

| | | |
|---|--|---|
|  | الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية |  |
| | People's Democratic Republic of Algeria | |
| | وزارة التعليم العالي والبحث العلمي | |
| | Ministry of Higher Education and Scientific Research | |
| | جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم | |
| | Abdel Hamid Ibn Badis University - Mostaganem | |
| | كلية العلوم والتكنولوجيا | |
| | Faculty of Sciences and Technology | |
| | قسم الهندسة الكهربائية | |
| | Department of Electrical Engineering | |

N° d'ordre : M2...../GE/2024

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie Electrique

Spécialité : Electronique des systèmes embarqués

Thème

Automatisation et surveillance en temps réel du traitement de l'eau

Présenté par

1-REZALI LAID

2-KHITER ILYES

Soutenu le 25/11/ 2024 devant le jury composé de :

| | | | |
|-----------------|---------------------------|-------|---------------------|
| Président(e) : | Nom et Prénom | Grade | Université de |
| Examineurs : | M.BAGHDADI BENDAHA | Grade | Université de |
| | M.BEKLAOUS | Grade | Université de |
| Encadrant (e) : | ABDERRAHMAN ABDELKADER | Grade | Université de |

Année universitaire 2023 / 2024

Résumé

Notre projet consiste en une bouée intelligente équipée de capteurs pour mesurer les paramètres de qualité de l'eau tels que le pH, la conductivité et la température. Lorsqu'elle est placée dans l'eau, l'utilisateur interagit avec une application mobile qui propose deux fonctionnalités principales. La première permet de visualiser les paramètres de l'eau en temps réel sous forme de graphiques. La deuxième offre la possibilité de contrôler les moteurs de la bouée pour la déplacer et effectuer des mesures à un emplacement précis.

Les capteurs embarqués détectent les données des paramètres de l'eau et les transmettent à un microcontrôleur de type ESP32. Ce dernier convertit les signaux en valeurs exploitables, puis envoie ces données à l'application mobile pour un affichage clair et immédiat. Cette solution évite le processus long et fastidieux de prélèvement, envoi d'échantillons à un laboratoire par exemple, et attente des résultats. Le traitement des données est ainsi grandement accéléré.

Il est important de souligner que ce prototype, réalisé avec des composants disponibles, est une preuve de concept. Avec l'utilisation de composants professionnels plus précis et robustes, la bouée pourrait être encore plus performante et fiable, rendant ce système de mesure de la qualité de l'eau plus efficace dans des contextes réels.

Our project involves a smart buoy equipped with sensors to measure water quality parameters such as pH, conductivity, and temperature. When placed in the water, the user interacts with a mobile application offering two main features. The first allows real-time visualization of water parameters in the form of graphs. The second provides the ability to control the buoy's motors to move it and take measurements at a specific location.

The embedded sensors detect the water parameter data and transmit it to an ESP32 microcontroller. This microcontroller converts the signals into usable values and then sends the data to the mobile application for clear and immediate display. This solution eliminates the lengthy and tedious process of sampling, sending samples to a laboratory, and waiting for results. The data processing is thus significantly accelerated.

It is important to note that this prototype, built with available components, serves as a proof of concept. By using more precise and robust professional components, the buoy could be made even more efficient and reliable, making this water quality measurement system more effective in real-world contexts.

مشروعنا يتمثل في تطوير عوامة ذكية مجهزة بمستشعرات لقياس معايير جودة المياه مثل درجة الحموضة والتوصيلية الأولى. عند وضعها في الماء، يمكن للمستخدم التفاعل معها عبر تطبيق جوال يوفر وظيفتين رئيسيتين. ودرجة الحرارة تتيح عرض بيانات معايير المياه في الوقت الفعلي على شكل رسوم بيانية، والثانية تمكن المستخدم من التحكم في محركات العوامة لتحريكها وأخذ القياسات في موقع محدد.

قابلة للاستخدام، ثم يرسل البيانات إلى تطبيق. تقوم المستشعرات المدمجة برصد بيانات معايير المياه وإرسالها إلى متحكم هذه الحلول توفر بديلاً عملياً عن العمليات الطويلة والمملة مثل أخذ العينات. الجوال لعرضها بشكل واضح وفوري وإرسالها إلى المختبر وانتظار النتائج، مما يسرع عملية معالجة البيانات بشكل كبير.

ومع. ومن الجدير بالذكر أن هذا النموذج الأولي، الذي تم تصنيعه باستخدام مكونات متوفرة، يمثل دليلاً على الفكرة استخدام مكونات احترافية أكثر دقة ومتانة، يمكن تحسين أداء وموثوقية العوامة بشكل أكبر، مما يجعل نظام قياس جودة المياه أكثر فعالية في السياقات الواقعية.

Sommaire

| | |
|---|--------|
| Résumé | ii |
| Introduction Générale | - 6 - |
| Chapitre I | - 8 - |
| Généralités | - 8 - |
| 1.1 L'importance de la qualité de l'eau dans la science environnementale : | - 9 - |
| 1.1.1 Introduction : | - 9 - |
| 1.1.2 Le Rôle de la Surveillance de la Qualité de l'Eau : | - 9 - |
| 1.1.3 Paramètres Clés de la Qualité de l'Eau : | - 10 - |
| 1.2 Les types de bouées utilisées dans la surveillance environnementale : | - 11 - |
| 1.2.1 Catégories de bouées | - 11 - |
| 1.2.2 Différents types de bouées utilisées dans la surveillance environnementale : | - 13 - |
| 1.2.2.1 Bouées de qualité de l'eau | - 13 - |
| 1.2.2.2 Bouées acoustiques | - 13 - |
| 1.3 Les variables : | - 16 - |
| 1.3.1.1 Définition : | - 16 - |
| 1.3.1.2 Facteurs influençant le pH : | - 17 - |
| 1.3.1.3 L'importance du pH pour la qualité de l'eau : | - 17 - |
| 1.3.1.4 Méthodes de mesure du pH : | - 18 - |
| 1.3.2 Mesure de la température : | - 19 - |

| | |
|--|--------|
| 1.3.2.1 Définition : | - 19 - |
| 1.3.2.2 | - 19 - |
| 1.3.2.3 | - 20 - |
| 1.1.1 La conductivité : | - 21 - |
| 1.3.2.4 Définition : | - 21 - |
| 1.3.2.5 Impact sur la Physiologie Végétale : | - 21 - |
| 1.4 Comprendre la technologie des panneaux solaires : | - 22 - |
| 1.4.1 Energie solaire photovoltaïque : | - 23 - |
| 1.4.2 La production d'énergie solaire : | - 23 - |
| 1.5 Conclusion : | - 24 - |
| Chapitre 2 | - 25 - |
| Matériel | - 25 - |
| 2.1 Introduction | - 26 - |
| 2.2 Principes de base de la flottabilité et des matériaux utilisés dans la construction des bouées | - 26 - |
| 2.3 Principe d'Archimède - Formule/équation | - 26 - |
| 2.4 L'exploiter le principe d'Archimède pour construire une bouée et les matériaux utilisés pour réaliser ce travail | - 27 - |
| 2.5 Étudiez les composants de ce projet : | - 29 - |
| 2.5.1 L'ESP32 : | - 29 - |
| 2.5.2 Capteur de PH (ph0-14) : | - 31 - |
| 2.5.2.2 Caractéristiques de l'électrode de pH : | - 32 - |

| | |
|---|--------|
| 2.5.3 Capteur de conductivité (capteur analogique TDS Gravité) : | - 32 - |
| 2.5.3.1 Spécification : | - 33 - |
| 2.5.4 Capteur de température (Thermomètre numérique DS18B20 OneWire) :- | 34 - |
| 2.5.4.1 Comment utiliser le capteur DS18B20 : | - 34 - |
| 2.5.5 Moteur a courant continu T Tulead DC 3-6V : | - 35 - |
| 2.5.5.1 Spécification : | - 35 - |
| 2.5.6 Pilote de moteur à courant continu MX1508 : | - 35 - |
| 2.5.6.1 Spécification : | - 36 - |
| 2.5.7 Mini Panneau Solaire 340*220mm-6v-10w : | - 37 - |
| 2.5.7.1 Spécification : | - 37 - |
| 2.5.8 Module chargeur CN3065 : | - 37 - |
| 2.5.9 Batteries Lithium 3,7V 3000mAh : | - 38 - |
| 2.6 Conclusion : | - 39 - |
| Conception | - 40 - |
| 3.1 Introduction | - 41 - |
| 3.2 Conception 3D avec Tinkercad | - 41 - |
| 3.2.1 . Tinkercad pour la conception 3D : | - 41 - |
| 3.2.2 Concevoir une bouée : | - 42 - |
| 3.2.3 Considérations relatives au placement des capteurs : | - 42 - |
| 3.2.4 La conception finale | - 44 - |
| 3.3 Programmation | - 45 - |

| | |
|---|--------|
| 3.3.1 Simulation du capteur de température DS18B20 à l'aide du logiciel Proteus 8 : | - 45 - |
| 3.3.1.3 Comment utiliser le capteur DS18B20 : | - 46 - |
| 3.3.2 Simulation du capteur PH Mètre (ph0-14) à l'aide du logiciel Proteus 8 :- | 46 - |
| 3.3.3 Créez une installation expérimentale pour tester le capteur TDS : | - 48 - |
| 3.3.4 Créez une installation expérimentale pour tester les moteurs : | - 49 - |
| 3.3.5 La technologie des panneaux solaires pour alimenter la bouée : | - 50 - |
| Organigramme du programme | - 53 - |
| 3.4 | - 53 - |
| 3.5 Conception de pages Web: | - 54 - |
| 3.5.1 HTML: | - 54 - |
| 3.5.2 Page principale : | - 55 - |
| 3.5.3 Page des graphes : | - 55 - |
| 3.6 Conception de l'application pour l'Androide: | - 56 - |
| 3.6.1 Mit Appinventor pour la conception de l'application : | - 56 - |
| 3.7 Conclusion : | - 58 - |
| Chapitre 4 | - 59 - |
| Résultats | - 59 - |
| 4.1 Résultats et commentaires | - 60 - |
| 4.1.1 La 1ère page: | - 60 - |
| 4.1.2 La 2ème page: | - 60 - |

4.1.3 La 3ème page: - 62 -
4.2 Conclusion:- 62 -
Conclusion générale- 64 -
Annexe A- 65 -
Bibliographie - 69 -

Introduction Générale

L'eau est la ressource la plus vitale de la vie. Même s'il s'agit de la ressource la plus abondante sur Terre (75 %), l'eau douce représente moins de 3 %, et plus de 65 % est enfermée dans les calottes glaciaires et les glaciers, fondant plus rapidement que jamais en raison des changements climatiques actuels. La pollution est une préoccupation majeure pour la qualité de l'eau. Il provient de nombreuses sources, notamment les eaux de ruissellement agricoles, les eaux usées et les déchets industriels. La pollution peut contaminer l'eau potable et la rendre nocive pour la consommation humaine. Cela nuit également aux écosystèmes aquatiques [1]. La qualité de l'eau est également menacée par la surexploitation. Cela peut se produire lorsque l'eau est prélevée des rivières et des aquifères plus rapidement qu'elle ne peut être reconstituée ou lorsque trop d'eau est utilisée pour l'irrigation, entraînant une accumulation de sel dans le sol. L'eau est essentielle à la vie, et sa qualité est essentielle au maintien d'écosystèmes sains et aux économies qui en découlent. Par conséquent, l'utilisation optimale des ressources en eau et une surveillance fiable de la qualité de l'eau sont importantes, en particulier dans le contexte d'une éventuelle future crise de pénurie d'eau. Il existe de nombreuses façons de surveiller la qualité de l'eau, mais certaines méthodes sont plus efficaces que d'autres. Les méthodes classiques reposent sur l'échantillonnage manuel et l'analyse en laboratoire, qui permettent de détecter une large gamme de substances mais consomment des ressources [2]. Ceci est souvent associé à des outils de surveillance des paramètres physiques et chimiques mais à un échantillonnage manuel impliquant une surveillance humaine. Une contribution significative consisterait donc à développer un système sans fil autonome et peu coûteux, capable de surveiller plusieurs paramètres de la qualité de l'eau tout en observant les mesures à distance [3].

Dans cette thèse, nous présenterons la création d'une bouée intelligente efficace pour surveiller les plans d'eau de surface afin d'évaluer la qualité des écosystèmes aquatiques de manière durable. Les données collectées permettent d'identifier les plans d'eau qui nécessitent une intervention. Le système s'appuie sur des capteurs pour détecter une gamme de facteurs physiques et chimiques. La bouée intelligente peut fonctionner de manière autonome avec une surveillance humaine minimale dans des plans d'eau sans surveillance. Notre forte

concentration sur la faible consommation d'énergie permet un fonctionnement à long terme, car tout est alimenté par des panneaux solaires rendant le système autonome. Le système contient des capteurs qui mesurent la température de l'eau, le pH et la conductivité électrique (EC). Ces données sont obtenues après envoi à l'aide d'un module sans fil pour transférer les données vers la base de données en temps réel.

Chapitre I

Généralités

1.1 L'importance de la qualité de l'eau dans la science environnementale :

1.1.1 Introduction :

La surveillance de la qualité de l'eau est une pierre angulaire de la science de l'environnement, fournissant des données cruciales qui jouent un rôle indispensable dans la sauvegarde de la santé humaine, la protection des écosystèmes et l'information sur la gestion efficace des ressources en eau. Alors que la population mondiale continue de croître et que les activités industrielles se multiplient, l'importance de maintenir des normes de haute qualité de l'eau devient de plus en plus critique. Cette recherche explore les différentes dimensions de la surveillance de la qualité de l'eau, en soulignant son importance et les paramètres impliqués pour assurer la santé et la sécurité des populations humaines et des écosystèmes naturels.

1.1.2 Le Rôle de la Surveillance de la Qualité de l'Eau :

La surveillance de la qualité de l'eau sert plusieurs objectifs clés, chacun essentiel au maintien de la santé de l'environnement et du bien-être public. L'un des principaux rôles de la surveillance de la qualité de l'eau est la protection de la santé publique. En identifiant les contaminants dans les sources d'eau potable, la surveillance de la qualité de l'eau aide à prévenir les maladies d'origine hydrique qui pourraient autrement poser des risques importants pour la santé [4]. Elle garantit également que les eaux de loisirs, telles que les lacs et les rivières, sont sûres pour une utilisation publique, protégeant les individus des maladies qui pourraient résulter du contact avec de l'eau polluée. En outre, la surveillance évalue l'impact des activités industrielles et agricoles sur les masses d'eau utilisées à des fins domestiques, garantissant que tout effet nocif est rapidement identifié et traité [5].

En plus de la protection de la santé publique, la surveillance de la qualité de l'eau est cruciale pour évaluer la santé des écosystèmes aquatiques. La surveillance des paramètres physiques, chimiques et biologiques permet aux scientifiques d'évaluer la santé globale de ces écosystèmes. Elle permet de détecter les changements de qualité de l'eau dus à la pollution, au

changement climatique ou à d'autres facteurs de stress, facilitant des interventions en temps opportun pour atténuer les effets négatifs. En suivant l'impact des activités humaines sur la vie aquatique, la surveillance de la qualité de l'eau soutient les efforts de conservation de la biodiversité, garantissant la survie de diverses espèces et le maintien d'écosystèmes équilibrés [6].

Une gestion efficace des ressources en eau est un autre aspect critique soutenu par la surveillance de la qualité de l'eau. Les données collectées grâce aux activités de surveillance informent les décisions d'allocation et de gestion de l'eau, garantissant que les ressources en eau sont utilisées de manière durable et efficace. En identifiant les sources de pollution, la surveillance de la qualité de l'eau guide les efforts de réhabilitation pour restaurer les masses d'eau affectées. Cela soutient à son tour des pratiques d'utilisation durable de l'eau, promouvant la disponibilité à long terme de l'eau propre pour divers besoins [7].

La conformité aux normes et réglementations de qualité de l'eau est un autre domaine où la surveillance joue un rôle vital. Une surveillance régulière garantit que les normes de qualité de l'eau sont respectées, détectant les violations et permettant des actions d'application lorsque cela est nécessaire. Cette surveillance de la conformité fournit les preuves nécessaires pour les processus juridiques et réglementaires, garantissant que les règlements sont respectés et que les contrevenants sont tenus responsables.

1.1.3 Paramètres Clés de la Qualité de l'Eau :

La surveillance de la qualité de l'eau implique la mesure d'une gamme de paramètres physiques, chimiques et biologiques. Les paramètres physiques tels que la température, le pH, la turbidité, la conductivité et l'oxygène dissous sont des indicateurs fondamentaux de la qualité de l'eau. Les paramètres chimiques, y compris les nutriments comme l'azote et le phosphore, les métaux lourds, les pesticides et les polluants organiques, fournissent des informations sur la présence de substances nocives. Les paramètres biologiques, tels que les indicateurs microbiologiques (bactéries, virus), les macroinvertébrés aquatiques, les algues et les poissons, aident à évaluer la santé biologique des masses d'eau [8].

1.2 Les types de bouées utilisées dans la surveillance environnementale :

Dans de nombreux domaines de la science environnementale, les bouées sont largement utilisées pour la surveillance environnementale. Des capteurs peuvent être installés sur eux pour mesurer une gamme de caractéristiques. Les bouées fournissent des données en temps réel, y compris les courants océaniques, la météo et la qualité de l'eau. Pour recueillir des données pertinentes dans diverses conditions aquatiques et atmosphériques, les scientifiques peuvent utiliser des bouées spécialement conçues avec des capteurs spécialisés, en fonction des objectifs spécifiques de leur programme de recherche ou de surveillance.

1.2.1 Catégories de bouées

1.2.1.1 Bouées fixes :

Généralement utilisées pour la surveillance à long terme des plans d'eau, ces bouées sont fixées sur certains sites et offrent des données continues et en temps réel (Figure 1.1).



Figure 1.1. Bouées fixes [9].

1.2.1.2 Bouées mobiles :

Des bouées dérivantes ou mobiles sont utilisées pour la surveillance spatiale sur des zones plus vastes et constituent un excellent outil pour examiner la dynamique de la qualité de l'eau à divers endroits (Figure 1.2).



Figure 1.2. Bouée mobile pour la surveillance et l'évaluation en temps réel de la qualité de l'eau [10].

1.2.1.3 Bouées multi paramètres :

Équipées de capteurs capables de mesurer plusieurs paramètres à la fois, ces bouées permettent une compréhension approfondie des variations de la qualité de l'eau (Figure 1.3).



Figure 1.3. Bouée mobile pour la surveillance et l'évaluation en temps réel de la qualité de l'eau [11].

1.2.2 Différents types de bouées utilisées dans la surveillance environnementale :

Voici quelques types de bouées utilisées dans la surveillance environnementale :

1.2.2.1 Bouées de qualité de l'eau

Ces bouées sont équipées de capteurs qui mesurent un certain nombre de caractéristiques de la qualité de l'eau, de la conductivité, de la température et de la pression. Ils sont utilisés pour évaluer la santé de l'écosystème et la pollution de l'eau [12] (Figure 1.4).

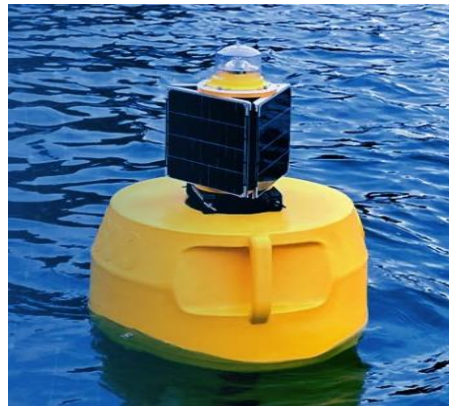


Figure 1.4. Bouée Xylem pour l'analyse de la qualité de l'eau [13].

1.2.2.2 Bouées acoustiques

À l'aide d'hydrophones et d'autres capteurs auditifs, les bouées acoustiques permettent de suivre les populations de poissons, les niveaux de bruit sous-marins et l'activité des mammifères marins. Ils aident à évaluer l'impact des activités humaines telles que l'extraction des ressources, la construction et la navigation sur les écosystèmes marins [14], (Figure 5).

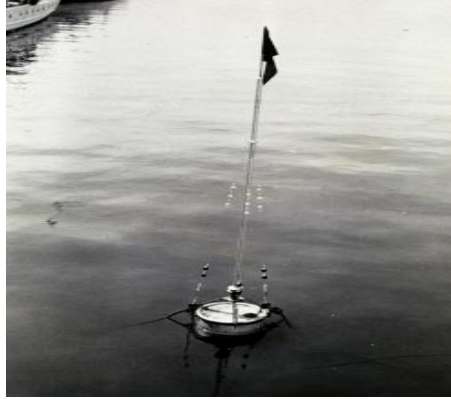


Figure 1.5. La bouée radio Sono utilisée dans les opérations de télémétrie acoustique radio de C&GS [15].

1.2.2.3 Bouées de surveillance des proliférations d'algues nuisibles :

Ces bouées sont équipées de capteurs pour détecter la présence de proliférations d'algues nuisibles dans les plans d'eau. Ils aident à surveiller la croissance et le mouvement des algues toxiques [16] (Figure 6).

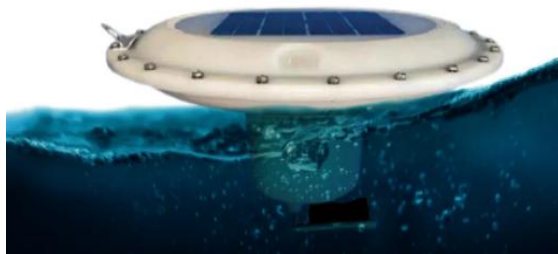


Figure 6. Bouée connectée SCUBA BGA [17].

1.2.2.4 Bouées météorologiques

Ces bouées sont équipées de capteurs qui mesurent plusieurs paramètres atmosphériques comme l'humidité, la température de l'air, la pression barométrique, la direction et la vitesse du vent. Ils offrent des informations utiles pour la recherche climatique [18] (Figure 7).



Figure 7. Bouée météorologique NOAA NDBC [19].

1.2.2.5 Bouées de profilage amarrées

Ces bouées sont équipées de capteurs qui peuvent être abaissés dans la colonne d'eau pour recueillir des profils verticaux à différentes profondeurs de salinité, de température et d'autres données. Ils offrent des détails détaillés sur les mécanismes de mélange vertical et de stratification océanique [20].

1.2.2.6 Les bouées dérivantes

Sont conçues pour flotter avec les marées de l'océan tout en envoyant des données satellitaires sur leur position, la température de la surface de la mer et d'autres facteurs. Ils sont utilisés dans la recherche sur les modèles de circulation océanique, la surveillance des mouvements de pollution et la surveillance de la dispersion des espèces marines [21].

1.2.2.7 Bouées d'intervention en cas de déversement de pétrole

Placées dans des zones à haut risque de déversements de pétrole, ces bouées sont équipées de capteurs d'huile et d'équipements de surveillance. Ils aident à localiser et à surveiller les déversements d'hydrocarbures, à déterminer le niveau de contamination [22].

Les variables :

Afin d'évaluer dans un premier temps la qualité de l'eau, nous devons connaître certaines des caractéristiques les plus importantes : La température, La conductivité, Le pH [23].



Figure 8. Variables de qualité de l'eau.

1.2.3 Le PH :

1.2.3.1 Définition :

Le pH, abréviation de "potentiel hydrogène" ou "puissance de l'hydrogène", est une mesure essentielle de l'acidité ou de la basicité d'une solution. Il s'agit d'une échelle logarithmique allant typiquement de 0 à 14, bien que des valeurs inférieures à 0 ou supérieures à 14 soient possibles dans des cas extrêmes de solutions très concentrées. Le concept de pH a été introduit par le chimiste danois Søren Sørensen en 1909. Le pH mesure la concentration des ions hydrogène (H^+) dans une solution aqueuse. Une solution est dite acide si son pH est inférieur à 7, basique si son pH est supérieur à 7, et neutre si son pH est exactement de 7, comme c'est le cas pour l'eau pure à 25 °C. La nature logarithmique de l'échelle signifie qu'une variation d'une unité de pH correspond à un changement de la concentration en ions H^+ par un facteur de dix [24].

La relation suivante permet de calculer le pH [25] :

$$\text{pH} = -\text{Log}_{10}[\text{H}^+] \quad (1)$$

$[\text{H}^+]$: est la concentration molaire en ions H^+ , en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

1.2.3.2 Facteurs influençant le pH :

Le pH d'une solution peut être influencé par divers facteurs, dont la température, la pression et la nature des substances dissoutes. Ces éléments peuvent provoquer des variations significatives du pH, affectant ainsi les propriétés chimiques et biologiques de la solution.

a) Température : La température a un effet direct sur le pH de l'eau et des solutions aqueuses. Lorsque la température augmente, l'ionisation de l'eau s'intensifie, ce qui augmente la concentration en ions hydrogène (H^+) et, par conséquent, réduit le pH. Par exemple, à 25 °C, le pH de l'eau pure est de 7, mais à 100 °C, il diminue à environ 6,14. Cette relation est importante dans les environnements biologiques où même de légères variations de température peuvent affecter le pH et les réactions biochimiques [26].

b) Pression : La pression influence également le pH, surtout dans les systèmes où des gaz sont dissous. Une augmentation de la pression augmente la solubilité des gaz, ce qui peut entraîner une formation accrue de composés dissociables en ions H^+ , abaissant ainsi le pH. Cette propriété est particulièrement pertinente dans les environnements marins et les systèmes sous pression tels que les chaudières et les réacteurs chimiques [27].

1.2.3.3 L'importance du pH pour la qualité de l'eau :

Le pH de l'eau est crucial pour la qualité de l'eau, influençant la vie aquatique, la solubilité des métaux et les processus de traitement de l'eau. Un pH inadéquat peut entraîner des problèmes comme la corrosion des infrastructures et la toxicité pour les organismes aquatiques. Il affecte directement les organismes aquatiques, avec la plupart des espèces vivant dans une plage de pH de 6,5 à 9,0. Le pH influence aussi la solubilité des métaux, les rendant plus

toxiques à pH faible et entraînant des précipitations à pH élevé. Dans le traitement de l'eau, le pH doit être ajusté pour maximiser l'efficacité des désinfectants et éviter la corrosion [28].

1.2.3.4 Méthodes de mesure du pH :

a) Indicateurs colorés : Les indicateurs colorés sont des substances chimiques qui changent de couleur en fonction du pH de la solution. Ils sont couramment utilisés pour des mesures approximatives du pH. Chaque indicateur a une gamme de pH spécifique dans laquelle il change de couleur. Par exemple, le papier pH ou les solutions d'indicateurs comme la phénolphthaléine (qui passe d'incolore à rose dans une plage de pH de 8,2 à 10) sont fréquemment utilisés pour des tests rapides et simples.



Figure 9. Indicateurs_pH demirdjian papier pH [29].

b) pH mètres : Les pH-mètres sont des instruments électroniques précis utilisés pour des mesures exactes du pH. Ils fonctionnent en mesurant la différence de potentiel électrique entre une électrode de verre sensible aux ions H^+ et une électrode de référence stable. Les pH-mètres sont largement utilisés en laboratoire et sur le terrain pour des analyses précises, et ils nécessitent une calibration régulière avec des solutions tampon pour assurer leur précision.



Figure 10. pHmètre [30].

1.2.4 Mesure de la température :

1.2.4.1 Définition :

La température est une mesure de l'énergie cinétique moyenne des particules dans une substance. En d'autres termes, elle indique à quel point les particules (atomes ou molécules) d'une substance bougent rapidement. Une température plus élevée signifie une plus grande agitation des particules [31].

1.2.4.2 Unités de mesure :

a) Degrés Celsius (°C) : Utilisée principalement dans la vie quotidienne et les sciences, basée sur les points de congélation (0°C) et d'ébullition (100°C) de l'eau à la pression atmosphérique standard.

b) Kelvin (K) : Unité de mesure absolue dans le système international (SI), où 0 K représente le zéro absolu, la température théorique la plus basse possible. La relation entre Celsius et Kelvin est : $K = ^\circ C + 273.15K$

c) Degrés Fahrenheit (°F) : Utilisée principalement aux États-Unis. Les points de congélation et d'ébullition de l'eau sont respectivement de 32°F et 212°F [32].

1.2.4.3 Importance de la température pour la vie aquatique :

La température de l'eau est un facteur essentiel pour la santé et la survie des écosystèmes aquatiques. Elle influence directement la physiologie, le comportement et la distribution des organismes aquatiques, jouant ainsi un rôle crucial dans l'équilibre de ces environnements.

a) Métabolisme et croissance: Les poissons et autres organismes aquatiques sont des ectothermes, ce qui signifie que leur température corporelle dépend de celle de leur environnement. Quand l'eau se réchauffe, le métabolisme des poissons s'accélère, ce qui augmente leur besoin en oxygène et en nourriture. Cependant, si la température de l'eau dépasse un certain seuil, cela peut entraîner un stress thermique, réduire la croissance des poissons et, dans les cas extrêmes, provoquer leur mort. Imaginez devoir courir un marathon par une journée caniculaire sans pouvoir se rafraîchir – c'est un peu ce que ressentent les poissons lorsqu'ils sont soumis à des températures trop élevées [33].

b) Solubilité de l'oxygène: La température de l'eau affecte aussi la quantité d'oxygène qu'elle peut retenir. À des températures plus élevées, l'eau contient moins d'oxygène dissous, ce qui peut créer des conditions hypoxiques, mettant en danger les espèces aquatiques sensibles. C'est un peu comme essayer de respirer à haute altitude, où l'air est moins dense et l'oxygène plus rare.

c) Qualité de l'eau: La température de l'eau influence également les processus chimiques et biologiques, tels que les taux de décomposition de la matière organique et la prolifération des algues. Des températures plus élevées peuvent accélérer ces processus, conduisant à des problèmes de qualité de l'eau comme l'eutrophisation, qui peut entraîner des "marées vertes" et des zones mortes dépourvues d'oxygène. Imaginez un étang tranquille se transformant en une soupe verte nauséabonde – c'est ce qui peut arriver quand la température de l'eau monte trop

1.1.1 La conductivité :

1.2.4.4 Définition :

La conductivité électrique est une mesure de la capacité d'une solution à conduire un courant électrique. En d'autres termes, elle indique à quel point une solution permet le passage d'un courant électrique. La conductivité est l'inverse de la résistivité, qui mesure la résistance d'une solution à la circulation du courant électrique. Plus une solution est conductrice, plus sa conductivité est élevée [34].

1.2.4.5 Impact sur la Physiologie Végétale :

a) Absorption des nutriments : La conductivité électrique du sol est un indicateur clé de la force ionique, qui influence directement l'absorption des nutriments par les racines des plantes. Selon la loi d'action de masse, la force ionique affecte l'équilibre des ions dans la solution du sol, modifiant ainsi la disponibilité des nutriments essentiels pour les plantes. Une conductivité appropriée assure que les ions minéraux, tels que le potassium (K^+), le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+}), sont disponibles en quantités optimales pour l'absorption. Si la conductivité est trop basse, cela peut indiquer une concentration insuffisante d'ions, entraînant des carences nutritionnelles. À l'inverse, une conductivité trop élevée peut signaler une accumulation excessive d'ions, pouvant entraîner des déséquilibres et des toxicités qui perturbent la nutrition des plantes.

b) Stress salin : Une conductivité élevée, généralement associée à une forte concentration de sels dissous dans le sol ou l'eau d'irrigation, peut induire un stress salin chez les plantes. Le stress salin résulte de l'osmose qui attire l'eau hors des cellules végétales vers l'extérieur, réduisant ainsi la disponibilité de l'eau pour les processus biologiques essentiels. Cela peut affecter plusieurs aspects de la physiologie végétale, notamment la croissance, la photosynthèse et la production de biomasse. Les mécanismes d'osmolyse, où les plantes accumulent des composés pour maintenir l'équilibre osmotique, peuvent également être sollicités de manière excessive, entraînant une réduction de la croissance et des rendements. Les plantes stressées par la salinité montrent souvent des signes de décoloration des feuilles, de réduction de la taille des fruits et d'une croissance ralentie.

c) Qualité de l'eau d'irrigation : La conductivité de l'eau d'irrigation est un critère essentiel pour assurer la santé des cultures. Chaque type de culture a une tolérance spécifique à la conductivité, au-delà de laquelle des effets négatifs sur la croissance et le rendement peuvent se produire. Par exemple, certaines cultures peuvent tolérer une conductivité relativement élevée, tandis que d'autres sont plus sensibles aux niveaux accrus de sels dissous. Pour éviter des dommages aux cultures, il est crucial de surveiller et de réguler la conductivité de l'eau d'irrigation. Des niveaux élevés peuvent non seulement nuire directement aux plantes, mais également affecter indirectement la structure du sol et la disponibilité des nutriments, conduisant à des pratiques de gestion de l'eau plus complexes et coûteuses. Des limites spécifiques de conductivité sont souvent établies pour chaque type de culture afin d'optimiser les conditions de croissance et de maximiser les rendements.

1.3 Comprendre la technologie des panneaux solaires :

« Le photovoltaïque (PV) nous offre la capacité à générer de l'électricité d'une manière propre, verte, "calme" et fiable. Les systèmes photovoltaïques comportent des cellules photovoltaïques: des dispositifs pour convertir l'énergie lumineuse directement en électricité. Un module ou panneau photovoltaïque consiste en une connexion série de plusieurs cellules photovoltaïques. Le processus photovoltaïque produit donc de l'électricité directement de la lumière du soleil. » [35].

« L'énergie solaire est la partie ou fraction de l'énergie électromagnétique provenant du soleil, traversant l'atmosphère qui en absorbe une partie, et parvenant à la surface de la Terre. Elle y est trouvée sous forme de lumière et de chaleur. Elle peut être utilisée au moyen de capteurs solaires thermiques pour produire de la chaleur (eau chaude et chauffage d'appoint), au moyen de concentrateurs pour activer des processus chimiques et pour produire de l'électricité, et au moyen d'installations photovoltaïques pour générer du courant. » [36].

1.3.1 Energie solaire photovoltaïque :

« L'énergie photovoltaïque est obtenue directement à partir du rayonnement du soleil. Les modules photovoltaïques composés des cellules photovoltaïques à base de silicium ont la capacité de transformer les photons en électrons. La conversion photovoltaïque se produit dans des matériaux semi-conducteurs. L'énergie sous forme de courant continu est ainsi directement utilisable.

Dans un semi-conducteur : les électrons contenus dans la matière ne peuvent circuler que si on leur apporte une énergie pour les libérer de leurs atomes. Quand la lumière pénètre dans un semi-conducteur, ces photons apportent une énergie permettant aux électrons de se déplacer, il ya donc courant électrique sous l'exposition à la lumière. » .

1.3.2 La production d'énergie solaire :

Le schéma détaillé sur la production d'énergie solaire (**Figure. 11**):

- Les panneaux solaires sont utilisés pour capturer l'énergie solaire.
- Les convertisseurs DC-DC sont utilisés pour convertir les niveaux de tension produits par les panneaux solaires en niveau de charge approprié pour les batteries.
- Nous utilisons des batteries Lithium-ion pour stocker l'énergie.
- Pour profiter de l'énergie stockée, nous utilisons une unité de distribution d'énergie, souvent associée à des convertisseurs DC-DC.

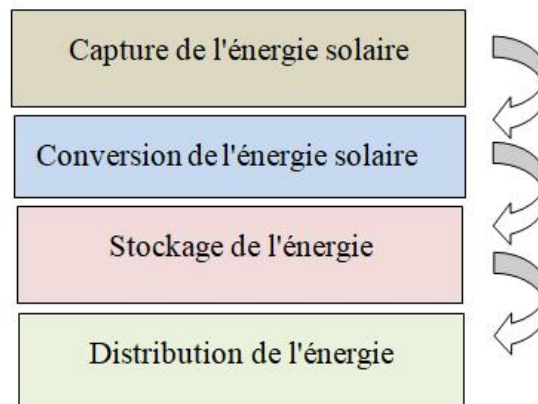


Figure 11. Le schéma sur la production d'énergie solaire.

1.4 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons exploré les différents types de bouées utilisés pour surveiller la qualité de l'eau, ainsi que les différentes variables de qualité. Dans cette optique, nous utiliserons certains composants pour développer une bouée de surveillance de la qualité de l'eau, et nous développerons cette partie dans les prochains chapitres.

Chapitre 2

Matériel

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous discuterons des capteurs utilisés et de leurs caractéristiques, ainsi que du type de microcontrôleur qui traitera les données et des différents dispositifs qui fonctionnent pour économiser et convertir l'énergie, en plus des éléments électriques et des matériaux utilisés pour construire ce projet, et nous examinerons certains des concepts liés à la construction du projet en termes de matériaux utilisés.

2.2 Principes de base de la flottabilité et des matériaux utilisés dans la construction des bouées

La fabrication de flotteurs et de tout ce qui concerne le phénomène de flottement sur des liquides, tels que l'eau, est basée sur des lois physiques qui déterminent la capacité du corps à flotter et la quantité à laquelle il atterrit sous l'eau, afin que le principe d'Archimède s'applique aux objets affectés par les forces des liquides environnants, et que le principe d'Archimède stipule qu'un objet partiellement ou entièrement submergé dans un liquide qui est influencé par une force ascendante le poussant vers le haut est appelé force de flottabilité, qui est égal au poids du liquide que le corps retire lorsqu'il est immergé [37].

2.3 Principe d'Archimède - Formule/équation

Le principe d'Archimède aboutit à la formule suivante pour la flottabilité:

$$F_b = m_f g \dots\dots\dots (1)$$

F_b : Force flottante

m_f : La masse de fluide déplacée par un corps flottant

g : Gravitation.

Tu peux aussi utiliser l'équation suivante, en remplaçant la masse par la densité multipliée par le volume, comme nous l'avons décrit plus haut :

$$F_b = \rho V g \dots \dots \dots (2)$$

ρ : Densité du liquide

V : Le volume de fluide déplacé ou le volume d'immersion du corps flottant.

Ces deux équations (1) et (2) signifient la même chose, celle que tu utilises dépend des informations dont tu disposes. Un point crucial est que tu utilises la masse, la densité ou le volume du fluide, et non de l'objet [38].

2.4 L'exploiter le principe d'Archimède pour construire une bouée et les matériaux utilisés pour réaliser ce travail

Dans ce travail, en exploitant le principe d'Archimède dans le phénomène de flottement sur l'eau, la densité des flotteurs est inférieure à celle de l'eau. Pour assurer le processus de flottabilité, nous nous appuyerons sur une partie en caoutchouc gonflé utilisée dans les roues de vélo (**Figure.01**).



Figure.01- chambre à air d'un vélo.

Nous dépendrons de l'utilisation de tuyaux et de pièces en forme de « T » ou de « L » (**Figure.02**), pour construire la structure et former la partie extérieure de la bouée. Ces tuyaux et pièces sont en PVC (chlorure de polyvinyle) [39], utilisé dans la fabrication et la construction de nombreuses structures qui nécessitent une isolation thermique et acoustique ainsi que dans diverses applications liées au transport et à la décharge de l'eau, parce qu'il est facile de reconfigurer les tuyaux en PVC pour correspondre à la structure à former, en les chauffant avec de l'air chaud.

Pour assurer l'équilibre de la bouée sur la surface de l'eau, la forme externe doit être prise en compte afin que la bouée reste dans la position souhaitée. Plus d'un anneau en caoutchouc bombé peut être utilisé ou modifié, en ajustant les tailles des tuyaux en pvc ou en les remodelant si nécessaire, afin d'atteindre l'équilibre pendant le flottement sur l'eau.

La réduction du poids de la bouée par l'utilisation de matériaux de construction appropriés, ainsi que la conception extérieure et l'utilisation d'un chambre a air contribuent grandement à la stabilité de la bouée au-dessus de l'eau.



Figure.02- chambre pièces en forme "T" et "L".

2.5 Étudiez les composants de ce projet :

2.5.1 L'ESP32 :

ESP32 est un circuit programmable compatible avec l'environnement ARDUINO. Accepte les modules proposés pour l'ARDUINO. Le module de développement "ESP32 DEVKIT V1" est construit autour du circuit ESP32. L'unité ESP32 est programmée à l'aide de l'interface ARDUINO IDE. Un avantage majeur de ce circuit est qu'il inclut la connectivité sans fil WIFI et un processeur multi core qui le rend extrêmement puissant pour les objets IOT [40].

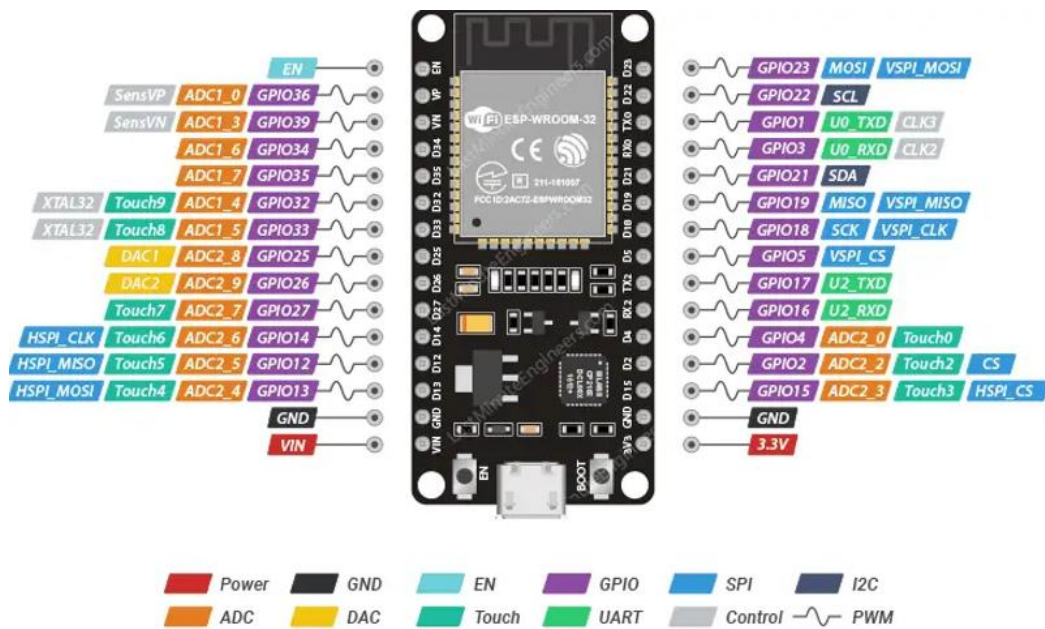


Figure.03- la carte ESP32

2.5.1.1 Caractéristiques

| | |
|-------------------------------|---|
| Connectivité | sans fil |
| WiFi | débit de données de 150,0 Mbps avec HT40 |
| Bluetooth | BLE (Bluetooth Low Energy) et Bluetooth classique |
| Processeur | microprocesseur LX6 32 bits Dual-CoreTensilicaXtensa, fonctionnant à 160 ou 240 MHz |
| ROM | 448 Ko |
| SRAM | 520 Ko |
| Basse consommation | garantis que vous pouvez toujours utiliser les conversions ADC, par exemple pendant le sommeil profond. |
| Entrée / sortie périphérique: | <p>Minuteries et chien de garde</p> <p>Horloge temps réel</p> <p>Convertisseur analogique-numérique (ADC) 12 bits</p> <p>Convertisseur numérique-analogique (DAC)</p> <p>Capteurs intégrés (Température, effet Hall)</p> <p>Co-processeur Ultra Low Power (ULP)</p> <p>Interface Ethernet MAC</p> <p>Contrôleur hôte SD / SDIO / MMC</p> <p>Émetteur récepteur universel asynchrone (UART)</p> <p>Interface son interconnecté intégré (I2S)</p> <p>Interface de périphérique série (SPI)</p> <p>Télécommande infrarouge</p> <p>Compteur d'impulsions</p> <p>Modulation de largeur d'impulsion (PWM) 16 sorties</p> |

2.5.1.2 Le processus d'acquisition de données à partir de capteurs utilisant ESP32 (L'acquisition de données par les pins analogiques) :

L'ESP32 intègre deux CAN SAR 12 bits et prend en charge les mesures sur 18 canaux (broches analogiques). Le coprocesseur ULP de l'ESP32 est également conçu pour mesurer la tension tout en fonctionnant en mode veille, ce qui permet une faible consommation d'énergie .

La tension mesurée est ensuite affectée à une valeur comprise entre 0 et 4095, dans laquelle 0 V correspond à 0 et 3,3 V correspond à 4095. Toute tension comprise entre 0 V et 3,3 V recevra la valeur correspondante entre les deux.

Lire une entrée analogique avec l'ESP32 à l'aide de l'IDE Arduino est aussi simple que d'utiliser la fonction `analogRead()`. Il accepte comme argument, le GPIO que vous souhaitez lire : `analogRead(GPIO);`

2.5.2 Capteur de PH (ph0-14) :

Nous prenons un exemple de produit réalisé par dfrobot

Il s'agit d'un pH-mètre analogique, spécialement conçu pour les contrôleurs Arduino et doté d'une connexion et de fonctionnalités intégrées simples, pratiques et pratiques. Il dispose d'une LED qui fonctionne comme indicateur d'alimentation, d'un connecteur BNC et d'une interface de capteur PH2.0. Pour l'utiliser, connectez simplement le capteur de pH au connecteur BNC et branchez l'interface PH2.0 sur le port d'entrée analogique de n'importe quel contrôleur Arduino. S'il est préprogrammé, vous obtiendrez facilement la valeur du pH [41].

2.5.2.1 Spécification :

Alimentation du module : 5,00 V

Plage de mesure : 0-14PH

Température de mesure : 0-60 °C

Précision : $\pm 0,1$ pH (25 °C)

Temps de réponse : ≤ 1 min

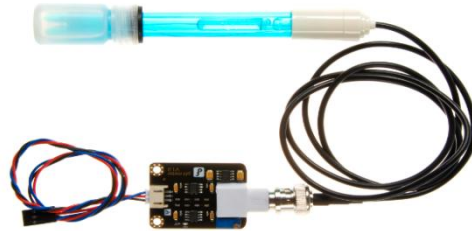


Figure.04- Sonde d'électrode de PH

2.5.2.2 Caractéristiques de l'électrode de pH :

La sortie de l'électrode de pH est en millivolts et la valeur du pH de la relation est indiquée comme suit (25 °C) :

| VOLTAGE (mV) | pH value | VOLTAGE (mV) | pH value |
|--------------|----------|--------------|----------|
| 414.12 | 0.00 | -414.12 | 14.00 |
| 354.96 | 1.00 | -354.96 | 13.00 |
| 295.80 | 2.00 | -295.80 | 12.00 |
| 236.64 | 3.00 | -236.64 | 11.00 |
| 177.48 | 4.00 | -177.48 | 10.00 |
| 118.32 | 5.00 | -118.32 | 9.00 |
| 59.16 | 6.00 | -59.16 | 8.00 |
| 0.00 | 7.00 | 0.00 | 7.00 |

Figure.05- La relation entre la valeur du pH et la sortie de l'électrode [05].

2.5.3 Capteur de conductivité (capteur analogique TDS Gravité) :

Le capteur/compteur TDS analogique pour Arduino est un kit de compteur TDS compatible Arduino pour mesurer la valeur TDS de l'eau, afin de refléter la propreté de l'eau. TDS (Total Dissolved Solids) indique le nombre de milligrammes de solides solubles dissous dans un litre

d'eau. En général, plus la valeur TDS est élevée, plus il y a de solides solubles dissous dans l'eau et moins l'eau est propre. Par conséquent, la valeur TDS peut être utilisée comme l'une des références pour refléter la propreté de l'eau.

Ce capteur TDS prend en charge une entrée de tension large de 3,3 ~ 5,5 V et une sortie de tension analogique de 0 ~ 2,3 V, ce qui le rend compatible avec un système ou une carte de contrôle de 5 V ou 3,3 V. La source d'excitation est un signal CA, qui peut efficacement empêcher la polarisation de la sonde et prolonger la durée de vie de la sonde, tout en augmentant la stabilité du signal de sortie. La sonde TDS est étanche, elle peut être immergée dans l'eau pendant une longue période de mesure [42]

2.5.3.1 Spécification :

Tension d'entrée : 3,3 ~ 5,5 V

Tension de sortie : 0 ~ 2,3 V

Courant de fonctionnement : 3 ~ 6 mA

Plage de mesure TDS : 0 ~ 1000 ppm

Précision de la mesure TDS : $\pm 10\%$ F.S. (25 °C)

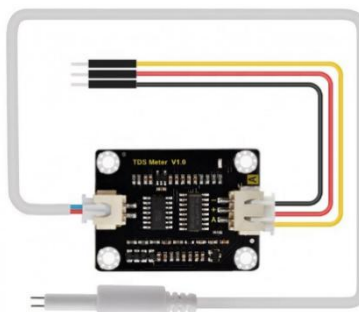


Figure.06-Sonde d'électrode de TDS

2.5.4 Capteur de température (Thermomètre numérique DS18B20 OneWire) :

Le thermomètre numérique DS18B20 fournit des lectures de température de 9 à 12 bits (configurables) qui indiquent la température de l'appareil. Les informations sont envoyées vers/depuis le DS18B20 via une interface à 1 fil, de sorte qu'un seul fil (et la terre) doit être connecté d'un microprocesseur central à un DS18B20. L'alimentation nécessaire à la lecture, à l'écriture et à l'exécution de conversions de température peut être dérivée de la ligne de données elle-même sans avoir besoin d'une source d'alimentation externe. Étant donné que chaque DS18B20 contient un numéro de série unique en silicium, plusieurs DS18B20 peuvent exister sur le même bus 1-Wire. Cela permet de placer des capteurs de température à de nombreux endroits différents [43].

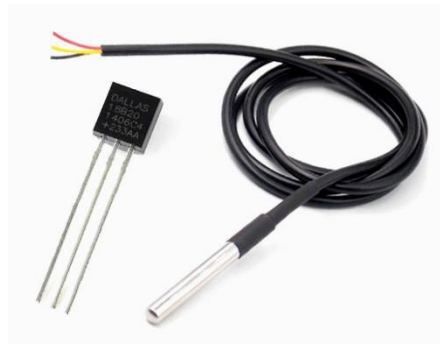


Figure.07- Thermomètre DS18B20

2.5.4.1 Comment utiliser le capteur DS18B20 :

Le capteur fonctionne avec la méthode de communication 1-Wire. Il nécessite uniquement la broche de données connectée au microcontrôleur avec une résistance de rappel et les deux autres broches sont utilisées pour l'alimentation, comme indiqué ci-dessous (**Figure.08**):

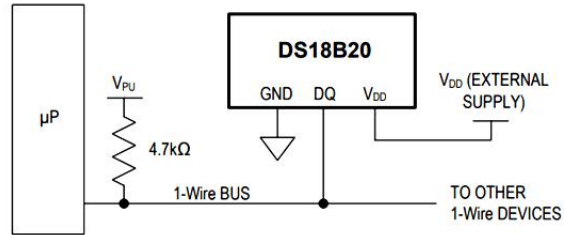


Figure.08- Le branchement de DS18B20 [08]

2.5.5 Moteur a courant continu T Tulead DC 3-6V :

2.5.5.1 Spécification :

Moteurs à engrenages T Tulead DC 3-6V Moteur TT

Tension : 6 V ; Courant à vide : 200 mA ; Vitesse à vide : 200 ± 10 % tr/min

Tension : 3 V ; Courant à vide : 150 mA ; Vitesse à vide : 90 ± 10 % tr/min [44]



Figure.09- Moteur T Tulead DC 3-6V

2.5.6 Pilote de moteur à courant continu MX1508 :

La tension d'alimentation de 2V ~ 10V peut conduire simultanément deux moteurs à courant continu fonction, chaque courant à 1.5A courant continu. Le courant de pointe atteint 2,5 A, avec protection thermique et récupération automatique.

2.5.6.1 Spécification :

Moteur à double pont en H, et peut entraîner deux moteurs à courant continu ou un moteur pas à pas à 4 phases;

La tension du module d'alimentation 2V-10V;

La tension d'entrée du signal 1,8-7V;

Courant de canal unique de 1,5 A, courant de crête jusqu'à 2,5 A, courant de veille faible (moins de 0,1 μ A);

Le circuit de conduction commun intégré, l'extrémité d'entrée est suspendue, le moteur ne fonctionnera pas correctement;

Le circuit de protection contre la surchauffe intégré avec effet d'hystérésis (TSD), il n'y a pas besoin de s'inquiéter du décrochage du moteur;[45]



Figure.10- module MX1508.

2.5.7 Mini Panneau Solaire 340*220mm-6v-10w :

2.5.7.1 Spécification :

1. Tension de fonctionnement V_{mp} : 6V
2. Courant de fonctionnement I_{mp} : 1666mA
3. Puissance Max. P_m : 10W
4. Tolérance de puissance: $\pm 3\%$
5. Taille: 340mm x 220mm x 2.5mm
6. Température de fonctionnement: $-40^\circ \sim 85^\circ$ [46]

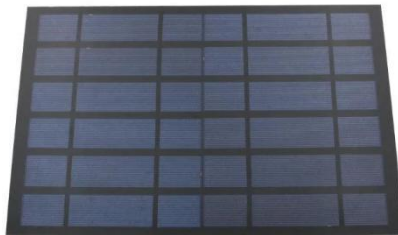


Figure.11- Panneau Solaire 10w

2.5.8 Module chargeur CN3065 :

Il s'agit d'un mini chargeur solaire Lipo basé sur le CN3065 - une puce de gestion de charge de batterie au lithium unique. Ce chargeur solaire permet d'obtenir le maximum d'énergie possible de votre panneau solaire ou autre appareil photovoltaïque dans une batterie LiPo rechargeable. La sortie du chargeur solaire est destinée à charger une seule cellule lithium-ion polymère. La charge doit être connectée en parallèle avec la batterie. Par défaut, la charge solaire est réglée sur un courant de charge maximal de 500 mA avec une entrée maximale recommandée de 6 V (minimum 4,4 V) [47].

2.5.8.1 Spécification :

Entrée du panneau solaire : 4,4-6 V

Courant de charge max. : 500 mA

Interface : connecteurs JST à 2 broches

Protection contre les courts-circuits

Courant de charge continu jusqu'à 500 mA

Indication de l'état de la batterie

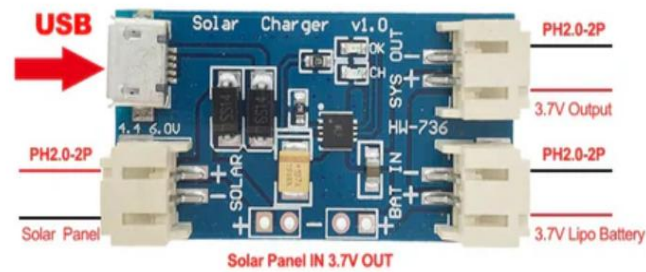


Figure.12- chargeur CN3065

2.5.9 Batteries Lithium 3,7V 3000mAh :

2.5.9.1 Spécification :

Composition chimique : Li-ion

Tension nominale (V) : 3,7 V

Capacité (mAh) : 3000

Courant de décharge continu maximal : 5,2 A

Tension de coupure de charge : $4,20 \pm 0,05$ V

Tension de fin : 2,75 V

Impédance interne : ≤ 65 m Ω [48].



Figure.13- Batteries Lithium

2.6 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous décrivons les composants choisis pour notre bouée. La majeure partie de la sélection était basée sur la disponibilité du marché.

Cependant, ces composants nous confèrent une bonne conception en termes d'apparence et de conception électrique.

Chapitre 3

Conception

3.1 Introduction

Puisque on a vue tous les paramètres importants dans les chapitres précédent pour les types de bouées de surveillance de traitement de l'eau, on passe à la réalisation, la programmation et codage de notre bouée

3.2 Conception 3D avec Tinkercad

3.2.1 . Tinkercad pour la conception 3D :

Tinkercad est une application Web gratuite destinée à la conception 3D. Elle est idéale pour découvrir Autodesk (Figure.01), leader mondial dans le domaine des technologies de conception et de fabrication.

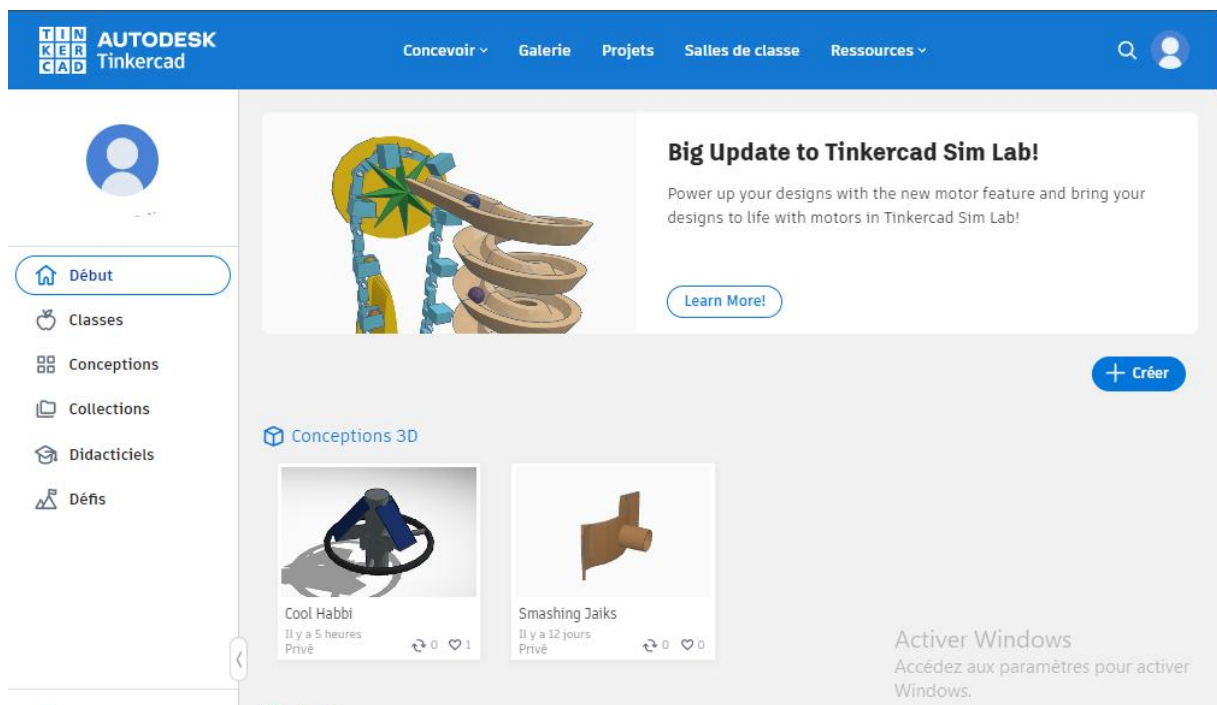


Figure.01- Tinkercad pour la conception 3D

3.2.2 Concevoir une bouée :

Nous avons utilisé Tinkercad pour concevoir théoriquement la forme de la bouée, ce qui permet de déterminer les pièces nécessaires pour la construire dans la forme souhaitée.

3.2.3 Considérations relatives au placement des capteurs :

Les capteurs sont placés sous la bouée afin qu'ils soient complètement immergés dans l'eau. Ils sont placés à l'intérieur d'un boîtier cylindrique (Figure.02) étanche avec 3 ports en bas pour chaque capteur. Ce boîtier contient également une unité Esp32 et l'équipement de capture nécessaire.

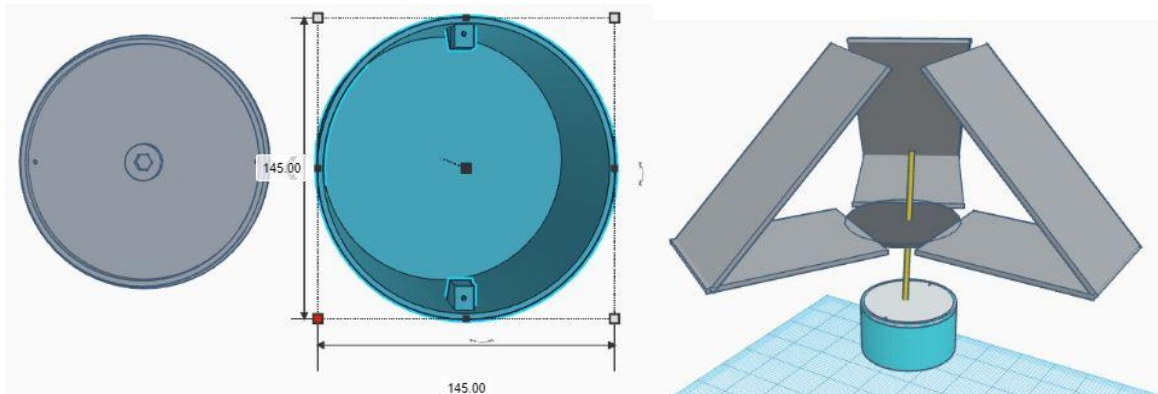


Figure.02- boîtier cylindrique (dimension en "mm")

Le niveau d'immersion de la bouée dans l'eau peut être contrôlé en changeant manuellement la position du support (Figure.03), vers le haut ou vers le bas, afin d'éviter un déséquilibre de la bouée, et en ajustant le niveau d'immersion des capteurs dans l'eau. Les supports de la bouée sont conçus de manière équilibrée, avec un angle de 120 degrés entre eux.

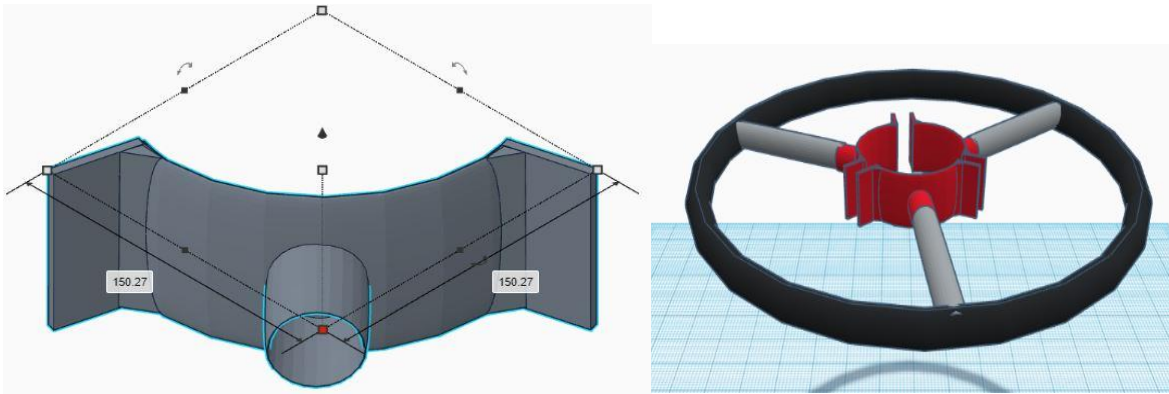


Figure.02- support (dimension en "cm")

Les pièces orange représentent les supports d'installation des panneaux solaires inclinés à 45° (**Figure.03-** partie orange). La partie de couleur jaune représente la chambre à air (**Figure.03-** partie jaune), Nous avons ajouté des trous au bas de la bouée qui permettent à l'eau d'atteindre les capteurs.

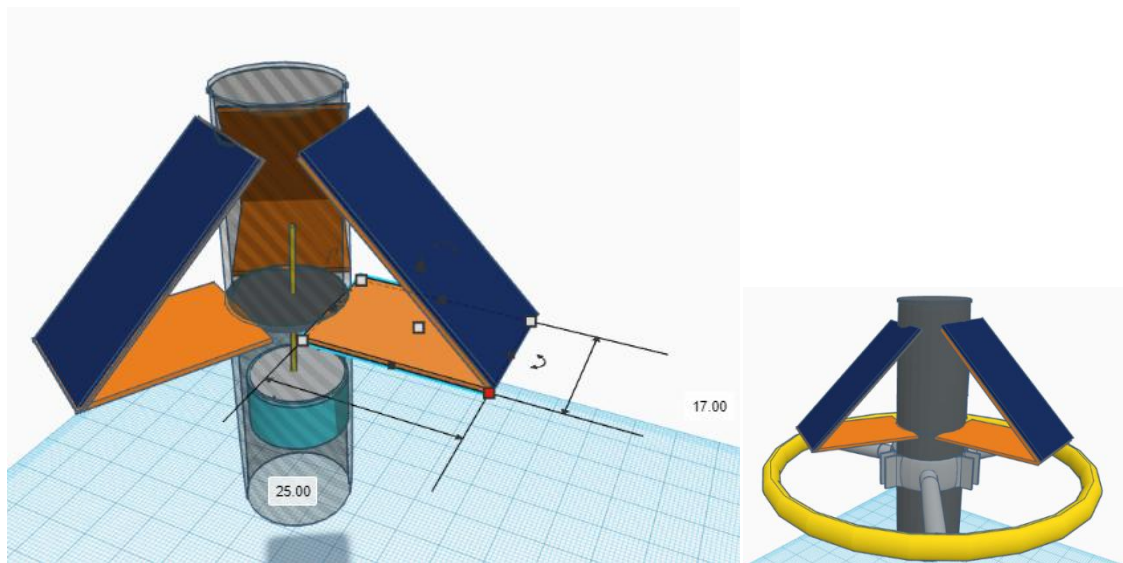


Figure.02- supports des panneaux solaires (dimension en "cm")

Nous avons conçu des supports pour monter les moteurs des deux côtés et conçu des roues à aubes spéciales pour les moteurs (**Figure.04**)

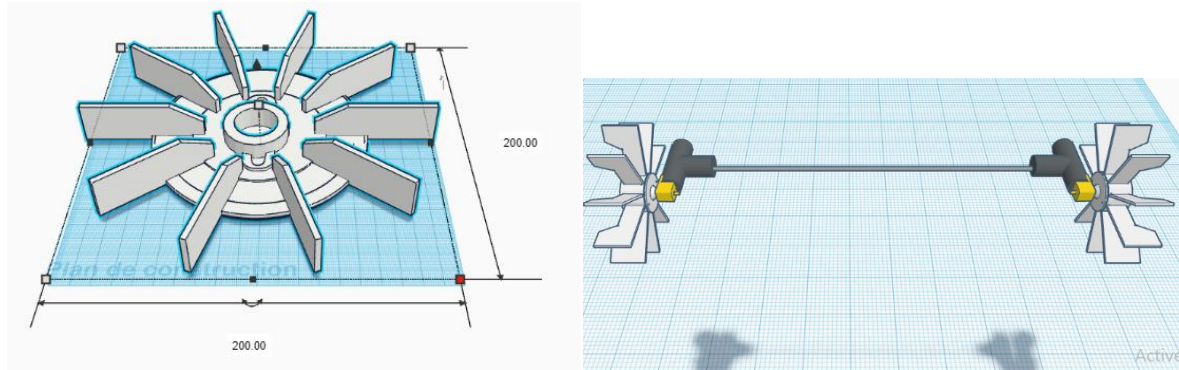


Figure.04- supports des panneaux solaires (dimension en "mm")

3.2.4 La conception finale

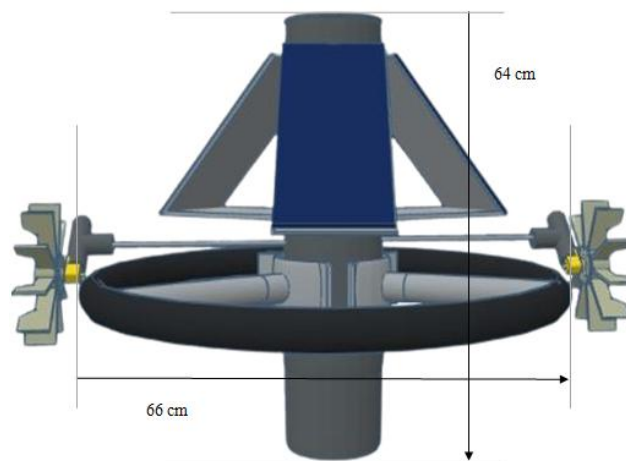


Figure.05- La conception finale

3.3 Programmation

Tant que la programmation se fait sur Arduino ide on est commencé la réalisation du projet avec Arduino uno jusqu'à la phase 2 on utiliser esp32.

3.3.1 Simulation du capteur de température DS18B20 à l'aide du logiciel Proteus 8 :

Dans cette expérience, nous avons utilisé l'écran LCD pour afficher les valeurs de température

3.3.1.1 Schéma du circuit expérimental :

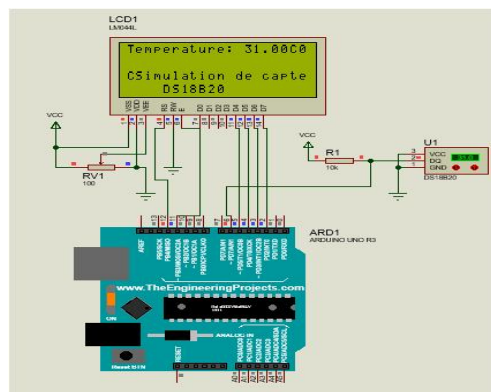


Figure.06- montage du DS18B20

3.3.1.2 Code de programmation simple pour Arduino :

```
#include <DallasTemperature.h>
#include<LiquidCrystal.h>
#define ONE_WIRE_BUS6OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
void setup() {
sensors.begin();lcd.begin(20, 4);lcd.setCursor(1,2);
lcd.print("Simulation de capteur");lcd.setCursor(4,3);
lcd.print("DS18B20");delay(500);}
voidloop(){ sensors.requestTemperatures();
lcd.setCursor(0,0);lcd.print("Temperature: ");
lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0));lcd.print("C"); }
```

3.3.1.3 Comment utiliser le capteur DS18B20 :

Le capteur fonctionne avec la méthode de communication 1-Wire. Il nécessite uniquement la broche de données connectée au microcontrôleur avec une résistance de rappel et les deux autres broches sont utilisées pour l'alimentation, comme indiqué ci-dessous (**Figure.02**):

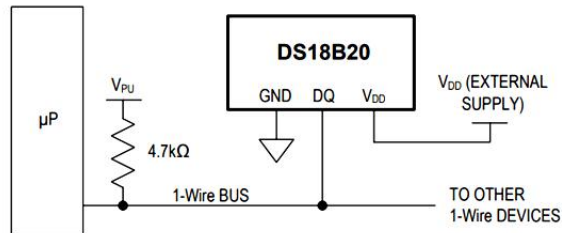


Figure.07- Le branchement de DS18B20

3.3.2 Simulation du capteur PH Mètre (ph0-14) à l'aide du logiciel Proteus 8 :

Dans cette expérience, nous avons utilisé l'écran LCD pour afficher les valeurs de pH

3.3.2.1 Schéma du circuit expérimental

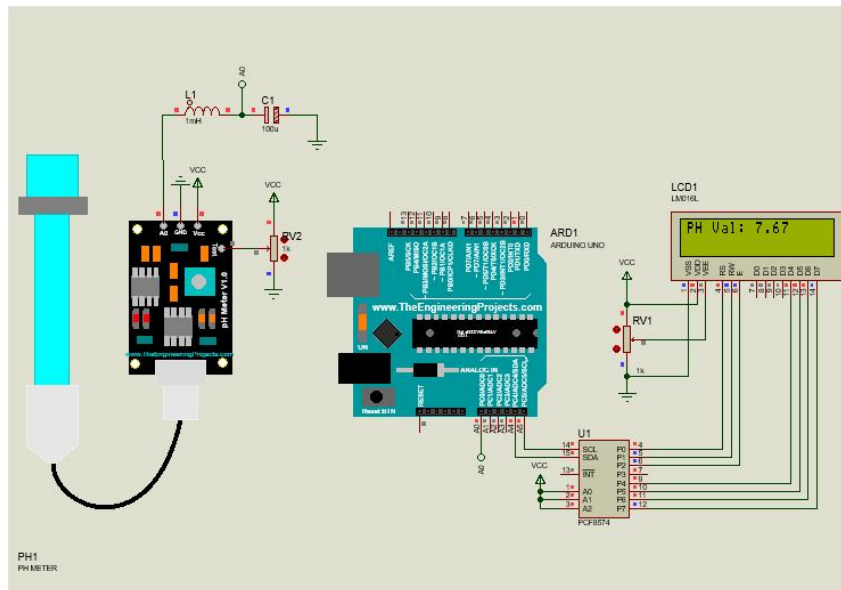


Figure.08- Le montage du capteur pH

3.3.2.2 Code de programmation simple pour Arduino :

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
float calibration_value = 21.34;
int phval = 0;
unsigned long int val_moy;
int buffer_moy[10], temp;
void setup() {
  Serial.begin(9600); lcd.init(); lcd.begin(16, 2); lcd.backlight(); delay(200);
  lcd.clear();}
void loop() {
  for (int i = 0; i < 10; i++) { buffer_moy[i] = analogRead(A0); delay(30);}
  for (int i = 0; i < 9; i++) { for (int j = i + 1; j < 10; j++) {
    if (buffer_moy[i] > buffer_moy[j]) { temp = buffer_moy[i];
    buffer_moy[i] = buffer_moy[j]; buffer_moy[j] = temp; } } } val_moy = 0;
  for (int i = 2; i < 8; i++) val_moy += buffer_moy[i];
  float volt = (float)val_moy * 5.0 / 1024 / 6; float ph_act = -5.70 * volt + calibration_value;
  lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("PH Val:"); lcd.setCursor(8, 0); lcd.print(ph_act); }
```

3.3.3 Créez une installation expérimentale pour tester le capteur TDS :

Création d'un montage qui permet de déterminer conductivité d'eau avec leur programme arduino.

3.3.3.1 Schéma du circuit expérimental :

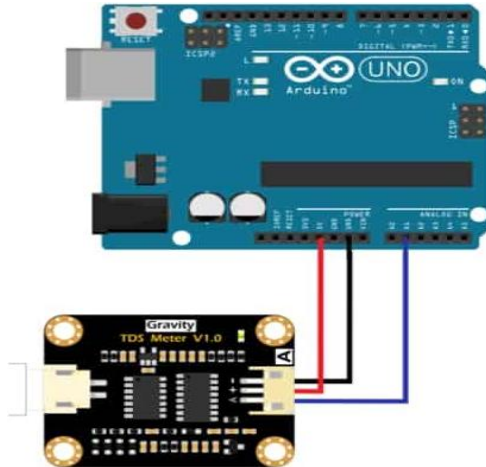


Figure.09- Le montage du capteur TDS

3.3.3.2 Code de programmation simple pour Arduino :

Nous utilisons la bibliothèque "GravityTDS.h"

```
#include <EEPROM.h>
#include "GravityTDS.h"
#define TdsSensorPin A1
GravityTDS gravityTds;
float temperature = 25,tdsValue = 0;
void setup() {
  Serial.begin(115200);gravityTds.setPin(TdsSensorPin);
  gravityTds.setAref(5.0); gravityTds.setAdcRange(1024);
  gravityTds.begin(); }
void loop() { gravityTds.setTemperature(temperature);
  gravityTds.update(); tdsValue = gravityTds.getTdsValue();
  Serial.print(tdsValue,0);Serial.println("ppm");delay(1000);}
```

3.3.4 Créez une installation expérimentale pour tester les moteurs :

Création d'un montage qui permet de contrôler les moteurs de bouée avec leur programme arduino.

3.3.4.1 Schéma du circuit expérimental :

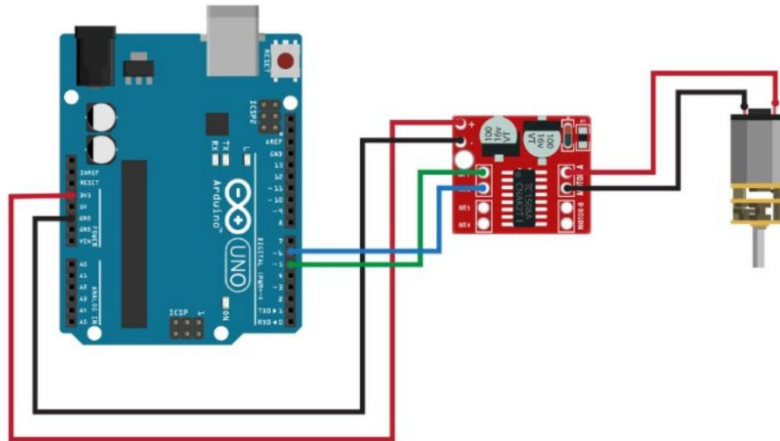


Figure.10- Le montage du capteur TDS

3.3.4.2 Code de programmation simple pour Arduino :

```
const int ForwardPin = 6;
const int BackwardPin = 5;
const long ActionTime = 200;
const int MaxSpeed = 110;
bool DirectionFlag = true;
void setup() {
  pinMode(ForwardPin, OUTPUT);pinMode(BackwardPin, OUTPUT);}
void loop() {

  if (DirectionFlag) {analogWrite(ForwardPin, MaxSpeed);delay(ActionTime);
  analogWrite(ForwardPin, 0);DirectionFlag = !DirectionFlag;delay(20);}
  else {analogWrite(BackwardPin, MaxSpeed);delay(ActionTime);
  analogWrite(BackwardPin, 0);DirectionFlag = !DirectionFlag;delay(20);}
}
```

3.3.5 La technologie des panneaux solaires pour alimenter la bouée :

3.3.5.1 Energie solaire photovoltaïque :

Le principe de l'énergie solaire est la conversion directe de l'énergie solaire en électricité (Figure.11):

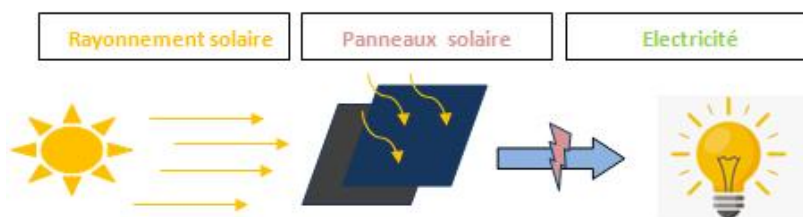


Figure.11- principe de la conversion solaire photovoltaïque

3.3.5.2 Stockage d'énergie à l'aide de batteries et leur intégration dans le système de bouées :

Nous utilisons des panneaux solaires avec 6v 10W 340x220mm et des batteries Lithium 3,7V 3000mAh, pour stocker l'énergie électrique générée par les panneaux solaires, via le chargeur CN3065, ce qui réduit la tension du panneau solaire 6V à environ 4,2V au niveau de la batterie. Le chargeur CN3065 dispose d'une entrée bipolaire pour connecter le panneau solaire et de deux sorties, une pour connecter la batterie au lithium et l'autre pour connecter les appareils à alimenter.

3.3.5.3 Mettre en place un système de charge et de gestion de l'énergie pour la bouée :

Nous utiliserons 3 panneaux solaires de 10 W pour deux chargeurs CN3065 et deux batteries au lithium, , puis les connectons aux appareils à alimenter (**Figure.12**).

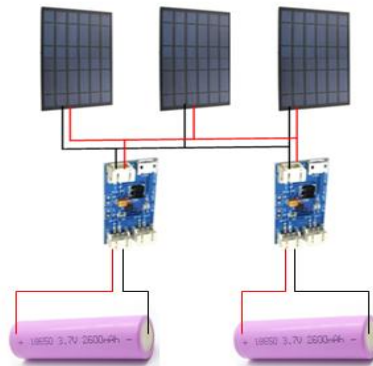


Figure.12- Le montage système d'énergie

En plaçant les capteurs sous une tension de 3,7 volts avec ESP afin de tester la consommation de ces éléments en fonctionnement, on a donné la puissance absorbée $P_a \approx 0.3 W$ (**Figure.13**), Puisqu'une batterie a une capacité de 12wh, l'installation est capable de fonctionner par une seule batterie pendant environ 38 heures sans avoir besoin de charger la batterie. Tandis que la deuxième batterie alimente le contrôleur de moteur et les deux moteurs ensemble.

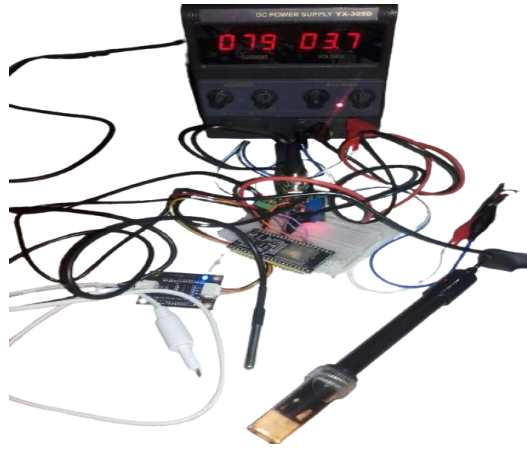


Figure.13- Alimenter les capteurs par le 'power supply'

3.3.5.4 Le schéma de circuit électrique :

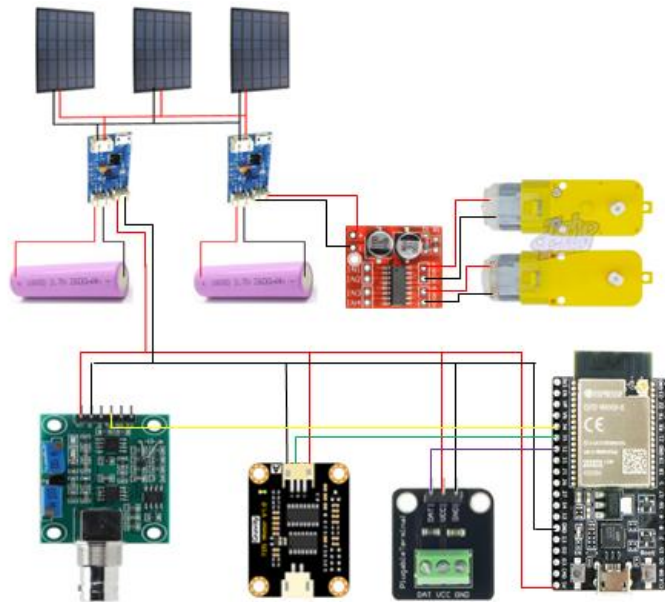


Figure.14- Le schéma de circuit

3.4 Organigramme du programme

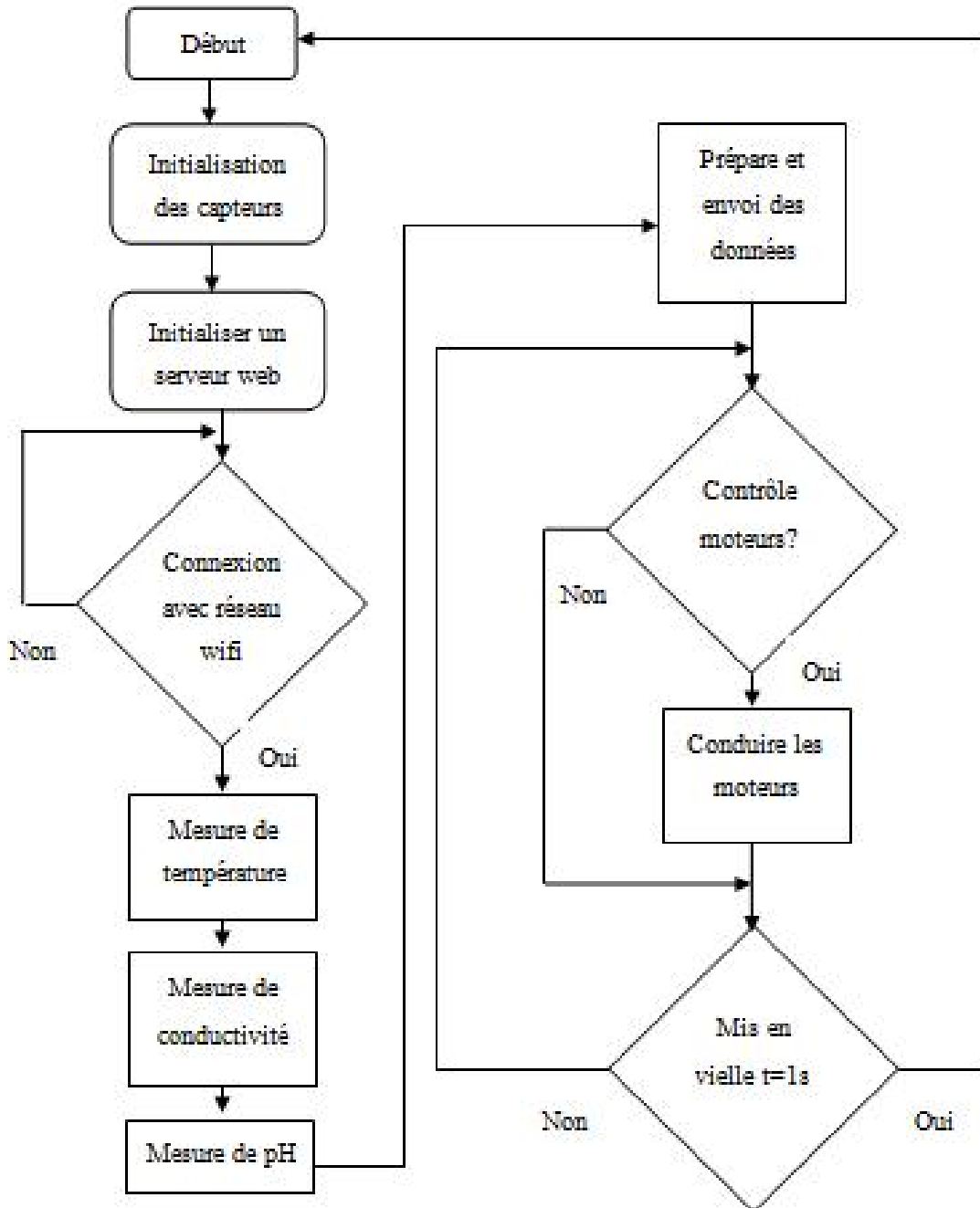


Figure.15- Organigramme du programme

3.5 Conception de pages Web:

Dans cette partie on entre dans la troisième phase du schéma synoptique, c'est la réalisation de notre site web qui affiche toutes les données prélevées en temps réel.

3.5.1 HTML:

Les titres, paragraphe, les images et table de données, ont été codés par le html.

```
<!DOCTYPE HTML><html>

<head>
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
  <script src="https://code.highcharts.com/highcharts.js"></script>
  <style>
    body {
      min-width: 310px;
      max-width: 800px;
      height: 400px;
      margin: 0 auto;
    }
    h2 {
      font-family: Arial;
      font-size: 2.5rem;
      text-align: center;
    }
  </style>
</head>
<body>
  <h2>ESP water quality viewer</h2>
  <div id="chart-readtemp" class="container"></div>
  <div id="chart-readtds" class="container"></div>
  <div id="chart-readph" class="container"></div>
</body>
<script>
var chartT = new Highcharts.Chart({
  chart:{ renderTo : 'chart-readtemp' },
  title: { text: 'temperatur' },
  series: [{
    showInLegend: false,
    data: []
  }],
  plotOptions: {
    line: { animation: false,
      dataLabels: { enabled: true }
    },
  },

```

Figure.16- Structure d'une page html

3.5.2 Page principale :

Le but de cette page est de montré le plus possible d'informations, avec désigne simple et fiable.

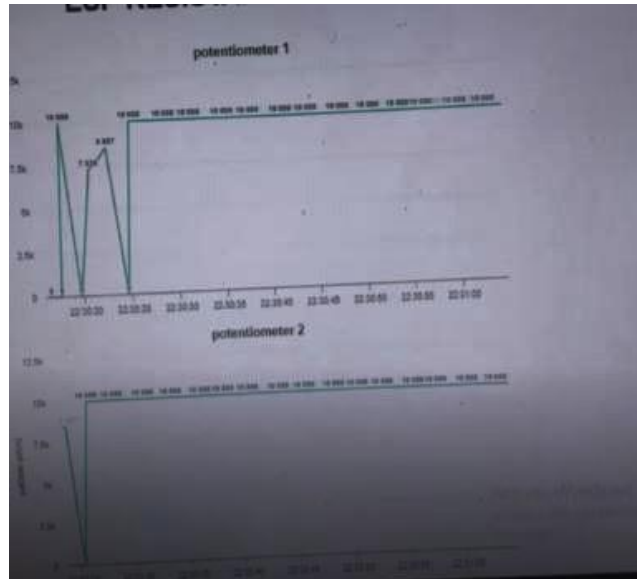


Figure.17- La page web

3.5.3 Page des graphes :

Cette page nécessite le langage java script est la librairie highchart.js, cette dernière aide à la création des graphes dynamique.

```
<!DOCTYPE HTML><html>  
  
<head>  
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">  
  <script src="https://code.highcharts.com/highcharts.js"></script>  
  <style>
```

Figure.18- appel highchart.js.

3.6 Conception de l'application pour l'Androïde:

Pour faciliter l'accès fluide aux données envoyées par la bouée, ainsi que pour permettre un contrôle simplifié, nous avons décidé de développer une application pour les appareils Android. Cela permettra à l'utilisateur d'accéder aux informations facilement et sans effort.



Figure.19- l'application ASTL

3.6.1 Mit Appinventor pour la conception de l'application :

App Inventor pour Android est un logiciel de développement d'applications créé par Google, pour pallier la difficulté d'utilisation de Android Studio par des débutants. Il est actuellement entretenu par le Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Il simplifie le développement des applications sous Android et le rend accessible même pour les novices et ceux qui ne sont pas familiers avec les langages de programmation. Il est basé sur une interface graphique similaire à Scratch et à celle de StarLogo TNG. Grâce à son interface entièrement graphique et à l'absence totale de ligne de code, il est particulièrement.

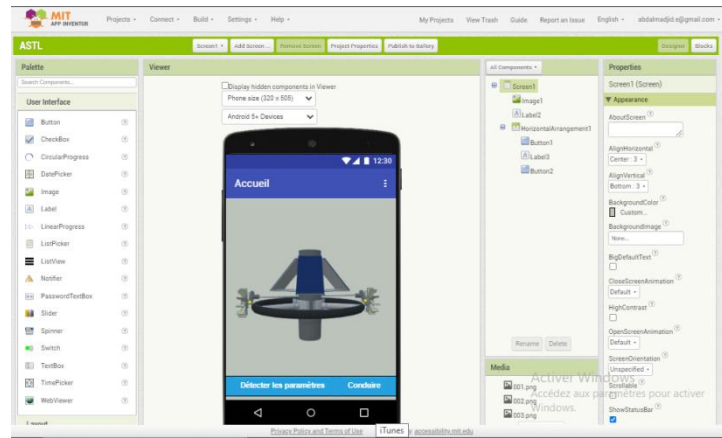


Figure.19- MIT APPINVENTOR

Nous avons utilisé la programmation par blocs pour créer le programme de l'application, ce qui facilite la définition du rôle de chaque bouton, ainsi que l'apparence de la page et d'autres paramètres.

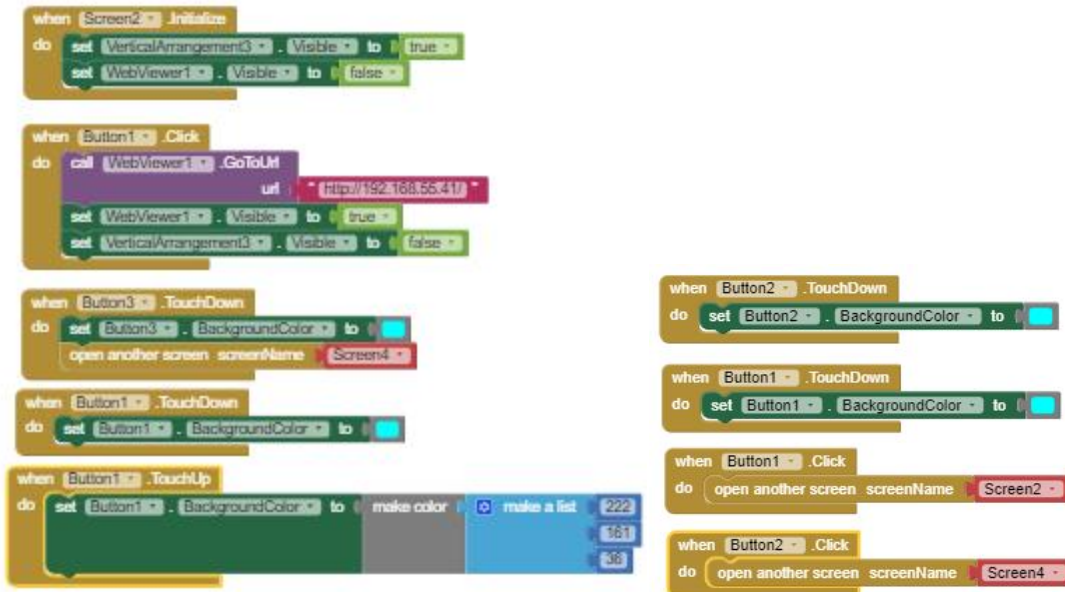


Figure.19-La programmation par blocs

3.7 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les étapes de conception et de construction de la structure, ainsi que l'installation électrique et la programmation. Nous avons également créé une page web et une application pour le contrôle et la surveillance en temps réel.

Chapitre 4

Résultats

4.1 Résultats et commentaires

4.1.1 La 1^{ère} page:

Lors de la première ouverture de l'application ASTL, nous voyons la première page avec deux options. La première est de commencer la surveillance réelle des paramètres de qualité de l'eau en appuyant sur le bouton « Détecter les paramètres ». Quant à la deuxième option, elle permet de contrôler la position de notre bouée en la déplaçant et en la dirigeant à distance, ce qui se fait en appuyant sur le bouton « Conduire » (**Figure.01**).

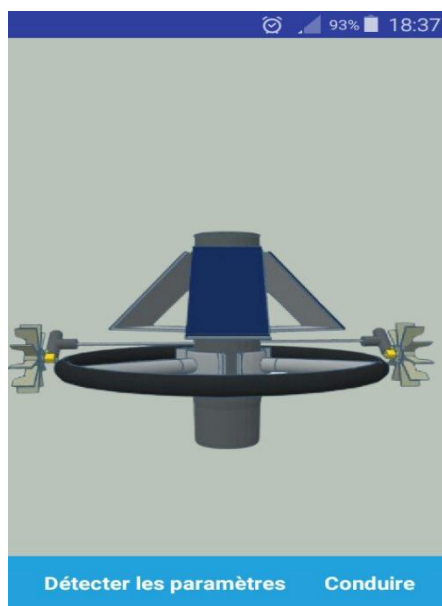


Figure.01- La 1^{ère} page de ASTL

4.1.2 La 2^{ème} page:

Les premiers résultats obtenus apparaissent sur la 2^{ème} page de l'ASTL, où l'on peut observer les paramètres de qualité de l'eau en temps réel en appuyant sur le bouton « Actualiser » (**Figure.02**). On y lit la température de l'eau, ainsi que le degré de pH et la conductivité.

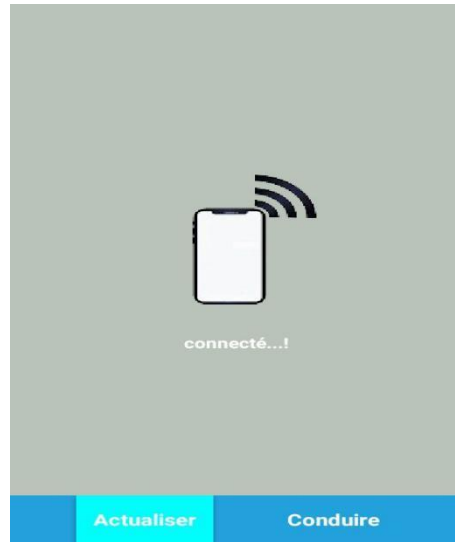


Figure.02- La 2ème page de l'ASTL

4.1.2.1 Les résultats de la température et le degré de pH et la conductivité:

La température est indiquée en degrés Celsius, le pH est donné sur une échelle de 1 à 14, et la conductivité est exprimée en 'ppm'.

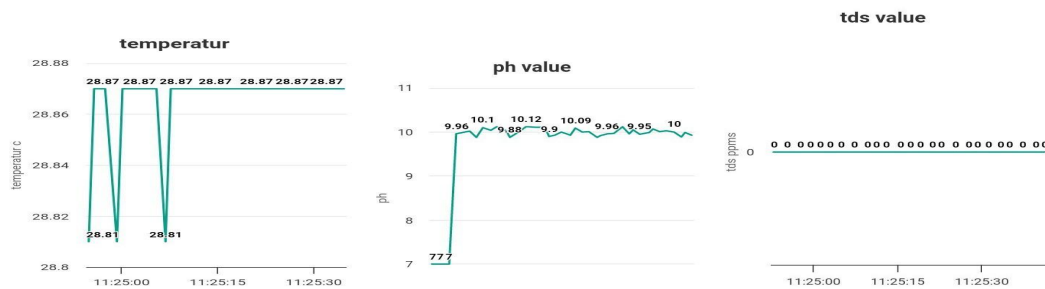


Figure.03- Les paramètres de qualité de l'eau

4.1.3 La 3ème page:

En accédant à la troisième page, nous voyons au centre de la page quatre boutons pour contrôler les moteurs de la bouée, permettant de les orienter dans les quatre directions comme indiqué (**Figure.04**).



Figure.04- La 2ème page de l'ASTL

Il est possible de passer de la page 3 à la page 2 en appuyant sur le bouton « Détecter les paramètres ».

4.2 Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons vu la présentation des résultats obtenus grâce à la bouée, où ces résultats apparaissent sous forme de valeurs numériques ou de graphiques en temps réel, ainsi que la fonctionnalité de commande à distance et la programmation que nous avons réalisée.

Conclusion générale

L'élaboration de ce projet dans le cadre de notre projet de fin d'études nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques en électronique des systèmes embarqués, en programmation C++, en codage de sites web, et d'acquérir une solide expérience pratique.

Au cours de cette manipulation, nous avons réalisé une bouée de qualité d'eau électronique basée sur l'ESP32. Notre bouée est connectée, mesure l'ensemble des paramètres de l'eau en utilisant une carte ESP32 qui gère le traitement des signaux fournis par les capteurs, calcule les paramètres et transmet les données vers une application Android.

La dernière partie de ce travail consiste à créer un site web dynamique et sécurisé, capable d'afficher les résultats et les données sous forme de graphiques et de tableaux, avec une page principale regroupant tous les paramètres de l'eau.

Perspectives :

Pour améliorer notre projet dans une perspective future, nous prévoyons d'ajouter d'autres capteurs (tels que des capteurs de turbidité, des capteurs de niveau d'eau, etc.). Nous mettrons également à jour le site web en ajoutant des animations aux icônes des paramètres pour afficher les valeurs mesurées, ainsi qu'une meilleure présentation des paramètres.

Annexe A

| Nom de la piece | Le nombre | Le prix | total |
|-----------------------------------|-----------|---------|---------|
| Panneaux solaires | 5500da | 03 | 16500da |
| Module ESP wroom 32 | 3200da | 01 | 3200da |
| Capteur de pH | 5200da | 01 | 5200da |
| Capteur de TDS | 4000da | 01 | 4000da |
| Capteur de température DS18B20 | 950da | 01 | 950da |
| Batterie lithium ion 3000mAh | 250da | 02 | 500da |
| Battery holder | 150da | 02 | 300da |
| Chargeur batterie CN3065 | 800da | 02 | 1600da |
| Moteur TTulead 3v | 400da | 02 | 800da |
| Driver moteur MX1508 | 400da | 01 | 400da |
| Mini paddle wheel | 380da | 02 | 760da |
| Carte d'essai pcb | 100da | 01 | 100da |

Annexe A

| | | | |
|------------------------------------|--------|----|--------|
| Header femal 40 pins | 40da | 02 | 80da |
| SCREW TERMINAL BLOCK CONNECTOR | 45da | 02 | 90da |
| Colle silicone tube | 40da | 03 | 120da |
| Ball Bearing small size | 200da | 01 | 200da |
| Tuyaux pvc en forme T 45mm | 90da | 03 | 270da |
| Tuyaux pvc en forme T 35mm | 90da | 03 | 270da |
| Coude pvc forme L 35mm | 70da | 02 | 140da |
| Tuyaux pvc 35mm | 150da | 01 | 150da |
| Tuyaux pvc 45mm | 150da | 01 | 150da |
| Tuyaux pvc 160mm | 1500da | 01 | 1500da |
| Chambre à aire n 26 | 400da | 01 | 400da |
| Boite de plastique 160mm | 70da | 01 | 70da |
| Tige 8mm avec les crous | 150da | 01 | 150da |
| Files électrique | 200da | 01 | 200da |
| Angle métallique avec les vices | 100da | 01 | 100da |

Annexe A

| | | | |
|---|--------|----|---------|
| Gaine électrique | 80da | 01 | 80da |
| Support 3D en PLA | 1000da | 03 | 3000da |
| support métallique de tuyaux pvc 160 | 200da | 02 | 400da |
| totale | | | 40786da |



Bibliographie

Bibliographie chapitre I

- [1] Goel, P. K. (2006). Water pollution: causes, effects and control. New age international.
- [2] Shelton, L. R. (1994). Field guide for collecting and processing stream-water samples for the National Water-Quality Assessment Program (Vol. 94, No. 455). US Geological Survey.
- [3] Menon, G. S., Ramesh, M. V., & Divya, P. (2017, October). A low cost wireless sensor network for water quality monitoring in natural water bodies. In 2017 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC) (pp. 1-8). IEEE.
- [4] Babuji, P., Thirumalaisamy, S., Duraisamy, K., & Periyasamy, G. (2023). Human health risks due to exposure to water pollution: a review. *Water*, 15(14), 2532.
- [5] Le Cor, F. (2021). *Étangs et qualité des cours d'eau de têtes de bassins versants agricoles: impact sur le devenir des pesticides et leurs produits de transformation* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine)..
- [6] El-Sheekh, M. M. (2017). Impact of water quality on ecosystems of the Nile River. *The Nile River*, 357-385.
- [7] Hasan, N., Pushpalatha, R., Manivasagam, V. S., Arlikatti, S., & Cibin, R. (2023). Global sustainable water management: a systematic qualitative review. *Water Resources Management*, 37(13), 5255-5272.
- [8] Dey, J., Vijay, R. A critical and intensive review on assessment of water quality parameters through geospatial techniques. *Environ Sci Pollut Res* 28, 41612–41626 (2021).
- [9] Buoy Mooring (<https://www.fondriest.com/environmental-measurements/monitoring-equipment/buoy-mooring/>)

- [10] Helmi, A. H. M. A., Hafiz, M. M., & Rizam, M. S. B. S. (2014). Mobile buoy for real time monitoring and assessment of water quality. 2014 IEEE Conference on Systems, Process and Control (ICSPC 2014). doi:10.1109/spc.2014.7086223
- [11] Wang, Y., Chang, X., Dou, Y., Sun, R., Yang, W., & Zuo, G. (2019). Automatic observation system of Polar Multi-parameter buoy based on Iridium remote Control. 2019 IEEE International Conference on Unmanned Systems (ICUS).
- [12] Heitsenrether, R., Fiorentino, L., Hensley, W., Breuer, E., & Krug, W. (2017, September). NOAA's recent development of a real-time ocean observing system to support safe navigation along US Arctic Coasts. In OCEANS 2017-Anchorage (pp. 1-10). IEEE.
- [13] Bouée_Xylem
(<https://www.xylem.com/siteassets/brand/ysi/resources/presentations/presentation-de-la-bouee-db600.pdf>)
- [14] Maranda, B. H. (2001). Calibration factors for DIFAR processing (pp. 1-28). National Defence Canada, Defence R & D Canada, Defence Research Establishment Atlantic.
- [15] Holler, R. A. (2014). The evolution of the sonobuoy from World War II to the Cold War. US Navy Journal of Underwater Acoustics, 25(January), 322-346.
- [16] Kröger, S., Piletsky, S., & Turner, A. P. (2002). Biosensors for marine pollution research, monitoring and control. Marine pollution bulletin, 45(1-12), 24-34.
- [17] Bouée connectée SCUBA BGA (<https://fr.sdec-france.com/produit/bouee-connectee-scuba-bga/>)
- [18] Bojić, F., Karin, I., Juričević, I., & Čipčić, M. (2021). Design and application of an automated smart buoy in Increasing Navigation Safety and environmental standards in Ports. TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 15(2), 373-380.
- [19] Bouée météorologique (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NOAA-NDBC-discus-buoy.jpg>)
- [20] McPhaden, M. J., Ando, K., Bourles, B., Freitag, H. P., Lumpkin, R., Masumoto, Y., ... & Yu, W. (2010). The global tropical moored buoy array. Proceedings of OceanObs, 9, 668-682.

BIBLIOGRAPHIE

[21] Strong, A. E., & McClain, E. P. (1984). Improved ocean surface temperatures from space—Comparisons with drifting buoys. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 65(2), 138-142.

[22] Yu, F., Hu, X., Dong, S., Liu, G., Zhao, Y., & Chen, G. (2018). Design of a low-cost oil spill tracking buoy. *Journal of Marine Science and Technology*, 23, 188-200.

[23] Sadat, A. W., N'goran, E. B. Z., Siaka, S., & Parinet, B. (2011). Intérêt de l'analyse multidimensionnelle pour l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'un système lacustre tropical: cas des lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 38, 2573-2585.

[24] Potentiel hydrog(https://fr.wikipedia.org/wiki/Potentiel_hydrog%C3%A8ne#cite_note-2)

[25] Buck, R. P., Rondinini, S., Covington, A. K., Baucke, F. G. K., Brett, C. M., Camoes, M. F., ... & Wilson, G. S. (2002). Measurement of pH. Definition, standards, and procedures (IUPAC Recommendations 2002). *Pure and applied chemistry*, 74(11), 2169-2200.

[26][https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_\(Physical_and_Theoretical_Chemistry\)/Acids_and_Bases/Acids_and_Bases_in_Aqueous_Solutions/The_pH_Scale/Temperature_Dependence_of_the_pH_of_pure_Water](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Acids_and_Bases/Acids_and_Bases_in_Aqueous_Solutions/The_pH_Scale/Temperature_Dependence_of_the_pH_of_pure_Water)

[27] Fournie, R., Le Peintre, M., & Mahieu, C. (1961). PH measurement under pressure and at high temperatures; Mesure du pH sous pression et a temperature elevee.

[28] <https://www.walchem.com/the-importance-of-ph-control-in-water-treatment-processes/>

[29]https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fculturesciences.chimie.ens.fr%2Fthematiques%2Fchimie-experimentale%2Ftechniques-d-analyse%2Fles-indicateurs-de-ph&psig=AOvVaw2dCrqxrtTxmcGGDUQi_UMi&ust=1723656992703000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBQQjRxpFwoTCOjau9XA8ocDFQAAAAAdAAAAABA E

[30]https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.atlantilabo-ics.fr%2Fph-metre%2F12715-ph-metre-inolab-ph-7110-avec-electrode-sentix-81-statif-wtw.html&psig=AOvVaw3JIR0jWtvdSsqhbSLFe_Es&ust=1723657036829000&source=ima

BIBLIOGRAPHIE

ges&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBQQjRxqFwoTCOik8PPA8ocDFQAAAAAdAAAAA
BAE

[31] Ducharne, A. (2008). Importance of stream temperature to climate change impact on water quality. *Hydrology and Earth System Sciences*, 12(3), 797-810.

[32]<https://www.nist.gov/pml/owm/si-units-temperature>

[33]<https://www.erudit.org/fr/revues/rseau/1988-v1-n4-rseau3252/705018ar.pdf>

[34] Samuel, R. (2022). Total dissolved solids (TDS) less than 1000 ppm in drinking water did not impact nursery pig performance. *Veterinary Sciences*, 9(11), 622.

[35] ZERHOUNI, F. Z., ZERHOUNI, M. H. H., & ZEGRAR, M. (2021). Systèmes Energétiques Autonomes.

[36] Sofia, B. L. (2015). Cours énergie solaire photovoltaïque. Université A. Mira de Bejaia.

Bibliographie chapitre II

[37] Graf, E. H. (2004). Just what did Archimedes say about buoyancy?. *The Physics Teacher*, 42(5), 296-299.

[38] Lima, F. M. S. (2011). Using surface integrals for checking Archimedes' law of buoyancy. *European journal of physics*, 33(1), 101.

[39] Titow, M. V. (2012). *PVC technology*. Springer Science & Business Media.

[04] ESPRESSIF, ESP32 Series Datasheet

(https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf)

[40] DFrobot, PH meter SKU SEN0161, 28 Dec 2019

(<https://www.dfrobot.com/product-1025.html?tracking=5cfb9465c247d>)

[41] DFrobot, Gravity Analog TDS Sensor Meter For Arduino SKUSEN0244

(<https://www.dfrobot.com/product-1662.html>)

[42] DALLAS SEMICONDUCTOR, DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire

(<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temp/DS18B20.pdf>)

BIBLIOGRAPHIE

[43] components101, DS18B20 Temperature Sensor Pinout, 7 May 2018

(<https://components101.com/sensors/ds18b20-temperature-sensor>)

[44] SECRETGREEN (<https://secretgreen.com.au/products/t-tulead-dc-3-6v-gear-motors-tt-motor-strong-magnetic-interference-pack-of-6-for-robot-smart-car-toys>)

[45] TECHMONKEYBUSINESS

(https://www.techmonkeybusiness.com/pdfs/MX1508_DC_Motor_Control.pdf)

[46] TURI SMART INNOVATION (<https://tuni-smart-innovation.com/products/mini-panneau-solaire-340-220mm-6v-10w?variant=42916670111966>)

[47] THINK ROBOTICS (<https://thinkrobotics.com/products/cn3065-18650-li-ion-mini-solar-charger-board-module>)

[48] OVERLANDER (https://www.overlander.co.uk/pub/media/datasheets/2600mAh_Li-Ion_Cell_Specification.pdf)