

République Algérienne Démocratique et Populaire
Université Abou Bakr Belkaid– Tlemcen
Faculté des Sciences
Département d'Informatique

Mémoire de fin d'études

pour l'obtention du diplôme de Master en Informatique

Option: Réseaux et Systèmes Distribués (R.S.D)

Thème

DÉTECTION DES FUITES SOUS TERRAINES EN UTILISANT INTERNET DES OBJETS

Réalisé par :

YEKHLEF Fatima Zohra
BELABBAS Ahlam

Présenté le 4 juillet 2023 devant le jury composé de :

- Mme LABRAOUI Nabila (Président)
- Mme BENMAHDI Meryem Bouchra (Encadreur)
- Mr BELHOCINE Amine (Examineur)
- Mr TADLAOUI Mohamed (Expert)

Année universitaire : 2022-2023

Remerciements

Au terme de cette étude, nous tenons en premier lieu à remercier ﷻ qui nous a facilité le travail et nous a donné de la volonté, du courage et de la patience pour arriver à mener à bien ce travail.

Dans un premier temps, nous remercions nos chers parents qui nous ont soutenus depuis les premiers jours de nos vies et pour leurs encouragements constants.

*Nous voulons ensuite à exprimer nos remerciements les plus sincères à nos encadreuse Madame **BENMAHDI MERJEM BOUCHRA**, et Co-encadreur **BENAISSA AMINE**, pour nous avoir conseillée, encouragée et soutenue tout au long du mémoire avec patience et disponibilité, et pour la confiance qu'ils nous ont accordée « MERCI ».*

Nous tenons également à remercier les membres du jury d'avoir accepté d'examiner notre travail.

*Nos sincères remerciements au **STUDENT CENTER(I2E)** et à tous ses employés, des plus âgés aux plus jeunes, sans exception*

Nous voudrions remercions encore nos enseignants du département d'informatique de l'université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen, et nos collègues de la promotion informatique 2023 avec lesquels nous avons passé des moments inoubliables au cours des années.

Un remerciement à toute nos familles pour leurs soutiens infailibles depuis tellement d'années.

Enfin, à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, à tous ceux qui nous ont encouragés, merci.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À mon très cher père, tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension tes sacrifices que tu as déployés pour mon éducation, dieu te garde et te protège

À ma très chère mère, tu as représenté pour moi le symbole de bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple de fidélité qui ne cesse de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont beaucoup aidé dans la conduite de mes études, que dieu te garde

" Je suis très fière d'être votre fille "

À ma chère petite sœur: «IBTISSAM »

À mon frère : «AHMED ABD RAFAI »

À ma cousine «HADIL»

À tout membre de la famille «BENKHALED »

À ma chère binôme : «YEKHFLEF FATIMA » pour sa entente et sa sympathie

À mes meilleures amies : «AMIRA AHLAM, FATIMA ET AMANI»

*Et à tous ceux qui m'ont aidé et soutenu tout au long de mes études.
J'implore à mon Dieu de vous accorder le bien-être, la santé et une vie longue et heureuse*

Belabbas ahlam

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance à:

A mes chers parents ma mère et mon père pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

A mon cher mari Ismaïl, pour la patience et le soutien dont il a fait preuve pendant toute la durée de ce travail et à qui je voudrais exprimer mes affections et mes gratitude.

A mes anges Zoukha, Merwa, Mohammed Rayane et Yasser Adem qui sont mes yeux et ma vie.

A mes très chers frères Boumediene, Habib, Othman et Bilal qui m'avaient toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études.

A toute ma famille et ma belle-famille ABBOU pour leur aide et soutien moral tout au long de la réalisation de ce travail.

A ma chère binôme BELABBAS AHLEM pour son entente et sa sympathie.

A tous ceux qui, ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail

YEKHELF Fatima Zohra



(وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ)

سورة الأنبياء الآية : 30

Table des matières

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale	1
Chapitre I Présentation de l'environnement de travail	2
I.1 Introduction.....	2
I.2 Présentation de l'entreprise.....	3
I.2.A Adduction Eau Potable.....	3
I.2.B Assainissement.....	4
I.2.C Périmètre d'irrigation.....	5
I.2.D Grands Transfert.....	6
I.2.E Lutte contre Inondation.....	7
I.2.F Etude, Recherche & Développement.....	8
I.3 Le réseau d'AEP dans la wilaya de Tlemcen.....	9
I.3.A Définition.....	9
I.3.B Les sources de distribution d'eau.....	10
I.3.C La réalisation du réseau d'AEP.....	11
I.4 Les fuites d'eau.....	13
I.4.A Définition.....	13
I.4.B Les types de fuite d'eau.....	14
I.4.C Les causes des fuites.....	15
I.4.D Conséquences des fuites d'eau.....	15
I.4.E La détection et la localisation des fuites.....	16
I.5 Conclusion.....	17
Chapitre II Les technologies(IOT) && les outils matériels et logiciels pour la mise en place de la contribution	18
II.1 Introduction.....	18
II.2 Présentation d'IOT.....	18
II.2.1 Définition de l'IOT.....	18
II.2.2 Les composants d'internet des objets.....	19
II.2.3 Les Technologie de l'IoT.....	20
II.2.4 Les Protocoles de l'IoT.....	21
II.2.5 Le fonctionnement de l'IoT.....	22
II.2.6 Domaines d'application d'IoT.....	24
II.2.7 Les Avantages et les Inconvénients de l'IoT.....	26
II.2.7.a Avantages de l'IoT.....	26
II.2.7.b Inconvénients de l'IoT.....	26
II.3 les Outils matériels et logiciels.....	26
II.3.1 Matériels.....	26
II.3.1.A Capteur de pression.....	26
a) Définition.....	27
b) Principe et fonctionnement.....	28
c) Les différents types de capteurs de pression.....	29

II.3.1.B	Capteur de débitmètre.....	30
a)	Définition.....	30
b)	Différents types de débitmètres.....	31
II.3.1.C	Arduino Méga 2560.....	32
a)	Présentation de l'Arduino.....	32
b)	Le principe de fonctionnement.....	33
c)	Les domaines d'application d'Arduino.....	33
II.3.2	Logiciels.....	34
II.3.2.A	Node Red.....	34
a)	Définition.....	34
b)	Les composants.....	34
c)	Langage de programmation.....	35
d)	Exemples d'utilisations par Node-RED.....	35
e)	Les avantages de Node RED.....	36
II.3.2.B	Inkscape.....	36
II.3.2.C	MySQL Workbench.....	37
a)	Définition.....	37
b)	Langage.....	37
c)	L'utilisation de MySQL Workbench.....	38
d)	Les avantages de MySQL Workbench.....	38
II.4	Conclusion.....	38
Chapitre III	Implémentation de l'application.....	39
III.1	Introduction.....	39
III.2	La représentation de la contribution.....	39
III.3	L'installation des logiciels utilisés.....	39
III.3.1	Inkscape.....	39
III.3.2	Node Red.....	40
III.3.3	MySQL Workbench 8.0 CE.....	44
III.3.4	Mosquitto.....	44
III.4	Modélisation de la solution.....	46
III.4.A	Diagramme de classes.....	46
III.4.B	Diagramme de séquence.....	48
III.5	Représentation graphique de l'application.....	49
III.6	Conclusion.....	54
Chapitre IV	Business Model Canevas.....	55
IV.1	Value proposition.....	55
IV.2	Customer segments.....	55
IV.3	Customer relationships.....	55
IV.4	Channels.....	56
IV.5	Key partners.....	56
IV.6	Key activities.....	56
IV.7	Key Activities.....	57
IV.8	Cost structure.....	57
IV.9	Revenue streams.....	57
Conclusion générale.....	59	
Bibliographie.....	60	

Liste des figures

Figure I.1 Adduction d'eau potable.....	4
Figure I.2 Le traitement des eaux usées à travers l'assainissement.....	5
Figure I.3 Périmètre d'irrigation.....	6
Figure I.4 Transfert BENI-OUNIF vers BECHAR.....	7
Figure I.5 Rabattement de nappe par puits filtrants.....	7
Figure I.6 Construction d'un château d'eau.....	8
Figure I.7 Schéma d'alimentation en eau potable.....	10
Figure I.8 Interconnexion des principales sources d'approvisionnement en eau de la wilaya de Tlemcen.....	12
Figure I.9 Le schéma du réseau d'AEP intéressé pour notre projet.....	13
Figure I.10 Détection d'une fuite d'eau enterrée.....	14
Figure I.11 Causes de l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable.....	15
Figure I.12 Corrélateur pour la détection de fuites Eureka3.....	16
Figure II.1 les objets de internet of things.....	19
Figure II.2 MQTT avec Arduino.....	21
Figure II.3 CoAP system.....	22
Figure II.4 Les fonctionnalités d'un écosystème IOT.....	23
Figure II.5 Top 10 IOT applications in 2023.....	24
Figure II.6 Capteur de pression SOFREL CNP.....	28
Figure II.7 Fonctionnement de capteur de pression d'eau.....	29
Figure II.8 Débitmètre SIEMENS MAG 5100 - ACS DN 100 PN16 REF.....	30
Figure II.9 Les différentes composants d'un Arduino.....	33
Figure II.10 Interface de NODE-RED.....	35
Figure II.11 Interface d'Inkscape.....	36
Figure II.12 Interface MySQL Workbench.....	37
Figure III.1 L'installation du l'Inkscape.....	40
Figure III.2 Installation du Node Red.....	41
Figure III.3 Démarrage de Node Red.....	41
Figure III.4 L'adresse du Node Red.....	42
Figure III.5 L'interface du Node Red.....	42
Figure III.6 L'installation du Dashboard.....	43
Figure III.7 Démarrage du Dashboard.....	43
Figure III.8 Installation du MySQL Workbench.....	44
Figure III.9 Installation du Mosquitto.....	45
Figure III.10 Lancement de l'invite de commande en mode administrateur.....	46
Figure III.11 Démarrage de Mosquitto.....	46
Figure III.12 Diagramme de classes.....	47
Figure III.13 Diagramme de séquence.....	48
Figure III.14 Le schéma du réseau d'eau sur Inkscape.....	49
Figure III.15 Implémentation du réseau sur Node Red.....	50
Figure III.16 L'interface graphique sur Dashboard.....	50
Figure III.17 Les switches pour ouvrir ou fermer les vannes.....	51
Figure III.18 Enregistrement les mesures des capteurs dans la table « débit » de la base de données « capteurs ».....	52
Figure III.19 Affichage de la table de données des débitmètres sur Dashboard.....	52
Figure III.20 Différents affichages des débits sur Dashboard.....	53
Figure III.21 Différents affichages des débits sur Dashboard.....	53

Liste des tableaux

Tableau II-1 : Les propriétés de capteur de pression.....	28
Tableau II-2 : Les propriétés de capteur débitmètre.....	31
Tableau II-3 : Les propriétés de l'Arduino.....	32
Tableau IV.1: Business Model Canvas.....	58

Liste des abréviations

SEAAL : Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger.

ADE : Algérienne Des Eaux.

IOT: Internet Of Things.

AEP: Alimentation Eau Potable.

NFC: Near Field Communication.

RFID: Radio Frequency Identification.

MQTT: Message Queuing Telemetry Transport.

CoAP: Constrained Application Protocol.

M2M: Machine-to-Machine.

HTTP: Hypertext Transfer Protocol.

REST: Representational State Transfer.

MEMS: Microelectromechanical systems.

CSS: Cascading Style Sheets.

SVG: Scalable Vector Graphics.

XML: eXtended Markup Language.

DBA: DataBase Administrators.

SQL: Structured Query Language.

W3C: The World Wide Web Consortium.

API: Application Programming Interface.

SRAM: Static Read Access Memory.

EEPROM: Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory.

CC: Courant Continu.

DN: Distribution Numérique.

Code EAN: European Article Numbering.

ACS : Attestation de Conformité Sanitaire.

Introduction Générale

Introduction Générale

L'eau est un bien précieux et un élément essentiel dans la vie et l'activité humaine, recouvre plus de 70% du globe pour l'homme et il sera certainement encore plus au cours des années à venir. Depuis plusieurs décennies, la croissance démographique induit une forte augmentation de la consommation d'eau pour ses différents usages, notamment pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation. La protection des eaux est donc un véritable défi pour l'ensemble des collectivités locales et centrales de notre pays.

Le réseau d'alimentation en eau potable (A.E.P) représente l'ensemble des ouvrages et réseau à mettre en place pour produire et distribuer les besoins en eau et il doit être fiable et durable pour pouvoir répondre aux exigences des consommateurs (quantité et qualité optimales, dysfonctionnement minimaux). Les pertes d'eau dans les réseaux AEP ont dépassés les 50% (ADE, 2020) [1]. Ces pertes ont des impacts négatifs pour la société entière, ils sont causés par les fuites. En 2022 par exemple, SEAAL a diagnostiqué et réparé plus de 550 fuites sur 2.000 km de réseaux [2].

A cet état de cause, notre problématique se focalise sur la recherche de ces fuites. Plusieurs méthodes sont actuellement employées dans la recherche parmi les meilleures c'est l'utilisation de capteur débitmètre, cette technique consiste à mesurer le débit dans le tuyau et par suite calculer le taux pour savoir s'il y a une fuite ou non.

Lors de la réalisation de notre projet de fin d'étude, nous avons fait un stage dans la société SOGRTHWIT. Nous avons profité de son expérience dans le domaine de l'hydraulique pour la conception du prototype de notre contribution.

Le travail, présenté dans ce mémoire, a pour objectif de réaliser une application avec des capteurs de débit ou des capteurs de pression pour détecter les fuites en eaux sous-terraines et ainsi éviter le gaspillage de cette ressource.

Ce manuscrit est organisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre, nous présentons l'entreprise SOGRTHWIT, le réseau AEP et les fuites en eau.

Introduction Générale

- Le deuxième chapitre est une présentation générale de l'internet of things et aussi les outils matériels et logiciels nécessaires à la réalisation de notre application.
- Le dernier Chapitre concerne l'aspect applicatif du notre travail. Dans ce chapitre, nous présentons une interface permet de réaliser une application de détection des fuites.

Chapitre I

Présentation de l'environnement de travail

I.1 Introduction

Dans le cadre de la préparation de notre projet de fin d'études, nous avons eu l'opportunité de faire notre stage au sein de l'entreprise SOGERHWIT (Société Générale d'Etude et de Réalisation Hydraulique).

Dans ce chapitre, nous allons voir trois parties. La première partie concerne une présentation de l'entreprise SOGERHWIT tout en citant les différentes activités principales de cette entreprise qui consiste à la réalisation de travaux hydrauliques et d'autres activités commerciales, la deuxième partie présente le réseau d'AEP dans notre wilaya, puis définit le réseau qui nous intéresse et la dernière partie décrit une étude sur les fuites en eau.

I.2 Présentation de l'entreprise

La société SOGERHWIT a été fondée par un arrêté interministériel, active dans le secteur de l'hydraulique depuis 1973. Passée d'une entreprise à vocation locale à une entreprise à vocation nationale en suivant un développement planifié et continu permettant de relever les défis auxquels la société a été confrontée. Elle dispose d'un certificat de qualification et de classification professionnelle en hydraulique [3].

Cette entreprise a été, récemment, retenue comme l'une des plus grandes entreprises pour ses travaux importants en hydraulique. Elle offre plusieurs activités et services pour les différents secteurs afin d'intégrer le facteur environnement avec le facteur économique, en augmentant leurs capacités de réalisation pour une utilisation efficace de leurs ressources afin de dégager de meilleurs résultats. Parmi leurs activités principales, nous citons :

I.2.A Adduction Eau Potable

(Souvent appelée AEP) est un système de distribution de l'eau potable à travers un réseau de canalisations enterrées pouvant desservir plusieurs robinets publics (bornes fontaines) et branchements privés. Il exploite les eaux souterraines à partir d'un forage équipé d'une pompe alimentée par de l'énergie d'origine thermique, solaire, éolienne ou directement fournie par le réseau électrique [4]. Il existe d'autres services qui appartiennent de cette activité comme : traitement d'eaux, dessalement, pompage, stockage et réhabilitation. La figure I.1 présente une partie d'adduction en eau potable.



Figure I.1 Adduction d'eau potable

I.2.B Assainissement

L'assainissement est un processus d'épuration qui comprend :

- La collecte des eaux usées
- L'épuration (ou dépollution), c'est-à-dire le traitement des eaux usées
- Le rejet des eaux dépolluées dans le milieu naturel [5] .

Il faut donc traiter ces eaux pour lutter contre la pollution des milieux naturels où elles sont déversées.

La figure I.2 montre les différentes étapes pour épurer les eaux usées qui sont acheminées par les réseaux assainissement.



Figure I.2 Le traitement des eaux usées à travers l'assainissement [6].

I.2.C Périmètre d'irrigation

C'est l'ensemble des surfaces occupées ou non par les cultures, pouvant être arrosées avec de l'eau d'irrigation (voir figure I.3). L'ensemble de ces surfaces est appelé aussi périmètre dominé lorsqu'il s'agit de l'irrigation gravitaire [7]. L'ouvrage de ces périmètres consiste à distribuer l'eau dans les réseaux de canalisation.

Les systèmes d'irrigation sont équipés d'ouvrages et de constructions hydromécaniques, ce qui permet d'optimiser leur fonctionnement et par conséquent éviter le gaspillage d'eau.



Figure 1.3 Périmètre d'irrigation

I.2.D Grands Transfert

Littéralement, les transferts d'eau représentent le transport d'un volume d'eau d'un lieu géographique vers un autre, souvent un lieu de captage vers un lieu de distribution et d'utilisation. Ces ouvrages sont composés d'un moyen de transport (canalisation ou canal), d'un moyen de propulsion (gravité ou pompage) et d'éventuels ouvrages intermédiaires de prise d'eau, de stockage ou / et de régulation /sécurisation [8].

Parmi les principaux avantages de l'installation des transferts, on peut citer les suivants :

- Il donne de l'eau aux régions où il y a une pénurie. Il y a des régions qui, en raison de leurs conditions climatiques, ne disposent pas de cet élément de base. Avec le transfert d'eau, on obtient de l'eau pour la consommation humaine et l'irrigation des cultures (voir la figure I.4).
- Amélioration de la qualité de vie dans les régions qui bénéficient du transfert [9].



Figure I.4 Transfert BENI-OUNIF vers BECHAR

I.2.E Lutte contre Inondation

Le risque d'inondation est le principal aléa auquel est exposée l'Algérie, menaçant des vies, des emplois et des habitations. Pour lutter contre ce phénomène SOGERHWIT met en œuvre de nombreuses solutions : digues, bassins de rétention, zones d'expansion de crues, noues, gestion des eaux pluviales, l'aménagement des oueds, rabattement des nappes (voir la figure I.5).



Figure I.5 Rabattement de nappe par puits filtrants

I.2.F Etude, Recherche & Développement

La société SOGERHWIT est chargée de produire des études qui orientent et justifient les choix structurels et techniques de ses projets. Parmi ces études, on trouve :

✚ Etude Génie Civil :

Le génie civil représente l'ensemble des techniques de constructions civiles. Ces ouvrages forment le tissu des moyens de communication ou des aménagements urbains [10]. Elles se tournent autour de : les ouvrages souterrains, Les réseaux et les ouvrages d'assainissement Les aménagements fluviaux, château d'eau (voir la figure I.6), stations de pompage, etc.



Figure I.6 Construction d'un château d'eau

✚ Etude hydraulique :

Cette étude effectue toutes les dimensionnements nécessaires pour collecter, évacuer ou stocker les fluides, et élaborer des avant-projets généraux de réseaux de distribution d'eau adaptés aux conditions géographiques et d'habitat, étudier et concrétiser des projets de conduites d'adduction et de distribution, d'équipement de réservoirs ou de châteaux d'eau. Elle assure du bon rendement de ces équipements et lutter contre les fuites font aussi partie de ses missions.

La télégestion :

La télégestion permet de faciliter et d'optimiser la gestion des réseaux offrant ainsi un meilleur service aux usagers.

La télégestion permet donc de surveiller et piloter à distance des installations ou sites industriels éloignés et se base sur plusieurs principes fondamentaux :

- Acquisition des données.
- Traitement des données : toutes les données sont historisées et archivées dans un journal. Les données sont horodatées et encryptées pour plus de sécurité.
- Transmission des données.
- Consultation et pilotage à distance.
- Sécurisation des installations [11].

SOGERHWIT à offrir un système de télégestion des équipements hydrauliques développement d'un système d'exploitation des cartes électroniques et des signaux.

I.3 Le réseau d'AEP dans la wilaya de Tlemcen

I.3.A Définition

Le réseau d'eau potable représente graphiquement les objets permettant le transport de l'eau potable. Il comporte les canalisations, les ouvrages de stockage et les autres éléments du réseau comme les équipements spéciaux (compteurs, vannes, vidanges, ventouses B) ainsi que l'enregistrement des incidents se produisant sur les réseaux [12]. Les principaux ouvrages constituant un réseau d'AEP sont schématisés dans la figure I.7.

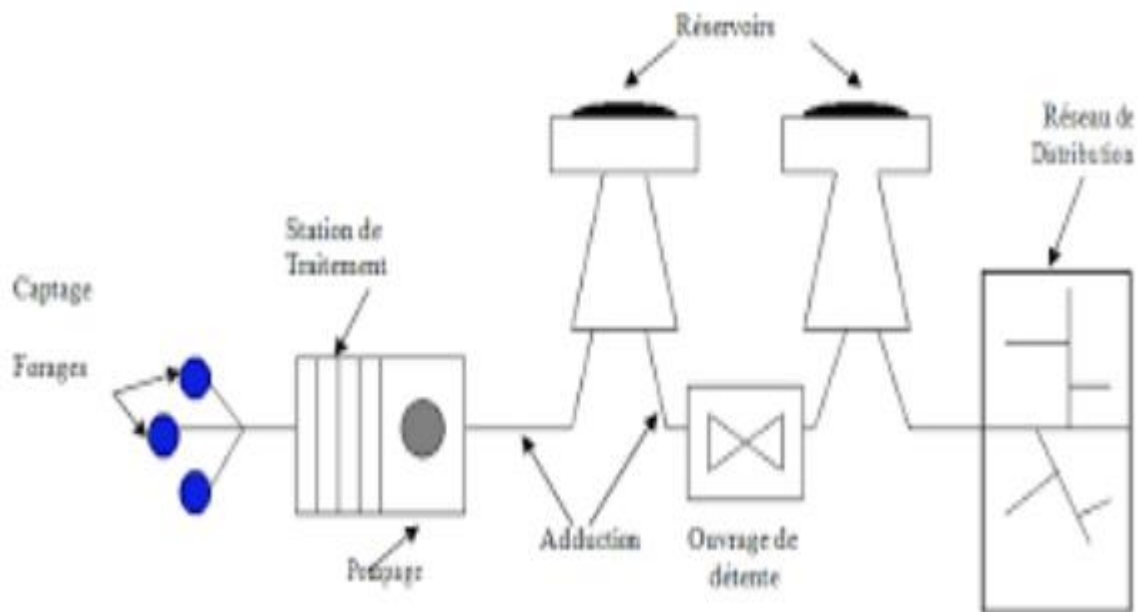


Figure I.7 Schéma d'alimentation en eau potable

I.3.B Les sources de distribution d'eau

Les ressources de distribution d'eau représentent une condition fondamentale pour le développement économique et social.

- **Les stations dessalements :**

Les stations de dessalement servent à produire de l'eau douce à partir d'eaux saumâtres ou salées. La wilaya de Tlemcen comprend les stations de dessalement d'eau de mer suivantes :

- ✓ Station de dessalement de Souk Tléta : 200 000 m³ /jour d'eau potable.
- ✓ Station de dessalement de Honaine : 200 000 m³ /jour d'eau potable [13].

- **Les stations de pompages :**

Une station de pompage est un ouvrage qui permet de déplacer un liquide, généralement de l'eau, d'un point bas vers un point haut via un réseau de canalisations [14].

- **Les barrages :**

Les barrages sont des ouvrages réalisés au travers d'une rivière ou d'une vallée qui permettent d'accumuler, de maîtriser ou de stocker de l'eau [15]. La wilaya de Tlemcen comprend les barrages suivants :

- ✓ Barrage d'El Meffrouch ;
- ✓ Barrage de Sikkak ;

- ✓ Barrage de Béni Bahdel; Barrage de Hammam Boughrara;
- ✓ Barrage de Sidi Abdelli [16]

- **Les réservoirs :**

Les réservoirs font partie intégrante de nombreux systèmes d'approvisionnement en eau dans le monde, qui jouent un rôle important dans l'approvisionnement en eau des besoins domestiques, industriels et agricoles [17]. La wilaya de Tlemcen contient plusieurs réservoirs alimentant, son rôle est de stocker un volume permettant de poursuivre la distribution en cas d'interruption.

- **Les forages :**

Les eaux souterraines sont exploitées afin de renforcer les volumes des eaux superficielles, en déficit pour satisfaire les besoins. Il existe plus de 158 forages réalisés sur les bordures nord des monts de Tlemcen [18].

I.3.C La réalisation du réseau d'AEP

L'interconnexion de ces sources permet de mettre en liaison de manière réciproque des unités de distribution distinctes dans le but d'assurer la continuité de l'approvisionnement ainsi que la sécurisation qualitative et quantitative de l'alimentation en eau potable de chacune des unités interconnectées [19]. La figure I.8 présente l'interconnexion des sources de distribution de la wilaya de Tlemcen.

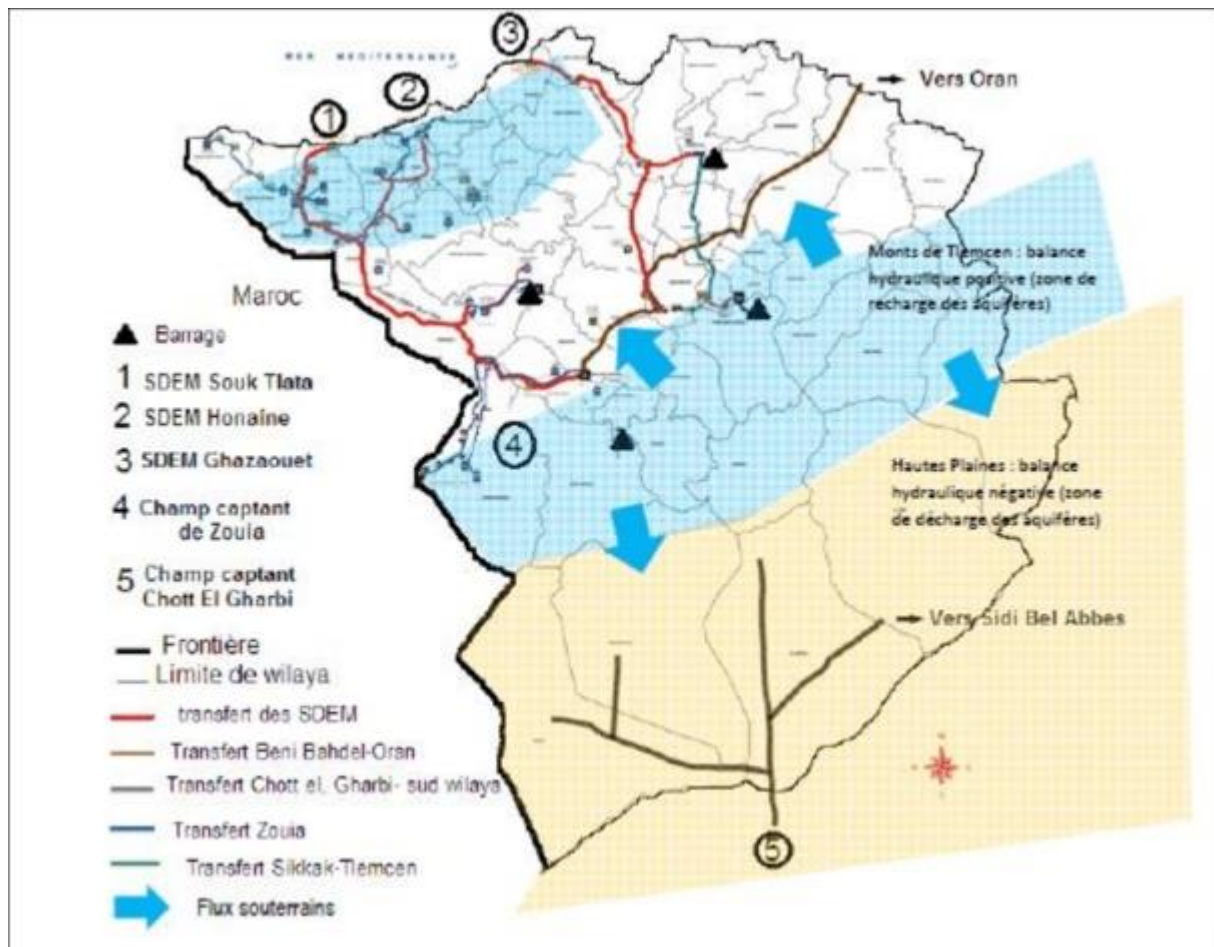


Figure I.8 Interconnexion des principales sources d'approvisionnement en eau de la wilaya de Tlemcen

Dans notre projet, nous sommes intéressés au réseau d'AEP qui fait l'interconnexion entre les stations de dessalement et les barrages ou les réservoirs. La figure I.9 présente un schéma simplifié du réseau intéressé.

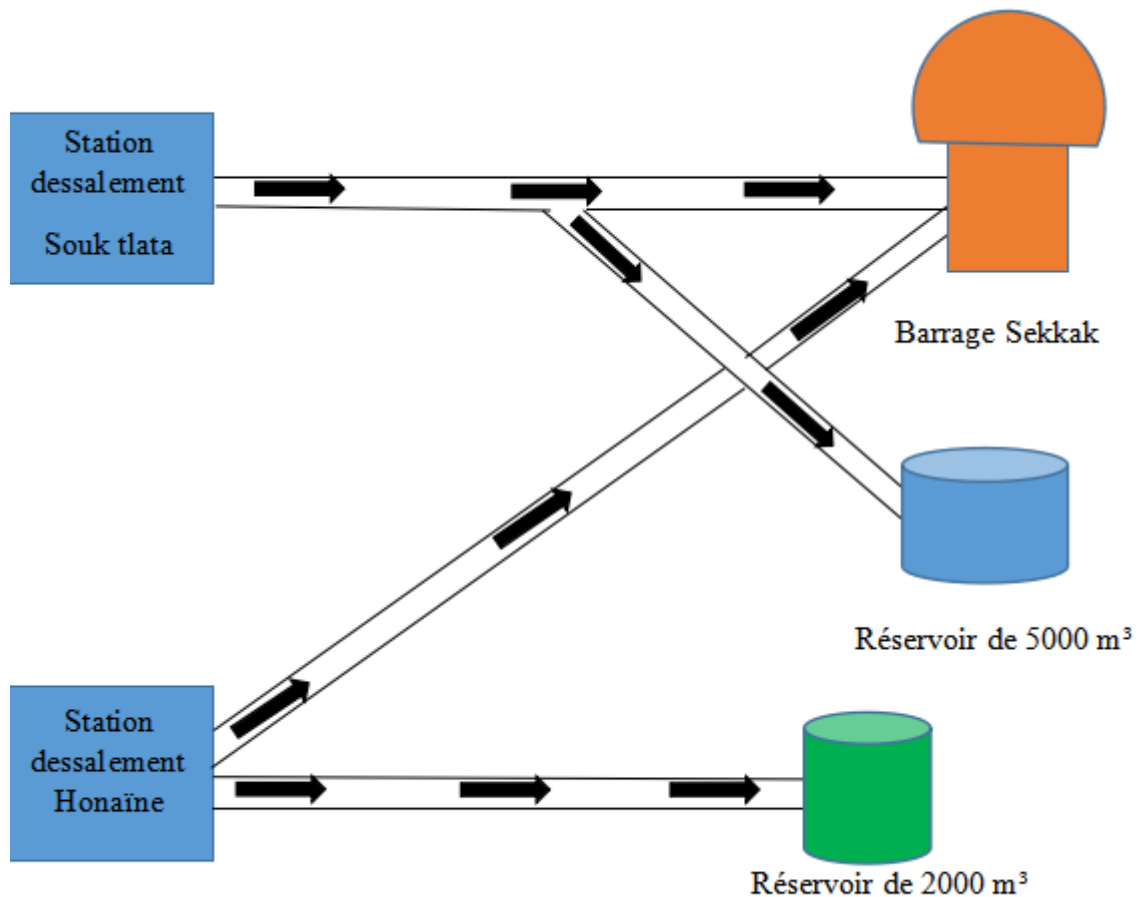


Figure I.9 Le schéma du réseau d'AEP intéressé pour notre projet

I.4 Les fuites d'eau

I.4.A Définition

C'est une source de bruit, qui engendre des vibrations mécaniques et acoustiques due aux fluctuations de la pression du fluide dans la conduite. Ces vibrations se propagent avec une atténuation plus ou moins rapide le long de la conduite et dans le sol. Les fuites se produisent dans différents éléments du réseau de distribution d'eau (conduites de transmission, conduites de distribution, branchements, raccords, vannes, et bouches d'incendie) [20]. La figure I.10 présente une fuite d'eau sous terrains.



Figure I.10 Détection d'une fuite d'eau enterrée

I.4.B Les types de fuite d'eau

- ❖ **Fuite d'eau avant compteur** : touche les canalisations du service de distribution de l'eau [21].
- ❖ **Fuite d'eau après compteur** : concerne les canalisations privées de l'abonné. Ces canalisations sont les installations qui alimentent les pièces de l'habitation en eau. [22].
- ❖ **Fuite robinet** : Il est important de savoir que ce type d'avarie est souvent dû à un joint défailant. Ces joints sont situés sur les robinets d'eau chaude et d'eau froide, ou sur la cartouche d'un mitigeur [23].
- ❖ **Fuite d'eau plafond** : Une fuite d'eau au plafond est un gros problème, car non seulement elle endommagera l'isolation en fibre de verre dans les murs et le grenier à proximité, mais c'est aussi l'endroit le plus possible pour obtenir des moisissures. Ces fuites d'eau sont également les plus dures à réparer pour les propriétaires.
- ❖ **Fuite d'eau canalisation enterrée** : Le type de tuyau le plus couramment utilisé pour les conduites d'eau sous chape est le tube en cuivre, Les fuites enterrées sous chape sont très rares, La réparation des tuyaux enterrés sous chape peut être coûteuse [24].
- ❖ **Fuite dans contribution** : Ce type de fuite concerne les canalisations du réseau d'AEP, ce sont des fuites non visibles que l'on peut détecter avec les moyens usuels d'investigation (recherche de fuites).

I.4.C Les causes des fuites

Les causes accidentelles de fuite d'eau sont nombreuses :

- Une mauvaise installation initiale.
- Des joints ou des vannes qui fuient.
- Des canalisations vieillissantes attaquées par la rouille.
- Détérioration de la tuyauterie.
- Le gel dû au froid ou à l'humidité du sol [25].

La figure I.11 définit les différentes causes d'affaiblissement d'une conduite d'eau potable dans un réseau de distribution, et donc augmenter le risque d'apparition d'une défaillance.

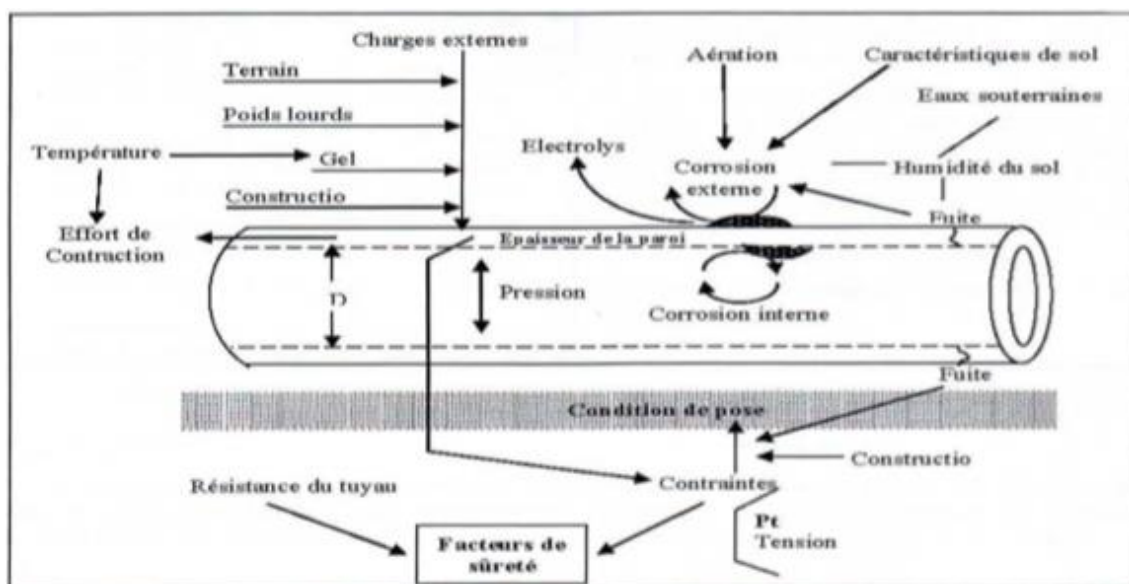


Figure I.11 Causes de l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable [25].

I.4.D Conséquences des fuites d'eau

Les dégâts des eaux sont un sujet important dont il faut parler, car les fuites d'eau entraînent de très gros problèmes, dont le plus important est :

- ❖ Pertes financières : une facture d'eau élevée
- ❖ Impact sur la santé : des allergies, des maladies respiratoires dont l'asthme, les bronchites chroniques etc...
- ❖ Destruction des matériels
- ❖ Les fuites d'eau affectent l'infrastructure du bâtiment car elle l'affaiblit.

I.4.E La détection et la localisation des fuites

Plusieurs méthodes sont utilisées pour détecter et localiser une fuite, les plus utilisées sont :

- La méthode de corrélation acoustique : cette méthode est basée sur le signal de fuite, deux hydrophones sont placés sur deux bouches d'incendie [26]
- La technique qui utilise le gaz traceur : cette technique consiste à injecter un gaz plus léger que l'air dans la canalisation, quand il arrive à l'endroit de la fuite, il s'échappe du tuyau [27].
- La thermographie qui se base sur les caméras infrarouges : cette méthode consiste à insérer une caméra dans le tuyau pour détecter une fuite d'eau, grâce à la signature thermique de l'eau qui s'échappe [28].
- Écoute des tuyaux : il est possible de repérer la fuite par un micro qui permet d'enregistrer le bruit de canalisation [29].

La figure I.12 présente un corrélateur de localisation de fuites d'eau sous terrains. Il est utilisé à Tlemcen. Il est composé de capteurs de bruit, transmetteurs, accéléromètres, casque d'écoute, écran tactile... Il utilise une fonction unique pour superposer un pic de corrélation, produit par un son de fuite provoqué, sur un pic de corrélation de bruit de fuite. Une correction automatique de la variation de vitesse donnera un résultat plus précis sur la localisation des fuites [30].



Figure I.12 Corrélateur pour la détection de fuites Eureka3

I.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté SOGERHWIT, les réseaux d'AEP et une étude sur les fuites en eaux.

En résumé SOGERHWIT vise la préservation de la salubrité publique, la protection des ressources en eau et des milieux aquatiques contre les risques de pollution, et l'optimisation du transport et de la distribution de l'eau pour éviter tout gaspillage.

Dans le chapitre suivant, nous allons expliquer les concepts généraux utilisés dans le domaine d'IOT, ainsi leurs composants et tous ce qui est liés dans cet environnement et nous allons définir toutes les outils logiciels et matériels utilisés dans notre projet.

Chapitre II

Les technologies (IOT) et Les outils

matériels et

Logiciels pour la mise en place de la

Contribution

II.1 Introduction

Aux années 90s, le monde a connu un grand essor dans le domaine de l'internet, de sorte que l'internet n'est pas seulement une interconnexion entre ordinateurs, mais plutôt une interconnexion entre objets physiques, la révolution d'internet a créé un nouveau terme le soi-disant internet des objets. L'Internet des objets (IOT) est une révolution technologique en informatique et en communication qui a mobilisé le domaine de l'industrie ces dernières années. Dans ce premier chapitre, nous allons survoler la notion d'Internet des objets, et nous allons expliquer les matériels et logiciels que nous avons utilisés dans notre projet.

II.2 Présentation d'IOT

II.2.1 Définition de l'IOT

L'Internet des objets, connu sous l'abréviation Internet of Things (IoT) en anglais, permet de faire une interconnexion entre les objets physiques tel que les afficheurs, les capteurs, les actionneurs, les appareils et les machines, avec le monde virtuel (voir la figure II.1). La majorité des appareils et machines intelligents qui sont éparpillés à travers le monde sont connectés à Internet en permanents ce qui les rend accessibles les uns aux autres. Actuellement, les utilisateurs d'IoT ont le choix entre laisser les objets s'interagir entre eux pour prendre des décisions instantanées et d'une manière automatique (ex. thermomètre et chauffage central installés dans une maison), ou accéder directement à des applications via leurs smartphones [31].



Figure II.1 les objets de internet of things

II.2.2 composants d'internet des objets

Un système IoT se compose de plusieurs composantes :

- 1) **Les capteurs** : Ils permettent de traduire une grandeur physique en un signal électrique. Ce dernier est ensuite numérisé pour être transmis au système informatique (température, force, position, vitesse, luminosité)
- 2) **Les actionneurs** : sont un dispositif matériel, ils transforment une information digitale en une action physique
- 3) **les réseaux de communication** : les données sont transférées et traitées pour assurer une communication transparente entre les appareils connectés
- 4) **Des outils, plateformes ou logiciels** : traite et stocke les données
- 5) **Les plateformes de service IoT** : vont restituer les données sous différentes formes : données brutes, tableaux de bords, alertes e-mail/SMS [32].

II.2.3 Les Technologie de l'IoT

Plusieurs technologies sont utilisées pour faire communiquer un objet avec Internet. Dans ce qui suit, nous présentons les différents concepts et technologies de l'IoT (Internet des objets):

➤ **Wi-Fi :**

Le Wi-Fi est une technologie de réseau informatique sans fil mise en place pour fonctionner en réseau internet, devenue un moyen d'accès à haut débit à internet. Il est basé sur la norme IEEE 802.11. En pratique, pour un usage informatique du réseau Wi-Fi, il est nécessaire de disposer au minimum de deux équipements Wi-Fi par exemple un ordinateur et un routeur ADSL [33].

➤ **Bluetooth :**

C'est une technologie de réseau personnel sans fil (WPAN : Wireless Personal Area Network) a une faible portée (quelques dizaines de mètres). Elle permet de relier les équipements entre eux sans la liaison filaire. En utilisant les ondes radio comme support de transmission (bande de fréquence 2,4GHz) [34].

➤ **Z-Wave, Zig Bee :**

Sont deux protocoles dédiés à la domotique qu'on peut retrouver également dans le domaine professionnel ou le secteur industriel. Le premier relaie les informations jusqu'à 30m, le second uniquement sur 10, mais permet de faire circuler 2,5 fois plus de données, jusqu'à 250 kilobits/s. Z-Wave et Zig Bee nécessitent, comme le Wi-Fi, la présence d'une source électrique fiable à proximité [35].

➤ **NFC :**

(Near Field Communication) est une technologie qui permet des interactions à deux voies simples et sûres entre des appareils électroniques, et surtout applicable pour les Smartphones, permettant aux consommateurs d'effectuer des transactions de paiement sans contact, le contenu numérique d'accès et de connecter des appareils électroniques. Essentiellement, il étend la capacité de la technologie de carte sans contact et permet aux périphériques de partager des informations à une distance qui est inférieure à 10cm [36].

➤ **RFID :**

La Radio Frequency Identification n'a besoin d'aucune source énergétique pour fonctionner. C'est là son grand atout. La RFID sert à identifier des biens, des machines, des personnes, des animaux... On utilise le protocole pour de la gestion de stocks et la traçabilité des produits. On

compte aujourd'hui plus de 20 milliards de tags (badges) RFID dans le monde. La RFID nécessite un important investissement en matériel : badges, étiquettes, liseuses, etc [37].

II.2.4 Les Protocoles de l'IoT

a) MQTT

Destiné aux objets qui dispose des limitations concernant la bande passante, Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) est un outil open-source qui repose sur un protocole d'une messagerie simple en utilisant le TCP afin d'assurer une livraison de données fiable suivant plusieurs niveaux de services. MQTT utilise une logique Publish/subscribe et cible les appareils IoT sur les grands réseaux afin de les gérer à partir d'un serveur (voir la figure II.2). Le point fort de MQTT est qu'il est simple à mettre en œuvre et il est souvent utilisé dans des applications sur Smart-home [38].

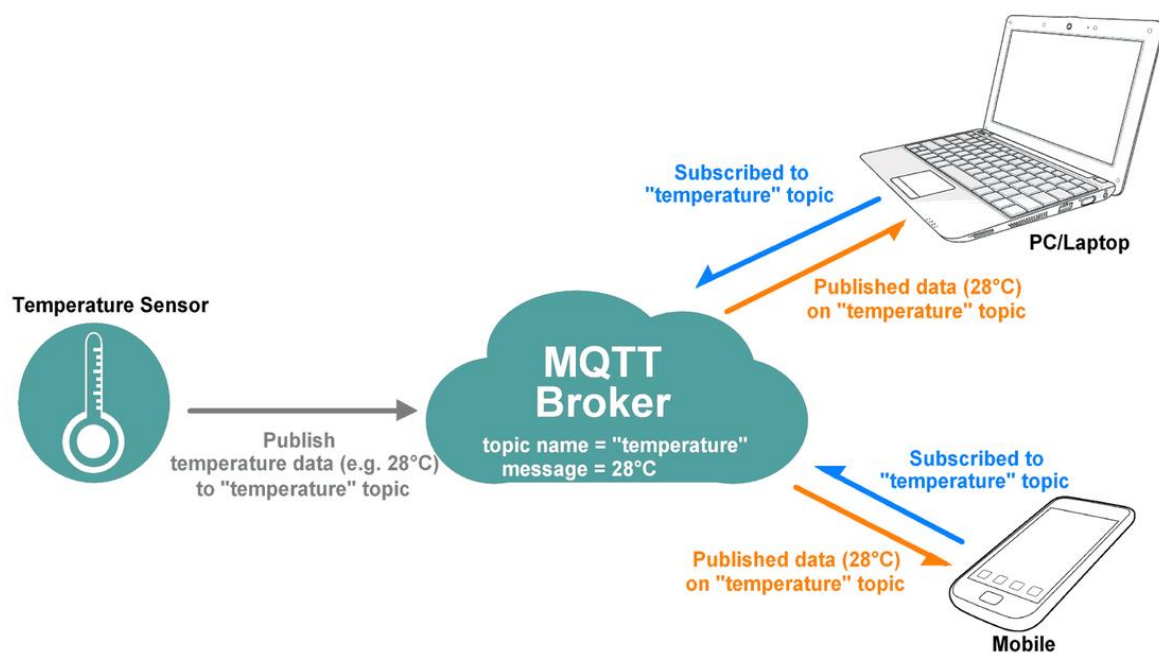


Figure II.2 MQTT avec Arduino

b) CoAP

De son côté et comme son nom l'indique, Constrained Application Protocol (CoAP), est destiné principalement aux appareils IoT très limités en ressources matérielles.

CoAP repose sur une communication UDP, le fait que le TCP consomme de l'énergie et utilise la même sémantique que le HTTP. CoAP utilise les terminologies et les concepts REST

Chapitre II Les technologies (IOT) et les Outils matériels et logiciels pour la mise en place de la contribution

(Représentationnel State Transfer) à travers les commandes POST, GET, PUT et DELETE effectués sur des ressources qui sont identifiées par des URI (Uniform Resource Identifier).

Le paquet échangé par CoAP est nettement plus petit que celui échangé par le HTTP. montre un exemple d'échange d'information en définissant la température comme ressource échangée entre le client et le serveur en sollicitant la commande GET (la figure II.3 ci-dessous représente ça) [39].

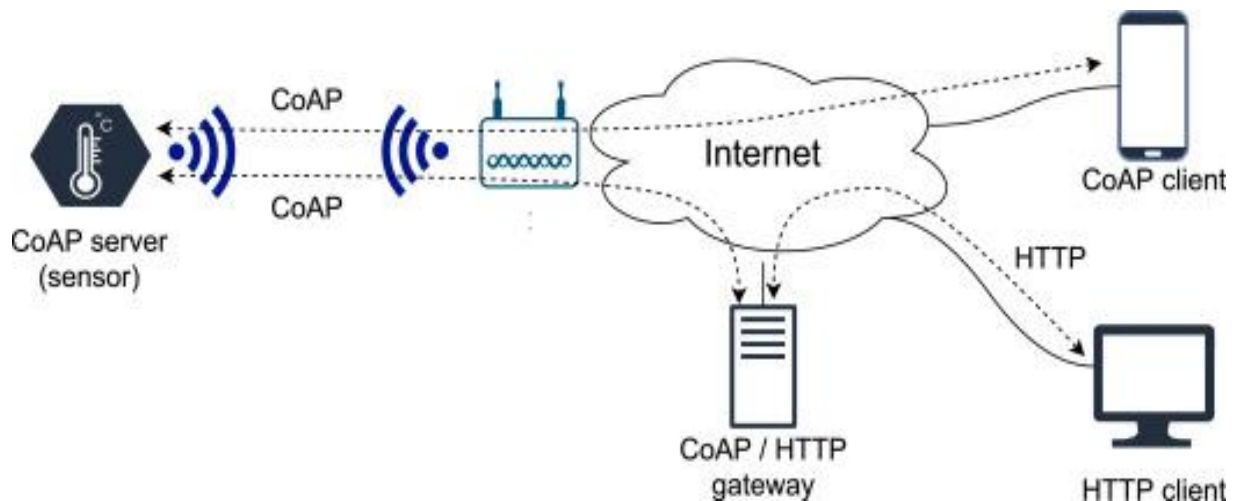


Figure II.3 CoAP system

c) Machine-to-Machine (M2M)

Il s'agit d'un protocole industriel ouvert conçu pour fournir une gestion à distance des applications d'appareils IoT. Les protocoles de communication M2M sont pratiques et utilisent des réseaux publics. Créez un environnement dans lequel deux machines communiquent et échangent des données. Ce protocole prend en charge l'auto-surveillance des machines et permet aux systèmes de s'adapter aux changements de l'environnement.

Les protocoles de communication M2M sont utilisés pour les maisons intelligentes, l'authentification automatique des véhicules, les distributeurs automatiques et les guichets automatiques [40].

II.2.5 Le fonctionnement de l'IoT

L'internet des objets fonctionne principalement avec des capteurs et objets connectés placés dans/sur des infrastructures physiques. Ces capteurs vont alors émettre des données qui vont remonter à l'aide d'un réseau sans fil sur des plateformes IoT. Elles pourront ainsi être analysées et enrichies pour en tirer le meilleur profit. Ces plateformes de data management et de data

Chapitre II Les technologies (IOT) et les Outils matériels et logiciels pour la mise en place de la contribution

visualisation sont les nouvelles solutions IoT permettant aux territoires, entreprises ou même usagers d'analyser les données et d'en tirer des conclusions pour pouvoir adapter pratiques et comportements [41]. La figure II.4 représente les étapes de fonctionnement de IOT

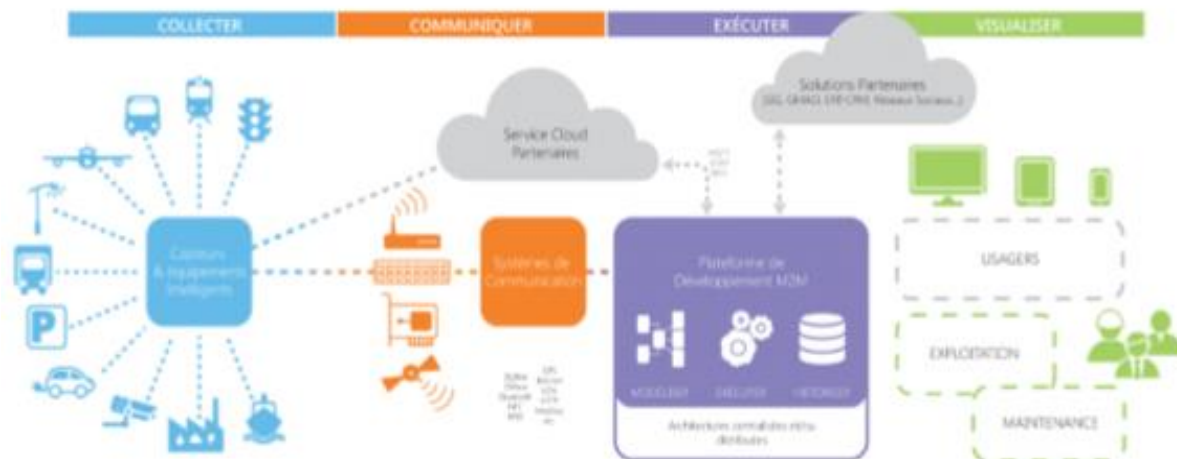


Figure II.4 Les fonctionnalités d'un écosystème IOT

L'écosystème IoT est constitué de multiples composants qui permettent aux entreprises, aux gouvernements et aux consommateurs de se connecter à leurs appareils IoT. Ces composants comprennent :

- **Collecter / Actionner :**

On est à la première couche au niveau des objets connectés. Qui peuvent être des capteurs qui captent des mesures de l'environnement physique (température, humidité) et des actionneurs qui ont le pouvoir d'agir sur l'environnement (des moteurs pour fermer ou ouvrir le volet de la chambre).

- **Communiquer :**

À cette étape que se passe l'envoi des données vers le Cloud. Et on peut distinguer deux modèles de protocoles pour transporter la donnée : Le modèle Publish / Subscribe avec des protocoles de type MQTT et le modèle REST avec des protocoles comme HTTP ou encore CoAP

- **Exécuter :**

Cette étape s'occupe du stockage et du traitement des données. À cette étape que rentre en jeux la Plate-forme IoT qui est une solution Cloud qui a pour fonction de connecter plusieurs objets connectés, de traiter et de stocker leurs données

- **Visualiser :**

Cette étape a pour tâche d'afficher les services des objets connectés à travers différentes applications dédiées. Un utilisateur, à travers une application mobile, peut communiquer avec ses objets en consultant leurs données ou bien en envoyant des actions vers ses objet [42]

II.2.6 Domaines d'application d'IoT

Plusieurs domaines d'application sont touchés par l'IoT, Parmi ces principaux domaines nous citons: le domaine de la sécurité, le domaine du transport, l'environnement et l'infrastructure et les services publics...etc.

Quelques exemples courants sont présentés dans la figure II.5 suivante :



Figure II.5 Top 10 IOT applications in 2023

Parmi ces domaines on cite:

a . Les villes intelligentes (Smart Cities) : l'IoT permettra une meilleure gestion des réseaux divers qui alimentent nos villes (eaux, électricité, gaz, etc.) en permettant un contrôle continu en temps réel et précis. Des capteurs peuvent être utilisés pour l'économie de l'eau et pour améliorer la gestion des parkings et du trafic urbain et diminuer les embouteillages et les émissions en CO2 [43].

b. La santé (Smart Health) : dans le domaine de la santé, l'IoT permettra le déploiement de réseaux personnels pour le contrôle et le suivi des signes cliniques, notamment pour des personnes âgées, les objets connectés permettent de suivre la tension, le rythme cardiaque, la qualité de respiration ou encore la masse grasseuse. Ceci permettra ainsi de faciliter la télésurveillance des patients à domiciles, et apporter des solutions pour l'autonomie des personnes à mobilité réduite [44].

c. Le Transport : Des voitures connectées ou autonomes aux systèmes de transport/logistique intelligents, l'IoT peut sauver des vies, réduire le trafic et minimiser l'impact des véhicules sur l'environnement [45].

d. L'industrie : La technologie IoT permettra un suivi total des produits, de la chaîne de production, jusqu'à la chaîne logistique et de distribution en supervisant les conditions d'approvisionnement. Cette traçabilité de bout en bout permet aux usines d'améliorer l'efficacité de ses opérations, d'optimiser la production et d'améliorer la sécurité des employés.

e. Agriculture : L'usage des objets connectés se démocratise dans l'agriculture. En effet, de nombreuses améliorations en découlent concernant la gestion des engins agricoles, la maîtrise de l'irrigation ou la gestion optimisée des intrants, la surveillance de la croissance des plantes ou encore la prévention des risques météo. De quoi renouveler en profondeur les pratiques de cette activité ancestrale grâce à l'analyse des données collectées [46].

f. L'hydraulique : désigne la branche de la physique qui étudie les liquides, elle s'occupe de l'étude de la pression des liquides, de la flottaison et son gradient, de l'écoulement des liquides avec sa résistivité et des équipements hydrauliques tel que les

Chapitre II Les technologies (IOT) et les Outils matériels et logiciels pour la mise en place de la contribution

pompes, En génie civil, l'hydraulique sert par exemple à concevoir les canaux, barrages, vannes-registres et déversoirs, ainsi que les ouvrages d'irrigation et de traitement des eaux usées [47].

II.2.7 Les avantages et les inconvénients de l'IoT

II.2.7.a Avantages de l'IoT

Les avantages des IoT sont nombreux, nous pouvons citer les avantages suivants :

- Améliorer les services traditionnels généraux comme le transport et les parkings.
- La surveillance et maintenance des lieux publics.
- Suivi le taux de la validité des instructions pour le travail.
- Réduire le temps perdu dans les transactions administratives dans la ville.
- Economiser du temps.
- Renforcer la sécurité routière.
- L'organisation et l'amélioration de la qualité d'Airlines.
- Economiser la consommation de l'énergie dans la ville.
- L'éclairage intelligent [48].

II.2.7.b Inconvénients de l'IoT

- ◆ **Sécurité** : l'IoT crée un écosystème de périphériques constamment connectés qui communiquent sur des réseaux. Le système offre peu de contrôle malgré toutes les mesures de sécurité. Cela laisse les utilisateurs exposés à divers types d'attaquants et risques sécuritaire [49].
- ◆ **Complexité** : Certains trouvent les systèmes IoT complexes en termes de conception, de déploiement et de maintenance, étant donné qu'ils utilisent de multiples technologies et un grand nombre de nouvelles technologies hétérogènes [50].
- ◆ **La flexibilité** : Beaucoup s'inquiètent de la flexibilité d'un système IoT pour s'intégrer facilement à un autre. Ils s'inquiètent de se retrouver avec plusieurs systèmes conflictuels ou verrouillés [51].

II.3 les Outils matériels et logiciels

II.3.1 Matériels

Dans cette section, nous présentons la plateforme des capteurs sur laquelle nous avons développé notre application.

II.3.1.A Capteur de pression

a) Définition

Un capteur de pression est un dispositif, souvent appelé transducteur ou transmetteur, utilisé pour mesurer et convertir une pression mécanique ou hydraulique en un signal électrique, la figure II.6 représente le capteur qu'on a utilisé [52].

La formule que nous avons utilisée pour calculer le débit est :

$((\pi * d^2)/4) * (\sqrt{(2 * \Delta p) / \rho})$, nous avons conclu cette formule de l'équation de

BERNOULLI :

$$P_d - P_s = \rho * v^2 / 2 \quad (1) \Rightarrow v^2 = (2 * (P_d - P_s)) / \rho$$

puisque $P_d - P_s = \Delta P$

$$\text{Donc } v = \sqrt{(2 * \Delta P) / \rho} \quad (2)$$

$$Q = v * (\pi * d^2) / 4 \quad (3) \Rightarrow Q = (\pi * d^2) / 4 * \sqrt{(2 * \Delta P) / \rho} \quad (4)$$

- $\pi = 3.14159$: appelé constante d'Archimède, est un nombre représenté par la lettre grecque du même nom en minuscule (π).
- d : diamètre de le cylindre
- ρ : masse volumique (1000 kg/m³)
- ΔP : c'est la différence entre la pression dynamique (P_d) et la pression statique (P_s)
- Q : débit volumique



Figure II.6 Capteur de pression SOFREL CNP

Le tableau II.1 représente les différentes propriétés de capteur de pression.

Sortie	4-20 mA 2 fils
Alimentation	7 à 30 VDC
Température	-10 °C à + 70 °C
Mesure	pression relative
Précision selon IEC 60770	+/-0,35% FSO
Câble	EPR avec capillaire, protégé contre les infiltrations d'eau
Certification	ACS

Tableau II-1 : Les propriétés de capteur de pression [53]

b) Principe et fonctionnement

Un capteur de pression est un système qui permet de convertir une pression mécanique en une valeur électrique. Un fluide va agir sur une membrane qui va se déformer. Cette déformation est ensuite mesurée par un élément sensible comme une jauge de déformation (montage en pont complet), un circuit MEMS, un élément piézo-électrique ou autre. Cette valeur peut être lue directement (exemple capteur en mv/V) ou plus généralement, conditionnée par une électronique interne. L'unité de la pression est le Pascal (Pa) suivant le système International, $100\ 000\ \text{Pa} = 1\ \text{bar}$ mais aussi $1\ \text{bar} \approx 1\ \text{Kg} / \text{cm}^2$ (voir la figure II.7) [54].

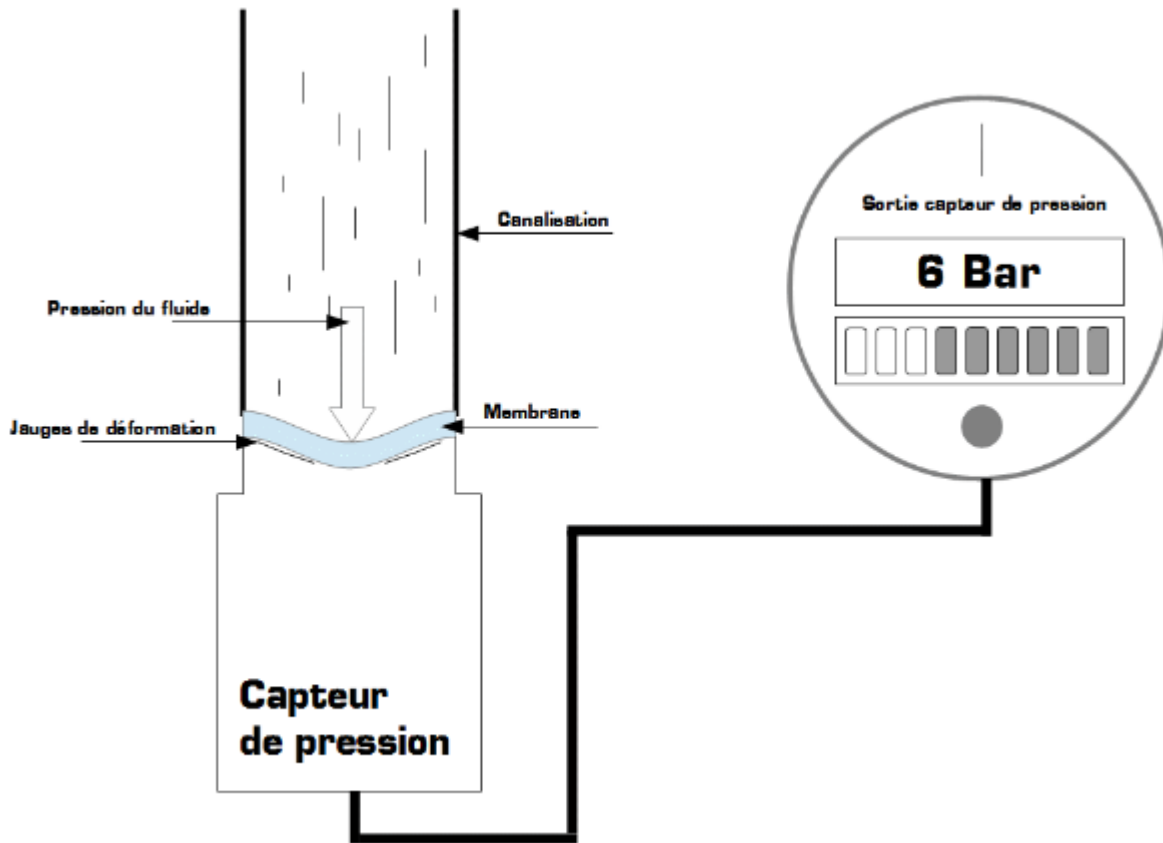


Figure II.7 Fonctionnement de capteur de pression d'eau

c) Les différents types de capteurs de pression

i. Classes basées sur les types de pression :

- **Les capteurs de pression absolue** : mesurent la pression par rapport à une chambre de référence (presque vide).
- **Les capteurs de pression manométrique - ou capteurs de pression relative** :- sont utilisés pour mesurer la pression par rapport à la pression atmosphérique actuelle.
- **Les capteurs de pression manométriques étanches** : sont comme des capteurs de pression manométriques, mais ils mesurent la pression par rapport à une pression fixe plutôt qu'à la pression atmosphérique actuelle
- **Les capteurs de pression différentielle** :déterminent la différence entre deux pressions et peuvent être utilisés pour mesurer les pertes de charge, les niveaux de fluide et les débits [55].

ii. Classes basées sur la sortie électrique:

Les capteurs de pression sont généralement disponibles avec trois types de sorties électriques, on cite :

- ❖ **Capteurs de pression à sortie en millivolts** : La sortie millivolt du capteur est nominalement autour de 30mV à pleine échelle. La sortie réelle est directement proportionnelle à l'entrée du transducteur de pression.
- ❖ **Capteurs de pression à sortie de tension** : La sortie est normalement de 0-5Vcc ou 0-10Vcc.
- ❖ **Capteurs de pression à sortie 4-20 mA** : signal de 4-20mA est le moins affecté par le bruit électrique et la résistance dans les fils de signaux, Il n'est pas rare d'utiliser ces capteurs dans des applications où le fil doit être de 500 mètres ou plus [56].

II.3.1.B Capteur de débitmètre

a) Définition

Un débitmètre est un instrument utilisé pour mesurer le débit linéaire, non linéaire, massique ou volumétrique d'un liquide ou d'un gaz [57]. La figure II.8 ci -dessous montre le capteur de débit volumique.



Figure II.8 Débitmètre SIEMENS MAG 5100 - ACS DN 100 PN16 REF [58]

Le tableau II.2 représente les propriétés de capteur de débit.

Référence	7ME6520-3TC12-2AA1
Type	MAG 5100 - 230V
DN entrée (mm)	100
DN sortie (mm)	100
Pression (bars)	PN 16
Application	Eau potable – ACS
Code EAN	4019169848251

Tableau II-2 : Les propriétés de capteur débitmètre [58]

b) Différents types de débitmètres

Différents types de débitmètres qui permettent d'améliorer les opérations dans les industries du bâtiment, du pétrole et du gaz, de l'eau et des eaux usées, parmi lesquels on trouve les suivants :

- **Débitmètres à pression différentielle (PD) :** Les débitmètres à pression différentielle mesurent le débit d'un liquide dans un tuyau en y introduisant un rétrécissement qui crée une baisse de pression. Ces appareils conviennent à des utilisations avec des filtres, des échangeurs thermiques, des disconnecteurs hydrauliques
- **Débitmètres volumétriques :** Les débitmètres volumétriques mesurent le débit volumétrique d'un liquide ou d'un gaz passant dans l'appareil en l'emprisonnant à intervalles répétés à l'aide de roues afin d'en mesurer le volume
- **Débitmètres électromagnétiques :** fonctionnent selon la loi de Faraday sur l'induction électromagnétique pour mesurer la vitesse des liquides
- **Un débitmètre à effet vortex :** mesure des variations de pression engendrées par des tourbillons de Karman

- **Débitmètre massique** : il mesure la masse de fluide qui s'écoule dans un tuyau pendant une période donnée [59].

II.3.1.C Arduino Méga 2560

a) Présentation de l'Arduino

Arduino est une plate-forme électronique open source basée sur du matériel et des logiciels faciles à utiliser pour construire des projets électroniques C'est ce qu'on appelle un microcontrôleur.(voir la figure II.9) [60].

Le tableau II.3 représente les propriétés de l'Arduino.

Microcontrôleur	ATmega2560
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandée)	7-12V
Tension d'entrée (limite)	6-20V
Broches d'E/S numériques	54 (dont 15 fournissent une sortie PWM)
Broches d'entrée analogiques	16
Courant CC par broche d'E/S	20mA
Courant continu pour broche 3.3V	50 mA
Mémoire flash / Port USB (type B)	256 Ko dont 8 Ko utilisés par le bootloader
SRAM	8 Ko
EEPROM	4 Ko
Vitesse de l'horloge	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Longueur	101,52 millimètres
Largeur	53,3 millimètres
Lester	37 grammes

Tableau II-3 : Les propriétés de l'Arduino [61]

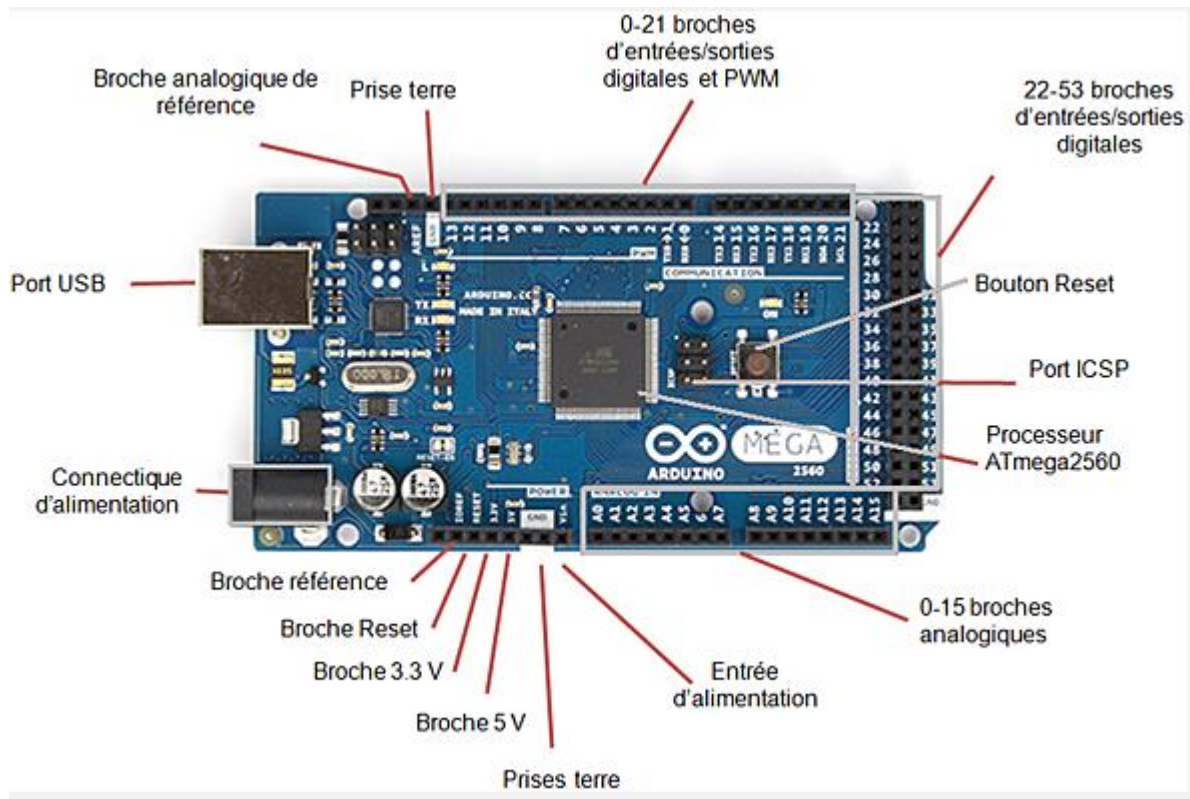


Figure II.9 Les différentes composants d'un Arduino

b) Le principe de fonctionnement

- 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 autonome (pile 9 volts par exemple).
- On vérifie que notre montage fonctionne [62].

c) Les domaines d'application d'Arduino

Il existe de nombreuses utilisations pour Arduino parmi elles :

- pilotage d'un robot
- faire des jeux de lumières
- contrôle d'éclairage et sonore dynamique
- permettre à un ordinateur de communiquer avec une carte électronique et différents capteurs
- télécommander un appareil mobile (modélisme) [63].

II.3.2 Logiciels

II.3.2.A Node Red

a) Définition

Inventée par Paul J. Morrison dans les années 1970 ,il est un outil de développement open-source et gratuit, basé sur une programmation visuelle, permettant de connecter des périphériques matériels, des API(application programming interface) ou des services en ligne dans le cadre de l'Internet des objets [64].

b) Les composants

i. Nodes de base :

Node-RED contient plusieurs nodes de base qui sont très utiles ou pratiques.

ii. L'interface de Node-RED :

La fenêtre de l'éditeur se compose de quatre composants (voir la figure II.10) :

- L'en-tête en haut, contenant le bouton de déploiement, le menu principal et, si l'authentification de l'utilisateur est activée, le menu de l'utilisateur.
- La palette de gauche, contenant les nœuds disponibles à utiliser.
- L'espace de travail principal au milieu, où les flux sont créés.
- La barre latérale à droite [64]

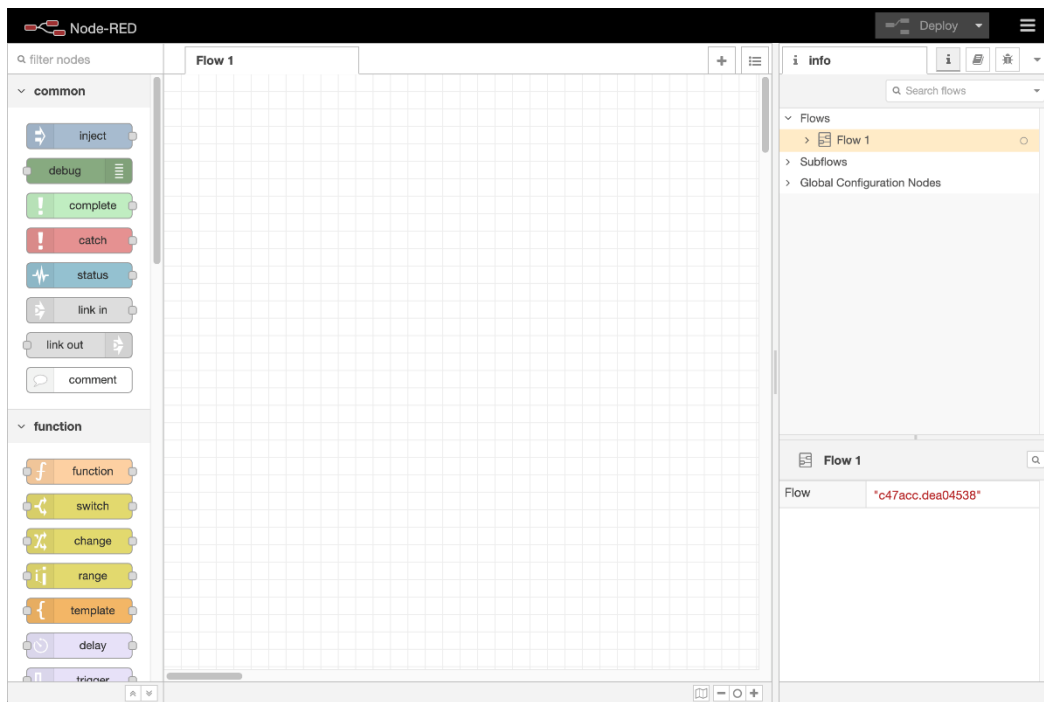


Figure II.10 Interface de NODE-RED

c) Langage de programmation

Node Red utilise le JavaScript est un langage de programmation de scripts principalement employé dans les pages web interactives et à ce titre est une partie essentielle des applications web. Avec les langages HTML et CSS [65].

d) Exemples d'utilisations par Node-RED

Node-RED a des possibilités infinies. Mais voici quelques exemples de ce que les utilisateurs ont réalisé avec :

- Passerelle de capteurs IoT (en utilisant MQTT)
- Création de services API
- Automatisation de courriels (e-mails)
- Création de robots Twitter
- Scrapping de pages web
- Passerelle entre des services tels que des API et des bases de données [66]

e) Les avantages de Node RED

Node-RED a plusieurs avantages parmi lesquels on peut citer :

- ✚ Il réduit le temps nécessaire pour créer une application fonctionnelle.
- ✚ Il est accessible à un large éventail de développeurs et de non-développeurs.
- ✚ La nature visuelle de l'interface le rend très intuitif [67]

II.3.2.B Inkscape

Inkscape est un éditeur d'images vectorielles libre(voir la figure II.11) (au code source ouvert, open source), similaire à Adobe Illustrator, Corel Draw, Freehand et Xara X. Inkscape se distingue par l'utilisation du SVG (Scalable Vector Graphics) comme format natif — un format ouvert, basé sur le XML et normalisé par le W3C [68].

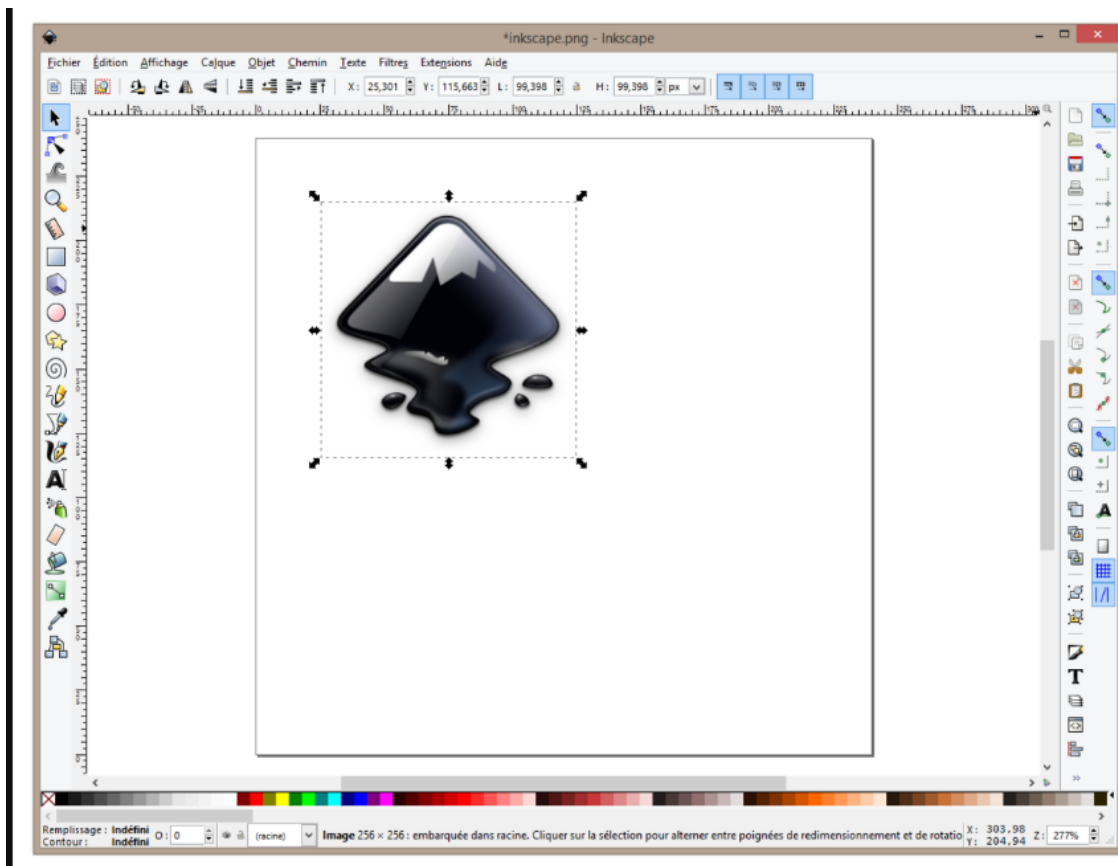


Figure II.11 Interface d'Inkscape

Chapitre II Les technologies (IOT) et les Outils matériels et logiciels pour la mise en place de la contribution

Voici le programme graphique SVG qui est défini dans la partie SVG du node red :

```
<svg x="0" y="0" height="100" viewBox="0 0 100 100" width="100"
xmlns="http://www.w3.org/2000/svg" xmlns:svg="http://www.w3.org/2000/svg"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink">
<!-- Add here your SVG shapes (circles, rectangles, ...) -->
<!-- Or remove everything, if you want to paste an entire drawing
(<svg...>...</svg>).-->
</svg>
```

II.3.2.C MySQL Workbench

a) Définition

MySQL Workbench est un outil visuel unifié pour les architectes de bases de données, les développeurs et les DBA, De plus, l'outil offre une interface graphique pour travailler, la figure II.12 ci-dessous montre ça , il est disponible sur Windows, Linux et Mac OS X. créé en 2004 [69].

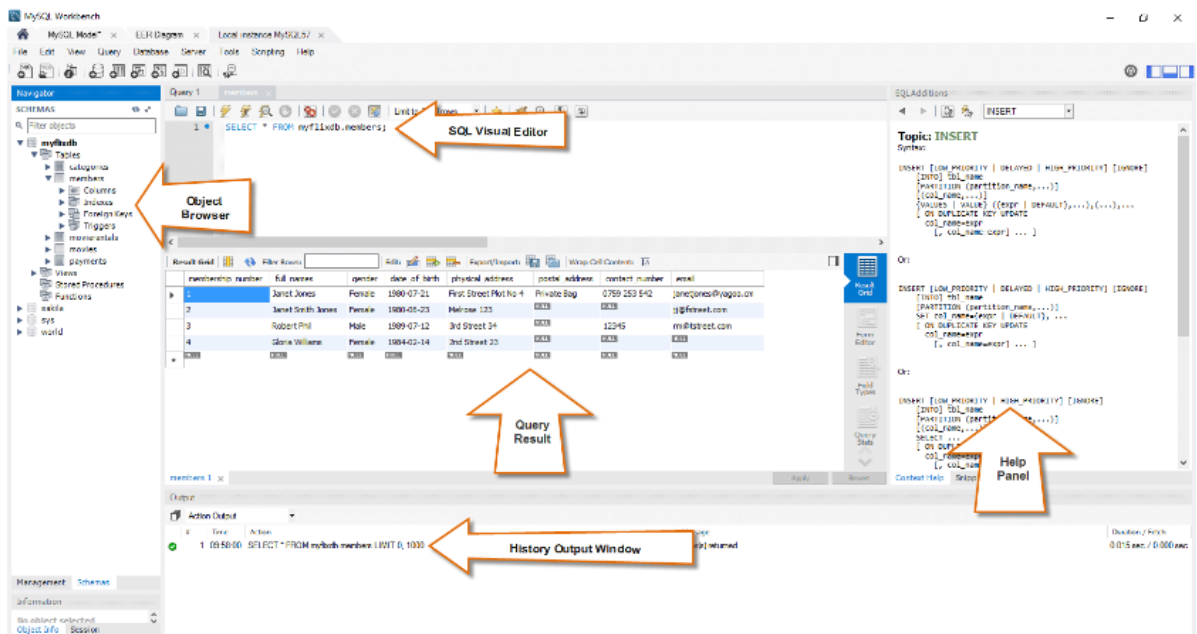


Figure II.12 Interface MySQL Workbench

b) Langage

MySQL Workbench utilise C++, C, Python [70].

c) L'utilisation de MySQL Workbench

- Permet à l'utilisateur de créer et de gérer les connexions au serveur de base de données.
- exécuter des requêtes SQL sur ces connexions de base de données à l'aide de l'éditeur SQL intégré [71].

d) Les avantages de MySQL Workbench

L'organisation des bases de données relationnelles permettent tout d'abord :

- ✚ Un tri plus précis des données.
- ✚ Combinaison de données entre elles.
- ✚ D'excellentes performances.
- ✚ Un accès multi-utilisateurs très sécurisé.
- ✚ Sa configuration open source permet une amélioration constante, et une personnalisation aux besoins des utilisateurs et des entreprises [71].

II.4 Conclusion

L'Internet des Objets permet le développement d'un grand nombre d'applications dotant d'intelligence un certain nombre de domaines : santé, maison, ville, télévision, automobile, processus industriels, etc.

Dans ce chapitre nous avons défini l'internet des objets « internet of things (IoT) ». Nous avons également défini c'est quoi une ressource, parlé du fonctionnement du l'internet des objets, rappelé les domaines d'application de l'internet des objets et en fin les avantages et les inconvénients, puis nous avons cité tous les outils utilisés pour réaliser ce système.

Dans ce chapitre, nous avons essayé d'expliquer la notion d'Internet des objets qui constitue l'avenir de plusieurs domaines.

Chapitre III

Implémentation de l'application

III.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons décrire en détail l'implémentation de notre application. En premier lieu nous allons voir la représentation de notre contribution. Ensuite, nous allons citer les différentes installations des logiciels utilisées. Après, nous allons évoquer le développement des différents modules constituant la solution des fuites d'eau sous terrains et la fin, nous allons illustrer une vue globale sur le fonctionnement de l'application.

III.2 La représentation de la contribution

La recherche des fuites d'eau dans les réseaux AEP, est un sujet difficile. Les différentes techniques de détection de fuites que nous avons citées sont très coûteuses, complexes et non pas été appliquée réellement.

Dans notre contribution, nous allons détecter les fuites d'eau dans les conduites du réseau d'AEP. Notre idée est basée sur l'utilisation des capteurs de débit ou de pression qui vont être placés à l'entrée et à la sortie de chaque conduite, doter d'une interface qui permet de collecter les données et de les intégrer facilement dans le système informatique en place et de fournir une vue d'ensemble du réseau d'eau via l'IOT.

Pour réaliser notre système, on a utilisé des différents logiciels tels que : Inkscape pour dessiner notre réseau d'eau intéressé, Node-Red afin de développer notre travail, créer un interface utilisateur pour surveiller et contrôler le réseau d'eau et MySQL Workbench pour stocker toutes les mesures des capteurs de débit dans une base de données qui sont publiés grâce au carte électronique Arduino.

III.3 L'installation des logiciels utilisés

III.3.1 Inkscape

L'installation de ce logiciel est très simple, il faut juste visiter le site web principal d'Inkscape : <https://inkscape.org/> et le télécharger comme il est situé dans la figure III.1.

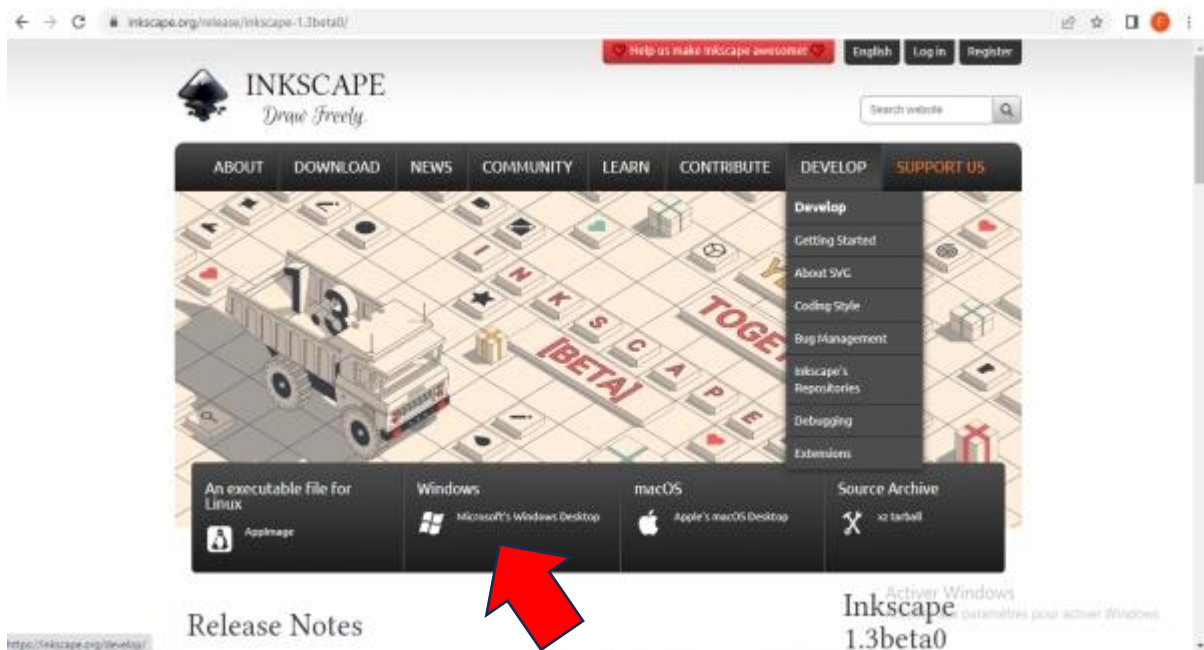


Figure III.1 L'installation de l'Inkscape

III.3.2 Node Red

Dans notre projet nous avons utilisé le langage de programmation graphique Node-RED pour établir notre interface graphique sans oublier le tableau de bord de Node-RED pour faire le contrôle et la supervision.

Les étapes suivantes démontrent l'installation, la configuration et l'utilisation de ce software.

➤ Installation Node.Js :

Pour installer Node Red il faut d'abord passer par l'installation de Node.js, ce dernier peut être installé par le site officiel <https://nodejs.org/en>.

Une fois installé, ouvrez une invite de commande et exécutez la commande suivante pour vous assurer que Node.js est correctement installés :

```
node --version && npm --version
```

➤ Installation Node Red :

Pour installer Node Red, il faut taper la commande suivante dans l'invite de commande CMD (voir figure III.2) :

```
npm install -g --unsafe-perm node-red
```



```

C:\Windows\System32>npm install -g --unsafe-perm node-red
npm WARN registry Using stale data from https://registry.npmjs.org/ because the
host is inaccessible -- are you offline?
npm WARN registry Using stale package data from https://registry.npmjs.org/ due
to a request error during revalidation.
npm WARN deprecated mailparser@0.6.2: Mailparser versions older than v2.3.0 are
deprecated
npm WARN deprecated nodemailer@1.11.0: All versions below 4.0.1 of Nodemailer ar
e deprecated. See https://nodemailer.com/status/
npm WARN deprecated rimelib@0.3.1: This project is unmaintained
npm WARN deprecated mailcomposer@2.1.0: This project is unmaintained
npm WARN deprecated buildmail@2.0.0: This project is unmaintained
C:\Users\Roaming\AppData\Roaming\npm\node-red -> C:\Users
AppData\Roaming\npm\node_modules\node-red\red.js
C:\Users\Roaming\AppData\Roaming\npm\node-red-pi -> C:\Users
on\AppData\Roaming\npm\node_modules\node-red\bin\node-red-pi
* node-red@0.19.5
added 10 packages and updated 5 packages in 68.649s

C:\Windows\System32>

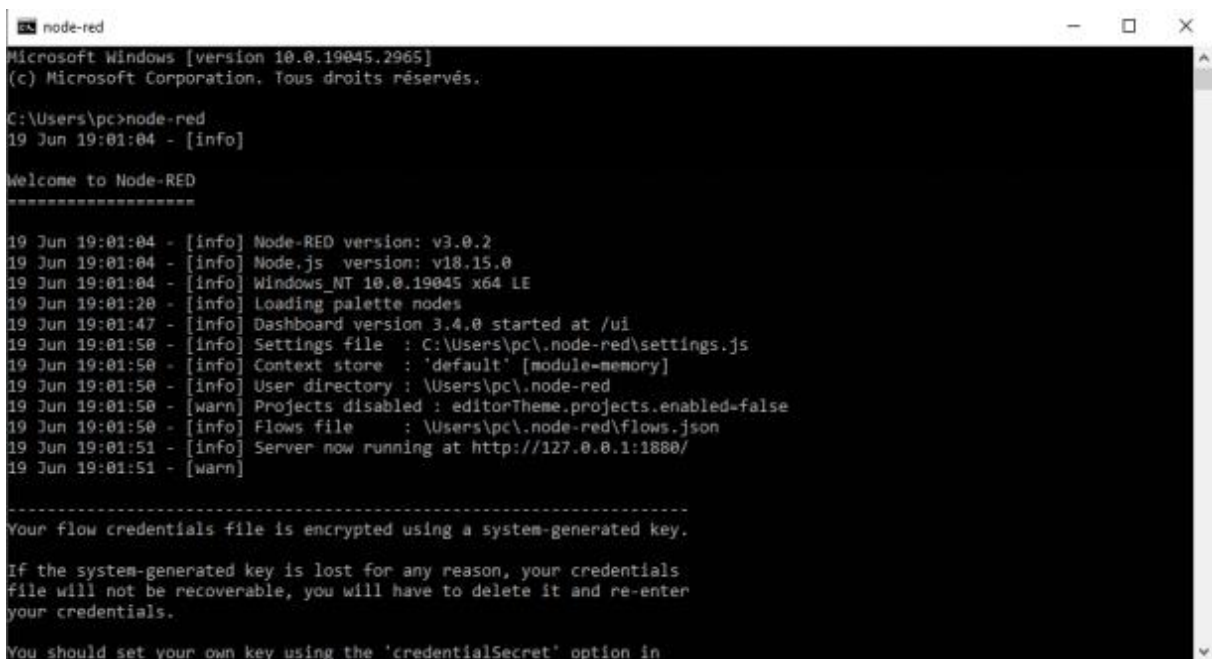
```

Figure III.2 Installation du Node Red

➤ Démarrage du Node Red :

Une fois l'installation est terminée on démarre Node Red par une simple commande dans l'invite de commande (voir la figure III.3) :

node-red



```

node-red
Microsoft Windows [version 10.0.19045.2965]
(c) Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

C:\Users\pc>node-red
19 Jun 19:01:04 - [info]

Welcome to Node-RED
-----

19 Jun 19:01:04 - [info] Node-RED version: v3.0.2
19 Jun 19:01:04 - [info] Node.js version: v18.15.0
19 Jun 19:01:04 - [info] Windows_NT 10.0.19045 x64 LE
19 Jun 19:01:20 - [info] Loading palette nodes
19 Jun 19:01:47 - [info] Dashboard version 3.4.0 started at /ui
19 Jun 19:01:50 - [info] Settings file : C:\Users\pc\.node-red\settings.js
19 Jun 19:01:50 - [info] Context store : 'default' [module-memory]
19 Jun 19:01:50 - [info] User directory : \Users\pc\.node-red
19 Jun 19:01:50 - [warn] Projects disabled : editorTheme.projects.enabled=false
19 Jun 19:01:50 - [info] Flows file : \Users\pc\.node-red\flows.json
19 Jun 19:01:51 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/
19 Jun 19:01:51 - [warn]

-----
Your flow credentials file is encrypted using a system-generated key.

If the system-generated key is lost for any reason, your credentials
file will not be recoverable, you will have to delete it and re-enter
your credentials.

You should set your own key using the 'credentialSecret' option in

```

Figure III.3 Démarrage de Node Red

Après le démarrage de cette interface, on peut trouver l'adresse IP du server sur l'invite de commande (voir la figure III.4) :

```
19 Jun 19:01:51 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/
```

Figure III. 4 L'adresse du Node Red

Donc il suffit de copier cette adresse IP dans votre navigateur pour y accéder (voir la figure III.5) :

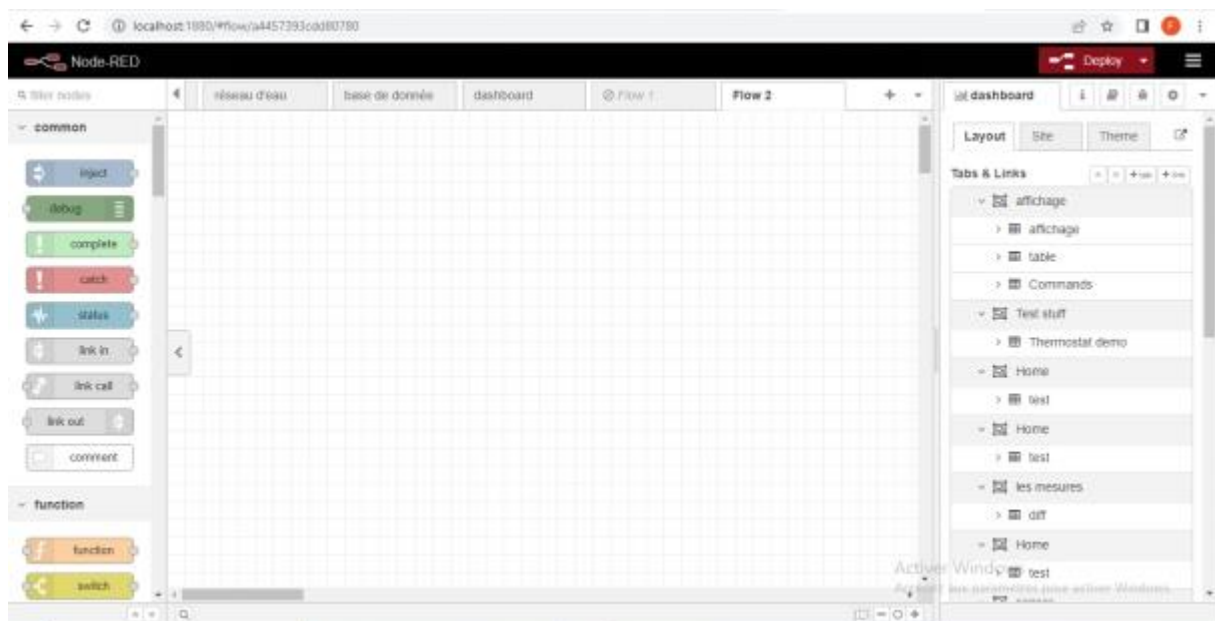


Figure III.5 L'interface du Node Red

➤ Installation du Node Red Dashboard :

Pour installer le tableau de bord, on suit les étapes suivantes manage palette > install. Puis tapons Dashboard (voir la figure III.6) :

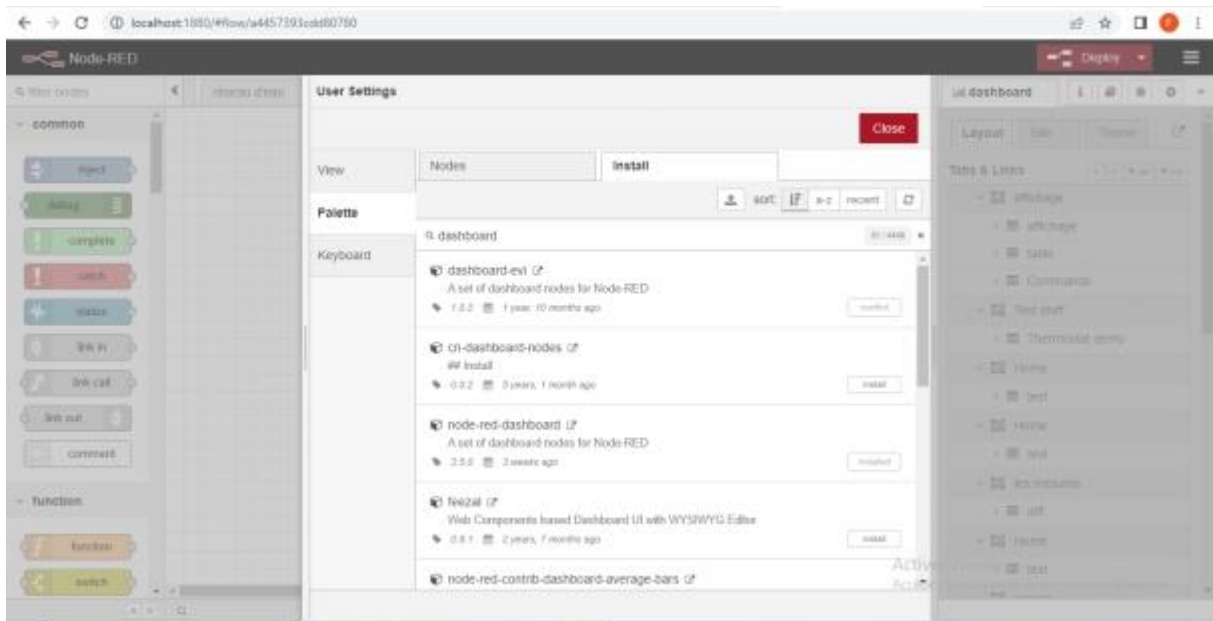


Figure III.6 L'installation du Dashboard

Lorsqu'on termine l'installation des nœuds du tableau de bord apparaissent à gauche de notre écran sous le nom de Dashboard. Pour accéder au tableau de bord il suffit d'entrer l'adresse IP du Node Red on ajoute UI à la fin (Voir la figure III.7).

A screenshot of a browser address bar. The URL is `127.0.0.1:1880/ui/#1/0?socketid=iZ7Aw2Gq_2trQ:UgAAAA`. The browser's navigation icons (back, forward, refresh) are visible on the left.

Welcome to the Node-RED Dashboard

Please add some UI nodes to your flow and redeploy.

Figure III.7 Démarrage du Dashboard

III.3.3 MySQL Workbench 8.0 CE

Pour notre projet nous allons créer une base de données avec l'application MySQL Workbench.

Pour installer cette application, il suffit d'aller à la page de MySQL Workbench sur Academic Software et cliquez sur le bouton 'Télécharger MySQL Workbench' pour télécharger le logiciel (voir la figure III.8).

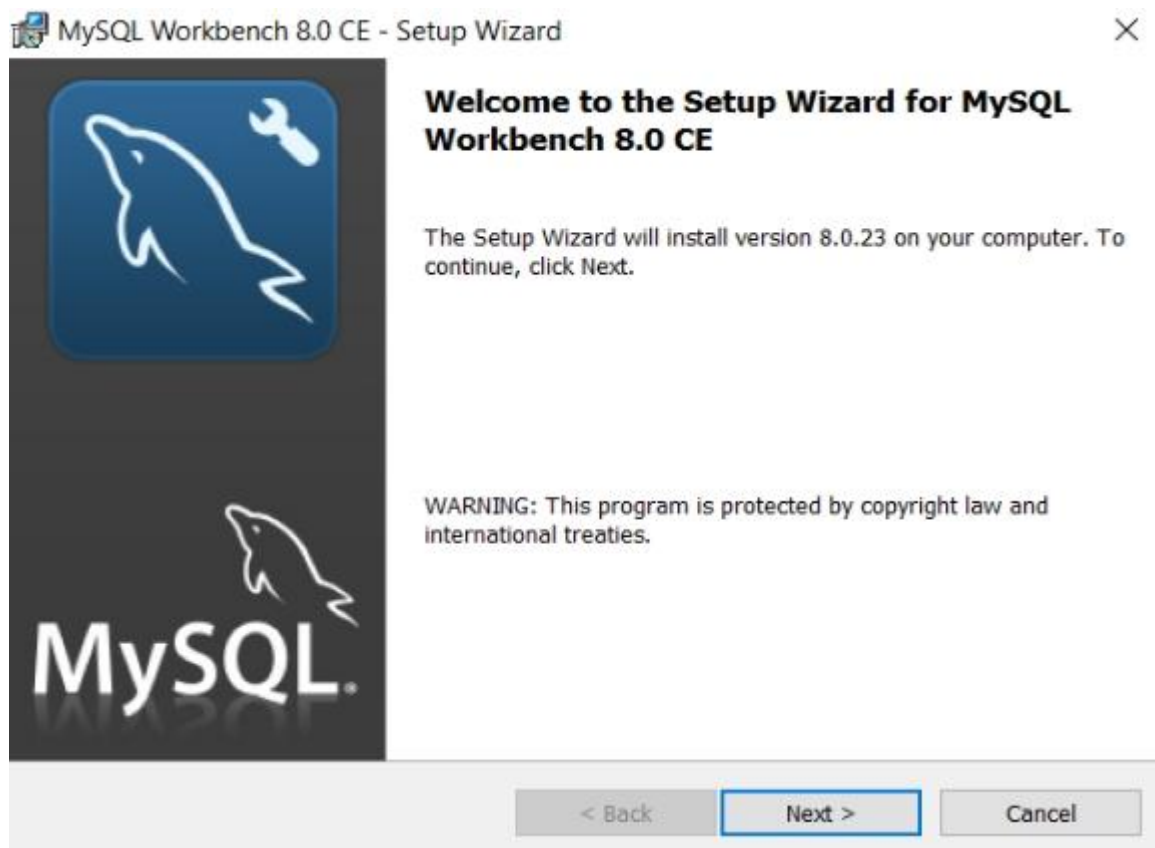


Figure III.8 Installation du MySQL Workbench

III.3.4 Mosquitto

Mosquitto est une application pour le protocole MQTT. Il est utilisé comme un serveur du MQTT. Pour l'installer, il faut se rendre sur la page de téléchargement de Mosquitto <https://mosquitto.org/download/> et choisir le paquet qui convient à votre machine (voir la figure III.9).

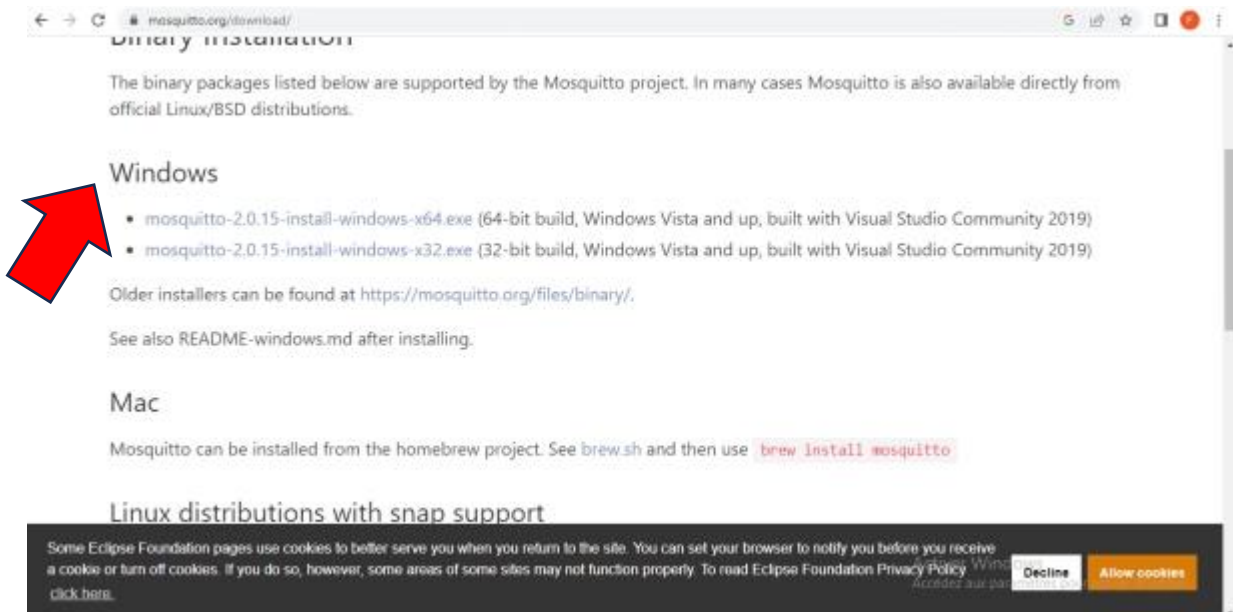


Figure III.9 Installation du Mosquitto

Après avoir exécuté ce programme d'installation, Mosquitto est installé dans C:\Program Files (x86) \mosquitto. Dans ce répertoire vous trouverez également mosquitto.conf. Renommez le en Mosquitto-origine.conf pour le conserver et copier dans ce répertoire le mosquitto.conf que vous avez téléchargé.

Il faut ensuite démarrer Mosquitto. Tout d'abord, lancez l'invite de commandes en mode administrateur comme montré à la figure III.10

Ensuite, on tape la commande **net start mosquitto**. Un message indiquant que le Broker est démarré devrait s'afficher (voir la figure III.11). Quand nous aurons fini les tests, il est raisonnable d'arrêter Mosquitto avec un **net stop mosquitto**.

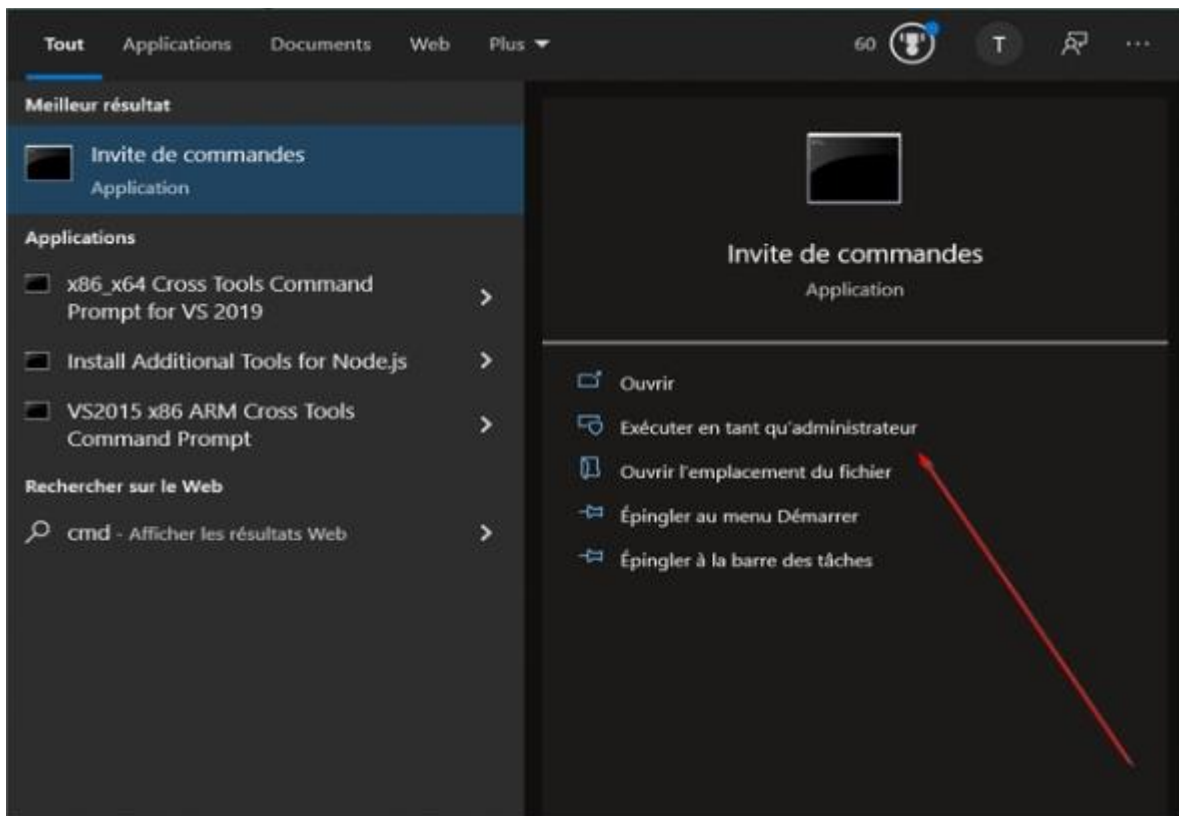


Figure III.10 Lancement de l'invite de commande en mode administrateur

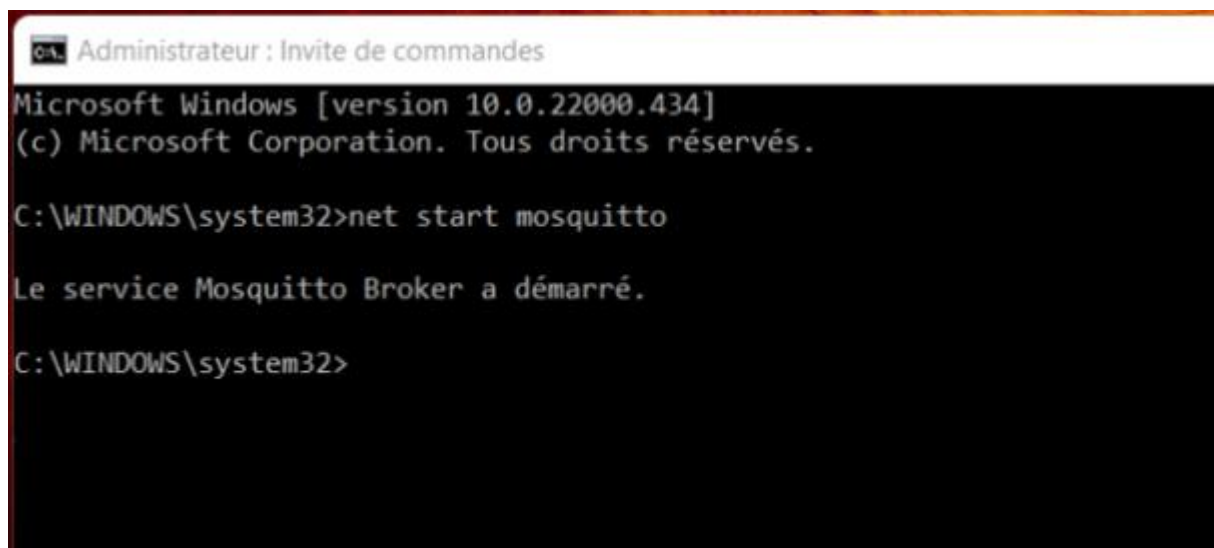


Figure III.11 Démarrage de Mosquitto

III.4 Modélisation de la solution

III.4.A Diagramme de classes

Notre future solution pour la détection des fuites d'eau dans un réseau d'AEP contient trois classes principales. La classe capteur est la classe la plus élémentaire. Elle se caractérise par

l'identifiant de capteur de pression ou débit, type de capteur (en amont, en aval) avec une méthode qui se charge de mesurer la pression ou débit. Une classe intermédiaire intitulé tuyau qui contient au minimum deux capteurs (entrant, sortant), à la présence d'une méthode qui va, de son côté, fait appel à la méthode décrite précédemment et qui va calculer la différence de débit pour savoir s'il existe une fuite ou non. Une troisième classe plus générale qui s'appelle réseau d'AEP qui se caractérise par identificateur du réseau et qui comporte un ou plusieurs tuyaux avec la présence d'une méthode qui a pour objectif de donner l'état général actuel de la totalité du réseau d'AEP (voir la figure III.12).

N.B :

Les fuites seront détectées soit à travers la génération automatique des alarmes ou par de biais d'une vérification périodique et automatique, les deux solutions sont envisageables.

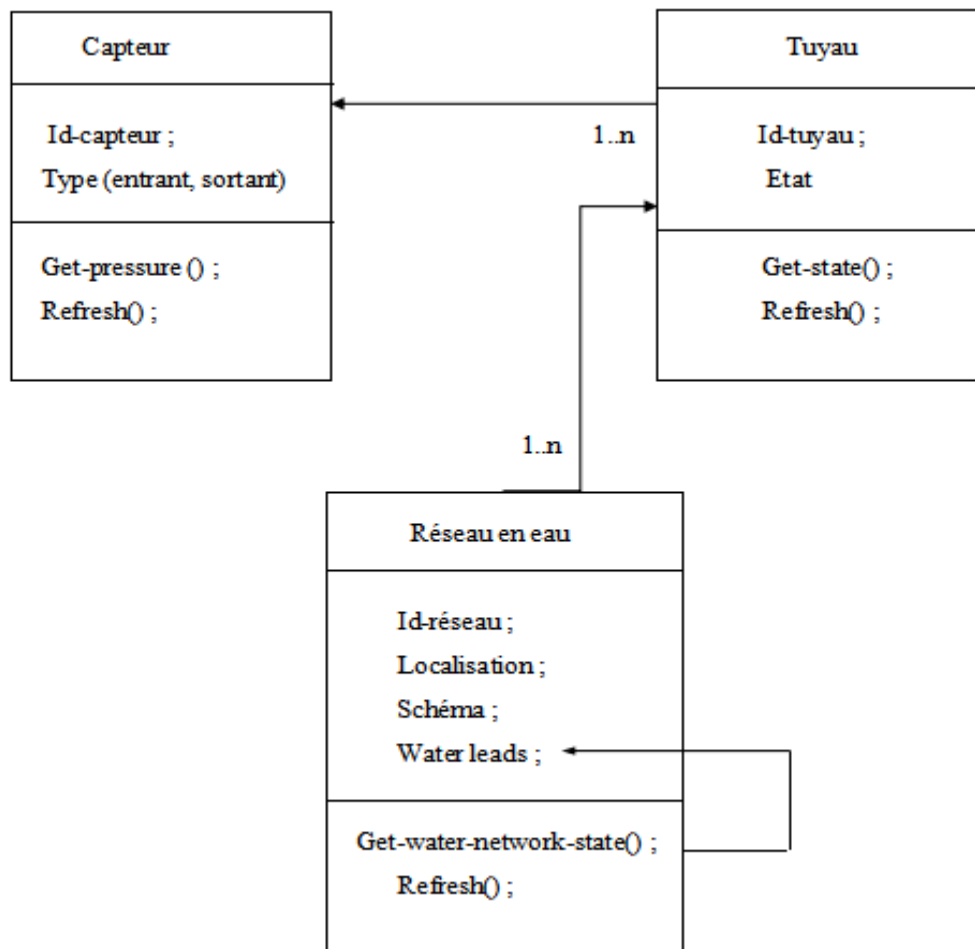


Figure III.12 Diagramme de classes

III.4.B Diagramme de séquence

Le diagramme de séquence illustré par la figure ci-dessous, montre que l'utilisateur de l'application peut lancer une vérification d'un réseau d'AEP manuellement à travers la sélection du réseau voulu. Les autres interactions entre les autres acteurs (réseau d'AEP, Tuyau et capteur débitmètre) sera transparente à l'utilisateur pour que notre application arrive à schématiser à la fin le réseau d'AEP voulu avec son état (existence d'une fuite ou non). La deuxième partie du diagramme, le système génère automatiquement des alarmes en cas de fuite.

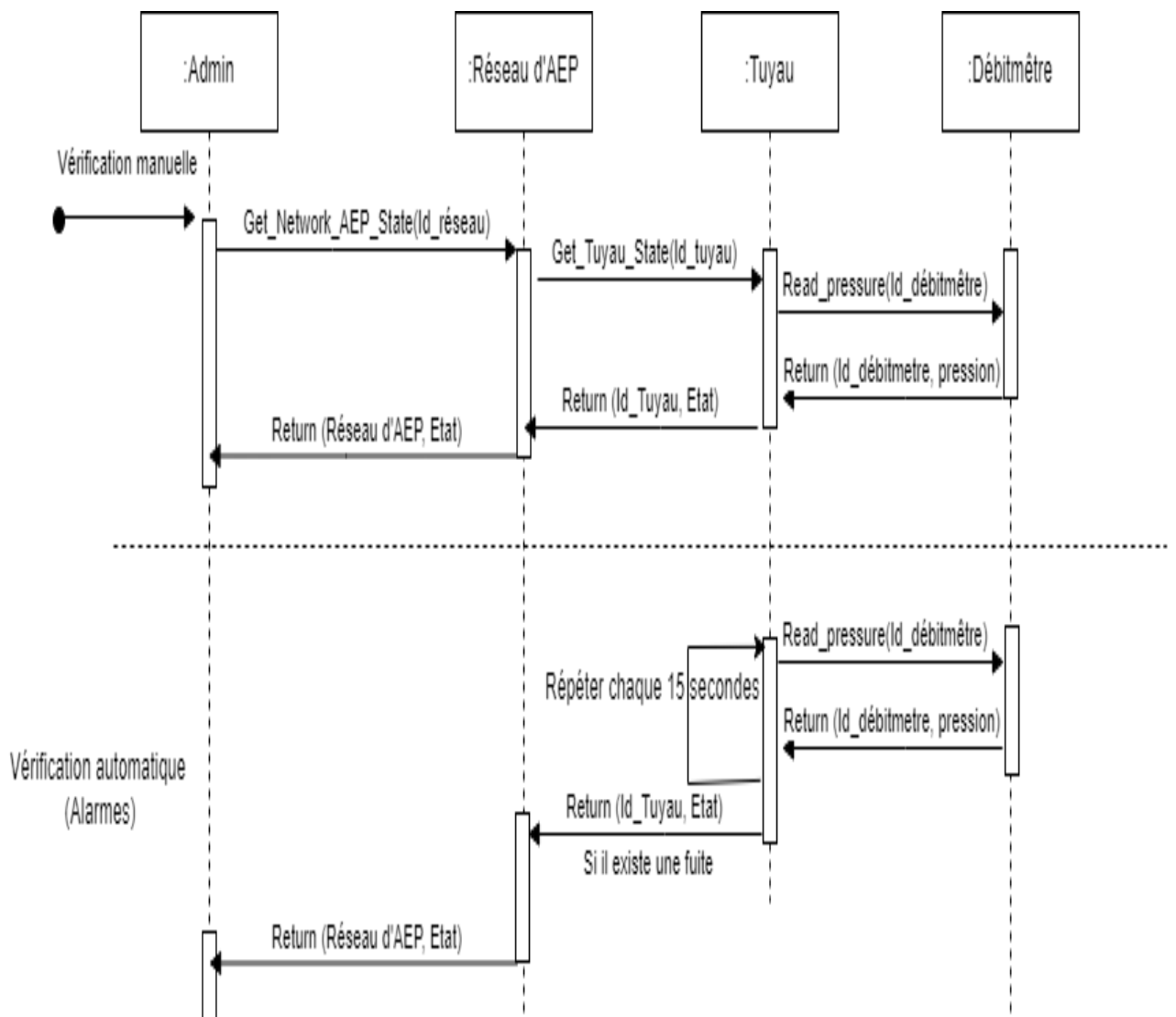


Figure III.13 Diagramme de séquence

III.5 Représentation graphique de l'application

🚦 Etape 1

La première étape consiste à dessiner le schéma graphique du réseau d'AEP dans l'Inkscape sous forme SVG (voir la figure III.14), après, on l'implémente sur Node Red sous forme d'un programme SVG dans le nœud de tableau de bord qui s'appelle SVG graphics (voir figure III.15).

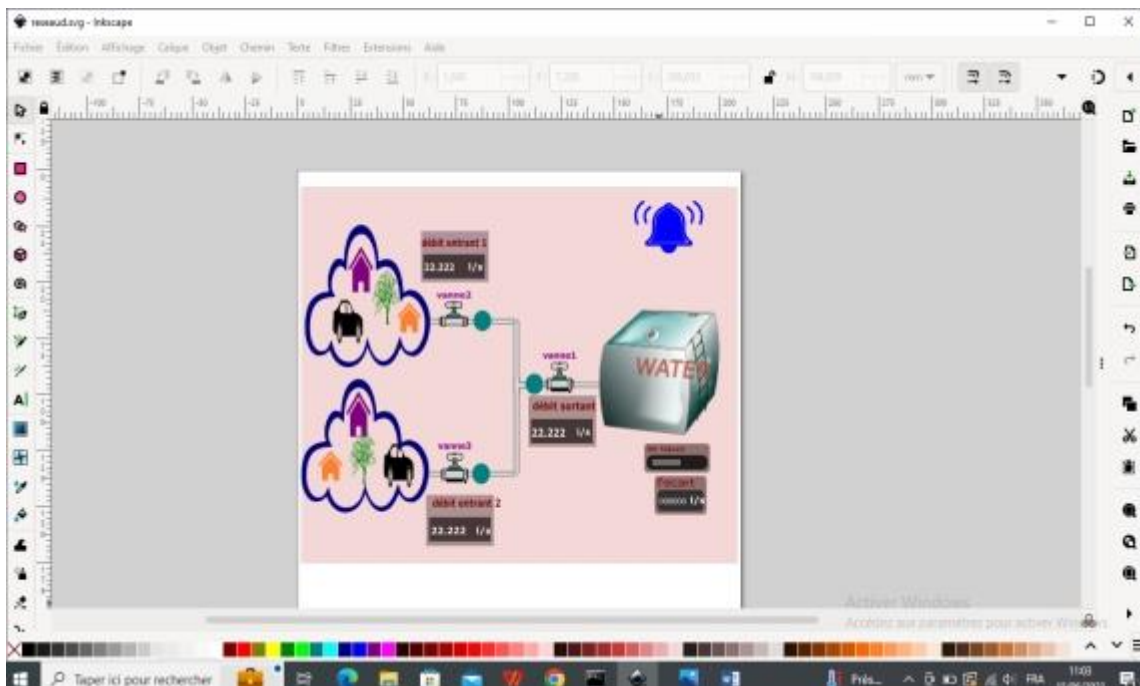


Figure III.14 Le schéma du réseau d'eau sur Inkscape

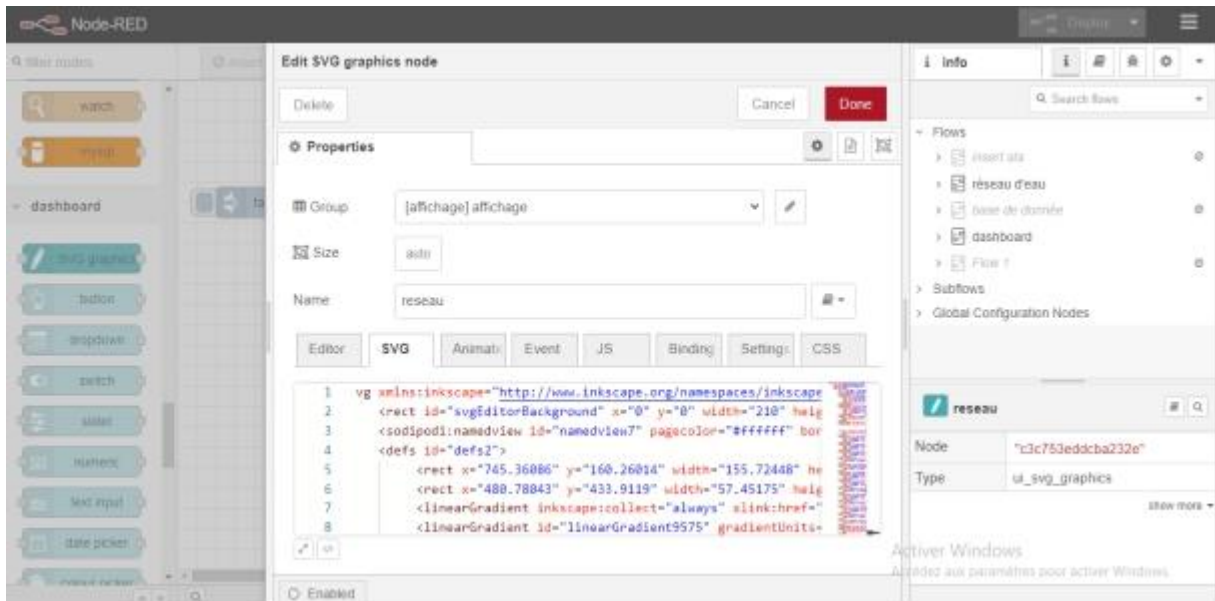


Figure III.15 Implémentation du réseau sur Node Red

Etape 2

La figure III.16 présente l'interface utilisateur de notre application. Elle contient le schéma graphique, les mesures des trois capteurs de débit, l'écart et le taux de ces trois mesures.

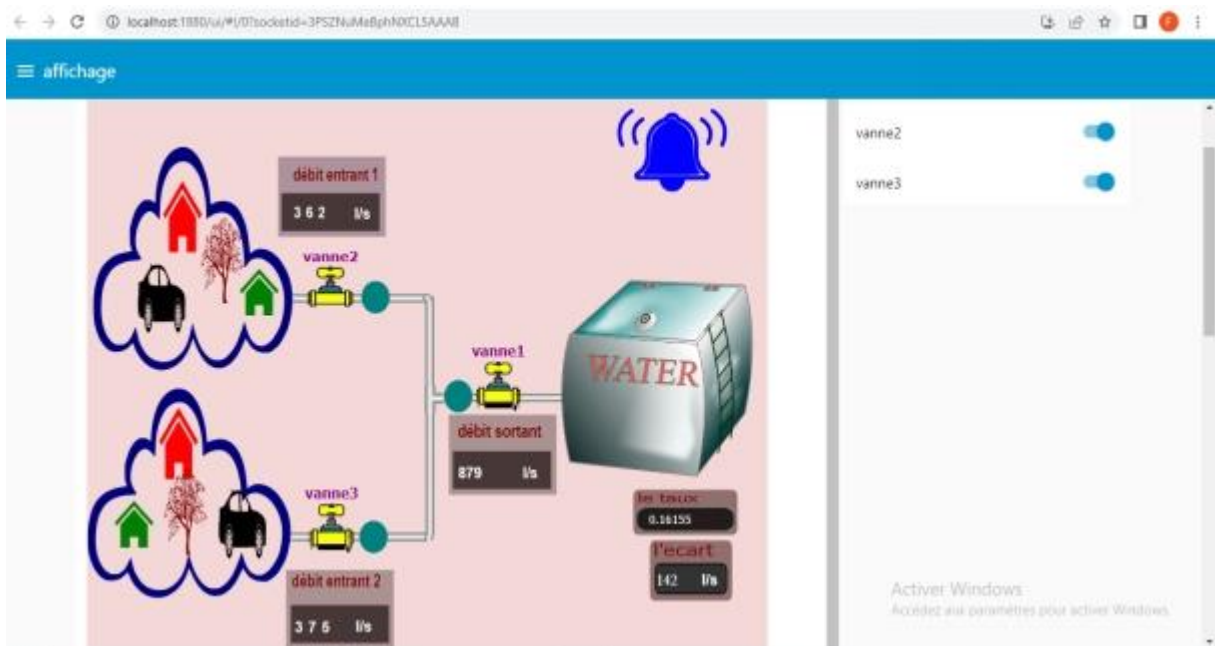


Figure III.16 L'interface graphique sur Dashboard

A côté du schéma graphique, on a mis trois switches pour les vannes de sortie et de l'entrée, le rôle de ces switches est d'ouvrir ou fermer les vannes c.à.d. lorsque les vannes sont fermées, leurs couleurs sont gris clair et quand les vannes sont ouvertes, leurs couleurs deviennent jaunes (voir la figure III.17). Cette méthode s'appelle Contrôle par messages où la plupart des informations SVG peuvent être manipulées en envoyant des messages d'entrée à ce nœud.

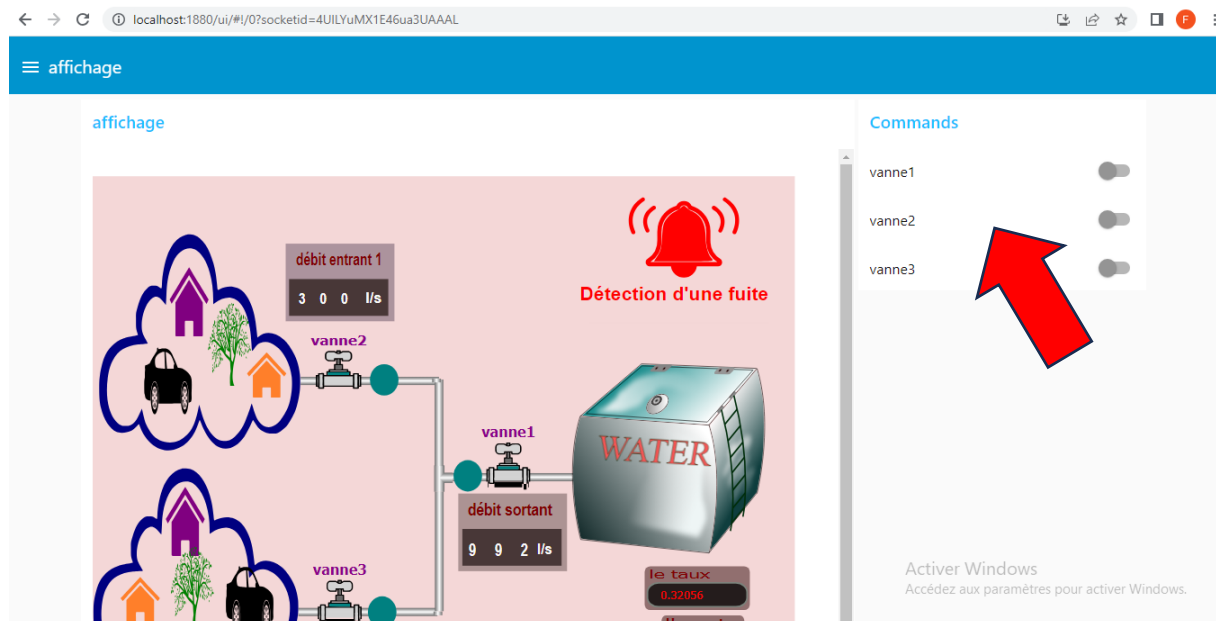


Figure III.17 Les switches pour ouvrir ou fermer les vannes

Remarque

Lorsque le taux de débit dépasser un seuil de 20, on conclure qu'il y a une fuite d'eau.

Etape 3

Cette étape consiste à stocker toutes les mesures des trois capteurs dans une base de donnée qui s'appelle « capteurs » (voir figure III.18).

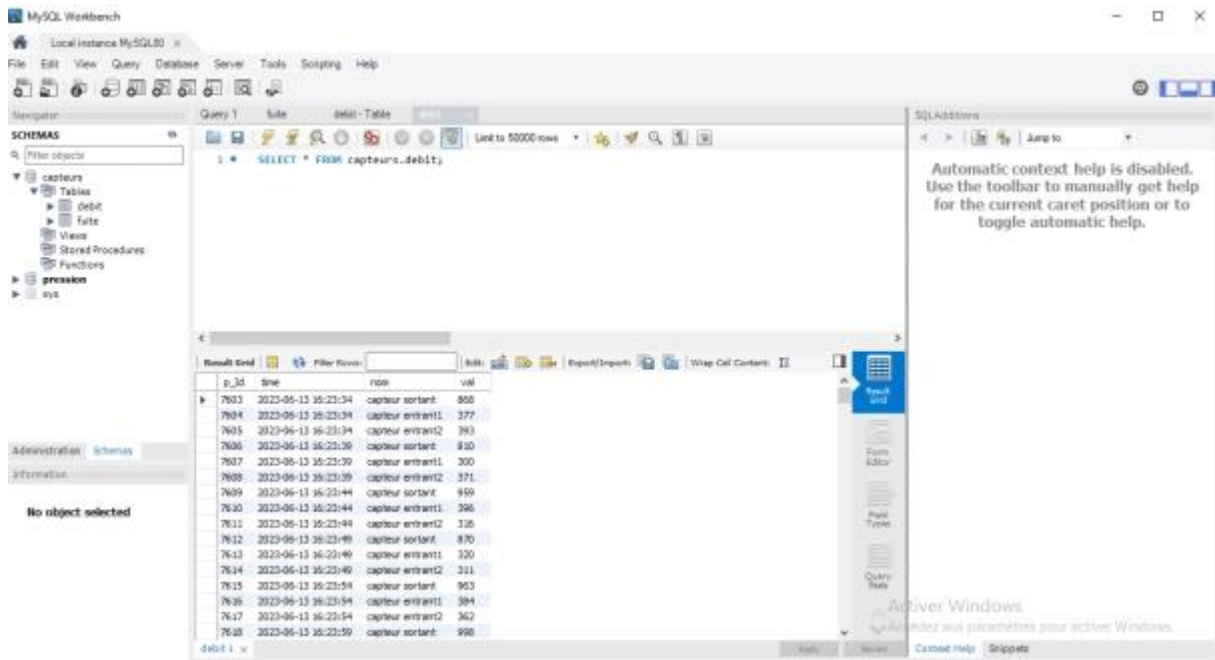


Figure III.18 Enregistrement les mesures des capteurs dans la table « débit » de la base de donné « capteurs »

Etape 4

La figure III.19 présente la table de tableau de bord qui contient tous les mesures des trois capteurs de débit ordonnés par la date et le temps. Cette table contient l'identifiant, la date et le temps, le nom du capteur et la valeur mesurée par ce capteur.

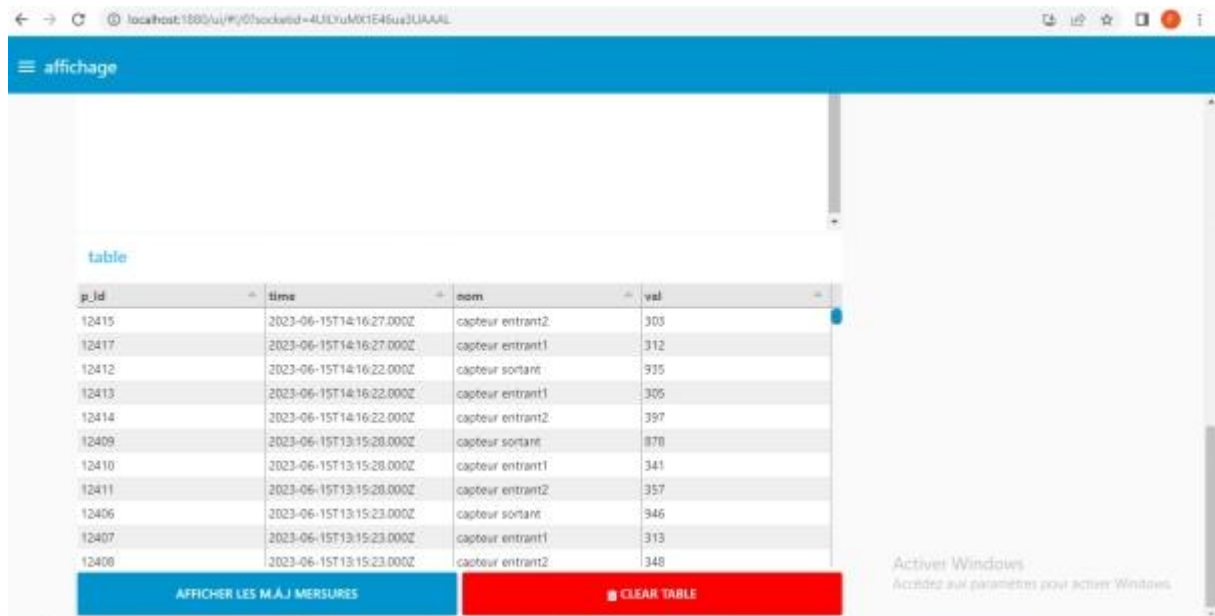


Figure III.19 Affichage de la table de donné des débitmètres sur Dashboard

Etape 5

Cette étape définit différents nœuds d'affichage du tableau de bord du Node Red tel que l'affichage des mesures des capteurs de débit en texte, en gauge et en chart (voir la figure III.22, la figure III.20).



Figure III.20 Différents affichages des débits sur Dashboard

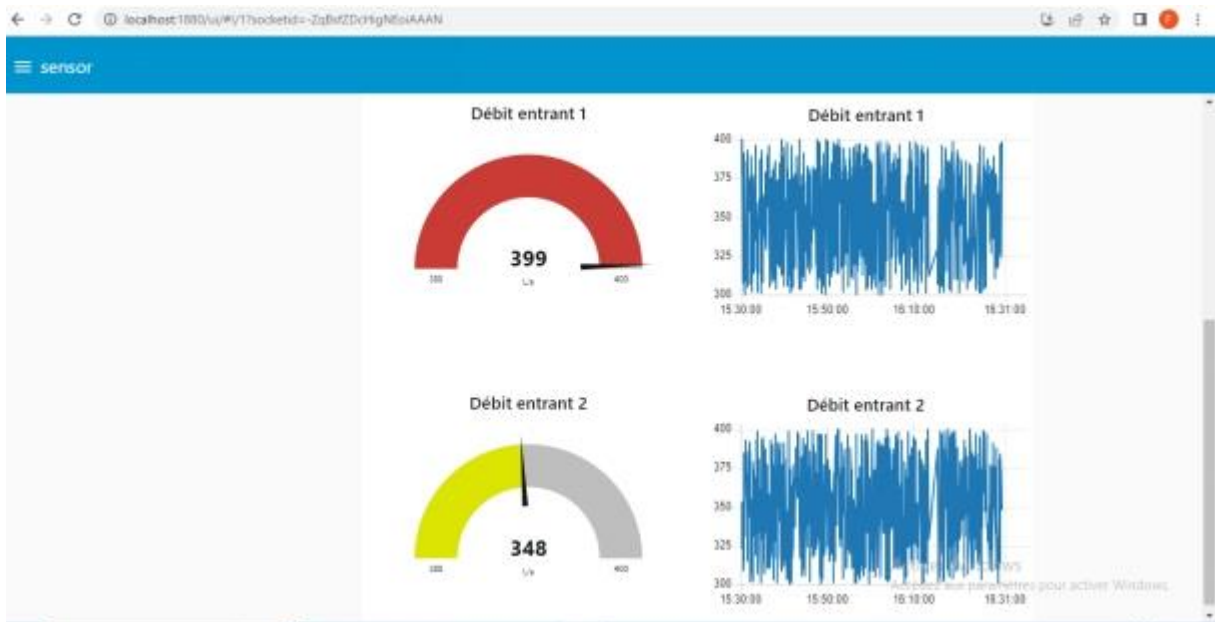


Figure III.21 Différents affichages des débits sur Dashboard

III.6 Conclusion

Les fuites d'eau sous terrains font partie des principaux problèmes dont souffre le réseau d'AEP. On a essayé de minimiser ce problème par une simulation virtuelle basée sur les débitmètres afin de réduire le gaspillage d'eau.

Dans ce chapitre, nous avons présenté notre réseau de contribution, ensuite nous avons cité les différentes installations des logiciels utilisés, puis et à la fin nous avons illustré les différentes étapes pour réaliser notre système pour détecter les fuites d'eau sous terrains.

Chapitre IV

Business Model Canevas



IV.1 Proposition de valeur

Comme l'eau est source de vie, il est nécessaire de préserver cette ressource. Le but de notre projet est de minimiser le gaspillage de l'eau. Notre système proposé s'appelle save water. Ce système permet de détecter les fuites d'eau sous-terraines par des capteurs de débitmètre. Les capteurs de débitmètre servent à indiquer la quantité d'eau dans un tuyau en mesurant des débits volumétriques. Par exemple pour détecter une fuite en eau dans un tuyau, nous installons deux capteurs de débitmètre et si les deux valeurs captées sont différentes, donc une fuite est détectée. La particularité de cette contribution est que c'est un moyen de détection de fuites d'eau plus fiable que les systèmes existants.

Comme perspective,

- Nous pouvons utiliser notre système pour détecter des fuites de d'autres liquides comme le pétrole.
- Après la mise en place du système possibilité de localisation de la fuite.



IV.2 Segment de clientèle

Notre projet vise à aider ADE (L'Algérienne Des Eaux) à détecter les fuites d'eaux sous terraines. L'ADE est un établissement public à caractère industriel et commercial créé par un décret exécutif n° 01-101 du 21 avril 2001, dans le cadre d'une réforme institutionnelle engagée par le gouvernement. L'Établissement produit et distribue 5.5 millions de mètres cube d'eau potable par jour, pour alimenter plus de 28.5 millions d'habitants, à travers le territoire national.



IV.3 Relations clients



Avant l'utilisation de notre système, une formation est nécessaire. Nous assurons une formation pour expliquer le mode d'utilisation du système et pour se familiariser avec le système. Et nous assurons aussi la maintenance après-vente. Nous mettons en place un forum pour aider les employés et le personnel de l'ADE en cas de besoin.

IV.4 Chaînes



Pour vendre et promouvoir notre produit, nous allons présenter un démarchage du produit au près de l'ADE et nous allons participer à des salon d'expositions ou à des foires pour rechercher des clients potentiels.

IV.5 Partenaires clés



Nous avons trois partenaires qui sont :

- SOGERHWIT : Société Générale d'Etude et de Réalisation Hydraulique, fondée par arrêté interministériel, active dans le secteur de l'Hydraulique depuis 1973. Passée d'une Entreprise à vocation locale à une Entreprise à vocation nationale en suivant un développement planifié et continu permettant de relever les défis auxquels la société est confrontée. Comme SOGERHWIT dispose d'un certificat de qualification et de classification professionnelles en hydraulique, cette société peut nous aider avec son expérience dans le domaine et pour vendre et promouvoir notre produit.
- ANADE : L'Agence nationale d'appui et de développement de l'entrepreneuriat , anciennement Agence nationale de soutien à l'emploi des jeunes, est un organisme algérien chargé de la gestion d'un fonds de crédit pour la création d'entreprises. Elle participe au service public de l'emploi:
 - ✓ Un prêt sans intérêt de l'Agence Nationale d'Appui et de Développement de l'Entrepreneuriat "Anad" à 15% du montant de l'investissement.
 - ✓ Un prêt bancaire à moyen terme n'excédant pas 70% du montant de l'investissement.
- Student center I2E peut nous aider en nous encadrons, pour éviter les faux pas.

IV.6 Activités clés



L'eau est source de vie, éviter son gaspillage c'est notre objectif surtout avec le stress hydrique. Notre système permet de collecter les données en temps réel. Nous garantissons que

notre système peut toujours se développer et s'adapter avec de nouvelles technologies et aussi qu'une formation est toujours disponible en cas de nécessité.

IV.7 Ressources clés



Pour la mise en place de notre système nous avons besoin de :

- ✓ Matériels informatiques :PCs
- ✓ Arduinos
- ✓ Débitmètres ou de capteurs de pression,
- ✓ Un local pour faire le travail

IV.8 la structure des coûts



Pour la mise en place réel de notre produit pour un seul site, nous avons besoin de quatre ordinateurs (400 000DA), trois arduinos (150 000DA), trois capteurs (de pression ou de débit) (120 000DA) internet et la location pour une année (24 000DA) pour un totale de 910 000DA.

IV.9 Sources de revenus



Les premières revenues vont être le résultat de la vente du produit et ensuite du service après-vente et de la maintenance.

Business Model Canvas :

Le tableau IV.1 présente le modèle business canvas pour notre système.










<p>Partenaires </p> <p>Sogerhwit</p> <p>Anade</p> <p>I2E</p>	<p>Activités </p> <p>-Maintenance formation et</p> <p>-Collecter les données réel</p> <hr/> <p>Ressources clés </p> <p>Capteurs de débit</p> <p>Des arduinos</p> <p>Des pcs</p> <p>Un local</p>	<p>Propositions de valeur </p> <p>System (application + matériel)</p> <p>Moyen de détection fiable</p>	<p>Relation </p> <p>Formation Réponse aux question prise en charge des problèmes et maintenance</p> <hr/> <p>Canaux </p> <p>Salon d'exposition et foire</p>	<p>Clients </p> <p>ADE</p>
<p>Coûts </p> <p>Prix des capteurs + prix des arduinos + prix des materiels informatiques + prix du local</p>		<p>Revenus </p> <p>Service à présence et maintenance.</p>		

Tableau IV.1: Business Model Canvas

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce projet nous a appris la manière de mener les projets et les différentes façons de traiter les problèmes rencontrés. De plus nous avons acquis des connaissances dans les domaines techniques et hydrauliques. En plus de tout ce que nous avons appris, nous avons développé notre sens du travail collectif et le développement des idées ce qui nous facilitera l'immersion dans le domaine professionnel.

Ce projet nous a aussi fait découvrir une nouvelle plateforme de programmation adéquate qui est NODE RED.

La gestion optimale des services de distribution d'eau potable implique la fourniture permanente aux abonnés d'un produit de qualité irréprochable, au meilleur coût. Evaluer les performances des réseaux de distribution, détecter les Risques de fuites d'eau, évaluer leur importance et procéder à leur élimination sont des tâches essentielles qui incombent aujourd'hui au distributeur d'eau. Donc, dans notre projet, nous nous sommes intéressés à mettre en place une application pour rechercher les fuites en utilisant les capteurs de débit dans le but de réduire les pertes d'eau.

En guise de perspective, ce travail reste prêt pour toute amélioration envisageable à savoir arriver à localiser des fuites d'eau sous-terraines à partir des données et d'études hydrauliques, ou encore arriver à concrétiser notre système en réalité et l'installé sur un réseau d'AEP réel et déjà fonctionnel en collaboration avec l'ADE, pour pouvoir donner une appréciation sur le bon fonctionnement ou pas de notre approche et essayé par la suite d'effectuer quelques améliorations. A titre d'exemple au niveau de la station d'ADE de Boughrara, un système de gestion de la distribution d'eau est déjà fonctionnel et il utilise des protocoles de communication. Une des possibilités est d'essayé de profiter davantage de ce système et du protocole de communication qu'il utilise et tenter de relier notre solution pour avoir un aspect d'une gestion intelligente de cette distribution.

Bibliographie

- [1] «"L'ADE ambitionne de réduire le taux de perte d'eau qui est actuellement de l'ordre de 50%",» 14 10 2020. [En ligne]. Available: <https://radioalgerie.dz/news/fr/article/20201014/200777.html>. /. [Accès le 4 Juin 2023].
- [2] «Réparation de toutes les fuites d'eau au niveau des principales canalisations de transfert,» 28 février 2023. [En ligne]. Available: <https://www.aps.dz/regions/152434-seaal-reparation-de-toutes-les-fuites-d-eau-importantes-au-niveau-des-principales-canalisation-de-transfert>. /. [Accès le 7 Juin 2023].
- [3] «SOGERHWIT,» [En ligne]. Available: <https://www.linkedin.com/company/sogerhwit/?originalSubdomain=dz>. /. [Accès le 10 Juin 2023]
- [4] «QU'EST-CE QU'UNE ADDUCTION D'EAU POTABLE?,» 4 JUILLET 2019. [En ligne]. Available: <https://www.91lessonesahel.org/2019/07/04/quest-ce-quune-adduction-deau-potable/>. [Accès le 12 Juin 2023]
- [5] M. MACÉ, «"Quels dispositifs et quels traitements",» [En ligne]. Available: <https://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/assainissement-eau-usees/>. [Accès le 15 Juin 2023]
- [6] «"COMMENT FONCTIONNE L'ASSAINISSEMENT COLLECTIF ?",» [En ligne]. Available: <https://cc-hautvaldesevre.fr/competences/assainissement-eau/assainissement-collectif/1057-comment-fonctionne-l-assainissement-collectif.html>. /. [Accès le 20 Juin 2023]
- [7] LOUIS JEAN, J. Étude de faisabilité de l'aménagement hydro-agricole de la plaine de Lhomond dans la 11ème section communale d'Aquin: zone Frangipagne. *Mémoire de Fin d'Études, Université d'Etat d'Haiti (UEH)*, 2009, vol. 60.
- [8] epieau5b5, «"les aménagements hydrauliques de grande envergure permettant l'accès à l'eau : les grands barrages et les transferts d'eau",» *Acaémie de Versailles*, 2 février 2017.
- [9] «Que sont les transferts d'eau et quels sont leurs avantages,» 2023. [En ligne]. Available: <https://blog.greenuso.com/fr/transferts-eau/>. [Accès le 20 Juin 2023]
- [10] KHALDI, NACERA. Métiers sciences et technologie 2 Métier: Génie Civil et Hydraulique. 2023.
- [11] «QU'EST-CE QUE LA TÉLÉGESTION ?,» 24 Octobre 2022. [En ligne]. Available: <https://www.ip-systemes.com/quest-ce-que-la-t-l-gestion.html>. [Accès le 2 mai 2023]
- [12] MAI-JUILLET, Fin. PANORAMA GENERAL DE L'UTILISATION AGRICOLE DES EAUX USEES EN FRANCE Bilan réalisé avec la contribution du Ministère de l'Emploi et de. *Surfaces*, vol. 1, p. 964.
- [13] «Liste_des_stations_de_dessalement_en_Algérie,» [En ligne]. Available: <https://fr.wikipedia.org/>. [Accès le 2 mai 2023]
- [14] «CANALISATIONS POUR STATION DE POMPAGE,» [En ligne]. Available: <https://www.oryxeleven.com/canalisation-pour-station-de-pompage/>. [Accès le 4 mai 2023]
- [15] GUIRAUD, R. Les barrages d'inféoflux. Leur intérêt pour l'Afrique saharienne et sahélienne. In : *Sahel forum. The state-of-the-art of hydrology and hydrogeology in the arid and semi-arid areas of Africa*. 1990. p. 320-329.
- [16] M.O.F. Annabi, «liste des barrages retenue eau pluie algerie,» *Annaba City*, 27 4 2021.
- [17] «Réservoir : définition,» 2 10 2007. [En ligne]. Available:

Bibliographie

- <https://www.aquaportail.com/definition-1152-reservoir.html>. [Accès le 4 mai 2023]
- [18] «les-forages-recents-dans-les-aquiferes-karstiques-des-montes-de-tlemcen-228,» [En ligne]. Available: <https://coursgeologie.com/les-forages-recents-dans-les-aquiferes-karstiques-des-montes-de-tlemcen-228>. [Accès le 10 mai 2023]
- [19] «Interconnexion des réseaux d'alimentation en eau potable,» [En ligne]. Available: <https://www.eaufrance.fr/glossaire/interconnexion-des-reseaux-dalimentation-en-eau-potable>. [Accès le 10 mai 2023]
- [20] F. Services, «Qu'est-ce que c'est une fuite d'eau ?,» *Fécamp Services*, 8 juin 2020.
- [21] «Quelle prise en charge pour une fuite d'eau avant compteur,» 5 5 2022. [En ligne]. Available: <https://www.lyanne.fr/blog/fuite-eau-avant-compteur>. [Accès le 14 mai 2023]
- [22] H. Machline, «fuite-apres-compteur,» [En ligne]. Available: <https://www.habitatpresto.com/mag/plomberie/fuite-apres-compteur>. [Accès le 15 mai 2023]
- [23] Caroline, «reparer-robinet-goutte,» *Bricozor*, 29 janvier 2021.
- [24] «Fuite d'eau : Types et ses origines,» 8 juin 2020. [En ligne]. Available: <https://fecamp-services.com/blog/comment-faire-fuite-eau>. [Accès le 15 mai 2023]
- [25] *GACEMI Nour El Houda, "Diagnostic, Méthode de recherche et Réparation", MEMOIRE DE MASTER, Option : Hydraulique Urbaine, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR, annaba, 2020.*
- [26] CHARIKH, YOUSRA et DOUCENE, HAFSA. *Implémentation d'un système de détection De fuite autour d'un système de traitement De signal numérique*. Thèse de doctorat. Univ M'sila.
- [27] D. P. Nîmes, «"7-méthodes-innovantes-sur-la-détection-de-fuite",» *sos plombier nîmes*, 4 févr 2021.
- [28] «Comment les caméras infrarouges fonctionnent-elles ?,» [En ligne]. Available: <https://www.fluke.com/fr/apprendre/blog/thermographie/comment-les-cameras-infrarouges-fonctionnent-elles>. [Accès le 17 mai 2023]
- [29] «Comment détecter une fuite d'eau enterré ?,» [En ligne]. Available: <https://www.chronoserve.fr/comment-detecter-une-fuite-deau-enterre/>. [Accès le 19 mai 2023]
- [30] BONNASSIE, Pierre, *et al.* (ed.). *Le Clergé rural dans l'Europe médiévale et moderne*. Presses universitaires du Midi, 2020.
- [31] «Qu'est-ce que l'IoT ?,» [En ligne]. Available: <https://www.oracle.com/fr/internet-of-things/what-is-iot/>. [Accès le 20 mai 2023]
- [32] «IoT : les multiples facettes des objets connectés,» 31 01 2022. [En ligne]. Available: <https://fr.rs-online.com/web/content/blog-discovery/conception-electronique/iot-facettes-objets-connectes>. [Accès le 22 mai 2023]
- [33] VIENNOT, Laurent. *Internet, le conglomérat des réseaux*. *Interstices*, 2006.
- [34] «Bluetooth - Introduction,» [En ligne]. Available: <https://web.maths.unsw.edu.au/~lafaye/CCM/bluetooth/bluetooth-intro.htm>. [Accès le 21 mai 2023]
- [35] IntegralSystem, «COMMENT CHOISIR LE BON PROTOCOLE POUR SON RÉSEAU D'ÉQUIPEMENTS IOT ?,» *integral-System.fr*, 11 décembre 2020. [Accès le 22 mai 2023]
- [36] MichelAvenier, «L'Internet des Objets et le Web 4.0,» 18 juin 2018. [En ligne]. Available: <https://www.abime-concept.com/blog/2018/06/18/le-web-4-0-et-internet-des-objets>

Bibliographie

- objets/. [Accès le 24 mai 2023]
- [37] IntegralSystem, «comment-choisir-le-bon-protocole-pour-son-reseau-dequipements-iot,» *IntegralSystem.fr*, 11 décembre 2020.
- [38] «Protocole MQTT,» [En ligne]. Available: https://iot.goffinet.org/iot_protocole_mqtt.html. [Accès le 26 mai 2023]
- [39] OuadahAbdenour, "*Modélisation et vérification formelle d'un protocole*", MEMOIRE DE FIIN D'ETUDE, MASTER 2 Système d'information et génie logiciel, Université Mohamed Boudiaf De M'sila, 2018 / 2019.
- [40] FerhaneSouhayla, "*L'internet des objets révolutionne notre vie quotidienne*", Mémoire de fin d'étude MASTER 2 Systèmes d'information, Université Larbi Tébessi, Tébessa, 21 JUN 2021.
- [41] «Tout savoir sur l'Internet des Objets,» [En ligne]. Available: <https://www.synox.io/actualites-sectorielle/4-choses-a-savoir-sur-linternet-des-objets>. [Accès le 26 mai 2023]
- [42] M. M. W. Mille MEKRIOU RYMA, "*Introduction à l'internet de l'objet et réalisation*", Mémoire de fin de cycle d'obtention du diplôme de master en télécommunication, Université A/Mira de Bejaïa, 2016.
- [43] CHALLAL, Yacine. *Sécurité de l' Internet des Objets: vers une approche cognitive et Bibliographie 119 systémique*. Thèse de doctorat. Thèse de doctorat: Technologies de l' Information et des Systèmes. France: Juin 2012.
- [44] R. Negi, «L'IoT dans les soins de santé en 2023 : entreprises, dispositifs médicaux et cas d'utilisation,» *Cynoteck*, 19 avril 2023.
- [45] M. Frackiewicz, «L'IoT et l'avenir des transports : des voitures intelligentes aux véhicules autonomes,» *TS2 Space*, 20 juin 2023.
- [46] N. H. Nga, «L'agritourisme intégré, une tendance du développement durable,» *Le courrier du VietNam*, 01 09 2018.
- [47] «Hydraulique : définition,» 29 10 2009. [En ligne]. Available: <https://www.aquaportail.com/definition-3648-hydraulique.html>. [Accès le 26 mai 2023]
- [48] M. A. Y. Mr. REBBAHI Benalia, "*Développement d'un système d'internet des objets pour une maison intelligente*", Mémoire de Master Réseaux et Télécommunications, Université Ziane Achour de Djelfa, 08/06/2019.
- [49] «Sécurité de l'IoT (sécurité de l'internet des objets),» [En ligne]. Available: <https://actualiteinformatique.fr/internet-of-things-iot/securite-de-liot-securite-de-linternet-des-objets>. [Accès le 28 mai 2023]
- [50] MarcelDeCécile, «Quels sont les avantages et les inconvénients de l'internet des objets ?,» *quora*, 16 févr 2023.
- [51] B. Zouheyr, "*Proposer une solution d'atténuation des attaques du rang dans les réseaux RPL*", Mémoire de MASTER Administration et Sécurité des Réseaux, Université Kadsı Merbah, Ouargla, 2021/2022.
- [52] «Capteur de pression définition,» [En ligne]. Available: <https://www.fujielectric.fr/actualite/capteur-de-pression-definition>. [Accès le 30 mai 2023]
- [53] «SOFREL CNP,» [En ligne]. Available: www.lacroix-sofrel.fr. [Accès le 30 mai 2023]
- [54] «Capteur de pression - Transmetteur de pression,» [En ligne]. Available: <https://www.dmesures.fr/fr/produits/pression-fr.html>. [Accès le 30 mai 2023]
- [55] «Définition d'un capteur de pression,» [En ligne]. Available:

Bibliographie

- <https://www.hbm.com/fr/7646/definition-dun-capteur-de-pression-comment-ca-marche/>. [Accès le 31 mai 2023]
- [56] «Capteur de pression,» [En ligne]. Available: <https://www.omega.fr/prodinfo/Transmetteur-pression.html>. [Accès le 30 mai 2023]
- [57] «Débitmètres : définition et fonctionnement,» 23 janvier 2020. [En ligne]. Available: <https://www.badgermeter.com/fr-fr/le-blogue-de-lexpert/flow-meters-what-are-they--how-do-they-work---fr/>. [Accès le 30 mai 2023]
- [58] «DÉBITMÈTRE SIEMENS MAG 5100 - ACS DN 100 Hydrolys,» [En ligne]. Available: <https://www.hydrolys.fr/debitmetres-et-compteurs-pour-pompes-a-eau/1857-debitmetre-siemens-mag-5100-acs-dn-100-pn16.html>. [Accès le 31 mai 2023]
- [59] «Débitmètres : définition et fonctionnement,» 23 janvier 2020. [En ligne]. Available: <https://www.badgermeter.com/fr-fr/le-blogue-de-lexpert/flow-meters-what-are-they--how-do-they-work---fr/>. [Accès le 31 mai 2023]
- [60] SLAIM, Kelthoum et KEBRIT, Nadjia. *Etude et réalisation d'un robot suiveur de cible contrôlé par une Carte Arduino*. 2020. Thèse de doctorat. Université Ibn Khaldoun-Tiaret.
- [61] «Arduino Mega 2560 Rev3,» [En ligne]. Available: <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>. [Accès le 1 juillet 2023]
- [62] «ARDUINO DOSSIER RESSOURCE,» [En ligne]. Available: <https://docplayer.fr/1031596-Arduino-dossier-ressource-pour-la-classe.html>. [Accès le 1 juillet 2023]
- [63] «17 projets Arduino pour débutants,» [En ligne]. Available: <https://www.tutoriel-arduino.com/projets-arduino-debutants/>. [Accès le 1 juillet 2023]
- [64] Guillaume, «decouverte-de-node-red-un-puissant-logiciel-d-automatisation,» *DomoPi*, 4 avr 2021.
- [65] «Node-RED,» [En ligne]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Node-RED>. [Accès le 2 juillet 2023] [Accès le 1 juillet 2023]
- [66] «Node-RED: Introduction,» [En ligne]. Available: <https://www.stackhero.io/en-fr/services/Node-RED/documentations/Introduction>. [Accès le 2 juillet 2023]
- [67] automationsense, «Node-red français,» *Automation Sense*, 15 05 2020.
- [68] «Foire aux questions — pour les utilisateurs,» [En ligne]. Available: <https://inkscape.org/fr/apprendre/faq/>. [Accès le 2 juillet 2023]
- [69] «MySQL Workbench,» [En ligne]. Available: <https://www.mysql.com/fr/products/workbench/>. [Accès le 2 juillet 2023]
- [70] «MySQL_Workbench,» [En ligne]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/MySQL_Workbench. [Accès le 2 juillet 2023]
- [71] «MySQL, tout comprendre au logiciel de gestion de données relationnelles,» [En ligne]. Available: <https://datascientest.com/mysql-tout-comprendre>. [Accès le 2 juillet 2023]

Résumé :

Ces dernières années, L'internet des objets (IOT) est une technologie qui a connu un développement remarquable dans tous les domaines. Dans notre projet de fin d'étude, nous avons impliqué IOT pour conserver l'eau qui est une ressource en quantité limitée à conserver.

L'objectif principal de notre travail est de réaliser un système pour détecter les fuites d'eau sous terrains dans les réseaux d'AEP (Alimentation en eau potable) en utilisant IOT.

L'application est une simulation virtuelle pour surveiller le débit d'eau qui passe à travers les tuyaux, en utilisant des capteurs de débit qui envoient leurs données en temps réel pour effectuer le traitement de ces valeurs afin de détecter ces fuites.

L'utilisateur peut surveiller et contrôler le réseau de n'importe où, à tout moment en utilisant une Interface Utilisateur (UI) développée sous Node-RED. En outre, le système proposé permet de stocker les données de réseau d'eau dans une base de données MySQL pour les exploiter ultérieurement.

Mots clés : IOT, Réseau d'AEP, Les capteurs de débits, Node-RED, Fuite sous-terraines en eau.

Abstract:

In recent years, the Internet of Things (IOT) has seen remarkable growth in all development in all fields. In our end-of-study project, we involved involved IOT to conserve water, which is a limited resource to be to conserve.

The main objective of our work is to develop a system for detecting water leaks in drinking water supply networks using IOT. The application is a virtual simulation for monitoring the flow of water passing through pipes, using flow sensors that send their data in real time for processing process these values to detect leaks.

The user can monitor and control the network from anywhere, at any time, using a User Interface (UI) developed under Node-RED. In addition, the proposed system allows water network data to be stored in a MySQL database for later use.

Keywords: IOT, Water supply network, Flow sensors, Node-RED, Underground water leakage.

ملخص

في السنوات الأخيرة، شهدت تقنية إنترنت الأشياء تطورًا ملحوظًا في جميع المجالات. في مشروع نهاية الدراسة الخاص بنا، قمنا بإشراك إنترنت الأشياء للحفاظ على المياه وهو مورد بكميات محدودة يجب الحفاظ عليه.

الهدف الرئيسي لعملنا هو إنشاء نظام للكشف عن تسرب المياه الجوفية في شبكات إمدادات مياه الشرب باستخدام إنترنت الأشياء.

التطبيق عبارة عن محاكاة افتراضية لمراقبة تدفق المياه التي تمر عبر الأنابيب، وذلك باستخدام مستشعرات التدفق التي ترسل بياناتها في الوقت الحقيقي لأداء معالجة هذه القيم من أجل اكتشاف هذه التسريبات.

يمكن للمستخدم مراقبة الشبكة والتحكم فيها من أي مكان وفي أي وقت باستخدام واجهة المستخدم بواسطة نود ريد، بالإضافة إلى ذلك، يتيح النظام المقترح تخزين بيانات شبكة المياه في قاعدة بيانات لاستخدامها لاحقًا.

الكلمات المفتاحية: إنترنت الأشياء، شبكة إمدادات مياه الشرب، مستشعرات التدفق، نود ريد، التسريبات الجوفية للمياه.