

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté Sciences & Technologies
Département d'Électronique et des Télécommunications



Projet de Fin d'Etudes

Dans le cadre de L'arrêté ministériel n°008 modifiant et complétant l'arrêté ministériel n°1275

« Un diplôme, une startup / micro entreprise ou brevet d'invention »

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Télécommunications

Spécialité : Réseaux Télécommunications

**SmartBuoy : Conception et Réalisation d'une Bouée de Sauvetage
Intelligente et Téléguidée pour les Interventions en Milieu Aquatique
'Aquasaver'**

Présenté Par :

1/ AMANI Charaf Eddine	M2	Département d'Électronique et des Télécommunications
2/ BERNOUSSI Narimane	M2	Département d'Électronique et des Télécommunications
3/ ROUANE HACENE Nour Khaoula	M2	Département d'Électronique et des Télécommunications

Devant le jury composé de :

Dr HASNAOUI Meriem	MCA	U.Ain Témouchent	Président
Mme BOUTKHIL Malika	MAA	U.Ain Témouchent	Examinateur
Dr MERADI Abdelhafid	MCA	U.Ain Témouchent	Encadrant
Dr DEBBAL Mohammed	MCA	U.Ain Témouchent	Co-Encadrant
Dr BENHADDOU Amina	MCA	U.Ain Témouchent	Co-Encadrant
Dr GHERBI Sabah	MCA	U.Ain Témouchent	Représentant de l'incubateur
Mr MEHAMEDY Yassine		U.Ain Témouchent	Partenaire socioéconomique

Année Universitaire 2024/2025

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu le Tout-Puissant, qui nous a accordé la patience et la force nécessaires pour mener ce travail.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à Monsieur Meradi Abdelhafid, pour nous avoir donné l'opportunité de travailler sur ce sujet, qui nous a permis de développer nos compétences à travers une problématique concrète.

Nos remerciements les plus sincères vont également à Monsieur Debbal Mohammed et Madame Benhaddou Amina, pour leur orientation et leurs conseils avisés tout au long de l'élaboration de ce projet.

Nous tenons à adresser une mention spéciale à Monsieur Sahraoui Mahi, pour ses conseils techniques qu'il a partagées au cours de notre travail.

Nous remercions également le président du jury Dr Hasnaoui meriem ainsi que les membres du jury Mme Boutkhal malika, Dr Guerbi sabah et Mr Mehamedî yassine d'avoir accepté d'évaluer et juger notre travail.

Nos pensées les plus chaleureuses vont à nos familles, pour leurs encouragements tout au long de notre parcours universitaire.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à mes parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien sans faille et les sacrifices qu'ils ont consentis pour ma réussite.

A mes frères Fethalah et chakib, pour leur soutien et leur motivation.

À mes amies Hichem, Abdelkafi, Hami, Nabil, Nadjib et Anespour leur présence précieuse, leurs encouragements et leur amitié sincère.

À Narimane et Nour, pour leur collaboration et leur esprit d'équipe durant ce projet ainsi qu'à leurs familles.

À toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à ce travail : cette réussite est aussi la vôtre.

«Charaf»

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien constant et leurs sacrifices tout au long de mon parcours.

À mes deux sœurs, Fatima et Darine, et à mon frère Abdelhadi, pour leur soutien et leur motivation.

À mes amies Sarah, Amina et Roumaïssaa, pour leur présence précieuse, leurs encouragements et leur amitié sincère.

À Charaf et Nour, pour leur collaboration et leur esprit d'équipe durant ce projet ainsi qu'à leurs familles.

Et enfin, à mes grands-pères, qui nous ont quittés, mais dont la mémoire et les valeurs continuent de m'inspirer chaque jour.

« Narimane »

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à mes parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien sans faille et les sacrifices qu'ils ont consentis pour ma réussite.

À mes sœurs et mes frères, pour leur présence constante et leurs encouragements dans les moments de doute.

À ma meilleure amie Nour El Houda, pour sa bienveillance, ses conseils et sa bonne humeur, qui m'ont accompagné tout au long de ce parcours.

À Charaf et Narimane, pour leur collaboration et leur esprit d'équipe durant ce projet ainsi qu'à leurs familles.

À toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à ce travail : cette réussite est aussi la vôtre.

« Nour »

Résumé

Ce mémoire porte sur la conception et la réalisation d'un dispositif de sauvetage innovant destiné aux interventions en milieu aquatique : une bouée intelligente et téléguidée. Face au nombre croissant de noyades, notamment durant la saison estivale, et aux limites des moyens de secours traditionnels, il devient essentiel de développer des solutions technologiques capables de renforcer la réactivité et l'efficacité des opérations de sauvetage. Le projet vise ainsi à concevoir un prototype fonctionnel, peu coûteux et adapté aux réalités locales, intégrant des composants électroniques tels qu'un microcontrôleur, des capteurs, des moteurs et une interface de commande à distance. Ce dispositif a pour objectif de localiser rapidement une victime, de s'en approcher de manière autonome ou dirigée, et de la maintenir à flot en attendant l'arrivée des secours. L'approche adoptée dans ce travail combine à la fois des considérations techniques, humaines et environnementales, en mettant l'innovation technologique au service de la sécurité des personnes en milieu aquatique.

Mots-clés : Bouée intelligente, téléguidée, sauvetage, noyade, AquaSaver.

Abstract

This thesis focuses on the design and development of an innovative rescue device for aquatic environments: an intelligent and remote-controlled lifebuoy. Faced with the increasing number of drowning incidents, particularly during the summer season, and the limitations of traditional rescue methods, it has become essential to develop technological solutions that can enhance the speed and efficiency of rescue operations. This project aims to build a functional and low-cost prototype suited to local needs, incorporating electronic components such as a microcontroller, sensors, motors, and a remote-control interface. The system is designed to quickly locate a drowning person, approach them either autonomously or manually, and keep them afloat until help arrives. This work combines technical, human, and environmental considerations, placing technological innovation at the heart of aquatic safety.

Keywords: Smart lifebuoy, remote-controlled, rescue, drowning, AquaSaver.

ملخص

تتناول هذه المذكرة تصميم وإنجاز جهاز إنقاذ مبتكر مخصص للتدخلات في البيئات المائية، ويتمثل في عوامة ذكية وموجهة عن بُعد. في ظل تزايد حوادث الغرق، لا سيما خلال فصل الصيف، ومع محدودية وسائل الإنقاذ التقليدية، تبرز الحاجة إلى حلول تكنولوجية قادرة على تعزيز سرعة وكفاءة عمليات الإنقاذ. تهدف هذه الدراسة إلى تطوير نموذج أولي وظيفي ومنخفض التكلفة، يتلاءم مع خصوصيات البيئة المحلية، ويعتمد على مكونات إلكترونية مثل المتحكم الدقيق، والمستشعرات، والمحركات، ونظام تحكم عن بُعد. تم تصميم هذا النظام لتمكينه من تحديد موقع الضحية بسرعة، والاقتراب منها إما ذاتيًا أو عبر التوجيه اليدوي، مع ضمان بقائها على سطح الماء في انتظار وصول فرق الإنقاذ. يجمع هذا العمل بين الأبعاد التقنية والإنسانية والبيئية، ويُبرز دور الابتكار التكنولوجي في تعزيز السلامة المائية.

الكلمات المفتاحية: عوامة ذكية، موجهة عن بُعد، إنقاذ، غرق، AquaSaver

Table des matière

Chapitre 1 : Cadre théorique et technologie	15
I.1 Introduction	15
I.2Présentation des moyens classiques de sauvetage aquatique	15
2.1 Limites des méthodes traditionnelles.....	16
I.3. Statistiques et Étude de la situation en Algérie	16
3.1 Statistiques et étude de la situation à Ain Témouchent	16
3.2 Nombre de plages et volume des interventions	16
3.3 Noyades et décès : causes, âges et circonstances.....	16
3.4 Zone interdite au-delà de 150 mètres.....	17
3.5 Apport de la bouée de sauvetage intelligente	17
I.4 Revue des technologies utilisées	18
4.1 Microcontrôleurs et plateformes embarquées.....	18
4.2 Modules de communication sans fil	19
4.3 Système de propulsion	19
4.4 Capteurs de navigation et d'équilibre	20
4.5 Interface de commande à distance	20
4.6 Alimentation électrique.....	20
4.7 Systèmes de sécurité et de localisation	20
4.8 Structure flottante et étanchéité	20
I.5 Études de projets similaires	21
I.6 Conclusion.....	22
Chapitre 2 : Analyse des besoins et conceptions du système.....	26
II.1 Introduction :	26
II.2 Analyse fonctionnelle et besoins des utilisateurs.....	26
2.1 Analyse fonctionnelle	26
2.2 Identification des besoins des utilisateurs.....	27
2.3 Cahier des charges	27
2.3.1 Cahier des charges fonctionnel	28
2.3.2 Cahier des charges technique.....	28
II.3 Architecture du système	29
II.4 Choix des composants matériels et justification	30
II.5 Design mécanique de la bouée	32

II.6 Conclusion.....	34
Chapitre 3 : Réalisation et implémentation.....	37
III.1 Introduction.....	37
III .2 Montage matériel du prototype.....	37
2.1 Simulation du circuit sur Proteus (partie théorique et préparatoire).....	37
2.1.1 Présentation du logiciel Proteus.....	37
2.1.2 Simulation du schéma électronique de la bouée via Proteus.....	39
2.2 Réalisation pratique du montage.....	40
2.2.1 Présentation de la carte Arduino Uno.....	40
2.2.2Module DRIVER motor L298N.....	42
2.2.3 Les moteurs à courant continu (DC).....	43
2.2.4 Le module Bluetooth HC-05.....	43
III.3 Programmation du microcontrôleur.....	44
3.1Environnement de développement Arduino IDE.....	44
3.2 Logique de programmation.....	46
III.4 Intégration du système.....	47
4.1 Réception des commandes via le module Bluetooth.....	47
4.2 Interprétation des commandes par l'Arduino Uno.....	47
4.3 Contrôle des moteurs via le L298N.....	47
4.4 Actionnement des moteurs DC.....	47
III.5 Gestion de l'alimentation.....	48
III.6 Conclusion.....	48
Chapitre 4 : Test, Réalisation et perspective.....	51
IV.1 Introduction.....	51
IV.1 Scénarios de tests.....	51
IV.2 Méthodologie de validation.....	53
IV.4 Analyse critique.....	55
IV.5 Perspectives d'amélioration.....	56
IV.6 Conclusion.....	57
Conclusion générale.....	60
Bibliographie.....	15

Liste des figures :

Chapitre 1

<i>Fig 1. 1 : Schéma fonctionnel de la bouée de sauvetage intelligente.....</i>	<i>21</i>
<i>Fig 1. 2 : Figure représente les différents projets similaire.</i>	<i>22</i>

Chapitre 2

<i>fig 2. 1 : Architecture fonctionnelle intégrée d'AquaSaver.....</i>	<i>34</i>
------------------------------------------------------------------------	-----------

Chapitre 3

<i>Fig 3. 1 : Interface du logiciel ISIS proteus.....</i>	<i>39</i>
<i>Fig 3. 2 : Simulation du schéma électronique de la bouée.....</i>	<i>40</i>
<i>Fig 3. 3 : La carte Arduino Uno R3</i>	<i>41</i>
<i>Fig 3. 4 : Module contrôleur moteur L298N.....</i>	<i>43</i>
<i>Fig 3. 5 : Montage des composants électroniques de commande du prototype</i>	<i>44</i>
<i>Fig 3. 6 : L'interface de l'IDE [32]45</i>	

Chapitre 4

<i>Fig 4. 1 : vérification des commandes</i>	<i>Fig 4. 2 : Test de contrôle via RemotXY.....</i>	<i>53</i>
<i>Fig 4. 3 : Résultat final de prototype AquaSaver</i>	<i>Fig 4. 4 : Validation d'AquaSaver en milieu aquatique</i>	<i>55</i>

Liste des tableaux :

Chapitre 1

Tableau 1. 1 : Statistiques des plages, interventions et décès – Wilaya de Ain Témouchent..... 18

Tableau 1. 2 : tableau comparatif des projets similaires 22

Chapitre 2

Tableau 2. 1 : tableau représente le cahier des charges fonctionnelle..... 28

Tableau 2. 2 : Tableau représente le cahier des charges technique 29

*Introduction
générale*

Introduction générale

La sécurité en milieu aquatique constitue un enjeu majeur de santé publique. Chaque année, de nombreuses personnes trouvent la mort par noyade, faute d'une intervention rapide et efficace. Ce constat met en évidence la nécessité de renforcer les dispositifs de sauvetage existants à travers l'intégration de technologies innovantes, capables d'assister les sauveteurs tout en limitant les risques humains.

Dans ce cadre, notre projet s'inscrit dans une démarche d'innovation technologique au service de la sécurité des personnes. Il consiste à concevoir et réaliser une bouée de sauvetage intelligente et téléguidée, capable d'être dirigée à distance vers une victime en difficulté, afin de lui fournir un appui flottant dans les plus brefs délais. Cette solution vise à améliorer la rapidité et l'efficacité des interventions de secours, tout en réduisant l'exposition des sauveteurs aux dangers du milieu aquatique.

L'approche adoptée repose sur l'utilisation de systèmes embarqués, de modules de communication sans fil et de composants électroniques simples, dans un souci de viabilité technique et économique. Le prototype développé se veut à la fois fonctionnel, autonome, et accessible, tant en termes de conception que d'exploitation.

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à la présentation générale du projet, à l'analyse du besoin, à l'identification des utilisateurs cibles, ainsi qu'à l'étude des dispositifs existants.
- Le deuxième chapitre porte sur la phase de conception. Il détaille les choix techniques retenus, l'architecture globale du système, ainsi que les composants matériels et logiciels sélectionnés.
- Le troisième chapitre traite de la réalisation du prototype. Il expose les étapes de développement, de montage et de programmation de la bouée intelligente, en insistant sur les contraintes techniques rencontrées et les solutions mises en œuvre.
- Enfin, le quatrième chapitre présente les tests expérimentaux effectués, les résultats obtenus, ainsi que les perspectives d'amélioration et de développement futur du dispositif.

À travers ce travail, nous avons mobilisé nos compétences en télécommunications, en électronique et en programmation embarquée pour répondre à une problématique concrète et actuelle. Ce projet illustre ainsi le rôle que peuvent jouer les technologies intelligentes dans la protection de la vie humaine et l'optimisation des opérations de sauvetage.

Chapitre I :
Cadre Théorique
et
Technologique

Chapitre 1 : Cadre théorique et technologie

I.1 Introduction

Dans le cadre de la conception et du développement de notre bouée de sauvetage intelligente, il est crucial d'établir une base solide qui repose à la fois sur les principes théoriques et les avancées technologiques pertinentes.

Ce chapitre a pour objectif de présenter les fondements nécessaires à la mise en œuvre d'un dispositif innovant, autonome et communicant, conçu pour intervenir efficacement dans un environnement marin.

Nous commencerons par explorer les technologies classiques utilisées dans le sauvetage aquatique, avant de nous concentrer sur les moyens techniques modernes qui pourraient améliorer la réactivité et la sécurité des interventions. L'accent sera mis sur les systèmes embarqués, en particulier le microcontrôleur ESP32, cœur du système de la bouée. Nous aborderons également les solutions de communication sans fil, les capteurs et actionneurs utilisés, ainsi que les mécanismes de navigation autonome qui assurent une intervention précise et rapide.

Enfin, nous nous attarderons sur les enjeux liés à l'énergie embarquée, la résistance aux conditions climatiques difficiles, et l'architecture logicielle, éléments clés pour garantir la fiabilité et l'efficacité du dispositif dans des situations de secours réelles.

L'objectif de ce chapitre est de poser les bases théoriques et technologiques nécessaires à la compréhension des choix techniques effectués tout au long du développement de notre projet.

I.2Présentation des moyens classiques de sauvetage aquatique

Le sauvetage aquatique est depuis longtemps effectué à l'aide des outils et méthodes traditionnels, dans des cadres élaborées par des équipes de sauvetage qualifiées, comme les maîtres-nageurs sauveteurs, les garde-côtes ou les secouristes en mer. Certains d'entre eux ont

Chapitre 1 : Cadre théorique et technologique

des moyens variés, mais partagent fréquemment un degré élevé de maniabilité ou d'automatisation sélective, impliquant une contribution humaine direct.

2.1 Limites des méthodes traditionnelles

Malgré leur grande utilité, ces moyens classiques présentent plusieurs limites, parmi lesquelles on peut citer :

Les temps de réaction peuvent être longs, surtout en cas de grande distance ou de conditions météorologiques défavorables ;

Une forte dépendance à l'intervention humaine accroît les risques en cas de surcharge ou d'absence de personnel ;

La portée des dispositifs manuels est limitée ;

Le manque de traçabilité et d'informations en temps réel concernant la position de la victime

Ces limitations soulignent la nécessité d'explorer des solutions à la fois innovantes, plus indépendantes et réactives, pour augmenter les possibilités de survie des victimes et améliorer l'efficacité des opérations de secours.

I.3. Statistiques et Étude de la situation en Algérie

Selon le journal L'Echo d'Algérie, la saison estivale 2024 allant du 1er juin au 30 septembre, a connu un rapport étonnant selon la Direction Générale de la Protection Civile : un total de 324 décès par noyade a été enregistré pour le littoral algérien. Le chiffre aurait pu être plus sombre sans l'intervention des équipes de secours qui ont réussi à sauver 56 560 personnes pendant la même période. Dans l'ensemble, pour le système spécial de surveillance algérien mis en place pour cette saison estivale, 77 446 interventions ont été réalisées.[1]

3.1 Statistiques et étude de la situation à Ain Témouchent

Dans le cadre de notre étude, nous avons recueilli des données officielles auprès de la Direction de la Protection Civile de la wilaya de Ain Témouchent, couvrant la période estivale du 22 juin au 30 septembre 2024. Ces données permettent d'évaluer l'ampleur des interventions effectuées ainsi que les cas de noyades enregistrés sur les plages surveillées et non surveillées de la région.

3.2 Nombre de plages et volume des interventions

La wilaya de Ain Témouchent dispose de 25 plages autorisées à la baignade, distribuées ainsi:

- 17 plages surveillées par les unités de la Protection Civile,
- 8 plages non surveillées.

Un nombre de 6 116 interventions au total a été enregistré sur les plages de la wilaya durant la saison estivale 2024. Certaines plages ont tout particulièrement retenu toute l'attention en raison du nombre élevé d'interventions.[2]

- Plage Rachgoun 2 (رشقون 2) : 1 528 interventions
- Plage du puits-Benisaf (الأبار) : 1 256 interventions
- Plage Sassel (ساسل) : 482 interventions
- Plage El-Ouardania (الوردانية) : 536 interventions

Ce volume d'interventions souligne bien la pression que subissent les sauveteurs, notamment dans les plages les plus fréquentées.

3.3 Noyades et décès : causes, âges et circonstances

Malgré les dispositifs de surveillance, 12 décès par noyade ont été recensés durant cette période

- 4 décès sur les plages surveillées :
 - Parmi eux, deux enfants ont tragiquement perdu la vie suite à une inattention momentanée de leurs mères – une simple négligence qui a coûté la vie à leurs enfants.

- Les deux autres décès concernent des jeunes hommes âgés de 19 à 25 ans, qui se baignaient en dehors des horaires de surveillance, ce qui a empêché une intervention rapide.
- 8 décès sur les plages non surveillées, dans des zones interdites ou non encadrées. Ces victimes, toutes de sexe masculin, étaient pour la majorité âgées entre 19 et 30 ans, une tranche d'âge souvent sujette à des comportements à risque.[2]

3.4 Zone interdite au-delà de 150 mètres

Sur les plages surveillées, des bouées de délimitation sont installées à 150 mètres du rivage, marquant la limite maximale autorisée pour la baignade. Au-delà de cette limite, la baignade est strictement interdite, car en cas de noyade, le temps nécessaire pour intervenir devient critique. Chaque minute compte, et le facteur temps peut être décisif pour sauver une vie.[2]

3.5 Apport de la bouée de sauvetage intelligente

C'est dans ce contexte alarmant que s'inscrit notre projet de bouée de sauvetage intelligente et téléguidée. Ce dispositif vise à réduire le temps de réaction des secours, notamment :

- Pour atteindre rapidement des zones éloignées (au-delà des 150 m),
- Pour renforcer la sécurité sur les plages non surveillées,
- Pour protéger les enfants et les jeunes, catégories les plus vulnérables.

Grâce à ses capacités techniques, cette bouée représente un levier majeur pour inverser la tendance actuelle et réduire significativement les noyades dans la région.

Chapitre 1 : Cadre théorique et technologique

Catégorie	Détails
Nombre total de plages autorisées	25 plages
Plages surveillées	17 plages
Plages non surveillées	8 plages
Nombre total d'interventions	6116 interventions
Plages avec le plus grand nombre d'interventions	Plage Rachgoun 2 (1 528) ,Plage du puits-Benisaf (1256) .
Nombre total de décès par noyade	12 décès
Décès sur plages surveillées	4 décès (dont 2 enfants ; 2 jeunes hors horaires)
Décès sur plages non surveillées	8 décès (zones interdites, toutes de sexe masculin)
Âges les plus touchés	Enfants <12 ans, Jeunes 19-30 ans
Règlement de sécurité	Zone de baignade limitée à 150 m du rivage (bouées de signalisation)
Risque au-delà des 150 m	Intervention difficile, perte de temps critique, mortalité élevée
Solution proposée	Bouée de sauvetage intelligente pour réduire le temps d'intervention et sécuriser les plages non surveillées

Tableau 1. 1 : Statistiques des plages, interventions et décès – Wilaya de Aïn Témouchent

I.4 Revue des technologies utilisées(Arduino, Raspberry Pi, RF, Wi-Fi, capteurs...)

La conception d'une bouée de sauvetage intelligente repose sur l'intégration de technologies variées issues de la robotique, de l'électronique embarquée, des télécommunications et des systèmes de navigation. Chaque technologie a un rôle bien défini au sein du système global. Voici une revue complète des technologies employées, accompagnée d'un schéma explicatif.

4.1 Microcontrôleurs et plateformes embarquées

Raspberry Pi : un petit ordinateur sous le système d'exploitation Linux sur carte SD destiné à des applications d'informatique embarquée, équipé d'un processeur ARM, capable de gérer les traitements avancés, les communications réseau, ou les flux vidéo.[3]

Arduino : une plateforme de développement open-source intuitive et accessible, dotée d'un langage haut niveau comparable à Java et C. [4]

ESP32 : un microcontrôleur 32 bits .Il est équipé de divers périphériques tels que le Wifi, le Bluetooth, SPI, I2C, UART, SDIO, CAN, ETH (Ethernet), IR (infrarouge), ainsi que des fonctionnalités comme le PWM (modulateur par largeur d'impulsions), un capteur de température, une sonde de toucher pour la température, un DAC, un ADC, et un ensemble de ports GPIO multiplexés qui se connectent à tous ces périphériques.[5]

4.2 Modules de communication sans fil

Radiofréquence (RF 433 MHz / 2.4 GHz) : un petit module qui permet d'envoyer et de recevoir des données sans fil, un peu comme une télécommande de voiture. Il fonctionne sur une fréquence de 433 MHz, qui est gratuite et souvent utilisée pour les objets connectés simples. Il est fiable et économique, sa portée est : Jusqu'à 100 mètres en extérieur avec une antenne appropriée.[6]

Wi-Fi : un réseau sans fils Permet de contrôler la bouée à travers une interface web ou mobile.[7]

Bluetooth / BLE : une interface radio universelle dans la bande de fréquence de 2,45 GHz qui permet aux appareils électroniques portables de se connecter et de communiquer sans fil via une courte portée.[8]

LoRa : est le réseau idéal pour la surveillance utilisé pour des communications longue portée à faible consommation.[9]

4G/5G: Pour le contrôle à distance via Internet, avec possibilité de transmission vidéo.

4.3 Système de propulsion

Moteur brushless: (ou moteur sans balais) est un moteur électrique dans lequel les balais et le collecteur ont été remplacés par des systèmes électroniques pour commutateur la direction du courant.[10]

ESC (Electronic Speed Controller) : Régule la vitesse du moteur et son sens de rotation.

Hélices marines (propellers) : l'hélice déplace l'eau, ce qui crée une force de poussée selon le principe d'action-réaction (loi de Newton). Cela permet au AquaSaver de se déplacer.

4.4 Capteurs de navigation et d'équilibre

GPS : système de géolocalisation par satellite permet d'identifier les coordonnées géographiques de tout point sur la surface terrestre, un bon system pour suivi notre AquaSaver en temps réel.[11]

MPU6050 : Un gyroscope et un accéléromètre intégré pour mesurer l'orientation, les vibrations ou l'instabilité.[12]

Boussole numérique : Donne le cap.

4.5 Interface de commande à distance

Télécommande RF avec joystick : Simple et robuste pour le téléguidage d'AquaSaver

Application mobile : Interface conviviale, communication via Wi-Fi ou Bluetooth.

Interface web : Contrôle depuis un ordinateur ou smartphone via navigateur.

4.6 Alimentation électrique

Batterie Li-ion 11.1V :Grâce à sa densité énergétique élevée, sa compacité et sa capacité à fournir un courant stable sur une longue durée, cette batterie représente une solution fiable pour alimenter le Raspberry Pi ainsi que le moteur brushless via l'ESC. [13]

4.7 Systèmes de sécurité et de localisation

Système de retour automatique : La bouée regagne son point de départ en cas de perte de signal.

Signalisation LED ou sonore : Pour repérer la bouée par voie visuelle ou sonore.

Caméra intégrée : Offre une perspective en direct, pratique pour localiser la victime ou examiner les environs.

4.8 Structure flottante et étanchéité

Matériaux :

PVC : Plastique résistant à l'eau salée et à la corrosion (étanche naturellement) utilisé pour protéger la structure extérieure.

ABS ou impression 3D : résistant aux températures et aux chocs donc c'est un bon choix pour la protection de pièces solides ou techniques.

Chapitre 1 : Cadre théorique et technologique

Mousse EVA : légère et souple pour la flottabilité et le confort.[14]

Boîtiers IP65 / IP67 : Elles préservent les composants des éclaboussures d'eau et de l'humidité.

C'est pour cette raison que :

IP65 : supporte les projections d'eau (par exemple : pluie, éclaboussures).

IP67 : capable de supporter une immersion temporaire dans l'eau (jusqu'à 1 mètre pendant 30 minutes).[15]

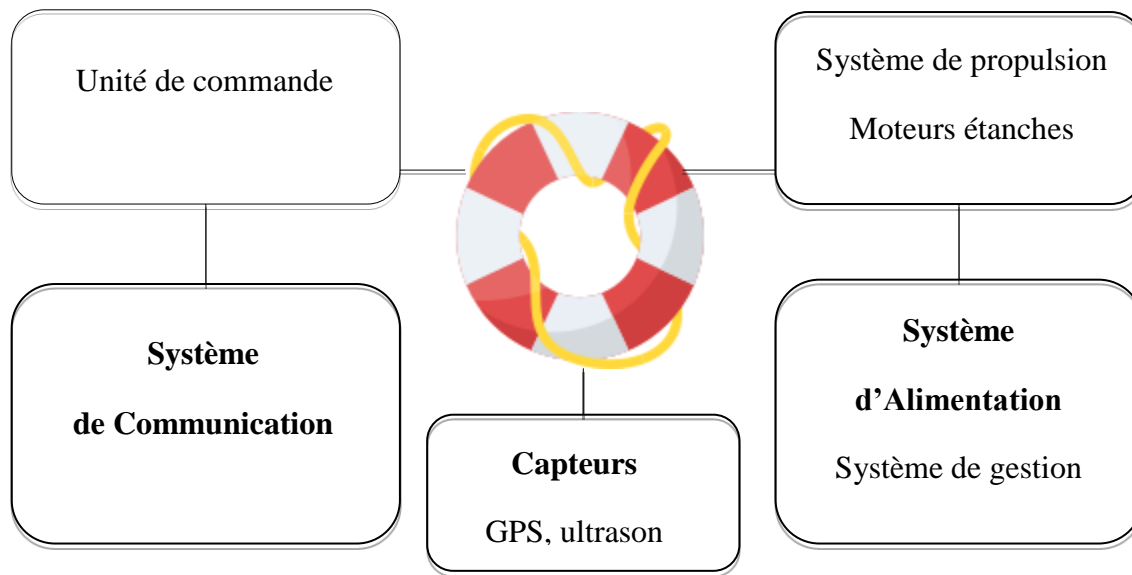


Fig 1. 1 : Schéma fonctionnel de la bouée de sauvetage intelligente

I.5 Études de projets similaires

Nom du Projet	Pays	Fabricant	Vitesse max	Autonomie	Portée	Poids	Prix	Points Forts	Limites
Dolphin 1[16]	Chine	OceanAlpha	7 à 10 km/h	30 min	500 m	13 kg	~8 000 €	Grande stabilité, haute visibilité, facile à utiliser	Prix élevé, poids important
Restube Automatic[17]	Allemagne	Restube	Non motorisé	N/A	Dépend du drone	245 g	~100 €	Très léger, déploiement automatique, transportable par drone	Ne ramène pas la victime, cartouche à remplacer
EMILY[18]	États-Unis	Hydronalix	40 km/h	14 min	Plusieurs milles	12 kg	~10 000 \$	Très rapide, transport de plusieurs victimes, équipements de nuit	Coût élevé, autonomie limitée
U-SAFE[19]	Portugal	Noras Performance	15 km/h	5,9 km de distance	800 m	13 kg	~5 000 €	Facile à utiliser, propulsion	Poids, encombrement, coût élevé

Chapitre 1 : Cadre théorique et technologique

								fiable, fonctionnement en mer agitée	
--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------------------------------	--

Tableau 1. 2 : tableau comparatif des projets similaires



Dolphin 1



Restube Automatic



EMILY



U-SAFE

Fig 1. 2 : Figure représente les différents projets similaire.

I.6 Conclusion

Ce premier chapitre a permis d'établir les fondements théoriques et technologiques indispensables à la conception d'une bouée de sauvetage intelligente, autonome et téléguidée. En dressant un état des lieux des dispositifs classiques de sauvetage aquatique et en soulignant leurs limites, nous avons mis en lumière la nécessité de solutions innovantes capables de répondre plus efficacement aux exigences de sécurité en milieu marin.

L'analyse statistique des noyades, notamment en Algérie et dans la wilaya de Aïn Témouchent, démontre l'urgence d'agir face à une réalité préoccupante. Ces données ont renforcé la pertinence de notre démarche, en motivant le développement d'un système capable de réduire le temps de réponse et d'augmenter les chances de survie dans les situations critiques.

Chapitre 1 : Cadre théorique et technologique

La revue des technologies embarquées, allant des microcontrôleurs (ESP32, Raspberry Pi, Arduino) aux modules de communication, capteurs, interfaces de contrôle et systèmes de propulsion, a permis de justifier les choix techniques adoptés dans ce projet. Ces composants forment un écosystème cohérent et performant, apte à assurer une navigation autonome, une communication fiable et une intervention rapide sur les lieux d'incident.

Enfin, la comparaison avec des projets similaires existants à l'échelle internationale a permis de situer notre solution dans un contexte technologique global, tout en soulignant ses spécificités, son adaptabilité aux réalités locales, et son potentiel d'impact en matière de prévention des noyades.

Ce socle théorique et technologique prépare ainsi le terrain pour les phases suivantes du projet, à savoir la conception, la réalisation et l'évaluation expérimentale de la bouée de sauvetage intelligente

Chapitre II :
Analyse des
Besoins et
Conception du
Systeme
AquaSaver

Chapitre 2 : Analyse des besoins et conceptions du système

II.1 Introduction :

Les statistiques alarmantes en Algérie concernant les noyades estivales révèlent une réalité préoccupante: malgré le déploiement des moyens de secours , chaque année de nombreuses personnes perdent la vie . Ces drames répétés mettent en évidence les insuffisances des systèmes de sauvetage conventionnels et la nécessité impérieuse d'innover en matière de sécurité aquatique.

Ce constat s'inscrit dans une problématique mondiale, où les noyades accidentelles demeurent un enjeu majeur de sécurité publique. Face à ce défi universel, notre projet AquaSaver propose une solution technologique innovante, conçue pour s'adapter aux différents contextes géographiques et conditions hydrologiques.

Dans ce chapitre, nous présentons notre approche méthodologique pour identifier les besoins essentiels en matière de sauvetage aquatique, définir les spécifications techniques du système et élaborer une architecture modulaire et évolutive.

Cette réflexion structurée permettra de concevoir un dispositif robuste, capable de répondre efficacement aux défis du sauvetage en milieu aquatique, tout en s'adaptant aux particularités locales. L'objectif est de proposer une solution à la fois performante et accessible, susceptible de sauver des vies dans divers environnements.

II.2Analyse fonctionnelle et besoins des utilisateurs

2.1 Analyse fonctionnelle

L'objectif de l'analyse fonctionnelle est d'identifier les fonctions cruciales que le système doit assurer pour mener à bien sa mission de manière efficace. Elle offre la possibilité de convertir les besoins exprimés ou implicites en spécifications techniques.

Le système AquaSaver a pour mission principale : « Faciliter le sauvetage efficace et sécurisé en milieu aquatique, grâce à une bouée intelligente et télécommandée. »

Cette fonction importante, impose que le système soit capable de se déplacer en toute autonomie ou sous contrôle, d'indiquer la position, de rester stable et visible, d'offrir une utilisation sûre et

digne de confiance dans les conditions souvent difficiles du milieu marin.

2.1.1 Fonctions de service (fonctionnelles)

- Se déplacer automatiquement ou manuellement vers la victime.
- Envoyer sa position GPS en temps réel aux secouristes.
- Flotter de manière stable quelle que soit la mer.
- Être visible de loin, de jour comme de nuit (LED, couleur vive).
- Résister à l'eau salée, aux chocs et aux vibrations.
- Être contrôlée à distance via une télécommande ou une interface mobile.

2.1.2 Fonctions techniques

- Contrôler avec précision deux moteurs pour le déplacement.
- Gérer l'alimentation autonome (batterie).
- Assurer la communication longue portée avec les utilisateurs.
- Protéger l'électronique contre les projections d'eau et les conditions extrêmes.

2.2 Identification des besoins des utilisateurs

- Les utilisateurs concernées par ce dispositif sont principalement :
 - Les sauveteurs professionnels (maîtres-nageurs, Garde-côtes) qui viennent d'effectuer un sauvetage manuel et qui cherchent un équipement efficace afin d'intervenir de façon plus rapide et plus sûre;
 - Les personnes fréquentant des milieux aquatiques (plages, atlantic piscine, piscines publiques), qui bénéficient d'un dispositif de sécurité autonome.
 - Les centres de secours, qui peuvent suivre la position de la bouée et de surveiller la situation afin d'intervenir à distance.
- Les besoins des utilisateurs sont:
 - Rapidité d'action en cas de situation critique.
 - Fiabilité du système, même dans des conditions critiques.
 - Simplicité d'utilisation avec un pilotage facile.
 - Autonomie et intelligence de navigation.
 - Robustesse mécaniques et électroniques: assurant la durabilité d'équipements face aux conditions marines.
 - Portabilité : poidsréduit avec une facilité de pilotage.

2.3 Cahier des charges(fonctionnel et technique)

2.3.1 Cahier des charges fonctionnel

Catégorie	Exigence	Description / Détail
Fonctionnelle	Déplacement téléguidé	Contrôle manuel de la bouée à distance via manette ou application mobile.
	Déplacement autonome	Mode automatique basé sur coordonnées GPS ou détection de mouvement dans l'eau.
	Position GPS	Suivi et transmission en temps réel de la localisation.
	Flottabilité permanente	Capacité à flotter même en mer agitée.
	Signalisation visuelle	Feux LED pour être repérable la nuit.
	Interface utilisateur	Application dédiée avec retour d'information sur l'état de la bouée.

Tableau 2. 1 : tableau représente le cahier des charges fonctionnelle

2.3.2 Cahier des charges technique

Catégorie	Exigence technique	Description / Détail
Électronique	Micro-ordinateur embarqué Raspberry Pi	pour gérer les moteurs, capteurs, communication et GPS.

Chapitre2 : Analyse des besoins et conception du système AquaSaver

Communication	Liaison longue portée	Module LoRa (jusqu'à 15Km en champ libre).
Localisation	Positionnement GPS	Module GPS NEO-6M ou équivalent.
Propulsion	Double motorisation brushless	Deux moteurs brushless étanches avec deux hélices pour une propulsion efficace et maniable en milieu aquatique..
Contrôle moteur	ESC (Electronic Speed Controller)	Contrôle précis des moteurs via ESC adaptés, assurant vitesse et couple optimaux.
Alimentation	Autonomie énergétique	Batterie Li-ion 18650 3.7V, compacte, rechargeable, avec une haute capacité et une longue durée de vie.
Étanchéité	Protection contre l'eau	Indice de protection IP67 minimum pour les boîtiers.
Structure	Flottabilité et résistance	Structure en plastique étanche, léger, résistant à la corrosion et aux chocs.
Charge utile	Capacité de remorquage	Capacité à remorquer un adulte (≈ 100 kg).
Sécurité électrique	Protection circuit	Contre court-circuit, surtension, inversion de polarité.

Tableau 2. 2 : Tableau représente le cahier des charges technique

II.3 Architecture du système

L'architecture du système de l'AquaSaver repose sur une organisation modulaire composée de trois sous-systèmes principaux :

Chapitre2 : Analyse des besoins et conception du système AquaSaver

Sous-système de commande : Basé sur un Raspberry Pi, il assure le traitement des informations (capteurs, GPS), la communication sans fil (le module LoRa), le contrôle des moteurs brushless via les ESC, et l'interface utilisateur.

Sous-système de propulsion : Composé de deux moteurs brushless étanches pilotés par des contrôleurs ESC avec BEC intégré permettant un déplacement fluide et précis de la bouée sur l'eau.

Sous-système énergétique et structurel : Alimenté par une batterie Lipo 3s (11.1v), tous les composants sont intégrés dans un châssis en plastique étanche, résistant et flottant.

II.4 Choix des composants matériels et justification

Raspberry Pi :

Puissant processeur pour la gestion de la communication, du contrôle moteur, et éventuellement du GPS ou de la caméra.

Possède des GPIO pour le contrôle de l'ESC et la lecture de capteurs.

Supporte le Wi-Fi, le Bluetooth, et permet l'exécution de scripts Python facilement.[20]

Un module de communication LoRa (Long Range): est un dispositif utilisant une technologie radio sans fil à faible débit et longue portée, fonctionnant généralement dans la bande libre des 868 MHz. Il permet la transmission de petites quantités de données sur de grandes distances avec une très faible consommation d'énergie. [21]

Moteur brushless :haute efficacité énergétique, bonne puissance, aussi robuste et adapté aux environnements humides.

ESC (Electronic Speed Controller) avec BEC 5V intégré :

Indispensable pour piloter le moteur brushless en convertissant le courant continu en courant triphasé. Le BEC intégré fournit une tension régulée de 5 V, utilisée pour alimenter le Raspberry Pi via ses GPIO. [22]

Chapitre2 : Analyse des besoins et conception du système AquaSaver

Batterie Li-ion 18650 3.7V :Grâce à sa densité énergétique élevée, sa compacité et sa capacité à fournir un courant stable sur une longue durée, cette batterie représente une solution fiable pour alimenter le Raspberry Pi ainsi que le moteur brushless via l'ESC. [13]

Circuit de protection ou interrupteur étanche :dans n'importe quel système électronique embarqué, il est important de sécuriser l'alimentation électrique pour éviter des situations dangereuses.

Un circuit de protection permet de :

Empêcher les courts-circuits, qui pourraient griller les composants ou provoquer un départ de feu.

Limitier la surcharge ou la décharge excessive de la batterie, ce qui prolonge sa durée de vie et évite les risques d'explosion ou d'incendie.

Corp flottant (mousse EVA) :La mousse EVA, placée à l'intérieur de la coque externe en plastique, assure la flottabilité grâce à sa légèreté, sa résistance à l'eau, ainsi qu'à ses propriétés amortissantes face aux chocs. Elle protège également les composants électroniques sans augmenter le poids global de la bouée. [23]

Boîtier étanche IP67 :Offre une protection étanche des composants électroniques, les projections et l'humidité. Garantissant ainsi la durabilité et la résistance de la bouée au milieu aquatique. [24]

LED haute luminosité :Pour garantir une indication visuelle de la bouée, surtout pendant la nuit ou en conditions de visibilité réduite. Simple à manipuler par une broche GPIO du Raspberry Pi, elle permet de localiser rapidement la position de la bouée depuis la terre ferme ou un navire, tout en ayant une faible consommation d'énergie.[25]

Module GPS :Le module GPS permet de déterminer sa position géographique en temps réel. Cette fonctionnalité est essentielle pour assurer le suivi à distance, le retour automatique à un point prédéfini, ainsi que la traçabilité des interventions. [26]

Boussole numérique :Permet de connaître la direction de la bouée pour un meilleur guidage, notamment en cas de navigation autonome ou semi-autonome. Elle complète le GPS en donnant une orientation précise même à l'arrêt.[27]

Capteur de niveau de batterie (module de mesure de tension): Indispensable pour surveiller l'état de charge de la batterie en temps réel. Le Raspberry Pi peut afficher une alerte ou couper la propulsion si la batterie est trop faible, évitant ainsi des pannes critiques en pleine mer.[28]

II.5 Design mécanique de la bouée

Le design mécanique est pensé pour combiner efficacité de déplacement, sécurité et résistance aux conditions maritimes. Plusieurs éléments sont pris en compte :

1.Structure flottante

- Matériau principal : coque extérieure en plastique étanche (IP67) pour assurer la protection contre l'eau et les chocs ; mousse EVA haute densité intégrée à l'intérieur pour renforcer la flottabilité.
- Forme recommandée forme fermée inspirée de notre prototype (type petit bateau): Cette forme fermée, inspirée de notre prototype, offre une structure compacte et résistante, assurant une bonne flottabilité et une protection optimale des composants internes. Elle permet à la victime de s'agripper facilement, améliore la stabilité de la bouée sur l'eau et optimise l'accès lors des interventions de secours.
- Fonction : maintien en surface, support des modules, protection des composants.
- Encoches intégrées : pour fixer les hélices, le boîtier central et les éventuels capteurs

2. Boîtier central étanche (compartiment électronique)

- Matériau : IP67

Contient :

- Raspberry Pi
- Module GPS
- Module LoRa
- Boussole
- Convertisseur ESC + moteur

- Circuit de protection + interrupteur étanche
- Fixation : vissé ou clipsé dans une ouverture centrale, avec joints toriques pour l'étanchéité
- Trappe de maintenance : pour recharge batterie.

3. Compartiment batterie

- Position : au centre ou légèrement décalé vers l'arrière pour équilibrer le centre de gravité.
- Matériau : boîtier plastique étanche avec événements de sécurité.
- Accès : vissable avec joint d'étanchéité.
- Connecté via : un circuit de protection + interrupteur manuel (anti-court-circuit).

4. Système de propulsion

- Type de moteur : brushless triphasé (BLDC), fixé à l'arrière ou sous la bouée.
- Fixation : support en plastique imprimé ou aluminium anodisé, vissé au corps flottant.
- Hélice marine : 2 ou 3 pales, adaptée à l'eau.
- Protection : grille anti-débris pour éviter les dommages.
- Alimentation via ESC: contrôlé par PWM depuis le Raspberry Pi.

5. Disposition des capteurs

- GPS : positionné sur le haut du boîtier central (à l'air libre pour meilleure réception).
- Capteur de niveau de batterie: placé dans le compartiment batterie, connecté au Raspberry Pi pour surveiller l'état de charge et prévenir la décharge excessive.
- Accéléromètre / boussole : fixé à plat dans le boîtier, loin des interférences magnétiques.
- LED : montée sur le dessus, visible à 360°, protégée par un mini-dôme transparent.

6. Répartition de la masse et équilibrage

- Répartition symétrique des composants lourds (batterie, moteur, boîtier)
- Ajout possible de contrepoids ou flotteurs latéraux pour stabilisation

Chapitre2 : Analyse des besoins et conception du système AquaSaver

- Test de flottaison en eau calme pour valider la stabilité latérale (basculement gauche/droite) et longitudinale (inclinaison avant/arrière) du dispositif.

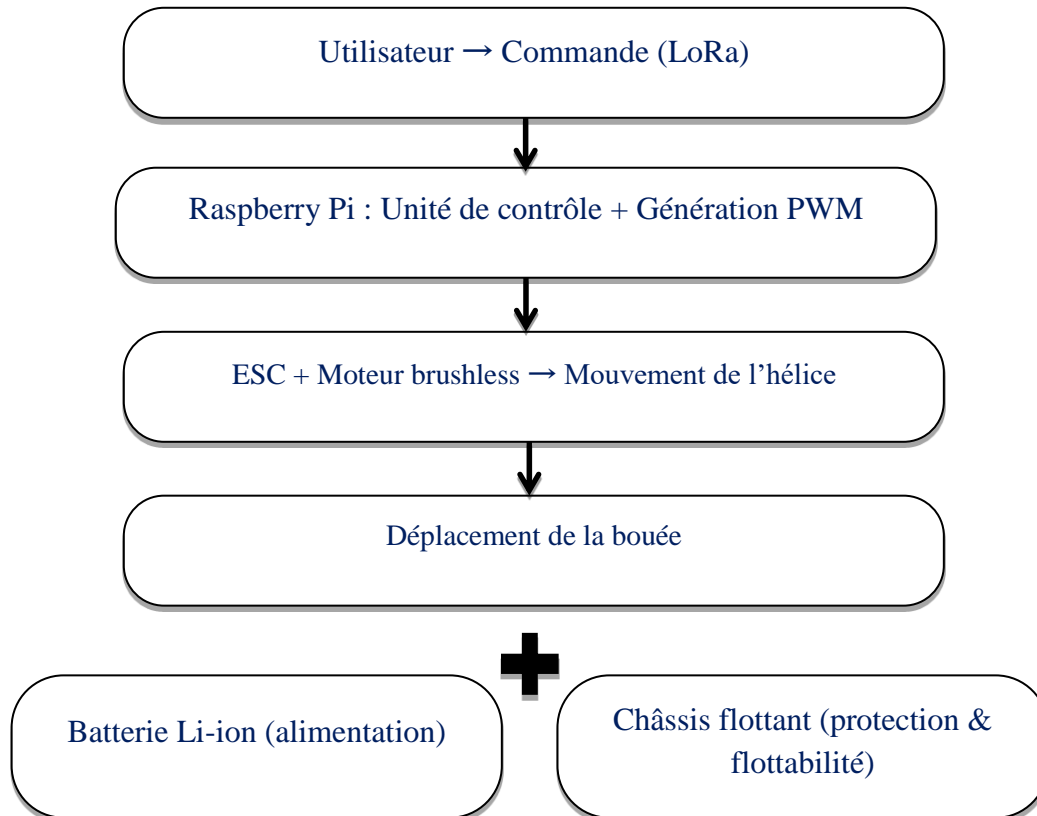


fig 2. 1 : Architecture fonctionnelle intégrée d'AquaSaver

II.6 Conclusion

Ce chapitre a permis d'établir les fondations conceptuelles et techniques du système AquaSaver, en répondant à une problématique sociétale urgente : la prévention des noyades en milieux aquatiques non sécurisés. L'analyse fonctionnelle a permis de traduire les attentes des différents utilisateurs – secouristes, centres de surveillance et usagers – en exigences précises et mesurables, tant sur le plan fonctionnel que technique.

Le cahier des charges détaillé a permis de cadrer les spécifications nécessaires à la mise en œuvre d'un dispositif fiable, autonome et adapté à divers environnements aquatiques. L'architecture modulaire proposée garantit une évolutivité du système, facilitant son adaptation à de nouveaux contextes ou à des améliorations futures. Le choix rigoureux des composants matériels a été

Chapitre2 : Analyse des besoins et conception du système AquaSaver

guidé par des critères de robustesse, d'efficacité énergétique, de compatibilité et de résistance aux contraintes marines.

Enfin, le design mécanique de la bouée a été pensé pour concilier ergonomie, stabilité et visibilité, renforçant ainsi la sécurité et la performance globale du système.

Cette étape de conception constitue une avancée déterminante vers la réalisation d'un prototype opérationnel, et ouvre la voie aux phases ultérieures de prototypage, de simulation et de validation sur le terrain.

Chapitre III :
Réalisation
et
Implémentation

Chapitre 3 : Réalisation et implémentation

III.1 Introduction

Aujourd'hui, l'électronique programmable est l'option de choix pour le design de systèmes plus intelligents. Cette technologie garantit également une restructuration des schémas des circuits à leur niveau de base, tout en augmentant leur efficacité, leur fiabilité, et en réduisant la taille physique des systèmes. Toutes ces fonctionnalités s'associent à l'émergence de nouveaux systèmes intégrés, qui rapprochent l'électronique de la programmation.

La mise en œuvre concrète d'un tel système nécessite une approche méthodique, alliant simulation, sélection des composants, assemblage matériel, programmation et intégration. Dans notre cas, une simulation préalable du circuit a été réalisée à l'aide du logiciel Proteus, ce qui nous a permis de valider le fonctionnement théorique du système avant de procéder au choix et à l'acquisition des composants réels.

C'est dans cette dynamique que s'inscrit le présent chapitre, consacré à la réalisation et à l'implémentation de notre bouée de sauvetage intelligente et téléguidée. Nous y présenterons successivement le montage matériel, la programmation du microcontrôleur, l'intégration globale du système, puis la gestion de l'alimentation, en vue d'aboutir à un prototype fonctionnel, cohérent et adapté aux conditions d'une intervention en milieu aquatique.

III .2 Montage matériel du prototype

2.1 Simulation du circuit sur Proteus (partie théorique et préparatoire)

2.1.1 Présentation du logiciel Proteus

Proteus Professional est une suite logicielle dédiée à la conception et à la simulation de circuits électroniques. Développée par la société Labcenter Electronics, elle est largement utilisée dans le milieu éducatif et professionnel pour concevoir, tester et valider des systèmes embarqués avant leur mise en œuvre réelle.

Cette suite regroupe plusieurs outils complémentaires permettant de passer de l'idée à la réalisation sans avoir à manipuler immédiatement du matériel physique. Grâce à son

Chapitre 3 : Réalisation et implémentation

environnement de simulation avancé, elle offre la possibilité de vérifier le fonctionnement d'un circuit et d'y intégrer du code embarqué, ce qui en fait un choix privilégié pour les projets basés sur des microcontrôleurs.

Parmi ses principaux atouts ,on peut citer :

- Une interface intuitive, facile et rapide à prendre en main ;
- Un support technique efficace ;
- Un outil de prototypage virtuel performant, permettant de réduire les coûts matériels et logiciels lors de la phase de conception.[29]

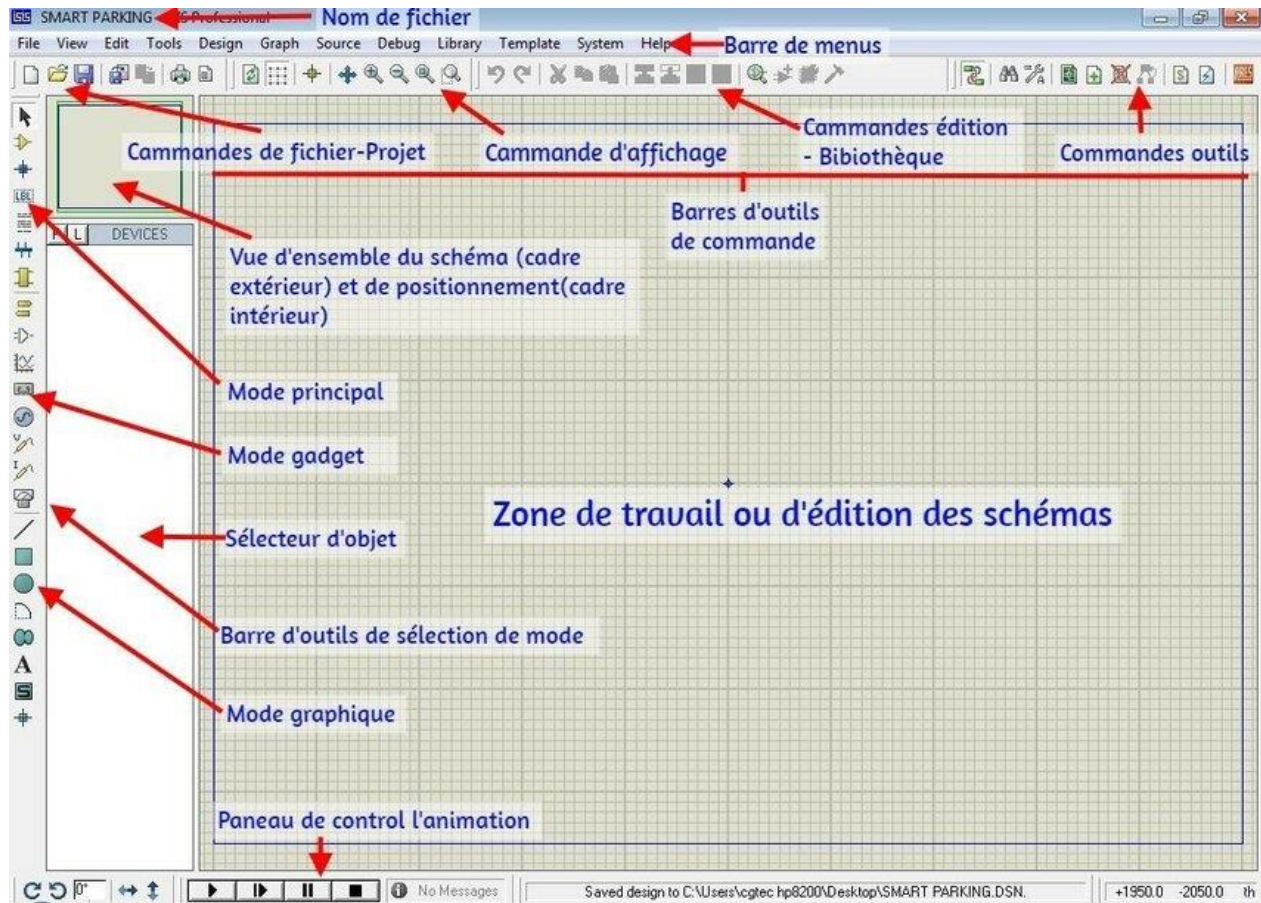


Fig 3. 1 : Interface du logiciel ISIS proteus

2.1.2 Simulation du schéma électronique de la bouée via Proteus

Avant de nous lancer dans la construction physique du prototype, nous avons d'abord simulé le schéma électronique de la bouée avec le logiciel Proteus Professional. Cette étape a été cruciale pour tester le bon fonctionnement du circuit, vérifier la cohérence du montage, observer les interactions entre les composants, et s'assurer que le système était réalisable avant de passer à la mise en oeuvre pratique.

voici le schéma issu de cette simulation:

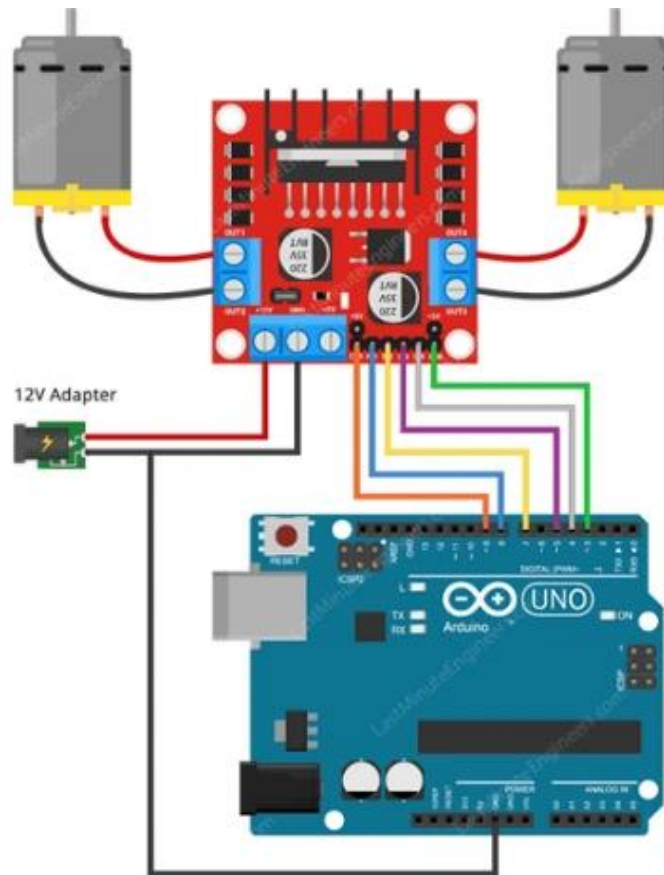


Fig 3. 2 : Simulation du schéma électronique de la bouée

2.2 Réalisation pratique du montage

2.2.1 Présentation de la carte Arduino Uno

La carte Arduino Uno est une carte électronique open source très utilisée dans le domaine de l'électronique embarquée. Elle est équipée d'un microcontrôleur ATmega328P, fabriqué par la société Atmel (désormais propriété de Microchip Technology). Cette carte permet de concevoir facilement des systèmes interactifs capables de recevoir des signaux d'entrée (capteurs) et de produire des signaux de sortie (actionneurs).[30]

- **Les composants de la carte**

L'Arduino est composée de deux parties indissociables : La carte qui est la partie hardware avec laquelle on travaille en construisant chaque projet et la plateforme IDE ARDUINO qui est la partie logicielle fonctionnant sur le PC celle-ci permet de mettre au point et de transférer le

Chapitre 3 : Réalisation et implémentation

programme qui sera par la suite exécutée par la carte ARDUINO. Dans ce qui suit nous allons présenter les composants de la carte Arduino UNO :

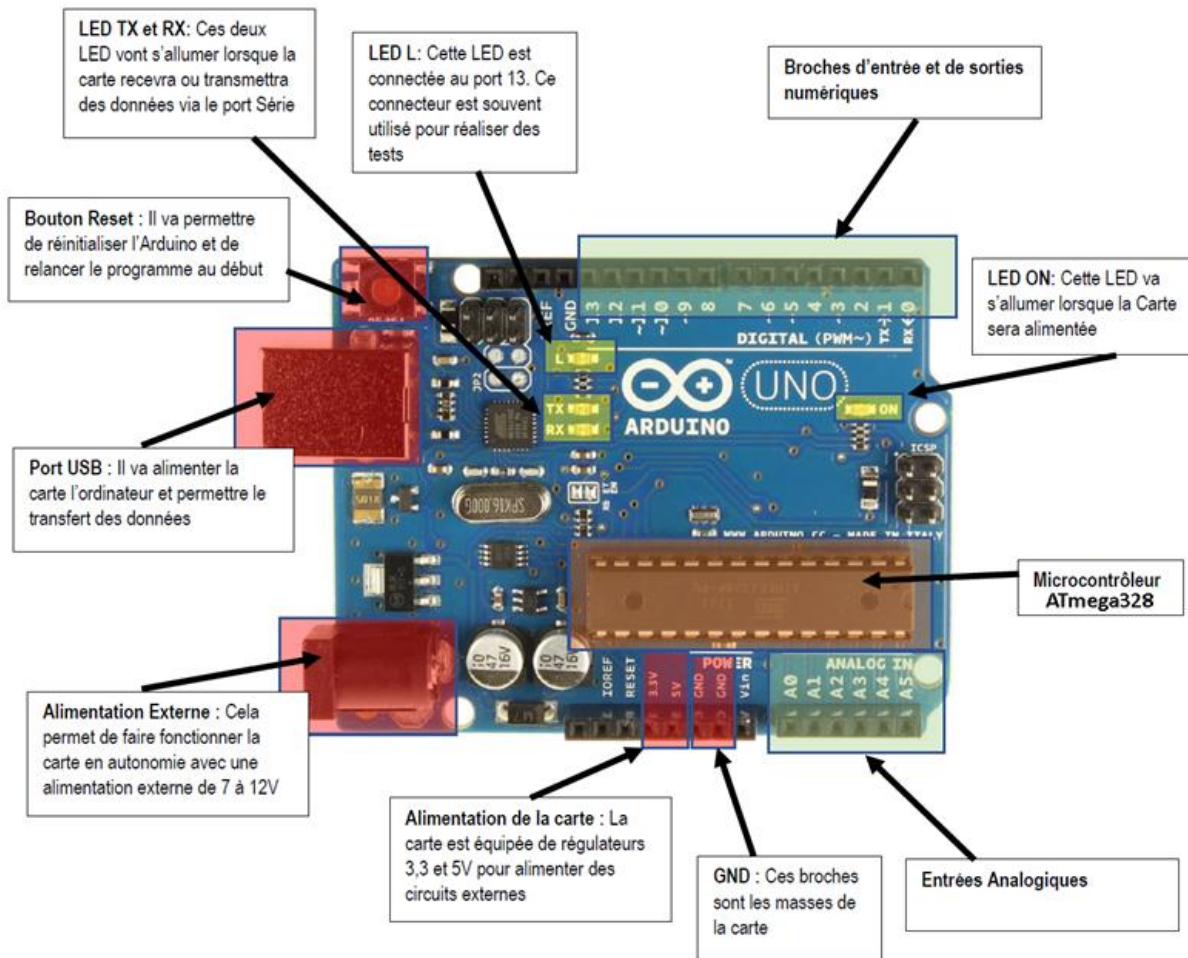


Fig 3. 3 : La carte Arduino Uno R3

Microcontrôleur (ATmega328) : Cœur de la carte, exécute les programmes. Fréquence : 16 MHz, Mémoire : 32 Ko.

Broches numériques (0 à 13) : Entrées/sorties logiques (0 ou 5V).

Broches analogiques (A0 à A5) : Mesurent des tensions (0 à 5V) converties en valeurs numériques (0 à 1023).

Sorties PWM (~3, 5, 6, 9, 10, 11) : Simulent une sortie analogique via une modulation de signal.

LEDs intégrées : Indiquent l'alimentation, les transferts de données et permettent des tests.

Bouton Reset : Redémarre le programme.

2.2.2 Module DRIVER motor L298N

Le L298N est un pilote de type pont en H qui permet de contrôler la vitesse et le sens de rotation des moteurs à courant continu. Il est souvent utilisé avec des microcontrôleurs comme l'Arduino pour piloter des charges nécessitant plus de courant que ce que la carte peut fournir directement.

Le module dispose :

- de deux canaux de sortie pour connecter deux moteurs,
- de broches d'entrée pour recevoir les signaux de commande (sens, PWM),
- d'un bornier d'alimentation externe pour alimenter les moteurs séparément,
- et parfois d'un régulateur 5V intégré.[31]

Les pins IN 1 et IN 2 nous servent à contrôler le sens de rotation du moteur 1, et les pins IN 3 et IN 4, celui du moteur 2. Ces pins fonctionnent:

- IN 1 -> HIGH; IN 2 -> LOW: le moteur tourne dans un sens.
- IN 1 -> LOW; IN 2 -> HIGH: le moteur tourne dans le sens inverse.

Et c'est pareil pour les pins IN 3 et IN 4 du moteur 2.[32]

Dans notre projet, ce module permet de contrôler la vitesse et le sens de rotation des deux moteurs DC à partir de l'Arduino, en recevant des instructions via le module Bluetooth.

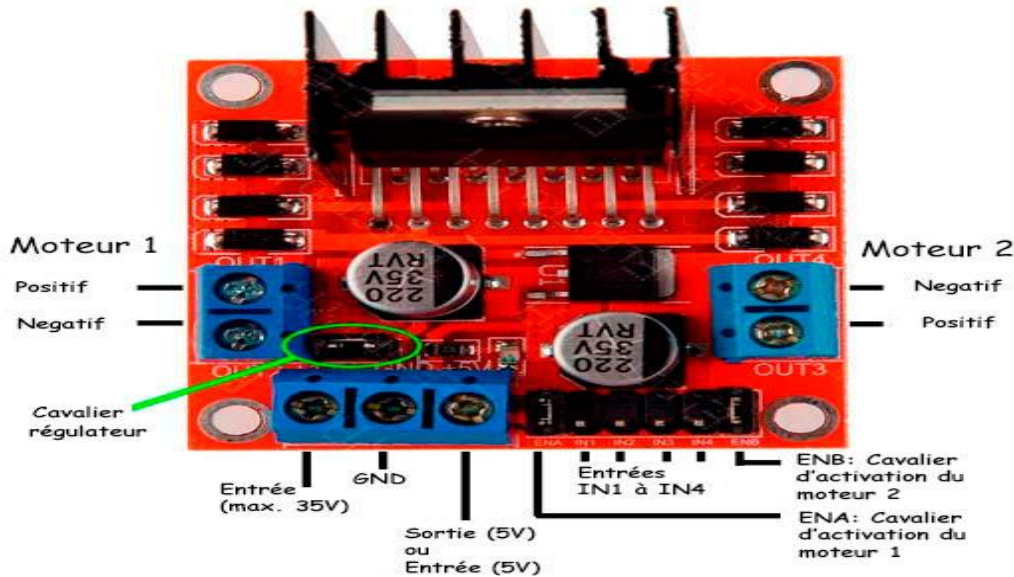


Fig 3. 4 : Module contrôleur moteur L298N

2.2.3 Les moteurs à courant continu (DC)

Un moteur à courant continu est réversible, c'est-à-dire que l'on peut l'utiliser pour transformer de l'énergie électrique en énergie mécanique et inversement.. Il est largement utilisé dans les projets embarqués pour sa simplicité de commande.

Dans notre projet, deux moteurs DC sont utilisés pour assurer le déplacement de la bouée, contrôlés via le module L298N en fonction des commandes reçues par Bluetooth. [33]

2.2.4 Le module Bluetooth HC-05

Le HC-05 est un module Bluetooth de type série (UART), utilisé pour établir une communication sans fil entre l'Arduino et un smartphone, une tablette ou un autre appareil compatible Bluetooth.

Il peut fonctionner en mode maître ou esclave, et dans notre projet, il est utilisé en mode esclave pour recevoir des instructions depuis une application mobile. La portée du module est d'environ 10 mètres.

Le module Bluetooth HC-05 présente 6 broches pour permettre d'établir la connexion.

- VCC broche d'alimentation. Typiquement connectée à la broche 5V de l'Arduino.

Chapitre 3 : Réalisation et implémentation

- GND masse. Typiquement connectée à la broche GND de l'Arduino
- RX broche de réception. Typiquement connecté à la broche de transmission (TX) de l'Arduino
- TX broche de transmission. Typiquement connecté à la broche de réception (RX) de l'Arduino
- State retourne 1 lorsque le module est connecté
- Key ou EN doit être alimentée pour entrer dans le mode de configuration et ne doit pas être connecté pour être en mode communication.[34]

L'application utilisée pour contrôler la bouée est Remote XY, qui offre une interface utilisateur intuitive permettant de piloter le système à distance via Bluetooth.

Schéma du montage réel

Suite à l'étude et la présentation de chaque composant, nous avons procédé à leur assemblage afin d'obtenir le prototype fonctionnel, illustré dans l'image suivante:

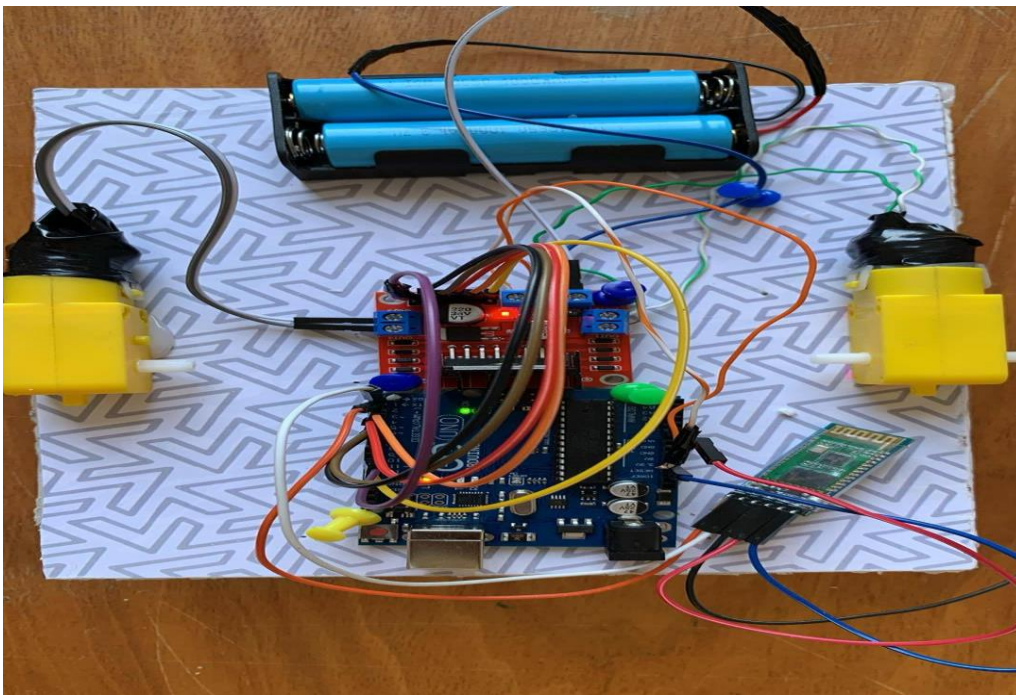


Fig 3. 5 : Montage des composants électroniques de commande du prototype

III.3 Programmation du microcontrôleur

3.1 Environnement de développement Arduino IDE

Chapitre 3 : Réalisation et implémentation

L'Arduino IDE (Integrated Development Environment) est un environnement de développement intégré conçu pour programmer les cartes Arduino en langage C. [35] Il permet :

- d'éditer et compiler les programmes (sketches),
- de téléverser le code vers la carte via USB,
- de communiquer avec l'Arduino grâce à un terminal. [36]

Il offre une interface simple, affiche les erreurs et facilite le développement de projets embarqués

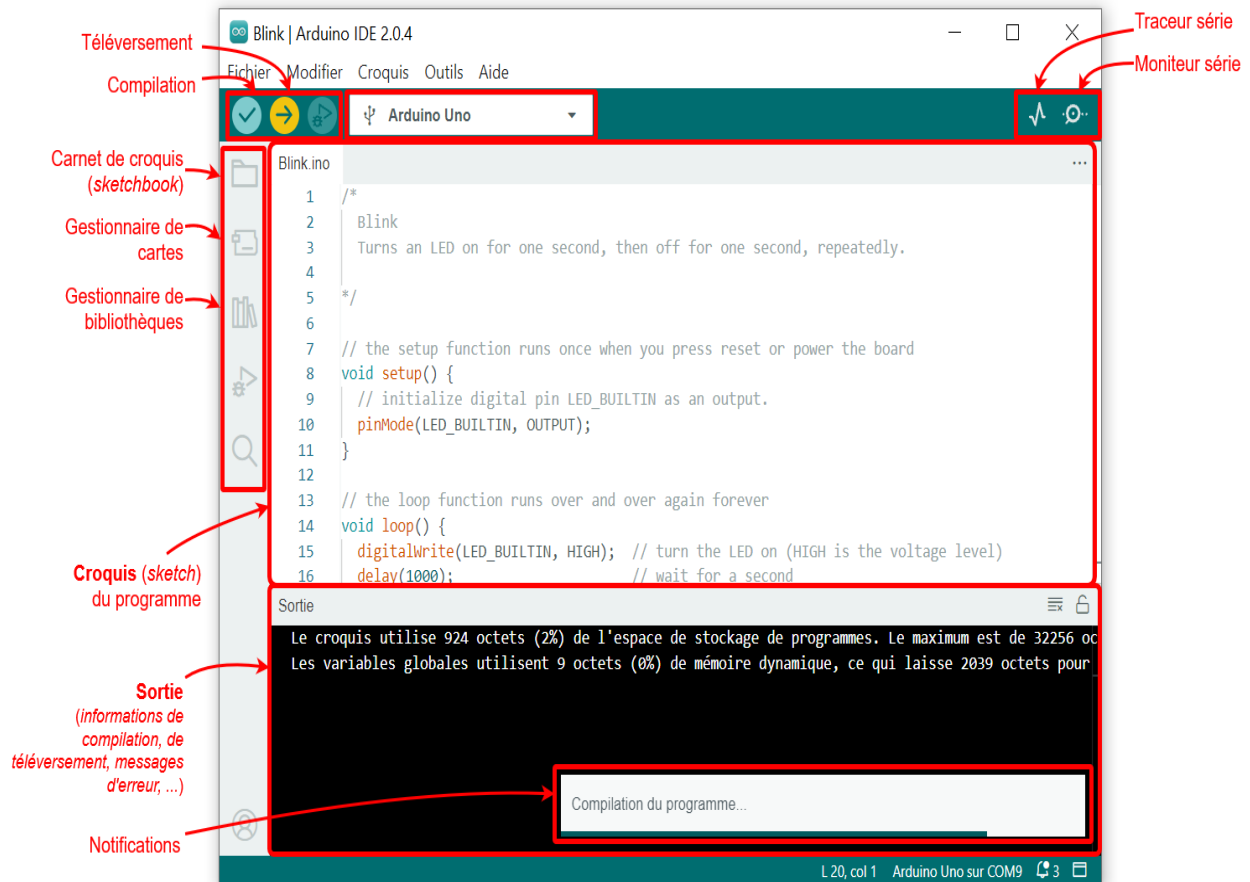


Fig 3. 6 : L'interface de l'IDE [32]

3.2 Logique de programmation

- **Étape 1 : Définition de l'interface utilisateur à distance**
La première étape consiste à intégrer une interface graphique de contrôle via l'application mobile RemoteXY. Cette interface comprend : Un joystick permettant de diriger la bouée. Une variable de connexion pour vérifier l'état de la liaison Bluetooth.
- **Étape 2 : Configuration du module de communication**
Le module Bluetooth est configuré à l'aide de la bibliothèque RemoteXY, en utilisant la communication SoftwareSerial sur deux broches de l'Arduino. Cela permet de transmettre les commandes envoyées depuis le smartphone vers l'Arduino Uno.
- **Étape 3 : Définition des broches de commande**
Des broches numériques sont attribuées : Aux deux moteurs (gauche et droit), avec deux broches pour le sens de rotation et une broche pour le contrôle de la vitesse (via PWM).
- **Étape 4 : Initialisation dans la fonction setup()**
Dans la fonction d'initialisation : Les broches des moteurs sont configurées comme sorties. La fonction RemoteXY_Init() est appelée pour initialiser la communication entre l'Arduino et l'application mobile.
- **Étape 5 : Réception des commandes et exécution (dans loop())**
Dans la boucle principale du programme : La fonction RemoteXY_Handler() récupère les informations envoyées depuis l'application mobile. Les coordonnées X et Y du joystick sont traitées pour déterminer la direction et la vitesse de chaque moteur : En combinant $Y - X$ pour un moteur, et $Y + X$ pour l'autre, on obtient un système de contrôle différentiel permettant d'avancer, reculer ou tourner.
- **Étape 6 : Fonction de contrôle des moteurs**
Une fonction spécifique gère le comportement des moteurs : Si la valeur reçue est positive, le moteur tourne dans un sens (avant). Si elle est négative, il tourne dans l'autre sens (arrière). Si elle est nulle, le moteur s'arrête. L'intensité est proportionnelle à la position du joystick et contrôlée par la modulation de largeur d'impulsion (PWM).
Cette logique permet de piloter la bouée à distance avec fluidité, tout en gardant le système simple et modulaire.

III.4 Intégration du système

L'intégration du système dans notre prototype de bouée intelligente se fait en coordonnant plusieurs composants clés: Arduino Uno, module Bluetooth, driver de moteur L298N, et moteurs DC. Voici comment ces éléments collaborent pour faire fonctionner le prototype :

4.1 Réception des commandes via le module Bluetooth

Le système commence par la réception d'une commande envoyée par l'utilisateur depuis l'application mobile Remote XY. Le module Bluetooth (HC-05) joue un rôle clé en transmettant ces commandes à l'Arduino, grâce à une communication sans fil. Les données sont envoyées sous forme de signaux numériques qui correspondent aux actions que l'utilisateur souhaite réaliser, comme avancer, reculer, tourner (à gauche, à droite) ou s'arrêter.

4.2 Interprétation des commandes par l'Arduino Uno

L'Arduino Uno, équipé du microcontrôleur ATmega328, joue un rôle principal dans l'interprétation des commandes reçues du module Bluetooth. Il prend les données et les transforme en actions concrètes, comme allumer ou éteindre les moteurs. L'Arduino est programmé pour détecter les différents types de commandes et pour déterminer quelle direction ou action doit être effectuée par les moteurs.

4.3 Contrôle des moteurs via le L298N

Une fois que l'Arduino a interprété la commande, il produit les signaux nécessaires pour contrôler le driver de moteur L298N. Ce dernier gère la puissance envoyée aux moteurs et permet de contrôler leurs direction et leurs vitesse de rotation en fonction des signaux reçus de l'Arduino. Grâce au L298N, il est possible de faire fonctionner les deux moteurs au même temps, ce qui est crucial pour le déplacement de la bouée.

4.4 Actionnement des moteurs DC

Les moteurs à courant continu (DC) réagissent aux signaux de commande émis par le L298N. Selon les instructions, les moteurs s'activent, se déplacent dans une direction précise ou s'arrêtent. Leur fonctionnement est directement lié aux commandes envoyées par l'application mobile Remote XY et traitées par l'Arduino.

L'intégration de ces composants repose sur une parfaite synchronisation entre le montage physique (les connexions électriques), la programmation du microcontrôleur et la communication

Chapitre 3 : Réalisation et implémentation

Bluetooth. La configuration matérielle a été réalisée de manière pour assurer une interconnexion correcte entre les composants, tandis que le programme Arduino a été conçu pour interpréter de manière fiable les signaux envoyés par le module Bluetooth.

La communication Bluetooth permet une interface utilisateur pratique et distante, offrant à l'utilisateur la possibilité de contrôler la bouée sans avoir à être à proximité immédiate de l'appareil. L'ensemble du système, du montage à la programmation, est donc cohérent et permet au prototype de répondre de manière fluide et précise aux commandes.

III.5 Gestion de l'alimentation

La gestion de l'alimentation représente un aspect essentiel dans la conception de notre prototype de la bouée de sauvetage intelligente. Pour assurer le bon fonctionnement du système, trois batteries lithium-ion de 3,7 V et 4000 mAh ont été connectées en série afin de fournir une tension d'entrée de 11.1 V (ça peut atteindre les 12 V en plein charge). Cette tension alimente le module de commande des moteurs, le driver L298N, qui joue également le rôle de régulateur de tension. En plus de contrôler les deux moteurs DC, le L298N dispose d'une sortie régulée de 5 V utilisée pour alimenter la carte Arduino Uno. Ce choix permet non seulement de protéger la carte contre les surtensions, mais également d'assurer une alimentation continue et fiable de l'ensemble du circuit. Ce système d'alimentation a été conçu pour répondre aux exigences de mobilité et d'efficacité énergétique propres aux environnements de sauvetage maritime.

III.6 Conclusion

Ce troisième chapitre marque le passage de la théorie au pratique à travers la mise en œuvre d'un prototype de bouée de sauvetage intelligente et téléguidée. En partant de l'architecture matérielle définie précédemment, nous avons procédé à l'assemblage des composants électroniques (Arduino UNO, module Bluetooth HC-05, L298N, moteurs DC, etc.) en veillant à leur compatibilité, leur efficacité énergétique et leur adaptation aux contraintes environnementales du milieu aquatique. Les différentes étapes de câblage, de programmation et de test ont permis de valider les principales fonctionnalités du système : la navigation téléguidée via smartphone, la réactivité du moteur de propulsion, et la stabilité de la bouée sur l'eau. L'environnement de développement Arduino IDE ainsi que l'outil de simulation Proteus ont joué un rôle fondamental dans la vérification préalable avant l'implémentation physique. Les choix

Chapitre 3 : Réalisation et implémentation

technologiques retenus, orientés vers la simplicité, la robustesse et le coût réduit, permettent d'obtenir une solution à la fois accessible et performante, répondant aux besoins locaux identifiés. Bien que certaines limitations soient apparues (notamment en matière d'autonomie énergétique et de portée de communication), cette première version du prototype constitue une base solide pour des améliorations futures. Cette phase de prototypage ouvre désormais la voie à une phase de test en conditions réelles, qui permettra d'évaluer l'efficacité opérationnelle du système et sa production à plus grande échelle.

Chapitre IV :
Tests, Résultats
et
Perspectives

Chapitre 4 : Test, Réalisation et perspective

IV.1 Introduction

Après avoir défini l'architecture fonctionnelle et réalisé la conception technique de notre bouée de sauvetage intelligente et téléguidée « AquaSaver », nous avons procédé à une phase essentielle du développement : les tests et la validation. Cette étape a pour but de vérifier que les fonctionnalités du prototype répondent aux exigences initiales, et d'identifier les éventuels dysfonctionnements ou limites du système avant un déploiement physique.

La spécificité de notre projet repose sur le fait que le prototype a été entièrement modélisé et simulé à l'aide du logiciel Proteus. Cette simulation nous a permis de tester virtuellement le comportement du système dans différents scénarios sans disposer physiquement de tous les composants.

Cependant, cette méthode de validation présente à la fois des avantages (vérification rapide, faible coût, environnement contrôlé) et des limites (absence de conditions physiques réelles, impossibilité de tester certaines interactions comme la flottabilité et la résistance à l'eau). Dans ce chapitre, nous décrirons les scénarios de tests mis en œuvre, la méthodologie de validation adoptée, les résultats obtenus à travers la simulation, et une analyse critique de ces résultats. Nous terminerons par une projection vers les perspectives d'amélioration et d'évolution du projet en vue d'un passage à l'étape de prototypage physique pleinement opérationnel.

IV.1 Scénarios de tests

La bouée intelligente AquaSaver fonctionne grâce à un contrôle à distance via une application mobile. Le pilotage se fait à l'aide d'un joystick virtuel intégré à l'application RemotXY, qui se connecte à la bouée via Bluetooth. En déplaçant le joystick, il est possible de diriger la bouée à gauche, à droite, avancer ou reculer selon les besoins. Les commandes envoyées par le joystick sont traitées par le microcontrôleur, qui contrôle deux moteurs en utilisant un module L298N. Ce module gère la direction de rotation des moteurs (vers l'avant ou l'arrière) et leur vitesse, en utilisant des signaux PWM (Pulse Width Modulation). La façon dont ces paramètres sont ajustés dépend de la position du joystick sur les axes X et Y. La valeur de la direction varie entre -100 et

Chapitre 4 : Test, Réalisation et Perspective

+100, tandis que la vitesse va de 0 à 255, ce qui correspond à la pleine puissance des moteurs en 8 bits.

Scénarios de tests simulés:

Pour valider le bon fonctionnement du système, plusieurs scénarios de tests ont été définis et simulés à l'aide du logiciel Proteus :

Test 1 – Avancement en ligne droite : le joystick est poussé vers l'avant ($Y = 100, X = 0$). Les deux moteurs tournent dans le même sens à vitesse maximale. On a observé si la synchronisation des deux moteurs était correcte.

Test 2 – Recul : le joystick est tiré vers l'arrière ($Y = -100, X = 0$). Les moteurs doivent tourner en sens inverse à vitesse égale pour faire reculer la bouée.

Test 3 – Rotation à gauche : le joystick est poussé à gauche ($X = -100, Y = 0$). Un moteur ralentit ou s'arrête pendant que l'autre continue de tourner, provoquant un virage.

Test 4 – Rotation à droite : le joystick est poussé à droite ($X = 100, Y = 0$). L'inverse du scénario précédent est observé.

Test 5 – Manœuvres diagonales : joystick positionné en diagonale (par exemple $X = 50, Y = 100$) pour observer les combinaisons complexes entre la direction et la propulsion.

Test 6 – Test de vitesse variable : positionnement partiel du joystick (par exemple $X = 0, Y = 50$) pour vérifier la variation progressive de la vitesse des moteurs.

Test 7 – Navigation réelle dans l'eau (point A vers point B) : la bouée a été placée dans un environnement aquatique (bassin ou piscine). Le joystick a été utilisé pour la diriger depuis un point A vers un point B, en combinant différentes commandes (avancement, rotation, ajustement de vitesse). Ce test a permis de vérifier le comportement global dans un contexte réel, incluant stabilité, précision de trajectoire et réactivité.

Chaque test a permis d'observer la réactivité du système, la correspondance entre les mouvements du joystick et le comportement de la bouée, et de détecter d'éventuels décalages ou désynchronisations. Ces scénarios ont permis de valider les fonctions essentielles avant un déploiement réel.

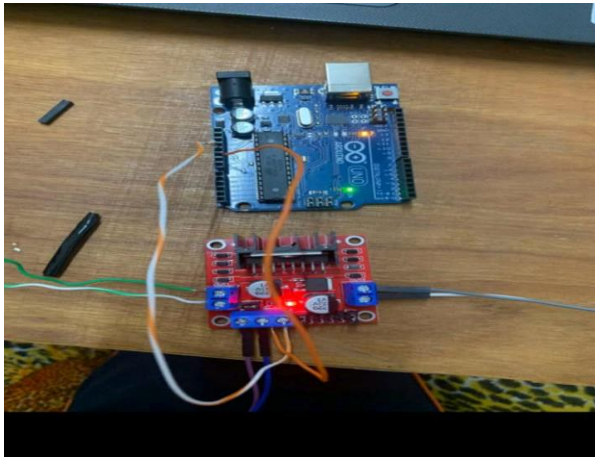


Fig 4. 1 : vérification des commandes moteurs à partir des signaux simulés



Fig 4. 2 : Test de contrôle via RemotXY

IV.2 Méthodologie de validation

La validation du système AquaSaver s'est appuyée sur une approche expérimentale simulée pour tester les différentes interactions entre les composants. L'objectif principal de cette méthodologie était de s'assurer que chaque sous-système (commande, communication, propulsion) fonctionnait de manière isolée, puis en intégration.

Nous avons commencé par valider la communication Bluetooth entre l'application mobile (RemotXY) et le microcontrôleur à travers l'interface série simulée. Cette étape nous a permis de s'assurer que les données envoyées via joystick (axes X et Y) étaient bien reçues et interprétées.

Ensuite, nous avons vérifié la cohérence de la commande moteur à partir des signaux reçus. Pour cela, plusieurs cas de figure ont été simulés : avancée, recul, virages gauche et droite, ainsi que des transitions rapides. Nous avons observé les signaux électriques émis par les broches du microcontrôleur et les entrées du module de contrôle moteur L298N, afin de s'assurer que la direction et la vitesse variaient conformément aux commandes du joystick.

Des scénarios d'intégration complète ont été mis en place afin d'observer le comportement du système dans une configuration proche de l'utilisation réelle. Cela a permis d'analyser la

Chapitre 4 : Test, Réalisation et Perspective

réactivité globale de la bouée, la fluidité du contrôle, et d'identifier d'éventuels problèmes de latence ou d'incohérence de mouvement.

En complément des simulations, la bouée a été testée dans un environnement réel sur l'eau, afin d'évaluer son comportement en conditions pratiques. Cette phase a permis de vérifier la flottabilité, la stabilité, la propulsion malgré une vitesse limitée due aux moteurs, ainsi que la capacité de réponse aux commandes à distance, dans des conditions proches de l'usage final.

Enfin, la validation s'est accompagnée d'une grille de critères d'acceptation, définie à l'avance (précision des commandes, absence d'erreur de transmission, comportement moteur correct, stabilité du système), permettant d'objectiver les résultats des tests et d'identifier les axes d'amélioration.

IV.3 Résultats obtenus

Les tests réalisés sur le simulateur Proteus, ainsi que les essais pratiques en milieu aquatique, ont permis de confirmer le bon fonctionnement de la majorité des fonctionnalités prévues pour la bouée AquaSaver. Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

Contrôle de la propulsion : Les moteurs répondent de manière fluide et progressive aux différentes valeurs envoyées par le joystick via Bluetooth. La variation de la vitesse en fonction de l'inclinaison du joystick (de 0 à 255) est bien respectée, aussi bien en simulation que dans l'eau.

Direction gauche/droite : La commande de direction fonctionne correctement. Lors des tests de virage, on a constaté que la coordination des deux moteurs permet une rotation fluide autour de l'axe vertical, confirmée lors des déplacements réels sur l'eau.

Manœuvres combinées (diagonales) : Le système interprète correctement les mouvements simultanés sur les axes X et Y, permettant à la bouée d'effectuer des trajectoires courbes ou inclinées.

Stabilité du signal Bluetooth : La communication entre l'application RemotXY et le microcontrôleur a été stable durant toute la phase de test, sans perte de signal ni délai perceptible, même à distance raisonnable en extérieur.

Chapitre 4 : Test, Réalisation et Perspective

Réactivité : Le système répond quasi-instantanément aux changements de direction ou de vitesse du joystick, assurant une bonne maniabilité de la bouée en milieu réel.

Ces résultats confirment la faisabilité du système tel qu'il a été conçu, en respectant les contraintes de simplicité, de coût, et de réactivité nécessaires à une utilisation d'urgence en milieu aquatique, malgré une vitesse de déplacement modérée due au choix de moteurs à faible consommation.



Fig 4. 3 : Résultat final de prototype AquaSaver

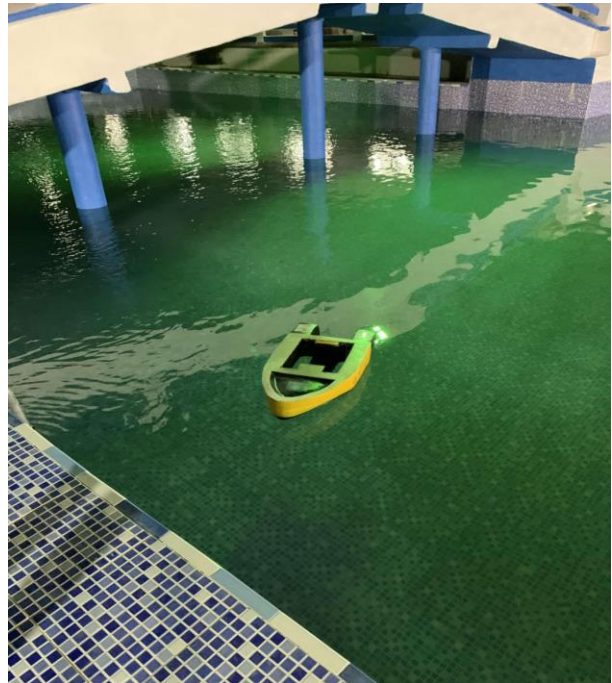


Fig 4. 4 : Validation d'AquaSaver en milieu aquatique

IV.4 Analyse critique

L'expérience de développement et de test de la bouée AquaSaver a permis de valider plusieurs aspects techniques du prototype, mais elle a également mis en évidence certaines limitations et axes d'amélioration.

Synchronisation moteur : Bien que la propulsion soit globalement fluide, on a constaté de légères désynchronisations entre les deux moteurs lors de mouvements prolongés, ce qui peut affecter la trajectoire rectiligne. Cela est probablement dû à des écarts de puissance ou d'usure entre les moteurs, ou à une calibration logicielle perfectible.

Chapitre 4 : Test, Réalisation et Perspective

Contrôle de précision : Le joystick permet un contrôle intuitif, mais la précision du positionnement reste limitée, notamment à basse vitesse ou dans des manœuvres fines. Le contrôle par degrés reste dépendant de la sensibilité de l'utilisateur, et une assistance logicielle (corrections automatiques) pourrait améliorer cela.

Autonomie énergétique non testée : Le prototype ayant été principalement validé en simulation et sur courte durée en conditions réelles, l'autonomie des batteries n'a pas encore été évaluée de manière approfondie. Ce critère est pourtant crucial dans le cadre d'un usage prolongé en situation d'urgence.

Robustesse mécanique et étanchéité : Bien que la bouée ait été testée en milieu aquatique, la résistance des matériaux, la qualité d'étanchéité et la durabilité des composants n'ont pas été validées sur le long terme. Un usage prolongé ou dans des eaux agitées pourrait présenter des risques non encore identifiés.

Compétences techniques : Une partie de l'équipe étant débutante dans l'usage de Proteus ou la configuration du Bluetooth via RemotXY, plusieurs retards ont été causés par la phase d'apprentissage. Malgré cela, ces compétences ont été progressivement acquises tout au long du projet.

Limites du simulateur Proteus : Si Proteus s'est avéré utile pour valider les schémas électriques et les logiques de contrôle, il ne permet pas de simuler précisément des conditions réelles comme la latence du signal Bluetooth, les perturbations en milieu extérieur, ou les forces hydrodynamiques.

Donc, même si les résultats sont encourageants, plusieurs aspects doivent encore être renforcés pour rendre AquaSaver pleinement opérationnelle dans un contexte réel et exigeant.

IV.5 Perspectives d'amélioration

Le prototype actuel d'AquaSaver a démontré sa faisabilité et son bon fonctionnement en conditions simulées et en milieu aquatique réel. Cependant, plusieurs pistes d'amélioration peuvent être envisagées pour rendre le système plus robuste, plus performant et plus adapté à une utilisation sur le terrain :

Chapitre 4 : Test, Réalisation et Perspective

Amélioration de l'autonomie énergétique : En intégrant des batteries plus performantes ou des systèmes de recharge solaire, on pourrait prolonger le temps de fonctionnement de la bouée en mission réelle.

Étanchéité professionnelle : Remplacer les boîtiers basiques par des boîtiers certifiés IP68 garantirait une protection totale contre l'eau, même en immersion prolongée.

Confirmation de la stabilisation sur l'eau : des tests spécifiques seront déroulés pour confirmer la bonne stabilité de la bouée à la surface de l'eau, ce qui est un facteur important pour assurer son bon fonctionnement et la sécurité de la personne secourue.

Ajout de capteurs de détection de victime : L'intégration de capteurs thermiques ou caméras intelligentes permettrait de localiser plus facilement une personne en détresse.

Système de retour automatique intelligent : En couplant le GPS avec une logique de retour autonome, la bouée pourrait revenir à son point de départ en cas de perte de signal ou de batterie faible.

Interface plus avancée : Développer une application mobile dédiée avec retour d'état (niveau batterie, position GPS, statut moteur) améliorerait l'expérience utilisateur et la fiabilité du pilotage.

Évolution du concept en drone amphibie : AquaSaver évolue vers un drone amphibie capable de voler jusqu'à la zone d'intervention, puis d'amerrir et de se déplacer sur l'eau selon le même principe que la version actuelle. Cette transformation permet de réduire considérablement le temps d'intervention et de couvrir des zones difficilement accessibles depuis le rivage.

Ces pistes de développement ouvriront la voie vers une version avancée d'AquaSaver, plus intelligente, plus autonome, et apte à répondre aux exigences réelles des opérations de sauvetage en mer, en lac ou en rivière.

IV.6 Conclusion

Ce chapitre a permis de démontrer que le prototype de la bouée téléguidée AquaSaver fonctionne conformément aux attentes, dans un milieu aquatique réel. Grâce à une série de tests progressifs

Chapitre 4 : Test, Réalisation et Perspective

et méthodiques, on a pu valider le bon comportement du système en matière de propulsion, de direction, de communication Bluetooth et de réactivité.

Malgré certaines limitations liées aux conditions matérielles, les résultats obtenus confirment la faisabilité et la pertinence du projet. Les scénarios de tests ont révélé une bonne cohérence entre les commandes de l'utilisateur via joystick et les réactions de la bouée.

Des améliorations restent possibles, notamment en termes d'autonomie, d'intelligence embarquée et de résistance en conditions réelles. L'ambition à long terme serait de faire évoluer AquaSaver vers un système autonome, voire un drone hybride capable de voler puis de naviguer, pour répondre aux besoins croissants de secours rapides et efficaces.

*Conclusion
générale*

Conclusion générale

Conclusion générale

Le présent mémoire a porté sur la conception, la modélisation, la simulation et la validation d'un dispositif de sauvetage innovant : une bouée intelligente et téléguidée baptisée AquaSaver. Ce projet s'inscrit dans une volonté de renforcer la sécurité en milieu aquatique en proposant une solution technologique capable de réduire le temps d'intervention et les risques encourus par les sauveteurs. L'ensemble de notre travail a été structuré en quatre chapitres complémentaires, qui ont permis de construire progressivement une solution à la fois fonctionnelle et réaliste.

Dans le premier chapitre, nous avons procédé à une analyse approfondie du besoin. Cette étude s'est appuyée sur des statistiques nationales et internationales liées aux noyades, ainsi que sur des entretiens avec des professionnels du domaine de la surveillance en mer. Nous avons identifié les principales lacunes des dispositifs de sauvetage traditionnels, notamment en termes de temps de réaction, d'accessibilité dans les zones dangereuses, et de dépendance à l'intervention humaine. Sur cette base, nous avons défini les objectifs fonctionnels de notre solution, à savoir : permettre un pilotage à distance, assurer une flottabilité efficace, garantir une propulsion directionnelle contrôlée, et proposer une solution à faible coût, accessible et adaptée aux réalités locales.

Le deuxième chapitre a été consacré à l'étude technologique et au choix des composants. Après une analyse comparative des microcontrôleurs disponibles, nous avons opté pour une carte Arduino Uno, compatible avec notre niveau de développement et bien adaptée aux projets de prototypage. Le module Bluetooth HC-05 a été retenu pour assurer la communication sans fil entre l'utilisateur (via l'application mobile RemotXY) et le système embarqué. Pour la propulsion, deux moteurs à courant continu associés à un pont en H L298N ont été sélectionnés afin de permettre un contrôle précis de la vitesse et du sens de rotation. D'autres composants complémentaires ont également été présentés, notamment pour l'alimentation et l'intégration physique du prototype. L'ensemble de ces choix a été guidé par des critères de fiabilité, de simplicité d'utilisation, de coût et de disponibilité sur le marché algérien.

Dans le troisième chapitre, nous avons abordé la conception technique du système, en détaillant l'architecture fonctionnelle et électronique de la bouée. Nous avons développé le schéma de câblage complet sous Proteus, simulé le comportement du microcontrôleur en réponse aux signaux envoyés par l'application mobile, et implémenté un programme en langage Arduino

Conclusion générale

permettant de traduire les mouvements du joystick virtuel en signaux PWM pour les moteurs. Cette phase a permis de valider la logique de fonctionnement du système, en veillant à la cohérence entre les entrées utilisateur et les sorties actionnées au niveau des moteurs. Par ailleurs, des tests de validation de la structure flottante et de la répartition du poids ont été esquissés afin d'assurer une bonne stabilité une fois le prototype mis en situation réelle.

Le quatrième et dernier chapitre a été consacré aux tests, à l'analyse des résultats et à la formulation de perspectives d'évolution. Une série de scénarios de tests a été définie pour évaluer la réactivité, la stabilité, la maniabilité et la robustesse du système, à la fois en simulation (via Proteus) et lors d'essais réels en milieu aquatique contrôlé. Les résultats obtenus ont montré une bonne cohérence fonctionnelle entre les commandes émises et les actions observées, ainsi qu'une stabilité satisfaisante de la communication Bluetooth. Toutefois, certaines limites ont été identifiées, telles que des désynchronisations mineures entre les moteurs, une précision perfectible lors de manœuvres fines, une autonomie énergétique encore non testée sur la durée, et une étanchéité à améliorer pour un usage prolongé. Ces constats ont permis de proposer plusieurs axes d'amélioration, allant de l'intégration de batteries solaires et de capteurs de détection de victime, jusqu'à une évolution vers un drone amphibie doté d'une navigation semi-autonome et d'un retour intelligent basé sur GPS.

En conclusion, ce projet de bouée intelligente AquaSaver représente une première étape prometteuse vers le développement d'outils de sauvetage modernes, réactifs et accessibles. Il a permis de valider la faisabilité technique du concept, de renforcer nos compétences en électronique embarquée, en programmation, en simulation et en gestion de projet, tout en mettant en évidence l'intérêt d'une approche multidisciplinaire au service d'un enjeu humain majeur : la sauvegarde des vies.

Bibliographie

- [1] M. Sahli, «Saison estivale 2024 (1er juin – 30 septembre): 324 morts par noyade,» *L'echo d'algerie*, 2024.
- [2] D. d. I. P. C. d. A. Témouchent, «Statistiques des noyades enregistrées dans la wilaya de Aïn Témouchent durant l'année 2024,» Aïn Témouchent, 2025.
- [3] D. M. Belkacem Anes, «Commande à distance d'un robot mobile via un smartphone Android,» Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen, Tlemcen, 2017.
- [4] N. B. I. Kacel Lounes, «Contrôle de la qualité de l'eau à travers l'usage d'une plateforme électronique,» Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira, Bouira, 2022.
- [5] C. Dahbia, «Contrôleur d'accès à base de technologie RFID,» Tizi-Ouzou, 2017/2018.
- [6] G. Sarraf, «433 MHz RF-Module Communication Basics: A Complete Guide,» [En ligne]. Available: https://thinkrobotics.com/blogs/learn/433-mhz-rf-module-communication-basics-a-complete-guide?srsId=AfmBOorG6lLjsjo_iN3TxyeqRgDpYuJPktp2RCFWdls3Jj-3MqrvHc_V&utm. [Accès le mai 2025].
- [7] Wifialliance, «Wi-Fi Alliance,» Wi-Fi Alliance. [En ligne]. [Accès le 5 mai 2025].
- [8] I. Corporation, «Comment fonctionne la technologie Bluetooth® ?,» [En ligne]. Available: <https://www.intel.fr/content/www/fr/fr/products/docs/wireless/how-does-bluetooth-work.html>. [Accès le mai 2025].
- [9] A. Diané, «Modèle de déploiement optimal des nœuds pour un réseau LoRa multilinéaire de bout en bout sans fil.,» 2022.
- [10] B. K. Bose, «Brushless DC (BLDC) Motors: Operation and control,» *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 1999.
- [11] F. Sciences, «GPS : qu'est-ce que c'est ?,» [En ligne]. Available: <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/technologie-gps-1897/>. [Accès le mai 2025].
- [12] M. K. Kadoum Farid, «Réalisation d'un prototype de voiture électrique : mesure dynamique et analyse des performances,» 2024.
- [13] C. Electronique, «Tout savoir sur les batteries 18650 : autonomie, sécurité et performances,» [En ligne]. Available: <https://www.cigaretteelectrique.com/tout-savoir-sur-les-batteries->

Références Bibliographiques

- 18650-autonomie-securite-et-performances/.
- [14] L. INO Technologie (Xiamen) Co., «Custom Membrane Switch,» Ourino, [En ligne]. Available: <https://fr.ourino.com/custom-membrane-switch>. [Accès le 2025].
- [15] M. Group, «IP65, IP67, IP68... À quoi correspondent les indices de protection ?,» Maxon Group, [En ligne]. Available: <https://www.maxongroup.com/fr-fr/connaissances-et-assistance/blog/ip65-ip67-ip68%E2%80%A6-%C3%A0-quoi-correspondent-les-indices-de-protection--22640>. [Accès le mai 2025].
- [16] OceanAlpha, «Dolphin 1 - Remote Controlled Lifebuoy,» OceanAlpha, s.d.. [En ligne]. Available: <https://oceanalpha.com/product-item/dolphin1/>.
- [17] Restube, «Restube Automatic – Automatic rescue buoy with 75N buoyancy,» Restube, s.d.. [En ligne]. Available: <https://restube.com/products/restube-automatic>.
- [18] Hydronalix, «EMILY Rescue Robot,» EMILY Robot, s.d.. [En ligne]. Available: <https://www.emilyrobot.com/>.
- [19] U. SAFE, «U SAFE Rescue, [En ligne],» s.d.. [En ligne]. Available: <https://www.usaferescue.com/fr/contact-en/>.
- [20] E. U. e. G. Halfacree, Raspberry Pi User Guide,4e, Wiley: Wiley, 2016.
- [21] «Dati Plus:Réseau LORA : Technologie LORA, protocole, module et portée,» [En ligne]. Available: <https://dati-plus.com/reseau-lora/>.
- [22] F. Mocq, «Piloter un moteur brushless avec le Rasberry Pi,» [En ligne]. Available: <https://www.framboise314.fr/piloter-un-moteur-brushless-avec-le-raspberry-pi/>.
- [23] A. d. l. créatif, «Quels sont les avantages de la mousse EVA,» [En ligne]. Available: <https://www.atelierduloisircreatif.fr/mousse-eva/>.
- [24] Leelectricien.net, «Boîtier électrique étanche IP65/67,» [En ligne]. Available: <https://www.leelectricien.net/boitier-industriel/2523-boitier-electrique-etanche.html>.
- [25] F. Sciences, «Led : qu'est-ce que c'est ?,» 2019. [En ligne]. Available: <https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/maison-led-6968/>.
- [26] E.-. Magnetism, «Modules GPS,» [En ligne]. Available: <https://www.electricity-magnetism.org/fr/modules-gps/>.
- [27] Spiegato, «Qu'est-ce qu'une boussole numérique ?,» [En ligne]. Available:

Références Bibliographiques

<https://spiegato.com/fr/quest-ce-quune-boussole-numerique>.

- [28] AKCP, «Capteur de surveillance de batterie (Battery Monitoring Sensor),» [En ligne]. Available: https://akcp.pro/produits/entrees-sorties_energie/battery-monitoring-sensor/.
- [29] U. B. Mokhtar, «Cours de Proteus professional (ISIS & ARES),» Annaba.
- [30] H. N. BOUALAM Lydia, «Conception et Réalisation d'une Carte de Commande d'uneMaquette d'Ascenseur à base d'une Carte Arduino Mega2560,» Tizi-Ouzou, 2016.
- [31] HWLibre, «L298N : fonctionnement et caractéristiques du module de contrôle de moteurs,» 2025.
- [32] L. D. Dimensionnel, «Fonctionnement du module contrôleur de moteurs L298N,» 2020.
- [33] arduinofactory, «moteur courant continu,» 2021.
- [34] e-techno-tutos, «Bluetooth & hc-05,» 2021.
- [35] É. S. e. S. A. d. Tlemcen, «Polycopie Électronique Embarquée – Arduino,» 2024.
- [36] A. .: l'essentiel, «Tout ce qu'il faut savoir pour utiliser un Arduino: logiciel IDE,».
- [37] M. Sahli, « Saison estivale 2024 (1er juin – 30 septembre) : 324 morts par noyade,» 1 Octobre 2024. [En ligne]. Available: <https://lechodalgerie.dz/saison-estivale-2024-1er-juin-30-septembre-324-morts-par-noyade/>.
- [38] Haartsen, «Bluetooth,» 2016.
- [39] MaxAmps, «LiPo vs Lithium Ion Batteries for Unmanned & Robotics Applications,» [En ligne]. Available: <https://www.unmannedsystemstechnology.com/feature/lipo-vs-lithium-ion-batteries-for-unmanned-robotics-applications>. [Accès le mai 2025].
- [40] U. B. Mokhtar, «Cours de Proteus professional (ISIS & ARES),» Annaba.
- [41] O. Tranchand, «La carte Arduino UNO R3,» 2020.
- [42] H. N. BOUALAM Lydia, «Conception et Réalisation d'une Carte de Commande d'uneMaquette d'Ascenseur à base d'une Carte Arduino Mega2560,» Tizi-Ouzou, 2016.
- [43] A. E. e. D. A. Taleb, «Interface du logiciel ISIS Proteus,» 2019.
- [44] O. Tranchand, «La carte Arduino UNO R3,».

Références Bibliographiques

[45] L. D. Dimensionnel, «Module contrôleur de moteurs L298N (image),» 2020.

[46] arduino.blaisepascal.fr, «Interface de l'IDE Arduino,» 2021.

[47] A. E. e. D. A. Taleb, «Interface du logiciel ISIS proteus,» 2019.

[48] O. Tranchand, «La carte Arduino uno R3,» 2020.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب

حاضنة الأعمال عين تموشنت



ملحق نموذج العمل التجاري

البطاقة التقنية للمشروع **Fiche technique du projet** ■

AMANI Charaf Eddine BERNOUSSI Narimane ROUANE HACENE Nour Khaoula SAHRAOUI Mahi	الاسم و اللقب Votre prénom et nom Your first and last Name
Aqua Saver	الاسم التجاري للمشروع Intitulé de votre projet Title of your Project
+213555779707	رقم الهاتف Votre numéro de téléphone Your phone number
aquasaver46@gmail.com	البريد الالكتروني Votre adresse e-mail Your email address
Ain Temouchent	مقر مزاولة النشاط (الولاية- البلدية) Votre ville ou commune d'activité Your city or municipality of activity

طبيعة المشروع **Nature de projet** ■

المنتوج ذو طابع إنتاجي - خدماتي
(Hybride productif/serviciel)

« Votre sécurité, notre priorité »

« Your safety, our priority »

«سلامتكم أولويتنا»



المشكلة المراد حلها وتكون مدعومة بالبيانات (إحصائيات إن وجدت)

De nombreuses personnes, qu'il s'agisse de nageurs novices, de pêcheurs ou d'amateurs de sports nautiques, sont exposées au risque de noyade en raison des courants marins puissants, des conditions météorologiques imprévisibles ou d'accidents soudains. Lorsque l'eau devient un piège, chaque seconde compte. L'angoisse et la panique s'installent rapidement chez la personne en détresse, qui lutte désespérément pour rester à la surface. Son souffle se fait court, son énergie diminue, et la peur de l'inéluctable l'envahit.

Dans le même temps, les sauveteurs doivent affronter une course contre la montre. La recherche des victimes en mer est souvent rendue difficile par l'immensité des étendues d'eau, les courants changeants et la visibilité réduite. Ces facteurs entraînent des retards dans les opérations de sauvetage, augmentant ainsi le taux de mortalité. Pour les proches et les témoins, l'attente devient une épreuve insoutenable, alimentée par l'incertitude et la peur du pire, et la peur de l'inéluctable l'envahit.

Face à cette réalité alarmante, et en réponse aux témoignages poignants des familles et des équipes de secours, l'idée de développer AquaSaver est née : une bouée de sauvetage intelligente équipée d'un système GPS, conçue pour localiser rapidement une personne en détresse et permettre une intervention immédiate. Grâce à cette innovation, nous visons à réduire les délais de sauvetage et à sauver un maximum de vies, offrant ainsi une solution concrète à un problème tragique et urgent.

L'équipe de travail a mené une enquête sur l'efficacité des équipements de sauvetage actuels ainsi que sur les délais d'intervention lors des opérations de secours.

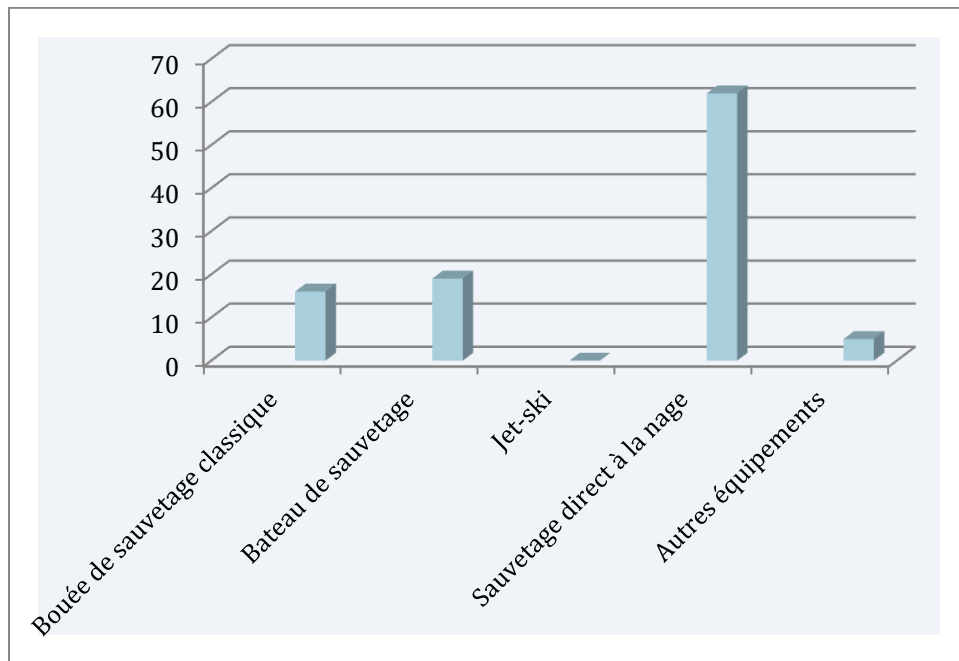
Parmi un échantillon de 76 personnes, il a été constaté que 29 individus (soit environ 38.2 % de l'échantillon) ont participé à une opération de sauvetage, Tandis que 51 personnes (67,1 %) ont été témoins d'une situation de noyade.

Business Model Canva

En outre, 23 personnes ont indiqué que l'opération de sauvetage depuis le déclenchement de l'alerte jusqu'à l'extraction de la victime de l'eau a duré plus de 10 minutes.

41 autres personnes ont déclaré que cette durée variait entre 5 et 10 minutes.

Les moyens utilisés pour extraire la victime de l'eau se répartissent comme suit :

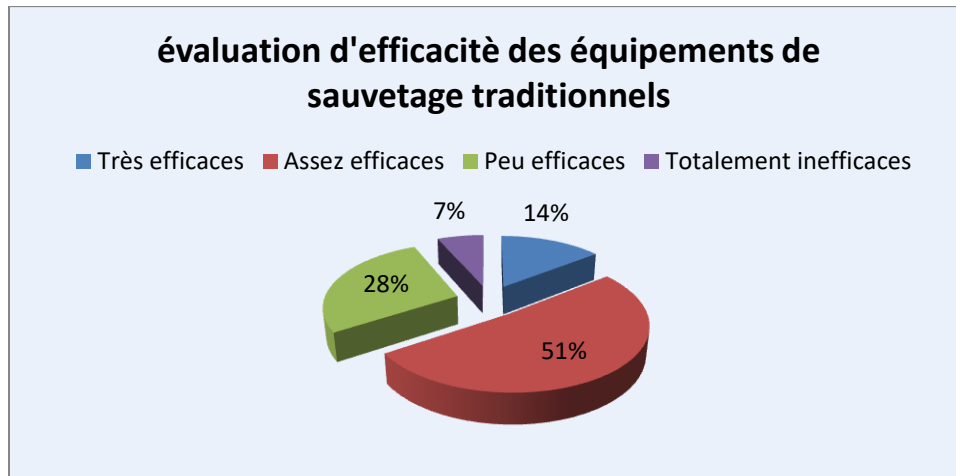


Ces résultats mettent en évidence une forte dépendance aux moyens de sauvetage traditionnels et peu mécanisés. En effet, sur les 76 répondants, 62 (81,6 %) ont indiqué que le sauvetage a été réalisé par une intervention directe à la nage du sauveteur. En parallèle, 16 personnes (21,1 %) ont mentionné l'utilisation d'une bouée de sauvetage classique, tandis que 19 (25 %) ont rapporté l'usage d'un bateau.

Ces méthodes, bien qu'accessibles, restent limitées en termes d'efficacité et de rapidité, ce qui explique pourquoi, pour 23 personnes, l'opération de secours a dépassé les 10 minutes, et pour 41 autres, elle a duré entre 5 et 10 minutes.

Ces délais prolongés soulignent la nécessité d'introduire des solutions plus modernes et automatisées afin de réduire le temps d'intervention et d'augmenter les chances de survie des victimes de noyade

Les membres de l'échantillon ont également été invités à évaluer l'efficacité des équipements de sauvetage traditionnels. Les résultats de cette évaluation se présentent comme suit :



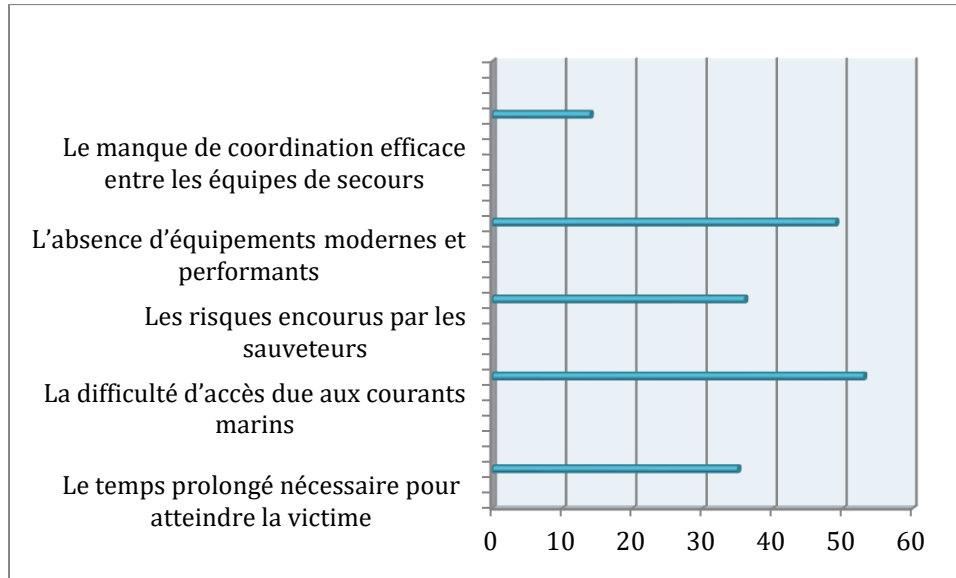
Parmi les principaux défis identifiés lors des opérations de sauvetage en milieu aquatique, les personnes interrogées ont mis en avant les éléments suivants :

- **La difficulté d'accès aux victimes** en raison des courants ou des conditions météorologiques défavorables : 53 réponses
- **Le temps prolongé nécessaire pour atteindre la victime** : 35 réponses
- **Les risques encourus par les sauveteurs** pendant l'intervention : 36 réponses
- **L'absence d'équipements modernes et performants** : 49 réponses
- **Le manque de coordination efficace entre les équipes de secours** : 14 réponses

Ces obstacles récurrents soulignent la nécessité urgente d'améliorer les moyens techniques, de renforcer la sécurité des intervenants et de développer une meilleure coordination entre les équipes de secours.

Dans cette optique, l'intégration d'équipements de sauvetage intelligents apparaît comme une solution prometteuse. Ces dispositifs innovants, dotés de technologies telles que la géolocalisation (GPS), l'automatisation du déploiement ou encore la surveillance à distance, permettraient non seulement de réduire considérablement le temps d'intervention, mais aussi de limiter les risques pour les sauveteurs tout en augmentant les chances de survie des victimes.

Le recours à de telles technologies représente une avancée indispensable pour moderniser les systèmes de sauvetage et répondre efficacement aux défis identifiés sur le terrain



1-Valueproposition:



1- القيمة المقترحة:



I. Problème Principal que nous résolvons

Délai d'intervention des secours : En cas de noyade, chaque seconde compte. Cependant, les secours mettent parfois trop de temps à intervenir, notamment en cas de forte affluence, de mer agitée ou de difficulté d'accès à la victime, mettant ainsi la vie en danger.

Limitation des bouées classiques : Les bouées classiques sont des dispositifs passifs, elles ne réagissent pas à une situation d'urgence et nécessitent toujours qu'une personne les lance ou nage jusqu'à la victime, ce qui ralentit considérablement les interventions.

AquaSaver se positionne comme une solution innovante et technologique, apportant une bouée intelligente, téléguidée, motorisée et géo-localisée, capable de se rendre automatiquement à la victime, offrant ainsi une intervention rapide, autonome et ciblée, augmentant ainsi considérablement les chances de survie.

Protection avancée à prix réduit : Grâce à son design intelligent et à des coûts de fabrication optimisés, Aqua Saver offre le même niveau élevé de sécurité que les produits concurrents, mais à un prix nettement inférieur, ce qui en fait le choix idéal pour ceux qui recherchent une protection fiable à un coût raisonnable.

II. Problèmes Secondaires adressés

➤ Sécurisation et efficacité des opérations de sauvetage :

Réduction des risques pour les sauveteurs : AquaSaver permet une intervention sécurisée dans des conditions extrêmes, atteignant directement la victime même en eaux agitées ou dangereuses, réduisant ainsi les risques pour les sauveteurs.

Optimisation des moyens de sauvetage : Grâce à sa navigation motorisée et téléguidée, AquaSaver élimine les contraintes des bouées classiques, comme la portée limitée et la précision incertaine.

Surveillance autonome dans des zones peu couvertes : AquaSaver permet de garantir une assistance immédiate, même sur des plages ou lacs non surveillés, sans besoin de personnel permanent.

➤ Impact direct pour la victime :

Réduction du stress et de la panique : Le fait de voir la bouée intelligente se diriger automatiquement vers la victime réduit le stress et la panique, améliorant les chances de survie en limitant l'épuisement et la peur.

Business Modele Canva

Assistance aux personnes ne sachant pas nager : AquaSaver permet d'atteindre directement les personnes en difficulté sans qu'elles aient besoin de nager, contrairement aux solutions classiques qui nécessitent souvent un effort physique supplémentaire.

Analyse des produits concurrents

Nom de la bouée	Pays de production	Le prix
Dolphin 1	Chine	10 000 €
U-Safe	Portugal	9000 €
EMILY	États-Unis	15 000 €

De nombreux dispositifs de sauvetage intelligents ont été développés à travers le monde, tels que Dolphin 1 (Chine), U-Safe (Portugal), ou encore EMILY (États-Unis). Ces dispositifs sont souvent dotés de technologies avancées et offrent des performances intéressantes. Cependant, malgré leurs atouts, plusieurs lacunes importantes sont à relever, surtout dans le contexte algérien:

Lacunes des produits existants par rapport à AquaSaver

Disponibilité Locale : Aucun de ces produits n'est fabriqué ou disponible sur le marché algérien, ce qui les rend difficilement accessibles pour les services de secours locaux.

Poids et Portabilité : Certains modèles sont lourds ou volumineux, ce qui rend leur déploiement moins rapide, surtout en cas d'urgence sur des plages mal équipées.

Prix Élevé : Les bouées importées coûtent souvent des milliers de dollars, ce qui n'est pas viable pour une adoption à grande échelle dans un pays en développement.

Matériau Utilisé : La plupart des produits ne spécifient pas l'utilisation de matériaux recyclés ou durables. AquaSaver vise à intégrer des matériaux écoresponsables (par exemple, du plastique recyclé) pour un meilleur respect de l'environnement.

Adaptabilité Locale : Ces produits ne sont pas conçus en tenant compte des conditions spécifiques des plages algériennes (plages non surveillées, accès difficile, ressources limitées...).

2- Customersegments:



-2 شرائح العملاء

Client principal:

Le principal client pour AquaSaver est la direction de la protection civile au niveau national. Ce client est responsable de la gestion de la sécurité en milieu aquatique et de la protection des citoyens sur les plages surveillées et non surveillées.

Client secondaire :

Nos clients secondaires incluent :

Les familles algériennes, en particulier celles ayant de jeunes enfants, cherchant à garantir la sécurité de leurs proches lors de sorties en bord de mer.

Les Aqua Parks et plages privées, qui doivent répondre à des exigences strictes de sécurité tout en offrant une expérience agréable à leurs visiteurs.

Les agences de tourisme et hôtels proposant des activités nautiques, qui sont responsables de la sécurité de leurs clients pendant les activités en mer ou autour des plans d'eau.

Les catégories visées :

- Les unités de protection civile algérienne situées sur les plages surveillées.
- Les plages surveillées et non surveillées à travers l'Algérie, où des sauveteurs sont présents pour protéger la vie des baigneurs.
- Les acteurs du secteur touristique, notamment ceux qui proposent des activités nautiques ou qui gèrent des zones de baignade privées.

Zone géographique :

AquaSaver est conçu pour être commercialisé à l'échelle nationale, dans toutes les régions côtières d'Algérie, en particulier dans les zones à forte affluence et les plages non surveillées. Cependant, à court terme, nous pourrions commencer avec des zones spécifiques, comme Aïn Témouchent, en fonction des ressources disponibles et de la demande initiale.

Types de clients visés:

B2B (Business to Business) :

- Les entreprises de gestion de loisirs et de tourisme : AquaSaver est une solution idéale pour les hôtels, les complexes touristiques et les Aqua Parks, qui recherchent des technologies innovantes pour améliorer la sécurité de leurs clients. Ces entreprises pourront intégrer AquaSaver dans leurs dispositifs de sécurité pour offrir une expérience plus rassurante, tout en réduisant le risque d'incidents.
- Les prestataires de services aquatiques : Les entreprises qui fournissent des services comme le jet-ski, le parachute ascensionnel, ou les balades en bateau peuvent également bénéficier de la sécurité accrue qu'offre AquaSaver pour leurs activités.

B2C (Business to Consumer) :

- Les familles et les particuliers : AquaSaver s'adresse directement aux familles algériennes, notamment celles avec des enfants en bas âge, qui fréquentent des plages ou des espaces aquatiques. En leur fournissant une bouée intelligente et autonome, nous leur offrons un sentiment de sécurité supplémentaire lorsqu'ils sont en bord de mer ou près de l'eau.
- Les usagers des plages publiques et privées : AquaSaver est un produit que les particuliers peuvent acheter ou louer pour leur propre sécurité lors de leurs activités aquatiques, surtout dans les zones peu surveillées.

B2G (Business to Government) :

- Les autorités locales et nationales : Le gouvernement algérien, à travers la direction de la protection civile, est un client stratégique. AquaSaver peut être intégré dans les dispositifs de sécurité publique pour garantir la protection des citoyens sur les plages surveillées et non surveillées, surtout en période de forte affluence.
- Les ministères responsables de la sécurité civile et de la gestion des risques : AquaSaver peut aussi être utilisé par d'autres institutions publiques en charge de la gestion des situations d'urgence sur les plages ou lors de festivals nautiques.

3- Customer Relationships



3- العلاقات مع العملاء:

Support client continu :

- Centre d'appel disponible 24/7 pour les urgences et les demandes d'informations.
- Application dédiée permettant de suivre la maintenance et de soumettre des demandes d'assistance technique.
- Support sur site pour les grandes entités (Direction de la Protection Civile, parcs aquatiques, hôtels, etc.).

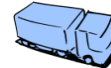
Service après-vente avancé :

- Maintenance et réparation gratuites pendant la période de garantie + possibilité de contrats de maintenance prolongée.
- Approvisionnement rapide en pièces de rechange via des centres de distribution locaux.

Programmes de fidélité et d'incitation :

- Réductions sur la maintenance et les pièces de rechange pour les clients réguliers.
- Offres spéciales pour les familles et les groupes.
- Utilisation des avis clients et témoignages de réussite : Mise en avant des expériences positives des utilisateurs via notre site web, l'application dédiée et les réseaux sociaux pour renforcer la confiance et attirer de nouveaux clients.

4- Channels:



4- القنوات:

1/4- الآليات والطرق لإعلام بمنتجاتنا أو خدمتنا:

On peut cibler notre clientèle et communiquer avec eux a travers les méthodes suivantes :

- Le marketing classique : a travers les chaines de télévision nationales et internationales
- Le marketing digital : a travers les plateformes des réseaux sociaux :

► Google adds

► Facebook adds

► Instagrame adds

► tik tok adds

- Notre site Web Aqua Saver.com
- Notre application mobile Aqua saver
 - Nos boutique en ligne sur les marketplaces algériennes
 - exploitation du marketing d'influence à travers les sportifs, plongeurs et professionnels des sports nautiques pour renforcer la crédibilité et atteindre un public plus large.
- points de vente dans les magasins tels que les boutiques d'équipements nautiques, les magasins de sports aquatiques.
 - exploitation des points de vente dans les ports (ports de pêche, marinas, gares maritimes) où se trouve un public cible susceptible d'utiliser le produit.
 - participation aux salons et événements constitue un canal de distribution extrêmement efficace.
 - Salons commerciaux internationaux et locaux : Comme le Salon International du Tourisme et des Voyages (SITEV) ou l'Algeria International Expo pour attirer des clients internationaux.
 - Salons nautiques et maritimes : Participation aux Salons nautiques où le public cible s'intéresse directement au produit.
 - Événements de sécurité et de prévention : Salons dédiés à la sécurité publique ou aux risques, comme les Journées Nationales de la Sécurité Civile.
 - Festivals et compétitions de sports nautiques : Concours de natation, de surf et de plongée pour cibler les athlètes et les passionnés de sports marins.

2/4 - قنوات التوزيع التي يفضلها العملاء:

- Marketing digital (réseaux sociaux et Google)
- L'exploitation des points de vente (magasins spécialisés et/ou ports)

5- **Keypartners:**



5- الشركات الرئيسية:

1/5- الشركاء الرئيسيون الذين يمكن مساعدتنا:

Investisseurs et Incubateurs de Startups

- Incubateurs et Accélérateurs de Startups pour le développement et le financement.
- Investisseurs dans la Tech et la Sécurité : Recherche d'investisseurs spécialisés dans les innovations en sécurité maritime.

Les Autorités de Sauvetage et de Sécurité Maritime

- La Protection Civile et les Postes de secours : Acteurs essentiels dans l'adoption du produit sur les plages.
- Les Garde-Côtes et la Police Maritime : Intégration du dispositif dans leurs opérations de sauvetage en haute mer.

Les Fournisseurs et Partenaires de Production

- Les Usines de Plastique Recyclé : Approvisionnement en matériaux durables et écologiques.
- Les Entreprises d'Électronique Avancée : Collaboration avec des leaders pour les composants (GPS, batteries, moteurs).

Partenariats Technologiques et Scientifiques

- Les Universités et Centres de Recherche : Développement de l'intelligence artificielle pour perfectionner les fonctionnalités intelligentes.
- Les Laboratoires de Certification Internationale : Obtention de labels de qualité et de conformité aux normes de sécurité maritime.

Réseaux de Distribution et de Commercialisation

- Les Magasins Spécialisés en Sports Nautiques : Distribution dans les boutiques de matériel de plongée et de surf.
- Les Hôtels et Stations Balnéaires
- Les Plateformes de E-commerce : Vente sur Amazon, Alibaba, Jumia pour un déploiement global.

Organismes Gouvernementaux et Associations

Business Model Canva

- Ministères de l'Intérieur et de l'Environnement : Soutien institutionnel et intégration dans les programmes de sécurité maritime.
- Associations de Sensibilisation aux Noyades : Partenariat avec des ONG et organismes de prévention pour la promotion du produit.
- Organisations Humanitaires Internationales : Intégration d'AquaSaver dans les initiatives de secours et de prévention des noyades.
- Salons et Expositions Maritimes & Technologiques : Partenaires stratégiques pour la promotion et les opportunités de collaboration commerciale et technologique.

Collaborations Internationales

- Organisations de Sauvetage Internationales : Partenariat avec des entités telles que l'Organisation Maritime Internationale (OMI), l'International Life Saving Federation (ILS), ou la Croix-Rouge pour faciliter l'adoption d'AquaSaver à l'échelle mondiale.
- Programmes de Coopération Européens et Internationaux : Participation à des initiatives comme Horizon Europe, Interreg ou d'autres projets transfrontaliers pour favoriser l'innovation et l'exportation.
- Partenaires Technologiques Étrangers : Co-développement avec des startups ou entreprises internationales dans les domaines de la robotique, des capteurs intelligents et de l'IA.
- ONG et Agences de Développement : Collaboration avec des organisations œuvrant dans la prévention des noyades et les interventions d'urgence, notamment dans les zones vulnérables.


الموردین الرئيسيين: 2/5

Les Fournisseurs et Partenaires de Production

- Les Usines de Plastique Recyclé : Approvisionnement en matériaux durables et écologiques.
- Les Entreprises d'Électronique Avancée : Collaboration avec des leaders pour les composants (GPS, batteries, moteurs).

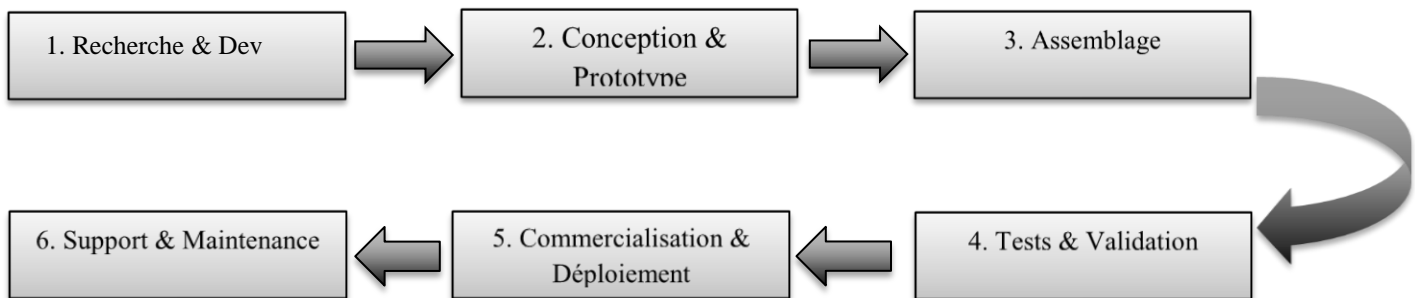
6- Keyactivities: 



6- الأنشطة الرئيسية: 

1/6- المراحل الرئيسية: ما هي أهم المراحل الرئيسية للإنتاج أو الخدمة؟.

Schéma des Activités Clés



1. Recherche et Développement (R&D)

- Analyse des besoins des sauveteurs et des conditions en mer.
- Étude de faisabilité technique et recherche de solutions innovantes en téléguidage et autonomie.
- Intégration de l'IA pour anticiper les comportements de dérive ou de sauvetage automatique.

2. Conception et Prototypage

- Design ergonomique pour une prise en main rapide, même dans l'urgence.
- Maquettage 3D et prototypage rapide avec impression 3D ou moulage.
- Sélection de matériaux résistants à l'eau salée, à la chaleur, et aux chocs.

3. Assemblage

- Intégration mécanique : coque, moteurs, hélices.
- Intégration électronique : GPS, batterie, capteurs, téléguidage.
- Contrôle qualité : vérification de chaque unité avant test terrain.

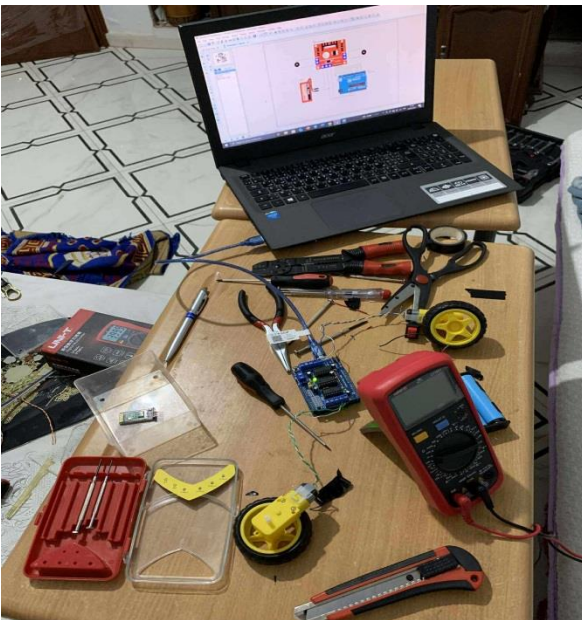
4. Tests et Validation

- Tests fonctionnels en piscines puis en milieu réel (plages, lacs).
- Analyse des performances : vitesse, autonomie, maniabilité.
- Recueil des retours des sauveteurs pour effectuer les ajustements techniques.

5. Commercialisation et Déploiement

- Stratégie de promotion ciblant les postes de secours, collectivités et ONG.
- Présence dans les salons de la tech et de la sécurité maritime.
- Distribution via e-commerce et réseaux de revendeurs spécialisés.

AquaSaver : Innovation et Sauvetage – De la Conception à l'Eau



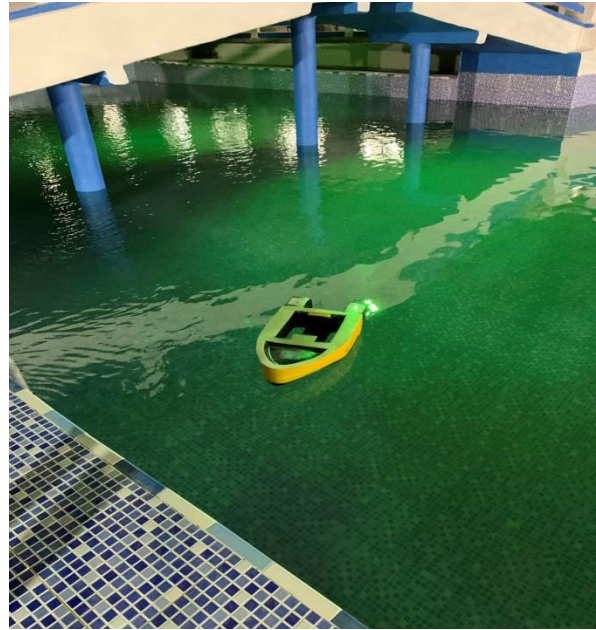
Assemblage des composants électroniques



Phase de développement



Version finale, prête à l'usage



Validation fonctionnelle d'AquaSaver en milieu aquatique

2/6 - الأنشطة الثانوية:

6. Support et Maintenance

- Mise en place d'un service après-vente réactif.
- Assistance technique à distance (diagnostics, mises à jour).
- Itération du produit grâce aux retours clients (améliorations continues).

7- Key Resources



7- الموارد الرئيسية:

1/7 - الموارد المادية:

Ressources matérielles

- Matériaux de fabrication : Résine, mastic, mousse polyuréthane, plexiglas, moteurs, batteries, composants électroniques.
- Outils technologiques : Logiciels de conception et de programmation.

Ressources	Source locale ou étrangère	fournisseur
Résine Mastic Mousse polyuréthane Peinture plexiglas	locale	Boutique de vente de peinture des automobiles
moteur	locale	Magasins de composants électroniques
Matériels électroniques: Arduino Uno DRIVER MOTOR L298N Module bluetooth HC-05 Alimentation : Batterie 3.7V 4000mA	locale	

2/7 - الموارد البشرية:

Ressources humaines

- Ingénieurs en électronique et développeurs logiciels :pour la conception du système téléguidé et la programmation
- Techniciens et opérateurs : Chargés de la fabrication, du montage, des tests, etc.
- Équipe commerciale et marketing :gestion de la communication, vente, pitch aux investisseurs, présence en ligne


Catégorie des ressources humaines	Nombre
Ingénieur en électronique et développeur logiciel	1
Technicien et opérateur d'assemblage	2
Équipe commerciale et marketing	1

Ressources financières :

- Investissements et subventions pour financer la recherche et la production.
- Soutien des incubateurs et partenaires pour le développement du projet.

Ressources matérielles:

Ressource financière المورد المالي	Le besoin الاحتياج
Résine	1 kg
Mastic	5 kg
Mousse polyuréthane	3 L
Peinture	2 L
plexiglas	1 m ²
moteur	2 pce
Matériels électroniques :	
Arduino Uno	1 pce
DRIVER MOTOR L298N	1 pce
Module bluetooth HC-05	1 pce
Alimentation : Batterie 3.7V 4000mA	3 pce

8- Cost Structure 



8- هيكل التكاليف:

■ 1/8: هيكل التكاليف structure Costs

Pour la première année, nous prévoyons de produire 200 unités d'AquaSaveren nous basant sur une production artisanale optimisée.

L'équipe opérationnelle est composée des quatre (04) membres fondateurs, capables de couvrir l'ensemble des tâches techniques et logistiques du projet, sans recours à du personnel externe.

Business Model Canvas

Nous disposons déjà d'un local (notre garage personnel), ce qui nous permet de réduire considérablement les coûts fixes, notamment ceux liés à la location ou à l'aménagement d'un atelier. Le tableau ci-dessous présente la structure détaillée des coûts associés à cette activité .

Type de coût	Catégorie	Élément	Prix estimatif (DA)	Coût total
Coûts fixes annuels	Frais administratifs	Registre du commerce	7 000	1,718,100DA
		avocat	2 000	
	Salaires	Employé (1)	25000 /mois	
	Marketing & Communication	Réseaux sociaux, site web...	60 000 /an	
	Assurance	Équipements techniques, matériels électronique...(assurance multi-risque)	9100 /an	
		Employé (1)	26250 /trimestrielle	
Autre charge	Électricité	5000 /trimestrielle	6,526,100DA	
Coûts variables annuels	Coût de production	Composants (moteur ...)	15 000 / pièce	4,808,000DA
		Fabrication/assemblage	8 000 / pièce	
	Logistique	Emballage & Packaging	300 / pièce	
		Transport et Livraison	4 000 /mois	
	Service après-vente	Réparation (pièces, main d'œuvre)	500/ pièce	

6 52 6100 DA= المجموع

Revenue Streams



9- مصادر الإيرادات

9-1 Revenus totaux

Données :

- **Nombre d'unités : 200**
- **Coût total (fixes + variables) : 652 6100DA**
- **Marge bénéficiaire souhaitée : 10 %**

Remarque : La stratégie de tarification adoptée pour déterminer le pourcentage de profit est la tarification progressive, consistant à lancer le produit à un prix initialement bas afin de stimuler la demande, puis à augmenter progressivement le prix en fonction de l'accroissement de cette demande.

➤ **Calcul de la marge bénéficiaire (10%) :**

$$\text{Marge bénéficiaire (10\%)} = 10\% \times 6\,52\,6100 \text{ DA} = 65\,2610 \text{ DA}$$

➤ **Prix de vente total = Coût total + Marge bénéficiaire :**

$$6\,52\,6100 + 65\,2610 = 7\,17\,8710 \text{ DA}$$

➤ **Prix de vente par unité = Prix total ÷ Nombre d'unités :**

$$7\,17\,8710 \div 200 = 35\,893,55 \text{ DA / unité}$$

➤ **Bénéfice net (Marge bénéficiaire) = Prix de vente total (avec bénéfice) - Coût total**

$$7\,17\,8710 - 6\,52\,6100 = 65\,2610 \text{ DA}$$

Résultat final : Tableau de calcul du prix de vente avec marge bénéficiaire

Élément	Valeur
Nombre d'unités produites	200 unités
Coût total de production	652 6100DA
Marge bénéficiaire souhaitée (10%)	65 2610 DA
Prix de vente total (avec bénéfice)	7 17 8710DA /200
Prix de vente par unité	35 893,55DA / unité
Bénéfice net (Marge bénéficiaire)	65 2610DA

9-2 Sources de revenus

- Vente directe des bouées aux institutions (Protection Civile, mairies, clubs nautiques, hôtels).
- Contrats de maintenance et assistance technique pour assurer le bon fonctionnement des bouées.
- Personnalisation et options supplémentaires (ex : capteurs avancés, IA, GPS).
- Location aux événements et entreprises de surveillance maritime.
- Partenariats avec des sponsors (ex : entreprises de sécurité maritime, assurances).