الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

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

Contrôle et supervision d'un réseau de distribution d'eau potable À base de l'Internet des Objets

Préparé et présenté par,

Melle. CHABA MOUNA Manel

Melle. AMIER Hind

Proposé et dirigé par,

Dr. BOUHEDDA Mounir

Promotion 2020

Travail préparé au sein du Laboratoire des Systèmes Électroniques Avancés (LSEA)

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu Dieu« ALLAH DJELLA WA AALA» qui nous a donné le courage et La volonté durant notre travail pour qu'il soit une réussite méritée.

Je remercie vivement mon promoteur, Monsieur le Docteur Mounir Bouhedda de l'Université de Médéa pour sa gentillesse, sa disponibilité, ses qualités humaines et scientifiques, son réel soutien et pour son implication maximale sur tous les plans, durant le travail en commun.

Nous remercions tous les enseignants de département de génie électrique qui nous ont guidés tout au long de notre formation universitaire.

À tous nos collègues et amies qui nous ont soutenus et encouragés pour terminer ce travail

et à toute ma promotion

2020-2019

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes très chers et aimables parents C. Abdlkader, B. Rokia qui sont toute ma fierté et à qui Je dois tout ce que je suis aujourd'hui et, à ceux que j'aime trop et qui sont ma joie de vivre qu'ALLAH vous protège et ne me privera jamais de vous.

A mes chères et adorables sœurs Iman, Hayat, Sihem, Khadidja,

A mon cher frère Mustafa qui est un chemin de lumière et un repère essentiel et eternel et aux petits Hadil,

Abd Allah, Loudjaine, Sammy, Yacine, Asil, Waffaa, Anes.

A tous les professeurs qui m'ont formé.

Spécialement au professeur Mounir Bouhedda qui m'a extrêmement aidé et encouragé tout au long de ce travail.

A mon binôme Hind avec qui j'ai partagé les joies et les difficultés durant ce projet. Qu'Allah te réalise tes rêves et te protège Sans oublier H. ben Salem qui a m'aidé durant mon master

A mon amie Nadia

A tous ceux qui m'aiment.

MANEL

Dédicaces

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

*Au propriétaire d'une biographie parfumée et d'une pensée éclairée, il a été le premier à atteindre l'enseignement supérieur (Mon père bien-aimé **AMIER RABAH**), que Dieu prolonge sa vie.*

*À qui tu m'as mis sur le chemin de la vie. Elle a pris soin de moi jusqu'à ce que je devienne vieux (Ma chère mère **GHANEM HAFIDA**), que Dieu bénisse son âme.*

À mes frères; Ceux qui ont eu un grand impact sur de nombreux obstacles et difficultés.

*A tous mes distingués professeurs, Qui n'a pas hésité à me tendre la main. Surtout notre encadreur **M.BOUHADA MOUNIR.***

*A mon binôme **MANEL** avec qui j'ai partagé les joies et les difficultés durant ce projet, Qu'ALLAH te réalise tes rêves et te protège.*

*mes amis à qui je témoigne qu'ils sont les meilleurs camarades dans tous les domaines **MERIEM, HADA et MEZOURA.***

Et à tous ceux qui se tenaient à côté de moi et m'ont aidé avec tout ce qu'ils possédaient, et dans de nombreux domaines

Je vous présente cette recherche et j'espère qu'elle vous satisfera.

AMIER HIND…

العنوان : التحكم والإشراف على نظام توزيع المياه القائم على الإنترنت..

تلخيص

الهدف من هذا العمل هو الإشراف والرقابة على نظام توزيع مياه الشرب القائم على إنترنت الأشياء, لتحقيق هذه الغاية تم استخدام برنامج اي بانيت لتصميم ومحاكاة شبكة المياه ، وشبكة الاستشعار / المشغل اللاسلكي وبرمجة متحكم اردوينو ، والتواصل التسلسلي اي ا س بي وترددات الراديو ، وخوارزميات التحكم. يتم تنفيذه في خادم كمبيوتر شخصي (كمبيوتر صغير) حيث يتم تنفيذ واجهة الإنسان – الآلة ضمن نظام نود-راد للإشراف والتحكم. يتم إجراء الاختبارات الوظيفية على نموذج أولي لشبكة التوزيع لمعرفة مدى فعالية النظام المقترح .

الكلمات المفتاحية : تحكم، اشراف، تصميم، شبكة المياه، ايبانيت، حساس، واجهة الإنسان – الآلة ، مشغل ، نود راد

Title: control and supervision of a water distribution system based of internet of things.

Abstract

The objective of this work is the supervision and control of a drinking water distribution system based on the Internet of Things (IdO). To achieve this end, the EPANET software was used for the design and simulation of a considered drinking water network, a wireless sensor / actuator network is designed, an Arduino type microcontroller is programmed for control and supervision of the various components of the circuit, serial (USB) and radiofrequency communication are established and finally a PC was used as a server where a Human-Machine Interface (HMI) is carried out under IBM's Node-Red platform for supervision and Control. Functional tests are carried out on a prototype of a distribution network to see the effectiveness of the proposed system.

Keywords:

Actuator, control, design, EPANET, HMI, IOT, Node-red, sensor, supervision, water network.

Titre : Contrôle et supervision d'un système de distribution d'eau potable base sur l'internet des objets.

Résumé

L'objectif de ce travail est la supervision et le contrôle d'un système de distribution d'eau potable basé sur l'Internet des Objets (IOT). Pour arriver à cette fin, le logiciel EPANET a été utilisé pour la conception et simulation d'un réseau d'eau potable considéré, un réseau de capteur/actionneur sans fils est conçu, un microcontrôleur de type Arduino est programmé pour le contrôle et la supervision des différents composants du circuit, une communication série (USB) et radiofréquence sont établies et enfin un PC a été utilisé comme serveur où une interface Homme-Machine (IHM) est réalisée sous la plateforme Node-Red d'IBM pour la supervision et le contrôle. Des tests de fonctionnement sont réalisés sur un prototype d'un réseau de distribution pour voir l'efficacité du système proposé.

Mots clé

Actionneur, capteur, conception, contrôle, EPANET, IHM, IOT, Node-Red, supervision, réseau d'eau potable**.**

Table des matières

Table des matières ..... **I**

Table des figures ..... **V**

Liste des abréviations ..... **VIII**

Introduction général **1**

CHAPITRE I DISTRIBUTION DE L'EAU POTABLE

I.1. Introduction **2**

I.2. Définition et descriptif détaille d'un réseau de distribution d'eau potable **2**

I.3. Schéma synoptique d'un réseau de distribution d'eau **3**

I.4. Les éléments d'un réseau de distribution d'eau **3**

I.5. Le fonctionnement et les technologies des réseaux d'eau potable **4**

I.6. Le débit d'eau en plomberie **8**

I.6.1. Définition de débit d'eau 8

I.6.2. Signification du débit d'eau en plomberie 8

I.6.3. La raison de régule du débit d'eau de sa plomberie 8

I.6.4. La façon de régule le débit d'eau 8

I.7. Les problèmes dans les réseaux de distribution d'eau **9**

I.8. Gestion d'un réseau de distribution d'eau potable **11**

I.8.1. Le prélèvement de l'eau dans le milieu naturel 11

I.8.2. La production d'eau potable 12

I.8.3. La distribution de l'eau 13

I.9. Le développement de l'intelligence sur les réseaux d'eau potable **14**

I.10. Conclusion **19**

CHAPITRE II MATERIELS ET SOFTWARE UTILISE

II.1. Introduction 19

II.2. L'internet des objets (l'IdO) 19

II.2.1. Définition de l'objet 19

II.2.2. Définition de l'IdO 20

II.2.3. Les 5 composantes de l'IdO 21

II.2.4. Fonctionnement de l'IdO 21

II.2.5. Domaines d'application de l'IdO 22

II.2.6. Architectures de l'internet des objets 23

II.2.7. Les technologies de communication des objets connectes 24

II.2.7.1 Les technologies de courte portee 24

II.2.7.2 Les technologies de moyenne portée 25

II.2.7.3 Les technologies de longue portee 26

II.3. Node-red 28

II.3.1. Définition 28

II.3.2. Les composants de la palette 28

II.3.3. L'éditeur 29

II.3.4. Le déploiement d'un flow 29

II.3.5. Dashboard 30

II.4. Définition d'un arduino 31

II.4.1. Principe de fonctionnement de l'Arduino 32

II.4.2. Arduino ide 32

II.5. Présentation du epanet 33

II.6. Conclusion 35

CHAPITRE III REALISATION PRATIQUE

III.1 INTRODUCTION 36

III.2 CAHIER DE CHARGES 36

III.3 FONCTIONNEMENT GENERAL DU SYSTEME DESUPERVISION ET DE CONTROLE PROPOSE 37

III.4 LA CONCESPTION D'UN RESEAU DE DISTRIBUTION D'EAU POTABLE A L'AIDE DE EPANET 38

III.4.1 Simulation d'un réseau de distribution d'eau potable 38

III.4.2 Réseau de la réalisation pratique 39

III.5 PRESENTATION DES COMPOSANTS UTILISES 40

III.5.1 Module relais 40

III.5.1.1 Définition 40

III.5.1.2 Description produit 40

III.5.1.3 Caractéristiques 40

III.5.1.4 Connecter un relais à l'Arduino 41

III.5.2 LES CAPTEURS 41

III.5.2.1 Capteur de débit d'eau (débitmètre) 41

III.5.2.2 Capteur de niveau d'eau 43

Les actionneurs 45

III.5.2.3 Les pompes 45

III.5.2.4 Les électrovannes 47

III.6 SUPERVISION, ALGORITHMES DE CONTROLE ET PROTOCOLE DE COMMUNICATION 48

III.7 COMMUNICATION AVEC LE MODULE NRF24L01 49

III.7.1 Présentation 49

III.7.2 Liaison spi 49

III.7.3 Pins Configuration of nRF24L0 50

III.7.4 Principe de fonctionnement d'un nRF24L0 51

III.7.5 Principe de montage (maitre/ esclave) 51
III.8 INTERFACE HOMME MACHINE (IHM) 52
III.8.1 Installation de Dashboard 53
III.8.2 Réception des données 54
III.8.3 Séparation de données via json 55
III.8.4 Installation de LED 56
III.8.5 Flux d'affichage de commandes pour les capteurs 57
III.8.6 Flux d'affichage de commandes pour les actionneurs 58
III.8.7 Contrôle d'actionneurs via le nœud light Scheduler 59
III.8.8 Flux (Node-Red /Actionneurs), (Capteur/Node-Red) 60
III.8.9 Supervision avec application de l'IoT 61
III.8.10 Prototype de test réalisé 63
III.9 CONCLUSION 66

Table des figures

CHAPITRE I DISTRIBUTION DE L'EAU POTABLE

Figure I. 1 :Schéma synoptique d'un réseau français de distribution d'eau 3

Figure I. 2:cycle domestique d'eau 4

Figure I. 3 :Captage d'une source d'eau 5

Figure I. 4 : Station de traitement 6

Figure I. 5: Réservoir du stockage d'eau 7

Figure I. 6 : Installation Plomberie sanitaire et Chauffage 9

Figure I. 7: Fuite et Dépannage alimentation eau 11

Figure I. 8:Le schéma directeur d'alimentation en eau potable 12

Figure I. 9: fonctionnement du château d'eau 13

Figure I. 10: Schéma de principe des vases communicants 14

Figure I. 11: La présence du Smart Pipe /Mètre tout au long du cycle de l'eau 15

Figure I. 12 : Technologies clés 16

CHAPITRE II MATERIELS ET SOFTWARE UTILISE

Figure II. 1 :Quelques exemples d'objets connectés 20

Figure II. 2 :Les domaines d'application de l'IOT 22

Figure II. 3: Schéma d'une architecture de l'IOT 23

Figure II. 4 :Les technologies de communication des objets connectés 27

Figure II. 5 : Node Red. 28

Figure II. 6: Exemple clignoter une LED par Node Red 30

Figure II. 7: Dashboard 30

Figure II. 8 :Composants principales de l'Arduino Uno 31

Figure II. 9 : Arduino IDE 33

Figure II. 10:Barre d'outils de EPANET 34

Figure II. 11: Exemple du réseau 35

CHAPITRE III REALISATION PRATIQUE

Figure III. 1:Système de supervision et de contrôle 37

Figure III. 2: simulation d'un système de distribution d'eau. 38

Figure III. 3 :équilibre du débit du système 39

Figure III. 4 : réseau de la réalisation. 39

Figure III. 5**:** Le module relais SRD-05VDC-SL-C [42] 40

Figure III. 6 : montage d'un relais avec Arduino. 41

Figure III. 7**:** Capteur de débit YFS201[30] 42

Figure III. 8 : Principe de montage de capteur débit YFS201[33] 43

Figure III. 9 : Capteur de niveau avec Arduino [32] 44

Figure III. 10:Principe de montage d'un capteur de niveau. 45

Figure III. 11: Système automatique de pompage avec Arduino[35] 46

Figure III. 12 : montage réel de pompe à 12V 47

Figure III. 13 : montage d'une électrovanne de 12V 48

Figure III. 14: Montage electrovanne avec Arduino [39] 48

Figure III. 15: Schéma général de supervision et contrôle de notre système 49

Figure III. 16 : modules nRF24L01 [43] 49

Figure III. 17: liaison spi (Communication maitre/esclave)[42] 50

Figure III. 18 : les PINS d'un nRF24L0[44] 51

Figure III. 19 :Brochage maitre / esclave avec Arduino un[46] 52

Figure III. 20 :Installation de gestionnaire des palettes 53

Figure III. 21: Installation des nouvelles palettes 53

Figure III. 22 : Installation de Dashboard. 54

Figure III. 23: Palette serial 54

Figure III. 24: Configuration de nœud Serial. 55

Figure III. 25: Séparation de données via Json. 55

Figure III. 26 : Configuration de fonction de deuxième capteur de niveau 56

Figure III. 27 : installation et configuration et symbole d'une LED Ui 57
Figure III. 28 : Flow de contrôle des capteurs 58
Figure III. 29: Interface de contrôle et de supervision des capteurs 58
Figure III. 30: Flow de contrôle des actionneurs 59
Figure III. 31: de contrôle et de supervision des actionneurs 59
Figure III. 32 : Flow de contrôle via schedule 60
Figure III. 33 : Configuration et supervision de light scheduler a l'interface 60
Figure III. 34:schéma d'un Flux (Node-Red /Actionneurs), (Capteur/Node-Red) 61
Figure III. 35 :Nœud FRED 61
Figure III. 36 : Partage de données sur le cloud (FRED) 62
Figure III. 37:Affichage de données sur le cloud (FRED) 62
Figure III. 38: Configuration de FRED 63
Figure III. 39 : Interface avec l'outil FRED. 63
Figure III. 40 : Schéma synoptique de notre réalisation 64
Figure III. 41 : Programme Arduino de notre réalisation. 64
Figure III. 42: Dashboard de l'interface de prototype 65
Figure III. 43: La réalisation d'un système de distribution d'eau potable 65

Liste des abréviations

A

ANT : Aménagement numérique des territoires

B

BLE : Bluetooth Low Energy .

G

GSM : Global System for Mobile Communications.

H

HTTP : Hypertext Transfer Protocol

I

IDE : Environnement de Développement « Intégré »
IOT : Internet des objets .
IdO :Internet des objets
IHM : Interface homme-machine.

M

MQTT : signifie Message Queuing Telemetry Transport.
M2M : Machine to machine .

N

NFC : Near Field Communication.

R

RFID : Radio Frequency Identification.

S

SCADA : Supervisory Control And Data Acquisition.
SIG : Systemes d'information géographique .

T

TCP / IP : Transmission Control Protocol/Internet Protocol

W

WAN:Wide **A**rea **N**etwork

WSN: Wireless **S**ensor **N**etwork
Wi fi : Wireless Fidelity

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

La technologie de l'électronique avancée est présente dans la majorité des secteurs d'activité en elle est en forte croissance, elle a contribué dans plusieurs domaines industriels et économiques. L'électronique facilite avec son développement la vie de l'être humain. En effet, elle permet de contrôler beaucoup de systèmes analogiques et numériques à distance mais ce qui rend la tâche de contrôle et supervision aisé.

La gestion des réseaux de distribution d'eau potable est une d'une grande importance dans une ville moderne ou elle est liée au confort du citoyen. Dans ce projet, on propose de concevoir et réaliser un système de supervision et de contrôle, en utilisant l'Internet, de n'importe quelle place et à n'importe quel moment en utilisant un simple terminal (PC, téléphone, tablette) pour faire des actions ainsi que lire des données liées du réseau de distribution d'eau potable.

Le système proposé permettra une amélioration très considérable dans le contrôle et la gestion. Pour cela, une solution à l'aide qui fait appel à l'électronique avancée et des softwares pour la réalisation d'une interface homme machine qui fait référence à un tableau de bord qui permet à un utilisateur de communiquer avec les réseaux en le contrôlant et en supervisant ses différentes données.

Des microcontrôleurs de type Arduino sont utilisés pour la collecte des données et l'envoie des actions. 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. Le développement des différents programmes a nécessité l'utilisation de deux langages qui sont : langage C et JavaScript ainsi un logiciel de conception des réseaux de distribution d'eau EPANET.

Le mémoire réalisé dans ce cadre est réparti sur trois chapitres. Le premier chapitre présente des généralités sur le système de distribution d'eau potable. Dans le deuxième chapitre, nous parlerons sur les notions fondamentales des solutions théoriques est techniques à utiliser dans notre projet. Le troisième chapitre est consacré à la description de notre système développé en abordant les deux volets : l'implémentation hardware et le développement des programmes. Et enfin, Nous terminerons notre mémoire avec une conclusion générale et des perspectives.

CHAPITRE I

LES RESEAUX DE DISTRIBUTION D'EAU POTABLE

I.1. INTRODUCTION

De nos jours, la gestion des réseaux de l'eau est devenue un point crucial pour la communauté, où elle représente un défi majeur pour la santé et l'environnement. Par conséquent, avoir un système efficace de distribution d'eau est devenu un problème impératif pour les entreprises. La résolution de ce problème se fait par la proposition d'une approche multicritère en considérant les principaux problèmes déjà abordés par les chercheurs et les spécialistes. Dans ce chapitre on va répondre sur les problématiques suivantes :

- Comment définir un réseau de distribution d'eau potable ?
- Comment fonctionne-t-il ?
- Quel sont les problèmes rencontrés dans les réseaux de l'eau ?
- Comment gérer efficacement le système d'eau ?
- Dans quelle mesure l'utilisation optimale des réseaux d'eau-t-elle été atteinte ?

I.2. DEFINITION ET DESCRIPTIF DETAILLE D'UN RESEAU DE DISTRIBUTION D'EAU POTABLE

Un réseau de distribution d'eau est une structure permettant de garantir l'approvisionnement en eau potable d'une zone ou industrielle. Le descriptif détaillé des ouvrages de transport et de distribution d'eau potable fait partie du schéma de distribution d'eau potable déterminant les zones desservies par le réseau de distribution et comporte le plan des réseaux mentionnant la localisation des dispositifs généraux de mesures et un inventaire des réseaux comprenant :

- Les linéaires de canalisations.
- L'année ou, à défaut la période de pose.
- La catégorie de l'ouvrage (« sensible » ou « non sensible ») au regard de l'article R554-2 du code de l'environnement.
- La précision des informations cartographiques définie en application du V de l'article R554-23 du code de l'environnement.
- Les informations disponibles sur les matériaux utilisés et les diamètres des canalisations.

Le descriptif détaillé est mis à jour et complété chaque année en mentionnant les travaux réalisés sur les réseaux ainsi que les données acquises pendant l'année [1].

I.3. SCHEMA SYNOPTIQUE D'UN RESEAU DE DISTRIBUTION D'EAU

On prend l'exemple du réseau français d'alimentation en eau potable s'étend sur plus de 920 000 kilomètres. Il regroupe l'ensemble des équipements, des services et des actions (Figure I.1) Permettant de produire et de distribuer, à partir d'une eau brute, une eau conforme aux normes de potabilité en vigueur. On distingue deux grandes étapes : la production d'eau potable (captage, traitement, adduction et stockage) et la distribution d'eau potable jusqu'au robinet des consommateurs [2].

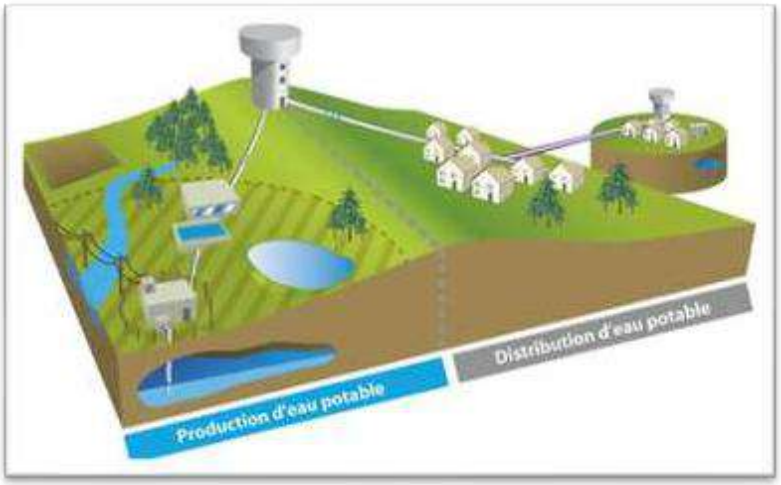


Figure I. 1 : Schéma synoptique d'un réseau français de distribution d'eau [2].

I.4. LES ELEMENTS D'UN RESEAU DE DISTRIBUTION D'EAU

- Les ouvrages de captage de ressources
- Les ouvrages de traitement
- Les ouvrages de stockage (réservoirs, bâches)
- Les conduites et leurs matériaux et diamètres
- Les pompes et leurs accessoires
- Les organes de régulation (stabilisateurs)
- Les appareils d'exploitation (vannes, purges, vidanges.)

- Les branchements (alimentation d'un client)
- Les appareils de protection contre l'incendie [3].



Figure I. 2:cycle domestique d'eau [4].

I.5. LE FONCTIONNEMENT ET LES TECHNOLOGIES DES RESEAUX D'EAU POTABLE

Un réseau de distribution d'eau s'étend sur des milliers de kilomètres et alimente des milliers de foyers. L'eau consommée par ces différents foyers est le fruit d'un processus de traitement et de stockage, mettant en œuvre de nombreux dispositifs dont la plomberie. La mise en place dudit réseau répond à des techniques spécifiques qui permettent d'en assurer la qualité. Ainsi distingue-t-on deux grandes étapes dans ce processus :

- La production d'eau potable,
- La distribution d'eau potable.

L'étape de la production se décline à son tour en des sous-étapes que sont :

1. Le captage / pompage

Le captage, ou prélèvement, de l'eau peut se faire dans trois réserves différentes d'eau naturelle :

- Les eaux souterraines (aquifère, nappes phréatiques profondes, rivières souterraines, nappes d'accompagnement de cours d'eau) ;
- Les eaux de surfaces captives ou en écoulement (lacs, étangs, rivières, fleuves) ;
- Les eaux de mer et les eaux saumâtres.

Lorsque l'eau provient d'une source, le captage est dit superficiel. Dans ce cas, une partie de l'eau est prélevée grâce à l'installation d'un système de drainage raccordé au réseau d'eau (FigureI.3).

Lorsque l'eau est pompée dans une nappe, le captage est dit souterrain. Dans ce cas, un forage est réalisé et l'eau pompée est ensuite injectée dans le réseau d'eau potable.

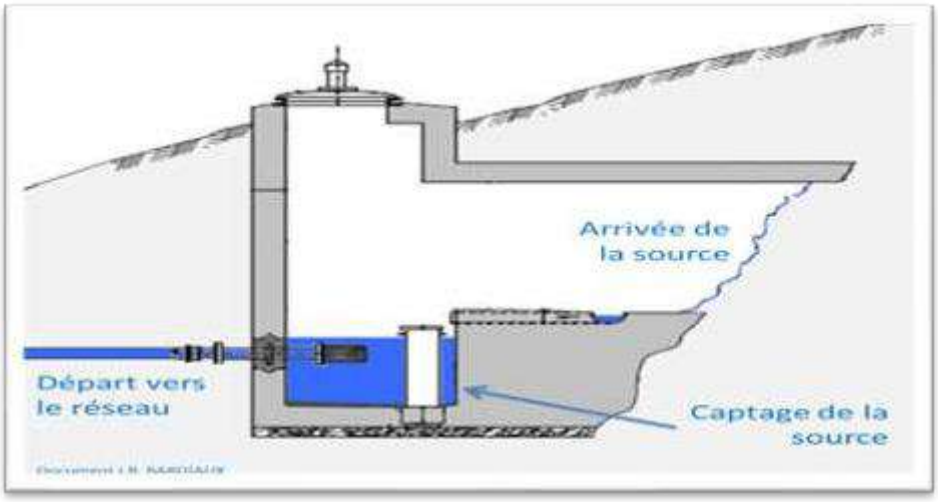


Figure I. 3 : Captage d'une source d'eau [3].

2. Le traitement

L'eau pompée dans une rivière ou captée par forage ne peut pas être consommée directement et doit subir plusieurs traitements avant d'être potable : retrait des plus gros éléments, réaction chimique pour ôter les particules restantes, filtration, etc.

Les traitements nécessaires dépendent beaucoup de la qualité de l'eau utilisée. Ils varient aussi avec le niveau d'exigence et les normes appliquées, différents suivant les pays, (Figure I.4) montre un exemple d'une station de traitement.



Figure I. 4 : Station de traitement [3].

3. Le réseau d'adduction

Le réseau d'adduction, appelé aussi réseau primaire, désigne les canalisations de diamètre supérieur à 300 millimètres qui permettent le transfert de l'eau entre le captage (source ou forage) et le réservoir de stockage.

4. Le stockage

Une fois traitée, l'eau est stockée dans des réservoirs de deux types : les bâches au sol ou semi-enterrées et les réservoirs sur tour, appelés également château d'eau. Le choix dépend de la localisation du réservoir. En effet, pour permettre un acheminement de l'eau aux consommateurs dans de bonnes conditions, il est nécessaire que la différence d'altitude entre le réservoir et les habitations soit suffisante pour avoir une pression correcte, l'acheminement de l'eau se faisant par gravitation. Une différence de dix mètres d'altitude entre le réservoir et le point de distribution correspond à 1 bar de pression au robinet. La pression dite « de confort » est d'environ 3 bars.

Ce sont ces réservoirs qui assurent l'interface entre la production et la distribution d'eau potable (Figure I.5) [2].



Figure I. 5: Réservoir du stockage d'eau [3].

Le réseau de distribution d'eau est composé de canalisations de diamètre inférieur à 300 mm, et de dispositifs favorisant l'**acheminement de l'eau** des réservoirs vers les ménages. On distingue deux types de réservoirs qui stockent l'eau :

- Les bâches au sol,
- Les réservoirs sur tour.

L'eau est relayée depuis les lieux de stockage à travers le branchement des tuyaux du réseau de distribution, pour parvenir aux robinets des maisons, via leur plomberie. Pour une gestion optimale de la circulation de l'eau, le réseau fait usage des **réducteurs ou suppresseurs de pression**, en vue d'augmenter ou de baisser la pression de l'eau selon le cas. Il peut parfois recourir aux interconnexions afin d'alimenter ponctuellement ou régulièrement les ménages, en cas d'absence d'eau, en reliant leurs réseaux d'eau entre eux.

En consultant notre annuaire, des experts et professionnels de la distribution d'eau pourront davantage vous prodiguer de conseils sur le fonctionnement du réseau. Pour aller

plus loin dans les étapes, n'hésitez pas à les contacter pour l'installation de **compteurs d'eau** ou encore pour le **réglage du débit** [5].

I.6. LE DEBIT D'EAU EN PLOMBERIE

I.6.1. Définition de débit d'eau

On peut définir le débit d'eau par un volume défini d'eau s'écoulant dans un cours d'eau par unité de temps à un endroit donné on peut aussi exprimer le débit d'eau par un volume d'eau passant par un point par unité de temps, généralement exprimé en mètres cubes par seconde, ou pour les pompes d'aquarium, en litres/heure [6].

I.6.2. Signification du débit d'eau en plomberie

En **plomberie**, le débit d'eau est la quantité d'eau qui passe chaque seconde dans vos canalisations. Il s'exprime donc en litres par secondes et dépend de vos installations. Plus la **tuyauterie** est large et plus le débit est important.

Par exemple, dans l'évier de votre cuisine, le débit d'eau sera d'environ 0,2 L/s alors que dans votre baignoire, il sera d'environ 0,3 L/s. En réalité, chaque installation de plomberie possède un débit qui lui est propre, mais il est possible de le réguler [4].

I.6.3. La raison de régule du débit d'eau de sa plomberie

Un débit d'eau inadapté aux **canalisations** peut endommager celles-ci et causer des problèmes de **pression** et d'utilisation de l'eau. Les problèmes peuvent être pires si vos canalisations ne sont pas adaptées à votre débit. En effet, si le débit avant le compteur dépend du réseau et ne peut être modifié, le débit après compteur dépend uniquement du propriétaire et peut donc être adapté aux canalisations. Si le débit réseau est élevé, il peut être utile d'opter pour des canalisations plus larges pour profiter d'un plus grand débit dans le logement.

Réguler **son débit** d'eau est une question de prévention de problèmes majeurs qui peuvent survenir au niveau des canalisations et des conduites d'eau. C'est aussi une question de confort personnel et d'utilisation quotidienne de l'eau courante [4].

I.6.4. La façon de régule le débit d'eau

Pour les problèmes de plomberie et de régulation du débit d'eau, mieux vaut faire appel à un professionnel. Il est possible d'installer un **régulateur de débit** pour diminuer le débit de l'eau ou de changer les canalisations pour de plus grandes afin d'augmenter le débit

d'eau par exemple (FigureI.6). Ces travaux demandent de l'expérience et une grande connaissance du domaine de la plomberie et ne doivent donc pas être réalisés seuls.

Un plombier saura vous conseiller et réaliser l'installation de vos nouvelles canalisations ou de votre régulateur de débit. Consultez l'annuaire du site pour trouver un professionnel près de chez vous qui pourra vous réaliser une installation de qualité [4].

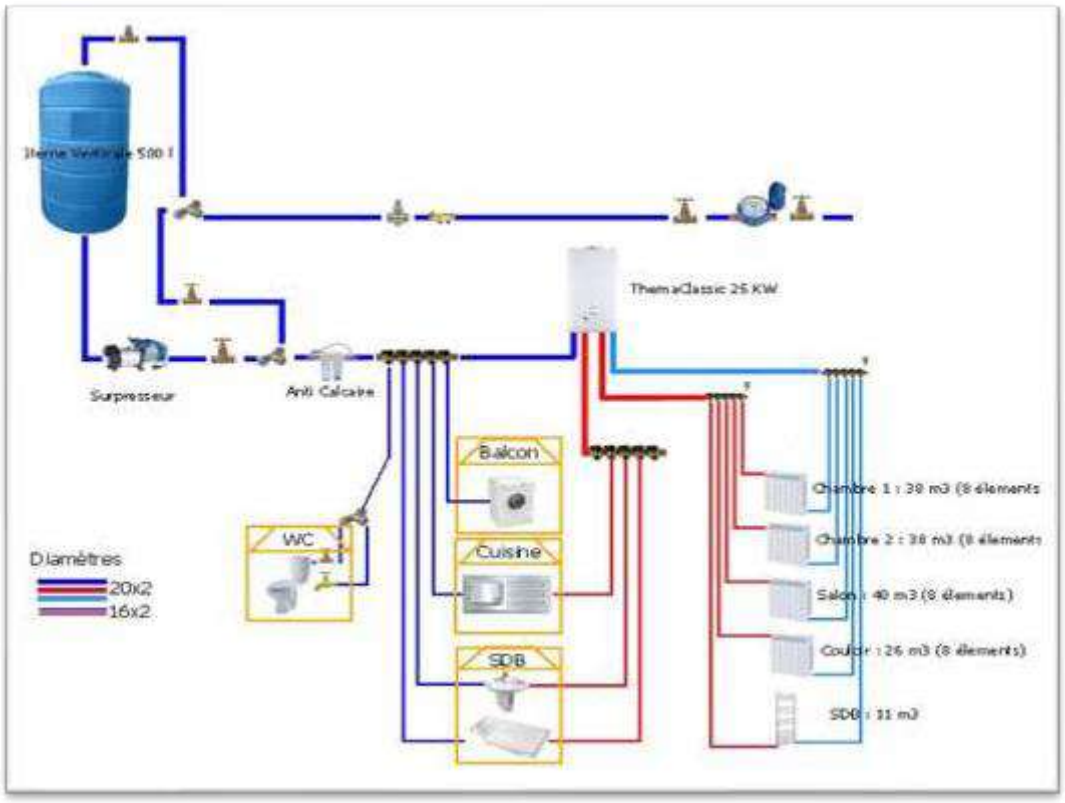


Figure I. 6 : Installation Plomberie sanitaire et Chauffage[7].

I.7. LES PROBLEMES DANS LES RESEAUX DE DISTRIBUTION D'EAU

Nous savons que les réseaux de distribution d'eau ne sont pas sans problèmes, donc on peut citer :

- Les dimensions des tuyaux selon le diamètre, la longueur et structures des réseaux de distribution, selon la complexité, ont un effet sur le débit d'eau.
- Le problème du suivi des équipements et de la détection des fuites.
- Le problème de la mauvaise adaptation des techniques de maintenance aux dimensions du réseau.

- L'usure et le vieillissement de la canalisation.
- Le problème des réseaux d'eau pour contrôler et déterminer le débit d'eau.
- La population n'est pas satisfaite de l'eau et il y a peu de sources d'eau douce propres à boire [4].

La lutte contre les fuites en réseau de distribution de l'eau potable (Figure I.7) est une préoccupation essentielle pour les services d'eau aujourd'hui. Réduire les pertes permet de limiter les prélèvements dans le milieu naturel. Alors que les coûts de traitement de l'eau pour la rendre potable sont de plus en plus élevés, en raison en particulier du renforcement des normes et de la dégradation de certaines ressources, limiter les fuites évite de traiter une eau pour la rejeter dans le milieu et conduit ainsi à faire des économies d'énergie.

Pour mener à bien une politique publique en la matière et répondre aux attentes des citoyens, l'observatoire dispose d'outils permettant d'évaluer l'état des réseaux. Chaque année, les collectivités et les usagers pourront suivre l'évolution du rendement du réseau, rapport entre le volume d'eau consommé par les usagers et le volume introduit dans les tuyaux. Pour tenir compte de la structure du réseau, un réseau étendu en milieu rural présente habituellement un rendement plus faible qu'un réseau dense en milieu urbain sans que ce soit un problème, on rapporte les volumes perdus à la longueur du réseau. En milieu rural, les volumes mis en distribution étant plus faibles et les réseaux plus étendus, cet indice est normalement plus faible qu'en milieu urbain dense.

Au-delà de ce constat, l'observatoire permet de mieux connaître la politique menée par la collectivité pour préserver son patrimoine. L'indice de gestion patrimonial permet ainsi de se faire une idée de la connaissance de l'état du réseau et de la capacité de la collectivité à entretenir le réseau ou à le renouveler si nécessaire. Par exemple, un réseau à rendement faible (bilan entrée-sortie) dans une collectivité menant une politique patrimoniale rigoureuse devrait s'améliorer, alors qu'il ne peut que se dégrader si la gestion patrimoniale est limitée [8].



Figure I. 7: Fuite et Dépannage alimentation eau [5].

I.8. GESTION D'UN RESEAU DE DISTRIBUTION D'EAU POTABLE

On distingue trois étapes :

I.8.1. Le prélèvement de l'eau dans le milieu naturel

Il y a 60 % de l'eau potable est produite à partir des eaux souterraines et 40 % à partir des eaux de surface :

les eaux de surface (cours d'eau, lacs, étangs) sont alimentées par des sources, le drainage des eaux souterraines et le ruissellement des eaux de pluie ; elles sont prélevées par captage au fil de l'eau, le plus souvent en amont de l'agglomération à desservir ; les eaux souterraines proviennent de l'infiltration des eaux de pluie dans le sous-sol elles sont prélevées par forage dans une nappe aquifère libre, qui repose sur une couche imperméable, ou dans une nappe captive située entre deux couches géologiques imperméables , on donne un exemple d'un cycle domestique d'eau (Figure I.8) [4].

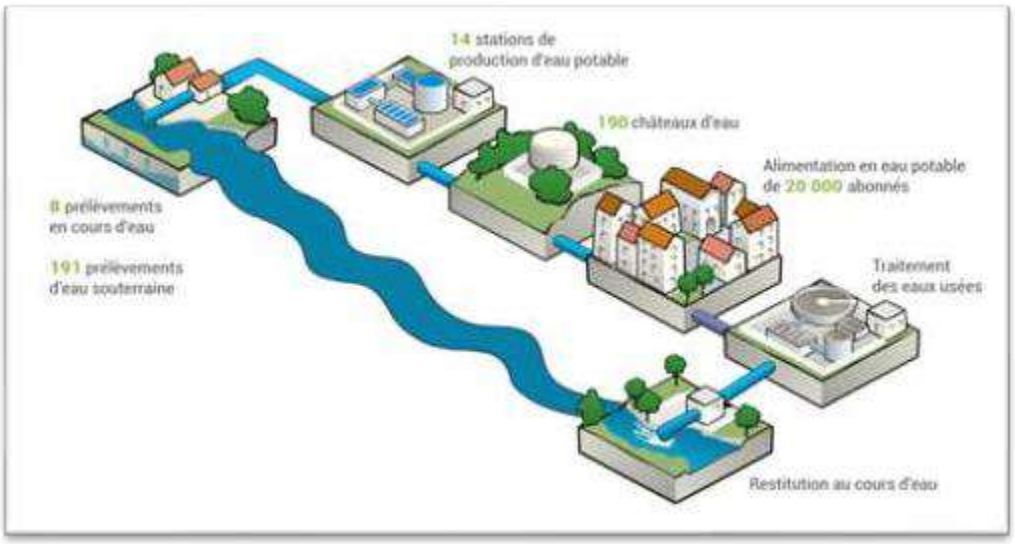


Figure I. 8:Le schéma directeur d'alimentation en eau potable [6].

Le prélèvement des eaux de surface est géré de façon à concilier les débits du cours d'eau et les besoins des consommateurs. En effet, le débit du cours d'eau doit rester suffisant pour permettre la vie de la faune et de la flore aquatiques. L'exploitation des eaux souterraines se fonde sur l'étude de cartes hydrogéologiques qui localisent les gisements et représentent les niveaux d'eau. Des réseaux d'observation de la qualité des eaux, du débit des eaux de rivières et du niveau des nappes contribuent à cette gestion. Les eaux de surface et les eaux souterraines bénéficient d'une protection réglementaire : la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 fait obligation de protéger les captages à l'aide de périmètres de protection situés autour des points de prélèvement.

On distingue trois types de périmètres :

- Le périmètre de protection immédiate, dont les terrains sont acquis et clôturés.
- Le périmètre de protection rapprochée, où les activités qui peuvent nuire à la qualité de l'eau sont règlementées voire interdites.
- La protection éloignée, où les activités ayant un impact sur la qualité des eaux peuvent être limitées [4].

I.8.2. La production d'eau potable

L'eau prélevée dans les nappes d'eau souterraines peut généralement être consommée sans traitement (à part une désinfection) si elle n'a pas été polluée par les activités humaines. En revanche, l'eau prélevée dans les rivières est impropre à la consommation.

Chargée de débris de matières minérales (sable, limon…) ou organiques, elle est rarement limpide et saine. Il est nécessaire de la traiter pour la rendre potable [4].

I.8.3. La distribution de l'eau

Avant d'arriver au robinet des utilisateurs, l'eau potable emprunte un circuit fait de multiples ramifications qui la conduit de l'usine de production d'eau potable jusqu'au réservoir d'eau, puis de ce réservoir jusqu'aux robinets. A la sortie de l'usine de production, l'eau potable est acheminée vers des réservoirs. Ceux-ci sont soit enterrés, soit surélevés. Quand ils sont en hauteur, on les appelle des châteaux d'eau (Figure I.9). La situation du château d'eau aux points les plus élevés de la ville ou du village assure une pression suffi sante dans tout le réseau et permet de distribuer l'eau par gravité à une pression régulière jusque dans les habitations (principe des vases communicants) [4].

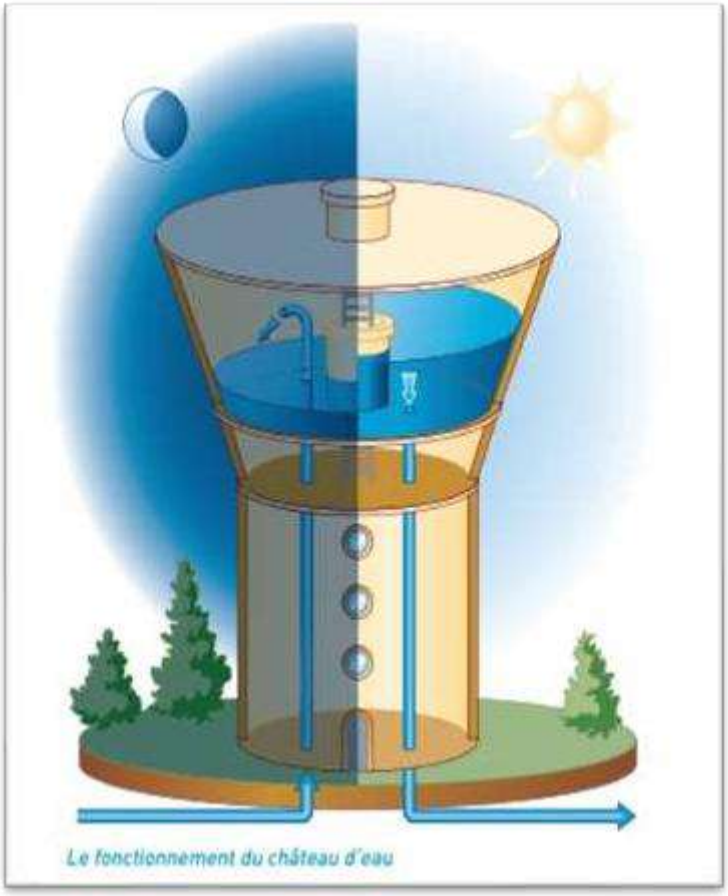


Figure I. 9: fonctionnement du château d'eau [4].

Le réservoir constitue en outre une réserve d'eau potable pour les heures de consommation de pointe dans une journée : le matin, à la mi-journée et le soir. La distribution

de l'eau potable se fait au moyen d'un réseau de canalisations qui relient les points de stockage aux lieux d'utilisation. Ce réseau peut être ramifié (structure en arbre) ou maillé (structure en treillis).

Les réseaux d'alimentation en eau potable représentent en France environ 850 000 km, soit 21 fois le tour de la Terre. Ces canalisations sont en fonte ou en plastique. Elles sont enterrées pour être protégées du gel. Lorsque la population alimentée est importante, tous les ouvrages de production et de distribution d'eau potable sont surveillés en permanence grâce à un central informatique qui mesure 24h/24 la consommation en eau, le niveau des réservoirs, la pression sur le réseau et la qualité de l'eau [4].

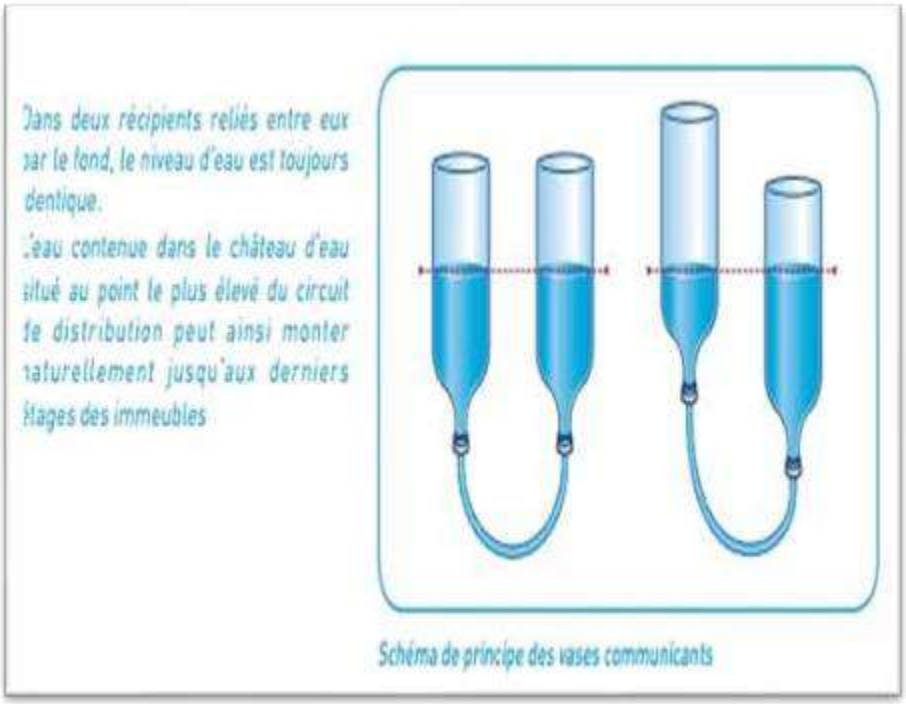


Figure I. 10: Schéma de principe des vases communicants [10].

I.9. LE DEVELOPPEMENT DE L'INTELLIGENCE SUR LES RESEAUX D'EAU POTABLE

Un réseau d'eau intelligent est un ensemble de solutions et de systèmes permettant aux opérateurs de réseaux d'eau de contrôler et diagnostiquer les problèmes, de prioriser et gérer, en continu et à distance, les opérations de maintenance et d'utiliser les données fournies pour optimiser tous les aspects de la performance des réseaux de distribution d'eau (Figure I.11).

L'objectif est d'optimiser la performance des services d'assainissement et d'eau potable tout en améliorant l'efficacité énergétique, en préservant la ressource en eau et en surveillant la qualité de l'eau distribuée aux consommateurs [2].

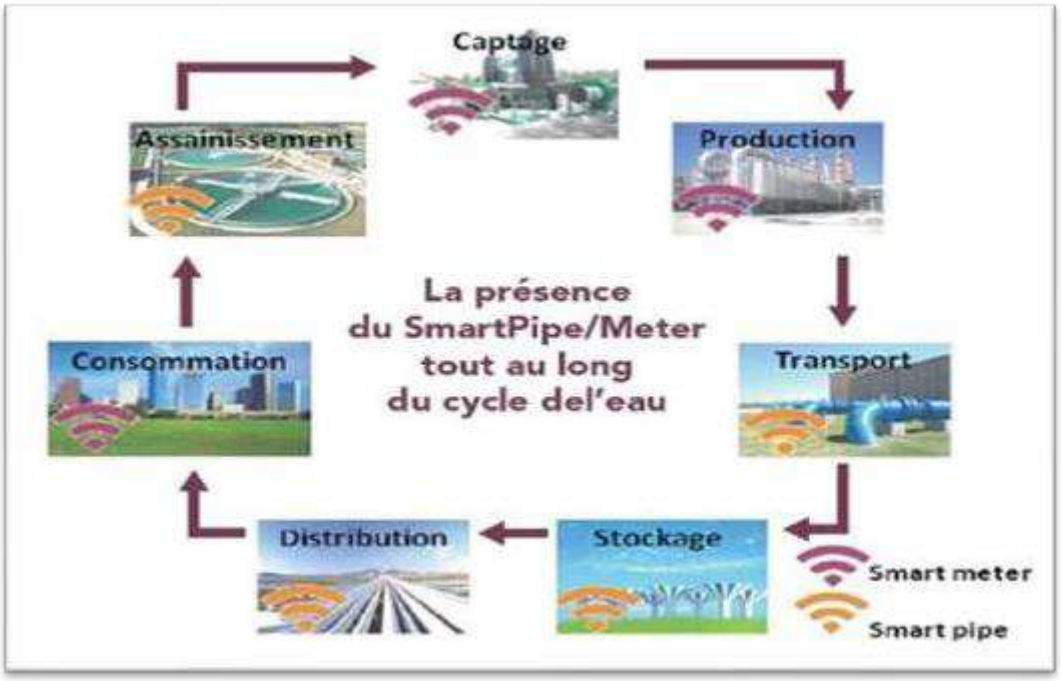


Figure I. 11: La présence du Smart Pipe /Mètre tout au long du cycle de l'eau [2].

On distngue les outils, technologiques, les fonctionnalités ainsi les services des réseaux d'eau intelligents suivants :

Les outils et les technologies

À l'image des réseaux électriques et des réseaux de gaz intelligents, les réseaux d'eau deviennent intelligents grâce au déploiement des technologies de l'information et de la communication (Figure I.7). Le déploiement de capteurs sur les réseaux permet de mieux comprendre (réaliser des mesures), d'optimiser (réaliser des analyses) et d'exploiter dans de meilleures conditions le réseau (notamment interagir avec le réseau) [2].

- **Technologies clés**

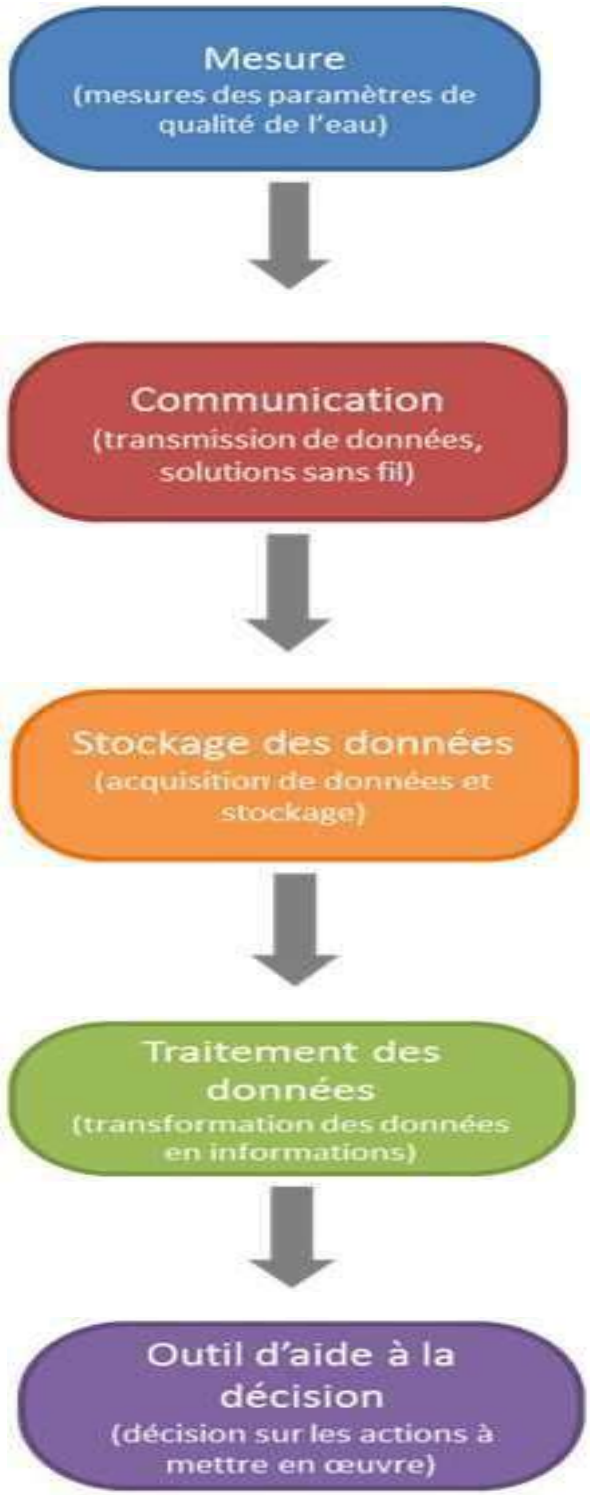


Figure I. 12 : Technologies clés [2].

1. Les appareils de mesure et de détection, comme les compteurs d'eau évolués, sont les outils physiques sur le réseau de distribution d'eau qui collectent les données sur les débits d'eau, la pression, la qualité et l'ensemble des autres paramètres déterminants. Cette couche de base inclut les capteurs acoustiques et électromagnétiques qui peuvent aider à détecter de potentielles fuites et anomalies sur le réseau. L'ensemble de ces appareils permet d'améliorer la connaissance de l'état physique des réseaux, via le recueil de données très concrètes : caractéristiques, localisation, maintenance, etc.
2. Les canaux de communication en temps réel permettent aux distributeurs de rassembler de façon automatique et continue les données des appareils de mesure et de détection. Il s'agit de canaux de communication bidirectionnelle pour donner des ordres aux appareils sur les données à collecter ou sur les actions à exécuter (par exemple, extinction à distance).
3. Les logiciels de gestion des données permettent aux distributeurs de collecter les données et de présenter une vue agrégée à travers des outils de visualisation du réseau, des systèmes d'information géographique (SIG), des tableaux de bord, etc. Cette couche peut également comprendre des entrepôts de données, la cyber sécurité des systèmes informatiques et des outils basiques de soutien aux fonctions économiques (par exemple, systèmes d'information des consommateurs).
4. Les logiciels d'analyse et de modélisation des données en temps réel permettent aux distributeurs de pouvoir exploiter les données issues du réseau. Cette couche est la source centrale de valeur économique des réseaux d'eau intelligents pour les distributeurs. Les tableaux de bord dynamiques permettent aux opérateurs de surveiller le réseau de distribution en temps réel pour les risques ou pour les anomalies avérées. En même temps, les outils de modélisation du réseau peuvent aider les opérateurs à comprendre les impacts potentiels d'un changement dans le réseau et à analyser les différentes réponses. Les algorithmes des modèles de détection peuvent avoir recours aux données historiques pour aider à distinguer les fausses alertes des véritables problèmes. Les analyses prédictives permettent aux opérateurs de considérer différents scénarios possibles et de répondre de façon proactive et efficace.
5. Les outils de contrôle et d'automatisation permettent aux distributeurs de mettre en œuvre à distance et automatiquement les tâches de gestion du réseau. Cette couche fournit des outils qui s'interfacent avec les logiciels d'analyse et de modélisation des données en temps réel. De nombreux opérateurs sont déjà dotés de systèmes SCADA

(Superviser Control And Data Acquisition), de systèmes d'information géographique, de systèmes d'informations client, qui peuvent être intégrés aux réseaux d'eau intelligents pour augmenter davantage leur contrôle sur le système de distribution [2].

Les fonctionnalités et les services

Grâce à l'ensemble de ces outils, les réseaux d'eau intelligents permettent aux gestionnaires des réseaux d'eau :

- De surveiller le réseau en temps réel et à distance et de diagnostiquer les problèmes, de prioriser et de gérer préventivement les questions de maintenance et de contrôler et d'optimiser à distance tous les aspects du réseau de distribution d'eau en utilisant les données issues du réseau (modulation de pression pour réduire les pertes en eau, mesure de débits pour anticiper les fuites, etc.) ;
- Respecter de façon transparente et avec certitude les exigences politiques et réglementaires sur la sécurité du réseau (mesures sur les conduites : déformation, température, etc.) et sur la qualité de l'eau ;
- Fournir aux consommateurs les informations et les outils dont ils ont besoin pour faire des choix éclairés sur leur comportement de consommation et sur leurs usages de l'eau (alertes en temps réel de la consommation en eau, optimisation des consommations au sein de l'habitation, etc.) [2].

Les réseaux d'eau potable

Sur les réseaux d'eau potable, les objectifs principaux des réseaux d'eau intelligents sont de veiller à la bonne qualité de l'eau distribuée, de réduire les fuites et d'améliorer la gestion patrimoniale du réseau, à la fois sur l'exploitation et sur la maintenance.

Sur la qualité, l'objectif est d'obtenir une traçabilité continue de la qualité de l'eau distribuée. L'eau potable interagit avec le réseau qui la transporte. Plus elle séjourne dans le réseau, plus l'agent désinfectant – généralement le chlore – est enclin à se décomposer. Il est donc important de connaître l'état des flux d'eau potable en temps réel grâce à des capteurs de débit et de pression, des mesures de la température, du chlore, des matières en suspension, etc. En optimisant le temps de séjour de l'eau dans les réseaux, il devient par exemple possible d'ajuster plus précisément la chloration.

Sur les fuites, l'objectif est de préserver au mieux les ressources naturelles et de réagir rapidement à tout signalement. Ainsi, la mise en place de capteurs, d'un numéro

d'appel unique et de nouveaux moyens de réponse rapide permettent d'intervenir dans les 2 heures pour une fuite sur le réseau [2].

I.10. CONCLUSION

Ce chapitre, a donné un aperçu, accompagné d'une analyse approfondie sur les études intéressantes dans le domaine de distribution de l'eau et ses différents facteurs et stratégies. Sur la base de cet aperçu, nous avons déduit que les problèmes ne sont pas bien résolus. Ce qui nécessite une solution efficace pour combler les lacunes des travaux existantes.

CHAPITRE II

MATERIELS ET SOFTWARES UTILISES

II.1. INTRODUCTION

On va définir et présenter dans ce chapitre l'ensemble des matériels et software utilisés tels que Arduino et l'ensemble des capteurs et des composants électroniques. Ces derniers sont liés par l'internet des objets qui nous permet de contrôler notre réseau d'eau. L'Internet des objets (**l'IOT**) consiste principalement à connecter des objets physiques à l'internet. Cette dernière est capable d'être appliqué dans tous les domaines de notre vie.

Pour le développement de notre interface nous présentons l'environnement de programmation Node **Red**. Ensuite, nous profitons de ce chapitre pour expliquer le logiciel **EPANET.**

II.2. L'INTERNET DES OBJETS (L'IOT)

Pour définir le concept de l'Internet des Objets (IdO) évoqué tout au long de ce document, nous exposons, pour commencer, les différentes définitions de l'IdO existant dans la littérature pour ensuite mettre l'accent sur son fonctionnement et enfin, terminer par ses domaines d'applications [9].

II.2.1. Définition de l'objet

- L'apparition du concept de l'IdO est due à la variété des équipements et des objets utilisés dans notre vie quotidienne (voir figure II.1) : ordinateurs, capteurs, actionneurs, smartphones, véhicules connectés, smart homes, etc. Les objets ayant des identités et des personnalités virtuelles, opérant dans des espaces intelligents et utilisant des interfaces intelligentes pour se connecter et communiquer au sein de contextes d'usages variés. Un objet connecté est un matériel électronique qui peut communiquer avec un Smartphone, une tablette tactile et/ou un ordinateur, ses caractéristiques pouvant évoluer au cours du temps (position, niveau de batterie, etc.). Il peut envoyer et recevoir des informations, via une liaison sans fil, Bluetooth ou Wifi, etc. D'autres définitions s'accordent à dire qu'un objet connecté possède des capacités de calcul, d'acquisition (capteur) et d'action (actionneur). Les objets identifiés par RFID sont exclus de cette définition, car une puce RFID classique ne peut pas être considérée comme un dispositif de calcul, celle-ci représente un identifiant stocké dans une mémoire. L'intérêt principal d'un objet connecté est l'interactivité, la possibilité de récupérer des informations, ou d'envoyer des statistiques, de garder le contact, etc… [10].



Figure II. 1 : Quelques exemples d'objets connectés [11].

II.2.2. Définition de l'IdO

L'Internet of Things (IoT) est « un réseau qui relie et combine les objets avec l'Internet, en suivant les protocoles qui assurent leurs communications et échange d'informations à travers une variété de dispositifs. » L'IoT peut se définir aussi comme étant « un réseau de réseaux qui permet, via des systèmes d'identification électroniques normalisés et unifiés, et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement et sans ambiguïté des entités numériques et des objets physiques et ainsi, de pouvoir récupérer, stocker, transférer et traiter les données sans discontinuité entre les mondes physiques et virtuels. » [4]Il existe plusieurs définitions sur le concept de l'IoT, mais la définition la plus pertinente à notre travail de recherche est celle proposée par Weill et Souissi qui ont défini l'IoT comme « une extension de l'Internet actuel envers tout objet pouvant communiquer de manière directe ou indirecte avec des équipements électroniques eux-mêmes connectés à l'Internet. Cette nouvelle dimension de l'Internet s'accompagne avec de forts enjeux technologiques, économiques et sociaux, notamment avec les économies majeures qui pourraient être réalisées par l'ajout de technologies qui favorisent la standardisation de ce nouveau domaine, surtout en matière de communication, tout en assurant la protection des droits et des libertés individuelles » [9].

II.2.3. Les 5 composantes de l'IdO

Une solution d'IdO s'articule autour de 5 composants essentiels que sont :

- Les objets (capteurs).
- Le réseau (connectivité).
- Les données.
- Les informations.
- Les applications d'exploitation [10].

II.2.4. Fonctionnement de l'IdO

L'Internet of Things (IdO) permet l'interconnexion des différents objets intelligents via l'Internet. Ainsi, pour son fonctionnement, plusieurs systèmes technologiques sont nécessaires. Citons quelques exemples de ces technologies. « L'IdO désigne diverses solutions techniques (RFID, TCP/IP, technologies mobiles, etc.) qui permettent d'identifier des objets, de capter, stocker, traiter, et transférer des données dans les environnements physiques, mais aussi entre des contextes physiques et des univers virtuels. »

En effet, bien qu'il existe plusieurs technologies utilisées dans le fonctionnement de l'IdO, nous mettons l'accent seulement sur quelques-unes qui sont, selon Han et Zhanghang, les technologies clés de l'IdO. Ces technologies sont les suivantes : RFID, WSN et M2M, et sont définies ci-dessous :

- **RFID (Radio Frequency Identification) :** le terme RFID englobe toutes les technologies qui utilisent les ondes radio pour identifier automatiquement des objets ou des personnes. C'est une technologie qui permet de mémoriser et de récupérer des informations à distance grâce à une étiquette qui émet des ondes radio[13]. Il s'agit d'une méthode utilisée pour transférer les données des étiquettes à des objets, ou pour identifier les objets à distance. L'étiquette contient des informations stockées électroniquement pouvant être lues à distance.

- **WSN (Wireless Sensor Network) :** c'est un ensemble de nœuds qui communiquent sans fil et qui sont organisés en un réseau coopératif. Chaque nœud possède une capacité de traitement et peut contenir différents types de mémoires, un émetteur-récepteur RF et une source d'alimentation, comme il peut aussi tenir compte des divers capteurs et des actionneurs [13]. Comme son nom l'indique, le WSN constitue alors un

réseau de capteurs sans fil qui peut être une technologie nécessaire au fonctionnement de l'IdO.

- **M2M (Machine to Machine)** : c'est « l'association des technologies de l'information et de la communication avec des objets intelligents dans le but de donner à ces derniers les moyens d'interagir sans intervention humaine avec le système d'information d'une organisation ou d'une entreprise » [9].

II.2.5. Domaines d'application de l'IdO

Nous constatons que le concept de l'Internet of Things (IdO) est en pleine explosion vu que nous avons de plus en plus besoin dans la vie quotidienne d'objets intelligents capables de rendre l'atteinte de nos objectifs plus facile. Ainsi, les domaines d'applications de l'IdO peuvent être variés. Plusieurs domaines d'application sont touchés par l'IdO. Dans leur article, Gubbi et al [14].

Ont classé les applications en quatre domaines : **1)** le domaine personnel, **2)** le domaine du transport, **3)** l'environnement et **4)** l'infrastructure et les services publics.

Comme le schéma ci-dessous le montre (Figure II.2), on trouve alors l'IdO dans notre vie personnelle quotidienne et également dans les services publics offerts par le gouvernement [1].

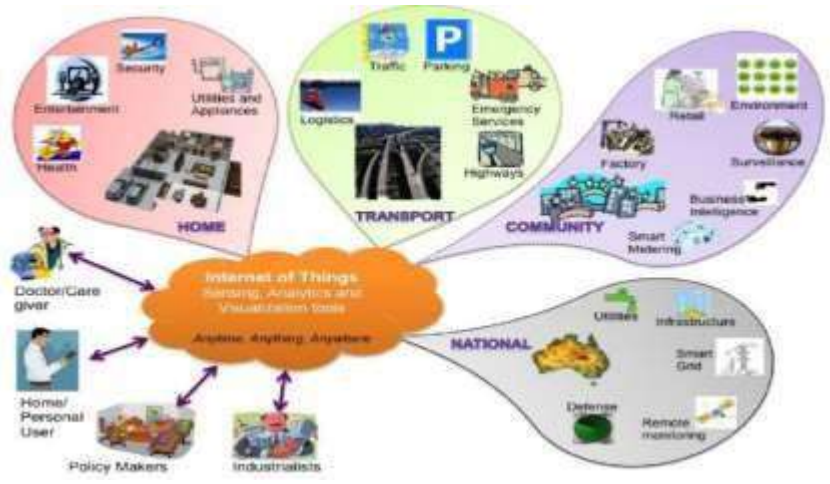


Figure II. 2 :Les domaines d'application de l'IdO [15].

Nous pouvons affirmer que l'Internet peut être connecté à n'importe quel objet. Ainsi, les domaines d'applications de l'IdO sont multiples. On cite, à titre d'exemples, l'industrie, la santé, l'éducation et la recherche. Cependant, il sera possible dans le futur de trouver le

concept de l'IdO n'importe où, n'importe quand et à la disposition de tout le monde. Pessemier a argumenté que « L'IdO consiste en un monde de données (énormes), qui, si elles sont exploitées correctement, contribueront à répondre aux problèmes d'aujourd'hui, notamment dans les domaines suivants : aérospatial, aviation, automobile, télécommunications, construction, médical, autonomie des personnes handicapées, pharmaceutiques, logistiques, gestion des chaînes d'approvisionnements, fabrication et gestion du cycle de vie des produits, sécurité, sûreté, surveillance de l'environnement, traçabilité alimentaire, agriculture et élevage. » [9].

II.2.6. Architectures de l'internet des objets

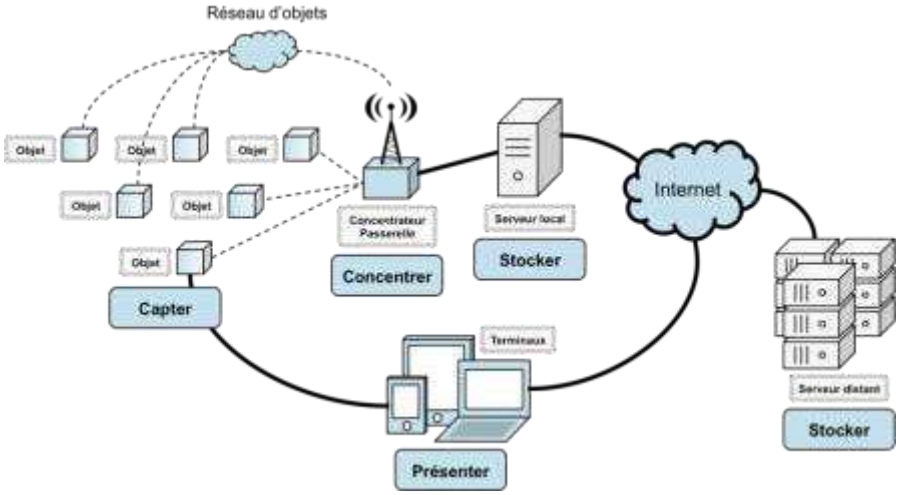


Figure II. 3: Schéma d'une architecture de l'IdO [16].

Précisons le rôle des différents processus présentés sur ce schéma (Figure II.3) :

- **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 (e.g. WiFi) ou des dispositifs grand public.
- **Stocker** qualifie le fait d'agréger des données brutes, produites en temps réel, méta taguées, arrivant de façon non prédictible.
- Enfin, **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 transverves 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 [16].

II.2.7. Les technologies de communication des objets connectent

Il existe plusieurs technologies de communication des objets connecté voir (Figure II.4)

II.2.7.1 Les technologies de courte portee

- **Le protocole NFC**

Les protocoles **Near Field Communication (NFC)** sont fondés sur la technologie d'identification par radio fréquence RFID (Radio fréquence identification). Les objets équipés d'une puce électronique RFID possèdent une « étiquette » et sont automatiquement identifiés par radio fréquence lorsqu'ils se trouvent à proximité d'un équipement appelé interrogateur.

Le protocole NFC est un standard de communication radiofréquence sans contact à très courte distance, de l'ordre de quelques centimètres, permettant une communication simple entre deux équipements électroniques. Il est par exemple utilisé dans de nombreuses entreprises pour les badges d'accès aux locaux, ou comme support d'un abonnement à un réseau de transport en commun [2].

- **Bluetooth**

Inventé en 1994 par la société suédoise Ericsson, le protocole **Bluetooth** est un standard de transfert de données sans fil. Il utilise une faible bande passante, ce qui ne lui permet de transférer que peu de données à de courtes distances, mais est également très peu énergivore. Inclus à l'immense majorité des téléphones mobiles, afin de réaliser une communication entre deux téléphones, ou entre un téléphone et un objet connecté de nature différente, il possède désormais de nombreuses applications : oreillette de discussion téléphonique sans fil, montre intelligente, moniteur de fréquence cardiaque, enceinte portative de diffusion de musique, station météo, thermostat, etc. Ce protocole est également utilisé sur des capteurs statiques appelés beamers pour mesurer des flux, par exemple des clients dans un magasin [2].

- **Zigbee**

Zigbee est un protocole de communication radio développé spécifiquement pour les applications de domotique. D'une portée moyenne de 10 mètres, il utilise une faible bande passante et est idéal pour le transfert de données en faible volume. Peu énergivore et conçu pour des échanges de données à bas débit, le dispositif Zigbee convient aux appareils alimentés par une pile ou une batterie, et en particulier aux capteurs. Il est conçu pour fonctionner en réseau maillé : chaque nœud reçoit, envoie et relaie des données. Il est par exemple utilisé par certains détecteurs de fumée [2].

II.2.7.2 Les technologies de moyenne portée

- **Z-Wave**

Le **Z-Wave** est un protocole de communication sans fil principalement dédié à la domotique. Il permet de transmettre des données sur des distances allant de 30 mètres en intérieur à 100 mètres en plein air. Il fonctionne en réseau maillé, chaque appareil connecté pouvant relayer les informations émises par ses voisins, ce qui lui permet d'élargir sa portée. Le protocole Z-Wave a été développé pour des usages peu énergivores nécessitant un faible débit de données. Tout comme le protocole Zigbee, l'utilisation de Z-Wave ne nécessite que

très peu de puissance et les appareils peuvent donc communiquer pendant plusieurs années avec une simple pile [2].

- **Wi-Fi**

Le **Wi-Fi** désigne un ensemble de protocoles de communications sans fil, permettant des connexions à **haut débit** sur des distances de 20 à 100 mètres. Il s'agit d'un réseau local sans fil très énergivore, qui ne convient que pour les appareils branchés sur secteur ou dont l'alimentation électrique peut être aisée et fréquente. Il permet de transférer rapidement beaucoup de données. Il existe différentes normes Wi-Fi correspondant à une portée et un débit variable [2].

- **Bluetooth low energy**

Aussi connue sous l'appellation Wibree, la technologie **Bluetooth Low Energy** (BLE) est un protocole de réseau personnel sans fil à très basse consommation. Comme la technologie Bluetooth originelle, le BLE ne permet de transférer qu'une quantité limitée de donnée à une distance moyenne de 60 mètres. La différence entre les dispositifs Bluetooth et BLE se situe au niveau de la consommation électrique nécessaire à la communication, qui est dix fois moindre pour BLE [2].

II.2.7.3 Les technologies de longue portee

- **Réseaux cellulaires mobiles**

Fournis par les opérateurs de télécommunication, les **réseaux cellulaires mobiles**, basés sur la technologie GSM, permettent de transférer une quantité importante de données à une longue portée. Ils nécessitent l'installation d'une carte SIM dans l'appareil à connecter, afin d'identifier celui-ci sur le réseau de communication. Succédant aux premières générations des standards pour la téléphonie mobile, qui ont progressivement permis d'accroître le débit de communication, la quatrième génération (4G) permet une communication mobile à très haut débit [2].

- **Réseaux radio –bas débit**

Sigfox est un réseau de communication radio sans fil à bas débit et à basse fréquence, d'une portée moyenne de 10 kilomètres en milieu urbain et de 30 à 50 kilomètres en milieu rural. Il est également une technologie créée par l'entreprise du même nom. Ce réseau convient à des appareils à basse consommation, dotés ainsi d'une grande autonomie, qui transfèrent une faible quantité de données.

LoRa est un protocole de communication radio à très basse consommation, qui permet de transmettre des données en petite quantité, à des distances de 2 à 5 kilomètres en ville et jusqu'à 45 kilomètres en milieu urbain. À l'instar de Sigfox, il s'agit d'un dispositif qui convient particulièrement aux équipements peu énergivores n'émettant que périodiquement, notamment les capteurs [2].

- **Réseaux propriétaires**

Certains grands groupes industriels, dotés de moyens financiers conséquents, préfèrent installer leur propre réseau de communication. Le déploiement de ces réseaux dits privés ou propriétaires est particulièrement intéressants en cas de déploiement à très grande échelle d'appareils communicants. C'est ainsi que m2ocity, filiale de Veolia Eau et d'Orange, a choisi d'installer son propre réseau de communication pour connecter les compteurs d'eau intelligents et réaliser des opérations de télé-relevé, de même que Suez.

Le système de comptage évolué à destination des clients résidentiels de gaz naturel de GRDF se fonde également sur un protocole radio à longue portée spécifique et propriétaire : une bande de fréquence radio réservée (169 MHz) est utilisée pour assurer la communication des données entre les compteurs et les concentrateurs de données, eux-mêmes chargés de transmettre au système d'information central les informations qu'ils ont collectées [2].

	Courte portée			Moyenne portée			Longue portée	
Technologie	NFC	Bluetooth	Zigbee	Z-Wave	Wi-Fi	BLE	SigFox	LoRa
Portée moyenne (en intérieur)	<10 cm	10 m	10 m	50 m	50 m	50 m	>2km	>2km
Débit (Mbit/s)	1.10^{-3}	1.10^{-3}	1.10^{-2}	1.10^{-2}	1.10^{2}	1.10^{-3}	1.10^{-3}	1.10^{-3}
Autonomie	Mois	Jours	Années	Années	Jours	Mois	Années	Années
Fréquence	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz 868 MHz	868 MHz	2,4 GHz 5 GHz	2,4 GHz	868 MHz	868 MHz
Usages	Téléphonie Cartes de paiement	Périphériques informatiques et multimédia	Domotique		Navigation Internet Transferts conséquents de données	Périphériques informatiques et multimédia	Prévention d'incidents Collecte de données Gestion de réseaux	

Figure II. 4 : Les technologies de communication des objets connectés.[2]

II.3. NODE-RED

II.3.1. Définition

Techniquement, il s'agit d'une application reposant sur Node.js et permettant le design des chaînes de traitement dans un environnement Web. Node-Red fonctionne comme un ETL : une palette de connecteurs, des composants de traitement, des possibilités de wiring entre tout cela. Regardons maintenant un peu plus dans le détail voir (Figure II.5) [12].

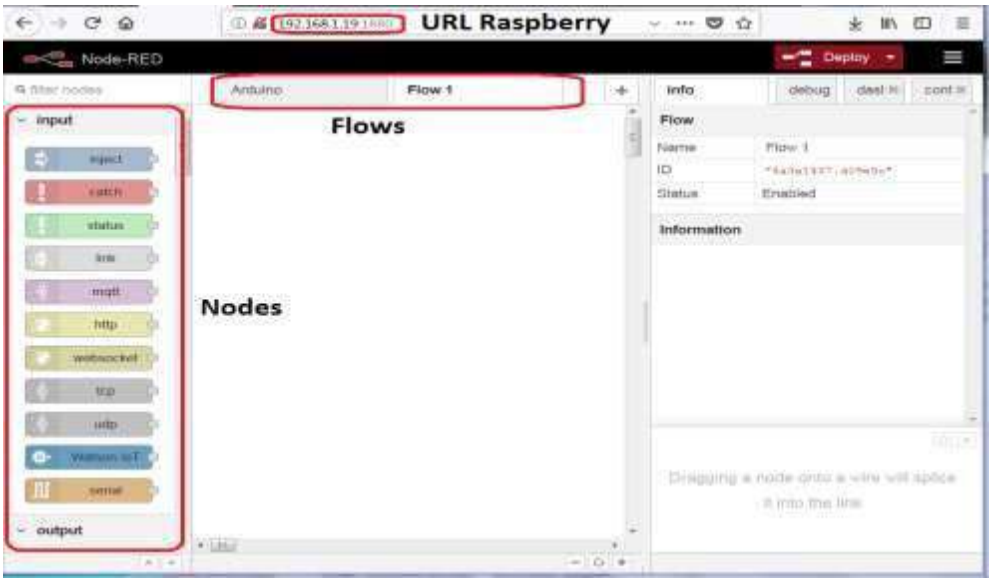


Figure II. 5 : Node Red.[13]

II.3.2. Les composants de la palette

La palette des composants vient par défaut avec un ensemble de connecteurs assez complet. On retrouve assez classiquement des composants permettant de lire (input) et écrire (output) des données, ainsi que plusieurs autres catégories : des fonctions (split, join, range, delay, …), de l'analyse (un simple composant d'analyse de sentiment par défaut), du stockage (file), etc. On trouve facilement en input et output de quoi construire les premières bases d'une chaîne de traitement. Les types récurrents dans l'IdO sont présents (MQTT, HTTP), néanmoins la liste comporte quelques manques. De même, la section analyse fait office de parent pauvre avec un seul composant à disposition, qui d'ailleurs est plutôt limité dans son usage.

Heureusement, cette palette n'est qu'une base de départ. Il est possible de l'enrichir de plusieurs façons :

- En installant de nouveaux composants depuis la liste officielle des composants Node-Red,
- En développant ses propres composants.

Dans le premier cas, le catalogue à disposition permet de rapidement couvrir un spectre très large et souvent suffisant pour 95% des besoins. Le support des protocoles manquants par défaut est plutôt large. On trouvera donc des composants XMPP, CoAP, etc. Mais on trouvera aussi des connecteurs vers des solutions de persistance complémentaires (InfluxDB, Cassandra, etc.), mais aussi Kafka, etc. Il s'agit ici d'un pool de presque 1000 composants de qualité et/ou maturité variable aussi.

Dans le second cas, il est possible de rapidement wrapper une librairie ou un service avec un composant custom. La documentation explique assez clairement la démarche à suivre [12].

II.3.3. L'éditeur

La création de flows est très simple : du drag & drop de composants, de la configuration via un panneau contextuel et du câblage entre composants. L'organisation par onglet permet de gérer un grand nombre de flows en les organisant de façon logique en sous-ensembles. Des facilités permettent aussi des appels entre flows, même s'ils ne sont pas présents sur le même onglet.[12]

II.3.4. Le déploiement d'un flow

Une fois installé, Node-Red expose la UI de design, mais permet aussi l'exécution des flows définis. L'édition d'un flow se conclut généralement par une action de déploiement voir (Figure II.6). 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.

Un simple clic sur le bouton de déploiement et les flows se trouvent mis à jour et opérationnels. Simple et efficace [12].

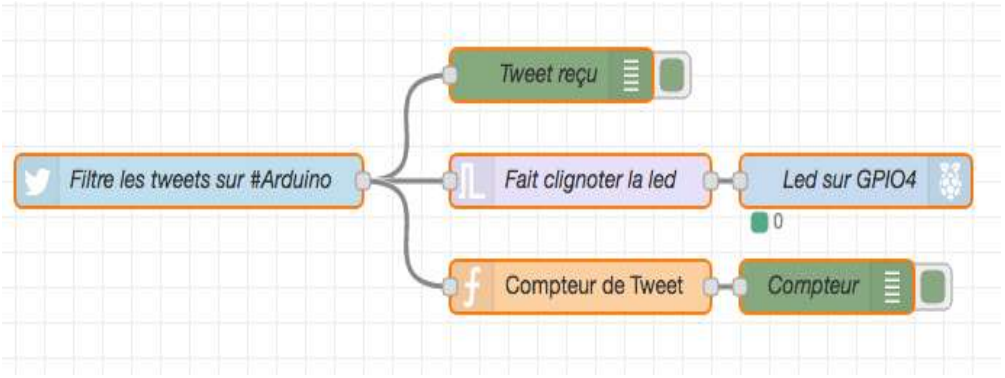


Figure II. 6: Exemple clignoter une LED par Node Red [5].

II.3.5. Dashboard

Ce module fournit un ensemble de nœuds dans Node-RED pour créer rapidement un tableau de bord de données en direct voir (Figure II.7).

Ces nœuds nécessitent la version 8. De node.js. La dernière version à prendre en charge le nœud v6 était 2.9.5.

À partir de la version 2.10.0, vous pouvez créer et installer des nœuds de widget comme les autres nœuds Node-RED. Voir le wiki pour plus d'informations [17].



Figure II. 7: Dashboard [17].

II.4. DEFINITION D'UN ARDUINO

Arduino est composé de matériel et de logiciel (Figure II.8). La carte Arduino est un circuit imprimé spécifiquement conçu pour héberger un microcontrôleur et donner accès à toutes ses entrées et sorties. Elle comprend aussi quelques autres composants électroniques qui permettent de faire fonctionner le microcontrôleur ou d'en étendre les fonctionnalités.

Un microcontrôleur est un petit ordinateur confiné dans un unique circuit intégré (une puce). Il constitue un excellent moyen pour programmer et pour contrôler des équipements électroniques. Il existe une grande variété de telles cartes à microcontrôleur, certaines des plus utilisées sont la platine Wiring, le PIC, le Basic Stamp et bien sûr Arduino.

Vous écrivez du code source dans l'environnement de développement Arduino pour dire au microcontrôleur ce que vous souhaitez qu'il fasse. Par exemple, en écrivant une seule ligne de code (une instruction), vous pouvez faire clignoter une LED. Si vous connectez un bouton-poussoir, vous pouvez ajouter une autre ligne de code pour que la LED s'allume quand le bouton est enfoncé. Avec d'autres instructions, vous pouvez faire en sorte que la LED ne clignote que lorsque le bouton est enfoncé. Ainsi, vous pouvez facilement amener le **système** à se comporter d'une certaine manière, ce qui serait difficile à faire sans microcontrôleur.

Comme un ordinateur de bureau, Arduino peut assurer une multitude de fonctions, mais il ne sert pas à grand-chose tout seul. Il a besoin que quelque chose soit connecté sur au moins une de ses entrées et/ou de ses sorties pour être utile. Comme le clavier et la souris d'un ordinateur, ces canaux de communication permettent à l'Arduino de sentir des objets du monde réel et d'agir dessus [18].

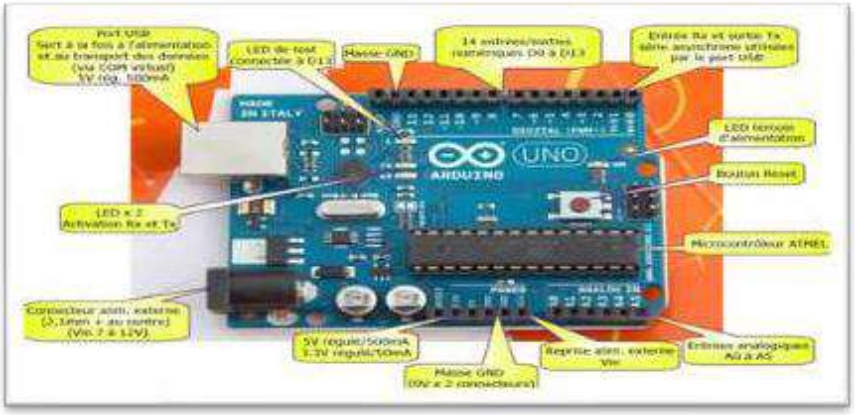


Figure II. 8 :Composants principales de l'Arduino Uno [18].

II.4.1. Principe de fonctionnement de l'Arduino

- On conçoit ou on ouvre un programme existant avec le logiciel Arduino.
- On vérifie ce programme avec le logiciel Arduino (compilation).
- Si des erreurs sont signalées, on modifie le programme.
- On charge le programme sur la carte.
- On câble le montage électronique.
- L'exécution de programme est automatique après quelques secondes.
- On alimente la carte soit par le port USB, soit par une source d'alimentation 8. Autonome (pile 9 volts par exemple).
- On vérifie que notre montage fonctionne [19].

II.4.2. Arduino ide

Arduino IDE est un logiciel open source principalement utilisé pour écrire et compiler le code dans le module Arduino (Figure II.9). C'est un logiciel qui rend la compilation de code trop facile, même pour une personne ordinaire sans aucune connaissance technique, pouvant se familiariser avec le processus d'apprentissage. Il est facilement disponible pour les systèmes d'exploitation tels que MAC, Windows, Linux et s'exécute sur la plate-forme Java dotée de fonctions et de commandes intégrées qui jouent un rôle essentiel pour le débogage, l'édition et la compilation du code dans l'environnement.

Une gamme de modules Arduino disponibles, notamment Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Leonardo, Arduino Micro et bien d'autres. Chacun d'eux contient un microcontrôleur sur la carte qui est réellement programmé et accepte les informations sous forme de code. Le code principal, également appelé esquisse, créé sur la plate-forme IDE générera finalement un fichier Hex qui sera ensuite transféré et chargé dans le contrôleur situé sur le tableau. L'environnement IDE contient principalement deux parties : l'éditeur et le compilateur, où ancien est utilisé pour écrire le code requis et, plus tard, pour compiler et télécharger le code dans le module Arduino donné. Cet environnement prend en charge les langages C et C ++ [20]



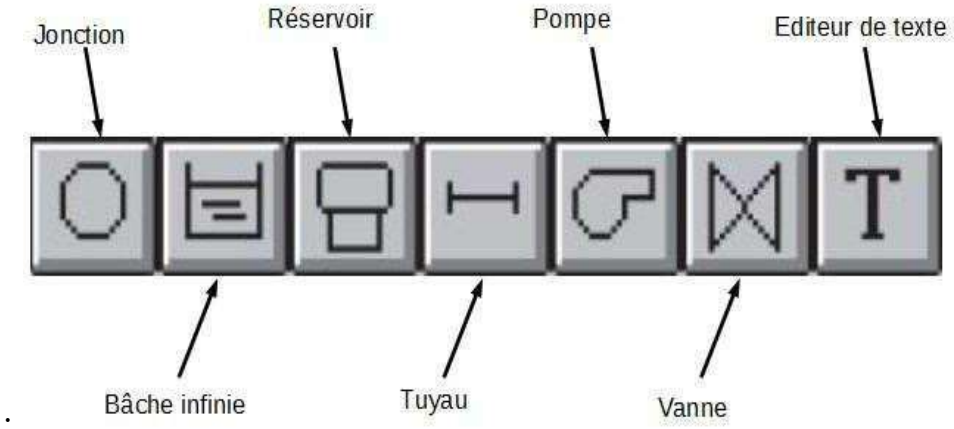
Figure II. 9 : Arduino IDE [20].

II.5. PRESENTATION DU EPANET

Est un logiciel servant à l'analyse de systèmes de distribution d'eau potable. Cette analyse comprend la simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression (conduites). C'est un logiciel du domaine public qui a été développé pour l'*Environnemental Protection Agency.* On sait qu'un réseau est un composé de tuyaux, nœuds, pompes, vannes, bâches et réservoirs. Epanet peut calculer différentes variables comme la pression à chaque nœud, le niveau d'eau dans les réservoirs, ainsi que la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du système.

Le logiciel Epanet permet une analyse hydraulique de réseau à partir des caractéristiques physiques des tuyaux et dynamiques des nœuds. Il peut être utilisé pour différents types d'application dans l'analyse de systèmes de distribution. Epanet offre aussi une aide à la recherche de stratégies alternatives pour gérer un réseau (modification du régime de pompage, précision d'usage des stations de rechloration, planification des entretiens et des remplacements des éléments du réseau, etc.). Epanet propose de maintenir et d'améliorer la qualité d'eau distribuée aux consommateurs [21].

Pour tracer un réseau nous devons utiliser la barre d'outils suivante (Figure II. 10)



:

Figure II. 10:Barre d'outils de EPANET [21].

Chaque élément possède ses propres caractéristiques et a une utilité particulière :

• Jonction (ou Noeud de demande) : Ce sont des points du réseau où les arcs se rejoignent. Ce sont des points d'entrée ou de sortie d'eau et peuvent ne pas avoir de débit.

Les données d'entrée minimales pour les noeuds de demande sont : l'altitude au-dessus d'un plan de réference (généralement le niveau de la mer), la demande en eau et la qualité de l'eau initiale.

• Bâche infinie : Ce sont des nœuds représentant une source externe de capacité infinie permettant de modéliser des lacs, des couches d'aquifère ou encore des arrivées d'eau extérieures.

Les données de base pour la bâche infinie sont la charge totale et la qualité initiale de l'eau.

• Réservoir : Ce sont des noeuds avec une capacité de stockage, dont le volume d'eau stocké peut varier au cours du temps. Les données de base pour les réservoirs sont : l'altitude du radier, le diamètre, le niveau initial, minimal et maximal de l'eau et la qualité initiale de l'eau.

• Tuyau : Ce sont des arcs qui transportent l'eau d'un point du réseau à un autre. EPANET suppose que tous les tuyaux sont peint à tout instant. L'eau s'écoule alors de l'extrémité qui a la charge hydraulique la plus élevée à celle qui a la charge hydraulique la plus faible. Les données de base pour les tuyaux sont : les noeuds initial et final, le

diamètre, la longueur, le coefficient de rugosité et l'état (ouvert, fermé ou avec clapet anti-retour).

• Pompe : Les pompes sont des arcs qui ajoutent de l'énergie à un fluide et augmentent ainsi sa charge hydraulique. Les principaux paramètres d'entrée sont : ses noeuds d'aspiration et de décharge et sa courbe caractéristique. Si on n'utilise pas de courbe caractéristique, la pompe est représentée comme un élément qui fournit une puissance constante au fluide pour toutes les combinaisons.

• Vanne : Les vannes sont des arcs qui limitent la pression ou le débit en un point précis du réseau.

Les principaux paramètres d'entrée sont : les noeuds d'entrée et de sortie, le diamètre, le type de vanne, la consigne de fonctionnement et l'état de la vanne [21].

Grâce à tous ces éléments nous pouvons construire un modèle. Un réseau doit au moins contenir un réservoir ou une bâche infinie devant être relié à l'aide d'une conduite à une jonction. Ainsi grâce à ces outils nous pouvons obtenir par exemple le réseau suivant (Figure II.11) :

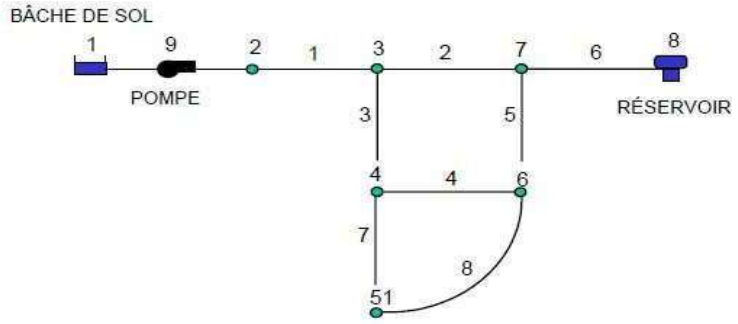


Figure II. 11: Exemple du réseau [13].

II.6. CONCLUSION

Dans ce chapitre une idée est donnée sur le matériel et les softwares nécessaires pour notre projet. Le concept de l'IdO est simplifié du moment ou tous les outils sont présentés pour le réaliser.

CHAPITRE III REALISATION PRATIQUE

III.1 INTRODUCTION

Après avoir présentés tous outils utilisés que ce sont hardwares et softwares. Dans ce chapitre on va présenter les différentes parties de notre réalisation pratique qui est la conception, supervision et contrôle d'un système de distribution d'eau potable à base de l'internet des objets selon les étapes suivantes :

- Cahier de charges.
- Solution proposée.
- Présentation des composants et dispositifs utilisés.
- Algorithmes et Protocole de communication.
- Interface homme machine (IHM)
- Tests et validation.

III.2 CAHIER DE CHARGES

Dans le but de réalisation de notre système de supervision et de contrôle basé sur l'internet des objets appliqués sur un prototype d'un réseau de distribution d'eau 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 :

- Conception et simulation d'un système de distribution d'eau à l'aide de EPANET.
- Supervision des paramètres d'un réseau de distribution d'eau : débit, niveau d'eau, pompes, électrovannes par EPANET et interface homme machine.
- La collecte des données en utilisant un réseau de capteur et actionneur sans fil : Capteur de niveau d'eau et débitmètre, pour les actionneurs on utilisera des pompes ainsi que de électrovannes.
- La solution proposée est à base de matériels hardware : utilisation d'Arduino et les modules de communication radiofréquence NRF24L01.
- Réalisation d'une IHM pour la supervision et le contrôle à base de Node-Red d'IBM.
- La solution proposée est implémentée dans une plateforme d'IdO.

III.3 FONCTIONNEMENT GENERAL DU SYSTEME DE SUPERVISION ET DE CONTROLE PROPOSE

Le système de supervision et de contrôle développé (basé sur l'Internet des Objets) est appliqué sur un réseau de distribution d'eau potable. Le système utilise des capteurs indiquant le débit d'eau dans les canalisations et un capteur et de niveau d'eau dans les châteaux d'eau (réservoir).

Le mode de fonctionnement du système est choisi depuis l'IHM, soit automatique ou manuel. Si le mode est automatique, un algorithme est implémenté dans Node-RED pour faire fonctionner le réseau selon un programme hebdomadaire ou chaque actionneur est contrôlé selon un planning hebdomadaire. Les valeurs mesurées : débit d'eau et le niveau d'eau sont envoyées vers le nœud principal à travers le dispositif de communication sans fil comme illustré par la (Figure III.1) Ce nœud connecté au PC à travers une communication série envoie ces informations issues des capteurs à l'IHM.

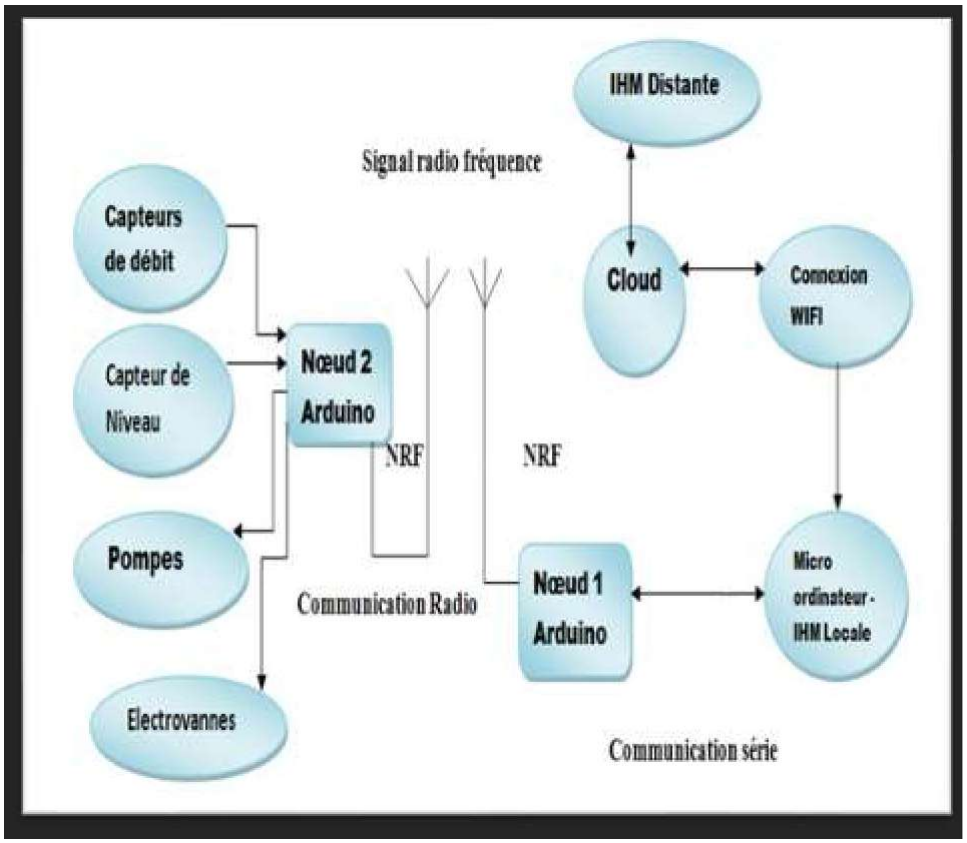


Figure III. 1:Système de supervision et de contrôle.

III.4 LA CONCEPTION D'UN RESEAU DE DISTRIBUTION D'EAU POTABLE A L'AIDE DE EPANET

III.4.1 Simulation d'un réseau de distribution d'eau potable

Dans cet exemple (Figure III.2) on a fait la conception d'un réseau de distribution d'eau potable qui contient deux sources d'eau, un réservoir (tank), deux pompes, deux électrovannes ainsi. On a fait la simulation après les réglages et la configuration des composants et outils de cet exemple puis on a le contrôlé dans un temps bien définie et on a vu le débit et la pression dans les tuyaux.

Le logiciel EPANET nous a permet de voir plusieurs graphs correspondants au fonctionnement du réseau comme l'équilibre du débit du système (Figure III.3).

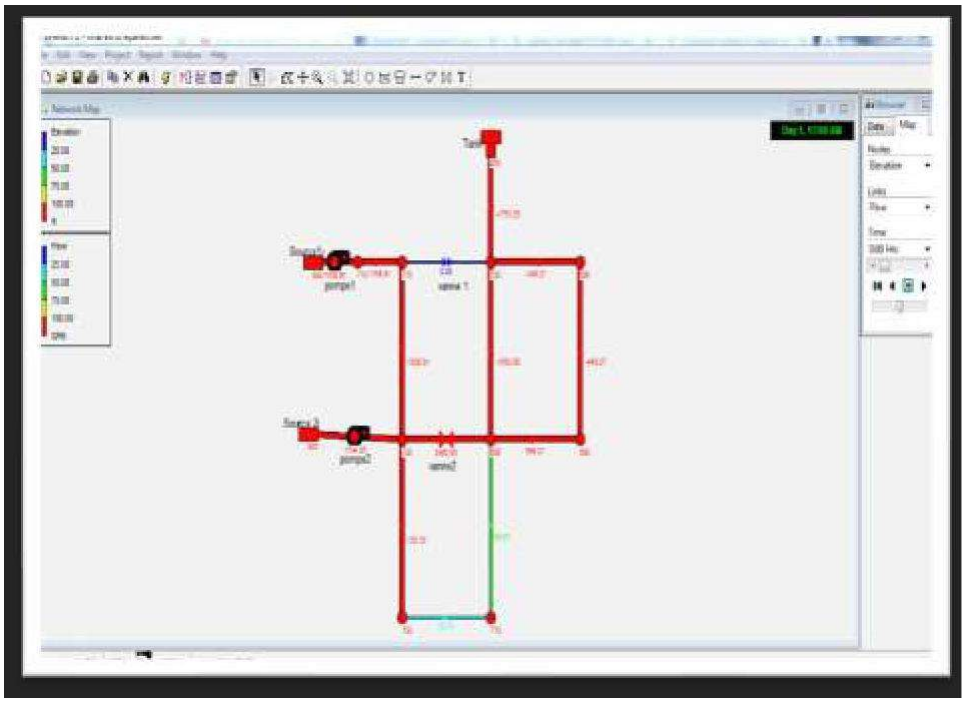


Figure III. 2: simulation d'un système de distribution d'eau.

Dans cet (Figure III.3) on a représenté le débit en fonction de temps qui nous a permet d'obtenir deux graphs montrant un système de balancement de débit entre la consommation et la production de l'eau.

La ligne rouge désigne l'eau produit et la ligne verte désigne l'eau consommé, le résultat de la comparaison entre ces deux graphs explique qu'il y'a une relation réversible.



Figure III. 3 : équilibre du débit du système.

III.4.2 Réseau de la réalisation pratique

Au début on a prévu de travailler sur le réseau présenté par la figure III.3 mais faute de disponibilité de quelques composants on s'est limité au réseau de la figure III.4. Le nombre de jonction est réduit à 6 un seul réservoir est utilisé et seule source avec deux pompes et deux électrovannes.

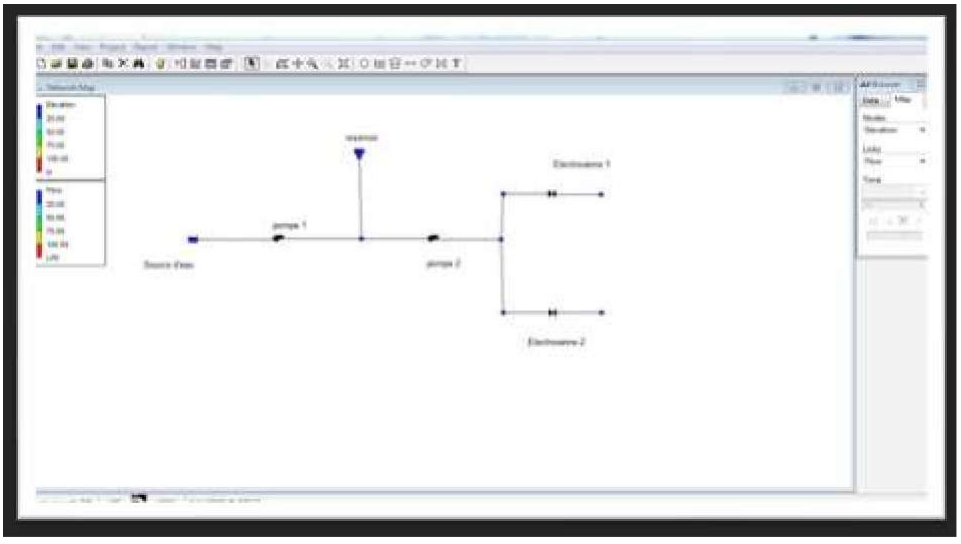


Figure III. 4 : réseau de la réalisation.

III.5 PRESENTATION DES COMPOSANTS UTILISES

III.5.1 Module relais

III.5.1.1 Définition

Comme son nom l'indique, il sert en tout premier lieu à " relayer ", c'est à dire à 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 permet également la transition entre deux sources différentes en isolant ces dernières. Il autorise des temporisations, des verrouillages, des impulsions... bref, les fonctions d'un relais sont aussi nombreuses que différentes[22].

III.5.1.2 Description produit

- VCC :5V
- GND
- TTL : pour ouvrir ou fermer le relai [23]

III.5.1.3 Caractéristiques

- Dimensions : longueur 4.0 cm, largeur 2.7 cm et hauteur 1.8 cm
- Poids 14g
- Tension max : 240V AC et 30V DC. Courant max : 10A.
- Voltage de bobine : 5V
- Puissance : 0.36W
- Résistance de la bobine : 55 Ohm [23].

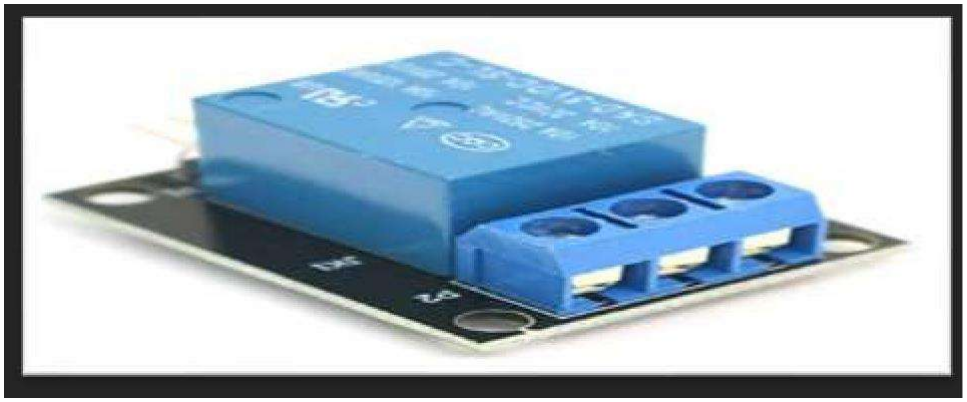


Figure III. 5**:** Le module relais SRD-05VDC-SL-C [24].

III.5.1.4 Connecter un relais à l'Arduino[24]

- VCC -> +5V de l'Arduino
- GND -> GND de l'Arduino
- IN (Signal) -> Pin 13 de l'Arduino

Coté sortie du module relais

- NC – Normaly closed (Normalement fermé) Que nous n'utiliserons pas
- COM
- NO – Normaly open (Normalement ouvert)

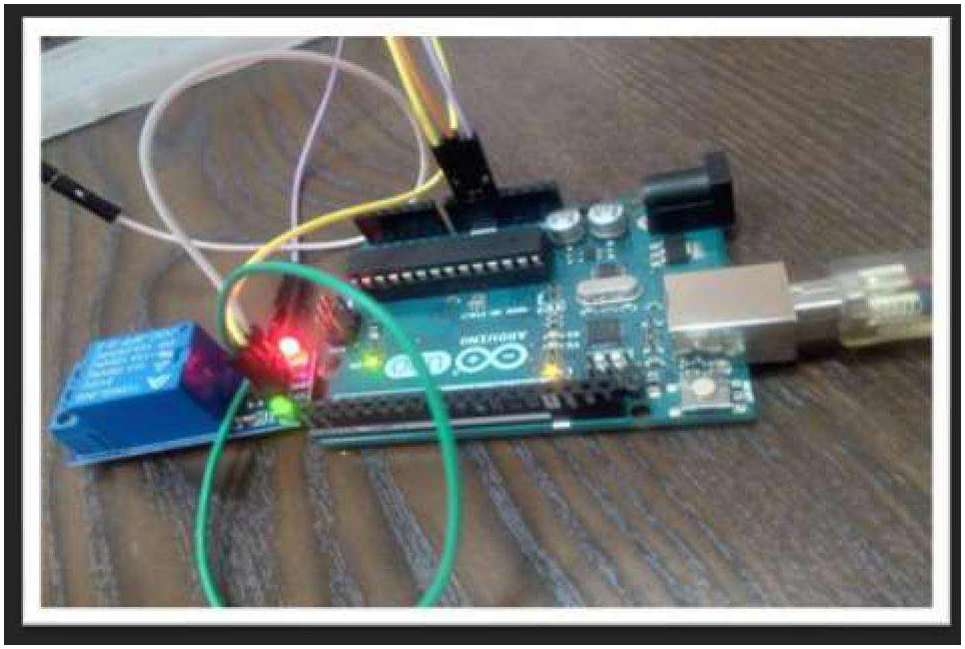


Figure III. 6 : montage d'un relais avec Arduino.

III.5.2 LES CAPTEURS

III.5.2.1 Capteur de débit d'eau (débitmètre)

III.5.2.1.1 Définition

Le **débitmètre** (Figure III.7) est un type d'instrument de mesure, essentiellement mécanique, conçu pour mesurer le débit volumétrique de fluides, que ce soit des gaz ou des liquides, ou pour la mesure du débit massique. Ces appareils sont généralement placés en ligne avec le tuau qui transporte.

Il existe des versions mécaniques et électriques. Un exemple de débitmètre électrique peut être trouvé dans les chauffe-eaux pas-à-pas qui l'utilisent pour déterminer le débit qui circule ou dans les machines à laver pour remplir le réservoir à différents niveaux[25].



Figure III. 7**:** Capteur de débit YFS201[26].

III.5.2.1.2 Principe de fonctionnement

Ce capteur de débit YFS201 est constitué d'un rotor et d'un capteur à effet hall. Lorsque l'eau passe dans le capteur, le rotor tourne à une vitesse en fonction du débit [26].

III.5.2.1.3 Caractéristiques

Brochage :

- Noir : masse
- Rouge : +5 à +24 Vcc
- Jaune : signal
- 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 [26]

III.5.2.1.4 Principe de montage

Le capteur de débit YFS201(Figure III.8) contient trois fils de connexion (5V, GND, Signal) on a connecté le 5v avec la broche 5v de l'Arduino et GND avec la broche GND d'Arduino et signal avec pin 2. On n'a pas mis le montage réel par ce que on n'a pas obtiens le capteur de débit car nos mal condition (covid 19)

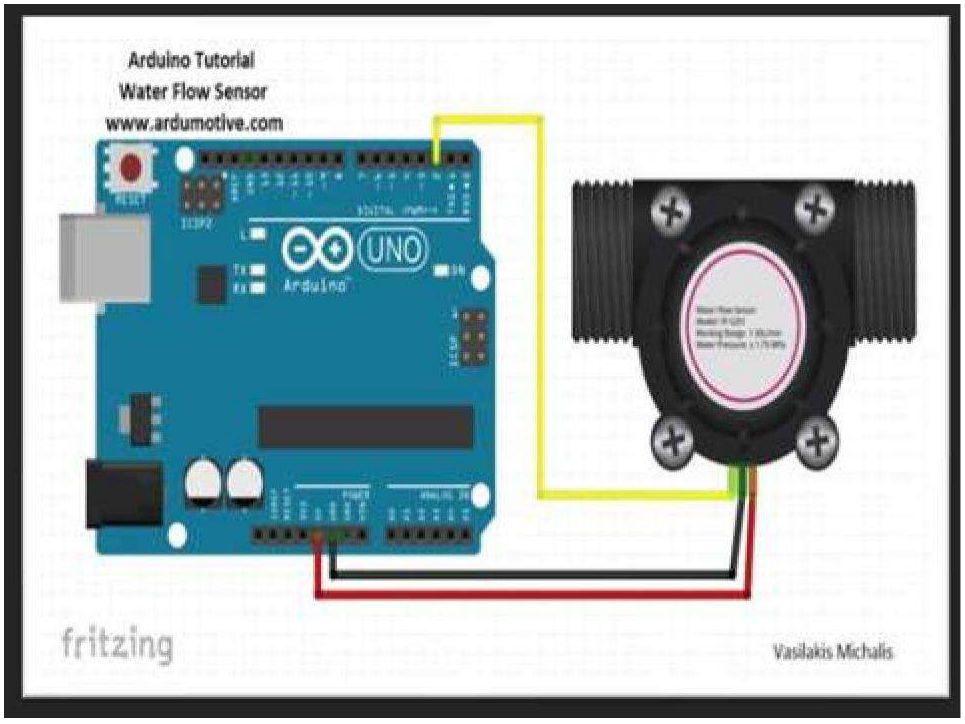


Figure III. 8 : Principe de montage de capteur débit YFS201[27].

III.5.2.2 Capteur de niveau d'eau

III.5.2.2.1 Définition

Un capteur de niveau (Figure III.9) est un dispositif électronique qui permet de mesurer la hauteur du matériau, en général du liquide, dans un réservoir ou un autre récipient. Une partie intégrante du contrôle de procédé dans de nombreuses industries, les capteurs de niveau se divisent en deux types principaux. Le capteur de niveau de mesure de point est utilisé pour marquer une seule hauteur de liquide discrète - une condition de niveau prédéfinie [28].

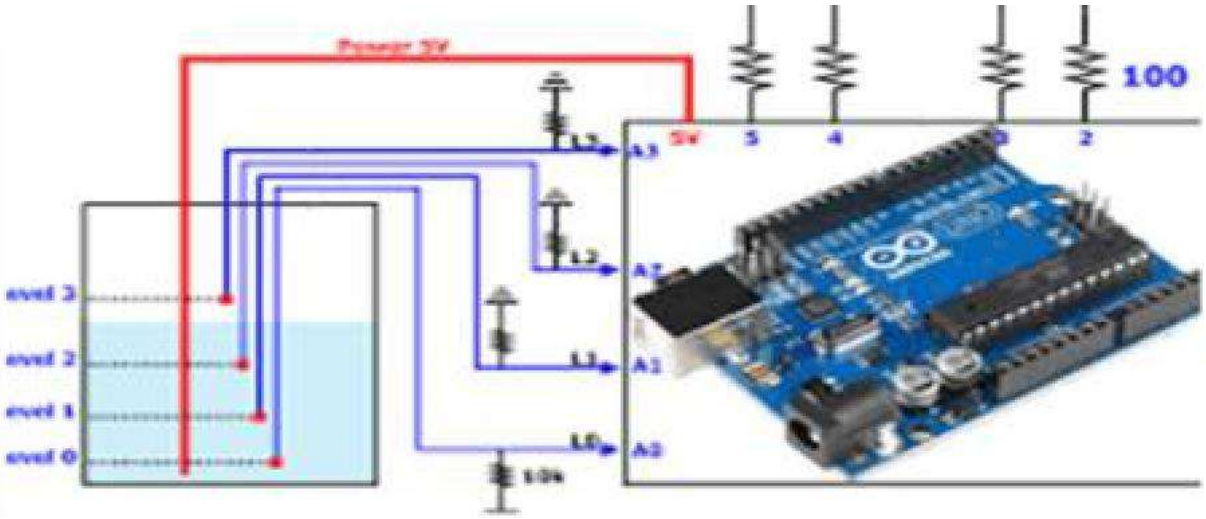


Figure III. 9 : Capteur de niveau avec Arduino [29] .

III.5.2.2.2 Principe de fonctionnement et montage

Le projet est une application simple du capteur de niveau d'eau avec Arduino. Le projet ne nécessite pas l'utilisation des transistors pour augmenter le courant. La mise en oeuvre nécessite uniquement des fils, une carte Arduino et des résistances (10k…100k). L'astuce consiste l'utilisation de la propriété de conductivité de l'eau. En effet, nous avons utilisé une barre (ou un fil) conductrice injectée dans le réservoir de l'eau. La détection du niveau est assurée par le contact de l'eau avec la pointe (conductrice) du fil qui lui correspond.

Lorsque la pointe (l'extrémité du fil du niveau) n'a pas de contact avec l'eau : dans ce cas, l'entrée analogique Ax (A0… À3) vois la tenson aux bornes de résistance 10 K, elle est égale à 0V (entrée en air).Lorsque la pointe (l'extrémité du fil du niveau) est en contact avec l'eau : Dans le cas ou l'eau est considéré comme un conducteur parfait, la pointe rouge du fil dans le réservoir voit une tension égale à 5V, car l'eau est alimentée avec une tension égale à 5V. Dans le cas pratique, la valeur de la tension est inférieure à 5V. Dans notre exemple on choisit un seuil de l'ordre de 1.9V[29].

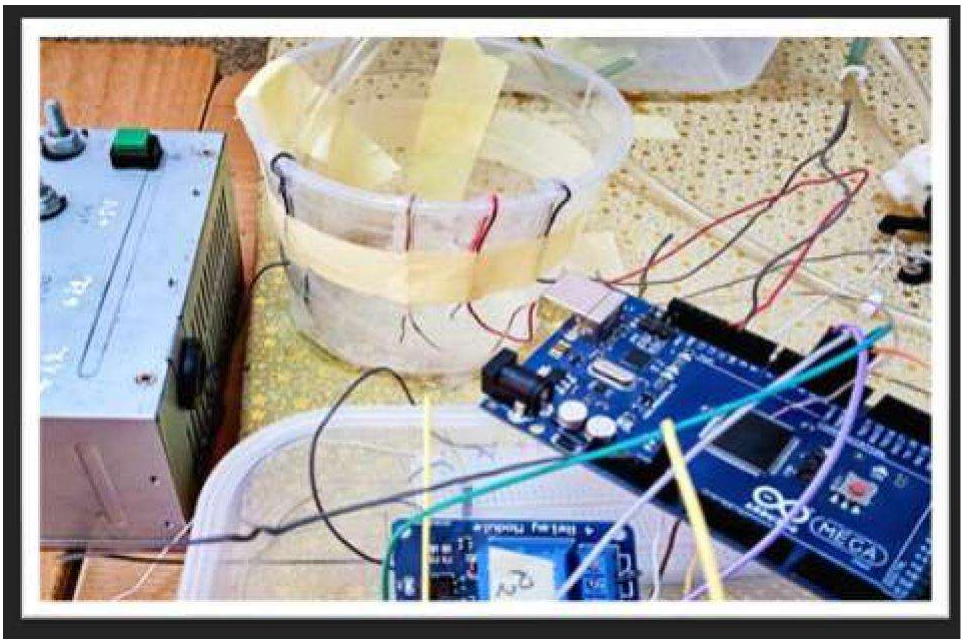


Figure III. 10:Principe de montage d'un capteur de niveau.

Dans ce montage on a réalisé un capteur de niveau (Figure III.10) :

- On a relié le fil noir de l'alimentation à la broche 5V de l'Arduino
- Relié le fil doré de niveau 1 au PIN 13 de l'Arduino
- Relié le fil rouge de niveau 2 au PIN 12
- Relié le fil gris de niveau 3 au PIN 11.

Les actionneurs

III.5.2.3 Les pompes

Pour suivre le rythme des exigences et des besoins de la vie en raison du développement urbain et industriel, il était nécessaire de transporter des liquides, en particulier de l'eau, d'un endroit à un autre rapidement et avec beaucoup d'efforts, car la tâche de transporter l'eau dans le passé était l'une des tâches les plus difficiles et les plus consommatrices de temps et d'efforts. D'un endroit à un autre [27].

III.5.2.3.1 Caractéristiques d'une pompe a membrane 12 v

- [Haute qualité] Cette pompe à eau à membrane est fabriquée dans un matériau de haute qualité, avec rotation douce, faible bruit et longue durée de vie.
- [Puissante] Cette pompe peut supporter une température de 80/167 et la plage d'aspiration maximale peut aller jusqu'à 2 m.

- [Puissante] Cette pompe peut supporter une température de 80/167 et la plage d'aspiration maximale peut aller jusqu'à 2 m.
- [Bonne performance] Taille compacte et structure solide, facile à installer et à entretenir. C'est un bon remplacement pour votre ancienne pompe à eau.
- [Caractéristique] Le corps de la pompe est scellé pour empêcher toute pénétration d'humidité et de poussière. Il se caractérise par une résistance à la corrosion et une fiabilité élevée [30].

III.5.2.3.2 Principe de fonctionnement

Le projet est un système automatique de pompage (Figure III.11). Il sert à contrôler le remplissage d'un réservoir d'eau (ou fluide) d'une manière automatique en utilisant une pompe électrique. Le montage est constitué des éléments suivants :

Pompe (P) : Elle permet de remplir le réservoir avec de l'eau lorsque le niveau d'eau est faible. La pompe est mise en marche lorsque le niveau d'eau est atteint de niveau bas (B). Elle s'arrête lorsque le niveau d'eau arrive au niveau haut (H).

Carte relais : Mise en marche/arrêt de la pompe. La carte relais contient un relais de puissance (AC/DC) qui assure la mise sous tension de la pompe. Les caractéristiques du relais doivent être adéquates avec celle de la pompe (tension, puissance). Nous utiliserons dans ce projet un relais (12V) menu avec un étage de puissance (isolation optique, transistor, diode de retour, etc.). En effet une tension TOR 5V à faible courant permet de déclencher le relais. Le relais ne nécessite pas un transistor de puissance, tout est intègre dans la carte relais [31].

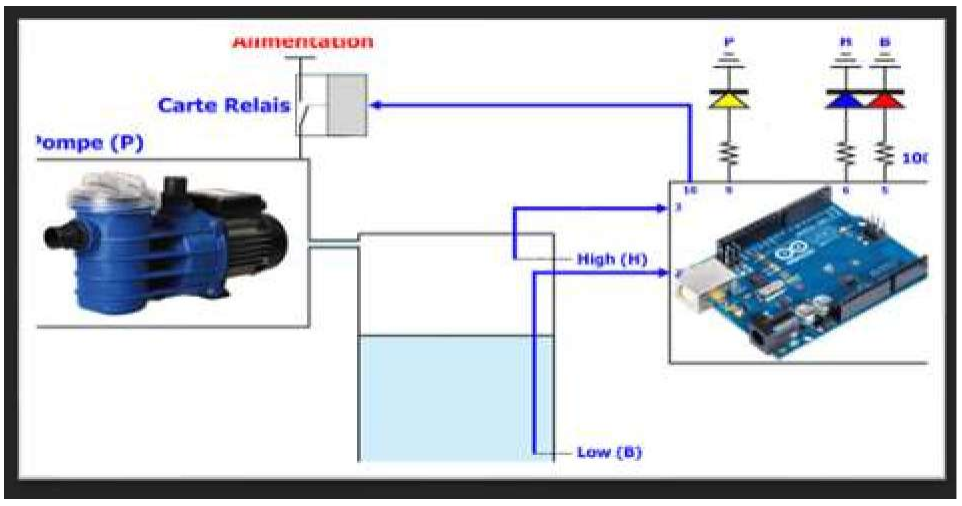


Figure III. 11: Système automatique de pompage avec Arduino[31]..

Dans les deux montages de pompes (Figure III.12) on a utilisé un module relais pour séparer les circuits de commande des circuits de puissance à des fins d'isolement et un Arduino pour broncher chaque pompe de notre système dans sa PIN et à l'alimentation de 12V.

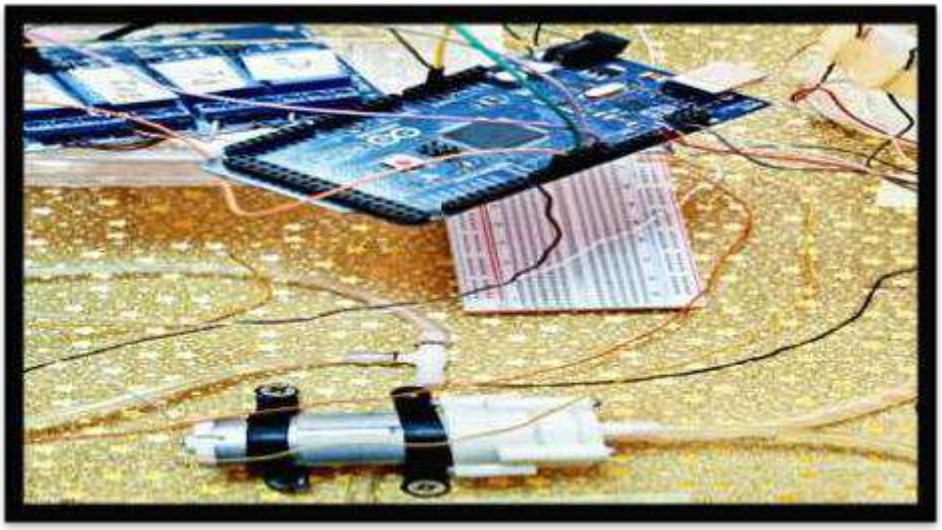


Figure III. 12 : montage réel de pompe à 12V.

III.5.2.4 Les électrovannes

L'électrovanne est un élément essentiel d'un système d'arrosage intégré. Cet accessoire permet d'ouvrir ou de fermer l'arrivée d'eau de façon automatique, une fonction qui peut s'effectuer également via un programmateur [32].

III.5.2.4.1 Caractéristiques d'une électrovanne 12v

- Diamètre (entrée - sortie) : 8 mm
- Pression de service : de 0.02 à 0.8 MPa (0.2 à 8 bars)
- Température de service : de 1 °C à 60 °C
- Temps de réponse (ouvert) : 0.15 s
- Temps de réponse (fermé) : 3 s
- Tension : 12 VCC
- Poids : 95 g
- Connexion : 6.3 mm (pour FBF6 ou FBMI) [33]

III.5.2.4.2 Principe de montage

Dans les deux montages d'électrovannes (Figure III.13) et (Figure III.14) on A utilisé un module relais pour séparer les circuits de commande des circuits de puissance à des fins

d'isolement et un Arduino pour broncher chaque électrovanne de notre système dans sa PIN et à l'alimentation de 12V.



Figure III. 13 : montage d'une électrovanne de 12V.

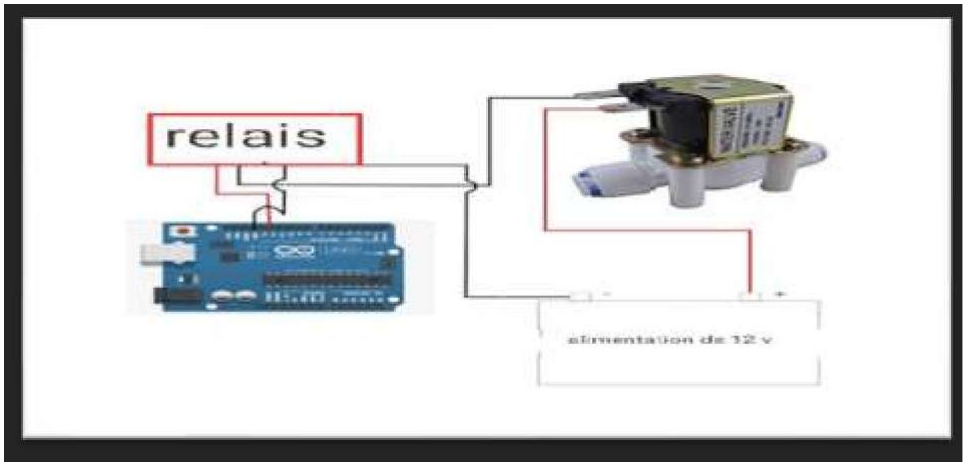


Figure III. 14: Montage electrovanne avec Arduino[34].

III.6 SUPERVISION, ALGORITHMES DE CONTROLE ET PROTOCOLE DE COMMUNICATION

Le processus de supervision et contrôle des actionneurs et capteurs de notre réseau de distribution d'eau dans (Figure III.15). Le mode, par lequel les actionneurs et les capteurs sont contrôlés (les capteurs de débit, capteur de niveau, pompes, électrovannes) ; est spécifié par le superviseur depuis l'IHM basé sur l'internet des objets. Le PC (microordinateur) envoie le mode de fonctionnement vers l'Arduino via le port série.

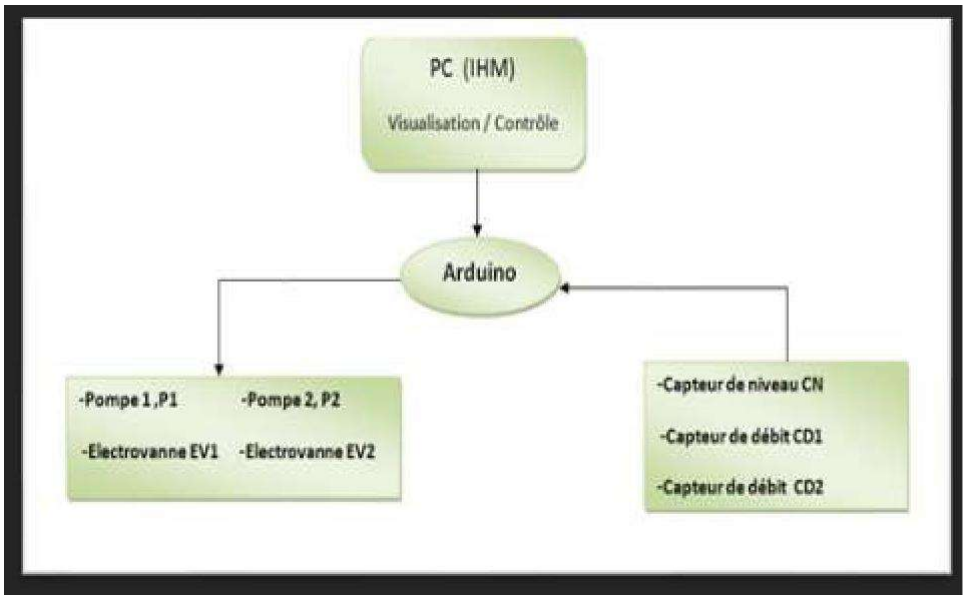


Figure III. 15: Schéma général de supervision et contrôle de notre système.

III.7 COMMUNICATION AVEC LE MODULE NRF24L01

III.7.1 Présentation

Les modules nRF24L01 (Figure III.16) sont des émetteurs / récepteurs qui utilisent la bande de fréquence 2.4 Ghz. Ils possèdent une antenne intégrée et fonctionnent en modulation GFSK avec 125 canaux possibles. La vitesse de fonctionnement maximale est de 2 Mbps (Mégabits par secondes), avec une faible consommation électrique [24].

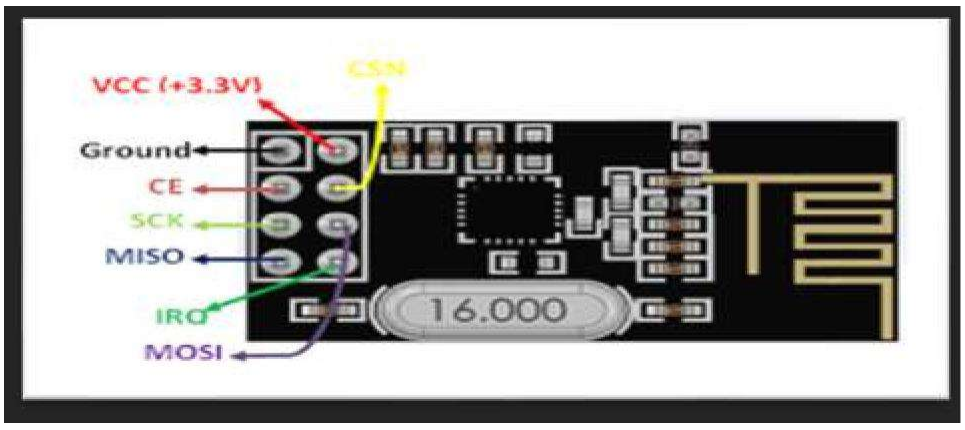


Figure III. 16 : modules nRF24L01 [35].

III.7.2 Liaison SPI

La liaison SPI (Figure III.17) (pour Serial Peripheral Interface) est une liaison série synchrone (bi-directionnelle) qui opère en mode full- duplex. Les circuits communiquent selon

un schéma maître-esclaves, où le maître s'occupe totalement de la communication. Plusieurs esclaves peuvent coexister sur un même bus, dans ce cas, la sélection du destinataire se fait par une ligne dédiée entre le maître et l'esclave appelée Slave Select (SS).

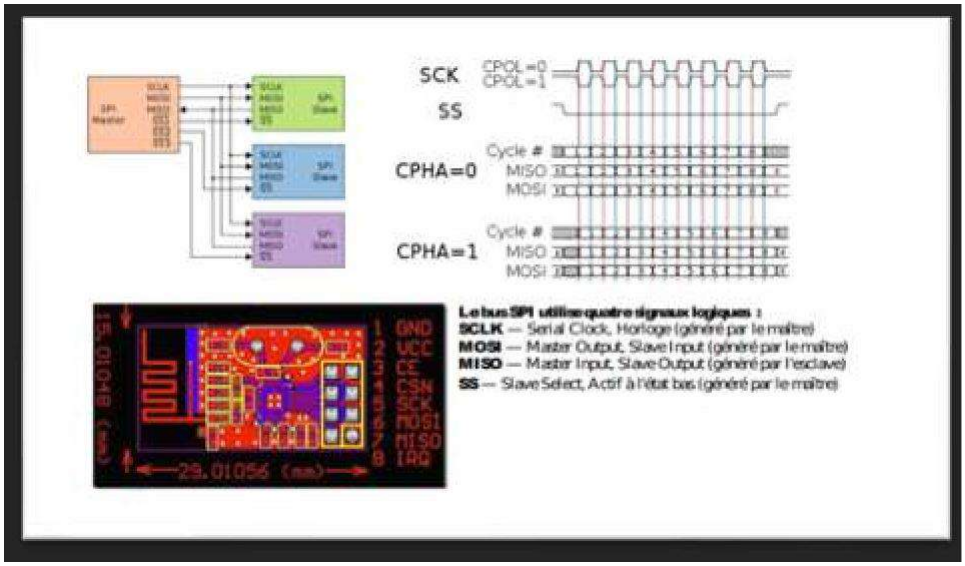


Figure III. 17: liaison spi (Communication maitre/esclave)[24].

III.7.3 Pins Configuration of nRF24L0

En ce qui concerne la configuration des broches du module émetteur-récepteur nRF24L01, il a 8 broches. Ce sont VCC, GND, MOSI, MISO, SCK, IRQ, CE et CSN.

- VCC : broche d'alimentation. Seulement 3,3V doivent être fournis.
- GND : broche GND de l'alimentation.
- SCK : broche d'horloge SPI.
- MOSI : broche d'entrée de données esclave SPI.
- MISO : broche de sortie de données esclave SPI.
- IRQ : broche d'interruption active LOW.
- CE : broche d'activation de la puce.
- CSN : broche de sélection de puce SPI [36].

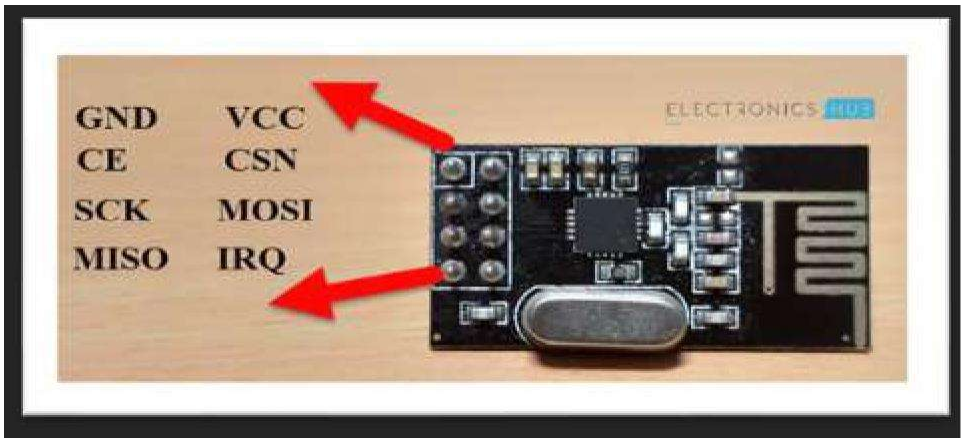


Figure III. 18 : les PINS d'un nRF24L0[36].

III.7.4 Principe de fonctionnement d'un nRF24L0

Principe de fonctionnement : Les modules nRF24L01 sont des émetteurs / récepteurs qui utilisent la bande de fréquence 2.4 Ghz . Le protocole de transmission ShockBurst permet de garantir une transmission fiable sans s'occuper des détails. Les paquets ShockBurst transmis lors d'une émission contiennent cinq champs : un champ préambule, un champ d'adresse permettant de communiquer avec un autre module bien identifié un champ de contrôle de paquets, un champ dit « payload » constitué des octets à transmettre (de 0 à 32 octets). Et un champ de détection d'erreur CRC [37].

Preamble 1 byte	Adresse3-5 byte	Packet control filed 9bit	Playload 0-9 byte	CRC 1-2 byte

Tableau III .1 : Protocole de transmission [16].

Une modulation GFSK avec 125 canaux, des sauts de fréquence, couplés à un dispositif intégré de détection d'erreur CRC, un adressage des messages, permettent un anti-parasitage très efficace.

III.7.5 Principe de montage (maitre/ esclave)

Le brochage de l'émetteur (maitre) et le récepteur (esclave) avec Arduino Uno est illustré dans la figure III.19 (essayer de donner une image claire : les broches dans Arduino n'apparaissaient pas) [37].

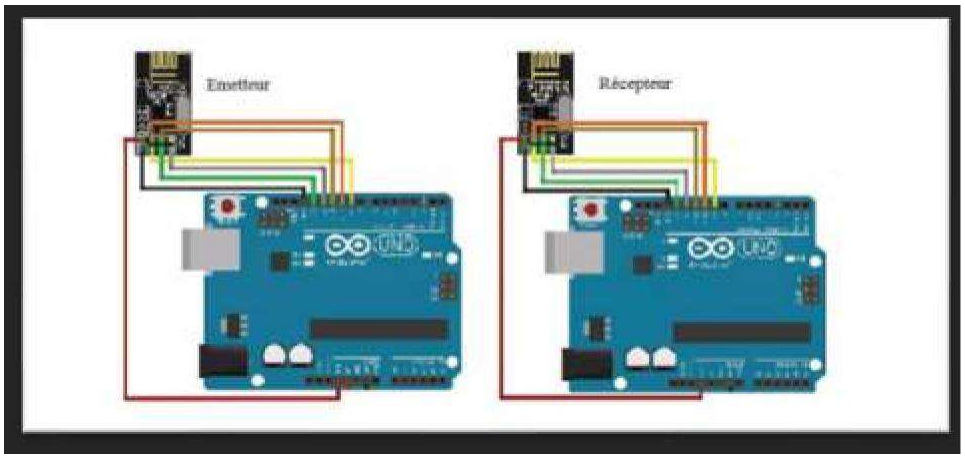


Figure III. 19 : Brochage maitre / esclave avec Arduino un[37].

III.8 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 (IdO) 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 »

Les nœuds (nodes) de base sont déjà bien fournis dans Node Red, mais on doit ajouter des nœuds de tableau de bord (Dashboard) pour créer l'interface homme-machine. Avant tout, on besoin d'installer le gestionnaire des nœuds (voir la figure III.20).

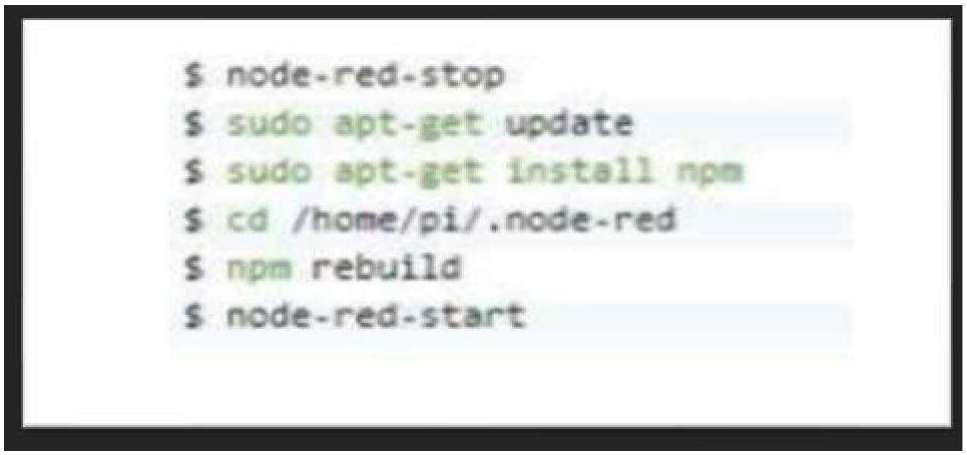


Figure III. 20 : Installation de gestionnaire des palettes.

Après l'exécutions des commandes précédentes, nous pouvons installe des nouveaux nœuds, la figure (III.21) présente comment installer des nœuds.

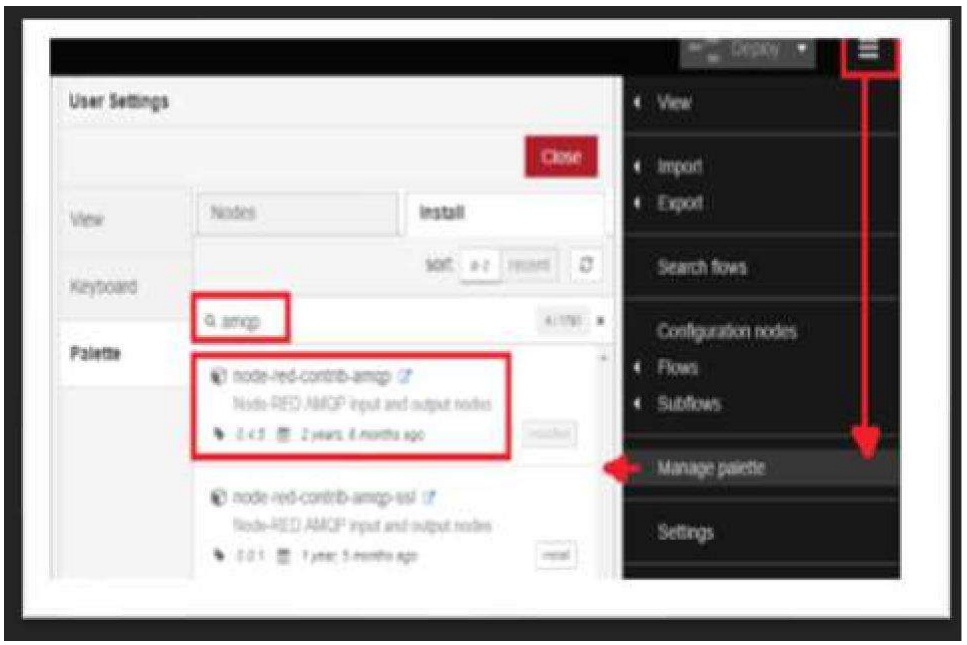


Figure III. 21: Installation des nouvelles palettes .

III.8.1 Installation de Dashboard

Les étapes d'installation de Dashboard sont les suivantes :

- On dispose désormais du gestionnaire des nœuds dans le menu, voir figure III.22.
- Manage Palette puis on cherche la palette des nœuds à installer.

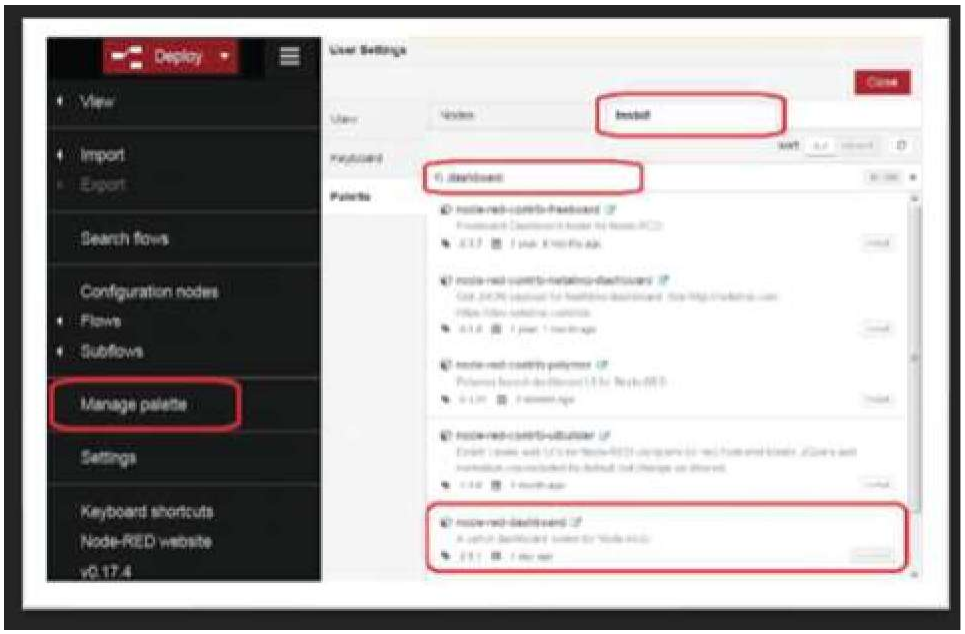


Figure III. 22 : Installation de Dashboard.

III.8.2 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 » (voir la figure III.23)

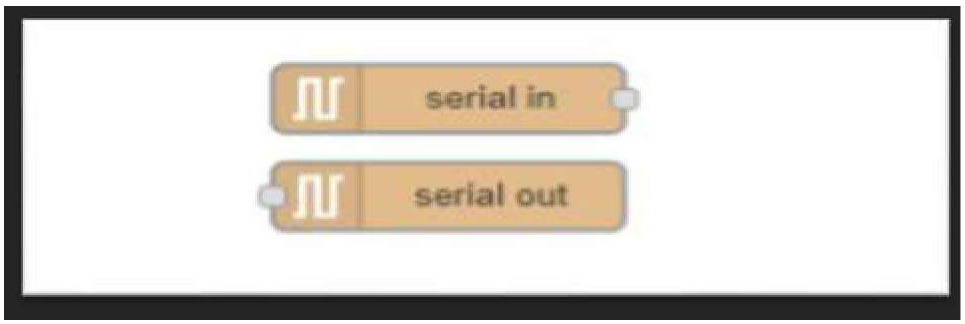


Figure III. 23: Palette serial.

Pour recevoir ou envoyer via un port USB local, on clique sur le nœud pour configurer les paramètres de port série (spécifier le COM, le débit de transmission...etc.) (Voir la figure III.24).

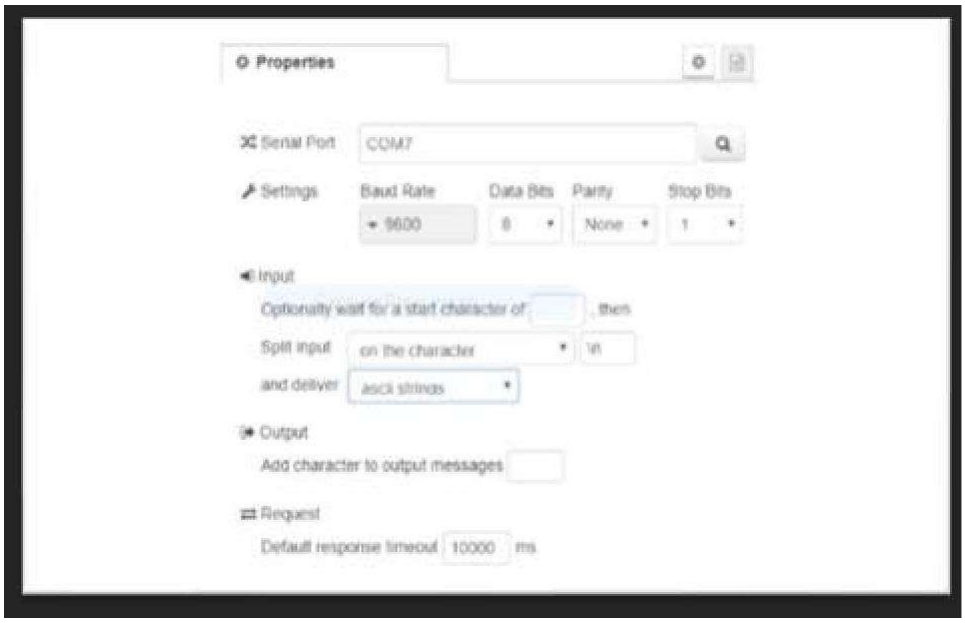


Figure III. 24: Configuration de nœud Serial.

III.8.3 Séparation de données via 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.25 pour chaque fonction.

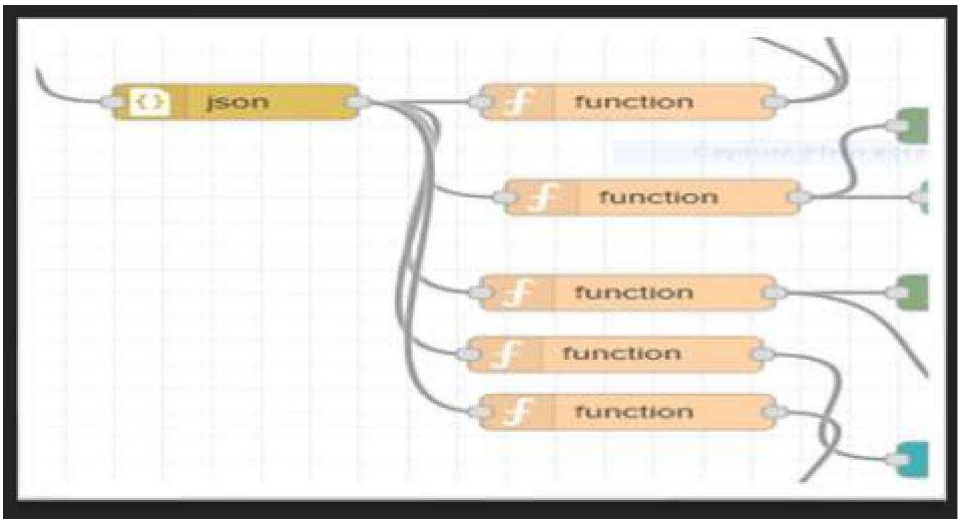


Figure III. 25: Séparation de données via Json.

Avec le nœud Json on a pu de séparer cinq fonctions des capteurs qu'on a utilisé : deux pour les deux capteurs de débit et les trois autres pour exprimer le capteur de niveau d'eau, dans la figure III. 26 il ya un exemple de configuration de l'une des fonctions séparées par Json.

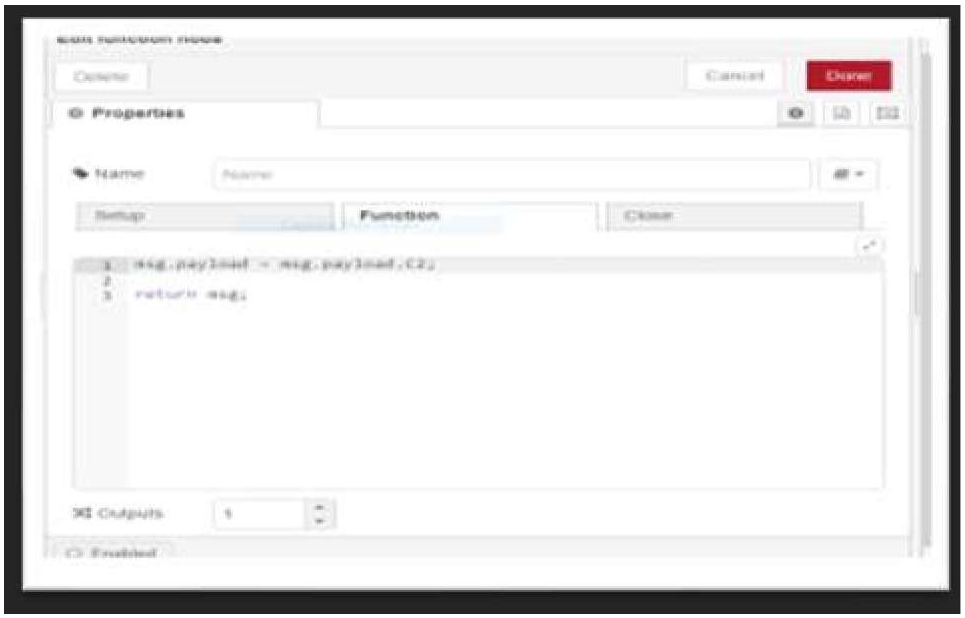


Figure III. 26 : Configuration de fonction de deuxième capteur de niveau .

III.8.4 Installation de LED

Les étapes d'installation de LED-Ui sont les suivantes :

- On dispose désormais du gestionnaire des nœuds dans le menu, voir figure III.27.
- Manage Palette puis on cherche la palette nœud LED Ui et l'installer.
- Pour configurer ce nœud on clique deux fois sur le nœud et on choisit la façon d'allumer et éteindre la LED.

La LED est un nœud très important elle permet de faciliter et éclairer plusieurs choses dans n'importe quel projet.

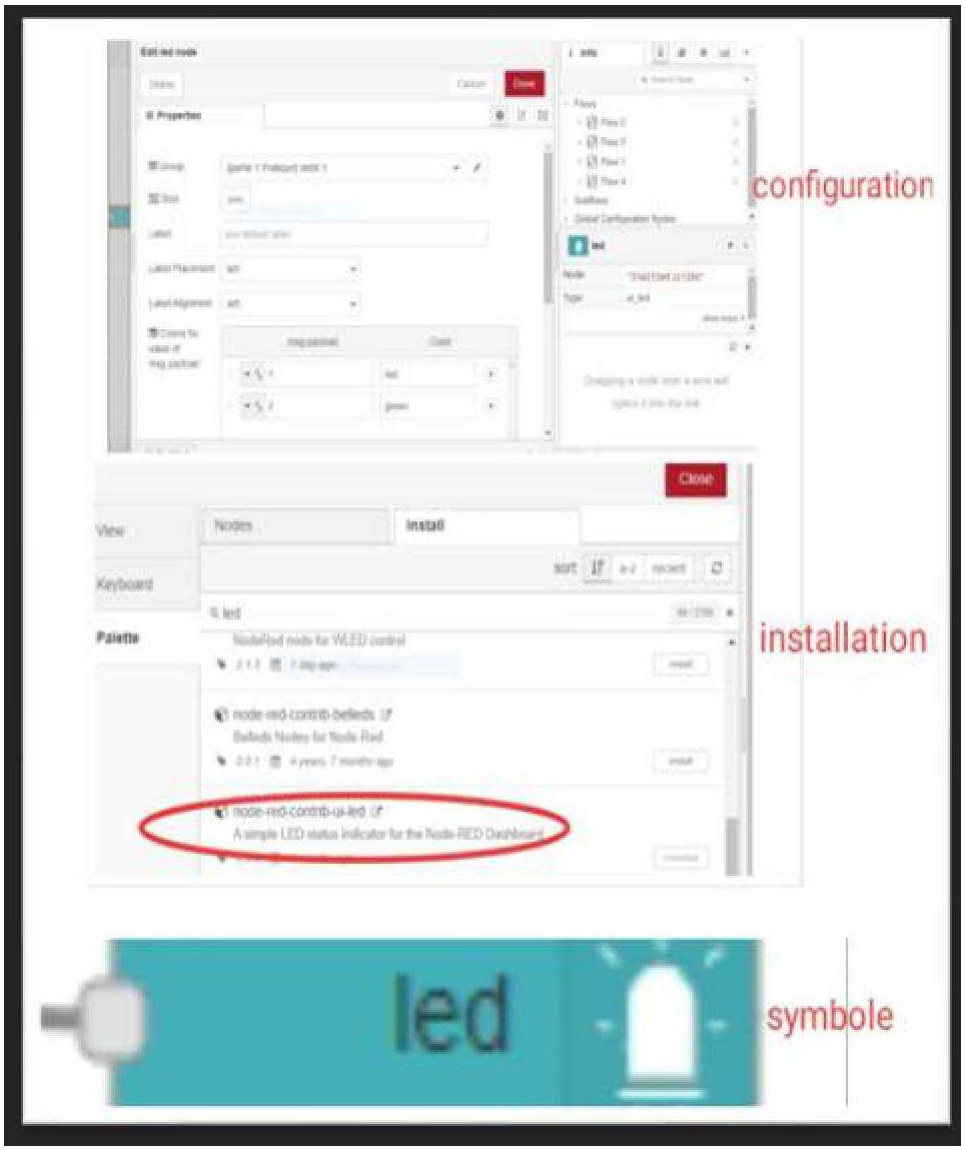


Figure III. 27 : installation et configuration et symbole d'une LED Ui.

III.8.5 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 (Figure III. 28) bien spécifiés de Dashboard, pour cela on a utilisé serial in pour la réception des données, les nœud debug pour afficher les messages, Json pour séparer les données, cinq fonctions programmées en JAVA-script pour définir les états des capteurs ainsi des LED pour indiquer les niveaux d'eau et finalement les gauges pour afficher les commandes dans le Dashboard notre interface (figure III.29).

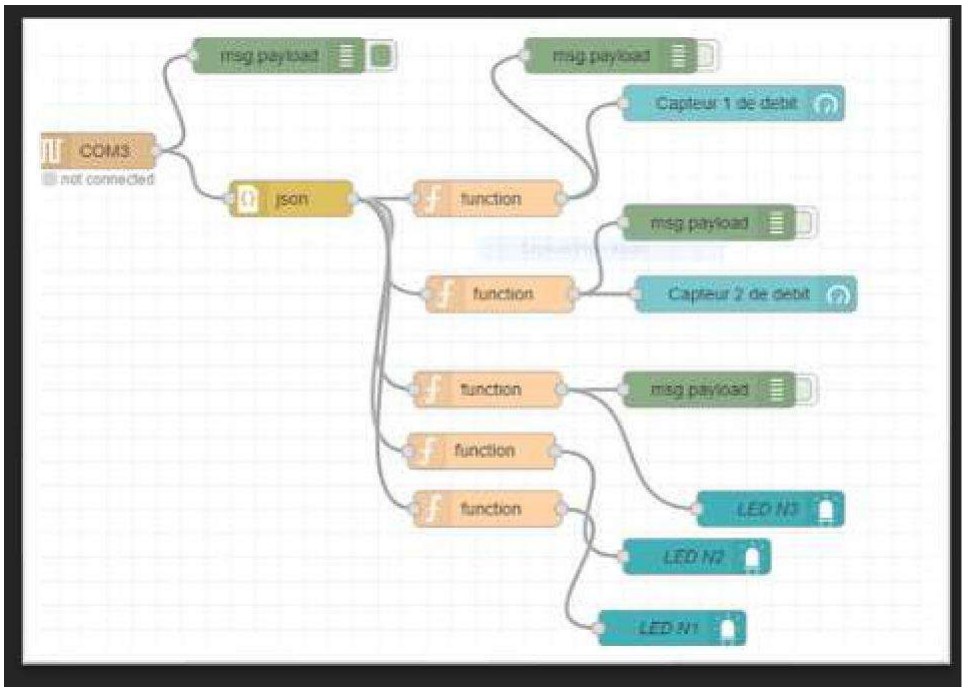


Figure III. 28 : Flow de contrôle des capteurs .



Figure III. 29: Interface de contrôle et de supervision des capteurs.

III.8.6 Flux d'affichage de commandes pour les actionneurs

Le contrôle des actionneurs et le mode de fonctionnement nécessite des dispositifs de notre flow (Figure III .30) bien spécifiés de Dashboard, pour cela on a utilisé des boutons et des switches. Les commandes qui concernent les deux pompes et les deux électrovannes sont envoyées depuis l'IHM via le port serial out à COM3, voir (figure III.31).

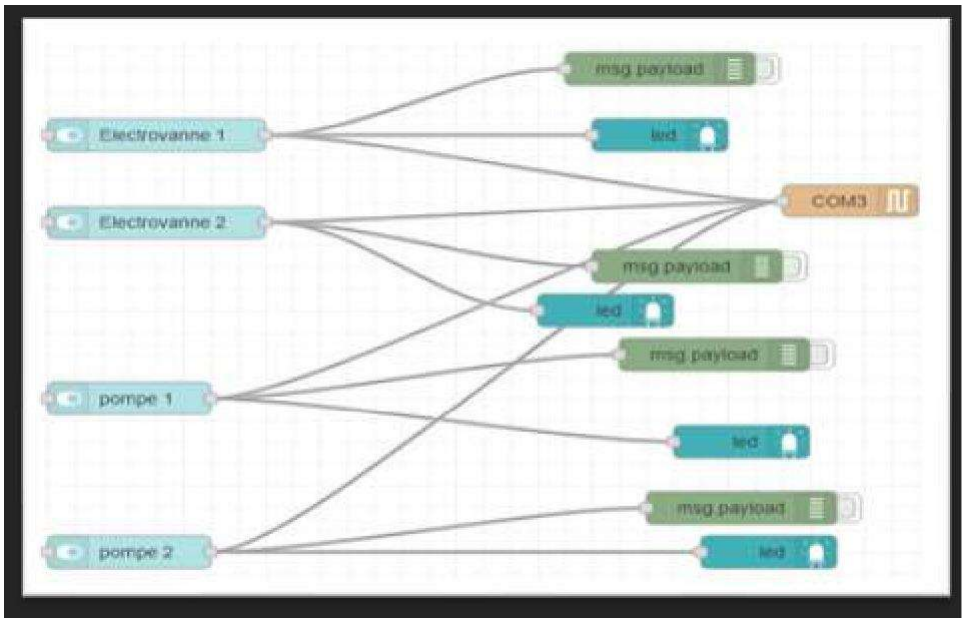


Figure III. 30: Flow de contrôle des actionneurs .

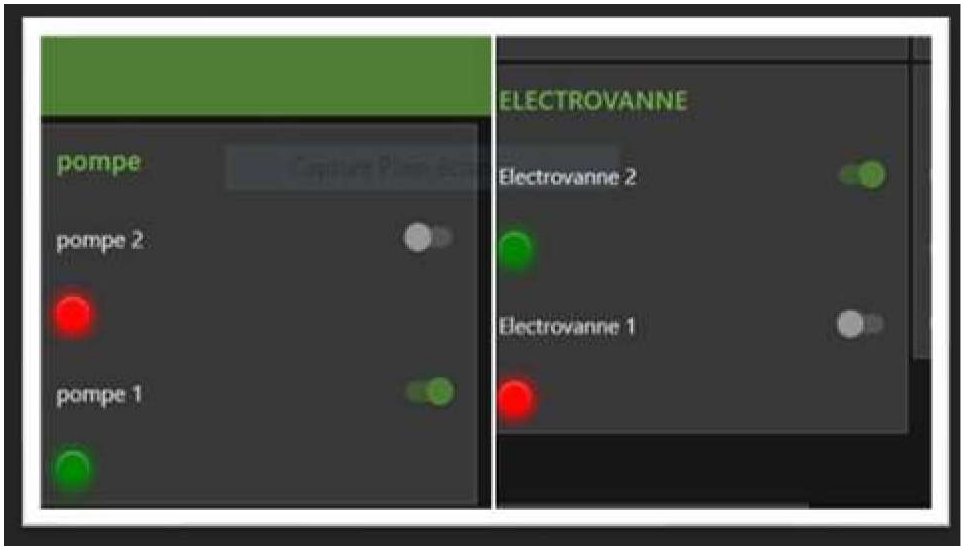


Figure III. 31: de contrôle et de supervision des actionneurs.

III.8.7 Contrôle d'actionneurs via le nœud light Scheduler

Light Scheduler est un nœud qui fournit un programme hebdomadaire et se concentre principalement sur le contrôle de la lumière dans les scénarios de domotique, mais peut être utilisé pour contrôler n'importe quoi dans quelconque configuration Node-Red.

Pour le contrôle et la supervision de notre système on a utilisé le nœud scheduler (Figure III.32) de la pompe qui permet l'activation de l'un des électrovannes par la configuration du Light Scheduler (Figure III.33).

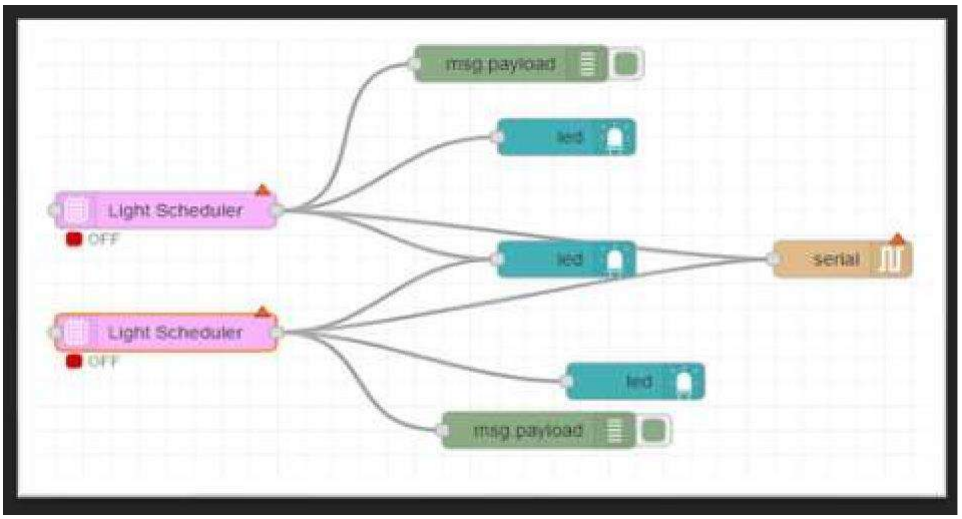


Figure III. 32 : Flow de contrôle via schedule.

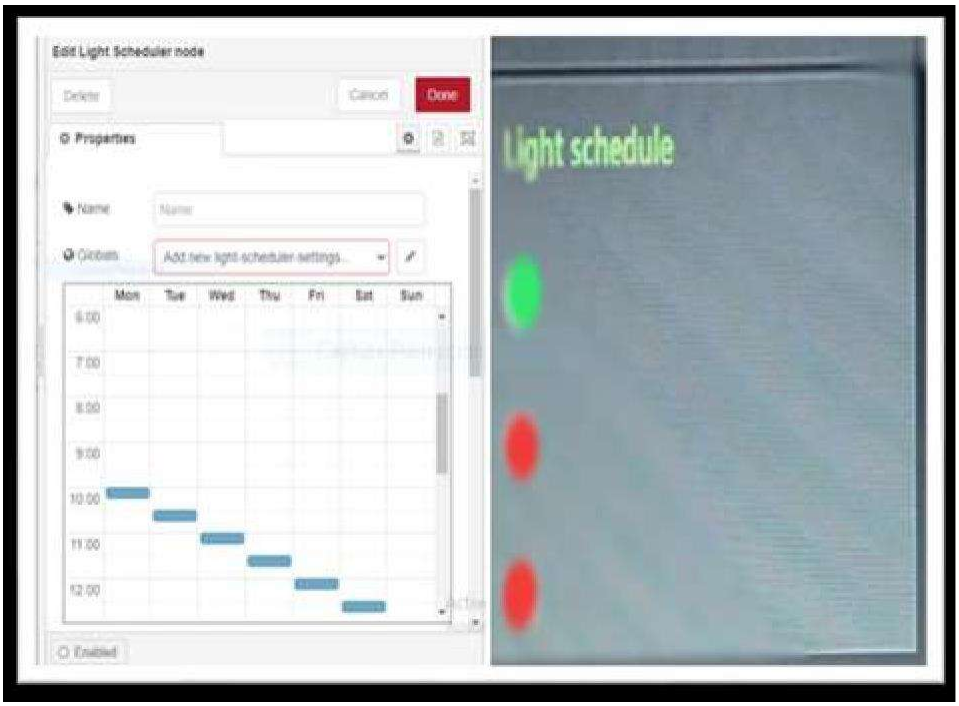


Figure III. 33 : Configuration et supervision de light scheduler a l'interface.

III.8.8 Flux (Node-Red /Actionneurs), (Capteur/Node-Red)

Au niveau de capteurs, on a obtenu la donnée nécessaire (Débit d'eau, niveau d'eau à travers l'Arduino et recevoir les commandes qui viennent de l'IHM pour les actionneurs et les exécuter.

Les commandes des actionneurs sont envoyées depuis l'IHM à travers port serial D au niveau d'Arduino, (chaque actionneur correspond a un Pin dans le microprocesseur Arduino)

le traitement des données dans l'IHM calcule est délivre un indice aux actionneurs à exécuter, Chaque indice correspond à un certain codage qui définit l'action à faire.

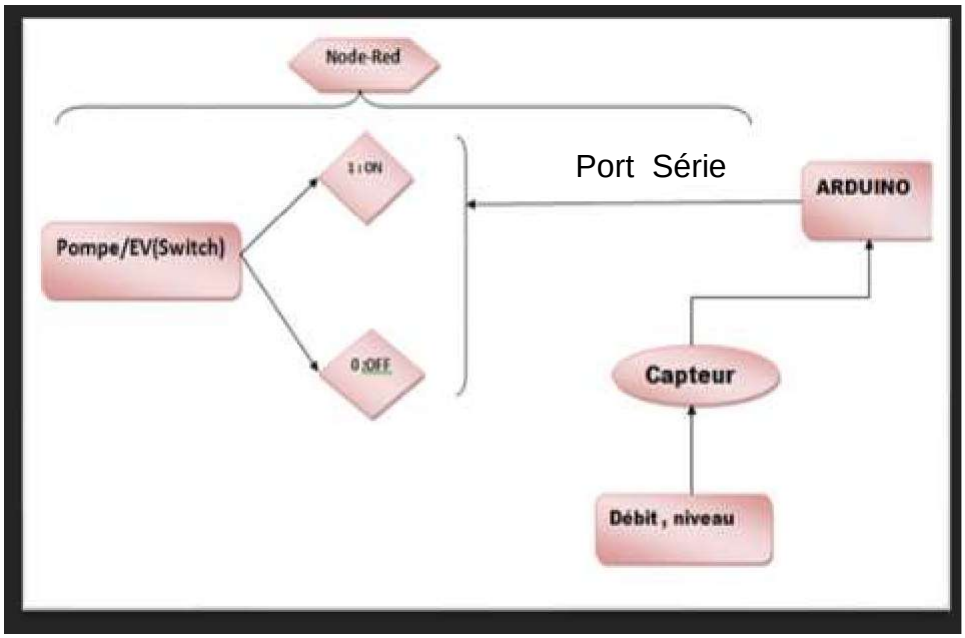


Figure III. 34:schéma d'un Flux (Node-Red /Actionneurs), (Capteur/Node-Red)

III.8.9 Supervision avec application de l'IdO

Dans cette étape, nous utilisons le Cloud pour accéder à distance à notre interface de supervision, nous utilisons dans notre application FRED.

FRED (La figure III.35) est un outil offre un service Cloud pour gérer Node Red à distance depuis n'importe quel réseau en utilisant une tablette ou un smart phone.

- Création d'un compte STS (Sensé Tecnic Services) dans le site https://fred.sensetecnic.com/. https://manel.fred.sensetecnic.com/api/ui/.



Figure III. 35 : Nœud FRED.

- **Échange de données/ commandes (Node-Red/cloud)**

Les données des capteurs sont envoyées vers le cloud en utilisant la fonction de sortie (Fred output) sur l'environnement de programmation visuelle (figure III.36)

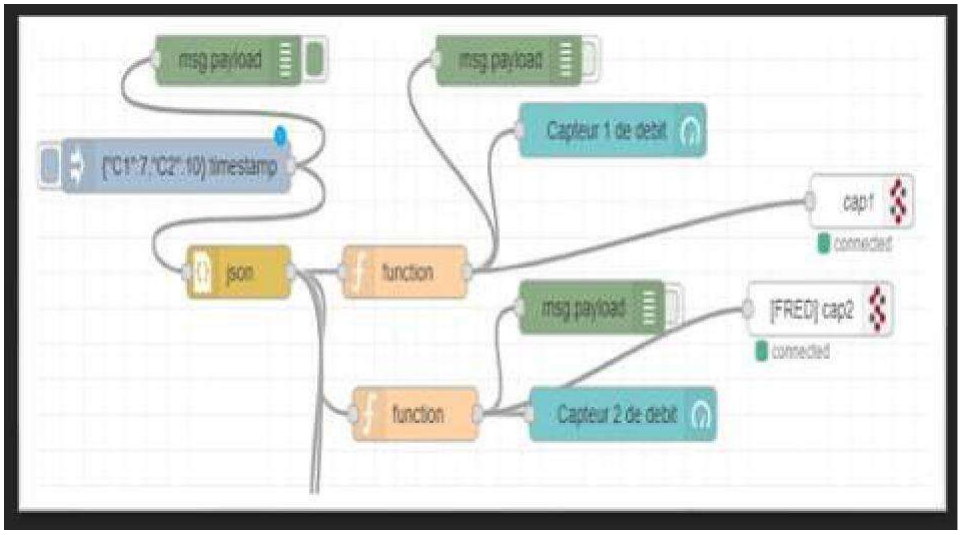


Figure III. 36 : Partage de données sur le cloud (FRED).

- **Échange de données/commandes (cloud/ Node red)**

On a utilisé la fonction d'entrée (Fred input) dans l'interface de programmation visuelle de notre propre compte STS pour afficher les données de capteurs (figure III.37).

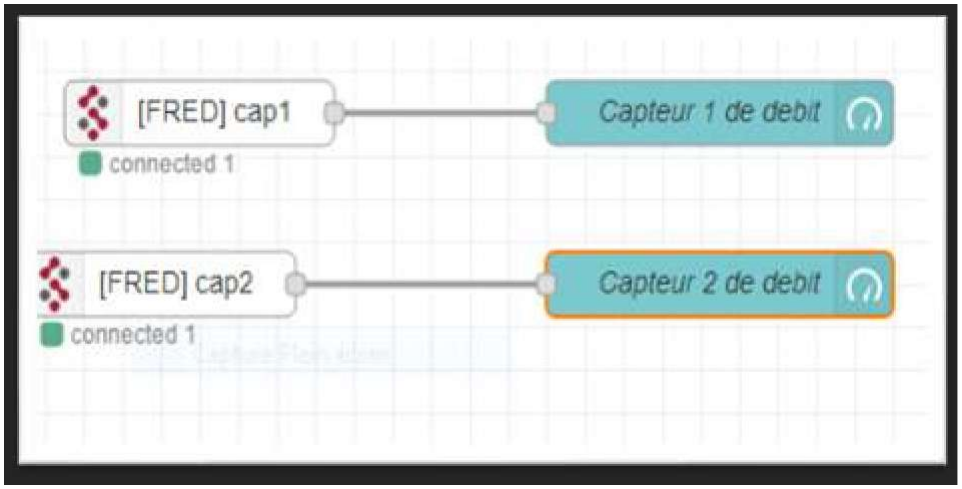


Figure III. 37:Affichage de données sur le cloud (FRED).

Les deux fonctions d'entrée/sortie FRED (input/output) doit être configurées d'une façon qui assure leur connexion, donc il faut que les deux fonctions aient le meme topique (Endpoint :cap1). La configuration interne de ces fonctions est donnée par la figure III.38.

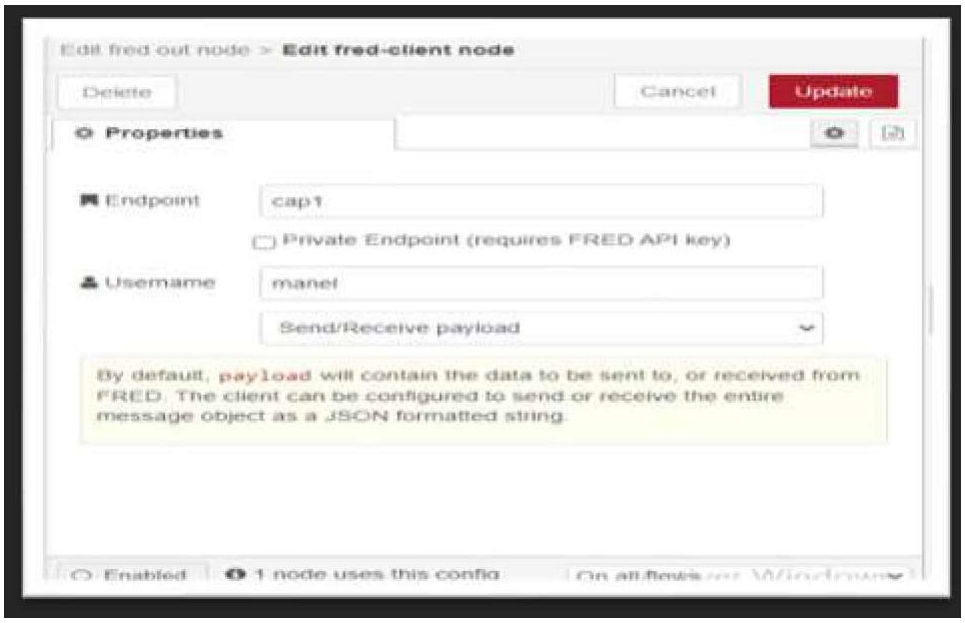


Figure III. 38: Configuration de FRED.

La figure (III.39) présente l'interface visualisée dans l'outil FRED

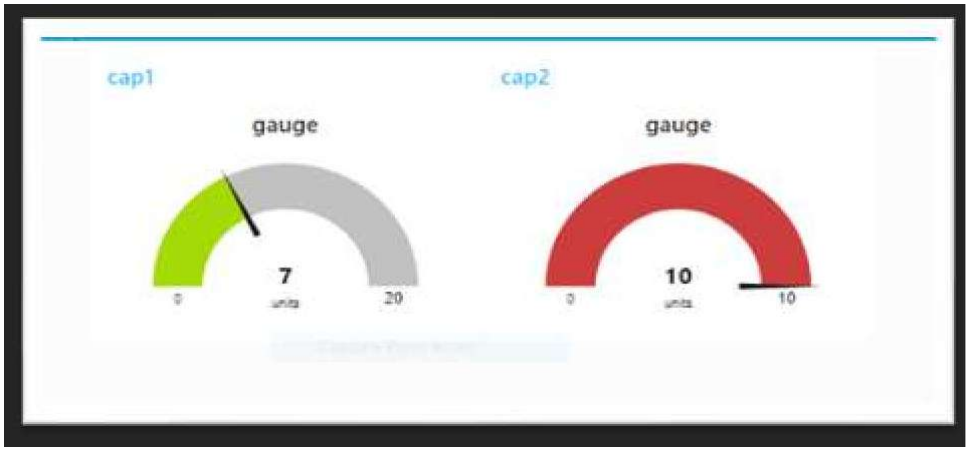


Figure III. 39 : Interface avec l'outil FRED.

III.8.10 Prototype de test réalisé

Afin de réaliser un prototype d'un système de distribution d'eau potable nous avons implémenté les paramètres suivants : source d'eau, réservoir, deux pompes, deux électrovannes, des tuyaux, une planche de bois, comme équipements pour le réseau d'eau (Figure III.43). On a programmé un code Arduino (Figure III .41) qui identifier les états des capteurs et des actionneurs que nous avons utilisé après on a téléchargé ce programme a la carte Arduino mega.

Ensuit on a réalisé une interface (Figure III .42) 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 serial tell qu'on a choisi un port commun.

Malheureusement, on n'a pas pu utiliser la communication radio faute de temps causé par les conséquence du COVID-19.

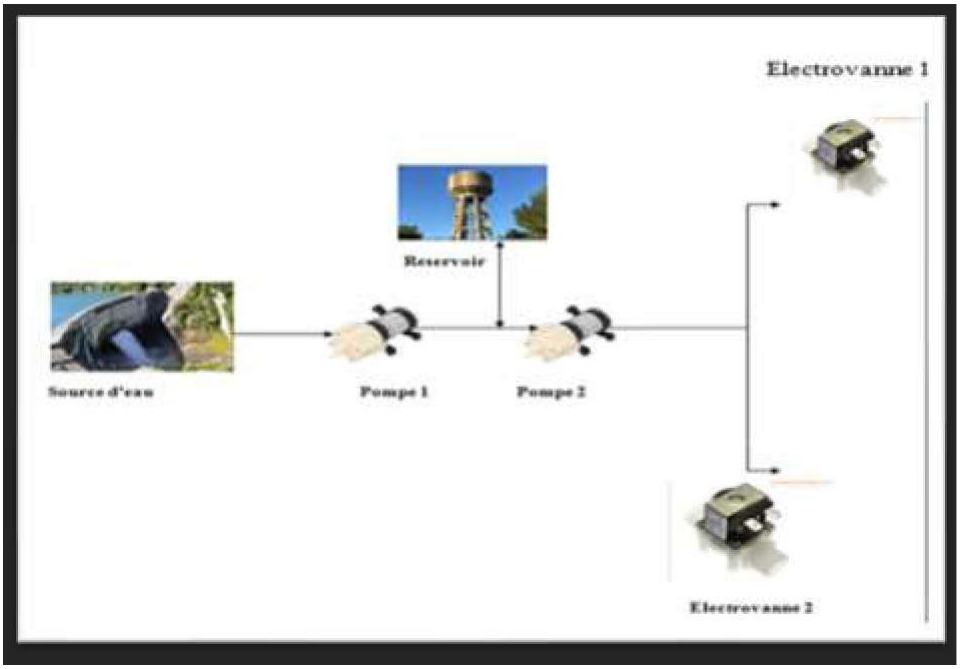


Figure III. 40 : Schéma synoptique de notre réalisation.

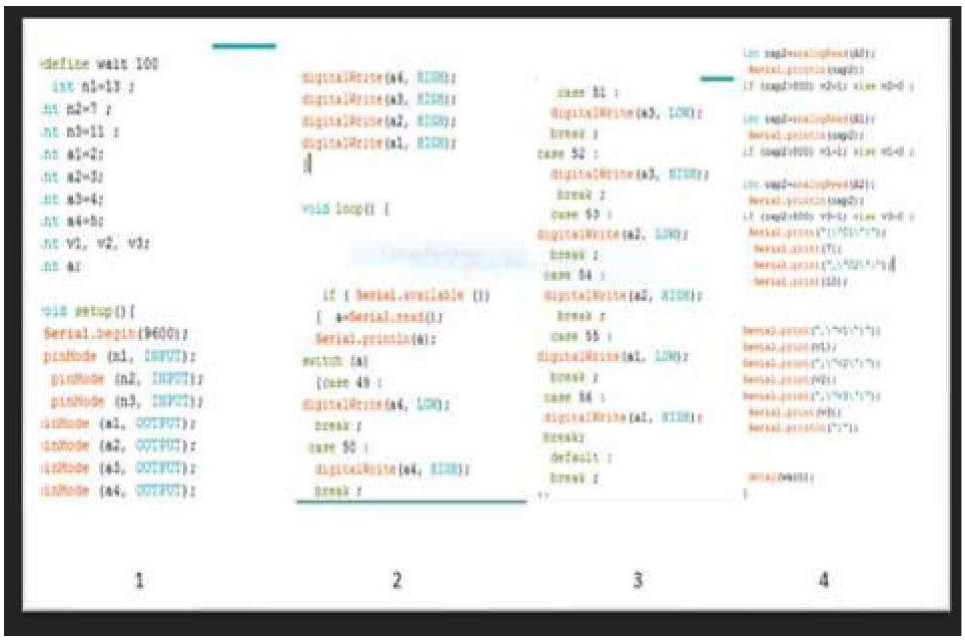


Figure III. 41 : Programme Arduino de notre réalisation.



Figure III. 42: Dashboard de l'interface de prototype.

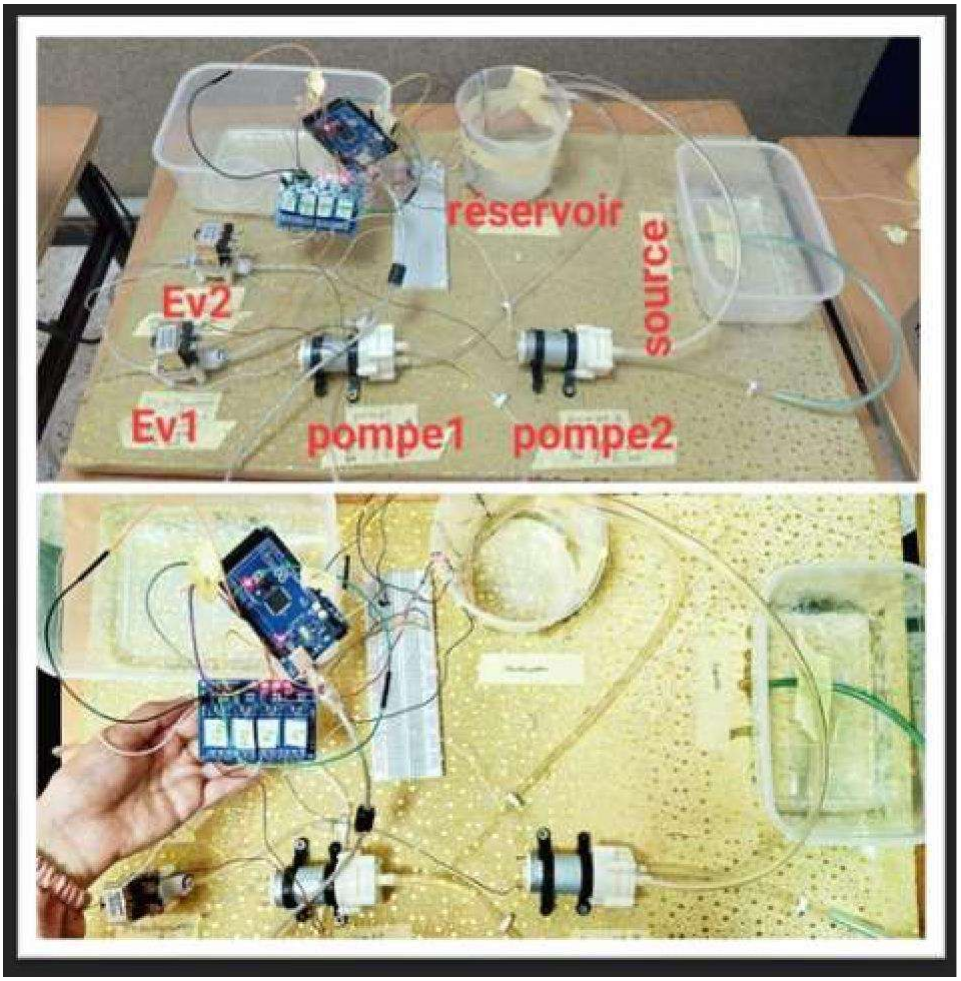


Figure III. 43: La réalisation d'un système de distribution d'eau potable.

III.9 CONCLUSION

Nous avons consacré ce chapitre pour la partie développement de l'application web ainsi que pour les étapes de la réalisation de système de distribution d'eau potable, on a présenté le coté hardware du système de supervision et de contrôle réalisé tout en expliquant d'une manière claire les différentes parties hardware du système.

À travers ce résultat, nous avons pu avoir une idée précise sur les étapes de développement d'un système de contrôle et supervision basé sur l'Internet des objets. Le déploiement des réseaux de capteurs, module de communications ainsi que l'implication de Node-Red et logiciel de conception des réseaux d'eau EPANET s'avère une solution très intéressante pour arriver à note fin.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Dans ce mémoire nous avons vu les aspects de la gestion des réseaux de distribution d'eau potable commencé par une présentation des généralités sur les systèmes d'eau et son développement jusqu'à l'intelligence, en donnant un aperçu général des technologies appliquées ainsi les problèmes et les lacunes rencontrés par ces systèmes.

Pour améliorer la gestion et l'intendance des réseaux de distribution d'eau potable d'une manière plus technologique, fiable, facile et avancée, on a implémenté une solution qui a permis de contrôler et de faire la supervision ainsi que pour assurer le bon fonctionnement d'un système de distribution d'eau potable à base de l'internet des objets (l'IdO).

Durant la préparation de notre projet de fin d'étude, nous avons essayé d'utiliser et d'appliquer nos connaissances acquises en électronique, programmation et communication afin de mettre en place un modèle raisonnable d'un réseau de distribution d'eau connectée en développant une application web qui permettras de faciliter le travail, la gestion des informations et le contrôle par une application simple et facile à manipuler. La réalisation de notre système nécessite la maitrise de la conception des réseaux d'eau par le logiciel EPANET, la maitrise de la programmation du microcontrôleur Arduino, développer des algorithmes, maitriser la communication série (USB) et radiofréquence, programmer en JavaScript pour l'IHM en utilisant Node-Red d'IBM ainsi de relier les Arduino aux capteur et actionneurs.

Plusieurs tests de fonctionnement ont été réalisés sur le prototype de réseau de distribution d'eau potable, des résultats encourageantes ont été obtenus en terme de contrôle et de supervision.

Actuellement, nous nous intéressons à rendre *scalable* (volumineux) notre système de distribution d'eau potable, intégrer les outils de l'intelligence artificielle et finalement conduire une étude expérimentale afin d'évaluer l'efficacité de notre système en comparant avec l'existant.

Bibliographie

[1] E. Dugleux and C. Ginsburger, “Gestion patrimoniale des réseaux d ’ eau potable,” 2012.

[2] S. du Lot, “Le fonctionnement et les technologies des réseaux d’eau potable et d’assainissement des eaux usées,” *http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=reseaux-eau-fonctionnement-potable-assainissement*. 2010 .

[3] J.-B. Bardiaux, “Description des réseaux d’eau potable,” *http://www.unit.eu/cours/engees/GEMEue2module4HUpartie1/co/module_I_reseaux_eau_potable.html*.2020.

[4] J. Clermonte, “Le cycle de l’eau domestique,” *J. AfricanEarthSci.*, vol. 10, no. 3, pp. 583–583,1990.

[5] ABDELBAKI Chérifa “ Modélisation d’un réseau d’AEP et contribution a sa gestion a l’aide d’un SIG .” Thèse de doctorat , page 58-62.

[6] Bonne Pratique , PLOMBERIE “Dimensionnement d’un réseau d’alimentation en eau potable”, “https://www.rbq.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/Publications/francais/fb-alimentation-eau-potable-principes-fondamentaux.pdf ” Fiche PL -64 MAI 2017 .

[7] Maleksea, “Installation Plomberie sanitaire et Chauffage - Schéma pour avis,” *https://plombiers-reunis.com/topic3878-installation-plomberie-sanitaire-et-chauffage-schema-pour-avis.html*,2015.

[8] Gaspar Alex ” https://www.lavoisier.fr/livre/environnement/la-recherche-des-fuites-d-eau/gaspar/descriptif_2746538” 2020

[9] J.-P. Hauet, “L’internet des objets les réseaux de communication,” *Rev. lElectr. lElectron.*, vol. Revue de l, pp. 106–115, Oct.2016.

[10] D. E. L. A. R. Scientifique and M. De Fin, “Thème Contrôle flou des feux d ’ intersection basé sur l ’ Internet des Objets,”2019.

[11] P. Sethi and S. R. Sarangi, “Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications,” J. Electr. Comput. Eng., vol. 2017, pp. 1–25, Jan. 2017..”

[12] D. Martin, “Node-Red : l’IoT à portée de tous,” *https://blog.ippon.fr/2017/03/28/node-red-liot-a-portee-de-tous/*,2017.

[13] “GPIO - Framboise 314, le Raspberry Pi à la sauce française....” [Online]. Available: https://www.framboise314.fr/scratch-raspberry-pi-composants/gpio/. [Accessed: 11-Apr 2019 .

[14] Haute Corrèze Communauté,"Le schéma directeur d'alimentation en eau potable," *http://www.hautecorrezecommunaute.fr/le-schema-directeur-dalimentation-en-eau-potable/*.2017

[15] R. Saad, "Modèle collaboratif pour l'Internet of Things (IoT),"2016.

[16] N. C. Guillaume Plouin, "Modèles d'architectures de l'Internet desObjets,"2018 *https://blog.octo.com/modeles-architectures-internet-des-objets/,* 2011.

[17] CHANGELOG.md, "node-red-dashboard," *https://flows.nodered.org/node/node-red-dashboard*.2019

[18] John Nussey , "Arduino pour les nuls," livre page 25-26 .juin 2015.

[19] D. Ressource and P. L. A. Classe,"ARDUINO."2014

[20] "L'IDE Arduino,"*https://arduino.blaisepascal.fr/presentation/logiciel-ide-arduino/*.2013

[21] Santiago Arnalich " Epanet et coopération ," CreateSpace Independent Publishing Platform (28 avril 2016)

[22] L.G hewitson ,Mark brown," Guide de la protection des équipements électriques , LES RELAIS," Livre page 18-20 , mai 2012 .

[23] MOUSSA SOFT, Matériel informatique. Industriel "*https://www.moussasoft.com/product/relai-electrique-5v-srd-05vdc-sl-c.* "2019.

[24] G. Frequency and S. Keying, "ModuleRF24."

[25] "Définition de débitmètre,"*https://www.aquaportail.com/definition-7057-debitmetre .html*.2017 .

[26] GO TRONIC, "*Robotique et composants électroniques,"*

https://www.gotronic.fr/art-capteur-de-débit.2019.

[27] A. Aqeel, « Introduction to Arduino IDE », The Engineering Projects, 03-oct 2018.

[28] "Détecteur et capteur de niveau," *https://www.omega.fr/prodinfo/mesure-de-niveau.html#:~:text=Un%20capteur%20de%20niveau%20est,r%C3%A9servoir%20o . 2016.*

[29] A. Etc, “Objectifs Exemples d ’ applications Fonctionnement.”2011.

[30] “Pompe à Eau à Membrane 12V Mini Pompe à Eau Electrique 1.5-2L/min Pompe à Diaphragme de Pression d’Eau pour Réservoir de Poisson de Machine à Thé,” *https://www.amazon.fr/Membrane-Electrique-Diaphragme-Pression-R%C3%A9servoir/dp/B07L1FB18S*.2012.

[31] AIT MANSOUR , Electronique mixte “SYSTÈME AUTOMATIQUE DE POMPAGE AVEC ARDUINO,” *https://www.electronique-mixte.fr/microcontrolleurs/systeme-automatique-de- pompage-avec-arduino/*.2015.

[32] AISSANI Manel FACI Nesrine “Système de surveillance d’un environnement agricole basé sur l’internet des objets ” Mémoire de master 2019 page 30-35 .

[33] BEDOUD KHOULOUD “Modélisation et diagnostic de défaillance d’une électrovanne,” *mémoire de magister page 55-57 ,2010.*

[34] BENBATOUCHE A., KADRI B. , BADRAOUI A. “ Conception et Réalisation d’une électrovanne, Application dans les systèmes d’irrigation intelligent,” Article de journal International de la recherche scientifique et technologies (USET) 2019 .

[35] “Qu’est-ce qu’un Raspberry Pi ? - Nouvelles Technologies.” [Online]. Available: https://www.nouvelles-technologies.net/quest-ce-quun-raspberry-pi/. [Accessed: 10-Apr2019].

[36] “In-Depth: How nRF24L01 Wireless Module Works & Interface with Arduino.” [Online]. Available: https://lastminuteengineers.com/nrf24l01-arduino-wirelesscommunication/. [Accessed: 07-Jun-2019]

[37] L. B. Rachid, “Système de Supervision et de Contrôle basé sur l’IoT: Application dans un Centre de Transmission(CT),” Mémoire master 2018 page 65-68 .