

REPUBLICQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

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

Faculté des Sciences et de la technologie

Département D'Electronique

Mémoire

Présenté pour obtenir

LE DIPLOME DE MASTER

FILIERE : Télécommunications

Spécialité : Systèmes des Télécommunications

Par

➤ Mlle MOUSSAOUI Rania

➤ Mlle SENOUCI Houda

Intitulé

Etude d'un système SCADA évolué adapté aux réseaux M2M/IoT.

Soutenu le :

Devant le Jury composé de :

<i>Nom & Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
<i>M. ASBAI Nassim</i>	<i>MCA</i>	<i>Président</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M. AIDEL Salih</i>	<i>Professeur</i>	<i>Encadreur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>Mlle DJEHAICHE Rania</i>	<i>Doctorante</i>	<i>Co-Encadreur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M. ATIA Salim</i>	<i>MCA</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ-BBA</i>

Année Universitaire 2022/2023

Remerciements :

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté de parvenir à la fin de notre parcours universitaire.

*Nous tenons à remercier notre promoteur **Pr. AIDEL Salih** pour avoir accepté l'encadrement de notre projet de fin d'études de Master et pour tous ses conseils et orientations qu'il nous a donnés pour mener à bien ce projet.*

*Ensuite, nous tenons à exprimer nos sincères gratitudees au **Mlle DJEHAIECHE Rania** pour avoir accepté de guider ce travail et pour son soutien constant, ses conseils et son Co-encadrement durant ce travail.*

Nos remerciements vont également aux membres de jury qui ont accepté de juger et d'examiner notre travail.

Nos salutations les plus profondes et nos remerciements également à tous les employés de SONATRACH à Hassi R'mel et aux agents du service SCADA, qui nous ont ouvert leurs portes et ont fourni un maximum d'informations pour la mise en œuvre de ce projet.

Nous aimerons bien remercier tous les enseignants du Télécommunications « Université de Mohammed El-Bachir El-Ibrahimi » qui nous a enseignés durant notre parcours universitaire.

Enfin, nous tenons à exprimer nos sincères respects à nos collègues de la promotion 2022/2023.

Merci à tous

Dédicace

Je dédie ce travail :

A ma Mère pour son amour et son soutien

*A mon Père pour son sacrifice et sa confiance qu'il m'a
donné*

A mon mari pour son soutien et ses encouragements

A mes chers sœurs et frères et ma belle sœur

A ma belle famille

A tous mes neveux et nièces

A ma moitié et ma binôme Houda

Moussaoui Rania

Dédicace :

Je dédie ce travail :

A ma Mère pour son amour et son soutien

*A mon Père pour son sacrifice et sa confiance qu'il m'a
donné*

A mon fiancé pour son soutien et ses encouragements

A mes chères sœurs et mon cher frère

A ma belle famille

A mon neveu et ma nièce

A ma moitié et ma binôme Rania

Senouci Houda

Dédicace

Nous dédions cette mémoire au groupe SONATRACH.

À tous les membres du Direction Maintenance

Et essentiellement pour les membres du service SCADA

Le chef service SAOULI Boubaker

BOUKADOUR Fouad

Les techniciens : SAIDI Madani Amine

CHICHEUB Khawla

DJABRI Taha Madani

TALBI Hadj Yahia

BENCHIKH Zinelabidine

ZAGHAD Kenza

TABLE DES MATIÈRES

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I

Système SCADA et son évolution avec les technologies M2M et IoT

I.1 Introduction :	2
I.2 Système SCADA :	2
1.2.1 Définition :	2
1.2.2 Composants d'un système SCADA :	2
1.2.2.1 Capteurs et actionneurs :	3
1.2.2.2 Contrôleurs de terrain SCADA	3
1.2.2.3 Ordinateurs de supervision SCADA :	4
1.2.2.4 Logiciel IHM :	4
1.2.2.5 Infrastructures de communication :	4
I.2.3 Les quatre types de systèmes SCADA :	4
1.2.3.1 Première génération : les systèmes SCADA monolithiques :	4
1.2.3.2 Deuxième génération : les systèmes SCADA distribués :	5
1.2.3.3 Troisième génération : les systèmes SCADA en réseau :	5
1.2.3.4 Quatrième génération : les systèmes SCADA 4.0 basés sur l'internet des objets (IoT) :	5
I.2.4 Architecture du système SCADA	6
I.2.5 Divers domaines d'application du système SCADA : Une solution pour chaque industrie	7
1.2.5.1 Production, transport, distribution de gaz et d'électricité :	7
1.2.5.2 Bâtiment :	7
1.2.5.3 Fabrication :	7
1.2.5.4 Transport en commun :	7
1.2.5.5 Réseaux d'eau et d'assainissement :	8
I.3 M2M/IoT :	8
I.4 Optimisation des processus industriels grâce à la combinaison de SCADA et M2M.....	9
I.5 IoT : Une nouvelle dimension pour les systèmes de SCADA	10
I.6 Sécurité du système SCADA	11
I.6.1 Objectifs et vulnérabilités du SCADA de sécurité.....	11
I.6.2 Renforcement de la sécurité SCADA à travers les générations : Solutions évolutives pour une protection optimale.....	12
I.7 Conclusion	12

Chapitre II

Étude du système SCADA dans le champ de Hassi R'Mel

II.1 Introduction	13
II.2 Présentation du champ de HassiR'mel	13
II.2.1 Les installations mises en place.....	13
II.2.2 Organigramme de la direction régional SH/DP de HassiR'mel	15
II.2.3 Organigramme de la direction maintenance	16
II.2.4 Présentation de la direction maintenance	16
II.2.4.1 SERVICE MN/SCADA.....	17
II.2.4.2 SERVICE MN/ RESEAUX RADIO	17
II.2.4.3 SERVICE MN/COMMUTATION.....	17
II.2.4.4 SERVICE MN/AUTOMATISME	17
II.2.4.5 SERVICE MN/INSTRUMENTATION	17
II.3 Description du système SCADA de HassiR'mel.....	17
II.3.1 Définition.....	17
II.3.2 Evolution du SCADA.....	18
II.3.3 Principe de fonctionnement du SCADA.....	18
II.3.4 Architecture du système SCADA	19
II.3.4.1 Zone centrale	19
II.3.4.2 Zone périphérique.....	19
II.3.4.3 Centre de supervision	19
II.3.5 Les équipements du système SCADA.....	20
II.3.5.1 La partie matérielle.....	20
II.3.5.1.1 Équipements au niveau des zones centrales	21
II.3.5.1.2 Équipements au niveau du centre de supervision CCR	23
II.3.5.1.3. Équipements au niveau des zones périphériques.....	24
II.3.5.2 Partie Software des systèmes SCADA	27
II.3.5.2.1 Interface Home Machine HMI (Human Machine Interface).....	28
II.3.5.2.2 Page Synoptique	29
II.4 Moyens de communications	29
II.4.1 Les Liaisons Série.....	30
II.4.2 Système de transmission de données SCADA par Câble	30
II.4.3. Système de transmission de données SCADA par Radio MDS	30
II.4.4. Système de transmission de données SCADA par Radio TETRA	31
II.5 Conclusion.....	32

Chapitre III

Réalisation pratique d'un mini système SCADA évolutif avec l'IoT Cloud..

III.1 Introduction	33
III.2 Présentation du projet.....	33
III.3 Matériel utilisé et son utilisation dans notre projet	34
III.3.1 La carte ArduinoUno	34
III.3.2 Le module nRF24L01+	35
III.3.3 NodeMCU ESP8266	36
III.3.4 Les capteurs utilisés	37
III.3.4.1 Capteur LM35	37
III.3.4.2 Capteur Ultrason HC-SR04.....	37
III.3.5 Le Potentiomètre	38
III.3.6 Panneau Solaire 5V	39
III.3.7 Autres composantes.....	40
III.3.7.1 Buzzer.....	40
III.3.7.2 Résistance électrique	40
III.3.7.3 LED électrique	40
III.3.7.5 Support de Piles 2X2 AA	41
III.4 Logiciel utilisé.....	41
III.4.1 Arduino Ide.....	41
III.4.2 Fritzing	42
III.4.3 La plateforme Ubidots.....	43
III.4.3.1 Configuration des Ubidots STEM.....	44
III.4.3.1 L'importance d'Ubidots dans notre projet mini SCADA.....	47
III.5 Test et réalisation.....	48
III.5.1 Matériels utilisés	48
III.5.2 Algorithme proposé.....	49
III.5.3 Schéma électrique	50
III.5.4 Résultats pratiques.....	51
III.6 Conclusion.....	55
Conclusion générale	56
Bibliographie.....	70

Liste de figure :

Figure 1. 1 : Les composantes d'un système SCADA.	3
Figure 1. 2 : L'architecture du système SCADA.	6
Figure 1. 3 : IoT/M2M une nouvelle ère de connectivité intelligente.	9
Figure 1. 4 : L'intégration de l'IoT dans le système de SCADA.	11
Figure 2. 1 : Gisement du Hassi R'mel.	14
Figure 2. 2 : Architecture du système SCADA.	19
Figure 2. 3 : Centre de supervision.	20
Figure 2. 4 : Les équipements de système SCADA.	20
Figure 2. 5 : Configuration d'un centre de contrôle.	21
Figure 2. 6 : MTU dans la salle de contrôle.	22
Figure 2. 7 : Equipements Au Niveau Du Centre De Supervision CCR.	24
Figure 2. 8 : Différents transmetteurs.	25
Figure 2. 9 : Mesure le courant.	26
Figure 2. 10 : Equipements d'alimentation du puits radio.	26
Figure 2. 11 : RTU 6008/S5 (liaison câblée).	27
Figure 2. 12 : RTU 6008/S5 (liaison radio).	27
Figure 2. 13 : Schéma du puits et ces différents paramètres.	29
Figure 2. 14 : Radio MDS.	30
Figure 2. 15 : Radio MDS en Point-Multipoint.	31
Figure 2. 16 : Interconnexion SCADA via la plateforme TETRA.	31
Figure 3. 1 : Fonctionnement d'une carte Arduino Uno.	34
Figure 3. 2 : NRF24L01 - Modules radio 2.4GH.	35
Figure 3. 3 : La transmission dans un réseau à 1 saut (M-N).	35
Figure 3. 4 : NodeMcu ESP8266.	36
Figure 3. 5 : Capteur de température LM35.	37
Figure 3. 6 : Capteur ultrason HC-SR04.	38
Figure 3. 7 : Potentiomètre.	38
Figure 3. 8 : Panneau Solaire 5V.	39
Figure 3. 9 : Buzzer.	40
Figure 3. 10 : Exemple des résistances.	40
Figure 3. 11 : LED rouge.	40
Figure 3. 12 : Batterie 9V.	40

<i>Figure 3. 13 : Coupleurs de piles AA avec 2 piles.</i>	41
<i>Figure 3. 14 : Composants de l'écran principal de l'IDE Arduino.</i>	41
<i>Figure 3. 15 : Structure générale d'un sketch Arduino.</i>	42
<i>Figure 3. 16 : Page d'accueil du logiciel Fritzing.</i>	43
<i>Figure 3. 17 : Organigramme du système SCADA "RTU" émetteur : Surveillance de la température, de la pression et de la batterie.</i>	49
<i>Figure 3. 18 : Organigramme du système SCADA "RTU" émetteur : Surveillance de la distance.</i>	49
<i>Figure 3. 19 : Organigramme de la Réception et l'affichage des données du système SCADA.</i>	50
<i>Figure 3. 20 : Schéma électrique du mini système SCADA « RTU » -Emetteur.</i>	50
<i>Figure 3. 21 : Schéma électrique du mini système SCADA « MTU » -Récepteur.</i>	51
<i>Figure 3. 22 : Schéma électrique du mini système SCADA « communication émetteur récepteur et l'affichage du résultat.</i>	51
<i>Figure 3. 23 : Réalisation pratique du mini système SCADA « RTU » -Emetteur.</i>	52
<i>Figure 3. 24 : Réalisation pratique du mini système SCADA « MTU » -Récepteur.</i>	52
<i>Figure 3. 25 : Résultats optimaux de la réalisation pratique du mini système SCADA.</i>	53
<i>Figure 3. 26 : Résultats en cas de risque de la réalisation pratique du mini système SCADA.</i>	53
<i>Figure 3. 27 : Notifications immédiates par email pour une réaction rapide et efficace.</i>	54

GLOSSAIRE

SCADA Supervisory Control And Data Acquisition

M2M Machine-to-Machine

IoT Internet of Things

RTU Remote Terminal Units

HMI Human-Machine Interface

PLC Programmable Logic Controller

LAN Local Area Network

WAN Wide Area Network

MTU Master Terminal Unit

TI Information Technology

UIT L'Union internationale des télécommunications

MPPX Modular production plant x

CSTF Centre de stockage et de transfert

CNDG Centre national de dispatching de gaz

SBC Station de boosting centre

SRGA Station de récupération des gaz associés

CTH Centre de traitement d'huile

SCN Station de compression nord

SBN Station de boosting nord

SCS Station de compression sud

SBS Station de boosting sud

CTG Centre de traitement du gaz

DJB Djebel bissa

HR Hassi r'mel

CCR Central control room

ESD Emergency Shutdown

TCP Transmission Control Protocol

IP Internet Protocol

FDDI Fiber Distributed Data Interface

BBC Brown Boverly & Cie

MDS Microwave data systems

TETRA terrestrial trunked radio

ISSI Individuel Short Subscriber Identity

TGW Gateway

SONATRACH Société Nationale de Transport et de Commercialisation des Hydrocarbures

Résumé

SCADA représente un système de contrôle et d'acquisition de données utilisé dans divers secteurs industriels. Nous avons étudié des impacts significatifs sur la performance du système SCADA, en particulier dans le contexte du câblage entre l'architecture MTU et de la plateforme SCADA câblée. Nous avons constaté que ces impacts peuvent causer des retards dans la transmission des données, ce qui peut affecter la réactivité du système. Pour remédier à ces problèmes, on a exploré l'utilisation de l'Internet des objets (IdO) et de la technologie M2M. Dans ce cadre, nous avons réalisé une maquette électronique permettant la supervision et le contrôle à distance des puits de gaz avec l'intégration des composants tels que l'Arduino, des capteurs, une plateforme cloud et un module WiFi pour créer un système SCADA sans fil, évolutif et connecté. Ce mémoire explore le concept de système SCADA et propose un modèle de réalisation basés sur les technologies M2M et l'IoT dans un système SCADA.

Mots clés : SCADA, M2M, IoT, communication sans fil, puits de gaz, MTU, RTU, plateforme cloud, réactivité du système, évolutif, Supervision et contrôle à distance, Arduino, module WiFi, capteurs.

ملخص

SCADA هو نظام للتحكم واقتناء البيانات يستخدم في مختلف قطاعات الصناعة. تمت دراسة تأثيرات مهمة على أداء نظام SCADA، خاصة في سياق التوصيل السلكي بين هندسة MTU ومنصة SCADA الموصلة. لاحظنا أن هذه التأثيرات يمكن أن تتسبب في تأخير نقل البيانات، مما يؤثر على استجابة النظام. للتغلب على هذه المشكلات، استكشفنا استخدام الإنترنت من الأشياء (IdO) وتقنية M2M. في هذا السياق، قمنا بإنشاء نموذج إلكتروني يتيح المراقبة والتحكم عن بعد في آبار الغاز بدمج مكونات مثل Arduino والمستشعرات ومنصة السحابة ووحدة WiFi لإنشاء نظام SCADA لاسلكي ومتطور ومتصل. يستكشف هذا البحث مفهوم نظام SCADA ويقدم نموذجًا للتنفيذ بناءً على تقنيات M2M والإنترنت من الأشياء في نظام SCADA.

الكلمات المفتاحية: SCADA، من آلة إلى آلة، إنترنت الأشياء، الاتصالات اللاسلكية، بئر الغاز، MTU، RTU، النظام الأساسي السحابي، استجابة النظام، قابلة للتطوير، المراقبة والتحكم عن بعد، Arduino، وحدة WiFi، أجهزة الاستشعار.

Abstract

SCADA represents a control and data acquisition system used in various industrial sectors. We have studied significant impacts on the performance of the SCADA system, particularly in the context of wiring between the MTU architecture and the wired SCADA platform. We have found that these impacts can cause delays in data transmission, which can affect the system's responsiveness. To address these issues, we have explored the use of the Internet of Things (IoT) and M2M technology. In this regard, we have developed an electronic prototype enabling remote supervision and control of gas wells, integrating components such as Arduino, sensors, a cloud platform, and a WiFi module to create a wireless, scalable, and connected SCADA system. This research explores the concept of SCADA system and proposes a realization model based on M2M and IoT technologies in a SCADA system.

Keywords : SCADA, M2M, IoT, wireless communication, gas wells, MTU, RTU, cloud platform, system responsiveness, scalable, remote supervision and control, Arduino, WiFi module, sensors.

Introduction générale

Introduction générale :

Le système SCADA joue un rôle essentiel dans de nombreux domaines de notre vie quotidienne. Il permet de surveiller et de contrôler à distance des processus industriels et infrastructurels critiques, tels que les réseaux d'eau, les centrales électriques, les usines de production, et bien d'autres. Grâce à l'évolution de la technologie, notamment l'Internet des Objets (IoT), le système SCADA connaît des avancées majeures, offrant des fonctionnalités plus avancées et une connectivité accrue.

Nous avons eu la chance de réaliser notre stage de fin d'études au sein de l'entreprise SONATRACH Hassi R'mel, située à Hassi R'mel, une ville dans le sud de l'Algérie connue pour être l'un des plus importants sites de production de gaz naturel en Afrique. Ce stage a été réalisé dans le cadre de notre formation « système des télécommunications » et nous a permis de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises au cours de nos études. Nous avons été encadrées par des professionnels expérimentés de l'entreprise qui nous ont guidées dans nos missions. Dans ce mémoire, nous allons décrire les différentes tâches que nous avons réalisées, les connaissances que nous avons acquises ainsi que les expériences que nous avons vécues au sein de SONATRACH.

Dans ce mémoire, nous nous intéressons particulièrement à l'utilisation de la technologie IoT pour améliorer les capacités du système SCADA. Nous explorerons comment l'IoT permet de repousser les limites traditionnelles du système SCADA en offrant une surveillance en temps réel, une collecte de données plus efficace et une connectivité sans fil. Ces avancées ouvrent de nouvelles perspectives pour la gestion des processus industriels et offrent des opportunités d'optimisation et d'automatisation accrues.

Notre étude repose sur la réalisation d'un mini système SCADA évolué. Au cours de notre travail, nous présenterons les différentes étapes de réalisation du projet, en mettant l'accent sur le choix du matériel, la programmation des dispositifs, la configuration des capteurs, ainsi que l'intégration avec la plateforme Ubidots. Nous discuterons également des résultats obtenus, en soulignant les avantages de l'utilisation de l'IoT dans le système SCADA, tels que la flexibilité, la facilité de déploiement et la possibilité d'alertes en temps réel. Notre mémoire vise à démontrer l'importance et l'évolution du système SCADA en utilisant les avancées de l'IoT. Nous montrerons comment cette combinaison offre de nouvelles possibilités pour surveiller et contrôler les processus industriels de manière plus efficace et fiable.

Chapitre I
Système SCADA et son évolution avec les technologies M2M et IoT

I.1 Introduction :

Ce chapitre présente de manière concise les différents aspects du système SCADA. Il met en évidence la définition du système, ses composants, son architecture, les quatre types de systèmes SCADA, ses divers domaines d'application, ainsi que son association avec les technologies M2M, IoT et la sécurité.

Le chapitre vise l'importance de la combinaison du SCADA avec les technologies M2M et IoT pour l'optimisation des processus industriels et la sécurité du système SCADA, en examinant les défis auxquels il est confronté et les solutions existantes pour garantir sa protection et son intégrité.

I .2 Système SCADA :

1.2.1Définition :

SCADA est un terme qui correspond à un acronyme en anglais pour "Système de Contrôle et d'Acquisition de Données". Il s'agit d'un ensemble de logiciels qui sont utilisés dans le but de contrôler les processus industriels et de collecter les données en temps réel, et ce, même dans des sites éloignés. Le système SCADA permet de surveiller et de contrôler les équipements et les procédés industriels, et d'optimiser leurs conditions d'exploitation.

Généralement, un système SCADA est constitué de divers éléments, tels que des émetteurs, une unité de télégestion (RTU), des protocoles de communication, des serveurs de données pour l'archivage et l'alimentation des interfaces homme-machine (IHM). Ces dernières sont des interfaces utilisateur qui relient les opérateurs aux dispositifs de commande des systèmes industriels. L'utilisation d'un système SCADA bien conçu permet aux entreprises d'améliorer leur efficacité opérationnelle, d'augmenter la disponibilité de leurs équipements, de réduire les coûts de maintenance, d'optimiser la performance, et bien plus encore.

I.2.2Composants d'un système SCADA :

Les systèmes SCADA comportent divers composants qui sont déployés sur le terrain pour collecter des données en temps réel. Ces composants permettent la collecte de données et l'amélioration de l'automatisation industrielle.¹

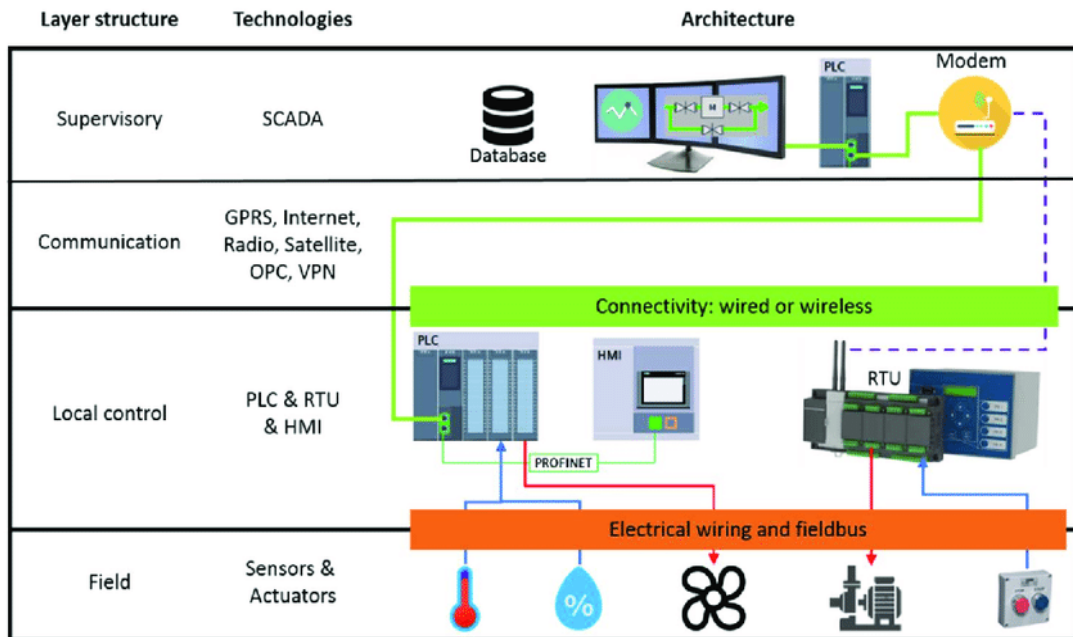


Figure 1. 1 : les composantes d'un système SCADA.

I.2.2.1 Capteurs et actionneurs :

Un capteur est un appareil ou un système qui détecte les fonctions d'entrée des processus industriels. Un actionneur est un dispositif qui contrôle le mécanisme des processus industriels. Les capteurs fonctionnent comme un compteur ou une jauge qui affiche l'état de la machine.

Un actionneur agit comme un cadran, une commande ou interrupteur qui peut être utilisé pour contrôler l'appareil. Les deux sont surveillés et contrôlés par des contrôleurs de terrain SCADA.

I.2.2.2 Contrôleurs de terrain SCADA :

Les contrôleurs de terrain s'interfaçent directement avec les actionneurs et les capteurs. Il y a deux catégories dans cela :

A) Unités de télémétrie distantes (RTU) : interface avec des capteurs pour recueillir des données de télémétrie, puis les transmettre à un système principal pour l'action suivante.

B) Contrôleurs logiques programmables (API) : interface avec les actionneurs pour maintenir et contrôler les processus industriels en fonction de la télémétrie actuelle que les RTU collectent.

I.2.2.3 Ordinateurs de supervision SCADA :

Les ordinateurs de supervision contrôlent tous les processus liés au SCADA. Ils sont utilisés pour collecter les données des appareils de terrain et pour envoyer des commandes aux appareils afin de contrôler les processus industriels.

I.2.2.4 Logiciel IHM :

Ce logiciel fournit un système qui confirme et présente les données des appareils de terrain SCADA. Il permet également aux opérateurs de comprendre et de modifier l'état des processus contrôlés par SCADA.

II.2.2.5 Infrastructures de communication :

L'infrastructure de communication permet aux systèmes de supervision SCADA de communiquer avec les contrôleurs de terrain et les appareils de terrain. Cela permet également aux systèmes SCADA de collecter des données à partir des appareils de terrain et de contrôler ces appareils.

I.2.3 Les quatre types de systèmes SCADA :

Il existe différents types de systèmes pouvant être considérés comme des architectures SCADA.

Ils s'améliorent au fur et à mesure que les technologies évoluent.

I.2.3.1 Première génération : les systèmes SCADA monolithiques :

Auparavant, les industriels ont eu recours à des mini-ordinateurs pour optimiser leurs processus et leurs équipements.

À l'époque, les systèmes SCADA monolithiques étaient très prisés et ils n'utilisaient pas les services réseau communs. Les systèmes étaient donc indépendants, c'est-à-dire qu'un ordinateur ne pouvait se connecter à d'autres systèmes. Les sites distants se connectaient grâce à un système mainframe de secours.

Ceci permettait d'assurer la redondance du système SCADA de première génération. Le concept monolithique était surtout utilisé en cas de défaillance du système mainframe primaire. L'utilisation de cette ancienne forme de système SCADA était limitée à la surveillance des capteurs du système ainsi qu'à la signalisation de toute opération en cas de dépassement des niveaux d'alarme programmés.

I.2.3.2 Deuxième génération : les systèmes SCADA distribués :

Pour cette seconde génération de systèmes SCADA, le partage des fonctions de contrôle est réparti entre plusieurs systèmes connectés les uns aux autres via un réseau local (LAN). Ils ont donc été appelés systèmes SCADA distribués.

Des stations individuelles ont été utilisées pour partager des informations en temps réel, pour traiter les commandes et pour réaliser des tâches de contrôle afin de déclencher les niveaux d'alarme en cas de problèmes. Ce qui les différencie des anciens systèmes est le coût et la taille réduits de la station.

Pourtant, les protocoles réseau n'étaient pas normalisés et la sécurité des installations ne pouvait être déterminée que par très peu de personnes en dehors des développeurs. En d'autres termes, la sécurité de l'installation SCADA de seconde génération a été ignorée.

I.2.3.3 Troisième génération : les systèmes SCADA en réseau :

Les systèmes SCADA actuels sont désormais mis en réseau et peuvent communiquer par le biais d'un réseau étendu WAN (Wide Area Network) sur des lignes de données ou par téléphone.

Ces systèmes utilisent généralement des connexions Ethernet ou à fibre optique pour transmettre des données entre les nœuds. Ils font également appel à des contrôleurs logiques programmables (PLC) pour surveiller ou ajuster les systèmes de signalisation de routine en cas de décisions importantes.

Si les systèmes SCADA de première et deuxième génération étaient limités à des réseaux ou à des bâtiments uniques, celle de troisième génération utilise l'Internet, ce qui implique souvent un problème de sécurité.

I.2.3.4 Quatrième génération : les systèmes SCADA 4.0 basés sur l'internet des objets (IoT) :

L'apparition d'une quatrième génération de systèmes SCADA a permis de réduire drastiquement le coût de l'infrastructure grâce à l'adoption de la technologie IoT et l'informatique dans le Cloud.

L'intégration et la maintenance des systèmes sont donc très faciles, comparées à celles des systèmes précédents. Les dernières avancées technologiques en matière de systèmes SCADA permettent actuellement de produire des rapports d'état en temps réel, d'utiliser des algorithmes de contrôle plus complexes et de renforcer la sécurité des informations sensibles des grandes entreprises.

De plus, ces systèmes peuvent être implémentés sur des automates traditionnels.

I.2.4 Architecture du système SCADA :

Les systèmes SCADA sont largement utilisés dans les applications industrielles pour contrôler et surveiller les systèmes de processus. Comme le montre la *Figure 1.2*.

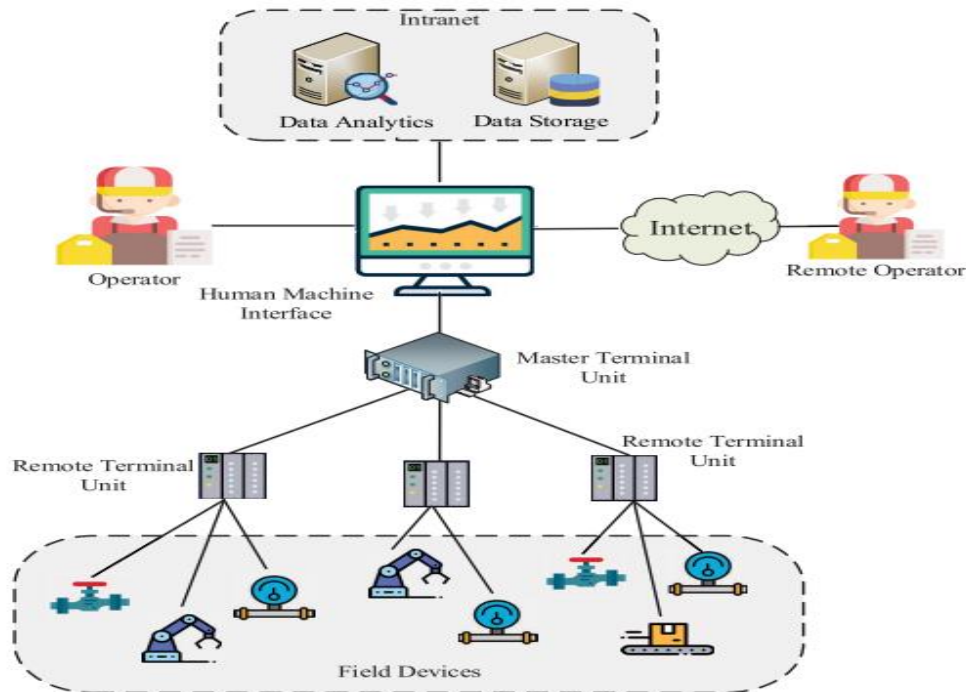


Figure 1.2 : L'architecture du système SCADA.

L'Exploitant, qui est chargé de surveiller le système, de traiter les alertes et d'effectuer les opérations de contrôle nécessaires. L'opérateur peut être situé dans les locaux de l'organisation ou il peut accéder au système à distance via Internet.

L'IHM, qui facilite l'interaction entre l'opérateur et le système SCADA. L'IHM collecte les informations du terminal maître et traduit les commandes de contrôle de manière appropriée.

L'intranet de l'organisation, qui se compose d'outils informatiques, les composants de mise en réseau et de stockage situés au sein de l'organisation. Il facilite le fonctionnement du système en exécutant analyses sur les données collectées à partir des appareils de terrain.

Le Master Terminal Unit (MTU), qui est responsable pour collecter des données à partir de terminaux distants, les transmettre à l'IHM et envoyer des signaux de commande. Il fournit également la logique de commande de haut niveau pour le système.

Les Remote Terminal Units (RTU), qui échangent des données et les commandes avec le MTU et le contrôle spécifié par envoi signaux aux appareils de terrain.

Chapitre I : Système SCADA et son évolution avec les technologies M2M et IoT

Les appareils de terrain, qui sont répartis dans l'organisation et se composent d'appareils qui surveillent et contrôlent le processus industriel. Par exemple, un certain nombre de capteurs est utilisé pour collecter des données, tandis que les actionneurs effectuent les actions de contrôle. ²

I.2.5 Divers domaines d'application du système SCADA : Une solution pour chaque industrie :

Partout dans le monde, les systèmes SCADA sont utilisés dans diverses applications et dans tous les secteurs.

I.2.5.1 Production, transport, distribution de gaz et d'électricité :

Dans ces différents secteurs, les services publics utilisent par exemple les systèmes SCADA pour détecter le flux de courant et la tension de ligne, pour surveiller le fonctionnement des disjoncteurs, etc.

Ces outils peuvent également aider à la surveillance et au contrôle des pipelines, au contrôle à distance des sites de stockage, de pompage ou de raffinerie, ou bien au contrôle de la distribution de l'énergie électrique provenant de diverses sources d'énergie comme le charbon, le nucléaire ou le gaz.

I.2.5.2 Bâtiment :

Les gestionnaires des bâtiments ont souvent recours aux systèmes SCADA pour contrôler les équipements de chauffage, de climatisation, de réfrigération et les unités d'éclairage.

I.2.5.3 Fabrication :

Dans les industries de fabrication, les systèmes SCADA permettent de gérer les listes de pièces à fabriquer, d'optimiser l'automatisation industrielle et de surveiller les processus et les systèmes de contrôle qualité.

I.2.5.4 Transport en commun :

Comme susmentionné, les services de transport en commun peuvent faire appel aux systèmes SCADA afin de régler l'électricité des métros, des tramways et des trolleybus.

Dans d'autres cas, il est utilisé pour automatiser les feux de signalisation des systèmes ferroviaires, pour suivre et localiser les autobus et les trains, pour contrôler les barrières des

Chapitre I : Système SCADA et son évolution avec les technologies M2M et IoT

passages à niveau des chemins de fer ou pour contrôler le flux de circulation, en détectant par exemple les feux hors d'usage.

I.2.5.5 Réseaux d'eau et d'assainissement :

Même si les médias n'en parlent pas souvent, les systèmes SCADA sont bel et bien utilisés dans le secteur de l'assainissement.

L'État et les municipalités peuvent avoir recours à ces systèmes pour surveiller et contrôler des centres de traitement de l'eau, les installations de collecte et d'évacuation des eaux traitées dans les meilleures conditions.

Bien entendu, d'autres industries utilisent ce genre de logiciel, comme celles intervenant dans l'agriculture et l'irrigation, la production des produits pharmaceutiques et les télécommunications, entre autres.

I.3 M2M/IoT :

L'évolution rapide des technologies de l'information (TI) a donné naissance à une société hyperconnectée, dans laquelle les objets sont connectés aux appareils mobiles et à Internet et peuvent communiquer entre eux. L'Internet des objets et la communication de machine à machine sont au cœur de cette société hyperconnectée³. Le terme « Internet des objets » ou « Internet des objets » fait référence à des appareils électriques ou électroniques de différentes tailles et capacités qui sont connectés à Internet⁴. Le domaine des connexions s'élargit pour inclure plus que le simple M2M qui permet aux appareils mobiles et aux machines d'établir de manière autonome des liens de communication sans fil entre eux ⁵Le paradigme de l'IoT/M2M a de nombreuses applications dans divers domaines tels que les bâtiments intelligents, les soins de santé intelligents, l'industrie, la gestion intelligente de l'énergie, les réseaux intelligents, etc.

L'Internet des objets et la communication Machine-to-Machine sont les domaines des technologies de pointe qui connaissent la croissance la plus rapide, le nombre d'appareils connectés dépassant désormais massivement le nombre d'humains. L'Union internationale des télécommunications définit l'IdO comme une infrastructure mondiale pour la société de l'information, permettant des services avancés en interconnectant des objets physiques et virtuels basés sur des technologies d'information et de communication interopérables existantes et en évolution.⁶ Le M2M est considéré comme faisant partie intégrante de l'écosystème IoT, défini comme une communication qui permet aux appareils de se connecter

les uns aux autres via un réseau de communication filaire ou sans fil sans nécessiter d'intervention humaine ⁷

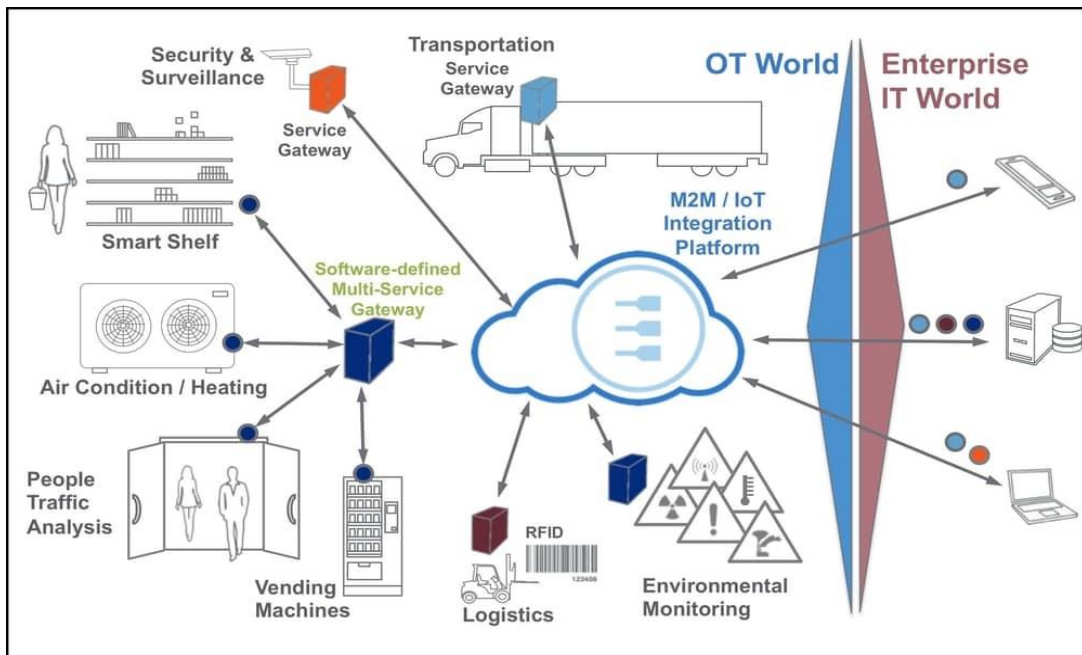


Figure 1. 3 : IoT/ M2M une nouvelle ère de connectivité intelligente.

I.4 Optimisation des processus industriels grâce à la combinaison de SCADA et M2M :

Le M2M constitue un ensemble de technologies réseaux sans fil ou filaires rendant des systèmes communiquant et leur permettant de s'échanger automatiquement des informations, sans intervention humaine.

Les racines du M2M sont bien implantées dans l'industrie manufacturière, où d'autres technologies, telles que le SCADA et la surveillance à distance, ont permis de gérer et de contrôler à distance les données d'équipements ⁸.

L'objectif principal de la technologie machine à machine est d'exploiter les données des capteurs et de les transmettre à un réseau. Les systèmes M2M utilisent souvent des réseaux publics et des méthodes d'accès, par exemple cellulaires ou Ethernet, pour le rentabiliser.

Le M2M joue un rôle important dans les systèmes SCADA en permettant une communication automatisée et en temps réel entre les différents équipements industriels. Les dispositifs M2M tels que les capteurs, les actionneurs et les contrôleurs programmables sont utilisés pour collecter des données et effectuer des actions en réponse à des instructions reçues via le système SCADA. Cette combinaison permet une surveillance et un contrôle précis des

Chapitre I : Système SCADA et son évolution avec les technologies M2M et IoT

processus industriels à distance, avec une réactivité accrue et une réduction des coûts liés aux déplacements physiques. Le M2M permet également une automatisation avancée des tâches, une réduction des erreurs humaines et une amélioration de la productivité globale.

L'optimisation des processus industriels est un enjeu majeur pour les entreprises cherchant à améliorer leur productivité, leur efficacité et leur rentabilité. La combinaison des systèmes SCADA et M2M peut aider les entreprises à atteindre cet objectif en permettant une surveillance en temps réel des processus industriels et une collecte de données automatisée. Les données collectées peuvent être analysées pour détecter les problèmes de production, les goulots d'étranglement et les inefficacités dans les processus. Cette information peut être utilisée pour ajuster les processus, améliorer les performances et réduire les coûts. En outre, la connectivité M2M permet une communication directe entre les équipements, ce qui peut faciliter la coordination des processus et la prise de décision automatisée. La combinaison de SCADA et M2M offre ainsi aux entreprises une solution complète pour optimiser leurs processus industriels.

I.5 IoT : Une nouvelle dimension pour les systèmes de SCADA :

L'Internet des objets est un concept émergent stimulé par les progrès des technologies de communication sans fil.⁹ Un système IoT est un ensemble d'appareils intelligents collaboratifs utilisés dans diverses applications grand public. L'Internet industriel des objets (IIoT)¹⁰ est considéré comme une évolution des systèmes SCADA qui se concentre sur les applications industrielles telles que la production et la distribution d'électricité, le transport et la fabrication. Par exemple, une application critique de l'IIoT est la maintenance prédictive des équipements industriels. La maintenance prédictive peut entraîner une diminution des temps d'arrêt, une réduction des coûts de maintenance et une augmentation de la productivité. Une taxonomie des protocoles, schémas et mécanismes IIoT est présentée dans ¹¹ tandis que dans ¹² les auteurs fournissent une revue des protocoles IIoT applicables au concept de Smart Grid. Les défis de sécurité inhérents aux communications IIoT ainsi que la criticité des applications industrielles poussent les chercheurs à concevoir de nouveaux schémas de sécurité pour répondre aux exigences de sécurité industrielle.¹³ Un cadre analytique pour la modélisation des cyberattaques contre les infrastructures IIoT est introduit dans ¹⁴ Les auteurs de ¹⁵ examinent l'état de la sécurité de l'IIoT et discutent des défis, des contre-mesures et des orientations futures.

Chapitre I : Système SCADA et son évolution avec les technologies M2M et IoT

En somme, l'intégration de l'IoT dans le système de SCADA offre de nombreux avantages pour améliorer la surveillance, le contrôle, l'efficacité et la sécurité des processus industriels.

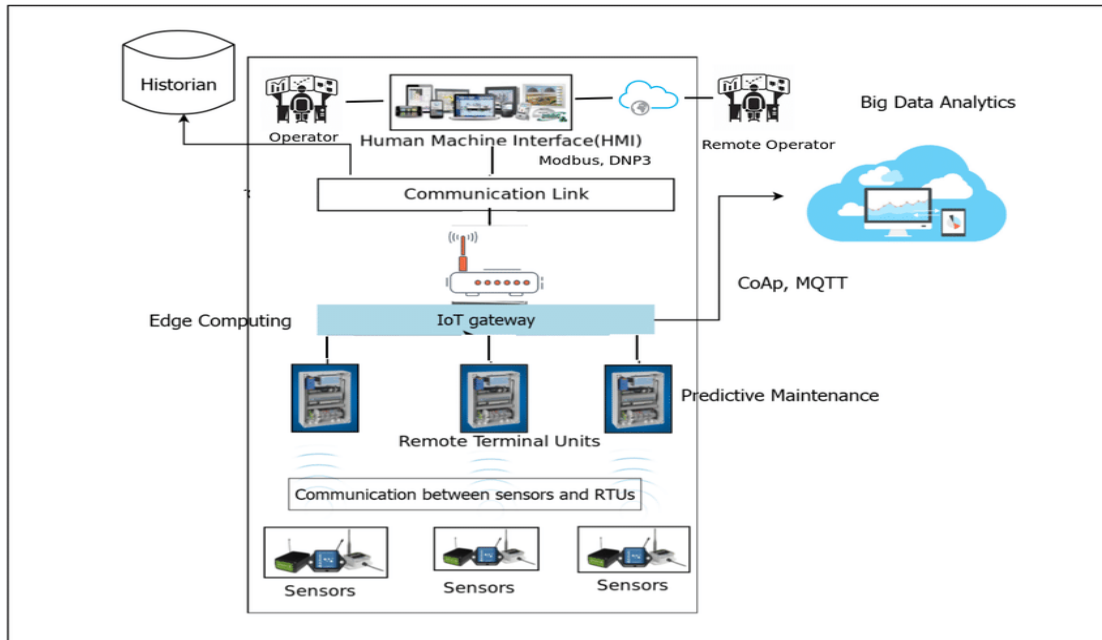


Figure 1. 4 : L'intégration de l'IoT dans le système de SCADA.

I.6 Sécurité du système SCADA :

I.6.1 Objectifs et vulnérabilités de sécurité du SCADA :

Selon les objectifs de sécurité dans les systèmes SCADA incluent la disponibilité, l'autorisation, l'authentification, la confidentialité, l'intégrité et la non-répudiation. Assurer ces objectifs est essentiel pour la sécurité des systèmes SCADA. Cependant, il existe des vulnérabilités que les attaquants peuvent exploiter pour compromettre ces systèmes. Les protocoles et les fonctions courantes tels que le transfert de fichiers et l'accès à distance peuvent être exploités pour obtenir des informations sensibles et accéder au système SCADA. De plus, les ports réseau ouverts peuvent être utilisés pour collecter des informations et obtenir un accès non autorisé. Les systèmes SCADA modernes, qui peuvent communiquer avec d'autres réseaux, sont également vulnérables aux attaques contre les réseaux de communication, ce qui peut compromettre l'ensemble du système SCADA.¹⁶

Plusieurs études ont analysé les vulnérabilités des protocoles de communication SCADA. Ces études ont identifié des lacunes dans le protocole qui le rendent vulnérable aux cybermenaces, telles que l'authentification insuffisante, le cryptage inefficace, l'intégrité des données compromise et l'absence de mécanismes anti-rejeu. Ces vulnérabilités nécessitent une attention particulière en matière de sécurité dans les systèmes SCADA.¹⁷

I.6.2 Renforcement de la sécurité SCADA à travers les générations : Solutions évolutives pour une protection optimale :

Les systèmes de sécurité SCADA ont évolué au fil des générations pour faire face aux nouvelles menaces et aux avancées technologiques. Voici quelques suggestions existantes pour renforcer la sécurité dans chaque génération de systèmes SCADA :

- Première génération : Isolation physique, contrôle d'accès strict et surveillance de réseau.
- Deuxième génération : Utilisation de pare-feu, chiffrement des communications et gestion des vulnérabilités.
- Troisième génération : Sécurité des applications, séparation des réseaux et détection d'anomalies.
- Quatrième génération : Sécurité basée sur le cloud, authentification forte et gestion des incidents.

En résumé, chaque génération de systèmes SCADA apporte des améliorations en matière de sécurité, mais la sécurité dépend de divers facteurs et d'une mise en œuvre appropriée des mesures de sécurité.

I.7 Conclusion :

Ce chapitre a exploré le système SCADA, ses composants, son architecture et ses différents types et les domaines d'application. L'intégration du M2M et de l'IoT dans le système SCADA a été abordée, mettant en évidence les avantages potentiels en termes d'optimisation des processus industriels. Cette combinaison permet une collecte de données en temps réel et facilite la prise de décision pour améliorer l'efficacité opérationnelle.

En conclusion, le système SCADA est un outil essentiel pour le contrôle et la gestion des processus industriels. L'intégration du M2M et de l'IoT offre de nouvelles possibilités d'optimisation. Toutefois, la sécurité reste un aspect critique à prendre en compte, et la mise en place de mesures de sécurité robustes est indispensable pour garantir le bon fonctionnement du système SCADA et protéger les données sensibles.

Chapitre II
Étude du système SCADA dans le
champ de Hassi R'Mel.

II.1 Introduction :

Durant notre stage à Hassi R'Mel, nous avons eu l'opportunité de mener une étude approfondie sur le système SCADA utilisé dans ce champ. Nous débuterons par une brève présentation du champ, l'un des principaux champs de gaz naturel en Algérie. Ensuite, nous nous concentrerons sur la description du système SCADA spécifique à ce champ, ainsi que sur les équipements clés qui le composent. Cette analyse approfondie jettera les bases pour les discussions ultérieures de notre mémoire.

II.2 Présentation du champ de Hassi R'mel :

Le champ de Hassi R'mel est l'un des plus importants champs de gaz naturel en Algérie et en Afrique. Il a été découvert en 1956 et exploité depuis pour fournir une source cruciale de gaz naturel pour l'économie du pays. La découverte de gaz naturel dans la région de Hassi R'mel remonte à 1952, lorsque le premier puits d'exploitation a été foré près de BERRIANE. Quatre ans plus tard, le premier puits dans le champ a révélé la présence de gaz riche en condensât dans le trias gréseux à une profondeur de 2332m. Le champ est divisé en trois réservoirs de gaz naturel : A, B et C. Le réservoir C'est le plus épais et le plus important des trois, couvrant la majeure partie du champ, avec une porosité de 8%, une perméabilité de 800.10^{-3} Darcys et une faible teneur en eau de 13%. Les réservoirs A et B ont des caractéristiques similaires mais sont limités à certaines zones du champ. Le champ de Hassi R'mel est un élément clé de l'industrie pétrolière et gazière de l'Algérie, contribuant à son développement économique.¹⁸

II.2.1 Les installations mises en place :

Les installations réalisées sont distribuées sur toute la région comme suit :

ZONE CENTRE

- Module de traitement de gaz 0,1 et 4 (MPP0, 1, 4) et les installations communes
- Centre de stockage et de transfert (CSTF) ;
- Stations de Boosting centre (SBC) ;
- Centre national de dispatching de gaz (CNDG) ;
- Station de récupérations des gaz associés (SRGA) ;
- Centre de Traitement d'Huile 1 et 3 (CTH1 et CTH3).

ZONE NORD

- Module de traitement de gaz 3 (MPP3) ;
- Station de compression nord (SCN) ;

Chapitre II : Étude du système SCADA dans le champ de Hassi R'Mel.

- Station de Boosting nord (SBN) ;
- Centre de Traitement d'Huile 2 et 4 (CTH2 et CTH4) ;

ZONE SUD

- Module de traitement de gaz 2 (MPP2) ;
- Station de compression sud (SCS) ;
- Station de Boosting sud (SBS) ;
- Centre de traitement de gaz CTG/Djebel-Bissa (DJB) ;
- Centre de traitement de gaz CTG/HR-Sud (HRSud) ;
- Centre de Traitement d'Huile Sud (CTHSud).

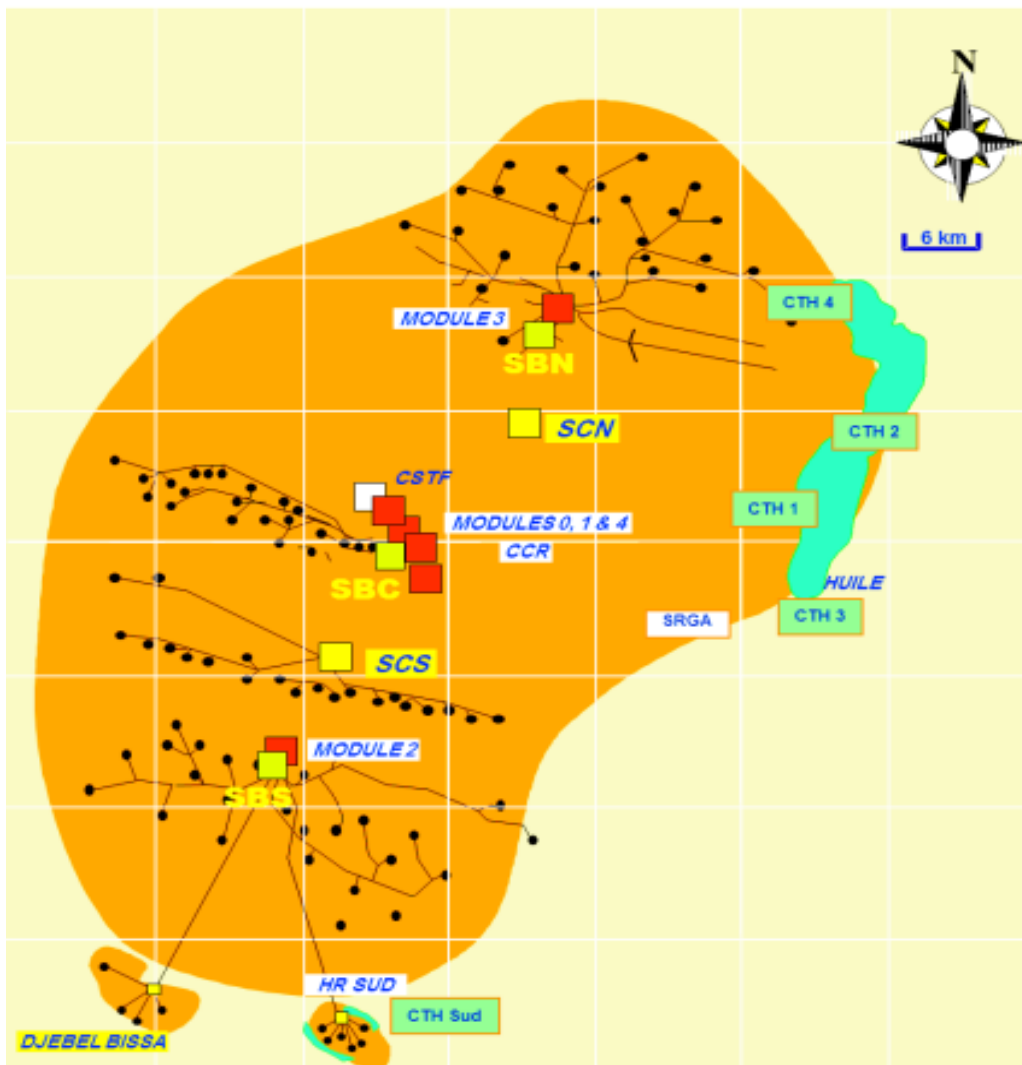
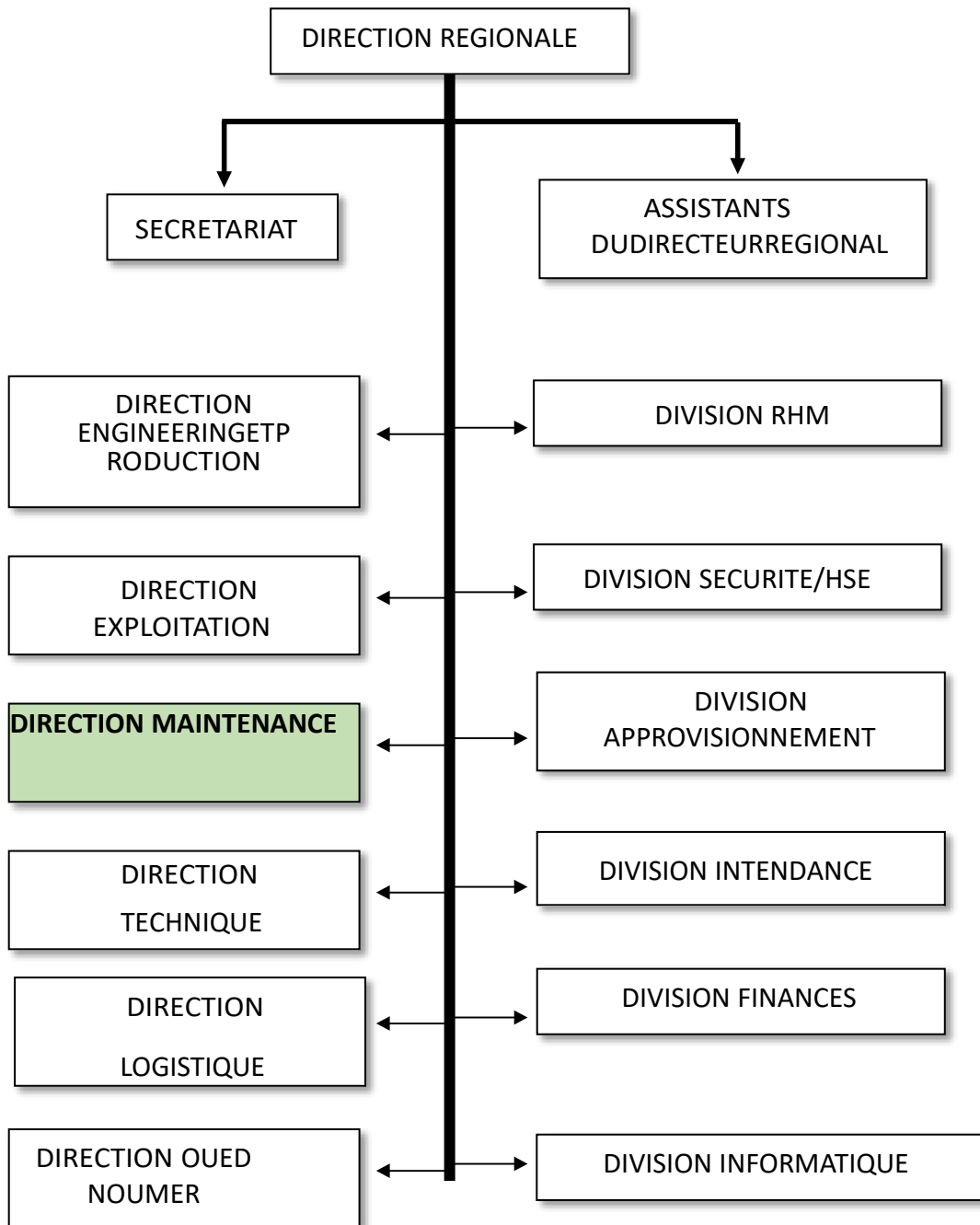
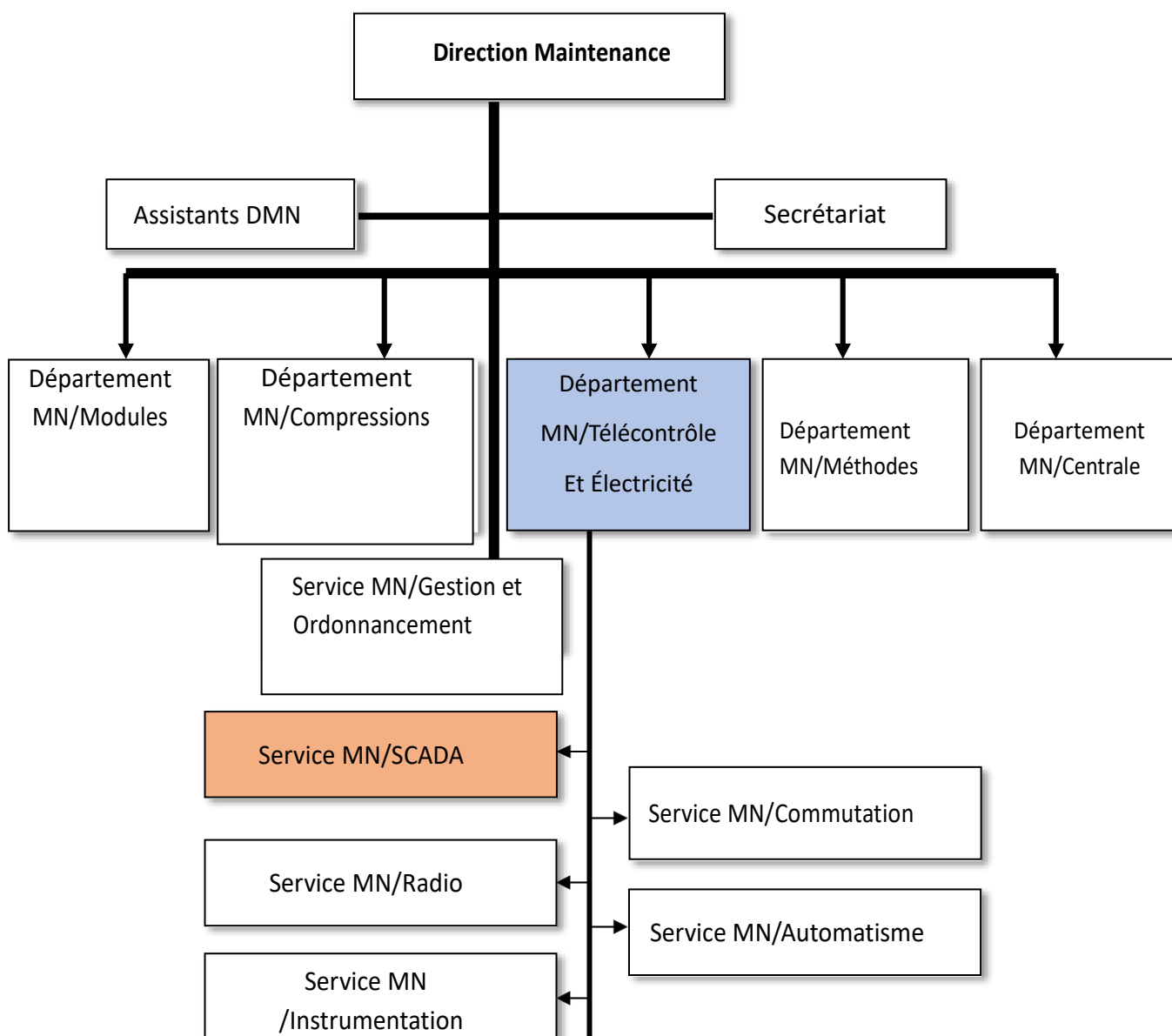


Figure 2. 1 : Gisement du Hassi R'mel.

II.2.2 Organigramme de la direction régional SH/DP de Hassi R'mel :



II.2.3 Organigramme de la direction maintenance :



II.2.4 Présentation de la direction maintenance :

La direction maintenance est en charge du fonctionnement optimal des équipements matériels ou même immatériels (logiciels), en regroupant les actions de dépannage, de réparation, de réglage, de révision, de contrôle et de vérification de ces équipements. Elle s'occupe donc de la maintenance préventive et curative de toutes les installations, les unités de production, de réinjections de gaz ainsi que les opérations de maintenance concernant les révisions périodiques des unités. Même les projets de rénovation sont assurés par cette direction.

Chapitre II : Étude du système SCADA dans le champ de Hassi R'Mel.

La direction Maintenance est composée de 5 départements, dont le **Département MN/Télé contrôle et Electricité** ou appartient le **Service MN/SCADA** ou j'ai passé ma période de stage de l'induction.

Le département MN/Télécontrôle et Electricité est composé de 4 services qui sont :

II.2.4.1 SERVICE MN/SCADA :

Ce service a pour mission la maintenance curative et préventive des systèmes SCADA installés au niveau de toutes les unités de Hassi R'mel. Il s'occupe aussi de la réalisation et suivi des projets de rénovation de ces systèmes.

II.2.4.2 SERVICE MN/ RESEAUX RADIO :

Ce service a pour mission la maintenance curative et préventive des systèmes et réseaux radios (paging, interphone, système de réception par satellite, Radio MDS et Système TETRA) installés au niveau de toutes les unités de Hassi R'mel.

II.2.4.3 SERVICE MN/COMMUTATION :

Ce service a pour mission la maintenance curative et préventive des systèmes et réseaux téléphoniques et du réseau de communication Intranet de l'entreprise. Il s'occupe aussi de la réalisation et suivi des projets de rénovation de ces réseaux.

II.2.4.4 SERVICE MN/AUTOMATISME :

Il s'occupe des systèmes anti-incendie et détection de gaz (feu, fumer, intrusion).

II.2.4.5 SERVICE MN/INSTRUMENTATION :

Ce service s'occupe de l'entretien et la maintenance curative et préventive des instruments des unités de production.

II.3 Description du système SCADA de Hassi R'mel :

II.3.1 Définition :

Les systèmes industriels sont devenus plus intelligents et plus complexes d'où les besoins de surveiller et de contrôler plusieurs périphériques simultanément ont augmentés. Parmi les systèmes les plus utilisés à Hassi R'mel, figure le système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui assure la supervision et le contrôle à distance des puits de gaz.

II.3.2 Evolution du SCADA :

Dans les années 1950, les premiers mini-ordinateurs ont d'abord été développés et utilisés à des fins industrielles. Dans les années 1960, ce qui était autre fois mini-ordinateurs étaient maintenant considérés comme de taille moyenne et ils ont été utilisés pour la surveillance à distance et le contrôle de surveillance.

Le terme « SCADA » a été inventé au début des années 1970, et la montée des microprocesseurs et des automates programmables (PLC) au cours de cette décennie a donné aux entreprises une plus grande capacité de surveiller et de contrôler les processus automatisés que jamais auparavant. Dans les années 1980 et 1990, SCADA a évolué à nouveau grâce à l'utilisation étendue des réseaux locaux, qui a permis aux systèmes SCADA d'être connectés à d'autres systèmes et à l'introduction du logiciel HMI basé sur PC.¹⁹

II.3.3 Principe de fonctionnement du SCADA :

Le SCADA est un système de télémétrie, d'acquisition de données et de contrôle, multi-utilisateurs, multitâches, travaillant en temps réel, et son rôle principal est d'assurer la gestion des informations en provenance des puits et d'améliorer la sécurité des installations.

Les systèmes SCADA utilisés à HASSI R'MEL déploient plusieurs éléments logiciels et matériels qui assure ce qui suit :

- Acquisition de données provenant du puits, à savoir :
 - ✓ ΔP : Pression différentielle
 - ✓ PA1 : Pression annulaire 1
 - ✓ PA2 : Pression annulaire 2
 - ✓ PT : Pression de la tête
 - ✓ PL : Pression de ligne
 - ✓ TT : Température du gaz
 - ✓ VO : Vanne ouverte
 - ✓ VF : Vanne fermée
 - ✓ NB : Niveau de BAC
 - ✓ T1 : Température cabine RTU
 - ✓ CB : Courant batterie
 - ✓ VB : Tension de la batterie
 - ✓ VP : Tension de panneaux solaire
 - ✓ PS : Etat de la porte de la cabine RTU

Chapitre II : Étude du système SCADA dans le champ de Hassi R'Mel.

- Le traitement des données, des alarmes, des événements et des mesures,
- Affichage des synoptiques (schémas) des puits et installations avec visualisation des valeurs des variables les concernant.

II.3.4 Architecture du système SCADA :

Le rôle principal du système SCADA est d'envoyer des commandes vers les sites éloignés et de collecter les données à partir des instruments de mesure qui se trouvent au niveau des sites. Le schéma de base d'un télé système peut être représenté comme suit :

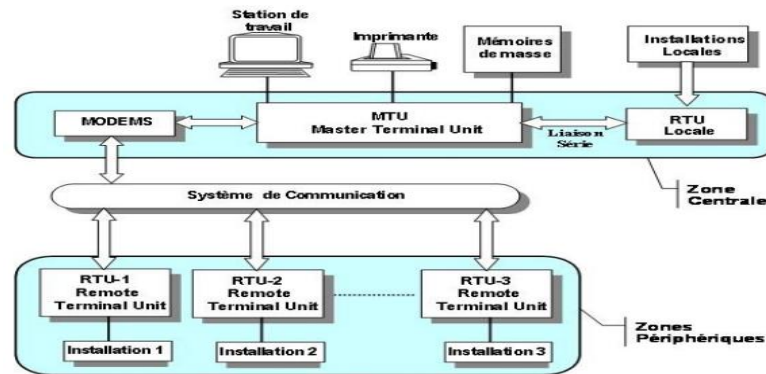


Figure 2. 2 : Architecture du système SCADA.²⁰

D'après le schéma précédent on peut distinguer deux zones principales :

II.3.4.1 Zone centrale :

C'est la zone où sont collectées et traitées toutes les données arrivant à partir d'installations éloignées (puits ou modules) qui dépendent de cette zone. Cette zone se situe au niveau des modules.

II.3.4.2 Zone périphérique :

Cette zone est localisée au niveau des puits (installations éloignées). Elle a pour rôle l'acquisition de données relatives au puits tels que la température, la pression etc. ...

Remarque : Les zones centrales et périphériques étant définies, il restera de les relier ensemble par un système de communication. La liaison peut se faire soit par câble soit par radio.

II.3.4.3 Centre de supervision :

Le système SCADA comporte en général plusieurs zones centrales, celles-ci sont reliées vers un centre de supervision.

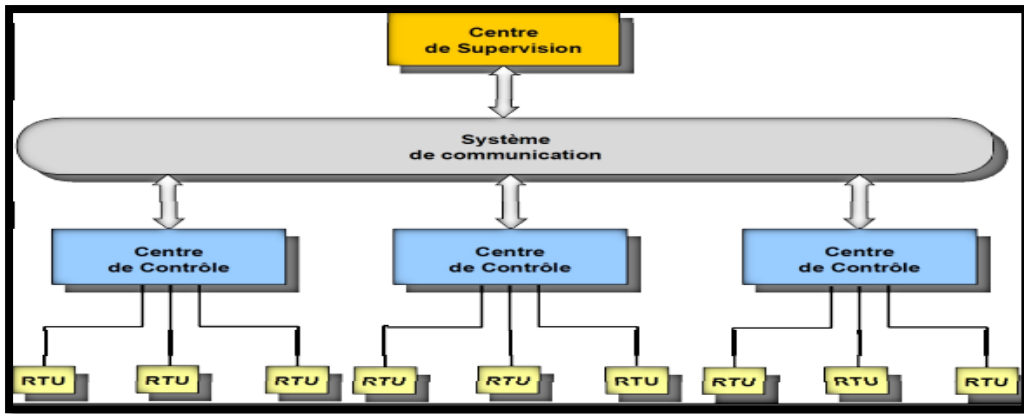


Figure 2. 3 : Centre de supervision.

Ce centre aura pour rôle principal la collecte de toutes les données parvenant des zones centrales. A ce niveau on dispose d'une vue générale sur toutes les installations contrôlées par le système SCADA.

II.3.5 Les équipements du système SCADA :

Tout système informatique est composé de deux parties :

- Une partie matérielle.
- Une partie logicielle.

II.3.5.1 La partie matérielle :

Le schéma de la figure 2 .4 représente les différents équipements de système SCADA de HassiR'mel.

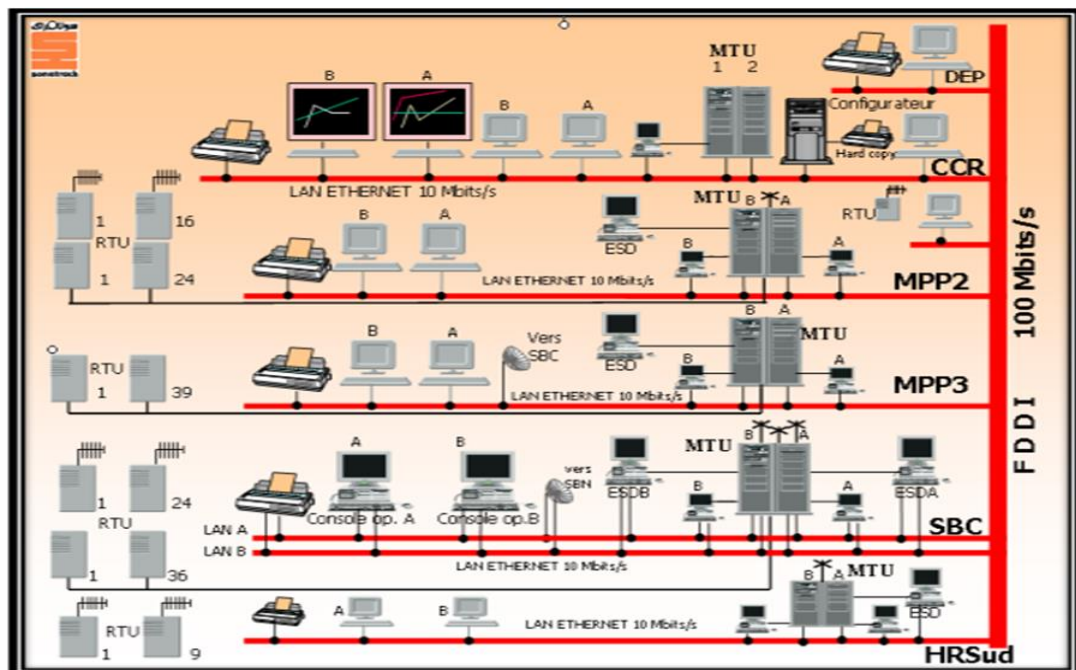


Figure 2. 4 : Les équipements de système SCADA.

II.3.5.1.1 Équipements au niveau des zones centrales :

Les centres de contrôle représentent les zones centrales du système et sont situés au niveau des modules MPP1, MPP2, MPP3 et MPP4. Les matériels ainsi que la configuration est similaire sauf en ce qui concerne les liaisons. Il en est de même pour les : Configuration du système SCADA au niveau du CCR. Spécifications fonctionnelles de chaque type de matériel au niveau de ces modules.

La configuration d'un centre de contrôle est représentée par le schéma suivant :

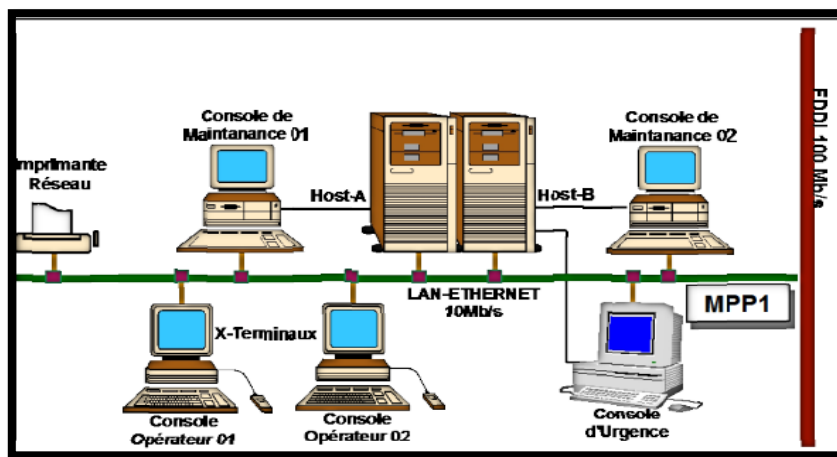


Figure 2. 5 : Configuration d'un centre de contrôle.

Les différents matériels sont reliés suivant un réseau LAN, et peuvent s'énumérer comme suit :

- ❖ 02 Ordinateurs principaux ou Hosts qu'on désigne par le terme MTU
- ❖ 02 Consoles de maintenance.
- ❖ 01 Imprimante.
- ❖ 02 X-Terminaux.
- ❖ 01 Console d'urgence (emergency console).
- ❖ 01 Dec Hub 900.

A) Les Hosts ou MTUs :

Ce sont les éléments qui ont la plus lourde charge fonctionnelle du système, il en existe deux pour assurer une redondance du système et permettre ainsi une plus grande disponibilité, en effet, lorsque le système est fonctionnel l'un des Hosts (MTU) jouera le rôle de "Master", c'est à dire que c'est lui qui contrôlera toutes les opérations au niveau de la zone centrale, l'autre Host jouera le rôle de "Backup" en suivant tous les changements des données en parallèle. Ainsi si l'Host jouant le rôle de Master tombe en panne, le Host en Backup prendra la relève automatiquement pour éviter une interruption dans le fonctionnement du système.

Chapitre II : Étude du système SCADA dans le champ de Hassi R'Mel.

Les principales fonctions dédiées aux Hosts sont :

- Gestion du réseau local LAN ETHERNET.
- Acquisition des données arrivant des RTUs.
- Toutes les opérations de traitement des données (calculs, analyse...).
- Envoi des commandes de l'opérateur vers le champ.
- Envoi des données vers le centre de contrôle régional CCR.



Figure 2. 6 : MTU dans la salle de contrôle.

B) Les consoles de maintenance :

Il existe deux consoles de maintenance au niveau de chaque centre de contrôle.

Chacune est reliée à un Host pour pouvoir assurer sa maintenance en cas de panne.

C) L'Imprimante :

Elle a pour rôles principaux :

- Impression des différents rapports soit de façon automatique (tous les jours, à chaque fin de mois et annuellement) et à Minuit, soit sur demande de l'opérateur.
- Impression automatique des cas d'alarmes et de mal fonctionnement concernant soit les installations au niveau des puits et modules soit le matériel du système.
- Impression de certaines données concernant les puits et les modules.

D) Les X-Terminaux :

➤ Ils sont directement reliés au LAN pour envoyer ou recevoir des données à partir des Hosts. Il en existe deux pour chaque centre de contrôle.

Les X-Terminaux sont en fait des stations graphiques ayant pour fonction :

- Affichage visuel des schémas (synoptiques) des différents puits associés aux modules et comprenant les informations suivantes :

Chapitre II : Étude du système SCADA dans le champ de Hassi R'Mel.

- ✓ Valeurs des différentes variables mesurées au niveau des puits.
- ✓ Etat de chaque élément du puits (suivant la couleur d'affichage).
- Navigation à travers le système pour afficher ses différents éléments.
- Fonction d'interactivité permettant à l'opérateur d'introduire des commandes par simple clic sur le bouton approprié du pour la télé fermeture des puits.
- Notification et visualisation des alarmes en temps réel concernant les installations au niveau des puits.

E) La console d'urgence (ESD) :

Consiste en un PC ayant les mêmes caractéristiques techniques que les consoles de maintenance des Hosts. Son rôle principal est la prise en charge du système en cas de défaillance des deux Hosts en même temps.

F) Le réseau local LAN :

Les Hosts, consoles de maintenance, consoles opérateurs (X-Terminaux) et l'imprimante sont reliés en réseau local LAN de type Ethernet. Ces éléments sont les nœuds du réseau dans les zones centrales (centres de contrôle). Le protocole de transmission utilisé est le TCP/IP.

G) Le DEC HUB 900 :

C'est un commutateur de très grande capacité permettant l'échange de données entre le réseau local LAN et l'anneau FDDI utilisant toujours le même protocole TCP/IP.

II.3.5.1.2 Équipements au niveau du centre de supervision CCR :

C'est au niveau du CCR (Centre de supervision ou centre de contrôle régional) que sont recueillies toutes les données relatives à tous les puits et à toutes les installations au niveau des modules (MPP1, MPP2, MPP3 et MPP4) de la région de Hassi R'Mel.

Les données n'arrivent pas directement à partir des puits, mais plutôt à partir des modules par l'intermédiaire du réseau FDDI.

Chapitre II : Étude du système SCADA dans le champ de Hassi R'Mel.

Le schéma général du centre de supervision est le suivant :

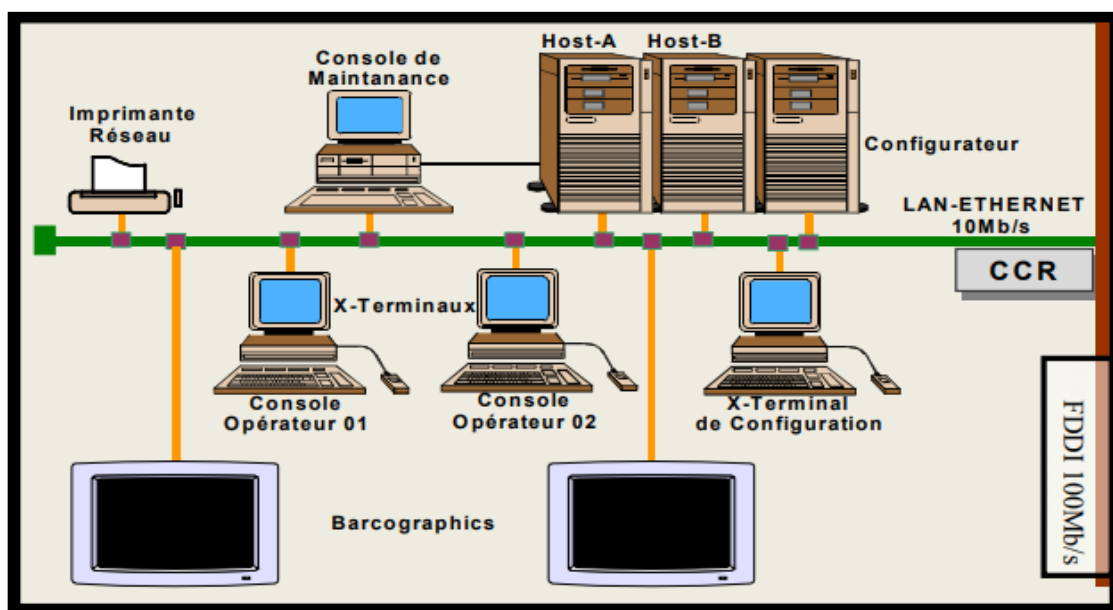


Figure 2. 7 : Equipements Au Niveau Du Centre De Supervision CCR.

Il est donc constitué du matériel suivant :

- 02 Ordinateurs Hosts.
- 01 Ordinateur configurateur.
- 01 Console de maintenance.
- 01 Console de configuration avec imprimante.
- 02 Consoles opérateurs (X-Terminaux).
- 01 Imprimante réseau.

Les fonctions principales du centre de supervision CCR sont les suivantes :

- Collecte de données envoyées par chaque centre de contrôle (au niveau des modules).
- Affichage de l'état des différentes installations telles que les puits ou les installations au niveau des modules.
- Configuration de la base de données concernant les différents centres de contrôle en utilisant le configurateur qui se trouve au niveau de la salle machine de CCR.
- Impression des différents rapports.

II.3.5.1.3. Équipements au niveau des zones périphériques :

Cette zone est la partie du système SCADA permettant l'acquisition physique des données relatives au puits et leur envoi vers les centres de contrôle. Elle a aussi pour charge la

Chapitre II : Étude du système SCADA dans le champ de Hassi R'Mel.

transmission des signaux de commandes (télé fermeture du puits) venant du centre de contrôle. Elle est constituée des éléments suivants :

- Instruments de mesures au niveau du puits (transmetteurs...ect).
- Terminal d'acquisition de donnée appelée RTU (Remote terminal Unit).

A- Instruments de mesures :



Figure 2. 8 : Différents transmetteurs.

Chapitre II : Étude du système SCADA dans le champ de Hassi R'Mel.

Les instruments de mesures captent les grandeurs physiques et les transforment en grandeurs électriques courant (4-20mA) ou tension (0-5V).

- 0% échelle → 4mA.
- 100% échelle → 20mA.
- 0% échelle → 200mb.
- 100% échelle → 1000mb.



Figure 2. 9 : Mesure le courant.

B- Les équipements d'alimentation :

➤ Pour un puits radio :

Le générateur d'alimentation par panneaux solaires installé à l'extérieur, près de chaque puits, est situé dans un environnement considéré comme étant hors zone et donc non dangereux, il permet d'alimenter en énergie électrique les équipements SCADA(RTU).

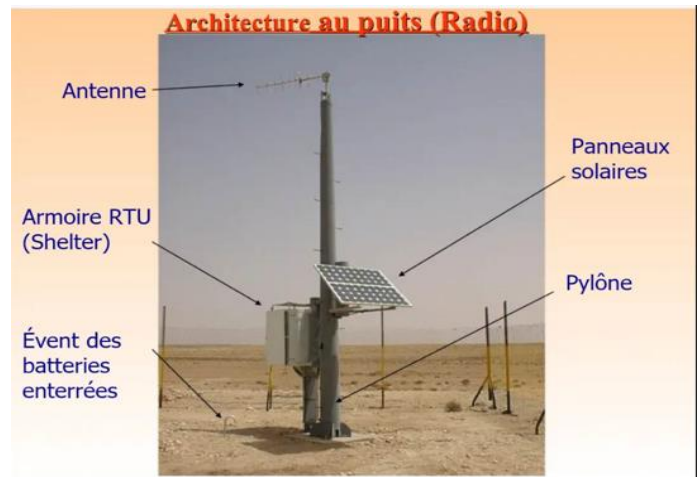


Figure 2. 10 : Equipements d'alimentation du puits radio.

Ce système est composé de :

- ✓ Panneaux solaires
- ✓ Batteries
- ✓ Régulateur
- ✓ Le coupe-circuit
- ✓ L'autonomie

➤ Pour un puits câblé :

L'alimentation se fait par un câble d'énergie (1000V) venant de la salle de contrôle relié à un transformateur abaisseur 1000/220V qui se trouve dans le shelter RTU.

C- Terminal d'acquisition de donnée RTU :

Les RTUs sont des postes terminaux distants qui servent à l'acquisition et mesure des données d'un champ (puits) qui est en réalité une petite unité intelligente et indépendante permettant de traiter les données acquises.²¹

Le rôle principal des RTUs est de travailler dans des conditions hostiles pour effectuer le travail qui consiste à récolter les données venant des différents transmetteurs qui se trouvent au niveau de puits par exemple capteur de pression ou de température et autre dispositif : Elle fournit des données pendant tout le cycle d'interrogation de la MTU.

Chaque puits est équipé par une RTU qui est connectée à son tour au centre de contrôle.

La RTU permet d'acquérir les différentes variables mesurées par les instruments au niveau du puits et les envoie vers le centre de contrôle, tout en permettant à celui-ci d'envoyer des commandes vers le puits. L'alimentation de ces RTUs se fait soit par câble dans le cas des puits câblés, soit par énergie solaire pour les puits reliés par liaison radio vers le centre de contrôle.²²

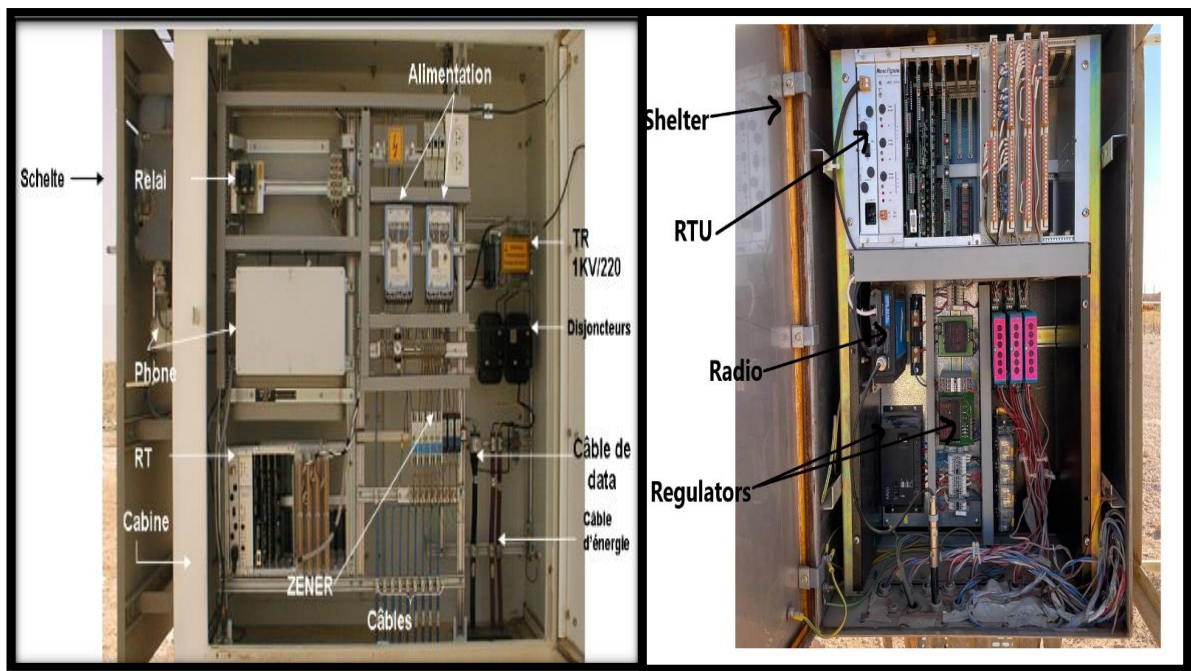


Figure 2. 11 : RTU 6008/S5 (liaison câblée). Figure 2. 12 : RTU 6008/S5 (liaison radio).

II.3.5.2 Partie Software des systèmes SCADA :

Les logiciels du SCADA Hassi R'mel P6009 de la firme Invensys France (FOXBORO) constituent des solutions efficaces pour les applications les plus diverses. Ils assurent la supervision et la conduite de stations déportées RTU à partir d'un poste de conduite central via un réseau de communication.²³

Chapitre II : Étude du système SCADA dans le champ de Hassi R'Mel.

Les principaux composants du logiciel de base de l'application P6009 :

- ✓ HP-UX Système d'exploitation.
- ✓ TCP/IP Protocole de réseau sur réseau local Ethernet.
- ✓ ORACLE Système de gestion de base de données relationnelle.
- ✓ Windows XP Système d'exploitation des ordinateurs PC.
- ✓ Nutcracker Couche logicielle des programmes HMI.
- ✓ X-WINDOW Environnement graphique.

II.3.5.2.1 Interface Home Machine HMI (Human Machine Interface) :

L'HMI du SCADA est un ensemble des dispositifs matériels et logiciels permettant à l'utilisateur d'interagir avec le système. L'application SCADA P6009 offre des sessions pour les utilisateurs selon leur rôle opératif, et pour sécuriser le système et éviter, aussi, les erreurs de manipulation, l'accès aux sessions est protégé par des mots de passes.

La fonction de HMI permet de développer ce qui suit :

A) Activité de supervision des installations :

Cette activité implique la possibilité de visionner toutes les données des installations acquises directement du champ, soit produit du système en tant que résultat de calculs soit simples ou complexes ou qui dérivent de l'application des algorithmes particuliers.

L'application P6009 nous sert à lire les données courantes du champ comme :

- Les valeurs des mesures de tous les instruments,
- Les états de tous les contacts.

En peut lire des données de type diagnostique comme :

- L'état de la communication,
- L'état de validité des périphériques,
- L'état des puits.

En peut lire des données de type statistique comme :

- Le nombre d'interrogations d'un périphérique,
- Le nombre des erreurs cumulées sur les interrogations,
- Le nombre des erreurs cumulées sur un canal de communication.

En peut lire des données de type calculé comme

- Le débit de gaz dans la conduite calculé à partir d'autres mesures,

Chapitre II : Étude du système SCADA dans le champ de Hassi R'Mel.

- La valeur cumulée du gaz dans les 24h,
- Le temps de production.

B) Activité de Télécontrôle des Installations :

Le système fournit toutes les informations et aides les opérateurs pour prendre une décision correcte et lui permet l'envoi d'une commande de la télé-fermeture du puits à tout moment.

II.3.5.2.2 Page Synoptique :

La page synoptique est la représentation graphique, intuitive et conviviale, de l'installation formé par des objets animés ou statiques, Les objets graphiques sont associés à des données qui proviennent des puits en temps réel ou à des données internes du système, les variations des données sur sites sont représentées à travers le changement sur la synoptique (un changement de valeur, formes, ou de couleur).²⁴

Les opérateurs peuvent agir sur les objets de type actionneurs. Par exemple, l'ouverture d'une vanne peut être commandée en cliquant dans la visualisation sur l'objet représentant cette vanne.

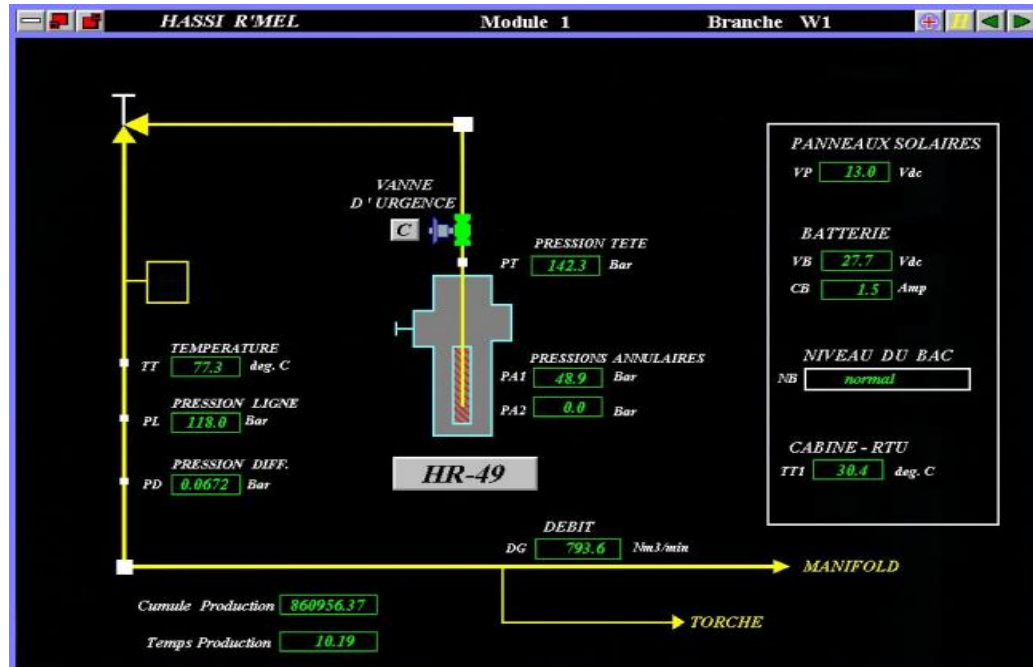


Figure 2.13 : Schéma du puits et ces différents paramètres.

II.4 Moyens de communications :

Les RTU sont répartis sur une grande zone géographique, et nécessite un système de communication pour échanger les données avec l'hôte SCADA situé au centre de contrôle. Ce

Chapitre II : Étude du système SCADA dans le champ de Hassi R'Mel.

système de communication peut avoir différentes architectures aux quelles les protocoles de communication du logiciel SCADA doivent tenir compte.

II.4.1 Les Liaisons Série :

Une liaison série est une ligne où les bits d'information (1 ou 0) arrivent successivement, soit à intervalles réguliers (transmission synchrone), soit à des intervalles aléatoires, en groupe (transmission asynchrone).

II.4.2 Système de transmission de données SCADA par Câble :

Pour l'ancien système SCADA (BBC) utilisé à Hassi R'Mel, le support de communication de données était le câble où les RTU sont directement reliés à la salle de contrôle par des câbles et chacune dispose d'un modem de communication, on peut regrouper jusqu'à 64 RTU dans un même canal de communication, la vitesse de transmission est de 1200 bps.

II.4.3. Système de transmission de données SCADA par Radio MDS :

Le vieillissement du système de communication câblé, basé sur des modems, implique un coût de maintenance très élevé, pour cela Sonatrach a opté, aussi, pour un système SCADA qui utilise la radio comme moyen de transmission, et la vitesse de transmission est de 4800 bps. Les radios MDS se sont des émetteurs-récepteurs radios conçues pour les environnements point- multipoint (station maîtresse centrale et plusieurs unités à distance associées).



Figure 2. 14 : Radio MDS.

Elle est dotée d'un microprocesseur et d'une technologie de traitement numérique du signal qui permet d'assurer des communications extrêmement fiables.

A Hassi R'mel les Radios MDS permet de se positionner comme support de communication pour le contrôle à distance des puits de production et de réinjection du gaz sur des longues distances

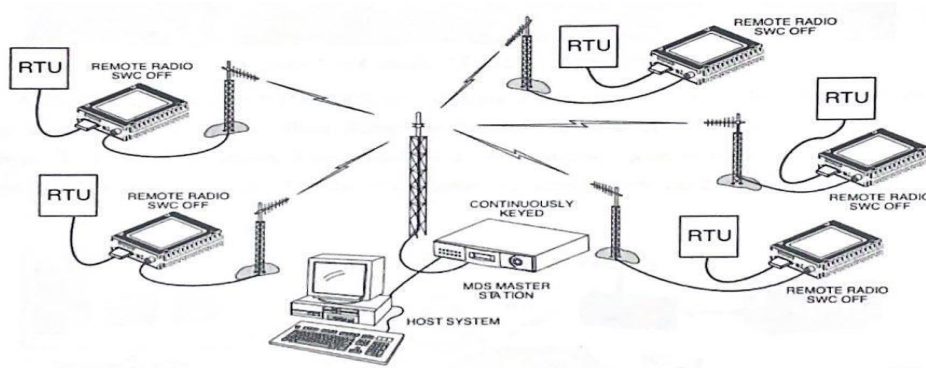


Figure 2. 15 : Radio MDS en Point-Multipoint.

II4.4. Système de transmission de données SCADA par Radio TETRA :

TETRA est un système cellulaire numérique de radiocommunications professionnel, normalisé à ressources partagées, destiné à la transmission de la voix et des données en full duplex. TETRA est une norme ayant vu le jour en 1994, elle a la particularité d'être publique, ce qui présente l'avantage appréciable de ne pas restreindre ses utilisateurs à un fournisseur donné.

A Hassi R'mel, chaque RTU SDC2200 est dotée d'une radio TETRA à laquelle on attribue un numéro unique ISSI (Individuel Short Subscriber Identity) reconnu et enregistrés aux niveaux de la plateforme TETRA de Sonatrach. Une passerelle TGW (Gateway) joue le rôle d'interface entre les serveurs SCADA et la plateforme TETRA ce qui assure l'acheminement des données entre les RTU et la MTU.²⁵

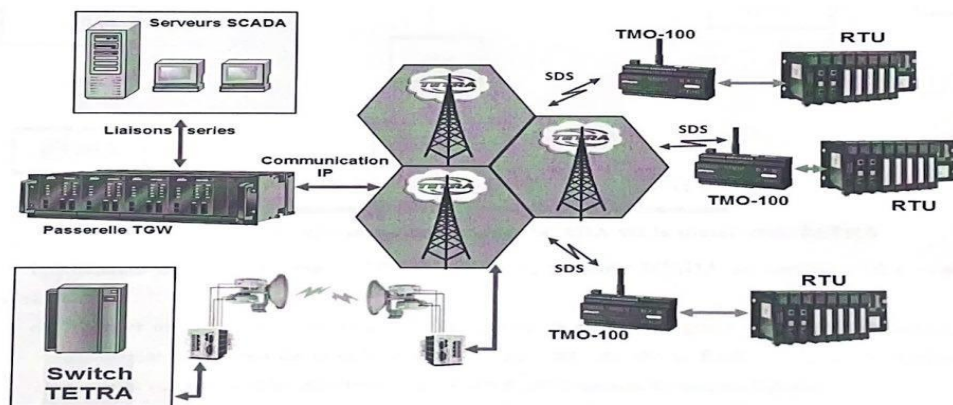


Figure 2. 16 : Interconnexion SCADA via la plateforme TETRA.

II.5 Conclusion :

Ce chapitre a abordé la présentation du champ de Hassi R'Mel, ainsi que la description du système SCADA spécifique utilisé dans ce contexte. Nous avons également examiné en détail les équipements du système SCADA de Hassi R'Mel, mettant en évidence leur importance dans la surveillance et le contrôle des processus industriels.

L'analyse approfondie de ces éléments a permis de mieux comprendre l'importance du système SCADA dans l'exploitation efficace et sécurisée du champ de Hassi R'Mel. De plus, le chapitre précédent a présenté une étude pratique sur un mini SCADA, offrant une perspective concrète sur l'implémentation et les fonctionnalités du système.

Chapitre III

***Réalisation pratique d'un mini système
SCADA évolutif avec l'IoT Cloud..***

III.1 Introduction :

Dans ce dernier chapitre de notre mémoire, nous allons présenter le processus de réalisation de notre projet mini système SCADA. Nous commencerons par aborder le matériel nécessaire à la conception de notre projet, ainsi que leur utilisation spécifique dans notre système SCADA. Ensuite, nous examinerons les différents logiciels utilisés tout au long de notre projet, que ce soit pour la programmation des microcontrôleurs ou pour la réalisation de la maquette en soulignant leur importance dans la réussite de notre projet, nous présenterons en détail la maquette de notre système SCADA, une fois que toutes les fournitures électroniques et techniques ont été installées. Nous expliquerons son fonctionnement et mettrons en évidence les différentes fonctionnalités et avantages qu'elle offre. Nous soulignerons également l'intégration de la plateforme Ubidots IoT dans notre système SCADA, qui a permis d'apporter une évolution significative à notre projet.

Il convient de mentionner que notre projet a été réalisé en nous appuyant sur notre expérience et nos connaissances acquises lors de notre stage à Hassi R'mel, où nous avons étudié de près les systèmes SCADA existants. Dans notre projet de mini système SCADA, nous avons développé une solution sans fil basée sur le module ESP8266 Wifi. Contrairement au système SCADA câblé utilisé à Hassi R'mel, notre approche permet une communication sans fil entre le MTU et la plateforme Ubidots IoT Cloud. Cette approche offre une plus grande flexibilité et facilite le déploiement sans nécessiter de câblage physique.

III.2 Présentation du projet :

La conception de notre projet est l'une des étapes les plus importantes pour l'analyse des composants et données de la réalisation, elle vise à faire une étude complète qui donne l'image finale de la réalisation de notre mini SCADA.

Dans le cadre de notre projet de mini SCADA avec Arduino et NRF24L01, nous avons réalisé un système fonctionnel de surveillance et de contrôle à distance pour une application de gaz. Ce système repose sur une architecture comprenant un RTU et un MTU (Master Terminal Unit) qui assurent l'acquisition des entrées analogiques (Température, ...) et la transmission vers une unité centrale de supervision.

Le MTU, quant à lui, est basé sur une carte wifi "NodeMcu ESP8266". Il assure l'émission des commandes de RTU et l'affichage des résultats sur une plateforme IoT "Ubidots". Grâce à sa capacité de communication sans fil, le MTU est en mesure de recevoir

Chapitre III : Réalisation pratique d'un mini système SCADA évolutif avec l'IoT Cloud.

les données provenant de RTU à distance, ce qui permet une surveillance et un contrôle centralisés.

Notre réalisation a nécessité une programmation spécifique pour chaque composant, en utilisant les bibliothèques appropriées. Les codes Arduino ont été développés pour assurer la collecte des données, la communication sans fil via NRF24L01 et l'affichage sur Ubidots.

Grâce à l'utilisation de la carte NodeMcu ESP8266 et la communication sans fil avec la plateforme Ubidots, nous avons pu mettre en place une solution efficace pour la transmission des données du MTU vers la plateforme de visualisation, offre une flexibilité et une accessibilité accrues. De plus, l'utilisation de la plateforme Ubidots offre des fonctionnalités avancées telles que la configuration d'alertes, permet de collecter et de stocker des données dans le cloud, la génération de rapports et l'intégration avec d'autres services et applications.

III.3 Matériel utilisé et son utilisation dans notre projet :

Dans cette partie, nous abordons la description du matériel utilisé et son rôle essentiel dans le système. La sélection des composants a été effectuée avec soin, en tenant compte de nombreux facteurs pertinents. Cette étape nous a permis d'approfondir notre compréhension des aspects clés de l'électronique.

III.3.1 La carte Arduino Uno :

Une carte Arduino est une petite carte électronique (5,33 cm x 6,85 cm) équipée d'un microcontrôleur, le microcontrôleur permet à partir d'évènements détectés par des capteurs, de commander les actionneurs, la carte Arduino est donc une interface programmable. ²⁶



Figure 3. 1 : Fonctionnement d'une carte Arduino Uno.

Dans notre projet de mini SCADA, l'Arduino Uno est utilisé comme microcontrôleur pour le RTU qui collectent les données des capteurs et les transmettent au MTU. L'Arduino Uno agit en tant que cerveau du RTU, gérant les opérations de collecte de données, de traitement et de communication.

III.3.2 Le module nRF24L01+ :

Le NRF24L01 est un module de communication sans fil basé sur la technologie de communication RF (radiofréquence). Il est couramment utilisé dans les projets électroniques pour établir une communication sans fil fiable et à faible consommation d'énergie entre les dispositifs électroniques. Ce module est largement utilisé dans les applications de l'Internet des objets (IoT), les systèmes de surveillance à distance, les systèmes de contrôle sans fil et d'autres projets nécessitant une communication sans fil à faible consommation d'énergie.

Nous avons utilisé le module de transmission de données sans fil d'antenne nRF24L01 + 2,4 GHz (ci-après dénommé le nRF) pour mener nos expériences. Chaque module comprend une antenne patch. Le nRF fonctionne sur la bande ISM 2,4 GHz avec un espacement des canaux de 1 MHz, ce qui conduit à 125 canaux possibles de 2,4 GHz à 2,525 GHz.²⁷



Figure 3. 2 : NRF24L01 - Modules radio 2.4GH.

Dans notre projet mini SCADA, les modules NRF24L01 sont utilisés pour assurer la communication sans fil entre les différentes parties du système, notamment le Arduino Uno (RTU) et NodeMcu ESP8266 (MTU).

Dans le contexte de notre projet, les modules NRF24L01 sont utilisés pour transmettre les données entre le RTU (Arduino Uno) et le MTU (NodeMcu ESP8266). Le RTU collecte les données des capteurs tels que le capteur de température du gaz et le capteur de distance, puis les transmettent au MTU via les modules NRF24L01.

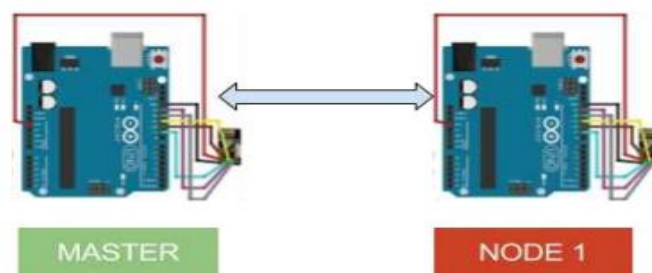


Figure 3. 3 : La transmission dans un réseau à 1 saut (M-N).

III.3.3 NodeMCU ESP8266 :

Le module ESP8266 est tout simplement un microcontrôleur doté d'un module de communication WIFI. Le NodeMcu est à peu près exactement ce que l'Arduino est, sauf que le wifi est intégré. Ce module est basé sur l'ESP8266SoC car il est nettement plus puissant que l'Arduino. Le NodeMcu a été exportée au monde en 2014 de part d'Expressif Système Qui est une société de semi-conducteurs basée à Shanghai Pour moins de 5\$US.

Aujourd'hui il existe plus de 12 versions de modules qui ont été construits à partir de ce composant, chaque version est identifiée par une nomenclature sous la forme: ESP-01, ESP02 ou ESP-12 ... etc. La puce de ce module est fabriquée par tierce society (AI-Thinker). 28



Figure 3. 4 : NodeMcu ESP8266.

Dans Notre projet de mini SCADA, l'ESP8266 est utilisé comme microcontrôleur pour le MTU. L'ESP8266 agit en tant que centre de contrôle principal du système, recevant les données de RTU et affichant les résultats sur la plateforme "Ubidots".

L'ESP8266 est un microcontrôleur puissant et polyvalent qui offre des fonctionnalités avancées pour les projets IoT. Il dispose de deux cœurs de processeur cadencés à une vitesse maximale de 160 MHz, offrant une capacité de traitement élevée. De plus, il est doté d'une connectivité sans fil Wi-Fi, permettant la communication avec le RTU et d'autres périphériques.

lumière du soleil ou des matériaux sombres, bien que des matériaux comme les vêtements puissent être difficiles à détecter. ³⁰

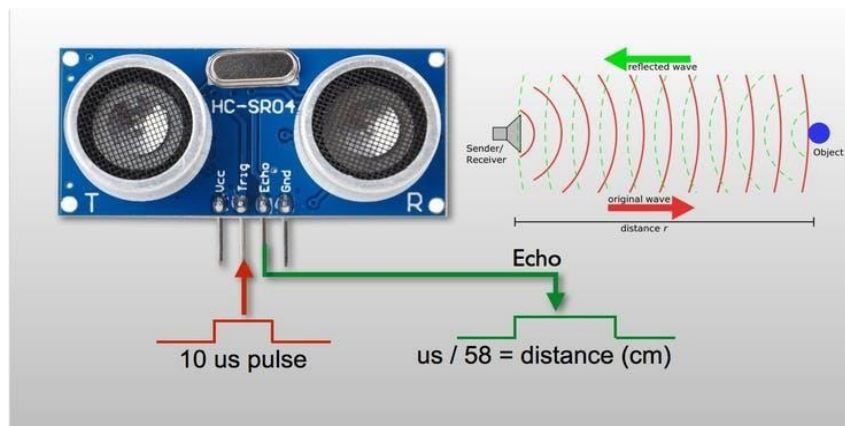


Figure 3. 6 : Capteur ultrason HC-SR04.

Dans notre projet mini SCADA pour la surveillance du risque d'approche d'un puit de gaz, le capteur de distance à ultrasons peut être utilisé pour détecter la distance entre un objet et le puit de gaz. Cela peut nous aider à détecter tout objet ou personne qui s'approche trop près du puit de gaz, ce qui peut poser un risque de sécurité.

Lorsque le capteur de distance à ultrasons détecte une distance inférieure au seuil de sécurité, il peut déclencher une alarme ou envoyer un signal au MTU (ESP8266) via le module NRF24L01. Le MTU peut ensuite traiter cette information et prendre les mesures appropriées pour prévenir les risques potentiels, tels que l'affichage d'un avertissement la plateforme « Ubidots » ou l'envoi d'une alerte à l'opérateur.

III.3.5 Le Potentiomètre :

Est un composant électronique qui peut être utilisé pour régler des valeurs analogiques. Il est souvent utilisé comme une entrée analogique pour mesurer une tension variable. Il dispose de broches analogiques qui peuvent être utilisées pour lire la tension sur un potentiomètre. En tournant le curseur du potentiomètre, la résistance variable change, ce qui entraîne une variation de la tension à la broche centrale.

L'Arduino peut alors lire cette tension à l'aide d'une fonction telle que `analogRead()`, qui convertit la tension analogique en une valeur numérique.



Figure 3. 7 : Potentiomètre.

Chapitre III : Réalisation pratique d'un mini système SCADA évolutif avec l'IoT Cloud.

Dans notre projet mini SCADA pour la pression du gaz, on a utilisé un potentiomètre pour simuler ou contrôler la valeur de pression. Le potentiomètre utilisé pour ajuster une valeur de tension analogique qui représente la pression du gaz. On a connecté le potentiomètre à une entrée analogique de notre Arduino. En tournant le potentiomètre, nous pouvons modifier la valeur de tension lue par l'Arduino, ce qui correspondra à une valeur de pression spécifique dans notre application.

Le potentiomètre est utilisé ici comme un composant de simulation ou de contrôle pour la pression du gaz dans notre projet.

III.3.6 Panneau Solaire 5V :

Un panneau solaire Arduino est un dispositif qui convertit l'énergie solaire en énergie électrique pour alimenter un Arduino. Il est composé de cellules solaires qui génèrent de l'électricité lorsqu'elles sont exposées à la lumière du soleil.

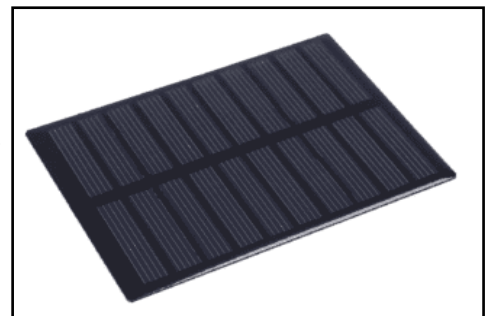


Figure 3. 8 : Panneau Solaire 5V.

Dans notre projet mini SCADA, nous utilisons des générateurs d'alimentation par panneaux solaires installés à l'extérieur près de chaque puits. Ces générateurs fournissent une alimentation électrique autonome et sécurisée aux équipements SCADA, tels que le RTU. Les panneaux solaires captent l'énergie solaire et la convertissent en énergie électrique stockée dans des batteries intégrées. Les générateurs sont conçus pour fonctionner dans des environnements hors zone, résistant aux intempéries et aux températures extrêmes. Cette solution offre une alimentation continue et fiable, même dans des endroits éloignés sans alimentation électrique traditionnelle. De plus, l'utilisation de panneaux solaires contribue à réduire l'empreinte carbone et utilise une source d'énergie renouvelable. Cela assure un fonctionnement efficace et sécurisé du système de surveillance et de contrôle à distance.

III.3.7 Autres composantes :

III.3.7.1 Buzzer :

Le buzzer est un transducteur (convertit l'énergie électrique en énergie mécanique) qui est constitué essentiellement d'une lamelle réagissant à l'effet piézoélectrique. Dans l'univers Arduino, le buzzer est principalement utilisé pour émettre un son.³¹



Figure 3. 9 : Buzzer.

III.3.7.2 Résistance électrique :

Les résistances sont des composants électriques dont la principale caractéristique est d'opposer une plus ou moins grande résistance. Elles sont disponibles avec différentes valeurs de résistance, mesurées en ohms (Ω).³²



Figure 3. 10 : Exemple des résistances.

III.3.7.3 LED électrique :

Une diode électroluminescente (DEL) est une source de lumière à semi-conducteur qui émet un rayonnement erratique à la suite d'émissions spontanées de photons. Il est utilisé pour représenter la lumière.³³



Figure 3. 11 : LED rouge

III.3.7.4 Batterie 9V :

Une batterie 9V est une source d'alimentation portable qui fournit une tension de 9 volts. Elle est généralement utilisée dans les dispositifs électroniques nécessitant une alimentation autonome, tels que les petits appareils. Elle est généralement facile à installer et à remplacer, offrant une solution pratique pour alimenter divers équipements électroniques.



Figure 3. 12 : Batterie 9V.

Dans notre projet, nous avons utilisé une batterie 9V pour alimenter l'Arduino Uno.

III.3.7.5 Support de Piles 2X2 AA :

Un support de piles est un dispositif mécanique utilisé pour accueillir et maintenir en place les piles. Il permet de fournir une alimentation électrique portable à de nombreux appareils électroniques tels que les télécommandes, les jouets, les appareils photo, etc. Le support de piles AA est spécifiquement conçu pour les piles de format AA, offrant une solution pratique et sécurisée pour alimenter les appareils avec ce type de pile.



Figure 3. 13 : Coupleurs de piles AA avec 2 piles.

Dans notre projet, nous avons utilisé un support de piles 2x2 pour alimenter l'ESP8266.

III.4 Logiciel utilisé :

III.4.1 Arduino Ide :

Arduino IDE est un logiciel open source, on peut le télécharger depuis le site officiel Sketch, on peut accéder à ce site à travers n'importe quelle navigateur internet.

Le logiciel Arduino IDE fonctionne sur Windows, Mac et Linux. C'est grâce à ce logiciel que nous allons créer, tester et envoyer les programmes sur l'Arduino. Ce logiciel a une simple interface composée de quatre principaux blocs.

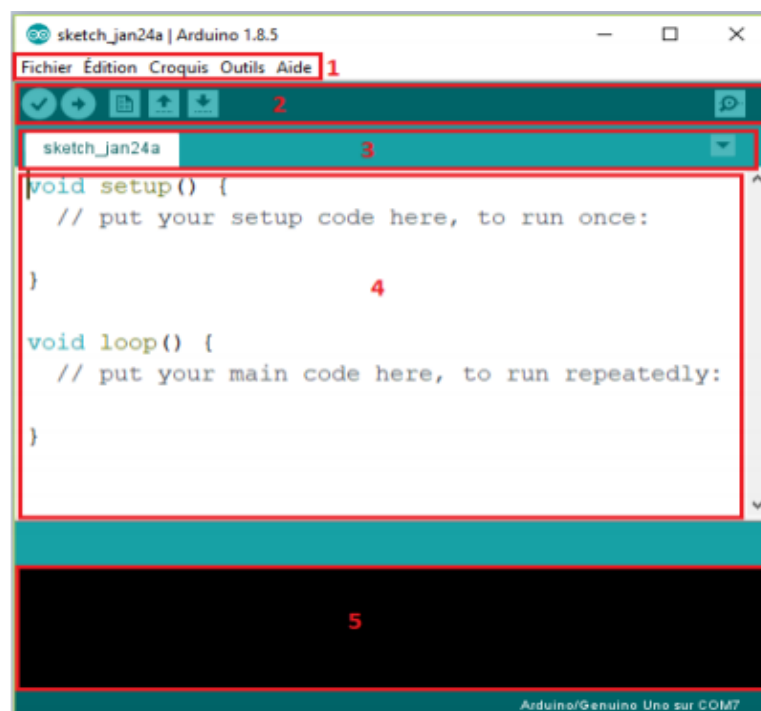


Figure 3. 14 : Composants de l'écran principal de l'IDE Arduino.

Chapitre III : Réalisation pratique d'un mini système SCADA évolutif avec l'IoT Cloud.

- 1- Une barre de menus.
- 2- Une barre d'icônes : la série des icones sous la barre de menu permet de réaliser diverses actions (vérifier le code, télé verser le code, ouvrir un nouveau projet, ouvrir un projet de programme Arduino existant, sauvegarder le projet, ouvrir le moniteur série pour communiquer avec l'Arduino)
- 3- Une barre d'onglets : Chaque fichier du projet est présenté dans cet IDE par un onglet.
- 4- Une zone d'édition : l'endroit où le code source doit être saisi, la structure générale d'un sketch Arduino est représentée par l'organigramme de la **Figure 3. 15**.
- 5- Une zone d'information et de statut : cette zone affiche divers information sur le programme, les erreurs de compilation, le transfert de programme ...

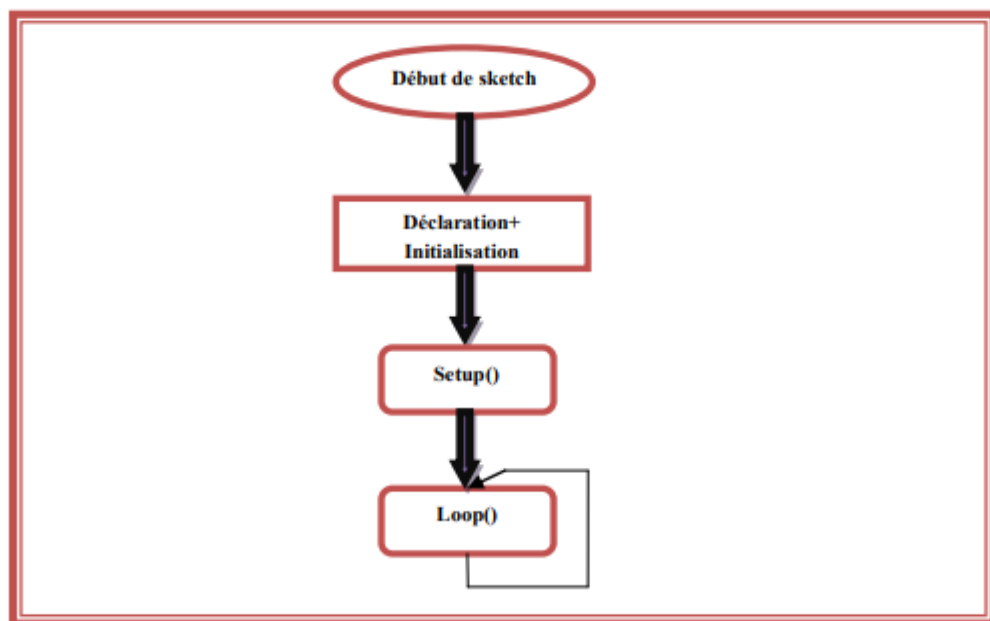


Figure 3. 15 : Structure générale d'un sketch Arduino.

III.4.2 Fritzing :

Fritzing est un logiciel avancé et complet développé dans le but de fournir aux ingénieurs et aux artistes un moyen fiable de mener leurs projets et leurs idées aux stades de prototype fonctionnel. Ce programme conçu pour fonctionner comme un instrument d'enseignement, permettant aux utilisateurs d'apprendre à créer et à utiliser des cartes de circuits imprimés et d'autres composants électroniques. Dans la fenêtre principale de Fritzing, on peut visualiser le circuit virtuel en cours de construction, ce qui nous permet de basculer entre trois modes de vue : "Breadboard", "Schematic" et "PCB View". La "planche à pain" ou "Breadboard" est le mode dans lequel nous commençons notre travail, car il offre la possibilité de créer un circuit imitant la réalité, évitant ainsi que des erreurs ne se produisent lors du passage du projet d'un état virtuel à un objet physique. Fritzing nous fournit une

Chapitre III : Réalisation pratique d'un mini système SCADA évolutif avec l'IoT Cloud.

bibliothèque de pièce complète que nous pouvons directement glisser et déposer dans notre projet. Toutes les pièces disponibles sont organisées par catégories. De plus, grâce à l'inspecteur de composants, on peut visualiser et modifier les informations des composants individuels du circuit. 34



Figure 3. 16 : Page d'accueil du logiciel Fritzling.³⁵

III.4.3 La plateforme Ubidots :

La plateforme Ubidots permet le développement d'applications IoT pour les industriels et les particuliers dans les différents domaines. Ils existent deux types d'usage cette plateforme, l'Ubidots et Ubidots STEM :

A. Ubidots STEM :

Ce type d'utilisation est gratuit et limité à un usage non commercial uniquement (éducation personnelle, recherche IoT ou projets de bricolage).

Capacité :

- Appareils : 3 appareils gratuits.
- Variables : jusqu'à 10 variables par appareil.
- Débit de données : 1 requête par seconde, sur tous vos appareils.
- Conservation des données : 1 mois.
- Tableaux de bord : jusqu'à 3 tableaux de bord, avec jusqu'à 10 widgets chacun.
- SMS & appels vocaux : 10 SMS et 1 appel vocal gratuits par mois.
- E-mails : 100 e-mails gratuits par mois.

B. Utiliser les Ubidots :

- ✓ Les passionnés d'IoT dont les connaissances leur permettent de résoudre des problèmes commerciaux à l'aide des technologies IoT et souhaitent créer une entreprise IoT autour de cela.
- ✓ Entrepreneurs IoT cherchant à accélérer la mise sur le marché sans avoir à embaucher une équipe logicielle pour développer une application IoT complète.
- ✓ Ingénieurs IoT au sein d'organisations existantes, cherchant à accélérer leurs initiatives IoT internes.

Capacité :

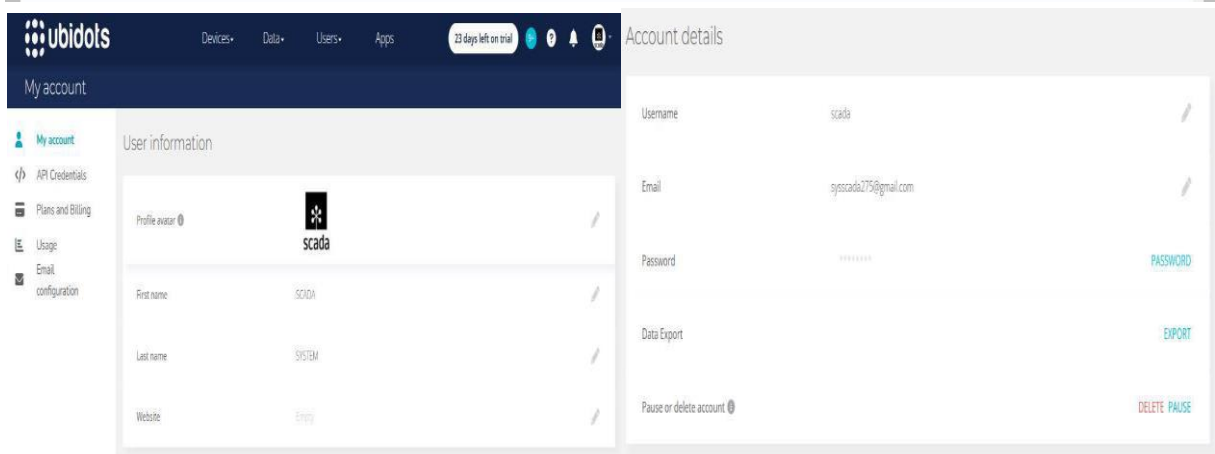
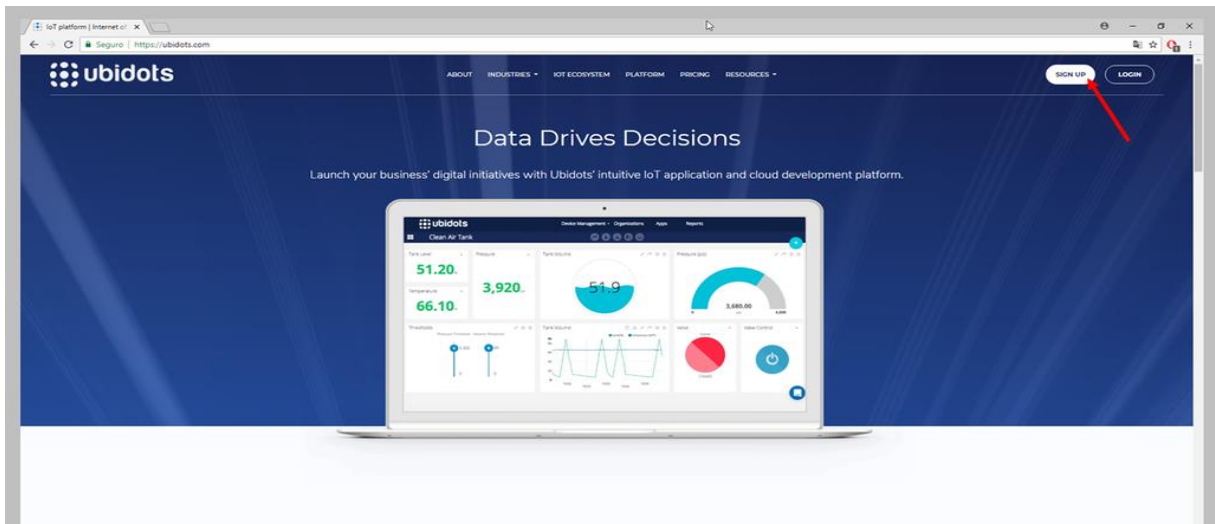
- Appareils : de 1 à des milliers d'appareils (varie selon le plan).
- Variables : jusqu'à 20 variables par appareil.
- Extraction de données : à partir de 20 millions de points par mois (varie selon le plan).
- Débit de données : 4 requêtes par seconde, sur tous vos appareils.
- Conservation des données : 2 ans.
- Tableaux de bord : tableaux de bord et widgets illimités.
- SMS et appels vocaux : alertes illimitées. Prix basés sur le pays de réception.

III.4.3.1 Configuration des Ubidots STEM :

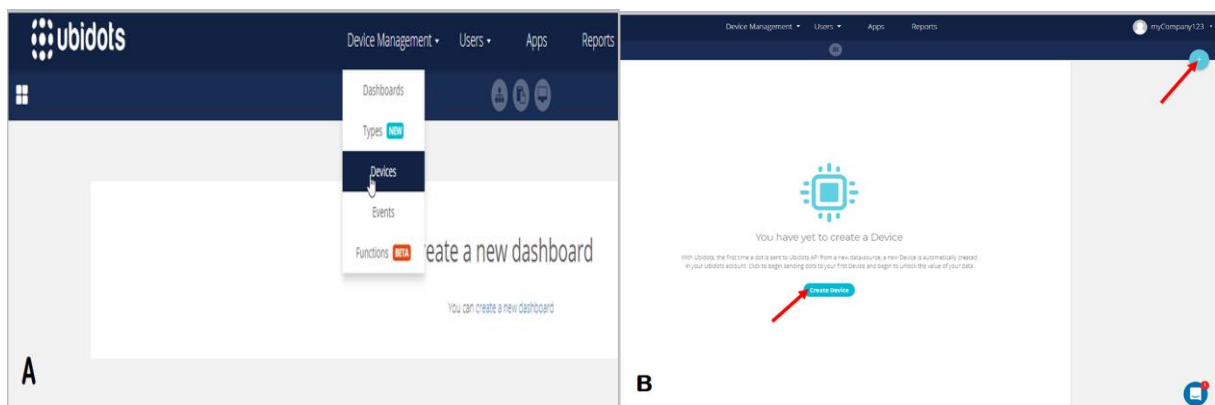
Voici les étapes de configuration d'Ubidots dans notre projet mini SCADA :

- Créez un compte Ubidots : Rendez-vous sur le site web d'Ubidots et créez un compte en fournissant une adresse e-mail et en excluant un mot de passe.

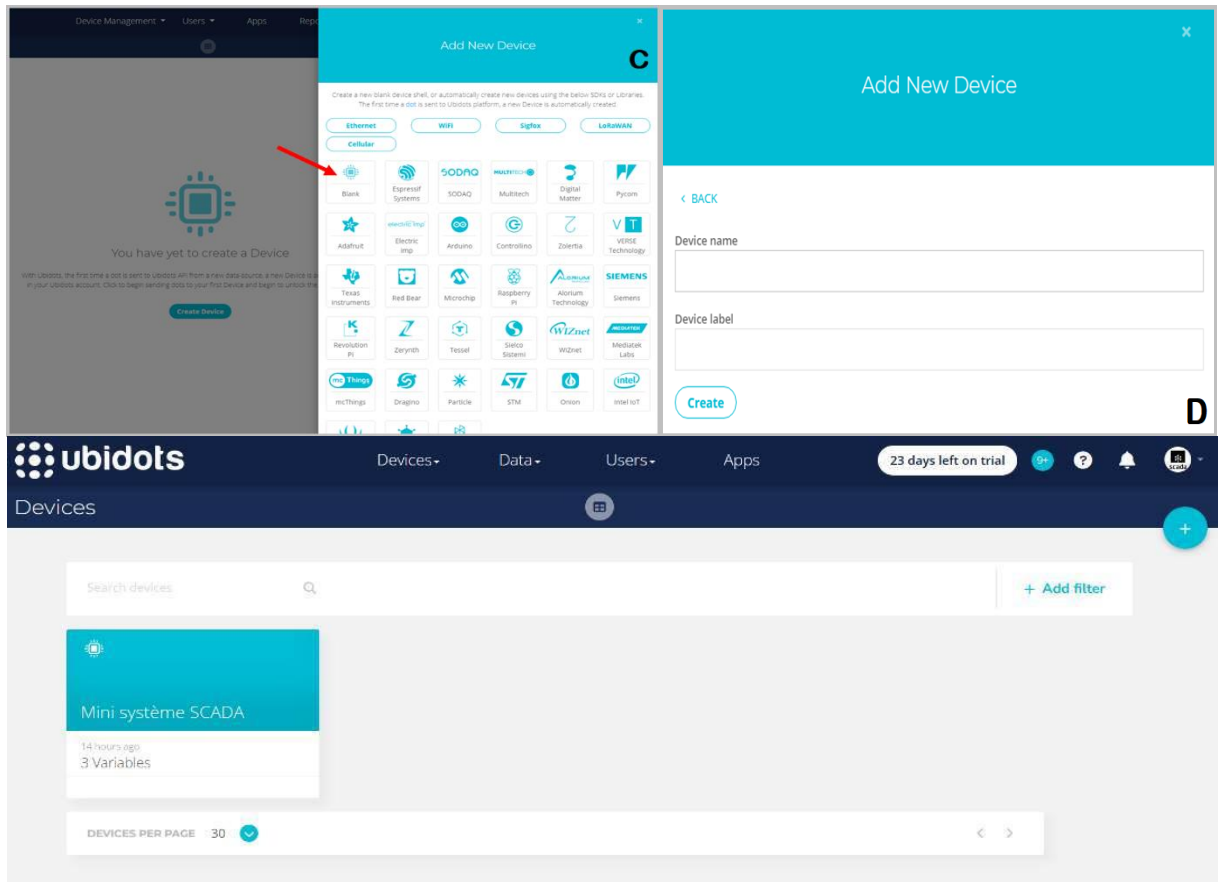
Chapitre III : Réalisation pratique d'un mini système SCADA évolutif avec l'IoT Cloud.



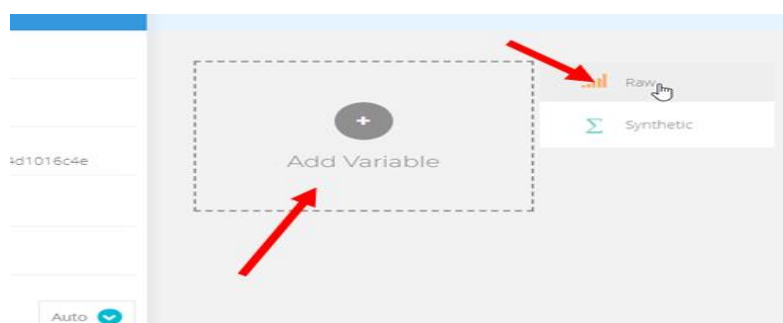
- Créer une source de données : Une fois connecté à notre compte Ubidots, nous créons une nouvelle source de données pour regrouper les variables de notre mini projet SCADA.



Chapitre III : Réalisation pratique d'un mini système SCADA évolutif avec l'IoT Cloud.

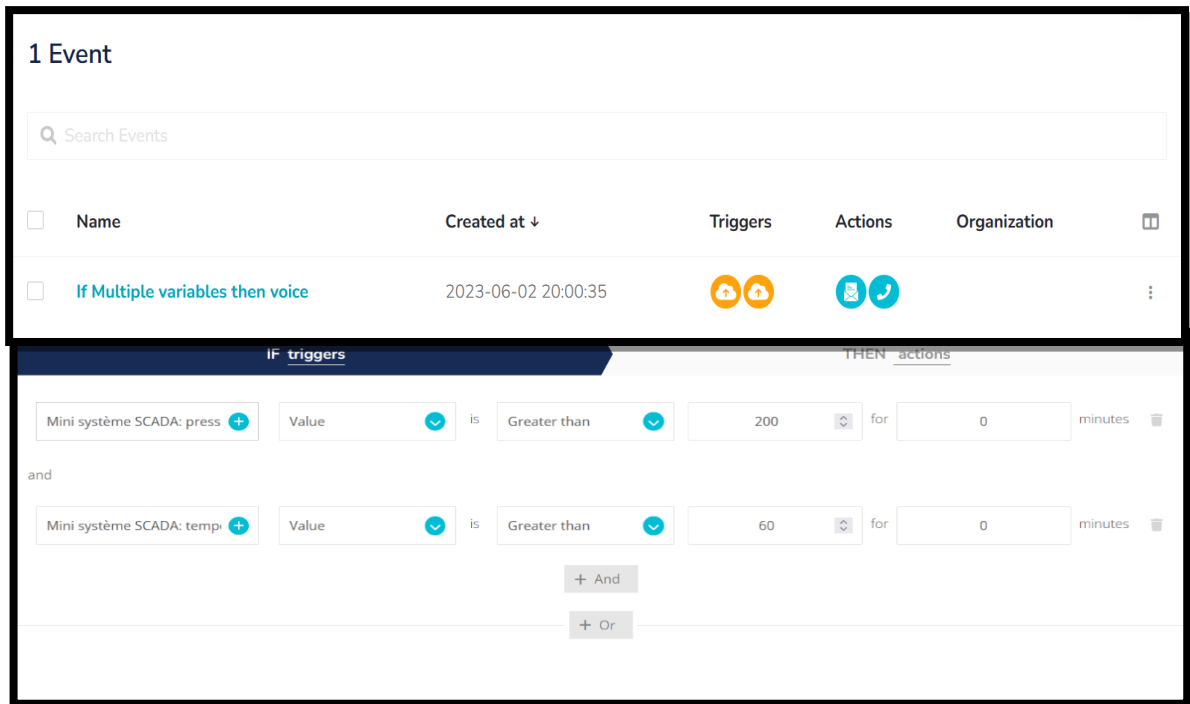


➤ Ajoutez des variables : Dans la source de données, nous ajoutons les variables correspondantes à nos capteurs ou dispositifs, par exemple la température. Cette variable est associée à la source de données.



➤ Ubidots prend déjà en charge les événements intégrés pour nous permettre d'envoyer des alertes et des notifications à ceux qui ont besoin de savoir, quand ils ont besoin de savoir. Les intégrations prédéfinies d'Ubidots incluent :

- Notifications par email.
- Notifications SMS.
- Notifications de télégramme.
- Notifications d'appels vocaux....



- Configurer le MTU : Dans le code de notre MTU (NodeMcu ESP8266), nous configurons la communication avec Ubidots à l'aide de bibliothèques et de fonctions appropriées. Nous utilisons la clé d'API d'envoi pour envoyer les données à Ubidots.
- Envoyez les données : nous récupérons les valeurs de nos capteurs dans le code du MTU et les envoyons à Ubidots en utilisant les fonctions d'envoi de données fournies par les bibliothèques Ubidots.
- Vérifier les données sur Ubidots : Après avoir configuré et exécuté notre projet.

Dans ces étapes suivantes, nous pouvons configurer la communication entre notre MTU et Ubidots, et envoyer les données de notre projet mini SCADA vers le cloud pour une visualisation et une analyse ultérieure.

III.4.3.1 L'importance d'Ubidots dans notre projet mini SCADA :

Ubidots joue un rôle crucial dans notre projet mini SCADA en offrant les fonctionnalités suivantes :

- Ubidots offre un stockage sécurisé des données collectées par notre système SCADA, ce qui garantit la protection et la confidentialité des informations sensibles.
- La plateforme Ubidots permet une visualisation en temps réel des données, ce qui nous permet de surveiller notre système et de prendre des décisions rapides.

Chapitre III : Réalisation pratique d'un mini système SCADA évolutif avec l'IoT Cloud.

- Ubidots propose des fonctionnalités d'analyse des données, telles que la création de graphiques et de tableaux de bord personnalisés, ce qui facilite l'interprétation et la compréhension des données collectées.
- La configuration d'alertes dans Ubidots nous permet d'être avertis immédiatement en cas de dépassement de seuils prédéfinis, ce qui nous permet de réagir rapidement aux situations critiques.

Grâce à sa plateforme basée sur le cloud, Ubidots offre une flexibilité et une accessibilité accrues, nous permettant d'accéder à nos données et de les gérer à tout moment et depuis n'importe quel appareil connecté à Internet.

III.5 Test et réalisation :

III.5.1 Matériels utilisés :

Emetteur :

Composants	Quantité
Arduino UNO	1
Module RF NRF24L01	1
Capteur de température LM35	1
Capteur de pression (Potentiomètre)	1
Capteur de distance HC-SR04	1
Panneau solaire 107W61MM	1
Fils de raccordement MM/MF	//
Câble USB pour le chargement du code	1
LED rouge	1
Résistance	1
Buzzer	1
Batterie 9v	1

Récepteur :

Composants	Quantité
Module WiFi ESP8266 NodeMCU	1
Module nRF24L01	1
Fils de raccordement MM/MF	//
Coupleurs de piles AA avec 2 piles	1
Câble USB pour le chargement du code	1

III.5.2 Algorithme proposé :

✚ Emetteur :

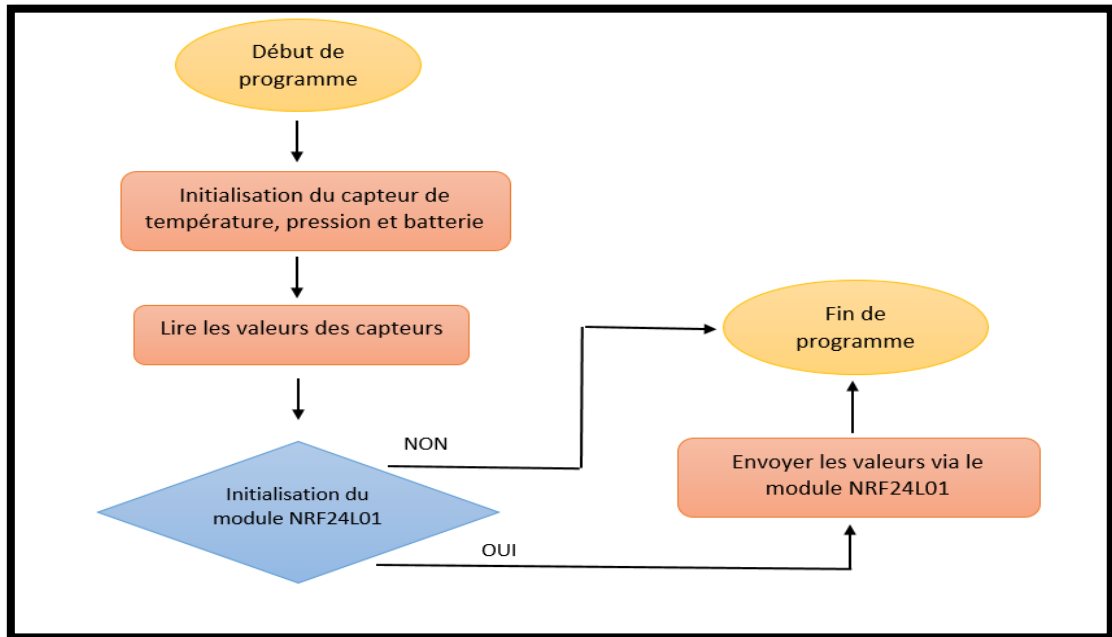


Figure 3. 17 : Organigramme du système SCADA "RTU" émetteur : Surveillance de la température, de la pression et de la batterie.

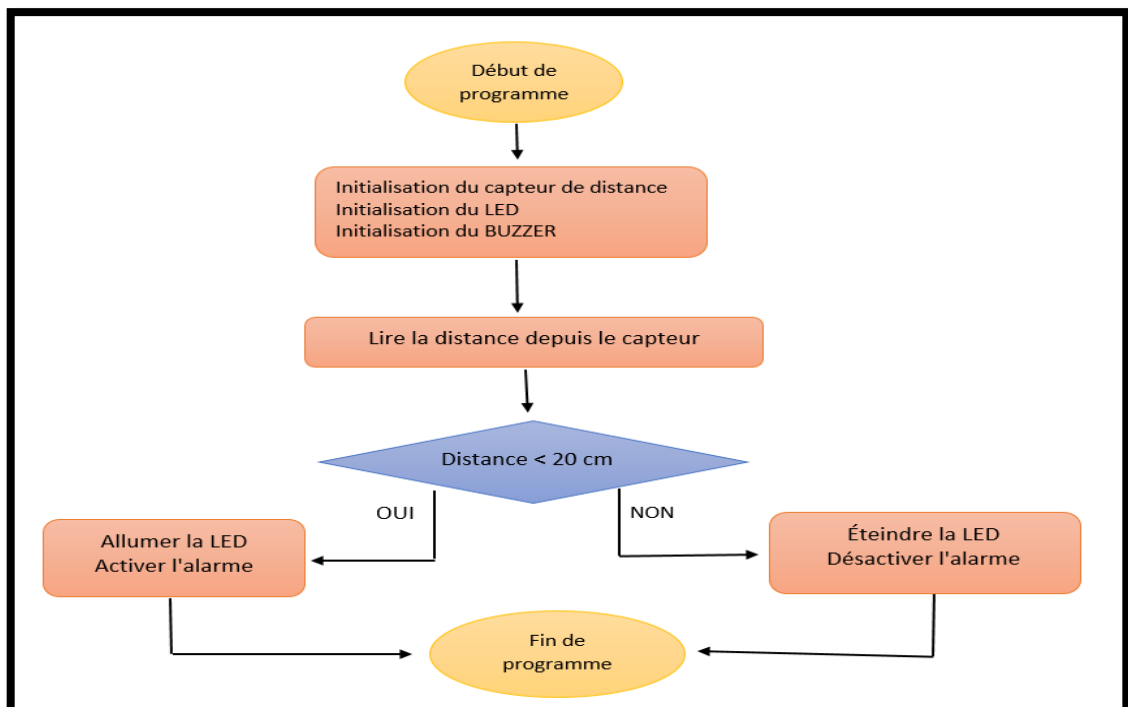


Figure 3. 18 : Organigramme du système SCADA "RTU" émetteur : Surveillance de la distance.

✚ Récepteur :

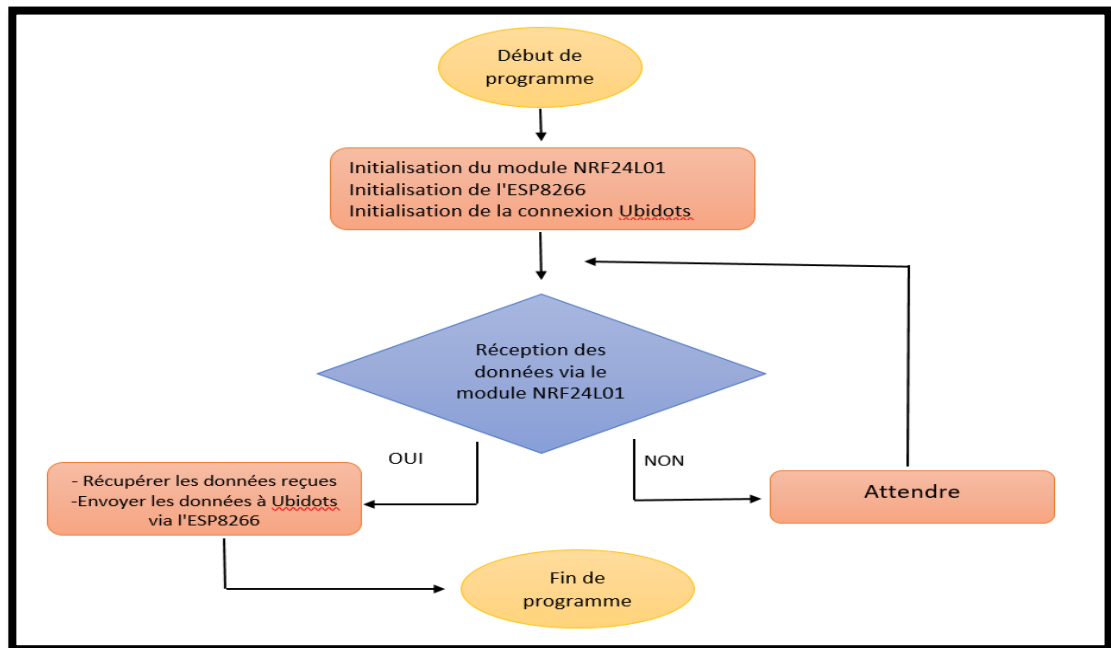


Figure 3. 19 : Organigramme de la Réception et l'affichage des données du système SCADA.

III.5.3 Schéma électrique :

La représentation de la configuration de notre projet et la connexion avec tous les périphériques de la maquette en utilisant le logiciel Fritzing.

✚ Emetteur :

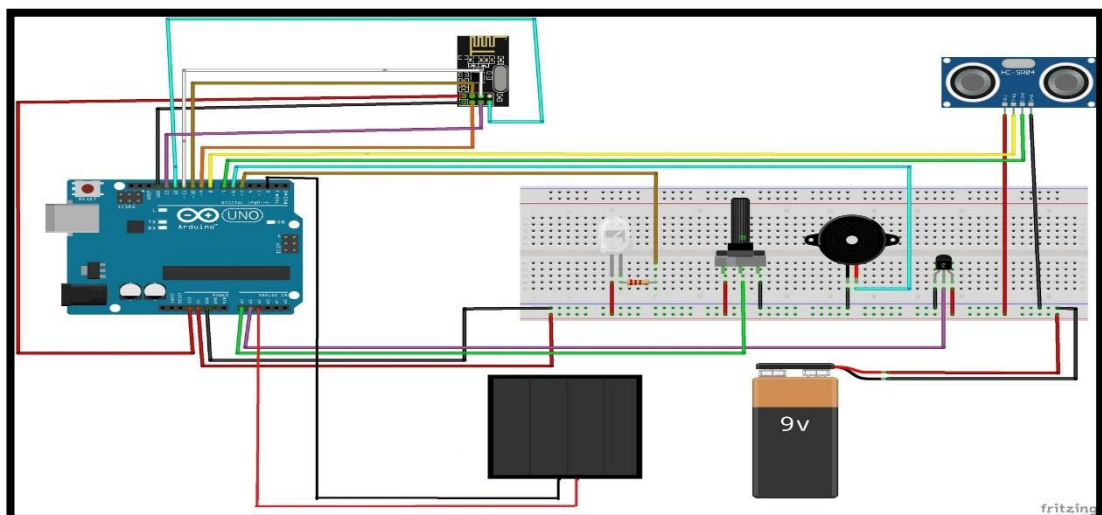


Figure 3. 20 : Schéma électrique du mini système SCADA « RTU » -Emetteur-.

✚ Récepteur :

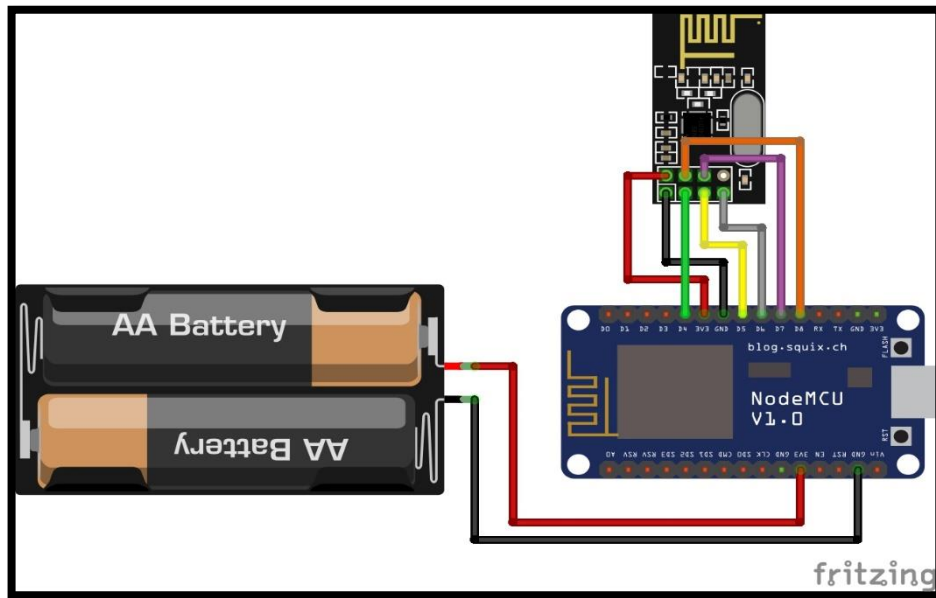


Figure 3. 21 : Schéma électrique du mini système SCADA « MTU » -Récepteur-.



Mini système SCADA :

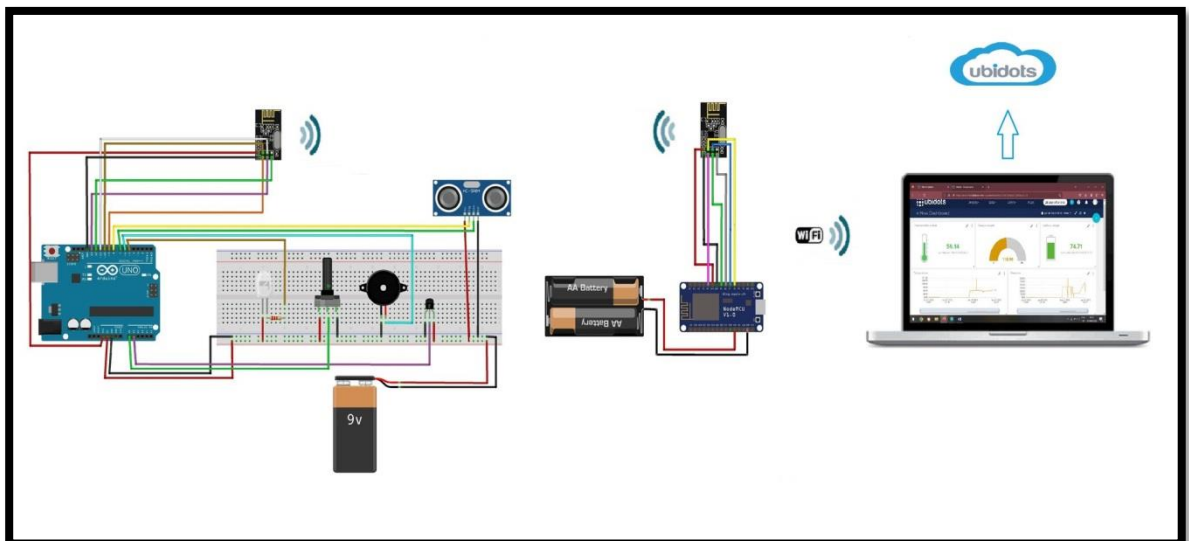


Figure 3. 22 : Schéma électrique du mini système SCADA « communication émetteur récepteur et l'affichage du résultat ».

III.5.4 Résultats pratiques :

Résultats :

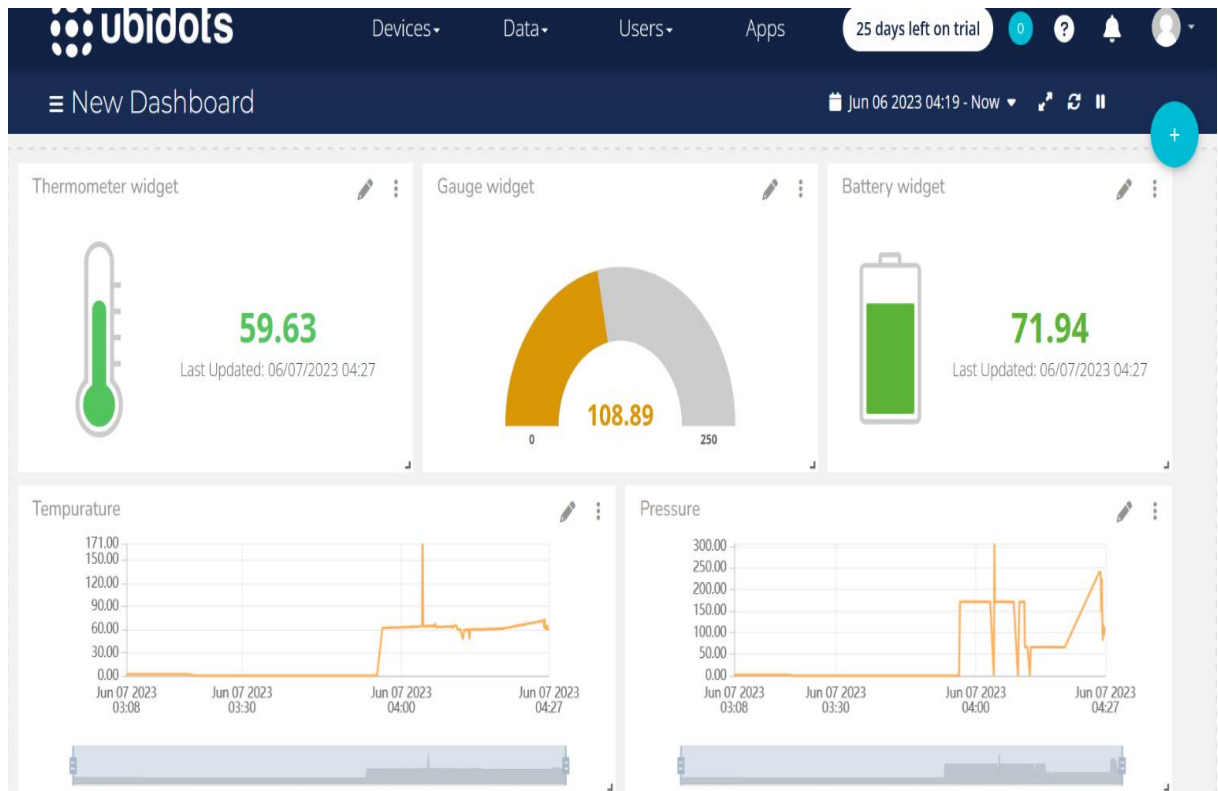


Figure 3. 25 : Résultats optimaux de la réalisation pratique du mini système SCADA.

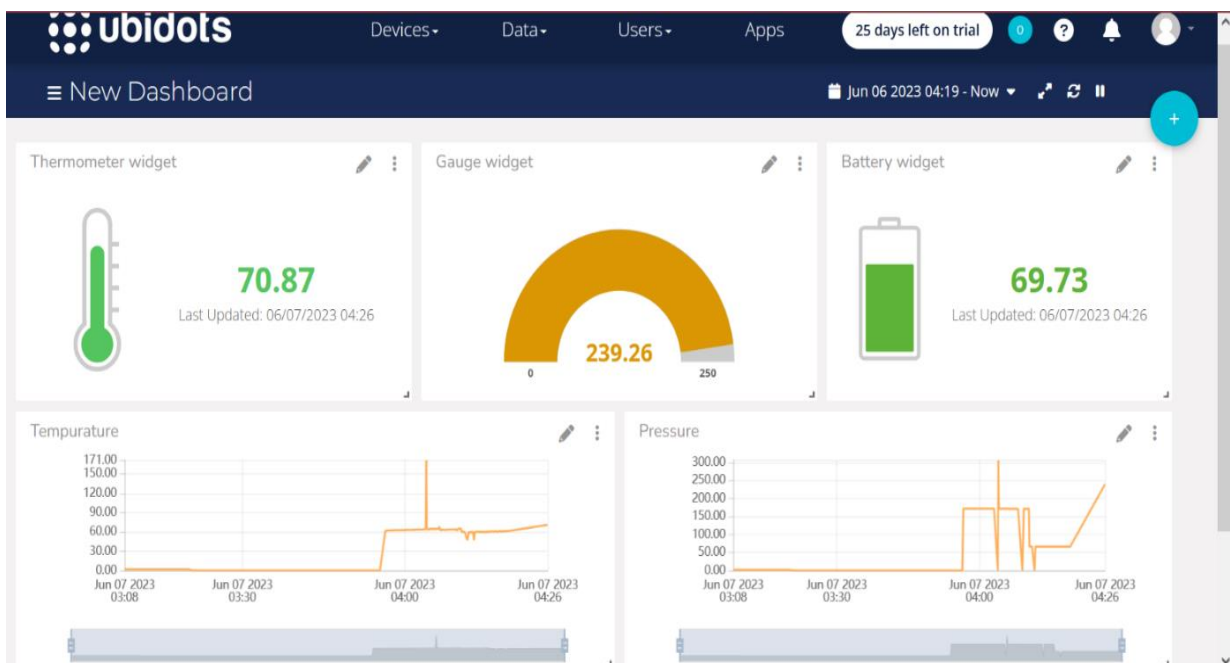


Figure 3. 26 : Résultats en cas de risque de la réalisation pratique du mini système SCADA.

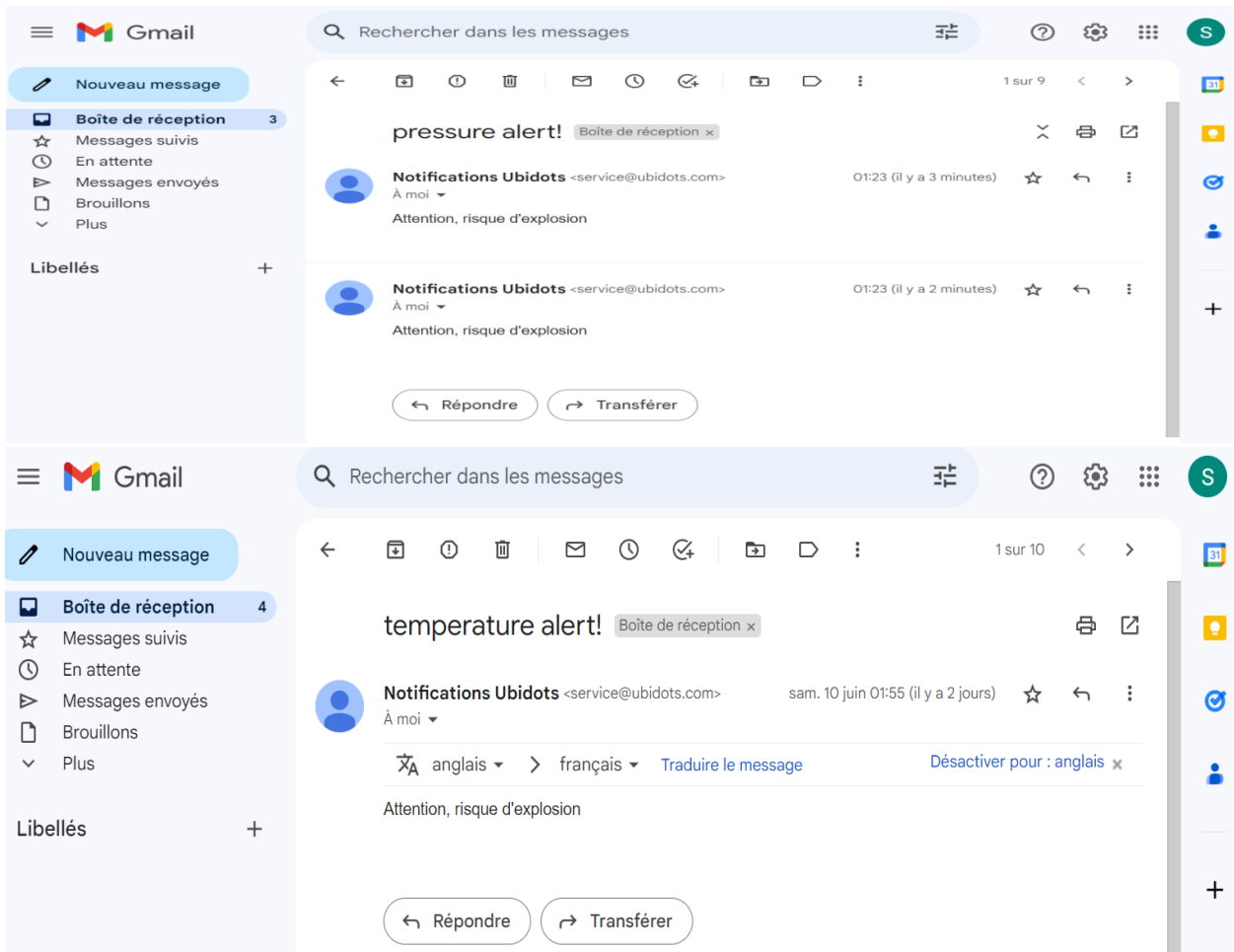


Figure 3. 27 : Notifications immédiates par email pour une réaction rapide et efficace.

Commentaire :

- ✓ L'utilisation de l'Arduino UNO (RTU) en combinaison avec les capteurs (température LM35, distance Ultrason, potentiomètre) a permis une acquisition précise des données environnementales, essentielles pour la surveillance et le contrôle du système SCADA.
- ✓ Le module NRF24L01 a facilité une communication sans fil fiable et rapide entre le RTU et le MTU (esp8266), permettant une transmission efficace des données sur une grande distance.
- ✓ L'intégration de l'esp8266 dans le système a permis l'envoi des données collectées vers la plateforme Ubidots via une connexion sans fil Wi-Fi, assurant une surveillance en temps réel et une accessibilité à distance des données.
- ✓ La configuration des seuils de température et de pression dans le logiciel Ubidots a permis de détecter les dépassements et de déclencher automatiquement l'envoi d'e-mails d'alerte, garantissant une réactivité immédiate en cas de situations critiques.

Chapitre III : Réalisation pratique d'un mini système SCADA évolutif avec l'IoT Cloud.

- ✓ La détection de la présence d'une personne ou d'un objet à moins de 20 cm du puits grâce au capteur de distance ultrasonique a permis d'activer le LED rouge et l'alarme sonore, fournissant des avertissements visuels et sonores clairs en cas d'approche indésirable.
- ✓ L'ensemble de ces fonctionnalités combinées a contribué à la mise en place d'un système SCADA robuste et efficace, offrant une surveillance en temps réel, des alertes rapides et une facilité d'accès aux données pour assurer un contrôle optimal de l'environnement du puits.

III.6 Conclusion :

Ce chapitre de notre mémoire présente notre projet de mini système SCADA, mettant en avant le processus de réalisation, le matériel utilisé, les différents capteurs et composants, ainsi que les logiciels impliqués. Nous avons également souligné l'utilisation de la plateforme Ubidots IoT dans notre projet, en tirant parti des connaissances acquises lors de notre stage à Hassi R'Mel. Notre objectif était de créer un système efficace de surveillance et de contrôle à distance, offrant une réactivité rapide en cas de dépassement des seuils de température et de pression, ainsi qu'une détection toute approche d'un intrus près du puit.

Nous avons réalisé une évolution significative en adoptant la communication sans fil entre le MTU et le logiciel de supervision. Cette transition a été rendue possible grâce à l'intégration du module ESP8266 et l'utilisation de la plateforme Ubidots IoT. En conclusion, notre projet démontre l'importance de la communication sans fil et des plateformes IoT dans le domaine de la surveillance et du contrôle à distance.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale :

Notre mémoire a porté sur l'étude et la réalisation d'un mini système SCADA évolué en utilisant les avancées de l'IoT. Nous avons exploré l'importance du système SCADA dans notre vie quotidienne et son évolution avec les technologies M2M et IoT. Grâce à notre stage pratique au sein de l'entreprise SONATRACH HassiR'mel, nous avons pu mettre en pratique nos connaissances théoriques et acquérir une expérience précieuse dans le domaine.

Au cours de notre projet, nous avons fait la conception et l'implémentation d'un système SCADA miniature en utilisant la plateforme Arduino UNO pour la partie RTU et l'ESP8266 pour la partie MTU. Nous avons utilisé différents capteurs pour la surveillance des variables telles que la température et la distance, et avons intégré le service cloud Ubidots pour la collecte et la visualisation des données en temps réel.

Nos résultats ont démontré les avantages de l'utilisation de l'IoT dans le système SCADA, notamment la flexibilité, la facilité de déploiement et la possibilité d'alertes en temps réel. Nous avons pu mettre en évidence l'efficacité du système dans la surveillance et le contrôle des processus industriels, offrant ainsi des possibilités d'optimisation et d'automatisation.

En conclusion, notre mémoire a montré l'importance croissante du système SCADA dans notre société, ainsi que son évolution grâce aux avancées de l'IoT. Nous espérons que notre travail pourra servir de base pour de futures recherches et développements dans ce domaine. Nous sommes reconnaissants envers l'entreprise SONATRACH Hassi R'mel pour nous avoir donné l'opportunité de réaliser notre stage et d'approfondir nos connaissances pratiques.

Bibliographie :

¹<https://geekflare.com/fr/scada-for-beginners/>

² D. Pliatsios, P. Sarigiannidis, T. Lagkas, G. Sarigiannidis « *A Survey on SCADA Systems: Secure Protocols, Incidents, Threats and Tactics* », IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 22, NO. 3, THIRD QUARTER 2020.

³J. Byun, S. Kim, J. Sa, S. Kim, Y.-T. Shin, and J.-B. Kim, « *Smart City Implementation Models Based on IoT Technology* », pp. 209–212, 2016, doi : 10.14257/astl.2016.129.41

⁴ M. H. Miraz, M. Ali, P. S. Excell, and R. Picking, « *A Review on Internet of Things (IoT), Internet of Everything (IoE) and Internet of Nano Things (IoNT)* », arXiv, 2017

⁵ K. C. Chen and S. Y. Lien, « *Machine-to-machine communications : Technologies and challenges* », Ad Hoc Networks, vol. 18, pp. 3–23, 2014, doi : 10.1016/j.adhoc.2013.03.007.

⁶ A. Verma, S. Prakash et al., « *Sensing, controlling, and IoT infrastructure in smart building : A review* », IEEE Sensors Journal, vol. 19, no. 20, pp. 9036–9046, 2019

⁷ S. Dawaliby, A. Bradai, and Y. Pousset, « *In depth performance evaluation of LTE-M for M2M communications* », in IEEE 12th Int. Conf. on Wireless and Mobile Comput., Net. and Commun. (WiMob), 2016, pp. 1–8.

⁸ LARRAS. M, KHALFOUNI. D, « *Défis de sécurité de l'Internet des Objets Problèmes et solutions* », Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER, Université de TiziOuzou, Algérie, 2019.

⁹ L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, « *The Internet of Things: A survey* », Comput. Netw., vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, 2010.

¹⁰ H. Boyes, B. Hallaq, J. Cunningham, and T. Watson, « *The industrial Internet of Things (IoT): An analysis framework* », Comput. Ind., vol. 101, pp. 1–12, Oct. 2018.

¹¹ A. Triantafyllou, P. Sarigiannidis, and T. D. Lagkas, « *Network protocols, schemes, and mechanisms for Internet of Things (IoT): Features, open challenges, and trends* », Wireless Commun. Mobile Comput., vol. 2018, Sep. 2018, Art. no. 5349894.

¹²S. K. Goudos, P. Sarigiannidis, P. I. Dallas, and S. Kyriazakos, « *Communication protocols for the IoT-based smart grid* », in IoT for Smart Grids. Cham, Switzerland: Springer, 2019, pp. 55–83.

¹³ K. Kimani, V. Oduol, and K. Langat, « *Cyber security challenges for IoT-based smart grid networks* », Int. J. Crit. Infrastruct. Protect., vol. 25, pp. 36–49, Jun. 2019.

¹⁴ P. Sarigiannidis, E. Karapistoli, and A. A. Economides, « *Modeling the Internet of Things under attack: A G-network approach* », IEEE Internet Things J., vol. 4, no. 6, pp. 1964–1977, Dec. 2017.

¹⁵ R. Mahmoud, T. Yousuf, F. Aloul, and I. Zualkernan, « *Internet of Things (IoT) security: Current status, challenges and prospective measures* », in Proc. IEEE 10th Int. Conf. Internet Technol. Secured Trans. (ICITST), 2015, pp. 336–341.

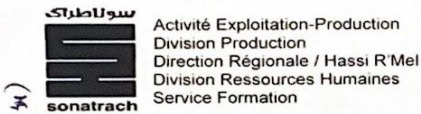
¹⁶ D. Dzung, M. Naedele, T. P. Von Hoff, and M. Crevatin, « *Security for industrial communication systems* », Proc. IEEE, vol. 93, no. 6, pp. 1152–1177, Jun. 2005.

¹⁷C.-W. Ten, C.-C. Liu, and G. Manimaran, « *Vulnerability assessment of cybersecurity for SCADA systems* », IEEE Trans. Power Syst., vol. 23, no. 4, pp. 1836–1846, Nov. 2008.

¹⁸ SAIDI Madani Amine, « *Développement d'une Application Emulateur de l'RTU P6008 sous Windows* », Rapport du Stage d'induction de Technicien, Société SONATRACH de la Direction Régionale Hassi-R'mel, Algérie, 2017.

-
- ¹⁹ Mounir AOUADJ, « CONCEPTION D'UNE COMMANDE NON LINEAIRE DE CAPTEURS EN RESEAU (APPLICATION SUR LE RESEAU DE COLLECTES D'HUILE DE HASSI MESSAOUD) », Présenté pour l'obtention du diplôme de DOCTORAT, Université Hadj Lakhdar Batna, 2016.
- ²⁰ CHIHEUB Khawla, « Etude du Système SCADA HassiR'Mel », Rapport du Stage d'induction de Technicien, Société SONATRACH de la Direction Régionale Hassi-R'mel, Algérie, 2017.
- ²¹ CHIHEUB Khawla, « Etude du Système SCADA HassiR'Mel », Rapport du Stage d'induction de Technicien, Société SONATRACH de la Direction Régionale Hassi-R'mel, Algérie, 2017
- ²² Mr. Nouredine.H, SCADA Système de contrôle des puits à HassiR'Mel « Journées Techniques de la Maintenance ».
- ²³ HassiR'mel, le 25/05/2007 : Prise en charge de la maintenance Soft des Systèmes Informatiques Industrielles
- ²⁴ CHIHEUB Khawla, « Etude du Système SCADA HassiR'Mel », Rapport du Stage d'induction de Technicien, Société SONATRACH de la Direction Régionale Hassi-R'mel, Algérie, 2017.
- ²⁵ CHIHEUB Khawla, « Etude du Système SCADA HassiR'Mel », Rapport du Stage d'induction de Technicien, Société SONATRACH de la Direction Régionale Hassi-R'mel, Algérie, 2017.
- ²⁶ Mr. BOULARES, A., Mlle. MNTAMBO, M. « Etude de la commande et simulation des circuits d'un pendule inversé ». Mémoire de Master en Génie Electrique. Université Mohamed Bougera-Boumerdes. Juin 2017.
- ²⁷ Terry King, Mary Alice Osborne, Jun Peng, Barry King and other contributors, —Nrf24L01-2.4GHz-HowTo, wiki page available at <https://arduino-info.wikispaces.com/Nrf24L01-2.4GHz-HowTo>.
- ²⁸ Fethi, Abdallah, Conception d'un système intelligent "Smart Building" pour la société CNAS. 91p. these de Master: Informatique: Université SAAD DAHLEB de BLIDA :201.
- ²⁹ Texas Instruments.(2009). LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors.[Online]. Available : <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>. [Accessed: February 28, 2023].
- ³⁰ Lucien Bachelard, « HC-SR04 - Module de détection aux ultrasons -Utilisation avec Picaxe », 2015
- ³¹ Ashraf Anwar, Sultan Aljahdali, « A Smart Stick for Assisting Blind People », Taif University, May.-June. 2017.
- ³² Becky Stewart, « À l'aventure avec ARDUINO Dès 10 ans », 2015, Saint Germain
- ³³ R. Djehaiche, S. Aidel, and N. Benziouche, "Design and implementation of M2M-smart home based on Arduino-UNO," in Int. Conf. in Artificial Intelligence in Renewable Energetic Systems. Springer, 2020, pp. 697– 706.
- ³⁴ https://www.01net.com/telecharger/windows/Multimedia/creation_graphique/fiches/149413.
- ³⁵ https://disciplines.actoulouse.fr/sii/sites/sii.disciplines.actoulouse.fr/files/ressources/didacticif.els/modelisationsimulation/fritzing/utilisation_fritzing_premierpas.pdf.

Annexe I :



N° 389 RHU /SF/2023

Fait à Hassi R'Mel, le 12/02/2023

ATTESTATION DE STAGE

Je Soussigné Monsieur, le Chef de Division Ressources Humaines, Direction Régionale Hassi R'Mel, Division Production, atteste que Mademoiselle : **SENOUCI Houda** , Master 2 en Systèmes de Télécommunications à l'université de Mohamed El Bachir El Ibrahim, Bordj Bou Arreridj, a effectué un stage pratique au sein de notre entreprise, durant la période Allant du : **31/01/2023** au : **14/02/2023**.

La présente attestation lui est délivrée pour servir et valoir ce que de droit.

 **Le Chef de Division Ressources Humaines**

Le Chef Division Ressources Humaines
Le Responsable Intérimaire

H. A. KHACHEBA



Annexe II :



Activité Exploitation-Production
Division Production
Direction Régionale / Hassi R'Mel
Division Ressources Humaines
Service Formation

Fait à Hassi R'Mel, le 12/02/2023

N° 388 RHU /SF/2023

ATTESTATION DE STAGE

Je Soussigné Monsieur, le Chef de Division Ressources Humaines, Direction Régionale Hassi R'Mel, Division Production, atteste que Mademoiselle : **MOUSSAOUI Rania**, Master 2 en Systèmes de Télécommunications à l'université de Mohamed El Bachir El Ibrahimy, Bordj Bou Arreridj, a effectué un stage pratique au sein de notre entreprise, durant la période Allant du : **31/01/2023** au : **14/02/2023**.

La présente attestation lui est délivrée pour servir et valoir ce que de droit.

 **Le Chef de Division Ressources Humaines**


Le Chef Division Ressources Humaines
Le Responsable Intérimaire

H.A. KHACHEBA

