

REPUBLIQUE DU
CAMEROUN
Paix-Travail-Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE 1

ECOLE NORMALE
SUPERIEURE
D'ENSEIGNEMENT
TECHNIQUE

BP 886 EBOLOWA/Tél:
+237243717816

Site web : www.enset-ebolowa.com
mail : ensetebwa@gmail.com

DEPARTEMENT DU GENIE
ELECTRIQUE



REPUBLIQUE OF
CAMEROON
Peace-Work-Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE 1

HIGHER TECHNICAL
TEACHERS TRAINING
COLLEGE

PO BOX 886 EBOLOWA/Tél:
+237243717816

Site web: www.enset-ebolowa.com
mail : ensetebwa@gmail.com

DEPARTMENT OF
ELECTRICAL ENGINEERING

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE COUVEUSE D'ŒUFS HYBRIDE AVEC CHARGE DE BATTERIES DE TELEPHONES

Mémoire rédigé et soutenu en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur
d'Enseignement Technique grade II (DIPETII)

OPTION : Electrotechnique (ET)

Rédigé et soutenu par : NLOM OVASSA Ulrich Steine

Matricule : 19W1201

Sous la direction de : Pr NDJAKOMO Essiane Salomé, Maitre de conférences

Encadreur : Mme FOUDA BELLA Régine

Devant le jury composé de :

Président : Pr MENGUE MBOM Alex

Rapporteur(s) : - Pr NDJAKOMO Essiane Salomé

- Mme FOUDA BELLA Régine

Examineur : Dr NGO BISSE Jacquie



Année académique 2020-2021

Dédicace

À ma famille

Remerciements

Je rends grâce à L'Éternel d'avoir mis sur mon chemin, un corps enseignant dévoué et qualifié, des hommes de valeurs qui n'ont ménagé aucuns efforts dans la transmission des connaissances d'ordre académique et même professionnelle.

Pour la réalisation de cette œuvre, j'exprime mes sincères remerciements :

- Au Professeur **NDJAKOMO ESSIANE Salomé**, Directeur de l'ENSET D'Ebolowa et Chef de Département du génie électrique pour avoir mis à ma disposition tout encadrement nécessaire à mon épanouissement académique.
- A Mme **FOUDA BELLA Régine** pour sa patience, son soutien et les nombreux conseils qu'elle a pu me prodiguer pour la réalisation de ce mémoire.
- A tous les enseignants de l'ENSET D'Ebolowa et en particulier ceux du Département du génie électrique, qui ont participé pleinement à ma formation.
- A mes camarades et amis pour leurs apports et encouragements car ils ont été présents à tous les instants, dans les bons comme les mauvais moments.
- A mes parents car ce travail ne serait jamais arrivé à terme sans leur soutien financier, leurs conseils et les multiples encouragements.
- A mes Frères et Sœurs car ils ont toujours cru en moi.
- A ma fiancée pour son soutien moral et ses encouragements pendant les moments difficiles de ma formation.

Résumé

Dans le cadre de la réalisation du projet conception et réalisation d'une couveuse d'œufs hybride avec charge de batteries de téléphones, nous avons dans un premier temps conçu l'ossature qui nous permettra de loger et incuber les œufs, ceci à une température déterminée par l'utilisateur en fonction des espèces répertoriées; ensuite nous avons procédé à l'installation des ventilateurs dont un permettra de répartir la même quantité de chaleur dans toute l'enceinte de la couveuse et autre servira pour aération. Notre couveuse sera constituée principalement d'une résistance chauffante de 200 W, d'un moteur d'une puissance de 14W lié à un dispositif mécanique entraînant le mouvement des claies sur lesquels sont entreposés les œufs et d'un Gsm Sim 900A mini pour communiquer avec opérateur. De ce fait la température et l'humidité relative seront régulées et contrôlées par le capteur de température et d'humidité. Pour le cas des œufs de poules cette température sera maintenue à 37,5°C et l'humidité relative à 55% pendant la période de couvain et de 37°C pour la température et 75% pour l'humidité relative pendant la période d'éclosion. Le taux d'humidité est assuré par un humidificateur qui va pulvériser la vapeur d'eau dans l'enceinte de la couveuse. Le fonctionnement de la commande et de la puissance sera contrôlé par une carte électronique appelée "Arduino"; notre couveuse sera à cet effet dotée également d'une petite installation solaire photovoltaïque constituée d'un panneau solaire de 100Wc, d'une batterie de 65Ah, d'un régulateur PWM de 10A et d'un onduleur d'une puissance de 300W. Cette installation viendra suppléer la source d'alimentation conventionnelle distribuée par opérateur Eneo en cas de délestage pour éviter un arrêt du système pouvant impacter sur la production. Cette couveuse est conçue pour palier au problème de pénurie des poussins d'un (01) jour rencontré par les aviculteurs.

***Mots clés :** couveuse, œufs, couvain, éclosion, poussins, température, humidité relative, solaire photovoltaïque, hybride, batteries de téléphones.*

Abstract

As part of the project design and realization of a hybrid egg incubator with battery charge of telephones, we first designed the frame that will allow us to house and incubate the eggs, this has a temperature determined by the user according to the species listed; we then proceeded to the installation of the fans, one of which will allow the same amount of heat to be released throughout the incubator and another will be used for aeration. Our incubator will consist mainly of a heating resistance of 200 W, an engine with a power of 14W linked to a mechanical device which drives the movement of the glazes on which the eggs are stored and a Gsm Sim 900A mini to communicate with the operator. Therefore the temperature and relative humidity will be regulated and controlled by the temperature and humidity sensor. In the case of hen eggs, this temperature shall be maintained at 37,5°C and relative humidity at 55 % during the brooding period and 37°C for temperature and 75% for relative humidity during the hatching period. The humidity level is ensured by a humidifier that will spray water vapor in the incubator enclosure. The operation of the control and the power will be controlled by an electronic board called “Arduino” ; our incubator will also be equipped with a small solar photovoltaic installation consisting of a 100Wc solar panel, a 65Ah battery, a 10A PWM controller and an inverter with a power of 300W. This installation will be supplied with the conventional power source distributed by Eneo operator in case of load shedding to avoid a system shutdown that could impact production. This incubator is designed to address the shortage of one (01) day old chicks encountered by poultry farmers.

Keywords : *incubator, eggs, hatching, chicks, temperature, relative humidity, solar photovoltaic, hybrid, phone batteries.*

Liste des tableaux

Tableau 1: tensions recommandées pour les systèmes PV en fonction de leur puissance.....	26
Tableau 2: sections des conducteurs	31
Tableau 3: présentation du dimensionnement et des paramètres thermiques	38
Tableau 4: dimensionnement des équipements	36
Tableau 5: caractéristiques des équipements retenus pour l'installation	37
Tableau 6: comparaison des paramètres théoriques aux valeurs réelles	45
Tableau 7: devis du matériel pour la fabrication de la couveuse	46
Tableau 8 : comparaison des paramètres de couvaison et d'éclosion selon les espèces.....	51
Tableau 9: paramètres à prendre en compte pour la programmation	51

Liste des figures

Figure 1: incubation naturelle.....	4
Figure 2: incubateur statique	5
Figure 3: incubateur dynamique	6
Figure 4: couveuse semi-automatique.....	7
Figure 5: couveuse automatique.....	7
Figure 6: Arduino Uno	13
Figure 7: résistance chauffante.....	15
Figure 8: ventilateur	16
Figure 9: moteur pas à pas.....	16
Figure 10: afficheur LCD.....	17
Figure 11: capteur DHT22	18
Figure 12: relais.....	18
Figure 13: optocoupleur	19
Figure 14: pulvérisateur de vapeur d'eau.....	19
Figure 15: GSM SIM 900A.....	20
Figure 16: capteur de niveau d'eau	20
Figure 17: panneau solaire	21
Figure 18: régulateur PWM.....	21
Figure 19: onduleur	22
Figure 20: accumulateur d'énergie	22
Figure 21: transformateur abaisseur 220V-12V,1000 mA.....	22
Figure 22: couveuse manuelle.....	24
Figure 23: couveuse semi-automatique	24
Figure 24: couveuse automatique.....	25
Figure 25: couveuse automatique à réaliser	25
Figure 26: répartition des courants au niveau du régulateur	28
Figure 27: câblage de la commande sur Proteus	39
Figure 28: visualisation du typon sur Proteus	40
Figure 29: typon à imprimer.....	40
Figure 30: vue de dos du montage des composants sur le typon en 3D.....	41
Figure 31: vue de face du montage des composants sur le typon en 3D.....	41
Figure 32: interface de l'application mobile	42
Figure 33: étapes de réalisation de la couveuse.....	44

Liste des abréviations

- LED : light emitting diode (en français : DEL : diode électroluminescente)
- LCD : liquid cristal display (écran à cristaux liquides en français)
- DTH : détecteur d'humidité et de température
- MPPT : maximum power point tracking (suivi du point de puissance maximale)
- PWM : pulse width modulation
- GSM : global system for mobile communications
- E_t : effort tangentiel
- C_r : couple résistant
- P_U : puissance utile
- P_m : puissance du moteur
- P_{th} : puissance thermique
- Q : quantité de chaleur
- E : énergie
- PV : photovoltaïque
- H_i : irradiation solaire ou ensoleillement
- P_{Cn} : puissance crête nécessaire
- N_{PS} : nombre de panneau en série
- N_{BP} : nombre de branche en parallèle
- N_{TP} : nombre total de panneau
- P_{CI} : puissance crête installée
- C_{an} : capacité d'accumulateur nécessaire
- N_{as} : nombre d'accumulateur en série
- N_{Ta} : nombre total d'accumulateur
- C_{ai} : capacité d'accumulateur installée
- P_a : prix d'achat
- P_v : prix de vente
- B_a : bénéfice annuel
- HR : humidité relative

Table des matières

Dédicace	i
Remerciements	ii
Résumé	iii
Abstract	iv
Liste des tableaux	v
Liste des figures	vi
Liste des abréviations	vii
Table des matières	viii
Avant-propos	xii
Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : Revue de la littérature des couveuses d'œufs.....	2
Introduction	2
1.1) Historique des incubateurs	2
1.2) Généralités sur les incubateurs.....	3
1.2.1) Incubateur naturel.....	3
1.2.2) Les incubateurs artificiels.....	4
1.2.2.1) Les incubateurs statiques	4
1.2.2.2) Les incubateurs dynamiques.....	5
1.2.3) La différence entre les incubateurs semi-automatiques et automatiques.....	6
1.2.3.1) Les incubateurs semi-automatiques	6
1.2.3.2) Les incubateurs automatiques.....	7
1.2.4) Les paramètres à prendre en compte pour la réalisation des incubateurs.....	7
1.2.4.1) La température	7
1.2.4.2) Humidité	8
1.2.4.3) Aération	8

1.2.4.4) Ventilation	9
1.2.4.5) Retournement.....	9
1.2.4.6) Eclosion	9
1.3) Les limites des incubateurs artificiels actuels	9
1.3.1) La source d'alimentation des incubateurs	9
1.3.2) Le fonctionnement des incubateurs	10
1.4) Les solutions envisageables	10
Conclusion.....	11
Chapitre 2 : Matériel et Méthodes	12
Introduction	12
2.1) Description du matériel utilisé.....	12
2.1.1) Le fichier Excel pour le dimensionnement des systèmes solaires photovoltaïques	12
2.1.2) Le matériel à utiliser pour réaliser la couveuse.....	13
2.1.2.1) La carte Arduino Uno	13
2.1.2.2) Résistance chauffante	15
2.1.2.3) Ventilateur	15
2.1.2.4) Moteur pas à pas	16
2.1.2.5) Afficheur LCD.....	17
2.1.2.6) Capteur d'humidité et de température DHT22	18
2.1.2.7) Relais	18
2.1.2.8) L'Optocoupleur	19
2.1.2.9) Ultrasonic Air Humidifier.....	19
2.1.2.10) GSM SIM 900A MINI	20
2.1.2.11) Le capteur du niveau d'eau.....	20
2.1.2.12) Le panneau solaire	21
2.1.2.13) Le régulateur PWM	21
2.1.2.14) Onduleur	22

2.1.2.15) La batterie solaire	22
2.1.2.16) Transformateur abaisseur	22
2.2) Cahier de charge et synoptique de l'incubateur	23
2.2.1) Elaboration du cahier de charge	23
2.2.2) Synoptique des incubateurs	24
2.2.2.1) Synoptique des incubateurs présents dans le marché Camerounais	24
2.2.2.2) Synoptique de l'incubateur à réaliser	25
2.3) Dimensionnement du système solaire photovoltaïque.....	26
2.3.1) la puissance crête nécessaire.....	26
2.3.2) Evaluation de la capacité des batteries de stockage	27
2.3.4) Choix de l'onduleur	29
2.3.5) Choix des fusibles de protection.....	29
2.3.6) Choix des câbles de liaison.....	29
2.3.7) Choix des disjoncteurs.....	31
2.4) Dimensionnement du moteur	31
2.4.1) Calcul des charges thermiques	33
2.4.1.1) Calcul des charges internes à la couveuse	33
2.4.1.2) Calcul des charges externes à la couveuse	33
2.4.2) Bilan des pertes thermiques	35
2.4.2.1) Bilan intermédiaire	35
2.4.2.2) Bilan total	35
2.4.2.3) Puissance thermique en K_w	35
Chapitre 3 : Résultats	36
Introduction	36
3.1) Dimensionnement de la source d'alimentation solaire photovoltaïque	36
3.1.2) Option choisie pour l'installation.....	36
3.1.2) Mode de fonctionnement de l'installation solaire	37

3.2) Dimensionnement du moteur et calcul des paramètres thermiques.....	38
3.3) Résultats expérimentaux	39
3.3.1) Câblage de la commande sur Proteus	39
3.3.2) Typon de bord sur Proteus.....	39
3.3.3) Application mobile conçue pour la couveuse.....	42
3.3.4) La réalisation de la couveuse	43
3.3.5) Essai de la couveuse	45
3.4) coût estimatif et rentabilité du projet	45
3.4.1) Coût estimatif.....	46
3.4.2) Rentabilité du projet	47
Conclusion.....	48
Conclusion générale et perspectives	49
Référence Bibliographique.....	50
Annexes.....	51

Avant-propos

Créée par décret présidentiel N° 2017/586 du 24 Novembre 2017, l'École Normale Supérieure d'Enseignement Technique (ENSET) d'Ebolowa est une des grandes écoles de l'Université de Yaoundé 1 dont les missions sont d'assurer :

- La formation des professeurs 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 validation de ses résultats ;
- Le recyclage et le perfectionnement du personnel de l'enseignement secondaire technique;
- Le perfectionnement des professionnels dans ses domaines de formation ;
- L'appui au développement, en particulier sous forme de prestation de services et de gestion du développement durable.

L'ENSET d'Ebolowa comprend des cycles de formation à savoir :

- Le cycle de formation des professeurs d'enseignement technique et professionnel, d'une durée de trois (03) ans, appelé aussi premier (1er) cycle, sanctionné par le Diplôme de Professeur d'Enseignement Technique et Professionnel de 1er grade (DIPET 1) ;
- Le cycle de formation des professeurs d'enseignement technique et professionnel de deuxième grade, d'une durée de deux (02) ans, appelé aussi second (2nd) cycle, sanctionné par le Diplôme de Professeur d'Enseignement Technique et Professionnel de 2ème grade (DIPET 2) ;
- Le cycle de formation des conseillers d'orientation scolaire, universitaire et professionnelle d'une durée de deux (02) ans, sanctionné par le Diplôme de Conseiller d'orientation (DIPCO).

Selon les dispositions de l'arrêté N° 042/MESIRES/1991 du 09 Septembre 1991 en vigueur dans les écoles normales supérieures, chaque étudiant de 3ème année du premier et de 5ème année du second cycle est astreint d'effectuer un stage pédagogique se concluant par un examen pratique de pédagogie. C'est pour aller dans l'esprit des dispositions de l'arrêté susmentionné que nous avons été mis en stage au lycée technique d'Ebolowa du 18 Janvier au 15 Mars 2020 afin de :

- Compléter notre formation dans la mesure où théorie et pratique sont intimement liées ;
- Mettre en pratique les enseignements théoriques reçues et en vérifier l'applicabilité ;
- Apprendre à adapter nos enseignements aux conditions du milieu ;
- Se familiariser à notre futur milieu professionnel.

Introduction générale

L'accoupage est la branche de l'aviculture qui est encore sous développer en Afrique. Elle a pour but, d'optimiser la production des poussins de volailles en résolvant le problème de couvaion d'œufs par la mise sur pied des couveuses artificielles car nous constatons par exemple que pour une poule locale qui pond 10 œufs par cycle, gère 21 jours de couvaion et en suite 2 mois de maternité ne pourra pas aller au-dessus de ce résultat durant une année. C'est pourquoi la vulgarisation de cette technologie est impérative pour booster le secteur avicole.

Le Cameroun dans les années 2000, comptait environ 16 Millions d'habitants et de nos jours cette population est passée à 25 Millions d'habitants. Suite à cette croissance démographique et aux projets d'industrialisations envisagés par État du Cameroun, il en ressort que la capacité de production des différents barrages hydroélectriques et thermiques en services actuellement est insuffisante pour satisfaire la demande totale actuelle en énergie.

Le secteur agropastoral est l'un des piliers de l'économie camerounaise avec son impact sur augmentation du PIB ; mais ce pendant, ce secteur fait face à instabilité du réseau conventionnel (Eneo) alimentant les fermes de la filière avicole. Cette situation est responsable de la baisse de la production des poussins de 1 jour impactant sur le panier de la ménagère. La mise sur pied d'un projet de conception et réalisation d'une couveuse d'œufs capable de palier à ce problème est une avancée considérable pour la filière avicole.

Dans le cadre ce travail de conception et de réalisation d'une couveuse d'œufs hybride et avec charge de batteries de téléphones, nous allons tour à tour présenter la revue de la littérature sur les couveuses d'œufs, en suite le matériel et méthodes utilisés, et en suite les résultats obtenus lors de la réalisation de cette couveuse automatique.

Chapitre 1 : Revue de la littérature des couveuses d'œufs

Introduction

L'élevage de la volaille est une activité pratiquée par l'Homme depuis plusieurs siècles. Les différentes techniques d'amélioration du rendement de la production ont connu une évolution considérable permettant la mise sur pied des incubateurs artificielles. Ces couveuses artificielles ont un mode de fonctionnement semblable à celui d'une incubation naturelle.

Ce chapitre nous permettra de présenter les généralités sur les incubateurs, historique des incubateurs et en suites les limites des incubateurs actuels.

1.1) Historique des incubateurs

L'histoire de l'incubation artificielle remonte à trois mille ans avant l'ère chrétienne. Les Chinois et les Égyptiens ont été les premiers à utiliser l'incubation artificielle. En Chine, ils ont utilisé des œufs de canard parce qu'ils sont leurs préférés en cuisine.

Aujourd'hui, pour être plus précis, on trouve encore des Manals à Alexandrie, en Égypte, ces monuments ont été construits il y a quatre ou cinq mille ans et peuvent être utilisés comme incubateurs artificiels pouvant contenir 90 000 œufs. Ils ont utilisé des excréments de chameau secs pour élever la température, puis ont utilisé le contact de la coquille avec la paupière pour mesurer la température, ont effectué un test à la lumière des bougies, puis ont placé la coquille dans les rayons du soleil.

Bien que les méthodes soient très limitées, elles ont quand même réussi à atteindre un taux de réussite entre 60% à 65%, ce qui équivaut à l'incubateur industriel automatique d'aujourd'hui. En Roumanie, à l'époque, ils fonctionnaient bien en plomberie et en chauffage central, ce qui leur permettait de fabriquer plus facilement des incubateurs à vapeur.

Mais actuellement presque tous les incubateurs fonctionnent à l'électricité, bien qu'il existe encore quelque modèle à pétrole ou à gaz. Le principe de l'incubateur est toujours le même : une enceinte à peu près étanche souvent doublée de matériaux isolants, dans lequel se trouve une source de chaleur régulée par un thermostat, asseoient une humidité et des orifices permettant le renouvellement progressif de l'air. On peut y trouver des organes mécaniques facilitant le renouvellement automatique des œufs. [3]

1.2) Généralités sur les incubateurs

La reproduction des volailles nécessite la présence d'une femelle (poule, cane, etc.) et d'un jeune mâle bien portant. Pendant cette acte, les organes reproducteurs mâle libèrent les spermatozoïdes qui se dirigent à travers oviducte pour féconder ovule.

Les œufs issus de cette reproduction sont constitués du jaune d'œuf, du blanc d'œuf (Albumen), d'une coquille calcaire poreuse et d'une chambre à air située à l'extrémité du gros bout de l'œuf. En effet le développement de l'embryon de chacun de ces œufs nécessitera de la chaleur, de l'air, de l'humidité et d'être retourné pendant la période de couvaion.

De façon simplifiée, au cours de l'incubation et sous l'effet de la chaleur, l'embryon va se développer jusqu'à devenir poussin en se nourrissant des substances contenues dans le blanc et le jaune de l'œuf.

Durant cette incubation, l'embryon va respirer grâce aux pores de la coquille : l'oxygène va lui parvenir grâce à un réseau de vaisseaux sanguins qui va se développer jusqu'à atteindre la surface intérieure de la coquille ; l'œuf va également perdre en moyenne 13 % de son poids en eau entre le 1er et le 19ème jour. Cette perte d'eau s'effectue par les pores de la coquille.

L'eau perdue va être remplacée, au fur et à mesure de l'incubation, par de l'air qui va venir augmenter le volume de la chambre à air. [1]

1.2.1) Incubateur naturel

Les volailles pratiquent l'incubation naturelle qui est action de couvrir de manière naturelle un ou plusieurs œufs par des femelles. En effet elles abritent ces œufs dans leurs organismes pour apporter la température, l'humidité et la ventilation nécessaires au développement normal de l'embryon ; et en fonction de la taille de l'espèce, le nombre d'œufs couverts varie.

Chez la poule par exemple, elle glousse, tient ses ailes écartées, se gonfle et hérissé souvent ses plumes quand elle s'apprête à couvrir. Elle va fréquemment au pondoir et y reste de plus en plus longtemps à chaque fois, sa chaleur augmente, il lui vient de la fièvre sur la peau, elle perd les plumes de son ventre, le calme est donc indispensable, elle construit son nid à l'écart du poulailler, afin d'éviter une agitation ou conflit avec les autres pondeuses. Le nombre d'œuf à mettre sous la poule est bien attendu proportionnel à la taille de la poule, on peut par exemple retrouver sept sous une poule naine et cochinchinoise ou Brahma. La poule couveuse doit se lever chaque jour pour permettre aux œufs de s'aérer car il est nécessaire de garder son niveau thermique ; pour cela l'aviculteur doit aider la couveuse en lui donnant les aliments

producteurs de chaleur comme : le maïs, la farine sans oublier le riz et la verdure fraîche ainsi que de l'eau propre. Par ailleurs, certaines poules sont si bonnes couveuses qu'elles se laisseraient mourir de faim, il devient nécessaire de les lever une fois par jour à des heures fixes de l'ordre de 10 à 20 minutes quand il fait froid et 20 à 30 minutes quand il fait chaud.

Les poussins doivent sortir tout seul de l'œuf ; les œufs de poules demandent 21 jours d'incubation, toutefois suivant la fraîcheur de l'œuf, l'éclosion peut intervenir le 18ème jour, cas assez rare et le 22^{ème} jour voir même jusqu'au 23ème jour. [1]



Figure 1: incubation naturelle [10] et [11]

1.2.2) Les incubateurs artificiels

Incubation artificielle est action de couvrir de manière artificielle un ou plusieurs œufs dans un appareil appelé incubateur. En effet c'est une technique pratiquée dans les élevages en vue d'augmenter la sécurité et le rendement de la reproduction des espèces ovipares. On distingue deux catégories d'incubateurs artificiels à savoir les incubateurs statiques et les incubateurs dynamiques. [2]

1.2.2.1) Les incubateurs statiques

Ils sont souvent coûteux, les variations de températures y sont beaucoup plus lentes. Leur inertie étant importante dans les couveuses statiques, la température est beaucoup élevée du haut de l'appareil vers le bas. Ceux-ci étant due au fait que la source de chaleur se trouve vers le haut et que l'air s'assemble vers le sommet d'une enceinte fermé. La température diminue du haut vers le bas. Pour obtenir une température uniforme, les œufs doivent être placés au même moment et être de même grosseur pour avoir le même niveau. La température se

mesure au sommet des œufs et doit être à 39°C. Le retournement des œufs à lieu au moins deux (2) fois par jour si l'on place en même temps les œufs de différentes grosseurs. Les incubateurs statiques sont les couveuses traditionnelles où les œufs sont disposés sur un plateau. Le chauffage s'effectue par le haut, sur les modèles électriques. Il s'agit le plus souvent d'une résistance tapissant la face intérieure du plafond. [2]



Figure 2: incubateur statique [8]

1.2.2.2) Les incubateurs dynamiques

Dans ce genre d'incubateurs, l'air intérieur est brassé par un ventilateur.

Ce dernier doit être placé loin des œufs et des poussins naissants, et il doit être protégé par une grille pour ne pas les blesser. Il existe d'autres modèles où l'air est aspiré par un aspirateur de haut ou de bas puis le réinjecté à l'autre part après une phase de réchauffage et de filtrage. Par conséquent, la température est parfaitement uniforme dans l'ensemble de l'appareil. C'est pour cela qu'on peut y mettre les plateaux d'œufs sur différents niveaux. Dans ce type de couveuses, la température doit être réglée à 37,8°C ou 38°C, et elle est mesurée au sommet des œufs. [2]

Notons que les modèles dynamiques sont plus techniques que les modèles statiques.



Figure 3: incubateur dynamique [6]

1.2.3) La différence entre les incubateurs semi-automatiques et automatiques

1.2.3.1) Les incubateurs semi-automatiques

Les incubateurs ou couveuses semi-automatiques conviennent parfaitement pour les élevages de taille moyenne. Équipée d'un couvercle souvent transparent, elle peut contenir de 20 à 400 œufs selon le modèle. Les modèles sont équipés d'un bac d'eau intégré permettant de contrôler l'humidité qui est nécessaire pour faciliter l'incubation. Pourvues d'un thermostat réglable, la couveuse semi-automatique régule elle-même la température nécessaire aux œufs. Ces couveuses disposent aussi d'un ventilateur qui permet de répartir uniformément la chaleur lors de la période de couvaion. Certains modèles de couveuses semi-automatiques peuvent être préréglés. Il suffit de remplir leur bac avec de l'eau puis les allumer et le tour est joué.

Les couveuses de ce type peuvent accueillir différentes sortes d'œufs. Selon les tailles de ces derniers, elles peuvent contenir des œufs de poules, d'oies, de cailles, de faisans ou de perdrix. Pratiques et faciles à utiliser, les modèles semi-automatiques sont également faciles à nettoyer et à entretenir. Avec ce type de couveuse, les éleveurs n'ont qu'à remplir le bac d'eau et à retourner la grille contenant les œufs une ou deux fois par jour.



Figure 4: couveuse semi-automatique [9]

1.2.3.2) Les incubateurs automatiques

Les incubateurs ou couveuses automatiques sont des couveuses qui retournent les œufs dans des intervalles de temps réguliers bien défini. En effet, après avoir disposé les œufs manuellement dans la machine et lancer le processus de couvaion, l'action de l'Homme se limitera uniquement à la surveillance du bon déroulement des opérations. La grosse différence entre tous ces incubateurs automatiques se situe au niveau de la capacité de contenance des œufs qui influence sur le prix unitaire.



Figure 5: couveuse automatique [6]

1.2.4) Les paramètres à prendre en compte pour la réalisation des incubateurs

1.2.4.1) La température

Dans le processus d'ajustement de l'incubateur artificiel, la température joue un rôle très important. En effet, lors du processus d'incubation, les paramètres à considérer sont :

- ✓ La température de la pièce

Il est indispensable de placer sa couveuse dans une pièce à température ambiante, entre 20 et 32°C. C'est cette température qui va permettre à la couveuse de réguler les autres paramètres de l'incubation et ainsi éviter les variations de température ou encore d'humidité.

- ✓ La température de la couveuse

Afin d'y placer les œufs dans les meilleures conditions possibles, il vaut mieux démarrer la couveuse 12h avant le début de l'incubation. Cette action permet d'atteindre la bonne température d'incubation avant de mettre les œufs à l'intérieur. Cette température, est d'environ 37.5°C pour des œufs de poule et va permettre le développement de l'embryon.

- ✓ Le temps de refroidissement à 16 ° C peut aller jusqu'à 12 heures,
- ✓ L'augmentation de température ne doit pas être utilisée pour compenser le refroidissement,
- ✓ Si $T = 40 \text{ ° C}$, on peut penser que notre incubateur est gravement endommagé,
- ✓ La surchauffe entraîne un développement cellulaire incontrôlé et provoque des malformations chez les poussins. [3]

1.2.4.2) Humidité

L'influence de l'humidité de l'air ou de l'humidité relative (HR) sur les résultats d'incubation est très importante. En effet :

- ✓ Les œufs perdent beaucoup d'eau à travers les pores de leur coquille, le contrôle de l'humidité dans l'incubateur évite la déshydratation des œufs,
- ✓ Le taux d'humidité approprié assure le développement normal de l'embryon,
- ✓ Pendant l'incubation, le taux d'humidité correct doit être maintenu. Si l'air est sec, les poussins se déshydratent rapidement et meurent,
- ✓ Le meilleur résultat de l'incubation est une humidité relative de 55% à 65% pendant les 18 jours et une humidité relative maximale de 75% pendant les trois derniers jours d'incubation. [3]

1.2.4.3) Aération

Les œufs à couver sont des organismes capables de respirer, une bonne ventilation doit donc être fournie pour assurer le développement normal des embryons. La ventilation apporte de l'oxygène O_2 dans l'embryon et élimine l'excès de dioxyde de carbone CO_2 . Le renouvellement de l'air est primordial pour la phase de couvrement. [3]

Ceci est réalisé en ajustant l'entrée et la sortie d'air de l'incubateur. De plus, la ventilation aide à réguler la température et l'humidité dans l'incubateur. [3]

1.2.4.4) Ventilation

Selon la norme, la ventilation est très importante pour fournir suffisamment d'oxygène aux embryons dans l'incubateur. L'oxygène représente 21% et le dioxyde de carbone 0,3%. C'est le point clé de la dernière étape de couvrement (régulation de la température et le rejet de dioxyde de carbone). [3]

1.2.4.5) Retournement

Le but de l'opération de retournement est d'empêcher l'embryon de coller à la coquille de l'œuf, d'éviter autant que possible la position anormale de l'embryon et de mieux répartir la température sur toute la surface de l'œuf. En effet :

- ✓ L'œuf bascule entre deux positions possibles, il est à un angle de 45 degrés par rapport à la verticale,
- ✓ Le retournement doit être effectué toutes les 4 heures soit 6 fois par jour,
- ✓ Tout choc excessif entraînera la mort de l'embryon. [3]

1.2.4.6) Éclosion

Trois jours avant l'éclosion, transférez les œufs au couvoir : une machine dédiée à l'éclosion. Pendant la transmission, mettez les œufs dans le plateau de l'incubateur pour permettre aux poussins sortir. Il est important de noter que les poussins peuvent éclore avant le dernier jour d'ajustement de la température et de l'humidité. [3]

1.3) Les limites des incubateurs artificiels actuels

En observant le contexte camerounais actuel, nous avons pu ressortir deux grands points dans lesquels des limites ont été dégagé :

1.3.1) La source d'alimentation des incubateurs

La majorité des incubateurs commercialisés dans le marché de l'Afrique subsaharienne (cas du Cameroun) utilisent l'énergie électrique produite par un barrage hydroélectrique. Mais compte tenu du boom démographique observé dans nos villes et villages, du réchauffement de la planète dû à la destruction de la couche d'ozone entraînant l'assèchement des cours d'eau, cette production est désormais limitée pour satisfaire les besoins des consommateurs.

Grace à avancer des recherches dans le domaine de l'énergie nous assistons également à l'expansion de la production des incubateurs dotés d'un système de stockage solaire adaptés aux zones isolées (ou non) au réseau conventionnel. Cette technologie malgré qu'elle est encore couteuse, est avantageuse car permet d'assurer la continuité du service dans les fermes et de renforcer ainsi rendement de la production des poussins d'un (01) jour dans le secteur avicole.

Nous notons également que ces incubateurs n'ont pas de circuit permettant la charge de batteries de téléphones et de luminaire permettant d'éclairer la pièce où elle se trouve.

1.3.2) Le fonctionnement des incubateurs

Les incubateurs présents dans le marché camerounais actuellement ne communiquent pas avec son utilisateur. Nous pensons qu'un système permettant d'informer l'opérateur en cas d'un problème pouvant impacter la production des poussins est une avancée considérable. En effet, compte tenu des imprévus (maladie, accident, etc.) que font face les éleveurs au quotidien, il est préférable d'introduire dans le fonctionnement de l'incubateur un moyen de communication permettant de prévenir sur :

- ✓ Le niveau de température,
- ✓ Le taux d'humidité,
- ✓ La baisse du niveau d'eau dans le bac à eau,
- ✓ Le nombre de jour à couvrir.

1.4) Les solutions envisageables

D'après ce qui précède, il sera nécessaire de réaliser un incubateur fonctionnant grâce à deux sources d'énergie (hydroélectricité et le solaire photovoltaïque) et doté d'un système de communication permettant de réduire considérablement la mobilité de l'opérateur entre la ferme et un lieu X ou Y pour mieux garantir la production des poussins d'un (01) jour dans les fermes.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis ressortir une différence claire entre l'incubation naturelle dont le niveau de production est faible car est adaptée à un élevage de type familiale et l'incubation artificielle qui est propice à un élevage à grande échelle. En effet l'incubation artificielle est recommandée pour satisfaire les besoins de la population.

Le bon fonctionnement de ses couveuses automatiques dépend de la régulation de la température et de l'humidité. Un mauvais réglage de ces deux paramètres va entrainer des pertes énormes dans le processus production des poussins.

La conception et réalisation d'un incubateur performant dépend du choix des meilleurs composant électroniques et du matériau adapté à la conservation de la chaleur. Dans le chapitre suivant, on va présenter le matériel et les méthodes utilisés pour la réalisation de l'incubateur.

Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

Introduction

L'incubateur est une chambre conditionnée dont le fonctionnement dépend essentiellement de deux paramètres qui sont : la température et l'humidité ; ces deux paramètres ont une influence considérable dans le processus de couvain des œufs de volailles. Pour contrôler ces deux paramètres, la conception et réalisation d'une couveuse dans lequel nous allons réguler ces paramètres fera objet de notre projet.

Pour cela il sera important de décrire le matériels à utiliser, dimensionner la couveuse, dimensionner le système solaire photovoltaïque à installer, réaliser la partie commande, et en suite la partie puissance.

2.1) Description du matériel utilisé

2.1.1) Le fichier Excel pour le dimensionnement des systèmes solaires photovoltaïques

Il permet grâce à la **feuille de récolte des données** de déterminer la charge en courant continu et en alternatif (consommation journalière) en insérant les paramètres suivants :

- Irradiation ou ensoleillement,
- Orientation des panneaux,
- La température moyenne du lieu,
- La puissance de l'équipement,
- Le nombre équipement,
- Le temps de fonctionnement journalier.

La feuille de dimensionnement solaire permet de déterminer :

- Le nombre de panneau solaire,
- Le nombre de batterie solaire,
- Les caractéristiques du régulateur de charge,
- Les caractéristiques de l'onduleur,
- Les équipements de protection,
- Les câbles de connexions,

2.1.2) Le matériel à utiliser pour réaliser la couveuse

2.1.2.1) La carte Arduino Uno

Elle permet de contrôler et commander l'enceinte de l'incubateur

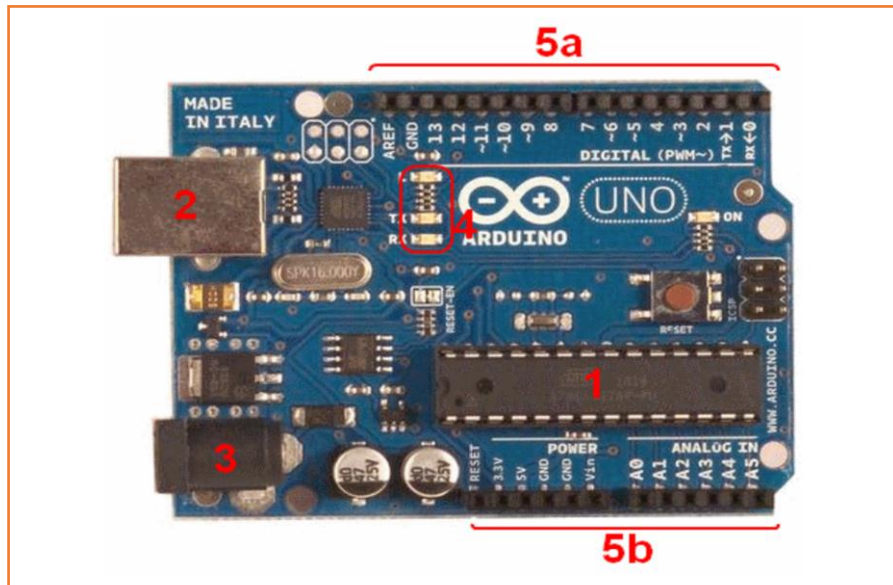


Figure 6: Arduino Uno

➤ Le micro-contrôleur

Voilà le cerveau de notre carte (en 1). C'est lui qui va recevoir le programme qui sera créé et va le stocker dans sa mémoire puis l'exécuter. Grâce à ce programme, il pourra faire clignoter une LED, afficher des caractères sur un écran, envoyer des données à un ordinateur, ...

➤ Alimentation

Pour fonctionner, la carte a besoin d'une alimentation. Le microcontrôleur fonctionnant sous 5V, la carte peut être alimentée en 5V par le port USB (en 2) ou bien par une alimentation externe (en 3) qui est comprise entre 7V et 12V. Cette tension doit être continue et peut par exemple être fournie par une pile 9V. Un régulateur se charge ensuite de réduire la tension à 5V pour le bon fonctionnement de la carte. Pour éviter de le griller donc il va falloir respecter l'intervalle de 7V à 15V (même si le régulateur peut supporter plus, pas la peine de le retrancher dans ses limites).

➤ Visualisation

Les trois "points blancs" entourés en rouge (4) sont en fait des LED dont la taille est de 35 l'ordre du millimètre. Ces LED servent à deux choses :

- Celle tout en haut du cadre : elle est connectée à une broche du microcontrôleur et va servir pour tester le matériel.

Exemple : Quand on branche la carte au PC, elle clignote quelques secondes.

- Les deux LED du bas du cadre : servent à visualiser l'activité sur la voie série (une pour l'émission et l'autre pour la réception). Le téléchargement du programme dans le micro-contrôleur se faisant par cette voie, on peut les voir clignoter lors du chargement.

➤ **La connectique**

La carte Arduino ne possédant pas de composants qui peuvent être utilisés pour un programme, mis à part la LED connectée à la broche 13 du microcontrôleur, il est nécessaire de les rajouter. Mais pour ce faire, il faut les connecter à la carte. C'est là qu'intervient la connectique de la carte (**en 5a et 5b**). Par exemple, on veut connecter une LED sur une sortie du microcontrôleur. Il suffit juste de la connecter, avec une résistance en série, à la carte, sur les fiches de connections de la carte. Cette connectique est importante et a un brochage qu'il faudra respecter. Nous le verrons quand nous apprendrons à faire notre premier programme. C'est avec cette connectique que la carte est "extensible", car l'on peut y brancher tous types de montages et modules ! Par exemple, la carte Arduino Uno peut être étendue avec des shields, comme le « **Shield Ethernet** » qui permet de connecter cette dernière à internet.

Caractéristiques de la carte Arduino Uno :

- ✓ Microcontrôleur : ATmega328,
- ✓ Tension d'alimentation interne = 5V,
- ✓ Tension d'alimentation (externe)= 7 à 12V, limites =6 à 20 V,
- ✓ Entrées/sorties numériques : 14 dont 6 sorties PWM,
- ✓ Entrées analogiques = 6,
- ✓ Courant max par broches E/S = 40 Ma,
- ✓ Courant max sur sortie 3,3V = 50Ma,
- ✓ Mémoire Flash 32 KB,
- ✓ Mémoire SRAM 2 KB,
- ✓ Mémoire EEPROM 1 KB,
- ✓ Fréquence horloge = 16 MHz,
- ✓ Confection au PC par prise USB,
- ✓ Dimensions = 68.6mm x 53.3mm.

2.1.2.2) Résistance chauffante

La résistance chauffante convertit l'énergie électrique en énergie calorifique par le processus de chauffage par effet Joule. Le courant électrique traversant un fil électrique résistant enroulé qui entraîne un échauffement des parois externe.

L'utilité de cette résistance est d'augmenté la température dans la couveuse, la température de l'incubateur doit être comparable à la température naturelle de la poule ($T = 37.5^{\circ}\text{C}$). Une résistance chauffante est également indispensable pour le maintien d'une température de consigne.

La température est régulée automatiquement via une interface. Il ne faut pas 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 adapter, ce qui entraîne d'autres complications car il faut maintenir la température exacte et l'humidité relative.



Caractéristiques :

- ✓ Puissance $P = 200\text{W}$
- ✓ Tension $U = 220\text{V}$
- ✓ Courant $I = 0,9090\text{A}$

Figure 7: résistance chauffante

2.1.2.3) Ventilateur

C'est un dispositif destiné à créer un vent artificiel (un courant d'air) dans l'enceinte. Une bonne ventilation s'impose car les embryons rejettent du gaz carbonique et absorbent l'oxygène. De plus la ventilation à un rôle très important pour la régulation de température dans l'enceinte. Une ventilation déficiente peut provoquer l'étouffement des poussins dans l'œuf.



Caractéristiques ventilateur 1 :

- ✓ Puissance $P = 24W$
- ✓ Tension $U = 220V$
- ✓ Courant $I = 0,15A$

Caractéristiques ventilateur 2 :

- ✓ Puissance $P = 22W$
- ✓ Tension $U = 220V$
- ✓ Courant $I = 0,10A$

Figure 8: ventilateur

2.1.2.4) Moteur pas à pas

Le moteur pas à pas monophasé bipolaire dont le rotor est capable de tourner dans les deux sens comprend un stator équipé de deux enroulements.

Le moteur pas à pas est un dispositif qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique, et qui divise une rotation complète en un nombre d'étapes égales. Le couple moteur et la précision sont les deux paramètres les plus importants qui nous ont poussés à opter pour ce type de moteur.

Le rôle de ce moteur dans notre projet c'est l'action de retournement des œufs, ces dernières doivent être retournées régulièrement, sinon l'embryon se colle à la coquille donc 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 éclosent. Il faut retourner les œufs plusieurs fois par jour pendant les premiers 18 jours car après le retournement n'est plus nécessaire.



Caractéristiques :

- ✓ Puissance $P = 14W$
- ✓ Tension $U = 220V$
- ✓ Fréquence $f = 50\text{ Hz}$
- ✓ Vitesse de rotation $n = 2,5\text{tr/min}$

Figure 9: moteur pas à pas

2.1.2.5) Afficheur LCD

Les afficheurs LCD sont devenus indispensables dans les systèmes techniques qui nécessitent l'affichage de paramètres de fonctionnement. Grâce à la commande par un microcontrôleur ces afficheurs permettant de réaliser un affichage de messages aisés. Ils permettent également de créer ses propres caractères.

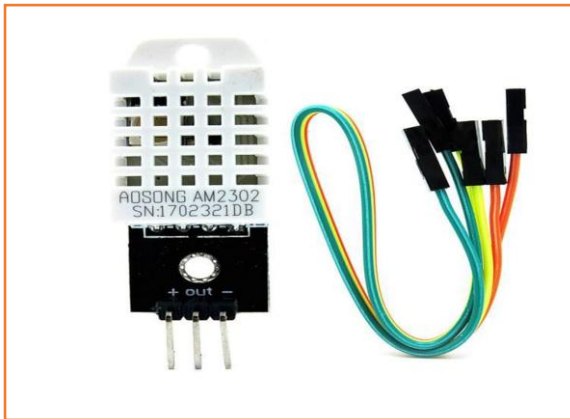
Rôle des différentes broches de l'afficheur LCD :

- ✓ Vcc : alimentation de l'afficheur LCD. Un afficheur LCD s'alimente généralement en 0V-5V.
- ✓ Contraste : entrée permettant de régler le contraste de l'afficheur LCD. Il faut appliquer une tension continue réglable (entre 0V-5V) à l'aide d'un potentiomètre.
- ✓ Veld : différence de potentiel permettant de commander le rétro éclairage.
- ✓ E : entrée de validation (ENABLE), elle permet de valider les données sur un front descendant. Lorsque E=0 alors le bus de données est à l'état haute impédance.
- ✓ RS : registre Select, cette entrée permet d'indiquer à l'afficheur si l'on souhaite réaliser une commande (RS=0) par des instructions spécifiques ou écrire une donnée (envoi du code du caractère à afficher) sur le bus (RS=1).
- ✓ R/W : entrée de lecture (R/W=1) et d'écriture (R/W=0). Lorsqu'on commande l'afficheur LCD il faut se placer en écriture.
- ✓ D7...D0 : bus de données bidirectionnel. Il permet de transférer les instructions ou les données à l'afficheur LCD.



Figure 10: afficheur LCD

2.1.2.6) Capteur d'humidité et de température DHT22



Caractéristiques :

- ✓ Tension alimentation 3 à 5V
- ✓ Consommation max 2,5 mA
- ✓ Gamme d'humidité : 0-100% (précision 2% à 5%)
- ✓ Gamme de température : -40°C à 80°C (précision +/- 0,5°C)
- ✓ Période de mesure : 2 seconde

Figure 11: capteur DHT22

Le **AM2302** appelé digital-output relative humidité & température sensor/module, est un capteur de température et d'humidité numérique capable de mesurer des températures allant de -40°C jusqu'à 125°C avec une précision de $\pm 0.5^\circ\text{C}$ et des taux d'humidité relative allant de 0 jusqu'à 100% avec une précision de $\pm 2\%$ ($\pm 5\%$ aux extrêmes, à 10% et 90%).

Une mesure peut être réalisée toutes les 500 millisecondes (soit deux fois par seconde). Idem pour ce type de capteur sa tension d'alimentation varie entre 3.3 et 6v et, pour une meilleure précision il est recommandé qu'il soit alimenté avec une tension continue de 5v.

2.1.2.7) Relais

Le relais est un composant à 4 broches minimum. C'est un électroaimant que l'on peut commander en envoyant un petit courant. Au repos, il est normalement fermé, ou normalement ouvert, selon le modèle.

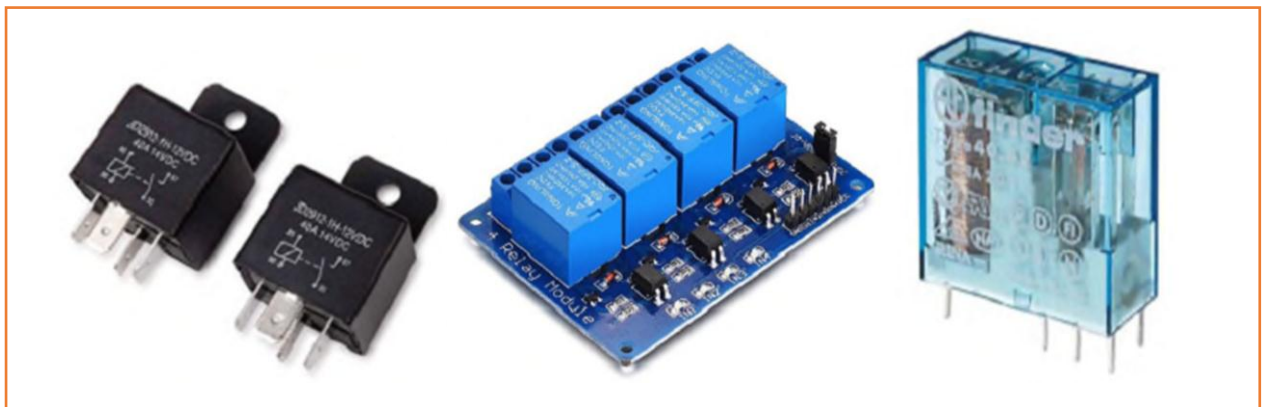


Figure 12: relais

2.1.2.8) L'Optocoupleur

Optocoupleur (photocoupleur) est un composant électronique capable de transmettre un signal d'un circuit électrique à un autre, sans qu'il y ait un contact galvanique entre eux. Un optocoupleur repose sur une LED et un phototransistor ou une photodiode. Lorsqu'on fait passer un courant dans la LED, elle brille (elle émet de l'infrarouge) dans un boîtier bien hermétique à la lumière. La lumière émise par la LED est captée par le phototransistor qui devient alors transmetteur. On peut donc transmettre un courant électrique sans contact électrique. Dans son principe, l'optocoupleur fait les conversions successives : courant électrique - lumière infrarouge - courant électrique.



Figure 13: optocoupleur

2.1.2.9) Ultrasonic Air Humidifier

Il a pour rôle de pulvériser la vapeur d'eau dans l'enceinte de l'incubateur.



Caractéristiques :

- ✓ Tension AC $U = 100-240V$
- ✓ Tension DC $U = 24V$
- ✓ Courant $I = 1A$
- ✓ Fréquence $f = 50/60Hz$

Figure 14: pulvérisateur de vapeur d'eau

2.1.2.10) GSM SIM 900A MINI

Il a pour rôle d'informer l'opérateur sur le comportement des paramètres de couvain. C'est grâce à ce composant qu'il pourra à distance contrôler si tout se passe bien pendant les différents jours d'incubation et anticiper en cas de défaut



Caractéristiques :

- ✓ Tension $U = 5V$
- ✓ Courant $I = 1,5Ma$
- ✓ Fréquence $f = 900/1800MHz$

Figure 15: GSM SIM 900A MINI

2.1.2.11) Le capteur du niveau d'eau

Il permet d'alerter l'opérateur en cas du franchissement de la ligne rouge lors de la baisse du niveau d'eau dans le bac à eau.



Caractéristiques :

- ✓ Tension $U = 220 V DC, U = 140 V AC$
- ✓ Courant $I = 0,5 A$
- ✓ Puissance $P = 10 W$
- ✓ Température de fonctionnement $-10 \text{ à } 80^{\circ}C$
- ✓ Pression de travail $1 MPA$

Figure 16: capteur de niveau d'eau

2.1.2.12) Le panneau solaire

Son rôle est de transformer le rayement solaire en électricité continu. Il permettra de fournir énergie nécessaire pour le fonctionnement de

la
couveruse.



Caractéristiques :

- ✓ Tension $U = 17,6V$
- ✓ Courant $I = 5,71A$
- ✓ Puissance $P = 100W$
- ✓ Tension en circuit ouvert $U = 21V$
- ✓ Courant de court-circuit $I = 6,4A$

Figure 17: panneau solaire

2.1.2.13) Le régulateur PWM

Il a pour rôle de réguler le niveau de tension, Charger de la batterie et restituer l'énergie stockée à la charge.



Caractéristiques :

- ✓ Tension $U = 12V$
- ✓ Courant $I = 8,333333333A$
- ✓ Puissance $P = 100 W$

Figure 18: régulateur PWM

2.1.2.14) Onduleur

Il a pour rôle de transformer la tension continue (12V, 24V, etc.) en tension alternative (220-240V) pour permettre à la couveuse de fonctionner.



Caractéristiques :

- ✓ Tension à l'entrée $U = 12V$
- ✓ Tension à la sortie $U = 220V$
- ✓ Puissance $P = 300W$

Figure 19: onduleur

2.1.2.15) La batterie solaire

Elle a pour rôle de stocker énergie produite par le panneau solaire en continu et de la restituer à la charge lorsqu'elle est sollicitée.



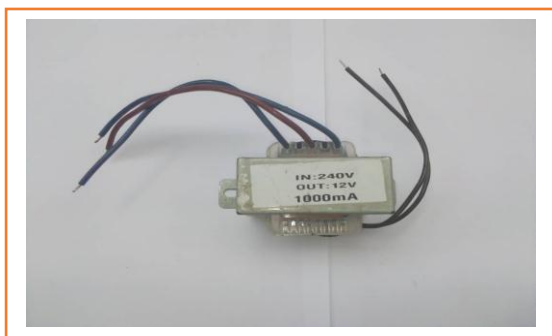
Caractéristiques :

- ✓ Tension $U = 12V$
- ✓ Capacité $C = 65Ah$

Figure 20: accumulateur d'énergie

2.1.2.16) Transformateur abaisseur

Il permet de baisser la tension alternative en continu pour faire fonctionner certains composants à intégrer dans la carte électronique.



Caractéristiques :

- ✓ Tension au primaire $U_1 = 220V$
- ✓ Tension au secondaire $U_2 = 12V$,
- ✓ Intensité $I = 1000\text{ mA}$

Figure 21: transformateur abaisseur

2.2) Cahier de charge et synoptique de l'incubateur

2.2.1) Élaboration du cahier de charge

Le cahier de charge représente l'ensemble des informations qui permettront de réaliser une œuvre technique. L'incubateur d'une capacité maximale de 220 œufs aura respectivement les dimensions suivantes : longueur (L) 73 cm, profondeur (l) 50 cm et la hauteur (H) 110 cm.

Pour avoir ces différentes valeurs, on a tout d'abord effectué un calcul méticuleux, c'est-à-dire l'association des paramètres suivants : le diamètre d'un œuf (4cm), l'intervalle entre deux œufs (5mm), l'épaisseur de la feuille de panneau (1,5mm), et l'épaisseur de la tôle lisse (1mm).

On aura 50 œufs par claie à raison de 5 œufs suivant la largeur et 10 œufs suivant la longueur. Nous aurons donc 4 claies au totale. L'intervalle entre la claie posée sur son support et un autre claie posé sur son support est de 15 cm. La distance qui sépare l'ensemble support-claie suivant la hauteur est de 15 cm ; ce dernier a une longueur totale de 60 cm et la claie mesure 35cm en largeur et 50 cm en longueur avec 4 divisions dans le sens de la longueur.

Rappelons que la couveuse à une conductivité thermique $\lambda = 0,14 \text{ w/m}^\circ \text{C}$.

La couveuse doit être placée dans un local ayant les caractéristiques suivantes :

- Conditions extérieures de la couveuse : $\Theta_e = 32^\circ \text{C}$, HR = 60 %, $h_e = 98 \text{ kJ / Kgas}$;
- Conditions intérieures de la couveuse sont : $\Theta_i = 37,5^\circ \text{C}$, HR = 55 %, $h_i = 88 \text{ kJ / Kgas}$.

Notons que la température d'entrée des œufs dans la couveuse doit être de 24°C , et un œuf à une masse de 60 g avec une chaleur massique de $3,18 \text{ KJ / kg}^\circ \text{C}$.

Le renouvellement d'air a lieu chaque fois quand on ouvrira la porte de la couveuse (à une fréquence faible) et 8 fois par jour tous les 3h pendant 15 minutes avec un (01) ventilateur fixé sur le dos de la couveuse ; notons que cette couveuse aura un (01) ventilateur à l'intérieur pour refouler et équilibrer la même quantité de chaleur produite par les résistances chauffantes, le capteur de type DTH22 sera chargé de contrôler la température et le taux d'humidité à l'intérieur de la pièce.

Il sera question pour nous de déterminer la puissance et la quantité d'énergie nécessaire pour le bon fonctionnement de cette couveuse afin d'avoir un rendement $\geq 90^\circ \text{C}$, qui représente ici le but de notre travail.

Notons que nous aurons un facteur de sécurité de 5% pour les pertes chiffrables en quantité de chaleur et les pertes en œufs après mirage seront de 5%.

2.2.2) Synoptique des incubateurs

Dans cette partie, nous allons présenter de manière successive les synoptiques des couveuses utilisées actuellement et faire ressortir la particularité de celle qui sera réalisée dans le cadre de ce projet.

2.2.2.1) Synoptique des incubateurs présents dans le marché Camerounais

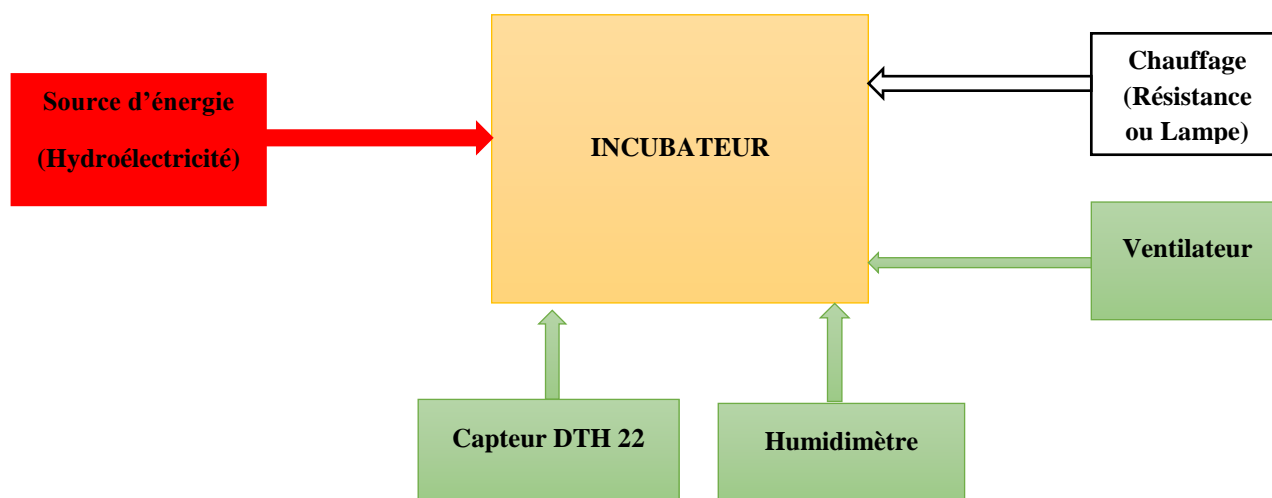


Figure 22: couveuse manuelle

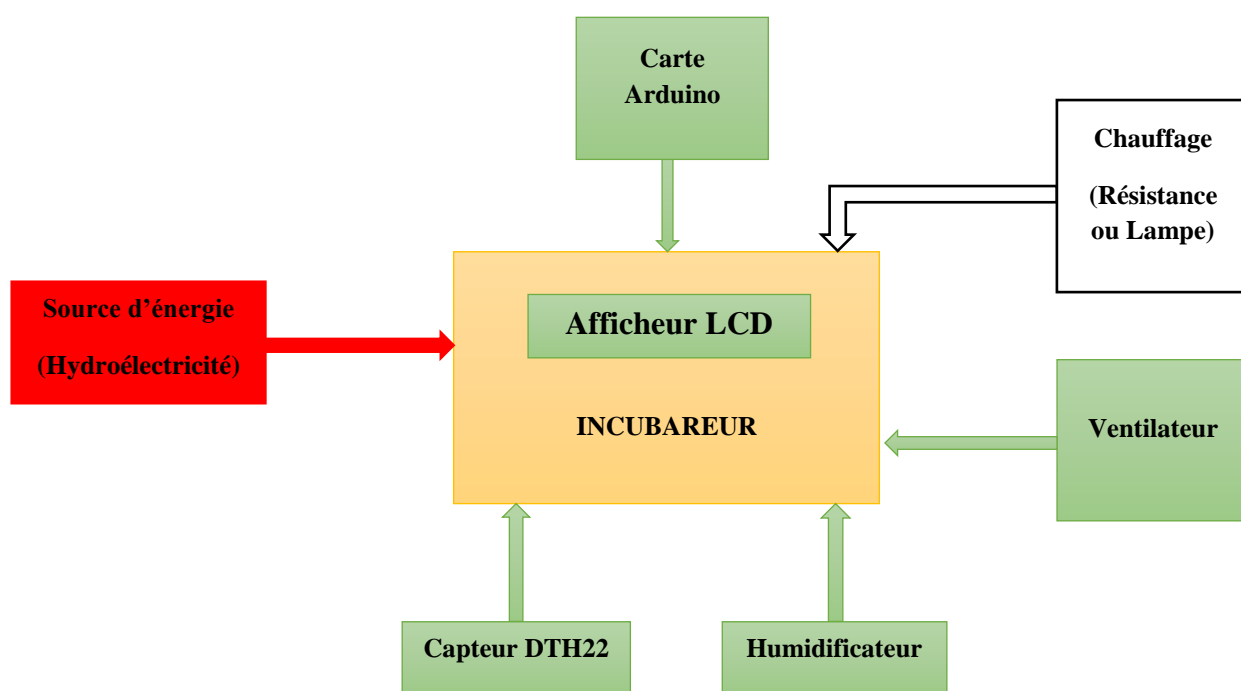


Figure 23: couveuse semi-automatique

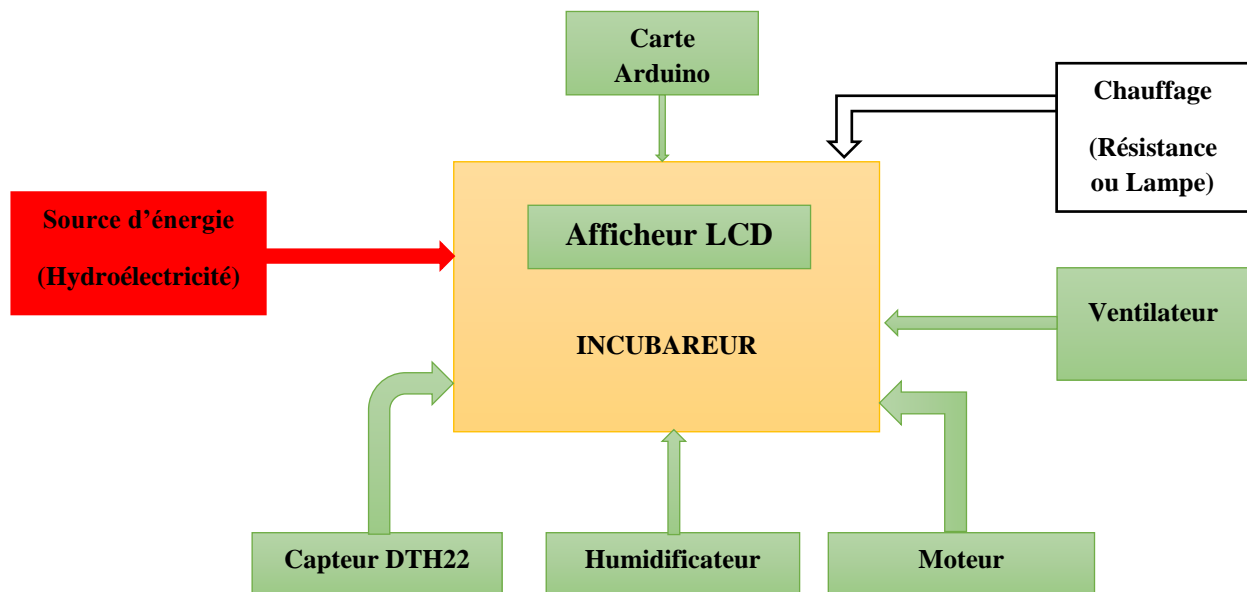


Figure 24: couveuse automatique

2.2.2.2) Synoptique de l'incubateur à réaliser

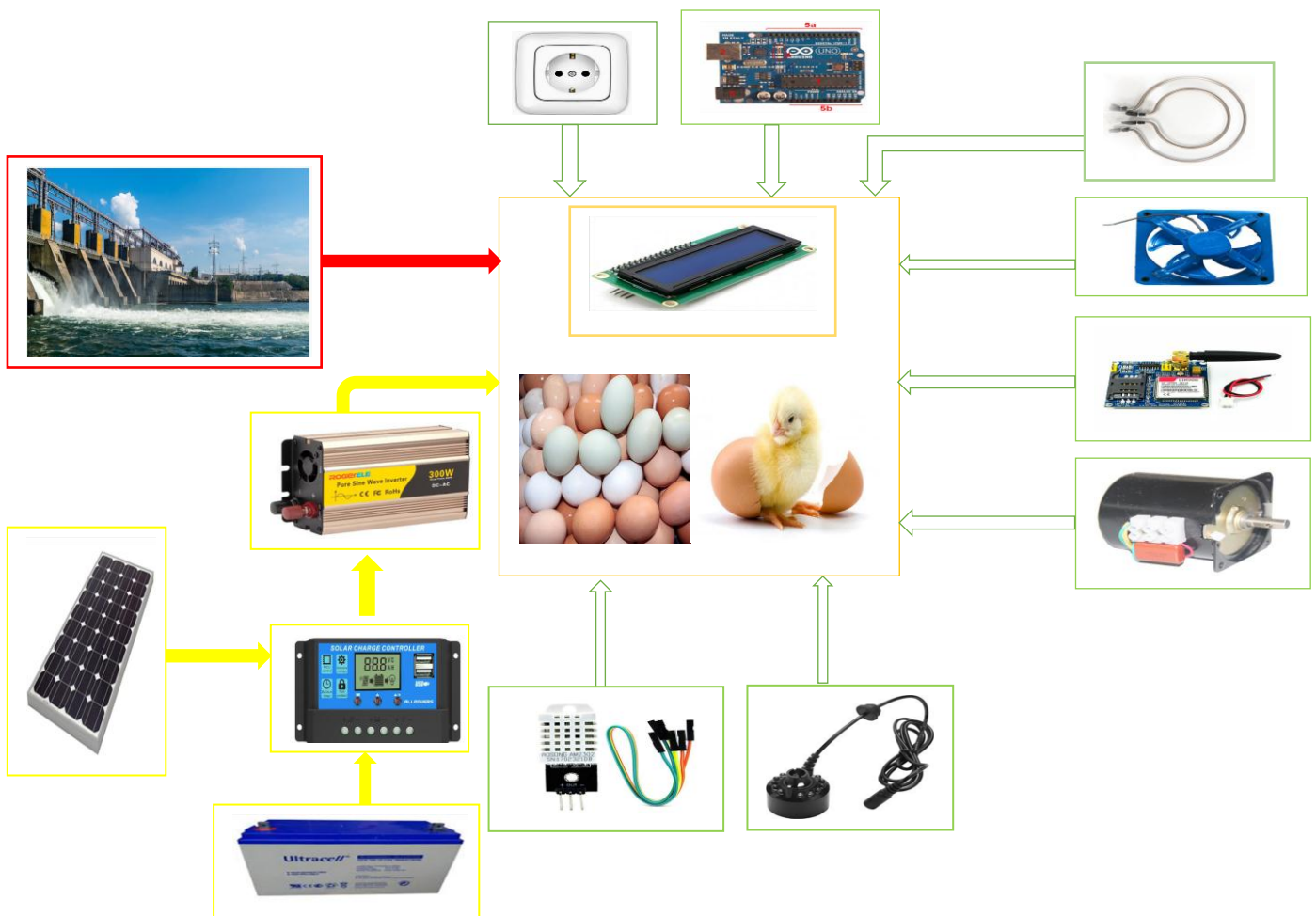


Figure 25: couveuse automatique à réaliser

2.3) Dimensionnement du système solaire photovoltaïque

2.3.1) la puissance crête nécessaire

Elle est déterminée par la relation suivante :

$$P_{Cn} = \frac{B_j}{H_i \times R_{bat} \times R_{reg} \times R_{ond}} \quad (2.1)$$

Où :

- B_j (Wh/j) : Charge journalière
- H_i (h_s/j) ou (kWh/m²/j): Rayonnement moyen journalier du mois sur le plan des panneaux solaires (plan incliné)
- R_{reg} (%) : Rendement du générateur photovoltaïque (Pertes dues à la poussière, à l'échauffement des modules, au câblage, etc.). On retiendra la valeur de 80%
- R_{bat} (%) : Rendement de la batterie d'accumulateurs. On retiendra la valeur de 80%
- R_{ond} (%) : Rendement de l'onduleur. On retiendra la valeur de 90%

Tableau 1: tensions recommandées pour les systèmes PV en fonction de leur puissance

Puissance du champ PV (KW)	0-0,5	0,5-2	2-10	>10
Tension recommandées (V _{DC})	12	24	48	> 48

En effet, ce tableau permet de choisir le calibre de la tension recommandée pour les systèmes PV en fonction de la puissance du générateur. [5]

En fonction des modules photovoltaïques disponibles, on déterminera le nombre de modules en série et le nombre de branche parallèle par les expressions suivantes :

➤ **Nombre de panneaux en série**

$$N_{Ps} = \frac{V_{gen}}{V_p} \quad (2.2)$$

➤ **Nombre de branche en parallèle**

$$N_{BP} = \frac{P_{cmin}}{P_{cm} \times N_{ms}} \quad (2.3)$$

Où V_{gen} , V_m et P_m représentent respectivement la tension du générateur PV, la tension nominale d'un module photovoltaïque et la puissance nominale d'un module.

- **Nombre total de panneau**

$$N_{Tp} = N_{ms} \times N_{BPm} \quad (2.4)$$

- **Puissance crête installée du générateur**

$$P_{Ci} = N_{Tm} \times P_{Cm} \quad (2.5)$$

2.3.2) Évaluation de la capacité des batteries de stockage

Les données nécessaires pour la détermination de la capacité des batteries sont :

- Rendement d'une batterie d'accumulateurs R_{acc} : Typiquement de 75% à 90 %
- Tension nominale de la batterie d'accumulateurs V_{bat} : (12V, 24V, 48V, etc.)
- Décharge profonde des accumulateurs DM en % : 20 % à 30% pour batterie de voiture et 50% à 80% pour batterie solaire
- Nombre de jours de stockage J_{raut} : 1 à 5 jours suivant le nombre maximum de jours consécutifs sans soleil. On retiendra 3 jours pour les petits systèmes PV dédiés aux besoins domestiques (éclairage, TV, radio, etc.). Pour un système dont la disponibilité est critique, il faut indiquer une autonomie plus élevée.

- **La capacité de l'accumulateur nécessaire (Ah) est :**

$$C_{an} = \frac{E_j}{V_{bat} \times R_{bat} \times DM} \times J_{raut} \quad (2.6)$$

Remarques : La capacité de la batterie d'accumulateurs C_{bat} doit être supérieure ou égale à la capacité minimale calculée et dépend des batteries disponibles sur le marché (consulter documents constructeurs) [5]

- Nombre d'accumulateurs en série :

$$N_{as} = \frac{V_{pa}}{V_a} \quad (2.7)$$

- Nombre de branche en parallèle :

$$N_{BP} = \frac{C_{an}}{C_a} \quad (2.8)$$

- Nombre total d'accumulateur :

$$N_{Ta} = N_{as} \times N_{BP} \quad (2.9)$$

- Capacité totale installée :

$$C_{Ta} = C_{acc} \times N_{BP} \quad (2.10)$$

2.3.3) Choix du Régulateur de charge/ décharge

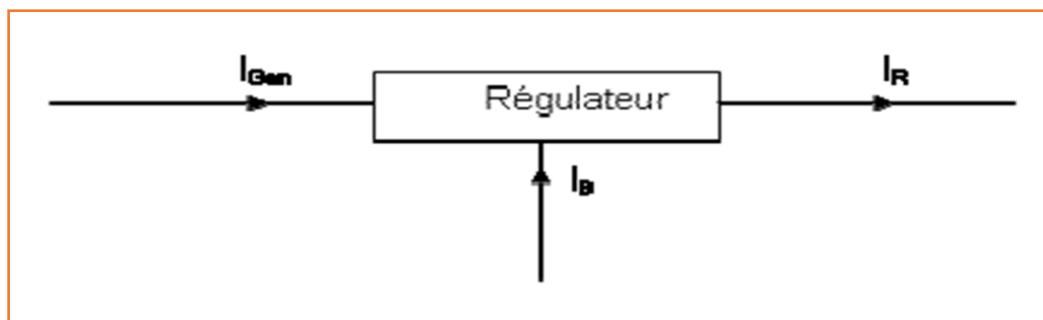


Figure 26: répartition des courants au niveau du régulateur

Le régulateur doit supporter au moins les intensités suivantes :

- Intensité maximale de court-circuit générée par le générateur

$$I_{GEN} = ISC \times N_{BPm} \quad (2.11)$$

- Intensité nominale de la totalité (fonctionnement simultané) des récepteurs alimentés par le régulateur

$$I_R = \Sigma I \quad (2.12)$$

Les caractéristiques du régulateur seront donc :

- Intensité nominale du régulateur : $I_{nr} \geq \text{Max}(I_{Gen} ; I_R)$
- Tension nominale (12, 24 ou 48 Vcc) : elle doit être celle du champ photovoltaïque

2.3.4) Choix de l'onduleur

Sa puissance dépend des charges externes au système donc :

Pond \geq puissance simultanée des charges alternatives exprimées en Watt

2.3.5) Choix des fusibles de protection

La protection d'un champ photovoltaïque est réalisée à l'aide de fusible installé sur chaque branche. Le choix des fusibles doit tenir compte de :

- Tension : La tension de fonctionnement d'un fusible doit être de 1,15 fois la tension à vide dans les conditions STC des modules raccordés série ($1,15 \times V_{co} \times N_s$).
- Calibre fusible : Le calibre des fusibles doit être compris entre 1,5 et 2 fois le courant
- Icc de chaque chaîne. Les calibres sont : 4A, 6A, 8A, 12A, 16A, 20A

Dans le cas des modules photovoltaïques les valeurs de court-circuit générées lors d'un défaut sont de l'ordre de deux à trois fois le courant nominal, les fusibles standards ne sont pas adaptés à ce type de protection et ne peuvent pas être utilisés. Ces faibles valeurs de surintensité ont nécessité le développement de fusibles dédiés aux installations photovoltaïques capables d'éliminer ce type de défaut. [5]

Les informations nécessaires pour définir une bonne protection sont :

- N_s , nombre de modules en série
- N_{BPm} , nombre de branches en parallèle
- Icc (STC), courant de court-circuit de la branche
- V_{co} (STC), tension en circuit ouvert de la branche

2.3.6) Choix des câbles de liaison

Il est nécessaire de constituer un plan électrique global de l'installation avant de calculer toutes les sections des câbles. Il faut également avoir une idée assez précise de l'implantation physique des composants pour réduire les distances entre les composants du système photovoltaïque afin de minimiser les chutes de tension qui constituent des pertes d'énergie. [5]

Les règles de base suivantes seront appliquées dans le choix du câblage (longueur, section) :

- Ne jamais mettre de câbles plus longs qu'il n'est strictement nécessaire.

- Organiser au mieux la répartition des éléments du système PV pour réduire les longueurs de câbles nécessaires.
- Augmenter la section des câbles de façon à réduire les chutes de tension dans les câbles

La chute de tension maximale admissible (voir guide UTE C15-712) relative aux installations ne doit pas excéder 3% de la tension nominale dans la partie DC (idéalement 1%)

$$\Delta V(V) = R \times I \quad (2.13)$$

Où $R = \frac{2 \times \rho \times L}{S}$ (2.13.1)

Avec : R = résistance totale du câble (Ω)

L= longueur (m) du câble

S = section (mm^2) du conducteur

ρ = résistivité et dépend du matériau

- $\rho = 0,027 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ pour un câble en aluminium
- $\rho = 0,017 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ pour un câble en cuivre

$$\Delta V(V) \leq \Delta V_L (\%) \times U(V)$$

$$\text{Donc } \frac{2 \rho L I}{S} \leq \Delta V_L (\%) \times U(V) \Rightarrow S \geq \frac{2 \rho L I}{\Delta V_L (\%) \times U} \quad (2.13.2)$$

Où :

- $\Delta V_L (\%)$ est la chute de tension limite en pourcent
- U et I sont respectivement :
 - Liaison générateur PV-Régulateur de charge/décharge : tension en volts du générateur PV (V_{max}) à puissance maximale (STC) et I le courant en Ampères obtenu dans les mêmes conditions que la tension
 - Autres liaisons : U représente la tension de la batterie et I le courant traversant la canalisation.

La section du câble choisie doit pouvoir supporter la contrainte thermique du courant. Le tableau ci-dessous, donne la section des conducteurs cuivre en fonction de l'intensité maximale que le conducteur peut supporter. [5]

Tableau 2: sections des conducteurs

Sections des câbles (mm²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Courant Maximum (A)	13	21	28	36	46	61	81	99	125	160	195	220	250	285	340	395

Tous les éléments de protection côté AC seront dimensionnés de telle sorte que leur courant d'emploi :

$$I_b \text{ vérifiera: } \mathbf{Ib} \geq \frac{POND}{U} \text{ (2.14)}$$

Avec :

Pond : puissance de l'onduleur en (W)

U : tension d'utilisation en AC (V)

2.3.7) Choix des disjoncteurs

Tous les éléments de protections côté CC seront choisis de telle sorte que leur courant et Tension vérifieront :

$$\checkmark \text{ Courant : } \mathbf{In} = Ks \times Icc \times N \text{ (2.15)}$$

$$\checkmark \text{ Tension : } \mathbf{Vf} = Ks \times Vco \times M \text{ (2.16)}$$

Icc : courant de court-circuit du module (A)

M : nombre de modules en série

N : nombre de modules en parallèle

Vco : tension en circuit ouvert du module (V)

2.4) Dimensionnement du moteur

Hypothèse de calcul

Nous voulons obtenir un rendement de 0,98.

La vitesse de rotation de l'axe du moteur est : $N = 2,5$ tr/min

✓ Détermination de l'effort tangentiel E_t

L'effort tangentiel E_t est défini ici comme le poids des claies, des supports claies et des œufs.

Les paramètres à prendre en compte pour le calcul effort tangentiel sont :

- La masse (m) des trois éléments (claire, support claire, œufs)
- Le nombre total (n) de claies : 4
- Prendre $g = 10$ N/Kg

La relation permettant de déterminer effort tangentiel est la suivante :

$$E_t = n \times g \times m \quad (2.17)$$

Avec $m = m_t + m_c + m_{sc}$ (2.17.1)

- Masse total des œufs : $m_t = n_o \times m_o$ (2.17.2)

Avec m_o le poids d'un œuf et n_o le nombre total des œufs sur la claire

- Masse de l'ensemble des claies : $m_c = [X (L_1 \times E_h \times E_l) + Y (L_2 \times E_h \times E_l)]$ (2.17.3)

Avec X le nombre de division suivant la longueur de la claire, Y le nombre d'extrémité de la claire disposé en largeur, L_1 la longueur d'une division, E_h épaisseur en hauteur d'une division, E_l épaisseur en profondeur d'une division et L_2 la longueur d'une extrémité.

- Masse de l'ensemble des supports en acier : $m_{sc} = m_c + 5\%m_c$ (2.17.4)

✓ Détermination du couple résistant C_r

La relation permettant de déterminer le couple résistant est la suivante :

$$C_r = E_t \times \frac{D}{2} \quad (2.18)$$

Ou D (50 mm) est le diamètre tangent à l'effort tangentiel E_t .

✓ Détermination de la puissance utile

La relation permettant de déterminer la puissance utile est la suivante :

$$P_u = C_r \times \frac{3,14 \times N}{30} \quad (2.19)$$

✓ Détermination de la puissance du moteur

La relation permettant de déterminer la puissance du moteur est la suivante :

$$Pm = \frac{Pu}{r} \quad (2.20)$$

2.4.1) Calcul des charges thermiques

2.4.1.1) Calcul des charges internes à la couveuse

- ✓ La quantité de chaleur dégagée lors de la respiration des œufs en KJ/jour [4]

$$Q_1 = m \times Q_{resp} \quad (2.21)$$

Avec :

- **m** : masse totale des œufs en (Kg).
- **Q_{resp}** : Chaleur de respiration des œufs en (KJ/Kg)

- ✓ La quantité de chaleur répartie dans enceinte par les ventilateurs [4]

$$Q_2 = n \times p \times t \quad (2.22)$$

Avec :

- **n** : nombre de ventilateur.
- **p** : puissance d'un ventilateur en (w).
- **t** : le temps de fonctionnement des ventilateurs.

2.4.1.2) Calcul des charges externes à la couveuse

- ✓ La chaleur perdue par les parois de la couveuse [4]

$$Q_3 = K \times S \times \Delta \theta \quad (2.23)$$

Avec :

- **K** : coefficient globale de transmission thermique des parois considérée en (w/m² °C)

Déterminé par la relation $\frac{1}{\frac{1}{h_e} + \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_i}}$ (2.23.1)

h_e : coefficient de convection extérieur en (w/m² °C).

h_i : coefficient de convection intérieur de la paroi en (w/m² °C).

$\sum e$: somme des épaisseurs des différents matériaux utilisés en (m) à savoir : le bois naturel et la tôle lisse.

λ : coefficient de conductivité thermique de le paroi considérée en (w/m °C).

- **S** : surface de la paroi considérée en (m²).

Déterminé par la relation $2 [(L \times l) + (l \times h) + (L \times h)]$ (2.23.2)

- $\Delta\theta$: différence de température entre les deux côtés de la paroi considérée en ($^{\circ}\text{C}$)

Déterminé par la relation $\Delta\theta = (\theta_e - \theta_i)$ (2.23.3)

- θ_e : température extérieure à la couveuse ($^{\circ}\text{C}$).
- θ_i : température qui règne dans la couveuse en ($^{\circ}\text{C}$).

✓ **La chaleur perdue à l'ouverture des portes en (KJ/Jour) [4]**

$$Q_4 = n \times \frac{V_u}{V_{si}} \times \Delta H \quad (2.24)$$

Avec

- V_u : volume utile intérieur de notre couveuse en (m^3).

Déterminé par la relation $V_u = L \times l \times h$ (2.24.1)

- V_{si} : volume spécifique intérieur de la couveuse en (m^3/kg).

Déterminé par la relation $V_{si} = L \times l \times h'$ (2.24.2)

- n : Taux de renouvellement de l'air extérieur.

Déterminé par la relation $n = \frac{70}{\sqrt{V_u}}$ (2.24.3)

- ΔH : différence d'enthalpie entre l'enthalpie extérieure et l'enthalpie intérieure de la couveuse

Déterminée par la relation $\Delta H = h_e - h_i$ en (KJ/Kgas) (2.24.3)

✓ **La chaleur perdue à cause des œufs. [4]**

$$Q_5 = mc (\theta_1 - \theta_2) \quad (2.25)$$

Avec :

- m : masse d'un œuf en (Kg).
- C : chaleur massique des œufs en (KJ/Kg $^{\circ}\text{C}$).
- θ_1 : température d'entrée des œufs en ($^{\circ}\text{C}$).
- θ_2 : température qui règne dans la couveuse en ($^{\circ}\text{C}$).

2.4.2) Bilan des pertes thermiques

2.4.2.1) Bilan intermédiaire

C'est la somme de toutes les quantités de chaleur calculée précédemment. [4]

Il est déterminé par la relation suivante :

$$Q_i = \sum_1^5 Q \quad (2.26)$$

✓ Les pertes imprévues [4]

Elles représentent 5 % du bilan intermédiaire Q_i .

$$Q_6 = 5\% Q_i \quad (2.27)$$

2.4.2.2) Bilan total

Il est déterminé par la relation suivante :

$$Q_t = Q_i + Q_6 \quad (2.28)$$

2.4.2.3) Puissance thermique en K_w

Elle est déterminée par la relation suivante

$$P_{th} = \frac{Q_t}{t} \quad (2.29)$$

Avec

- Q_t : bilan total en (KJ).
- t : temps de fonctionnement de la couveuse (24 heures).

Pour déterminer la puissance électrique il faudra convertir le kilo joule en Kilo watt heure

Pour cela prendre **1 KJ = 0,000277778 KWh**

Chapitre 3 : Résultats

Introduction

Ce chapitre est celui qui va nous présenter le dimensionnement de l'installation solaire, le dimensionnement de la couveuse, l'application mobile et la rentabilité du projet.

3.1) Dimensionnement de la source d'alimentation solaire photovoltaïque

3.1.2) Option choisi pour l'installation

Équipements pris en considération : la couveuse d'œufs d'une puissance de 57,175 W (temps de fonctionnement 5h), la charge de batteries de téléphones dont le chargeur a une puissance de 10 W (temps de charge 3h), Une (01) ampoule led de 5 W (temps de fonctionnement 3h).

Le tableau 3 ci-dessous nous donne les caractéristiques des équipements obtenus lors du dimensionnement de l'installation du système solaire PV.

Tableau 3 : dimensionnement des équipements

N° Formule	Consommation journalière	358,2894737	Wh
PANNEAUX			
2.1	Puissance crête nécessaire	89,57236842	W _C
<i>Association série/parallèle</i>			
2.2	Nombre de panneaux nécessaires en série	1	panneaux
2.3	Nombre de branche de panneau	1	branches
2.4	Nombre total de panneau	1	panneaux
	Tension de sortie du champ solaire	12	V
<i>Puissance crête installée</i>			
2.5	Puissance crête installée	100	W _C
BATTERIES			
2.6	Capacité nécessaire	20,73434454	Ah
<i>Association série/parallèle</i>			
2.7	Nombre de batteries nécessaires en série	1	batteries
2.8	Nombre de branche de batterie	1	branches
2.9	Nombre total de batteries	1	batteries
<i>Capacité des batteries installée</i>			
2.10	Capacité installée	65	Ah
REGULATEUR			
	Tension régulateur	12	V
	Courant régulateur	8,333333333	A
	Puissance régulateur	100	W
ONDULEUR			
	Rendement	0,95	
	Marge d'erreur	0,10	
	Tension d'entrée	12	V
	Courant d'entrée	8,333333333	A
	Tension de sortie	220	V
	Puissance active de sortie	72,175	W
	Cosphi	0,8	
	Puissance apparente	0,09021875	KVA
	Courant de sortie	0,410085227	A

EQUIPEMENTS DE PROTECTION			
2.15	Disjoncteur DC [Régulateur-Onduleur]	12 V	8,33 A
	Disjoncteur AC [Onduleur-Charge]	220 V	0,41 A
CABLE			
2.13.2	Câble solaire	1,26191784	mm ²
	Câble pour connecter la charge	1,782358333	mm ²

Le tableau 4 ci-dessous nous donne les caractéristiques définitives des équipements retenus pour l'installation du système solaire PV. Le choix a été fait en fonction du matériel disponible chez les fournisseurs.

Tableau 4 : caractéristiques des équipements retenus pour l'installation

Équipements	Caractéristiques	Quantité
Panneau solaire PV	100WC 12V	1
Batterie solaire	65 Ah , 12V	1
Régulateur	10A,12V,100W	1
Onduleur	12V DC, 220AC, 300W	1
Disjoncteur DC [Régulateur-Onduleur]	10A, 12VDC	1
Disjoncteur AC [Onduleur-Charge]	1A, 220VAC	1
Section normalisée du câble solaire	1,5 mm ²	10 m
Section normalisée pour connecter la charge	2,5 mm ²	5 m

3.1.2) Mode de fonctionnement de l'installation solaire

✓ **En journée (temps ensoleillé) le panneau solaire va charger la batterie.**

NB : Pendant cette période laissez la source Eneo alimenter la couveuse.

✓ **La batterie a une autonomie de 10h.**

NB : - Pendant la soirée, s'il y'a coupure d'électricité ou bien si opérateur décide volontairement de couper la source Eneo en débranchant la prise d'alimentation de la couveuse à 20h00 par exemple ; inverseur permettra de basculer automatiquement sur la batterie qui fera fonctionner le système jusqu'à 6h du matin.

3.2) Dimensionnement du moteur et calcul des paramètres thermiques

Tableau 5 : présentation du dimensionnement et des paramètres thermiques

Numéro de la formule	Valeurs obtenues
<i>Dimensionnement du moteur</i>	
2.17	120,128 N
2.17.1	3,0032 Kg
2.17.2	3 Kg
2.17.3	0,00155 Kg
2.17.4	0,0016275 Kg
2.18	3,0032 Nm
2.19	13 W
2.20	13,26 W
<i>Calcul des charges thermiques internes à la couveuse</i>	
2.21	2712 KJ/jour
2.22	1320 KJ/jour
<i>Calcul des charges thermiques externes à la couveuse</i>	
2.23	- 19,39 KJ/jour
2.23.1	1,0262 W/m ² °C
2.23.2	3,436 m ²
2.24	1215,28 KJ/jour
2.24.1	0,4015 m ²
2.24.2	0,365 m ²
2.24.3	110,48
2.24.4	10 KJ/Kgas
2.25	- 515,16 KJ/jour
<i>Bilan des pertes thermiques</i>	
2.26	4704,73 KJ/jour
2.27	235,236 KJ/jour
<i>Bilan total</i>	
2.28	4939,9665 KJ/jour
<i>Puissance thermique</i>	
2.29	205,8319375 KJ/h (57,175 W pour 1 KJ = 0,000277778 KWh)

Le moteur choisi pour le retournement des œufs est un moteur ayant comme caractéristiques N= 2,5 tr/min, P= 14 W et Cr= 3, 0032 Nm.

Le bilan des charges thermiques de la couveuse est estimé à 4939,9665 KJ/jour.

✓ Plan de masse 35th.

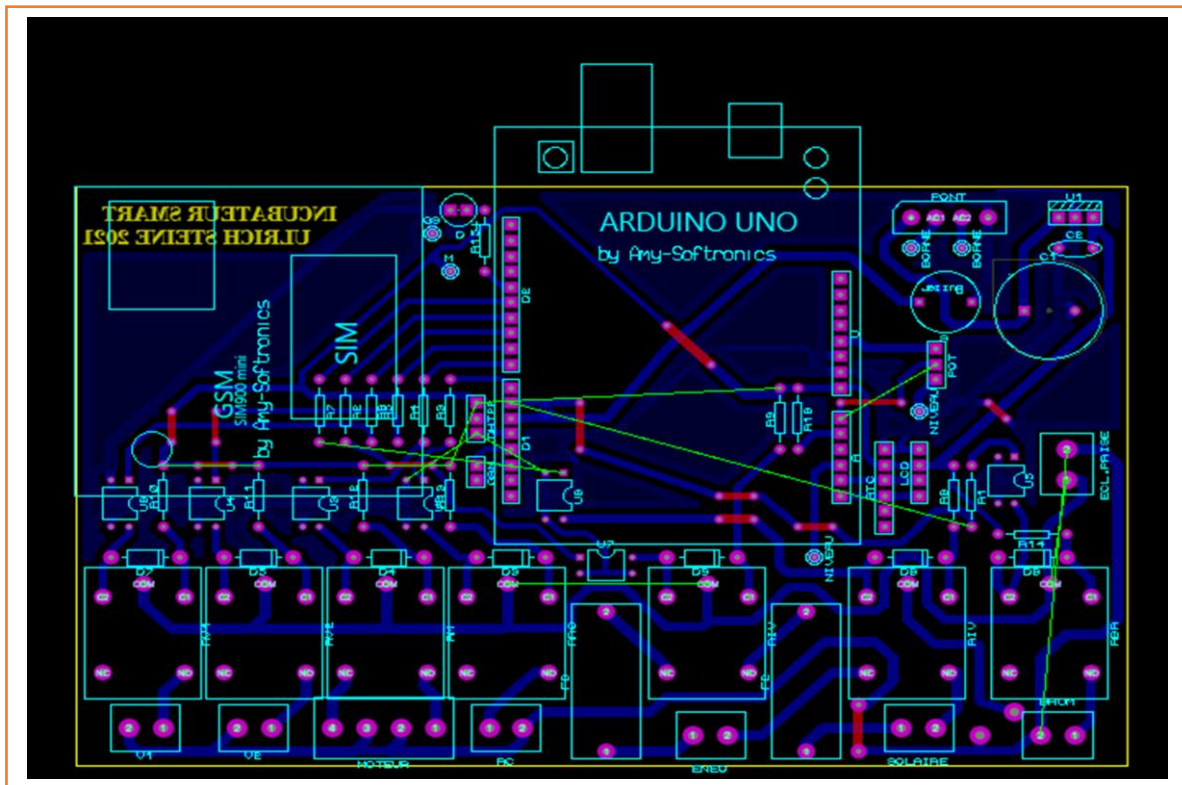


Figure 28: visualisation du typon sur Proteus

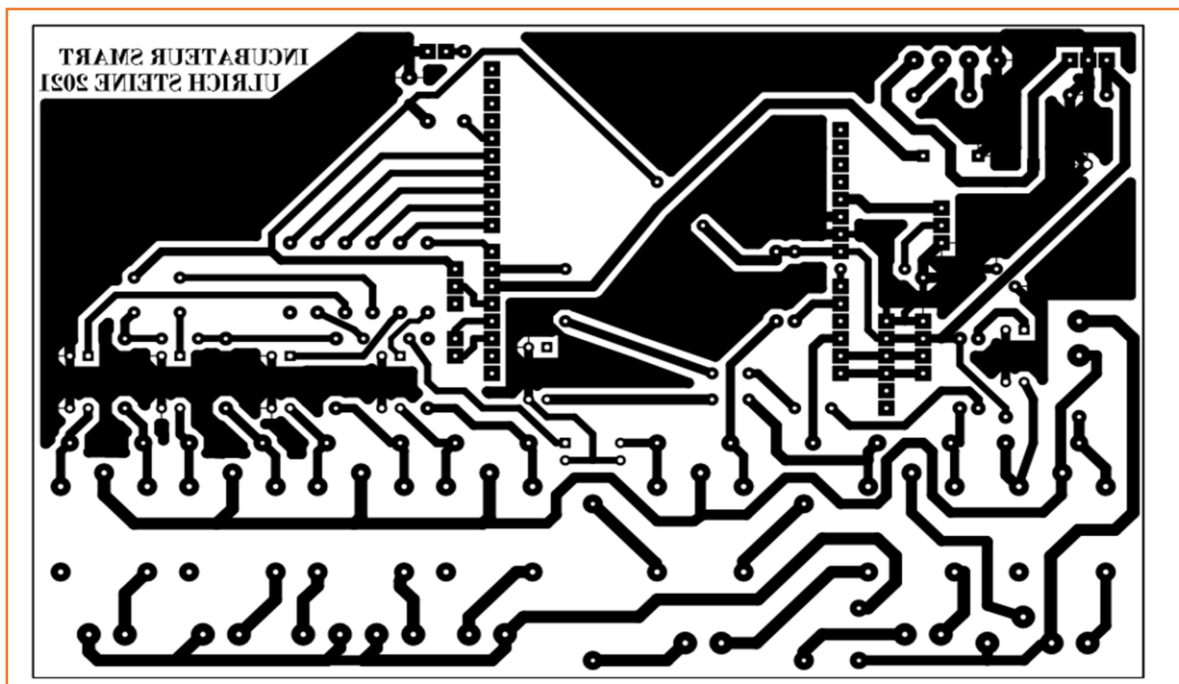


Figure 29: typon à imprimer

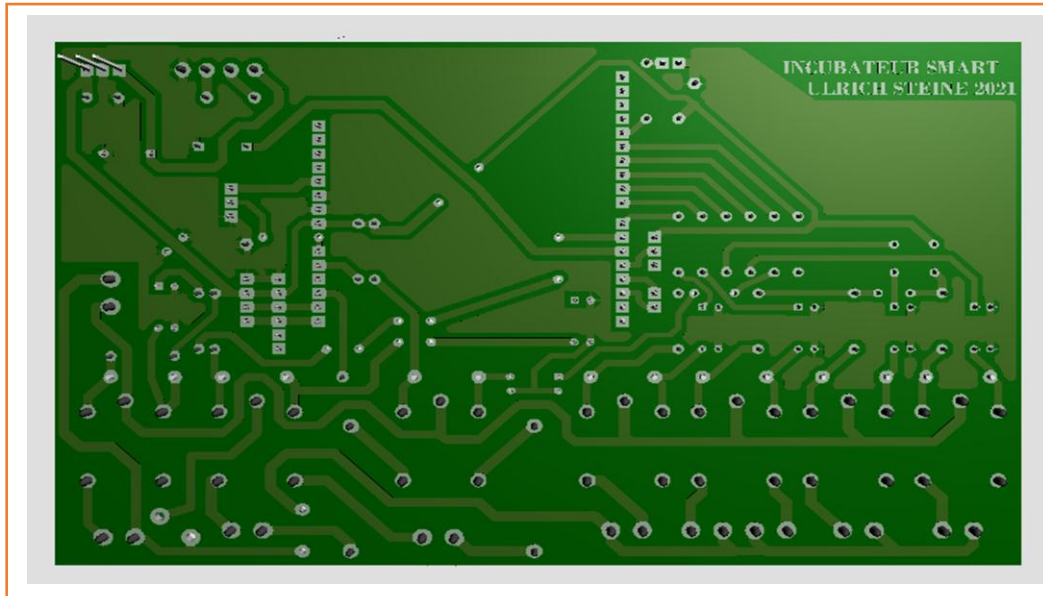


Figure 30: vue de dos du montage des composants sur le typon en 3D

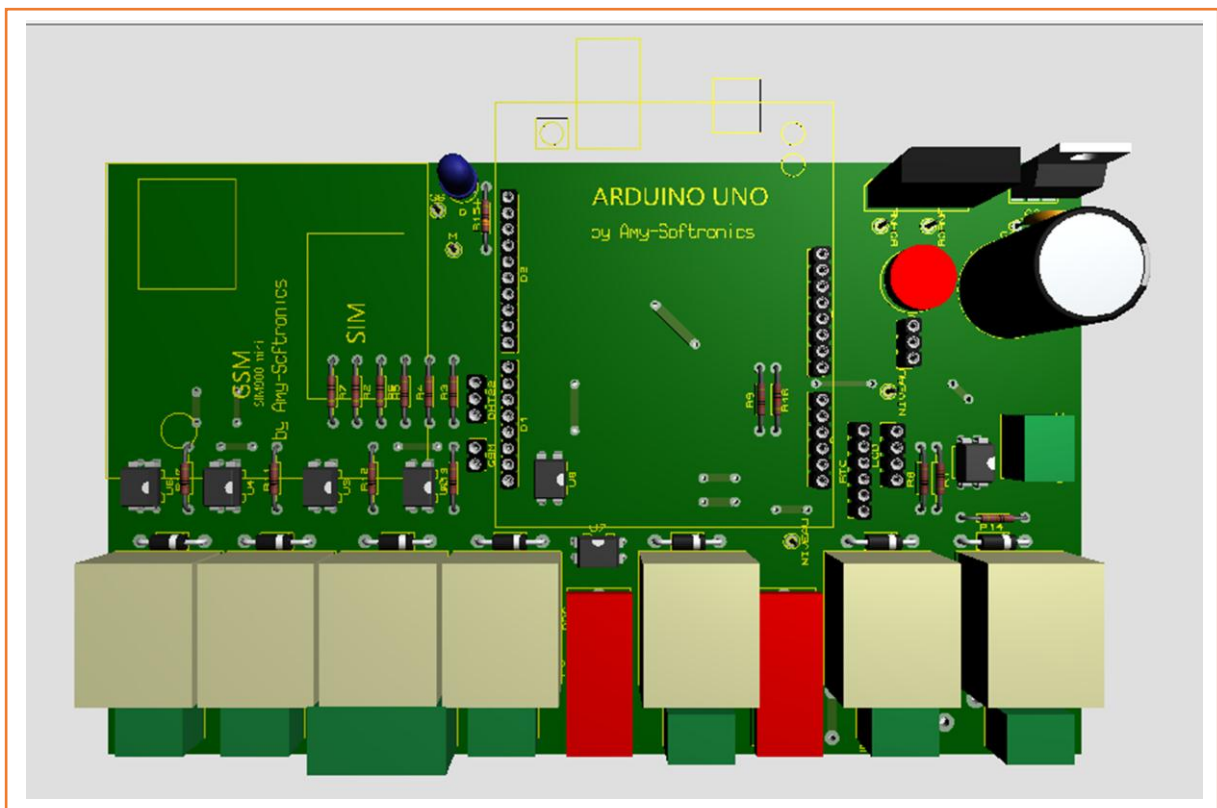


Figure 31: vue de face du montage des composants sur le typon en 3D

3.3.3) Application mobile conçue pour la couveuse

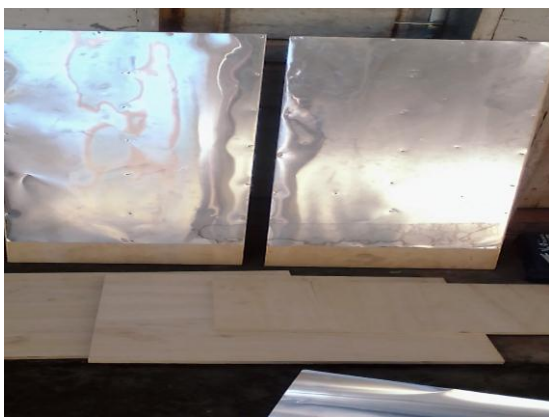
APP inventor est le logiciel de création des applications mobiles en ligne. C'est grâce à lui que nous avons eu le résultat de la **figure 32** ; cette application permettra de réduire la mobilité de l'opérateur entre la ferme à un lieu X car il peut être empêché pour des raisons personnelles.



Figure 32: interface de l'application mobile

- **Page d'accueil** : c'est la première page sur lequel l'utilisateur va tomber lorsqu'il va ouvrir l'application ; il aura à insérer son adresse (numéro de téléphone) et un mot de passe et appuyer sur la touche confirmer pour passer à la page d'observation.
- **Page observation** : c'est sur cette page que l'application va afficher les paramètres température, taux humidité relative et le nombre de jour. Pour visualiser ces paramètres utilisateur doit appuyer sur la touche entrer les paramètres pour tomber sur la page d'insertion des données.
- **Page d'insertion des données** : elle permet à utilisateur de choisir le types d'œufs qu'il souhaite couvrir et insérer les paramètres qui correspondent à cet espèce (œufs de poule, de canne et de perdrix). Par la suite appuyer sur la touche confirmer pour revenir sur la page précédente et visualiser.

3.3.4) La réalisation de la couveuse



1) Découpage du panneau et fixation de la tôle lisse



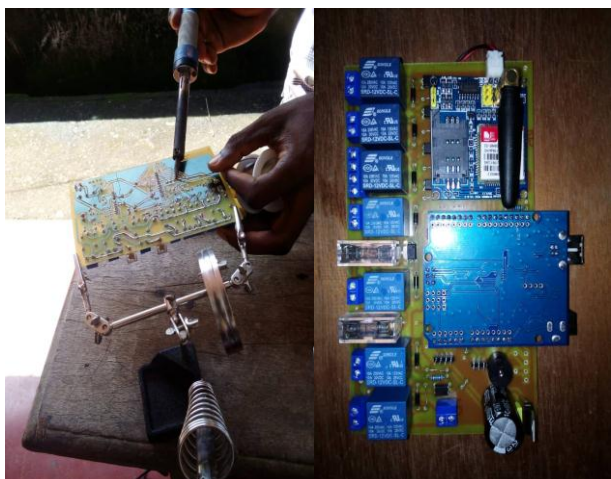
2) Assemblage de l'ossature



3) fixation des ventilateurs



4) Soudure des supports pour claie en acier



5) Soudure des composants électroniques



6) Mise de la peinture sur le produit fini



7) Installation du système solaire PV



8) Produit fini

Figure 33: étapes de réalisation de la couveuse

Cette étape a été la plus cruciale du projet car elle regroupe à elle seule plusieurs secteurs d'activités à savoir :

- La menuiserie : c'est grâce à elle que nous avons su que la la veuille de panneau est le matériau adapté pour une couveuse car ses propriétés permettent de conserver la chaleur dans l'enceinte ; Elle nous a permis également d'assembler l'ossature de la couveuse.
- La soudure métallique : elle a permis de réaliser les supports en aciers qui permettrons de porter les claies dans lequel seront disposés les œufs de volailles.
- Énergies renouvelables : grâce à elles nous avons mis en pratique les connaissances acquises antérieurement pour installer un système solaire photovoltaïque qui permettra de supplier notre système en cas de délestage.

3.3.5) Essai de la couveuse

Tableau 6 : comparaison des paramètres théoriques aux valeurs réelles

Paramètres	Valeurs théoriques	Valeurs réelles
Température de couvaion œufs de poule (°c)	37,5	37,489
Température de couvaion œufs de canne (°c)	37,5	37,489
Température de couvaion œufs de perdrix	37,5	37,478
Taux d'humidité de couvaion œufs de poule HR (%)	55	54,488
Taux d'humidité HR de couvaion œufs de canne (%)	58	57,999
Taux d'humidité HR de couvaion œufs de perdrix (%)	47	46,978
Température (°c) d'éclosion œufs de poule (%)	37	37
Température (°c) d'éclosion œufs de canne (%)	37	37
Température (°c) d'éclosion œufs de perdrix (%)	37	37
Taux d'humidité HR d'éclosion œufs de poule (%)	75	74,79
Taux d'humidité HR d'éclosion œufs de canne (%)	75	74,98
Taux d'humidité HR d'éclosion œufs de perdrix (%)	75	74,89

Le tableau 6 nous présente les différentes valeurs réelles obtenues après essais de la couveuse. En les comparant aux valeurs théoriques nous remarquons qu'elles sont très proches et cela permet de justifier que la couveuse pourra bien produire les poussins d'un (01) jour car la température et le taux d'humidité sont bien régulés.

3.4) coût estimatif et rentabilité du projet

La production des poussins de 1 jour, occupe une place de choix, dans notre pays. Cependant il apparait clairement que cette production est inférieure à la demande. Ceci, s'explique dans la mesure où, elle se pratique plus de manière artisanale qu'industrielle. Pour améliorer le rendement de cette production, nous avons mis sur pied une couveuse hybride adaptée au contexte actuel.

3.4.1) Coût estimatif

Tableau 7 : dévis du matériel pour la fabrication de la couveuse

Matériel	Quantité	Prix unitaire	Prix total
<i>La source d'alimentation solaire PV</i>			
Panneau solaire	1	60 000	60 000
Batterie	1	78 000	78 000
Régulateur PWM	1	10 000	10 000
Onduleur	1	15 000	15 000
Câble solaire	10 m	1500	15 000
Câble d'électricité conventionnel	5 m	300	1500
Disjoncteur DC	1	15 000	15 000
Disjoncteur AC	1	5000	5000
Connecteur simple pour panneau	2	500	1000
<i>Matériel électronique</i>			
Résistor 1K	15	15	225
Ventilateur DP200AP/N 120*120*25mm 220V, 0,15 A	1	2500	2500
Ventilateur 220-240V ; 0,10 A	1	2500	2500
Capteur de tension	1	1500	1500
Bornier 2 plots	9	200	1800
Régulateur 7812	1	200	200
Potentiomètre 10K avec chapeau	1	300	300
SIM (MTN)	1	500	500
Buzzer	1	150	150
Bouton poussoir avec chapeau	1	100	100
DTH22	1	4000	4000
Résistance chauffante 200mm-200W	1	3000	3000
Carte Arduino uno SMD	1	5000	5000
Relais de puissance	1	400	400
Optocoupleur PC817 et Fusible de protection 5A	4	100	400
Régulateur 7805	1	200	200
Capteur de niveau d'eau P=10W	1	3500	3500
GSM SIM900 mini	1	10000	10000
LCD 20*4avec I2C	1	5000	5000
RTC DS3231	1	2000	2000
24V Ultrasonic Air Humidifier	1	15000	15000
Boîtier porte fusible	3	200	600
Transformateur 12V 1,5A	1	2500	2500
Système de retournement d'œufs avec chaîne	1	20000	20000
Condensateur 220UF-35V	2	400	800
Diodes 1N4001	12	50	600
Interrupteur rouge avec voyant-C07010038	1	400	400
Rangée connecteurs male à male	4	250	1000
Réalisation de la carte électronique et application mobile	1	50000	50000
Transport matériel	2	3500	7000
<i>Matériel pour la fabrication de la couveuse</i>			
Feuille de panneau épaisseur de 15 mm	2	15500	31000
Grillage	3m	2000	6000
Paquet de vis 4x30	1	1500	1500
Feuille de tôle lisse	2	4500	9000
Paquet de pointe N°20	1	1800	1800
Paquet d'agraphe	1	2500	2500
Bois et frais de machine	1	13500	13500
Roulettes	4	1500	6000
Support pour claies en acier (avec main d'œuvre)	1	30000	30000
Total			407 500 Fcfa

3.4.2) Rentabilité du projet

a) Consommation en énergie pour une durée de 21 jours (1kwh=75 Fcfa)

$E = P \times t \times 75$ Fcfa avec **P** la puissance et **t** le temps de fonctionnement

- ✓ Ampoule led (5W) temps de fonctionnement 3h on a :

$$E_1 = 0,005 \times 3 \times 75 = 1,125 \text{ Fcfa}$$

- ✓ Charge de batteries de téléphone (10W), temps de charge 3h on a :

$$E_2 = 0,010 \times 3 \times 75 \times 2 = 4,5 \text{ Fcfa}$$

- ✓ Ventilateurs ($I_1=0,15A$; $U_1=220V$; $I_2=0,10A$ $I_2=0,10A$), temps de fonctionnement 24h et 2h on a :

$$E_3 = 0,033 \times 24 \times 75 = 59,4 \text{ Fcfa}$$

$$E_4 = 0,022 \times 3 \times 75 = 4,95 \text{ Fcfa}$$

- ✓ Moteur de retournement (14W) des œufs, temps de fonctionnement 24h on a :

$$E_5 = 0,014 \times 24 \times 75 = 25,2 \text{ Fcfa}$$

- ✓ Résistance chauffante (200W), temps de fonctionnement 24h on a

$$E_6 = 0,2 \times 24 \times 75 = 360 \text{ Fcfa}$$

D'où $E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6$

AN : $E = 1,125 + 4,5 + 59,4 + 4,95 + 25,2 + 360 = 455,175$ Fcfa par jour.

Pour 21 jours la consommation en énergie électrique coutera **9558,675 Fcfa**.

Sachant que la capacité maximale de la couveuse est de 220 œufs, après mirage on perd 5% c'est-à-dire 11 œufs et après l'éclosion on aura au maximum 209 poussins.

b) Prix d'achat des œufs (TTC)

- Cas des œufs fécondés de poules de chairs

Sachant qu'un œuf coûte 250 Fcfa, $P_a = 209 \times 250 = 52\,250$ Fcfa.

- Cas des œufs fécondés par les poules locales

Sachant qu'un œuf coûte 300 Fcfa, $P_a = 209 \times 300 = 62\,700$ Fcfa.

c) Prix de vente mensuel des poussins

- Cas des poussins de chairs

Sachant qu'un poussin coûte 500 Fcfa, $P_v = 209 \times 500 = 104\,500$ Fcfa.

- **Cas des poussins de poules locales**

Sachant qu'un poussin coûte 600 Fcfa, $Pv = 209 \times 350 = 125\ 400$ Fcfa.

d) Bénéfice réalisé après les 21 jours

Sachant que le transport des œufs, la maintenance de la couveuse et la fourniture de l'eau valent 50% du chiffre affaire à réaliser ; le bénéfice mensuel qui se dégage de cette activité est le suivant : $B = [Pv - E - Pa] - 50\% [Pv - E - Pa]$

- **Cas des œufs des poules de chairs**

$B = [114\ 950 - 9558,675 - 52\ 250] - 50\% [114\ 950 - 9558,675 - 52\ 250] = 26\ 570,6625$ Fcfa.

- **Cas des poussins de poules locales**

$B = [125\ 400 - 9558,675 - 62\ 700] - 50\% [125\ 400 - 9558,675 - 62\ 700] = 26\ 570,6625$ Fcfa

e) Bénéfice annuel

Sachant que la durée maximale d'éclosion des œufs de poules est de 21 jours en 1 an, nous aurons 16 éclosions d'où le bénéfice annuel :

$Ba = B \times 16$

- **Cas des poussins de chairs**

$Ba = 26\ 570,6625 \times 16 = 425\ 130,6$ Fcfa, Or la couveuse a coûté 407 500 Fcfa.

- **Cas des poussins de poules locales**

$Ba = 26\ 570,6625 \times 16 = 425\ 130,6$ Fcfa, Or la couveuse a coûté 407 500 Fcfa.

Nous pouvons donc dire que cette activité sera bénéfique à partir de la deuxième année d'exploitation mais plus lucrative si vous passez à une production de 32 000 poussins par an.

Conclusion

A la lumière des précédentes clarifications, nous constatons que la couveuse réalisée est avantageuse sur le plan socio-économique et elle peut permettre d'optimiser la production de la volaille locale pour faire face à la peignerie des œufs de poulets de chairs importé de l'Europe et en Amérique. En effet cette couveuse va permettre épanouissement d'un éleveur dans son activité en contribuant au développement de son pays.

Conclusion générale

Parvenu au terme de ce travail, où il était question de concevoir et réaliser une couveuse d'œufs hybride avec charge de batteries de téléphones. Pour y arriver, nous nous sommes attardés sur sa conception, son mode de fonctionnement et en suite sur les différents avantages socio-économique qu'offre ce type de couveuse dans le secteur de l'élevage de la volaille. Suite à cela, il en ressort que la maîtrise de cette technique est un plus énorme en terme de connaissance car peut permettre d'une part la mise sur pied d'un projet de fabrication et de commercialisation de couveuses à grande échelle pour optimiser la production des poussins d'un (01) jour et d'autre part permettre la formation des jeunes passionnés par l'élevage de la volaille. La bonne utilisation de ce travail pourra solutionner le problème de pénurie des poussins auquel les éleveurs font face, encourager la production de la volaille locale en réduisant le temps que fait par exemple une poule pour gérer la maternité (2 mois) à deux (02) semaines et passer à 13 cycles de production par an (130 œufs/an) au lieu de 5 cycles par an (50 œufs/an), aider les jeunes chercheurs à s'investir davantage dans le perfectionnement des couveuses.

En vue d'améliorer les performances de la couveuse dans les jours à venir il est possible :

D'augmenter l'autonomie du parc à batterie à un (01) jour, mais ce pendant cela va engendrer un budget supplémentaire.

D'ajouter un système de vidéo-surveillance permettant de visualiser l'enceinte de la couveuse à distance.

De concevoir l'ossature de la couveuse en acier.

De faire des ajouts dans la programmation de la carte Arduino pour augmenter le nombre d'espèces d'œufs à couvrir.

Le coût de ce projet n'étant pas à la portée de tous, nous recommandons à l'ENSET d'Ebolowa de créer un incubateur de projet au sein de son campus pour accompagner les étudiants dans leurs travaux, encourager la création des startups qui permettront de promouvoir le génie camerounais et de rentabiliser les secteurs d'activités ciblés.

Référence Bibliographique

- [1] Nico van Wageningen, Johan Meinderts et AL. L'incubation des œufs par les poules et en couveuse. Édité à la Fondation Agromisa, Wageningen, 2000 ; 61 pages ;
- [2] NDJECK Laurent, Tchinda Joel Constantin, et AL : Conception et réalisation d'une couveuse d'œufs électrique d'une capacité de 2000 œufs [mémoire en vue de l'obtention du D.I.P.E.T.I] Université Douala : ENSET ; 2016.
- [3] ELBACHIR Mohammed Ilyes & BENRABEH Ismail : Etude et réalisation d'un incubateur automatique a œufs [mémoire en vue de l'obtention d'un Master Instrumentation] Université Aboubakr Belkaïd-Tlemcen : Faculté de Technologie ; 2020.
- [4] Cours de transferts thermiques (Pr NSOUANDELE) université de Maroua : ENSPM ; 2014.
- [5] Cours de dimensionnement, installation et maintenance des systèmes PV (KODJI DELI Enseignant-chercheur) université de Maroua : ENSPM ; 2015.
- [6] www.vivelevage.com; consulté le 10 Avril 2021 à 21h00.
- [7] www.plumadeau.com, consulté le 12 Avril 2021 à 14h 30.
- [8] www.borotto.com , consulté le 12 Avril 2021 à 16h00.
- [9] www.couveuseautomatique.fr, consulté le 12 Avril 2021 à 16h30.
- [10] www.mes-poules.com, consulté le 12 Avril 2021 à 17h00.
- [11] www.poulesetcie.com, consulté le 12 Avril 2021 à 18h00.

Annexe 1 : Température et taux d'humidité en période de couvain et d'éclosion

Tableau 8 : comparaison des paramètres de couvain et d'éclosion selon les espèces [7]

Espèces	Température (°C)		Taux humidité relative (%)		Jours	
	couvain	éclosion	couvain	éclosion	couvain	éclosion
Poules	37,5	37	55	75	18	21 ^{ieme}
Cannes	37,5	37	58	75	25	28 ^{ieme}
Oies	37,5	37	55	75	28	31 ^{ieme}
Dindes	37,5	37	55	75	25	28 ^{ieme}
Perdrix	37,5	37	47	75	20	23 ^{ieme}
Pigeons	37,5	37	50	75	12-13	15-16 ^{ieme}
Perroquets	37,5	36,6	50	75	15-26	18-29 ^{ieme}

Annexe 2 : Consigne pour la programmation du fonctionnement de la couveuse

Tableau 9 : paramètres à prendre en compte pour la programmation

Espèces	
Poules	
Couvain	Jour = 1 ^{er} au 18 ^{ieme} Température = 37,5°C Taux humidité relative (HR) = 55% Retournement à t = 4h48, fréquence 5 fois/ jour, angle d'inclinaison 45°
Éclosion	Jour = 19 ^{ieme} au 21 ^{ieme} Température = 37 °C Taux humidité relative (HR) = 75% Stabilisation à partir du 19 ^{ieme} jour, angle 90°
Cannes	
Couvain	Jour = 1 ^{er} au 25 ^{ieme} Température = 37,5°C, Taux humidité relative (HR) = 58% Retournement à t = 4h48 fréquence 5 fois/ jour, angle d'inclinaison 45°
Éclosion	Jour = 26 ^{ieme} au 28 ^{ieme} Température = 37 °C, Taux humidité relative = 75% Stabilisation à partir du 26 ^{ieme} jour, angle 90°
Perdrix	
Couvain	Jour = 1 ^{er} au 20 ^{ieme} Température = 37,5°C, Taux humidité relative = 47% Retournement à t = 4h48, fréquence 5 fois/ jour, angle d'inclinaison 45°
Éclosion	Jour = 21 ^{ieme} au 23 ^{ieme} Température = 37 °C, Taux humidité relative = 75% Stabilisation à partir du 21 ^{ieme} jour, angle 90°

Annexe 3 : Programme du fonctionnement de la couveuse par Arduino

```

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

Software Serial gsm (2, 3);

#define POT A0

#define BUT A1

#define CAPNIV A3

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,20,4); //Adresse hexadecimal, Nbre colonne, Nbre ligne de l'afficheur LCD

const int BUZZER = 5; //connection buzzer

const int POW = 13;

int RIV2 = 11;

int RV1 = 10;

int RV2 = 9;

int RM = 8;

int RCC = 7;

int RBR = 6;

int DHT22 = 4;

String mess=""; //variable pour stocker le message reçu par gsm

String NUM = "+2376XXXXXXXXX\>";

int TYPE = 0;

void setup() {

Wire.begin();

gsm.begin(9600);

lcd.init();

lcd.backlight(); //activer le rétroéclairage

pinMode (BUZZER, OUTPUT);

pinMode (POW, OUTPUT);

pinMode (RIV2, OUTPUT);

pinMode(RV1, OUTPUT);

pinMode(RV2, OUTPUT);

pinMode(RM, OUTPUT);

```

```

digitalWrite (POW, LOW);
    digitalWrite (RIV2, LOW);
        digitalWrite (RV1, LOW);
            digitalWrite (RV2, LOW);
                digitalWrite (RM, LOW);
                    digitalWrite (RCC, LOW);
                        digitalWrite (RBR, LOW);
lcd.setCursor(3, 0);
lcd.print("**INCUBATEUR SMART**");
lcd.setCursor(3, 2);
lcd.print("Initialisation");
lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("Patiencez...");
delay(20000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(3, 0);
lcd.print("**INCUBATEUR SMART**");
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("Temp: ");
lcd.setCursor(6, 2);
lcd.print(temp);
    lcd.setCursor(8, 2);
lcd.print("°C");
    lcd.setCursor(10, 2);
lcd.print("|");
    lcd.setCursor(11, 2);
lcd.print("Humi: ");
    lcd.setCursor(17, 2);
lcd.print(Humid);
    lcd.setCursor(20, 2);
lcd.print("%");
    lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("Jour: ");

```

```

}
void loop() {
  int VALBP = digitalRead(BP);
  int VALBP = digitalRead(DHT22);
  int VALPOT = analogRead(POT);
  int VALCAPNIV = analogRead(CAPNIV);
  while(gsm.available())
  { char c = gsm. read();
    mess += c;
    delay(10);}
  reception_sms();
  switch(TYPE)
  {
    case 1: //pour les oeufs de poules
      {oeuf_poule();}
      break;
    case 2: //pour les oeufs de canne
      {oeuf_canne();}
      break;
    case 3: //pour les oeufs de perdix
      {oeuf_perdrix();}
      break;
  }
  void reception_sms() //pour la reception des sms

```

Annexe 4 : Caractéristiques des panneaux contreplaqués



Application Bois Construction

A B C

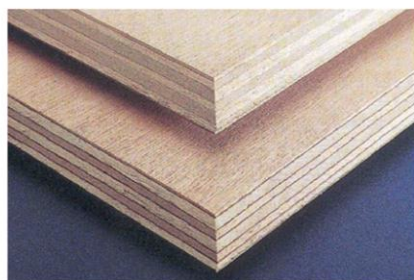
Assemblages Bois et dérivés Conception système

©Centre technique du bois et de l'ameublement – 2007 – Reproduction interdite.

PANNEAUX CONTREPLAQUES

Définition :

Panneau, plat ou moulé, composé d'un empilage de plis de bois. La cohésion entre les couches de l'empilage est assurée par un liant organique.



Caractéristiques et dimensionnement :

Classification :

Le panneau contreplaqué le plus courant présente :

- une composition symétrique dans l'épaisseur
- des plis contigus dont le sens des fils est perpendiculaire
- des plis constitués de placages jointés sur leur rives. Plusieurs plis peuvent être empilés fil sur fil pour former une couche.

Si les couches fil sur fil dominant, on obtient un panneau LAMIBOIS (LVL dans la terminologie anglo-saxonne, cf fiche correspondante).

Les panneaux contreplaqués peuvent être classés selon différents critères. Selon les classes de service, la norme NF EN 636 distingue 3 types de panneaux :

- Panneaux utilisés en milieu sec (636-1)
- Panneaux utilisés en milieu humide (636-2)
- Panneaux utilisés en milieu extérieur (636-3)

Collage et classe d'emploi (classe de risques d'attaques biologiques : cf. fiche 51.01) :

Suivant la qualité de leur collage, les contreplaqués peuvent être utilisés dans les classes d'emploi (selon NF EN 335-3)

La conversion des contraintes à 5 % d'exclusion (selon EN 789 et EN 1058) en contraintes admissibles selon CB 71, est traitée par la norme NF P 21-400 :

Symbole	Désignation	Unité	Okoumé	Ozigo, Sapelli, Sipo, Bouleau, Douglas Pin Maritime	Hêtre, Keruing
σ_f	Contrainte en flexion	N / mm ²	≥ 12.4	≥ 12.4	≥ 12.4
τ_v	Contrainte en cisaillement dans le plan (de voile)	N / mm ²	3.6	4.3	5.7
τ_r	Contrainte en cisaillement roulant	N / mm ²	1.5	2.0	2.5
E_G	Module de cisaillement	kN / mm ²	Selon données du fabricant		
ρ_{moy}	Masse volumique moyenne	kg/m ³	Selon données du fabricant		

Pour les panneaux comportant plusieurs essences, prendre les valeurs de l'essence la plus faible.

La norme NF EN 12369-2 fournit des valeurs de contrainte/module d'élasticité en flexion des panneaux de contreplaqué dérivées des résultats de contrôle en usine, ainsi que des valeurs planchers pour les cisaillements de voile et roulant.

Fluage :

Pour le fluage, l'Eurocode 5 (NF ENV 1995 - NF P 21-711 : EC 5 - Calcul des structures en bois), définit les valeurs des coefficients applicables, en fonction des différents cas de charges et des

suivantes : classe de collage 1 (milieu intérieur sec) pour la classe d'emploi 1

- classe de collage 2 (milieu intérieur humide) pour la classe d'emploi 2
- classe de collage 3 (milieu extérieur) pour la classe d'emploi 3

Dimensions courantes :

- Epaisseur : 6, 8, 10, 12, 15, 18, 22, 25, 30 mm
- Largeur : 1.25 m, 1.50 m
- Longueur : 2.50 m, 3.10 m

La longueur d'un panneau correspond à la dimension dans le plan dans le sens du pli de face.

Exigences générales pour tous types de contreplaqués :

La norme NF EN 636 définit les valeurs des exigences à respecter pour un certain nombre de caractéristiques, et les normes d'essais correspondantes.

Caractéristiques	Exigences
Tolérances sur dimensions nominales	Définis dans la norme NF EN 315 ± 3.5 mm
• Epaisseur panneaux poncés ou non poncés	
• Longueur et largeur	1.0 mm/m
Tolérance de rectitude des bords : NF EN 315	1.0 mm/m
Tolérance d'équerrage : NF EN 315	1.0 mm/m
Dégagement de formaldéhyde : (*) NF EN 717-1	≤ 0,124mg/m ³ d'air > 0,124mg/m ³ d'air
• classe E1 (NF EN 636)	
• classe E2 (NF EN 636)	

Ces valeurs sont caractérisées par une humidité dans le matériau correspondant à une humidité relative de 65% et une température de 20°C.

(*) : Les panneaux à base de colles phénoliques appartiennent systématiquement à la classe E1.

Caractéristiques mécaniques pour le calcul :

Le dimensionnement des structures en bois se fait conformément aux règles CB71 ou Eurocode 5 (EC5).

Les contraintes, rigidités et masses volumiques sont déterminées selon NF EN 789 et NF EN 1058. Elles dépendent de la composition du panneau (essences, nombre, épaisseur des plis) :

La norme XP ENV 14272 permet d'estimer par le calcul les caractéristiques mécaniques de tout contreplaqué d'une essence donnée à partir des propriétés déterminées sur un lot d'un contreplaqué donné réalisé à partir de cette essence .

Euroclasses :

La norme harmonisée NF EN 13986 indique la classe de performance conventionnelle en réaction au feu pour les panneaux structuraux^a, qui se décompose ainsi :

- Référence de qualité du produit : norme produit
- Masse volumique moyenne minimale : ρ_m , en kg/m³
- Épaisseur hors tout minimale : Ep, en mm
- Classe de réaction au feu (hors revêtements de sol)
- Classe de réaction au feu en revêtements de sol

Type de panneaux	ρ_m kg/m ³	Ep mm	Classe	Classe sol
Contreplaqués Conforme à EN 636	400	9	D-s2,d0	D _{FL} -s1

^a : Les classements indiqués dans ce tableau sont valables uniquement pour des panneaux montés, sans espace, directement sur un support constitué par un produit de classe A1 ou A2-s1, d0 ayant une densité minimale de 10 kg/m³, ou au minimum par un produit de classe D-s2, d0 ayant une densité minimale de 400 kg/m³.

Propriétés thermiques :

La norme harmonisée NF EN 13986 indique les propriétés thermiques des panneaux contreplaqués, en fonction de leur masse volumique moyenne :

- Conductivité thermique : λ (W/m.°K)
- Coefficient de résistance à la vapeur d'eau : μ (humide et sec)

Masse volumiques moyennes	λ W/m.°K	μ	
		humide	sec
300 kg/m ³	0.09	50	150
500 kg/m ³	0.13	70	200
700 kg/m ³	0.17	90	220
1000 kg/m ³	0.24	110	250

Fabrication :

Étapes de fabrication :

- Etuvages des grumes
- Débit des grumes (déterminant pour la qualité des placages, parement ou âme)
- séchage des placages (souvent ligne âme et ligne parement)
- massicotage et pré – composition des plis
- encollage
- composition
- pré – pressage (à 20 °C)
- pressage avec chauffage à 120 – 130 °C (1 min/mm)
- calibrage (mise à format)
- ponçage éventuel
- stockage

Placages :

Pour l'usage courant, les placages sont obtenus par déroulage des grumes (débit sur dosse pure). Les épaisseurs courantes de placage vont de 10 à 30/10 mm. Pour les panneaux contreplaqués destinés à recevoir une finition, les placages des couches de surfaces sont généralement obtenus par tranchage.

Un traitement éventuel des placages (ignifugation, préservation par biocide) peut être introduit avant la composition.

Références normatives :

Normes actuelles :

- NF EN 636 : Contreplaqué – exigences
- NF EN 13986: Panneaux à base de bois destinés à la construction – Caractéristiques, évaluation de conformité et marquage
- NF EN 635 1 à 3: Contreplaqué - Classification selon l'aspect des faces
- NF EN 789: Structures en bois - Méthodes d'essai - Détermination des propriétés mécaniques des panneaux à base de bois

- NF EN 1058: Panneaux à base de bois - Détermination des valeurs caractéristiques des propriétés mécaniques et de la masse volumique
- NF EN 12871: Panneaux à base de bois – Spécifications et exigences fonctionnelles pour panneaux travaillants utilisés en planchers, murs et toitures
- XP ENV 14272: Contreplaqué - Méthode de calcul pour certaines propriétés mécaniques
- NF EN 335-3: Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois – Définition des classes de risque d'attaque biologique – pArtie 3 : Application aux panneaux à base de bois
- NF P 21-701 : CB 71 - Règles de calcul et de conception des charpentes en bois
- NF EN 1995: EC 5 - Eurocode 5 : Calcul des structures en bois
- Les DTU ouvrages en bois ou dérivés
- Les DTU de la série 40
- NF B 54-162 : Contreplaqué à plis - Panneaux de coffrage – Exigences

Autres documents :

- XP ENV 12872: Guide pour l'utilisation des panneaux structurels des planchers, murs et toitures.
- Les panneaux à base de bois – Guide des applications dans le bâtiment (CTBA)

Principales spécifications et recommandations :

Panneau travaillant :

Le contreplaqué est typiquement un panneau travaillant. La connaissance de ses propriétés mécaniques est donc primordiale. Les plus couramment utilisées sont les propriétés en flexion (module et/ou contrainte). Pour certains usages (poutres en « I », poutres caissons, goussets,...) la connaissance des caractéristiques en cisaillement de voile est également primordiale.

Classe de service 3 :

Le contreplaqué conforme à la NF EN 626-3 est également le seul panneau (avec le panneau bois ciment) susceptible d'être employé en classe d'emploi 3, c'est-à-dire typiquement en façade et menuiserie extérieure. Dans ce domaine, certaines caractéristiques sont primordiales :

- la qualité de collage (classe 3)
- l'adéquation du parement à recevoir une finition sans apparition de craquelures liées aux fentes de déroulage
- le blocage des migrations de soude, susceptibles de se produire, en cas de finition transparente, avec certains panneaux à collage phénolique (les panneaux collés avec des résines MUF donnent satisfaction).

Pour la mise en œuvre de ces panneaux en classe de service 3, il faut que l'utilisateur veille à :

- protéger les chants contre les reprises d'eau (surtout s'ils sont pris en feuillure)
- drainer et ventiler les chants des panneaux (feuillures ou rainures à drainage, rapide si possible)

Application dans le bâtiment :

Les épaisseurs minimales des panneaux en fonction de leur nature, de l'utilisation, de la charge et de la portée sont définies dans les tableaux suivants :

Dalle de plancher :							
• Charge ponctuelle de 200 daN et flèche relative de L/400							
• 1/3 des charges de courtes durées (moins d'une semaine)							
Charges (en DaN/m ²)	Entraxe des solives (en cm)						
	40	45	50	55	60	65	70
Épaisseur des panneaux CTB-X Okoumé en milieu humide, module d'élasticité 4000 MPa (en mm)							
150	15	15	18	18	22	22	25
200	15	18	18	22	22	25	27
250	15	18	22	22	25	25	32
300	18	18	22	22	25	27	32

Dalle de plancher :							
<ul style="list-style-type: none"> Charge ponctuelle de 200 daN et flèche relative de L/400 1/3 des charges de courtes durées (moins d'une semaine) 							
Epaisseur des panneaux CTB-X Pin maritime en milieu humide, module d'élasticité 7200 MPa (en mm)							
150	12	15	15	15	18	18	21
200	12	15	15	18	18	21	21
250	15	15	18	18	21	21	25
300	15	18	18	21	21	25	27

Plafond suspendu :					
<ul style="list-style-type: none"> Flèche relative de L/550 à 600 Module d'élasticité 4000 Mpa 					
Charges (en DaN/m²)		Epaisseur panneau (en mm)			
		10	12	15	18
Entraxe des supports des panneaux CTB-X en milieu humide (en cm)					
Panneau seul		86	97	113	132
Répartie (isolation) 10 daN/m²		59	70	85	104
Localisée (luminaire) 10 daN		43	55	72	94
Répartie + localisée		39	49	65	84

Habillage extérieur, selon DTU 41.2 :					
<ul style="list-style-type: none"> Flèche relative de L/300 Module d'élasticité 5000 Mpa 					
Localisation	Entraxe des supports (en cm)				
	40	50	60	75	90
Epaisseur des panneaux CTB-X en milieu humide (en mm)					
Sous avancée de toiture	8	10	12	15	18
Bardage exposé	10	10	12	15	

Support de couverture :					
<ul style="list-style-type: none"> Charge ponctuelle de 100 daN et flèche relative de L/300 Module d'élasticité égal à 7200 Mpa 1/3 des charges de courtes durées (moins d'une semaine) 					
Charges (en DaN/m²)	Entraxe des chevrons (en cm)				
	60	70	80	90	100
Epaisseur des panneaux CTB-X Pin maritime en milieu humide (en mm)					
100	12	12	15	15	18
150	12	15	18	18	18
200	12	15	18	18	21

Marquage CE :

Chaque composant de la construction mis sur le marché européen doit avoir une attestation de conformité, selon la directive communautaire sur les produits de la construction (DPC n° 89-106), matérialisée par le marquage CE. Les répartitions des tâches à réaliser en fonction des systèmes d'attestation de conformité sont les suivantes :

Systèmes d'attestation	Certificatif				Déclaratif	
	1+	1	2+	2	3	4
Evaluation du produit						
Essai de type initial	ORN	ORN	FAB	FAB	ORN	FAB
Essai sur échantillon par sondage	ORN	ORN*	FAB*			
Contrôle production en usine (FPC)	FAB	FAB	FAB	FAB	FAB	FAB
Evaluation du contrôle de la production en usine						
Inspection initiale	ORN	ORN	ORN	ORN		
Surveillance continue	ORN	ORN	ORN	ORN		

ORN : Organisme notifié (d'essais, d'inspection ou de certification)
 FAB : Fabricant
 * : Non obligatoire

Les panneaux à base de bois non revêtus, revêtus et replaqués ou finis, pour usage en intérieur ou extérieur nécessitent un système d'Attestation de Conformité de niveau 1 à 4, selon les exigences de

la norme européenne harmonisée NF EN 13986 comme suit en fonction de leur classe de réaction au feu (Euroclasses) et de leur usage :

Produits de construction	Réaction au feu	Système d'attestation
Usage structurel		
Panneaux avec étape de production améliorant la réaction au feu	A1, A2 B, C	1
Panneaux sans étape de production améliorant la réaction au feu	A1 à E	2+
Usage non structurel		
Panneaux avec étape de production améliorant la réaction au feu	A1, A2 B, C	1
Panneaux sans étape de production améliorant la réaction au feu	A1 à E	3 ou 4

Tous les panneaux contreplaqués à usage structurel mis sur le marché doivent être marqués CE.

Système certification qualité :

NF Extérieur CTB-X :

Certification de produits de panneaux contreplaqués pour emplois extérieurs.

Caractéristiques certifiées :

- Durabilité et qualité des essences utilisées
- Qualité du collage
- Qualités des faces et des plis intérieurs
- Modules d'élasticité
- Tolérances sur l'épaisseur

NF Coffrage CTB-C :

Certification de produits de panneaux contreplaqués pour emplois de coffrage

Caractéristiques certifiées :

- Qualité du collage
- Qualités des faces et des plis intérieurs
- Modules d'élasticité
- Tolérances sur l'épaisseur
- Aptitude des faces et des revêtements au coffrage

Certification individuelle :

Certification individuelle de panneaux pour un usage en menuiserie extérieure.

Acquis environnementaux :

Données environnementales :

des analyses de cycle de vie effectuées sur des panneaux français de contreplaqué okoumé utilisés en bardage ou pin maritime utilisés en contreventement ont été à la base de fiches de données environnementales et sanitaires conformes à la norme NF P 01-010.

Une analyse du cycle de vie (ACV) a été réalisée, et est disponible auprès de l'UFC.

Eco-certification :

Le bois utilisé peut être un bois " éco-certifié " selon le référentiel PEFC ou FSC, garantissant qu'une proportion ou la totalité des bois utilisés sont issues d'une forêt gérée durablement.


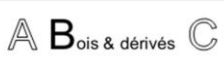
Usage :

Lors de l'usinage, les opérateurs doivent être protégés pour éviter l'inhalation de poussières de bois (Code du travail).

Déchets de bois :

Les déchets de bois générés lors de la mise en œuvre et lors de la fin de vie du composant doivent être :

- considérés comme des DIB (Déchets Industriels Banals) s'ils ne contiennent pas de métaux ou de composés organochlorés ; ils peuvent être éliminés en décharge de classe 2, valorisés dans la filière panneau de particules ou transformés en combustible bois. (circulaire du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable du 12 mai 2005).

		PANNEAUX DERIVES DU BOIS		
		Panneaux Contreplaqués		
		Juillet 2006	Page : 3	21.02

- incinérés dans un incinérateur de déchets ou éliminés en décharge de classe 1 s'ils contiennent des métaux ou des composés organochlorés.

Formaldéhyde :

Les panneaux sont testés en fabrication selon la norme NF EN 717-2 définissant le dégagement de formaldéhyde du panneau et classés selon la norme NF EN 636 :

Dégagement de formaldéhyde : NF EN 717-2	
• classe d'émission E1 (NF EN 636)	≤ 3.5 mg/m ² .h
• classe d'émission E2 (NF EN 636)	> 3.5 mg/m ² .h et ≤ 8 mg/m ² .h

La classe E1 correspond à une émission de formaldéhyde inférieure à 0,124mg/m³ dans l'air ambiant mesurée selon la norme NF EN 717-1.

Organisations professionnelles :

UFC

Union des Fabricants de Contreplaqués
 6 avenue de Saint-Mandé
 75012 Paris
 Tél. 01.53.42.15.58
 Fax. 01.53.42.15.51
 Messagerie électronique : contact@ufc-contreplaque.com

www.ufc-contreplaque.com

		PANNEAUX DERIVES DU BOIS		
		Panneaux Contreplaqués		
		Juillet 2006	Page : 4	21.02