



Lilian RENOU

lilian.renou@imt-atlantique.net

Inès THAO

ines.thao@imt-atlantique.net

Samuel TOURVIEILLE

samuel.tourvieuille-de-labrouhe@imt-atlantique.net

Thibault VICART

thibault.vicart@imt-atlantique.net

FISE A1: Projet 51 - Automatisation d'un poulailler

**Client : Bureau du Développement Durable de
l'école IMT Atlantique**

Rapport technique

Version 2.0 - 04/06/2021

Formation d'ingénieur

IMT Atlantique

Année scolaire 2020-2021

Résumé du projet

-rédacteur : Samuel TOURVIEILLE - relecteur : Thibault VICART-

Ce projet CoDev a été initié suite à la demande du BDD de diminuer la charge de travail nécessaire à fournir lors de l'entretien d'un poulailler. Le projet 51 a conçu un poulailler autonome qui permet l'ouverture et la fermeture d'une porte coulissante le matin et le soir grâce à un moteur connecté à un Arduino. Il facilite l'entretien grâce à un tiroir qui permet de nettoyer le sol du poulailler rapidement. Ce projet assure une autonomie complète en eau en récupérant l'eau de pluie et une autonomie d'un mois en nourriture avec un système de mangeoire automatique à pesantier. Enfin le poulailler a aussi été rendu autonome en énergie grâce à un panneau solaire fournissant l'électricité.

Table des matières

Table des matières.....	3
I. Introduction	4
II. Développement.....	5
1. Conception du poulailler	5
2. Mangeoire et abreuvoir.....	7
3. Partie électronique.....	10
4. Partie énergie	14
5. Validation des résultats	16
III. Conclusion.....	18
IV. Références bibliographiques.....	19
VI. Annexe	22

I. Introduction

-rédacteur : Thibault VICART - relecteur Samuel TOURVIEILLE-

Aujourd'hui, de plus en plus de considérations d'ordre écologique apparaissent dans les esprits des populations. Une solution simple est de manger local afin de limiter les transports de marchandises et donc les émissions de gaz à effet de serre. Donc quoi de mieux que d'installer un poulailler chez soi, dans son jardin. Cela est ainsi garant d'une production d'œufs dans son propre jardin. Cependant une des craintes de ce type de projet est l'entretien nécessaire d'une telle infrastructure.

Afin de construire un poulailler sur le campus de IMT Atlantique à Brest, le Bureau du Développement Durable (BDD) a demandé aux encadrants de l'Unité d'Enseignement CoDev la création d'un sujet pour mettre en place, concevoir et automatiser le-dit futur poulailler ; ceci dans l'esprit de faciliter son entretien et limiter le nombre de passages d'un "agent d'entretien". L'implantation du poulailler se déroule sur un campus d'étudiants, ce ne sont pas des professionnels, d'où la nécessité de facilité. De plus, il faut aussi prendre en considération qu'une poule est à la merci des prédateurs pouvant se déplacer sur le campus de jour comme de nuit. Elle doivent donc être en sécurité dans le poulailler, en particulier la nuit. Un renard notamment ne doit pas pouvoir s'introduire dans le poulailler et attaquer les volailles.

La problématique est donc de déterminer comment mettre en place ce poulailler et faire en sorte de faciliter son entretien et en limiter la pénibilité, tout en assurant la sécurité des animaux lorsqu'ils sont dedans la nuit.

Les objectifs de ce projet s'organisent alors suivant quatre axes majeurs : décider du design du poulailler (d'une surface d'environ 2m²), créer les plans d'un système de distribution d'eau et de nourriture admettant une réserve importante (1 mois d'autonomie), et conceptualiser et créer une porte s'ouvrant et se fermant à des heures prédéfinies (6h30 à 22h40 une moitié de l'année, durant l'été, et 9h15 à 17h40 l'autre moitié, en hiver) dans le but de protéger les poules des prédateurs la nuit. Tout le système devra être autonome en énergie, il ne sera donc pas nécessaire de le brancher au secteur.

Ainsi dans ce rapport, il s'agira de présenter dans un premier temps, la création des plans du poulailler, des mangeoires et de l'abreuvoir avec chacun leur réserve. Puis les parties concernant la porte, son électronique et l'alimentation électrique seront discutées séparément. Enfin la validation des différents résultats sera traitée.

II. Développement

1. Conception du poulailler

-rédacteur : Thibault VICART- relecteur Lilian RENOU -

Pour rappel, ce projet est une collaboration entre le Projet CoDev 51 et le projet poules du BDD.

Ce projet se charge de la conception du poulailler, de son autonomie en eau, en nourriture et en énergie. Il a pour but d'automatiser le poulailler que le BDD construira, notamment grâce à une ouverture et une fermeture automatique le matin et le soir. Le BDD quant à lui, se chargera de construire le poulailler, l'entretenir et le nettoyer ainsi que d'acheter et de s'occuper des poules.

Pour commencer, il a été nécessaire de concevoir le poulailler afin qu'il remplisse toutes ses fonctions et qu'il réponde aux différentes contraintes.

La seule contrainte imposée par le BDD sur le poulailler en lui-même (autre que la capacité d'accueillir les systèmes développés) a été émise lors de la rédaction du cahier des charge : il doit avoir au moins une surface de 2m².

Il a donc été décidé de concevoir une structure carrée de 1.5m de côté. Cela permet de satisfaire la contrainte des 2m² de surface car il fait ainsi 2.5m². De plus, les poules doivent avoir un endroit pour pondre, les pondoirs. Ils seront construits à l'aide d'une extension sur le côté du poulailler. Elle permettra juste de soulever le toit pour ramasser les œufs, sans avoir à entrer dans le poulailler. Il est composé de deux portes : une pour les poules et une pour l'agent d'entretien.

Un autre choix dans les plans a été de surélever légèrement le poulailler (à l'aide de structures en béton de 20cm de haut). Ce choix permettra à l'agent d'entretien de ne pas avoir à autant se baisser pour vérifier l'état du poulailler lorsqu'il regarde à l'intérieur. Il permet également une plus grande pérennité du projet. Le BDD a notamment indiqué plus tard que le poulailler serait construit en bois. Cette initiative de le surélever permet donc de mieux isoler la structure du sol, limitant l'humidité sur le bois. Une rampe a été rajoutée entre le sol et la porte pour faciliter l'entrée et la sortie des poules par ladite porte.

Enfin, pour de nouveau faciliter l'entretien, il a été choisi de constituer le sol de la structure d'un tiroir sur roulettes. Ainsi, il sera possible, lors des phases de nettoyage, pour l'agent d'entretien de seulement tirer le tiroir du poulailler, au lieu d'avoir à rentrer dedans.

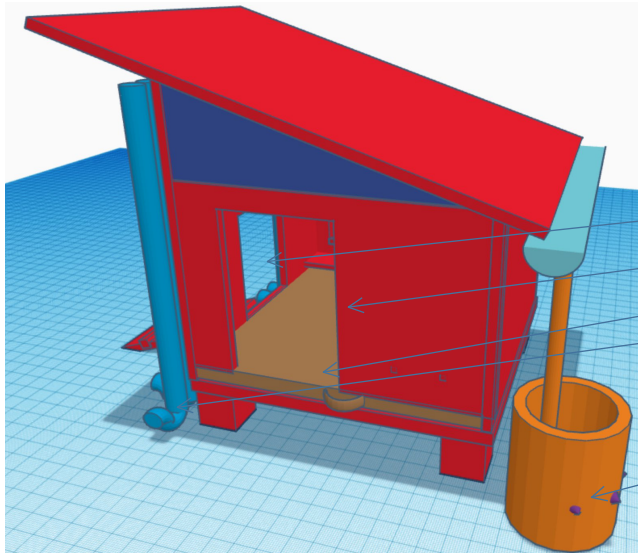


Figure 1 : Plan 3D, vue de la face avant du poulailler

- Porte Poules
- Porte Humain
- Tiroir
- Mangeoires (développées plus tard)
- Abreuvoir (développé plus tard)

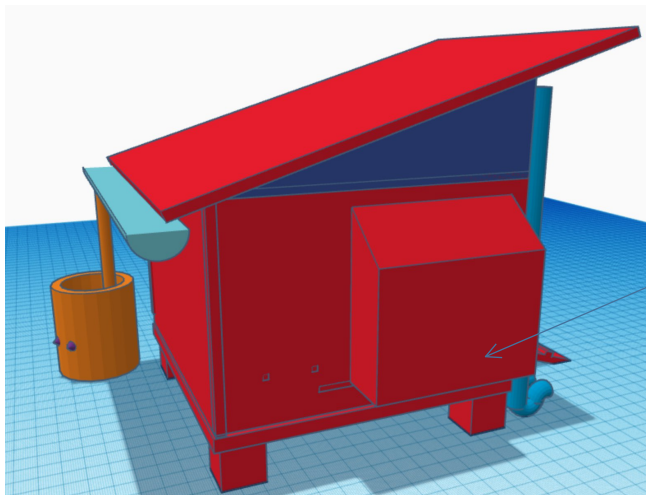


Figure 2 : Plan 3D, vue de la face arrière du poulailler

- Ponds avec toit relevable

Maintenant que la structure globale du poulailler est décidée, il est temps de s'intéresser aux systèmes de mangeoire et d'abreuvoir.

Le principal but de cette partie est de mettre en place un système d'alimentation automatique des poules, que ce soit en eau ou en nourriture.

2. Mangeoire et abreuvoir

-rédacteur : Thibault VICART- relecteur Samuel TOURVIEILLE-

Une fois le poulailler conçu, il a été temps de songer à l'alimentation et à l'abreuvement des poules.

D'après le cahier des charges, les poules doivent toujours avoir accès à de la nourriture dans la gamelle suivant une consommation de 120 à 250 g/(jour.poule) de grain et 1L/(jour.poule).

Il a d'abord été imaginé de mettre en place un système électronique qui suite à une certaine mesure de pesée, par un traitement par Arduino, ouvrirait une trappe afin de remplir la gamelle, que ce soit en nourriture ou en eau.

Or cela requerrait trop de parties mécaniques et de mouvements qui pouvaient alors s'enrayer, surtout avec la présence d'eau (avec un possible risque de rouille) ou de corps de petites tailles (concassé de grain qui pourrait s'introduire dans la mécanique). La connectique aurait été également compliquée. Ainsi, cette idée a été abandonnée au profit d'une solution plus simple.

La décision s'est orientée ensuite sur le choix d'un système utilisant totalement la pesanteur, afin de ne plus du tout utiliser d'électronique ainsi que de parties mobiles.

Une des solutions les plus simples de distribution est d'utiliser un tube de PVC avec un double retour coudé à niveau de l'extrémité basse. Ainsi, avec le double retour coudé, le grain est protégé de la pluie et grâce à sa hauteur par rapport au sol, les rongeurs ne peuvent pas venir voler le grain.

Quelques calculs :

Le poulailler du BDD doit pouvoir accueillir entre 2 et 4 poules (on prendra 4 pour estimer le pire des cas) et leur fournir une importante durée d'autonomie en terme d'eau et de nourriture, comme par exemple 1 mois, soit 31 jours. Une consommation de 250g sera considérée (encore une fois le pire des cas).

Ainsi, les poules consommeront en moyenne :

$$250\text{g} \times 4 \times 31 = 31\text{ kg de grain par mois}$$

Il faut donc un système permettant d'assurer cette distribution et cette réserve.

La masse volumique des aliments sur le marché est de l'ordre de 630 kg/m³ (estimation suite à la comparaison masse/volume de plusieurs articles de grains pour poules). Il faudrait donc un volume de grain de :

$$V_{nécessaire} = \frac{31 \text{ kg}}{630 \text{ kg/m}^3} = 5 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

Il est donc nécessaire d'avoir un volume de 50 L de nourriture pour 1 mois.

Les tubes de PVC disponibles sur le marché sont de diamètre 100 mm et de longueur typique de 2 m [1]. De combien de tubes le système aurait-il besoin pour assurer les 50 L de grains?

Quelques calculs :

Volume V_{tube} total d'un tube :

$$V_{\text{tube}} = \pi \times \frac{D^2}{4} \times h$$

avec $D = 0.1\text{m}$ le diamètre du tube

$h = 2\text{m}$ la hauteur du tube

On obtient $V_{\text{tube}} = 0.016 \text{ m}^3 = 16 \text{ L}$

Il faudra $\frac{V_{nécessaire}}{V_{\text{tube}}} = \frac{50}{16} = 3.13$ tubes de PVC.

Donc le système devra être constitué de 4 tubes minimums. A partir de cette donnée, il est possible de déterminer quelle doit être la hauteur nécessaire des tubes si le système est constitué de 4 tubes. En isolant h et en notant n le nombre de tubes, il vient :

$$n = \frac{V_{nécessaire}}{V_{\text{tube}}} = \frac{V_{nécessaire}}{\pi \times \frac{D^2}{4} \times h}$$

Donc :

$$h = \frac{V_{nécessaire}}{\pi \times n \times \frac{D^2}{4}}$$

avec $D = 0.1\text{m}$

$n = 4$

$V_{nécessaire} = 0.016 \text{ m}^3$

On obtient $h = 1.6 \text{ m}$

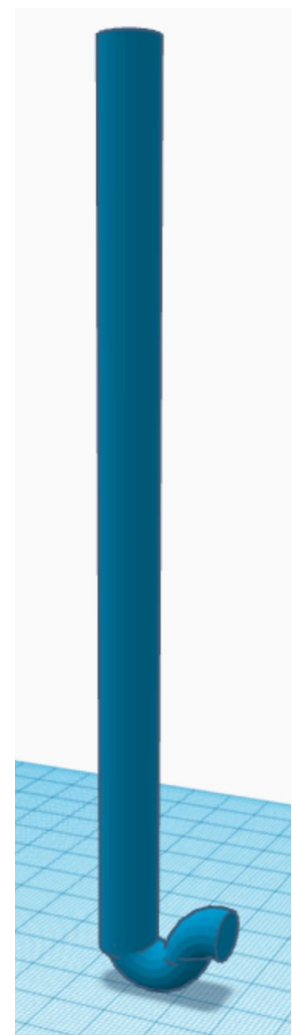


Figure 3 :
Un module du système
de mangeoire

Finalement, pour avoir la réserve nécessaire d'un mois de nourriture pour 4 poules, il faut utiliser quatre tubes de PVC d'une hauteur d'environ 1.6m et de diamètre 100mm. Ce système est très modulable car chaque mangeoire est indépendante et une nouvelle peut être ajoutée si nécessaire [figure 3].

Ensuite, concernant le système d'alimentation en eau des poules, il est stipulé dans le cahier des charges (Cahier des charges, fonction F1.1, disponible en annexe) que le poulailler doit être autonome en terme d'eau. La solution la plus simple est donc la récupération d'eau de pluie au moyen d'une gouttière, puis son stockage dans un conteneur avant de la redistribuer aux poules. Là s'est posée la question de la redistribution.

Il a d'abord été imaginé une gouttière directement reliée au stockage d'eau avec un système de flotteur afin de déterminer le niveau d'eau dans la gouttière et une ouverture pour laisser s'écouler de l'eau si le niveau est trop bas. Cette méthode nécessitait encore plusieurs parties mobiles, ce qui, comme dit plus tôt, est à éviter pour pérenniser le système et limiter l'entretien (moins de zones susceptibles de se bloquer à cause d'éléments extérieurs s'introduisant dans les liaisons).

Tout d'abord, il faut déterminer la surface nécessaire de toit pour récupérer suffisamment d'eau pour la consommation des poules.

Quelques calculs :

Les 4 poules consomment chacune 1 L d'eau par jour. Donc il faut qu'elles aient à disposition 4L d'eau par jour.

La pluviométrie annuelle moyenne à Brest est de 941 mm [2], soit 2.58 mm par jour.

Il faut donc une surface de toit :

$$S_{toit} = \frac{4 \times 10^{-3} m^3}{2.58 \times 10^{-3} m} = 1.55 m^2$$

La surface du toit, qui sera plus grande que celle du poulailler (qui a pour rappel une surface de 2.25m²) sera ainsi bien largement suffisante à l'alimentation en eau des poules. Elle permettra également du stockage d'eau pour pouvoir passer des périodes éventuellement non pluvieuses.

De plus, un réservoir de 100L fermé sera amplement suffisant pour l'autonomie en eau des poules. Ce type de réservoir est suffisant pour supporter plusieurs jours sans pluie comme cela peut tout de même arriver à Brest.

En ce qui concerne le moyen pour les poules de s'abreuver, des pipettes directement vissables sur un réservoir ont été trouvées à l'achat [figure 4] [3]. Ainsi il suffit de les installer à 20cm au dessus du sol. Les poules ont juste à appuyer avec leur bec pour boire, le réservoir est complètement fermé, il n'y a pas d'intrus ou de parasites à l'intérieur et les poules ne boivent pas non plus l'eau la plus au fond, évitant des éventuels produits de décantation.



Figure 4 :
Pipette pour
l'abreuvement des
poules

Il a ensuite été nécessaire de concevoir la porte automatique pour répondre aux besoins du BDD.

3. Partie électronique

-rédacteur : Lilian Renou -relectrice Inès THAO-

a. Conception

Une fois le poulailler conçu, pour répondre entièrement aux demandes du BDD il a fallu concevoir une porte automatique qui s'ouvre et se ferme aux horaires convenus pour protéger les poules (fonction F2). Le projet a été conçu pour fonctionner sur une carte Arduino : ce système étant robuste et facile d'accès. Il permet de créer rapidement les outils nécessaires avec des bibliothèques faciles à utiliser, tout en ayant beaucoup de documentation disponible sur Internet.

Il a été décidé, pour concevoir ce code, de fonctionner sur une boucle fermée. Dans un premier lieu, la porte est fermée et la carte Arduino est en mode veille jusqu'au lever du soleil pour économiser de la batterie. Une fois réveillée, la carte compare l'heure qu'il est avec les heures de lever de soleil pour déterminer s'il faut ouvrir la porte. La carte envoie alors le signal d'ouverture au moteur, qui tourne pour ouvrir la porte. Les poules peuvent alors sortir, et la carte se met en veille pendant le jour. Une fois réveillée, environ 8 heures plus tard, elle compare l'heure avec celle du coucher de soleil, puis lorsque cette heure est arrivée, elle ferme la porte. Elle répète ensuite la boucle. [4]

Il est possible d'obtenir l'heure grâce à un module RTC [5] : ce micro-contrôleur alimenté par une pile permet de donner l'heure de manière précise. En effet, la carte Arduino UNO ne possédant pas d'horloge interne, il est nécessaire d'ajouter un composant pour l'obtenir. Le moteur est lui actionné par un shield Ardumoto [6]. Ce composant permet à la fois de protéger la carte d'une alimentation trop importante qui pourrait abîmer les composants internes, et d'activer le moteur dans les deux sens (pour faire descendre ou monter la porte) grâce à un pont en H [figure 5] [7]. Il fonctionne de la manière suivante :

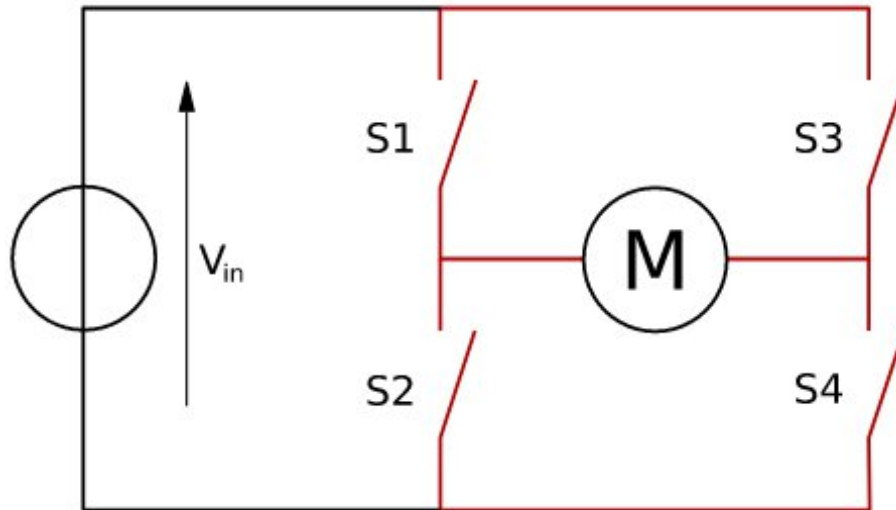
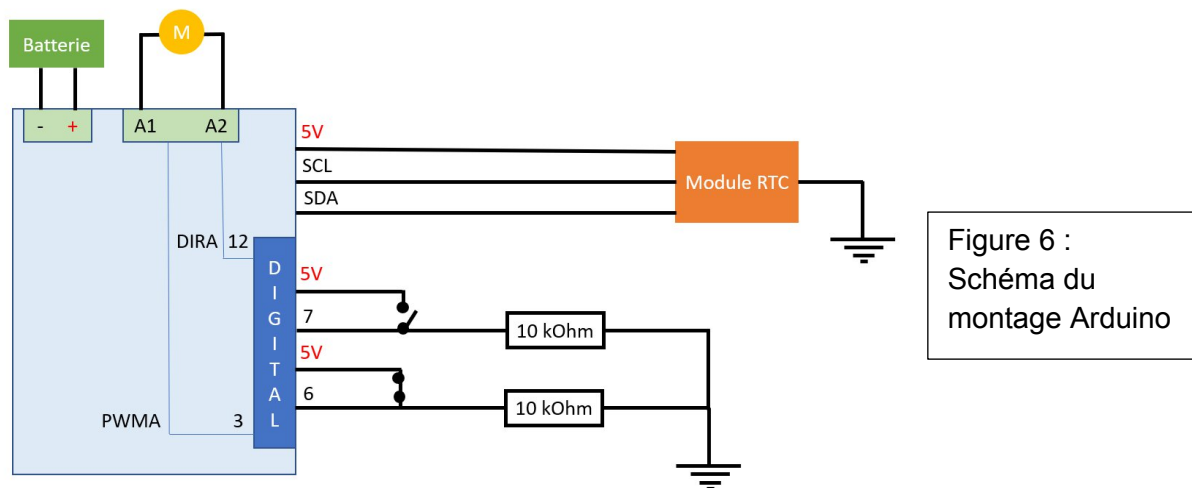


Figure 5 :
Schéma
électrique du
pont en H

En connectant les commutateurs S1 et S4 et en déconnectant les commutateurs S2 et S3, le courant qui circulera dans la moteur sera positif, et le moteur tournera donc dans un sens spécifique. En revanche, si ce sont les commutateurs S2 et S3 qui sont connectés, et les autres déconnectés, alors le moteur recevra une charge négative, et tournera donc dans l'autre sens. Finalement, en déconnectant tous les commutateurs, le moteur ne tournera pas.

Des capteurs de fin de course, équivalents à des boutons poussoirs, permettent de contrôler la bonne fermeture ou ouverture de la porte : lorsque la porte appuie sur un capteur, elle provoque l'arrêt immédiat du moteur. Enfin, la batterie permet d'alimenter l'ensemble du système.

Le montage Arduino a été conçu comme on peut le voir sur la figure 6 : le moteur est branché sur la carte Arduino via le shield. Le module RTC est aussi sur la carte Arduino. Les boutons-poussoirs sont chacun connectés à une des broches de l'Arduino, pour permettre de communiquer avec la carte. De plus, ces boutons sont connectés à des résistances de 10 kOhm pour permettre le bon fonctionnement du système (pour passer du courant lorsque le circuit est ouvert, afin d'éviter des bugs du programme) [8]. De plus, chacun de ces composants est relié à une source de tension de 5V branchée sur l'Arduino pour lui permettre de fonctionner.



b. Réalisation

Le code et le montage électrique ont été conçus simultanément : en effet, il est nécessaire de connecter les bonnes broches sur les bons pins définis dans le programme pour qu'il soit fonctionnel.

Le code a été décomposé en plusieurs fonctions, afin qu'il soit plus compréhensible et plus facilement modifiable.

D'abord, lors du setup, on initialise l'état de chaque broche qui changera lors de la loop. Des fonctions *Serial.println()* ont été placées au niveau de chaque action pour vérifier le bon fonctionnement de celles-ci en renvoyant un texte associé dans le moniteur série. Le module Arduino vérifie ensuite que le RTC fonctionne correctement, puis actualise l'heure.

La fonction loop en elle-même consiste en un assemblage de plusieurs fonctions.

Les fonctions *openTheHatch* et *closeTheHatch* permettent de faire tourner le moteur dans un sens ou dans l'autre selon que l'on veuille ouvrir ou fermer la porte. Le moteur tourne tant que le capteur de fin de course n'a pas été enclenché, ou qu'un temps arbitraire ne s'est pas écoulé. Ce contrôle temporel permet d'éviter, si le bouton poussoir dysfonctionne, que le moteur tourne indéfiniment. Celui-ci a été défini de telle sorte à ce qu'il corresponde au temps de fermeture et d'ouverture de la porte, donc un peu moins de 8 secondes. Une fois la boucle finie, les broches passent toutes les deux en LOW (état correspondant à l'ouverture complète du pont en H comme décrit précédemment), ce qui permet d'arrêter le moteur.

La fonction *waitUntilLimit* permet ensuite d'attendre jusqu'à une heure donnée en argument : la carte rentre en mode veille pendant 8 secondes (le temps maximal de mise en veille pour une carte Arduino UNO) [9] [10], puis se rallume pour vérifier si l'heure n'a pas été dépassée, en comparant l'heure donnée par le module RTC avec l'heure donnée en argument. Si l'heure a été dépassée, la fonction prend fin, ce qui permet de poursuivre la boucle. En mode veille, tous les composants de la carte

Arduino s'éteignent, afin de lui permettre de consommer le moins d'énergie possible (elle consomme 30 % en moins, soit 35 mA comparé au mode activé, qui consomme 50 mA). [11]

La fonction *loop* est codée comme suit : il y a d'abord un appel à *closeTheHatch* pour fermer la porte (état choisi par défaut). Ensuite, la carte appelle la fonction *waitUntilLimit* pour attendre jusqu'à l'heure de lever du soleil. 6 horaires de lever de soleil différents peuvent être appelés, pour suivre au mieux les changements d'horaires au cours de l'année. Ainsi, les arguments passés dans *waitUntilLimit* diffèrent en fonction du mois de l'année. Une fois le soleil levé, la porte se rouvre via la fonction *openTheHatch*. La fonction *waitUntilLimit* est à nouveau appelée pour attendre le coucher du soleil, qui diffère lui aussi en fonction des mois de l'année. Lorsque le soleil est couché, la porte se referme, puis la boucle recommence.

Le montage a été réalisé en connectant chaque partie à des broches spécifiques [figure 7] : le moteur a été connecté aux broches 12 et 3 via le shield Ardumoto, les capteurs de fin de course (boutons poussoirs) aux broches 6 et 7, et le module RTC aux broches SDA et SCL. Chacun de ces composants a aussi été connecté à une source de tension (la carte Arduino pour leur permettre de fonctionner). Il a ensuite fallu gérer les problèmes de résistance et de connexion à la masse. Ce montage a été réalisé sur une breadboard pour permettre une meilleure lisibilité du circuit, et pour faciliter les connexions.

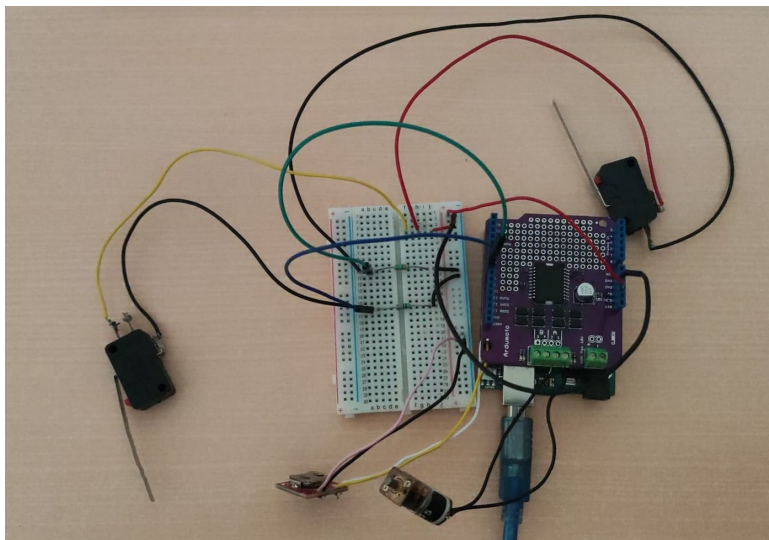


Figure 7 : Photo du montage électrique entièrement réalisé

Mais tous ces composants consomment de l'électricité. Il faudra donc avoir un panneau solaire suffisamment grand et une batterie adaptée pour pouvoir alimenter.

4. Partie énergie

-rédacteur : Samuel TOURVIELLE - relectrice : Inès THAO -

Les différents composants électriques sont branchés à la carte Arduino qui est le « cerveau » qui contrôle le système. D'après la fonction F3 du cahier des charges, le poulailler doit être autonome en énergie. Pour cela, un panneau solaire est utilisé pour son installation, qui est plus facile comparée à une éolienne. La carte Arduino est alimentée par une batterie 9 V qui est elle-même rechargée grâce à un panneau solaire fixé sur le toit du poulailler.

Dans cette partie, la consommation énergétique du système a été mesurée grâce à un multimètre afin de prévoir la surface de panneau solaire nécessaire pour fournir l'énergie au système électronique en continu.

La batterie qui a été utilisée pour réaliser les mesures est une batterie 9 V, d'une capacité de 800 mAh. D'après les données de consommation mesurées de la Figure 8, la batterie 9 V aura une durée de vie aux alentours de 26 h.

	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3	mesures	tension (en V)	intensité (en mA)	temps d'utilisation dans une journée (en h)	puissance consommé par jour (en Wh/j)	
4	en mode sleep	8	35	23,9	6,692	
5	en mode actif	8	90	0,1	0,072	
6			total		6,764	
7						
8	en théorie la pile peut fournir :	tension (en V)	intensité (en mAh)	puissance disponible (en Wh) :		autonomie de la pile en jour
9		9	800	7,2		1,0644589

Figure 8 : Mesures
énergétique et capacité de
la pile

Le mode sleep (sommeil) est configuré pour consommer moins d'énergie, dans ce mode la carte Arduino effectue une boucle de 8 secondes. Dans cette boucle, elle est donc inactive pendant 8 secondes puis se "réveille" brièvement pour vérifier l'heure et donc vérifier qu'elle n'a pas d'autres actions à réaliser.

Le mode actif du système, soit quand la porte est levée par le moteur ou quand la carte Arduino se réveille brièvement entre chaque cycle de sommeil, est le moment durant lequel le système consomme le plus d'énergie.

Calcul de la puissance nécessaire pour 1 an d'alimentation :

$$\text{Puissance nécessaire} = 365 * 6,764 = 2,5kWh$$

À Brest, l'ensoleillement minimal est en décembre, avec 1,63 kWh/m²/J, pour une inclinaison à 60° du panneau solaire. En prenant un panneau solaire portable avec transformateur intégré, le rendement est autour de 10%.

Calcul de l'ensoleillement récupérable :

$$\begin{aligned}\text{Ensoleillement récupérable en 1 an} &= \text{ensoleillement journalier} \times \text{rendement} \times 365 \\ &= 1630 \times 0,1 \times 365 \\ &= 60 \text{ kWh/m}^2\end{aligned}$$

Calcul de la surface nécessaire pour alimenter le circuit pendant 1an :

$$\begin{aligned}\text{Surface nécessaire} &= \frac{\text{Puissance nécessaire}}{\text{Ensoleillement récupérable pendant 1 an}} \\ &= \frac{2,5}{60} = 0,04 \text{ m}^2 = 400 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Il est donc nécessaire dans ces conditions d'avoir un panneau solaire de **400 cm²**.

Cependant, l'ensoleillement en décembre est une moyenne, il y a donc des jours durant lesquels l'ensoleillement est inférieur à 1,63 kWh/m²/J. Dans ce cas, les dimensions du panneau solaire et de la batterie ne seront pas suffisantes pour assurer le fonctionnement du circuit toute la journée. Ces résultats sont donc à valider, pour vérifier leur adéquation avec le cahier des charges formulé par le client, le projet poules du BDD de Brest.

5. Validation des résultats

-rédactrice : Inès THAO - relecteur : Lilian RENOU-

Selon le cahier des charges, le système conçu est censé permettre une ouverture et fermeture automatique de la porte du poulailler en fonction des horaires de lever et de coucher du soleil pour que les poules puissent être en sécurité la nuit et profiter du plein air le jour. Il doit également distribuer automatiquement les gamelles de nourriture et d'eau et doit être autonome énergétiquement.

Une batterie de tests a été mise en place afin d'évaluer les réponses aux différentes fonctionnalités et la prise en compte des contraintes mentionnées dans le cahier des charges.

La première fonctionnalité concerne la dispensation automatique en eau et en nourriture. Le système de dispensation de nourriture présenté dans la partie I.1 n'a pas encore été réalisé à ce stade du à l'arrivée tardive du matériel, mais consistant en l'utilisation de la pesanteur et dirigé par des tubes, le résultat devrait être concluant. Concernant la distribution en eau, elle n'a également pas encore été testée mais s'appuyant sur un système purement mécanique comme vu dans la partie I.1, le résultat devrait aussi se révéler concluant hormis s'il y a un défaut constructeur.

La seconde fonctionnalité concerne l'automatisation de l'entrée du poulailler. Le code Arduino permettant de piloter le moteur selon différents horaires et deux directions (ouverture ou fermeture) de manière automatique et géré par le module RTC est fonctionnel. La construction du poulailler par le BDD n'est pas encore assez avancé pour permettre des tests en situation réelle mais la partie électronique/mécanique est fonctionnelle. Pour tester le bon fonctionnement du module RTC et de la concordance entre les horaires et la mise en marche du moteur, la fonction *Serial.println()* de Arduino a été utilisée à plusieurs endroits du code dans la *loop* ainsi que le *setup*, pour faciliter le déboguage et vérifier la fiabilité de chaque fonction. Les horaires correspondants au lever et au coucher du soleil ont été modifiés (paramétrés aux environs des heures de tests) pour vérifier le déclenchement automatique du moteur et ce, dans le bon sens (sens d'ouverture à l'heure du lever du soleil et fermeture à l'heure du coucher).

```
lowSensor : 0
lowSensor : 0
lowSensor : 0
du lowSensor : 1
  Stop closing the hatch
  It's sr\Oclosed, good night
  Wait until sunrise
  Entering Low power
  Waking Up
```

Par exemple, ici le *print* vérifie que la porte a bien été fermée (le bouton du bas a été enclenché, donc l'état capteur passe de 0 à 1 : le moteur s'arrête donc de tourner et la carte passe en mode veille).

Figure 9 : Impression d'écran des retours de la carte Arduino visibles sur le moniteur série lors du test de fermeture de la porte


```
highSensor : 1
highSensor : 0
Stop raising the hatc$H$
!!! have a nice day
Wait until Sunset
Entering Low Power
Waking Up
Wait until sunset
```

Figure 10 : Impression d'écran des retours de la carte Arduino visibles sur le moniteur série lors du test d'ouverture de de la porte

Ici l'ouverture s'arrête lorsque l'état du bouton du haut passe de 1 à 0 : le moteur s'arrête de tourner et la porte arrête de se lever. La carte rentre alors en mode veille jusqu'au lever du soleil.

La troisième fonctionnalité concerne l'autonomie du système en énergie. En effet, les mesures et les résultats énoncés dans le tableau montrent que le système énergétique ne permet qu'une autonomie de 26h ce qui n'est pas suffisant, notamment en hiver durant lequel l'ensoleillement de certains jours peut être inférieur à 1,63 kWh/m²/J.

III. Conclusion

-rédactrice : Inès THAO - relecteur : Thibault Vicart -

Les résultats des différents tests ne permettent pas de répondre de manière complète à la demande initiale du BDD. L'avancée du système dans le temps imparti fait que seule la seconde fonctionnalité prévue par le cahier des charges a été entièrement remplie. L'inachèvement de la première partie est corrélé à l'avancée tardive de la construction du poulailler dont le BDD est en charge et sur lequel les tuyaux devaient être fixés. Quant à la troisième fonctionnalité, la batterie et le panneau solaires prévus pour pallier au besoin énergétique du système automatique du poulailler peuvent ne pas toujours être suffisants en fonction de l'ensoleillement à Plouzané.

Néanmoins, hormis le problème de temps et de matériel, certaines fonctionnalités pourraient être améliorées et plusieurs pistes ont été envisagées.

L'utilisation d'une autre carte Arduino comme l'Arduino Pro Mini à la place de la carte Arduino UNO utilisée pour la conception électronique, permettrait de diminuer drastiquement la consommation en énergie et donc avoir une autonomie améliorée pour le système automatique de la porte. En effet ces cartes sont moins énergivores que l'Arduino UNO d'après leurs fiches techniques. [12]

Un système d'alerte pourrait également être mis en place pour détecter les problèmes le plus rapidement possible. Il pourrait se baser sur un système d'allumage de LEDs colorées selon un code couleur. Celui-ci serait explicité sur une plaque en plastique imprimée à l'imprimante 3D et accrochée sur le poulailler, à côté des LEDs.

Finalement, bien que le projet n'ait pas été mené à son terme, son avancée et la documentation fournie (cahier des charges, schémas, photos et code) permettront une passation de l'acquis et du savoir plus simple aux personnes appartenant au BDD qui souhaiteraient terminer le projet.

IV. Références bibliographiques

- [1] Leroy-Merlin, *Tube et raccord d'évacuation d'eau* [en ligne], dernièrement consulté le 03/06/2021, disponible sur : <https://www.leroymerlin.fr/produits/chauffage-plomberie/evacuation-des-eaux-usees/tube-et-raccord-evacuation-eau/>
- [2] Climate-Data.org, *Brest Climat* [en ligne], dernièrement consulté le 03/06/2021, disponible sur : <https://www.leroymerlin.fr/produits/chauffage-plomberie/evacuation-des-eaux-usees/tube-et-raccord-evacuation-eau/>
- [3] Poulailler-direct.fr, *Abreuvoir volailles à pipette horizontale Stilla - River Systems* [en ligne], dernièrement consulté le 03/06/2021, disponible sur : https://www.poulailler-direct.fr/abreuvoir/abreuvoir-a-pipette-horizontale-stella-river-systems.html?__store=france&lgw_code=9924-1401&gclid=Cj0KCQjw--GFBhDeARIsACH_kdYkOgGEAkI8Gpok6PJdWNIUQqWSVCq8uA46UKINfLRVUvDWub2BV30aAsXLEALw_wcB
- [4] Seb Lobo, *Poulailler automatique économique* [en ligne], dernièrement consulté le 03/06/2021, disponible sur : <http://seb.lobo.pagesperso-orange.fr/Porte-poulailler/motorisation-porte-eco.html>
- [5] skywodd, *Utiliser un module horloge temps réel DS1307 avec une carte Arduino / Genuino* [en ligne], dernièrement consulté le 03/06/2021, disponible sur : <https://www.carnetdumaker.net/articles/utiliser-un-module-horloge-temps-reel-ds1307-avec-une-carte-arduino-genuino/>
- [6] Génération Robots, *Shield contrôleur de moteurs Ardumoto* [en ligne], dernièrement consulté le 03/06/2021, disponible sur : <https://www.generationrobots.com/fr/401606-shield-contr%C3%B4leur-de-moteurs-ardumoto.html>
- [7] CFAURY, *Pont en HL298N* [en ligne], dernièrement consulté le 03/06/2021, disponible sur : <https://arduino.blaisepascal.fr/pont-en-hl298n/>
- [8] Oui Are Makers, par bagou91, *Arduino et Porte automatique de poulailler* [en ligne], dernièrement consulté le 03/06/2021, disponible sur : <https://ouiaremakers.com/posts/tutoriel-diy-arduino-et-porte-automatique-de-poulailler>
- [9] GitHub, par rocketscream, *Low Power* [en ligne], dernièrement consulté le 03/06/2021, disponible sur : <https://github.com/rocketscream/Low-Power>
- [10] Arduino, *Low Power* [en ligne], dernièrement consulté le 03/06/2021, disponible sur : <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/low-power/>

[11] Nick Gammon, *Power saving techniques for microprocessors* [en ligne], dernièrement consulté le 03/06/2021, disponible sur : <http://www.gammon.com.au/power>

[12] DiyiOt, *Guide to reduce the Arduino Power Consumption* [en ligne], dernièrement consulté le 03/06/2021, disponible sur : <https://diyi0t.com/arduino-reduce-power-consumption/>

V. Glossaire

Agent d'entretien : toute personne censée s'occuper de l'entretien et de la maintenance du poulailler.

Arduino : carte programmable à micro-contrôleur permettant l'écriture, la compilation et le test de programmes.

Ardumoto : type de micro-contrôleur permettant d'activer des moteurs.

BDD : Bureau du Développement Durable.

Bouton poussoir : Capteur qui s'enclenche par pression et qui permet de fermer un circuit.

Breadboard : platine d'essai, dispositif permettant de réaliser le prototype d'un système avant de le souder.

Broches : entrées/sorties d'une carte Arduino, sur laquelle on branche les divers composants.

LED : Diode Électro-Luminescente, dispositif qui émet une lumière lorsqu'il est traversé par un courant.

Loop : fonction d'un programme Arduino qui se répète tant que la carte fonctionne.

Masse : branche de référence des potentiels électroniques, définie à 0V par convention.

Moteur pas à pas : dispositif permettant de transformer une impulsion électrique en mouvement angulaire.

Module RTC : Real Time Clock, oscillateur d'une certaine fréquence qui conserve l'heure et la date courante.

Pont en H : structure électronique servant à contrôler la polarité aux bornes d'un dipôle (ici un moteur pour contrôler le sens de rotation).

Setup : emplacement du code où toutes les variables sont déclarées.

Shield : carte qui s'installe sur l'Arduino pour rajouter des fonctionnalités spécifiques sans avoir besoin de souder trop de fils.

VI. Annexe

Sommaire des annexes :

1. Cahier des charges
2. Plannings
3. Lien GitHub du code

Annexe 1 :
Cahier des charges



Lilian RENOU

lilian.renou@imt-atlantique.net

Inès THAO

ines.thao@imt-atlantique.net

Samuel TOURVIEILLE

samuel.tourvieuille-de-labrouhe@imt-atlantique.net

Thibault VICART

thibault.vicart@imt-atlantique.net

Projet 51 - Automatisation d'un poulailler

Client : Bureau du Développement Durable de l'école IMT Atlantique

Cahier des charges

Version 3.0 - 07/04/2021

Formation d'ingénieur

Année scolaire 2020-2021

1. INTRODUCTION

Ce document présente le résultat de l'analyse fonctionnelle externe du projet CoDev nommé "Poulailler autonome". Il introduit notamment les différentes fonctions que cette automatisation et cette autonomie doivent remplir. Tout d'abord, une première présentation du besoin auquel répond ce projet sera développée. Ensuite, les fonctionnalités et contraintes attendues seront détaillées. Enfin, il s'agira d'étudier les moyens de valider la satisfaction du prototype des besoins évoqués.

2. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU BESOIN

2.1. Le contexte / l'environnement

Le poulailler à automatiser se trouvera sur le campus de Brest de l'école IMT Atlantique, plus précisément dans la commune de Plouzané en Bretagne. Le poulailler étant un projet du Bureau du Développement Durable (BDD) de l'école.

2.2. Le(s) objectif(s) visé(s)

Les objectifs visés sont l'automatisation d'un poulailler pour limiter son entretien en terme de pénibilité, i.e remplissage des mangeoires, nettoyage du sol du poulailler et ouverture/fermeture manuelle du poulailler; et prodiguer une autonomie énergétique au système nécessaire au bon fonctionnement des systèmes automatiques.

2.3. L'expression préliminaire du besoin par le client

Le client, BDD de l'école IMT Atlantique, cherche à automatiser le poulailler qu'il veut implanter sur le campus de Brest de l'école. La demande émise concerne la création d'une ouverture et d'une fermeture automatiques du poulailler le matin et le soir pour que, toutes les nuits, les poules soient à l'abri de la pluie, du vent et des prédateurs. L'apport de nourriture et d'eau devra également être automatisé. Enfin, le poulailler sera indépendant énergétiquement. Le poulailler doit être capable d'héberger 2 à 4 poules.

3. PÉRIMÈTRE DU PRODUIT / SYSTÈME À CONCEVOIR

- Réalisation d'une ouverture/fermeture automatique d'un passage pour laisser les poules sortir le matin et les laisser entrer le soir. Le passage s'ouvre le matin et se referme le soir pour protéger les poules la nuit.
- Réalisation d'un système de remplissage automatique de gamelles de nourriture et d'eau à partir d'un conteneur assez grand pour limiter la nécessité d'entretien.
- Le système dans son intégralité doit être autonome énergétiquement parlant. Il ne doit pas nécessiter d'énergie électrique venant du secteur.

4. EXPRESSION FONCTIONNELLE DU BESOIN

L'automatisation du poulailler permettra au BDD d'alléger la charge de travail des volontaires qui s'occuperont de vérifier la maintenance et d'accorder moins de temps à son entretien afin de s'occuper d'autres projets. Le but est que l'agent d'entretien ne passe qu'une fois par jour, uniquement pour ramasser les œufs, vérifier les niveaux d'eau et de nourriture. Il facilitera aussi globalement son entretien.

4.1. Description statique du besoin

Le poulailler autonome est réalisé en partenariat avec le BDD. Il faut donc délimiter clairement ce qui sera du ressort du groupe CoDev et ce qui sera du ressort du BDD.

Le BDD s'occupera de trouver l'emplacement du terrain, de construire le poulailler selon les dimensions indiquées par le groupe CoDev, acheter et s'occuper des poules, nettoyer le poulailler, remplir le stock de nourriture et ramasser les œufs. Toutes ces responsabilités ne seront pas assurées par le groupe CoDev.

Les membres du groupes CoDev s'occuperont de toute la partie ingénierie [Figure 1] à savoir : l'ouverture/ la fermeture automatique du poulailler, la distribution automatique de nourriture et d'eau, les systèmes énergétiques et l'électronique et de dimensionner le poulailler afin que le BDD le construise.

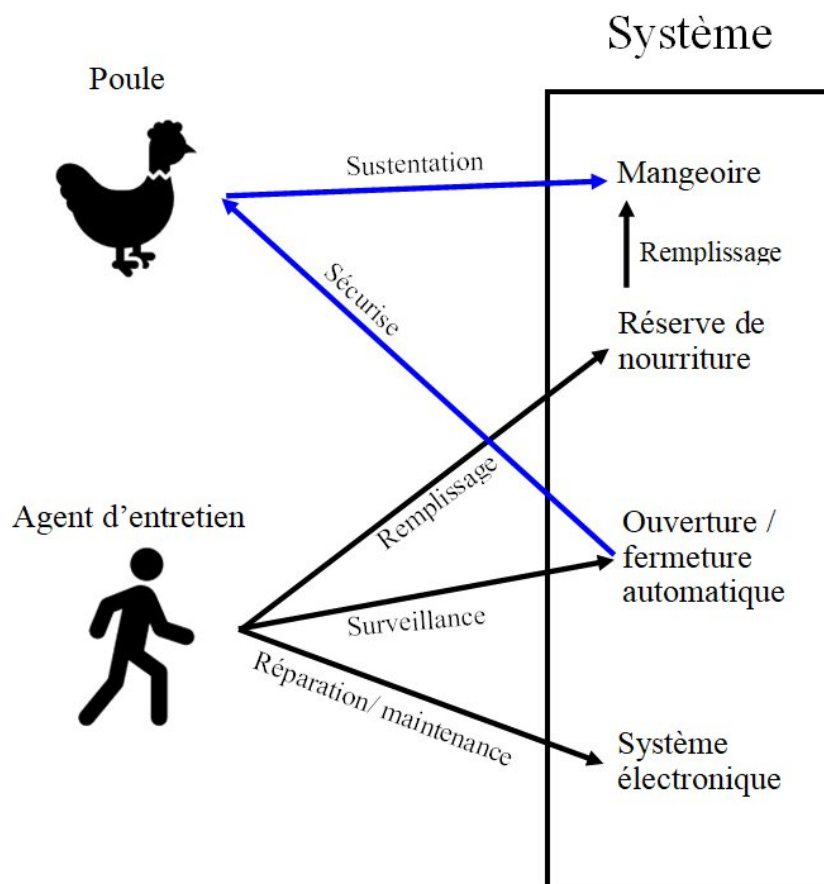


Figure 1 : Diagramme d'usage du système d'automatisation du poulailler

4.1.1. Fonctionnalités à satisfaire

F1 : Dispensation de l'alimentation nécessaire aux poules

F1.1 : Distribution d'eau totalement autonome (pas besoin de fournir de l'eau)

F1.2 : Distribution automatique de nourriture

F2 : Automatisation de l'entrée du poulailler : fermeture automatiquement le soir et ouverture automatique le matin

F3 : Autonomie en énergie

F3.1 : Adapter le courant/ tension du système récupérateur d'électricité vers les systèmes qui utilisent de l'électricité

4.1.2. Contraintes / adaptations respecter

C1 : Les systèmes doivent être fiables

C2 : Les systèmes doivent être faciles d'accès en cas de panne

C3 : La taille du poulailler doit être en accord avec le BDD

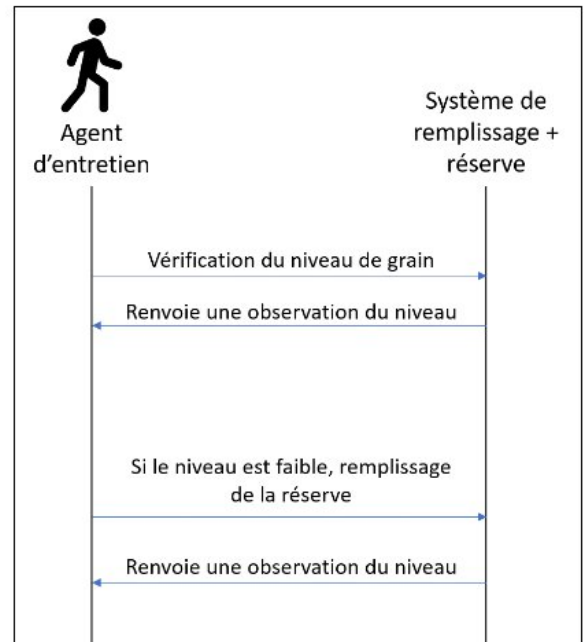
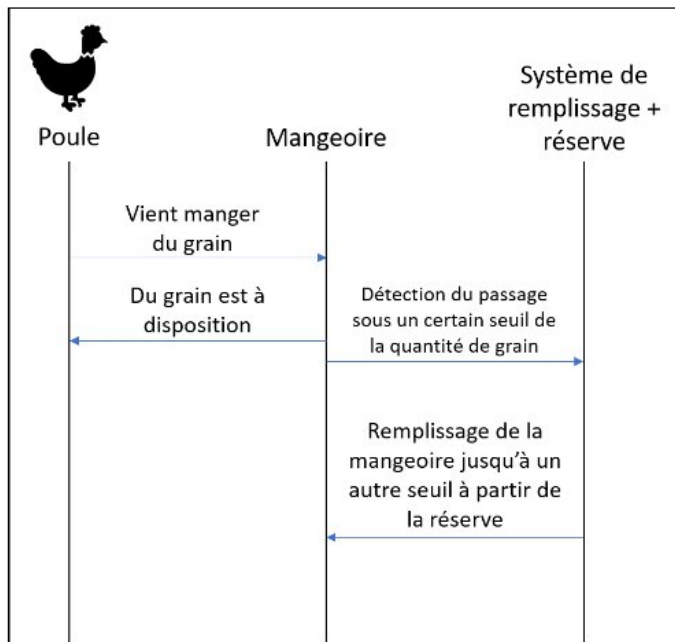
C4 : L'importation et la mise à jour des codes du projet devront être disponibles sur Git

C5 : Le poulailler doit être modulable (pouvoir accueillir facilement plus de poules)

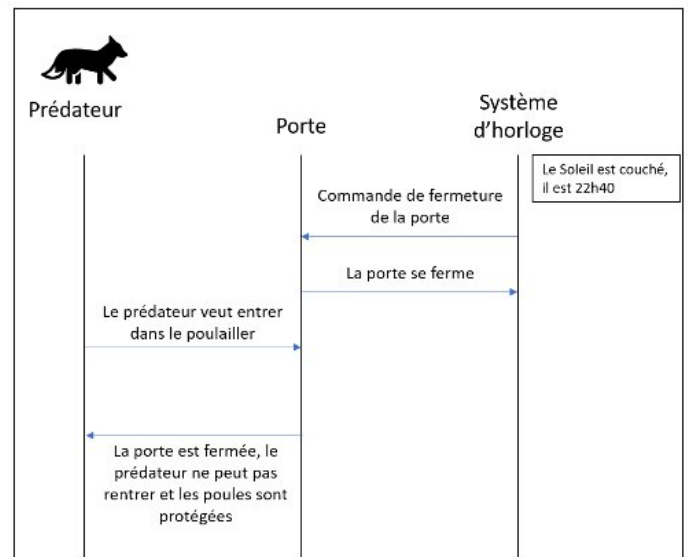
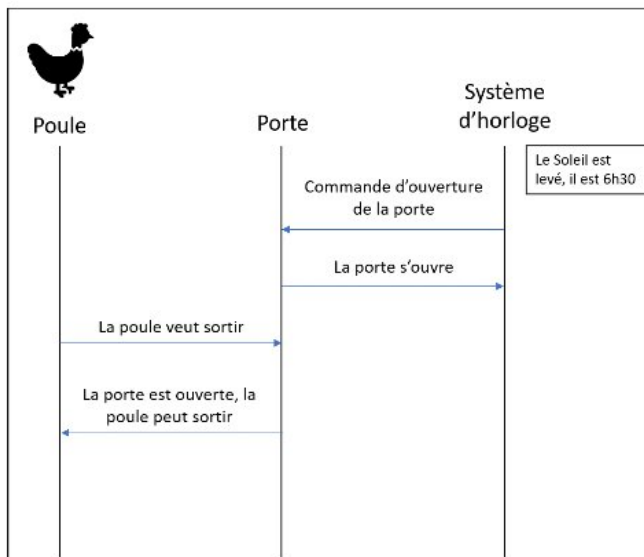
4.1.3. Chiffrage des fonctions et des contraintes

- Dimensions du poulailler (à récupérer auprès du BDD) : 2m²
- Masse de nourriture devant être présente dans la gamelle : 120 à 250 g/jour/poule
- Gamelle d'eau claire remplie en permanence (environ 1 L d'eau/jour/poule)
- Énergie nécessaire à l'automatisation du poulailler :
- Horaires à respecter (basés sur les solstices de 2020) concernant l'ouverture et la fermeture de la porte du poulailler : (sunrise-and-sunset.com)
 - Été : 6h17 - 22h21 -> 6h30 à 22h40
 - Hiver : 09h07 - 17h24 -> 9h15 à 17h40

4.2. Description dynamique du besoin



Figures 2 & 3 : Diagrammes séquentiels relatifs au système de remplissage de la mangeoire, à gauche, avec la poule, à droite, avec un agent d'entretien



Figures 4 & 5 : Diagrammes séquentiels relatifs au système d'ouverture et fermeture de la porte (en été), à gauche, ouverture avec la poule, à droite, fermeture pour empêcher les prédateurs de rentrer

4.2.1. Les différents cas d'usage du produit / système et scenarii associés

Le but du projet est l'autonomie du poulailler. Ainsi les scenarii d'utilisation sont les suivants :

- La poule doit pouvoir entrer et sortir le jour librement et ne pas pouvoir sortir la nuit. Rien d'autre ne doit pouvoir entrer par la porte la nuit.
- La poule doit pouvoir s'alimenter dans une mangeoire non vide et ne pas s'alimenter dans la réserve de grains.
- Si une panne dans le système a lieu, elle doit être perceptible par l'agent d'entretien et facilement réparable. Le système doit être suffisamment facile d'accès et de compréhension pour que la réparation se fasse.
- Si les réserves d'eau ou de nourriture sont vides, cela doit être perçu facilement par l'agent d'entretien pour qu'il puisse les remplir.

4.2.2. Fonctions et/ou contraintes complémentaires

F1.1.2 : Faire attention aux rongeurs (il ne faut pas qu'ils volent la nourriture des poules)

F2.1 : Stopper la fermeture automatique de l'entrée si une résistance est détectée (main de quelqu'un, poule en dessous)

4.3. Priorisation des fonctions

- 1) Ouverture et fermeture du poulailler le matin et le soir
- 2) Remplissage de nourriture
- 3) Indépendance énergétique

5. VALIDATION DU BESOIN

La conception d'un système automatique et autonome en énergie existe pour répondre à un besoin de confort par simplification des tâches des utilisateurs du poulailler du BDD.

Ce besoin pourrait disparaître si le BDD abandonne le projet de construction d'un ou plusieurs poulaillers ou s'il n'y a plus de poules.

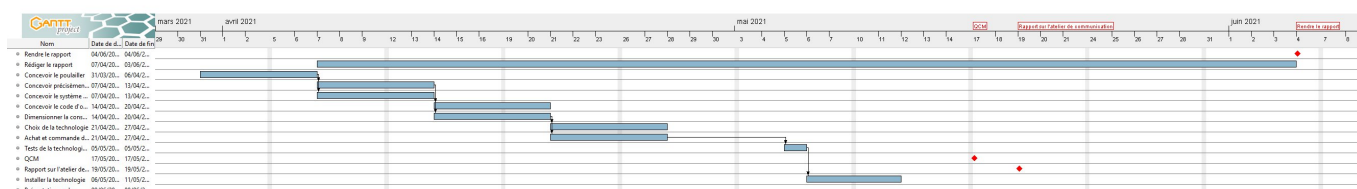
6. CONCLUSION

Ce document résume ainsi les besoins énoncés par le client, le Bureau du Développement Durable de l'école IMT Atlantique, la fonction de service principale consistant à automatiser et rendre le poulailler autonome en énergie, les fonctions complémentaires et la priorisation de ces fonctions. Il permet ainsi de cerner les détails du besoin et d'y répondre en se conformant au maximum aux attentes du client.

Annexe 2 : Plannings

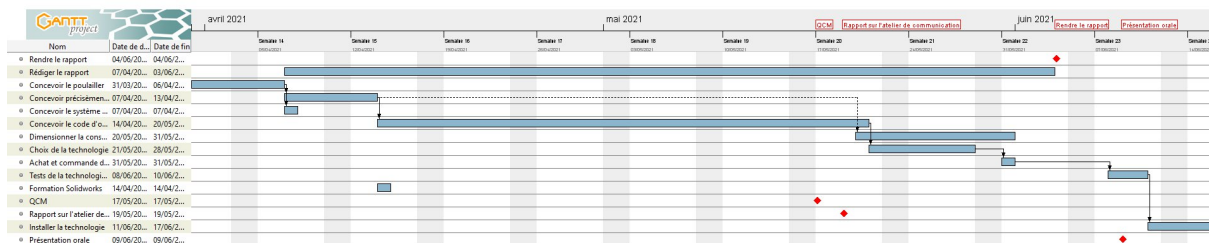
Tâches

Nom	Date de début	Date de fin
Rendre le rapport	04/06/2021	04/06/2021
Rédiger le rapport	07/04/2021	03/06/2021
Concevoir le poulailler	31/03/2021	06/04/2021
Concevoir précisément la porte	07/04/2021	13/04/2021
Concevoir le système d'areuvage	07/04/2021	13/04/2021
Concevoir le code d'ouverture	14/04/2021	20/04/2021
Dimensionner la consommation énergétique	14/04/2021	20/04/2021
Choix de la technologie	21/04/2021	27/04/2021
Achat et commande des composants	21/04/2021	27/04/2021
Tests de la technologie (vidéo)	05/05/2021	05/05/2021
QCM	17/05/2021	17/05/2021
Rapport sur l'atelier de communication	19/05/2021	19/05/2021
Installer la technologie	06/05/2021	11/05/2021
Présentation orale	09/06/2021	09/06/2021



Tâches

Nom	Date de début	Date de fin
Rendre le rapport	04/06/2021	04/06/2021
Rédiger le rapport	07/04/2021	03/06/2021
Concevoir le poulailler	31/03/2021	06/04/2021
Concevoir précisément la porte	07/04/2021	13/04/2021
Concevoir le système d'abreuvement	07/04/2021	07/04/2021
Concevoir le code d'ouverture	14/04/2021	20/05/2021
Dimensionner la consommation énergétique	20/05/2021	31/05/2021
Choix de la technologie	21/05/2021	28/05/2021
Achat et commande des composants	31/05/2021	31/05/2021
Tests de la technologie (vidéo)	08/06/2021	10/06/2021
Formation Solidworks	14/04/2021	14/04/2021
QCM	17/05/2021	17/05/2021
Rapport sur l'atelier de communication	19/05/2021	19/05/2021
Installer la technologie	11/06/2021	17/06/2021
Présentation orale	09/06/2021	09/06/2021



Le planning a été respecté pour la partie conception du poulailler et des dispositifs d'alimentation des poules. Ensuite le code a été beaucoup plus long à faire que prévu. De plus, l'apparition de séances de formation décalées a perturbé le programme et l'organisation. Beaucoup d'échéances sont tombés au mois de mai, et une mauvaise gestion des événements est aussi à mettre en cause pour ces retards de livraison. Il y a eu quelques difficultés à rencontrer les enseignants, qui ont retardé d'autant plus le planning. Enfin la séparation en deux groupes, l'un gérant la partie consommation énergétique et l'autre le code a été efficace, mais la dépendance du groupe de consommation énergétique envers le groupe de conception informatique (nécessité pour le premier d'avoir le code du second pour réaliser les tests de consommation) n'a fait qu'accentuer le retard qui était déjà présent auparavant. Ainsi, tous ces retards accumulés ont entraîné un important délai sur la livraison. Cela a conduit à l'abandon de certaines clauses du cahier des charges, comme l'autonomie énergétique ou les systèmes d'abreuvement et de mangeoire.

Annexe 3 : Lien du GitHub permettant d'accéder au code

<https://github.com/L-iness/AutonomousHenhouseProject>