

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 محمد البشير الإبراهيمي - برج بوعريريج

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département Electromécanique

MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Electromécanique

Spécialité : Electromécanique

Par : - GAFER Hithem

- HARZALLAH Achraf

- AZIB Badreddine

Sujet

Réalisation d'un détecteur de niveau d'eau intelligent pour une gestion efficace des réservoirs domestiques.

Soutenu publiquement, le 29 /10 /2024, devant le jury composé de :

LAYADI Toufik Madani

MCA

Univ-BBA

Président

ZAOUI Fares

MCB

Univ-BBA

Examineur

MEGHLAOUI Issam

MCB

Univ-BBA

Encadrant

Année Universitaire 2023/2024

Remerciements

NOUS TENONS TOUT D'ABORD À REMERCIER **DIEU**, LE SEUL MISÉRICORDIEUX, DE NOUS AVOIR AIDÉ À SURMONTER TOUTES LES DIFFICULTÉS LORS DE NOS ÉTUDES, ET QUI NOUS A DONNÉ L'ÉNERGIE ET DE LA VOLONTÉ ET SURTOUT LE COURAGE POUR TERMINER CE MODESTE TRAVAIL.

NOUS TENONS À ADRESSER NOS PLUS CHALEUREUX REMERCIEMENTS À MONSIEUR **MEGHLAOUI ISSAM** D'AVOIR ACCEPTÉ DE DIRIGER CE TRAVAIL. SURTOUT POUR SA PATIENCE ET SA CONFIANCE, GRÂCE À SES ORIENTATIONS, SA DISPONIBILITÉ À TOUT MOMENT. SON SOUTIEN CONSTANT ET LES CONSEILS QU'IL NOUS A APPORTÉS TOUT AU LONG DE CE TRAVAIL. NOUS SOMMES TRÈS RECONNAISSANTS ENVERS IL POUR SON AIDE, AUSSI POUR SA BONNE HUMEUR.

NOS VIFS REMERCIEMENTS VONT AUX MEMBRES DU JURY ET L'INTÉRÊT QU'ILS ONT PORTÉ À NOTRE RECHERCHE, EN ACCEPTENT D'EXAMINER NOTRE TRAVAIL ET DE L'ENRICHIT PAR LEURS PROPOSITIONS.

ENFIN, NOUS ADRESSONS NOS PLUS SINCÈRES REMERCIEMENTS À NOS PROCHES ET AMIS, QUI NOUS ONT TOUJOURS ENCOURAGÉS AU COURS DE LA RÉALISATION DE CE MÉMOIRE

ON N'OUBLIE PAS NOS PARENTS POUR LEUR CONTRIBUTION, LEUR SOUTIEN ET LEUR PATIENCE.

{رب أوزعني أن أشكر نعمتك التي أنعمت عليّ وعلى والديّ وأن أعمل صالحًا ترضاه وأصلح لي
في ذريّتي إنّي تُبْتُ إِلَيْكَ وَإِنِّي مِنَ الْمُسْلِمِينَ}

Louanges à Allah qui a éclairé mon chemin.

Je tiens C'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste travail A ma très chère mère (DJEMA MALIKA) Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles A mon très cher père (SAID) Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection

À mes chers frères : Akram, Moatasem billah.

Comme je dédie à ce travail à l'ensemble de mes amis

À mes collègues : Achraf, Badreddine.

Et à la fin je remercie du fond du cœur toute La famille :

GAFER et DJEMA

Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible.

Je vous dis merci !

HITHEM

JE DÉDIE CE MÉMOIRE À :

MES CHERS PARENTS, QUE NULLE DÉDICACE NE PUISSE EXPRIMER MES SINCÈRES SENTIMENTS, POUR LEUR PATIENCE ILLIMITÉE, LEUR ENCOURAGEMENT CONTENU, LEUR AIDE ET POUR LE SOUTIEN QU'ILS ONT OFFERT TOUT LONG DE MES ÉTUDES.

À MES CHÈRES FRÈRES ET SOEURS : BASSEM, LINA , OUMAIMA.

COMME JE DÉDIE À CE TRAVAIL À L'ENSEMBLE DE MES AMIS : ISHAK, ADEL, NADJIB, YUCEF, AKRAM, TAKI ,RAOUF, SADEK , FOUAD, CHACUN PAR SON NOM.

COMME JE DÉDIE À CE TRAVAIL À MON AMIE FATENE.

À MES COLLÈGUES : BADREDDINE, HITHEM

COMME JE DÉDIE À CE TRAVAIL À RESTAURANT CENTRAL "AMI HASSAN" ET
TRANSPORT UNIVERSITAIRE.

ET À LA FIN JE REMERCIE DU FOND DU COEUR TOUTE

LA FAMILLE : HARZALLAH, MILOUDI.

ACHRAF

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL :

À MA TRÈS CHÈRE MÈRE,

QUOI QUE JE FASSE OU DISE, JE NE POURRAI JAMAIS TE REMERCIER À LA HAUTEUR DE TON AFFECTION. TA BIENVEILLANCE ME GUIDE, ET TA PRÉSENCE À MES CÔTÉS A TOUJOURS ÉTÉ MA SOURCE DE FORCE POUR AFFRONTER LES OBSTACLES.

À MON TRÈS CHER PÈRE, YAZID

TU AS TOUJOURS ÉTÉ LÀ POUR ME SOUTENIR ET M'ENCOURAGER. QUE CE TRAVAIL REFLÈTE MA GRATITUDE ET MON AFFECTION.

À MES CHERS FRÈRES ET SŒURS : AMIRA, ABDO, AKRAM

VOTRE SOUTIEN EST PRÉCIEUX.

À MES AMIS : NADJIB, HODYFA, ISAHK, ADEL, NASSIM, IKRAM, YUESF, RAOUF, SAMIRA, KHALED, WASSIM, AKRAM, LHADJ BRAHIM

MERCI D'ÊTRE TOUJOURS PRÉSENTS.

À MES COLLÈGUES : ACHRAF, HITHEM

VOTRE COLLABORATION A ÉTÉ ESSENTIELLE.

ENFIN, JE REMERCIE DU FOND DU CŒUR TOUS CEUX QUI M'ONT SOUTENU DANS CETTE AVENTURE

BADREDINE

Sommaire

Introduction générale	1
1 Chapitre 1 Etat de l'art sur la mesure de niveau des réservoirs	2
1.1 Introduction	2
1.2 Appareil de mesure de niveau	2
1.3 Capteurs de niveau de mesure continu	3
1.3.1 Capteur à ultrasons	3
1.3.2 Radars	3
1.3.3 Radiométrie (gamma).....	4
1.4 Capteurs de niveau de mesure ponctuelle	5
1.4.1 Capteur optique	5
1.4.2 Sondes capacitives.....	5
1.4.3 Flotteur.....	6
1.4.4 Ponctuelle.....	7
1.4.5 Capteur de pression	7
1.5 Comparaison caractéristique des différentes méthodes	9
1.6 Conclusion	10
2 Chapitre 2 Conception générale du prototype	11
2.1 Introduction	11
2.2 Définition de SolidWorks.....	11
2.3 Conception de la partie mécanique du prototype	11
2.3.1 Châssis	11
2.3.2 Réservoir d'eau	13
2.3.3 Pieds	14
2.3.4 Poignées.....	14
2.4 Conception de la partie électrique du prototype	15
2.4.1 Électrovanne à 2 voies	15
2.4.2 Capteur de pression	16
2.4.3 Carte Arduino UNO	18
2.4.4 Plaque d'essai	18
2.4.5 Module wifi	18
2.4.6 Module Bluetooth	19
2.4.7 Indicateur lumineux	19
2.4.8 Relais électrique	20
2.4.9 Adaptateur d'alimentation.....	20

2.5	Conception de la partie hydraulique du prototype	21
2.5.1	Manomètre	21
2.5.2	Liquide utilisé	22
2.6	Autres accessoires	22
2.6.1	Mamelons	22
2.6.2	Raccord	23
2.6.3	Té femelle en laiton	23
2.6.4	Vanne d'eau	23
2.6.5	Robinet d'eau	24
2.6.6	Adaptateur citerne (15 /21)	24
2.7	Assemblage du prototype sur SolidWorks	25
2.7.1	Assemblage et à l'habillage du châssis	25
2.7.2	Assemblage le tiroir dans le châssis	25
2.7.3	Assemblage du réservoir sur le châssis	25
2.7.4	Assemblage les parties hydrauliques	26
2.7.5	Assemblage final de toutes les parties et composants du prototype	26
2.8	Câblage de la partie électrique du prototype	27
2.9	Conclusion	28
3	Chapitre 3 Réalisation et test pratique du prototype	29
3.1	Introduction	29
3.2	Etapes de réalisation pratique du prototype	29
3.2.1	Etape 1 : réalisation du châssis	29
3.2.2	Etape 2 : habillage du châssis par Alucobond	29
3.2.3	Etape 3 : montage du tiroir dans le châssis	30
3.2.4	Etape 4 : réalisation et montage du réservoir	30
3.2.5	Etape 5 : obtention de la version finale du prototype.	31
3.2.6	Etape 6 : réalisation du câblage électrique	32
3.3	Interface de l'application	32
3.4	Réalisation de l'étalonnage du capteur de pression	34
3.4.1	Étalonnage du capteur de pression	34
3.4.2	Ajustement de hauteur	35
3.5	Tests pratiques du prototype	37
3.5.1	Première test de vérification de la valeur de la pression	37
3.5.2	Deuxième test de vérification de la valeur de la pression	37
3.5.3	Troisième test de vérification de la valeur de la pression	38

Sommaire

3.5.4	Mode économique	39
3.6	Conclusion	40
Conclusion Générale		41

Liste des tableaux

Tableau 1.1 Comparaison caractéristique des différentes méthodes.	9
Tableau.3.1 Mesures enregistrées lors de la procédure de l'étalonnage du capteur de pression.	34
Tableau .3.2 Mesures des hauteur enregistrées lors de la procédure de l'étalonnage de niveau.	36

Liste des figures

Figure.1.1. Méthodes de mesure de niveau des réservoirs.	2
Figure. 1.2. Méthode de mesure par capteur à ultrasons	3
Figure. 1.3. Méthode de mesure par radar.	3
Figure. 1.4. Méthode de mesure par Radiométrie (gamma)	4
Figure. 1.5. Méthode de mesure par capteur optique	5
Figure. 1.6. Méthode de mesure par sonde capacitive	6
Figure. 1.7. Méthode de mesure par interrupteur à flotteur	6
Figure. 1.8. Méthode de mesure ponctuelle	7
Figure. 1.9. Méthode de mesure par capteur de pression.	8
Figure. 2.1. Conception mécanique du châssis sur SolidWorks.	12
Figure. 2.2. Mise en plan du châssis sur SolidWorks.	12
Figure. 2.3. Conception mécanique du réservoir sur SolidWorks.	13
Figure. 2.4. Mise en plan du réservoir sur SolidWorks.	13
Figure. 2.5. Conception mécanique des pieds sur SolidWorks.	14
Figure. 2.6. Mise en plan du pied sur SolidWorks.	14
Figure. 2.7. Conception mécanique des poignées sur SolidWorks.	15
Figure. 2.8. Mise en plan de la poignée sur SolidWorks.	15
Figure. 2.9. Conception mécanique de l'électrovanne à 2 voies sur SolidWorks.	16
Figure. 2.10. Mise en plan d'électrovanne à 2 voies sur SolidWorks.	16
Figure. 2.11. Conception mécanique du capteur de pression sur SolidWorks.	17
Figure. 2.12. Mise en plan du capteur de pression sur SolidWorks.	17
Figure. 2.13. Carte électronique Arduino UNO.	18
Figure. 2.14. Plaque d'essai.	18
Figure. 2.15. Capture wifi ESP8266.	19
Figure. 2.16. Capteur Bluetooth HC-05.	19
Figure. 2.17. Indicateur lumineux 240 [V].	20
Figure. 2.18. Relais électriques.	20
Figure. 2.19. Adaptateur alimentation AC DC.	21
Figure. 2.20. Manomètre digital.	21
Figure. 2.21. Antigél de marque NAFTAL.	22
Figure. 2.22. Conception mécanique du mamelon (male-male)15mm sur SolidWorks.	22
Figure. 2.23. Conception mécanique du raccords (femelle - femelle) 15mm sur SolidWorks.	23
Figure. 2.24. Conception mécanique du Té femelle 15mm en laiton sur SolidWorks.	23

Liste des figures

Figure. 2.25. Conception mécanique du Vanne d'eau sur SolidWorks. -----	24
Figure. 2.26. Conception mécanique du robinet d'eau sur SolidWorks. -----	24
Figure. 2.27. Adaptateur citerne (15 /21). -----	24
Figure. 2.28. Conception mécanique de l'assemblage et l'habillage du châssis sur SolidWorks. -	25
Figure. 2.29. Conception mécanique sur SolidWorks de l'assemblage Tiroir sur le châssis. -----	25
Figure. 2.30. Conception mécanique de l'assemblage du réservoir sur SolidWorks. -----	26
Figure. 2.31. Conception mécanique de l'assemblage des parties hydrauliques sur SolidWorks. -	26
Figure. 2.32. Conception mécanique finale du prototype sur SolidWorks. -----	27
Figure. 2.33. Câblage de la partie électrique du prototype. -----	27
Figure. 3.1. Structure du châssis après soudure et revêtement. -----	29
Figure. 3.2. Structure du châssis après habillage. -----	30
Figure. 3.3. Montage du tiroir dans le châssis. -----	30
Figure. 3.4. Montage du réservoir sur le prototype. -----	31
Figure. 3.5. Photo réelle du prototype réalisée. -----	31
Figure. 3.6. Câblage électrique du prototype. -----	32
Figure. 3.7. Interface développée pour le contrôle de l'Appareil de mesure. -----	33
Figure. 3.8. Courbe d'étalonnage du capteur pression. -----	35
Figure. 3.9. Courbe d'ajustement de la hauteur. -----	36
Figure. 3.10. Comparaison du premier résultat. -----	37
Figure. 3.11. Comparaisons du deuxième résultat. -----	38
Figure. 3.12. Comparaisons du troisième résultat. -----	38
Figure. 3.13. Vitesse d'écoulement en mode normale. -----	39
Figure. 3.14. Vitesse d'écoulement en mode économique. -----	39

Liste des symboles et abréviations

Liste des symboles

H : Hauteur [**m**]

P : Pression [**bar**]

g : Accélération gravitaire [**m/s²**]

ρ_{eau} : Densité de l'eau [**kg/m³**]

ρ : Densité [**kg/m³**]

V : Volume [**L**]

Liste des abréviations

Wi-Fi : Wireless Fidelity (Fidélité Sans Fil)

3D : Trois dimensions

2D : Deux dimensions

CAO : Conception assistée par ordinateur

PIN : Personale identification Number

IDE : Integrated développement environnement

PMMA : Poly méthacrylate de méthyle

Résumé

De nos jours, connaître le niveau d'eau dans les réservoirs domestiques est un enjeu important, la solution proposée dans ce travail est basée sur l'intégration des technologies connectées, elle permet d'obtenir en temps réel des informations sur la quantité d'eau dans le réservoir sur l'application smartphone développée, la solution proposée offre deux modes de fonctionnement, le mode économique commande l'électrovanne, ce qui permet de gérer le débit et d'optimiser la consommation ; ce mode se déclenche automatiquement lorsque la réserve d'eau est au minimum. Les résultats obtenus à partir d'une série de tests pratiques effectués sur l'appareil de mesure ont révélé le haut niveau de fiabilité et de précision qu'offre notre produit.

Summary

Nowadays, knowing the water level in domestic tanks is an important issue, the solution proposed in this work is based on the integration of connected technologies, it allows to obtain in real time information on the quantity of water in the tank on the developed smartphone application, the proposed solution offers two operating modes, the economic mode controls the solenoid valve, which allows to manage the flow and optimize consumption; this mode is triggered automatically when the water reserve is at a minimum. The results obtained from a series of practical tests carried out on the measuring device revealed the high level of reliability and precision offered by our product.

ملخص

في الوقت الحاضر، تعد معرفة مستوى المياه في الخزانات المنزلية مسألة مهمة، ويعتمد الحل المقترح في هذا العمل على تكامل التقنيات المتصلة، مما يجعل من الممكن الحصول على معلومات في الوقت الفعلي حول كمية المياه في الخزان على الهاتف الذكي. تم تطوير التطبيق، ويقدم الحل المقترح وضعين للتشغيل، حيث يتحكم الوضع الاقتصادي في صمام الملف اللولبي، مما يجعل من الممكن إدارة التدفق وتحسين الاستهلاك؛ يتم تشغيل هذا الوضع تلقائيًا عندما يكون احتياطي المياه عند الحد الأدنى. كشفت النتائج التي تم الحصول عليها من سلسلة من الاختبارات العملية التي تم إجراؤها على جهاز القياس عن المستوى العالي من الموثوقية والدقة التي يقدمها منتجنا.

Introduction générale

Introduction générale

La mesure de niveau des liquides dans les réservoirs est un aspect crucial de la gestion des ressources hydrauliques et industrielles. L'une des méthodes les plus courantes et efficaces pour surveiller ces niveaux consiste à utiliser des capteurs de pression. Cette technique repose sur le principe fondamental selon lequel la pression exercée par une colonne d'eau est proportionnelle à la hauteur de cette colonne.

Les capteurs de pression, souvent placés au fond du réservoir, mesurent la pression hydrostatique générée par la hauteur de l'eau au-dessus d'eux. Plus le niveau de liquide augmente, plus la pression exercée augmente. Ces capteurs, une fois calibrés, permettent de convertir cette pression en une mesure précise du niveau du liquide.

Dans ce cadre, nous développerons un capteur de niveau basé sur la mesure de pression. L'interface de contrôle et d'acquisition développée collectera et analysera les données sur une application smartphone, ce qui permettra de connaître la pression de l'eau dans le réservoir, son niveau, mais aussi sa quantité. Ainsi, l'utilisateur pourra visualiser et contrôler ses réserves en eau à distance, Notre produit permettra aux utilisateurs d'interagir avec la technologie moderne.

Ce projet de fin d'études apportera une solution meilleure pour mesurer le niveau d'eau des réservoirs et rationaliser sa consommation. Notre solution permet ainsi de préserver les ressources en eaux et mettre les utilisateurs en sécurité contre les accidents qui peuvent être causés par les méthodes classiques (dangereuse) de vérification du niveau d'eau dans les réservoirs.

Ce mémoire de fin d'études comporte trois chapitres :

Dans le premier chapitre, un état de l'art sur la mesure de niveau des réservoirs est présenté en détail, les différents appareils et techniques utilisées pour la mesure du niveau leurs installation et leurs principes de fonctionnement sont discutés, en fin un tableau de comparaison entre les différentes méthodes existante conclut ce premier chapitre.

Le deuxième chapitre portera sur la conception mécanique et hydraulique détaillée sur SolidWorks des différentes parties du prototype réalisé, la conception de la partie électrique et la partie commande est aussi traitée en détail dans ce chapitre.

Le troisième et dernier chapitre traite l'assemblage et la réalisation pratique du prototype la méthode permettant l'étalonnage du capteur est présentée dans cette section, l'interface de supervision et de contrôle a été développée dans cette partie. Enfin, pour valider la fiabilité et la précision de l'appareil de mesure proposé, une série de tests d'investigation à distance via l'application smartphone et l'interface développée ont été réalisés.

Enfin, une conclusion générale et une annexe clôturera ce mémoire de fin d'études.

Chapitre 1

Etat de l'art sur la mesure de niveau des réservoirs

1 Chapitre 1 Etat de l'art sur la mesure de niveau des réservoirs

1.1 Introduction

Ce premier chapitre concerne une étude générale sur l'état de l'art de la mesure de niveau dans les réservoirs, les différents appareils et techniques utilisées, leurs installations ainsi que leurs principes de fonctionnement sont discutées en détail dans ce chapitre. Un tableau de comparaison entre les différentes méthodes existante conclut ce chapitre.

1.2 Appareil de mesure de niveau

Un appareil électronique communément appelé capteur de niveau est chargé de mesurer la quantité d'une substance particulière. Sa fonction principale est de calculer le volume de liquide contenu dans un réservoir ou un conteneur. Dans de nombreuses industries, le contrôle des processus repose sur l'utilisation de capteurs de niveau, un composant intégral. Ces capteurs peuvent être classés en deux types principaux. Les capteurs de niveau de mesure ponctuelle, sont conçus pour identifier des volumes de liquide spécifiques et distincts, localisant ainsi des niveaux de liquide prédéterminés. Généralement, ce détecteur de niveau particulier fonctionne soit comme une alarme haute, alertant d'une situation de débordement, soit comme un indicateur, signalant une alarme basse. D'un autre part, le détecteur de niveau continu, est un appareil plus sophistiqué capable de surveiller le niveau global du système. Au lieu de mesurer le volume de liquide à un point spécifique, ce système calcule le volume dans une plage désignée, ce qui donne une sortie analogique qui correspond directement au volume du réservoir. En connectant la sortie à une boucle de contrôle de processus et à une représentation visuelle, un système de gestion des niveaux est établi.

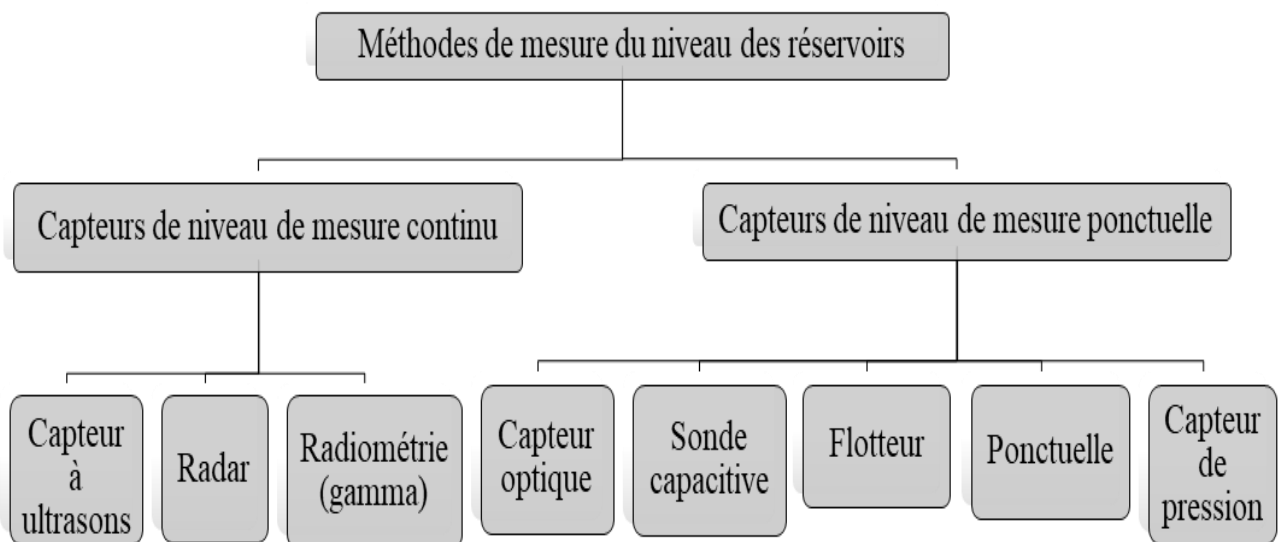


Figure.1.1. Méthodes de mesure de niveau des réservoirs.

1.3 Capteurs de niveau de mesure continu

1.3.1 Capteur à ultrasons

En émettant périodiquement de brèves rafales d'ondes sonores à haute fréquence, un capteur à ultrasons propulse ces ondes dans l'air à la vitesse du son. Comme le montre la figure 1.2, lorsqu'elles rencontrent un obstacle, les ondes rebondissent et sont détectées comme échos par le capteur. Le capteur utilise ensuite le décalage horaire entre la transmission du signal et la réception de l'écho pour déterminer la distance précise qui le sépare de la cible [1].

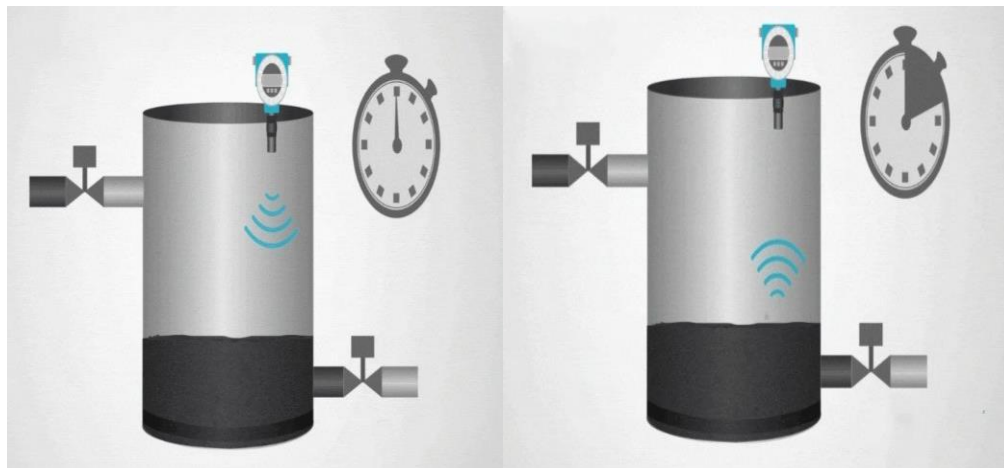


Figure. 1.2. Méthode de mesure par capteur à ultrasons [2].

1.3.2 Radars

La mesure sans contact des niveaux de liquide, de solide ou de boue dans un conteneur ou un réservoir est facilitée par un dispositif électronique appelé radar continu ou capteur de niveau à micro-ondes. Cet appareil fonctionne en émettant des signaux micro-ondes ou radar comme le représente la figure 1.3, puis en analysant les réflexions résultantes pour calculer la distance à la surface de la substance mesurée. Les environnements industriels qui exigent un contrôle de niveau précis et ininterrompu bénéficient grandement de la mise en œuvre de ces capteurs [3].

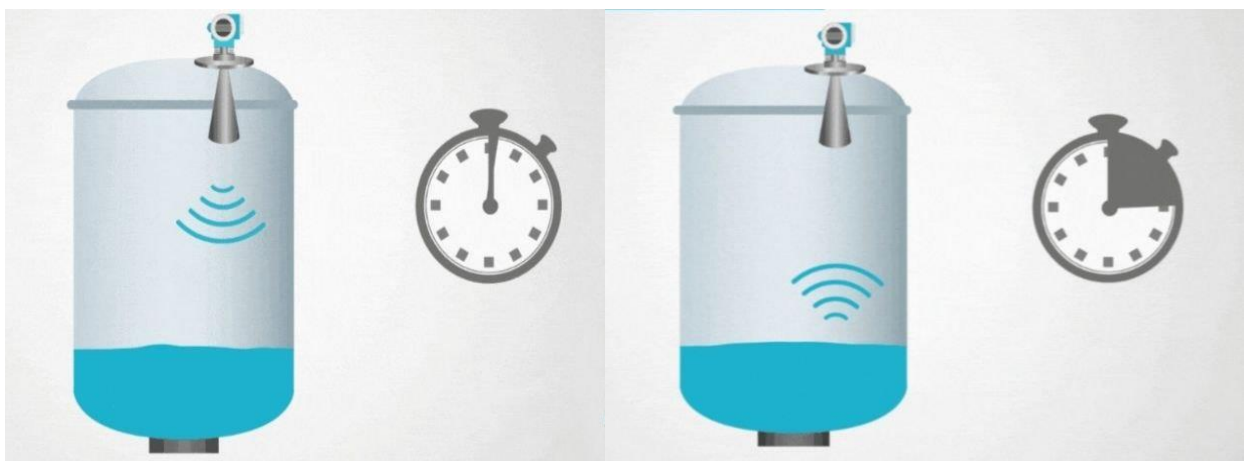


Figure. 1.3. Méthode de mesure par radar [2].

1.3.3 Radiométrie (gamma)

Dans les situations où les méthodes de mesure conventionnelles s'avèrent inefficaces en raison de facteurs difficiles tels que des températures extrêmes, des pressions, des substances toxiques, des formes complexes de récipients ou de tuyaux et des spécifications exigeantes. Ces instruments sont capables de gérer des scénarios d'installation difficiles, des viscosités élevées, des variations de comportement des fluides et la nature abrasive ou corrosive des fluides de procédé. En utilisant une méthode de mesure non intrusive connue sous le nom de système de mesure radiométrique, il est possible de surveiller avec précision la dynamique du fluide dans un réservoir. Cette technique consiste à positionner le transmetteur et le détecteur à l'extérieur du réservoir, permettant des observations précises du comportement du fluide (voir Figure 1.4).

Une installation très simple est illustrée sur la figure 1.4, en raison de la présence d'un agitateur à l'intérieur de la cuve, l'installation d'un dispositif de mesure de niveau à l'intérieur de la cuve, tel qu'un instrument à ultrasons ou à radar guidé, peut ne pas convenir. Selon les conditions à l'intérieur de la cuve, le fluide peut se vaporiser ou l'agitateur en rotation peut provoquer un tourbillon à la surface du fluide. Ces conditions peuvent interférer avec d'autres types de dispositifs de mesure de niveau installés à l'intérieur des parois de la cuve. Avec la mesure radiométrique, il est possible de détecter toutes les conditions du milieu.

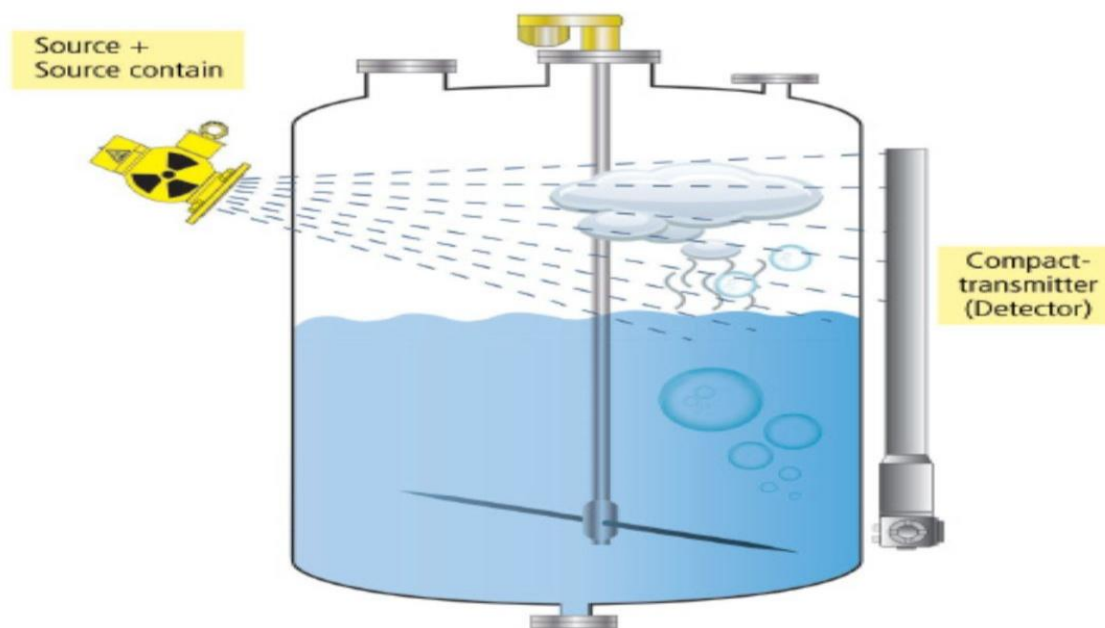


Figure. 1.4. Méthode de mesure par Radiométrie (gamma) [4].

1.4 Capteurs de niveau de mesure ponctuelle

1.4.1 Capteur optique

Un capteur optique qui détecte la lumière est appelé capteur de niveau optique. Ce type de capteur est utilisé pour détecter le volume de liquide ou de matière solide dans un récipient. Ils sont généralement employés dans de nombreuses activités industrielles et commerciales, notamment :

- Évaluer la quantité de liquides stockés ou consommés.
- Réguler le débit des fluides dans les canalisations.
- Reconnaître la présence ou l'absence de liquides dans un récipient.

Plusieurs variétés de capteurs optiques pour le nivellement sont disponibles, chacun ayant ses propres avantages et inconvénients. Les variétés les plus courantes sont répertoriées ci-dessous.

Capteurs de niveau infrarouge : ces capteurs utilisent une diode électroluminescente infrarouge pour produire un faisceau d'éclairage comme le montre la figure 1.5. Lorsque la lumière du soleil traverse la surface du matériau, elle est retracée jusqu'au capteur. Le capteur calcule ensuite la force de la lumière réfléchiée par le matériau pour déterminer le degré du matériau.

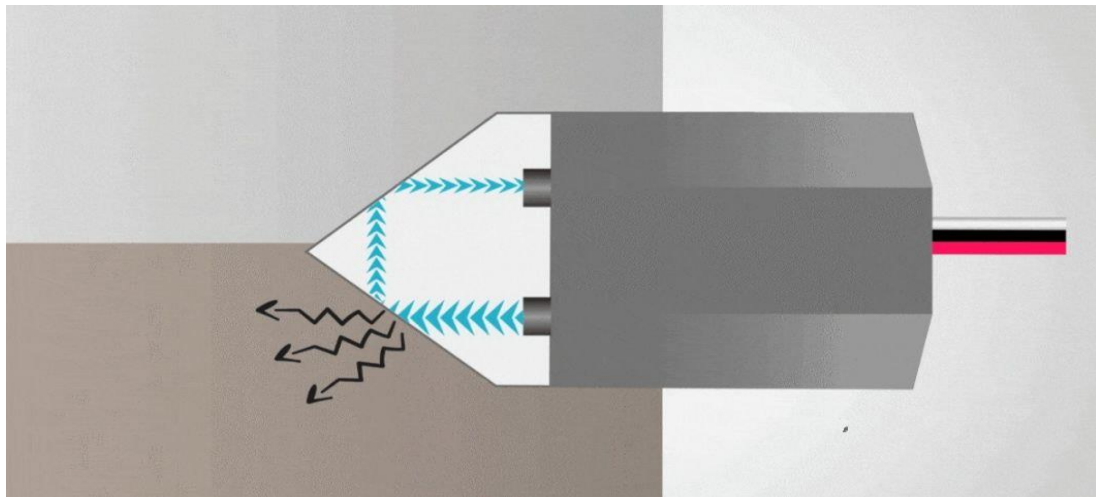


Figure. 1.5. Méthode de mesure par capteur optique [2].

1.4.2 Sondes capacitives

Un capteur de proximité, appelé capteur de niveau capacitif, fonctionne en émettant un champ électrique et en mesurant l'impact sur son champ électrique pour déterminer le niveau. Ces capteurs (voir figure 1.6) conviennent aux réservoirs de stockage de liquides et seraient particulièrement utiles dans une installation de traitement d'eau équipée d'un réservoir de stockage.



Figure. 1.6. Méthode de mesure par sonde capacitive [2].

1.4.3 Flotteur

Un capteur de niveau à flotteur est utilisé pour mesurer le volume de liquide dans un récipient. Plus léger que l'eau elle-même, il repose toujours en surface. Il est résolu en utilisant son propre fil comme guide à une élévation appropriée. Le processus de commutation est initié par le mouvement d'inclinaison du détecteur, le câble servant de charnière à l'appareil.

Le capteur de niveau à flotteur est constitué d'un corps flottant qui contient un interrupteur intégré et un câble qui le relie à un autre capteur. Lorsqu'il est activé par une balle, l'élément de commutation sera déclenché quelle que soit la direction dans laquelle il est déplacé.

Un interrupteur à flotteur est utilisé pour détecter la hauteur d'un liquide.

Les interrupteurs à flotteur assurent un contrôle automatique des moteurs qui pompent du liquide depuis un puisard ou dans un réservoir. (Voir figure 1.7)

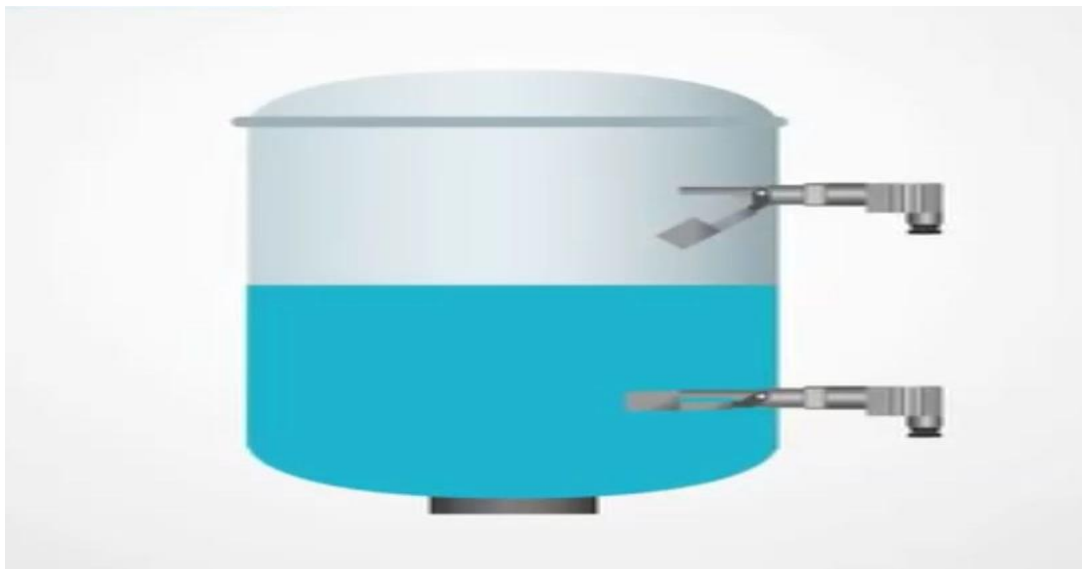


Figure. 1.7. Méthode de mesure par interrupteur à flotteur [2].

1.4.4 Ponctuelle

La mesure de niveau ponctuelle est une technique utilisée dans les processus industriels pour déterminer si une substance, telle qu'un liquide, une poudre ou un matériau granulaire, a atteint un niveau spécifique dans un récipient ou une cuve. Contrairement à la mesure continue du niveau, qui fournit une indication continue du niveau de la substance, la mesure ponctuelle du niveau indique simplement quand la substance atteint un niveau ou un seuil prédéterminé [5].

Voire figure 1.8.



Figure. 1.8. Méthode de mesure ponctuelle [2].

1.4.5 Capteur de pression

La mesure du niveau d'eau à l'aide d'un capteur de pression repose sur la notion de pression hydrostatique. La pression hydrostatique d'un fluide est la force exercée par celui-ci, qui résulte de son poids. Augmentation de la pression due à la profondeur de l'eau.

Dans un système de mesure de niveau d'eau par capteur de pression, le capteur de pression est positionné en bas du réservoir. Le capteur de pression calcule la pression hydrostatique du fluide. La pression hydrostatique est ensuite convertie en volume de liquide à l'aide d'un transmetteur.

Deux types de mesures de niveau d'eau par capteurs de pression sont répandus : l'un est le type à déplacement, l'autre est le type intégré.

- Mesure de niveau hydrostatique

La mesure du niveau hydrostatique utilise un capteur de pression manométrique pour mesurer la pression statique à une position basse du réservoir. Cette pression est ensuite convertie en hauteur en utilisant l'équation du niveau hydrostatique :

$$\text{Niveau} = (\text{Pression} / (\text{Densité du fluide} * \text{Accélération gravitationnelle})) \quad (1)$$

- Mesure de niveau différentielle

La mesure de niveau différentielle utilise deux capteurs de pression pour mesurer la différence de pression entre deux points du réservoir. La différence de pression est ensuite convertie en un niveau de liquide à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{Niveau} = (\text{Différence de pression} / (\text{Densité du fluide} * \text{Accélération gravitation})) \quad (2)$$

Les capteurs de pression pour la mesure du niveau d'eau sont disponibles dans une variété de styles et de tailles. Le type de capteur de pression sélectionné dépendra de l'application spécifique [6].

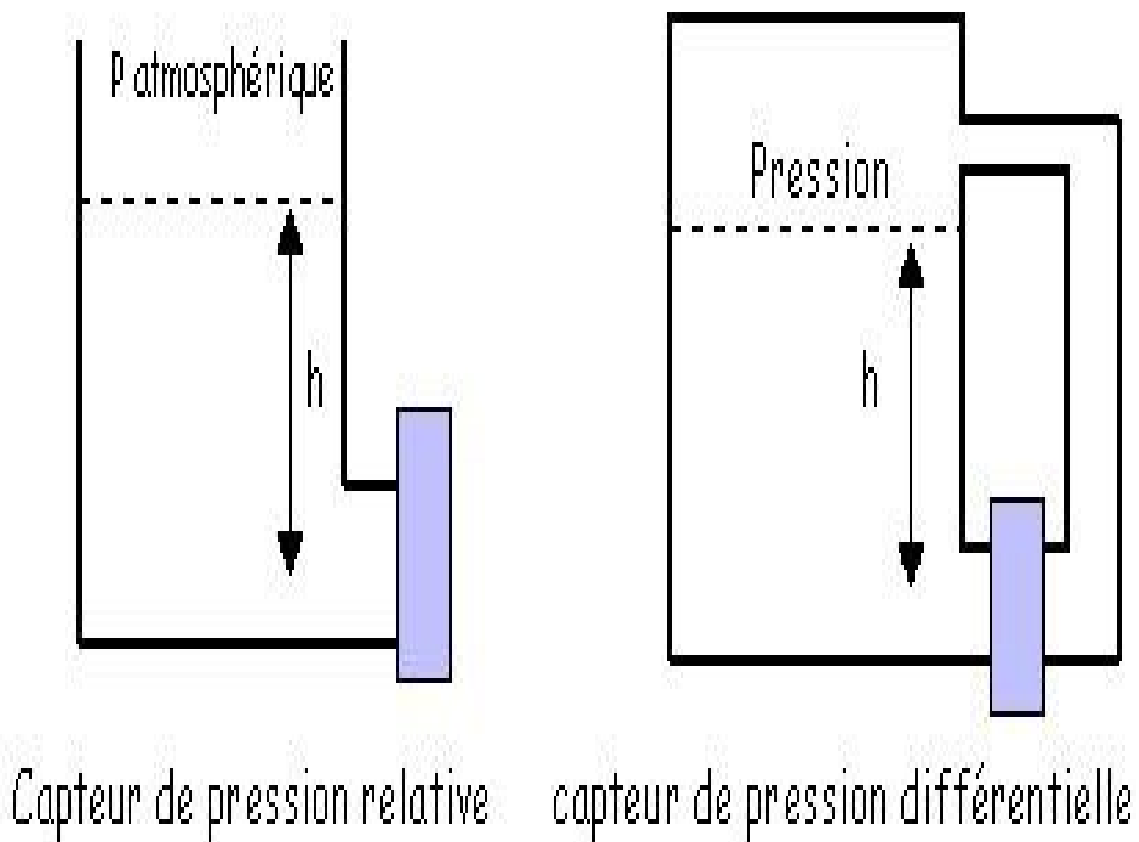


Figure. 1.9. Méthode de mesure par capteur de pression.

1.5 Comparaison caractéristique des différentes méthodes

Tableau 1.1 Comparaison caractéristique des différentes méthodes.

	Technologie	Etendue de mesure	Précision	Gamme de température	Pression max(bar)	Avantage	Inconvénient
Capteurs de niveau de mesure continu	Ultrason	0 à 50 m	1%	-20 à 80 °C	40	Economique	Moins précise que le radar
	Radar	0 à 30 m	1%	-40°C à +200°C	40	Technologie sans contact	Plus onéreuse
	Radiométrie (gamma)	0.1 à 10 m	0.1%à1%	-40°C à +80°C	10 à 200	Technologie sans contact	Cout élevé
Capteurs de niveau de mesure ponctuelle	Capteur optique	0 à 10 m	0.1%à1%	-20 à 50 °C	40	Ne nécessite pas de contact avec le fluide	La précision peut être affectée par les vibrations et les turbulences
	Sonde capacitive	0 à 10 m	1%	-20 à 85 °C	40	Applicable à une large gamme de fluides	Sensibilité à la température du fluide
	Flotteur	0.1 à 10 m	5%	-20 à 80 °C	10	Installation facile	Sensible aux mouvements du liquide
	Ponctuel	0 à 10 m	0.5%	-40°C à +85°C	-	Simplicité	Manque de continuité
	Capteur de pression	0.1 à 100 m	0.1%à1%	-40°C à +150°C	400	Précis et fiable	rare sur le marché

1.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fourni une compréhension approfondie des généralités sur les capteurs de mesure de niveau d'eau, leurs définitions, leurs fonctionnements ainsi que leurs compositions.

Les capteurs de niveau d'eau constituent une technologie essentielle pour la gestion efficace des ressources en eau. Le choix du capteur le plus adapté dépend des besoins spécifiques de l'application.

Dans le chapitre suivant, nous concevrons sur le logiciel SolidWorks les différentes parties et composantes mécaniques et électriques permettant la réalisation pratique du prototype de l'appareil de mesure.

Chapitre 2

Conception générale du prototype

2 Chapitre 2 Conception générale du prototype

2.1 Introduction

Le deuxième chapitre sera consacré à la conception mécanique réalisée sur le logiciel SolidWorks des différents composants du prototype. De plus, le câblage de la partie électrique et la partie commande est aussi présenté en détail dans ce chapitre.

Ce chapitre comporte également la conception des composants hydrauliques et électrique permettant le contrôle de l'appareil de mesure. Enfin, nous intégrerons toutes les conceptions antérieures et les relierons entre elles pour obtenir la conception finale du prototype.

2.2 Définition de SolidWorks

Le logiciel SolidWorks est un modéleur volumique appartenant à la société Dassault Systèmes. La première version date du 21 mars 1995. Ce logiciel permet de créer des pièces complexes en trois dimensions. Ces pièces peuvent être ensuite utilisées pour créer des mises en plan en 2D et des assemblages de plusieurs pièces entre elles. SolidWorks est un logiciel de cotation piloté. On peut spécifier des côtes et des rapports géométriques entre les éléments. Un changement de côté entraîne un changement de taille de la pièce, tout en préservant l'intention de conception. Un modèle SolidWorks est constitué de pièces, d'assemblages et de mise en plan. Les pièces, les assemblages et les mises en plan affichent le même modèle dans des documents différents. Les changements opérés sur le modèle dans l'un des documents se propagent aux autres documents contenant ce modèle [7]. Dans notre travail nous allons utiliser ce logiciel pour la réalisation des conceptions mécaniques, des différents composants nécessaires à la réalisation de notre appareil de mesure et prototype.

2.3 Conception de la partie mécanique du prototype

2.3.1 Châssis

Le châssis est l'élément central du prototype et le lien vital pour relier toutes les différentes pièces entre elles. Notre châssis comporte des renforts et des fixations préétablis, spécifiquement conçus pour le réservoir.

La figure 2.1 montre la conception mécanique 3D du châssis réalisée sur SolidWorks.

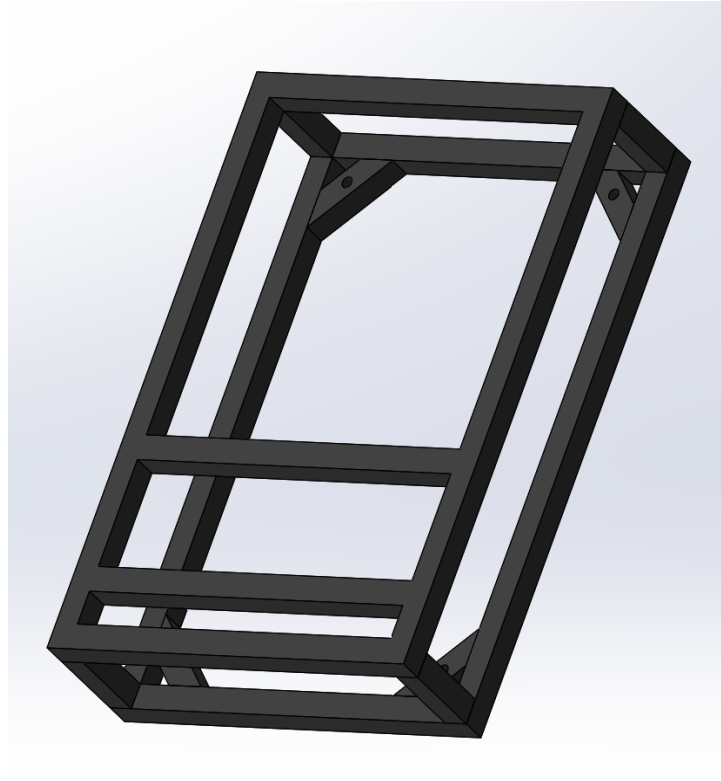


Figure. 2.1. Conception mécanique du châssis sur SolidWorks.

La mise en plan 2D et les dimensions réelles du châssis sont présentées dans la figure 2.2.

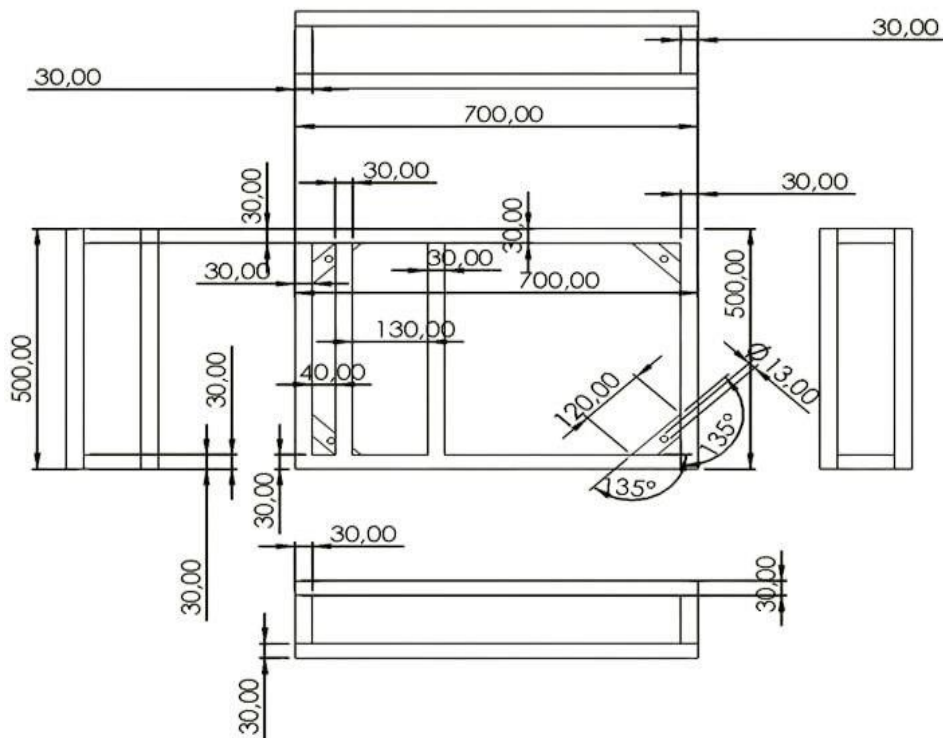


Figure. 2.2. Mise en plan du châssis sur SolidWorks.

2.3.2 Réservoir d'eau

Le réservoir d'eau du prototype est un élément essentiel qui permet de stocker l'eau. Il comporte une échelle graduée fraisée sur sa matière transparente, cette échelle joue un rôle très important dans la lecture de la valeur du niveau durant la phase de l'étalonnage des capteurs.

Le réservoir proposé possède les caractéristiques suivantes :

- Forme : parallélépipède rectangulaire à section carré 150 x150 [mm], (Voir figure 2.3 et figure 2.4).
- Hauteur maximale : 1100 [mm].
- Capacité du réservoir : 22 [L].
- Poids net : 1,3 [kg].

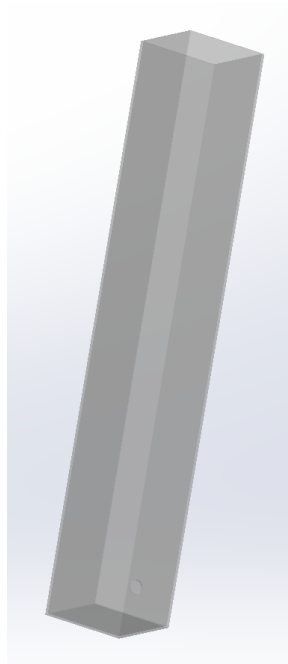


Figure. 2.3. Conception mécanique du réservoir sur SolidWorks.

La mise en plan et les dimensions réelles du réservoir sont présentées sur la figure 2.4

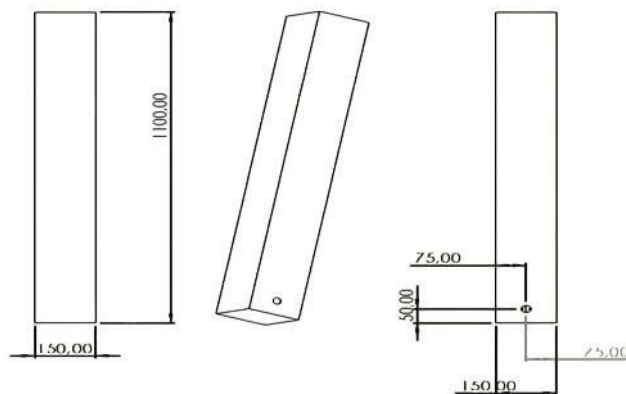


Figure. 2.4. Mise en plan du réservoir sur SolidWorks.

2.3.3 Pieds

Des pieds en caoutchouc sont fixés sous le châssis d'une manière esthétique. Ces pieds assurent une stabilité maximale en évitant tout glissement du prototype. La figure 2.5 montre la conception mécanique 3D des pieds réalisée sur SolidWorks.

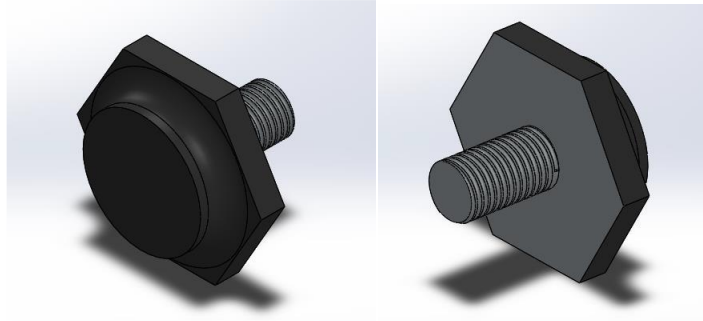


Figure. 2.5. Conception mécanique des pieds sur SolidWorks.

La mise en plan et les dimensions réelles du pied sont présentées sur la figure 2.6

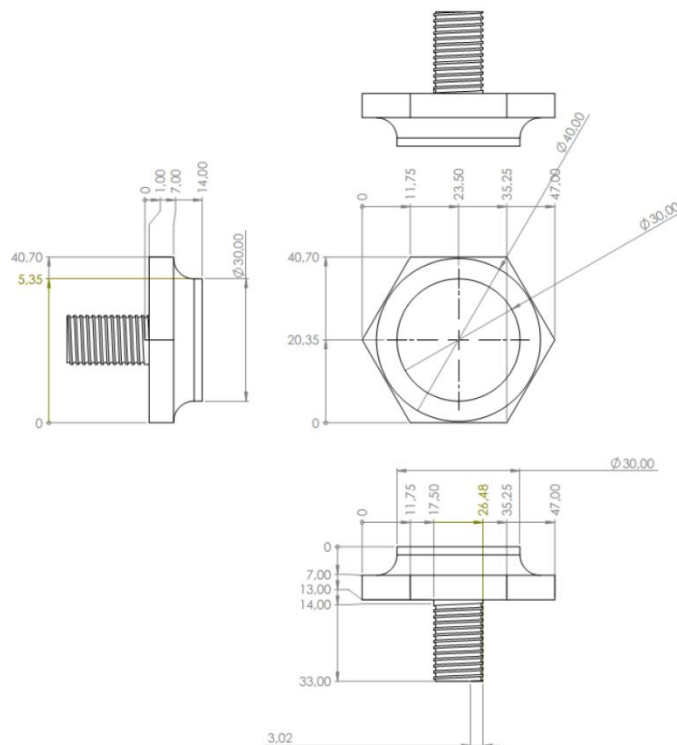


Figure. 2.6. Mise en plan du pied sur SolidWorks.

2.3.4 Poignées

Des poignées en acier robuste ont été ajoutées sur le côté du prototype. Ces poignées permettent un déplacement facile du prototype d'un endroit à un autre sans difficulté ni danger.

La figure 2.7 Montre la conception mécanique 3D des poignées réalisée sur SolidWorks.

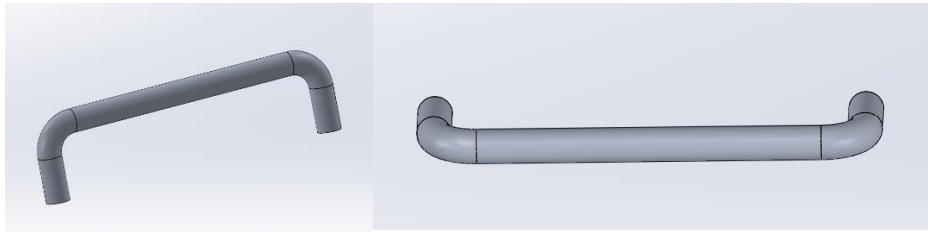


Figure. 2.7. Conception mécanique des poignées sur SolidWorks.

La mise en plan et les dimensions réelles de la poignée sont présentées dans la figure 2.8

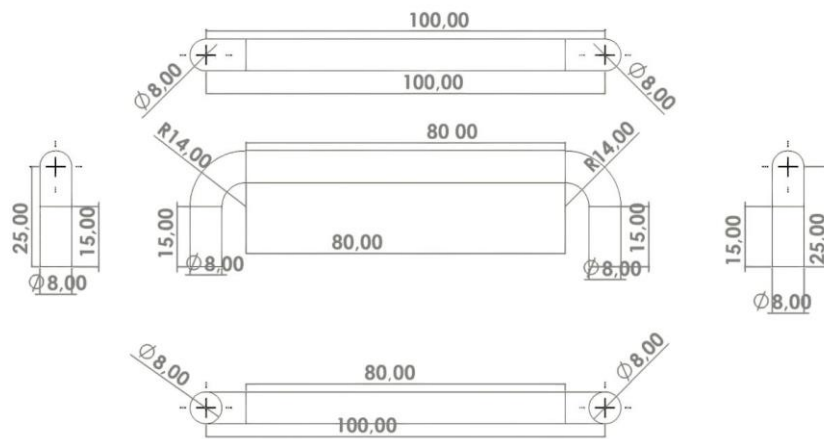


Figure. 2.8. Mise en plan de la poignée sur SolidWorks.

2.4 Conception de la partie électrique du prototype

2.4.1 Électrovanne à 2 voies

Cette électrovanne à boule en laiton est équipée d'un interrupteur manuel et d'un actionneur électrique. L'actionneur contrôle non seulement manuellement l'ouverture et la fermeture de la vanne, mais il peut également être contrôlé à distance par un signal électrique. L'eau ne peut s'écouler que dans une seule direction.

Le dispositif peut être utilisé pour ajuster la valeur du débit d'eau dans la ligne de décharge de notre prototype.

L'électrovanne utilisée possède les caractéristiques suivantes :

- Dimension : \varnothing 16 [mm]
- Type : deux voies
- Temps d'ouverture / fermeture : 15 [s]
- Tension : AC 220 [V] 50/60 [Hz]

La figure 2.9 montre la conception mécanique 3D de l'électrovanne à 2 voies réalisée sur SolidWorks.

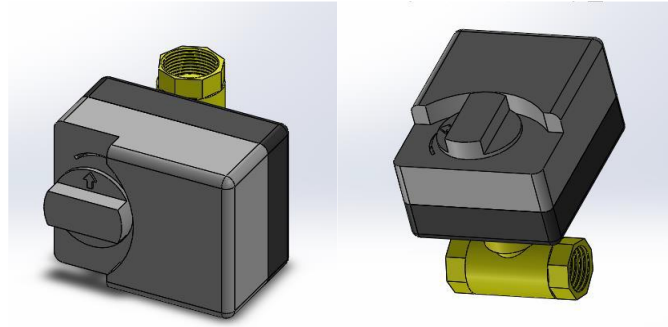


Figure. 2.9. Conception mécanique de l'électrovanne à 2 voies sur SolidWorks.

La mise en plan et les dimensions réelles de l'électrovanne à 2 voies sont présentées sur la figure 2.10.

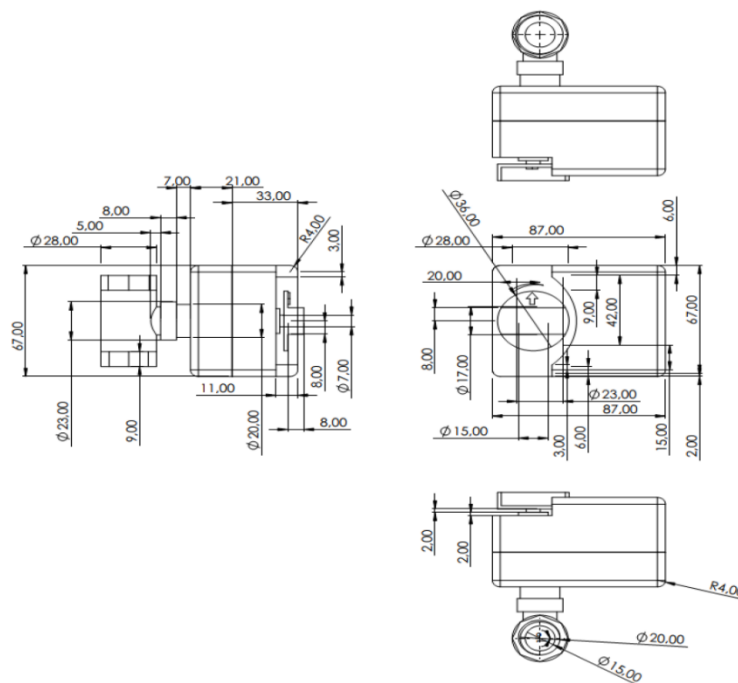


Figure. 2.10. Mise en plan d'électrovanne à 2 voies sur SolidWorks.

2.4.2 Capteur de pression

C'est l'élément principale de notre appareil de mesure, c'est un capteur de type piézoélectrique, produisant une charge électrique lorsqu'il est soumis à une déformation mécanique. L'application d'une pression entraîne un changement de forme du cristal piézoélectrique, qui à son tour crée une charge électrique. Pour déterminer la pression, cette charge est mesurée et des composants électroniques sont utilisés pour convertir la valeur analogique vers une valeur numérique, les données dans un format adapté à l'interface conçue pour afficher la mesure.

Le capteur de pression utilisé dans notre appareil de mesure doit avoir certaines caractéristiques, c'est un capteur de mesure sur commande (commander de la chine, n'existe pas en Algérie) qui doit avoir une plage de mesure spécifique à notre application avec une grande sensibilité et

précision sur cette plage de mesure, les principales caractéristiques de notre capteur de pression sont les suivantes :

- Tension d'alimentation : DC 5 [V]
- Tension signale de sortie : DC 4,5 [V]
- Précision : 0,2 [%]
- Plage de mesure de pression : 0 à 300 [mbar]

La figure 2.11 Montre la conception mécanique 3D du capteur de pression réalisée sur SolidWorks.

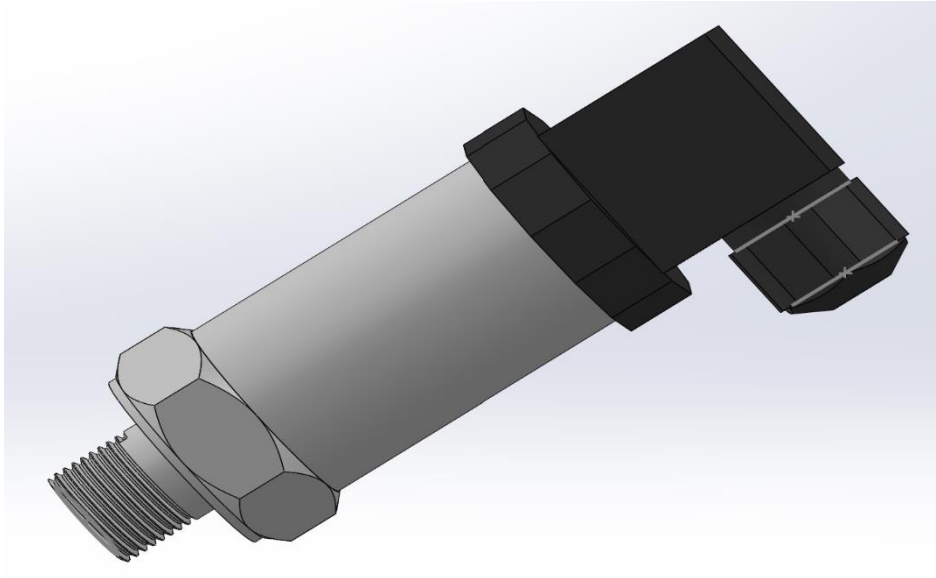


Figure. 2.11. Conception mécanique du capteur de pression sur SolidWorks.

La mise en plan et les dimensions réelles du capteur de pression sont présentées sur la figure 2.12.

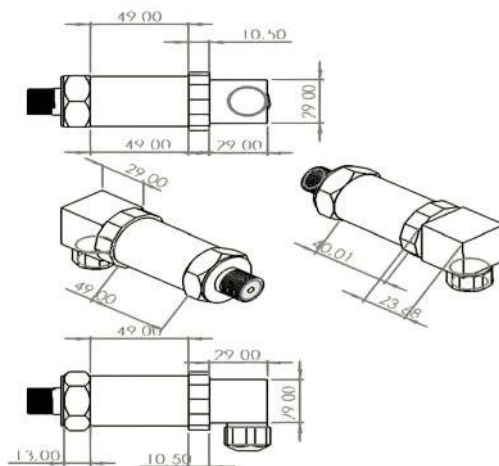


Figure. 2.12. Mise en plan du capteur de pression sur SolidWorks.

2.4.3 Carte Arduino UNO

L'Arduino UNO est une carte de développement open source qui facilite la création de projets électroniques. Elle intègre un microcontrôleur ATmega328P, capable de recevoir des instructions et de contrôler des composants électroniques. L'insertion de cette carte permet l'acquisition en temps réel des données émises par les capteurs et permet le contrôle à distance du prototype.

La figure 2.13 montre la carte Arduino UNO utilisée [8].

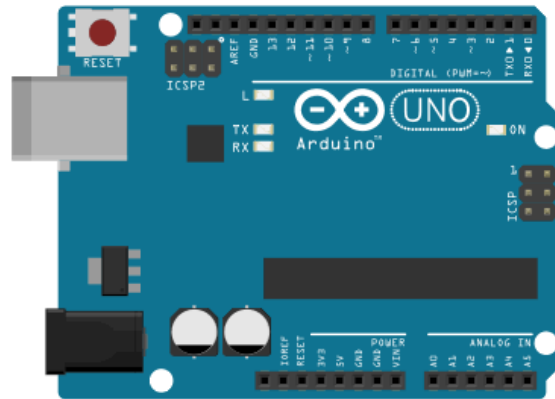


Figure. 2.13. Carte électronique Arduino UNO.

2.4.4 Plaque d'essai

Une plaque d'essai, aussi connue sous le nom de « breadboard » ou « protoboard », est un outil essentiel en électronique pour le prototypage des circuits. Elle est composée de nombreux orifices électriquement connectés entre eux de manière interne.

La figure 2.14 montre la plaque d'essai utilisée dans la réalisation de notre prototype.

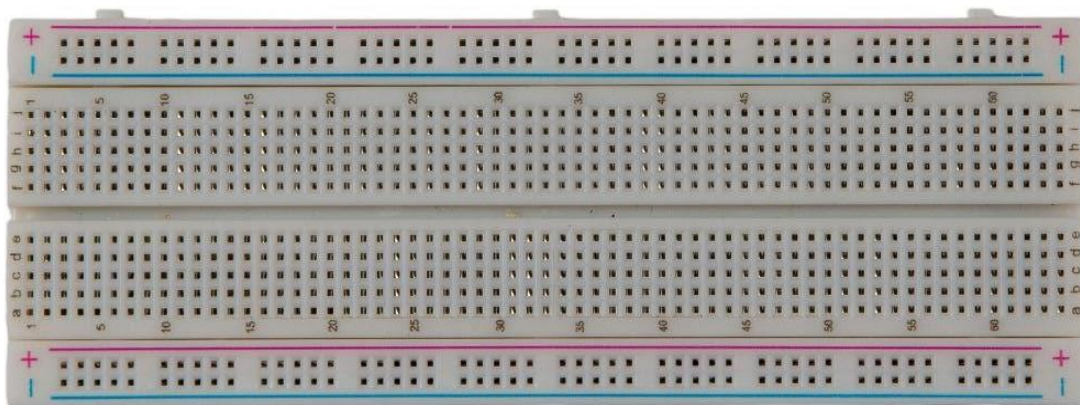


Figure. 2.14. Plaque d'essai.

2.4.5 Module wifi

Le capteur Wi-Fi ESP8266 est un circuit intégré avec un microcontrôleur permettant la connexion Wi-Fi. Ce module est intégré dans le circuit de commande pour le contrôle à distance du mode de

fonctionnement (économique / normal), ainsi que l'acquisition et la supervision à distance du niveau d'eau dans le réservoir.

La figure 2.15 montre le capteur Wi-Fi utilisé.

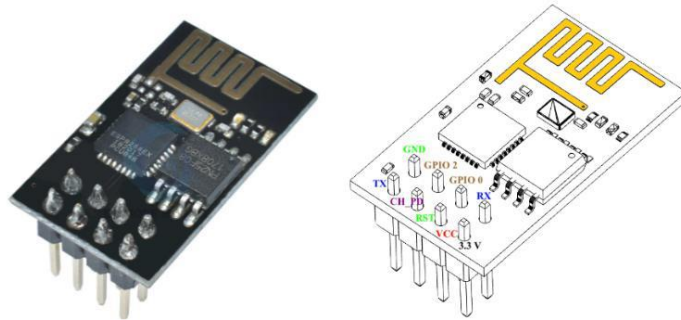


Figure. 2.15. Capture wifi ESP8266[9].

2.4.6 Module Bluetooth

Le module Bluetooth HC-05 permet de faire de la communication sans fil avec un ordinateur, un smartphone ou un autre module Bluetooth. Ce module est intégré dans le circuit de commande pour permettre la communication avec l'application smartphone développée, ce qui assure le contrôle de près de notre appareil de mesure [10].

La figure 2.16 montre le capteur Bluetooth utilisé.



Figure. 2.16. Capteur Bluetooth HC-05[11].

2.4.7 Indicateur lumineux

L'indicateur lumineux 240 [V] est un dispositif électrique conçu pour émettre une lumière de couleur lorsqu'il est alimenté par une tension de 240 [V]. Dans notre application ces indicateurs lumineux serviront à indiquer l'état marche/ arrêt :

Vert : mode normal

Rouge : mode économique

La figure 2.17 montre l'indicateur lumineux utilisé.

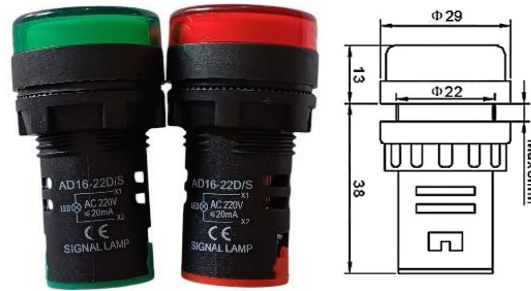


Figure. 2.17. Indicateur lumineux 240 [V].

2.4.8 Relais électrique

Le relais électrique est un interrupteur qui se commande avec une tension continue de faible puissance, la partie interruptrice sert à piloter des charges de forte puissance (jusqu'à 10A couramment), ce relais électrique est utilisé pour activer ou désactiver les électrovannes et les lampes lumineuses. Dans notre application les relais électriques servent à commander l'ouverture et la fermeture de l'électrovanne, ainsi que l'alimentation des indicateurs lumineux, les relais utilisés ont les caractéristiques suivantes :

- Tension d'alimentation : 5 [V]
- Tension de sortie : 220 [V]
- Courant de travail : 10 [A]

La figure 2.18 montre les relais électriques utilisés.



Figure. 2.18. Relais électriques.

2.4.9 Adaptateur d'alimentation

Un adaptateur d'alimentation est un appareil électronique permettant de convertir la tension et le courant d'entrée pour les rendre compatibles avec un appareil spécifique. Dans notre application

cette alimentation électrique est utilisée pour alimenter l'Arduino UNO. Cet adaptateur a permis aussi de préserver la carte Arduino contre les perturbations des signaux externe.

La figure 2.19 montre l'adaptateur d'alimentation utilisé.



Figure. 2.19. Adaptateur alimentation AC DC.

2.5 Conception de la partie hydraulique du prototype

2.5.1 Manomètre

Un manomètre est un dispositif qui mesure et affiche la pression à l'intérieur d'un circuit hydraulique. Cet appareil est utilisé au départ pour étalonner les capteurs de pression, après il servira comme appareil de mesure de la valeur de la pression en [bar].

Cet appareil de mesure à affichage numérique possède les caractéristiques suivantes :

- Plage de mesure : -100[KPa] / +250[KPa]
- Précision : 0,1 [%]
- Alimentation : batterie 3[V]

La figure 2.20 montre le manomètre utilisé :



Figure. 2.20. Manomètre digital.

2.5.2 Liquide utilisé

Le liquide antigel coloré permet à la fois de protéger le circuit hydraulique contre la corrosion, et facilite la lecture de la valeur du niveau du liquide dans le réservoir transparent, il offre aussi une meilleure visualisation de l'écoulement dans les différentes parties du circuit hydraulique.

La figure 2.21 montre liquide antigel utilisé.



Figure. 2.21. Antigél de marque NAFTAL.

2.6 Autres accessoires

Dans cette partie, nous présenterons les composants qui ont été utilisés pour établir les connexions entre tous les éléments hydrauliques, tels que les coudes, les raccords, les mamelons et les robinets, etc.

2.6.1 Mamelons

Le mamelon en plomberie est une pièce tubulaire courte, comportant un filetage mâle usiné à chacune de ses extrémités. Son rôle est d'assembler des sections de tuyauteries de différents diamètres et matériaux, la figure 2.22 représente la conception mécanique du mamelon (male-male)15mm sur SolidWorks.

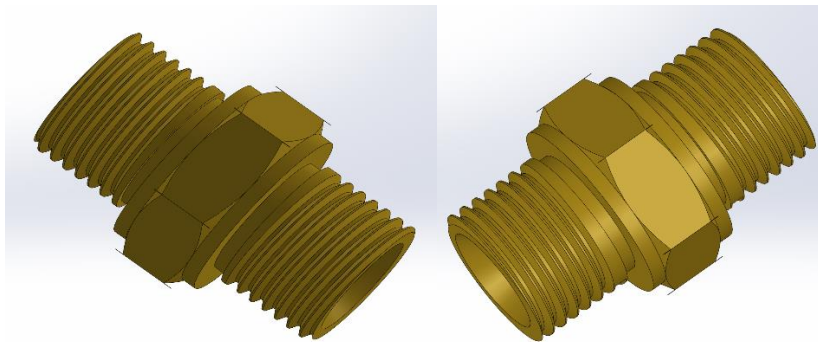


Figure. 2.22. Conception mécanique du mamelon (male-male)15mm sur SolidWorks.

2.6.2 Raccord

Les raccords hydrauliques jouent un rôle essentiel dans les systèmes hydrauliques, ils facilitent les connexions entre les composants. Ils permettent d'établir des liaisons hydrauliques rapides et efficaces, la Figure 2.23 représente Conception mécanique des raccords (femelle - femelle) 15mm sur SolidWorks.

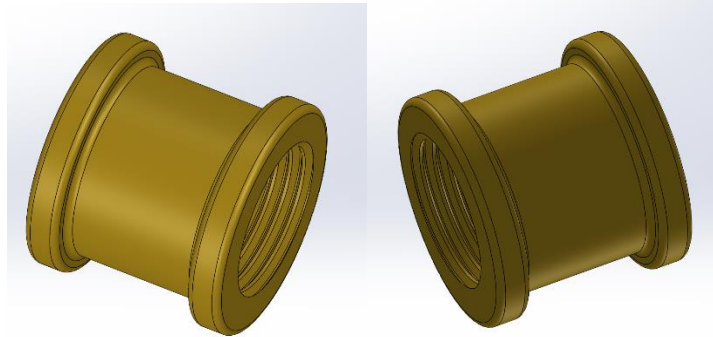


Figure. 2.23. Conception mécanique du raccords (femelle - femelle) 15mm sur SolidWorks.

2.6.3 Té femelle en laiton

Les raccords hydrauliques en forme de **T** jouent un rôle essentiel dans les systèmes hydrauliques, ils permettent de créer des jonctions fluides et de changer la direction du flux hydraulique. Dans notre application ces raccords sont utilisés pour le montage du capteur de pression et du manomètre digital, la Figure 2.24 représente conception mécanique du Té femelle 15mm en laiton sur SolidWorks.

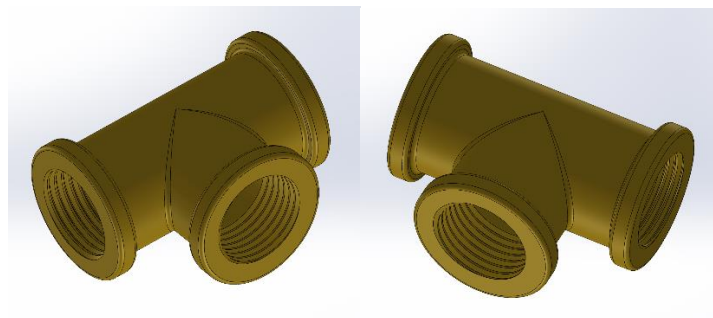


Figure. 2.24. Conception mécanique du Té femelle 15mm en laiton sur SolidWorks.

2.6.4 Vanne d'eau

Les vannes d'arrêt d'eau jouent un rôle crucial dans la plomberie domestique et d'autres systèmes industriels, les vannes d'arrêt sont conçues pour réguler ou arrêter le flux d'eau dans un système hydraulique, la Figure 2.25 représente conception mécanique du Vanne d'eau sur SolidWorks.

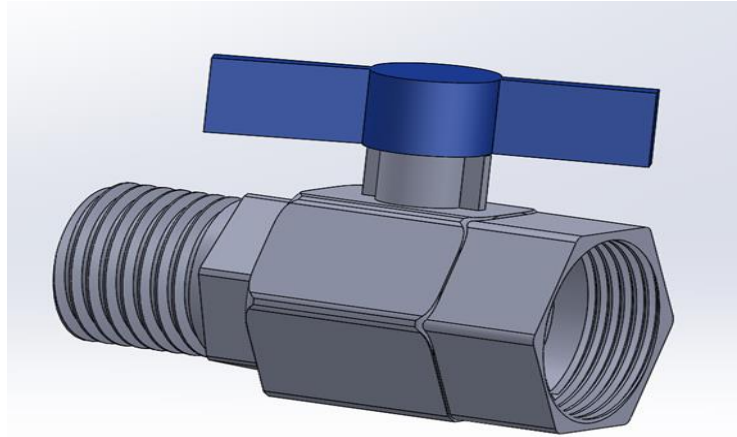


Figure. 2.25. Conception mécanique du Vanne d'eau sur SolidWorks.

2.6.5 Robinet d'eau

Un robinet est un dispositif mécanique utilisé pour contrôler le débit d'un fluide dans une installation hydraulique, il est utilisé dans notre prototype pour libérer l'eau du réservoir.

La figure 2.26 représente conception mécanique du robinet d'eau sur SolidWorks.

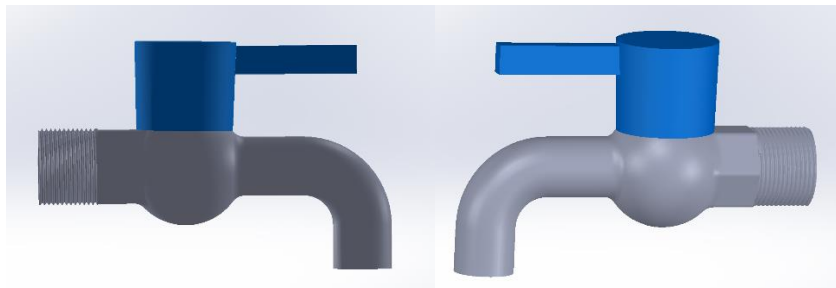


Figure. 2.26. Conception mécanique du robinet d'eau sur SolidWorks.

2.6.6 Adaptateur citerne (15 /21)

C'est un adaptateur en plastique, qui permet la liaison entre le réservoir et le circuit hydraulique.

La figure 2.27 représente adaptateur citerne (15 /21).

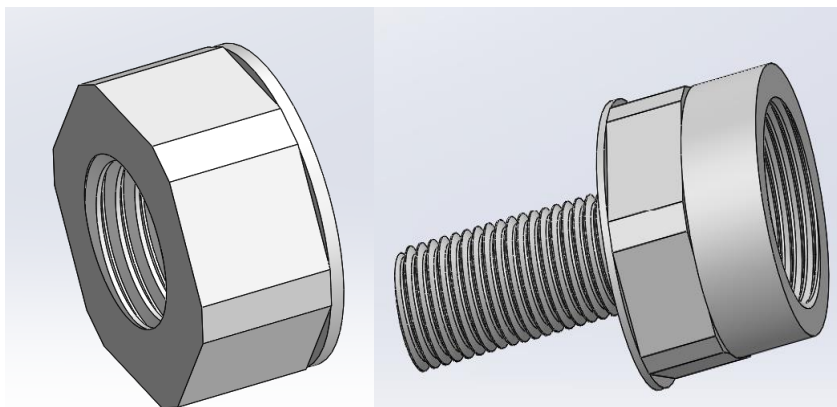


Figure. 2.27. Adaptateur citerne (15 /21).

2.7 Assemblage du prototype sur SolidWorks

Une fois la conception des composants du prototype terminée, on commencera le processus d'assemblage, dans le but d'obtenir une conception mécanique finale. Les étapes suivies durant le processus d'assemblage sur SolidWorks sont :

2.7.1 Assemblage et à l'habillage du châssis

Dans cette étape, on a procédé à l'assemblage et à l'habillage en Alucobond du châssis et à la fixation des poignées et des pieds comme présenté sur la figure 2.28.

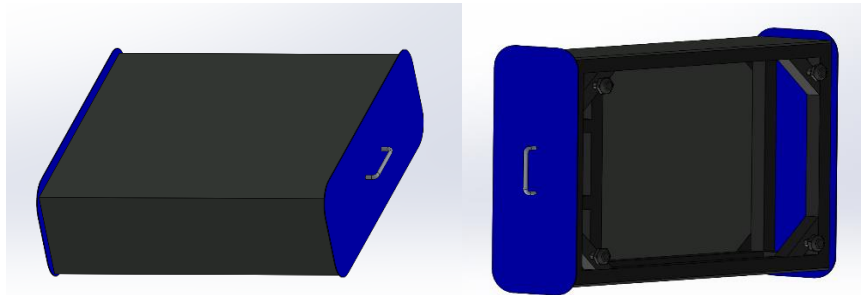


Figure. 2.28. Conception mécanique de l'assemblage et l'habillage du châssis sur SolidWorks.

2.7.2 Assemblage le tiroir dans le châssis

Dans cette deuxième étape, nous avons rassemblé le tiroir sur le châssis (voir figure 2.29), ce tiroir sert à loger la partie électrique et les composants électroniques du prototype.

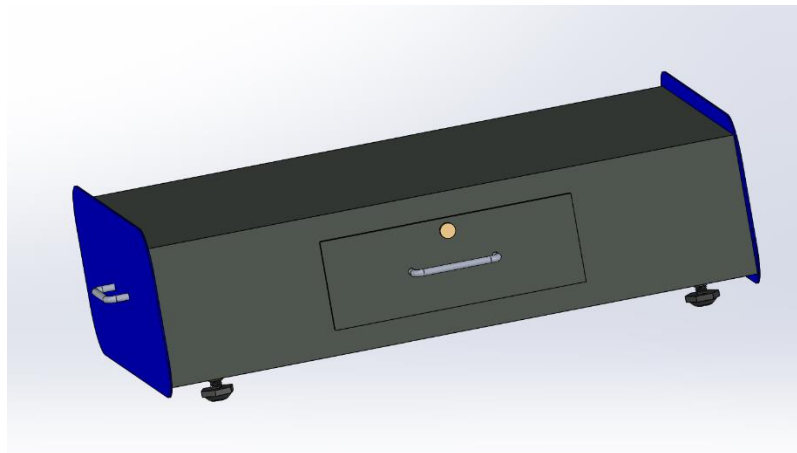


Figure. 2.29. Conception mécanique sur SolidWorks de l'assemblage Tiroir sur le châssis.

2.7.3 Assemblage du réservoir sur le châssis

Dans cette troisième étape, on a procédé à la fixation de réservoir sur le châssis à l'aide de 4 tiges filetées spécialement conçues et fabriquées pour cette tâche, comme présenté sur la figure 2.30.

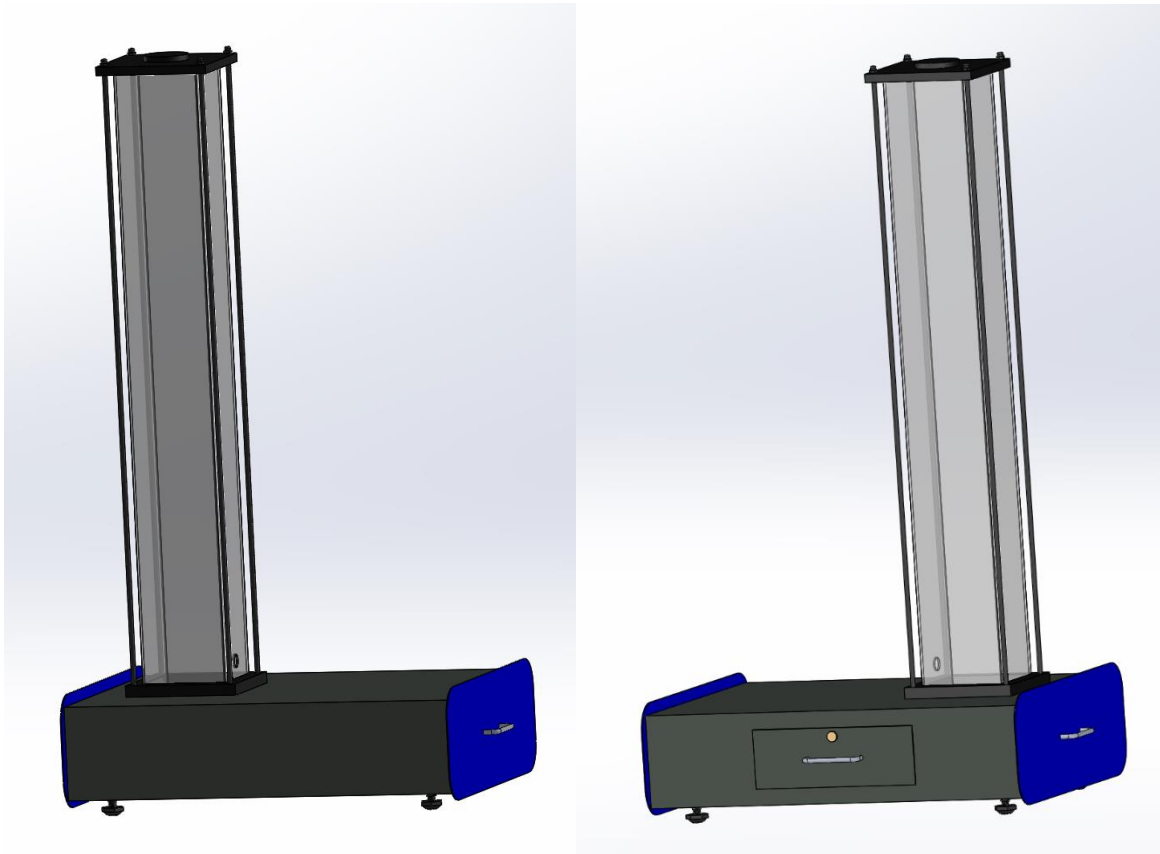


Figure. 2.30. Conception mécanique de l'assemblage du réservoir sur SolidWorks.

2.7.4 Assemblage les parties hydrauliques

Dans cette quatrième étape, nous allons assembler les différentes parties hydrauliques, commençant par la vanne d'arrêt, le manomètre digital, le capteur de pression, l'électrovanne en fin le robinet, cet assemblage est présenté sur la figure 2.31.

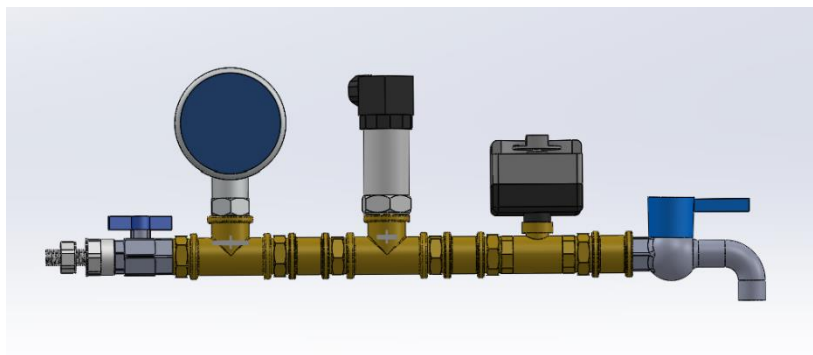


Figure. 2.31. Conception mécanique de l'assemblage des parties hydrauliques sur SolidWorks.

2.7.5 Assemblage final de toutes les parties et composants du prototype

Enfin, la figure 2.32 présente l'assemblage final de toutes les parties et composants du prototype, le circuit hydraulique avec ces accessoires, les actionneurs, les appareils de mesures, les indicateurs lumineux, etc.

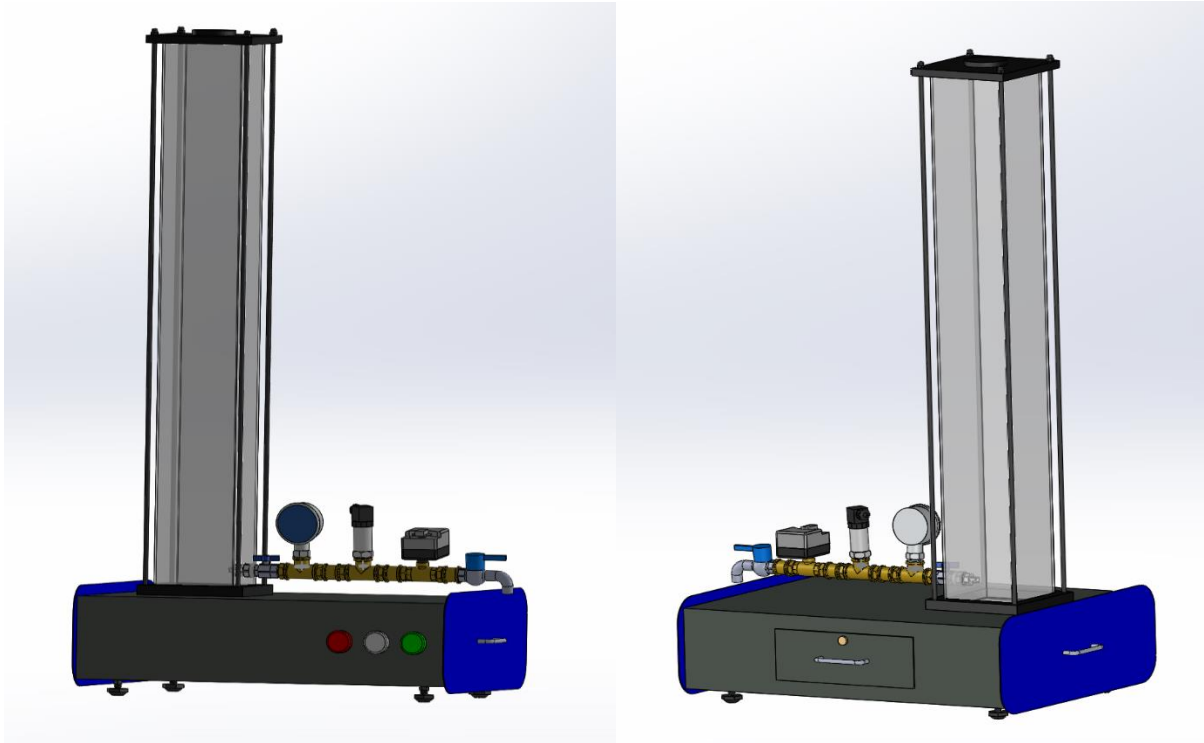


Figure. 2.32. Conception mécanique finale du prototype sur SolidWorks.

2.8 Câblage de la partie électrique du prototype

Après avoir obtenu la forme finale du prototype, nous passons à l'étape suivante qui est la réalisation des extensions électriques entre les différentes pièces électroniques : carte Arduino, capteur de pression, électrovanne, relais, module wifi, indicateur lumineux et alimentation.

La figure 2.33 représente le schéma de câblage électrique de la partie commande et puissance du prototype.

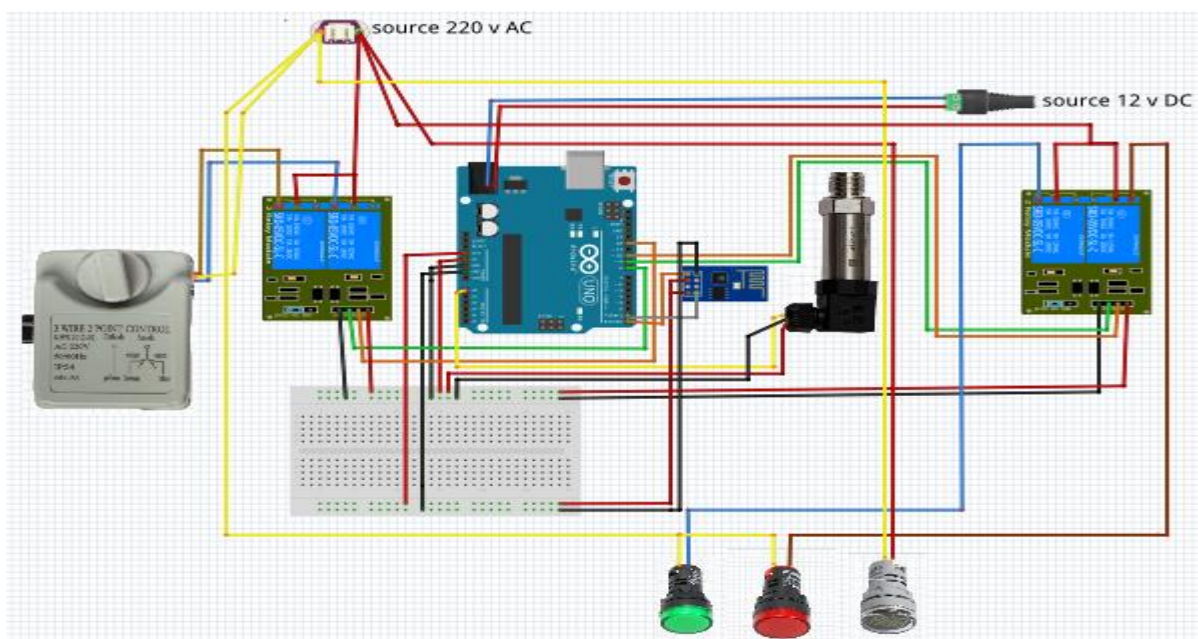


Figure. 2.33. Câblage de la partie électrique du prototype.

Les Pins utilisées pour le câblage des différents capteurs et actionneurs avec l'Arduino sont :

- Capteur de pression : est connecté à la Pin analogique (A0).
- Les relais électriques : sont connectés aux Pins numériques (8, 9, 11 et 12).

2.9 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre la conception mécanique des différentes pièces et parties du de notre prototype sur SolidWorks. Nous avons réussi à concevoir, modéliser et assembler facilement les différentes parties. Nous avons présenté aussi la conception en 3D, la mise en plan et l'assemblage des pièces.

Le programme « Fritzing » nous a permis de concevoir facilement le circuit électrique de commande et de puissance, le câblage des différentes pièces électroniques tel que, la carte Arduino, le capteur de pression, l'électrovanne ..., etc. est présenté en détail dans ce chapitre.

Ce chapitre nous a permis d'obtenir un premier aperçu sur le prototype, le chapitre suivant sera consacré à sa réalisation pratique.

Chapitre 3

Réalisation et test pratique du prototype

3 Chapitre 3 Réalisation et test pratique du prototype

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, on va présenter les étapes de réalisation pratique du prototype. Une fois cela terminé, on procède au développement d'une interface sur smartphone, permettant le contrôle à distance et l'acquisition des données à distance.

La procédure de l'étalonnage du capteur de pression sera discutée en détail dans ce chapitre.

3.2 Etapes de réalisation pratique du prototype

3.2.1 Etape 1 : réalisation du châssis

Cette étape comporte :

- Achat et découpe des tubes métalliques formant le châssis.
- Soudure des parties du châssis, dans le respect des dimensions proposées.
- Application du revêtement protecteur pour prévenir la corrosion.

La forme finale du châssis est représentée sur la figure 3.1.



Figure. 3.1. Structure du châssis après soudure et revêtement.

3.2.2 Etape 2 : habillage du châssis par Alucobond

Dans cette étape on procède à la phase d'habillage en utilisant de l'Alucobond noir (mat) au milieu, et bleu sur les deux côtés. Pour une bonne stabilité du prototype des pieds en caoutchouc ont été mis en place. Des poignées en métal ont été ajoutées sur les deux côtés pour faciliter le déplacement du prototype d'un endroit à un autre.



Figure. 3.2. Structure du châssis après habillage.

3.2.3 Etape 3 : montage du tiroir dans le châssis

Dans cette étape, le tiroir comportant toute la partie électrique est monté sur le châssis, ce qui offre un accès facile pour une éventuelle modification ou maintenance.

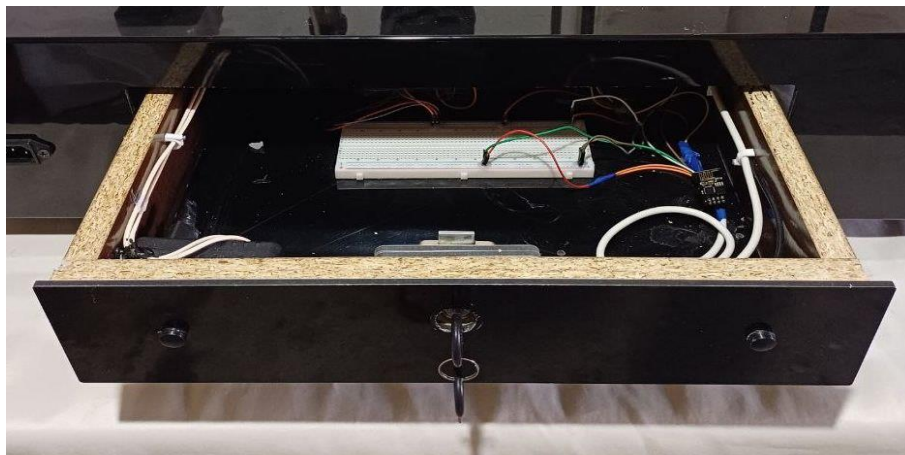


Figure. 3.3. Montage du tiroir dans le châssis.

3.2.4 Etape 4 : réalisation et montage du réservoir

Faute de disponibilité de réservoir aux dimensions requises sur le marché, nous avons décidé de le fabriquer nous-mêmes, en utilisant une feuille de PMMA de 3 mm de couleur transparente qui permet de voir ce qu'il y a à l'intérieur du réservoir. Pour faciliter le processus de pliage et d'enroulement des bords du réservoir, nous avons chauffé la feuille à l'aide d'une résistance thermique pour obtenir la forme d'un parallélépipède rectangulaire du réservoir, nous avons fixé ses bords définitifs avec de la colle spéciale. En fin nous avons gravé des graduations centimétriques sur la façade avant avec un laser. La figure 3.4 illustre le réservoir fabriqué fixé sur le châssis.



Figure. 3.4. Montage du réservoir sur le prototype.

3.2.5 Etape 5 : obtention de la version finale du prototype.

Dans cette étape nous avons :

- Installer le capteur de pression, l'électrovanne et le manomètre digital
- Fixer la tuyauterie à l'aide d'accessoires de fixation.
- Appliquer le téflon liquide pour assurer l'étanchéité du circuit.
- Remplir le réservoir avec du liquide antigel.
- Monter trois voyants lumineux (blanc : sous tension / vert : mode normal / rouge : mode économie d'énergie).
- Insérer notre logo ainsi que le logo de notre université.

En fin le prototype en sa version finale est présenté sur la figure 3.5.

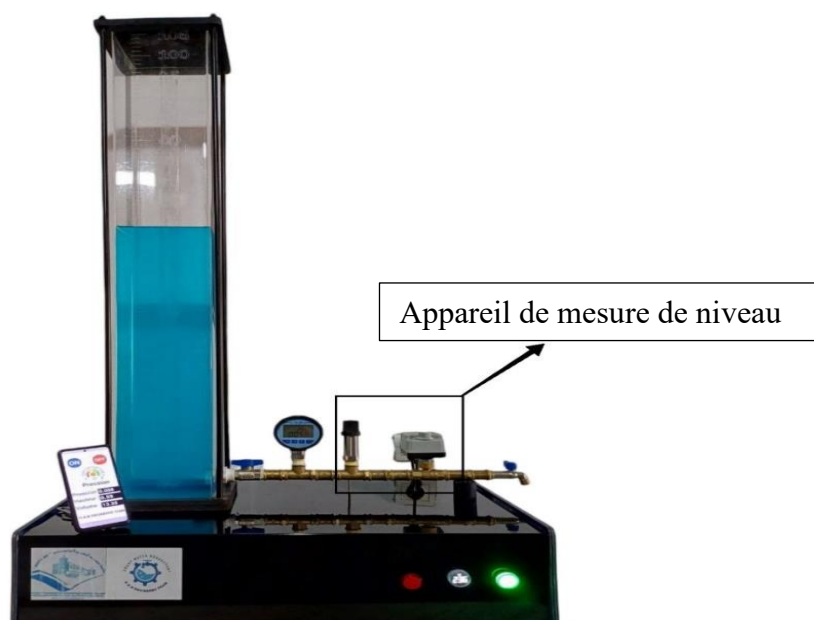


Figure. 3.5. Photo réelle du prototype réalisée.

3.2.6 Etape 6 : réalisation du câblage électrique

Le câblage électrique entre les différentes pièces électroniques, (Carte Arduino, capteur de pression, électrovanne, le relai (5V /220V), indicateurs lumineux et alimentation), est représenté sur la figure 3.6.

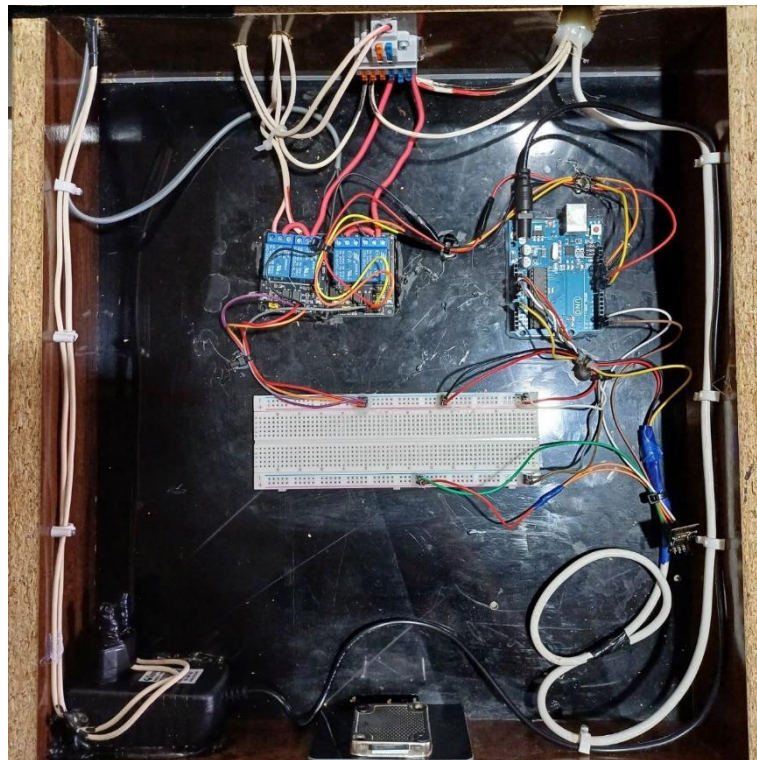


Figure. 3.6. Câblage électrique du prototype.

3.3 Interface de l'application

L'interface graphique a été développée à l'aide de l'application Remote XY, qui permet de créer facilement une interface utilisateur graphique pour contrôler l'appareil de mesure à l'aide d'un smartphone ou d'une tablette.

Méthodes de connexion prises en charge :

- Internet sur un serveur cloud avec capteur Wifi : permet la communication et le contrôle à distance l'appareil de mesure via l'application smartphone développée.
- Point d'accès avec capteur wifi : cette carte wifi permet de créer un point d'accès.
- Bluetooth : permet la communication et le contrôle à distance de l'appareil de mesure via une application sur smartphone.

L'interface graphique développée est présentée dans la figure 3.7 :

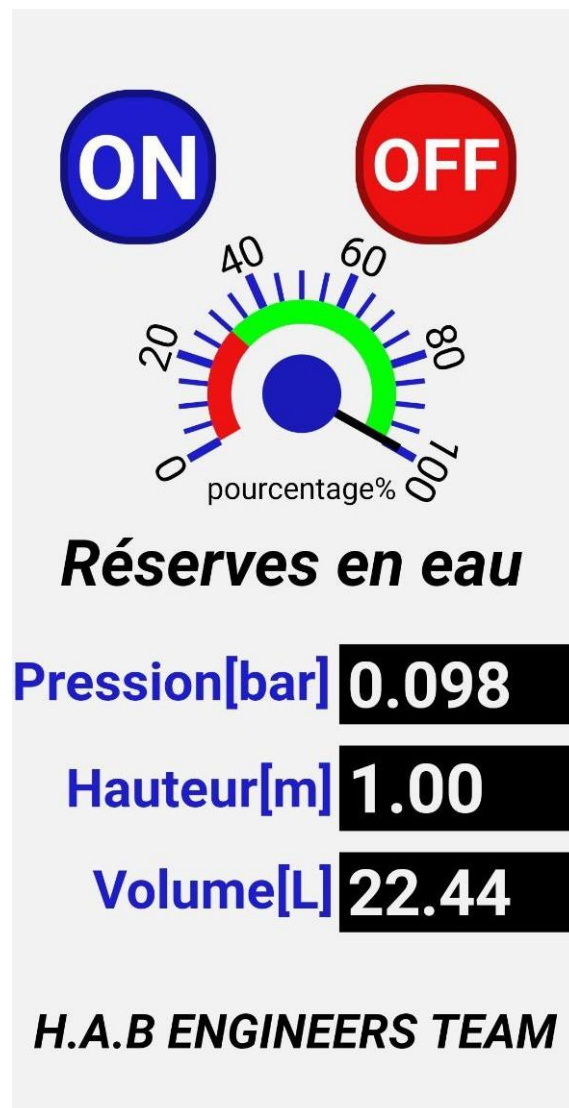


Figure. 3.7. Interface développée pour le contrôle de l'Appareil de mesure.

Dans l'interface de l'application on a :

- Les deux boutons (ON / OFF) : permettent le contrôle en ouverture et fermeture de l'électrovanne.
- Un afficheur de réserves en eau : cet afficheur à aiguille permet aux utilisateurs de connaître le pourcentage de la quantité d'eau restante dans le réservoir, c'est l'indicateur principale de notre appareil de mesure de niveau.
- Un afficheur de pression : permet l'affichage de la valeur de la pression en sortie du réservoir en [bar].
- Un afficheur de hauteur : permet l'affichage de la valeur de la hauteur de l'eau dans le réservoir en [mètre]

A partir de la pression mesurée par l'appareil de mesure, le niveau de l'eau dans le réservoir est calculé à l'aide de l'équation de Bernoulli :

$$P = \rho * g * H \quad (3)$$

L'appareil de mesure calcule le niveau en fonction de la pression mesurée à l'aide de l'équation (4) obtenue et l'affiche sur l'écran de l'utilisateur.

$$H = \frac{P}{\rho_{eau} * g} \quad (4)$$

- Afficheur de volume : permet l'affichage de la valeur du volume d'eau dans le réservoir en [litre]

En fonction de la forme et des dimensions ainsi que le niveau d'eau dans le réservoir, l'appareil de mesure calcule le volume d'eau selon la formule (5) :

$$V = longueur \times largeur \times hauteur \times 1000 \quad (5)$$

3.4 Réalisation de l'étalonnage du capteur de pression

L'étalonnage est une opération qui concerne les appareils de mesure. Deux instruments de conception différente et de même gamme (même marque, même modèle) ne réagissent pas exactement de la même manière. La procédure d'étalonnage est donc nécessaire pour obtenir les mêmes résultats à partir des mêmes conditions initiales.

3.4.1 Étalonnage du capteur de pression

Pour résoudre le problème des écarts de mesures enregistrés lors des tests entre le capteur de pression et le manomètre à affichage digital, une série de mesure a été menée au laboratoire, Les résultats des mesures sont présentés dans le tableau 3.1 :

Tableau.3.1 Mesures enregistrées lors de la procédure de l'étalonnage du capteur de pression.

Pression_cap[bar]	Pression_mano_digital[bar]
0.001	0.004
0.007	0.010
0.017	0.020
0.026	0.0295
0.036	0.039
0.046	0.049
0.055	0.059
0.065	0.069
0.075	0.079
0.084	0.0885
0.094	0.099

La figure 3.8 représente la pression donnée par le manomètre en fonction de la pression du capteur, ce qui indique une relation proportionnelle entre les deux mesures.

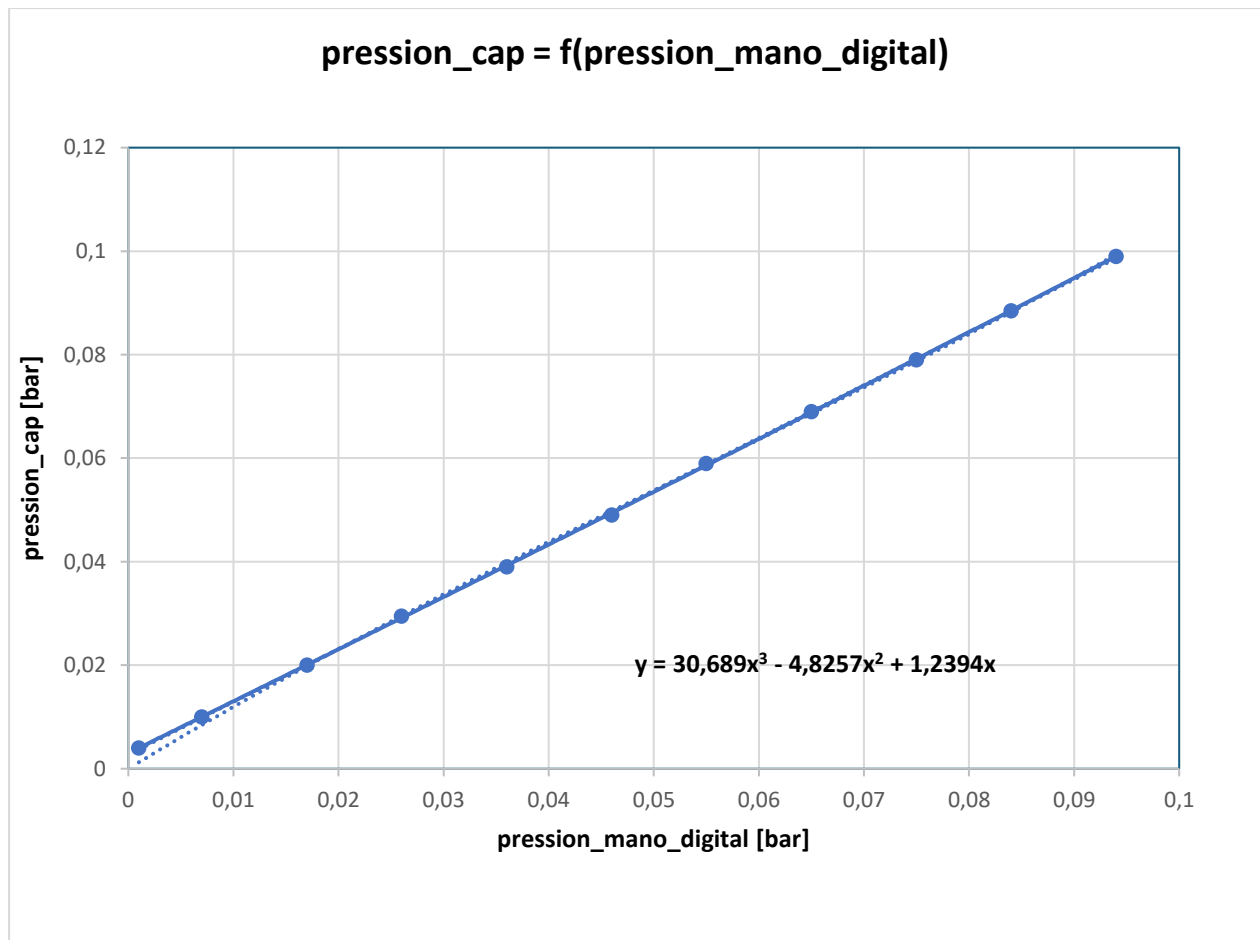


Figure. 3.8. Courbe d'étalonnage du capteur pression.

En utilisant l'équation de la courbe tracée dans Excel, la relation entre le capteur de pression et le manomètre peut être établie comme suit :

$$y = 30,689x^3 - 4,8257x^2 + 1,2394x \quad (6)$$

Cette équation est utilisée par la suite dans le programme de calcul « Arduino » pour assurer l'étalonnage de ce capteur.

3.4.2 Ajustement de hauteur

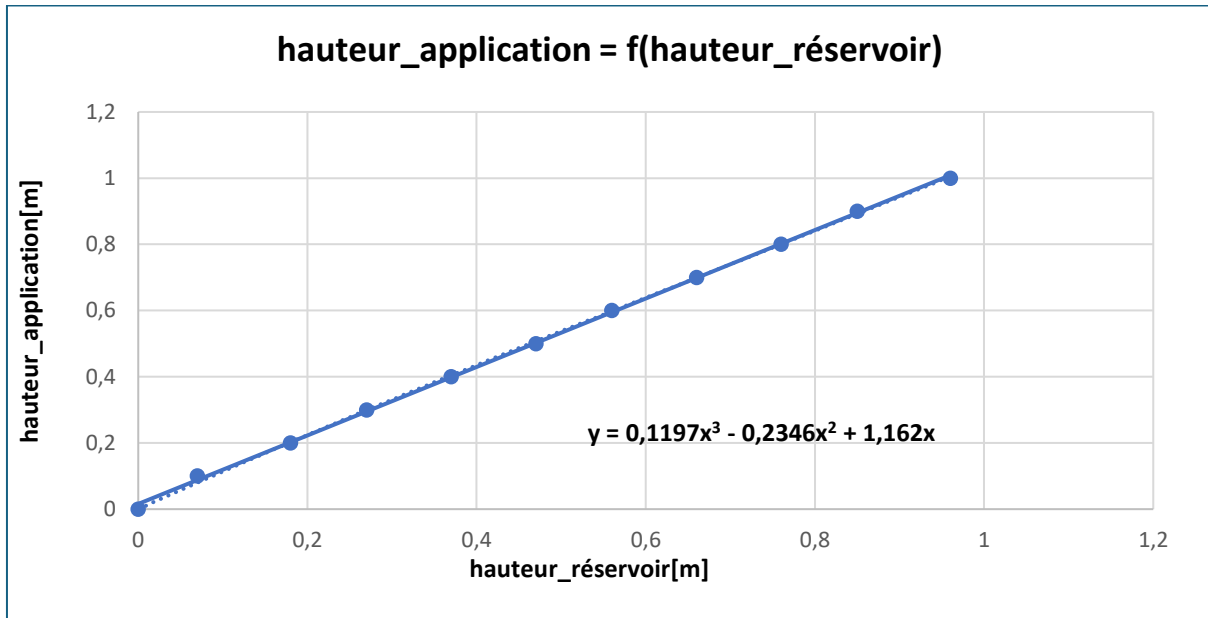
Afin de résoudre les écarts de mesure entre les valeurs de niveau du réservoir et les valeurs affichées par l'application (à partir de la pression mesurée précédemment), une série de mesures a été effectuée pour déterminer les hauteurs de part et d'autre.

Les résultats des mesures sont présentés dans le tableau 3.2 :

Tableau 3.2 Mesures des hauteur enregistrées lors de la procédure de l'étalonnage de niveau.

Hauteur App [m]	Hauteur réservoir [m]
0.0	0.0
0.07	0.10
0.18	0.20
0.27	0.30
0.37	0.40
0.47	0.50
0.56	0.60
0.66	0.70
0.76	0.80
0.85	0.90
0.96	1.00

La figure 3.9 montre les valeurs de la hauteur de l'eau dans le réservoir en fonction des valeurs issus de l'application, illustrant la relation proportionnelle entre les deux mesures.

**Figure. 3.9.** Courbe d'ajustement de la hauteur.

En utilisant la formule de la courbe tracée sur Excel, nous avons pu déterminer la relation entre le niveau d'eau dans le réservoir et la valeur correspondante figurant sur l'application :

$$y = 0,1197x^3 - 0,2346x^2 + 1,162x \quad (7)$$

Cette équation est utilisée par la suite dans le programme de calcul « Arduino » pour assurer l'ajustement du niveau d'eau dans le réservoir.

3.5 Tests pratiques du prototype

L'objectif d'effectuer des tests pratiques sur le prototype est d'identifier d'éventuels problèmes qui peuvent apparaître lors de l'utilisation de l'appareil. Ces tests pratiques permettent de vérifier le niveau de fiabilité et de précision de notre appareil de mesure de niveau. Notre but dans tout ça est de satisfaire les besoins et les attentes des utilisateurs.

3.5.1 Première test de vérification de la valeur de la pression

Ce test permet la vérification de la valeur de la pression affichée sur le manomètre à affichage digital d'une part, et sur l'application smart phone développée d'autre part, pour ce test la hauteur d'eau mesurée sur le réservoir est de 0,90 [m] comme le montre la figure 3.10.

Pour cette hauteur la valeur de pression correspondante est de 0,088 bar.



Figure. 3.10. Comparaison du premier résultat.

A travers les résultats obtenus durant ce test, nous constatons que la valeur de la pression mesurée sur le réservoir et celle affichée sur l'application smart phone correspond parfaitement à la valeur relevée sur le manomètre digital.

3.5.2 Deuxième test de vérification de la valeur de la pression

Ce test permet la vérification de la valeur de la pression affichée sur le manomètre à affichage digital d'une part, et sur l'application smart phone développée d'autre part, pour ce test la hauteur d'eau mesurée sur le réservoir est de ,050 [m] comme le montre la figure.3.11.

Pour cette hauteur la valeur de pression correspondante est de 0,049 bar.

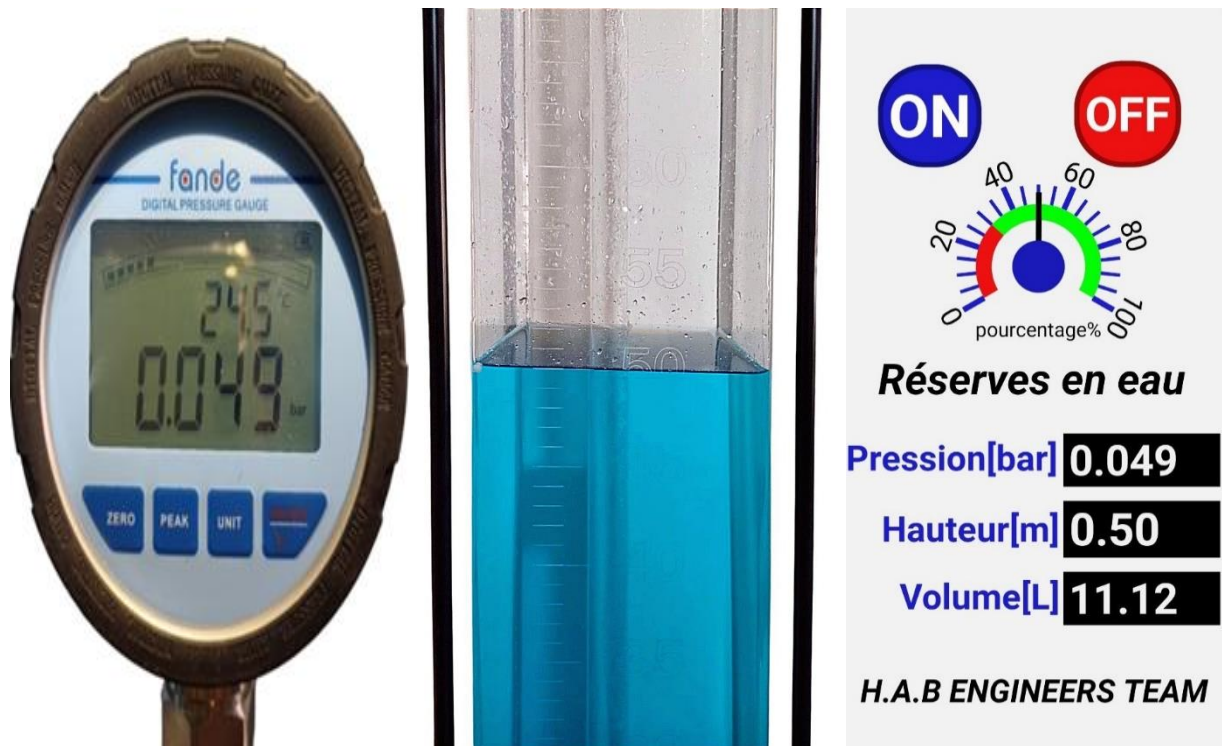


Figure. 3.11. Comparaisons du deuxième résultat.

A travers les résultats obtenus durant ce test, nous constatons que la valeur de la pression mesurée sur le réservoir et celle affichée sur l'application smart phone correspond parfaitement à la valeur relevée sur le manomètre digital.

3.5.3 Troisième test de vérification de la valeur de la pression

Ce test permet la vérification de la valeur de la pression affichée sur le manomètre à affichage digital d'une part, et sur l'application smart phone développée d'autre part, pour ce test la hauteur d'eau mesurée sur le réservoir est de 0,30 [m] comme le montre la figure 3.12.

Pour cette hauteur la valeur de pression correspondante est de 0,029 bar.



Figure. 3.12. Comparaisons du troisième résultat.

A travers les résultats obtenus durant ce test, nous constatons que la valeur de la pression mesurée sur le réservoir et celle affichée sur l'application smart phone correspond parfaitement à la valeur relevée sur le manomètre digital.

D'après les résultats obtenus à partir des tests pratiques effectués nous pouvons confirmer le haut niveau de fiabilité et de précision qu'offre notre appareil de mesure.

3.5.4 Mode économique

Notre appareil de mesure permet l'activation du mode économique lorsque le niveau d'eau dans le réservoir atteint une certaine valeur, cette valeur dépend de la forme du réservoir et doit être ajuster pour chaque utilisateur, cette valeur est programmée pour notre cas de test à 30 %. Ce qui signifie que le mode économique est automatiquement activé par le microcontrôleur quand les réserves en eau baissent sous la barre de 30 %, dans ce cas le microcontrôleur ferme partiellement l'électrovanne et réduit ainsi la vitesse d'écoulement. Les figures 3.13 et 3.14 montrent clairement ce principe de fonctionnement :



Figure. 3.13. Vitesse d'écoulement en mode normale.



Figure. 3.14. Vitesse d'écoulement en mode économique.

3.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté en détail les étapes de la réalisation pratique du prototype, commençant par la construction du châssis, du réservoir ainsi que la réalisation des circuits hydrauliques et électriques.

Le développement de l'interface de l'application smartphone est discuté en détail dans ce chapitre, cette interface permet le contrôle à distance de notre appareil de mesure via une connexion Wi-Fi ou Bluetooth. Ainsi, l'appareil de mesure est commandable à distance et permet d'acquérir toutes les données liées au réservoir à savoir : réserves en eau, pression, volume, etc.

En outre, nous avons procédé à l'étalonnage minutieux de notre appareil de mesure. Enfin de ce chapitre nous avons effectué une série de mesures à distance sur le prototype, d'après les résultats obtenus nous pouvons confirmer le haut niveau de fiabilité et de précision qu'offre notre appareil de mesure.

Conclusion générale

Conclusion Générale

En conclusion, mesurer le niveau d'eau avec un capteur de pression est une solution technologique intéressante pour les particuliers qui souhaitent améliorer la gestion de l'eau dans leur habitation. Il offre de nombreux avantages en termes de précision, de fiabilité et de simplicité. Cependant, un entretien régulier et un calibrage adéquat à l'installation sont nécessaires.

Dans ce projet de fin d'étude nous avons réalisé les différentes conceptions mécaniques des différents composants du prototype. Nous avons pu concevoir, modéliser et assembler ces différentes pièces facilement. Notre démarche comprenait des tests et des simulations à trois niveaux différents : conception 3D, dessin technique et assemblage des pièces. L'utilisation de programme « Fritzing » a permis de construire une interface pour câbler simplement la partie électrique, de choisir les composants nécessaires au projet et d'établir les connexions électriques entre eux. Cette approche nous a permis d'avoir une vue d'ensemble préliminaire avant d'aller sur le terrain pour une réalisation pratique, ce qui nous a permis d'identifier d'éventuels problèmes tout en économisant du temps et de l'argent.

Les étapes les plus élémentaires de l'assemblage de notre prototype sont pratiquement entièrement détaillées dans ce mémoire, depuis la construction du châssis jusqu'à la finalisation du prototype et l'assemblage du circuit électrique. Une interface d'application smartphone a été développée pour contrôler l'appareil de mesure en cours d'expérimentation via Wi-Fi ou Bluetooth. L'appareil de mesure est commandable à distance et permet d'acquérir toutes les données liées au réservoir. Une fois l'appareil de mesure est étalonné, une série de tests d'investigation à distance a été réalisée via l'application smartphone et l'interface développée.

D'après les résultats obtenus à partir des tests pratiques effectués nous pouvons confirmer le haut niveau de fiabilité et de précision qu'offre notre appareil de mesure.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Société Nationale des Ingénieurs Professionnels de France (SNIPF), Capteurs ultrasoniques, 2021. Disponible en ligne : SNIPF Capteurs ultrasoniques
- [2] REALPARS, « realpars, ». [En ligne]. [Accès le 22 03 2024] Available : <http://www.realpars.com>
- [3] Endress+Hauser, Radar continous level measurement, Documentation technique, 2022. Disponible en ligne : Endress+Hauser Radar Level Measurement.
- [4] Alok Saikia, formation industrielle à la raffinerie de Numaligarh Limited, CENTRAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY KOKRAJHAR, india,13/09/2015.
- [5] AUTOMATION24, « automation24, ». [En ligne]. [Accès le 22 03 2024] Available : <https://www.automation24.fr/principes-de-mesure-du-niveau>.
- [6] M.K. MIHOUBI, Instrumentation et Technique de mesures *Polycopie de Cours école nationale supérieure d'Hydraulique, Blida, 2011/2012*
https://www.academia.edu/9908680/mesure_et_instrumentation.
- [7] SolidWorks, « SolidWorks.com, » solidworks.com, [En ligne]. [Accès le 27 03 2024] Available : <https://www.solidworks.com/>
- [8] Arduino, « Arduino, ». [En ligne]. [Accès le 22 06 2024] Available : <https://www.arduino.cc/>.
- [9] ESP8266, « ESP8266, » CAPTEUR WIFI ESP8266, [En ligne]. [Accès le 03 05 2024] Available : <https://youpilab.com/components/product/zmpt101b>.
- [10] ARANACORP, « Capture Bluetooth HC-05, » ARANACORP, 2023. [En ligne]. [Accès le 15 06 2023] Available : <https://www.aranacorp.com/fr/votre-arduino-communique-avec-le-module-hc-05/>
- [11] CAPTEUR BLUETOOTH, « alicdn » capteur Bluetooth HC-05, [En ligne]. [Accès le 15 06 2024] Available : https://ae01.alicdn.com/kf/H5d412934864f41be86d5ed6c5811237f5/Module-detransmission-de-s-rie-Bluetooth-JDY-30-JDY-31-SPP-C-communication-srie.jpg_220x220.jpg_.webp

Annexe

```
#define REMOTEXY_MODE__ESP8266_HARDSERIAL_POINT
#define REMOTEXY_SERIAL Serial
#define REMOTEXY_SERIAL_SPEED 115200
#define REMOTEXY_WIFI_SSID "RemoteXY"
#define REMOTEXY_WIFI_PASSWORD "123456789"
#define REMOTEXY_SERVER_PORT 6377

#include <RemoteXY.h>

int checkv =0;

const int pinCapteur = A0;

const int relaypin1 = 8;

const int relaypin2 = 12;

const int led_vert = 9;

const int led_rouge = 11;

int pression_bar ;

#pragma pack (push, 1)
uint8_t RemoteXY_CONF[] =
    {255,2,0,37,0,252,0,19,0,0,0,0,16,1,106,200,1,1,11,0,
    71,22,36,64,64,56,4,6,24,135,0,0,0,0,0,200,66,0,0,
    160,65,0,0,160,64,0,0,160,64,24,112,111,117,114,99,101,110,116,97,
    103,101,37,0,135,0,0,130,66,0,0,200,66,135,0,0,12,66,0,0,
    130,66,135,0,0,240,65,0,0,12,66,1,0,0,0,0,0,240,65,
    67,61,134,44,16,68,16,24,11,67,61,154,44,15,68,16,24,11,129,10,
    138,50,10,64,6,72,97,117,116,101,117,114,91,109,93,0,129,15,157,45,
    10,64,6,86,111,108,117,109,101,91,76,93,0,129,9,95,91,12,192,24,
    82,195,169,115,101,114,118,101,115,32,101,110,32,101,97,117,32,0,129,4,
    184,99,9,192,24,72,46,65,46,66,32,69,78,71,73,78,69,69,82,83,
    32,84,69,65,77,0,67,61,115,44,15,68,16,24,11,129,0,118,59,10,
    64,6,80,114,101,115,115,105,111,110,91,98,97,114,93,0,1,9,11,29,
    29,2,6,31,79,78,0,1,64,10,30,30,2,1,31,79,70,70,0 };

struct {

    uint8_t ELV_01; // =1 if button pressed, else =0
    uint8_t ELV_02; // =1 if button pressed, else =0

    float instrument_01; // from 0 to 100

    char text_01[11]; // string UTF8 end zero
    char text_02[11]; // string UTF8 end zero
```

Annexe

```
char text_03[11]; // string UTF8 end zero

uint8_t connect_flag; // =1 if wire connected, else =0

} RemoteXY;
#pragma pack(pop)

#define PIN_ELV_01 12
#define PIN_ELV_02 8

void setup()
{
    RemoteXY_Init ();

    pinMode (PIN_ELV_02, OUTPUT);
    pinMode (PIN_ELV_01, OUTPUT);
    pinMode (relaypin1, OUTPUT);
    pinMode (relaypin2, OUTPUT);
    pinMode (led_vert, OUTPUT);
    pinMode (led_rouge, OUTPUT);
}

void loop()
{
    RemoteXY_Handler ();

    int sensorValue = analogRead(pinCapteur);

    float tension = sensorValue * (5.00 / 1024);

    float pressurePSI = (tension * 0.9669182511);

    float pression_bar = 30.689 *pow(pressurePSI * 0.0689475729, 3) - 4.8275
    *pow(pressurePSI * 0.0689475729, 2) + 1.2394 *pow(pressurePSI * 0.0689475729, 1);

    float pression_pas =(pressurePSI * 6894.757293178);

    float hauteur = 0.1197 *pow(pression_pas / 9810, 3) - 0.2346 *pow(pression_pas
/ 9810, 2) + 1.162 *pow(pression_pas / 9810, 1);

    float volume = (0.0225 * hauteur * 1000);

    RemoteXY.instrument_01 = hauteur * 100 ;
    RemoteXY_Handler ();
    dtostrf(hauteur, 0 , 2, RemoteXY.text_01);
    delay(750);
    RemoteXY_Handler ();
```

Annexe

```
    dtostrf(volume, 0 , 2, RemoteXY.text_02);
    delay(750);
    RemoteXY_Handler ();
    dtostrf(pression_bar, 0 , 3, RemoteXY.text_03);
    RemoteXY_Handler ();

if (hauteur <= 0.30) {

    digitalWrite(led_vert, LOW);
    digitalWrite(led_rouge, HIGH);
    digitalWrite(relaypin2, LOW);

if (checkv == 0){

    checkv == 0;
    digitalWrite(relaypin1, HIGH);
    delay(3100);
    digitalWrite(relaypin1, LOW);
    checkv=1;

}
} else {

    digitalWrite(led_rouge, LOW);
    digitalWrite(led_vert, HIGH);

if (checkv == 1){

    digitalWrite(relaypin1, LOW);
    digitalWrite(relaypin2, HIGH);
    delay(4000);
    digitalWrite(relaypin2, LOW);
    checkv = 0;

}
}
digitalWrite(PIN_ELV_02, (RemoteXY.ELV_02==0)?LOW:HIG);
digitalWrite(PIN_ELV_01, (RemoteXY.ELV_01==0)?LOW:HIG);
}
```