REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
Département de Génie Électrique

Mémoire de Fin d'Études de Master

Filière : Électronique
Spécialité : Instrumentation

Thème

Compteur intelligent d'eau potable à base d'IoT

Réalisé par,
Melle. BRAHIMI Amira
Melle. TALEB Meriem

Encadreur,
Dr. BOUHEDDA Mounir

Co- Encadreur,
Dr. KARA Réda

Promotion 2021

Mémoire préparé au sein du Laboratoire des Systèmes Électroniques Avancés (LSEA) de l'Université de Médéa

« Remerciements »

Nous remercions tout d'abord ALLAH qui nous a donné le courage et La volonté durant notre travail pour qu'il soit une réussite méritée.

Nous tenons à exprimer nos gratitudes et vifs remerciements à notre encadreur Dr.BOUHEDDA Mounir pour ses orientations et précieux conseils pendant la durée du travail sur ce projet,
J'exprime ma profonde reconnaissance et mes sincères
Nos remerciements vont également à Dr.KARA Réda.

Nos remerciements les plus sincères s'adressent également aux membres de jury, qui ont accepté de participer à la valorisation de ce travail.

Nous remercions également tous les enseignants du département génie électrique et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, directement ou indirectement à l'élaboration de ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos remerciements à tous les étudiants du département de génie électrique, notamment les étudiants de M2 Instrumentation pour leur esprit de groupe et de leur solidarité.



Dédicace

Je rends grâce à dieu de m'avoir donné le courage et la volonté ainsi que la conscience pour venir à terme de mes études.

Je dédie ce modeste travail à «ma chère Mère», qui a toujours été présente pour moi, dans les moments les plus difficiles et qui sans cesse veille sur moi avec ses prières, pour ses grands sacrifices et tout l'amour qu'elle ma porte et à « Mon cher père», pour tous ses conseils et pour toute la confiance qu'il a mise en moi et pour son dévouement pour mon bonheur. Que dieu me les garde.

A ma chère sœur « Nesrine » et à mes chers frères « Fethi » et « Rayene »

A Mon fiancé « Tarek »

Reconnaissance à tous mes amis surtout « Nadjet » et « Aya »

A mon binôme « Meriem»

A Toute ma famille et ma belle famille

Brahimi Amira

Dédicace

Je dédie ce modeste travail.

Tout d'abord je tiens à remercier Dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé, la volonté et le courage.

Ensuite, à« mon père» et «ma chère mère »pour leurs soutien et leurs encouragements et qu'aucune dédicace ne pourra compenser leur sacrifice pour mon bien être et mon bonheur.

A mes chers frères « Mohamed » et« Abdelmalek » et ma chère sœur « Hanane » que j'estime beaucoup.

La famille Taleb et Ahonser.

A mes amies surtout « Hind »

Ma collègue du présent projet« Amira »

Et à tous ceux qui nous ont soutenus pour l'achèvement de ce projet avec réussite.

Taleb Meriem

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تصميم نظام ذكي لقياس استهلاك مياه الشرب على أساس إنترنت الأشياء (IoT).يستخدم هذا النظام، من خلال شبكة استشعار لاسلكية (RSCF)،لحساب استهلاك المياه والتحكم في الإمداد لمياه الشرب من خلال صمامات الملف اللولبي.للإشراف والتحكم، يتم إنشاء واجهة بين الإنسان والآلة (HMI) ضمن منصة Node-Red لشركة IBM ، ويتم إجراء الاختبارات الوظيفية لتأكيد النظام المقترح .

الكلمات المفتاحية:

عداد المياه الذكي، إنترنت الأشياء(IoT) ، شبكة الاستشعار اللاسلكية(RCSF)، واجهة الإنسان-الآلة، نودراد.

Résumé

L'objectif de ce travail est la réalisation d'un système intelligent pour le comptage de la consommation d'eau potable basé sur l'Internet des Objets (IoT).Ce système, à travers un réseau de capteur sans fils (RSCF), permet de calculer la consommation en eau et contrôler l'alimentation en eau potable à travers des électrovannes. Pour la supervision et contrôle, une interface Homme-Machine (IHM) est réalisé sous la plateforme Node-Red d'IBM. Des tests de fonctionnement sont effectués pour valider le système proposé.

Mots clé :

Compteur d'eau intelligent, IoT, RCSF, IHM, Node-Red.

Abstract

The aim of this work is the realization of an intelligent system for the metering of drinking water consumption based on the Internet of Things (IoT). This system, through a wireless sensor network (WSN),is used to calculate water consumption and control the supply of drinking water through solenoid valves. For supervision and control, a Human-Machine Interface (HMI) is developed under IBM's Node-Red platform. Functional tests are carried out to validate the proposed system.

Key words:

Smart water meter, IoT, WSN, HMI, Node-Red.

Sommaire

Sommaire I
Liste des Figures IV
Liste des tableaux VI
Liste des abréviations VII
Introduction générale 1
I chapitre I 3
I.1 Introduction 3
I.2 La gestion des eaux 3
I.2.1 L'importance de la gestion de l'eau 5
I.2.2 Les objectifs de la gestion des eaux 5
I.3 Les compteurs d'eau 5
I.3.1 Le comptage d'eau : 5
I.3.2 Définition des compteurs d'eau : 6
I.3.3 Le fonctionnement des compteurs d'eau 6
I.3.4 L'installation des compteurs d'eau 7
I.3.5 Les types des compteurs d'eau 7
I.3.6 Relevé des compteurs d'eau 10
I.4 compteurs d'eau intelligents 11
I.4.1 Définition 11
I.4.2 Les avantages du compteur d'eau intelligent 11
I.4.3 Relevé à distance des compteurs d'eau intelligents 13
I.4.4 Quelques pays qui utilisent des compteurs d'eau intelligents 13
I.5 Conclusion 13
II chapitre II 14
II.1 Introduction 14
II.2 L'internet des objets (IoT) 14
II.2.1 Définition de l'internet des objets 14
II.2.2 Les composants d'internet des objets 15

II.2.3 Les caractéristiques d'IoT 16
II.2.4 Domaines d'application d'IoT 17
II.2.5 Architectures de l'internet des objets 18
II.3 Le réseau de capteurs sans fil 20
II.3.1 Définition 20
II.3.2 Caractéristiques du réseau de capteurs sans fil 21
II.3.3 Les applications du réseau de capteurs sans fil 22
II.4 Carte de commande Arduino 23
II.4.1 Présentation 23
II.4.2 Principe de fonctionnement de la carte Arduino 23
II.4.3 Alimentation 23
II.4.4 Les types de la carte arduino 24
II.4.5 La carte Arduino UNO 25
II.5 Logiciel IDE de arduino 28
II.6 RASPBERRY PI 30
II.6.1 Présentation de la carte Raspberry Pi 30
II.6.2 Les composants standards de Raspberry 30
II.7 NODE-RED 31
II.7.1 Présentation 31
II.7.2 Le déploiement d'un flow 32
II.7.3 Dashboard 33
II.8 Les capteurs et les actionneurs et les modules de transmission 33
II.8.1 Le module NRF24L01 33
II.8.2 Le débitmètre 39
II.8.3 Les électrovannes 42
II.8.4 Module relais 43
II.9 Conclusion 44
III CHAPITRE III 44
III.1 INTRODUCTION 44
III.2 CAHIER DEs CHARGES 44
III.3 FONCTIONNEMENT GENERAL DU COMPTEUR D'EAU PROPOSÉ 45
III.4 Principe de montage des différents composants 48
III.4.1 Mesure de consommation 48

III.4.2 Contrôle d'électrovanne 49
III.4.3 Module relais 49
III.5 COMMUNICATION AVEC LE MODULE NRF24L01 50
III.5.1 Le nœud principal (Maitre) 51
III.5.2 Le nœud secondaire (Esclave) 52
III.6 INTERFACE HOMME MACHINE (IHM) 54
III.6.1 Installation de Dashboard 55
III.6.2 Emission et réception des données 55
III.6.3 Séparation de données via JSON 57
III.6.4 Affichage de débit 59
III.6.5 Affichage de consommation d'eau 60
III.6.6 Affichage d'état réel d'électrovanne 60
III.6.7 Flux d'affichage de commandes pour les capteurs 61
III.6.8 Flux d'affichage de commandes pour les actionneurs 62
III.6.9 Contrôle d'actionneurs via le nœud Light Scheduler 62
III.7 Prototype de test réalisé 65
III.8 Mesures et tests 66
III.8.1 Le premier test 66
III.8.2 Le deuxième test 67
III.8.3 Troisième test 67
III.8.4 Le quatrième test 68
III.9 Conclusion 70
Conclusion générale 50
Références bibliographique 51

Liste des Figures

Figure I-1 : Schéma des services d'eau potable 5
Figure I-2 : Compteur d'eau classique. 6
Figure I-3 : Compteur d'eau à déplacement 8
Figure I-4 : Compteur d'eau à déplacement positive 8
Figure I-5 : Compteur de vitesse 9
Figure II-1: composants d'internet des objets 15
Figure II-2 : Schéma d'une architecture de l'IoT 19
Figure II-3 : Schéma simple d'un réseau de capteurs sans fil 21
Figure II-4:Les applications les plus populaires de WSN 22
Figure II-5:L'aspect exterieur de la carte arduino uno 26
Figure II-6:Logo arduino IDE 28
Figure II-7:Interface de logiciel IDE arduino 29
Figure II-8 : Composants standards d'un Raspberry 31
Figure II-9:Logo Node-red 31
Figure II-10:Node-red 32
Figure II-11:NRF24L01+ 33
Figure II-12:Brochage maitre/esclave avec arduino uno 36
Figure II-13 : Structure améliorée des paquets Shock Burst nRF24L01+ 36
Figure II-14 : Transaction simple maitre/esclave 37
Figure II-15 : Communication multiple de nRF24L01+ 38
Figure II-16 : Adresses des pipes de nRF24L01+ 38
Figure II-17 : Transmission avec données de retour 39
Figure II-18 : Capteur de débit YFS201 40
Figure II-19 : Principe de YFS201 41
Figure II-20 : Electrovenne AC 220/240V 42
Figure II-21 : Module relais 5V GT1080 43
Figure III-1 : Schéma générale de système proposé 45
Figure III-2 :Les composants du dispositifs de chaque client. 46
Figure III-3 : photo réelle des composants de chaque dispositif. 47
Figure III-4 : Schéma adopté de notre réalisation. 47
Figure III-5 : Principe de montage de capteur de débit YFS201. 48
Figure III-6 :Fonction de calcul du volume d'eau consommé. 49
Figure III-7 : Principe de montage d'une électrovanne avec l'Arduino. 49
Figure III-8 : Montage d'un relais avec l'Arduino. 50
Figure III-9 : Code de configuration de nRF24L01+. 51
Figure III-10 : Communication Maitre/Esclave. 52
Figure III-11 : L'affichage du moniteur série (maitre). 53
Figure III-12 : L'affichage du moniteur série (esclave). 54

Figure III-13 : Installation de dashboard. 55
Figure III-14 : Palette serial. 56
Figure III-15 : Installation de serial port. 56
Figure III-16 : Configuration interne du noeud serial. 57
Figure III-17 : Configuration interne de nœud json. 57
Figure III-18 : Séparation des données via json. 58
Figure III-19 : Configuration interne de fonction de donnée 58
Figure III-20 : Configuration interne d'affichage de débit. 59
Figure III-21 : Flux d'affichage de débit. 59
Figure III-22 : Configuration interne des élements d'affichage de cosommation 60
Figure III-23 : Flux d'affichage de consommation. 60
Figure III-24 : Flux d'affichage d'état d'électrovanne. 61
Figure III-25 : Flux de controle des capteurs. 61
Figure III-26 : Flux de controle manuel des actionneurs. 62
Figure III-27 : Le noeud Light scheduler. 62
Figure III-28 : Flux de controle automatique des actionneurs. 63
Figure III-29 : configuration de la fonction du choix de mode de fonctionnement. 63
Figure III-30 : Interface de controle et de supervision des actionneurs. 64
Figure III-31 : Flux de contrôle des actionneurs en deux modes de fonctionnement. 65
Figure III-32 : Prototype réalisé. 66
Figure III-33 : les résultats du premier test sur Dashboard. 66
Figure III-34 : Les résultats du deuxième test sur Dashboard. 67
Figure III-35 : Les résultats du troisième test sur Dashboard. 68
Figure III-36 : Utilisation du Light Scheduler (mode automatique). 68
Figure III-37 : Les résultats du quatrième test sur Dashboard (mode automatique). 69
Figure III-38 : L'affichage du moniteur série du maitre (mode automatique). 69
Figure III-39 : L'affichage du moniteur série d'ésclave. 70

Liste des tableaux

Tableau II-1:Les types de la carte arduino 24
Tableau II-2:Les pins du NRF24L01 34
Tableau II-3:Connection des pins du NRF24L01 avec quelques types d'arduino 35

Liste des abréviations

ACK	Acquittement
ADC	Analog to Digital Converter
ANT	Aménagement numérique des territoires
API	Applications Programming Interfaces
BLE	Bluetooth Low Energy
ESB	Enhanced Shock Burst
GSM	Global System for Mobile Communications
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IBM	International Business Machine
IDE	Environnement de Développement « Intégré »
IHM	Interface homme-machine
IoT	Internet des objets
ITS	Système de transport intelligent
I2C	Inter-Integrated Circuit
LPWA	Low power wide area
LTE	Long Term Evolution
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
NFC	Near Field Communication
PWM	Pulse Width Modulation
RFID	Radio Frequency Identification.
SCL	Serial Clock Line
SDA	Serial Data Line
SPI	Serial Peripheral Interface
TTL	Transistor-Transistor Logic

UART Universal Asynchronous Receiver Transmitter

UIT L'Union Internationale des Télécommunications

UMTS Universal Mobile Télécommunications System

USB Universal Serial Bus

WAN Wid Area Network

WIFI Wireless Fidelity

WSN Wireless Sensor Network



Introduction générale



Le monde attend de plus en plus l'adaptation et l'utilisation des nouvelles technologies pour améliorer la qualité de vie et réduire l'impact des activités humaines et des modes de consommation sur l'environnement. La disponibilité de l'eau propre, sa demande croissante de l'urbanisation et la population croissante des villes, le coût de la gestion du transport de l'eau, du stockage, du traitement, de la distribution et de la facturation de la consommation sont des problèmes graves dans les pays sous-développés. Les changements rapides du mode de vie et l'augmentation de nombre d'abonnés ont eu un impact sur l'utilisation de l'eau et les frais généraux [1].

La technologie IoT permet de collecter des grandes de données à partir de capteurs intelligents et pourrait être utilisées pour superviser les différentes grandeurs physiques et contrôler les différents actionneurs. La récente explosion de l'IOT permet de nouvelles capacités techniques telles que la surveillance granulaire en temps réel plus fine. Une application pertinente de cette technologie serait dans le secteur de l'eau, où la technologie pourrait être utilisée dans toute l'infrastructure d'approvisionnement en eau. L'intérêt de l'IOT dans le secteur de l'eau se développe rapidement [2].

Traditionnellement, les sociétés de gestion de l'eau utilisaient des compteurs d'eau entièrement mécaniques, qui ont un faible coût et une bonne fiabilité mais ne permettent pas d'avoir des informations en temps réel sur la consommation en eau de chaque client ni de contrôler l'approvisionnement en eau à distance. Ainsi, les activités de surveillance impliquent des visites périodiques sur le site d'installation des compteurs d'eau pour récupérer manuellement les relevés, tandis que la facturation entraîne des estimations basées sur les profils de consommation passés. Ce processus à des coûts opérationnels considérables, prend du temps et est sujet aux erreurs. Ainsi que la probabilité d'un mauvais contact entre le consommateur et l'agent chargé de couper la conduite d'eau lors de non-paiement de la facture de consommation.

Et pour garantir une bonne gestion des ressources d'eau entre le distributeur et le consommateur, on propose de développer un système de comptage d'eau intelligent à base d'IoT. Des microcontrôleurs de type Arduino sont utilisés pour la collecte des données et l'envoie des actions à travers un réseau de capteurs sans fils. Un PC est utilisé pour l'exécution de l'algorithme de contrôle intelligent ainsi que l'interface Homme-Machine (IHM) réalisé sous la plateforme Node-Red d'IBM. La

communication entre les différentes parties Hardwares est effectuée par des modules de communication radiofréquence ainsi que le port série USB.

Pour ce faire, nous avons scindé notre mémoire en trois chapitres :

Le premier chapitre présente des généralités sur la gestion des eaux, les compteurs d'eau potable (les compteurs actuels ainsi que les compteurs d'eau intelligents et ses avantages).

Dans le deuxième chapitre, l'ensemble du matériels et software utilisés lors de la réalisation de ce travail sont présentés.

Le troisième chapitre traite la partie réalisation où le cahier des charges est détaillé ainsi que les solutions hardware et software adoptés.

Et enfin, Nous terminerons notre mémoire avec une conclusion générale et des perspectives.



CHAPITRE I

GENERALITÉS SUR LES COMPTEURS D'EAU



I.1 INTRODUCTION

La surveillance de l'eau est un élément très crucial du système de gestion de l'eau. Les compteurs sont utilisés pour surveiller l'utilisation totale de l'eau par les entités résidentielles ou commerciales. La facturation de l'eau se fait en fonction de la consommation en collectant périodiquement des relevés à partir de ces compteurs installés côté consommateur. Cependant, actuellement, la collecte de ces lectures se fait manuellement et nécessite du travail et un gaspillage de ressources. De plus, ce processus est sujet à des erreurs humaines qui peuvent conduire à une fausse facturation. Dans ce chapitre on a défini la gestion des eaux, les compteurs d'eau d'une façon générale, et à la fin on a proposé les compteurs d'eau intelligents comme solution.

I.2 LA GESTION DES EAUX

La gestion de l'eau est l'activité qui consiste à planifier, développer, distribuer et gérer l'utilisation optimale des ressources en eau, du point de vue qualitatif et quantitatif. Les actions de gestion sont partagées par de nombreux acteurs et notamment des collectivités publiques et des entreprises dans un contexte de marchandisation. L'eau est de plus en plus perçue comme une ressource naturelle précieuse et un bien commun à partager avec les autres êtres vivants de la planète ; une ressource limitée et inégalement répartie, à utiliser de manière économe et à dépolluer avant de la rendre au milieu naturel [3].

La gestion durable de l'eau est l'intersection de deux notions fondamentales, le développement durable et la gestion intégrée**.**

La gestion de l'eau recouvre ses aspects techniques, son économie, l'organisation de la synergie entre les acteurs. Les aspects techniques de la gestion de l'eau sont relatifs à l'accès à l'eau en quantité, aux normes de potabilité, aux facilités et le confort d'usage. L'économie de l'eau concerne la tarification des services délivrés et les performances du système pour se rapprocher le plus possible d'une allocation optimale et durable des ressources de la communauté. En ce qui concerne l'organisation de la synergie, la réglementation permettra de prévenir et de régler les conflits entre les acteurs et les usagers [4]**.**

Tous les services d'eau reposent sur un socle commun, à la fois technique et réglementaire. Les étapes nécessaires à faire couler l'eau au robinet sont invariantes : il faut extraire et rendre potable l'eau naturel, le mettre à la disposition des abonnés à leur domicile grâce à des réseaux d'adduction et de distribution.

La continuité du service doit être assurée par un service de permanence. Et aussi, les gestionnaires de l'eau doivent fournir une quantité d'eau suffisante et de bonne qualité à tous les usagers.

Les réseaux d'eau sont constitués d'ouvrages de captages, stockage, distribution d'eau potable, qui constituent un patrimoine qu'il faut entretenir régulièrement pour assurer quotidiennement les fonctions des services d'eau, mais qu'il faut également renouveler périodiquement, pour assurer la continuité des services sur le long terme. À chacune de ces activités correspondent deux grandes catégories de prestations à effectuer, qui sont indispensables au bon fonctionnement du service :

- L'investissement : pour le financement et la mise en place de nouvelles infrastructures de gestion du patrimoine.
- L'exploitation et la maintenance : L'exploitation consiste à faire fonctionner les infrastructures de pompage, de traitement, de stockage et de distribution, à gérer la clientèle (relèves de compteurs, réponses aux doléances …) ou encore à assurer une veille permanente (analyses, réglages, vérifications, astreintes).

Un service d'eau potable est un système à trois composantes avec en amont la ressource en eau, puis le service d'eau proprement dit qui comprend un certain nombre de fonctions techniques (production, distribution), administratives (facturation) et en aval des abonnés (Figure I-1) [5].

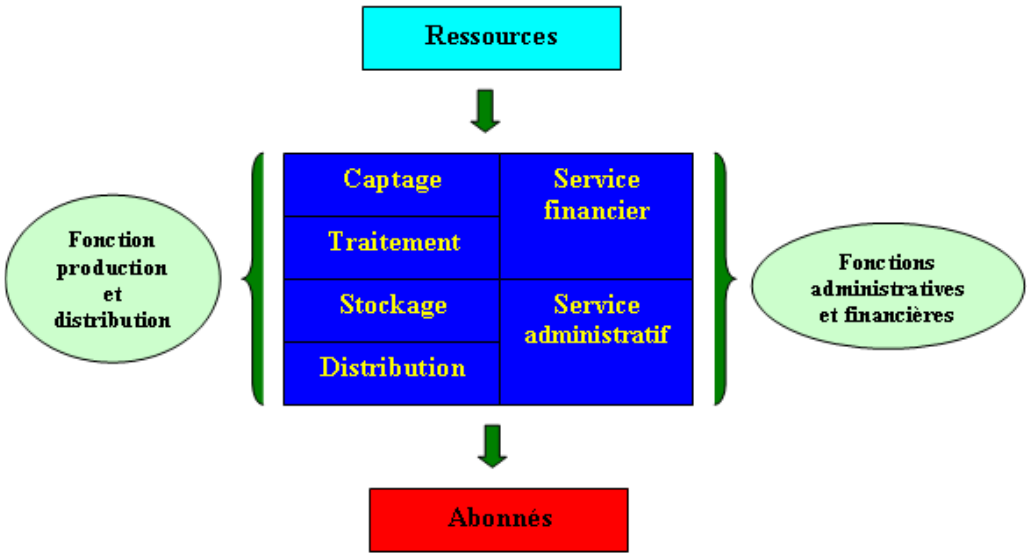


Figure I-1:Schéma des services d'eau potable [5].

I.2.1 L'importance de la gestion de l'eau

La gestion de l'eau est nécessaire car il s'agit d'une ressource essentielle à la vie sur terre, qui est par ses multiples fonctions complexe à gérer. Récemment s'y est encore ajoutée la notion de développement durable, qui vient de la rendre plus complexe. La gestion de l'eau pose de nombreux problèmes : des problèmes d'appropriation, de maintenance, de production et d'allocation. De plus, la gestion de l'eau est marquée par de fortes spécificités qui sont liées aux caractéristiques de l'eau [4].

I.2.2 Les objectifs de la gestion des eaux

- Garantir la santé et la sécurité des communautés humaines.
- Garantir la protection de l'environnement.
- Permettre le développement économique.
- Assurer la conformité de la gestion des eaux aux préceptes du développement durable [4].

I.3 LES COMPTEURS D'EAU

I.3.1 Le comptage d'eau :

Le comptage de l'eau est une composante de la gestion publique des ressources en eau visant à surveiller et à gérer la consommation d'eau. C'est une pratique courante dans tous les pays dotés de services publics d'eau bien établis, où des compteurs sont installés

pour mesurer les taux de consommation dans les ménages et les bâtiments. Le client paie sa consommation d'eau à des tarifs récurrents trimestriellement ou mensuellement [6].

I.3.2 Définition des compteurs d'eau :

Le compteur d'eau est un appareil de mesure qui calcule la consommation d'eau de chaque installation raccordée au réseau (logements, commerces, industries, collectivités…). On trouve deux catégories de compteurs d'eau : les compteurs principaux et les compteurs divisionnaires.

- Le compteur principal permet de calculer la consommation globale des compteurs divisionnaires qui y sont rattachés.
- Le compteur divisionnaire situé en aval du compteur principal, permet de calculer la consommation partielle d'un logement.

Le compteur est situé au début du réseau public et mesure le débit de l'eau qui circule dans une canalisation afin d'évaluer la quantité d'eau utilisée. Elle est indiquée en mètres cubes (1 m^3 = 1000 litres) et en décilitres (Voir Figure I-2) [7].



Figure I-2 : Compteur d'eau classique [8].

I.3.3 Le fonctionnement des compteurs d'eau

Au moment de l'arrivée de l'eau au compteur, il actionne un engrenage qui fait tourner les chiffres du compteur à l'aide d'une roue dentée. Cet engrenage est équipé d'un

système décimal ce qui signifie qu'à chaque fois qu'une roue effectue 10 pas, elle fait avancer la suivante d'un pas [7].

I.3.4 L'installation des compteurs d'eau

Les compteurs d'eau sont standards, peu importe le type de canalisations, pour l'installer on doit suivre une procédure bien définie par le réseau de distribution d'eau, on doit s'adresser au service des eaux, pour prendre connaissance des formalités à suivre pour l'installation du compteur d'eau.

La demande d'installation du compteur doit être établie au moins bien avant la date d'aménagement. Afin d'éviter toute manœuvre frauduleuse, chaque compteur scellé porte un numéro de série, son raccordement au réseau d'eau se fait par les services concernés [9].

I.3.5 Les types des compteurs d'eau

Il existe différents types de compteurs d'eau. Leur différence réside dans la méthode de mesure utilisée, le contrôle du débit et les appareils de mesure dans le compteur d'eau lui-même. On constate trois types de compteurs d'eau.

- **Type 1 : Compteurs d'eau à déplacement**

Les compteurs d'eau à déplacement mesurent la quantité d'eau qui occupe un espace donné. Le débit d'eau déplace l'appareil de mesure en fonction du volume d'eau en gallons ou en pieds cubes qui traverse le compteur, cet appareil est illustré dans Figure I-3.



Figure I-3 : Compteur d'eau à déplacement [10].

- **Type 2 : Compteurs à déplacement positif**

Les compteurs à déplacement positif (compteurs PD) sont les compteurs d'eau les plus courants pour les maisons et les petites entreprises. Ils peuvent mesurer de petits volumes d'eau à de faibles débits avec une grande précision. Ils sont fabriqués de laiton, de plastique résistant aux chocs et d'acier inoxydable. Le registre de mesure se compose d'une bulle en plastique sur la jauge de type odomètre ou d'affichage LCD. Ces compteurs peuvent également être installés dans des unités séparées d'une copropriété ou d'un appartement pour suivre la consommation d'eau individuelle (Figure I-4).



Figure I-4 : Compteur d'eau à déplacement positive [11].

- **Type 3 : Compteurs de vitesse**

Le compteur de vitesse mesure la vitesse de l'eau déplacée. La vitesse est mesurée et convertie en unités de volume, en gallons ou en pieds cubes (Figure I-5).



Figure I-5 : Compteur de vitesse [12].

Il existe quelques types de compteurs d'eau basés sur la vitesse.

- **Compteurs d'eau à jet unique et multiple**

Les compteurs d'eau à jet unique et multiple utilisent la vitesse pour mesurer le volume d'eau. Le débit d'eau fait tourner une roue qui tourne à une vitesse connue par rapport à la vitesse de l'eau. Ces compteurs ont des grilles de crépine internes pour empêcher les jets de se boucher avec des particules dans l'eau. Ils sont utilisés pour les applications à faible volume.

- **Compteurs d'eau à turbine**

Les compteurs d'eau à turbine sont utilisés pour des diamètres de conduites d'eau allant jusqu'à 12 pouces de diamètre. Ils sont utilisés pour les sites commerciaux à fort volume tels que les usines et les grands complexes, et comme compteurs de contrôle pour des sections d'une ville. Les compteurs d'eau des bornes d'incendie sont des compteurs d'eau à turbine.

- **Compteurs d'eau composés**

Les compteurs d'eau composés mesurent avec précision la consommation de l'eau qui peut varier d'une vitesse élevée à une vitesse faible. Ces compteurs ont deux composants de mesure et une vanne pour contrôler le débit à chacun (Le compteur à turbine mesure les débits élevés et le compteur à jets multiples mesure les débits bas). Le lecteur utilitaire ajoute les totaux indiqués sur les deux compteurs pour déterminer la consommation totale d'eau.

- **Compteurs électromagnétiques et ultrasoniques**

Les compteurs électromagnétiques sont équipés d'une paire d'électro-aimant peut mesurer le débit d'eau entrant ou sortant du système qui est basé sur les principes d'induction de fluide. Les compteurs ultrasoniques envoient des ondes sonores à travers l'eau pour mesurer sa vitesse et obtenir une lecture du volume d'eau. Ceux-ci sont utilisés dans des applications à grand volume et pour d'autres fluides [13].

I.3.6 Relevé des compteurs d'eau

La consommation d'eau est indiquée en m3 sur le compteur d'eau. Uniquement les chiffres sur fond noir (qui désignent l'index du compteur) sont reportés sur la facture. Il existe deux méthodes de lecture des compteurs d'eau [14].

Relevé manuel

Un agent effectue une lecture directement sur le compteur et saisit les données. Cette méthode présente beaucoup d'inconvénients :

- **Coût :** la lecture visuelle de chaque compteur est coûteuse, car elle demande beaucoup de personnel.
- **Temps :** cela prend beaucoup de temps pour se rendre sur place, effectuer la collecte de données et transmettre ces dernières.
- **Erreurs :** couramment on trouve des erreurs sur les relevés enregistrés sur les compteurs d'eau, car la lecture et la création d'enregistrement sont régulières, répétitives et surtout manuelles (par exemple : celui qui effectue la lecture, peut faire des erreurs en relevant les chiffres). Les erreurs sont parfois volontaires, car le lecteur est obligé de faire une estimation forfaitaire de la consommation tout simplement pour épargner le temps.
- **Accessibilité :** l'accès au compteur d'eau nécessite la présence de l'utilisateur quel que soit son emplacement à l'intérieur ou à l'extérieur d'un bâtiment ou d'une maison (à l'extérieur : il est placé dans un endroit ou seul l'utilisateur peut accéder par mesure de sécurité au vandalisme par exemple). Ce qui rend l'accès difficile pour le lecteur.

- **Précision :** Dans certains cas, il est difficile de lire le compteur, car de la buée sur le cadran pourrait empêcher d'en faire une lecture exacte. Certains objets pourraient également bloquer l'accès visuel. Pour faciliter la lecture, on fait tourner le compteur, cela peut fausser les données du compteur.

Il est tout à fait clair que la méthode manuelle est lente, coûteuse et peu fiable. Elle est cependant la plus utilisée [14].

Relevé à distance

La lecture à distance d'un compteur permet d'obtenir les données par un appareil à distance sans avoir l'obligation d'être sur place. Les avantages du relevé à distance sont :

- **Précision :** La lecture électronique nous évite les erreurs de lecture.
- **Accessibilité :** les données sont obtenues, peu importe l'emplacement du compteur d'eau (intérieur ou extérieur), sans avoir à déranger le client.
- **Maitrise de la consommation :** Dès la transmission automatique du relevé du compteur, on peut détecter une surconsommation ou une fuite suivi de la consommation.
- **Détection des compteurs défectueux :** La gestion automatique nous permet de détecter les compteurs défectueux qui nécessitent réparation ou échange.
- **Gain de temps :** Cela nous permet de gagner suffisamment de temps [14].

I.4 COMPTEURS D'EAU INTELLIGENTS

I.4.1 Définition

Un compteur d'eau intelligent est un dispositif qui communique sans fil avec un réseau local ou étendu, permettant la surveillance à distance et la détection des fuites, ce qui réduit le gaspillage d'eau [15].

I.4.2 Les avantages du compteur d'eau intelligent

Voici quelques avantages d'un compteur d'eau intelligent :

- Un compteur d'eau intelligent favorise la facturation dynamique de l'eau, ce qui élimine le besoin d'une supervision manuelle chaque mois dans chaque foyer. Il prend en charge la mesure en temps réel sur le Web qui permet de fournir des

alertes en direct sur les fuites, le gaspillage d'eau, etc. Un compteur d'eau intelligent facilite également une interaction bidirectionnelle entre les distributeurs d'eau et les consommateurs où les fournisseurs peuvent suivre l'eau de chaque maison consommation qui relèvent de la gamme des réseaux en temps réel. Il aide les autorités à générer automatiquement la facture et à l'envoyer à tous les consommateurs dans le délai imparti.

- L'ajout d'une solution de compteur d'eau intelligent permet d'identifier les inefficacités et les modèles de consommation. Ces compteurs intelligents comprennent une suite de plateformes IoT, qui suit régulièrement la quantité d'eau consommée par chaque consommateur. Les données collectées via cette suite IoT peuvent être surveillées davantage et les utilisateurs peuvent connaître leurs habitudes habituelles quant à l'utilisation de l'excès d'eau. Il en résulte une maîtrise de la surconsommation ou du gaspillage d'eau en intégrant les démarches nécessaires.
- Établir une base pour améliorer quoi que ce soit nécessite la connaissance de ce qui cause les défis en abondance. De même, pour réduire les pertes d'eau excessives, il faut évaluer fréquemment les habitudes de consommation et connaître les endroits où se produisent la surconsommation ou le déversement. Auparavant, le niveau de perte d'eau était évalué annuellement, et cela aussi, lorsque les clients envoyaient leurs relevés. Le développement d'un compteur intelligent éradique constamment les méthodes traditionnelles d'évaluation des niveaux d'eau et s'avère être parmi les meilleures innovations pour économiser et conserver l'eau.
- En plus de mesurer l'eau, une solution de compteur d'eau intelligent est suffisamment évolutive pour surveiller les températures des canalisations. En plus des compteurs d'eau, des capteurs de température peuvent également être installés sur la canalisation pour identifier la température dans chaque actif et avertir les clients en évaluant le risque de gel. Il alerterait également sur les températures plus élevées dans le réseau de distribution en raison de la stagnation de l'eau, ce qui minimiserait le risque croissant d'infections bactériennes [15].

I.4.3 Relevé à distance des compteurs d'eau intelligents

Outre le gain de temps qu'ils représentent par rapport aux relevés manuels, les relevés à distance nous évitent les erreurs de lecture, et les calculs approximatifs. Nous bénéficions d'un accès facile et sécurisé aux données des compteurs, et sans avoir à déranger les propriétaires. Les relevés à distance des compteurs améliorent la qualité des données et facilitent le calcul [16].

I.4.4 Quelques pays qui utilisent des compteurs d'eau intelligents

L'Asie : La région Asie-Pacifique est actuellement le plus grand marché des compteurs intelligents, devant l'Europe et l'Amérique du Nord. Cette situation se poursuivra tout au long de la période de prévision. Comme l'a déclaré Adarsh Krishnan , analyste principal chez ABI Research : «Le déploiement des compteurs d'électricité intelligents touche cependant à sa fin en Chine et, de ce fait, l'accent est de plus en plus mis sur les compteurs de gaz et d'eau intelligents. Les technologies LPWA seront des choix privilégiés pour ces segments de comptage, la technologie LoRaWAN retenue par ZTE CLAA en Chine et par Tata Communications en Inde entrera alors en concurrence avec les réseaux NB-IOT des opérateurs mobiles dans la région Asie-Pacifique » [17].

L'Europe : Le marché européen des compteurs d'eau intelligents est en plein utilisation en raison de l'adoption croissante de systèmes de gestion intelligente de l'énergie dans les environnements résidentiels. L'adoption généralisée de modules de communication avancés a créé une forte demande de dispositifs de surveillance de bout en bout compatibles avec le Web. La disponibilité de ces compteurs de tailles différentes ainsi que ces avantages tels qu'une longue portée et une faible consommation d'énergie augmentent leur utilisation dans les applications résidentielles [18].

I.5 CONCLUSION

Dans ce chapitre, on a donné un aperçu sur les compteurs d'eau. Une conclusion peut être faite est que beaucoup de problèmes relatifs aux relevé et de contrôle d'alimentation existent. Dans ce travail, une solution pratique est proposée pour contribuer à améliorer ces services.



CHAPITRE II

MATERIELS ET SOFTWARES UTILISÉS



II.1 INTRODUCTION

Nous allons présenter au cours de ce chapitre un ensemble de matériels et software utilisés pour la réalisation du compteur d'eau intelligent. On a débuté avec l'internet des objets et ces applications, le réseau de capteurs sans fil. Ensuite, on a présenté la carte Arduino et le logiciel IDE pour la programmer, la carte Raspberry. On a présenté l'environnement de programmation Node-Red Pour le développement de notre interface. Ensuite on a parlé sur le module Nrf24l01 qui assure la connectivité sans fil sans oublier de présenter le capteur de débit d'eau (débitmètre), l'électrovanne et le module relais.

II.2 L'INTERNET DES OBJETS (IoT)

II.2.1 Définition de l'internet des objets

L'Internet des objets (IoT) peut être considéré comme l'extension de l'interconnexion existante entre les serveurs et les postes de travail. Un objet peut être tout appareil électrique capable de transmettre des données pour indiquer des informations ou un état ou de recevoir des instructions pour modifier ou adopter un comportement particulier [19].

L'IoT est utilisé dans de nombreux domaines et industries professionnels (domestique, santé, transport, éducation, villes intelligentes, capteurs, robotique, fabrication, services publics, logistique, commerce de détail, services publics, etc.) et permet de traiter les données de différentes manières (Machine learning, Big Data, Intelligence Artificielle, Systèmes Experts, …) afin de prendre des décisions et d'optimiser les performances. De plus, de nombreuses plateformes et projets existants mettent en place des approches pratiques utilisant les mécanismes IoT pour créer de la valeur pour les entreprises et les industries [19].

L'internet des objets se situe à la confluence des secteurs de l'informatique et des communications électroniques, où tout objet communique, peut être interrogé, envoie de l'information et interagit. L'Union Internationale des Télécommunications (UIT) définit ainsi en 2012 l'internet des objets comme une « infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des

objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interopérables existantes ou en évolution ».

De manière plus pragmatique, l'internet des objets correspond à un ensemble d'objets connectés, de communications et d'internet, qui se conjugue avec les vagues du cloud et du big data :

- Les objets physiques possèdent des technologies embarquées de capteurs, d'intelligence et de connectivité, leur permettant de communiquer avec d'autres objets.
- Les réseaux de communications électroniques permettent de transporter les données issues des objets [20].

II.2.2 Les composants d'internet des objets

Un système IoT se compose de quatre composants montrés dans Figure II-1 :

- Des dispositifs physiques intégrés avec des capteurs.
- Une connectivité réseau.
- Un traitement de données.
- Une interface utilisateur d'application [21].

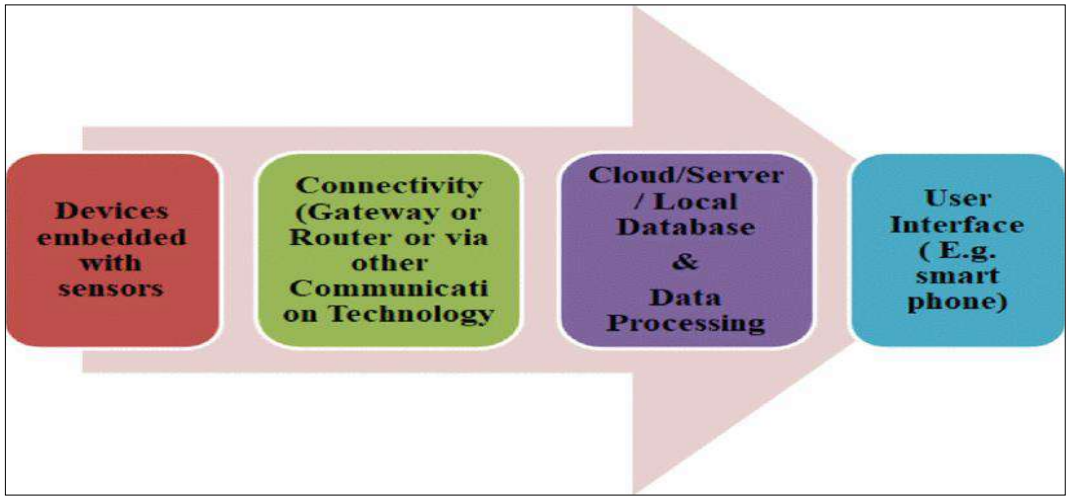


Figure II-1: composants d'internet des objets [21]

II.2.3 Les caractéristiques d'IoT

Certaines caractéristiques de l'Internet des objets (IoT) énumérées ci-dessous : [22]

- **L'interconnexion**

Il facilite l'interconnexion des appareils entre eux.

- **Détection intelligente**

Les appareils connectés à l'IoT ont des capacités de détection intelligentes. Par exemple, l'utilisation de détecteurs de mouvement pour allumer ou éteindre les lumières. La technologie de détection aide à créer des expériences qui reflètent une véritable conscience du monde physique, des personnes et des objets.

- **L'intelligence**

Les appareils connectés à l'IoT peuvent être dotés d'intelligence.

- **L'économie d'énergie**

Les appareils IoT ont un détecteur de mouvement intégré qui allume la lumière lorsqu'elle détecte un mouvement. Il peut économiser beaucoup d'énergie électrique et stimuler la récupération d'énergie.

- **L'explication**

Les appareils connectés à l'IoT ont une capacité unique de dire l'état actuel à d'autres appareils connectés dans les environs. Il facilite un meilleur flux de communication entre l'homme et la machine.

- **La sécurité**

Les appareils connectés à l'IoT peuvent contribuer à garantir la sécurité de la vie individuelle. Par exemple, les tableaux de bords des nouvelles voitures indiquent l'état des pneus de la voiture en marche à son propriétaire, cela aidera à prévenir les accidents dus à l'éclatement des pneus de voiture en raison de la surchauffe, etc.

II.2.4 Domaines d'application d'IoT

L'internet des objets s'applique dans plusieurs domaines tels que :[23]

- **Maisons intelligentes (smart homes)**

L'objectif des maisons intelligentes est d'améliorer la qualité de vie des résidents. La maison intelligente est une intégration de divers domaines tels que la domotique, la surveillance de la qualité de l'air, les soins de santé, la surveillance et le jardinage intelligent.

- **Santé intelligente (smart health)**

La santé intelligente vise à fournir un service médical immédiat en réduisant le coût de prestation pour améliorer la santé des humains et des animaux. Les soins de santé comprennent divers sous-domaines tels que les programmes de conditionnement physique, la surveillance à distance de la santé, le diagnostic des maladies chroniques et la surveillance des personnes âgées. Divers capteurs, appareils médicaux et d'imagerie sont utilisés pour acquérir des données du corps humain.

- **Agriculture intelligente (smart farming)**

L'industrie agricole joue un rôle vital sur terre La plupart des agriculteurs suivent les méthodes agricoles traditionnelles qui entraînent une érosion des sols, une diminution du rendement de la culture, un gaspillage d'eau, un gaspillage d'engrais, etc. L'IoT joue un rôle crucial dans la réduction de quelques problèmes dans l'agriculture.

- **Système de transport intelligent (ITS)**

Les STI sont l'une des principales applications d'IoT, qui comprend différents modes de transport comme le transport routier, aérien, maritime et ferroviaire. ITS offre des services comme l'information aux voyageurs, la gestion du trafic, le paiement électronique, l'échange d'information, la gestion du fret et la communication, Ces services améliorent la qualité de transport à l'être humain grâce à la technologie IoT.

- **Surveillance de l'environnement (Environmental Monitoring)**

La croissance de la population est plus élevée dans la zone urbaine partout dans le monde, ce qui entraîne une urbanisation. La pollution de l'air et de l'eau augmente et les conditions météorologiques se dégradent. Les paramètres standard tels que la température atmosphérique, l'humidité, la pression, la qualité de l'air et les polluants comme le dioxyde de carbone et le monoxyde de carbone sont surveillés.

- **Villes intelligentes (smart cities)**

Une ville intelligente vise à faire progresser l'économie urbaine, les infrastructures et la gouvernance, la qualité de vie (bien-être physique, mental et financier), l'intelligence sociale et environnementale.

- **Réseaux électriques et hydrauliques intelligents (Smart Power and Water Grids)**

Le réseau électrique est une interconnexion de producteurs d'électricité, de distributeurs et de consommateurs. Les producteurs rassemblent l'énergie électrique de diverses sources comme les centrales solaires, éoliennes, thermiques, nucléaires et hydroélectriques et les distribuent aux consommateurs à l'aide de lignes de transport d'électricité. De multiples capteurs et dispositifs de contrôle sont utilisés pour surveiller les activités des producteurs, des consommateurs et des distributeurs, cela permet d'économiser l'énergie, les coûts de distribution [23].

II.2.5 Architectures de l’internet des objets

La figure II-2 représente un schéma d'une architecture d'IoT.

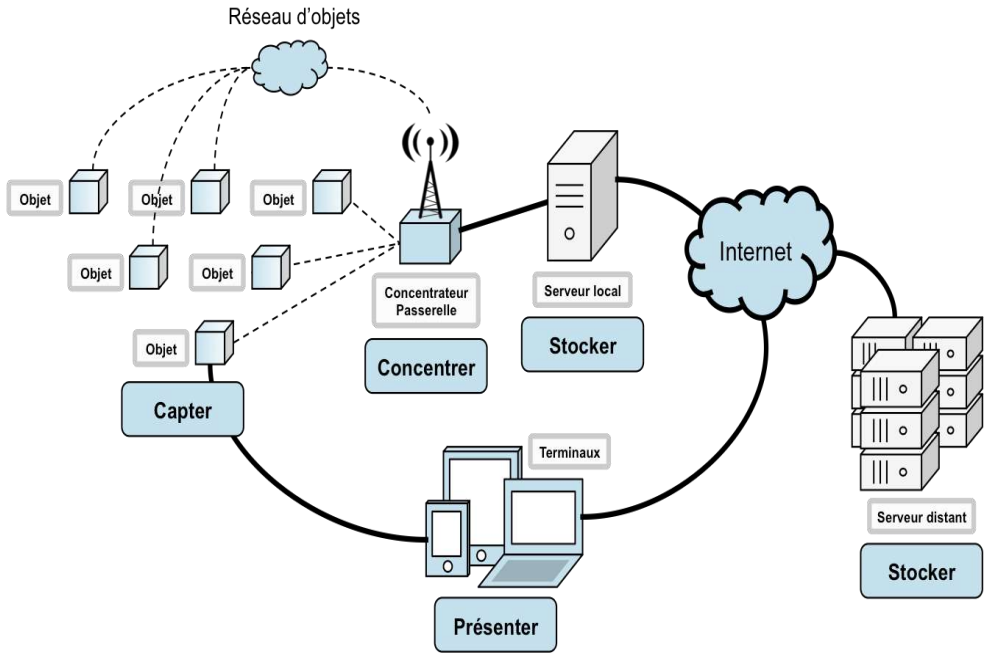


Figure II-2:Schéma d'une architecture de l'IoT [24].

On montre le rôle des différents processus présentés sur le schéma ci-dessus :

- **Capter :** désigne l'action de transformer une grandeur physique analogique en un signal numérique.
- **Concentrer :** permet d'interfacer un réseau spécialisé d'objet à un réseau IP standard (WiFi) ou des dispositifs grand public.
- **Stocker :** qualifie le fait d'agréger des données brutes, produites en temps réel, arrivant de façon non prédictible.
- **Présenter :** indique la capacité de restituer les informations de façon compréhensible par l'Homme, tout en lui offrant un moyen d'agir et/ou d'interagir.

Deux autres processus n'apparaissent pas sur le schéma, car ils sont à la fois transverses et omniprésents :

- **Le traitement des données** : est un processus qui peut intervenir à tous les niveaux de la chaîne, depuis la capture de l'information jusqu'à sa restitution. Une stratégie pertinente, et commune quand on parle d'Internet des objets, consiste à stocker l'information dans sa forme intégrale. On collecte de manière exhaustive, « big data », sans préjuger des traitements qu'on fera subir aux données. Cette stratégie est possible aujourd'hui grâce à des architectures

distribuées type NoSQL, capables d'emmagasiner de grandes quantités d'information tout en offrant la possibilité de réaliser des traitements complexes en leur sein (Map/Reduce par exemple).

- **La transmission des données** : est un processus qui intervient à tous les niveaux de la chaîne. Deux réseaux, supports des transmissions, cohabitent généralement :

- **Réseau local de concentration**. On utilise alors des technologies comme ANT, ZigBee, Z-wave, NFC ou Bluetooth LE.
- **Réseau WAN**, permettant d'interconnecter les réseaux spécialisés et de les interfacer avec des fermes de serveur. On utilise alors WiFi, les réseaux cellulaires (GSM, UMTS, LTE) ou encore les connexions physiques standard (Ethernet, fibre optique). Ces réseaux sont généralement connectés à Internet.

Les technologies de transmission utilisées dépendent essentiellement de l'application et du contexte. La transmission peut par exemple exploiter le Push reposant sur Comet ou WebSocket. Les canaux peuvent être bidirectionnels si l'application autorise une rétroaction. Dans certains cas, ces canaux devront transmettre les données en temps réel, dans d'autres cas, le temps ne sera pas un facteur déterminant [24].

II.3 LE RESEAU DE CAPTEURS SANS FIL

II.3.1 Définition

Le réseau de capteurs sans fil (WSN) est une technologie utilisée dans diverses applications militaires et civiles. Un WSN comprend de nombreux nœuds de capteurs. Il existe diverses contraintes de ressources pour les nœuds de capteurs telles que l'énergie finie, la petite mémoire et moins de puissance de calcul. Les nœuds sont déployés au hasard sur une zone afin de surveiller divers paramètres physiques tels que l'humidité, la température, la pression, etc. Un nœud est responsable de la transmission de ses données détectées et il doit en outre relayer les données de ses nœuds voisins. Il est nécessaire de conserver une énergie limitée des nœuds afin de prolonger la durée de vie de l'application WSN [25].

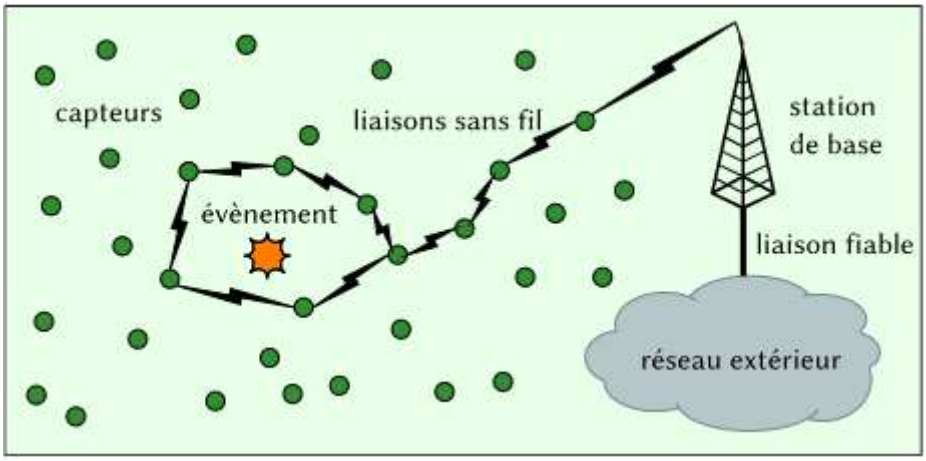


Figure II-3:Schéma simple d'un réseau de capteurs sans fil [26].

Les données captées par les nœuds sont transmises aux nœuds voisins. En général, de nombreux nœuds de capteurs sont déployés sur une zone donnée à des fins spécifiques. Si un nœud malveillant est présent dans la zone de déploiement, le nœud malveillant reçoit les données d'autres nœuds et insère de fausses informations dans ces données lors de la transmission à la BS ou à la passerelle, de sorte que l'utilité de la communication est perdue. Et les données reçues par la BS contiennent des informations déformées qui peuvent avoir des implications sérieuses dans l'application WSN. Dans des applications telles que le suivi des ennemis, s'il existe un nœud malveillant susceptible de corrompre les données, entraînant de graves conséquences. Par conséquent, il est nécessaire d'enquêter et d'étudier différents types de nœuds et de menaces de sécurité dans un WSN [25].

II.3.2 Caractéristiques du réseau de capteurs sans fil

Par ailleurs les caractéristiques essentielles des RCSF s'établissent comme suit:[27]

- **Scalabilité et adaptabilité:** Importance des nombres de nœuds qui peut parfois atteindre des millions pour une meilleure granularité de surveillance, avec une polyvalence de remplacement en cas de défaillance.
- **Caractéristiques du trafic interrompu:** L'accès sans fil est perturbé pas les interférences inévitables au sein d'un RCSF (Exemple: perturbation des liens radio dans un hôpital).

- **Réseaux multi-sauts:** Les RCSF adoptent des communications multi saut en raison des limitations des ressources physiques dues à la miniaturisation des composants électroniques
- **Réduction de la consommation de l'énergie:** La gestion de l'énergie au sein d'un RCSF est limitée du fait que les capteurs sont alimentés par des batteries qui ne peuvent être changées par suite des milieux hexogènes défavorables (sachant que le rechargement des batteries est très onéreux et donc très peu rentable d'un point de vue économique).
- **Différents types de déploiements:** Engendrent des conséquences qui diffèrent d'un déploiement à un autre:

  - Le déploiement dans la nature mène à une absence de sécurité physique causée par la présence d'intrus ou de capture de nœuds.
  - Le déploiement dans un lieu précis exige une topologie préconfigurée.
  - Le déploiement aléatoire demande des algorithmes d'auto organisation.

II.3.3 Les applications du réseau de capteurs sans fil

Les applications de WSN sont classées selon la nature de leur utilisation en six catégories principales qui, comme l'illustre la figure, à savoir : militaire, santé, environnement, flore et faune, industriel et urbain [28]. (Voir figure II-4)



Figure II-4:Les applications les plus populaires de WSN [28].

II.4 CARTE DE COMMANDE ARDUINO

II.4.1 Présentation

Arduino est un projet créé par une équipe de développeurs de six individus (Massimo Banz, David Cuartielles, TomIgoe, GianlucaMartino, David Mellis et Nicholas Zambetti). Cette équipe a créé le "système Arduino"et mettant en œuvre une petite carteélectronique programmable et un logiciel multiplateforme dans le but de créer facilement des systèmes électroniques qui réalisent les opérations demandées [29].

Arduino est un microcontrôleur que l'on peut programmer en lui téléversant un script qui transmet la manière d'opérer au microcontrôleur .l'intérêt est de pouvoir recueillir les données de capteurs sur les entrées analogiques de la carte et d'adapter le comportement des sorties en fonctions des valeurs recueillies [30].

II.4.2 Principe de fonctionnement de la carte Arduino

Le principe de fonctionnement des systèmes basé sur la carte Arduino est le suivant : On doit au départ étudier le système qu'on veut réaliser ; ensuite il faut procurer tous les composants additionnels, on écrit le code qui gère l'application qu'on doit vérifier avec l'IDE Arduino qu'on appelle la compilation. S'il y a des erreurs on les corrige avant de charger le programme sur la carte (télé versement du code). On câble le montage électronique en utilisant une plaque de test ou une plaque électronique imprimée. Après quelques secondes, L'exécution du programme est automatique, on peut alimenter la carte Arduino soit par USB du PC ou par une source d'alimentation externe (prise jack).

II.4.3 Alimentation

Le microcontrôleur présenté en général sur les cartes Arduino est alimenté par une tension de 5V. En fonction du modèle de la carte, cette tension peut être fournie soit par une des prises d'alimentation présentes sur la carte, soit par la prise USB utilisée pour la connecter à un ordinateur. La valeur de la tension à fournir sue une des prises d'alimentation doit être comprise entre 7 et 12V mais cette tension n'a pas besoin d'être stabilisée en raison de la présence d'un régulateur de tension sur la carte. Raccorder la branche positive de son alimentation à cette broche, comme on le ferait pour une pile, et la branche négative sur une broche GND [31].

II.4.4 Les types de la carte arduino

Il existe plusieurs types de cartes Arduino**,** nous citons quelques un dans le tableau II-1 afin d'éclaircir l'évaluation de ce produit scientifique et académique :

Tableau II-1:Les types de la carte arduino [32].

Dispositifs	**Microcontrôleur**	**Mémoire**			**Ports numériques**	**Ports analogiques**
		Flash	**SRAM**	**EEPROM**		
 arduino uno	ATmega 328	32 ko	2 ko	1ko	14 entrées et sorties	6 entrées
 arduino leonardo	ATmega 32U4	32 ko	2.5 ko	1 ko	20 entrées et sorties	12 entrées
 arduino mega2560	ATmega2560	256 ko	8 ko	4 ko	54 entrées et sorties	16 entrées
 Arduino nano	ATmega 168	16 ko	1 ko	512 octets	14 entrées et sorties	8 entrées
	ATmega 328	32 ko	2 ko	1 ko		

 ArduinoLylipad	ATmega 168 ou 238	16 ko	1 ko	512 octets	14 entrées et sorties	6 entrées
 Arduino due	ATmegaSAM 3X8E	515 ko	94 ko (2 bacs : 64 ko+32 ko)	512 octets	54 entrées et sorties	12 entrées
 Arduino Yún	ATmega 32U4	32 ko	2.5 ko	1 ko	20 entrées et sorties	12 entrées

II.4.5 La carte Arduino UNO

Présentation de la carte Arduino Uno

La carte Arduino Uno est une carte électronique équipée d'un microcontrôleur ATMEL de référence ATMega328. L'intérêt principal de la carte Arduino est sa facilité de mise en œuvre. Arduino fournit un environnement de développement s'appuyant sur des outils open source. Le chargement du programme dans la mémoire du microcontrôleur (télé versement du code) se fait par port USB. En outre, des bibliothèques de fonctions "clé en main" sont également fournies pour l'exploitation des périphériques de la carte : gestion des E/S TOR, gestion des convertisseurs ADC, génération de signaux PWM …etc. La carte Arduino Uno (Figure 1) est équipée de deux rangées de connecteur de part et d'autre de la carte, permettent sa connexion au monde extérieur et à des cartes d'interface [33]**.**

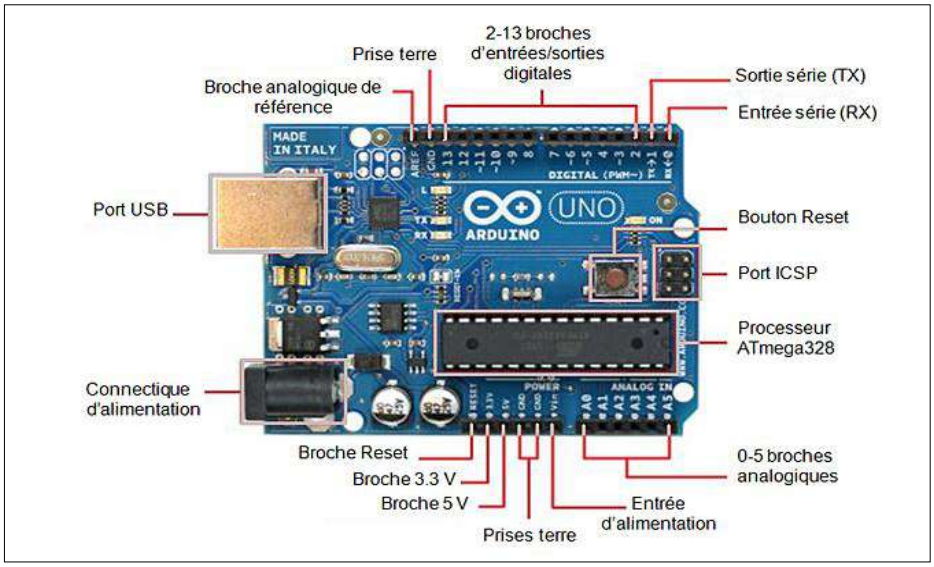


Figure II-5:L'aspect exterieur de la carte arduino uno

Les caractéristiques générales de la carte Uno

La carte Arduino Uno est caractérisée par : [34]

- Microcontrôleur ATmega328P
- Tension de fonctionnement 5 V
- 3Tension d'entrée (recommandée) 7 à 12 V
- Tension d'entrée (limite) 6 à 20 V
- Broches d'E / S numériques 14
- Broches d'E / S numériques PWM 6
- Broches d'entrée analogiques 6
- Courant CC par broche d'E / S 20 mA
- Courant CC pour broche 3,3 V 50 mA
- Mémoire flash 32 Ko
- Mémoire SRAM 2 Ko
- Mémoire EEPROM 1 Ko
- Vitesse de l'horloge 16 MHz

Les Entrées/Sorties

La carte Arduino Uno dispose de 14 E/S numériques et de 6 entrées analogiques.

- **Entrées/sorties numériques**

Chacune des 14 broches numérique (repérées D0 à D13) peut être utilisée comme entrée ou sortie (input / output). Le sens de fonctionnement pouvant même changer de manière dynamique pendant son exécution. Ces entrées/sorties fonctionnent en logique TTL (0 - 5 V) ; chacune pouvant fournir ou recevoir un courant maximal de 40 mA et dispose si besoin d'une résistance interne de pull-up.

- **Entrées analogiques**

Les six entrées analogiques, repérées A0 à A5, peuvent admettre une tension analogique comprise entre 0 et 5 V .Ces entrées analogiques sont reliées à un convertisseur analogique /numérique (CAN) de 10 bits. Les entrées A4 et A5 peuvent également être utilisées respectivement comme linge de données SDA el ligne d'horloge SCL respectivement de l'interface de communication série I2C.

- **L'interface de communication**

L'ATmega328 possède une interface de communication série UART accessible, grâce aux broches numériques 0(RX) et 1(TX). D'autre part elle supporte le bus I2C accessible, grâce aux broches analogiques 4 (SDA) et 5(SCL) et la liaison série synchrone SPI grâce aux broches numériques 10(SS), 11(MOSI), 12 (MISO) et 13(SCK).

Les avantages et les inconvénients de la carte Arduino uno

❖ **Les avantages**

- Carte Arduino par excellence de nombreux exemples de montages sont disponibles sur internet.
- Nombres suffisant de broches d'entrées/sorties pour les projets élémentaires.
- Vaste choix de sheilds.
- Bon marché [32].

❖ **Les inconvénients**

- Nombre insuffisant de broches d'entrées/sorties pour les projets ambitieux.
- La mémoire disponible risque d'être un peu juste pour les gros projets.

- Ne peut pas être utilisée comme hôte USB pour simuler un clavier ou une souris [32].

II.5 LOGICIEL IDE DE ARDUINO

L'environnement de développement intégré Arduino - ou Arduino Software (IDE) – contient un éditeur de texte pour écrire le code, une zone de message, une console de texte, une barre d'outils avec des boutons pour les fonctions communes et une série de menus. Il est connectable au matériel Arduino et Genuino pour télécharger des programmes et communiquer avec eux.

L'IDE Arduino permet :

- D'éditer un programme : des croquis (sketch en anglais),
- De compiler le programme dans le langage « machine » de l'Arduino,
- De téléverser le programme dans la mémoire de l'Arduino,
- De communiquer avec la carte Arduino grâce au terminal [35].



Figure II-6:Logo arduino IDE [35].

L'interface du logiciel Arduino se présente de la façon montrée dans figure II-7 :

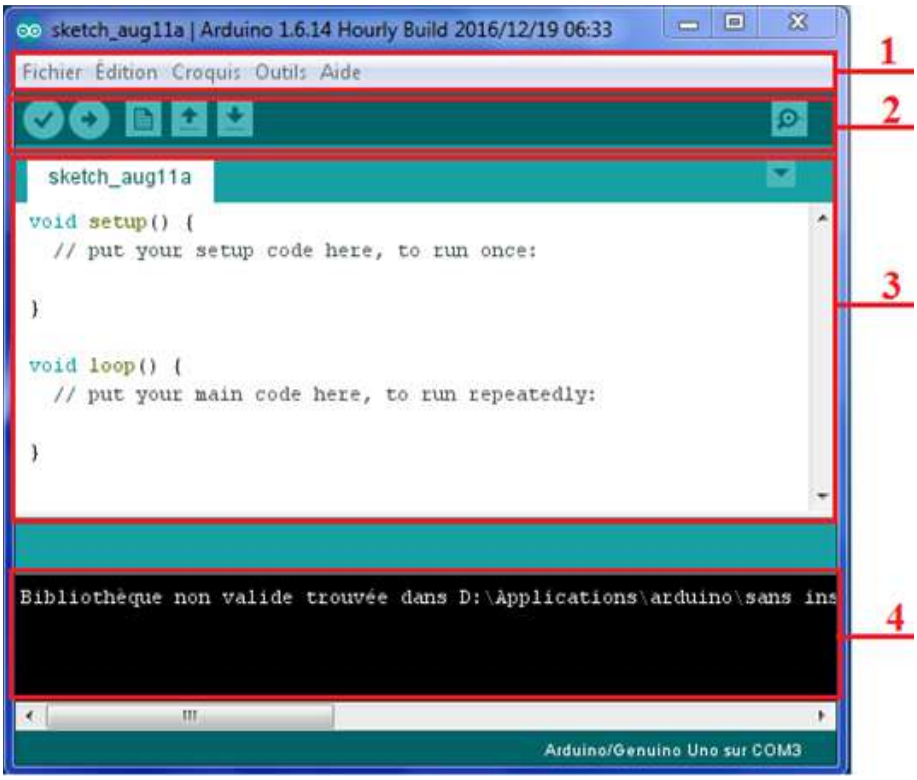


Figure II-7:Interface de logiciel IDE Arduino [36].

❖ **Barre1** : Options de configuration du programme tel que :

- Créer un nouveau programme ou ouvrir un programme existant.
- Enregistrer/demander le document en cours.

Toute une liste se déroule pour afficher les noms d'exemples de programmes existant...etc.

❖ **Barre2** : boutons pout la programmation des cartes

- Vérifier (Verify) : vérifier les erreurs dans le code.
- Charge (Upload) : compiler le code et charger le programme sur la carte Arduino.
- Nouveau (New) : créé un nouveau sketch.
- Ouvrir (Open) : ouvrir un des sketchs déjà présents.
- Sauvegarder (Save) : sauvegarder le sketch.
- Serial Monitor : permet d'accéder au port série (en RX/TX).

❖ **Barre3** : programme à créer.

❖ **Barre4** : débogueur (affichage des erreurs de programmation) [36].

En général dans un programme donné on distingue trois blocs principaux d'instructions :

- **Bloc 1 :** avant la partie **void setup ( )**, c'est la partie de déclaration des variables et des constantes ainsi que les bibliothèques utilisées.
- **Bloc 2 :** la partie **void setup ( )**, c'est la partie de configuration des périphériques du microcontrôleur de la carte Arduino (ports d'entrées/sorties, interfaces de communications, …etc.).
- **Bloc 3 :** la partie **void loop ( )** ; c'est la partie du programme principal placé à l'intérieur d'une boucle qui s'exécute d'une manière infinie.

II.6 RASPBERRY PI

II.6.1 Présentation de la carte Raspberry Pi

Raspberry est une carte mère d'un mini-ordinateur qui peut être branchée à n'importe quel périphérique (souris, clavier...). Cette carte est utilisée pour aider à étudier les ordinateurs et représenter un moyen d'apprentissage de la programmation informatique en plusieurs langages (python, scratch...). Elle est aussi capable de lire les vidéos à haute définition et même à installer des jeux vidéo. L'intérêt d'utiliser le Raspberry Pi est sa capacité d'interaction avec le monde extérieur et d'exécuter plusieurs variantes du système d'exploitation libre (GNU/Linux, Raspbian Debian ...) et des autres logiciels compatibles [44].

II.6.2 Les composants standards de Raspberry

La figure suivante (Figure II-8) représente l'organisation générale et les différents connecteurs disponibles d'un Raspberry.

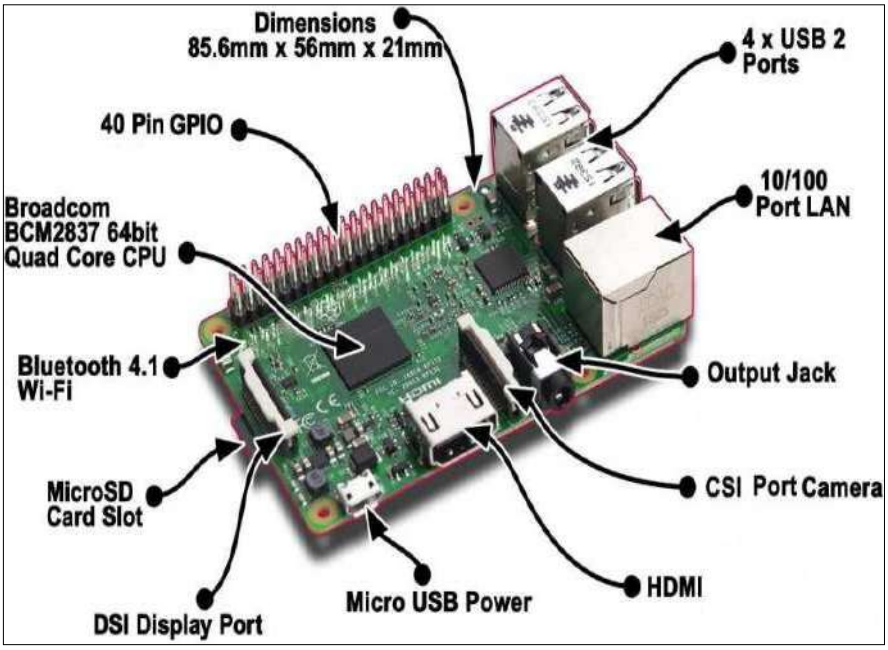


Figure II-8 : Composants standards d'un Raspberry [44]

II.7 NODE-RED

II.7.1 Présentation

Node-RED est un outil de développement libre basé sur les flux pour l'intégration de périphériques IoT, d'API (Applications Programming Interfaces) et de services en ligne développés par IBM Emerging Technology. Node-RED est un outil gratuit basé sur JavaScript, construit sur la plate-forme Node.js, qui fournit un éditeur de flux basé sur un navigateur visuel. Le système contient des nœuds représentés par des icônes appropriées. Il peut fonctionner de deux façons : faire glisser, déposer et câbler des nœuds, ou importer du code JavaScript [37].

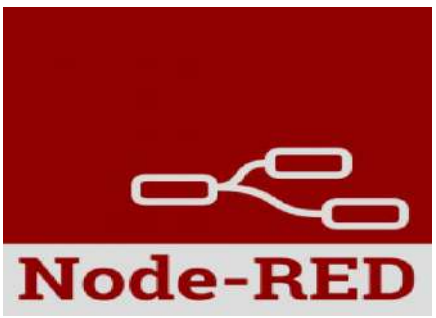


Figure II-9:Logo Node-Red [9].

Dans une installation standard du NOD-RED, 4 types de nœuds de base sont fournis :

- **Nœuds d'entrée :** entrée de messages via un nœud manuel (inject), MQTT, http, etc.
- **Nœuds de sortie :** sortie des messages via les nœuds de débogage, MQTT, http et autres.
- **Nœuds de fonction :** permettant le traitement des messages
- **Les nœuds sociaux :** interaction avec les médias sociaux [38]**.**

Plus de nœuds peuvent être téléchargés et installés via npm, le registre du logiciel de gestion de packages JavaScript, à partir d'une vaste bibliothèque de contributions au projet Node-RED.

Un certain nombre de nœuds standard sont disponibles, tels que : inject, jauge, chart, Switch, etc.

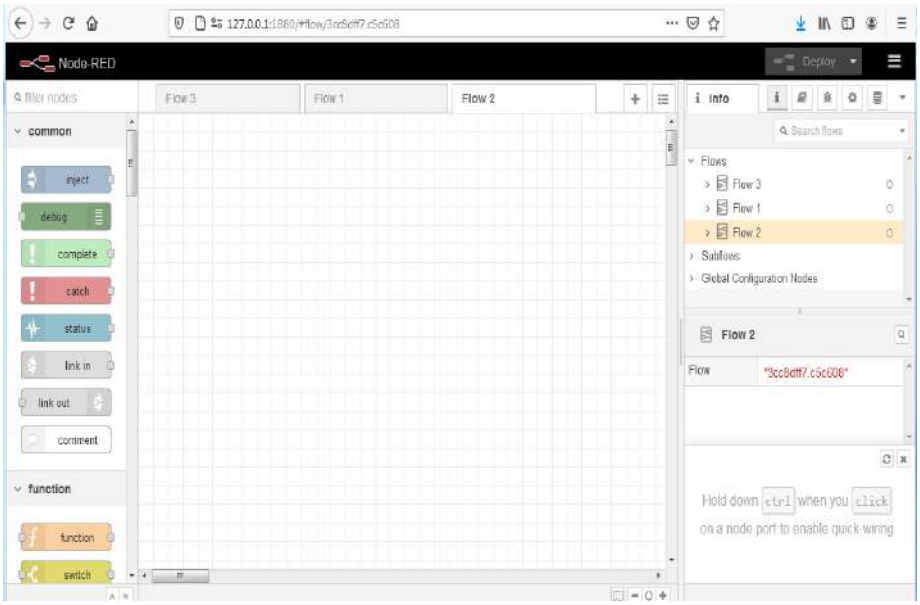


Figure II-10:Node-RED

II.7.2 Le déploiement d'un flow

Une fois la conception du flux terminée, il peut être déployé sur le runtime node-Red en un seul clic sur le bouton « Déploy ». Le déploiement peut fonctionner selon 3 modes :

- Un déploiement global, de type annule et remplace,
- Un déploiement pour l'ensemble des composants du flow concerné,
- Un déploiement uniquement des composants modifiés.

II.7.3 Dashboard

Un ensemble de nœuds dans Node-RED compose un tableau de bord (Dashboard). L'utilisation de ces nœuds de tableau de bord nécessite l'installation du package npm correspondant, ce tableau affiche les différents types de tâche ainsi que le nombre de tâche figurant actuellement sous chaque type d'état dans une application de suivi des tâches.

II.8 LES CAPTEURS ET LES ACTIONNEURS ET LES MODULES DE TRANSMISSION

II.8.1 Le module NRF24L01

Présentation

NRF24L01 + est un module de communication qui utilise la radiofréquence, il est fabriqué par Nordic Semi-conductor.il fonctionne sur 2,4 GHz; Ce module sera utilisé dans la communication sans fil entre la station de base et la prise connectée. La configuration et la gestion de ce module est réalisé par une interface série (SPI), il utilise le protocole Enhanced Shock Burst (ESB) qui supporte la communication série et qui garantit une transmission fiable. [39].

Le module Nrf24l01+ est illustré dans la figure II-11.

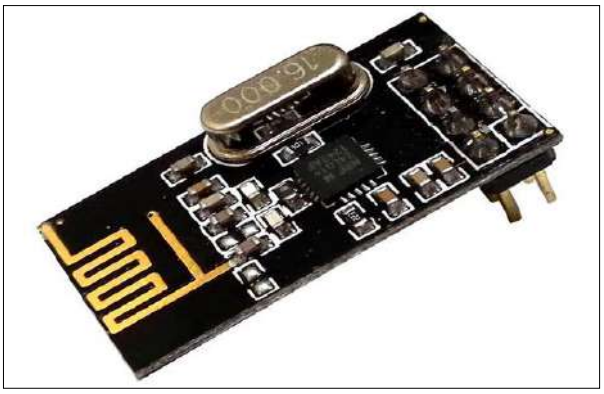


Figure II-11:NRF24L01+ [40].

Principe de fonctionnement du module NRF24L01

Le module NRF24L01+ fonctionne à une plage de 2,4-2,5 GHz (bande passante ISM) peut gérer à la fois les fonctions de transmission et de réception. La puce est équipée d'un débit de données maximal de 2 Mbps (Mégabits par secondes), il dispose des fonctions supplémentaires telles que l'accusé de réception automatique .La capacité de communiquer sur 125 canaux radio différents ainsi que la communication bidirectionnelle donne à NRF l'avantage de créer un réseau à plusieurs niveaux [41].

Caractéristiques du module nRF24L01

- L'alimentation 1,9 à 3,6 V
- La fréquence 2,4 GHZ
- Puissance maximale pour la transmission de données 100 mW équivalent à 20 dbm
- Gamme réussie À 1000 m
- Débit de transmission des données : 256 Kbps/ 1 Mbps/ 2 Mbps.
- Courant nécessaire de travail : 13.5mA.
- Les pins I/O utilisable : 8
- Mode de travail : mode RX / mode TX [34].

Définition des pins du NRF24L01

L'interface du module se compose de huit broches représentées sur le tableau II-2:

Tableau II-2:Les pins du NRF24L01

Pin	Nom	Description
1	CE	Chip Enable : il active le mode RX/TX, c.à.d. le module soit en mode d'envoie ou en mode d'écoute.
2	CSN	Chip Select NoT : basculement entre le mode d'émission et le mode de réception.
3	SCK	L'horloge de l'interface SPI (jusqu'à 10MHz).
4	MOSI	Master-Out-Slave-In : envoie des données du maitre vers l'esclave.

5	MISO	Master-In-Slave-Out : envoie des données d'esclaves vers le maitre.
6	IRQ	Interrupt Request pin : est une broche d'interruption qui alerte le maitre s'il y a de nouvelles données disponibles pour le traitement.
7	VCC	Alimentation entre 1.9 et 3.6V
8	GND	Connexion à la masse

Connexion du nRF24L01 à l'Arduino

Le circuit doit être réalisé en deux exemplaires, de façon à obtenir un circuit émetteur, et un circuit récepteur.

Le module émetteur-récepteur nRF24L01 communique avec l'Arduino à l'aide d'une interface périphérique série (SPI), Seulement les trois broches MISO, MOSI, et SCK sont utilisées pour la communication (maitre/esclave).Les broches CE (émission / réception) et CSN (mode veille / actif) peuvent être connectées à n'importe quelle broche d'Arduino, elles sont utilisées pour mettre le module en mode veille ou actif la broche IRQ (interruption) n'est pas connectée (c'est une broche d'interruption).Le module nRF24L01 doit être connecté à 3,3 V et non à 5 V [40].

Tableau II-3:Connection des pins du NRF24L01 avec quelques types d'arduino

Arduino	SCK	MISO	MOSI
Uno	13	12	11
Nano	13	12	11
Méga	52	50	51

Principe de montage (maitre/ esclave)

Le brochage de l'émetteur (maitre) et le récepteur (esclave) avec Arduino Uno est illustré dans la figure II-12.

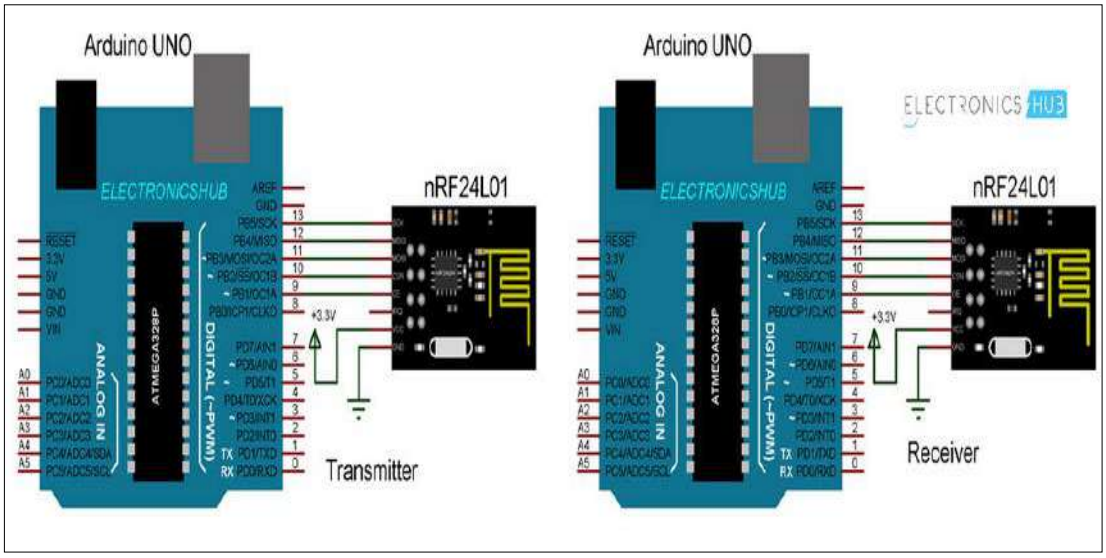


Figure II-12:Brochage maitre/esclave avec arduino uno [42].

Protocole Enhanced Shock Burst

Le module émetteur-récepteur NRF24L01 + utilise une structure de paquets appelée Enhanced Shock Burst.Cette structure de paquet simple est décomposée en 5 champs différents, illustrés ci-dessous Figure. Structure de paquet Shock Burst améliorée par l'émetteur-récepteur sans fil nRF24L01+ (voir figure II-13) [43].

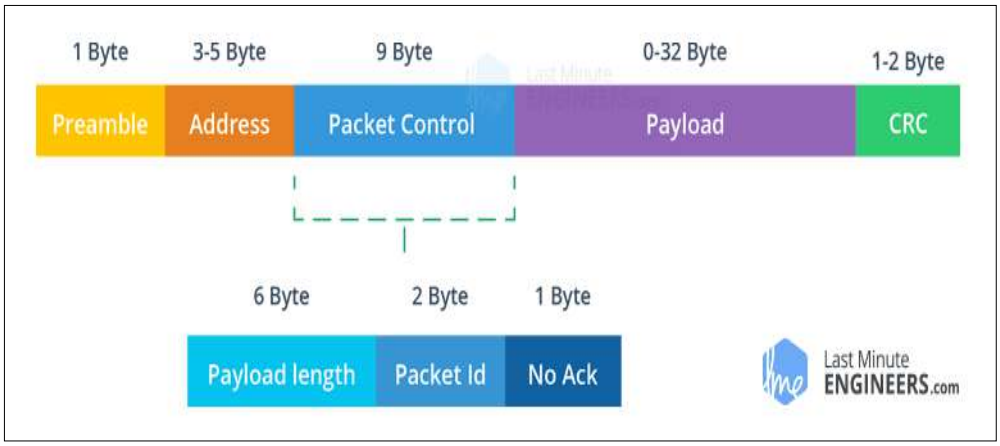


Figure II-13 : Structure améliorée des paquets Shock Burst nRF24L01+ [43].

❖ **Transaction simple**

- Tx envoie un paquet (PID) à Rx et se met en écoute de l'acquittement (ACK).
- Rx reçoit le paquet, envoie l'acquittement, et revient en écoute.

- Si Tx n'a pas reçu l'acquittement, il attend un délai supérieur ou égal à 130µs et renvoie le même paquet.

C'est une procédure automatique sans intervention du microcontrôleur, elle est présentée dans la figure II-14, le nombre d'essais est programmable.

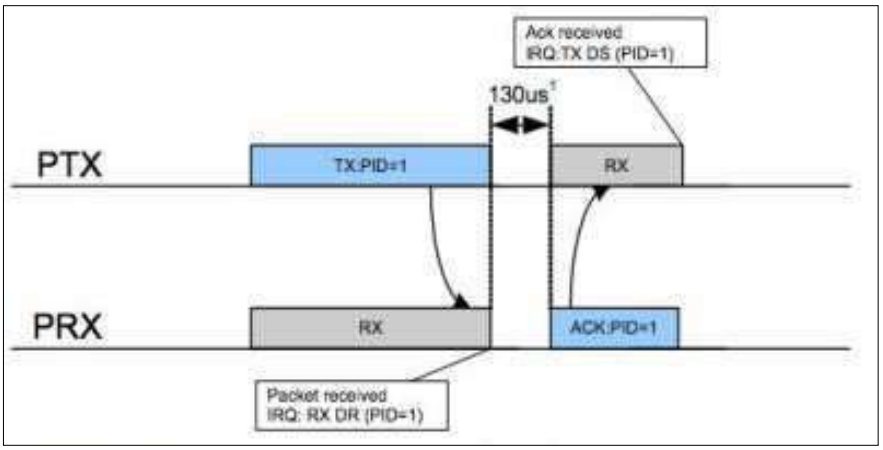


Figure II-14 : Transaction simple maitre/esclave [44].

❖ **Multi-récepteur (multi-receiver)**

Le NRF24L01 + fournit une fonction appelée Multiceiver. C'est l'abréviation de Multiple Emetteurs Single Receiver. Dans lequel chaque canal RF est logiquement divisé en 6 canaux de données parallèles appelés Data Pipes. En d'autres termes, un canal de données est un canal logique dans le canal RF physique. Chaque canal de données a sa propre adresse physique (adresse de canal de données) et peut être configuré. Cela peut être illustré comme indiqué ci-dessous. NRF24L01 + Réseau multiceiver sans fil Plusieurs émetteurs Récepteur unique [43]**.**

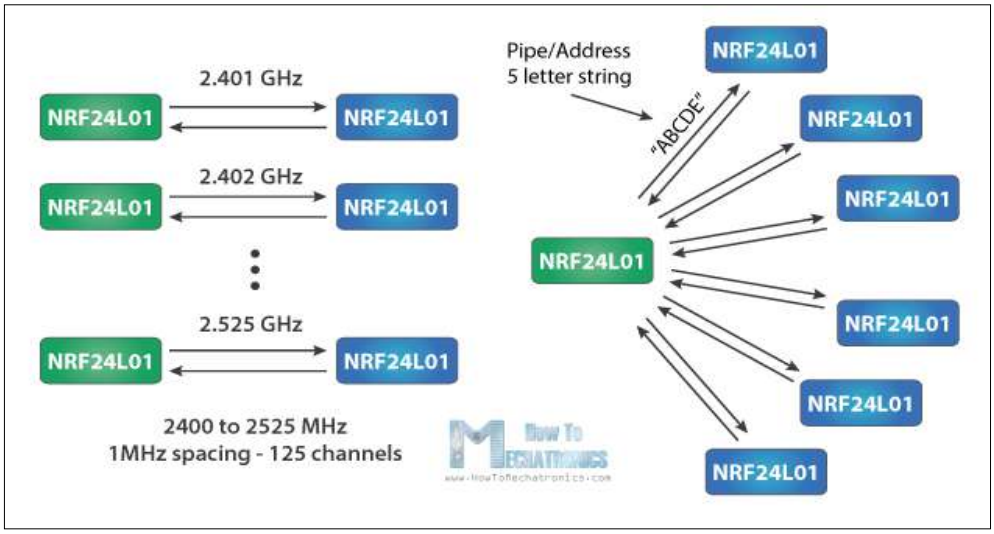


Figure II-15 **:** Communication multiple de nRF24L01+ [44].

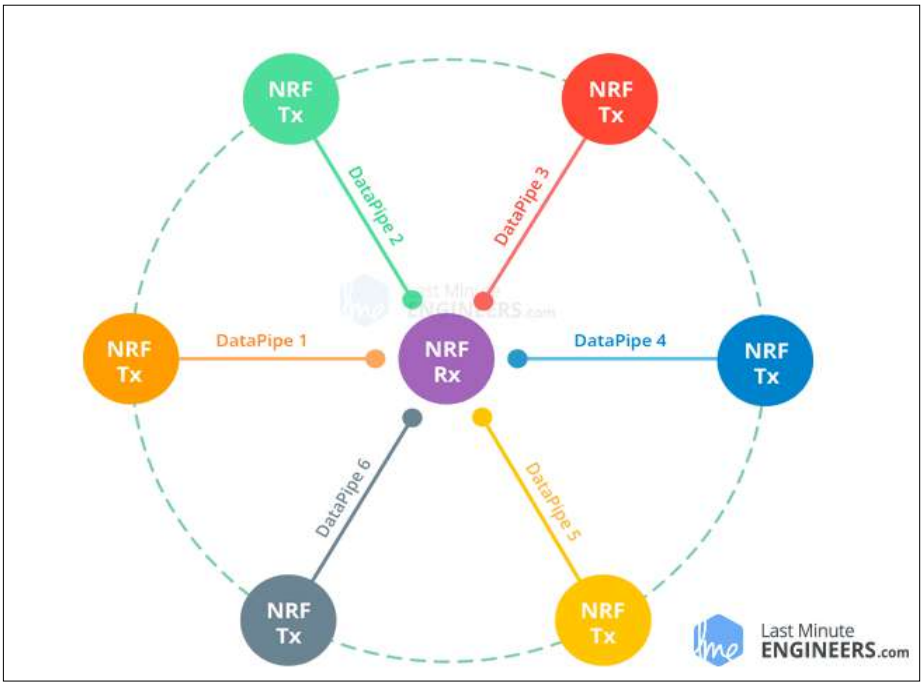


Figure II-16 : Adresses des pipes de nRF24L01+ [43].

❖ **Transaction avec donnée en retour**

Dans notre projet on a adopté ce type de transaction comme solution efficace de la problématique posée, nous exploitons l'accusé de réception (ACK) pour transmettre les données des différents capteurs. Donc, lorsque le nœud secondaire reçoit les données provenant du nœud principal, il charge l'accusé de réception par toutes les valeurs des

paramètres issues des capteurs (température, humidité, flamme et l'état du rack), puis il envoie l'acquittement [44].

Le principe de la transaction avec données de retour est illustré par la figure II-17

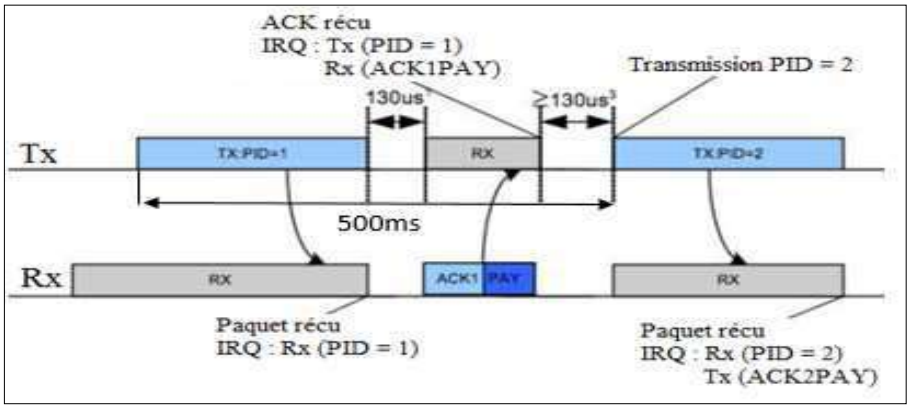


Figure II-17 : Transmission avec données de retour [44].

II.8.2 Le débitmètre

Un débitmètre est un instrument destiné à contrôler et mesurer la quantité de fluide qui s'écoule par unité de temps que ce soit gaz ou liquides.

Capteur de débit YFS201

C'est un capteur basé sur l'effet Hall (YFS201) qui mesure le débit de l'eau et génère des impulsions numériques proportionnelles. Ce capteur est connecté à la ligne principale de distribution d'eau de la maison. Le capteur du débitmètre est également connecté à un microcontrôleur qui lit les impulsions et les convertit en volume d'eau correspondant détecté pendant cette période. Le capteur du débitmètre est capable de mesurer 1 à 30 litres par minute. Ce capteur est un appareil qui contient une turbine. Il envoie des impulsions numériques basées sur la vitesse de l'eau. La fréquence de l'impulsion numérique varie proportionnellement à la vitesse de l'eau avec une amplitude constante de + Vcc. Ce débitmètre particulier envoie 450 impulsions par litre d'eau détecté [45].

L'appareil est illustré sur la figure II-18



Figure II-18 : Capteur de débit YFS201 [46].

Le principe de fonctionnement du YFS201

Cette image donne une méthode de travail détaillée du capteur de débit d'eau basé sur un capteur à effet Hall, une roue de turbine intégrée avec un aimant est placée sur une enveloppe en plastique fermée et un capteur à effet Hall placé, lorsque l'eau coule dans la canalisation, elle fait tourner la roue de turbine et par conséquent, le flux magnétique interfère avec le capteur à effet Hall, le taux d'interférence dépend de la vitesse du débit d'eau, de sorte que le capteur à effet Hall produit une sortie de signal d'impulsion, cette sortie d'impulsion peut être calculée en tant que volume d'eau [46].

La figure suivante(II-19)montre le principe de l'YFS201 :

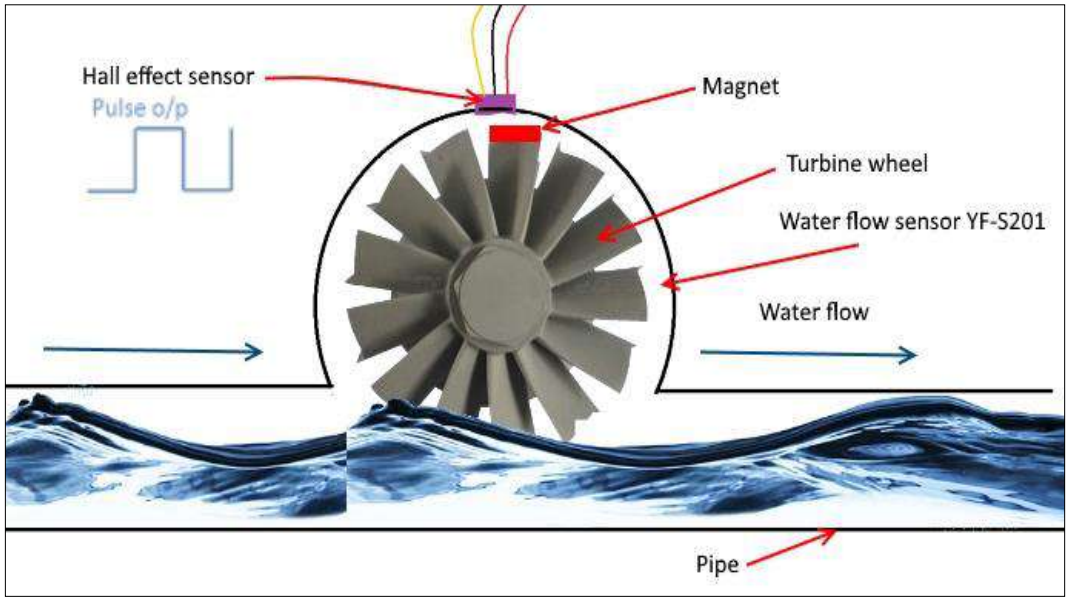


Figure II-19 **:** Principe de YFS201

❖ **Brochage :**

- Noir : masse
- Rouge : +5 à +24 Vcc
- Jaune : signal

Caractéristiques

- Alimentation : 5 à 24 Vcc
- Consommation : 15 mA (sous 5 Vcc)
- Plage de mesure : 1 à 30 l/min
- Pression maxi : 1,2 Mpa
- Précision : +/- 3% (entre 1 et 10 l/min)
- Formule de conversion : débit (en l/min) = fréquence (en Hz) / 7,5
- Dimensions : 63 x 36 x 35 mm
- Température d'utilisation : 0 à 80°C
- Diamètre du filet : 1/2"
- Poids : 43 g [47]

II.8.3 Les électrovannes

Définition

Une électrovanne est une vanne commandée électriquement par un électroaimant pour contrôler l'écoulement d'un fluide, cet instrument permet d'ouvrir ou de fermer l'arrivée d'eau de façon automatique (Voir figure II-20).

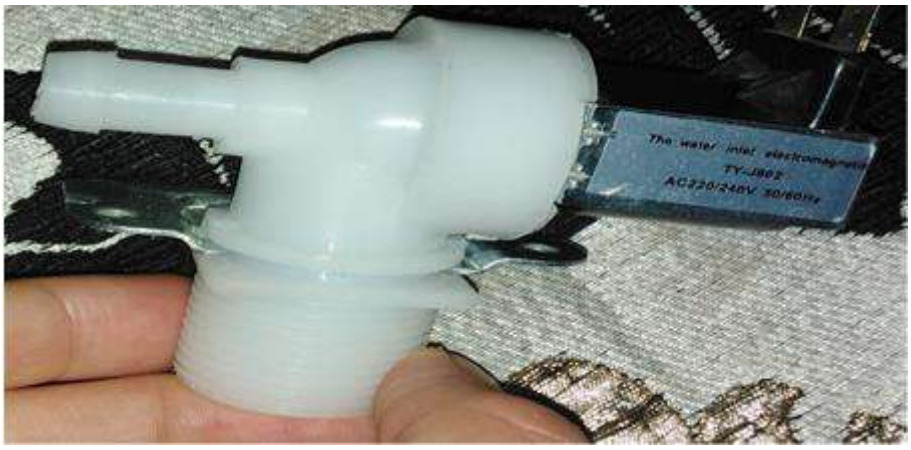


Figure II-20 : Electrovenne AC 220/240V [31].

Principe de l'électrovanne

Un courant électrique alimente une bobine qui crée un champ magnétique dans lequel se déplace le noyau. Ce noyau pilote l'ouverture et la fermeture de la membrane d'obturation sur le corps.

Il existe deux types d'électrovannes :

- L'électrovanne à membrane assistée : elle fonctionne grâce à la différence de pression entre l'amont et l'aval de l'appareil. La bobine de commande donner le signal d'ouverture et de fermeture. Le fonctionnement de cette électrovanne nécessite donc un différentiel de pression amont/aval.
- L'électrovanne à commande directe : la bobine électrique ouvre et ferme directement la membrane. Ce type d'électrovanne fonctionne sans différentiel de pression amont/aval. La puissance électrique nécessaire est plus importante [31].

II.8.4 Module relais

Définition

Comme son nom l'indique, il sert en tout premier lieu à " relayer ", c'est à dire faire une transition entre un courant faible et un courant fort. Mais il sert également à commander plusieurs organes simultanément grâce à ses multiples contacts synchronisés. Il assure la transition entre deux sources différentes en isolant ces dernières. Il autorise des temporisations, des verrouillages, des impulsions..., les fonctions d'un relais sont nombreuses.

Un relais est constitué d'une bobine qui lorsqu'elle est sous tension attire par un phénomène électromagnétique une armature ferromagnétique qui déplace des contacts [48].

Cet appareil est illustré dans la figure II-21.

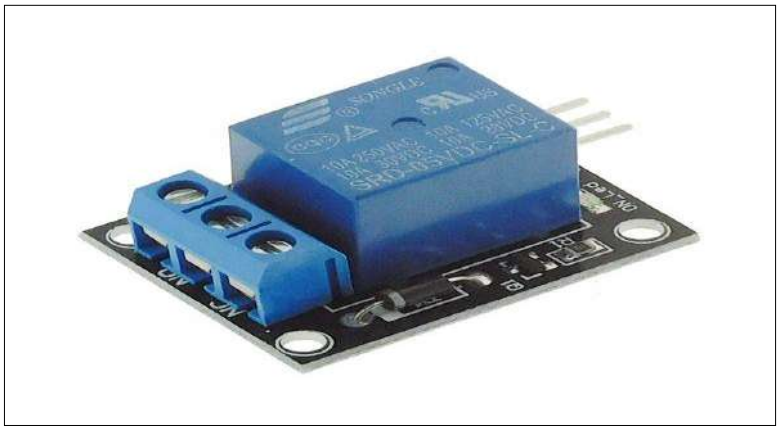


Figure II-21 : Module relais 5V GT1080 [47].

Brochage :

- VCC : +5V de l'Arduino
- GND : GND de l'Arduino
- IN : Signal

Caractéristiques

- Alimentation : 5 Vcc
- Sortie : 1 contact RT 30 Vcc/10 A
- LED d'indication

- Dimensions : 34 x 27 x 19 mm [47].

II.9 CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons présenté les éléments hardware et software retenues pour la réalisation du compteur d'eau intelligent.et Après avoir faire la description détaillée des outils essentielles, nous allons expliquer notre projet pratique ainsi que la réalisation dans le chapitre suivant.



CHAPITRE III

DÉVELOPPEMENT ET RÉALISATION



III.1 INTRODUCTION

Après avoir présenté les outils utilisés, que ce soit hardware ou software, dans ce chapitre, on présentera en détails l'implémentation technique et pratique à la fois de la solution proposée qui est un compteur intelligent d'eau potable à base d'IoT.

Ce chapitre présente les parties essentielles de la partie pratique du projet où les étapes de la conception et la réalisation du projet sont présentés comme suit :

- Cahier des charges
- Solution proposée.
- Connexions des capteurs et des actionneurs aves l'Arduino.
- Algorithmes et protocole de communication.
- Interface homme machine (IHM)
- Tests et validation.

III.2 CAHIER DES CHARGES

Dans le but de réalisation de notre compteur d'eau intelligent, nous avons tracé des grandes lignes qui sont considérées comme des exigences de notre projet, ce qui rend le but de ce travail clair et précis.

- La collecte des données en utilisant un réseau de capteurs et actionneurs sans fil: Capteurs de débit d'eau, pour les actionneurs on utilisera des électrovannes.
- La solution proposée est à base de matériels hardwares : utilisation d'Arduino et les modules de communication radiofréquence NRF24L01.
- Réalisation d'une IHM pour la supervision et le contrôle à base de la plateforme Node-Red d'IBM.
- La solution proposée est implémentée dans une plateforme à base d'IoT.

III.3 FONCTIONNEMENT GENERAL DU COMPTEUR D'EAU PROPOSÉ

Le compteur intelligent d'eau potable qu'on a proposé dans notre projet nous permet d'assurer deux fonctions à la fois :

- Calculer automatiquement la consommation d'eau.
- Autoriser l'ouverture et la fermeture à distance de l'électrovanne instantanément ou à travers un calendrier établi.

Dans notre étude, on a considéré un quartier composé de plusieurs villas où chaque villa est considérée comme un nœud. Donc on a choisi une villa disposant d'un nœud principal (maître) et les autres villas comme des nœuds secondaires (esclaves).

Les nœuds esclaves sont liés par communication sans fil (radio fréquence) avec le nœud principal (maître).Ce dernier doit être relié à une carte Raspberry Pi à travers une communication série connecté à un modem wifi pour transférer les données au cloud pour les envoyer à l'IHM voir figure III.1.

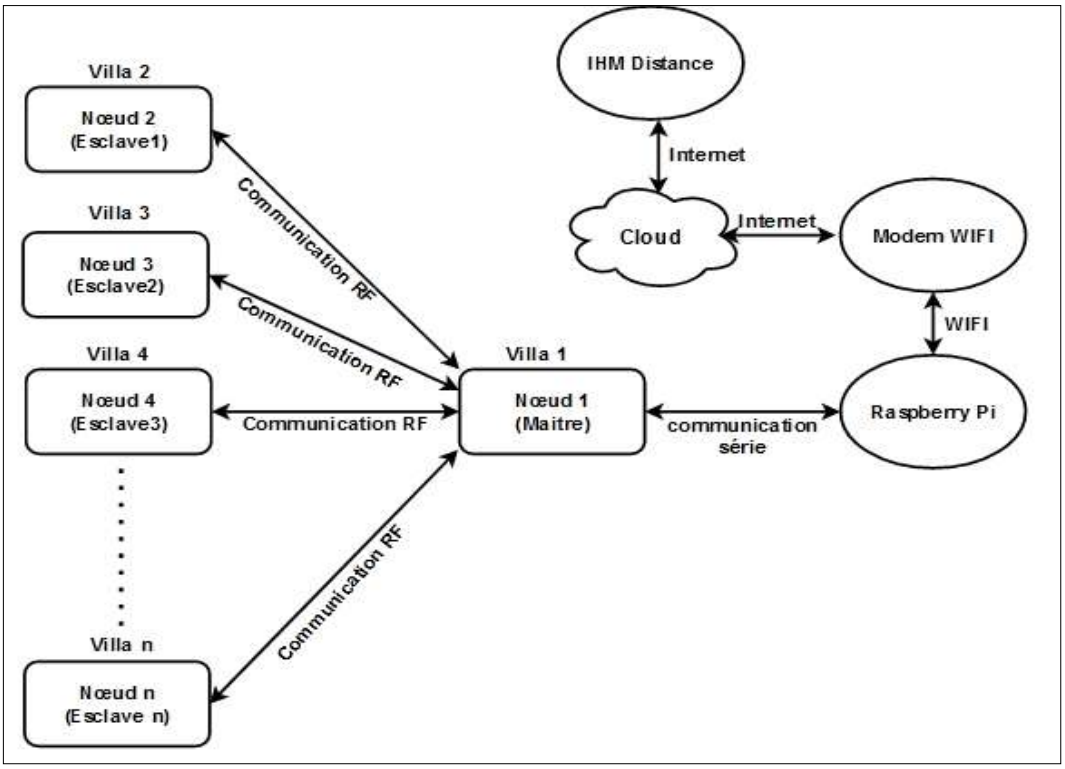


Figure III-1 : Schéma générale de système proposé

Il existe deux modes de fonctionnement du système (automatique et manuel)

- **Mode Manuel** : Les électrovannes peuvent être contrôlées instantanément.
- **Mode automatique :** un algorithme est implémenté dans Node-RED pour contrôler les électrovannes selon un planning hebdomadaire.

On met à la disposition de chaque client un dispositif composé un système contrôlé par un microcontrôleur de type Arduino Uno, un capteur de débit d'eau YFS201+, une électrovanne et un module Nrf24l01+ voir figure III.2 et III.3.

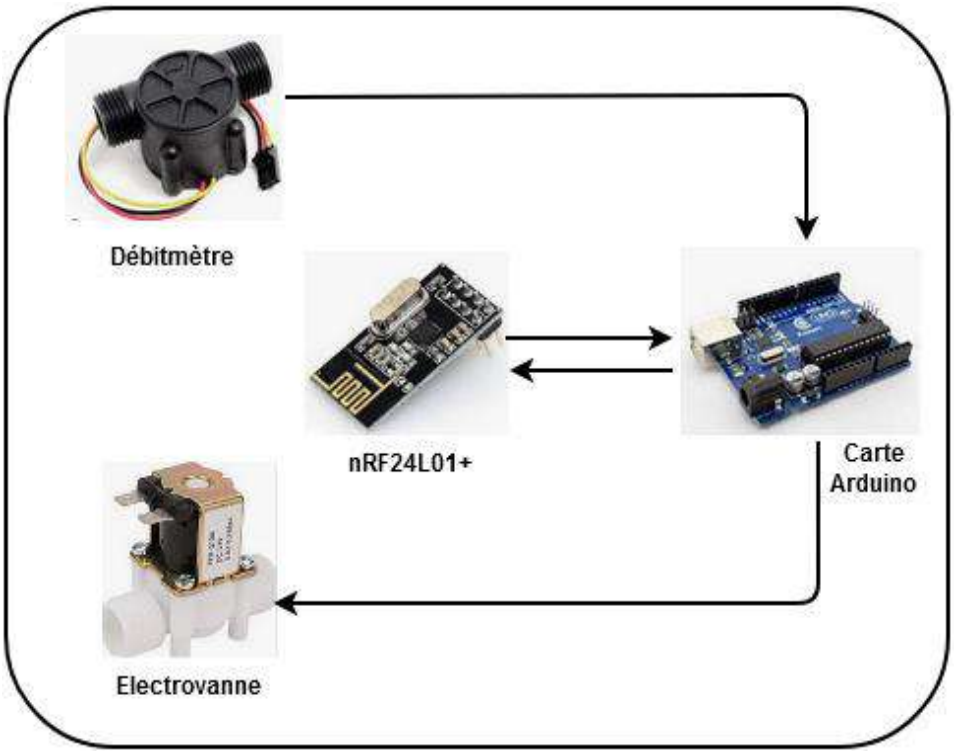


Figure III-2 :Les composants du dispositifs de chaque client.



Figure III-3 : photo réelle des composants de chaque dispositif.

Dans notre projet, pour des considérations pratique et disponibilité de matériels, on a considéré sur deux villas (villa 1 –villa 2) où la villa 1 est considérée comme un nœud maître et la villa 2 disposant d'un nœud esclave (voir Figure III.4).

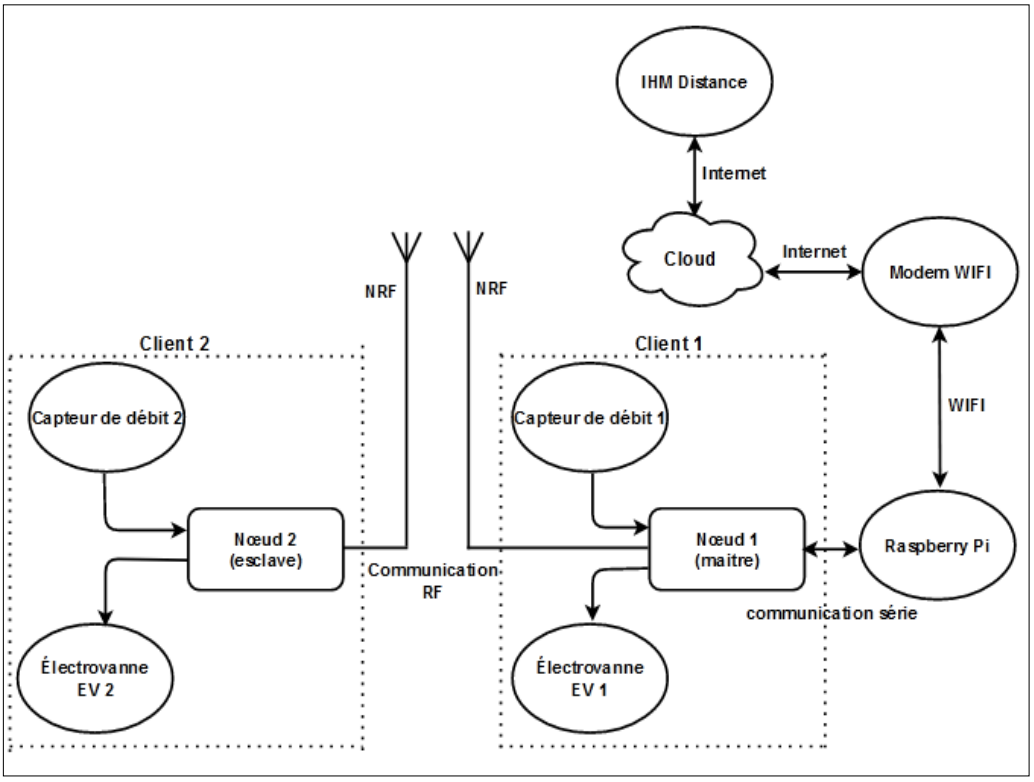


Figure III-4 : Schéma adopté de notre réalisation.

III.4 PRINCIPE DE MONTAGE DES DIFFERENTS COMPOSANTS

III.4.1 Mesure de consommation

Dans notre réalisation, on a utilisé le capteur de débit YFS201 pour mesurer la quantité d'eau qui s'écoule ou qui est fournie par unité de temps.

- **Principe de montage :**

Le capteur de débit YFS201 contient trois fils de connexion rouge (5V), jaune(Signal) et noir(GND), dont on a connecté le rouge avec la broche 5V de l'Arduino, le noir avec le pin GND et le jaune avec le pin 2.

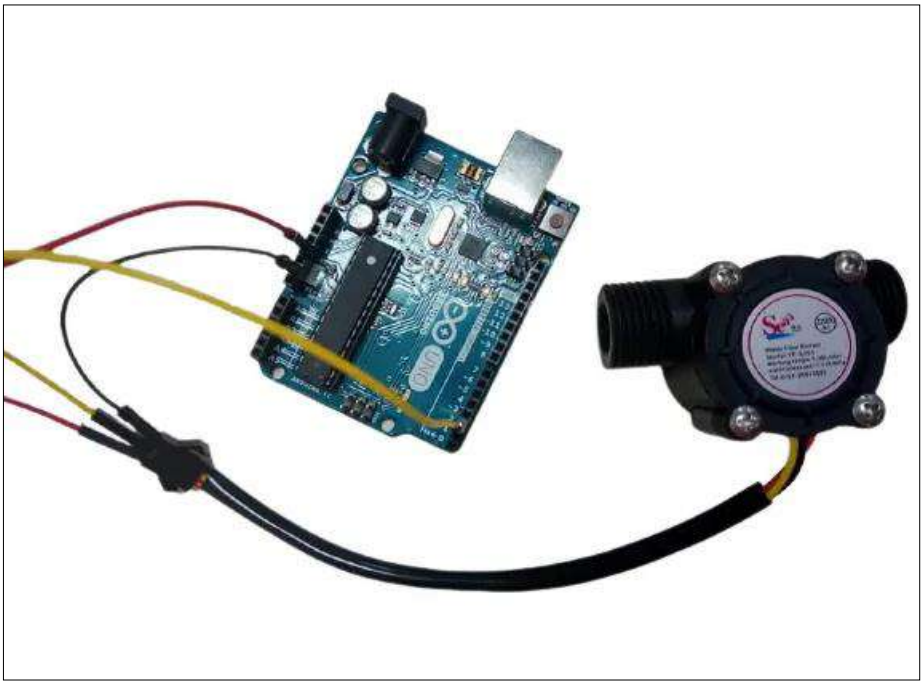


Figure III-5 : Principe de montage du capteur de débit YFS201.

Après avoir mesuré de débit, il suffit de faire l'intégration par rapport au temps pour obtenir la consommation d'eau, la partie du programme est indiquée sur la figure III-6.

```
void SumVolume(float dV)
{
   volume += dV / 60 * (millis() - t0) / 1000.0;
   t0 = millis();
}
```

Figure III-6 : Fonction de calcul du volume d'eau consommé.

III.4.2 Contrôle d'électrovanne

On a choisi des électrovannes 220V pour l'ouverture et la fermeture d'arrivé d'eau.

- **Principe de montage**

Dans le montage de l'électrovanne, on a utilisé un module relais pour dissocier la partie puissance de la partie commande, un Arduino pour brancher chaque électrovanne de notre système Figure III.7.

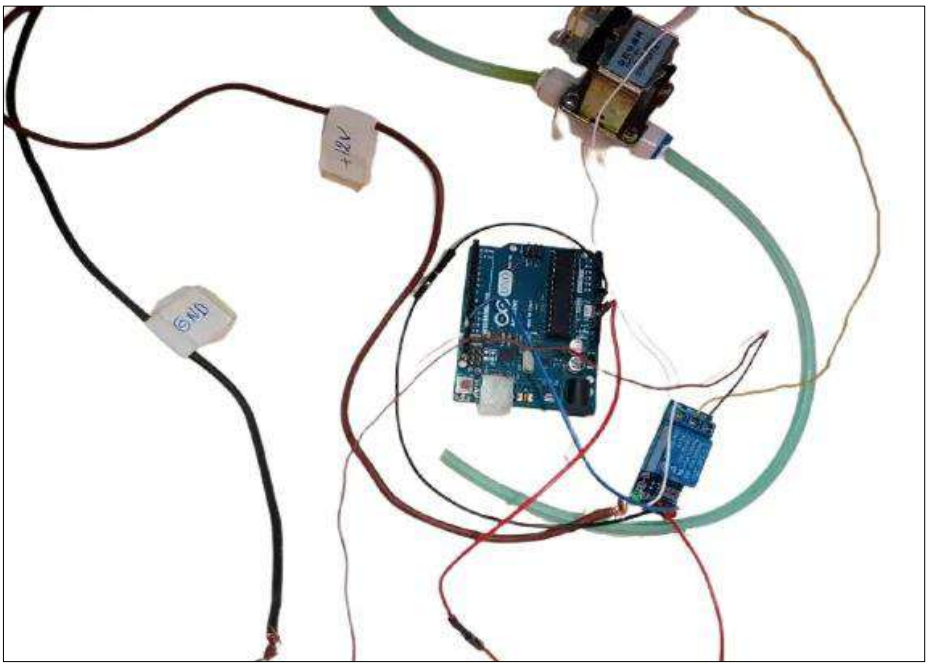


Figure III-7 : Principe de montage d'une électrovanne avec l'Arduino.

III.4.3 Module relais

Comme nous avons dit précédemment, on a utilisé des modules relais qui permettent de séparer la partie puissance de la partie commande.

- **Principe de montage**

Pour le raccordement à l'Arduino :

Un relais a trois broches (VCC, GND, IN) dont on a relié VCC avec la broche 5v de l'Arduino, GND avec la broche GND et signal avec pin 7 (Figure III.8).

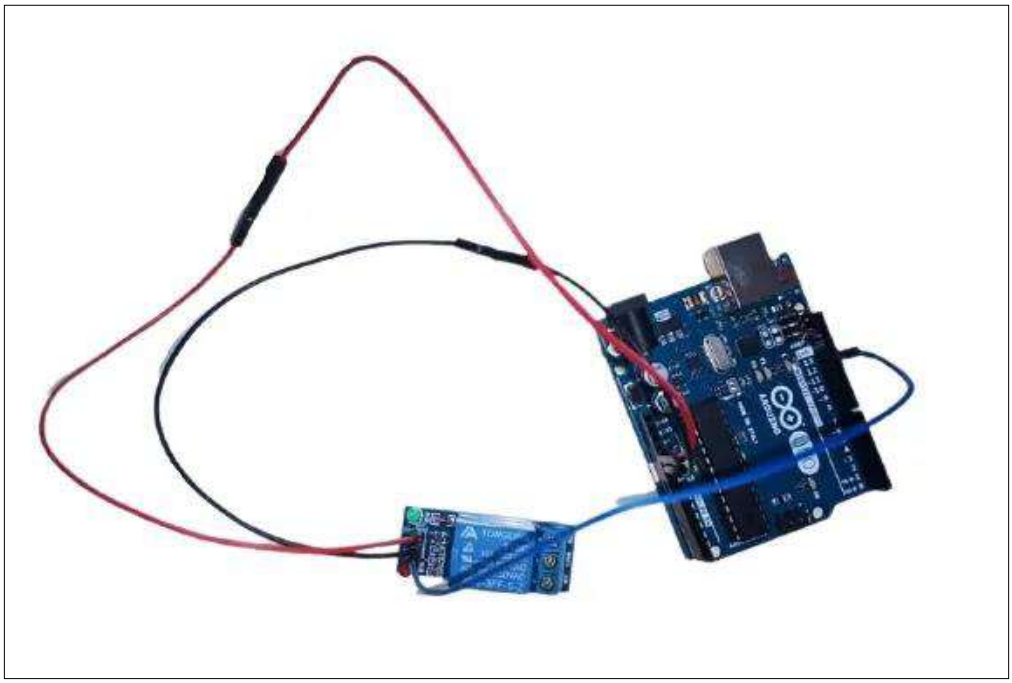


Figure III-8 : Montage d'un relais avec l'Arduino.

Coté sortie du module relais :

- NO, cela signifie « Normally Open» (Normalement ouvert)
- NC, cela signifie « Normally Close» (Normalement fermé)
- COM, cela signifie « Common » (Commun)

Bref, lorsque le relais n'est pas activé, il fait contact entre COM et NC. S'il est activé, il fait contact entre COM et NO.

III.5 COMMUNICATION AVEC LE MODULE NRF24L01

Pour notre application nous avons retenu le module nRF24L01+ qui est un émetteur/récepteur d'une puce unique avec la possibilité d'être utilisé dans l'application ultra faible puissance.

La communication sans fil par le module nRF24L01+ nécessite l'installation de la bibliothèque < nRF24L01.h > et la bibliothèque <RF24 >, car on doit configurer le module nRF24L01+, et utiliser ainsi plusieurs fonctions de cette bibliothèque.

III.5.1 Le nœud principal (Maitre)

On fait appel à la bibliothèque RF24 par la fonction **radio (9, 10);** pour les broches CE, CSN des modules de communication, ensuite on définit des canaux (data pipe) de communication avec adresses :Address_esclave [5] = {'R','x','A','A','A'}, nous initialisons des variables tel que :

- La donnée que le maître va l'envoyer vers l'esclave (dataToSend).
- Le vecteur d'acquittement (ackData[ ]) : c'est un vecteur réservé pour les données de retour (les données des capteurs).
- Variable de temporisation : pour la synchronisation.

❖ **Configuration**

La configuration du module nRF24L01+ se fait par des fonctions prédéfinies dans la bibliothèque < nRF24L01.h > :

- La communication est débutée par la fonction radio.begin ( ).
- On fait appel à la fonction radio.SetDataRate ( ) pour définir la vitesse de communication qui comprend : 250Kb/s, 1Mb/s, 2Mb/s.
- L'acquittement (ACK) est activé par la fonction radio.enableAckPayload ( ).
- Le canal est configuré par l'écriture pour l'émission, et la lecture pour la réception.

```
radio.begin();
radio.setDataRate( RF24_250KBPS );

radio.enableAckPayload();

radio.setRetries(3,5); // delay, count
radio.openWritingPipe(slaveAddress);
```

Figure III-9 : Code de configuration de nRF24L01+.

La mise à jour des données de retour (accusé de réception) dépend des (données/ commandes) à envoyer ainsi que la durée entre les paquets.

On fixe un intervalle de temps de 500 millisecondes dans la boucle principale du programme, c'est la durée pour laquelle les (données/ commandes) doivent être envoyées du maitre vers l'esclave, c'est aussi la même durée pour le retour de l'accusé de réception.

Le maitre lit les données des capteurs depuis l'accusé reçu et les transfère vers le Raspberry via le port série (Figure III.10).

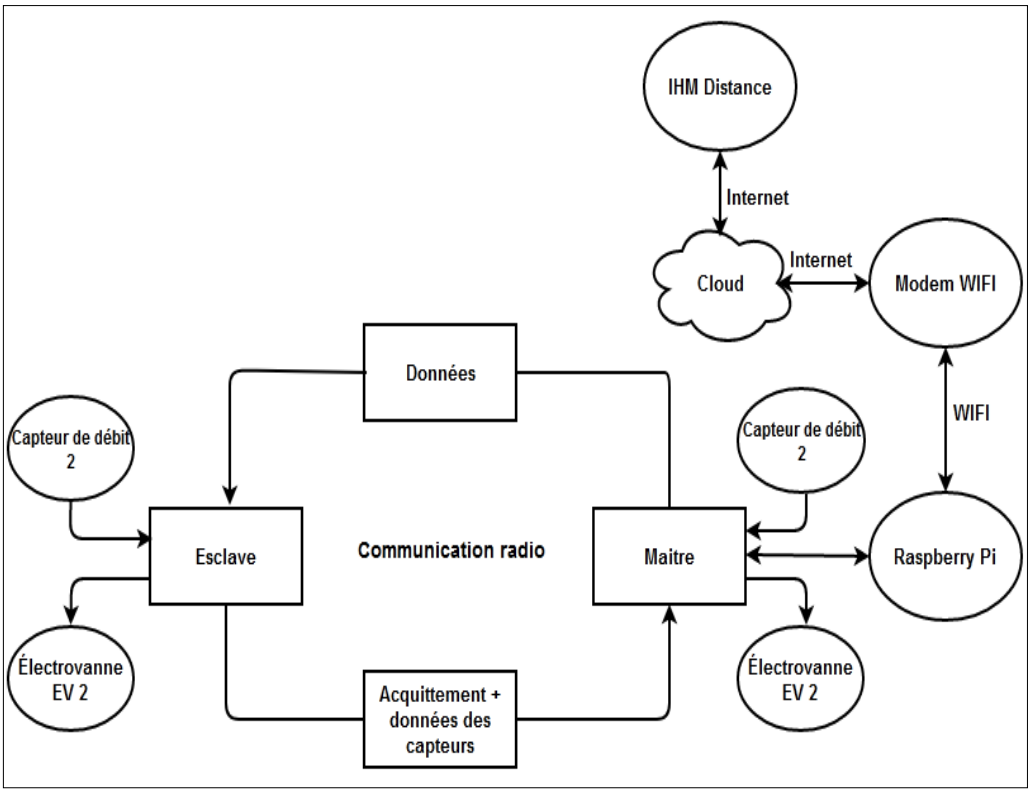


Figure III-10 : Communication Maitre/Esclave.

III.5.2 Le nœud secondaire (Esclave)

Au niveau du 2eme nœud, on a créé un algorithme qui assure trois taches différentes :

Première tâche : Obtention des données nécessaires (Débit 2, Consommation 2, Etat de l'électrovanne 2).

Deuxième tâche :

- Réception des données émises par le maitre (ReceivedData).
- Chargement de l'accusé (ACK) par les données des capteurs nécessaires (Débit 2, Consommation 2, Etat de l'électrovanne 2).
- L'envoie de l'accusé de réception (ACK) vers le nœud principal (maître).

Troisième tache :

La réception et l'exécution des commandes parvenues de l'IHM pour les actionneurs. Les données envoyées (dataToSend) par le maitre sont illustrées dans la figure III.11

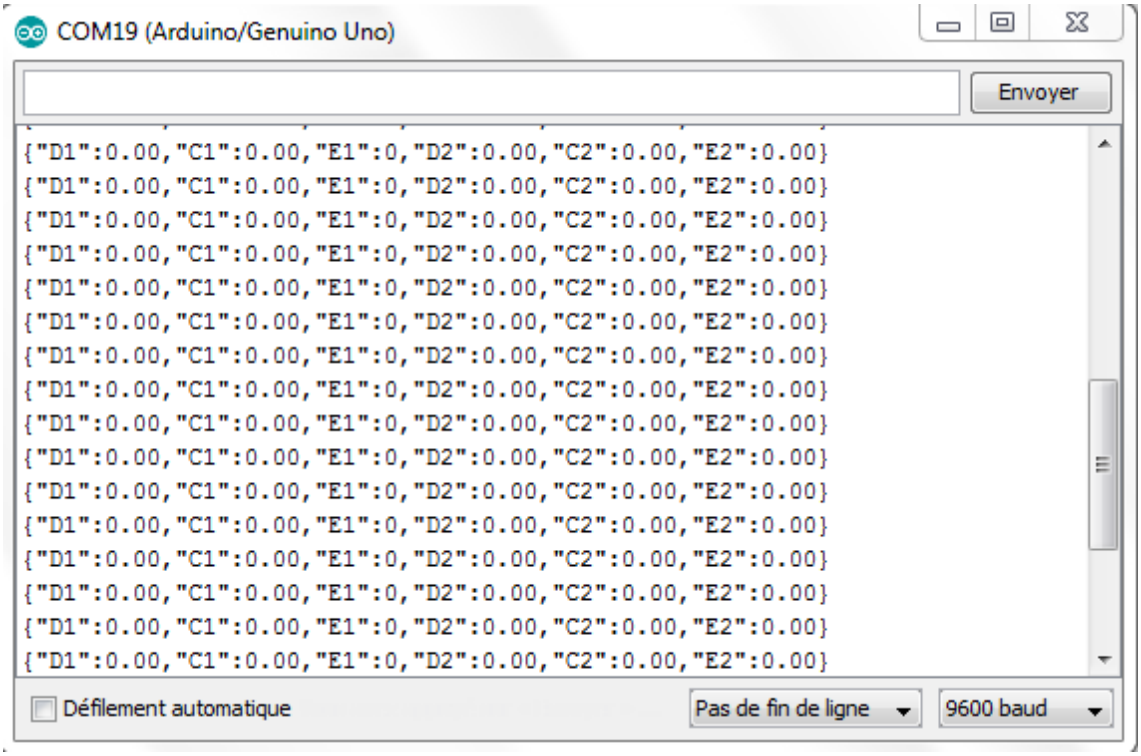


Figure III-11 : L'affichage du moniteur série (maitre).

Et les données reçus (ReceivedData) par l'esclave et l'accusé de réception (ACK) sont illustrées par les moniteurs séries correspondants dans la figure III.12.

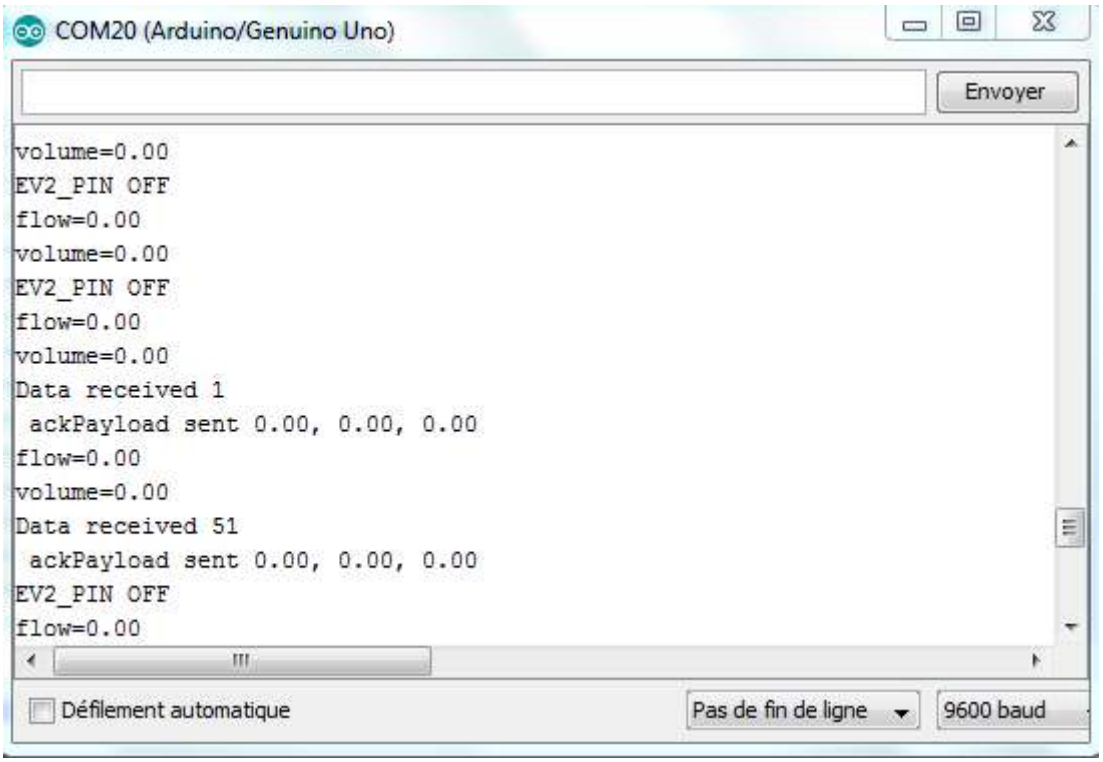


Figure III-12 : L'affichage du moniteur série (esclave).

Le module nRF24L01+ assure l'envoi des commandes des actionneurs depuis l'IHM par le biais du superviseur. Donc au niveau du nœud secondaire, une action sera exécutée selon un certain codage si :

- une communication radio est disponible.
- une commande a été reçue.

Autrement dit, chaque action correspond à une valeur bien spécifique et unique qui sera envoyée par l'IHM.

III.6 INTERFACE HOMME MACHINE (IHM)

Dans ce projet, l'IHM est constituée d'une application web accessible depuis un navigateur. Il n'est pas toujours aisé de programmer le lien entre le matériel (capteurs et/ou actionneurs) et la page web fournie à l'utilisateur.

Combiné avec une solution matérielle constituée d'un PC (ordinateur) et éventuellement une carte Arduino, Node-RED se révèle être une solution très intéressante vue que c'est une application "open source" et en plus, Node-RED possède une grande communauté d'utilisateurs.

Node-RED est un outil puissant pour construire des applications de l'Internet des Objets (IoT) en mettant l'accent sur la simplification de la programmation qui se fait grâce à des blocs de code prédéfinis, appelés « nodes » pour effectuer des tâches. Il utilise une approche de programmation visuelle qui permet aux développeurs de connecter les blocs de code ensemble. Les nœuds connectés, généralement une combinaison de nœuds d'entrée, de nœuds de traitement et de nœuds de sortie, lorsqu'ils sont câblés ensemble, constituent un « flow ».

III.6.1 Installation de Dashboard

Les étapes d'installation de Dashboard sont les suivantes :

- On dispose désormais du gestionnaire des nœuds dans le menu, voir figure.
- Manage Palette puis on cherche la palette des nœuds à installer.

La méthode d'installation est montrée dans la figure III.13

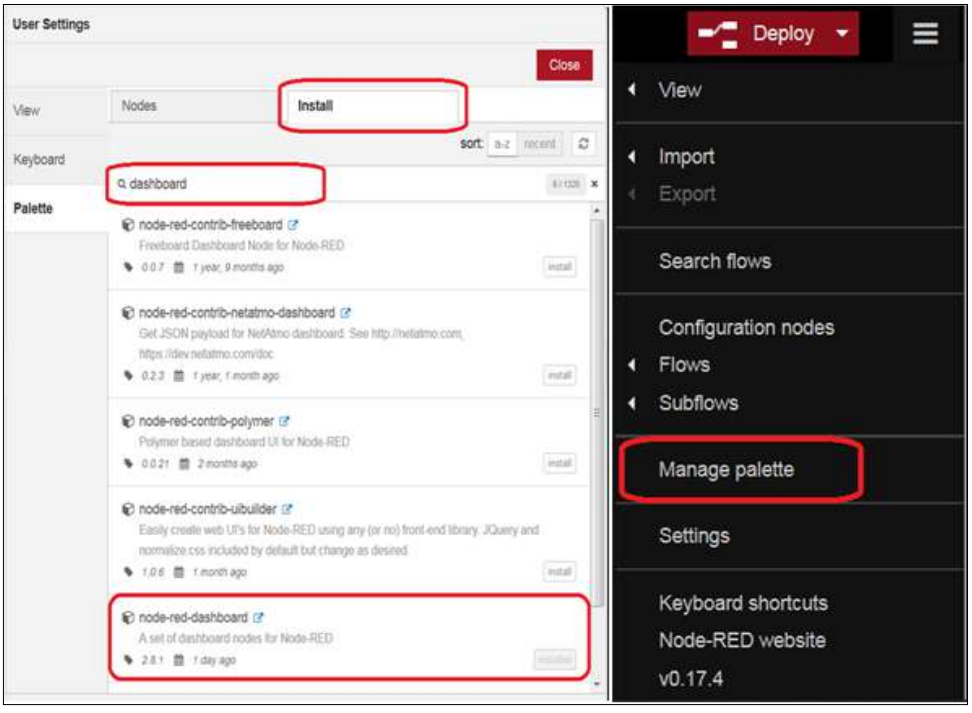


Figure III-13 : Installation de dashboard.

III.6.2 Emission et réception des données

La réception des données envoyées par l'Arduino s'effectue par le port série, pour que le Node-RED utilise le port USB, on doit ajouter une palette « Serial »

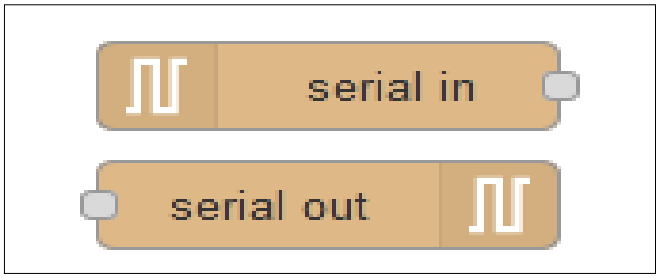


Figure III-14 : Palette serial.

Comme précédemment, on va faire une recherche sur le mot clé Serial et l'installer (Voir la figureIII.15)

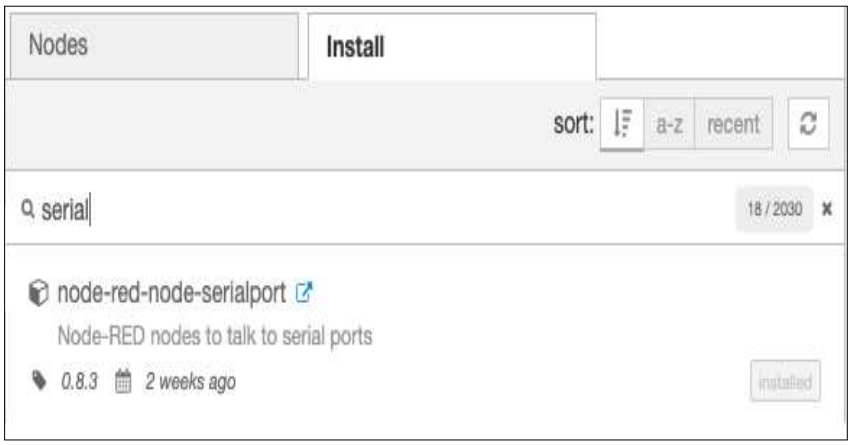


Figure III-15 : Installation de serial port.

On va configurer les paramètres de port série (spécifier le COM, le débit de transmission...etc.) pour envoyer ou recevoir via un port USB local.

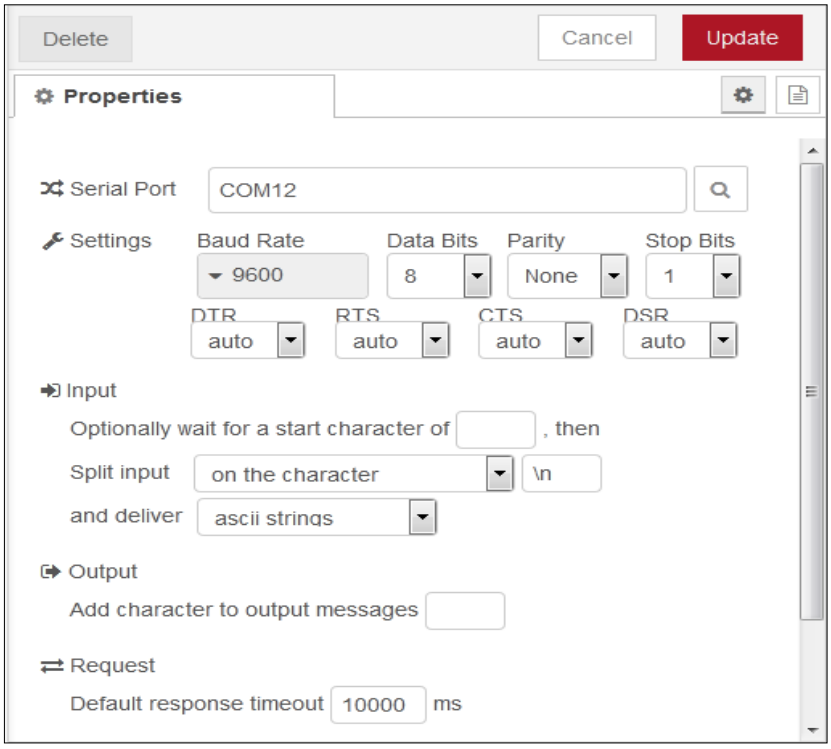


Figure III-16 : Configuration interne du noeud serial.

III.6.3 Séparation de données via JSON

JSON, (JavaScript Object Notation), est un moyen standard de représenter un objet JavaScript sous forme de chaîne. Il est couramment utilisé par les API Web pour renvoyer des données.

La configuration interne du nœud json est montrée dans figure III.17

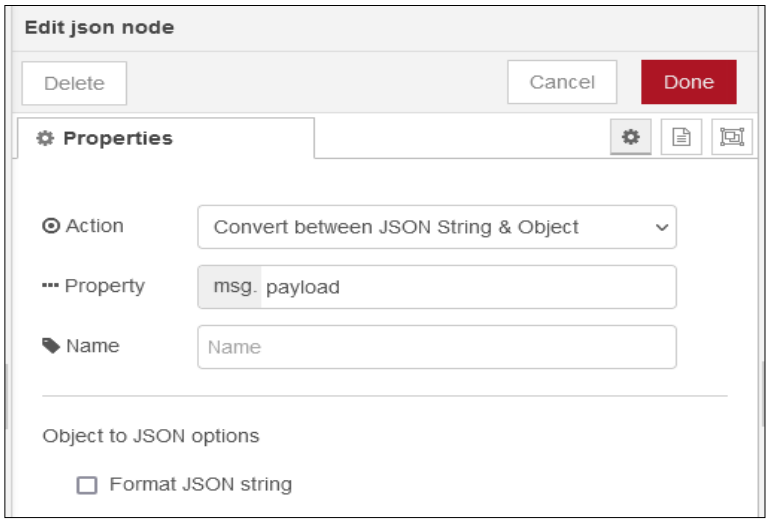


Figure III-17 : Configuration interne de nœud json.

La fonction "Json" doit être suivi par plusieurs fonctions, chaque fonction représente un type de donnée, le nombre de données désirée sur l'interface d'affichage c'est le même nombre de fonctions qui sont reliés directement à la sortie de la fonction de séparation de données Json. On doit respecter la syntaxe montrée dans la figure III.18 pour chaque fonction.

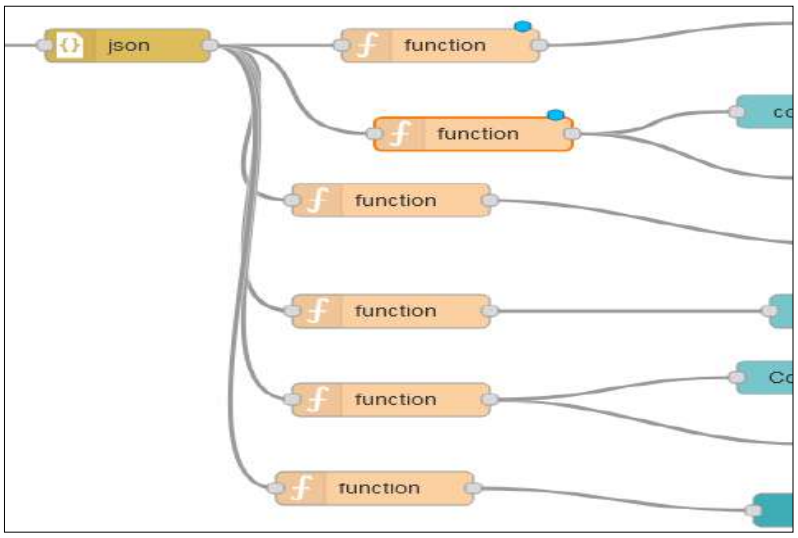


Figure III-18 : Séparation des données via json.

Dans notre cas, Avec le nœud Json on a pu de séparer six données issues des capteurs qu'on a utilisées : deux pour les deux capteurs de débit, deux autres pour la consommation d'eau et deux pour les LED qui montrent l'état réel de l'électrovanne (Voir figure III.19).

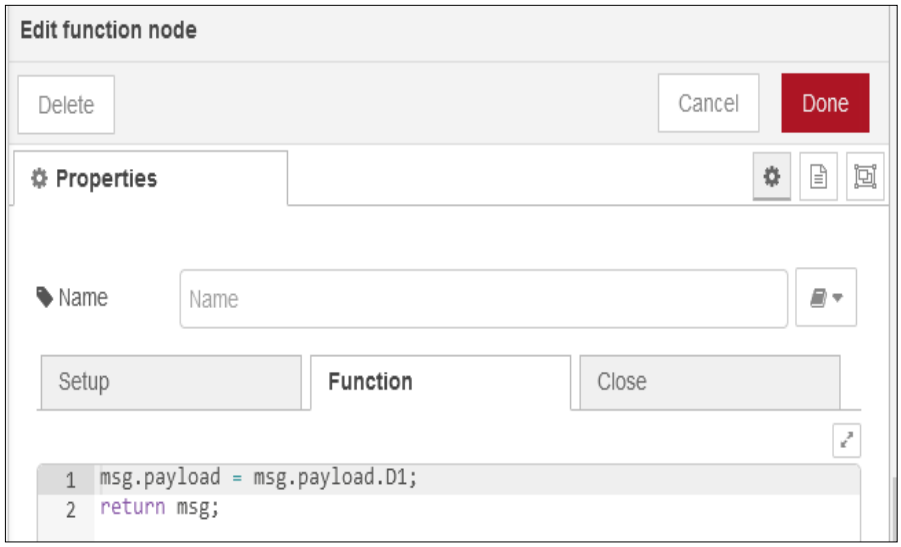


Figure III-19 : Configuration interne de fonction de donnée

III.6.4 Affichage de débit

Pour l'affichage de débit mesuré on utilise une gauge qui est adaptée pour afficher une mesure sur un cadran. Par exemple toutes les mesures physiques.

La configuration interne de la gauge est montrée par la figure III.20

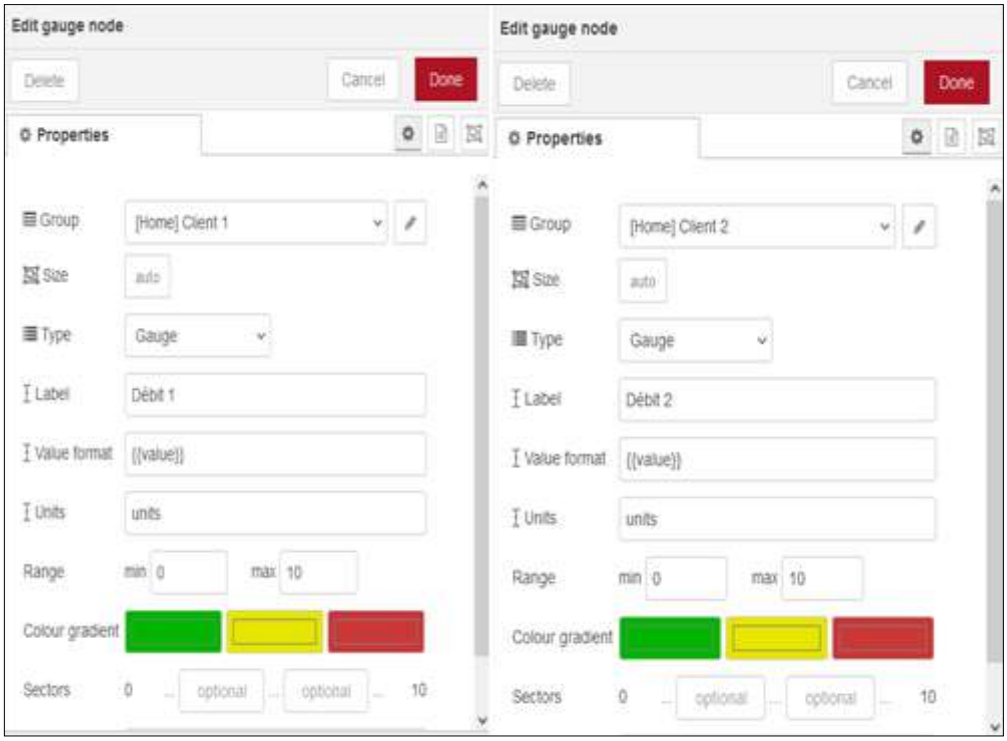


Figure III-20 : Configuration interne d'affichage de débit.

Le flux d'affichage de débit est illustré dans la figure III.21

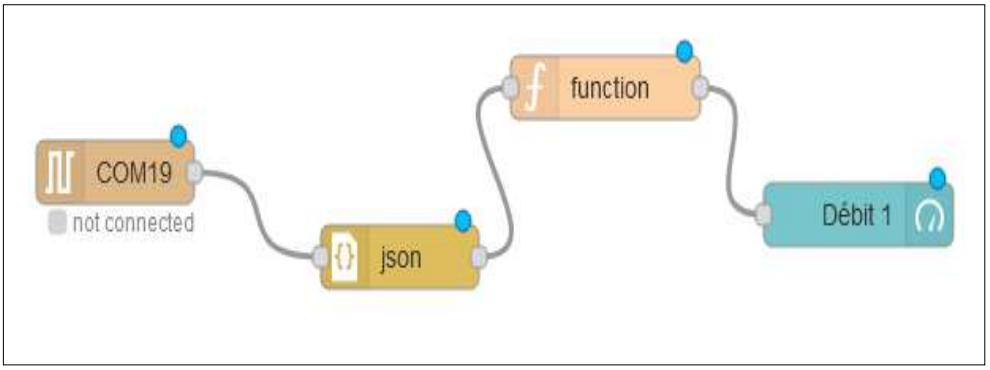


Figure III-21 : Flux d'affichage de débit.

III.6.5 Affichage de consommation d'eau

Nous avons utilisé deux composants d'affichage pour montrer la variation de la consommation d'eau, on a utilisé un gauge de type Level et un nœud chart qu'il est très bien adapté à l'affichage de mesure en temps réel (Voir figure III.22)

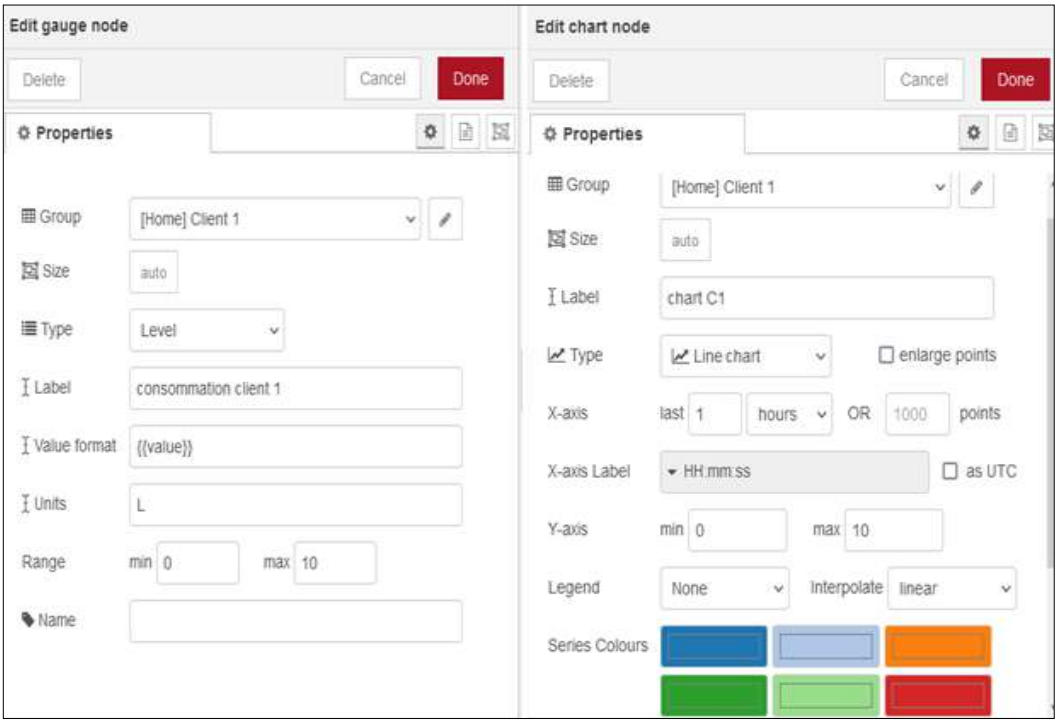


Figure III-22 : Configuration interne des élements d'affichage de cosommation .

Le flux d'affichage de la consommation est illustré dans la figure III.23

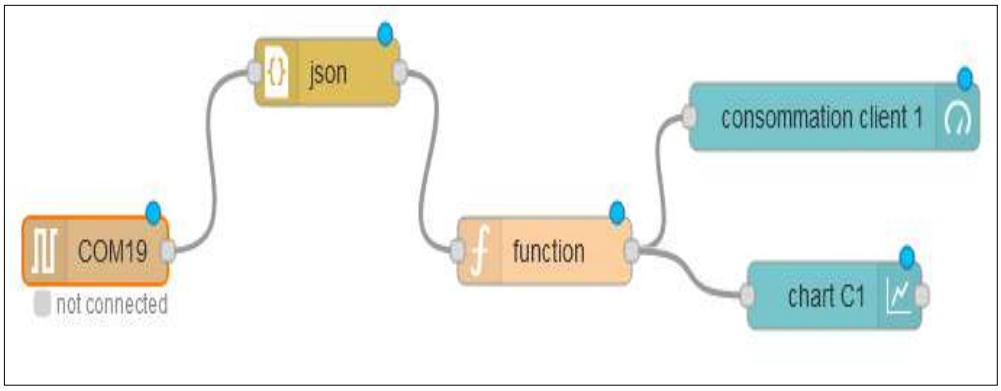


Figure III-23 : Flux d'affichage de consommation.

III.6.6 Affichage d'état réel d'électrovanne

Pour bien connaitre l'état réel de l'électrovanne, est ce qu'il est ouverte ou non ? On a utilisé une LED pour chaque client (Voir figure III.24)

.

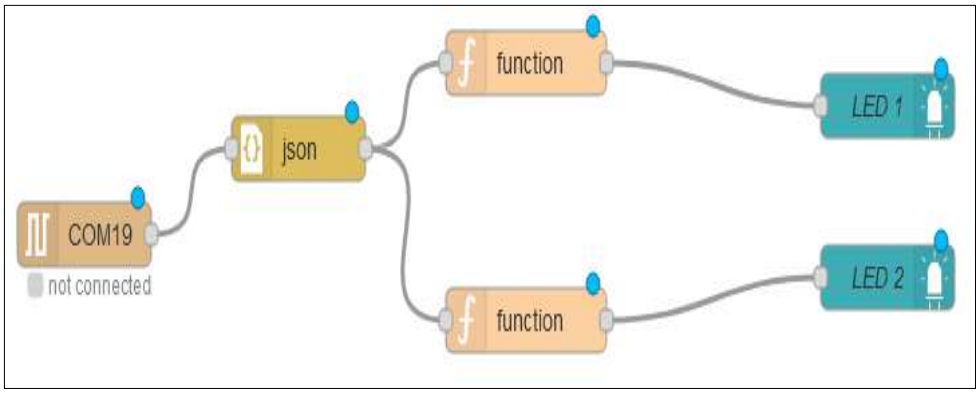


Figure III-24 : Flux d'affichage d'état d'électrovanne.

III.6.7 Flux d'affichage de commandes pour les capteurs

Le contrôle des capteurs et le mode de fonctionnement nécessite des dispositifs dans notre flow Node-RED bien spécifiés de Dashboard, pour cela on a utilisé serial in pour la réception des données, Json pour séparer les données, six fonctions programmées pour définir les états des capteurs, des LED et finalement des gauges pour afficher les commandes dans le Dashboard (Voir figure III.25)

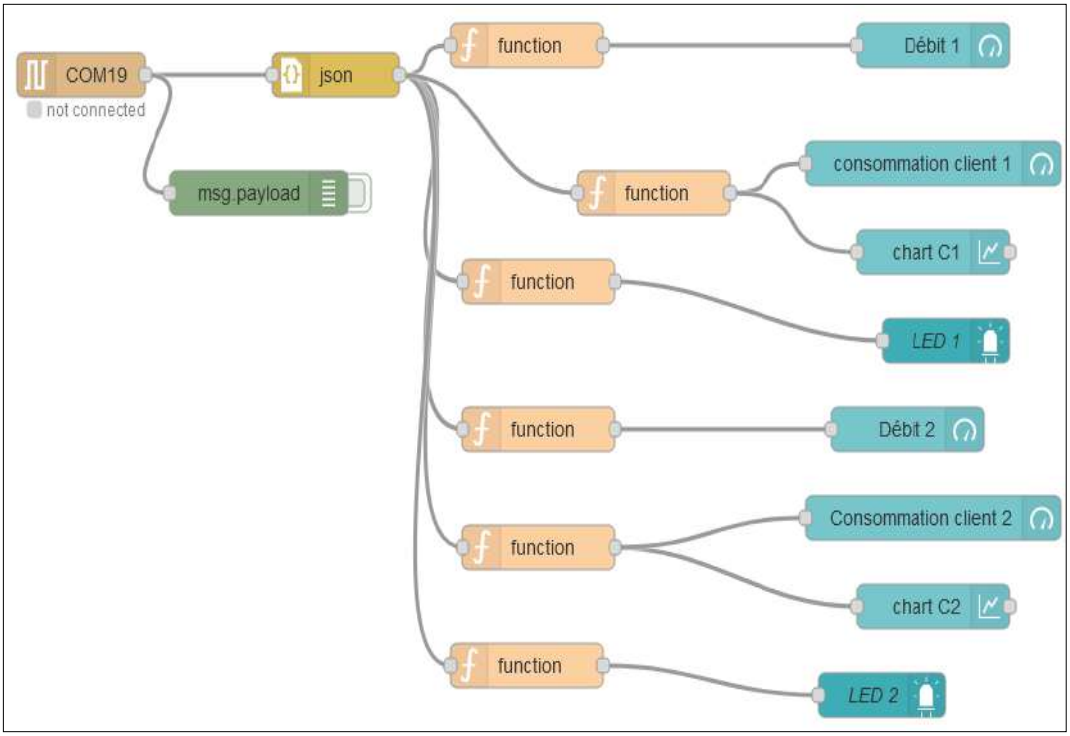


Figure III-25 : Flux de controle des capteurs.

III.6.8 Flux d'affichage de commandes pour les actionneurs

Le contrôle des actionneurs et le mode de fonctionnement nécessite des dispositifs de notre flux (Figure) bien spécifiés de Dashboard, pour le contrôle manuel on a utilisé des Switch pour les électrovannes "Client1" et "Client2", des LED qui montrent l'état des électrovannes. Les commandes qui concernent les deux électrovannes sont envoyées depuis l'IHM via le port serial out à COM19 (Voir figure III.26)

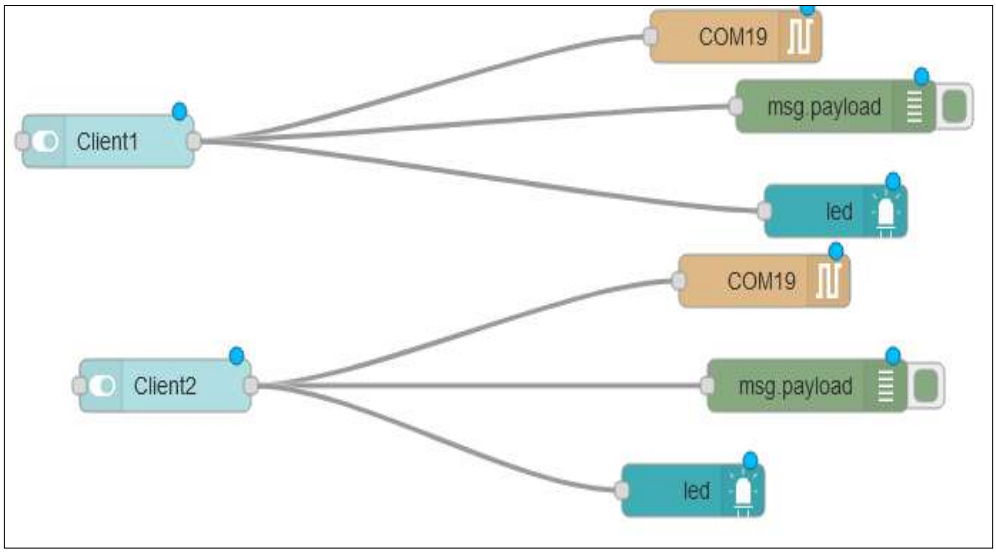


Figure III-26 : Flux de controle manuel des actionneurs.

III.6.9 Contrôle d'actionneurs via le nœud Light Scheduler

Light Scheduler est un nœud qui fournit un horaire hebdomadaire et se concentre principalement sur le contrôle de la lumière dans les scénarios domotiques, mais pourrait être utilisé pour contrôler n'importe quel actionneur dans une configuration Node-RED, le nœud Scheduler est illustré dans la figure III.27

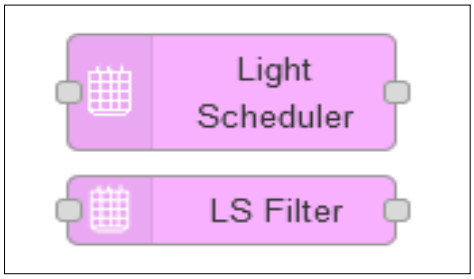


Figure III-27 : Le noeud Light scheduler.

Pour le contrôle automatique de l'électrovanne, on a utilisé le nœud Light Scheduler (Voir figure III.28)

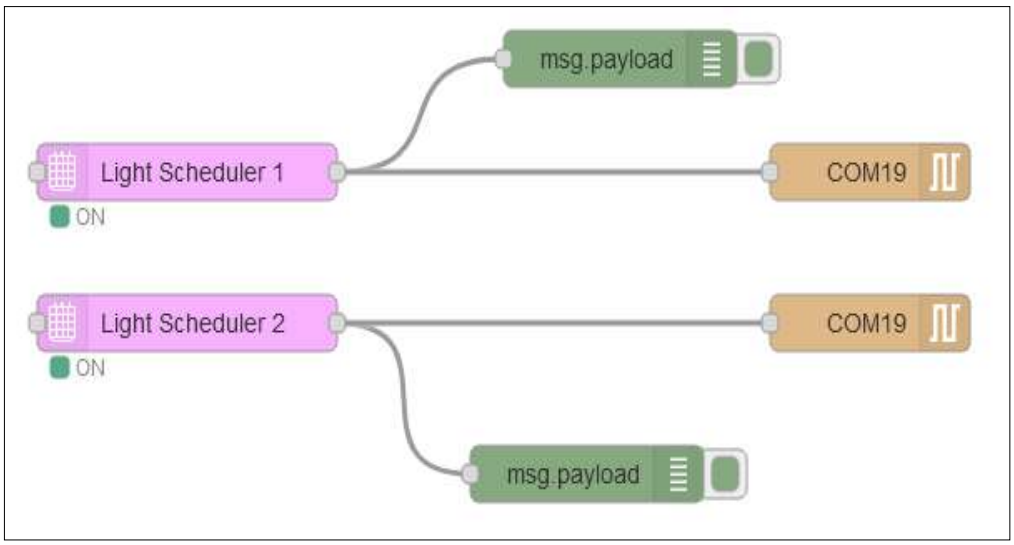


Figure III-28 : Flux de controle automatique des actionneurs.

On ajoute un Switch "Auto", s'il est à l'état "ON", le système fonctionne avec un calendrier hebdomadaire "le nœud Scheduler", par contre s'il est à l'état "OFF", le système fonctionne manuellement. On utilise le nœud "join" qui regroupe les données et les transmis au nœud "function" qui lui revient de décider le mode de fonctionnement (manuel ou automatique) selon ses entrées.

NB : Le nœud "function" est équipée d'un programme java Script montré dans Figure III.29.

```
1  if (msg.payload.Auto === 1)
2  {
3      msg.payload = msg.payload.Scheduler1;
4  }
5  else if (msg.payload.Auto === 2) {
6      msg.payload = msg.payload.Client1;
7  }
8  else {
9      return null;
10 }
11 return msg;
12
```

Figure III-29 : configuration de la fonction du choix de mode de fonctionnement.

Le Nœud "inject" est utilisé pour envoyer une valeur prédéfinie (numérique, texte, temps,...) au démarrage ou à chaque clique sur le bouton du Nœud ou à intervalle de temps prédéfini.

Donc on injecte des valeurs pour bien définir l'état initial des électrovannes "Client1" et "Client2" et le Switch "Auto", à savoir que l'état initial des électrovannes est fermé et du Switch "Auto" est ouvert. L'interface de contrôle et de supervision des actionneurs est illustrée dans III.30.



Figure III-30 : Interface de controle et de supervision des actionneurs.

Les commandes sont envoyées depuis l'IHM via le port série out COM19 (Voir figure III.31)

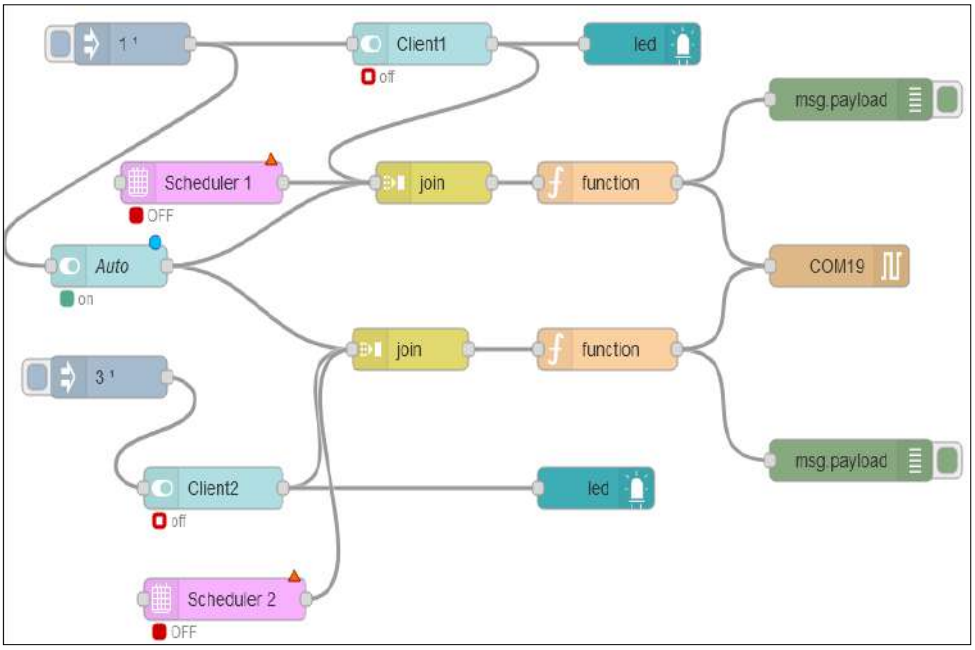


Figure III-31 : Flux de contrôle des actionneurs en deux modes de fonctionnement.

III.7 PROTOTYPE DE TEST REALISE

On a réalisé un prototype d'un système pour le comptage dela consommation d'eau potable.on s'est servi de deux canaux de communication raccordés au compteur intelligent réalisé.

On a programmé un code Arduino qui identifie les états des capteurs et des actionneurs utilisés.

Ensuite, on a réalisé une IHM pour le contrôle et la supervision de notre projet à l'aide de Node-RED, on a fait la communication entre notre interface et l'Arduino à l'aide de l'utilisation de port série.

Le prototype réalisé est illustré dans la figure III.32.

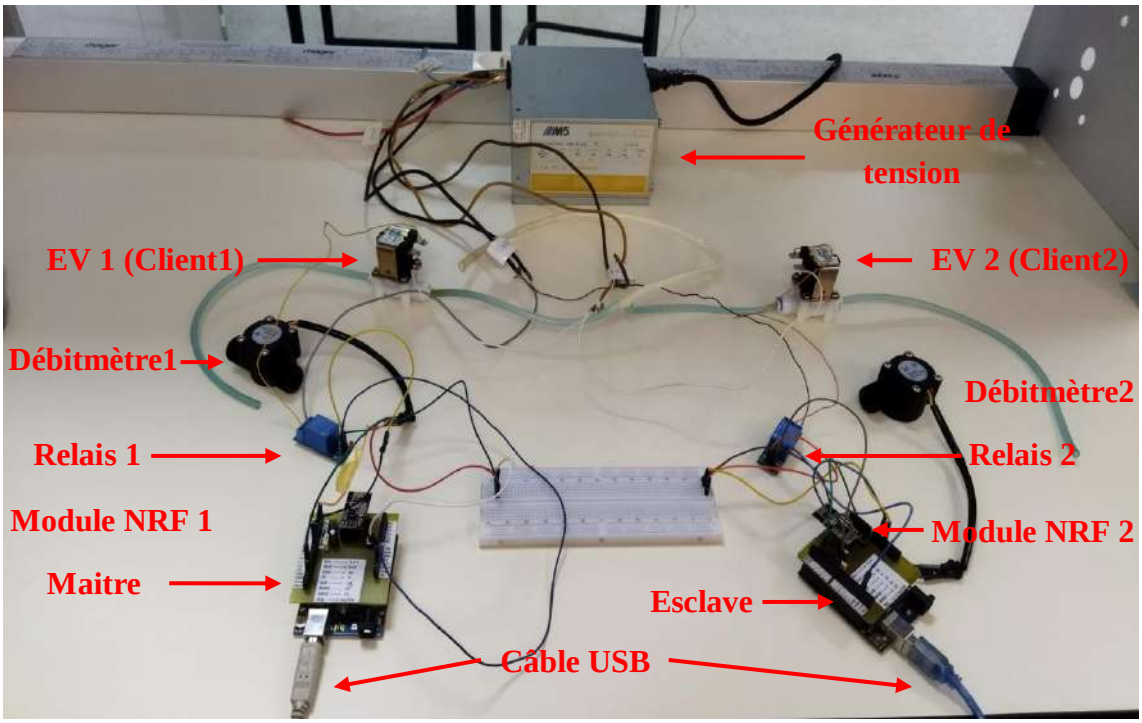


Figure III-32 : Prototype réalisé.

III.8 MESURES ET TESTS

III.8.1 Le premier test

Dans le mode manuel, on a ouvert l'électrovanne du premier client "Client1" sans ouvrir celle du deuxieme client.les résultats obtenus sont les suivants : Voir figure III.33.



Figure III-33 : les résultats du premier test sur Dashboard.

III.8.2 Le deuxième test

On est toujours au mode manuel, on a ouvert l'électrovanne du deuxieme client "Client2" sans ouvrir celle du premier client. les résultats obtenus sont les suivants : (Voir figure III.34)



Figure III-34 : Les résultats du deuxième test sur Dashboard.

III.8.3 Troisième test

On est toujours au mode manuel, on a ouvert les deux électrovannes. les résultats obtenus sont les suivants : (Voir figure III.35)



Figure III-35 : Les résultats du troisième test sur Dashboard.

III.8.4 Le quatrième test

On est au mode automatique,on a établi un calendrier hebdomadaire de facon à ce que les zones marquées en bleusont les horaires ou l'électrovanne est ouverte, ce qui permet leur fonctionnement (Voir figure III.36).

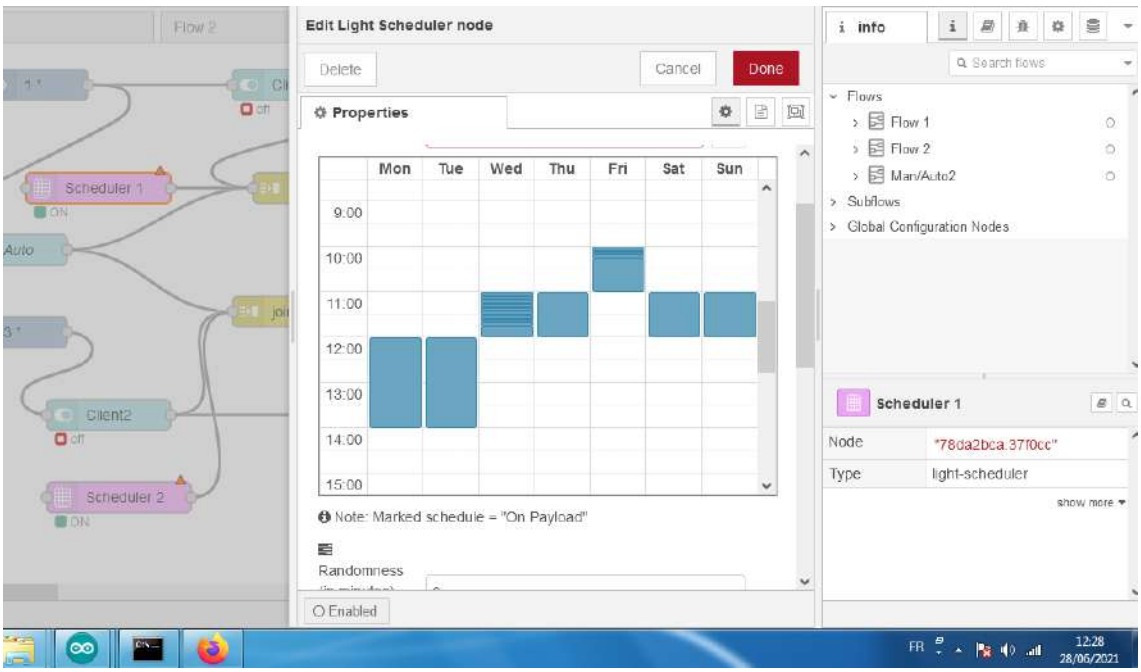


Figure III-36 : Utilisation du Light Scheduler (mode automatique).

les résultats obtenus sont les suivants Voir figure III.37 :



Figure III-37 : Les résultats du quatrième test sur Dashboard (mode automatique).

L'affichage du moniteur série du maitre est illustré dans figure III.38, et l'affichage d'esclave est dans figure III.39

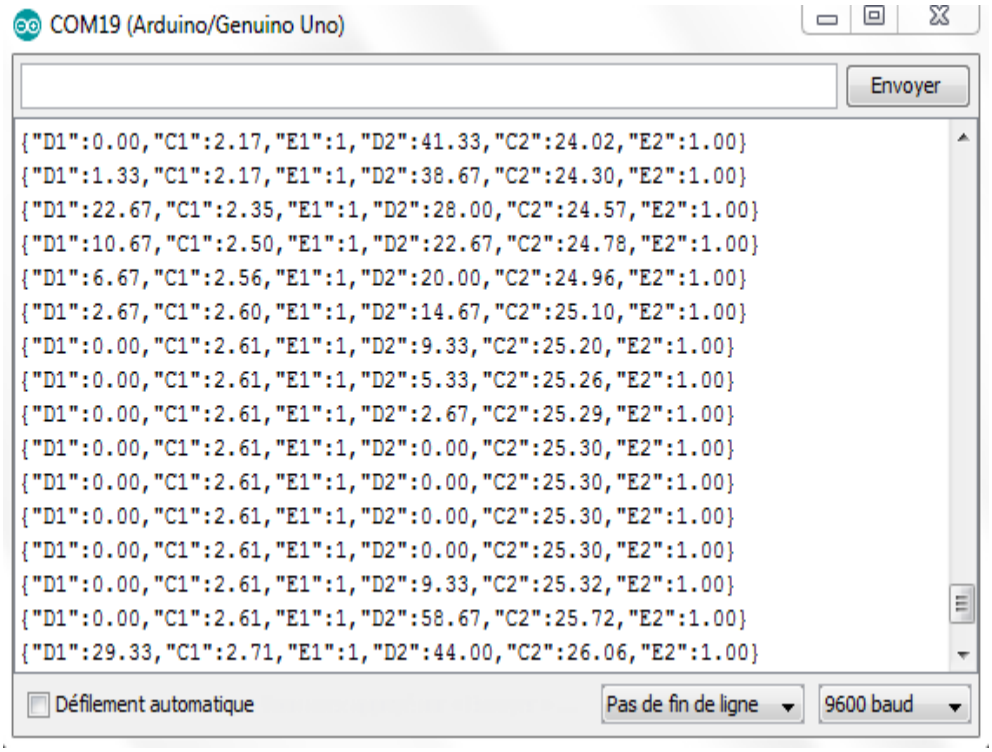


Figure III-38 : L'affichage du moniteur série du maitre (mode automatique).

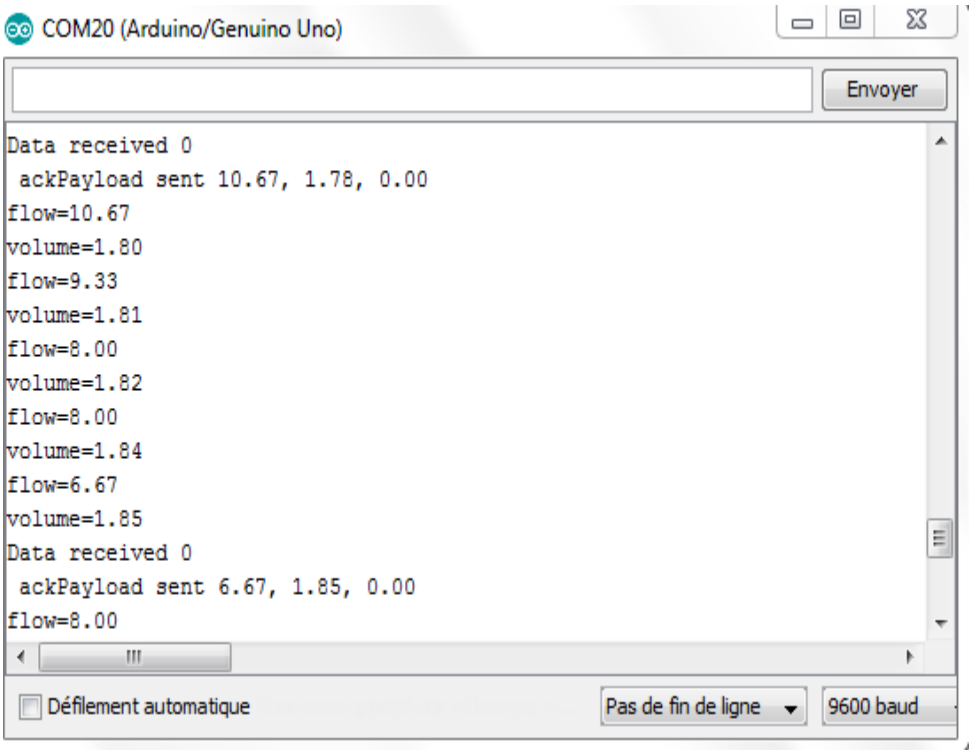


Figure III-39 : L'affichage du moniteur série d'ésclave.

III.9 CONCLUSION

Dans ce chapitre on a étalé les étapes de la réalisation de système intelligent pour le comptage de la consommation d'eau potable à base de l'Internet des Objets.

On a entamé le principe de montage des différents composants nécessaires pour réaliser le système proposé. Une explication software est donnée soit pour l'acquisition de l'information ou pour le contrôle des actionneurs. Pour la supervision et le contrôle on a utilisé Node-RED, comme liaison entre les microcontrôleurs, le serveur ainsi que l'IHM.



Conclusion générale



Dans ce projet, notre thème est basé sur le comptage de la consommation d'eau, on a donné des généralités sur les compteurs d'eau dont on a constaté des anomalies sur le comptage des compteurs actuels. Pour assurer une bonne gestion de comptage d'eau potable avec une technologie moderne, facile et efficace, on a proposé une solution à base de l'internet des objets (IoT) qui contribue à la bonne gestion des ressources en eau.

Durant la période de réalisation de notre projet, nous avons pu mettre en œuvre tous nos connaissances et informations en électronique et programmations de la théorie à la pratique.

Pour la réalisation de notre système, on a utilisé un réseau de capteurs sans fils qui nous permet de recevoir des données des capteurs, et d'envoyer des commandes à distance aux actionneurs ce qui donne la possibilité d'ouverture et de fermeture d'électrovanne manuellement ou automatiquement à travers un programme hebdomadaire établi. Une interface IHM est réalisée avec la plateforme Node-RED pour la supervision et le contrôle en utilisant les différents nœuds programmés en langage JavaScript.

Pour voir le résultat de notre projet, on a procédé à des tests de fonctionnement sur le prototype du système réalisé dont on a obtenu de résultat satisfaisant.

Comme perspectives à notre travail, ça serait très intéressant d’appliquer notre solution dans un réseau d'eau potable réel et envisager alimenter le dispositif à travers une génératrice installée avec le système réalisé.

On a fait beaucoup d'effort et de sacrifices pour ce projet, mais vu la satisfaction des résultats obtenus et le plus qu'il va donner pour la bonne gestion de nos ressources en eau, on est très fière et on a oublié toutes les difficultés qu'on a rencontré lors de la réalisation de ce projet.



Références bibliographique



Références bibliographique

[1] M.Suresh and U.Muthukumar and J.Chandapillai, "A novel smart water-meter based on IoT and smartphone app for city distribution management", 2017 IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP), 2017, pp. 1-5, doi: 10.1109/TENCONSpring.2017.8070088.

[2] N.Pimenta and P.Chaves, "Study and design of a retrofitted smart water meter solution with energy harvesting integration". Discov Internet Things 1**,** 10 (2021). https://doi.org/10.1007/s43926-021-00010-x

[3] M.Boukamoum," Contribution à la prévision de la demande en eau en Algérie (application sur l'agglomération de Sétif)" , Mémoire de master en Hydraulique, Ecole nationale supérieur d'hydraulique -Arbaoui Abdallah, Département d'hydraulique urbaine, 2016.

[4] B.D.Afrah,"Gestion de l'eau potable cas des communes Tolga, Bouchagroune, B.B.Azzouz, Lichana Wilaya de Biskra", Mémoire de master, Département des sciences de la terre et de l'univers, Université Mohamed Khider de Biskra, 2020.

[5] A. Bouchelaghem et M.S.Boumaiza," Modélisation du réseau d'eau potable de la nouvelle ville Draa Errich et l'élaboration d'un système d'information géographique", mémoire de master en hydraulique, faculté des sciences de l'ingéniorat, département d'hydraulique, Université Badji Mokhtar-Annaba, 2019.

[6] "Water metering". Disponible [En ligne] sur : https://www.ctc-n.org/sites/www.ctc-n.org/files/resources/water_meter ing.pdf (consulté le 24/04/2021)

[7] Centre d'information sur l'eau, "Comprendre le fonctionnement du relevé de l'eau de votre ville". www.cieau.com Consulté le 24/04/2021)

[8] "Metrology for real-world domestic water metering",www.euramet.org (Consulté le 26/04/2021)

[9] Plomberie, www.plomberie-sanitaire.net (Consulté le 27/04/2021)

[10] Pollardwater, "zenner model ppd 5/8 x 3/4 in.npt 20 gpm brass alloy and polymer cold water, displacement magnetic drive meter with wall pad-cubic foot". www.pollardwater.com (Consulté le 04/05/2021)

[11] Zenner, "PPD- Positive Displacement Meter". http://www.zennerusa.com/index.php?id_product=19&controller=product (Consulté le 04/05/2021)

[12] Indiamart, "Electronic water meter". https://www.indiamart.com/proddetail/electronic-water-meter-17561441397.html (Consulté le 04/05/2021)

[13] Engineering Books Pdf ," 3 types of water meters explained " www.engineeringbookspdf.com (Consulté le 04/05/2021)

[14] N.GRINI,"Le compteur d'eau : un outil de gestion nécessaire", Mémoire de maîtrise, Spécialité : génie civil, Département de génie civil, UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE-Canada, 2010.

[15] Sanjeev Verma, "Purpose of an IoT-Based Smart Water Meter", 26 Mai 2020. https://www.wateronline.com/doc/purpose-of-an-iot-based-smart-water-meter-0001 (Consulté le 26/06/2021)

[16] Kamstrup, "Relevé à distance des compteurs d'eau", https://www.kamstrup.com/fr-fr/solutions-eau/releve-compteurs (Consulté le 26/04/2021)

[17] P.Corvisier, "Compteurs intelligents : LA CROISSANCE EST DANS L'EAU !"www.electroniques.biz (Consulté le 29/04/2021)

[18] MarketWatch, "Europe Smart Water Meter Market Latest trends & dynamics, Market opportunities and Forecast 2020-2026"https://www.marketwatch.com/press-release/smart-water-meters-market-size-and-share-2021-analysis-report-by-trends-development-strategy-market-dynamics-types-applications-and-forecast-to-2026-2021-06-10 (Consulté le 29/04/2021)

[19] A.Misbah and A.Ettalbi, (2018) Multi-view Web Services as a Key Security Layer in Internet of Things Architecture Within a Cloud Infrastructure. In: Abraham A., Haqiq A., Muda A., Gandhi N. (eds) Innovations in Bio-Inspired Computing and Applications. IBICA 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 735. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76354-5_26

[20] Livre Blanc. "Préparer la révolution de l'internet des objets", Document No 1 – Une cartographie des enjeux.7 novembre 2016, (PDF, 46 p).

[21] S. Naveen and M. R. Kounte, "Key Technologies and challenges in IoT Edge Computing," 2019 Third International conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), Palladam, India, 2019, pp. 61-65, doi: 10.1109/I-SMAC47947.2019.9032541.

[22] S.Singh and N. Singh, "Internet of Things (IoT): Security challenges, business opportunities & reference architecture for E-commerce," 2015 International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT), Greater Noida , India, 2015, pp. 1577-1581, doi: 10.1109/ICGCIoT.2015.7380718.

[23] S. N. Swamy and S. R. Kota, "An Empirical Study on System Level Aspects of Internet of Things (IoT)," in IEEE Access, vol. 8, pp. 188082-188134, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3029847.

[24] L.CHALAL et S.SIROUAKNE,"Gestion des clés dans l'internet des objets", mémoire pour l'obtention du diplôme de master en informatique, Département d'Informatique, Université A/Mira de Bejaia, 2017.

[25] R. K. Kodali and S. Soratkal, "Trust model for WSN," 2015 International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology (iCATccT), 2015, pp. 903-906, doi: 10.1109/ICATCCT.2015.7457012.

[26] Q.Monnet, " Modèles et mécanismes pour la protection contre les attaques par déni de service dans les réseaux de capteurs sans fil", Thèse de Doctorat, Université Paris-Est, École doctorale MSTIC, Spécialité : Informatique, paris, 2015.

[27] M.A.Sari,"Etude du RSSI pour l'estimation de la distance dans les réseaux de capteurs sans fil", mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Informatique, Département d'Informatique, Université Abou Bakr Belkaid– Tlemcen, 2017.

[28] D. Kandris et C. Nakas et D. Vomvas et G. Koulouras, « Applications of Wireless Sensor Networks: An Up-to-Date Survey », Appl. Syst. Innov., vol. 3, nº 1, p. 14, févr. 2020, doi : 10.3390/asi3010014.

[29] Simon Landrault et Hippolyte Weisslinger,"Arduino-Premiers pas en informatique embarquée ", (19-06-2014).

[30] Alexix Dumont et Benoit Yernaux, "50 montages pédagogiques avec Arduino", educagri éditions, 2017.

[31] M.I.Roufaida**,** "Télécommande par GSM (sim900) d'équipements agricoles pour les zones arides", Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Réseaux et Télécommunication, Université Mohamed Khider de Biskra, 2019.

[32] Erik Bartmann, "Le grand livre d'Arduino ",2ème éd.2015.

[33] Christian Travenier, "Arduino : maitrisez sa programmation et ses cartes shields", 2ème éd.Paris : Dunod, 2011.

[34] A.J.Moshayedi and A.M.Agda and M.Arabzadeh, (2019) Designing and Implementation a Simple Algorithm Considering the Maximum Audio Frequency of Persian Vocabulary in Order to Robot Speech Control Based on Arduino. In: Montaser Kouhsari S. (Eds) Fundamental Research in Electrical Engineering. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 480. Springer, Singapore https://doi.org/10.1007/978-981-10-8672-4_25

[35] S.BOUKELLOUL, "Conception et réalisation d'un système d'IOT pour l'économie de l'eau dans le cadre d'une cité intelligente (smart city) ", Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en informatique, Université Larbi Ben M'hidi-Oum ElBouaghi, 2018.

[36] R.BOUZIR et A.KACIMI, " Réalisation d'un bras manipulateur à base d'Arduino", Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master, Université Akli Mohand Oulhadj-Bouira, 2019.

[37] M. Lekić and G. Gardašević, "IoT sensor integration to Node-RED platform," 2018 17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH), East

Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/INFOTEH.2018.8345544.

[38] Degreef P., Van Merode D., Tabunshchyk G. (2019) Low-Cost, Open-Source Automation System for Education, with Node-RED and Raspberry Pi. In: Auer M., Langmann R. (Eds) Smart Industry & Smart Education. REV 2018. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 47. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95678-7_51

[39] S. S. Singh, Y. S. Tawde, S. B. Pagare, R. H. Shaikh and G. L. Dake, "Autonomous Coolant Control and Resource Saving System for Industrial Machine Using Microcontroller," 2018 International Conference On Advances in Communication and Computing Technology (ICACCT), Sangamner, India, 2018, pp. 191-196, doi: 10.1109/ICACCT.2018.8529647.

[40] Cameron N. (2019) Wireless Communication. In: Arduino Applied. Apress, Berkeley, CA. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3960-5_17

[41] A. Ray, A. Sriram, V. Mithun and N. Sharma, "Remote surveillance espionage through MANT-app," 2019 International Conference on Vision Towards Emerging Trends in Communication and Networking (ViTECoN), Vellore, India, 2019, pp. 1-5,doi: 10.1109/ViTECoN.2019.8899422.

[42] Electronics Hub, "nRF24L01Transceiver Module Adapter", 2018.

https://www.electronicshub.org/nrf24l01-transceiver-module/(consulté le 03/05/2021)

[43] Last Minute Engineers,"How nrf24l01+ wireless module works & interface with Arduino", 2018. https://lastminuteengineers.com/nrf24l01-arduino-wireless-communication/ (consulté le 03/05/2021)

[44] L. B. Rachid, "Système de Supervision et de Contrôle basé sur l'IoT: Application dans un Centre de Transmission(CT)," Mémoire master en électronique, 2018.

[45] Anisha, R. A. Menon and A. Prabhakar, "Electronically controlled water flow restrictor to limit the domestic wastage of water," 2017 International conference

on Microelectronic Devices, Circuits and Systems (ICMDCS), Vellore, India, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICMDCS.2017.8211591.

[46] Acoptex, "Basics: Project 071a Water flow sensor YF-S201"https://acoptex.com/project/359/basics-project-071a-water-flow-sensor-yf-s201-at-acoptexcom/

[47] GO TRONIC,"Robotique et composants électroniques".www.gotronic.fr (consulté le 29/04/2021)

[48] W.Hamam et N.C. IDRES, "Mise en place d'un système didactique pour la programmation PLC des systèmes types ascenseur", Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Électronique d'instrumentation, Université Mouloud Mammeri de Tizi-**O**uzou, Département d'électronique, 2018.



Annexe



YF-S201 Water Flow Sensor datasheet

MODEL: YF-S201



Application:

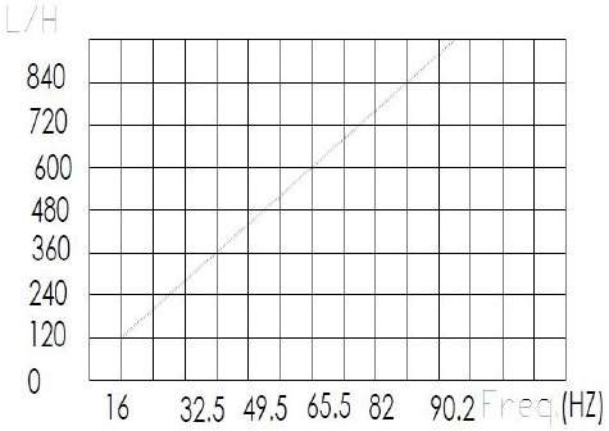
Water heaters, credit card machines, water vending machine, flow measurement device!

Circuit:

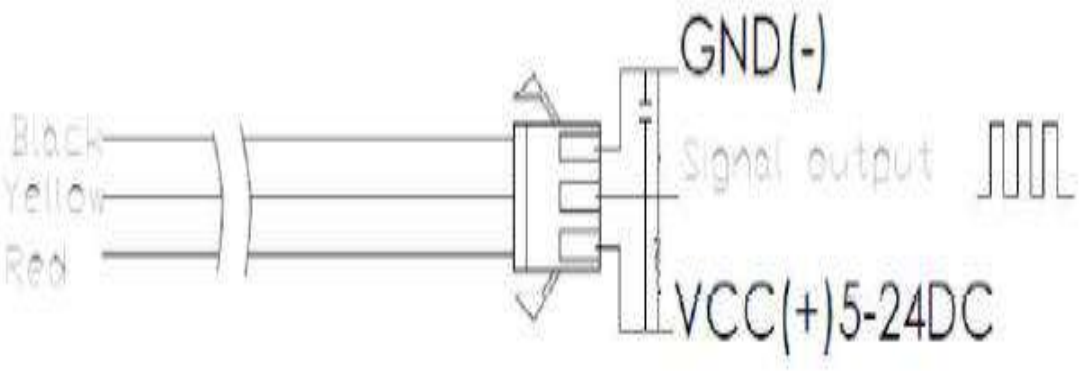
- Red: Positive
- Black: GND
- Yellow: Output signal

Flow Range: 100L/H-/1800H-L/H

Flow (L/H)	Fréq.(Hz)	Erro range
120	16	±10 5%
240	32.5	
360	49.3	
480	65.5	
600	82	
720	90.2	



Connection method:



N°	Item	Material
1	Wire	PVC
2	Bonnet	PA
3	Screw	Zinc Plated
4	Valve Body	PA
5	Press Valve	
6	Magnet	
7	Hall	
8	Impeller	POM
9	Steel Sharft	SUS304

