République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Yahia Farès de Médéa

Faculté de Technologie

Département de Génie mécanique



Mémoire de fin d'études

Présenté pour l'obtention du diplôme de Master en

Filière : Electromécanique

Spécialité : Mécatronique

THÈME :

Conception et réalisation d'un système mécatronique intelligent pour le transfert et le compactage des eaux usées.

Présenté par :

MEKKI Ziad

KERROUCHE Sarra

Encadré par :

Promoteur : Dr. REBHI Redha

Co-Promoteur : Dr. ANIBA Yehya

Année universitaire : 2024 – 2025


بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à nos encadreurs, Dr. REBHI Redha et Dr. ANIBA Yehya, pour leur accompagnement constant, leurs précieux conseils, ainsi que leur disponibilité tout au long de ce travail. Leur expertise et leurs orientations ont été d'une grande valeur pour la réalisation de ce projet.

Nos remerciements s’adressent également aux membres du jury, que nous remercions chaleureusement pour avoir accepté d’évaluer notre travail et pour leur présence bienveillante lors de la soutenance.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, contribué à la réussite de ce mémoire.

Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes chers parents et à ma famille, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices et leur soutien indéfectible tout au long de mon parcours.

À ma sœur Imane et à mon frère Ghali Wassim, merci pour votre présence et votre encouragement constant.

Je tiens également à remercier de tout cœur mes amis : Farouk, Kheirou, Dhia, Façi, Riyad et Nouri**,** pour leurs encouragements et leur fraternité.

Une dédicace toute particulière à Zakaria, Younes et Youcef, Islam,Oussama,Diani pour leur aide précieuse, leur disponibilité et leur soutien durant la réalisation de ce travail.

À vous tous, merci du fond du cœur.

MEKKI ZIAD

Dédicace

Je dédie ce travail : À mes chers parents, Brahim et zahira pour leurs amourin conditionnel, leurs sacrifices, leurs soutien et leurs prières tout au long de mon parcours. Sans vous, rien n'aurait été possible.

À ma famille, merci pour votre présence, votre encouragement et votre affection qui m'ont donné la force d'avancer.

À mes professeurs, pour leur encadrement, leur patience et le savoir qu'ils m'ont transmis.

À mes amis et camarades, avec qui j'ai partagé des moments inoubliables, des efforts, des rêves et des réussites.

À tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'accomplissement de ce travail, recevez toute ma gratitude

Kerrouche Sarra

ملخص: تصميم وإنجاز ناقل لولبي لنقل وضغط المياه

يتناول هذا المشروع تصميم وتنفيذ نظام ميكاترونيكي ذكي لمعالجة المياه المستعملة بطريقة آلية وفعالة. يعتمد النظام على ناقل لولبي لنقل وضغط النفايات الصلبة، مدعوم بمحرك دِغْرِيل لإزالة الشوائب، مع استعمال مستشعرات لمراقبة مستوى الماء وامتلاء الحاوية. يتم التحكم في النظام عبر لوحة Arduino وتتم الإشراف عليه عن بُعد باستخدام واجهةNode-RED ، ويعمل وفق نمطين: زمني وكشف الانسداد. يهدف هذا النظام إلى تقليل استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة محطات المعالجة من خلال تقنيات بسيطة، مرنة، وقابلة للتكامل مع الأنظمة الصناعية.

لكلمات المفتاحية : نظام ميكاترونيكي، معالجة المياه المستعملة، ناقل لولبي، واجهة الإنسان والآلة بـNode-RED ,ضغط النفايات

Abstract: Design and Implementation of a Screw Conveyor for Water Transfer and Compaction

This work presents the design and implementation of a smart mechatronic system for automated wastewater treatment. The system uses a screw conveyor to transfer and compact solid waste, a fine screen motor for impurity removal, and sensors to monitor water level and bin filling. Controlled by an Arduino board and remotely supervised via Node-RED interface, the system operates in two modes: timer-based and clog detection. It aims to reduce energy consumption and improve treatment efficiency using a cost-effective, flexible, and integrable solution suitable for wastewater plants.

Keywords: Mechatronic system, Wastewater treatment, Screw conveyor, HMI Node-RED, Waste compaction.

Résumé : Conception et Réalisation d'unVis Transfert et Compactage d'Eau

Ce mémoire porte sur la conception et la réalisation d’un système mécatronique intelligent destiné au traitement automatisé des eaux usées. Le système utilise une vis sans fin pour transférer et compacter les déchets solides, un moteur de dégrillage pour l’élimination des impuretés, et des capteurs pour surveiller le niveau d’eau et le remplissage de la benne. Piloté par une carte Arduino et supervisé à distance via l’interface Node-RED, le système fonctionne en deux modes : à déclenchement temporel ou par détection de colmatage. Cette solution vise à réduire la consommation énergétique et à optimiser l’efficacité des stations d’épuration avec une approche économique et intégrable.

Mots clés : Système mécatronique, Traitement des eaux usées, Vis sans fin,.Interface Homme-Machine avec Node-RED, Compactage des déchets.

Table des matières

1.Introduction générale....1
Chapitre I :....4
I.1 Introduction....4
I.2 Les vis transfert et compactage d'eau....4
I.2.1 Historique....4
I.2.2 Le principe de fonctionnement....5
I.2.3 Les caractéristiques de vis....7
I.2.4 Les avantages....8
I.2.5 Applications....9
I.2.6 Les types de vis....9
I 2.6.1 définition....9
I 2.6.2 Les convoyeurs à vis horizontaux....9
I 2.6.3 Convoyeurs à vis inclinés....10
I 2.6.4 Convoyeurs à vis sans arbre....12
I 2.6.5 Convoyeurs à vis verticaux....13
I.3 CONCLUSION....15
CHAPITRE II : Étude du matériel et des logiciels du système
II.1 Introduction....16
II.2 Hardwares utilisés....16
II 2.1 Arduino....16
II 2.1.1 Les types de Arduino....16
II.2.1.2 Présentation de la carte Arduino UNO....17
II.2.1.3 Pourquoi Arduino UNO....18
II.2.1.4 Le microcontrôleur....19
II.2.1.5 L'alimentation....20
II.2.2 La platine d'expérimentation....20
II .2.3 Câble de prise d'alimentation /USB port....21
II .2.4 Capteur de niveau d'eau....22
II .2.4.1 Définition....22
II .2.4.2 Caractéristiques du capteur....22
II .2.5 Capteur ultrasonHC-SR04....23
II .2.5.1Définition....23
II.2.5.2Pourquoi le choix des capteurs à Ultrason ?....24
II.2.5.3Broches de connexion....25

II.2.5.4 Fonctionnement du capteur Ultrason HC-SR04 25
II .2.4.6.2Le diagramme temporel 27
II.2.6 Buzzer 27
II.2.7 Afficheur LCD I2C 28
II.2.7.1 Défintion 28
II.2.7.2 Adresse I2C du LCD 29
II.2.7.3 Schéma de câblage avec Arduino 29
II.2.8 Batteries d'alimentation 29
II.2.8.1 Définition 29
II.2.8.2 Caractéristiques Techniques 30
II.2.9 Le Moteur à Courant Continu (MCC) 30
II.2.9.1 Définition de moteur 30
II.2.9.2 Caractéristique de moteur 31
II.2.9.3 Fonctionnement d'un moteur à CC 31
II.2.10 Relais 31
II.2.10. 1-Définition de relais 31
II .2.10.2-Fonctionnement de relais 32
II.2.10.3 PRINCIPALES CARACTERISTIQUES 32
II.3 Softwares utilisés 33
II.3.1 Serveur Node-RED 33
II.3.1 .1 Editeur de Node-RED 33
II.3.2 Arduino IDE 37
II.3.2.1 Définition 37
II.3.2.2 Les composants de l'Arduino IDE 37
II.3.2.4 Les fonctions setup () et Loop () 39
II .3.2.4 .1 Broches digitales 39
II.3.2.4.2 Broches analogiques 40
II.3.3 SOLIDWORKS 41
II.3.4 Conclusion 41
Chapitre III : Développement et implémentation pratique
III.1 Introduction 43
III.2 Description du Système 43
III.3 Principe de fonctionnement de système proposé 44
III .4Affichage et supervision via Node-RED 45
III .5 Solutions matérielles et logicielles intégrées 46
III .3.1 Matérielles 46
III .3.1 .1 Avantages du système proposé 47

III.3.2 logicielles 47
III.6 Réalisation du système de vis de transfert et de compactage avec dégrilleur 48
III.6.1 Architecture du prototype réel 48
III 6.2Logique de fonctionnement du système automatisé 50
III.6.3 Détection d'une benne pleine 52
III.6.4 Intégration Arduino et test du prototype 52
III.7 Conception mécanique du système (SolidWorks) 53
III.8 Conclusion 54
CHAPITRE IV : L'Interface Homme-Machine (IHM)
IV.1 INTRODUCTION 55
IV.2 Communication série fiable entre Arduino et Node-RED 55
IV.2.1 Mise en place de l'interface utilisateur avec Node-RED 55
IV 2.2 Communication série et commandes entre Node-RED et Arduino 56
IV.3 Node-Red Web Dashboard 57
IV. 3 .1 Activation du moteur dégrilleur selon le niveau d'eau 57
IV .3.2 Démarrage temporisé du moteur de la vis sans fin 58
IV .3.3 Arrêt automatique du moteur dégrilleur 59
IV .3.4 Arrêt en cas de niveau bas ou benne pleine 60
IV .3.5 Système complet avec surveillance intelligente et alertes 61
IV.4 Conclusion 63
Conclusion générale et perspectives 64
Bibliographie 69
Annexe

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I :

Figure I. 2 : le vis de transfert convoyeur ..... …….6

Figure I. 3 : filtre de compactage……..…7

Figure I. 4 : Caractéristiques de vis ..... ……...8

Figure I. 5 : convoyeurs à vis horizontaux .....…….10

Figure I. 6 : Convoyeurs à vis inclinés ..... …….12

Figure I. 7 : Convoyeurs à vis sans arbre ..... …….13

Figure I. 8 : Convoyeurs à vis verticaux ..... …….14

CHAPITRE II :

Figure II. 1 : Les types de Arduino. ..... …….17

Figure II. 2 : La carte Arduino UNO ..... …….18

Figure II. 3 : les caractéristiques Arduino UNO ..... …….19

Figure II. 4 : Le microcontrôleur ..... …….20

Figure II. 5 : Le principe de fonctionnement ..... …….21

Figure II. 6 : Câble de prise d'alimentation…….21

Figure II. 7 : Capteur de niveau d'eau ..... …….22

Figure II. 8 : Capteur de niveau d'eau – Arduino ..... …….23

Figure II. 9 : Capteur Ultrason HC-SR04 ..... …….24

Figure II. 10 : Broches de connexion de capteur a ultrason avec Arduino ..... …….25

Figure II. 11 : Principe de fonctionnement de HC-SR04 ..... …….26

Figure II. 12 : Le diagramme temporel ..... …….27

Figure II. 13 : buzzer ..... …….28

Figure II. 14 : Structure d'un écran LCD-I2C ..... …….28

Figure II. 15 : Batteries d'alimentation ..... …….30

Figure II. 16 : Le moteur RS-775 ..... …….31

Figure II. 17 : Module de 4 relais. ..... ….....32

Figure II. 18 : Node-Red logo. ..... ….....33

Figure II. 19 : Editeur Node RED. ..... ….....34

Figure II. 20 : Installation nouveau nœud Manage palette. ……...35

Figure II. 21 : Installation de nouveau nœud dans la palette…….. . . .. ….....35

Figure II. 22 : Certains des nœuds disponibles dans Node-RED sont utilisés dans notre projet. ….....36

Figure II. 23 : Flux de données dans le système Node-RED. ..... ….....37

Figure II.24 : Les composants de l'Arduino IDE. …….38

Figure II.25 : Menu l'Arduino IDE. ……38

Figure II.26 : Présentation des fonctions de base dans IDE d'Arduino……39

Figure II.27 : SolidWorks logo……41

CHAPITRE III :

Figure III. 1 : Structure générale du système proposé. ……...46

Figure III. 2 : Prototype du système proposé. ……49

Figure III. 3 : Fonctionnement de deux moteurs DC. …….50

Figure III. 4 : L'organigramme général du système proposé. ……....51

Figure III.5 : L'affichage de l'écran LCD……...52

Figure III. 6 : Intégration des composants de système……...53

Figure III. 7 : Conception mécanique de la vis avec SolidWorks……53

CHAPITRE IV :

Figure IV. 1 : Node-Red Flows Interface ..... ……56

Figure IV. 2 : Interface Homme-Machine après un test expérimental. ..... ……57

Figure IV. 3 : IHM d'activation du moteur dégrilleur. ..... ……58

Figure IV. 4 : IHM de démarrage de la vis ..... ……59

Figure IV. 5 : IHM d’arrêt du moteur dégrilleur ..... ……60

Figure IV. 6 : HMI d’arrêt du système……...61

Figure IV. 7 : IHM du système complet avec surveillance intelligente ……62

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1 : Les Caractéristiques de capteurs ultrason HC-SR04

LISTE DES ABREVIATIONS

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

IHM : Interface Homme-Machine

IDE : Environnement de Développement Intégré

LCD: Liquid Crystal Display

I2C: Inter-Integrated Circuit

UNO : Arduino UNO

MCC : Moteur à Courant Continu

HC-SR04 : Capteur Ultrasonique

Node-RED : Plateforme de programmation visuelle

QUILTON : Société spécialisée

KWS : Vis de convoyeur vertical

PWM : Pulse Width Modulation

RX / TX : Réception / Transmission

BUZ : Buzzer

1.Introduction générale

La réutilisation des eaux usées traitées est à la fois écologique et bénéfique sur le plan sociétal, mais elle reste sous-exploitée, même dans les pays disposant de ressources en eau abondantes. Cette étude s'intéresse à l'efficacité des procédés de traitement des eaux usées, en évaluant la qualité de l'eau avant et après traitement. Les convoyeurs à vis sont largement utilisés dans les stations d'épuration pour transporter et compacter les boues, en particulier sur de longues distances. Le système de vis d'Archimède constitue une solution mécanique simple et efficace dans les environnements humides, permettant le transport et la compression des déchets solides. Cependant, les systèmes actuels présentent des limites : absence de contrôle intelligent, forte consommation d'énergie, et manque de dispositifs d'alerte précoce face aux pannes, ce qui engendre des interruptions et des coûts élevés de maintenance.

Face aux défis environnementaux et technologiques actuels, le besoin de systèmes intelligents et efficaces pour le traitement des eaux usées et la séparation des matières solides devient essentiel. Parmi les solutions mécaniques simples et performantes figure la vis sans fin (ou vis d'Archimède), connue pour sa capacité à transporter, soulever et compacter les matériaux avec efficacité et à moindre coût.

Pour améliorer la fiabilité et l'efficacité du système de vis de transfert et de compactage dans les stations d'épuration, un dispositif mécatronique automatisé est proposé, basé sur l'utilisation d'un microcontrôleur Arduino. Le système intègre plusieurs composants : un capteur de niveau d'eau déclenchant le moteur du dégrilleur fin, qui oriente les déchets solides vers une vis sans fin motorisée. Cette dernière assure le transfert et la compression des déchets à l'aide d'un cylindre de pression. Un capteur de vitesse sécurise le moteur de la vis, tandis qu'un capteur de niveau détecte le remplissage de la benne à déchets pour éviter tout débordement. Un écran LCD affiche les données en temps réel, et un buzzer alerte lorsque la benne est pleine. Ce système permet de réduire le volume des déchets, d'améliorer l'extraction d'eau, et d'assurer un fonctionnement fiable, même en milieu contraignant.

Les systèmes de vis de transfert et de compactage dans les stations d'épuration sont cruciaux pour réduire le volume des déchets et récupérer l'eau, abaissant ainsi les coûts. Bien que leur conception modulaire et leur utilisation du principe de la vis

d'Archimède les rendent polyvalents, ils souffrent de limites comme le manque d'automatisation, une haute consommation d'énergie et une faible adaptabilité aux variations de flux.

L'intégration de technologies intelligentes (capteurs, contrôleurs comme Arduino, interfaces de surveillance) permet d'améliorer leur autonomie, fiabilité et réactivité face aux anomalies.

L'objectif principal de ce projet est de concevoir et de réaliser un système mécatronique intelligent et automatisé, capable de traiter les eaux usées de manière efficace en combinant un dégrilleur, un convoyeur à vis de transfert et de compactage, ainsi qu'un ensemble de capteurs et d'outils de supervision. Ce système vise à améliorer la performance des stations d'épuration tout en réduisant les coûts de maintenance, la consommation énergétique et les risques d'interruption grâce à une automatisation fiable et une surveillance en temps réel.

Chapitre I : Le vis de transfert et de compactage d'eau met en lumière l'importance du convoyeur à vis dans le processus de traitement des eaux usées. Il explore le principe de la vis d'Archimède, en détaillant ses différents types (horizontale, inclinée, sans arbre, verticale), ses caractéristiques techniques, ses avantages en matière d'efficacité et de fiabilité, ainsi que ses applications dans le domaine industriel. Ce système assure un transport continu et une compression optimale des déchets solides.

Chapitre II : Matériel et Logiciels utilisés (Hardware et Software) présente l'ensemble des composants matériels et logiciels nécessaires à la mise en œuvre du système. Il décrit les éléments essentiels comme la carte Arduino, les capteurs (niveau d'eau, ultrasons), les moteurs, les relais, l'écran LCD, ainsi que les outils logiciels tels qu'Arduino IDE, Node-RED et SolidWorks. L'objectif est de démontrer comment ces technologies intégrées permettent de concevoir un système autonome, contrôlé et sup Chapitre II : Matériel et Logiciels utilisés (Hardware et Software) présente l'ensemble des composants matériels et logiciels nécessaires à la mise en œuvre du système. Il décrit les éléments essentiels comme la carte Arduino, les capteurs (niveau d'eau, ultrasons), les moteurs, les relais, l'écran LCD, ainsi que les outils logiciels tels qu'Arduino IDE, Node-RED et SolidWorks. L'objectif est de démontrer comment ces

technologies intégrées permettent de concevoir un système autonome, contrôlé et supervisé efficacement.

Chapitre III : Développement et Implémentation Pratique aborde la concrétisation du système proposé à travers sa conception, son architecture, et son fonctionnement. Il explique comment les composants matériels et logiciels sont intégrés, la logique de commande utilisée, ainsi que les différents scénarios testés pour valider le bon fonctionnement du prototype. L'accent est mis sur la fiabilité du système et sa capacité à réagir aux variations réelles de l'environnement.

Chapitre IV : Interface Homme-Machine (IHM) traite de la mise en place d'une interface utilisateur interactive à l'aide de Node-RED, assurant la communication avec la carte Arduino. Il détaille la création du tableau de bord, les règles de gestion des moteurs en fonction des données captées (niveau d'eau, benne pleine), ainsi que les mécanismes d'alerte et d'arrêt automatique. L'IHM vise à offrir une supervision claire, intuitive et sécurisée du système.

En conclusion, les systèmes mécatroniques intelligents à vis de transfert et de compactage offrent une solution moderne, durable et performante pour améliorer l'efficacité des stations d'épuration, tout en répondant aux exigences environnementales actuelles.

.

Chapitre I :
Le vis transfert et compactage d'eau

I.1 Introduction

Dans le domaine du traitement des eaux usées, les premières étapes du prétraitement jouent un rôle fondamental dans la réduction de la pollution, la protection des équipements en aval et l'optimisation globale du processus. Parmi les équipements mécaniques incontournables figure la vis de transfert et de compactage, un système ingénieux basé sur le principe de la vis d'Archimède, qui assure le transport, la déshydratation et la réduction volumique des déchets solides extraits par le dégrillage.

Initialement peu répandue dans les années 1990, cette technologie a connu un essor considérable grâce aux progrès techniques et à l'évolution des besoins industriels et environnementaux. Utilisée aussi bien dans les stations d'épuration municipales que dans les secteurs industriels, la vis de compactage se distingue par sa conception simple, sa robustesse et sa capacité à fonctionner en continu avec un minimum d'entretien.

Ce chapitre s'intéresse à l'historique de ce dispositif, à son principe de fonctionnement, à ses composants clés ainsi qu'aux différentes variantes existantes : vis horizontales, inclinées, verticales et sans arbre. Il met également en évidence les avantages techniques de ce système, ses applications concrètes dans la gestion des déchets solides, et les innovations apportées pour améliorer sa performance, notamment en matière d'efficacité énergétique, d'hygiène et de fiabilité. À travers cette étude, nous démontrons que la vis de transfert et de compactage constitue une solution durable, efficace et indispensable dans toute stratégie moderne de traitement des eaux usées.

I.2 Les vis transfert et compactage d'eau

I.2.1 Historique

Au début des années 1990, le nombre de communautés équipés de ces systèmes était relativement faible (moins de 10). Cependant, en raison du développement de la technologie, en 2002, il y avait plus de 300 emplacements d'équipement, avec des taux de croissance annuels d'environ 50 à 70 installations.

À partir de 1999, une baisse du nombre d'installations a été trouvée, principalement en raison du manque de données objectives sur ces systèmes et de l'espoir de publier des documents de référence.

L'installation de ces réseaux affecte les gouvernements locaux principalement avec une capacité de traitement variable (compétence de capacité concomitante) (analysée selon 130 réponses) :

Le système d'extraction des déchets sélectionné est basé sur un convoyeur à vis situé à la base du réseau. Ce sponsor est équipé de pinceaux pour assurer le nettoyage du réseau. Les déchets collectés sont comprimés avant d'évacuation vers des conteneurs de collecte.

Ce système est rarement utilisé pour traiter les eaux usées urbaines, mais est particulièrement populaire dans l'industrie. Son fonctionnement est basé sur une forte alimentation en eau dirigée vers un réseau incliné et est installée à un angle de 5 ° à 60 ° par rapport à horizontal.

L'eau traverse le réseau, tandis que les matériaux solides sont supprimés et poussés par la gravité. La longueur de la grille améliore la rotation du corps et augmente ainsi l'efficacité des processus d'extraction et de compression.[1]

I.2.2 Le principe de fonctionnement

Le convoyeur-compacteur à vis QUILTON transporte, compacte, déshydrate et décharge en une seule opération les solides retenus et séparés par le tamisage dans les stations d'épuration des eaux usées ou dans les processus industriels.[2]

Le convoyeur à vis sans âme est fixé dans un acier spécial, au sein d'une auge en forme de U, fabriquée par pliage successif en acier inoxydable 304L dans sa version standard.

Les déchets pénètrent dans la zone de transport du convoyeur à vis par une trémie d'entrée, où l'excès d'eau est évacué dans la zone de drainage

Le mouvement de rotation de la vis, entraîné par un motoréducteur, propulse les déchets vers la zone de compactage.

Dans la zone de transport, les déchets sont introduits via la trémie d'entrée et sont adaptés au dispositif d'alimentation. La rotation de la vis d'Archimède sans âme dirige les déchets vers la zone de compactage, où ils s'accumulent contre un clapet de pression maintenu fermé par un contrepoids.[3]



Figure I.1 : le vis de transfert convoyeur.

Les déchets s'accumulent contre l'orifice de sortie, maintenu fermé par une charnière à ressort réglable. Lorsque la pression exercée par les déchets devient suffisante, l'orifice s'ouvre automatiquement pour permettre leur évacuation.

La zone de compactage est également équipée d'une grille en tôle perforée et d'un réservoir relié à la zone de drainage par un tube permettant de récupérer les eaux issues du processus de compression.

Un plan incliné de lavage, alimenté de manière intermittente, assure le nettoyage de la grille. En option, la zone de compactage peut être dotée d'un dispositif antigel pour prévenir toute obstruction liée aux basses températures.

La zone de compactage, équipée d'un panier en tôle perforée, est nettoyée périodiquement par quatre buses de lavage.

Les eaux de drainage, issues aussi bien de la zone de transport que de la zone de compactage, sont récupérées par un tube soudé sous la vis sur toute sa longueur. Ces eaux filtrées peuvent ensuite être renvoyées vers le canal ou la station d'épuration.[4]

La zone de compactage, équipée d'un panier réalisé dans une tôle ajourée, est nettoyée par intermittence (réglage atelier : 1 minute toutes les trois ou quatre heures) par le biais de quatre buses de lavage. Les eaux d'égoutture, que ce soit au niveau de la zone de

convoyage ou de compactage, sont récupérées par un tube soudé sous la vis sur toute sa longueur. [Les filtrats peuvent ainsi être renvoyés vers le canal ou le poste.[3]

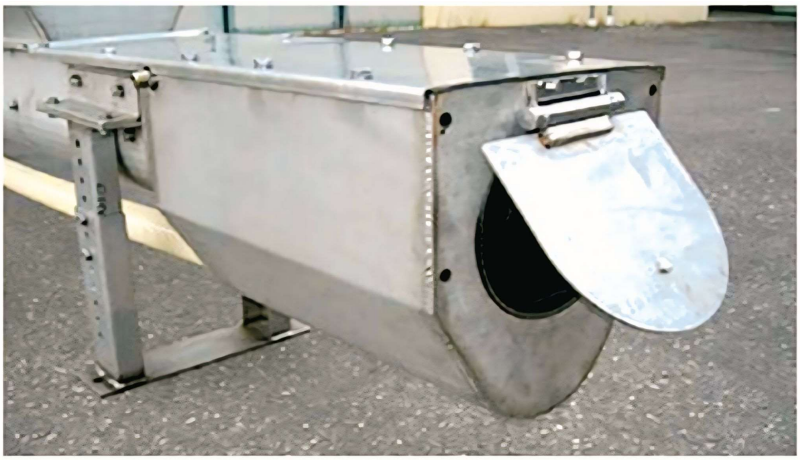


Figure I.2 : filtre de compactage.[3]

I.2.3 Les caractéristiques de vis

La principale différence entre un convoyeur à vis traditionnel et un convoyeur à vis de compactage réside dans la tête de compactage, composée d'un cylindre à profil triangulaire, soutenu par une grille en acier inoxydable AISI-316L d'une ouverture de 1 mm, d'un système de nettoyage intégré, d'une vanne de régulation de pression et d'un réservoir de drainage pour l'évacuation des liquides. Comme la vis sans âme ne possède pas d'axe central, elle reste en contact permanent avec le canal, protégé par une garniture remplaçable.[6]

Garnitures peuvent être fabriquées à partir de divers matériaux, tels que le polyéthylène haute densité ou l'adirée, en fonction des matériaux à transporter. Pour limiter l'usure, le convoyeur à vis doit fonctionner avec le volume de matériau le plus élevé possible. De plus, il est équipé de sections de drainage facilitant la séparation efficace des liquides et des solides. Dans certaines installations, la vis est modifiée ou renforcée afin d'augmenter la capacité des convoyeurs à vis inclinés et d'améliorer la rigidité sur les convoyeurs à vis longs ainsi que sur les systèmes de compactage. Les convoyeurs à vis de la marque Coulon sont également dotés d'un système d'étanchéité de l'arbre d'entraînement, d'une zone de drainage avec brosse pour un nettoyage optimal et d'un système de lavage intégré garantissant l'hygiène et l'efficacité de l'équipement.

Parfaitement adaptées à toutes les applications de compactage des déchets en sortie de tamis et de dégrilleurs.[7]

Tous nos compacteurs et vis de convoyage peuvent être installés en sortie de déchets de nos tamis statiques et de nos tamis rotatifs.

Fonctionnement du convoyeur compacteur :

Le convoyeur compacteur est équipé d'une section de pressage à spirale entourée d'un maillage filtrant. Les déchets, ne parvenant pas jusqu'à l'extrémité du canal, son L'absence d'arbre et de paliers intermédiaires a pour effet d'éliminer pratiquement tout risque de colmatage.t comprimés avant d'être évacués par la bouche du compacteur.[8]



Figure I.3 : Caractéristiques de vis.

I.2.4 Les avantages

- Entretien facile.
- Conception simple et facile à utiliser.
- Structure solide, stable et fiable.
- Longue durée de vie.
- Service après-vente.[5]

I.2.5 Applications

1. Réduction du volume de 50 à 70 %.

2. Teneur en matières sèches de 20 à 60 %.[5]

I.2.6 Les types de vis

I 2.6.1 définition

Les convoyeurs à vis sont un type de convoyeur mécanique couramment utilisé pour déplacer des matériaux en vrac d'un endroit à un autre. Ils sont utilisés dans diverses industries, notamment l'agriculture, la transformation des aliments, l'exploitation minière et la construction. La conception de base d'un convoyeur à vis consiste en une lame de vis hélicoïdale rotative enfermée dans un tube ou une auge. Lorsque la vis tourne, elle déplace le matériau sur toute la longueur du convoyeur.

Il existe de nombreux types de convoyeurs à vis, chacun étant conçu pour gérer des matériaux et des applications spécifiques. Les types les plus courants comprennent les convoyeurs à vis horizontaux, les convoyeurs à vis verticaux et les convoyeurs à vis inclinés.[8]

I 2.6.2 Les convoyeurs à vis horizontaux

Les convoyeurs à vis horizontaux, le type de convoyeur à vis le plus couramment utilisé, sont conçus avec des éléments clés tels que la vis, le boîtier et l'unité d'entraînement pour un transport efficace du matériau. Ils sont utilisés pour le transfert de diverses poudres, granulés et solides en vrac dans différentes industries, assurant un flux de matériau homogène et des performances optimisées.

Les clous de citerne horizontaux sont le type de clous de convoyeur le plus couramment utilisé. Ils sont utilisés pour transporter des matériaux en vrac d'une partie du processus à l'autre et sont disponibles dans un large éventail de tailles, longueurs, configurations et matériaux de construction. Les vis de transport sont généralement conçues pour transporter des matériaux en vrac avec un taux de remplissage de gouttière de 15, 30 ou 45%, selon les caractéristiques physiques spécifiques. En général, un taux de remplissage de 45 % peut être utilisé pour les matériaux légers, à écoulement libre et non abrasifs. Des taux de remplissage allant de 15 à 30 % sont généralement utilisés pour les matériaux plus denses, collants et abrasifs. Une entrée de clou de support est toujours alimentée par contrôle par un autre dispositif tel qu'un clou de support, le clou de mesure, le convoyeur à bande, la serrure

rotative, le distributeur de volume ou la jauge de gravité. Il est recommandé de placer l'unité d'entraînement à la fin du déchargement du porte-vis, ce qui permet de tirer le matériau en vrac vers la fin de l'entraînement. Avec cette disposition, chaque section de vis est activée pendant que le matériau est transféré à la décharge de clou de convoyeur, réduisant ainsi la corrosion et la fatigue des composants du convoyeur.[9]

I 2.6.2 .1 Les avantage de l'utilisation des vis transporteurs

1. Idéales pour transporter des matériaux en vrac secs à semi-fluides – de l'écoulement libre aux matériaux plus visqueux

2. Rentables par rapport à d'autres dispositifs de transport tels que les convoyeurs à bande, pneumatiques ou aéromécaniques

3. Distribue efficacement les matériaux en vrac vers différents points grâce à plusieurs points d'entrée et de décharge

4.Entièrement fermées, adaptées aux environnements poussiéreux, corrosifs ou dangereux.[10]



Figure I.4 : convoyeurs à vis horizontaux.[11]

I 2.6.3 Convoyeurs à vis inclinés

Les convoyeurs à vis inclinés et verticaux sont conçus pour soulever efficacement des matériaux sous différents angles. Ils sont particulièrement utiles dans les applications où l'espace est limité ou lorsque le matériau doit être transporté sous un angle spécifique pour le traitement ou le stockage. Un convoyeur à vis vertical est un choix populaire pour ses avantages et son efficacité en termes de gain de place.

Voici les caractéristiques de conception et de construction à prendre en compte lors de la conception d'une vis transporteur inclinée :

Inclinaison jusqu'à 10 degrés – La perte d'efficacité de transport est minimale pour des inclinaisons allant jusqu'à 10 degrés. Une vis transporteur avec gouttière en forme de U et vis à pas complet est suffisante pour la plupart des applications. La perte d'efficacité peut être compensée en augmentant la vitesse de la vis transporteur, en augmentant le diamètre de la vis transporteur ou en réduisant le pas de la vis.

Inclinaison entre 10 et 20 degrés – La perte d'efficacité de transport est généralement entre 10 et 40 % pour des inclinaisons jusqu'à 20 degrés. Une vis transporteur avec gouttière en forme de U et vis à pas 2/3 est suffisante pour la plupart des applications. La perte d'efficacité peut également être compensée en augmentant la vitesse ou le diamètre de la vis transporteur. Une puissance supplémentaire est requise pour surmonter la gravité et le retour des matériaux en vrac.

Inclinaison entre 20 et 30 degrés – La perte d'efficacité de transport est généralement entre 10 et 70 % pour des inclinaisons jusqu'à 30 degrés. Une vis transporteur avec boîtier tubulaire et vis à pas réduit (1/2 ou 2/3) est recommandée pour la plupart des applications. La perte d'efficacité peut également être compensée en augmentant la vitesse ou le diamètre de la vis transporteur. Une puissance supplémentaire est requise pour surmonter la gravité et le retour des matériaux en vrac.

Inclinaison entre 30 et 45 degrés – La perte d'efficacité de transport est généralement entre 30 et 90 % pour des inclinaisons jusqu'à 45 degrés. Une vis transporteur avec boîtier tubulaire, vis à pas réduit (1/2 ou 2/3) et diamètre plus grand est recommandée pour la plupart des applications. L'augmentation de la vitesse de la vis transporteur est également nécessaire. Une puissance supplémentaire est requise pour surmonter la gravité et le retour des matériaux en vrac.[9]



Figure I.5 : Convoyeurs à vis inclinés.[12]

Les vis de support sur des pentes supérieures à 10 degrés sont conçues pour démarrer et fonctionner en cas de dysfonctionnement. La situation de dysfonctionnement se produit lorsque le flux normal dans un clou de support incliné est interrompu et que le matériau en vrac à l'intérieur du support glisse vers le bas, remplissant le support. Une puissance supplémentaire est nécessaire pour redémarrer et transporter le matériau en vrac, car le transporteur testera temporairement le remplissage de la gouttière à 100 %. Veuillez consulter l'ingénierie pour une conception appropriée des boulons de support incliné dans des conditions de mauvais fonctionnement.

I 2.6.4 Convoyeurs à vis sans arbre

Les convoyeurs à vis sans arbre sont conçus pour un fonctionnement non colmatant, ce qui les rend idéaux pour les matériaux sujets à l'engorgement ou à l'enchevêtrement. La conception de leur carter de convoyeur comporte une spirale de vis sans arbre extra-robuste. La spirale glisse sur une gaine résistante à l'usure et à faible frottement qui est installée à l'intérieur du boîtier. Cette conception leur permet de manipuler des matériaux à forte teneur en humidité, tels que les déchets solides urbains, les cribles et les matières flottantes, ainsi que des produits alimentaires comme des aliments emballés, des crèmes ou des pâtes.[1].

Les vis transporteurs sans arbre sont idéales pour transporter facilement des matériaux en vrac déchargés de centrifugeuses, de presses filtrantes ou de mélangeurs. Leur conception sans arbre offre une surface de transport non obstruée, ce qui permet de convoyer des matériaux difficiles avec une grande facilité. Cette solution est parfaite pour le transport de matériaux en vrac à haute teneur en humidité. Les avantages des vis transporteurs sans arbre comprennent leur capacité à gérer des matériaux collants et visqueux, une efficacité de transport améliorée par rapport à d'autres types de convoyeurs, et une plus grande flexibilité dans l'aménagement des installations grâce aux configurations disponibles. De plus, les

roulements internes sont éliminés. Les vis transporteurs sans arbre KWS sont largement utilisées dans les industries chimiques, alimentaires, de transformation des minéraux et de traitement des eaux usées, pour transporter des matériaux allant des catalyseurs aux bios solides déshydratés. KWS a développé les normes industrielles pour les vis transporteurs sans arbre et continue d'améliorer les normes de conception. Nos spirales en alliage à haute résistance sont les plus dures, les plus fortes et les plus robustes de l'industrie. Pour plus d'informations sur les vis transporteurs sans arbre, consultez le Guide d'Ingénierie des Vis Transporteurs Sans Arbre KWS disponible sur notre site web.[9]



Figure 1.6: Convoyeurs à vis sans arbre.[13]

I 2.6.5 Convoyeurs à vis verticaux

Les vis de convoyeur vertical sont un moyen très efficace pour soulever une variété de matériaux en vrac à des pentes verticales très élevées ou très élevées. KWS est considéré comme un porte-clou vertical, tout support de clou au-dessus d'un mile de plus de 45 degrés. La conception intégrée permet au clou de convoyeur vertical d'être facilement intégré dans presque n'importe quelle conception d'usine. Avec un minimum de pièces mobiles, le clou de convoyeur vertical est un composant rentable et fiable de tout processus de manutention de matériaux en vrac.

I 2.6.5.1 Avantages des convoyeurs à vis verticaux

1.Idéal pour la manipulation de matériaux secs à semi-fluides.

2.Capacité jusqu'à 6000 pieds cubes par heure.

3.Capacité de soulever des matériaux en vrac jusqu'à 30 pieds sans utiliser les roulements intérieurs.

4.Conception entièrement fermée pour répondre aux exigences de résistance à la poussière et à la vapeur.

5.KWS est conçu et fournit des vis de transport vertical pour répondre aux besoins de nombreuses industries, telles que le traitement chimique, les métaux, l'alimentation, les produits en bois et le traitement des eaux usées. Par exemple, notre conception unique de puits vertical est utilisée dans de nombreuses installations de traitement des eaux usées pour cultiver des bio solides séchés.

6.Les vis de convoyeur vertical KWS sont disponibles dans de nombreuses configurations. Des sections d'entrée latérales ou internes peuvent être compensées. Les porte-charges horizontaux pour le dosage de matières en vrac sont strictement requis à l'entrée du transporteur vertical pour une efficacité maximale.



Figure I 7 : Convoyeurs à vis verticaux.[14]

En conclusion, les convoyeurs à vis sont des systèmes polyvalents, efficaces et personnalisables pour le transport de matériaux en vrac dans diverses industries. Des convoyeurs horizontaux et inclinés aux conceptions sans arbre et spécialisées, ces convoyeurs peuvent être adaptés pour répondre à des besoins spécifiques et améliorer la productivité

La consultation de spécialistes et une planification minutieuse sont essentielles pour mettre en œuvre le bon système de convoyeur de manutention des matériaux en vrac afin de rationaliser les opérations et d'assurer la réussite.

D'autres considérations de conception incluent le type de moteur à utiliser, le type de roulements à utiliser et le type d'auge à utiliser. Le matériau de construction doit également être soigneusement étudié, car différents matériaux peuvent être nécessaires en fonction du type de matériau transporté et de l'environnement dans lequel le convoyeur fonctionnera.

Dans l'ensemble, un convoyeur à vis bien conçu peut assurer un transport efficace et fiable de matériaux dans une large gamme d'applications.[10]

I.3 CONCLUSION

Clarification L'eau debout du bassin est généralement claire et élimine la plupart des solides dans la suspension. Après cette phase, il vise à être un bassin de harcèlement qui joue un rôle important dans le traitement des eaux usées.

Le bassin de harcèlement permet un parcours sinueux où l'eau ralentit la rivière. Ce ralentissement aide à favoriser le dépôt de particules restantes et aide à isoler les contaminants qui n'ont pas été retirés dans le bassin des eaux usées. De plus, des régions turbulentes sont créées qui améliorent le mélange et favorisent l'oxygénation à l'eau, ce qui est essentiel pour la dégradation biologique des contaminants.

Par conséquent, passer de l'eau du bassin d'égout au bassin de harcèlement est une étape essentielle pour assurer une qualité de l'eau optimale avant le rejet ou le traitement ultérieur est optimal. Dans l'ensemble, les convoyeurs à vis bien conçues garantissent un transport efficace et fiable des matériaux dans un large éventail d'applications.

CHAPITRE II :

Étude du matériel et des logiciels du système

II.1 Introduction

Dans un monde où l'automatisation intelligente prend une place centrale dans les systèmes industriels et environnementaux, l'intégration harmonieuse entre le matériel (hardware) et les logiciels (software) devient essentielle pour garantir la performance et la fiabilité. Le développement de notre système mécatronique de traitement et de compactage des déchets solides issus des eaux usées repose sur une sélection rigoureuse de composants électroniques modernes, associés à des outils logiciels puissants.

Ce chapitre présente l'ensemble des éléments technologiques utilisés dans la réalisation du projet, en commençant par les cartes Arduino, les capteurs (niveau d'eau et ultrason), les actionneurs (moteurs, relais, buzzer), ainsi que les interfaces d'affichage telles que l'écran LCD I2C. Il aborde également les sources d'alimentation et les dispositifs de commande et de protection. Côté logiciel, le choix s'est porté sur Arduino IDE pour la programmation embarquée et Node-RED pour la supervision et le pilotage via une interface Homme-Machine conviviale, sans oublier SolidWorks pour la conception mécanique 3D du système.

L'objectif de ce chapitre est de mettre en lumière la synergie entre ces outils matériels et logiciels, et de démontrer leur rôle complémentaire dans la création d'un système automatisé, précis, flexible et accessible.

II.2 Hardwares utilisés

II 2.1 Arduino

Microcontrôleur intégré, utilisée pour développer des systèmes électroniques programmés tels que les robots, les systèmes de détection, le contrôle des moteurs ou encore l'éclairage intelligent. Elle se distingue par sa simplicité d'utilisation, ce qui en fait un outil idéal pour les débutants et les amateurs dans le domaine de l'électronique et de la programmation.[15]

II 2.1.1 Les types de Arduino

Arduino fait partie de la famille des platines de développement. Contrairement aux Raspberry Pi et aux Beagle Bone, il ne possède pas d'OS basé sur Linux. Il reste par contre l'un des plus abordables et des plus répandus. Une platine de développement est en général un

circuit imprimé équipé d'un microprocesseur ou d'un microcontrôleur. Comme Arduino est open source, il existe un grand nombre de clones et de platines compatibles, tout comme il existe de nombreux modèles d'Arduino officiels, avec des fonctions particulières :

La carte Arduino a été conçue dans l'Ivre Interaction Design Institute destinée aux étudiants sans connaissances en électronique et en programmation Cette carte a commencé à évoluer pour s'adapter aux nouvelles exigences et défis, Toutes les cartes sont entièrement open-source, permettant aux utilisateurs de les construire séparément et enfin de les adapter à leurs besoins exacts. Au fil des ans, les différents types de Arduino des planches ont été utilisées pour construire des milliers de projets, des objets quotidiens aux instruments scientifiques composés. Une communauté internationale de designers, d'artistes, d'étudiants, de programmeurs, d'amateurs et d'experts s'est réunie autour de cette étape open-source, leurs dons se sont ajoutés à une quantité incroyable de connaissances disponibles qui peuvent être d'une immense aide pour les débutants et les spécialistes. Cet article présente un aperçu de différents types de cartes Arduino [16].



Figure II.1: Les types de Arduino.[16]

II.2.1.2 Présentation de la carte Arduino UNO

L'Arduino UNO est une carte à microcontrôleur basée sur le composant ATmega328P (fiche technique). Elle dispose de 14 broches numériques d'entrée/sortie (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM), de 6 entrées analogiques, d'un résonateur

céramique de (CSTCE16M0V53-R0), d'un port USB, d'une prise d'alimentation, d'un en-tête ICSP et d'un bouton de réinitialisation.

La carte contient tout le nécessaire pour faire fonctionner le microcontrôleur. Il suffit de la connecter à un ordinateur via un câble USB, ou de l'alimenter à l'aide d'un adaptateur secteur ou d'une batterie pour commencer à l'utiliser. Grâce à sa conception robuste, elle permet aux utilisateurs de réaliser des expériences sans grand risque : en cas de dommage, la puce peut être remplacée pour un coût modique.

Le nom "UNO", qui signifie "un" en italien, a été choisi pour marquer la sortie de la version 1.0 de l'environnement de développement Arduino (IDE). La carte UNO ainsi que cette version de l'IDE ont constitué la base de référence de la plateforme Arduino, qui a depuis évolué vers des versions plus récentes. La UNO est la première d'une série de cartes Arduino dotées de la connectivité USB, et reste le modèle de référence pour l'ensemble de l'écosystème Arduino [17].

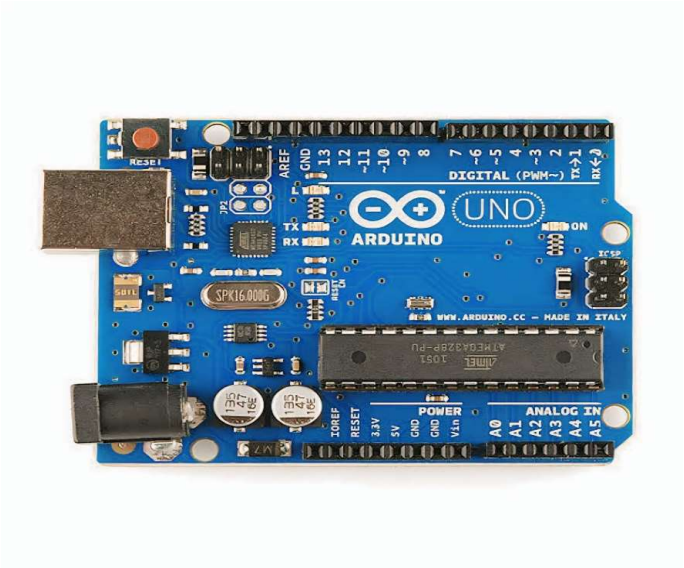


Figure II.2 : La carte Arduino UNO.[16].

II.2.1.3 Pourquoi Arduino UNO

Il y a de nombreuses cartes électroniques qui possèdent des plateformes basées sur des microcontrôleurs disponibles pour l'électronique programmée. Tous ces outils prennent en charge les détails compliqués de la programmation, et les intègrent dans une présentation

facile à utiliser. De la même façon, le système Arduino simplifie la façon de travailler avec les microcontrôleurs, tout en offrant à personnes intéressées plusieurs avantages.[15]

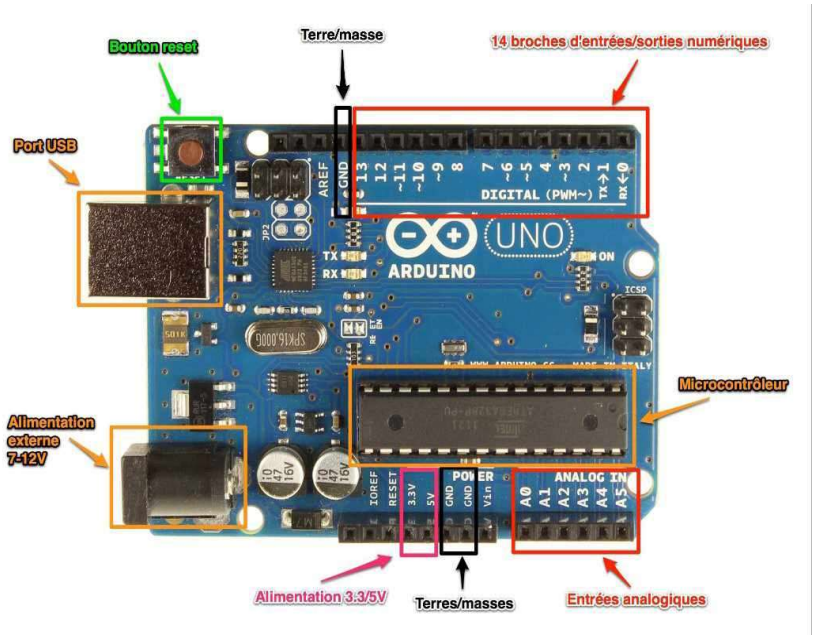


Figure II.3 : les caractéristiques Arduino UNO.[16]

II.2.1.4 Le microcontrôleur

C'est le cerveau de notre carte. Il va recevoir le programme que nous allons créer et va le stocker dans sa mémoire avant de l'exécuter. Grâce à ce programme, il va savoir faire des choses, qui peuvent être : faire clignoter une LED, afficher des caractères sur un écran, envoyer des données à un ordinateur, mettre en route ou arrêter un moteur…

Il existe deux modèles d'Arduino UNO : l'un avec un microcontrôleur de grande taille, et un autre avec un microcontrôleur dit SMD (SMD : Surface Mounet Devise, soit composants montés en surface, en opposition aux composants qui traversent la carte électronique et qui sont soudés du côté opposé). D'un point de vue utilisation, il n'y a pas de différence entre les deux types de microcontrôleurs.

Les couleurs de l'Arduino peuvent varier du bleu au bleu-vert, en fonction des modèles et années de production.



Figure II.4 : Le microcontrôleur.[16].

II.2.1.5 L'alimentation

Pour fonctionner, une carte Arduino a besoin d'une alimentation. Le microcontrôleur fonctionnant sous 5V, la carte peut être alimentée en 5V par le port USB ou bien par une alimentation externe qui est comprise entre7V et 12V. Un régulateur se charge ensuite de réduire la tension à 5V pour le bon fonctionnement de la carte.

- 0 à 13 Entrées/sorties numériques
- A0 à A5 Entrées/sorties analogiques
- GND Terre ou masse (0V)
- VCC Alimentation +5V
- 3.3V Alimentation +3.3V
- Vin Alimentation non stabilisée (= le même voltage que celui à l'entrée de la carte)

II.2.2 La platine d'expérimentation

Les plaques d'essai sont utilisées à des fins d'élaboration de circuits électriques. Elles favorisent la connexion des composants avec facilité sans nécessiter un processus de soudure. Les plaques d'essai sont en couleurs diverses et taille. Les plaques de tailles grandes sont utilisées par les projets complexes composés de plusieurs composants, tandis que les plaques de petite taille sont utilisées pour les projets que l'on veut insérer dans un endroit restreint.

Tous les connecteurs dans une rangée de 5 sont reliés entre eux. Donc si on branche deux éléments dans un groupe de cinq connecteurs, ils seront reliés entre eux. Il en est de même des alignements de connecteurs rouges (pour l'alimentation) et bleus (pour la terre). Ainsi, les liens peuvent être schématisés ainsi:

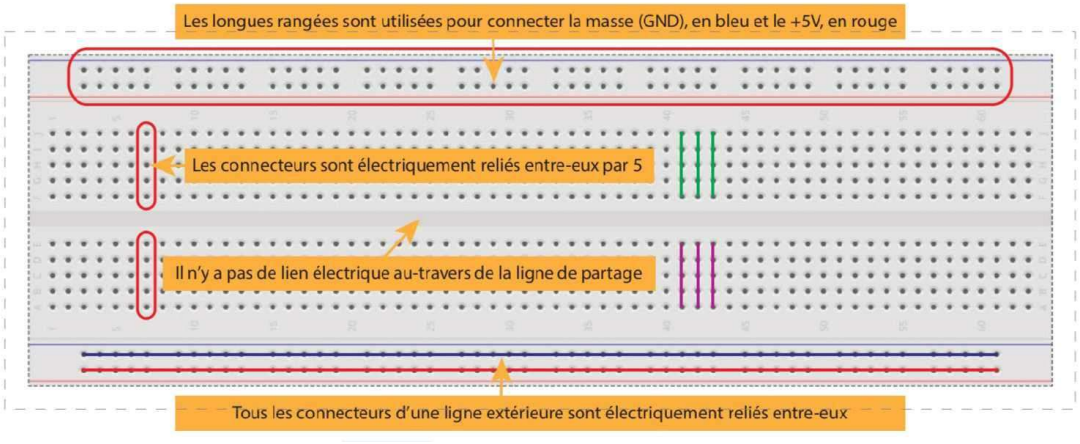


Figure II.5 : Le principe de fonctionnement.[16].

II .2.3 Câble de prise d'alimentation /USB port

Ce câble peut être utilisé pour interfacer n'importe quelle carte Arduino possédant un port B avec votre ordinateur. Vous pouvez également connecter votre imprimante USB, votre scanner à votre ordinateur grâce à un câble CE. Ces câbles transmettent les données à grande vitesse grâce à la transmission sans erreur et haute performance.

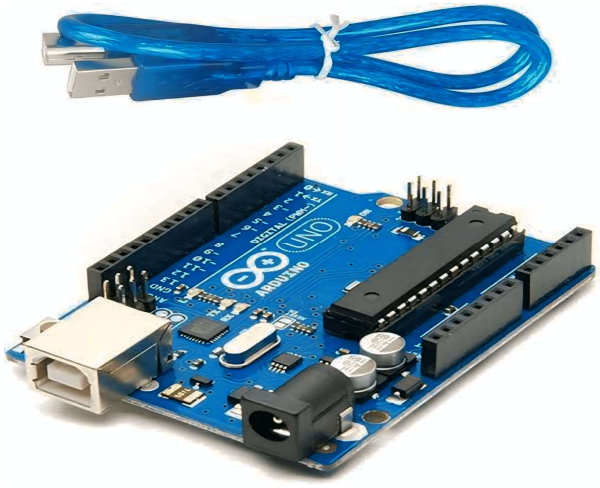


Figure II. 6 : Câble de prise d'alimentation

II .2.4 Capteur de niveau d'eau

II .2.4.1 Définition

Ce capteur est très simple, il peut donc être fabriqué avec très peu de pièces. Ce capteur produit le niveau d'eau et délivre les données dans un format analogique. Le marquage des Pièces du capteur est indiqué ci-dessous.

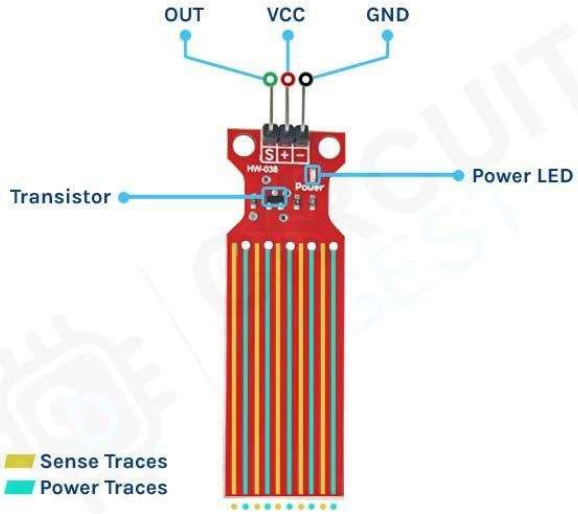


Figure II.7: Capteur de niveau d'eau.[18].

II .2.4.2 Caractéristiques du capteur

- Tension de fonctionnement : 3 à 5 V DC
- Consommation électrique : < 20 mA
- Type de sortie : Analogique et numérique
- Zone de détection : 40 × 16 mm
- Température d'utilisation : 10 à 30 °C
- Humidité admissible : 10 % à 90 % (sans condensation)
- Dimensions du module : 62 × 20 × 8 mm..[18]

Branchement avec un Arduino :

- VCC (+) → 5V de l'Arduino
- GND (-) → GND de l'Arduino
- SIG (Signal) → Entrée analogique (ex : A0).[18]

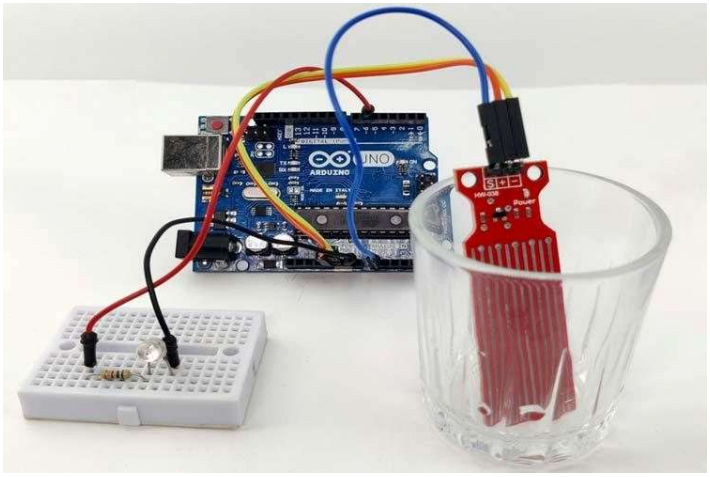


Figure II.8 : Capteur de niveau d'eau – Arduino.[18]

II .2.5 Capteur ultrasonHC-SR04

II .2.5.1Définition

Le HC-SR04 est un type de capteur à ultrasons qui utilise un sonar pour connaître la distance entre l'objet et le capteur. Il fournit cette information grâce à une électronique à laquelle il est associé voir figure. Il fournit une gamme exceptionnelle de détection sans contact avec une précision élevée et des lectures stables. Il comprend deux modules comme un émetteur et un récepteur à ultrasons.

Ce capteur est utilisé dans une variété d'applications telles que la mesure de la direction et de la vitesse, Les alarmes antivol, le médical, le sonar, les humidificateurs, la charge sans fil, les tests non destructifs et l'échographie

Ce capteur de distance à ultrasons permet des mesures de distance allant de (2cm à 500cm) avec une précision pouvant aller jusqu'à (3mm) L'angle du cône de mesure est d'environ (15°).

Son fonctionnement, n'est pas influencé par la lumière du soleil ou des matériaux sombres, bien que des matériaux comme les vêtements puissent être difficiles à détecter. [19]



Figure II.9 : Capteur Ultrason HC-SR04.[20].

II.2.5.2Pourquoi le choix des capteurs à Ultrason ?

En général, la problématique commune à tous les systèmes de détection d'obstacles demeure celle de la réduction des fausses alarmes, qui peuvent compromettre la fiabilité et l'efficacité du système, notamment dans des environnements complexes ou bruyants.

Le choix du capteur utilisé est fait après une étude bibliographique approfondie sur les différentes technologies de détection (infrarouge, laser, radar, etc.) et leurs applications spécifiques dans les véhicules industriels, les systèmes de transport intelligents ou les environnements robotisés.

Parmi ces technologies, les capteurs à ultrason se distinguent par plusieurs avantages majeurs. Ils offrent un excellent rapport qualité/prix, une grande simplicité d'implantation, ainsi qu'une compatibilité avec une large gamme de microcontrôleurs tels que l'Arduino. Leur capacité à fonctionner de manière fiable dans des conditions de faible luminosité et leur faible sensibilité à la couleur ou à la texture des objets en font une solution très prisée dans les applications de courte portée.

De plus, les capteurs à ultrason permettent une détection sans contact et non invasive, avec une bonne précision (souvent de l'ordre du millimètre) et un angle de détection ajustable. Leur fiabilité les rend idéaux pour détecter le niveau de remplissage, la proximité d'un obstacle ou encore le positionnement d'objets dans les systèmes automatisés.

En somme, le recours à des capteurs à ultrason constitue une solution efficace, économique et robuste pour répondre aux besoins de détection dans les systèmes mécatroniques modernes.

Tableau II.1 : Les Caractéristiques de capteurs ultrason HC-SR04.[19]

Distance de captation	2 cm à 5 m
Résolution (précision)	3mm
Tension d'exploitation (Voltage d'entrée)	5 V
Courant (Ampérage d'entrée)	15 mA
Fréquence d'opération	40 Hz
Angle de mesure	30 degrés
Angle efficace	15 degrés
Signal d'entré trigger	10 µs TTL impulsion
Dimensions L x W x H	45 mm x 20 mm x 15mm
Poids	8.5g

II.2.5.3Broches de connexion

Les broches du Capteur sonar à Ultrasons HC-SR04 sont :

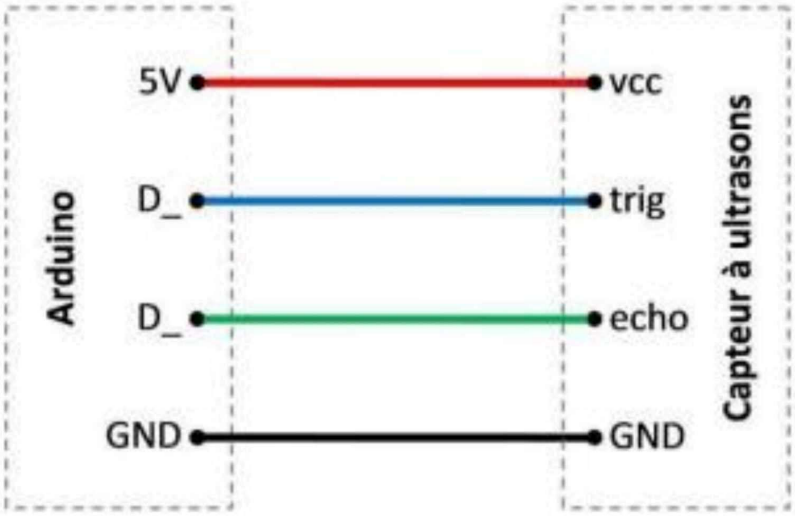


Figure II.10: Broches de connexion de capteur a ultrason avec Arduino.[19]

II.2.5.4 Fonctionnement du capteur Ultrason HC-SR04

Pour déclencher une mesure, il faut présenter une impulsion "High" (5 V) d'au moins 10 s'sur l'entrée "Trigo". Le capteur émet alors une série de 8 impulsions ultrasoniques à 40 kHz, puis il attend le signal réfléchi. Lorsque celui-ci est détecté, il envoie un signal "High" sur la sortie "Echo", dont la durée est proportionnelle à la distance.

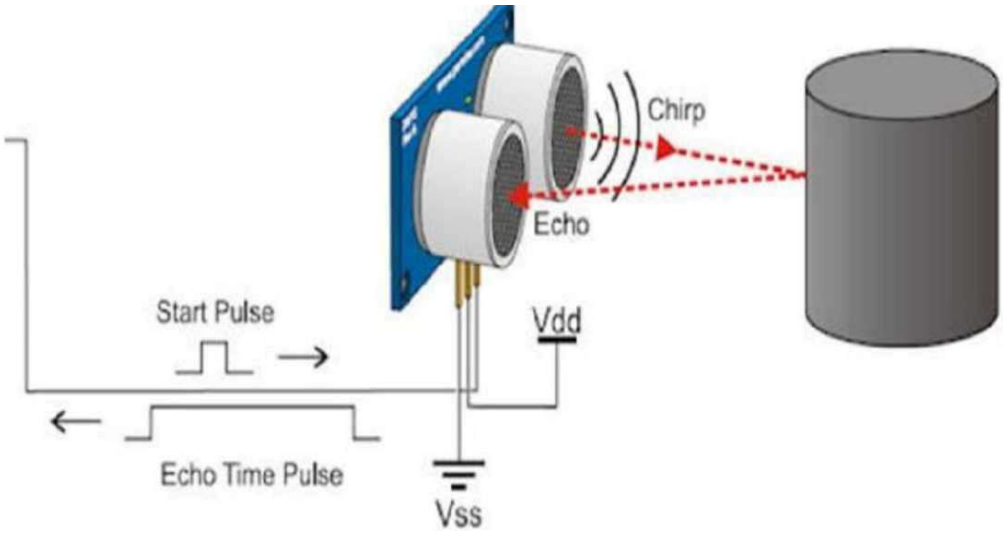


Figure II.11 : Principe de fonctionnement de HC-SR04.[19]

II.2.5.4.1 Mesure de distance de la cible

La distance parcourue par un son se calcule en multipliant la vitesse du son, environ 340 m/s (ou 34'000 cm/1'000'000µs) par le temps de propagation, soit :

D = V.T :(1.1)

D : distance en mètre, V : vitesse de son (m/s) mètre par seconde, T : temps (s) en seconde.

Le HC-SR04 donne une durée d'impulsion en dizaines de s'. Il faut donc multiplier la valeur obtenue par 10µs pour obtenir le temps t. On sait aussi que le son fait un aller-retour. La distance vaut donc la moitié.

D= (34000/1000000.10.valeur).1/2 (cm) : (1.2)

En simplifiant :

D= 17000/1000000.10.

$\frac{17000}{1000000} \times 10$Valeur (cm) : (1.3)

Finalement :

$\frac{17}{100} *$ Valeur(cm)

D= 17/100.Valeur (cm) : (1.4)

D= durée/58 (cm) :(1.5)

La formule (1.5) figure aussi dans le manuel d'utilisation du HC-SR04 car la Fraction 17/1000 est égale à 1/58.8235. Elle donne cependant des résultats moins précis.[19]

Note : À grande distance, la surface de l'objet à détecter doit mesurer au moins 0.5 m²

II .2.4.6.2Le diagramme temporel

Le diagramme temporel est affiché ci-dessous. Il faut fournir un signal à l'état haut pendant 10µs à l'entrée de l'émetteur pour déclencher la salve d'ultrasons. Le module envoie ensuite 8 cycles d'ultrasons à 40 kHz et attend le signal reçu. Le récepteur reçoit un signal à l'état haut dont la durée est proportionnelle à la distance de l'objet perçu. Le calcul de la distance peut se faire grâce au temps mesuré entre le signal émis et le signal reçu.

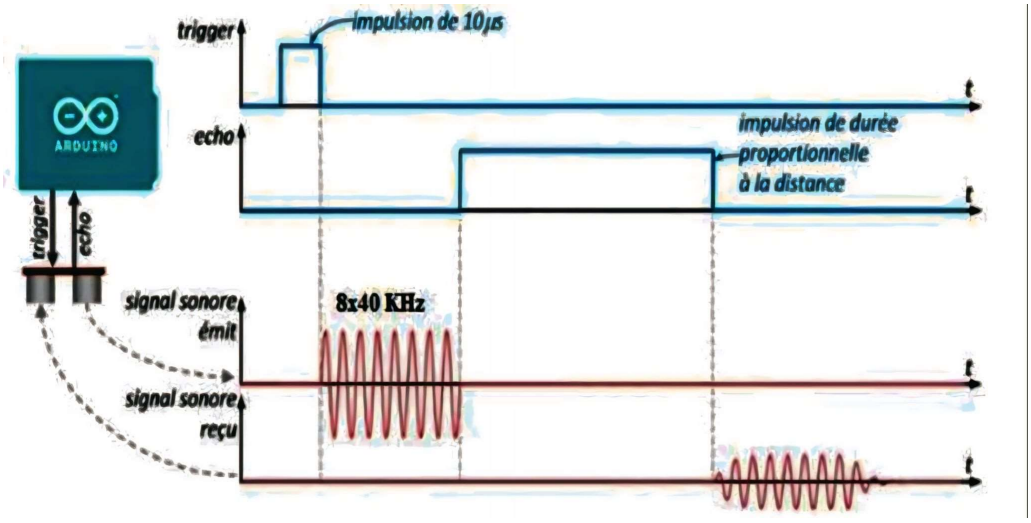


Figure II.12: Le diagramme temporel.[19]

II.2.6 Buzzer

Buzzer est un dispositif de signalisation audio, qui peut être mécanique, électromécanique ou piézoélectrique. Parmi les utilisations typiques des avertisseurs sonores, citons les dispositifs d'alarme, les minuteries et la confirmation des entrées de l'utilisateur,

comme un clic de souris ou une frappe au clavier. Largement utilisée dans les ordinateurs, les imprimantes, les photocopieurs, les alarmes, les jouets électroniques, les équipements électroniques automobiles, les téléphones, les minuteries et autres produits électroniques pour appareils audio.

Dans notre cas on va utiliser le buzzer électromécanique, buzzer actifs qui se présente sous la forme d'un petit boîtier rectangulaire ou cylindrique.[20]



Figure II.13: Buzzer.[20].

II.2.7 Afficheur LCD I2C

II.2.7.1 Défintion

Les afficheurs LCD sont devenus incontournables dans toutes applications qui demandent la visualisation de paramètres, il s'agit donc d'une interface Homme/Machine. Ils sont très utilisés dans les montages à microcontrôleur, et permettent une grande convivialité. Ils peuvent aussi être utilisés lors de la phase de développement d'un programme, car on peut facilement y afficher les valeurs de différentes variables. Vu de l'extérieur, les écrans LCD alphanumériques 22 sont essentiellement caractérisés par leur taille. Deux modèles se rencontrent très fréquemment et sont les meilleurs marchés, celui ayant 2 lignes et 16 colonnes d'affichage et celui ayant 4 lignes et 20 colonnes d'affichage.[21]

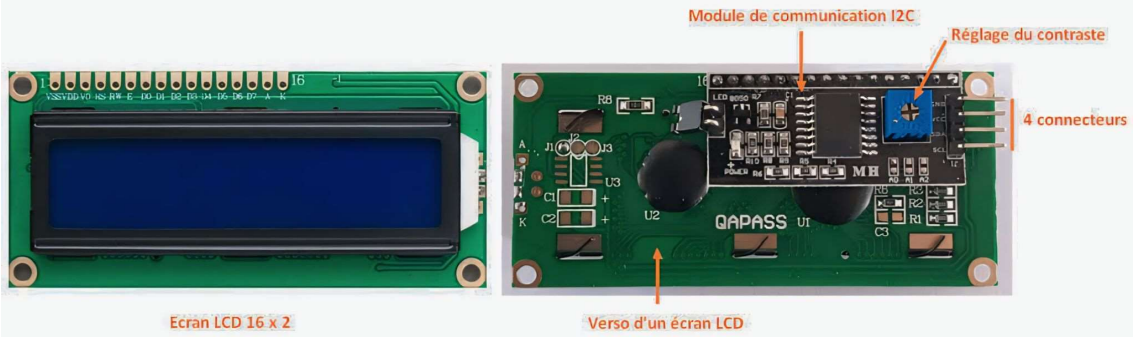


Figure II.14: Structure d'un écran LCD-I2C. [22]

II.2.7.2 Adresse I2C du LCD

Si vous utilisez plusieurs périphériques sur le même bus I2C, vous devrez peut-être définir une adresse I2C différente pour la carte, afin qu'elle n'entre pas conflit avec autre périphérique I2C. Pour ce faire, Il y a trois connexions nommées A0, A1 et A2 pour définir (3 bits) l'adresse I2C entre 0x20 et 0x27. L'adresse par défaut est 0x27 (A0, A1 et A2 laissés ouverts). Une paire est fermée en connectant les deux plots respectifs ensemble.[21]

II.2.7.3 Schéma de câblage avec Arduino

La connexion d'un LCD I2C est beaucoup plus facile de connecter un écran LCD I2C que de connecter un écran LCD standard. Il vous suffit de connecter 4 broches au lieu de 12.

Les caractéristiques :

- Affichage : 16 colonnes, 2 lignes.
- Tension : 5V uniquement nécessaires.
- Courant : 135 mA typique avec rétro-éclairage allumé.
- Modes : I2C / 9 600 bauds de communication série.

Branchement avec la carte Arduino

La connexion avec l'Arduino se fait comme ceci :

- SCL brancher avec A5 de l'Arduino.
- SDA brancher avec A4 de l'Arduino.
- GND avec le GND (la masse).
- VCC pour l'alimentation avec 5V de la carte Arduino.[21]

II.2.8 Batteries d'alimentation

II.2.8.1 Définition

La batterie QHTC 18650 est une batterie lithium-ion rechargeable, fréquemment utilisée dans les applications électroniques portables, les projets Arduino, les lampes torches, etc. [24]



Figure II.15: Batteries d'alimentation.

II.2.8.2 Caractéristiques Techniques

- Type : Lithium-ion (Li-ion)

- Tension nominale : 3.7 Volts

- Capacité annoncée : 6800 mAh (peut être inférieure en réalité)

- Dimensions : 18 mm (diamètre) x 65 mm (longueur)

- Poids : Environ 45 grammes

- Nombre de cycles de charge : Environ 300 à 500 cycles

Une batterie 18650 peut alimenter un moteur DC 6V (ex. RS-775) pendant environ 2 à 5 minutes à moyenne charge, idéal pour un système de déplacement de faible charge.

II.2.9 Le Moteur à Courant Continu (MCC)

II.2.9.1 Définition de moteur

Le moteur RS-775 est un moteur à courant continu (DC) à balais, connu pour sa puissance élevée et sa fiabilité. Il est largement utilisé dans les systèmes mécatroniques, les robots, les perceuses, les pompes, et les projets Arduino. Fonctionnant à une tension nominale de 6V, il fournit un couple élevé adapté aux applications nécessitant une vitesse réduite avec force.[25]



Figure II.16 : Le moteur RS-775.[26]

II.2.9.2 Caractéristique de moteur

- Tension nominale : 6 V DC
- Vitesse à vide : 77 tours/min (avec réducteur)
- Courant à vide : 0.5 - 1 A
- Courant en charge : Jusqu'à 5-6 A (démarrage)
- Puissance de sortie : 30 à 60 Watts
- Type de moteur à balais (Bru shed DC)
- Dimensions : ≈66 mm (longueur), 42 mm (diamètre)
- Diamètre de l'arbre : ≈5 mm
- Applications : Robots, convoyeurs, compacteurs, etc.

II.2.9.3 Fonctionnement d'un moteur à CC

Le stator est la partie fixe du moteur. Appelé aussi inducteur, il génère un champ magnétique à l'aide d'un aimant permanent ou d'un bobinage électromagnétique alimenté.

Le rotor est la partie mobile qui tourne. Il contient un bobinage alimenté qui, sous l'effet du champ magnétique du stator, subit une force électromagnétique, ce qui entraîne une rotation mécanique continue.

II.2.10 Relais

II.2.10. 1-Définition de relais

Un relais électromécanique est un organe électrique permettant de dissocier la partie puissance de la partie commande : il permet l'ouverture/fermeture d'un circuit électrique par un second circuit complètement isolé (isolation galvanique) et pouvant avoir des propriétés Différente.[27]

II .2.10.2-Fonctionnement de relais

Les relais sont des composants électromécaniques largement utilisés dans les systèmes électroniques et électriques pour contrôler des charges plus importantes à partir de signaux de commande faibles. Ils agissent comme des interrupteurs électriques qui peuvent ouvrir ou fermer un circuit en réponse à un signal électrique. Les relais offrent une solution fiable pour isoler des circuits de faible puissance des circuits de puissance élevée, protégeant ainsi les composants sensibles et les microcontrôleurs. La figure suivante illustre la manière dont les relais fonctionnent, leur symbole électronique, ainsi que la représentation d'un relais en Shield.[27]

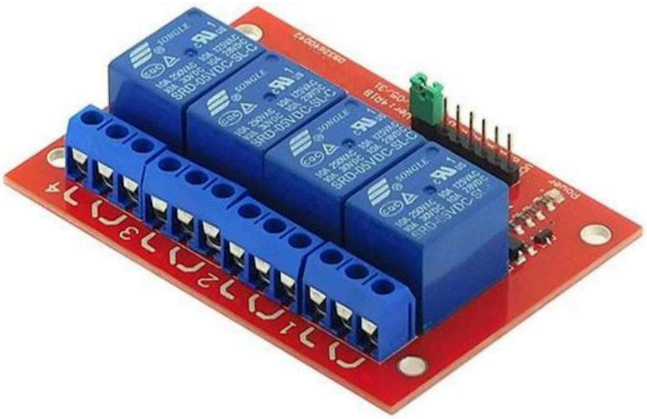


Figure II.17 : Module de 4 relais.[28]

II.2.10.3 PRINCIPALES CARACTERISTIQUES

• Capacité de commutation disponible par 10A malgré petite conception de taille pour la carte P.C. à haute densité technique de montage.

• Choix de matière plastique pour les températures élevées et meilleure performance de la solution chimique.

• Types scellés disponibles.

• Circuit magnétique à relais simple pour répondre au faible coût de production de masse.

Les relais sont des composants électromécaniques largement utilisés dans les systèmes électroniques et électriques pour contrôler des charges plus importantes à partir de signaux de commande faibles. Ils agissent comme des interrupteurs électriques qui peuvent

ouvrir ou fermer un circuit en réponse à un signal électrique. Les relais offrent une solution fiable pour isoler des circuits de faible puissance des circuits de puissance élevée, protégeant ainsi les composants sensibles et les microcontrôleurs. La figure suivante illustre la manière dont les relais fonctionnent, leur symbole électronique, ainsi que la représentation d'un relais en Shield.

II.3 Softwares utilisés

II.3.1 Serveur Node-RED

La supervision se fait par la réception des données et l'émission des commandes à travers une Interface Homme Machine IHM. Node-RED est un outil puissant dédié à des systèmes à base d'I d O.

Node-RED est un outil de programmation développé par IBM en 2013 pour interconnecter des périphériques matériels, des APIs ainsi que des services en ligne. Il s'agit d'un simple raccordement de nœuds ou de blocs de codes prédéfinis pour effectuer des tâches [251]. En particulier, Node-RED est basé sur JavaScript, l'un des langages de programmation les plus largement utilisés et faciles à apprendre. Son exécution est construite sur Node.js (plateforme open source, légère et efficace exécute des codes JavaScript), qui utilise un modèle d'E/S non bloquant, piloté par événement, idéal pour un développement d'applications rapide et facile avec une large gamme de bibliothèques.[29]

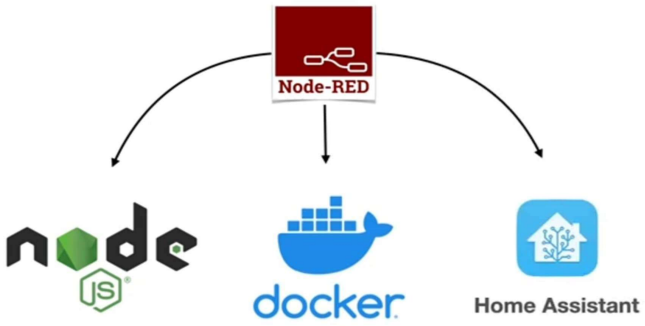


Figure II.18: Node-Red logo.[30]

II.3.1 .1 Editeur de Node-RED

La fenêtre de l'éditeur de Node-RED se compose de quatre composants (Figure IV.14)

- L'en-tête en haut.

• La palette à gauche.

• L'espace de travail principal au milieu.

• Si démarrer à droite.

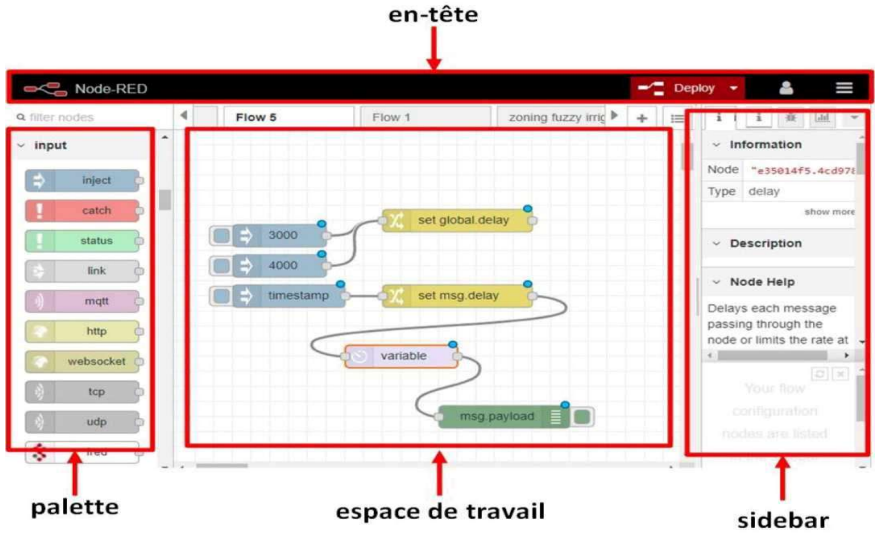


Figure II.19: Editeur Node RED.[29]

II.3.1.1.1 En-tête

L'entête contenant le bouton de déploiement, le menu principal et le menu utilisateur.

II .3.1.1.2 Palette

La palette contient tous les nœuds installés et disponibles à utiliser. Le gestionnaire de palette (palette manager) peut être utilisé pour installer de nouveaux nœuds.

Expliquer certains modules (tous les nœuds) disponibles dans Node-RED, tels que :

II.3.1.1.3 Dashboard

Dashboard est un module qui fournit un ensemble de nœuds (texte, jauge, graphes, LED, etc.) dans Node-RED pour créer rapidement un tableau de bord de données en temps réel (pour affiche l'état de plusieurs services).[31]

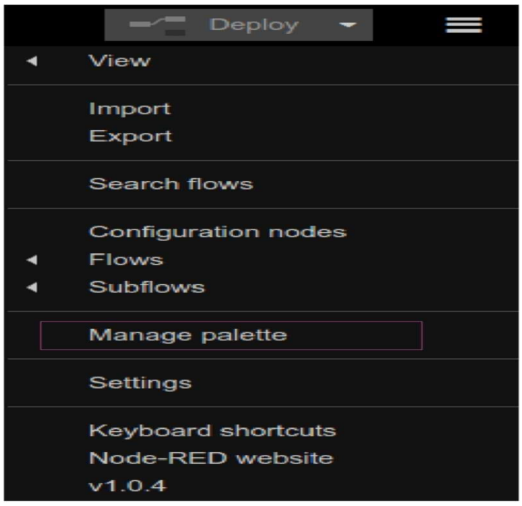


Figure II.20: Installation nouveau nœud Manage palette.[31]

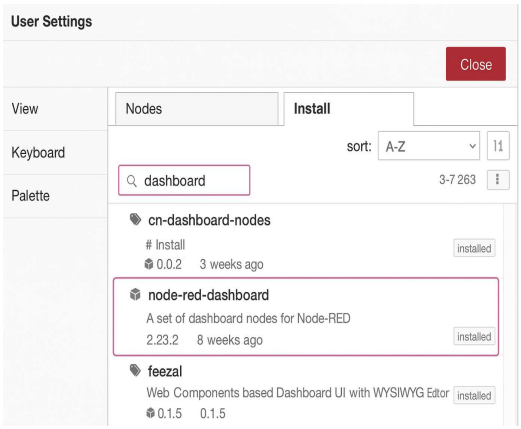


Figure II.21: Installation de nouveau nœud dans la palette.[31]

Input / Outputs : contient des nœuds offrent des moyens d'envoyer / recevoir des données sur le même ensemble de protocoles (ex : serial, mt, http, etc.).

Fonction : contient une série de nœuds supportant des fonctions de traitement. Cela va d'un simple nœud délai (DeLay), à un nœud d'aiguillage (switch), à nœud de fonction programmable qui peut être adapté à presque tous les besoins de programmation.

Storage : les nœuds de ce module purent être utilisés pour lire / écrire des données depuis /dans un fichier ou une base de données (file, MySQL, etc..).

Social : Les nœuds "media sociaux" supportent les interactions avec l'email, Twitter, Facebook,

etc. Ces nœuds permettent d'envoyer ou recevoir des emails, notifications, tweets.[31]

II.3.1.1.4 Espace de travail

L'espace de travail de Node-RED (appelé aussi "Workspace") est l'interface graphique principale dans laquelle tu construis et organises des flows (flux de données).

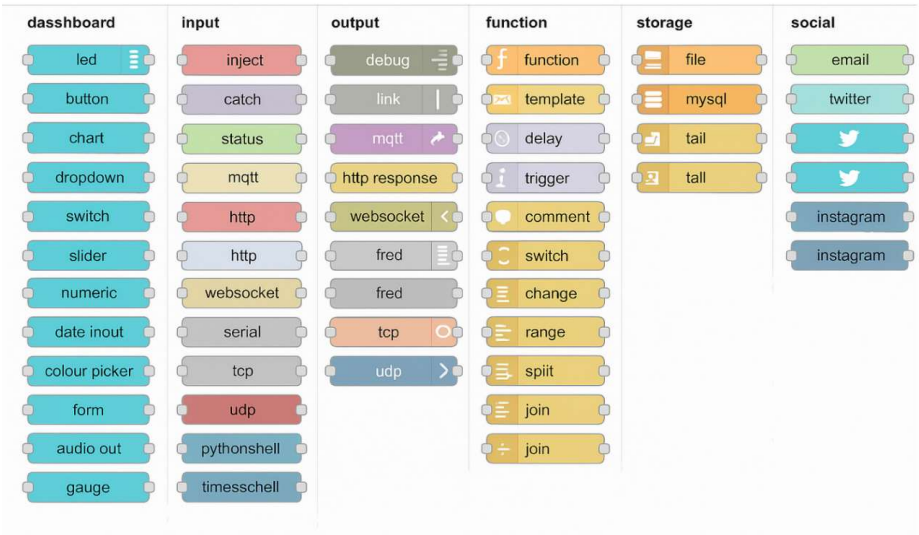


Figure II.22 : Certains des nœuds disponibles dans Node-RED sont utilisés dans notre projet.[29].

II.3.1.1.5 Sidecar

Le sidecar (la barre latérale) contient des panneaux qui fournissent un certain nombre d'outils utiles au sein de l'éditeur, où :

• La barre information affiche plus d'informations sur le nœud sélectionné actuel (un résumé de ses propriétés et textes d'aide pour le nœud).

• La barre de débogage(deug) affiche les messages passés aux nœuds de débogage dans le flux, ainsi que certains messages de log de l'exécution.

• La barre des nœuds de configuration (config) fournit une liste de tous les nœuds de configuration organisée par leur périmètre.

• La barre contexte affiche le contenu du stockage de données de contexte.

Certains nœuds fournissent leurs propres sidecar, tels que Node-RED Dashboard.[29]

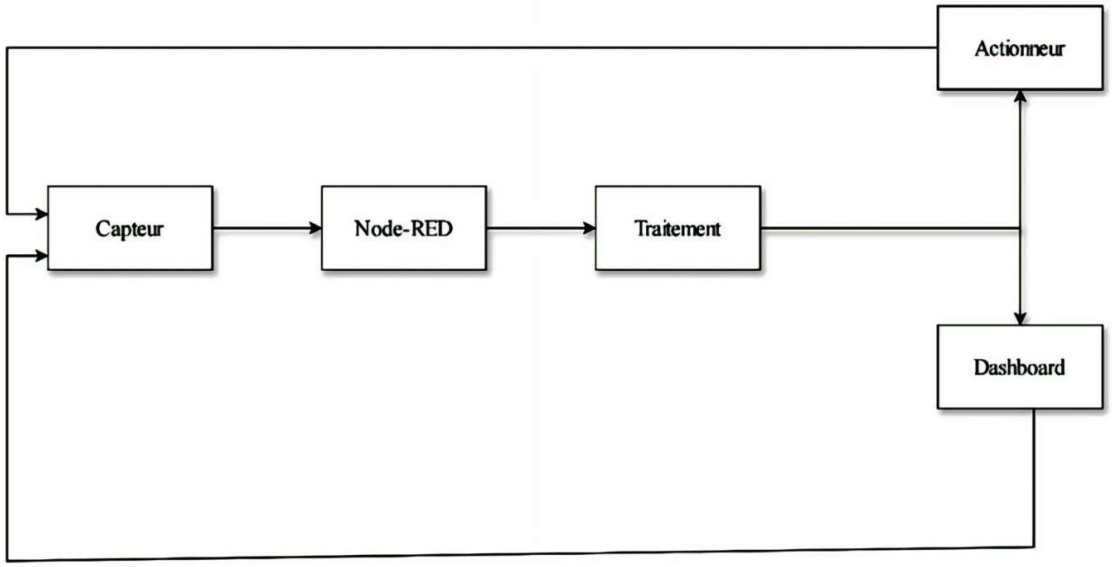


Figure II.23 : Flux de données dans le système Node-RED.

Node-RED offre une manière simple, rapide et visuelle de connecter des capteurs, bases de données, services en ligne et actionneurs, rendant le développement IoT accessible même aux débutants.

II.3.2 Arduino IDE

II.3.2.1 Définition

IDE (Integrated Développent Environnent) est spécialement conçu pour faciliter la programmation des cartes Arduino, ouvrant ainsi la voie à des projets innovants et passionnants. Arduino IDE offre donner vie à leurs idées électroniques. Découvrons comment cet environnement de développement stimulant nous permet d'exploiter tout le potentiel de ces microcontrôleurs.[32]

II.3.2.2 Les composants de l'Arduino IDE

Comme vu dans le chapitre précédent, le langage utilisé avec Arduino est très proche du langage C ou C++. C'est notamment le cas pour la syntaxe et les types de variables. Cependant, ce langage présente quelques différences, principalement dans la structure d'un programme.

Un programme Arduino se décompose en deux parties principales : une première partie appelée setup, et une seconde appelée Loop. Ces deux parties sont représentatives de la manière de fonctionner d'un microcontrôleur et sont appelées dans cet ordre. En effet, un

microcontrôleur est destiné à exécuter les instructions contenues dans sa mémoire de manière cyclique et infinie.

Avant de s'exécuter, le microcontrôleur a besoin d'une phase de « configuration » de son environnement, notamment pour paramétrer des broches d'entrées/sorties ou tout simplement pour fixer des variables globales, Cette phase correspond à la fonction setup.



Figure II.24 : Les composants de l'Arduino IDE.[16]

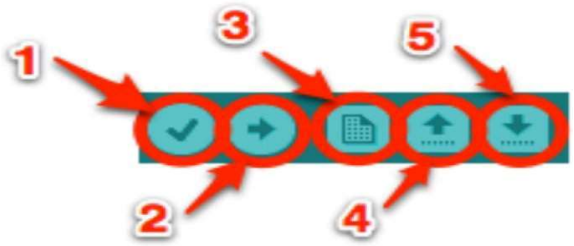


Figure 2.25 : Menu l'Arduino IDE.[16]

- Bouton 1 : Ce bouton permet de vérifier le programme, il actionne un module qui cherche les erreurs dans le programme.

- Bouton 2 : Envoi du programme sur l'Arduino.
- Bouton 3 : Créer un nouveau fichier.
- Bouton 4 : Ouvrir un fichier existant.
- Bouton 5: Enregistrer un fichier. [16]

II.3.2.4 Les fonctions setup () et Loop ()

• setup () : La fonction "voire setup ()" est appelée une seule fois au démarrage du programme. Elle est utilisée pour initialiser les paramètres, configurer les broches d'entrée/sortie, et effectuer toute autre opération qui doit être effectuée une seule fois au début du programme. Voir figure ().

• Loop () : La fonction "voire Loop ()" est exécutée en boucle en continu après le "setup ()". Elle est utilisée pour les tâches qui doivent être exécutées en continu, comme la surveillance des capteurs, la gestion des entrées utilisateur ou le contrôle des sorties. Voir figure ().[32]

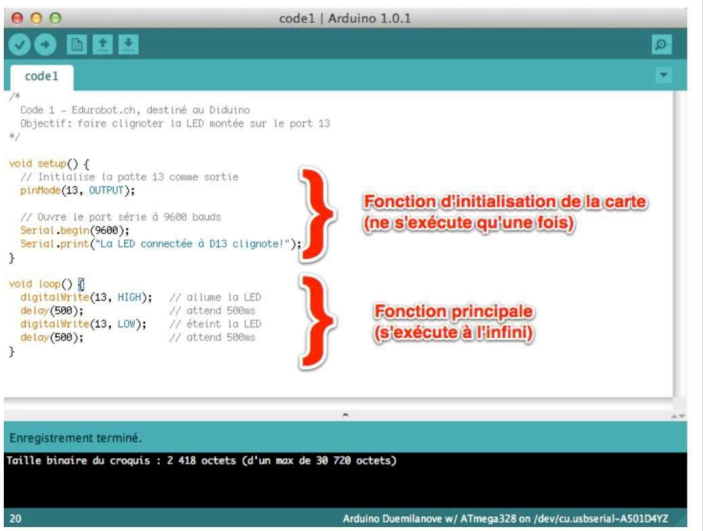


Figure II.26 : Présentation des fonctions de base dans IDE d'Arduino.[16]

II .3.2.4 .1 Broches digitales

Les fonctions suivantes permettent de manipuler les broches digitales des cartes Arduino. Pin Mode () Les broches digitales peuvent fonctionner en lecture ou en écriture. Cette fonction permet de préciser ce mode de fonctionnement. Elle doit être idéalement

appelée lors de la fonction setup () du programme principal. Pin Mode (numéro de la broche, mode de fonctionnement) ;

La broche à configurer doit être précisée dans les paramètres de la fonction sous la forme d'un nombre. Ce dernier est représenté par le numéro qui est gravé sur la carte. Sur les cartes Arduino Unau, ce numéro va de 0 à 13. Il est important de noter que les broches analogiques peuvent également servir d'entrée/sortie digitale. Les numéros à utiliser dans ce cas, pour une carte Arduino Unau par exemple, vont de A0 à A5. Le mode de fonctionnement enfin est déclaré en utilisant les deux constantes INPUT et OUTPUT définies dans la partie précédente. Par défaut, toutes les broches sont configurées en mode INPUT. Il n'est techniquement pas nécessaire de le faire si l'on souhaite utiliser une broche en lecture, mais il est fortement conseillé tout de même d'effectuer systématiquement ce travail de configuration pour faciliter la lisibilité du programme.

– DigitalWrite ()

L'écriture sur les broches digitales est maintenant la prochaine étape. Pour cela, la fonction digital rite () entre en jeu. Une broche configurée en écriture doit envoyer une valeur et cette fonction indique quelle valeur utiliser.

DigitalWrite (numéro de la broche, valeur à envoyer) ;

Le numéro de la broche, comme dans la fonction précédente, doit être indiqué dans les paramètres sous la forme d'un nombre. La valeur à envoyer ensuite correspond aux deux constantes HIGH et LOW introduites dans la partie précédente.

– digital Read () : La lecture est effectuée par la fonction digital Read (). Cette fonction ne prend en paramètre que le numéro de la broche sur laquelle la lecture est souhaitée. La valeur retournée ne peut être qu'une des deux constantes HIGH et LOW. Cette constante renvoyée, même si cela n'est précisé nulle part, est d'un type numérique. Il est ainsi possible de stocker cette valeur dans une variable locale dans son programme pour peu que cette variable soit du bon type.[33]

II.3.2.4.2 Broches analogiques

Les broches analogiques ont un fonctionnement différent de celui de leur contrepartie digitale. De par leur nature, elles doivent pouvoir manipuler plus que deux valeurs. Ainsi, les microcontrôleurs équipant les Arduino disposent d'un certain nombre de convertisseurs

analogique/numérique (6 pour les Arduino Unau et 16 pour les Arduino Méga). La fonction de ces convertisseurs est de traduire une grandeur analogique, dans notre cas une tension électrique, en une valeur numérique qu'il sera possible de manipuler dans un programme

Arduino. Le convertisseur présent dans les microcontrôleurs utilisés par les cartes Arduino peut manipuler des valeurs allant jusqu'à 10 bits, soit des nombres compris entre 0 et 1023. Ainsi, le nombre 0 correspond à une valeur de tension nulle ou 0V, et le nombre 1023 correspond à une valeur maximale.[33].

II.3.3 SOLIDWORKS

SolidWorks est l'un des programmes de CAO les plus utilisés dans les environnements professionnels à travers le monde. À l'approche de son 25e anniversaire, SolidWorks reste une option de CAO largement adoptée et appréciée, considérée par beaucoup comme la référence incontournable en ingénierie.

La société française Dassault Systèmes a récemment lancé, en plus de la version mise à jour de SolidWorks 2020, une intégration complète dans sa plateforme cloud 3DExperience Works, visant à concurrencer l'offre déjà bien établie et populaire d'Autodesk.

Bien que SolidWorks soit riche en fonctionnalités et permette la création de presque toutes les formes imaginables, son approche axée sur la modélisation géométrique paramétrique pour la conception technique rend la création de formes organiques moins intuitive que dans des programmes de sculpture comme Blender.

Figure II.27: SolidWorks logo.

II.3.4 Conclusion

Les technologies récentes et l'émergence des outils numériques jouent un rôle fondamental dans l'amélioration des systèmes automatisés. Dans le cadre de notre projet de

vis de transfert et de compactage des eaux, l'intégration de solutions technologiques est devenue une nécessité pour garantir un fonctionnement fiable, précis et efficace.

Dans ce chapitre, nous avons détaillé les composants matériels et logiciels utilisés, choisis pour leurs caractéristiques techniques et leurs avantages : disponibilité, rapidité, précision, simplicité d'utilisation, coût réduit et support technique accessible.

Chapitre III :

Développement et implémentation pratique

III.1 Introduction

Le bon fonctionnement des systèmes de stockage et de transport d'eau usagée dépend de la collecte et de l'analyse d'un nombre d'informations techniques dans le but de surveiller et d'optimiser le bon fonctionnement du système. Ce les données, collectées grâce à différents types de capteurs, incluses sont des informations supplémentaires sur le teneur en eau, le volume des déchets solides et l'ensemble général du système.

En tirant parti du but d'obtenir un contrôle intelligent et indépendant des processus de compactage et de transfert par voie d'un réseau de contrôle en boucle fermée, nous sommes amenés à proposer une solution technologique basée sur l'utilisation des capteurs, de commande des signaux et sur un microcontrôleur à voir pour surveiller en temps réel à fins d'en accréditer réactivité et efficacité tout en remettant des interventions humaines.

Le présent chapitre a pour but de décrire en détail la mise en œuvre technique et pratique de la solution proposée ; les résultats expérimentaux des essais opérationnels sont donnés à la fin du chapitre.

III.2 Description du Système

Le système proposé de dégrillage fin automatisé avec vis de transfert et compactage d'eau est conçu pour assurer un traitement efficace des eaux chargées en déchets solides. Il se compose de deux éléments principaux :

Un module de collecte et de traitement des données, permettant de surveiller en temps réel l'état du dégrilleur, le niveau d'encrassement et le fonctionnement des différents composants.

Une interface homme-machine (IHM) permettant la supervision à distance du système via un PC, un smartphone ou tout autre dispositif connecté. Elle permet également la configuration des seuils et des paramètres de fonctionnement.

Le système assure les fonctionnalités suivantes :

La collecte en temps réel des données du dégrilleur et de son environnement via des capteurs intégrés :

La supervision à distance du fonctionnement du dégrilleur fin, de la vis de transfert et du compacteur :

Le contrôle automatique du système pour garantir un fonctionnement optimal en fonction des conditions détectées sur le terrain.

Modes de fonctionnement

Le dégrilleur fin avec vis de transfert et compactage d'eau fonctionne selon deux modes configurables :

Mode « COLMATAGE »

Dans ce mode, le dégrilleur démarre automatiquement lorsque la différence de niveau entre l'amont et l'aval atteint un seuil critique, causé par l'accumulation de débris sur la grille. Ce seuil est paramétrable via l'interface de supervision. Une fois ce seuil atteint, le système active le dégrilleur, la vis de transfert et le compacteur pour éliminer les déchets. La durée de fonctionnement est également réglable.

Mode « HORLOGE »

Ce mode permet de faire fonctionner le système selon une cadence horaire prédéfinie. L'opérateur peut ajuster les périodes de marche et d'arrêt en fonction des besoins, directement depuis l'interface de supervision. Cela permet un entretien régulier même en l'absence d'un colmatage immédiat.

III.3 Principe de fonctionnement de système proposé

Le système proposé constitue une solution intelligente pour automatiser le processus de nettoyage des eaux chargées de déchets solides, leur transfert et leur compactage. Il repose sur une architecture mécatronique intégrant des capteurs, des actionneurs, une unité de contrôle (Arduino un) ainsi qu'une interface de supervision via Node-RED.

Le fonctionnement du système se déroule en quatre étapes principales, interconnectées :

Acquisition des données : A La première étape consiste à surveiller en temps réel le niveau d'eau dans le réservoir à l'aide d'un capteur de niveau.

Lorsque ce niveau dépasse un seuil critique défini, le système passe automatiquement en mode COLMATAGE.

Par ailleurs, un capteur à ultrasons détecte l'état de remplissage du bac à déchets. En cas de débordement, un signal sonore est émis via un buzzer pour alerter l'utilisateur.

Toutes ces informations sont traitées en temps réel par la carte Arduino un.

Contrôle et automatisation : En fonction des données recueillies, le système déclenche une séquence automatique selon le mode de fonctionnement choisi :

Mode COLMATAGE : Lorsque le seuil de niveau d'eau est atteint, le moteur dégrilleur fin (M1) est activé pour nettoyer la grille.

Après une durée prédéfinie, le moteur de la vis de transfert et compactage (M2) est mis en marche pour transporter et compacter les déchets.

L'arrêt des moteurs se fait de manière séquentielle : d'abord M1, puis M2, afin d'assurer un fonctionnement fluide et précis.

Mode HORLOGE : Le système fonctionne à des intervalles programmés via l'interface Node-RED, indépendamment du niveau d'eau.

Cette flexibilité permet un entretien périodique même en l'absence d'un colmatage immédiat.

III .4Affichage et supervision via Node-RED

Les données captées sont lues et traitées par l'Arduino. Même si, dans cette version, le système fonctionne principalement en temps réel, il reste possible d'envisager un stockage futur dans une base de données (type MySQL) pour une traçabilité plus avancée.

Grâce à l'interface Node-RED, l'utilisateur peut visualiser l'état du système en temps réel :

- Niveau de l'eau.
- État des moteurs (actif / inactif).
- Alertes en cas de remplissage du bac.
- Contrôle manuel ou basculement vers le mode automatique.

Cette interface permet également un contrôle à distance et une configuration dynamique des paramètres, comme la durée de fonctionnement ou les seuils d'activation.

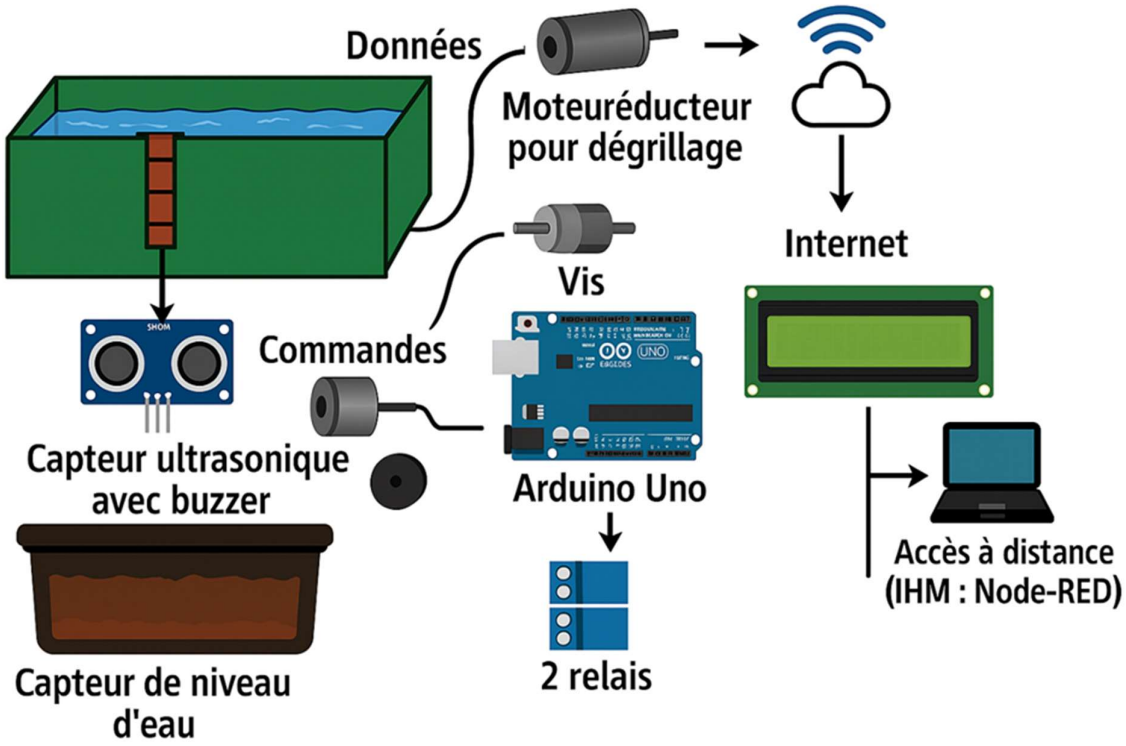


Figure III.1 : Structure générale du système proposé.

III .5 Solutions matérielles et logicielles intégrées

III .3.1 Matérielles

Bloc d'alimentation : Fournit l'énergie nécessaire (5V et 12V) pour alimenter les microcontrôleurs, les moteurs, les capteurs et l'écran d'affichage.

Capteur de niveau d'eau : Placé dans le réservoir pour mesurer le niveau d'eau. Lorsqu'un seuil est atteint, il déclenche automatiquement le système.

Capteur ultrasonique (HC-SR04) : Installé au-dessus de la benne à déchets pour mesurer son niveau de remplissage. Si la distance devient inférieure au seuil critique, une alarme sonore est déclenchée via le buzzer.

Buzzer (Avertisseur sonore) : Sert à générer une alerte sonore en cas de dépassement du niveau maximal de la benne.

Écran LCD16x2 avec interface I2C : Utilisé pour afficher en temps réel :

- Le niveau d'eau dans le réservoir.
- La distance restante dans la benne.
- Les messages d'alerte et l'état du système.

Moteur M1 (Dégrilleur) **:** Active le mécanisme de filtrage des déchets solides présents dans l'eau.

Moteur M2 (Vis sans fin) : Transporte et compacte mécaniquement les déchets solides vers la benne de collecte.

Module Relais à 2 canaux : Permet de contrôler indépendamment les deux moteurs M1 et M2 selon les signaux des capteurs.

Carte Arduino Esclave (UNO) : Connectée aux capteurs pour lire les données et les transmettre à l'unité de commande principale.

Carte Arduino Maître (UNO) : Analyse les données reçues, déclenche ou arrête les moteurs, active les alarmes et met à jour l'affichage sur l'écran LCD.

III .3.1 .1 Avantages du système proposé

Autonomie complète grâce aux capteurs intelligents.

Efficacité énergétique : moteurs activés uniquement si nécessaire.

Surveillance en temps réel : via écran LCD ou application distante.

Simplicité de maintenance grâce à la détection automatique de fin de course et de remplissage.

III.3.2 logicielles

Langage C : utilisé pour programmer la carte Arduino via l'environnement Arduino IDE. Dans notre projet de transfert et de compactage d'eau, le langage C permet de gérer la lecture des capteurs (niveau d'eau et capteur ultrason), ainsi que le contrôle des deux moteurs

(M1 pour le dégrillage et M2 pour la vis sans fin), selon une logique conditionnelle automatisée. Cette programmation assure le bon fonctionnement du système en temps réel et facilite la communication avec l'interface de supervision Node-RED.

SolidWorks : est un logiciel de conception assisté par ordinateur (CAD), qui modélise les composants mécaniques du système. Dans notre projet, SolidWorks a joué un rôle clé dans la conception précise des vis de transmission et de compression, entraînant la géométrie, leurs dimensions (longueur, diamètre, vis, etc.), et leur intégration, ce qui les rend visibles sur l'appareil. Grâce à la modélisation 3D, il a été possible de simuler l'assemblage des vis avec des moteurs, des boîtiers, des bacs à déchets pour assurer une compatibilité mécanique et un bon fonctionnement du système avant la production réelle. Ce travail a permis l'optimisation de l'efficacité des eaux usées et du transfert solide des résidus.

III.6 Réalisation du système de vis de transfert et de compactage avec dégrilleur

III.6.1 Architecture du prototype réel

Le prototype physique a été construit à partir de composants disponibles et accessibles, et reliés à une carte Arduino Uno. L'architecture générale du système comprend un capteur de niveau d'eau pour surveiller la hauteur du liquide dans le réservoir, un moteur dédié au dégrilleur chargé de retenir les déchets solides, ainsi qu'un convoyeur à vis actionné par un moteur à engrenages pour assurer le transport et la compression des déchets. Deux capteurs ultrasoniques sont utilisés : l'un pour détecter les obstructions éventuelles dans le mécanisme, et l'autre pour mesurer le taux de remplissage du bac à déchets. Un relais assure la commande des moteurs en fonction des conditions détectées, tandis qu'un capteur de fin de course (T1) permet d'identifier la position extrême du mouvement mécanique. Un écran LCD affiche en temps réel les données critiques du système, telles que le niveau d'eau, l'état des moteurs et les alertes éventuelles, accompagnées d'un buzzer pour signaler les situations anormales. L'ensemble fonctionne de manière autonome grâce à une programmation embarquée sur la carte Arduino, assurant une coordination efficace entre la détection, le traitement et l'action.

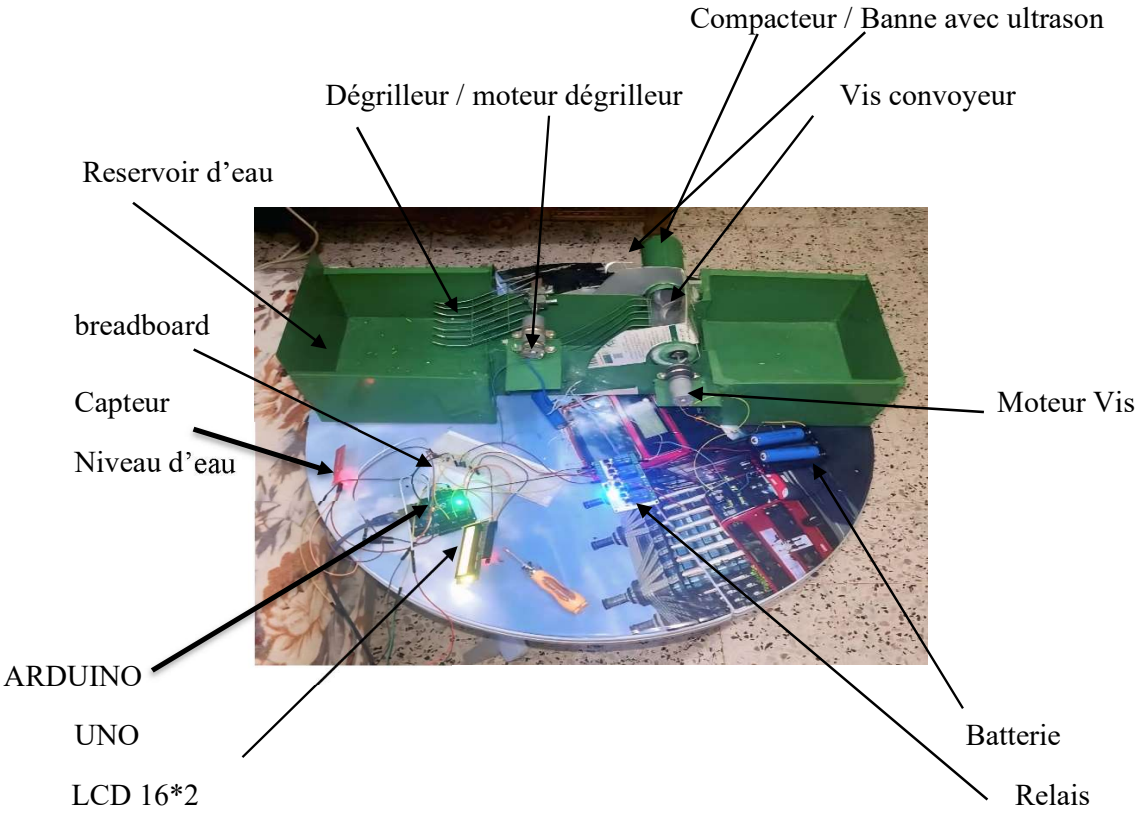


Figure III.2 : Prototype du système proposé.

Un capteur de niveau d'eau pour surveiller la hauteur du liquide dans le réservoir.

Un capteur à ultrasons (HC-SR04) placé au-dessus de la benne, servant à détecter son niveau de remplissage en déchets.

Deux moteurs DC : Le premier moteur entraîne le dégrilleur, permettant de retenir et déplacer les déchets flottants.

Le second moteur actionne la vis sans fin, qui transporte les déchets vers la benne tout en les compactant.

Un buzzer pour les alertes sonores en cas de dépassement de seuil.

Écran LCD 16x2 avec I2C : Affiche les informations en temps réel (niveau d'eau, benne pleine, état des moteurs).

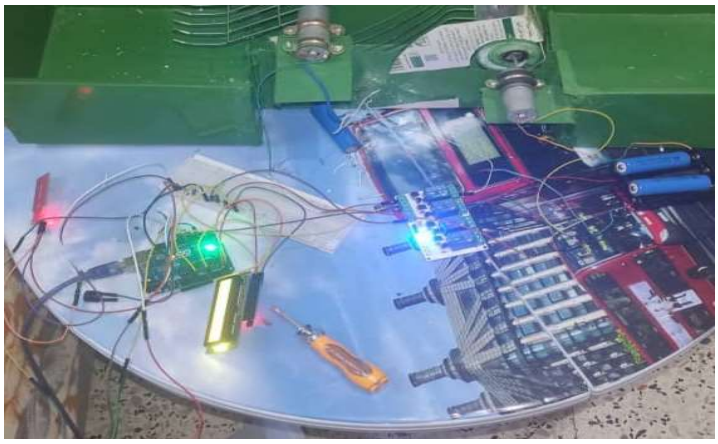


Figure III.3 : Fonctionnement de deux moteurs DC.

III 6.2Logique de fonctionnement du système automatisé

Le système repose sur une séquence de fonctionnement conditionnée par les données des capteurs :

Lorsque le niveau d'eau dépasse un seuil critique détecté par le Water Ensor, le moteur du dégrilleur se met en marche automatiquement.

Après un délai de 3 secondes, le moteur de la vis sans fin s'active, assurant le transport et le compactage des déchets vers la benne.

Le fonctionnement est séquentiel et dépendant : le moteur vis ne s'active qu'après le dégrilleur, garantissant une coordination optimale.

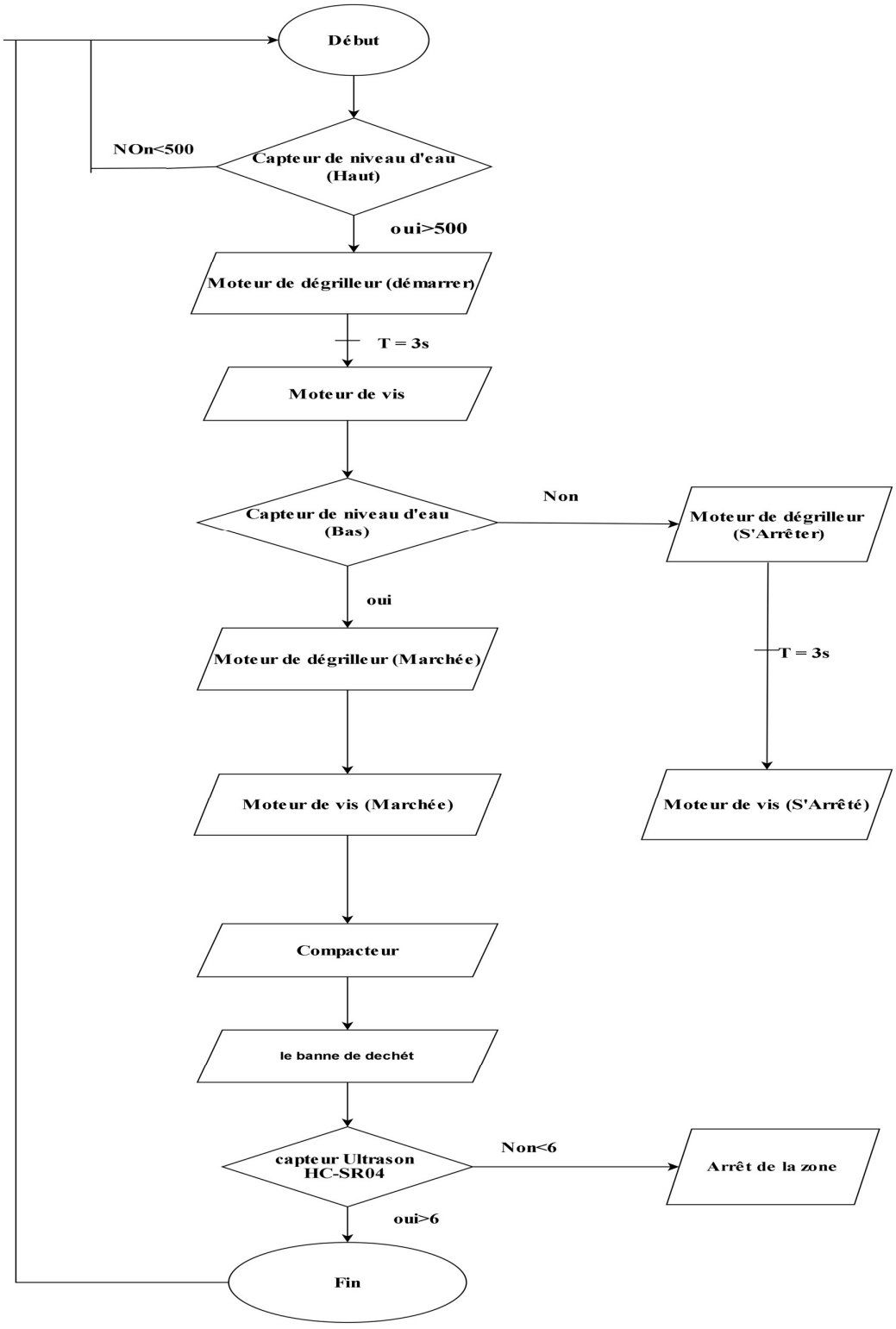


Figure III.4 : L'organigramme général du système proposé.

III.6.3 Détection d'une benne pleine

Le capteur à ultrasons mesure en permanence la distance entre le couvercle et le niveau des déchets. Lorsque cette distance devient inférieure à un seuil défini (par exemple < 5 cm), cela signifie que la benne est presque pleine.

- Un signal sonore est émis via le buzzer.
- Un message tel que "BENNE PLEINE" ou "ALERTE COLMATAGE" est affiché sur le LCD.

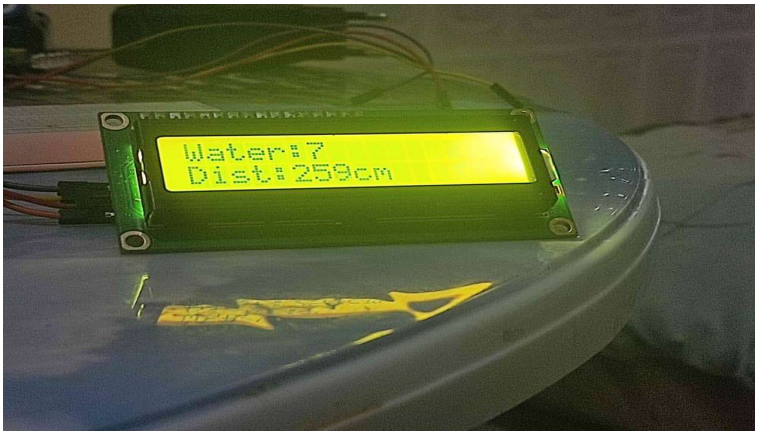


Figure III.5 : L'affichage de l'écran LCD.

Le système peut suspendre automatiquement le fonctionnement des moteurs.

III.6.4 Intégration Arduino et test du prototype

La carte Arduino Unau est le cœur du système. Elle reçoit les données des capteurs, prend les décisions en temps réel et contrôle les actionneurs. Le câblage est réalisé soigneusement pour éviter toute interférence. Le programme est structuré comme suit :

- Lecture des capteurs à intervalles réguliers.
- Détection des seuils.
- Activation différée des moteurs.
- Détection d’anomalies et déclenchement d’alertes.

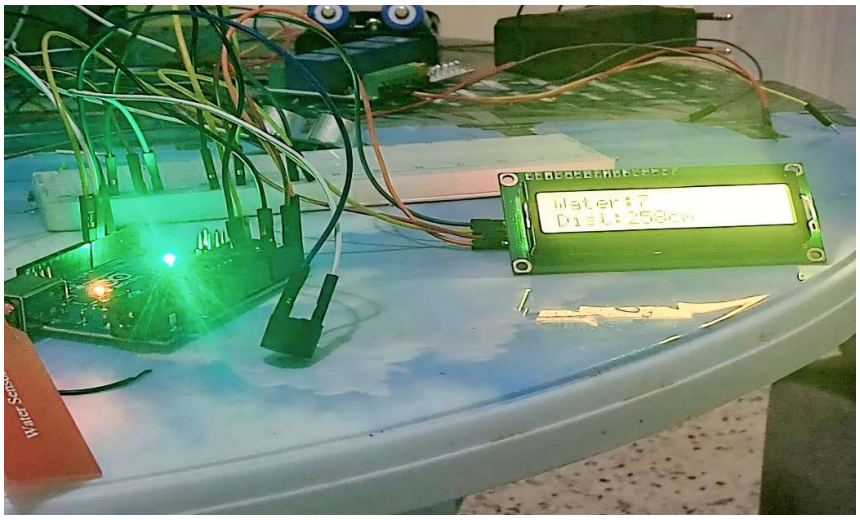


Figure III.6 : Intégration des composants de système.

III.7 Conception mécanique du système (SolidWorks)

Le but des systèmes de vis de transfert et de vis compacts utilisant l'était de simuler avec précision les dimensions, les mouvements et l'édition de différentes parties. Le système comprend des pertes fixées à l'entrée du réservoir d'eau, des vis infinies pour le mouvement et la compression des déchets solides, des partisans et des supports fixes. Cette conception fournit des limitations mécaniques et permet d'optimiser le placement des composants pour le fonctionnement du fluide.

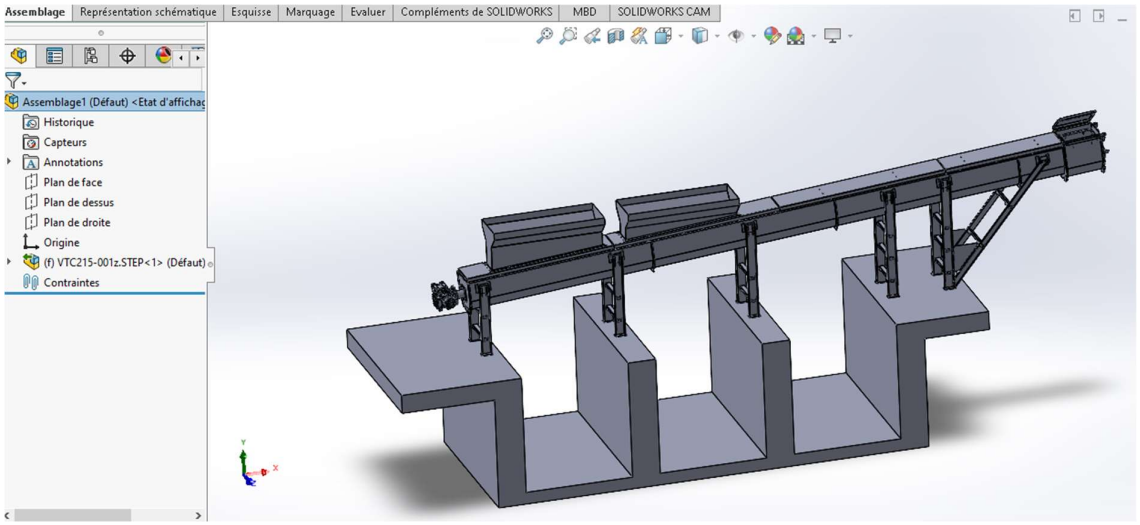


Figure III.7 : Conception mécanique de la vis avec SolidWorks.

III.8 Conclusion

La mise en œuvre de ce système de traitement innovant pour les déchets d'eau représente des progrès considérables dans le domaine de la mécatronique appliquée à l'environnement. Grâce à sa combinaison harmonieuse de modélisation mécanique précise, d'automatisation intelligente avec Arduino et de gestion efficace des capteurs, l'appareil prouve la fiabilité, la réactivité et l'adaptabilité dans des conditions réelles.

Ce prototype forme une base fixe pour une plus grande utilisation dans le traitement ou les systèmes de prétraitement des eaux usées. Les améliorations futures incluent la connectivité IoT, la surveillance à distance sur Internet et l'optimisation énergétique des composants. Ce projet illustre parfaitement comment l'ingénierie moderne peut contribuer à des solutions permanentes et intelligentes aux services environnementaux.

CHAPITRE IV :

L'Interface Homme-Machine (IHM)

IV.1 INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous abordons la phase cruciale du contrôle effectif du système mécatronique à l'aide de la plateforme Node-RED interfacée avec une carte Arduino Uno. Cette étape marque le passage de la conception théorique et de la simulation vers une mise en œuvre concrète et interactive, assurant un pilotage en temps réel, une visualisation intuitive, ainsi qu'un échange de données fiable entre les différents composants du système.

L'objectif principal est d'illustrer comment l'interface utilisateur graphique (Dashboard) développée sous Node-RED permet à l'opérateur de superviser et de contrôler les moteurs (dégrilleur et vis sans fin), les capteurs (niveau d'eau, capteur ultrasonique) ainsi que les actionneurs (buzzer, écran LCD), tout en automatisant le processus de traitement en fonction de seuils prédéfinis.

À travers ce chapitre, nous détaillons les étapes de la mise en place de la communication série, la configuration des nœuds de traitement et de commande, ainsi que les différents scénarios de déclenchement et d'arrêt automatique intégrés dans la logique de fonctionnement du système intelligent.

IV.2 Communication série fiable entre Arduino et Node-RED

IV.2.1 Mise en place de l'interface utilisateur avec Node-RED

Pour la visualisation, il a fallu télécharger les librairies qui nous offraient les pièces pertinentes pour contrôler le bon fonctionnement de la ligne de production, par exemple la librairie la plus utilisée pour la communication et pour la visualisation node-red-dashboard. Il était nécessaire de mettre en œuvre des fonctions individuelles, p. ex., des boutons, des wraps et des interrupteurs, pour contrôler la fonctionnalité de la ligne de production. Nous avons utilisé le langage de programmation JavaScript pour implémenter le rétroéclairage des boutons en mode manuel et pour les "moto-heures" (énumération des secondes, minutes, heures), nombre de produits sur la ligne et nombre de produits finis. Figure 44 indiquer Contrôle automatique et manuel dans l'environnement Node-Red.

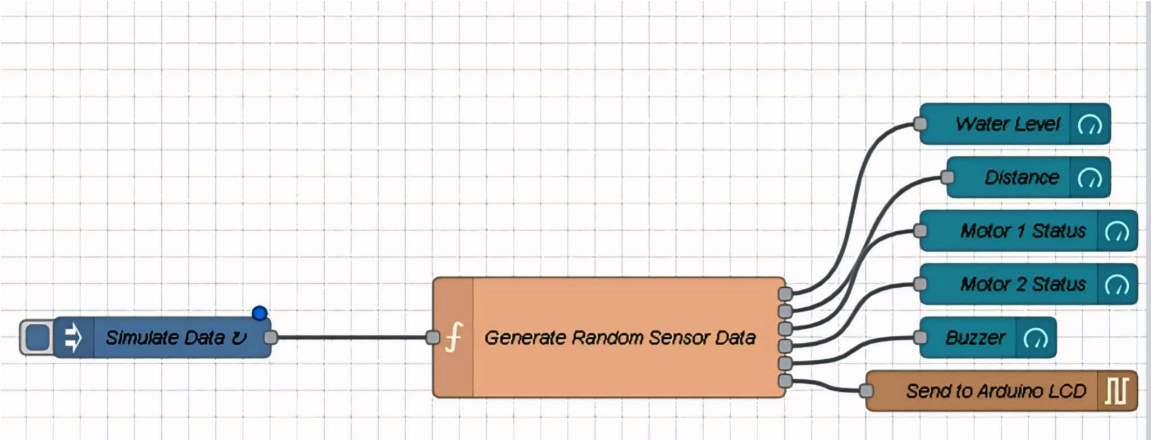


Figure IV.1: Node-Red Flows Interface.

IV 2.2 Communication série et commandes entre Node-RED et Arduino

La communication entre Node-RED et Arduino s'effectue via un port USB en utilisant une liaison série. Dans Node-RED, deux nœuds principaux sont utilisés : serial in pour recevoir les données envoyées par l'Arduino, et serial out pour transmettre des commandes vers celui-ci.

Les données reçues depuis l'Arduino suivent un format structuré tel que W :600, D :14, ce qui signifie que le niveau d'eau est de 600 et que la distance détectée est de 14 cm. Ces données sont traitées dans un nœud de type fonction, qui extrait les valeurs en utilisant un code JavaScript simple, puis les envoie vers deux jauges affichées sur le tableau de bord (Dashboard) : l'une pour le niveau d'eau, l'autre pour la distance.

Node-RED peut également envoyer des commandes textuelles vers l'Arduino via le nœud serial out. Les commandes prédéfinies sont les suivantes :

M1ON / M1OFF : pour démarrer ou arrêter le moteur 1 (dégrilleur)

M2ON / M2OFF : pour démarrer ou arrêter le moteur 2 (vis sans fin)

BUZON / BUZOFF : pour activer ou désactiver le buzzer

Ces commandes sont interprétées dans le code Arduino avec la fonction Serial.readString().

L'interface utilisateur (Dashboard) de Node-RED permet de visualiser les mesures en temps réel et d'interagir avec les composants via des boutons : démarrage/arrêt des moteurs, activation/désactivation du buzzer. Ce système offre ainsi une surveillance en temps réel et un contrôle à distance, tout en restant simple, intuitif et visuel.



Figure IV.2 : Interface Homme-Machine après un test expérimental.

IV.3 Node-Red Web Dashboard

IV. 3 .1 Activation du moteur dégrilleur selon le niveau d'eau

Lorsque le capteur de niveau détecte que l'eau a atteint ou dépassé un seuil critique, le moteur du dégrilleur est automatiquement activé pour commencer le nettoyage. Cette action est essentielle pour prévenir l'accumulation des déchets.

Conditions de déclenchement :

- Niveau d'eau ≥ seuil défini.
- Aucun colmatage détecté.

Visualisation Dashboard :

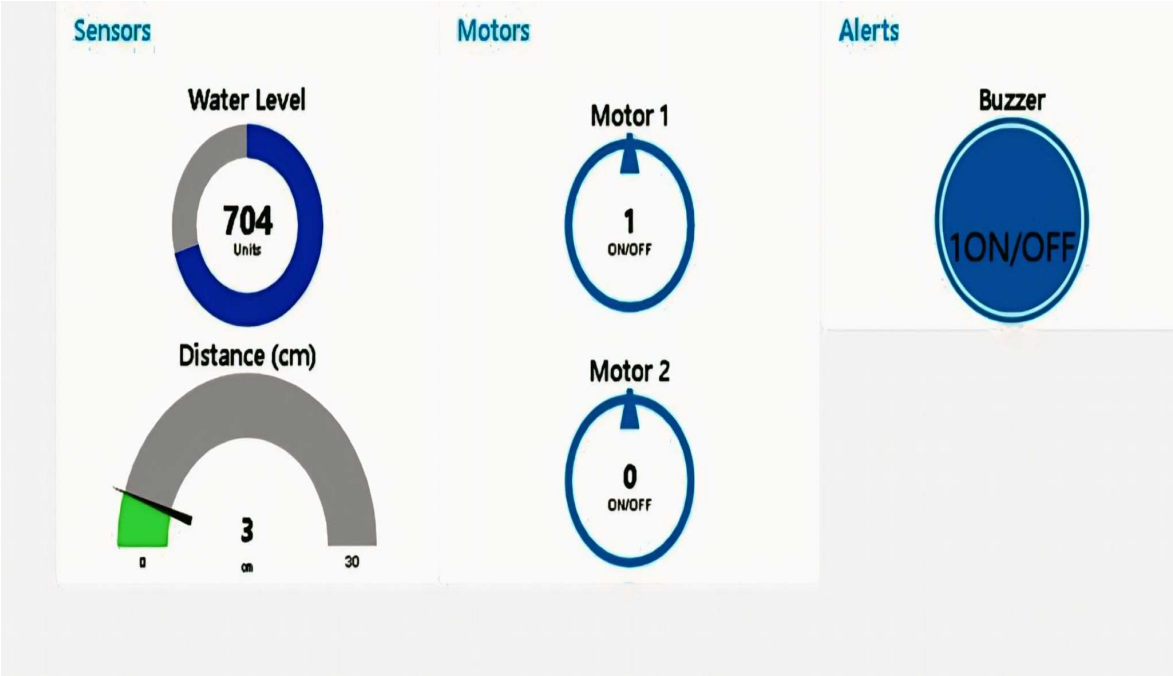


Figure IV.3 IHM d'activation du moteur dégrilleur.

IV .3.2 Démarrage temporisé du moteur de la vis sans fin

Après l'activation du moteur dégrilleur, un délai de 3 minutes est respecté avant de démarrer le moteur de la vis sans fin. Ce moteur assure le transport des déchets vers la zone de collecte.

Conditions de déclenchement:

- Moteur dégrilleur actif depuis 3 minutes.
- Niveau d'eau toujours élevé.

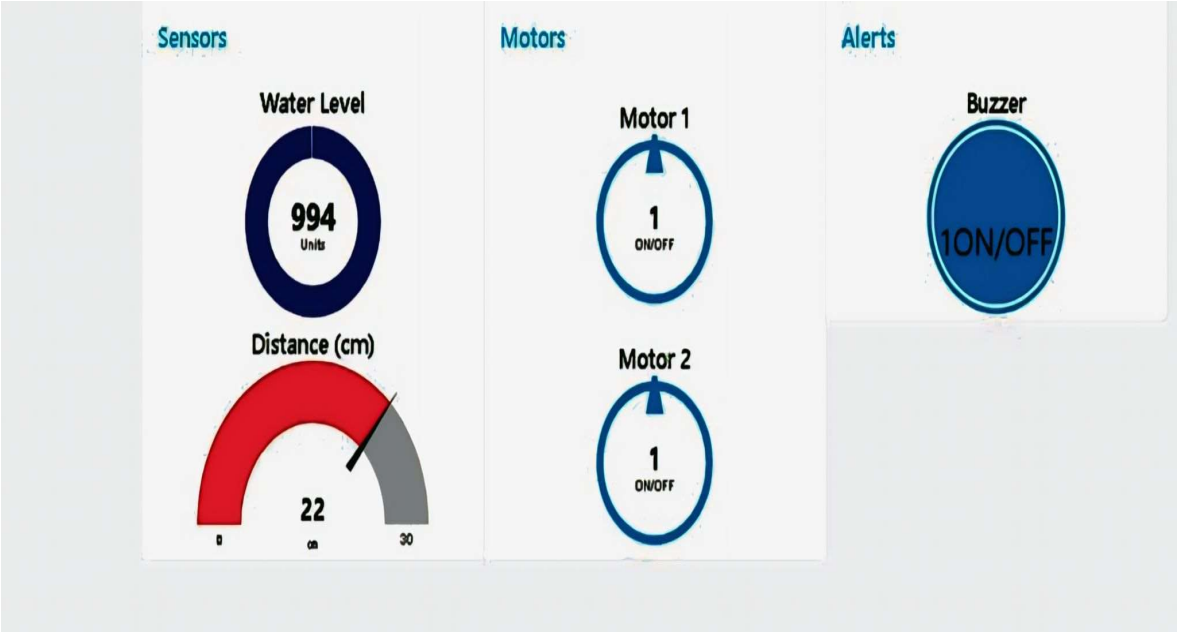


Figure IV .4 : IHM de démarrage de la vis.

IV .3.3 Arrêt automatique du moteur dégrilleur

Une fois le moteur vis sans fin activé, le moteur dégrilleur s'arrête automatiquement pour éviter une consommation inutile. Le système passe ainsi en mode "évacuation des déchets".

Conditions d'arrêt :

- Délais de fonctionnement du dégrilleur écoulé
- Vis sans fin en marche.

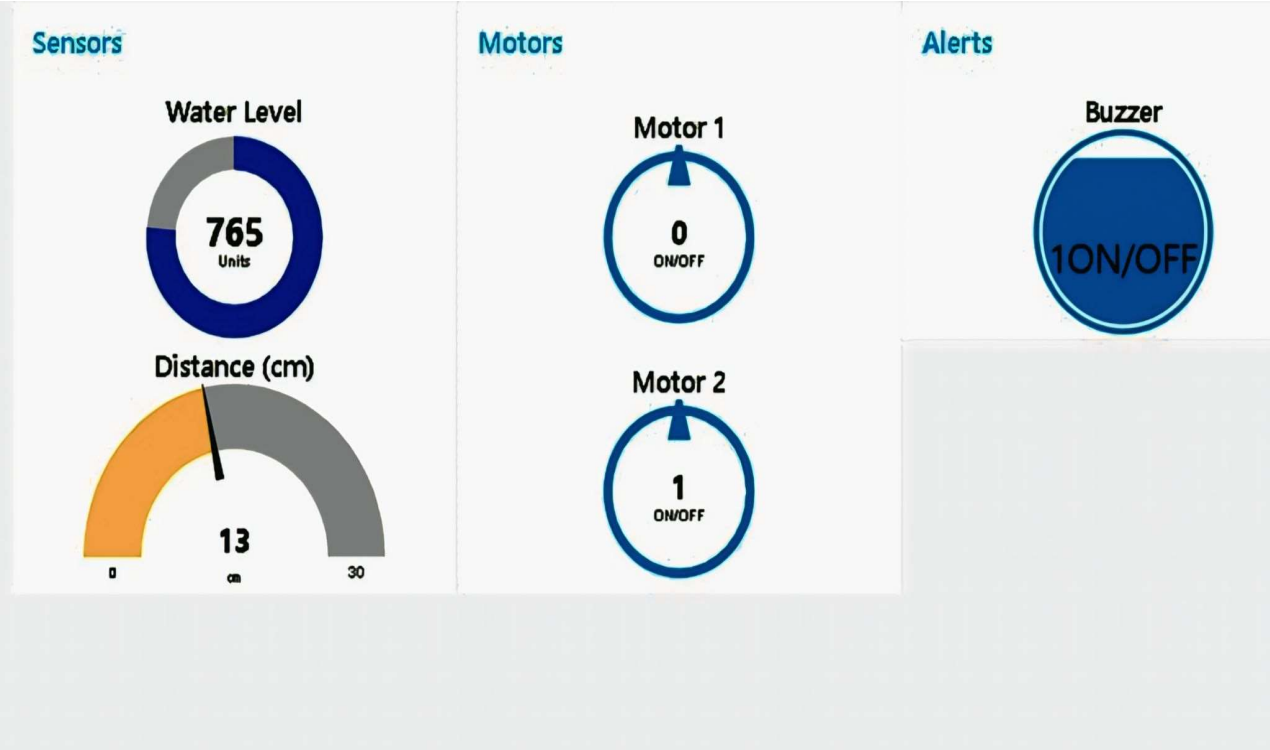


Figure IV.5 : IHM d'arrêt du moteur dégrilleur.

IV .3.4 Arrêt en cas de niveau bas ou benne pleine

Lorsque le niveau d'eau descend en dessous du seuil minimal OU que la benne de collecte est détectée comme pleine (via le capteur ultrason), les deux moteurs (dégrilleur et vis sans fin) sont arrêtés automatiquement. Un buzzer est activé pour alerter l'opérateur, et un message s'affiche sur l'écran LCD.

Conditions d'arrêt global :

Niveau d'eau < seuil bas OU Distance ultrason ≤ seuil de remplissage de la benne

Actions automatiques :

- Arrêt du moteur dégrilleur.
- Arrêt du moteur vis sans fin.
- Activation du buzzer.

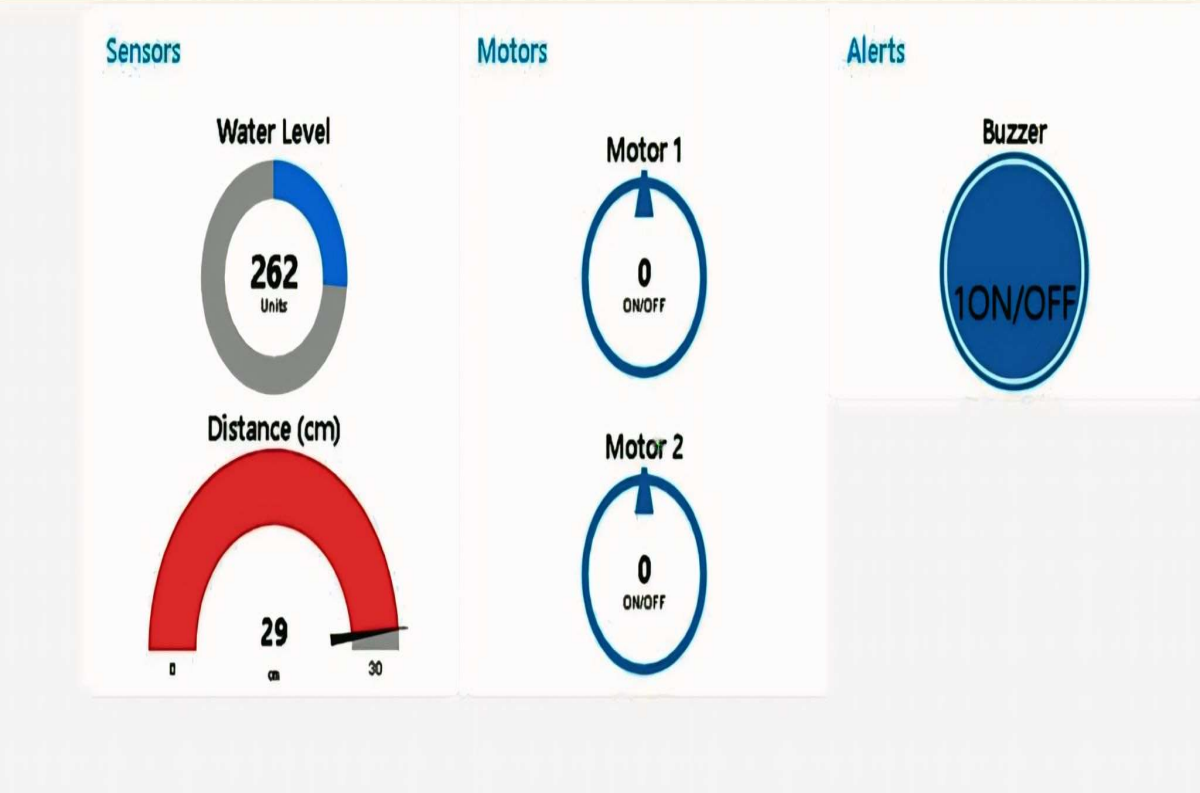


Figure IV.6 : HMI d'arrêt du système.

IV .3.5 Système complet avec surveillance intelligente et alertes

L'ensemble du système fonctionne de manière automatique et coordonnée. Si un colmatage est détecté par le capteur ultrason (distance < seuil critique), une alerte visuelle et sonore est déclenchée.

Composants surveillés :

- Capteur de niveau d'eau.
- Capteur ultrason.
- Moteurs (dégrilleur et vis sans fin).
- Buzzer.
- Écran LCD.

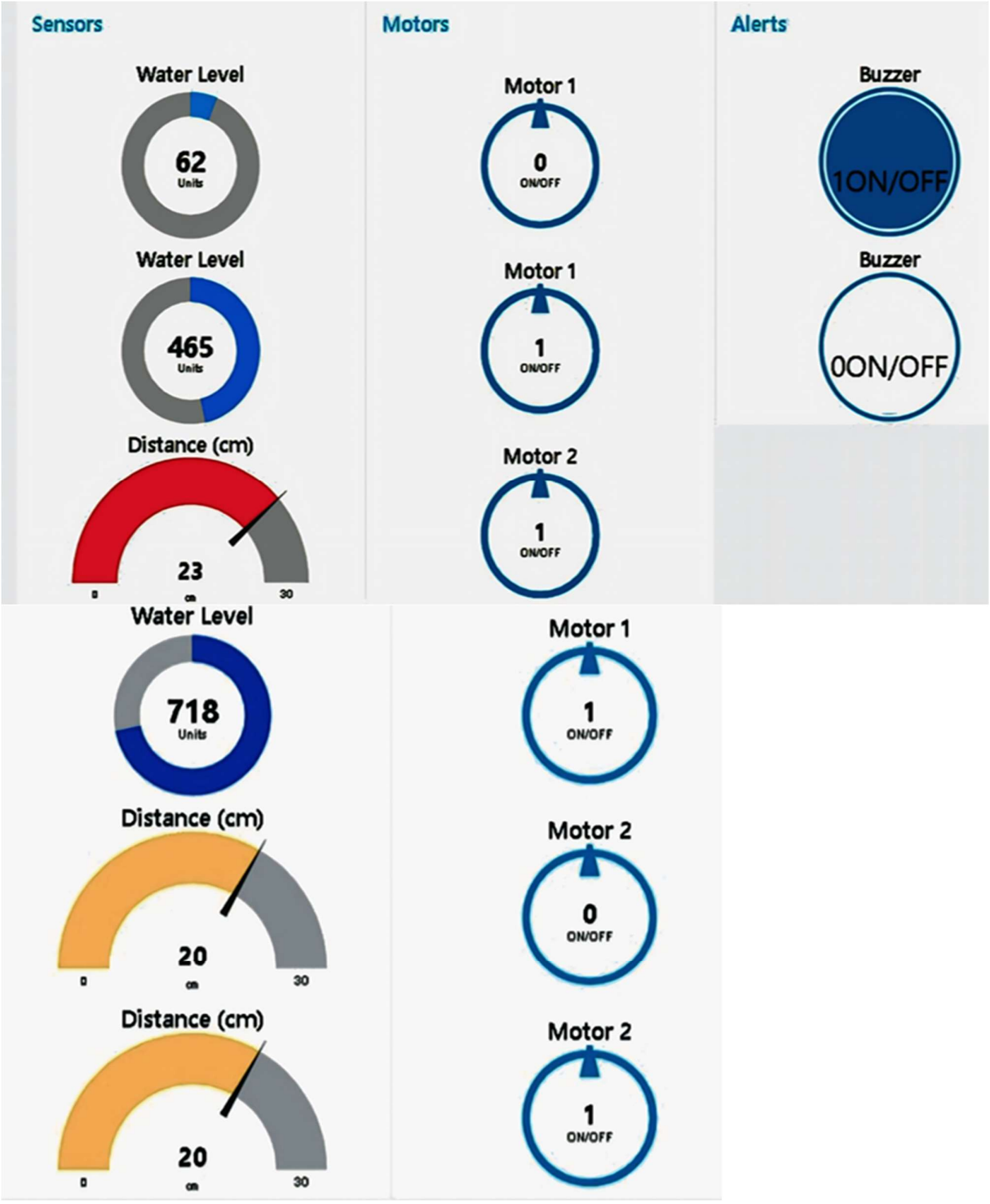


Figure IV.7: IHM du système complet avec surveillance intelligente

IV.4 Conclusion

La mise en œuvre de l'interface utilisateur avec Node-RED a permis de créer un système de supervision interactif, réactif et intuitif, répondant aux exigences d'un pilotage intelligent d'un procédé de traitement des eaux usées. Grâce à la communication série bidirectionnelle avec la carte Arduino, les données des capteurs (niveaux d'eau, distance mesurée, état de colmatage) sont recueillies, analysées et affichées en temps réel sur un tableau de bord convivial.

Les actions de commande, telles que le démarrage ou l'arrêt des moteurs (dégrilleur et vis sans fin) ou l'activation du buzzer, peuvent être déclenchées automatiquement selon une logique conditionnelle bien définie, ou manuellement via des boutons intégrés à l'interface. Cette architecture distribuée assure une réactivité optimale et une grande flexibilité de contrôle, tout en permettant une transition fluide entre les modes automatique et manuel.

Par ailleurs, l'intégration d'éléments visuels tels que les jauges dynamiques, interrupteurs, compteurs, messages d'alerte, ainsi que l'écran LCD connecté, renforce l'ergonomie du système et facilite la prise de décision pour l'opérateur. Ce dispositif permet également de suivre l'évolution du processus, d'identifier les anomalies rapidement, et d'assurer une maintenance préventive efficace.

Conclusion générale et perspectives

Face aux défis croissants en matière de gestion durable des ressources en eau et d'optimisation des procédés de traitement des eaux usées, le recours aux technologies intelligentes et intégrées est devenu une nécessité incontournable. C'est dans cette optique que s'inscrit notre projet, visant la conception et la réalisation d'un système mécatronique intelligent de dégrillage, transfert et compactage des déchets solides issus des eaux usées.

Ce travail nous a permis d'explorer et de maîtriser plusieurs domaines complémentaires : la mécanique par l'étude et la modélisation de la vis sans fin, l'électronique à travers l'utilisation de microcontrôleurs (Arduino UNO) et de capteurs (niveau d'eau, ultrasons), ainsi que l'informatique embarquée avec la programmation de la carte Arduino et l'implémentation d'une interface de supervision basée sur Node-RED.

L'architecture du système proposé repose sur une interaction fluide entre le matériel et le logiciel. Grâce aux capteurs, les données sont acquises en temps réel, puis analysées et exploitées pour déclencher automatiquement les moteurs selon deux modes de fonctionnement intelligents : le mode colmatage, basé sur un seuil critique de niveau d'eau, et le mode horloge, basé sur un calendrier d'entretien défini. Cette double approche garantit à la fois efficacité, autonomie et adaptabilité à différentes conditions d'exploitation.

Par ailleurs, l'interface Homme-Machine développée via Node-RED s'est révélée être un outil puissant pour assurer un suivi visuel, une configuration dynamique des paramètres et une intervention manuelle en cas de besoin. Cette interface rend l'ensemble du système plus accessible, réactif et évolutif, ouvrant la voie à des applications industrielles plus complexes et à une supervision à distance, y compris via des appareils mobiles connectés.

Les résultats expérimentaux obtenus sur le prototype valident la faisabilité technique de notre solution et démontrent son potentiel en matière d'économie d'énergie, de réduction des coûts de maintenance, et d'amélioration de la qualité du traitement des eaux usées. Ce système représente ainsi une avancée significative vers des stations d'épuration plus autonomes, intelligentes et efficaces.

De plus, ce projet nous a sensibilisés à l'importance de l'approche éco-responsable dans l'ingénierie moderne, en intégrant des solutions durables et automatisées capables de répondre aux besoins croissants en matière de préservation de l'environnement. L'analyse des

besoins, la modélisation mécanique, la programmation embarquée et le développement de l'interface de supervision ont été autant d'étapes formatrices et riches en enseignements.

Ce projet nous a permis non seulement de mettre en œuvre nos compétences en mécatronique, mais aussi de proposer une solution concrète aux problématiques environnementales actuelles. Il ouvre des perspectives intéressantes pour l'avenir, notamment en matière : d'extension du système à l'échelle industrielle, d'intégration de l'intelligence artificielle pour permettre un apprentissage automatique basé sur les données collectées, de mise en réseau de plusieurs stations pour une gestion centralisée, prédictive et optimisée des ressources hydriques à plus grande échelle.

Pour assurer une évolution durable et intelligente du prototype, les suggestions suivantes peuvent être retenues :

-Caméra intelligente : l'intégration d'une caméra (telle qu'une ESP32-CAM) permettrait une surveillance visuelle en temps réel, la capture d'images en cas d'anomalies, et l'ouverture vers des traitements futurs basés sur la vision artificielle.

- Capteur de colmatage : un capteur de pression différentielle ou de débit offrirait la détection automatique d'obstructions dans le dégrilleur, générant des alertes immédiates (via buzzer ou écran LCD) et, si nécessaire, une mise en pause du système.

- Pompe automatisée : commandée par relais, elle assurerait l'évacuation de l'eau résiduelle après compactage et le maintien du niveau optimal dans le réservoir, en réponse aux mesures fournies par le capteur de niveau d'eau.

Bibliographie

[1] Jean-Pierre Canler & Jean-Marc Perret. Étude des pré-traitements compacts basés uniquement sur le tamisage fin, FNDAE – Fiche technique, 2004.

[2] QUILTON. Convoyeur compacteur à vis, Article technique, 2018 (estimé).

[3] R.O. Equipment. Vis de convoyage, Article technique, 2016 (estimé).

[4] 2u.pw. Accès aux documents techniques, Base de données technique, 2017 (estimé).

[5] Inofilter. Vis de convoyage, Fiche produit, 2019 (estimé).

[6] SERECO. Compacteur convoyeur CTGC, Fiche technique, 2015 (estimé).

[7] FB Procédés. Vis de transport type VCP, Fiche technique, décembre 2014.

[8] SFIVE Groupe. Vis de convoyage et compactage, Article technique, 2016 (estimé).

[9] Floveyor. Maximizing efficiency with conveyor screw systems, Article de blog technique, 2017 (estimé).

[10] KWS MFG. Types of screw conveyors, Guide technique, 2015 (estimé).

[11] Documents divers. Supports techniques variés, Source : 2u.pw, 2016

[12] Documents divers. Supports techniques variés, Source : 2u.pw, 2016

[13] Documents divers. Supports techniques variés, Source : 2u.pw, 2016.

[14] Documents divers. Supports techniques variés, Source : 2u.pw, 2016.

15.Université de Médéa. Mémoire académique (titre non précisé), 2022

[16] Documents divers. Supports techniques variés, Source : 2u.pw, 2016

[17] Google. Recherche : USB Arduino, Moteur de recherche, sans date.

[18] Circuit Digest. Interfacing Water Level Sensor with Arduino, Article technique, 2020.

[19] RATMIA Mohamed Najib. Étude et réalisation d'un système de contrôle, Mémoire de Master, Université de Biskra, 2023.

[20] Université Mouloud Mammeri. Contenu scientifique – Dspace, Plateforme universitaire, 2015 .

[21] RAKOTOSALAMA Lova Tahiry. Commande d'un robot suiveur de ligne, Mémoire de fin d'études, École Polytechnique Madagascar, 2021.

[22] Documents divers. Supports techniques variés, Source : 2u.pw, 2016 .

[23] Documents divers. Supports techniques variés, Source : 2u.pw, 2016.

[24] BEDADI Mehdi. Conception d'un système automatisé pour le traitement des eaux, Mémoire académique, Université d'Annaba, 2022 .

[25] Dspace UMMTO & Médéa. Archives universitaires, Plateformes pédagogiques, 2015 .

[26] Documents divers. Supports techniques variés, Source : 2u.pw, 2016 .

[27] Dspace UMMTO & Médéa. Archives universitaires, Plateformes pédagogiques, 2015.

[28] Gotronic. Fiche technique – Relais Arduino, Documentation produit, 2013.

[29] BENYEZZA Hamza. Fusion de données multi-capteurs, Thèse de doctorat, Université de Médéa, 2021.

[30] YouTube. Vidéo explicative – Fonctionnement du système, Contenu multimédia, 2019.

[31] MOULAI MOSTEFA Hanane & ALLAOUI Manel. Réseau de capteurs sans fil et IHM, Mémoire de Master, Université de Médéa, 2020.

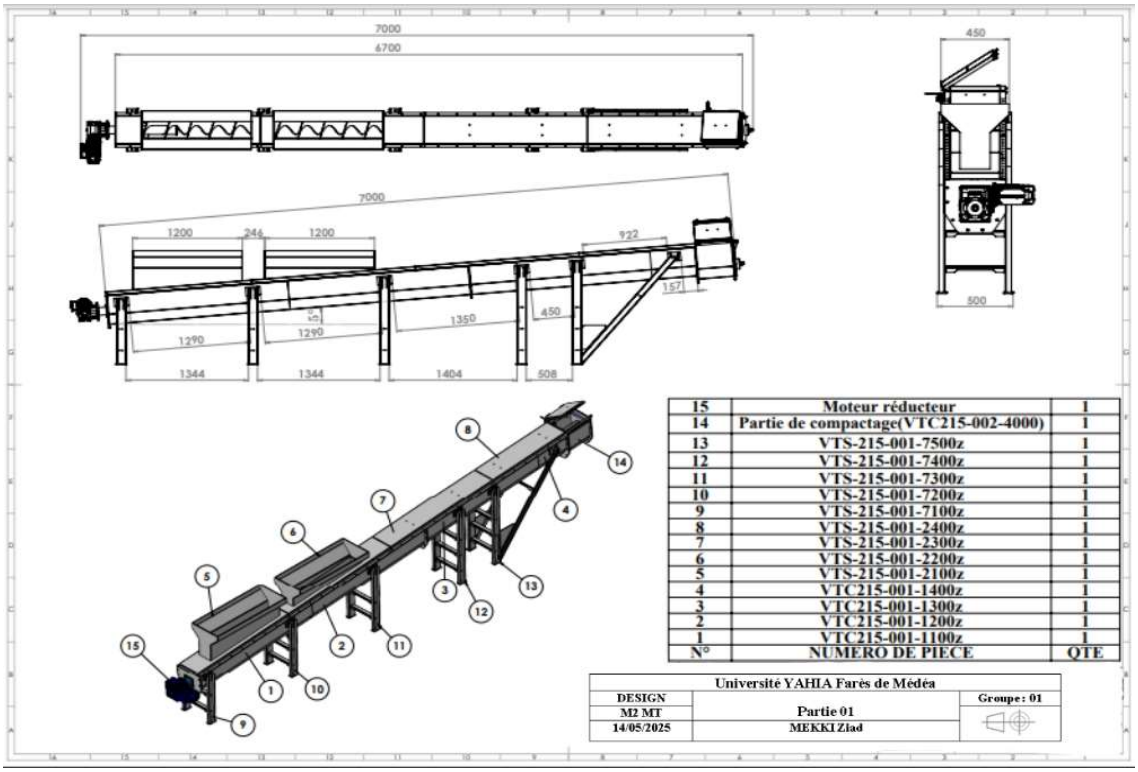
[32] ESSA-Tlemcen. Arduino – Polycopie pédagogique, Support de cours, 2016.

[33] FNAC. Document pédagogique PDF, Contenu éducatif, 2012.

Annexe

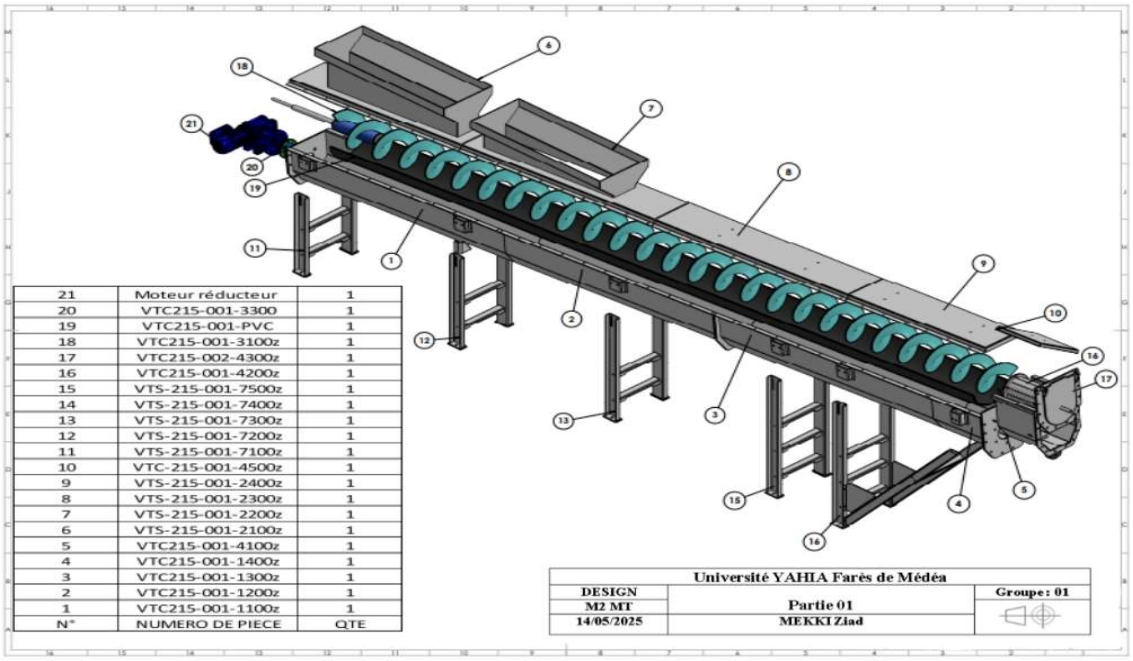
Dessins Techniques

Cette annexe contient les dessins techniques qui présentent les spécifications détaillées et les dimensions des composants utilisés dans l'assemblage 3D de la vis de transfert et du système de compactage d'eau.



N°	NUMERO DE PIECE	QTE
15	Moteur réducteur	1
14	Partie de compactage(VTC215-002-4000)	1
13	VTS-215-001-7500z	1
12	VTS-215-001-7400z	1
11	VTS-215-001-7300z	1
10	VTS-215-001-7200z	1
9	VTS-215-001-7100z	1
8	VTS-215-001-2400z	1
7	VTS-215-001-2300z	1
6	VTS-215-001-2200z	1
5	VTS-215-001-2100z	1
4	VTC215-001-1400z	1
3	VTC215-001-1300z	1
2	VTC215-001-1200z	1
1	VTC215-001-1100z	1

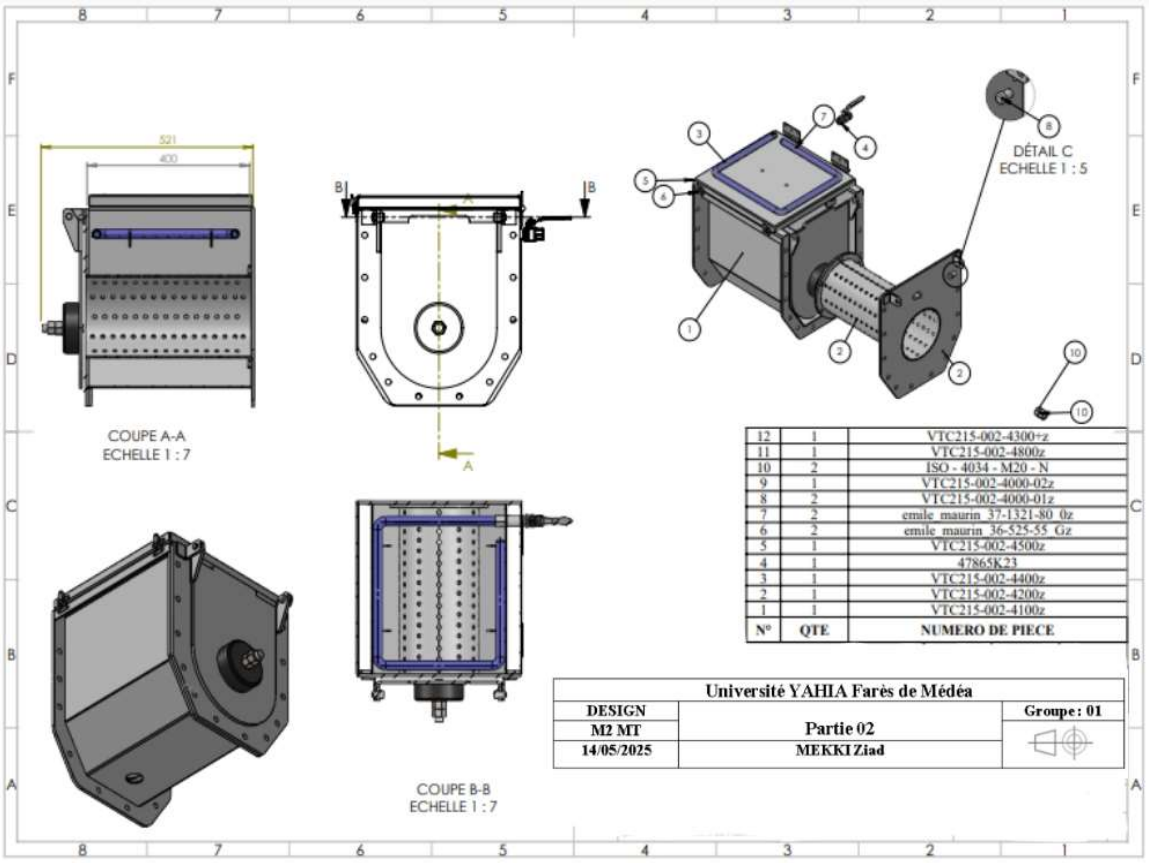
Université YAHIA Farès de Médéa		
DESIGN	Partie 01	Groupe: 01
M2 MT		
14/05/2025	MEKKI Ziad	



N°	NUMERO DE PIECE	QTE
21	Moteur réducteur	1
20	VTC215-001-3300	1
19	VTC215-001-PVC	1
18	VTC215-001-3100z	1
17	VTC215-002-4300z	1
16	VTC215-001-4200z	1
15	VTS-215-001-7500z	1
14	VTS-215-001-7400z	1
13	VTS-215-001-7300z	1
12	VTS-215-001-7200z	1
11	VTS-215-001-7100z	1
10	VTC-215-001-4500z	1
9	VTS-215-001-2400z	1
8	VTS-215-001-2300z	1
7	VTS-215-001-2200z	1
6	VTS-215-001-2100z	1
5	VTC215-001-4100z	1
4	VTC215-001-1400z	1
3	VTC215-001-1300z	1
2	VTC215-001-1200z	1
1	VTC215-001-1100z	1

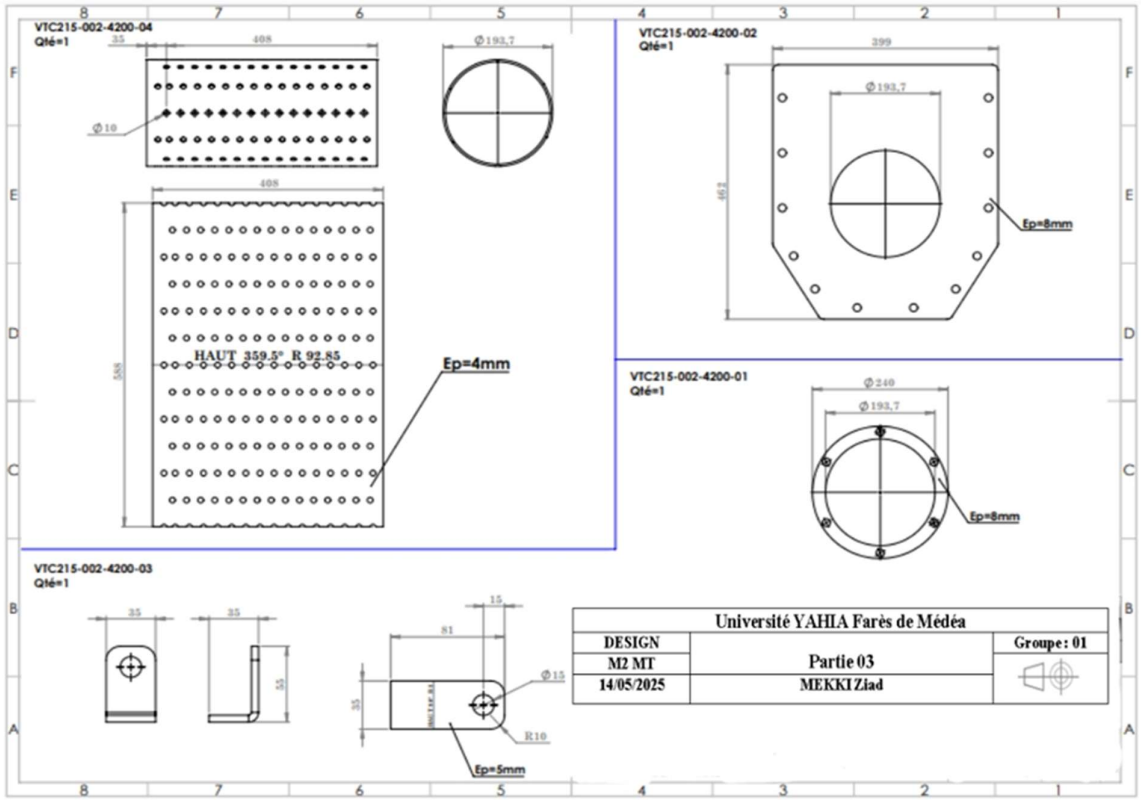
Université YAHIA Farès de Médéa		
DESIGN	Partie 01	Groupe: 01
M2 MT		
14/05/2025	MEKKI Ziad	

Annexe



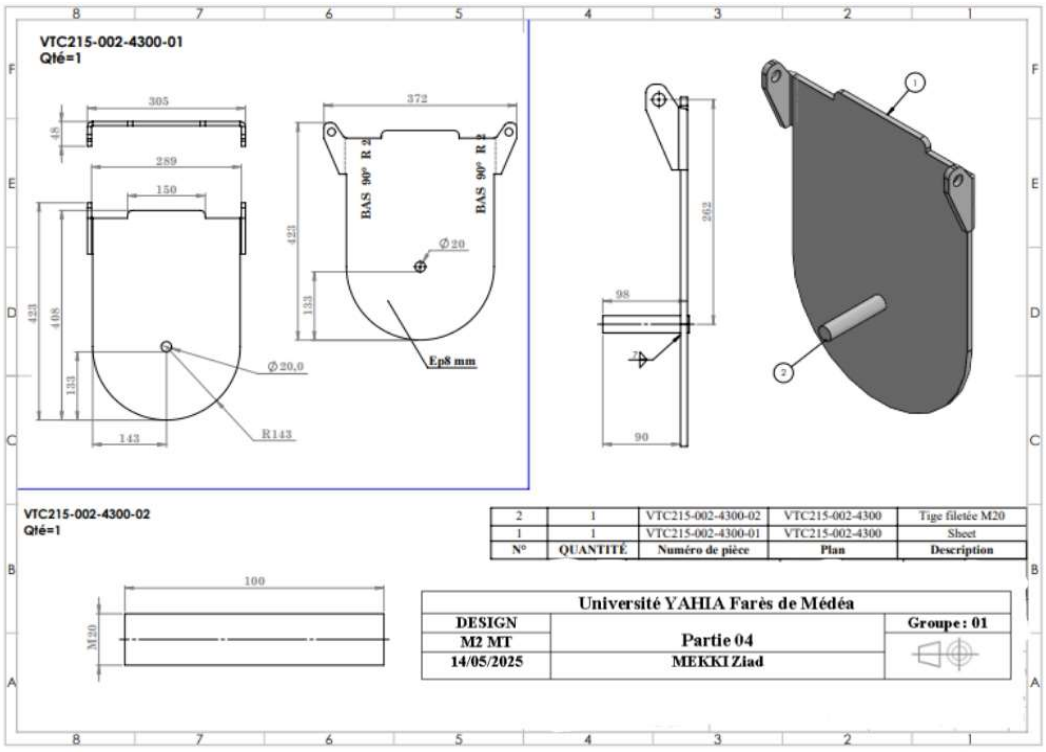
N°	QTE	NUMERO DE PIECE
12	1	VTC215-002-4300+z
11	1	VTC215-002-4800z
10	2	ISO - 4034 - M20 - N
9	1	VTC215-002-4000-02z
8	2	VTC215-002-4000-01z
7	2	emile_maurin_37-1321-80_0z
6	2	emile_maurin_36-525-55_Gz
5	1	VTC215-002-4500z
4	1	47865K23
3	1	VTC215-002-4400z
2	1	VTC215-002-4200z
1	1	VTC215-002-4100z

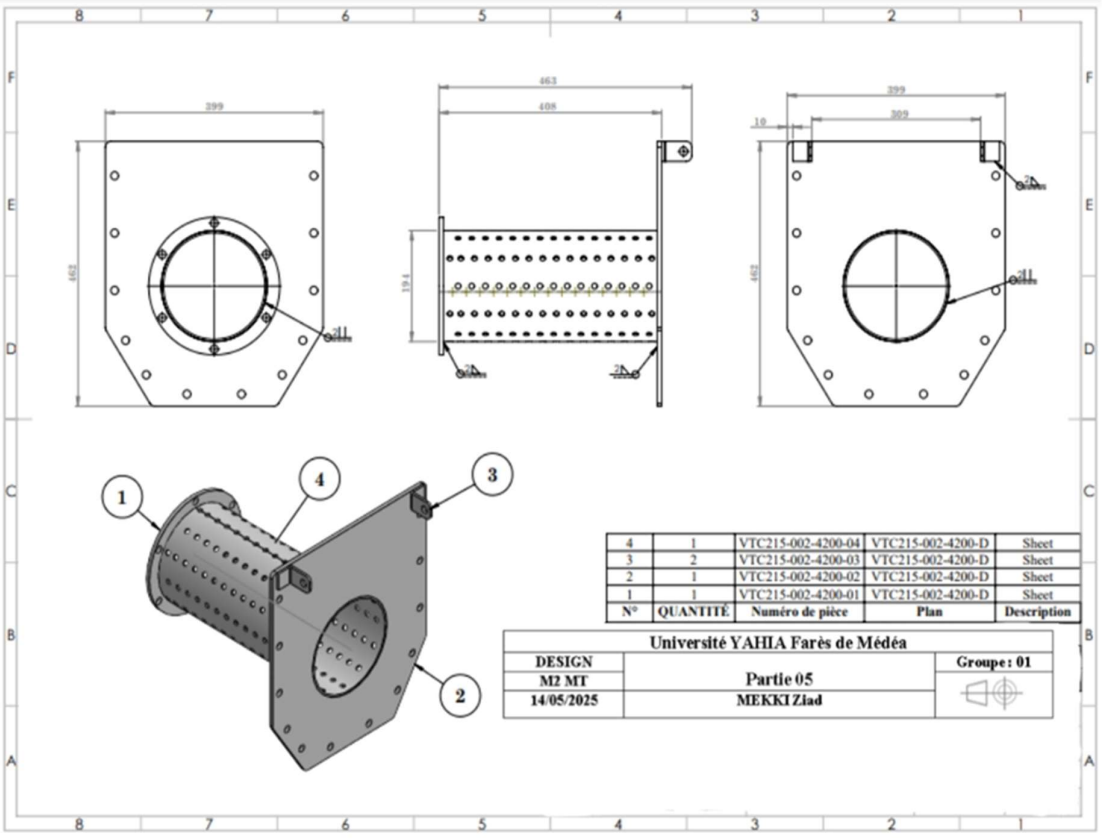
Université YAHIA Farès de Médéa		
DESIGN	Partie 02	Groupe : 01
M2 MT		
14/05/2025	MEKKI Ziad	



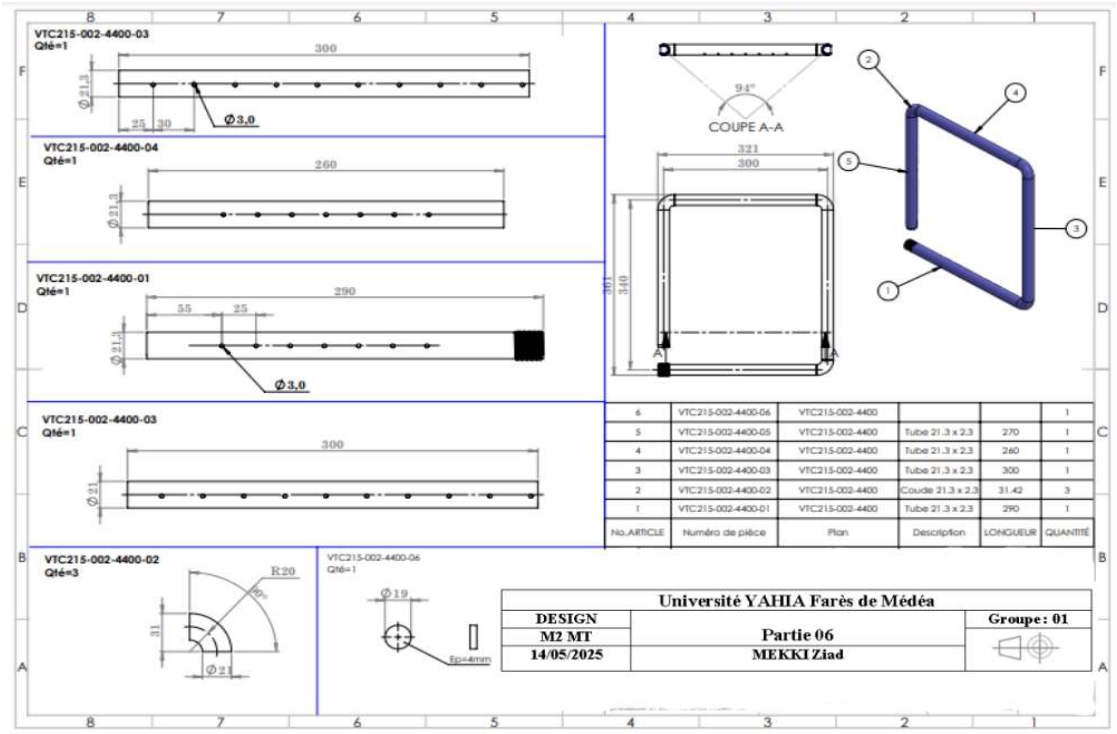
Université YAHIA Farès de Médéa		
DESIGN	Partie 03	Groupe : 01
M2 MT		
14/05/2025	MEKKI Ziad	

Annexe

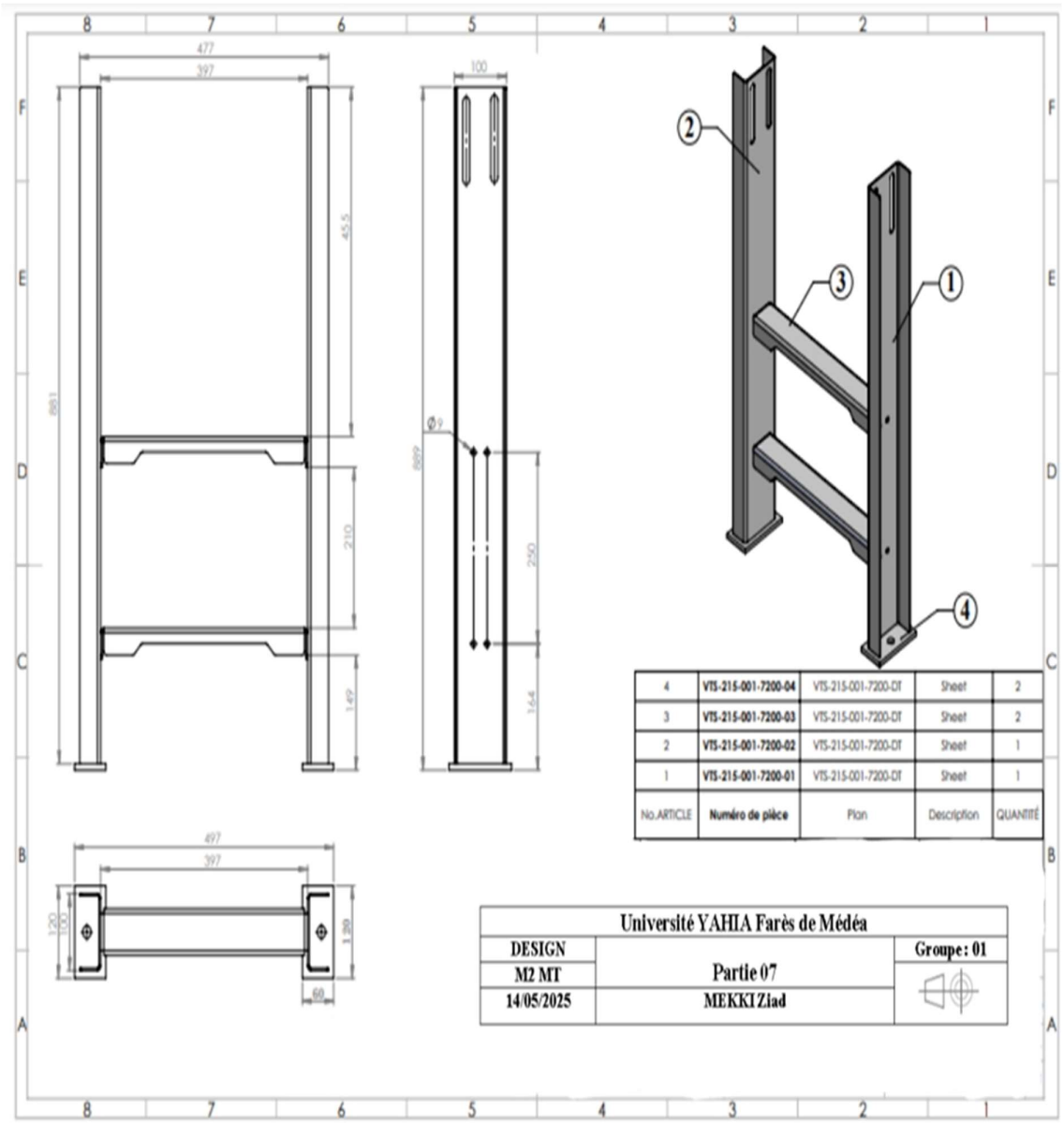

VTC215-002-4300-01
Qté=1
305
48
289
150
372
BAS 90° R 2
BAS 90° R 2
Ø 20
423
408
133
Ø 20,0
R143
143
Ep8 mm
262
98
90
VTC215-002-4300-02
Qté=1
100
M20
2 1 VTC215-002-4300-02 VTC215-002-4300 Tige filetée M20
1 1 VTC215-002-4300-01 VTC215-002-4300 Sheet
N° QUANTITÉ Numéro de pièce Plan Description
Université YAHIA Farès de Médéa
DESIGN
M2 MT
14/05/2025
Partie 04
MEKKI Ziad
Groupe : 01


399
463
408
399
309
10
462
194
Ø11
1
2
3
4
4 1 VTC215-002-4200-04 VTC215-002-4200-D Sheet
3 2 VTC215-002-4200-03 VTC215-002-4200-D Sheet
2 1 VTC215-002-4200-02 VTC215-002-4200-D Sheet
1 1 VTC215-002-4200-01 VTC215-002-4200-D Sheet
N° QUANTITÉ Numéro de pièce Plan Description
Université YAHIA Farès de Médéa
DESIGN
M2 MT
14/05/2025
Partie 05
MEKKI Ziad
Groupe : 01

Annexe


VTC215-002-4400-03
Qté=1
300
Ø21,3
25
30
Ø3,0
VTC215-002-4400-04
Qté=1
260
Ø21,3
VTC215-002-4400-01
Qté=1
290
55
25
Ø21,3
Ø3,0
VTC215-002-4400-03
Qté=1
300
Ø21
VTC215-002-4400-02
Qté=3
R20
31
Ø21
VTC215-002-4400-06
Qté=1
Ø19
Ep=4mm
COUPE A-A
94°
321
300
301
340
6 VTC215-002-4400-06 VTC215-002-4400 1
5 VTC215-002-4400-05 VTC215-002-4400 Tube 21.3 x 2.3 270 1
4 VTC215-002-4400-04 VTC215-002-4400 Tube 21.3 x 2.3 260 1
3 VTC215-002-4400-03 VTC215-002-4400 Tube 21.3 x 2.3 300 1
2 VTC215-002-4400-02 VTC215-002-4400 Coude 21.3 x 2.3 31.42 3
1 VTC215-002-4400-01 VTC215-002-4400 Tube 21.3 x 2.3 290 1
No.ARTICLE Numéro de pièce Plan Description LONGUEUR QUANTITÉ
Université YAHIA Farès de Médéa
DESIGN
M2 MT
14/05/2025
Partie 06
MEKKI Ziad
Groupe : 01

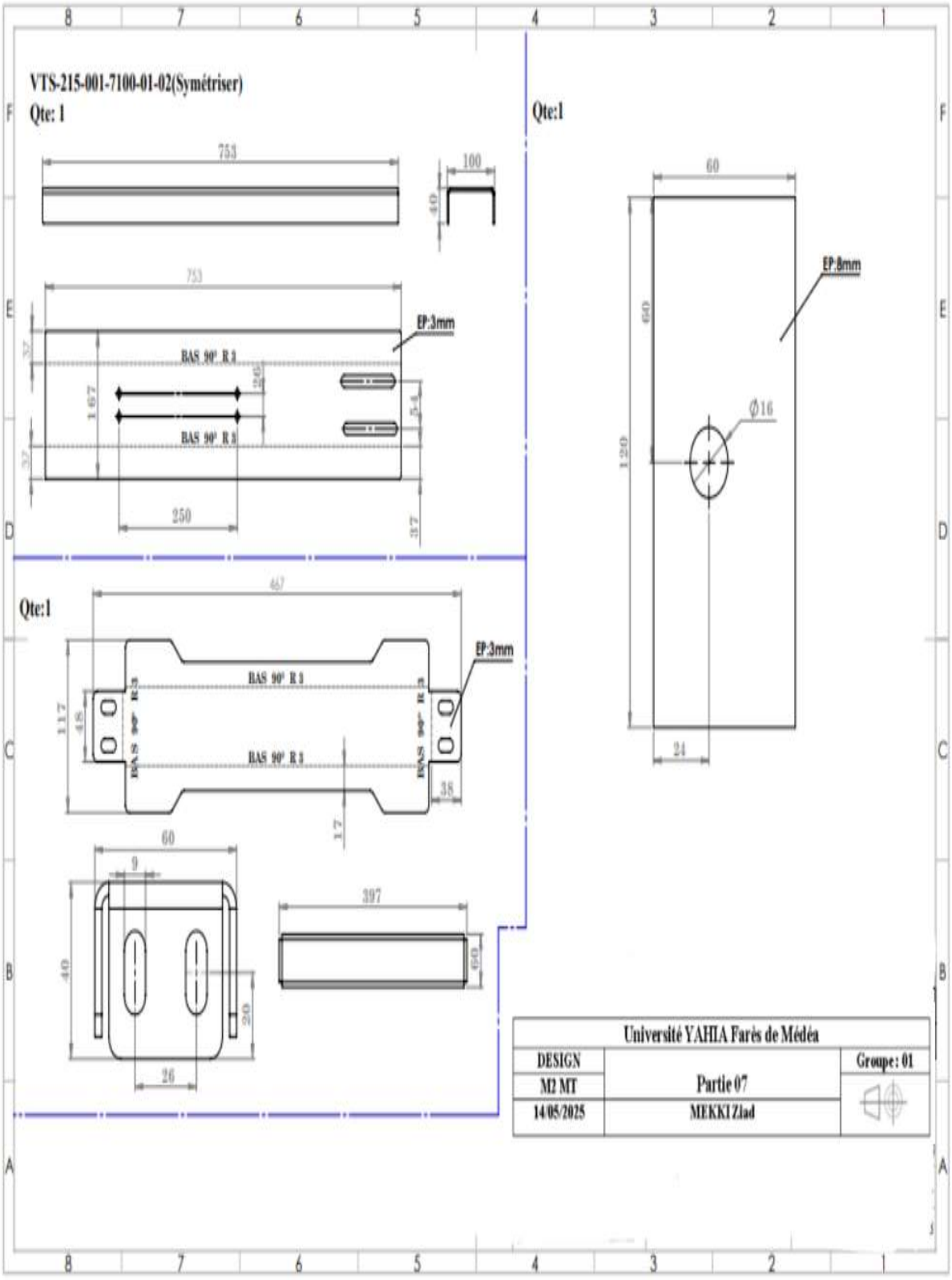
Annexe



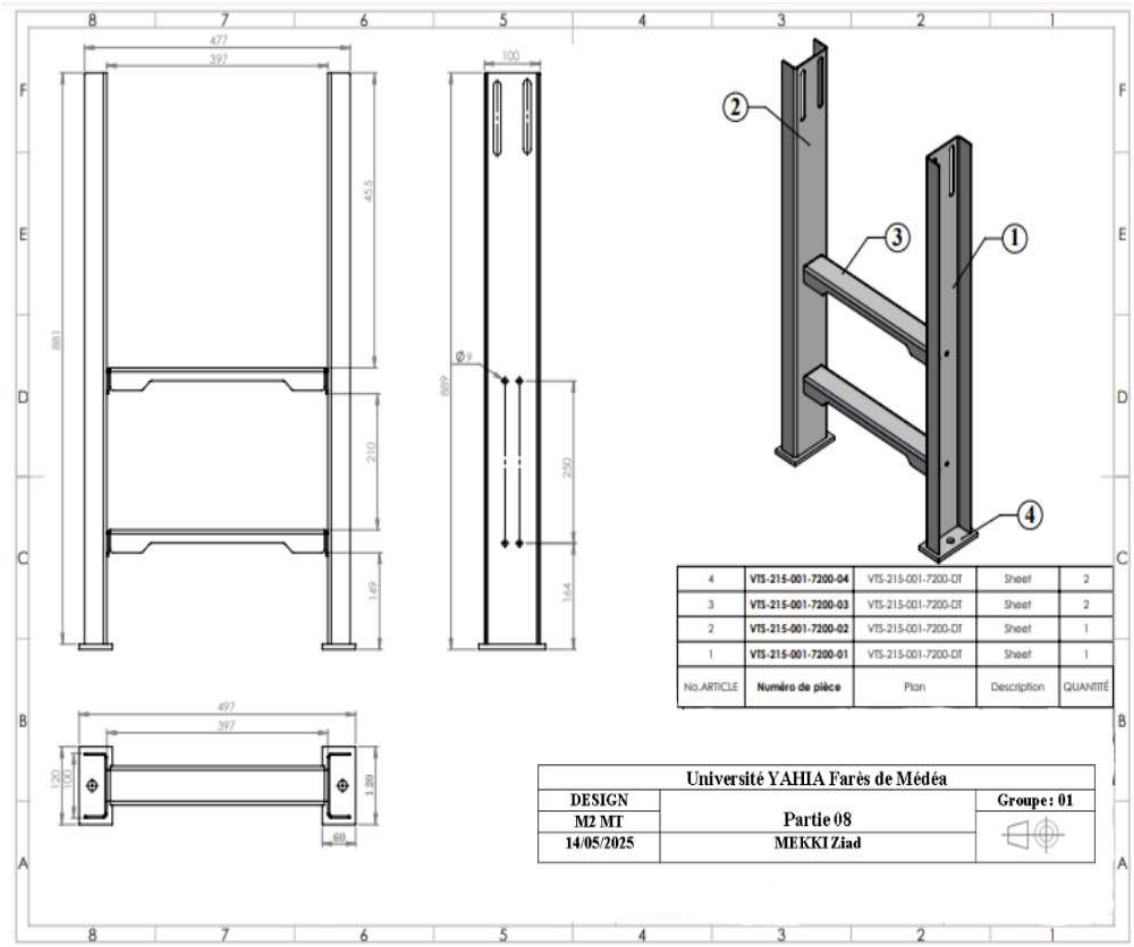
No.ARTICLE	Numéro de pièce	Plan	Description	QUANTITÉ
4	VTS-215-001-7200-04	VTS-215-001-7200-DT	Sheet	2
3	VTS-215-001-7200-03	VTS-215-001-7200-DT	Sheet	2
2	VTS-215-001-7200-02	VTS-215-001-7200-DT	Sheet	1
1	VTS-215-001-7200-01	VTS-215-001-7200-DT	Sheet	1

Université YAHIA Farès de Médéa		
DESIGN	Partie 07	Groupe : 01
M2 MT		
14/05/2025	MEKKI Ziad	

Annexe


VTS-215-001-7100-01-02(Symétriser)
Qte: 1
753
100
40
753
EP:3mm
BAS 90° R 3
167
245
64
BAS 90° R 3
37
250
37
Qte:1
60
EP:8mm
640
Ø16
120
24
Qte:1
467
EP:3mm
BAS 90° R 3
117
48
BAS 90° R 3
BAS 90° R 3
BAS 90° R 3
38
17
60
9
40
20
26
397
40
Université YAHIA Farès de Médéa
DESIGN
M2 MT
14/05/2025
Partie 07
MEKKI Ziad
Groupe: 01

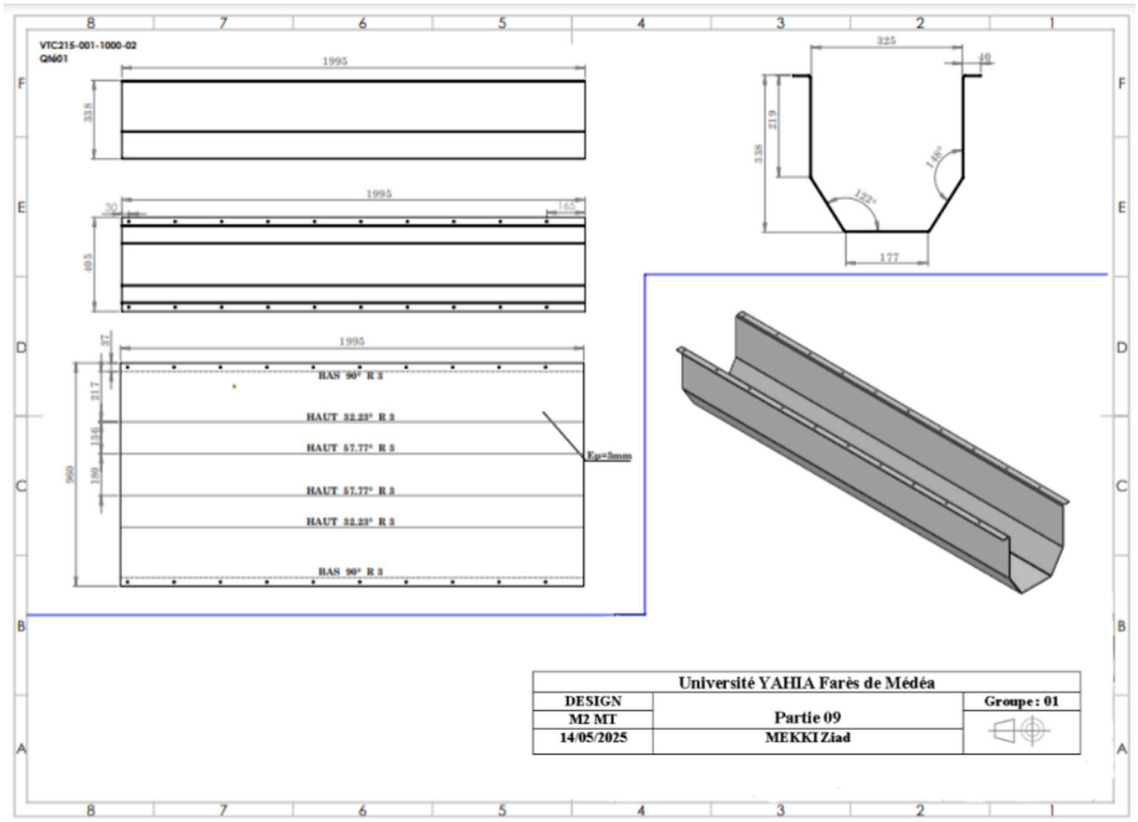
Annexe

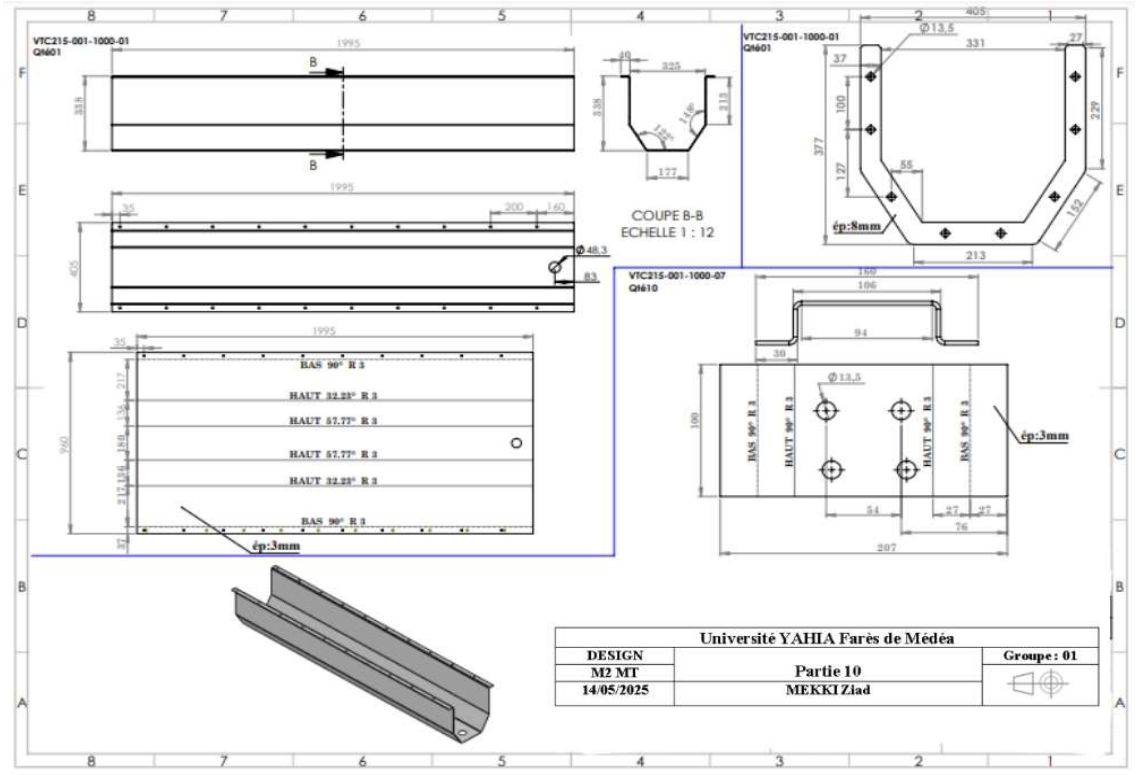


No.ARTICLE	Numéro de pièce	Plan	Description	QUANTITÉ
4	VTS-215-001-7200-04	VTS-215-001-7200-DT	Sheet	2
3	VTS-215-001-7200-03	VTS-215-001-7200-DT	Sheet	2
2	VTS-215-001-7200-02	VTS-215-001-7200-DT	Sheet	1
1	VTS-215-001-7200-01	VTS-215-001-7200-DT	Sheet	1

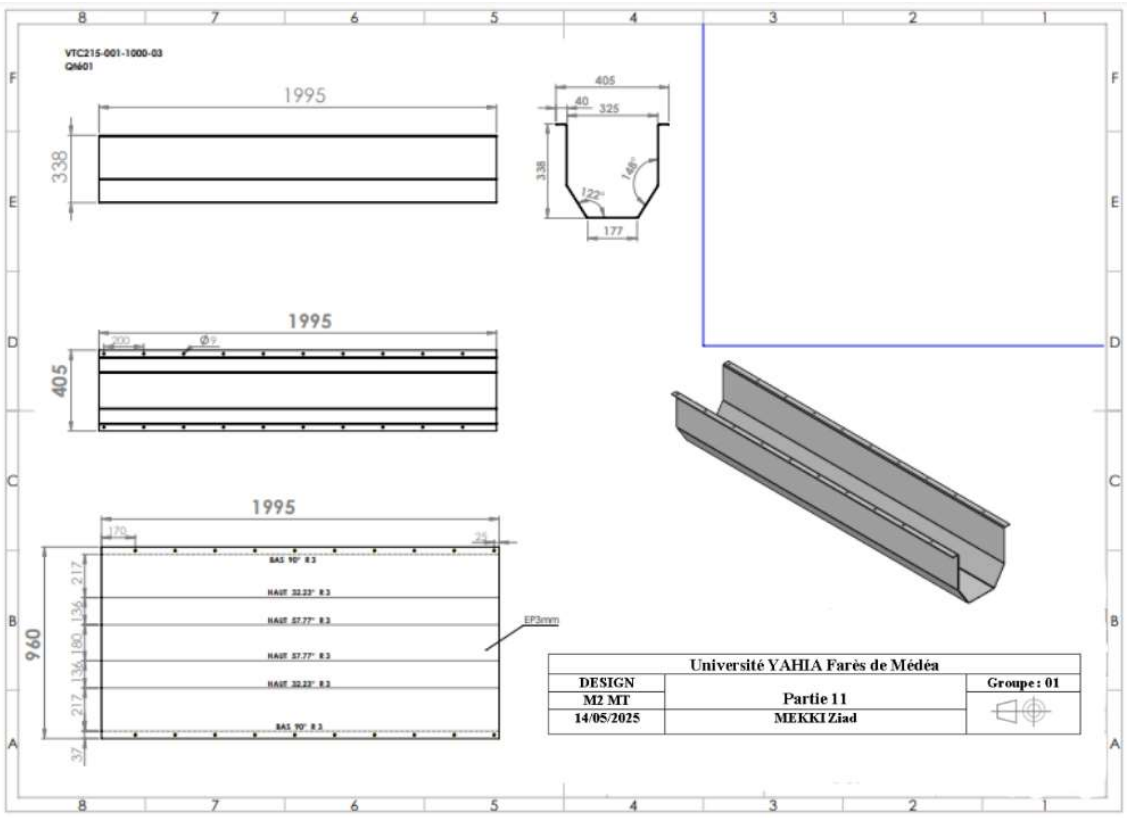
Université YAHIA Farès de Médéa		
DESIGN	Partie 08	Groupe: 01
M2 MT		
14/05/2025	MEKKI Ziad	

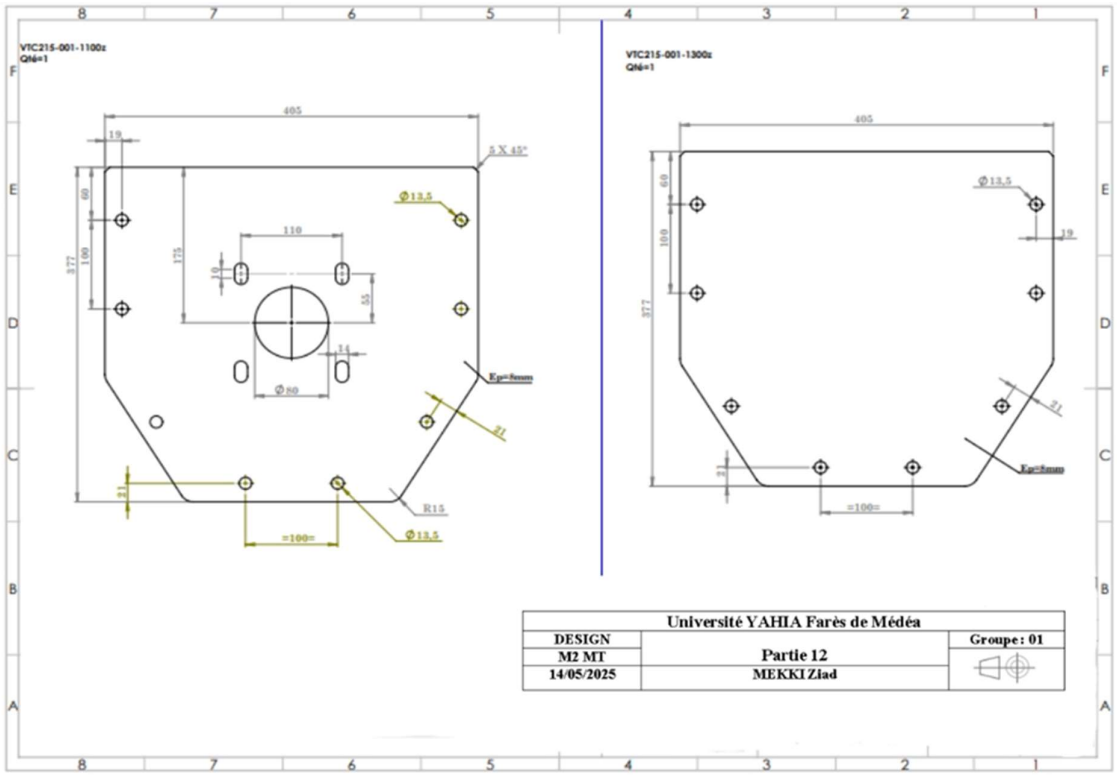
Annexe


VTC215-001-1000-02
QN601
1995
338
325
40
319
338
136°
122°
177
1995
30
165
69.5
1995
87
217
336
180
960
BAS 90° R 3
HAUT 32.23° R 3
HAUT 57.77° R 3
HAUT 57.77° R 3
HAUT 32.23° R 3
BAS 90° R 3
Ep=3mm
Université YAHIA Farès de Médéa
DESIGN
M2 MT
14/05/2025
Partie 09
MEKKI Ziad
Groupe : 01

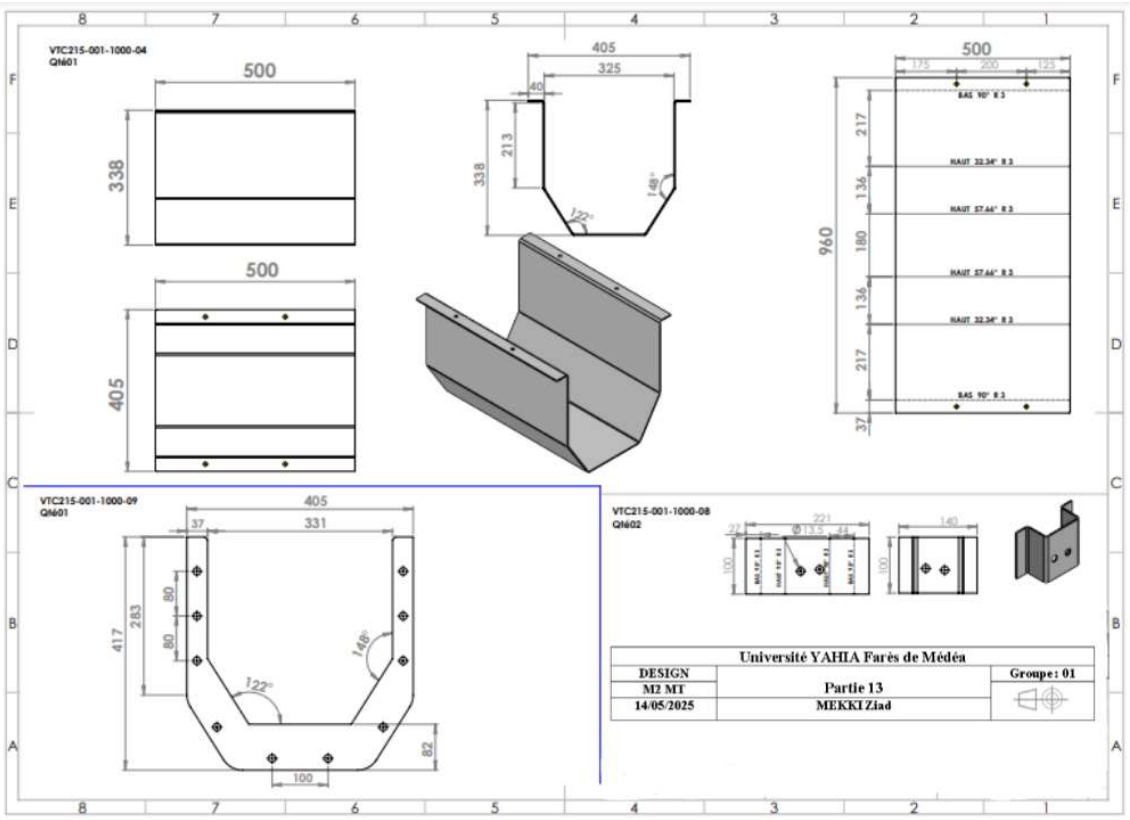

VTC215-001-1000-01
QN601
1995
B
338
325
40
318
338
146°
122°
177
COUPE B-B
ECHELLE 1 : 12
1995
35
200
160
405
Ø48.3
83
1995
35
BAS 90° R 3
HAUT 32.23° R 3
HAUT 57.77° R 3
HAUT 57.77° R 3
HAUT 32.23° R 3
BAS 90° R 3
960
217
136
148
106
35
ép:3mm
VTC215-001-1000-01
QN601
405
Ø13.5
331
27
37
100
377
127
55
229
152
ép:8mm
213
VTC215-001-1000-07
QN610
180
106
94
39
Ø13.5
180
BAS 90° R 3
HAUT 90° R 3
HAUT 90° R 3
BAS 90° R 3
ép:3mm
54
27
27
76
207
Université YAHIA Farès de Médéa
DESIGN
M2 MT
14/05/2025
Partie 10
MEKKI Ziad
Groupe : 01

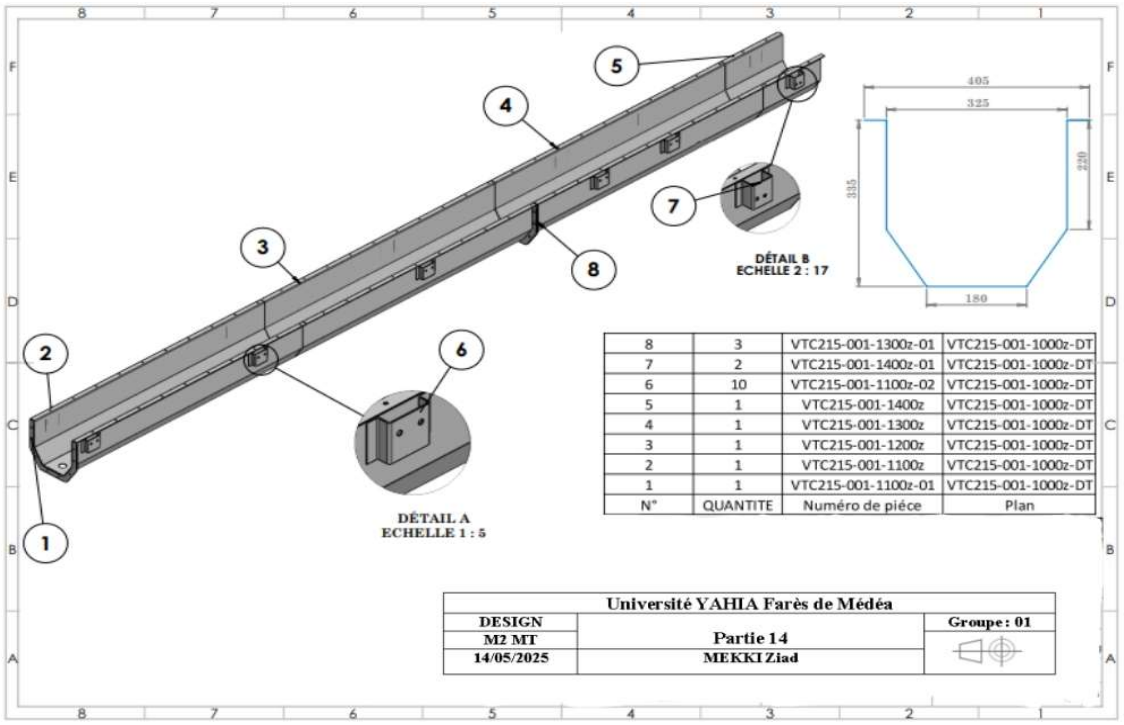
Annexe


VTC215-001-1000-03
QN601
1995
338
405
40
325
338
148°
122°
177
1995
405
1995
960
217
136
180
136
217
37
EP3mm
Université YAHIA Farès de Médéa
DESIGN
M2 MT
14/05/2025
Partie 11
MEKKI Ziad
Groupe : 01

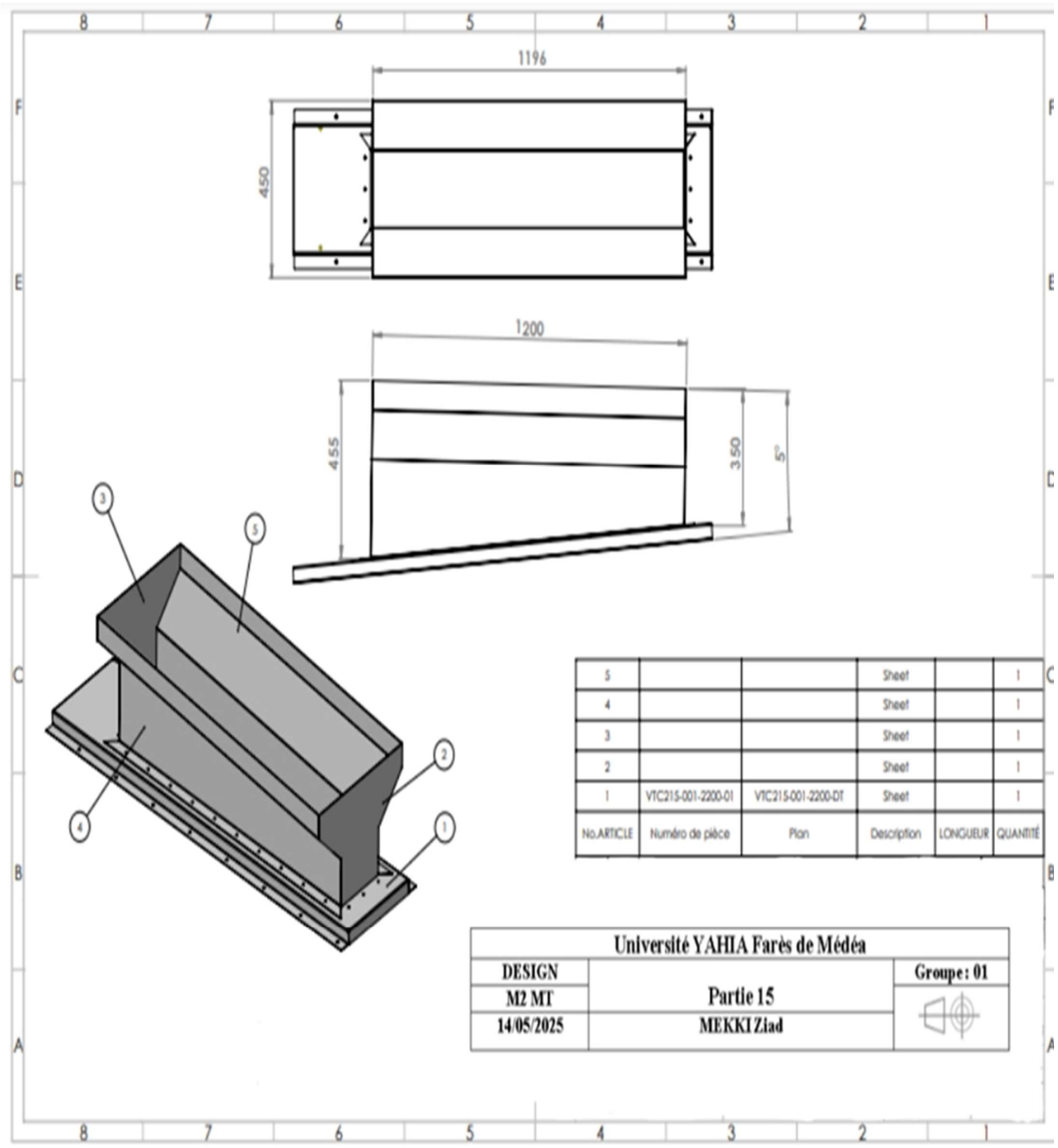

VTC215-001-1100z
QN6=1
405
19
5 X 45°
60
100
377
175
110
19
55
14
Ø13,5
Ø80
Ep=8mm
21
21
R15
=100=
Ø13,5
VTC215-001-1300z
QN6=1
405
60
100
377
Ø13,5
19
21
21
Ep=8mm
=100=
Université YAHIA Farès de Médéa
DESIGN
M2 MT
14/05/2025
Partie 12
MEKKI Ziad
Groupe : 01

Annexe





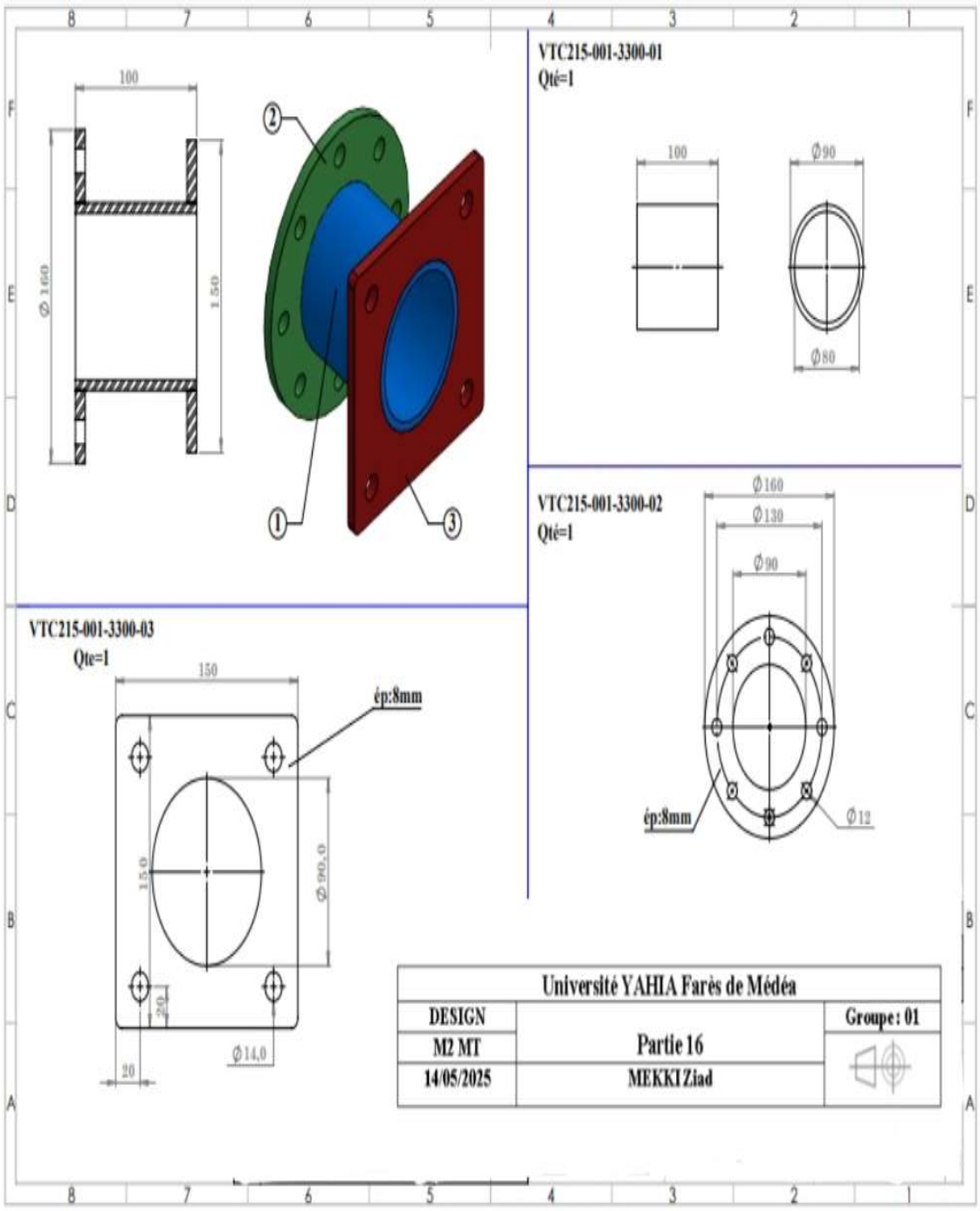
N°	QUANTITE	Numéro de piéce	Plan
8	3	VTC215-001-1300z-01	VTC215-001-1000z-DT
7	2	VTC215-001-1400z-01	VTC215-001-1000z-DT
6	10	VTC215-001-1100z-02	VTC215-001-1000z-DT
5	1	VTC215-001-1400z	VTC215-001-1000z-DT
4	1	VTC215-001-1300z	VTC215-001-1000z-DT
3	1	VTC215-001-1200z	VTC215-001-1000z-DT
2	1	VTC215-001-1100z	VTC215-001-1000z-DT
1	1	VTC215-001-1100z-01	VTC215-001-1000z-DT



5			Sheet		1
4			Sheet		1
3			Sheet		1
2			Sheet		1
1	VTC215-001-2200-01	VTC215-001-2200-DT	Sheet		1
No.ARTICLE	Numéro de pièce	Plan	Description	LONGUEUR	QUANTITÉ

Université YAHIA Farès de Médéa		
DESIGN	Partie 15	Groupe : 01
M2 MT		
14/05/2025	MEKKI Ziad	

Annexe


VTC215-001-3300-01
Qté=1
VTC215-001-3300-02
Qté=1
VTC215-001-3300-03
Qte=1
ép:8mm
Université YAHIA Farès de Médéa
DESIGN
M2 MT
14/05/2025
Partie 16
MEKKI Ziad
Groupe: 01