

**REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO**  
**ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET UNIVERSITAIRE**  
**« E.S.U »**  
**UNIVERSITE DE L'ASSOMPTION AU CONGO**  
**« U.A.C »**

Site: [www.uaconline.edu.cd](http://www.uaconline.edu.cd)  
E-mail : [contact@uaconline.edu.cd](mailto:contact@uaconline.edu.cd)



**B.P : 104 BUTEMBO/Nord-Kivu**  
**FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES**  
**DEPARTEMENT DE GENIE INFORMATIQUE**

**REALISATION D'UN SYSTEME DE DISTRIBUTION D'EAU  
DANS UN POULLAILLER COUPLE A UN SYSTEME DE  
NOTIFICATION GSM**

*Travail de fin de Cycle présenté et défendu en vue  
d'obtention du Diplôme d'ingénieur A1 en Sciences  
Appliquées.*

*Orientation : Génie Informatique*

*Directeur : KAMBALE SYATSUKWA Alfred*

*Assistant*

**ANNEE ACADEMIQUE : 2023-2024**

*EPIGRAPHE*

*« L'automatisation n'est pas un rêve du futur c'est la clé de l'efficacité d'aujourd'hui »*  
*Bill Gates*

*DEDICACE*

À mes Aimables parents,

À mon Directeur,

À tous mes frères et sœurs, nièces et neveux, cousines et cousins, tantes et oncles,

À toute ma connaissance

## REMERCIEMENTS.

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mes parents, Gérard Musonga et Idhi Faila, pour leur soutien constant, ainsi qu'à ma grande sœur Safi Sarah, qui m'as énormément aidé, et à mon petit frère Josué Nobel, ainsi que Light Musonga, pour leur implication dans ce travail. Mes remerciements s'étendent à tous mes autres frères et sœurs pour leur soutien.*

*Je remercie également l'Université de l'Assomption au Congo (UAC), en particulier le Dr Nsengempia Héritier, doyen de la faculté de polytechnique, pour sa compréhension et ses efforts pour l'avancement de notre faculté.*

*Je suis reconnaissant à mon directeur de travail, Alfred Syatsukwa, pour son encadrement malgré ses nombreuses occupations. Enfin, je remercie mes camarades pour leur soutien et leur collaboration tout au long de ce projet. Que Dieu vous bénisse tous.*

## SIGLES ET ABREVIATIONS

GSM : Global Système for Mobile communication

PIR: Passive InfraRed

SMS: Short Message Service

UART: Universal Asynchronous Receiver Transmitter

AC:Alternative Current

DC: Direct Current

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nation

LED: Light Emitting Diode

BTS: Base Transceiver Station

MSC: Mobile Switching Center

UAC- : Université de l'Assomption AU Congo



## 0. INTRODUCTION

### 0.1. Etat de la question

Les nouvelles technologies ont profondément transformé la vie de l'homme, influençant presque tous les aspects de la société. Elles ont révolutionné la manière dont nous communiquons, travaillons, apprenons et interagissons avec le monde qui nous entoure. Les innovations technologiques ont, non seulement amélioré l'efficacité et la productivité dans divers secteurs, mais elles ont également créé de nouvelles opportunités et transformé les modes de pensée traditionnels. Le domaine de l'élevage n'est pas épargné. Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à l'élevage avicole.

L'automatisation est devenue un élément clé dans l'élevage avicole moderne. Les systèmes automatisés peuvent gérer l'alimentation, l'abreuvement, la collecte des œufs et même le nettoyage des poulaillers. Par exemple, des distributeurs automatiques d'aliments et d'eau assurent que les volailles ont toujours accès à des ressources suffisantes sans intervention humaine constante.

Les élevages avicoles, tels que les poulaillers, nécessitent une gestion efficace de l'approvisionnement en eau pour garantir le bien-être des animaux et assurer des conditions optimales de croissance et de production. Dans ce contexte, la mise en place d'un système de distribution automatique d'eau dans un poulailler, basé sur la détection et la compensation de la diminution d'eau dans l'abreuvoir, représente un enjeu majeur pour les éleveurs amateurs ou professionnels.

Nous ne sommes pas le premier chercheur à aborder cette grande thématique, bien d'autres chercheurs l'ont abordé chacun avec une certaine perspective. Dans cette optique, nous présentons les scientifiques et chercheurs ici-bas ayant travaillé sur un projet similaire visant à améliorer l'approvisionnement en eau des volailles afin d'optimiser leurs conditions de vie.

Premièrement nous citons ces trois chercheurs en Computer system engineering, Gerald Wiyototjoa, Arnold Aribowo et Alfa Satya Putra qui ont travaillé, dans leur article scientifique, sur le sujet intitulé “*Design of Automatic Drinking Water Supply System for Poultry Cage*” qui peut se traduire en français par « conception d'approvisionnement automatique en eau potable pour cage à volailles ». Ce système était conçu de façon à alimenter automatiquement chaque cage des volailles en quantité suffisante d'eau.

La solution proposée par ces chercheurs utilise Arduino Uno comme microcontrôleur principal, avec un capteur de niveau d'eau pour détecter les changements de volume et un capteur

de débit pour identifier les fuites. Le système contrôle le niveau d'eau dans les canalisations et détecte les fuites potentielles entre les raccords. Deux microcontrôleurs surveillent les canalisations et communiquent via Wi-Fi. Le système est également conçu pour dispenser la vaccination. Les tests montrent un taux de réussite de communication de 100 % entre les composants et une précision de 100 % pour les capteurs de niveau d'eau et de débit (Tjoa, Aribowo, & Putra, 2019).

De son côté MARLON JOSE CRUZ IBAGON MOSQUERA ROJAS a travaillé sur un “système d’automatisation pour la distribution d’eau d’abreuvement pour bétail” utilisant la même logique mais avec un débit beaucoup plus grand par rapport à celui des volailles à l’université coopérative de Colombie Ecole d’ingénieurs programme d’ingénierie industriel (Marlon.I, 2008).

FERMIN ENRIQUE RUEDA GUTIERREZ a travaillé sur “Un Système d’abreuvement de volailles avec filtre qui réduit les matière particulaires et solides en suspension qui contractent l’eau dans l’environnement extérieur de la zone rural de la municipalité de Palerme-huila” son model possédant la particularité de réduire les risque de contamination d’eau d’abreuvement par les poussières et autres particules (Fermin, 2020).

À l'Université de Nouvelle-Angleterre à Armidale NSW, un groupe de chercheurs et de techniciens (Nishchal Sharma, Shubiao Wu et Brad Dawson) ont développé “un système automatisé de mesure de l'eau capable de mesurer avec précision la consommation d'eau dans 48 enclos individuels”. Chaque enclos peut contenir 14 oiseaux et dispose d'un réservoir de 1,4 litre avec un microcontrôleur pour surveiller la consommation d'eau. Des capteurs présents dans le réservoir déterminent quand il est vide et déclenchent l'ouverture d'une électrovanne pour permettre son remplissage ( Nishcal, Shubiao, & Brad, 2020).

Après analyse de ces différents travaux ci-dessus nous remarquerons que tous ces travaux ont un point en commun qui est la distribution d’eau aux animaux cependant ils ont tous leurs particularités mais notre système viendra résoudre le problème lié au fait que la vérification permanente du niveau du réservoir principal constitue un défaut dans ces autres systèmes car il peut arriver que le niveau du réservoir principal ait descendu en dessous du seuil minimal au besoin journalier des volailles et donc lorsqu’il sera le moment de distribuer l’eau dans le réservoir secondaire il n’y en aura pas assez ce qui constitue un problème à la constance et la permanence d’une quantité suffisante de l’eau pour les volailles .Alors notre travail sera doté d’un système de notification GSM pour alerter sur la diminution de l’eau dans le réservoir principal ainsi qu’un signal sonore et lumineux si on est dans le poulailler pour des tâches comme l’entretien.



## 0.2. Problématique

Dans cette recherche, nous nous sommes intéressés au mécanisme d'approvisionnement d'eau des éleveurs des volailles en ville de Butembo. Nous avons constaté que cet approvisionnement se fait encore manuellement. Ce qui implique beaucoup des difficultés notamment :

- **Risque d'Oubli et d'Erreur Humaine.** La gestion manuelle de l'eau dépend de la vigilance et de la régularité des interventions humaines, ce qui peut conduire à des oublis ou des retards, compromettant ainsi l'approvisionnement en eau des poules. Une erreur dans le dosage ou la distribution de l'eau peut survenir, entraînant un excès ou un manque d'eau, ce qui peut affecter la santé des animaux.
- **Incohérence dans la Distribution.** La distribution manuelle peut entraîner des incohérences dans l'approvisionnement en eau, avec des périodes de sous-approvisionnement ou de surabondance. Cela peut affecter la santé des poules et leur productivité, car elles dépendent d'un apport régulier et adéquat en eau.
- **Coûts de Main-d'œuvre Élevés.** La gestion manuelle de l'eau nécessite une présence humaine constante pour vérifier et remplir les réservoirs, ce qui augmente les coûts de main-d'œuvre. En cas d'oubli ou d'erreur, les interventions de correction peuvent également entraîner des coûts supplémentaires.
- **Inefficacité et Gaspillage.** La gestion manuelle est souvent moins précise, entraînant un gaspillage d'eau important, surtout lorsque les réservoirs sont remplis de manière excessive. L'eau gaspillée représente non seulement une perte financière, mais aussi une utilisation inefficace des ressources.
- **Risque de Déshydratation.** En cas de retard ou d'oubli dans la distribution manuelle, les poules peuvent souffrir de déshydratation, affectant leur santé et leur bien-être. Une hydratation inadéquate peut entraîner des problèmes de santé et réduire la productivité des poules. une bonne eau potable fraîche maintient votre poulet en bonne santé et augmente la production d'œufs (Lao, 1996).

Face à ces difficultés auxquelles font face les éleveurs des volailles en Ville de Butembo, nous nous sommes posés les questions ci-dessous :

- Quel système proposé aux éleveurs de la volaille en ville de Butembo pour surmonter les problèmes mentionnés ci-dessus ?

- Quelle technologie serait optimale en terme des coûts, de facilité de réalisation et maintenance pour l'automatisation de ce processus ?

Voilà les questions qui vont nous guider tout au long de cette recherche.

### **0.3. Hypothèses**

Nous postulons que la mise en place d'un système de distribution automatique d'eau, basé sur la gestion et le contrôle de manière automatique du niveau d'eau dans l'abreuvoir ainsi que le réservoir principal d'eau qui permettra de répondre de manière efficace aux besoins en eau des volailles et contribuera à optimiser les performances de l'élevage.

Nous pensons également que l'utilisation de la technologie Arduino combinée à des capteurs de niveau d'eau, des vannes, et un module de notification GSM est optimale en termes de coûts, de facilité de réalisation et de maintenance pour l'automatisation de ce processus.

### **0.4. Objectifs de l'étude**

#### ***0.4.1. Objectif général***

L'objectif général de ce projet est de concevoir et mettre en œuvre un système de distribution automatique d'eau dans un poulailler, capable de garantir un approvisionnement en eau adéquat et continu pour les volailles.

#### ***0.4.2. Objectifs spécifiques***

De manière spécifique, nous allons :

- Concevoir un dispositif de détection de la diminution d'eau dans le réservoir principal ainsi que dans le réservoir secondaire(abreuvoir) avec la technologie Arduino. Dans cette étude nous allons utiliser la carte [Arduino Uno](#).
- Développer un système d'alerte, d'affichage du niveau d'eau de notification à la diminution du seuil d'eau dans le réservoir principal ainsi que dans le réservoir secondaire.
- Tester et évaluer l'efficacité du système mis en place sur le bien-être et les performances des volailles.

### **0.5. Choix et intérêt du sujet**

Nous avons choisi ce sujet, vu l'importance significative et le besoin pressant d'automatisation des tâches dans le domaine de l'élevage avicole. Cette recherche apporte donc notre part de contribution pour la résolution de cette problématique.

Comme intérêt, du point de vue personnelle, cette recherche nous a permis de mettre en pratique les compétences acquises tout au long de notre formation à la résolution d'un problème réel de notre société.

Pour les futurs chercheurs, cette recherche constitue une référence et un point de départ pour des recherches ultérieures visant soit à compléter ou à améliorer les résultats de la présente recherche.

## **0.6. Approche méthodologique**

L'approche méthodologique de ce projet consistera en une phase de conception et de modélisation du système, suivie d'une phase de prototypage, de tests en conditions réelles et d'analyse des résultats. Des outils de contrôle seront utilisés pour assurer le bon fonctionnement du dispositif.

### ***0.6.1. Méthode***

La méthode analytique : La méthode analytique nous a permis d'analyser le contexte de fonctionnement du système d'approvisionnement des volailles en eau dans le contexte des aviculteurs de la ville de Butembo afin de comprendre les défis auxquels ils font face et proposer une solution adéquate.

Nous avons utilisé le langage UML pour la modélisation informatique de notre système.

### ***0.6.2 Techniques***

- **Documentaire** : Cette technique nous a permis de recueillir différentes informations sur le fonctionnement des abreuvoirs, normes et exigences en eau des volailles via des ouvrages, articles scientifiques ainsi que manuels retrouvés sur internet et dans les bibliothèques qui nous ont permis de réaliser ce travail.
- **D'interview** : Cette technique nous a permis d'avoir une approche verbale avec des personnes ayant des connaissances d'une manière plus expérimentée sur les poulaillers et des constats plus pratiques sur l'exigences en eau des volailles ainsi que l'impact de l'eau sur le bien-être des volailles.
- **D'observation** : Cette technique nous a permis de nous faire notre propre opinion sur le fonctionnement et déficits des systèmes de distributions d'eau manuels du milieu et ainsi recueillir des données essentielles à la réalisation de ce projet.

## **0.7. Délimitation du travail**

Ce projet se concentrera spécifiquement sur la conception et la mise en œuvre d'un système de distribution automatique d'eau dans un poulailler, en mettant l'accent sur la détection de la diminution d'eau dans l'abreuvoir et la régulation de l'approvisionnement en conséquence qui englobera les éleveurs professionnels et amateurs dans la ville de Butembo ; une ville se trouvant dans la province du Nord-Kivu en République Démocratique du Congo.

Dans le temps, cette recherche couvre la période de l'année académique 2023-2024.

## **0.8. Subdivision du travail**

Le travail est subdivisé en trois chapitres à part l'introduction et la conclusion.

Chapitre 1 : Considérations théoriques

Dans ce chapitre nous parlerons des différents concepts liés à notre système comme la définition et explication des concepts clés utilisés dans le travail. Cette section vise à assurer une compréhension commune des termes utilisés, si applicable présentation d'un modèle théorique qui structure la réflexion et l'analyse du travail

Chapitres 2 : Conception et dimensionnement

Dans ce chapitre, il sera question de :

Déterminer les dimensions, les caractéristiques et les spécifications techniques des éléments constitutifs du système ou produit à concevoir. Il s'agira donc de calculer les tailles, les capacités, les puissances, etc., en fonction des contraintes et des critères définis.

-Une phase de modélisation qui consistera à : représenter le projet sous forme de modèle informatique avec le langage UML, schémas, plans ou maquettes virtuelles pour mieux visualiser, analyser et valider la conception.

Chapitre 3 : Réalisation du nouveau système qui comprendra :

-Une phase de test et validation c'est à dire une fois que le système est assemblé ou développé, il est essentiel de réaliser des tests pour vérifier son bon fonctionnement, sa conformité aux spécifications et à sa performance.

-La documentation : pendant la réalisation il est important de documenter le processus de fabrication, les spécifications techniques, les procédures de test, etc., pour assurer la traçabilité et la maintenance future du système.

## **0.9. Difficultés rencontrées**

Pendant l'élaboration de ce travail en effet nous avons fait face à des multiples difficultés qu'il s'agisse du point de vue matériel ou intellectuels ,pendant la rédaction de ce travail nous avons beaucoup utilisé l'internet pour la recherche des références ce qui a constitué un problème lorsque le réseau mobile était instable ce qui nous bloquait des heures durant ,Se procurer aussi certains composant a été très difficile vu les très peu de point des ventes des composant se trouvant dans la ville, lorsque le stock s'épuisait chez le vendeur principale de la ville ,il fallait attendre une nouvelle cargaison ou carrément passer une commande qui fais souvent plusieurs semaines voir plusieurs mois à arriver de ce fait nous avons donc choisi de travailler dans notre système avec des composants se trouvant plus facilement comme par exemple les transistors à la place des relais et beaucoup d'autres éléments que nous avons adapté à la disponibilité sur le marché. Cela nous a quand même donné un aperçu de la pénurie des composants dans la ville et nous a poussé a nous adapter à ceux disponible sur le marché.

# PREMIER CHAPITRE CONSIDERATION THEORIQUES

## ***1.0 Introduction***

Dans ce chapitre nous parlerons des différents concepts clés utilisés dans le travail. Cette section vise à assurer une compréhension commune des termes utilisés, et en fin nous aborderons la présentation d'un modèle théorique qui structure la réflexion et l'analyse du travail

## ***1.1 Définition des concepts***

### ***1.1.1 Système***

Un système est un ensemble d'éléments interconnectés travaillant ensemble pour atteindre un objectif commun. Les interactions entre ces éléments influencent le fonctionnement global, et tout changement d'une partie peut affecter l'ensemble (Bertalanffy, 1968).

### ***1.1.2 Systèmes embarqués (Embedded Systems)***

Un système embarqué est un ensemble de matériel (hardware) et de logiciel (software) conçu pour effectuer une tâche spécifique ou un ensemble de tâches précises. Contrairement aux systèmes informatiques généraux, les systèmes embarqués sont souvent intégrés dans des dispositifs plus larges, et ils sont conçus pour fonctionner de manière autonome avec une intervention humaine minimale ou nulle (Barr & Massa, 2006).

Dans un système de distribution automatique d'eau dans un poulailler, le système embarqué joue un rôle central. Il traite les données des capteurs pour déterminer quand et quel quantité d'eau doit être distribuée. Le microcontrôleur peut également surveiller l'état de la distribution et envoyer des notifications via GSM si une action est requise ou si une anomalie est détectée, assurant ainsi une gestion efficace et autonome du poulailler (Marwedel, 2011).

### ***1.1.3 Les capteurs (Sensors)***

Les capteurs sont des dispositifs qui détectent et mesurent des changements dans l'environnement physique ou chimique, convertissant ces informations en signaux électriques utilisables par un système électronique, comme un microcontrôleur (Fraden, 2010). Ils jouent un rôle essentiel dans les systèmes embarqués en fournissant les données nécessaires pour prendre des décisions automatiques.

#### ***1.1.3.1 Quelques Types de capteurs :***

**1. Capteurs de niveau d'eau :**



*Figure 1 capteur de niveau d'eau*

Ces capteurs mesurent le niveau de liquide dans un réservoir ou un récipient. Ils peuvent être capacitifs, à ultrasons, ou à flotteur. Par exemple, un capteur à ultrasons peut être utilisé pour mesurer la hauteur de l'eau dans un réservoir de poulailler, envoyant les données au microcontrôleur pour ajuster la distribution d'eau ( Wang, Fang, & Wang, 2017).

## **2.Capteurs de présence :**



*Figure 2 Capteur de présence*

Ils sont Utilisés pour détecter la présence de poules dans certaines zones du poulailler, ces capteurs peuvent être basés sur des technologies infrarouges ou ultrasons. Par exemple, un capteur infrarouge passif (PIR) peut détecter le mouvement des poules près de la zone de distribution d'eau, permettant ainsi de réguler l'approvisionnement en eau en fonction de la demande (Goldsmith, 2017). Dans le système de distribution automatique d'eau d'un poulailler, les capteurs jouent un rôle crucial en fournissant des informations en temps réel au microcontrôleur. Par exemple, un capteur de niveau d'eau peut alerter le système lorsqu'il est nécessaire de remplir les réservoirs. De même et les capteurs de présence peuvent aider à ajuster les ressources en fonction de l'activité des animaux. Ces capteurs permettent de créer un environnement automatisé, où les ressources sont gérées de manière optimale sans intervention humaine constante ( Fraden, 2010).

### ***1.1.4 Les actionneurs (Actuators)***

Les actionneurs sont des dispositifs qui convertissent une commande électrique en une action physique, comme un mouvement, un changement de position, ou une modification de l'état d'un système. Dans un système embarqué, les actionneurs exécutent les décisions prises par le

microcontrôleur en réponse aux données reçues des capteurs (Karnopp, Margolis, & Rosenberg, 2012).

#### ***1.1.4.1 Types d'actionneurs utilisables :***

##### **1. Pompes :**

- Les pompes : sont des actionneurs utilisés pour déplacer des liquides, comme l'eau, d'un endroit à un autre. Dans un poulailler, une pompe électrique peut être utilisée pour distribuer de l'eau aux différents abreuvoirs en fonction des besoins des poules, déterminés par les capteurs de niveau d'eau (Patterson, 2016).

##### **2. Les électrovannes :**

Une électrovanne est un dispositif électro mécanique utilisé pour Contrôler le flux de liquide ou de gaz dans un système. Elle fonctionne en utilisant un signal électrique pour ouvrir ou fermer une valve, permettant ainsi de réguler automatiquement le passage du fluide selon les besoins du système

#### ***1.1.4.2 Généralités sur les pompes à eau***

##### ***Introduction***

Les systèmes de pompage jouent un rôle crucial dans de nombreux domaines tels que l'approvisionnement en eau, l'agriculture, l'industrie, et bien d'autres encore. Ces systèmes permettent de déplacer efficacement des liquides d'un endroit à un autre en utilisant divers types de pompes adaptées aux besoins spécifiques de chaque application. Que ce soit pour l'irrigation des cultures, le traitement des eaux usées, ou la circulation des fluides dans les processus industriels, les systèmes de pompage sont indispensables pour assurer le bon fonctionnement de nombreuses activités humaines. Dans cette introduction, nous allons explorer le fonctionnement des systèmes de pompage, les différents types de pompes utilisées, ainsi que leurs applications dans divers secteurs.

#### ***1.1.4.3. Fonction des pompes à eau***

Selon (Saker , 2019) Les pompes ont comme principale fonction ,la transformation de l'énergie mécanique d'un moteur en énergie hydraulique dans le but de :

- De faire passer un liquide d'un niveau à un autre niveau plus élevé (Pompe de transfert).
- D'augmenter la pression d'un fluide.



Figure 3 Schéma fonctionnel d'une pompe



#### 1.1.4.4 Typologie de pompes

Ce tableau illustre la Typologie de pompes les plus utilisées

Type de pompe	Utilisation	Caractéristiques et technologie
pompe à motricité humaine	humaine équipement de forages et puits	aspirante installée en surface -à piston VN6 refoulant avec partie hydraulique immergée -à piston -à boudruche hydraulique - à vis
pompe immergée électrique	équipement de forage et puits pour des débits $> 2 \text{ m}^3/\text{h}$ , essais de pompage	refoulant -centrifuge multi-étagée
pompe d'épuisement	épuisement de fouilles (mise en eau de puits) pompage sur eau de surface	refoulante ou aspirante-refoulante -centrifuge - pneumatique à membrane
pompe de surface électrique ou motopompe	pompage sur eau de surface pompage de réservoir vers un réseau ou un autre réservoir	aspirante-refoulante (hauteur d'aspiration limitée à 7 mètres) - centrifuge

Tableau 11 typologie des pompes les plus utilisés

#### 1.1.4.5 Types des pompes Motorisées

Selon (Saker , 2019)nous pouvons classer les pompes en deux grandes catégories tenant compte du déplacement du fluide :

- **Les pompes centrifugeuses**

Sont Celles dont le déplacement du liquide est obtenu en agissant sur la vitesse du liquide.

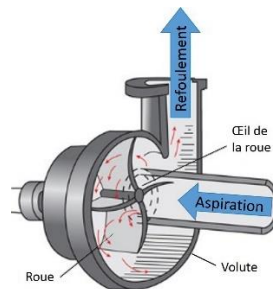


Figure 4 illustration d'une pompe centrifugeuse

- **Les pompes volumétriques**

Sont Celles dont le déplacement du liquide est obtenu en variant le volume d'une cavité.

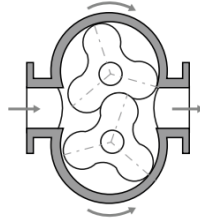


Figure 5 illustration d'une pompe volumétrique

## 2. Le contacteur

### -Relais

Un relais est un dispositif électromagnétique qui fonctionne comme un interrupteur commandé par un courant électrique. Lorsqu'un courant électrique passe à travers la bobine du relais, il crée un champ magnétique qui actionne un commutateur mécanique à l'intérieur du relais, permettant ainsi de contrôler un circuit électrique (Stephen, 2018)

Dans un système de distribution automatique d'eau, les actionneurs sont responsables de la mise en œuvre des commandes du microcontrôleur. Par exemple, lorsque les capteurs de niveau d'eau indiquent que le réservoir est vide, une pompe peut être activée pour remplir le réservoir. Ainsi, les actionneurs permettent de traduire les décisions logiques du système en actions physiques qui optimisent l'utilisation des ressources dans le poulailler (Singh, 2015)et (Patterson, 2016).

### ***1.1.5 Le phénomène siphon***

Le siphon est un phénomène où un liquide s'écoule d'un réservoir à un autre via un conduit, sous l'effet de la gravité, sans l'utilisation de pompe. Il repose sur la différence de pression entre les deux réservoirs, l'écoulement se poursuivant tant que le point de sortie est plus bas que le niveau du liquide dans le réservoir source (White, 2017).

#### ***1.1.5.1 Moyens de vaincre le siphon***

Pour stopper un siphon, on peut utiliser :

- **Clapets anti-retour** pour bloquer le retour du liquide (Simons, 2015), le liquide étant obligé de traverser dans une seule direction ce qui par conséquent empêchera l'eau de continuer à traverser si la pompe est hors tension.



Figure 6 clapet anti-retour ou vanne anti-retour

- **Évents ou brise-vide** pour introduire de l'air et interrompre l'écoulement (Fox, 2016).



Figure 7 Brise vide pour récipients

- **Tuyaux anti-siphon et électrovannes** pour contrôler et stopper le flux (White, 2017).



Figure 8 Tuyau anti-siphon

- **Elévation du tuyau au point plus haut que le réservoir**

Vaincre le siphon en élevant le tuyau plus haut que le point d'origine repose sur deux principes clés : rompre la continuité de la colonne de fluide et empêcher la formation d'une dépression qui induit le siphonage.

L'Élévation du tuyau au-dessus du point haut : En élevant le tuyau à une hauteur plus élevée que celle du réservoir, on crée une situation où la gravité agit contre le siphonage. Si le point le plus haut du tuyau est suffisamment élevé, l'eau ne pourra pas atteindre ce point sans une force supplémentaire, tel qu'un ajout de pression via une pompe (White, 2017). Cela empêche l'eau de continuer à s'écouler par siphonage une fois la source d'eau coupée.

### ***1.1.6 Automatisation (Automation)***

L'automatisation désigne l'utilisation de systèmes technologiques pour réaliser des tâches avec une intervention humaine minimale. Dans le contexte de l'agriculture, l'automatisation permet de contrôler divers aspects d'un environnement, comme la distribution d'eau, la température, et la ventilation, pour optimiser les conditions de vie des animaux tout en réduisant les coûts et le temps de travail (Groover, 2019).

### ***1.1.7 Principes de l'automatisation***

#### **1. Contrôle en boucle fermée :**

Un système automatisé utilise des capteurs pour surveiller les conditions environnementales et des actionneurs pour apporter des corrections en temps réel. Ce processus, appelé contrôle en boucle fermée, assure que le système réagit de manière dynamique aux changements. Par exemple, un capteur de niveau d'eau détecte lorsque le réservoir est bas, et un actionneur (comme une pompe) est activé pour rétablir le niveau approprié (Ogata, 2010).

#### **2. Avantages de l'automatisation :**

- **Efficacité** : L'automatisation améliore l'efficacité des opérations en permettant une gestion plus précise et en réduisant le gaspillage des ressources comme l'eau et l'énergie (Rooks, 2008).

- **Réduction des coûts** : En automatisant des tâches répétitives, les coûts de main-d'œuvre sont réduits, et le système peut fonctionner de manière autonome pendant de longues périodes sans intervention humaine (Groover, 2019).

- **Amélioration des conditions de vie** : Dans un poulailler, l'automatisation assure un approvisionnement en eau constant et régulé, améliore le bien-être des animaux, et contribue à une production plus stable (Bolton, 2015)

L'automatisation dans un poulailler permet de contrôler précisément l'approvisionnement en eau, en ajustant automatiquement les quantités distribuées en fonction des besoins des poules. Par exemple, durant les périodes de chaleur, le système peut augmenter la fréquence de distribution pour prévenir la déshydratation. De plus, en intégrant des capteurs et des actionneurs dans un système de contrôle en boucle fermée, le poulailler peut maintenir des conditions optimales en termes de température, ventilation, et hygrométrie, contribuant ainsi à la santé et à la productivité des animaux (Ogata, Modern control engineering, 2010) (Groover, 2019).

### ***1.1.8 Système de communication GSM (GSM communication system)***

Le système de communication GSM (Global System for Mobile Communications) est une norme internationale pour les réseaux de téléphonie mobile. Il permet la transmission de voix et de données, y compris les SMS (Short Message Service), à travers de vastes zones géographiques. Dans un contexte de système embarqué, le GSM est utilisé pour envoyer des notifications en temps réel aux utilisateurs à distance, les alertant de l'état du système ou de tout problème éventuel (Sesia, Toufik, & Baker, 2011).

### ***1.1.9 Fonctionnement du GSM***

#### **1. Architecture du réseau GSM :**

- Le réseau GSM est constitué de plusieurs composants clés, notamment la station de base (BTS), le centre de commutation mobile (MSC), et le registre des localisations (HLR). Ces éléments collaborent pour gérer les appels, les SMS, et la mobilité des utilisateurs (Mouly & Pautet, 1992).

- Dans le contexte d'un poulailler, un module GSM intégré peut se connecter au réseau GSM pour envoyer des SMS lorsque certaines conditions sont remplies, par exemple lorsque le niveau d'eau est bas ou lorsque la température dépasse un seuil critique.

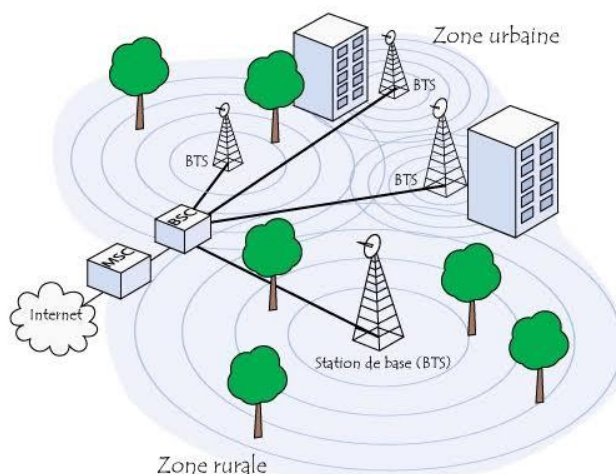


Figure 9 Illustration d'une architecture réseau GSM

## 2. Transmission des données via SMS :

- Le module GSM, souvent basé sur un microcontrôleur, envoie des données sous forme de SMS au téléphone portable de l'utilisateur. Ces SMS peuvent contenir des alertes, des rapports sur l'état du système, ou des notifications de panne (Calhoun & Weaver, 2010).
- Par exemple, si un capteur de niveau d'eau détecte que le réservoir est presque vide, le système peut envoyer automatiquement un SMS pour alerter l'utilisateur de la situation.

## 3. Intégration dans les systèmes embarqués :

- Les modules GSM sont conçus pour s'intégrer facilement dans des systèmes embarqués. Ils communiquent avec le microcontrôleur via des interfaces comme UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) pour envoyer et recevoir des commandes. Cela permet au système de répondre à distance aux commandes reçues via SMS, ou d'envoyer des notifications aux utilisateurs (Rashid, 2017).
- Par exemple, en plus de l'envoi de SMS, certains systèmes peuvent permettre aux utilisateurs de répondre par SMS pour effectuer des actions spécifiques, comme réinitialiser le système ou ajuster les paramètres de distribution d'eau.

Dans un système de distribution automatique d'eau dans un poulailler, le GSM permet une surveillance et un contrôle à distance. Par exemple, si une panne de pompe est détectée, le module GSM peut immédiatement envoyer un SMS à l'exploitant pour qu'il prenne les mesures nécessaires. Cette capacité à recevoir des notifications en temps réel améliore la réactivité et réduit les risques de perturbations prolongées dans le système, il permet aussi d'alerter sur le niveau de l'eau dans le réservoir d'un système de distribution d'eau système (Calhoun & Weaver, 2010) et (Sesia, Toufik, & Baker, 2011).

### ***1.1.10 Alimentation électrique (Power Supply )***

L'alimentation électrique désigne la source d'énergie qui alimente un système électronique ou électrique. Dans le contexte d'un système automatisé, comme celui de la distribution d'eau dans un poulailler, l'alimentation électrique est essentielle pour faire fonctionner les différents composants, y compris les capteurs, actionneurs, microcontrôleurs, et modules de communication GSM (Alexander & Sadiku, 2017).

### ***1.1.11 Types d'alimentation***

#### **1. Alimentation en courant continu (DC) :**

- Les systèmes embarqués, y compris les microcontrôleurs et capteurs, fonctionnent généralement en courant continu (DC). L'alimentation en DC peut être fournie par des batteries, des panneaux solaires, ou des convertisseurs AC-DC. Ces systèmes nécessitent une tension stable pour assurer un fonctionnement fiable et précis (Kumar, 2018).

- Par exemple, dans un poulailler automatisé, une batterie de 12V ou un panneau solaire peut alimenter l'ensemble du système, assurant une continuité de service même en cas de coupure de courant.

#### **2. Régulateurs de tension :**

- Les régulateurs de tension sont utilisés pour maintenir une tension stable à la sortie, indépendamment des variations de la tension d'entrée ou des fluctuations de la charge. Cela protège les composants sensibles, comme les microcontrôleurs et les capteurs, contre les surtensions ou les baisses de tension (Sedra & Smith, 2010).

- Par exemple, un régulateur de tension de 5V pourrait être utilisé pour alimenter un microcontrôleur, même si la source d'alimentation principale est une batterie de 12V.

#### **3. Systèmes d'alimentation de secours :**

- Dans des environnements où l'alimentation principale peut être interrompue, il est crucial de disposer de systèmes d'alimentation de secours, comme des batteries de secours ou des générateurs. Ces systèmes garantissent que les fonctions critiques, telles que la distribution d'eau, ne sont pas interrompues (Hambley, 2014).

- Par exemple, un poulailler automatisé pourrait être équipé d'une batterie de secours qui prend le relais si l'alimentation principale est coupée, assurant ainsi que les poules ont toujours accès à l'eau.

Dans un système de distribution automatique d'eau pour un poulailler, l'alimentation électrique doit être stable et fiable pour assurer le bon fonctionnement de tous les composants. Par exemple, une alimentation en courant continu (DC) fournie par des batteries rechargeables peut garantir que le système continue de fonctionner pendant une période prolongée, même en l'absence de réseau électrique. De plus, l'utilisation de régulateurs de tension permet de protéger les composants sensibles contre les variations de tension, assurant ainsi la durabilité et la fiabilité du système (Alexander & Sadiku, 2017) (Hambley, 2014)

### ***1.1.12 Les Abreuvoirs***

#### **Introduction**

Les abreuvoirs pour poulailler sont essentiels pour assurer le bien-être et la productivité des volailles en leur fournissant un accès constant à de l'eau potable. L'eau est un élément crucial non seulement pour la survie des poules, mais aussi pour leur croissance, leur ponte et leur santé générale. Le choix du type d'abreuvoir doit être fait en tenant compte de divers facteurs, tels que la taille du poulailler, le nombre de poules, et le niveau d'automatisation souhaité.

### ***1.1.13 Types d'abreuvoirs***

Il existe plusieurs types d'abreuvoirs pour poulailler, chacun adapté à des besoins spécifiques :

- **Abreuvoirs manuels :** Ces abreuvoirs sont les plus simples et les plus couramment utilisés dans les petits élevages. Ils consistent généralement en un récipient ouvert qui doit être rempli manuellement par l'éleveur (Smith, 2019).



*Figure 10 abreuvoir manuel traditionnel*

#### ▪ **Abreuvoir linéaire**

Sont des abreuvoirs simples par leurs fabrications et leurs principes de fonctionnement, contrairement aux abreuvoirs traditionnels individuels, un abreuvoir linéaire est conçu pour permettre à plusieurs animaux de boire en même temps le long d'une ligne d'abreuvement.



*Figure 11 Abreuvoir linéaire*

- **Abreuvoirs automatiques :** Ces systèmes sont conçus pour maintenir automatiquement un niveau constant d'eau et ne nécessitent pas d'intervention humaine pour l'approvisionnement. Ils fonctionnent souvent avec un flotteur qui contrôle l'entrée d'eau pour éviter les débordements (Jones & Brown, 2020) ou avec des systèmes informatisés contrôlant l'injection de l'eau.



Figure 12 Abreuvoir automatique sowa

- **Abreuvoirs à siphon** : Ce type d'abreuvoir utilise un système de siphon pour maintenir un niveau d'eau constant dans un réservoir, sans nécessiter de raccordement direct à une source d'eau (Thompson, 2018).



Figure 13 Abreuvoir siphöide

- **Abreuvoirs en goutte à goutte**: Ce système distribue l'eau en petites gouttelettes directement dans le bec des poules. Il est particulièrement efficace pour réduire la contamination de l'eau (Anderson, 2021).



Figure 14 Abreuvoir à tétine

### I.1.8.3 Utilisation des abreuvoirs

L'utilisation de chaque type d'abreuvoir dépend principalement de la taille du troupeau et du niveau de gestion souhaité. Les abreuvoirs manuels sont plus adaptés aux petits troupeaux où l'éleveur peut surveiller régulièrement l'approvisionnement en eau. Les abreuvoirs automatiques sont préférés dans les grands élevages où l'automatisation permet de réduire la charge de travail et de



garantir un approvisionnement continu en eau. Les abreuvoirs en goutte à goutte sont souvent utilisés dans les élevages intensifs pour des raisons sanitaires, tandis que les abreuvoirs à siphon peuvent être utiles dans des environnements où l'accès direct à une source d'eau n'est pas pratique.

#### **I.1.8.4 Avantages**

Chaque type d'abreuvoir offre des avantages distincts :

- Abreuvoirs manuels : Simples à utiliser et à entretenir, ils sont peu coûteux et ne nécessitent pas d'installation complexe (Smith, 2019).
- Abreuvoirs automatiques : Offrent un approvisionnement constant en eau, réduisant le besoin d'intervention humaine et minimisant le risque que les poules manquent d'eau (Jones & Brown, 2020).
- Abreuvoirs à siphon : Pratiques pour les petits élevages, ils sont faciles à remplir et à nettoyer (Thompson, 2018).
- Abreuvoirs en goutte à goutte : Favorisent une meilleure hygiène en limitant la contamination de l'eau et en réduisant le gaspillage (Anderson, 2021).
- Abreuvoir linéaire : Etant donné sa conception allongée, plusieurs animaux peuvent boire en même temps ce qui peut être particulièrement utile dans les grandes installations d'élevage avec des nombreux animaux (Kellems & Church, 2010)

#### **I.1.8.5 Désavantages**

Malgré leurs avantages, chaque type d'abreuvoir présente également certains inconvénients :

- Abreuvoirs manuels : Nécessitent une surveillance constante pour s'assurer que les poules ne manquent pas d'eau, ce qui peut être contraignant pour l'éleveur (Smith, 2019).
- Abreuvoirs automatiques : Peuvent être coûteux à installer et nécessitent un entretien régulier pour éviter les pannes (Jones & Brown, 2020).
- Abreuvoirs à siphon : Ne conviennent pas aux grands élevages en raison de leur capacité limitée et de la fréquence de remplissage nécessaire (Thompson, 2018).
- Abreuvoirs en goutte à goutte : L'installation peut être complexe et coûteuse, et ces systèmes nécessitent une maintenance pour éviter les obstructions (Anderson, 2021).
- Abreuvoirs linéaires : Etant donné que la surface reste ouverte ils sont plus susceptibles d'accumuler des bactéries et des saletés provenant du poulailler ce qui oblige un entretien fréquent (Kellems & Church, 2010)

### ***I.1.14 Approche Comportementale des Poules Face à l'Eau***

Éléments :

- **Comportement de Recherche d'Eau :**

Les poules ont des comportements instinctifs de recherche d'eau, surtout lorsqu'elles sont déshydratées ou exposées à des conditions environnementales extrêmes. Elles manifestent des signes de soif et cherchent activement des sources d'eau (Murray et al., 2007).

- **Interaction avec le Système d'Abreuvement** : L'efficacité de l'abreuvement automatique dépend de la conception qui doit permettre un accès facile à l'eau. Les poules doivent pouvoir s'adapter rapidement aux nouvelles méthodes d'abreuvement pour éviter le stress et garantir une consommation adéquate (Cheng, Cline, & Ka, 2018) .

#### **I.1.10 Approche Technologique de la Distribution Automatique d'Eau**

Éléments :

- **Technologies Utilisées** : Les systèmes d'abreuvement automatique comprennent des réservoirs, des tuyaux, et des dispositifs de régulation de l'eau qui assurent une distribution constante et propre. Ces systèmes peuvent inclure des capteurs pour surveiller et ajuster le niveau d'eau en temps réel (Arold, HO, & McLoughlin, 2007).
- **Avantages** : L'automatisation réduit les erreurs humaines, améliore l'efficacité de l'utilisation de l'eau, et minimise le gaspillage. Les systèmes modernes permettent également une meilleure gestion de l'hygiène de l'eau (Bourdon et al., 2016) (Bourdon, Tanguy, & Vassal, Economic impacts of automation in poultry farming, 2016).

#### **I.1.11 Approche Économique de l'Investissement dans un Système d'Abreuvement Automatique**

Éléments :

- **Coûts Initiaux et Économies** : L'investissement initial dans les systèmes d'abreuvement automatique peut être élevé, mais il peut entraîner des économies sur le long terme grâce à la réduction des coûts de main-d'œuvre et à l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau (Huang et al., 2015) (Huang, Zhang, & Yang, The impact of automated feeding systems on poultry performance and welfare, 2015).
- **Retour sur Investissement** : Les études montrent que les gains en productivité, ainsi que la réduction des pertes dues à des problèmes de santé liés à l'eau, peuvent justifier les coûts d'investissement (Miller, Schukken, & Tauer, 2018).

#### **I.1.12 Théories Explicatives**

##### ***I.1.13 Théorie du Bien-Être Animal et de Ses Impacts sur la Production***

L'interaction entre le bien-être animal et l'automatisation est un sujet d'une importance croissante dans notre société moderne. Alors que les progrès

technologiques et l'automatisation se répandent dans de nombreux domaines, y compris l'agriculture, l'industrie alimentaire et la recherche scientifique, il est crucial de prendre en compte les implications de ces avancées sur le bien-être des animaux.

Le bien-être animal est une question éthique et morale essentielle qui concerne le traitement et les conditions de vie des animaux utilisés par les humains, que ce soit pour l'alimentation, la recherche, le divertissement ou d'autres besoins. L'automatisation, quant à elle, représente la substitution de tâches humaines par des machines ou des systèmes automatisés, ce qui peut avoir des répercussions sur les interactions entre les humains et les animaux, ainsi que sur les conditions dans lesquelles les animaux sont élevés, traités et utilisés.

Voici les éléments pour les théories explicatives sur le bien-être animal et l'automatisation :

Éléments :

- **Bien-Être Animal** : La théorie du bien-être animal stipule que le confort et la santé des animaux influencent directement leur productivité. Un environnement qui répond aux besoins physiologiques et psychologiques des poules, comme l'accès à de l'eau propre et à des conditions optimales de logement, favorise leur bien-être et, par conséquent, leur performance ( Dawkins, 2006).
- **Impact sur la Production** : Des études montrent que l'amélioration des conditions de bien-être, telles que des systèmes de distribution d'eau adéquats et une gestion appropriée de l'environnement, se traduit par une meilleure productivité. Les poules bien soignées ont une meilleure qualité des œufs et un taux de croissance plus élevé ( Appleby, Savory, & Hughes, 2004).

#### **I.1.14 Théorie de l'Automatisation et de la Productivité**

Éléments :

- **Automatisation** : La théorie de l'automatisation suggère que l'intégration de technologies automatisées dans les systèmes de production permet d'optimiser les processus et d'améliorer la productivité. Dans le secteur avicole, l'automatisation des systèmes de nourrissage et d'abreuvement permet une gestion plus efficace des ressources, une réduction des erreurs humaines, et une meilleure surveillance des conditions de production (Bourdon, Tanguy, & Vassal, Economic impacts of automation in poultry farming, 2016).
- **Impact sur la Productivité** : Les systèmes automatisés permettent une plus grande précision et une régularité dans la gestion des

besoins des poules, ce qui peut augmenter la productivité globale. Les études montrent que les systèmes automatisés réduisent les coûts de main-d'œuvre et améliorent les rendements en œufs, tout en optimisant les conditions environnementales pour les animaux (Huang, Zhang, & Yang, The impact of automated feeding systems on poultry performance and welfare, 2015).

#### **I.1.15 Bienfaits des produits à base de volailles sur la société**

Les produits à base de volaille, en particulier la viande de poulet et les œufs, constituent d'importantes sources de protéines dans l'alimentation humaine. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, la production de viande de volaille s'est classée au premier rang en 2019, représentant 39 % de la production mondiale de viande (130,5 millions de tonnes), tandis que la production mondiale d'œufs a atteint 82,17 millions de tonnes. (FAO, Meat Market Review, 2019).

Les produits à base de volaille offrent plusieurs avantages pour la société, principalement en termes de nutrition, de santé publique et de développement économique. Voici une étude des principaux bienfaits :

- **Valeur nutritionnelle** : La volaille est une source importante de protéines de haute qualité, ainsi que de vitamines et minéraux essentiels comme la vitamine B6, la vitamine B12, le zinc et le fer. Ces nutriments sont cruciaux pour le développement et le maintien de la santé, surtout dans les pays en développement où les carences alimentaires sont courantes (FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018).
- **Accessibilité économique** : Comparée à d'autres sources de protéines animales comme le bétail, la volaille est généralement plus abordable à produire. Cela la rend accessible à une plus grande partie de la population, contribuant ainsi à une meilleure sécurité alimentaire (FAO, Yeganeh, & Moshiri, A review of the evidence and challenges.FAO Animal Production and Health Paper, 2017).
- **Impact environnemental** : La production de volaille a un impact environnemental généralement inférieur à celui de la production de viande rouge. Les poules ont un besoin moindre en ressources telles que l'eau et les terres comparativement aux bovins, ce qui peut réduire l'empreinte écologique de la production alimentaire (FAO, Nutritional Benefits of Poultry Meat: A Review, 2020).
- **Développement économique** : L'industrie avicole crée des emplois dans les domaines de l'élevage, de la transformation et de la distribution. Cela contribue à la croissance économique locale et à l'amélioration des conditions de vie dans de nombreuses régions.
- **Sécurité alimentaire** : La volaille est souvent plus rapide à élever et à reproduire que les autres types de bétail, ce qui permet une réponse plus rapide aux fluctuations de la demande alimentaire et aide à stabiliser les marchés alimentaires (FAO, Environmental Issues and Options, 2020).

#### **I.1.16 Conclusion Partielle**

Ce chapitre a exploré les concepts théoriques clés nécessaires à la conception d'un système de distribution automatique d'eau dans un poulailler, incluant les capteurs, actionneurs, communication GSM, alimentation électrique et quelques notions sur le bien-être animal. Chacun de ces éléments joue un rôle crucial dans l'efficacité et la fiabilité du système, permettant une automatisation robuste et une surveillance continue, garantissant ainsi le bon fonctionnement du poulailler.

## **DEUXIÈME CHAPITRE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT**

### **II.0 Introduction**

Dans un contexte où l'efficacité et le bien-être animal sont cruciaux pour l'élevage moderne, la gestion optimale des ressources est devenue une priorité. Le projet que nous présentons vise à développer un système de distribution automatique d'eau pour les poulaillers, un élément essentiel pour maintenir la santé et la productivité des volailles. Ce système innovant est conçu pour garantir une alimentation en eau constante et précise, réduisant ainsi le travail manuel et minimisant les risques liés à une gestion inadéquate de l'hydratation des poules. Le chapitre qui suit détaille les besoins identifiés, les objectifs du projet, ainsi que les solutions techniques envisagées pour répondre efficacement à ces exigences. L'objectif est de créer un environnement propice à un élevage durable et rentable, en alliant technologie avancée et pratiques avicoles optimisées.

## II.2 Analyse des besoins

### II.2.1 Identification des besoins

#### ➤ Quantité d'eau nécessaire

Pour déterminer combien de litres d'eau sont nécessaires pour alimenter en continu 100 poules adultes en une journée, on peut se baser sur les besoins moyens en eau des poules. En général, une poule adulte consomme environ 0,5 à 0,7 litre d'eau par jour (Baker, Cline, & Linder, 2020)(Baker et al., 2020).

Pour 100 poules :

- Consommation totale = 100 poules  $\times$  0,5 à 0,7 litre/poule

- Consommation totale = 50 à 70 litres d'eau par jour

#### ➤ Fréquences d'abreuvement en température élevée et en basse température

Les besoins en eau des poules varient considérablement en fonction de la température ambiante. En général, la consommation d'eau augmente avec la température, car les poules cherchent à réguler leur température corporelle en buvant plus d'eau.

#### 1. Consommation d'eau à température modérée (15-20°C)

- Volume quotidien : En période de température modérée (autour de 15-20°C), une poule pondeuse consomme généralement entre 250 et 300 ml d'eau par jour (Al-Ramamneh, 2019).

- Fréquence de consommation : Les poules boivent fréquemment tout au long de la journée, généralement toutes les heures, surtout après avoir mangé (Macari & Furlan, 2008).

#### 2. Consommation d'eau à température élevée (au-delà de 30°C)

- Volume quotidien : Lors des périodes de forte chaleur (au-delà de 30°C), la consommation d'eau peut augmenter significativement, atteignant jusqu'à 500 ml par jour par poule (De Basilio et al., 2001).

- Fréquence de consommation : Sous haute température, les poules peuvent boire plus fréquemment, potentiellement toutes les 30 minutes à 1 heure, afin de se rafraîchir (Bottje & Harrison, 1985).

#### 3. Conséquences d'une faible consommation d'eau

- Stress thermique : Une insuffisance d'eau, surtout en période de chaleur, peut entraîner un stress thermique, ce qui affecte la production d'œufs et la santé générale des poules (Balnave & Gorman, 1993).

- Réduction de la prise alimentaire : La diminution de l'eau disponible entraîne également une baisse de la prise alimentaire, car l'eau est essentielle pour la digestion (Summers & Leeson, 2005).

### II.2.2 Evaluation des conditions environnementales

#### II.2.2.2 Nombres d'abreuvoir par mètre carrés cas d'un abreuvoir linéaire

Pour déterminer combien de poules peuvent s'abreuver sur un abreuvoir linéaire de 1 mètre de longueur et 5 litres de capacité, nous nous baseront sur les recommandations pratiques d'espace pour l'abreuvement.

### 1. Capacité d'abreuvement par poule

En général, il est recommandé d'allouer environ 2,5 à 5 cm (Lewis, 1871) de longueur d'abreuvoir par poule pour leur permettre de boire confortablement. D'après les recommandations de (Lewis, 1871), chaque poule a besoin de cet espace pour s'abreuver de manière adéquate. Pour un abreuvoir de 1 mètre (100 cm) :

$$\text{Nombre de poules} = 100 \text{ cm} / 2,5 \text{ cm/poule} = 40 \text{ poules}$$

Cela signifie qu'environ 40 poules peuvent s'abreuver simultanément sur cet abreuvoir de 1 mètre.

### 2. Nombre d'abreuvoirs par mètre carré

Pour savoir combien d'abreuvoirs sont nécessaires par mètre carré dans le poulailler, il faut d'abord déterminer combien de poules peuvent être logées par mètre carré. En général, il est recommandé de loger 8 à 10 poules par mètre carré en élevage intensif (FAO, 2018).

Si un abreuvoir de 1 mètre peut desservir 40 poules et qu'il y a environ 8 à 10 poules par mètre carré, il faudra environ :

$$40 \text{ poules par abreuvoir} / 8 \text{ poules par mètre carré} = 5 \text{ abreuvoirs pour 1 mètre carré}$$

## II.3 CONCEPTION DU SYSTEME

### II.3.1 Présentation générale du système

Le système d'alimentation automatique en eau pour un poulailler est conçu pour assurer une gestion efficace et autonome de l'approvisionnement en eau des volailles. Ce système se compose de plusieurs éléments interconnectés, chacun jouant un rôle crucial dans le fonctionnement global.

Le système comprend : **un réservoir principal** qui stocke l'eau provenant d'une source indépendante du système actionné par une **électrovanne**, alimentant un **réservoir secondaire**, souvent un abreuvoir, où les poules peuvent boire directement, un **capteur ultrason**. Une **pompe à courant continu (DC)** est utilisée pour transférer l'eau du réservoir principal vers l'abreuvoir, régulée par un **capteur de niveau d'eau à flotteur vertical TR11**. Ce capteur détecte le niveau d'eau dans le réservoir secondaire et active ou désactive la pompe en conséquence pour maintenir un niveau d'eau optimal.

Un **système de signalisation** via un groupe de 4 LED permet de visualiser en temps réel le niveau d'eau dans le réservoir principal, fournissant ainsi des informations instantanées sur l'état du système et d'informer l'utilisateur se trouvant à proximité du niveau critique de

l'eau dans le réservoir, un système d'alerte lui aussi chargé d'attirer l'attention des utilisateurs se trouvant à proximité ou dans le poulailler s'occupant d'autres tâches. De plus, pour renforcer la sécurité et la surveillance, un **module GSM** est intégré pour envoyer des notifications aux utilisateurs en cas de niveau d'eau critique. Ces alertes permettent une intervention rapide, garantissant ainsi un approvisionnement continu en eau pour les poules.

### *II.3.1.1 Présentation des composants principaux du système*

#### **II.3.1.2 Carte Arduino Uno**

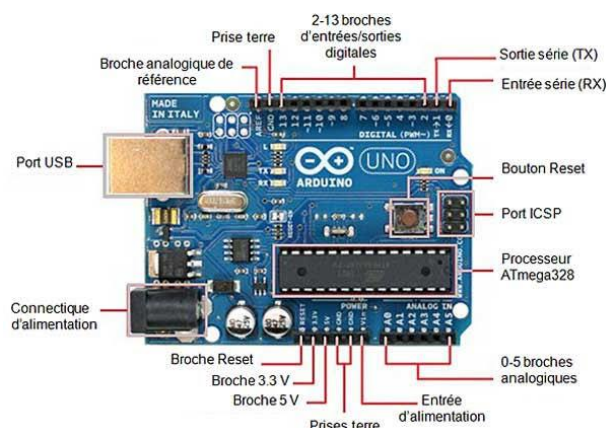


Figure 15 Carte arduino uno

- Description : L'Arduino Uno est un microcontrôleur basé sur l'ATmega328P. Il dispose de 14 broches d'entrée/sortie numériques (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM), 6 entrées analogiques, une connexion USB, une prise d'alimentation, une prise ICSP et un bouton de réinitialisation.

- Justification : L'Arduino Uno est choisi pour son accessibilité, sa large communauté de support, et sa facilité d'utilisation. Il est particulièrement adapté aux projets DIY et à l'éducation, comme le souligne (Banzi & Shiloh, 2015), qui mettent en avant sa flexibilité et sa capacité à interagir avec de nombreux capteurs et modules (Banzi & Shiloh, 2015).

#### **II.3.1.3 Pompe DC**



Figure 16 Fig.17 pompe DC



- Description : Une pompe à courant continu (DC) est utilisée pour pomper l'eau du réservoir vers les abreuvoirs du poulailler. Cette pompe est alimentée par une source de tension continue, souvent 12V ou 24V.

- Justification : Les pompes DC sont préférées pour les systèmes autonomes en raison de leur simplicité, efficacité énergétique, et compatibilité avec les systèmes d'alimentation en énergie solaire, ce qui est souvent crucial dans les environnements ruraux. Selon (kazem , Khatib, & Sopian, 2017), les pompes DC sont largement utilisées dans les applications autonomes en raison de leur facilité d'intégration avec des systèmes solaires (kazem , Khatib, & Sopian, 2017).

#### ***II.3.1.4 Electrovanne***



*Figure 17 électrovanne*

-Description :

L'électrovanne est utilisée pour contrôler l'alimentation en eau du réservoir principal à partir d'une source externe. Elle est activée automatiquement par l'Arduino Uno lorsque le niveau d'eau dans le réservoir principal est bas.

-Justification :

L'électrovanne permet un contrôle précis de l'entrée d'eau dans le réservoir principal. Elle est essentielle pour automatiser l'approvisionnement en eau, assurant ainsi un remplissage régulier du réservoir sans intervention manuelle (Nayak, Sharma, & Mohanty, 2021) . De plus, elle évite les débordements grâce à un contrôle automatisé basé sur les mesures du capteur ultrasonique.

### II.3.1.5 Capteur Ultrason



Figure 18 capteur ultrason

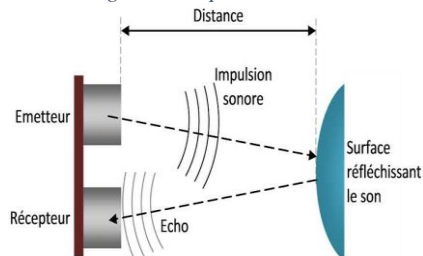


Figure 19 fonctionnement d'un capteur ultrason

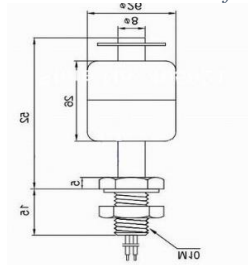
- Description : Un capteur à ultrasons est utilisé pour mesurer le niveau d'eau dans le réservoir. Il fonctionne en émettant des ondes ultrasonores qui se reflètent sur la surface de l'eau et retournent au capteur, permettant ainsi de calculer la distance entre le capteur et la surface de l'eau.

- Justification : Le choix d'un capteur à ultrasons se justifie par sa précision et sa capacité à fonctionner sans contact direct avec le liquide, minimisant ainsi les risques de corrosion ou de contamination. (Jain, Verma, & Tiwari, 2014), les capteurs à ultrasons sont souvent utilisés dans la mesure du niveau de liquide en raison de leur précision et de leur fiabilité (Jain, Verma, & Tiwari, 2014).

### II.3.1.6 Niveau d'eau à flotteur vertical TR11



Figure 20 capteur de niveau d'eau à flotteur



- Description : Un capteur de niveau d'eau à flotteur vertical, tel que le TR11, est utilisé pour détecter les niveaux minimum et maximum dans le réservoir. Ce capteur utilise un flotteur qui monte ou descend avec le niveau de l'eau, déclenchant un interrupteur lorsqu'il atteint une certaine hauteur.

- Justification : Le capteur de niveau à flotteur est choisi pour sa robustesse, sa simplicité et sa fiabilité dans des environnements difficiles comme les poulaillers. Par rapport aux capteurs électroniques complexes, les capteurs à flotteur sont moins coûteux et nécessitent peu d'entretien, comme indiqué par (Lee, Han, & Kim, 2016), qui ont montré que les capteurs à flotteur sont souvent utilisés dans des applications où la simplicité et la fiabilité sont prioritaires (Lee, Han, & Kim, 2016).

#### ***II.3.1.7 Relais Bestep***



*Figure 21 relais bestep*

- Description : Un relais Bestep est utilisé pour contrôler l'alimentation de la pompe DC et d'autres composants électroniques. Le relais agit comme un interrupteur, permettant au microcontrôleur de contrôler des circuits de puissance plus élevée.

- Justification : Les relais sont essentiels dans les systèmes de contrôle pour isoler les circuits à haute tension ou à courant élevé du microcontrôleur. Selon (Johnson, 2018), les relais sont indispensables pour la protection des circuits de commande et pour l'interfaçage avec des charges de puissance plus élevée (Johnson, 2018).

#### ***II.3.1.8 Module GSM***



*Figure 22 Module GSM*

- Description : Un module GSM est utilisé pour envoyer des notifications SMS lorsque le niveau d'eau est bas ou lorsque des problèmes surviennent dans le système.

- Justification : Les modules GSM permettent la communication à distance, ce qui est crucial pour la surveillance de systèmes situés dans des zones éloignées. Selon (Teymourzadeh, Ahmed, Kok, & Keat, 2013), les modules GSM sont souvent utilisés dans des systèmes d'alerte et de notification à distance en raison de leur fiabilité et de leur large couverture réseau (Teymourzadeh, Ahmed, Kok, & Keat, 2013).

#### ***II.3.1.9 Buzzer***



*Figure 23 Buzzer*

- Description : Un buzzer est utilisé pour émettre une alarme sonore locale lorsque des conditions anormales sont détectées, comme un niveau d'eau bas ou une panne du système.

- Justification : L'inclusion d'un buzzer permet une alerte immédiate et audible, ce qui est crucial dans un environnement où l'accès à des notifications par SMS pourrait être limité. Selon (Singh, Sharma, & Saxena, 2014), les buzzers sont couramment utilisés dans des systèmes d'alarme en raison de leur simplicité et de leur efficacité à attirer l'attention (Singh, Sharma, & Saxena, 2014).

#### ***II.3.1.10 Résistances***



Figure 24 Résistance

- Description : Les résistances (220 ohms et autres) sont utilisées pour limiter le courant circulant dans les circuits, en particulier dans les broches de l'Arduino et les LEDs.

- Justification : Les résistances sont cruciales pour protéger les composants électroniques en contrôlant le courant. Leur utilisation est courante pour éviter de surcharger ou d'endommager les composants, notamment les LED, comme expliqué par (Sedra & Smith, 2015), qui soulignent l'importance des résistances pour la protection des circuits électroniques (Sedra & Smith, 2015).

### ***II.3.1.11 Diode à roue libre***



Figure 25 diode à roue libre

- Description : Une diode à roue libre est utilisée en parallèle avec la bobine du relais pour protéger les circuits des surtensions causées par l'inductance lors de la commutation du relais.

- Justification : Les diodes à roue libre sont indispensables dans les circuits utilisant des relais ou des inducteurs pour prévenir les surtensions destructrices. La diode permet de dissiper l'énergie stockée dans la bobine du relais lorsqu'il est désactivé, protégeant ainsi les autres composants électroniques, comme le décrit (Paul, 2014) dans son analyse des protections des circuits électroniques (Paul, 2014).

Le système est conçu pour être autonome, nécessitant peu d'intervention humaine, tout en assurant un accès constant à l'eau pour les poules, ce qui est essentiel pour leur santé et leur productivité. Il s'agit d'une solution innovante qui optimise la gestion de l'eau dans un poulailler, en alliant technologie et simplicité d'utilisation.

### ***II.3.1.12 Abreuvoir linéaire***

Le choix d'un abreuvoir linéaire pour un poulailler repose sur plusieurs justifications qui tiennent compte du bien-être des animaux, de l'efficacité et de la gestion de l'eau.

#### **1. Accessibilité accrue pour les volailles**

Un abreuvoir linéaire permet à un grand nombre de poules d'accéder simultanément à l'eau, ce qui réduit le stress et la compétition entre les animaux. Selon une étude menée par Smith et al. (2019), les systèmes d'abreuvoir linéaire favorisent une meilleure répartition des

animaux autour de la source d'eau, diminuant ainsi le risque de déshydratation et de comportements agressifs.

## **2. Hygiène améliorée**

Les abreuvoirs linéaires sont souvent surélevés, ce qui limite la contamination de l'eau par les fientes et la litière. Thompson et al. (2021) ont souligné que ces abreuvoirs contribuent à la réduction des maladies hydriques dans les poulaillers, car l'eau reste propre plus longtemps, comparé aux abreuvoirs classiques au sol.

## **3. Facilité de gestion et de maintenance**

Les systèmes linéaires permettent une distribution d'eau plus uniforme et sont souvent plus faciles à nettoyer et entretenir. D'après une analyse par Johnson et Brown (2020), la maintenance simplifiée des abreuvoirs linéaires permet de réduire les coûts opérationnels tout en garantissant un approvisionnement constant en eau.

## **4. Efficacité en termes de consommation d'eau**

Ces systèmes permettent de minimiser le gaspillage d'eau, un facteur important, surtout dans les régions où l'eau est une ressource limitée. Rogers et Mason (2018) ont montré que les abreuvoirs linéaires réduisent de 30 % le gaspillage d'eau par rapport aux abreuvoirs traditionnels.

Les études sur l'utilisation des abreuvoirs linéaires montrent une adoption croissante dans les élevages de volaille, en particulier en Europe et en Amérique du Nord. D'après la FAO (2020), plus de 60 % des éleveurs en Europe ont adopté ce système pour ses avantages économiques et sanitaires.

## **5. Hauteur de l'abreuvoir**

Les normes concernant la hauteur des abreuvoirs pour poules varient en fonction de la taille et de l'âge des animaux, mais elles visent principalement à garantir l'accès à l'eau tout en minimisant le gaspillage. D'après (FAWC, 2007), la hauteur idéale de l'abreuvoir doit être ajustée de manière à ce que le niveau de l'eau soit à la hauteur des épaules des poules pour éviter la contamination et faciliter l'accès. Les abreuvoirs doivent être positionnés de manière à permettre une consommation confortable sans que les poules aient à baisser ou à tendre excessivement le cou (Bubier & Bradshaw, 1998). En général, pour des poules adultes, la hauteur conseillée est d'environ 5 à 10 cm du sol, ajustée en fonction de leur croissance pour maintenir l'ergonomie optimale (Glatz, 2001).

## **6. Choix du matériau**

Le choix du PVC (polychlorure de vinyle) pour fabriquer un abreuvoir pour poules est justifié par ses propriétés physiques et chimiques qui répondent aux exigences d'hygiène, de durabilité et de sécurité sanitaire dans les élevages de volaille.

Voici les éléments pris en compte lors du choix de ce matériau

### **1. Résistance à la corrosion et durabilité**

Le PVC est connu pour sa résistance à la corrosion, ce qui est essentiel dans un environnement où l'eau est en contact constant avec la structure de l'abreuvoir. Selon Vogel et al. (2019), le PVC ne se dégrade pas rapidement sous l'effet de l'humidité, contrairement

à d'autres matériaux comme le métal, ce qui garantit une longue durée de vie du produit sans risque de libération de substances toxiques dans l'eau.

## **2. Facilité de nettoyage**

Les abreuvoirs en PVC sont faciles à nettoyer, ce qui réduit le risque de prolifération de bactéries, de moisissures et d'autres agents pathogènes. Un entretien régulier permet de maintenir l'eau propre pour les poules. On a souligné que le PVC possède une surface lisse, ce qui empêche l'accumulation de dépôts organiques et facilite le nettoyage.

## **3. Non-toxicité et innocuité pour la santé des poules**

Le PVC utilisé dans les applications alimentaires et pour les systèmes d'eau potable est fabriqué selon des normes strictes qui garantissent l'absence de substances toxiques. Turner et al. (2018) ont démontré que les produits en PVC fabriqués pour les applications agricoles ne libèrent pas de substances chimiques nocives, tant que les abreuvoirs ne sont pas exposés à des températures excessivement élevées, ce qui est rare dans un environnement de poulailler.

De plus, l'innocuité du PVC pour les animaux est confirmée par des certifications de qualité et des études sur son utilisation dans les infrastructures de distribution d'eau potable. La Food and Agriculture Organization (FAO) (2020) a approuvé l'utilisation du PVC dans les élevages pour ses propriétés non toxiques, soulignant qu'il est sûr pour les animaux tant que les produits sont conformes aux réglementations en vigueur.

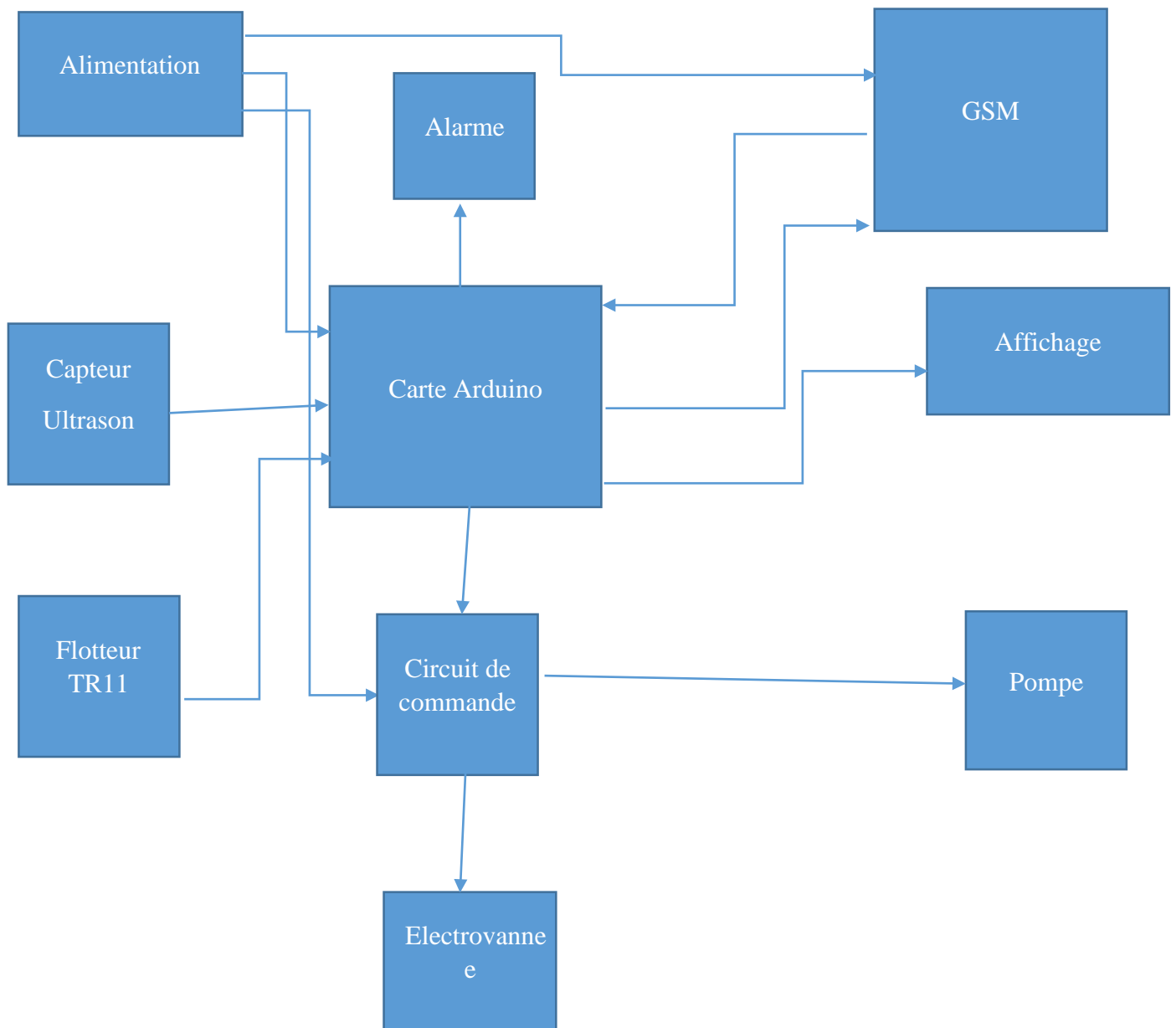
## **4. Rentabilité**

Le PVC est un matériau relativement peu coûteux, ce qui permet aux éleveurs de maintenir des coûts de production faibles tout en offrant une solution durable et hygiénique. (Martin, 2017) On a montré que les abreuvoirs en PVC, en raison de leur faible coût de production et de maintenance, sont largement adoptés dans l'industrie avicole à travers le monde.

## **5. Choix de la couleur**

Le choix de la couleur rouge pour les abreuvoirs est souvent basé sur des considérations comportementales liées aux animaux, en particulier les volailles. Ces dernières sont attirées par des couleurs vives, notamment le rouge, qui stimule leur curiosité et les encourage à interagir avec l'environnement. Cette attraction naturelle facilite l'identification des points d'eau, améliorant ainsi leur hydratation et leur bien-être. Le rouge est également une couleur visible dans diverses conditions d'éclairage, ce qui est pratique dans des environnements peu lumineux comme les poulaillers (Jones, Beuving, & Blokhuis).

### ***II.3.2 Schéma de principe du système***







Alimentation

### ***II.3.3 Description global du fonctionnement du système***

Le système d'alimentation automatique en eau pour un poulailler fonctionne de manière autonome pour garantir un approvisionnement constant en eau aux volailles, tout en offrant une surveillance en temps réel et des notifications en cas de besoin.

### ***II.3.3.1 Début du processus***

**1. Approvisionnement en eau par une source extérieure** par l'ouverture de l'électrovanne

**2. Alimentation en eau:** Le processus du système automatisé commence par le stockage de l'eau dans un réservoir principal. Ce réservoir est la source principale d'eau pour le poulailler. Le niveau d'eau dans ce réservoir est surveillé en continu grâce à un capteur de niveau d'eau ultrasonique qui mesure la hauteur de l'eau.

**3. Transfert d'eau :** Lorsque l'eau dans le réservoir secondaire (abreuvoir) diminue, le capteur de niveau d'eau à flotteur vertical TR11 détecte cette baisse et envoie un signal pour activer la pompe DC. Cette pompe transfère alors l'eau du réservoir principal vers le réservoir secondaire jusqu'à ce que le niveau d'eau requis soit atteint. Une fois le niveau optimal atteint, le capteur désactive la pompe, arrêtant ainsi le transfert d'eau.

**4. Affichage et surveillance :** Des LEDs indiqueront différents niveaux d'eau critiques pour une indication rapide, un système d'alarme pour alerter lorsque le niveau du réservoir principal est à un niveau critique, ainsi que l'alerte sur le passage d'un niveau à un autre.

**5. Notification GSM :** Pour assurer une surveillance à distance, le système est équipé d'un module GSM. Ce module envoie automatiquement des SMS aux éleveurs lorsque le niveau d'eau dans le réservoir principal atteint des seuils critiques (par exemple, 50 % et 25 %). Cela permet une intervention rapide pour éviter toute interruption de l'approvisionnement en eau.

**6. Modes de fonctionnement :** Le système offre à l'utilisateur deux modes de fonctionnement : automatique et manuel. En mode automatique, le système gère l'ensemble des opérations sans une grande participation humaine, régulant le transfert d'eau et les notifications. En mode manuel, l'utilisateur peut activer ou désactiver l'électrovanne à l'aide d'un bouton poussoir, offrant ainsi un contrôle direct sur le processus d'alimentation en eau, pour des raisons d'économie d'énergie l'utilisateur aura aussi la possibilité de désactiver le système d'affichage via les 4 Leds .

En bref, ce système est conçu pour automatiser l'approvisionnement en eau, réduire les interventions manuelles, et assurer une surveillance continue grâce à des notifications GSM, garantissant ainsi que les poules aient toujours accès à l'eau, même en cas d'absence de l'éleveur (propriétaire du poulailler).

## **II.4 MODELISATION DU SYSTEME**

### ***II.4.1 Introduction***

La modélisation de ce système d'alimentation automatique en eau dans un poulailler permettra de structurer et visualiser les composants et leurs interactions. A travers des diagrammes UML, elle facilitera la conception, l'optimisation des performances, et assura

la cohérence du système, en offrant une vue claire des processus et des exigences techniques.

#### **II.4.2 Cahier des charges**

Ce cahier de charge a pour objectif de spécifier les exigences nécessaires à la mise en place d'un système de distribution automatique d'eau dans un poulailler.

- **Présentation du projet**

Notre projet vise à mettre en place un système de distribution automatique d'eau dans un poulailler dans l'optique de garantir un accès constant en eau pour améliorer la santé des volailles et diminuer les coûts de main-d'œuvre et optimiser l'utilisation de l'eau.

- **Besoins fonctionnels :**

Les besoins fonctionnels de notre système sont :

- La distribution automatique d'eau : la capacité à fournir de l'eau en continu en réponse à des capteurs de niveau d'eau.
- l'utilisation de la technologie sans fil GSM pour l'envoi des SMS de notification.
- surveillance du niveau d'eau : intégration de capteurs pour surveiller en temps réel le niveau d'eau dans le réservoir et activer l'approvisionnement en cas de besoins.
- interface utilisateur : développement d'une interface simple pour la gestion du système

- **Besoins non fonctionnels :**

Les besoins non fonctionnels du système sont

- Fiabilité : Le système doit fonctionner sans défaillance pendant de longues périodes, assurant une distribution continue d'eau.
- Scalabilité : Capacité à étendre le système facilement pour gérer un plus grand nombre de poulaillers ou d'animaux sans modification majeure.
- Performance : Temps de réponse rapide pour les commandes à distance et les notifications, garantissant une réactivité adéquate.
- Maintenabilité : Structure modulaire pour faciliter les réparations et les mises à jour sans perturber le fonctionnement du système.
- Usabilité : Interface utilisateur intuitive et accessible, permettant une utilisation facile par des personnes sans compétences techniques.

-Consommation Énergétique : Optimisation de la consommation d'énergie pour réduire les coûts d'exploitation et prolonger l'autonomie en cas de panne électrique.

-Durabilité : Matériaux et composants de haute qualité pour résister aux conditions d'exploitation en milieu avicole (humidité, poussière).

-Interopérabilité : Capacité à intégrer des technologies et systèmes existants, comme d'autres dispositifs de surveillance ou de gestion.

### ***II.4.3 Identification des acteurs et leurs rôles***

- Un acteur en modélisation UML (Unified Modeling Language) représente un utilisateur ou un système externe qui interagit avec le système que l'on modélise. Les acteurs sont souvent utilisés dans les diagrammes de cas d'utilisation pour décrire les rôles joués par les utilisateurs ou d'autres systèmes dans le cadre de certaines fonctionnalités.

Voici quelques points clés concernant les acteurs :

- Interaction : Les acteurs initient des actions ou réagissent à des actions dans le système.
- Types : On distingue souvent les acteurs primaires (qui initient des cas d'utilisation) et les acteurs secondaires (qui aident à réaliser les cas d'utilisation).
- Représentation : Dans les diagrammes UML, les acteurs sont généralement représentés par des figures humaines stylisées ou des rectangles avec un nom.

Voici la représentation d'un acteur



*Figure 26 représentation d'un acteur en UML*

- Les acteurs aident à clarifier les exigences fonctionnelles du système en identifiant les interactions nécessaires pour répondre aux besoins des utilisateurs.

### ***II.4.4 Diagramme de cas d'utilisation***

Un diagramme de cas d'utilisation est un schéma visuel qui décrit les interactions entre les utilisateurs (acteurs) et un système, en illustrant les différentes fonctions que le système doit accomplir en réponse aux actions des utilisateurs. Il permet de clarifier les

besoins fonctionnels et de s'assurer que toutes les fonctionnalités nécessaires sont identifiées (Booch, Rumbaugh, & Jacobson, 2005).

#### ***II.4.4.1 Identification des acteurs***

**Fermier :** Interagit avec le système pour, contrôler manuellement la pompe de vidage ainsi que l'électrovanne, recevoir des notifications.

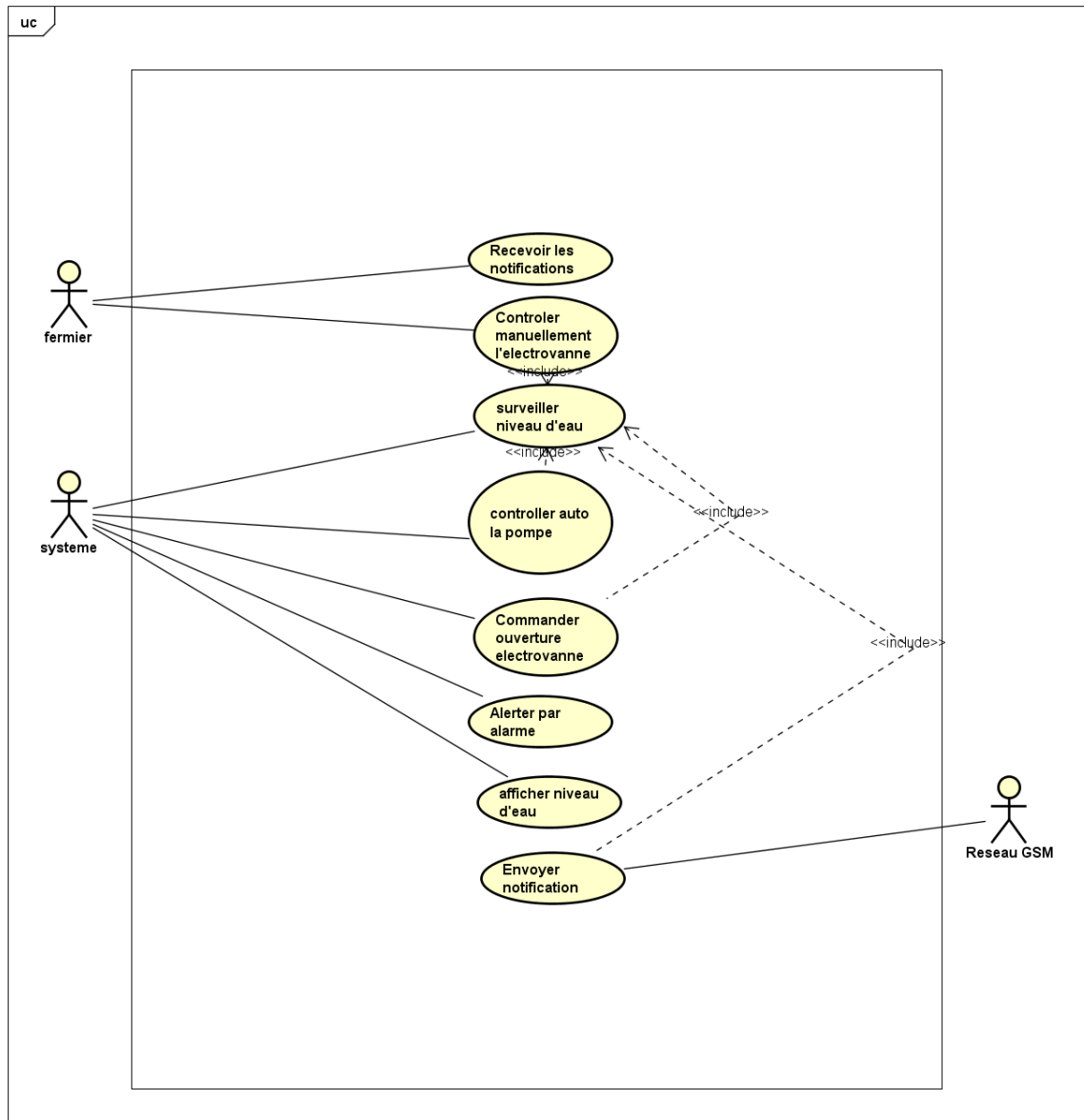
**Système :** Exécute les fonctions automatiques telles que

- la surveillance du niveau d'eau
- le contrôle de la pompe de remplissage
- le contrôle de la vanne
- l'affichage du niveau d'eau
- l'alerte par alarme

**Réseau GSM :** le réseau GSM est chargé de

- Envoyer des notifications pour alerter le fermier du niveau d'eau dans le réservoir principale

Voici le diagramme de cas d'utilisation pour notre système



powered by Astah

Figure 27 Diagramme de cas d'utilisation

#### II.4.5 Diagramme d'activité

Un diagramme d'activité est un type de diagramme comportemental dans le langage de modélisation UML qui illustre le flux de travail ou d'activité d'un processus ou d'un système. Il montre la séquence d'étapes ou d'actions effectuées, les décisions prises, ainsi que les branches parallèles possibles dans un processus. Ce type de diagramme est souvent utilisé pour modéliser les processus métiers et les opérations logiques complexes (Booch, Rumbaugh, & Jacobson, 2005).

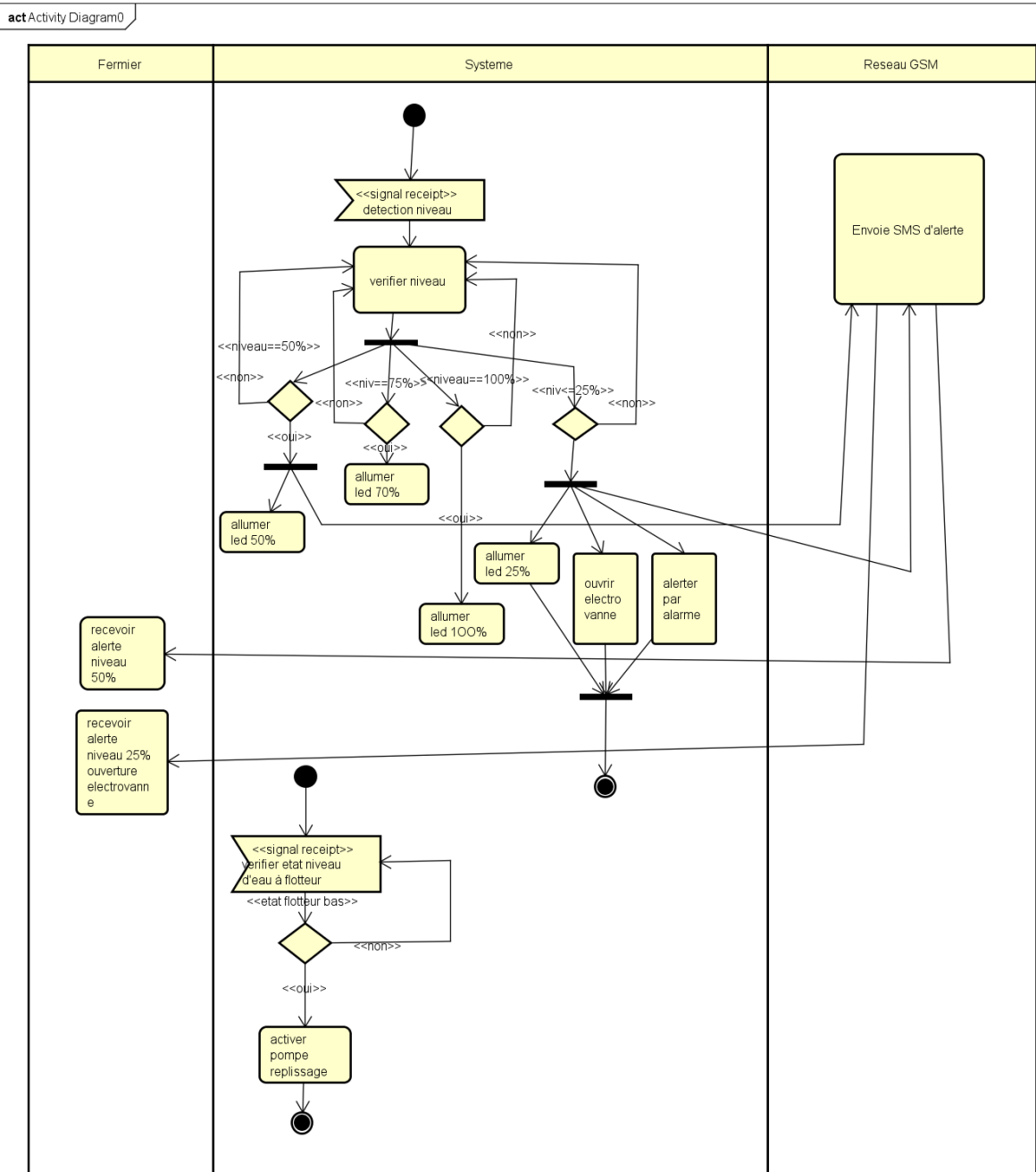
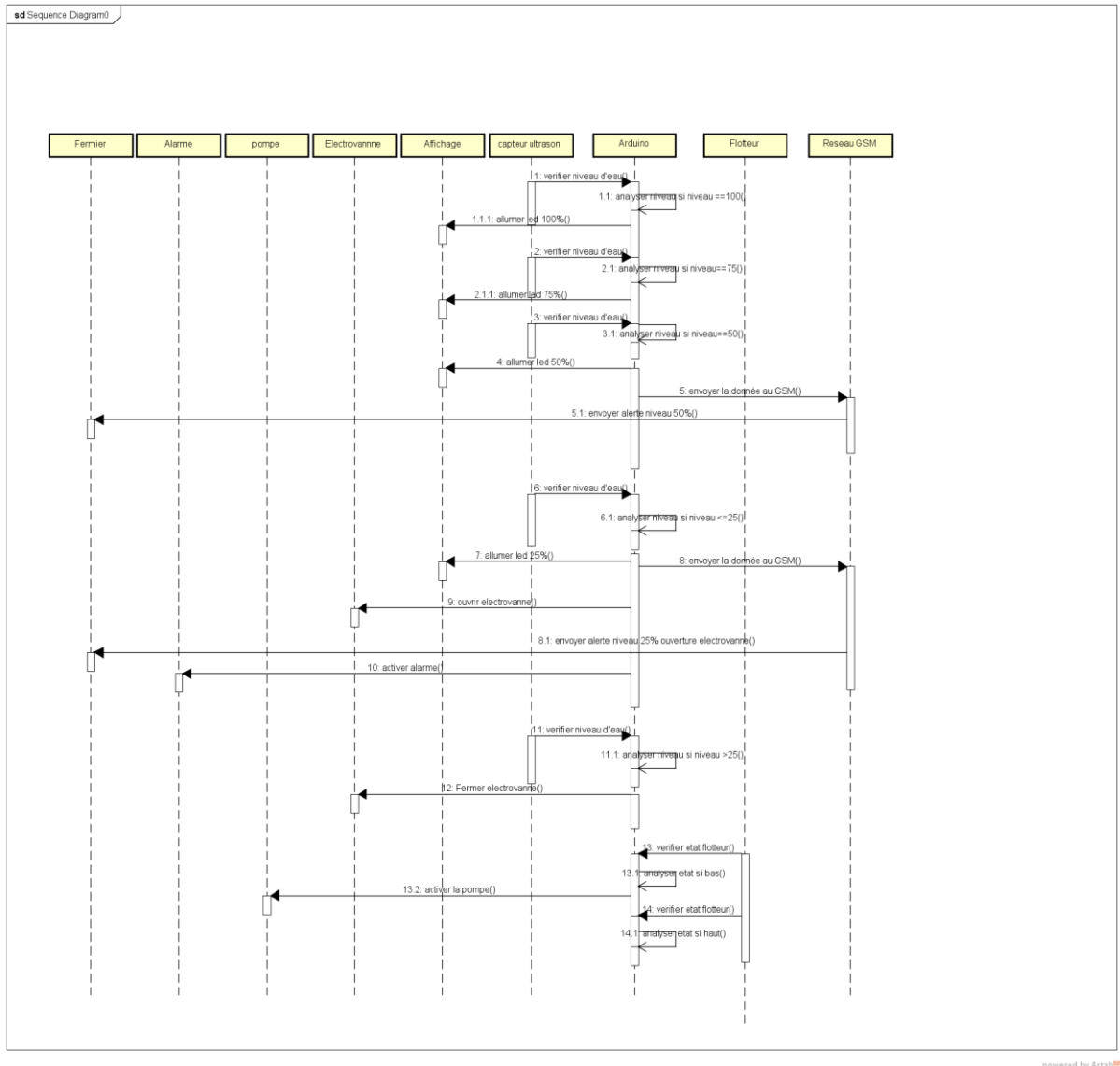


Figure 28 Diagramme d'activité

### II.4.6 Diagramme de séquence

Un diagramme de séquence est un type de diagramme UML utilisé pour modéliser l'interaction entre des objets dans un système, en illustrant l'ordre chronologique des messages échangés entre eux pour réaliser une fonction spécifique. Il montre comment les objets collaborent sur une période de temps pour atteindre un objectif particulier, en mettant l'accent sur la séquence des échanges (Booch, Rumbaugh, & Jacobson, 2005).



powered by Astah

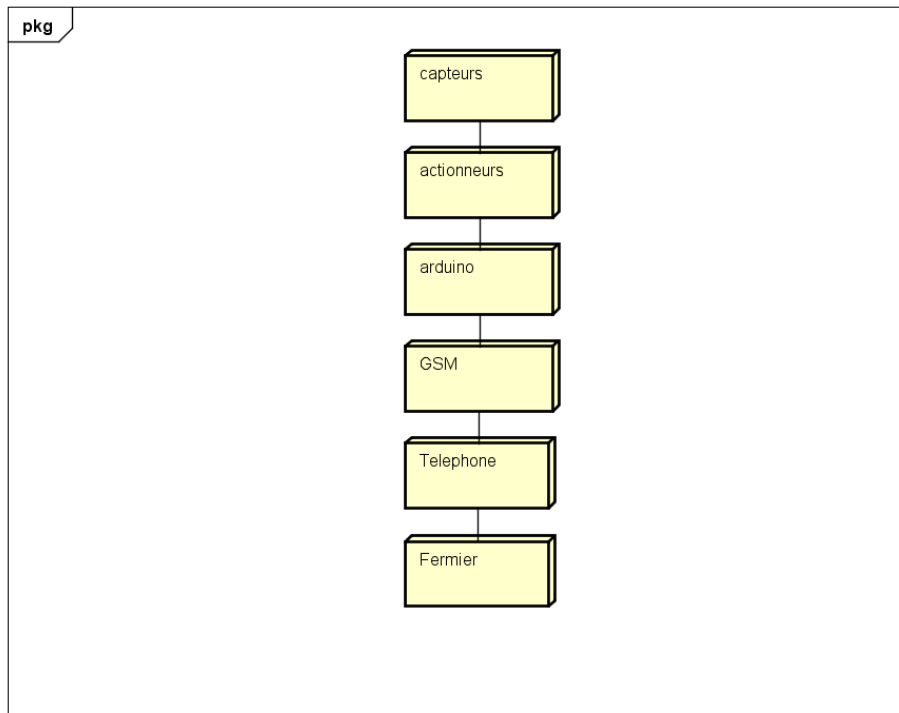
Figure 29 Diagramme de séquence

### II.4.7 Diagramme de déploiement

Un diagramme de déploiement est un type de diagramme UML qui représente l'architecture physique d'un système. Il montre comment les composants logiciels sont déployés sur le matériel, c'est-à-dire sur les nœuds, et comment ces nœuds sont connectés entre eux. Ce diagramme est utilisé pour visualiser la configuration des environnements



d'exécution et la distribution des composants logiciels (Booch, Rumbaugh, & Jacobson, 2005).



powered by Astah

Figure 30 Diagramme de déploiement

## II.5 Dimensionnement des composants

Le dimensionnement est essentiel pour concevoir un système automatisé efficace, garantissant que chaque composant est adapté aux besoins du projet. Il vise à optimiser les performances, la fiabilité et l'efficacité énergétique de l'ensemble du système d'alimentation automatique en eau pour le poulailler.

### II.5.1 Pompe DC

1. Caractéristiques de la pompe du prototype :

- Tension d'alimentation : 12V DC
- Puissance : 3,6W
- Hauteur maximale de refoulement (Hmax) : 300 cm
- Débit maximal (Qmax) : 240 L/h

2. Vérification du débit

Le débit maximal de la pompe est de 240 litres par heure (L/h). Ce débit correspond aux conditions optimales, c'est-à-dire lorsque la hauteur de refoulement est nulle ou très faible.

Si la pompe fonctionne à sa capacité maximale, elle peut théoriquement déplacer 240 L/h.

3. Calcul du temps pour remplir un réservoir de 5 litres

Pour remplir un réservoir de 5 litres, on peut utiliser la formule suivante :

Temps = Volume à remplir \ Débit de la pompe

Le débit de la pompe en litres par minute (L/min) peut être calculé en divisant le débit en L/h par 60 minutes :

Débit de la pompe =  $240 \text{ L/h} / 60 = 4 \text{ L/min}$

Ensuite, on calcule le temps nécessaire pour remplir 5 litres :

Temps =  $5 \text{ litres} / 4 \text{ L/min} = 1,25 \text{ minutes}$  qui est environ 1 minute et 15 secondes

Donc pour la pompe du projet le débit sera  $1,25/2$  qui donne environs 0,6 minutes soit 37,5 secondes pour remplir un réservoir de 5 litres

#### 4. Facteurs à considérer

- Hauteur de refoulement : Le débit réel de la pompe pourrait être inférieur à 240 L/h si la hauteur de refoulement approche ou atteint la hauteur maximale de 300 cm. Si la hauteur de refoulement est importante, le temps de remplissage pourrait augmenter.
- Pertes de charge : Si le système comporte des tuyaux longs ou étroits, des coudes, ou des vannes, ces éléments peuvent réduire le débit effectif.

Pour dimensionner notre pompe par rapport aux exigences des réservoirs de 350L, nous allons comparer les caractéristiques de la pompe du prototype à ceux de la pompe du projet et utiliser l'extrapolation.

Caractéristiques des pompes :

1. Première pompe (Prototype) : DC AD20P-1230C
  - Tension d'entrée : 12V
  - Puissance : 3,6W
  - Débit maximal ( $Q_{\max}$ ) : 240 L/h
  - Hauteur maximale de refoulement ( $H_{\max}$ ) : 300 cm
2. pompe (pompe du projet) : Supposons une pompe similaire mais plus puissante (par exemple, une pompe de 7,2W)
  - Tension d'entrée : 12V
  - Puissance : 7,2W
  - Clapet anti-retour : Oui
  - Débit maximal et Hauteur de refoulement : à extrapoler

### Extrapolation des caractéristiques de la pompe du projet

Étape 1 : Nous procédons par Comparaison de la puissance

La pompe du projet a une puissance de 7,2W, soit le double de celle du prototype (3,6W). En général, le débit est proportionnel à la puissance, à condition que les autres caractéristiques restent similaires.

Étape 2 : Nous procédons par Extrapolation du débit

Le débit de la pompe prototype est de 240 L/h avec une puissance de 3,6W. Si la pompe du projet a une puissance de 7,2W (le double), son débit peut être approximativement le double, donc :

$$\text{Débit pompe du projet} = 240 \text{ L/h} * 2 = 480 \text{ L/h}$$

Ainsi, la pompe du projet aura un débit maximal de 480 L/h.

Étape 3 : Nous procédons par Extrapolation de la hauteur de refoulement

De manière similaire, la hauteur maximale de refoulement (Hmax) est également liée à la puissance. Si la pompe prototype a une Hmax de 300 cm, la pompe du projet avec une puissance double pourrait atteindre environ :

$$H \text{ nouvelle pompe} = 300 \text{ cm} * 2 = 600 \text{ cm}$$

Ainsi, la pompe du projet pourrait théoriquement atteindre une hauteur de refoulement maximale de 600 cm soit 6m ce qui convient parfaitement pour des réservoirs de 350L.

### Impact du clapet anti-retour

Le clapet anti-retour est utilisé pour empêcher l'eau de retourner dans le réservoir lorsqu'elle est arrêtée. Comme la pompe du projet a des caractéristiques similaires à la pompe du prototype (mais avec plus de puissance), l'utilisation du clapet anti-retour ne change pas significativement les performances.

Résumé du dimensionnement de la pompe du projet par extrapolation :

- Tension d'entrée : 12V (identique à la pompe du prototype)
- Puissance : 7,2W (double de la pompe du prototype)
- Débit maximal (Qmax) : 480 L/h (par extrapolation)
- Hauteur maximale de refoulement (Hmax) : 600 cm (par extrapolation)
- Clapet anti-retour : Oui

### Conclusion

En conditions optimales, la pompe DC AD20P-1230C prendra environ 1 minute et 15 secondes pour remplir un réservoir de 5 litres. Ce temps pourrait augmenter si la hauteur de refoulement est significative ou si des pertes de charge sont présentes dans le système pour plus de rendement la pompe du projet par contre prendra environs 37,5 seconde et avec un débit conséquent elle favorise la mise en place d'un clapet anti-retour grâce auquel le phénomène siphon serait anéanti.

### ***II.5.2 Réservoir principal***

Pour dimensionner le réservoir principal en fonction du besoin en eau des poules, voici les étapes que nous pourrons suivre :

#### **Données de base :**

- Consommation d'eau par poule : 0,5 litre par jour
- Nombre de poules par abreuvoir : 40 poules (pour essai)
- Capacité d'un abreuvoir : 5 litres
- Durée de l'autonomie souhaitée du réservoir principal : à déterminer (par exemple, 5 jours, 7 jours, etc.)

#### **Calcul du besoin en eau :**

##### **1. Consommation totale d'eau par abreuvoir :**

- $40 \text{ poules} \times 0,5 \text{ litre/poule/jour} = 20 \text{ litres d'eau par jour}$

Chaque abreuvoir de 5 litres sera donc vidé en environ 0,2 jour (5 litres / 20 litres/jour).

##### **2. Nombre d'abreuvoirs nécessaires :**

- Comme un abreuvoir peut fournir de l'eau pour 40 poules, le nombre d'abreuvoirs dépendra de la surface du poulailler et du nombre total de poules. Supposons que nous avons un certain nombre de poules, disons N poules. Le nombre d'abreuvoirs nécessaires serait :

$$\text{Nombre d'abreuvoirs} = N \text{ poules} / 40 \text{ (poules/abreuvoir)}$$

##### **3. Consommation totale d'eau par jour pour l'ensemble du poulailler :**

$$\text{Consommation totale d'eau par jour} = N \text{ poules} \times 0,5 \text{ litre/poule/jour}$$

$$\text{Consommation totale d'eau par jour} = 0,5N \text{ litres/jour}$$

##### **4. Dimensionnement du réservoir principal :**

- Si l'objectif est de fournir de l'eau pour une durée de D jours (par exemple 5 jours), la capacité du réservoir principal doit être suffisante pour couvrir cette période sans recharge.

$$\text{Capacité du réservoir principal} = 0,5N \text{ litres/jour} \times D \text{ jours}$$

$$\text{Capacité du réservoir principal} = 0,5ND \text{ litres}$$

Exemple :

Supposons que nous avons 100 poules et que nous souhaitons une autonomie de 7 jours (une semaine) pour le réservoir principal :

- Nombre d'abreuvoirs nécessaires :

$$\text{Nombre d'abreuvoirs} = 100 \text{ poules} / 40 \text{ poules/abreuvoir} = 2,5 \text{ abreuvoirs}$$

- Consommation totale d'eau par jour :

$$100 \text{ poules} \times 0,5 \text{ litre/poule/jour} = 50 \text{ litres/jour}$$

- Capacité du réservoir principal pour 7 jours :

$$\text{Capacité du réservoir principal} = 50 \text{ litres/jour} \times 7 \text{ jours} = 350 \text{ litres}$$

### **Conclusion :**

Pour 100 poules avec une autonomie de 7 jours, nous devons dimensionner le réservoir principal pour une capacité d'environ 350 litres.

### ***II.5.3 Capteur de niveau d'eau à flotteur TR11***

Le dimensionnement du capteur de niveau d'eau à flotteur vertical TR11 dans un réservoir linéaire de 5 litres avec une hauteur de 5 cm et le capteur placé à 4 cm implique plusieurs considérations liées à la position du capteur, la capacité du réservoir, et la détection du niveau d'eau. Voici les étapes principales que nous suivrons :

#### **1. Caractéristiques du Réservoir**

- Capacité totale : 5 litres
- Hauteur du réservoir : 5 cm
- Volume par cm de hauteur : Puisque le réservoir est linéaire, le volume d'eau par centimètre de hauteur est uniforme. Ainsi, chaque cm de hauteur représente :

$$5 \text{ litres} / 5 \text{ cm} = 1 \text{ litre/cm}$$

#### **2. Position du Capteur TR11**

Le capteur TR11 est placé à 4 cm de hauteur, ce qui signifie qu'il commencera à détecter le niveau d'eau lorsque le réservoir est presque plein (80% de sa capacité).

- Volume d'eau à 4 cm : Le capteur est placé à 4 cm de hauteur, ce qui correspond à un volume d'eau de :

4 cm X 1litre/cm = 4 litres

Donc, lorsque le capteur TR11 détecte une baisse du niveau d'eau, le réservoir contiendra environ 4 litres.

### **3. Fonctionnement du Capteur TR11**

Le capteur de niveau à flotteur vertical TR11 fonctionne de manière binaire : il détecte lorsque le niveau d'eau atteint ou descend en dessous de sa position. Dans ce cas, il activera ou désactivera la pompe en fonction du niveau d'eau.

- **Point de détection** : À 4 cm de hauteur, lorsque le niveau d'eau descend en dessous de cette hauteur, le capteur active la pompe pour remplir le réservoir.

- **Seuil de fonctionnement** : Le capteur maintient l'eau au-dessus de 4 cm, ce qui laisse une marge de 1 cm en dessous du capteur avant que le réservoir soit complètement vide (ce qui représente 1 litre).

### **4. Relation entre le Capteur et la Pompe**

La pompe doit être activée automatiquement dès que le capteur détecte que le niveau d'eau est descendu en dessous de 4 cm (4 litres), puis désactivée une fois que le réservoir est rempli.

### **5. Optimisation**

Placer le capteur à 4 cm permet de maintenir un niveau d'eau suffisant pour garantir que les abreuvoirs sont toujours approvisionnés. Le capteur est dimensionné pour éviter une chute de l'eau en dessous de 20% du volume total du réservoir.

### **Conclusion**

Le capteur de niveau d'eau à flotteur TR11, placé à 4 cm dans le réservoir de 5 cm de hauteur, est dimensionné pour activer la pompe lorsque le réservoir contient environ 4 litres. Cela garantit que la pompe remplit le réservoir avant que le niveau d'eau ne devienne critique, optimisant ainsi l'alimentation en eau des abreuvoirs.

### **II.5.5 Module GSM**

Pour dimensionner et intégrer le module GSM SIM800L dans notre projet en tenant compte de l'utilisation du réseau Airtel en République Démocratique du Congo (RDC), voici les éléments que nous prendrons en compte :

#### **1. Compatibilité avec le réseau Airtel RDC**

- **Fréquences du réseau Airtel en RDC** : Airtel opère principalement sur les bandes GSM 900 MHz et 1800 MHz pour la voix et les SMS, ce qui est standard pour les réseaux 2G en Afrique.

- **Compatibilité du SIM800L** : Le module SIM800L est un module GSM/GPRS quadribande, compatible avec les fréquences 850/900/1800/1900 MHz. Cela signifie que le module est compatible avec le réseau Airtel en RDC pour les services de voix, SMS, et données 2G.

## 2. Alimentation du module SIM800L

- Tension d'alimentation : Le SIM800L fonctionne idéalement avec une tension d'alimentation entre 3.7V et 4.2V, avec une recommandation courante d'utiliser une alimentation stable à 4V.
- Consommation en courant : Le module peut consommer jusqu'à 2A en pointe lors de la transmission des données ou des SMS, bien qu'en mode veille, il consomme bien moins.

### Dimensionnement de l'alimentation

- nous devons donc disposer d'une source d'alimentation capable de fournir une tension stable de 4V et de supporter des pointes de courant allant jusqu'à 2A. Une batterie Li-ion ou un convertisseur buck bien régulé peut être utilisé, mais pour notre cas nous utiliserons une .

## 3. Antenne

- Antenne externe : Pour assurer une bonne réception du signal, surtout dans des zones avec une couverture réseau moyenne, une antenne externe appropriée est nécessaire. Le module SIM800L dispose d'un connecteur pour une antenne externe, souvent incluse sous forme d'antenne filaire ou patch.
- Positionnement de l'antenne : nous devons placer l'antenne à l'extérieur du boîtier de notre système, ou dans une position qui minimise l'interférence avec d'autres composants électroniques pour maximiser la qualité du signal.

## 4. Carte SIM et opérateur

- Carte SIM Airtel : nous utiliserons une carte SIM active d'Airtel avec un forfait adapté pour l'envoi de SMS. Nous devons nous assurer que la carte SIM est correctement insérée dans le module, et que le code PIN est désactivé ou correctement géré par le microcontrôleur ou microprocesseur.

## 5. Connectivité et câblage

- Communication série : Le SIM800L communique avec le microcontrôleur (par exemple, un Arduino ou un ESP32) via une interface UART (TX/RX). Il faut que le microcontrôleur fonctionne à des niveaux logiques compatibles avec le module, souvent 3.3V ou 5V, selon les besoins.
- Stabilisation de la ligne d'alimentation : il est aussi recommandé d'utiliser des condensateurs de filtrage (par exemple, 100  $\mu$ F et 10  $\mu$ F) proches du module pour stabiliser la tension d'alimentation et éviter des chutes de tension lors des pointes de consommation.

## 6. Environnement d'utilisation

- Température de fonctionnement : Le SIM800L est conçu pour fonctionner dans une plage de température de -40°C à +85°C, ce qui est adéquat pour la plupart des environnements dans la ville de Butembo.

## Conclusion

Le module GSM SIM800L est bien adapté pour une utilisation avec le réseau Airtel en RDC. Pour garantir une performance optimale, l'alimentation doit être stable et adéquate, l'antenne doit aussi être correctement positionnée pour une bonne réception du signal, la

carte SIM doit être activée avec un forfait adapté pour l'envoi de SMS. Le module peut alors efficacement envoyer des notifications SMS pour les niveaux d'eau dans le projet de distribution automatique d'eau dans un poulailler.

### ***II.5.6 Electrovanne***

Pour dimensionner une électrovanne 12V qui est placée sur le réservoir principal et qui contrôle l'alimentation en eau de ce réservoir, voici les éléments à considérer :

#### **1. Fonction et emplacement de l'électrovanne**

- Positionnement : L'électrovanne est installée sur le réservoir principal et contrôle l'arrivée d'eau pour remplir ce réservoir.
- Objectif : L'électrovanne s'ouvre pour permettre l'alimentation en eau du réservoir principal et se ferme pour arrêter l'écoulement une fois le niveau d'eau requis atteint.

#### **2. Caractéristiques du réservoir principal**

- Capacité du réservoir : Dépend des besoins en eau pour le système (exemple : pour 20 poules consommant 0,5 litre/jour chacune, il nous faut au moins 10 litres/jour).
- Hauteur du réservoir : 150 cm , ce qui influence la pression disponible dans le système si l'alimentation en eau est par gravité.

#### **3. Pression de l'eau à l'entrée de l'électrovanne**

L'électrovanne doit être capable de fonctionner correctement à la pression de la source d'eau qui alimente le réservoir principal.

- Pression de la source d'eau: Cette pression dépend de la configuration, par exemple si l'eau provient d'une source sous pression ou par gravité. Une pression typique pourrait varier entre 1 et 3 bars (unité de mesure de la pression) dans un système domestique standard.

#### **4. Débit requis pour l'alimentation du réservoir**

Le débit nécessaire pour remplir le réservoir principal doit être supporté par l'électrovanne.

- Dimensionnement du débit : Si la pompe secondaire (AD20P-1230C) utilisée dans notre système a un débit maximal de 240 L/h pour transférer de l'eau, l'électrovanne alimentant le réservoir principal doit idéalement avoir un débit similaire ou supérieur pour ne pas restreindre l'alimentation en eau.

#### **5. Compatibilité avec le fluide**

- Type de fluide : L'eau, généralement propre, sans particules ni contaminants majeurs.
- Matériaux de l'électrovanne : Le corps de l'électrovanne doit être résistant à la corrosion, en matériaux tels que le laiton, l'acier inoxydable ou certains plastiques (comme le PVC ou le polypropylène).

#### **6. Consommation électrique et alimentation**

L'électrovanne doit être compatible avec la tension disponible dans notre système (12V DC) et doit pouvoir s'activer et se désactiver efficacement.



- Courant : Les électrovannes à 12V DC peuvent consommer entre 500 mA et 1,5 A. à noter que l'alimentation en 12V doit être capable de fournir ce courant sans chute de tension significative.

### **7. Temps de réponse**

Le temps d'ouverture et de fermeture de l'électrovanne peut influencer la précision du contrôle du niveau d'eau dans le réservoir principal.

- Temps de réponse : Une électrovanne rapide permet un meilleur contrôle, particulièrement si le réservoir principal doit être rempli ou arrêté de manière précise pour éviter les débordements ou les sous-remplissages.

### **Conclusion**

L'électrovanne 12V placée sur le réservoir principal doit être capable de gérer un débit compatible avec celui de la pompe (au moins 240 L/h), fonctionner à la pression d'alimentation en eau (typiquement 1 à 3 bars), et être fabriquée à partir de matériaux résistants à la corrosion.

## ***II.5.7 Alimentation et bilan énergétique***

Pour dimensionner l'alimentation électrique et effectuer le bilan énergétique de notre système, il est important de prendre en compte tous les composants électriques du système, leur consommation énergétique, et les exigences en termes de tension et de courant :

### **1. Identification des composants et de leur consommation**

Nous avons plusieurs composants dans notre système qui nécessitent de l'alimentation électrique. Voici une liste des principaux éléments et leur consommation approximative :

- Pompe DC (AD20P-1230C)X2:
  - Tension: 12V DC
  - Puissance: 3,6W
  - Courant:  $I = P/V = 3,6 \text{ W} / 12 \text{ V} = 0,3 \text{ A}$
- Électrovanne 12V :
  - Tension : 12V DC
  - Consommation typique : 0,5A à 1,5A selon le modèle
  - Pour calculer, prenons une consommation de 1A.
- Module GSM SIM800L :
  - Tension : 3,7V à 4,2V (on suppose une alimentation via un régulateur ou une batterie Li-ion)
  - Consommation en crête : 2A
  - Courant moyen : environ 0,5A
- Microcontrôleur (Arduino ou autre) :

- Tension : 5V (ou 3,3V, selon le modèle)
- Courant : 0,05A à 0,1A

- Capteurs et autres petits composants (LEDs, capteur ultrasonique, etc.) :
- Consommation globale : 0,1A (estimation conservatrice)

## 2. Calcul de la consommation totale

Pour chaque composant, vous pouvez calculer la puissance requise et ensuite déterminer la consommation globale du système.

Puissance pour chaque composant

- Pompe DC : 3,6W
- Électrovanne : 12W (si 1A à 12V)
- Module GSM SIM800L : 8,4W (en crête, avec 2A à 4,2V)
- Microcontrôleur : 0,5W (si 5V à 0,1A)
- Autres composants : 0,6W

Puissance totale

Somme des puissances :

- Puissance totale :  $3,6 + 12 + 8,4 + 0,5 + 0,6 = 25,1 \text{ W}$

Courant total à 12V

Pour un système alimenté en 12V, il faut d'abord ajuster les consommations pour tenir compte des régulateurs de tension et de l'efficacité :

- Pompe : 0,3A
- Électrovanne : 1A
- Module GSM : 0,7A (supposant un régulateur 12V à 4,2V ou 5v avec 85% d'efficacité)
- Microcontrôleur + autres : 0,15A (supposant un régulateur 12V à 5V avec 85% d'efficacité)
- Courant total :  $0,3 + 1 + 0,7 + 0,15 = 2,15 \text{ A}$

## 3. Dimensionnement de l'alimentation électrique

Pour alimenter l'ensemble du système :

- Tension de l'alimentation : 12V DC
- Courant minimum requis : 2,15A (avec une marge de sécurité, on pourrait viser une alimentation capable de fournir 3A ou plus)

Choix de l'alimentation

- Alimentation à choisir :

- Une alimentation 12V DC capable de fournir au moins 3A pour couvrir les besoins du système.
- Une alimentation 5v pour alimenter le module GSM .  
L'alimentation CA-1253 :



Figure 31 alimentation 5v

Caractéristiques :

Taille : 50 x 33 x 10mm

LCD 12V 5V +3,3 V Carte de conversion de tension 5V, Carte d'alimentation 3,3 V Carte d'alimentation BenQ couramment utilisée

Pour une variété de marques d'écrans LCD et une variété de faibles ligne avec cet équipement d'alimentation

(12V-5V-3.3V) carte de circuit imprimé CC à CC carte d'alimentation 12VDC à 5V à 3.3V, carte d'alimentation 12V 5V 3.3V, avec cette carte pour prélever tube à essai à bande à haute pression très pratique.

La définition des trois interfaces :

P2 est l'interface d'entrée 12V: 12V 12V GND GND

P3 est l'interface de sortie : GND GND ADJ SW 12V 12V

P4 est l'interface de sortie : ADJ SW GND GND GND GND GND 5V 5V 3,3V 3,3V.

- Puissance de l'alimentation :  $12V \times 3A = 36W$

#### 4. Bilan énergétique du système

Le bilan énergétique nous donne une idée de la consommation totale d'énergie sur une journée ou une période spécifique, ce qui est crucial si nous devons prévoir des batteries ou une alimentation continue.

Hypothèses pour le bilan énergétique

- Pompe : Fonctionne 1 heure par jour
- Électrovanne : Fonctionne 1 heure par jour
- Module GSM : Fonctionnement intermittent pour envoi de SMS (par exemple, 5 minutes d'activité par jour)
- Microcontrôleur et les LEDs : Fonctionnent en continu

Énergie consommée par composant par jour

- Pompe :  $3,6W \times 1h = 3,6Wh$
- Module GSM :  $8,4W \times 5/60h = 0,7Wh$
- Microcontrôleur :  $1,2W \times 24h = 28,8Wh$
- Autres composants :  $0,6W \times 24h = 14,4Wh$

- Énergie totale par jour :  $3,6 + 12 + 0,7 + 28,8 + 14,4 = 59,5 Wh/jour$

#### Conclusion

L'alimentation électrique de notre système devrait être une alimentation de 12V DC capable de fournir au moins 3A, avec une puissance nominale d'au moins 36W. Le bilan énergétique indique une consommation totale d'environ 59,5Wh par jour.

## **II.6 CONCLUSION PARTIELLE**

En conclusion, dans ce chapitre la modélisation et le dimensionnement de notre système d'alimentation automatique en eau pour le poulailler ont permis d'assurer une conception structurée et efficace. La modélisation a clarifié les interactions et le flux de travail, tandis que le dimensionnement a garanti que chaque composant répond aux exigences spécifiques de notre système. Ces étapes combinées offrent une base solide pour un système fiable et performant, adapté aux besoins du projet.

# ***TROISIEME CHAPITRE REALISATION DU NOUVEAU SYSTEME***

## ***III.0 INTRODUCTION***

Le système de distribution automatique d'eau a été conçu pour automatiser l'approvisionnement en eau d'un poulailler tout en permettant une gestion flexible via des commandes manuelles et automatiques. L'objectif est de garantir un approvisionnement en eau fiable, tout en optimisant l'efficacité et en facilitant les opérations de maintenance. Il vise à améliorer la durabilité du système, la facilité de contrôle et garantir une utilisation à long terme. Ce chapitre décrit le processus de réalisation du système de distribution d'eau, en commençant par l'assemblage matériel et le développement du code jusqu'à la phase de tests et de validation, suivie de la documentation complète du système. Le système utilise plusieurs composants électroniques, notamment des capteurs, une pompe submersible, des boutons poussoirs, des LEDs et un buzzer passif, pour assurer un contrôle efficace de l'eau dans un poulailler.

## ***III.1. ASSEMBLAGE ET PROGRAMMATION***

## **III.2 CHOIX DES LANGAGES DE PROGRAMMATION**

Le système repose principalement sur la programmation en C++, implémentée dans l'environnement Arduino. Ce choix a été motivé par plusieurs facteurs :

- **Compatibilité matérielle** : le langage C++ est couramment utilisé avec les cartes Arduino, offrant un accès direct aux ports d'entrée/sortie, essentiel pour la gestion des capteurs, pompes et LEDs.

- **Simplicité et flexibilité** : bien que minimaliste, le C++ offre des fonctions adaptées aux besoins du système, comme l'activation/désactivation des composants via des boutons poussoirs ou des capteurs.
- **Bibliothèques disponibles** : des bibliothèques Arduino telles que SoftwareSerial permettent de gérer la communication avec le module GSM pour l'envoi de messages d'alerte, facilitant ainsi l'interconnexion avec des périphériques externes.

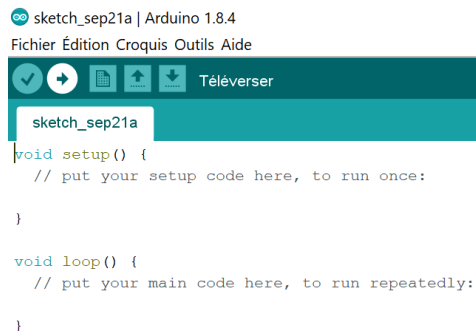


Figure 32 Aperçu de l'IDE arduino

### III.3 DEVELOPPEMENT DU LOGICIEL

Le développement du logiciel a été réalisé à l'aide de l'IDE Arduino. Le code a été écrit pour gérer les différentes fonctionnalités de contrôle et d'automatisation du système. Les principales fonctionnalités incluent :

- Le contrôle d'une électrovanne manuellement ou automatiquement en fonction du niveau d'eau.
- La gestion des LEDs pour indiquer visuellement les niveaux d'eau dans le réservoir.
- L'utilisation d'un buzzer passif pour notifier les utilisateurs lors de la variation du niveau d'eau.
- La mesure du niveau d'eau avec un capteur à ultrasons et l'activation d'une pompe submersible en fonction des seuils.

Le code utilise des fonctions non bloquantes, avec la fonction `millis()` pour éviter de perturber le fonctionnement global du système.

### III.4 PHASE DE TEST ET VALIDATION

Une phase de test détaillée a été réalisée afin de s'assurer que toutes les fonctionnalités du système fonctionnent correctement. Les tests ont été divisés en plusieurs étapes, chacune correspondant à un composant spécifique du système.

#### III.4.1 Test des Composants Individuels

Chaque composant a été testé individuellement avant l'intégration complète. Les tests incluent :

- **Électrovanne** : Testée en mode manuel et automatique pour vérifier l'ouverture et la fermeture en fonction des commandes et du niveau d'eau le temps de réponse a été satisfaisant avec une réaction  $\leq 1$  second.
- **Capteur de niveau d'eau ultrason** : Vérification des mesures de niveau et comparaison avec des valeurs attendues pour différents niveaux d'eau cependant pour ce capteur nous avons pu constater que lorsque l'eau dans le réservoir est instable ou en mouvement le résultat est différent et fais des oscillations avec la signalisation des Leds .
- **Buzzer passif** : Test de son déclenchement au niveau critique d'eau (25%).
- **Capteur de niveau d'eau à flotteur TR11** : Pour ce capteur le temps de réponse est aussi satisfaisant avec une réaction d'environ 1 seconds ce qui est largement suffisant pour déclencher en désactiver la pompe avant une possible inondation si l'eau déborde.
- **GSM** :le module GSM a été plus au moins rapide pour l'envoi des notifications ,la notification arrivant dans les 2 minutes suivant l'évènement qui l'a déclenché
- **LEDs** : Test des indicateurs de niveau d'eau en fonction des seuils prédéfinis (25%, 50%, 75%, 100%) d'abord testé du haut vers le bas(vidage) ensuite de bas vers le haut(remplissage) le résultat est fidèle pas d'écart entre temps de réponses.

#### ***III.4.2 Test du système complet***

Les résultats obtenus sont conformes aux attentes. Les fonctions de base (pompage, contrôle des niveaux, alertes) sont toutes opérationnelles, et les fonctionnalités avancées comme la gestion des LEDs ou l'activation automatique de l'électrovanne en cas de niveau critique fonctionnent de manière stable. Les performances du système, notamment la rapidité de réponse des capteurs et la capacité des pompes, sont satisfaisantes.

#### ***III.4.3 Résultat des tests***

Les résultats des tests ont montré que le système fonctionne conformément aux spécifications.

Voici quelques observations notables :

- **Réactivité des boutons poussoirs** : Le système réagit instantanément aux pressions des boutons sans latence notable.
- **Précision du capteur de niveau d'eau** : Le capteur fournit des mesures fiables qui déclenchent correctement les actions prévues.
- **Automatisation fiable** : L'électrovanne s'ouvre automatiquement lorsque le niveau d'eau descend en dessous de 25%, assurant ainsi un remplissage automatique.

### ***III.5 DISCUSSION DES RESULTATS ET VERIFICATION DES HYPOTHESES***

Les hypothèses de départ étaient les suivantes :

- première hypothèse : La pompe DC12V pourrait fournir un débit de 4 L/min pour alimenter efficacement l'abreuvoir.
- deuxième hypothèse : L'électrovanne serait activée automatiquement lorsque le niveau d'eau descendrait en dessous de 25%.
- troisième hypothèse : Le bouton poussoir désactiverait uniquement la signalisation par LEDs sans affecter les autres fonctionnalités du système.

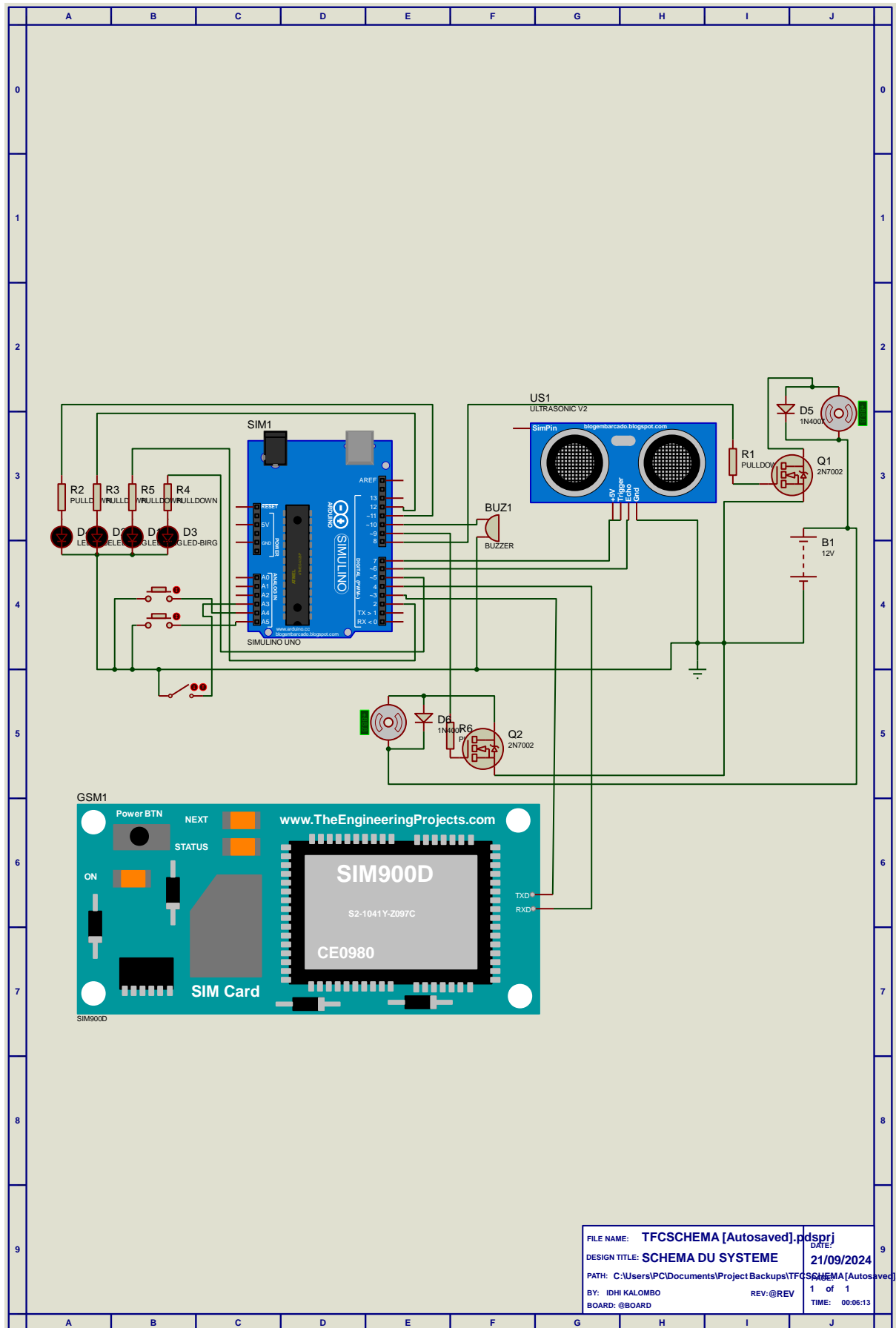
Les tests ont permis de valider ces hypothèses :

- première hypothèse est confirmée. La pompe a démontré sa capacité à fournir le débit attendu.
- la deuxième hypothèse est confirmée, l'électrovanne s'active automatiquement lorsque le niveau d'eau atteint 25%.
- la troisième hypothèse est validée. Le bouton poussoir désactive les LEDs sans interférer avec les autres composants du système.

### ***III.6 DOCUMENTATION DU SYSTEME***

#### ***III.6.1 Schéma Électrique***

Un schéma détaillé du câblage du système a été créé pour documenter toutes les connexions entre les composants. Ce schéma facilite le dépannage et la maintenance du système. Les connexions incluent les broches de l'Arduino, les boutons poussoirs, le capteur de niveau d'eau, les LEDs, la pompe, l'électrovanne et le buzzer.



FILE NAME: **TFCSHEMA [Autosaved].pdsprj**  
 DESIGN TITLE: **SCHEMA DU SYSTEME**  
 PATH: C:\Users\PC\Documents\Project Backups\TFCSHEMA [Autosaved]  
 BY: IDHI KALOMBO  
 BOARD: @BOARD  
 DATE: **21/09/2024**  
 REV: @REV  
 1 of 1  
 TIME: 00:06:13



Figure 33 Schéma électrique du système

Fig.31

### III.7. Manuel d'Utilisation

Un manuel d'utilisation a été rédigé pour guider l'utilisateur final dans l'exploitation du système. Ce manuel inclut :

- **Les Instructions de démarrage :**  
Pour démarrer le système il faut d'abord l'alimenter en 12V puis activer l'interrupteur pour mettre la pompe sous tension.
- **Les instructions de commandes :** le système comprend deux boutons poussoirs, rouge et bleu



Figure 34 interface de commande du système

- ✓ **Le bouton bleu :** permet de commander manuellement l'électrovanne si l'utilisateur se trouve dans le poulailler et qu'il a besoin de remplir le réservoir principal il doit appuyer continuellement sur le bouton pour maintenir l'électrovanne ouverte.
- ✓ **Le bouton rouge :** permet de désactiver l'affichage du niveau via les 4 leds dans le cas où l'utilisateur veut économiser l'énergie. Cependant la désactivation des leds n'a aucun impact sur le fonctionnement du reste du système.
- **Les instructions audiovisuelles**
  - ✓ **Système d'alarme**  
Le système comprend un système d'alarme (buzzer) se trouvant juste au-dessus de deux boutons poussoirs qui lui est pour alerter l'utilisateur du niveau d'eau critique dans le réservoir principal (25%).
  - ✓ **Système d'affichage**  
Cette partie est composé de 4 leds du haut vers le bas indiquant chacune un niveau d'eau dans le réservoir, la première est de couleur verte et indique 100% du réservoir, la deuxième est de couleur blanche est indiqué 75% du

réservoir, la troisième est de couleur bleu et indique 50% du réservoir, enfin la dernière est de couleur rouge indiquant le niveau critique du réservoir, niveau à laquelle l'électrovanne se met en marche.

Le système comprend deux autres leds disposés aux extrémités de l'abreuvoir, une de couleur verte à droite indiquant que la pompe est mise en marche et l'autre de couleur rouge à gauche indiquant que l'électrovanne est mise en marche.

- **Instructions de maintenances**

Cette partie comprend :

- ✓ **Un interrupteur** situé à droite de l'abreuvoir qui a pour rôle de mettre la pompe hors tension enlevant ainsi à la pompe la possibilité de pomper de l'eau dans l'abreuvoir lors de la maintenance de ce dernier.
- ✓ **Une prise** pour permettre de débrancher le capteur de niveau d'eau à flotteur TR11 lors de la maintenance de l'abreuvoir (nettoyage).

- **Dépannage du système :**

Tout installation électrique ou un système informatisé est un jour ou un autre sujet à des pannes pour cela notre système est équipé des boîtes de connections avec les différentes connections documentées et étiquetées évitant ainsi de les condamner pour faciliter le dépannage en cas de besoins.

### ***III.8. Fragment du Code Source***

Voici l'aperçu du code ayant servi à réaliser la partie logiciel du projet  
#include <SoftwareSerial.h>

```
SoftwareSerial gsm(3, 4); // RX, TX pour GSM
```

```
const int trigPin = 7;
const int echoPin = 6;
const int relayPin = 8;
const int floatSwitchPin = A3;
const int buzzerPin = 10; // Buzzer passif
const int valveRelayPin = 9; // Pin pour contrôler l'électrovanne
const int led25 = 11;
const int led50 = 12;
const int led75 = 5;
const int led100 = 2;
const int valveButtonPin = A4; // Premier bouton pour commander l'électrovanne manuellement
const int ledDisableButtonPin = A5; // Bouton pour désactiver la signalisation par LEDs

long duration;
int distance;
int waterLevel;
bool valveActivated = false;
```

```

bool ledsEnabled = true; // État des LEDs
int previousLevel = 100; // Niveau précédent de l'eau

void setup() {
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  pinMode(relayPin, OUTPUT);
  pinMode(floatSwitchPin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
  pinMode(valveRelayPin, OUTPUT);
  pinMode(led25, OUTPUT);
  pinMode(led50, OUTPUT);
  pinMode(led75, OUTPUT);
  pinMode(led100, OUTPUT);
  pinMode(valveButtonPin, INPUT_PULLUP); // Bouton pour contrôler l'électrovanne
  pinMode(ledDisableButtonPin, INPUT_PULLUP); // Bouton pour désactiver les LEDs

  gsm.begin(9600);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // Vérifier si le bouton pour désactiver les LEDs est pressé
  if (digitalRead(ledDisableButtonPin) == LOW) {
    ledsEnabled = !ledsEnabled; // Inverser l'état des LEDs
    delay(1000); // Pause pour éviter les rebonds
    while (digitalRead(ledDisableButtonPin) == LOW); // Attendre que le bouton soit
    relâché
  }

  // Vérifier si le bouton de l'électrovanne est pressé pour la contrôler manuellement
  if (digitalRead(valveButtonPin) == LOW) {
    digitalWrite(valveRelayPin, HIGH); // Ouvrir l'électrovanne
  } else {
    digitalWrite(valveRelayPin, LOW); // Fermer l'électrovanne lorsque le bouton est
    relâché
  }

  // Mesurer le niveau d'eau du réservoir principal
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);

  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
  distance = duration * 0.034 / 2; // Convertir en cm

```

waterLevel = map(distance, 4, 14, 100, 0); // peut être modifié selon la profondeur du réservoir

```
// Gestion des LEDs pour les niveaux d'eau
if (ledsEnabled) {
  digitalWrite(led25, waterLevel >= 25 ? HIGH : LOW);
  digitalWrite(led50, waterLevel >= 50 ? HIGH : LOW);
  digitalWrite(led75, waterLevel >= 75 ? HIGH : LOW);
  digitalWrite(led100, waterLevel >= 100 ? HIGH : LOW);
} else {
  // Si les LEDs sont désactivées
  digitalWrite(led25, LOW);
  digitalWrite(led50, LOW);
  digitalWrite(led75, LOW);
  digitalWrite(led100, LOW);
} ...
```

Pour la suite du code veuillez contacter le propriétaire du travail

### ***III.9 PRESENTATION DU PROTOTYPE***

#### ***III.9.1 Présentation global du système hors tension***



*Figure 35 Présentation du prototype hors tension*

### ***III.9.2 Mise en place de la pompe submersible dans le réservoir principal***

La pompe submersible étant conçu pour travailler dans le liquide il peut être placé à l'intérieur du réservoir sans causer des inconvénients majeurs car il est fait des matériaux non toxiques, les tuyaux sont aussi faits des matériaux non toxiques ce qui justifie l'immersion de la pompe DC



*Figure 36 installation de la pompe submersible*

### ***III.9.3 Mise en place des connections au microcontrôleur Arduino Et alimentations***



*Figure 37 connexion à la carte arduino*

Les connections sont faites de façon a faciliter la maintenance ou l'ajout des autres fonctionnalités via les port disponibles sur la carte Arduino

#### ***III.9.4 Mise en place du module GSM et de la prise du capteur de niveau TR11***



Figure 38 installation du module GSM



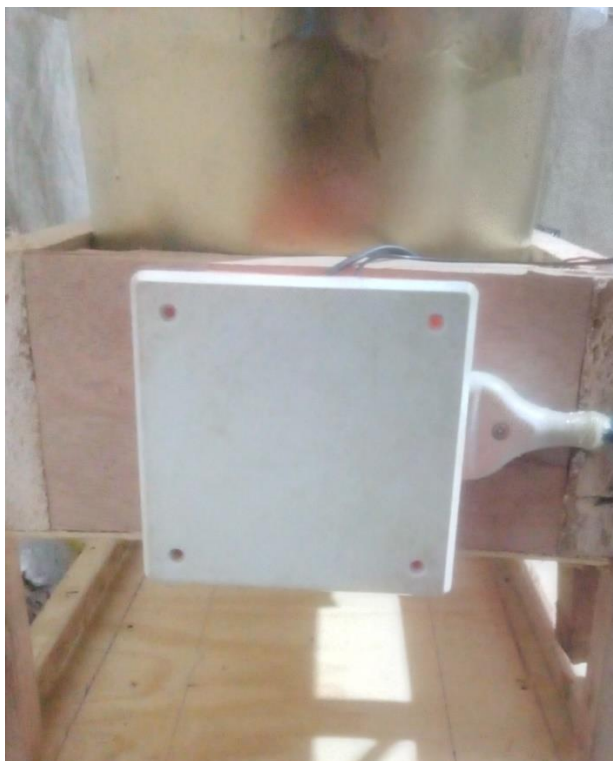


Figure 39 boîte du module et de la prise du capteur

### III.10 COUT ESTIMATIF DU PROTOTYPE

Voici le tableau illustrant l'estimation du cout de notre prototype

No	Désignation	Quantité	Prix unitaire(\$)	Prix total(\$)
1	Carte arduino Uno	1	10	10
2	Module GSM	1	10	10
3	Maquette prototype	1	5	5
4	Electrovanne	1	10	10
5	Pompe DC	1	15	15
6	Alimentation 12V	1	5	5
7	Alimentation 5V	1	1,5	1,5
8	Régulateurs	2	0,5	1
9	Transistor MOSFET	2	0,5	1
10	Tuyau 1m	1	1 /m	1
11	Capteur TR11	1	2,5	2,5
12	Leds	6	0,03	0,2
13	Buttons poussoirs	2	0,8	1,6
14	Tuyau abreuvoir	1	1,5/m	1,5
15	Capteur ultrason	1	5	5
16	Réservoirs	2	1,5	3
17	colle	5	0,15	0,75
18	Boite de connexion	3	-	2,5

<b>19</b>	Prise male-femelle	1	0,5	0,5
<b>20</b>	Carte Sim Airtel	1	0,3	0,3
<b>21</b>	Etain soudure	1	-	1
	Total			77\$

### **III.11 CONCLUSION PARTIELLE**

Dans ce chapitre nous avons mis en pratique La réalisation du système qui s'est faite en plusieurs étapes, de la conception à la validation finale. Grâce à des tests rigoureux et une documentation complète, le système a prouvé sa robustesse et sa fiabilité. Cependant nous n'écarterons pas toute possibilité d'amélioration ou de modification pour une utilisation future.

## **CONCLUSION GENERALE**

Nous voici au terme de notre travail intitulé « *Réalisation d'un système de distribution automatique d'eau dans un poulailler avec système de notification GSM* »

qui nous a permis de peser notre capacité à travailler, à se concentrer, mettre en valeur les connaissances déjà acquises et acquérir d'autres. Pour réaliser ce travail, nous sommes partis de la problématique selon laquelle, dans le contexte de la ville de Butembo, les poulaillers ne disposent pas de moyens d'abreuvement pouvant libérer l'homme de cette tâche routinière de remplir chaque jour et à chaque instant les abreuvoirs manuellement. Il peut arriver par exemple que le propriétaire du poulailler ait d'autres occupations le faisant ainsi oublier ses devoirs envers les volailles de les fournir de l'eau ou encore il peut se trouver dans des situations où il se trouve très éloigné de son domicile pour remplir les abreuvoirs manuellement.

C'est ainsi que nous nous sommes posé des questions de savoir quel système mettre en place pour automatiser cette tâche enfin de libérer le propriétaire du poulailler de cette routine enfin qu'il puisse se concentrer sur d'autres tâches du poulailler.

C'est dans cette optique que nous avons pensé que la mise en place d'un système de distribution automatique d'eau dans un poulailler couplé à un système de notification GSM serait la solution la plus adaptée.

Nous avons utilisé la méthode analytique qui nous a permis à analyser pour comprendre le contexte du problème en vue de trouver une perspective de solution envisageable. Nous avons aussi utilisé le langage UML pour la modélisation de notre système, mais aussi les techniques documentaires, et d'observation nous ont aidé à mieux cerner le sujet.

Pour atteindre nos objectifs assignés, nous avons pu articuler notre travail sur trois chapitres essentiels :

Le premier a porté essentiellement sur le contexte théorique du travail.

Quant au deuxième chapitre, il a été question d'étudier la modélisation et dimensionnement des composants.

Le troisième chapitre, a consisté à la réalisation du nouveau système où nous avons présenté le prototype, les interfaces hommes machine, quelques essais du prototype et le coût estimatif de notre prototype pour le système. À la fin de la réalisation, nous avons pu mettre en place un système répondant à cette préoccupation de remplissage manuel de l'abreuvoir, la distribution de l'eau s'exécutant désormais seul.

En fin, ce travail de fin de cycle s'inscrit dans le domaine de l'automatisation, un domaine qui est un domaine très intéressant et très vaste et innovant. Cette expérience nous a apporté énormément de connaissances, et cela nous permet de dire que la période de la réalisation de ce projet a été une période éducative, qui nous a permis d'explorer l'utilisation du module GSM pour des sms, Proteus pour le schéma, etc.

Pour ce qu'est des perspectives de continuation, plusieurs voies peuvent être envisagées, c'est ainsi que nous ouvrons la porte aux futurs chercheurs du domaine d'examiner et de développer les aspects suivants :

- Installer un dispositif de nettoyage automatique de l'abreuvoir
- Installer un dispositif de détection de présence près de l'abreuvoir enfin de Contrôler l'ouverture de l'abreuvoir
- Utiliser la connexion internet pour voir les statistiques de distribution d'eau au courant de la journée et de la semaine

En définitif, sans prétendre avoir réalisé un travail dépourvu d'imperfections, nous restons réceptifs aux différentes remarques, avis, suggestions, constats visant à améliorer ce travail, visant à le rendre plus robuste et efficace.

## Références Bibliographiques

- Appleby, M., Savory, C., & Hughes, B. (2004). Poultry Behaviour and Welfare. *CAB International*.  
doi: <https://doi.org/10.1079/9780851998594.0000>
- Dawkins, M. (2006). The Science of Animal Welfare. *Wiley-Blackwell*.  
doi:<https://doi.org/10.1002/9780470999497>
- Fraden, J. (2010). Handbook of modern sensors: Physics, designs, and applications. *Springer, IV*.
- Groover, M. (2019). Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing. *pearson*.
- Huang, Y., Zhang, M., & Yang, H. (2015). The impact of automated feeding systems on poultry performance and welfare. *Journal of Applied Poultry Research*, 375-385.
- Marwedel, P. (2011). Embedded system design: Embedded systems foundations of cyber-physical systems. *Springer*.
- Nishcal, S., Shubiao, W., & Brad, D. (2020). Automated water intake measurement facility for poultry at the university of new England.<https://www.poultryhub.org/automated-water-intake-measurement-facility-for-poultry-at-the-university-of-new-england>. *poultryhub*.  
Récupéré sur <https://www.poultryhub.org/automated-water-intake-measurement-facility-for-poultry-at-the-university-of-new-england>
- Wang, J., Fang, X., & Wang, W. (2017). Water level monitoring system based on ultrasonic sensors. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Alexander, C., & Sadiku, M. (2017). Fundamentals of electric circuits. *McGraw-Hill Education*.
- Al-Ramamneh, D. (2019). Water requirements and water management in poultry production. *Journal of Applied Poultry Research*, 1-11.
- Anderson, R. (2021). Innovative poultry watering systems: Enhancing hygiene and efficiency. *Poultry Science Journal*.
- Arold, N., HO, H., & McLoughlin, M. (2007). Impact of water deprivation on the behavior and health of laying hens. *poultry science*.

- Baker, D., Cline, J., & Linder, M. (2020). Poultry Nutrition . *Academic Press*.
- Balnave, D., & Gorman. (1993). A review of the role of water in the nutrition of poultry. *World's Poultry Science Journal*, 41-53.
- Banzi, M., & Shiloh, M. (2015). Getting Started with Arduino: The Open Source Electronics Prototyping Platform. *Maker Media*.
- Barr, M., & Massa, A. (2006). Programming embedded systems: With C and GNU development tools. *O'Reilly Media*.
- Bertalanffy, L. (1968). General System Theory: Foundations, Development, Applications. *George Braziller*.
- Bolton, W. (2015). Mechatronics: Electronic control systems in mechanical and electrical engineering. *pearson*.
- Booch, G., Rumbaugh, J., & Jacobson, I. (2005). *The Unified Modeling Language User Guide (2nd ed.)*. Addison-Wesley Professional. Addison-Wesley Professional.
- Bottje, W., & Harrison, P. (1985). Effect of high environmental temperature on blood pressure and vascular reactivity in domestic fowl. *Poultry Science*, 140-144.
- Bourdon, L., Tanguy, M., & Vassal, j. (2016). Economic impacts of automation in poultry farming. *Poultry Farming*. doi:<https://doi.org/10.3382/ps/pev467>
- Bourdon, L., Tanguy, M., & Vassal, j. (2016). Economic impacts of automation in poultry farming. *poultry science*. doi:<https://doi.org/10.3382/ps/pev467>
- Bubier , N., & Bradshaw, R. (1998). Water intake and feeding behaviour in laying hens. *Applied Animal Behaviour Science*.
- Calhoun, G., & Weaver, M. (2010). *Introduction to data communications and networking* (Vol. IV). McGraw-Hill.
- Cheng, H., Cline, M., & Ka, H. (2018). Behavioral responses of laying hens to different types of drinking systems. \*Journal of Applied Poultry Research. *Journal of Applied Poultry Research*, 32-40. doi:<https://doi.org/10.3382/japr/pfx047>
- FAO. (2018). Food and Agriculture Organization of the United Nations. *The State of World Poultry Production*. Récupéré sur <https://www.fao.org/poultry-production-systems/housing-management>. FAO. Récupéré sur <https://www.fao.org/poultry-production-systems/housing-management>
- FAO. (2018). Poultry housing and management. FAO. Consulté sur <https://www.fao.org/poultry-production-systems/housing-management>
- FAO. (2019). Meat Market Review. *FAO*. Récupéré sur <https://www.fao.org/poultry-production-systems/housing-management>
- FAO. (2020). Environmental Issues and Options. *Livestock's Long Shadow*.
- FAO. (2020). Nutritional Benefits of Poultry Meat: A Review. *Journal of Food Science and Technology*. doi:DOI: 10.1007/s11483-017-9728-3.FAO. (2020)
- FAO, Yeganeh, S., & Moshiri, M. (2017). A review of the evidence and challenges.FAO Animal Production and Health Paper. *Poultry sector development*. Récupéré sur <https://www.fao.org/poultry-production-systems/housing-management>
- FAWC. (2007). Opinion on Beak Trimming of Laying Hens. *Farm Animal Welfare Council*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2007.12.002>
- Fermin, E. (2020). Rediseño de Bebedero de agua para aves de corral con un sistema de filtro que reduzca el material particulado sólidos en suspensión que contrae el agua en el ambiente externo de la zona rural del municipio de palermo – huila. *repository.edu*. Récupéré sur [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/20140/1/2020\\_bebedero\\_agua\\_aves.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/20140/1/2020_bebedero_agua_aves.pdf)
- Fox, R. (2016). (2016). \*Introduction to Fluid Mechanics. *Wiley*.

- Glatz, P. (2001). The welfare of laying hens in conventional cages and alternative systems. Récupéré sur <http://hdl.handle.net/102.100.100/200>
- Goldsmith, A. (2017). Wireless communications. *Cambridge University Press*.
- Hambley, A. (2014). Electrical engineering: Principles and applications. *pearson*.
- Jain, A., Verma, A., & Tiwari, A. (2014). Ultrasonic liquid level detection techniques: A review. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 127-131.
- Johnson, M. (2018). Relay protection and control. *IEEE Transactions on Industry Applications*.
- Jones, L., & Brown, M. (2020). Automatic waterers in poultry farming: Benefits and challenges. *Livestock Farming Review*.
- Karnopp, D., Margolis, D., & Rosenberg, R. (2012). *System dynamics: Modeling, simulation, and control of mechatronic systems*. Wiley.
- kazem , H., Khatib, T., & Sopian, K. (2017). Review on the design and performance of solar-powered water pumping systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72-84.
- Kellems, R., & Church, D. (2010). *Lives stock feeds and feeding*. massachusetts: prentice hall.
- Kumar, R. (2018). Power electronics: Devices, circuits, and applications . *Prentice Hall*.
- Lao, P. (1996). A manual on improved rural poultry :Strengthening of livestock and extension activities. *European union*. Récupéré sur <http://pigtrop.cirad.fr/sp/content/download/2491/12885>
- Lee, C., Han, J., & Kim, D. (2016). Applications of float-type sensors in liquid level measurement: A review. \*Sensors and Actuators A: Physical. A review. *Sensors and Actuators A: Physical*, 206-219.
- Lewis, W. (1871). *The People's Practical Poultry Book: A Work on the Breeds, Breeding, Rearing, and General Management of Poultry*. Moore.
- Macari, M., & Furlan, R. (2008). Poultry production and water management. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 43-54.
- Marlon.I, M. (2008). Sistema de automatizacion para la dispensacion de agua en abrevaderos de ganado vacuno. *Repositorio unimunito.edu*. Récupéré sur [https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/597/1/TTE\\_MosqueraRojasStivell\\_2009.pdf](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/597/1/TTE_MosqueraRojasStivell_2009.pdf)
- Martin, D. (2017). Cost-effectiveness of using PVC in poultry farming equipment. *gricultural Economics Journal*.
- Miller, E., Schukken, Y., & Tauer, L. (2018). Effects of automated ventilation systems on poultry health and productivity. *Journal of Poultry Science*, 89-96.
- Mouly, M., & Pautet, M. (1992). The GSM system for mobile communications. *Telecom Publishing*.
- Nayak, A., Sharma, S., & Mohanty, S. (2021). Electromechanical Valves for Automated Water Control Systems. *Journal of Water Resources Management*.
- Ogata, K. (2010). Modern control engineering. *pentice Hall*.
- Ogata, K. (2010). Modern control engineering . *Prentice Hall*.
- Patterson, D. (2016). Electrical engineering: Concepts and applications. *Pearson*.
- Paul, C. (2014). *Introduction to electromagnetic compatibility* (Vol. I). Wiley.
- Rashid, M. (2017). Microcontroller and embedded system applications . *Cengage Learning*.
- ROJAS, M. J. (s.d.).
- Rooks, B. (2008). Industrial automation: Hands-on. *McGraw-Hill*.
- Saker , O. R. (2019). Cours sur les pompes. 4. Consulté le aout 10, 2024
- Sedra, A., & Smith, K. (2010). Microelectronic circuits. *Oxford University Press*.
- Sedra, A., & Smith, K. (2015). Microelectronic circuits. *Oxford University Press*.

- Sesia, S., Toufik, I., & Baker, M. (2011). *LTE - The UMTS long term evolution: From theory to practice* (Vol. II). Wiley.
- Simons, M. (2015). *Hydraulic Engineering Systems*. Pearson.
- Singh, M. (2015). *Mechatronics and automation*. Prentice Hall.
- Singh, R., Sharma, D., & Saxena, S. (2014). A comprehensive review on buzzers: A robust alert mechanism. *International Journal of Electronic and Electrical Engineering*, 291-296.
- Smith, J. (2019). Manual watering methods in small-scale poultry farming. *Rural Farming Techniques*.
- Stephen, L. (2018). *Industrial motor control*.
- Summers, J., & Leeson. (2005). *Poultry nutrition*. Nottingham University Press.
- Teymourzadeh, R., Ahmed, S., Kok, W., & Keat. (2013). Smart GSM-based home automation system. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*.
- Thompson, P. (2018). The practicality of siphon waterers in large-scale poultry operations. *Agricultural Mechanization Today*.
- Tjoa, G., Aribowo, A., & Putra, A. (2019). Design of Automatic Drinking Water Supply System for Poultry Cage. *New Media Studies*, 115-120. doi: 10.1109/CONMEDIA46929.2019.8981809
- White, F. (2017). *Fluid Mechanics*. McGraw-Hill.

## Table des matières

0. INTRODUCTION.....	7
0.1. Etat de la question.....	7
0.2. Problématique .....	9

0.3.	Hypothèses.....	10
0.4.	Objectifs de l'étude.....	10
0.4.1.	Objectif général .....	10
0.4.2.	Objectifs spécifiques .....	10
0.5.	Choix et intérêt du sujet.....	10
0.6.	Approche méthodologique .....	11
0.6.1.	Méthode.....	11
0.6.2	Techniques .....	11
0.7.	Délimitation du travail.....	12
0.8.	Subdivision du travail.....	12
0.9.	Difficultés rencontrées.....	13
<b>PREMIER CHAPITRE</b>	<b>CONSIDERATION THEORIQUES.....</b>	<b>14</b>
<i>I.0</i>	<i>Introduction.....</i>	<i>14</i>
<i>I.1</i>	<i>Définition des concepts .....</i>	<i>14</i>
I.1.1	Système .....	14
I.1.2	Systèmes embarqués (Embedded Systems) .....	14
I.1.3	Les capteurs (Sensors) .....	14
I.1.3.1	Quelques Types de capteurs :.....	14
I.1.4	Les actionneurs (Actuators) .....	15
I.1.4.1	Types d'actionneurs utilisables : .....	16
I.1.4.2	Généralités sur les pompes à eau .....	16
I.1.4.3.	Fonction des pompes à eau .....	16
I.1.4.4	Typologie de pompes .....	17
I.1.4.5	Types des pompes Motorisées .....	17
I.1.5	Le phénomène siphon .....	18
I.1.5.1	Moyens de vaincre le siphon.....	18
I.1.6	Automatisation (Automation) .....	19
I.1.7	Principes de l'automatisation.....	20
I.1.8	Système de communication GSM (GSM communication system) .....	20
I.1.9	Fonctionnement du GSM.....	20
I.1.10	Alimentation électrique (Power Supply ) .....	21
I.1.11	Types d'alimentation .....	22
I.1.12	Les Abreuvoirs .....	22
I.1.13	Types d'abreuvoirs .....	22



<i>I.1.14 Approche Comportementale des Poules Face à l'Eau.....</i>	25
<i>I.1.13 Théorie du Bien-Être Animal et de Ses Impacts sur la Production.....</i>	26
<b>DEUXIÈME CHAPITRE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT .....</b>	29
II.0 Introduction .....	29
II.2 Analyse des besoins .....	30
II.2.1 Identification des besoins .....	30
<i>II.2.2 Evaluation des conditions environnementales .....</i>	30
<i>II.2.2.2 Nombres d'abreuvoir par mètre carrés cas d'un abreuvoir linéaire.....</i>	30
<b>II.3 CONCEPTION DU SYSTEME.....</b>	31
<i>II.3.1 Présentation générale du système .....</i>	31
<i>II.3.1.1 Présentation des composants principaux du système .....</i>	32
II.3.1.2 Carte Arduino Uno .....	32
<i>II.3.1.3Pompe DC .....</i>	32
<i>II.3.1.4 Electrovanne .....</i>	33
II.3.1.5 Capteur Ultrason.....	34
<i>II.3.1.6 Niveau d'eau à flotteur vertical TR11 .....</i>	34
<i>II.3.1.7 Relais Bestep.....</i>	35
<i>II.3.1.8 Module GSM .....</i>	35
<i>II.3.1.9 Buzzer .....</i>	36
<i>II.3.1.10 Résistances .....</i>	36
<i>II.3.1.11 Diode à roue libre .....</i>	37
<i>II.3.1.12 Abreuvoir linéaire .....</i>	37
<i>II.3.2 Schéma de principe du système .....</i>	39
<i>II.3.3 Description global du fonctionnement du système .....</i>	41
<i>II.3.3.1 Début du processus.....</i>	42
<b>II.4 MODELISATION DU SYSTEME.....</b>	42
<i>II.4.1 Introduction .....</i>	42
II.4.3 Identification des acteurs et leurs rôles.....	44
<i>II.4.4 Diagramme de cas d'utilisation .....</i>	44
<i>II.4.4.1 Identification des acteurs .....</i>	45
<i>II.4.5 Diagramme d'activité .....</i>	46
<i>II.4.6 Diagramme de séquence .....</i>	48
<i>II.4.7 Diagramme de déploiement .....</i>	48
II.5 Dimensionnement des composants .....	49

<i>II.5.1 Pompe DC</i> .....	49
<i>II.5.2 Réservoir principal</i> .....	52
<i>II.5.3 Capteur de niveau d'eau à flotteur TR11</i> .....	53
<i>II.5.5 Module GSM</i> .....	54
<i>II.5.6 Electrovanne</i> .....	56
<i>II.5.7 Alimentation et bilan énergétique</i> .....	57
<b>II.6 CONCLUSION PARTIELLE</b> .....	60
<b>TROISIEME CHAPITRE REALISATION DU NOUVEAU SYSTEME</b> .....	60
<i>III.0 INTRODUCTION</i> .....	60
<i>III.1. ASSEMBLAGE ET PROGRAMMATION</i> .....	60
<i>III.2 CHOIX DES LANGAGES DE PROGRAMMATION</i> .....	60
<i>III.3 DEVELOPPEMENT DU LOGICIEL</i> .....	61
<i>III.4 PHASE DE TEST ET VALIDATION</i> .....	61
<i>III.4.1 Test des Composants Individuels</i> .....	61
<i>III.4.2 Test du système complet</i> .....	62
<i>III.4.3 Résultat des tests</i> .....	62
<i>III.5 DISCUSSION DES RESULTATS ET VERIFICATION DES HYPOTHESES</i> .....	63
<i>III.6 DOCUMENTATION DU SYSTEME</i> .....	63
<i>III.6.1 Schéma Électrique</i> .....	63
<i>III.7. Manuel d'Utilisation</i> .....	65
<i>III.8. Fragment du Code Source</i> .....	66
<i>III.9 PRESENTATION DU PROTOTYPE</i> .....	68
<i>III.9.1 Présentation global du système hors tension</i> .....	68
<i>III.9.2 Mise en place de la pompe submersible dans le réservoir principal</i> .....	69
<i>III.9.3 Mise en place des connections au microcontrôleur Arduino</i> .....	70
<i>Et alimentations</i> .....	70
<i>III.9.4 Mise en place du module GSM et de la prise du capteur de niveau TR11</i> .....	71
<i>III.10 COUT ESTIMATIF DU PROTOTYPE</i> .....	73
<i>III.11 CONCLUSION PARTIELLE</i> .....	74
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	74
<b>Références Bibliographiques</b> .....	76