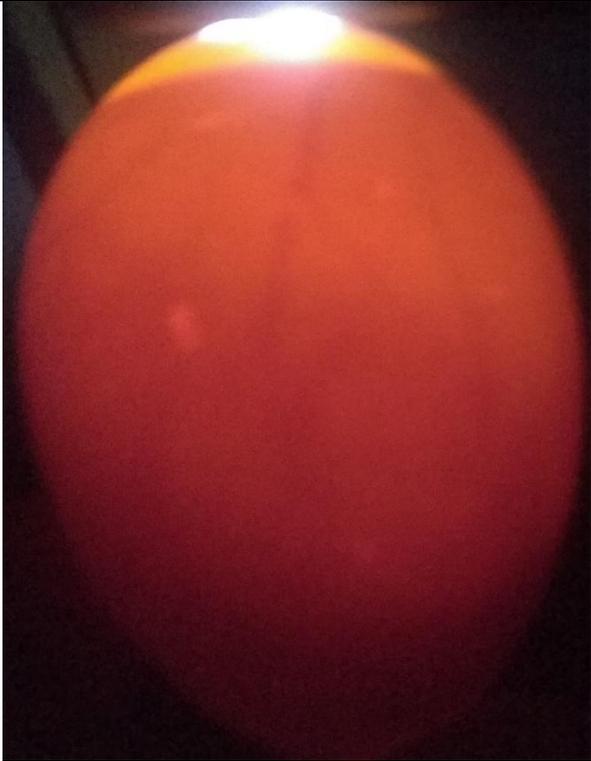
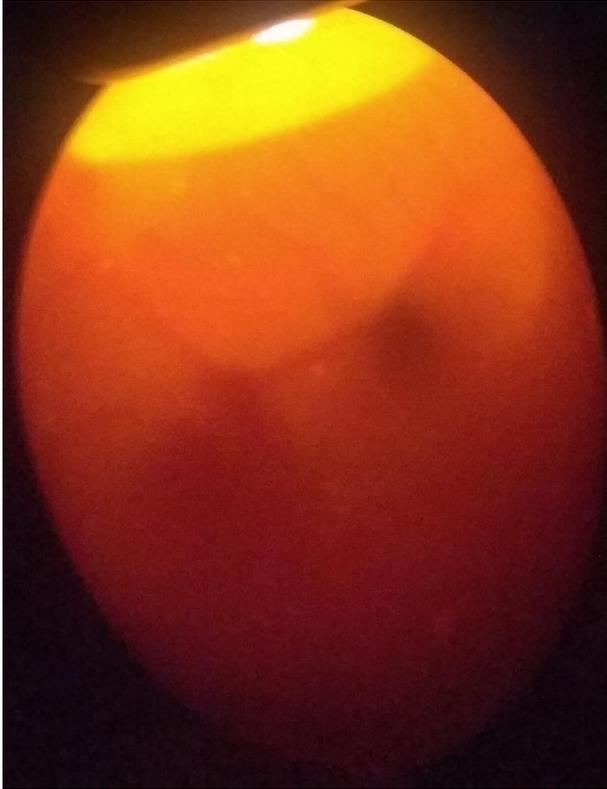
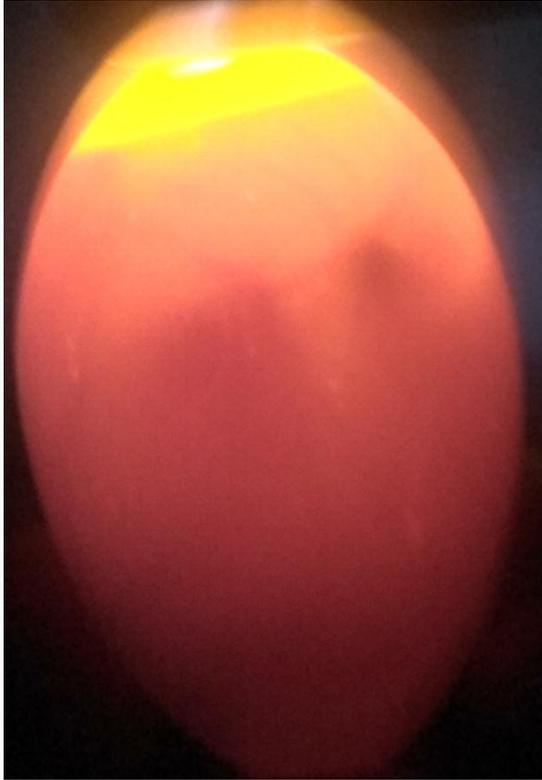
V.2. TEST ANALYSE ET INTERPRETATION DU SYSTEME

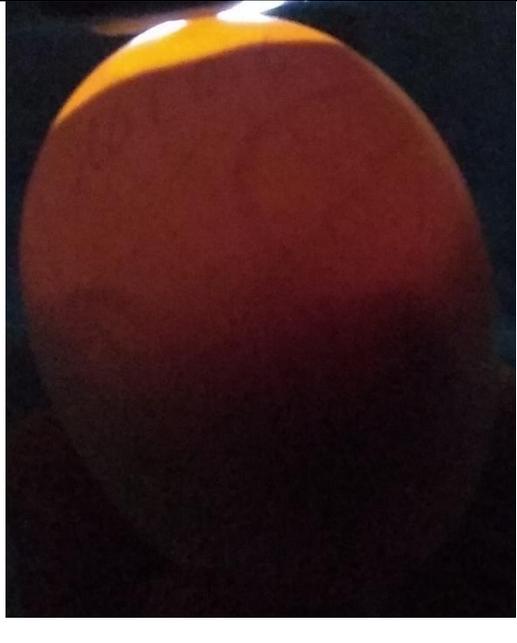
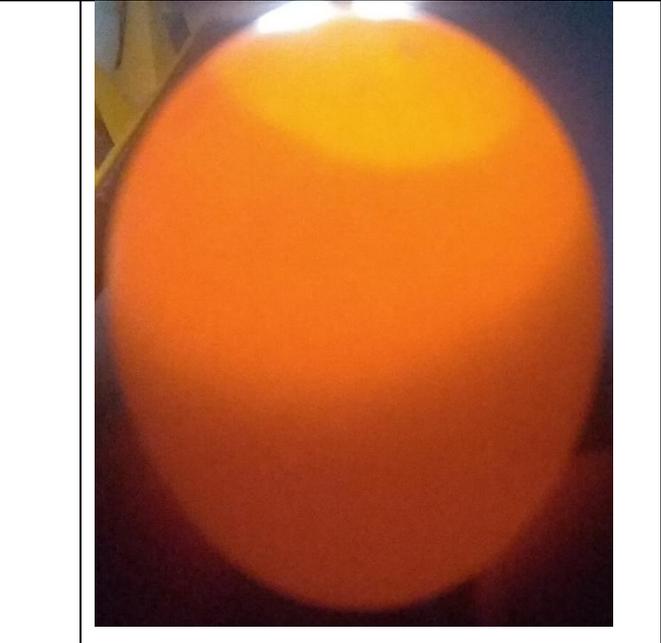
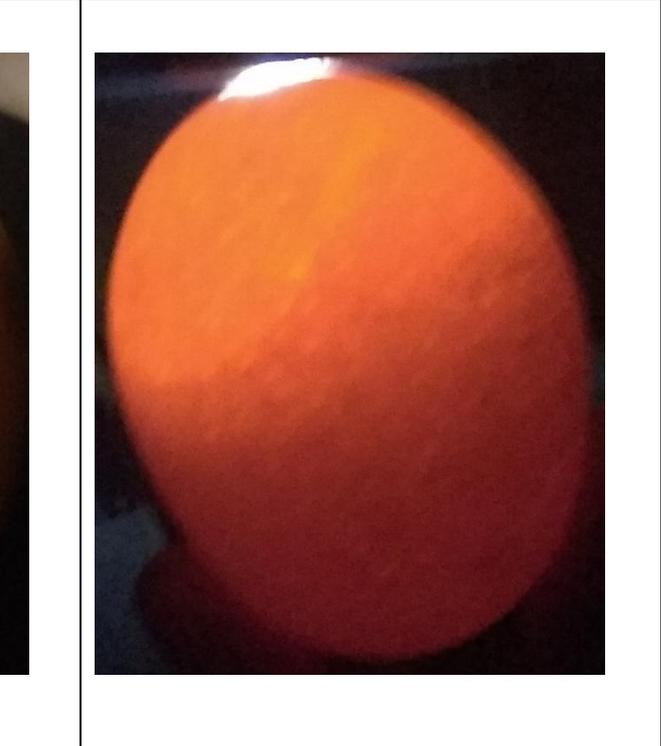
V.2.1. Test du prototype

Le test s'effectue durant une période de 21 jours avec les œufs de poule. Pendant cette période, l'évolution du poussin sera observée après chaque trois jours ressortis par les mirages suivant :

Tableau 22 : Suivis sur 21 jours.

Jour s	Poussin vivant	Poussin mort
1		
3		

		
6		
12		

		
18		
21		



V.2.2. Rendement du prototype

L'évaluation du rendement du dispositif n'a pas été effectuée en charge maximal. Nous avons réalisé trois essais avec des échantillons comme suit :

- **Premier test** : pour 10 œufs introduit, 8 sont fécondés et 7 vont éclore soit un pourcentage d'éclosion de 87.5% ;
- **Second test** : pour 15 œufs introduit, 12 vont éclore soit un pourcentage de 80% ;
- **Troisième test** : pour 24 œufs introduit, 18 sont fécondés et 16 vont éclore soit un pourcentage de 88.8%.

A l'issus des trois tests, nous obtenons un rendement de production moyen de 85.46%.

La consommation en énergie pour une période de 21 jours soit la durée d'un test est de 47 KWh.

Nous avons donc en frais de consommation 2350 Francs.

Au vus des données obtenu, déterminons le retour à l'investissement du dispositif ;

- Rendement $\eta = 0.8546$
- Consommation en énergie $C_s = 2350$ FCFA
- Prix des œufs $P_o = 37800$ FCFA soit 300 l'unité par la capacité totale $C_t = 126$ œufs
- Prix moyen poussin d'un jour $P_m = 750$ FCFA

- Prix vaccin $P_v = 5000$ FCFA
- Montant dispositif $M_d = 199087.9$ FCFA

La dépense pour une production (D_p) est de :

$$D_p = C_s + P_o + P_v$$

$$D_p = 45150 \text{ FCFA}$$

On dépense cette somme pour obtenir à la vente (V) :

$$V = \eta C_t * P_m$$

$$V = 80759.7 \text{ FCFA}$$

Soit un bénéfice brut par production de $B = 35609.7$ FCFA donc **282 FCFA** par œufs.

Dans cette progression, déterminons après combien de temps il y aura retour à investissement (R_i).

$$R_i = M_d / B$$

$$R_i = 6$$

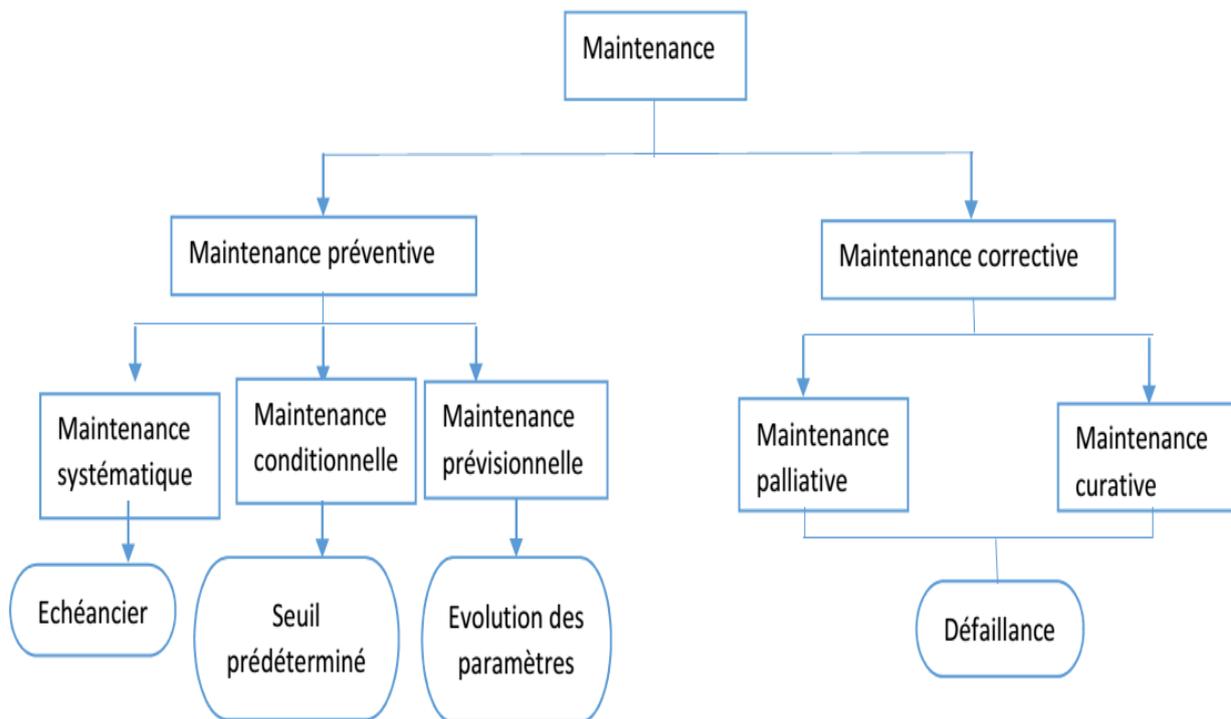
Soit une durée totale de 126 jours. Cette durée doit se prolonger en fonction des frais d'entretien et des charges salariales variables.

V.3. MAINTENANCE DU SYSTEME

Le mot maintenance dérive du mot maintenir qui signifie choisir les moyens de prévenir, de corriger ou de rénover suivant l'usage du matériel et sa criticité économique afin d'optimiser le coût global de possession. Ainsi, la maintenance peut se définir comme étant l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management effectuées durant le cycle de vie d'un bien et destinée à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise. Alors, l'on se pose donc la question de savoir quelles sont les différentes actions à mener sur l'incubateur afin qu'il puisse toujours accomplir sa fonction ?

V.3.1. Types de maintenance

Il existe principalement deux types de maintenance: la maintenance préventive et la maintenance corrective. L'organigramme suivant nous dévoile donc toutes les formes de maintenance pouvant être effectuées sur un bien.



a. Maintenance préventive

Elle a pour but de réduire la probabilité de défaillance d'un bien. On en distingue trois formes :

- ✚ Maintenance systématique: Il s'agit ici d'une maintenance s'effectuant suivant un échancier. Dans notre cas, nous pouvons dire qu'il est important de changer le fluide caloporteur dans les tuyauteries et de nettoyer la surface de ceux-ci suivant un échancier de deux mois d'utilisation.
- ✚ Maintenance conditionnelle : Il s'agit ici d'une maintenance qui s'effectue après avoir constaté un seuil prédéterminé de dégradation d'un bien. Pour notre système, il est recommandé d'effectuer un nettoyage après tout dépôt de poussière ou autres à la surface du panneau solaire photovoltaïque.
- ✚ Maintenance prévisionnelle : c'est une maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée des paramètres significatifs de dégradation d'un bien. Elle permet de retarder et de planifier les interventions.

b. Maintenance corrective

Elle a pour but de rétablir un bien suite à une défaillance afin qu'il puisse accomplir une fonction requise. Nous distinguons deux formes de maintenance corrective à savoir :

- ✚ Maintenance palliative : elle est destinée à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou une partie de sa fonction requise suite à une défaillance.
- ✚ Maintenance curative : elle a pour objet de rétablir définitivement un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise.

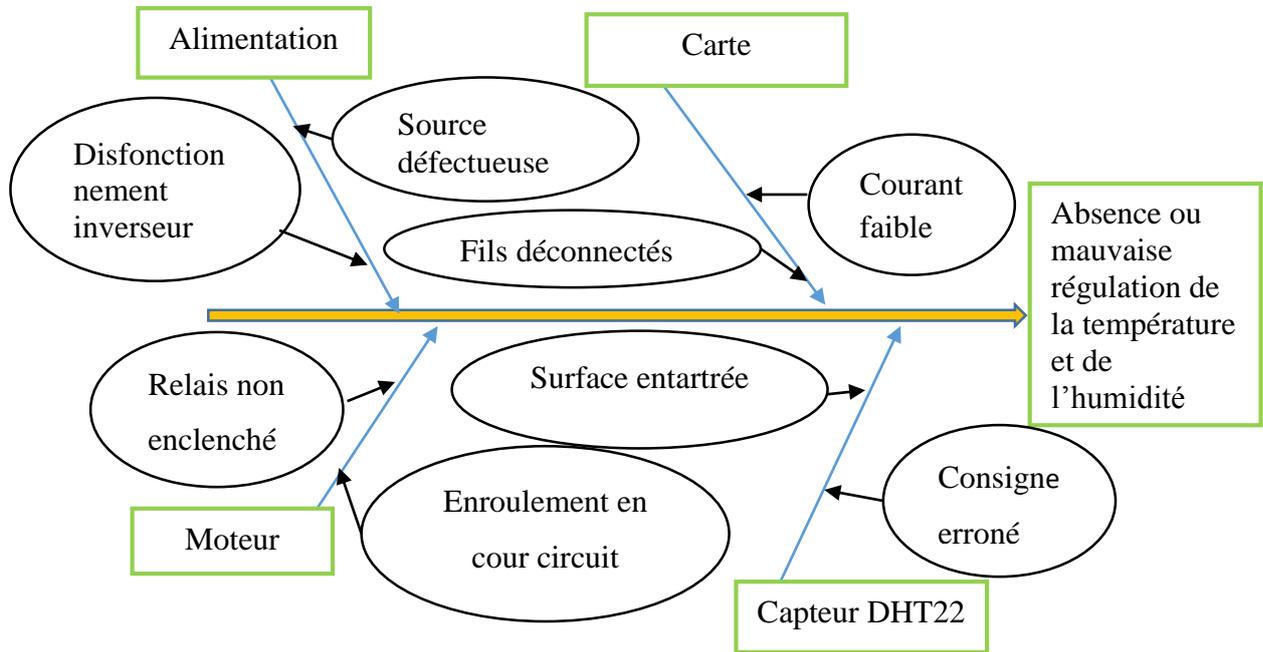
V.3.2. Outils d'aide à la maintenance

5.3.2.1. AMDE (Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets)

Tableau 23 : Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets.

Système : incubateur					
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance	Action corrective
alimentation	Production d'électricité	Module défectueux	Câble d'alimentation sectionné	Retour de phase	Utiliser un multimètre pour déterminer le point de rupture et raccorder
			Panne sèche du groupe électrogène	Source secondaire non alimenté	Remplir le réservoir du groupe et relancer
			Décharge profonde des batteries	Source secondaire non alimenté	Exciter les batteries et recharger
enceinte	Conservation de la température	système défectueux	Perte thermique due à un défaut d'isolation	Mauvais rendement d'échange thermique	Changer la couche d'isolant et la remplacer par une nouvelle couche
			Entartrage du capteur DHT11	Consigne de température non précise	Le nettoyer avec un souffleur ou possible le remplacer

5.3.2.1. Diagramme d'Ishikawa



CONCLUSION GENERALE

En somme, l'entrer en possession des poussins d'un jour reste une difficulté à traverser par les éleveurs de la région du SUD Cameroun. Il a été question pour nous étudiant de l'ENSET d'Ebolowa en fin de cycle de proposer des solutions visant à remédier cette difficulté au travers du thème intitulé : « **CONCEPTION ET REALISATION D'UN INCUBATEUR A ROTATION AUTOMATIQUE AVEC ENERGIE D'APPOINT** ». Pour y parvenir, nous nous sommes proposé de réaliser un prototype d'incubateur en ressortant dans un premier temps les différents concepts qui définissent les œufs à incuber ; puis nous avons proposé les technologies d'incubation existantes qui nous ont conduit au choix du prototype à implémenter suivis du dimensionnement d'une structure pouvant recevoir 30000 œufs ; après ces études théoriques, nous avons rassemblé et décrit le matériel nécessaire à la réalisation du prototype au sortis duquel une estimation des coûts du matériel a été fait. Le dispositif réalisé, des séries de test sur des périodes de 21 jours nous ont permis de ressortir le rendement moyen de 85%. Durant cette période, nous avons rencontrés plusieurs difficultés tant sur le plan technologique donc certain ont été relevé progressivement que sur le plan financier en ce qui concerne l'appropriation d'une source d'énergie d'appoint pour les tests. Mais malgré ces divers désagréments, nous pouvons dire que les exigences du cahier des charges ont été respectées en grande partie.

Face au pourcentage ressortis par nos tests, nous sommes conscients que pour atteindre les 100% escompter, des améliorations restent à apporter à notre dispositif. La rechercher et l'amélioration de ses manquements pourra faire l'objet de recherche pour les générations à venir de l'ENSET afin de mener à bien ce projet dans la région du SUD.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] - FOUNDATION AGROMISA et CTA/ **AGRODOK 34** / DIGIGRAFI PAYS-BAS sixième Edition 2011
- [2] - www.catoire-fantasque.be/dossiers/incubation/problemes-solutions.html.
- [3] - BOROTTO / **MANUEL D'INSTRUCTION DE D'INCUBATEUR ARTIFICIEL D'ŒUFS** / 37060 buttapietra Italie 2009
- [4] - HUBBARD / **GUIDE INCUBATION** /le foeil-B.P. 169-22800 quintin – France (www.hubbardbreeders.com)
- [5] - BEAUMONT / **BRINSEA EM** / BP2 ,76260 Eu
- [6] - YODA SEYDOU / **THEME : ETUDE DES PERFORMANCES D'UNE COUVEUSE SOLAIRE DANS L'INCUBATION DES ŒUFS DE POULE** / N° ...VA/2011 BURKINA FASO juin 2011
- [7] - F. CABEZA / **DIAGRAMME PSYCHOMETRIQUE** / AFPA France Mai 2002
- [8] - ADIL DU LOIRET / **GUIDE ISOLATION THERMIQUE** / Espace info énergie du Loiret
- [9] - FOUNDATION AGROMISA : WAGENINGEN / **AGRODOK 34** / Digigrafi Pays Bas cinquième édition 2004
- [10] - www.borotto.com
- [11] - Académie Caen / **INCUBATEUR A ŒUF**
- [12] - Disko – Metal / **CATALOGUE ACIER**
- [13] - JEAN-LOUIS FRANCHON / **GUIDE DE MECANIQUE** / NATHAN
- [14] - www.acierssepeciaux.fr/propri%C3%A9
- [15] SIMON LANDRAULT / **ARDUINO : PREMIERS PAS EN INFORMATIQUE EMBARQUEE** / le blog d'Eskimon edition du 19 juin 2014

ANNEXE

Annexe 1 : Aspect œuf fécondé après trois jours.



Annexe 2 : programmation du système.

```
#include <dht.h>
#include<Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
#define DHT22_PIN 6
dht DHT;
void setup() {
  pinMode(2,OUTPUT);
  pinMode(10,OUTPUT);
  pinMode(12,OUTPUT);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
```

```
lcd.begin(16,2);
// put your setup code here, to run once:
}
void loop() {
// put your main code here, to run repeatedly:
int chk = DHT.read(DHT22_PIN);
lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("TEMPERAT: ");
  lcd.print(DHT.temperature);
  lcd.print("C");
lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("HUMIDITY: ");
  lcd.print(DHT.humidity);
  lcd.print("%");
  delay(500);
  if(DHT.temperature < 37.70)
  {
    digitalWrite(2,HIGH);
    digitalWrite(10,HIGH);
    digitalWrite(12,LOW);
  }
  if(DHT.temperature > 37.80)
  {
    digitalWrite(2,LOW);
    digitalWrite(10,LOW);
    digitalWrite(12,HIGH);
  }
}
```

Annexe 3 : prototype.