

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية
الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث
العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية

N° d'enregistrement

Université de Ghardaïa

/...../...../...../.....



لية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم الآلية والكهروميكانيك

Département d'automatique et électromécanique

Mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme

Licence professionnelle

Domaine : Sciences et technologies,

Filière : Energies renouvelables

Spécialité : Energies renouvelables et environnement

Thème

**Fonctionnement de Système SCADA et ses Exigences
pour les Usines de Traitement**

Présenté par :

Mohammed SADOON

Soutenue publiquement le 21/05/2025

Devant le jury composé de :

CHERIF Salah

MCB

Université de Ghardaïa

Président

HAMADA Assia

MAA

Université de Ghardaïa

Encadreur

GUERBOUZ Abdelselam

MAB

Université de Ghardaïa

Examinateur

Année universitaire 2024/2025

Remerciements

Au début de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Dieu Tout-Puissant, qui m'a guidé vers la réussite et permis d'atteindre cette étape de mon parcours académique pour réaliser ce modeste travail.

Je remercie également ma encadrante Dr Assia Hamada pour son soutien constant et ses précieux conseils tout au long de la préparation de mon projet de fin d'études.

Je souhaite aussi exprimer ma reconnaissance à l'entreprise Sonelgaz d'El Oued, qui m'a accueilli durant ces trois années de stage, en particulier mon superviseur, M. Moussa OMRANI, pour son encadrement et ses orientations.

Un grand merci aux membres du jury pour le temps qu'ils consacreront à l'examen et à l'évaluation de mon travail, ainsi que pour leurs remarques constructives qui contribueront à enrichir mon expérience et améliorer mes compétences futures.

Je remercie tous mes enseignants à la Faculté de Technologie de l'Université de Ghardaïa, notamment le département d'automatique, pour leur rôle fondamental dans mon parcours.

Un immense merci à ma famille, en particulier à mon père et à ma mère, pour leur soutien inconditionnel tout au long de mes études.

Enfin, à mes camarades de promotion et à tous mes amis, un grand merci à vous tous.

Mohammed

Résumé

Ce mémoire vise à concevoir un système SCADA simplifié pour la surveillance du niveau d'eau dans un réservoir, en utilisant la plateforme en ligne FlowFuse basée sur Node-RED. Le système permet la visualisation en temps réel du niveau d'eau, l'enregistrement des données, l'envoi de notifications instantanées en cas de seuils critiques, ainsi que le contrôle manuel des pompes. Ce travail illustre comment exploiter des outils logiciels accessibles pour développer des solutions de supervision efficaces et économiques, contribuant à l'amélioration du suivi et du contrôle des installations industrielles.

Mots Cles : SCADA, supervision, FlowFuse, Node-RED, visualisation, contrôle à distance.

ملخص

مبسط لمراقبة مستوى المياه في خزان، وذلك باستخدام منصة SCADA يهدف هذا البحث إلى تصميم نظام يتيح هذا النظام عرضاً لحظياً لمستوى المياه، وتسجيل البيانات، و Node-RED الإلكترونيّة المبنية على FlowFuse وإرسال إشعارات فورية عند تجاوز حدود حرجة، بالإضافة إلى إمكانية التحكم اليدوي في المضخات. يوضح هذا العمل كيفية الاستفادة من أدوات برمجية متاحة لتطوير حلول مراقبة فعّالة وذات تكلفة منخفضة، مما يسهم في تحسين عمليات المتابعة والتحكم في المنشآت الصناعية.

الكلمات المفتاحية: Node-RED، FlowFuse، SCADA، مراقبة، تحكم عن بُعد، الإشراف

Abstract

This thesis aims to design a simplified SCADA system for monitoring the water level in a reservoir, using the online platform FlowFuse based on Node-RED. The system enables real-time visualization of the water level, data logging, instant notifications in case of critical thresholds, as well as manual pump control. This work illustrates how accessible software tools can be used to develop efficient and cost-effective supervision solutions, contributing to improved monitoring and control of industrial installations.

Keywords: SCADA, supervision, FlowFuse, Node-RED, visualization, remote control.

Table des matières

| | |
|--|-------------------------------------|
| Remerciements | i |
| Résumé | Error! Bookmark not defined. |
| Table des matières..... | iii |
| Liste des figures | v |
| Liste des tableaux..... | vi |
| Liste des abréviations | vii |
| 1. Introduction | 8 |
| 1.1. Le système SCADA | 8 |
| 1.2. Lien entre SCADA et Node-RED | 8 |
| 1.3. Motivations et Objectifs | 9 |
| 1.4. Structure du mémoire | 9 |
| 2. Concepts de base des Systèmes SCADA | 10 |
| 2.1. Définition de système SCADA..... | 10 |
| 2.2. Composants principaux (RTU, PLC, HMI, Serveurs) | 11 |
| 2.2.a. RTU (Remote Terminal Unit)..... | 11 |
| 2.2.b. PLC (Programmable Logic Controller)..... | 11 |
| 2.2.c. HMI (Human Machine Interface)..... | 12 |
| 2.2.d. MTU Serveur SCADA (Master Terminal Unit) | 12 |
| 2.2.e. Réseau de communication | 12 |
| 2.2.f. Postes de travail des opérateurs | 12 |
| 2.2.g. Automatisation de la distribution électrique | 13 |
| 2.3. Architecture typique d'un SCADA..... | 13 |
| 2.3.a. Couche client (Interface utilisateur) | 14 |
| 2.3.b. Couche de traitement (Serveur ou MTU)..... | 14 |

| | |
|--|----|
| 2.3.c. Couche de données (RTU / PLC)..... | 14 |
| 2.3.d. Réseau de communication | 14 |
| 3. Fonctionnement d'un Système SCADA | 16 |
| 3.1. Principe de fonctionnement | 16 |
| 3.2. Communication entre les composants | 16 |
| 3.3. Applications du SCADA | 17 |
| 4. Intégration de Node-RED dans une Approche SCADA : Cas du Réservoir d'Eau..... | 19 |
| 4.1 . Introduction..... | 19 |
| 4.2. Objectifs du Projet | 19 |
| 4.3 . Architecture du Notre Système | 19 |
| 4.4. Méthodologie..... | 20 |
| 5. Conclusions et perspectives..... | 23 |
| Bibliographies..... | 24 |
| Annexe A : Démonstrations | 25 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1: Résumé des Composants principaux d'un système SCADA..... | 13 |
| Figure 2: Architecture des systèmes SCADA[8] | 15 |
| Figure 3 : (a) Interface de programmation des flux sous FlowFuse; (b) Tableau de bord de supervision correspondant..... | 20 |
| Figure 4: (a) Intégration du nœud email et (b) exemple de message reçu | 21 |
| Figure 5: Contrôle automatique et manuel des pompes avec nœuds switch et interface dashboard. | 21 |
| Figure 6: (a) le flux FlowFuse montrant les nœuds pour la génération et sauvegarde du rapport, (b) le bouton "Generate Report" sur le tableau de bord, et (c) la fenêtre de debug affichant les données traitées. | 22 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 3-1: Principaux domaines d'application des systèmes SCADA | 18 |
| Tableau 4-1: Composants de l'architecture SCADA développée sous Node-RED | 20 |

Liste des abréviations

| | |
|-------|--|
| HMI | Human Machine Interface |
| MTU | Master Terminal Unit |
| OLE | Object Linking and Embedding |
| OPC | OLE for Process Control |
| PLC | Programmable Logic Controller |
| RTU | Remote Terminal Unit |
| SCADA | Supervisory Control and Data Acquisition |

1. Introduction

1.1. Le système SCADA

Les systèmes appelés SCADA, ce qui signifie en anglais « *Supervisory Control and Data Acquisition* » (soit en français surveillance, contrôle et acquisition de données), sont largement utilisés dans l'industrie. Leur rôle est de surveiller, contrôler à distance et collecter des données sur les machines et processus industriels [1].

Ces systèmes sont généralement créés par des entreprises spécialisées dans les technologies de l'information et qui suivent les normes industrielles internationales (comme les normes OPC (OLE for Process Control) ou OLE (Object Linking and Embedding), qui facilitent la communication entre les équipements). Cela leur permet d'intégrer les dernières avancées technologiques [1].

Aujourd'hui, les systèmes SCADA ne sont plus réservés uniquement aux grandes usines. Ils sont aussi utilisés dans des domaines comme la recherche scientifique, par exemple pour gérer des systèmes de refroidissement, de ventilation ou d'électricité dans des laboratoires.

Avec le temps, ces systèmes ont beaucoup évolué: ils sont devenus plus performants, plus flexibles et plus faciles à adapter à différents besoins. Grâce à ces améliorations, ils représentent désormais une vraie alternative aux logiciels faits sur mesure, même pour des projets complexes ou très techniques [2].

1.2. Lien entre SCADA et Node-RED

Node-RED n'est pas un système SCADA complet, mais il permet de simuler ou construire des fonctions SCADA de manière simple et visuelle. Il permet de créer une interface graphique (tableau de bord), de recevoir des données de capteurs (réels ou simulés), de détecter des seuils, de prendre des décisions automatiques et même de contrôler des dispositifs comme des pompes ou des vannes [3].

1.3. Motivations et Objectifs

Grâce à mon stage dans SONELGAZ d'El Oued, j'ai découvert les systèmes SCADA et j'ai trouvé ce sujet très intéressant et utile. Cela m'a motivé à apprendre davantage et à créer un mini projet pratique en utilisant Node-RED comme plateforme SCADA simplifiée [3] [4].

Dans ce projet, nous avons simulé un système de contrôle de niveau d'eau dans un réservoir industriel. L'objectif est de:

- ❖ Mesurer le niveau d'eau en temps réel (via des valeurs simulées)
- ❖ Afficher les données sur un tableau de bord interactif
- ❖ Détecter automatiquement les niveaux critiques (trop bas ou trop hauts)
- ❖ Déclencher des alarmes visuelles et sonores
- ❖ Et permettre à l'utilisateur de contrôler manuellement une pompe via un bouton.

Ce projet illustre comment les fonctions principales d'un SCADA peuvent être reproduites avec un outil simple comme Node-RED, ce qui est idéal pour la formation, la simulation ou même pour de petites installations réelles.

1.4. Structure du mémoire

Ce mémoire est structuré en cinq chapitres. Le premier chapitre présente l'introduction générale du projet, en expliquant ses motivations, ses objectifs et le contexte industriel dans lequel il s'inscrit. Le deuxième chapitre est consacré aux concepts fondamentaux des systèmes SCADA, en détaillant leur évolution, leur architecture typique, ainsi que leurs composants principaux. Le troisième chapitre explore le fonctionnement global d'un système SCADA, en mettant l'accent sur les mécanismes de communication entre les différents éléments et sur les principales applications industrielles. Le quatrième chapitre constitue la partie pratique du projet: il décrit l'implémentation d'un système SCADA basé sur Node-RED pour la surveillance d'un réservoir d'eau, incluant l'architecture adoptée, la méthodologie utilisée et les différentes fonctionnalités développées (supervision, contrôle, notifications, génération de rapports). Enfin, le cinquième chapitre conclut ce mémoire et propose des perspectives d'amélioration de l'application.

2. Concepts de base des Systèmes SCADA

Au départ, les installations industrielles étaient commandées manuellement à l'aide d'équipements analogiques et de boutons-poussoirs. Ensuite, avec l'introduction de minuteriers et de relais, un premier niveau d'automatisation a été possible, ce qui a permis un contrôle simple mais limité des processus, surtout lorsque les usines devenaient plus grandes et plus complexes.

Mais très vite, les besoins industriels ont évolué, et il a fallu un système plus automatisé, efficace et intelligent. Un grand progrès technologique a eu lieu dans les années 1950, quand les ordinateurs ont commencé à être utilisés pour le contrôle industriel. À la même époque, la télémétrie a été mise en place, permettant la transmission de données et la communication à distance.

Dans les années 1970, deux avancées majeures ont marqué un tournant : l'arrivée des microprocesseurs et des automates programmables industriels (PLC), ainsi que la création des premiers systèmes SCADA. Grâce à ces technologies, l'automatisation s'est améliorée et le contrôle à distance est devenu plus courant.

Puis, vers l'an 2000, les systèmes SCADA distribués ont vu le jour, permettant de centraliser la surveillance et le contrôle de sites situés à différents endroits. Depuis, les systèmes SCADA modernes ont continué d'évoluer, offrant aujourd'hui la possibilité de surveiller et contrôler des installations en temps réel, de presque partout dans le monde [2][5].

2.1. Définition de système SCADA

Un système SCADA est une solution logicielle qui permet de surveiller, superviser et contrôler des processus industriels à distance, en s'appuyant sur des données recueillies en temps réel.

Ce système est interfacé avec du matériel (souvent via des PLC), et il offre une représentation graphique des équipements pour permettre aux opérateurs de comprendre facilement l'état de l'installation.

SCADA est utilisé dans des secteurs très variés comme la fabrication industrielle, la production et distribution d'énergie, le traitement de l'eau, l'industrie chimique, ou encore les installations expérimentales complexes (par exemple, la fusion nucléaire).

2. Concepts de base des Systèmes SCADA

Il est particulièrement adapté aux systèmes étendus (répartis géographiquement) ou à ceux qui génèrent de très grandes quantités de données à analyser. Grâce à SCADA, les opérateurs peuvent :

- ✓ Détecter rapidement les anomalies,
- ✓ Optimiser la production,
- ✓ Améliorer la sécurité,
- ✓ Prendre des décisions plus efficaces.

Avec le temps, les systèmes SCADA ont fortement évolué. Aujourd'hui, ils sont capables de gérer des centaines de milliers de points d'entrée/sortie (I/O), et ils fonctionnent sur des systèmes d'exploitation modernes comme Windows NT ou Linux[6][1].

2.2. Composants principaux (RTU, PLC, HMI, Serveurs)

Un système SCADA est composé de plusieurs éléments essentiels qui travaillent ensemble pour assurer la surveillance, le contrôle et la gestion des processus industriels à distance. Voici les principaux composants [7] (Voir la Figure 2-1) :

2.2.a. RTU (Remote Terminal Unit)

Les RTU sont des équipements installés sur le terrain (dans les usines, réseaux d'eau, de gaz ou d'électricité, etc). Elles sont directement connectées aux capteurs, compteurs et actionneurs qui mesurent ou commandent des paramètres physiques (volume, température, tension, etc.).

Le rôle principal d'une RTU est de : Collecter les données du terrain (sous forme analogique ou numérique), Les transmettre à l'unité centrale via un modem ou un réseau, et aussi recevoir des ordres depuis le centre SCADA pour piloter des équipements.

2.2.b. PLC (Programmable Logic Controller)

Le PLC est un ordinateur industriel robuste conçu pour automatiser des tâches spécifiques comme ouvrir une vanne ou démarrer une pompe.

Dans un système SCADA, il peut jouer le rôle d'une RTU ou travailler en coordination avec elle. Ses avantages sont : Sa capacité à exécuter des logiques complexes, Sa grande fiabilité dans des environnements difficiles, Son rôle clé dans la réaction rapide aux conditions sur le terrain.

2. Concepts de base des Systèmes SCADA

2.2.c. HMI (Human Machine Interface)

L'IHM est l'interface graphique que l'opérateur utilise pour : visualiser les données en temps réel, recevoir des alarmes ou messages d'erreur, et interagir avec le système, par exemple pour activer/désactiver une pompe manuellement. Elle prend la forme d'un logiciel installé sur un poste de travail connecté au réseau SCADA.

Grâce à l'IHM, l'opérateur peut surveiller plusieurs installations depuis une seule interface conviviale.

2.2.d. MTU Serveur SCADA (Master Terminal Unit)

Le serveur central ou MTU est le cœur du système SCADA. Il collecte toutes les données des RTU/PLC, exécute des programmes de contrôle, gère les bases de données historiques, envoie des ordres aux équipements, et supervise la communication entre tous les éléments du système. Ce serveur peut aussi être connecté à d'autres réseaux industriels, et gérer plusieurs stations distantes à la fois.

2.2.e. Réseau de communication

Pour que les informations circulent, un réseau de communication fiable est essentiel. Il relie :

Les RTU et PLC sur le terrain, les serveurs et postes de travail, et d'autres systèmes de supervision. Les technologies utilisées peuvent inclure : fibre optique, radio, Wi-Fi industriel, téléphonie mobile, ou satellite, selon les contraintes du site.

2.2.f. Postes de travail des opérateurs

Ces postes informatiques sont équipés du logiciel SCADA (avec IHM), connectés en réseau avec le serveur central. Les opérateurs les utilisent pour : suivre l'évolution des paramètres, réagir aux alarmes, lancer ou stopper certains processus. Ils forment l'interface principale entre l'humain et le système automatisé.

2. Concepts de base des Systèmes SCADA

2.2.g. Automatisation de la distribution électrique

Dans les réseaux de distribution d'électricité, le SCADA est largement utilisé pour :

Automatiser les postes électriques, Contrôler l'alimentation en temps réel, Surveiller les charges chez les utilisateurs finaux. Il améliore : La continuité de service (reconnexion automatique en cas de panne), La sécurité des équipements, Et la rentabilité de l'exploitation.

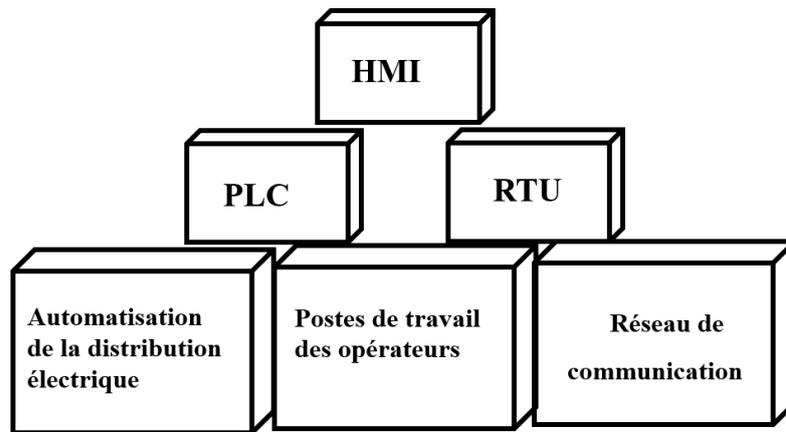


Figure 1: Résumé des Composants principaux d'un système SCADA.

2.3. Architecture typique d'un SCADA

L'architecture d'un système SCADA présenté dans la Figure 2-2 [8] désigne l'organisation des composants matériels et logiciels qui assurent la supervision, le contrôle et l'acquisition des données à distance. Elle est généralement structurée selon une approche en couches permettant de séparer les fonctions de traitement, d'interaction avec l'utilisateur et de communication avec le terrain [9].

Un système SCADA repose le plus souvent sur une topologie centralisée, capable de surveiller et de contrôler des processus répartis sur une vaste zone géographique. Le système est composé de logiciels de supervision installés sur des serveurs, qui interagissent avec des équipements matériels comme les capteurs, actionneurs, RTU et PLC, à travers des réseaux de communication (filaire ou sans fil).

2. Concepts de base des Systèmes SCADA

2.3.a. Couche client (Interface utilisateur)

La couche client est celle avec laquelle les opérateurs interagissent via une IHM. Elle permet : D'afficher les données collectées, de visualiser les courbes de tendances, de recevoir des alarmes, et de commander les processus à distance (changer des consignes, activer ou désactiver des éléments). L'objectif de cette couche est de fournir une interface intuitive, graphique et temps réel, facilitant la prise de décision rapide en cas de dysfonctionnement ou d'urgence.

2.3.b. Couche de traitement (Serveur ou MTU)

La couche de traitement est généralement constituée du serveur SCADA ou MTU. C'est le centre de calcul qui : exécute automatiquement les tâches programmées, déclenche des alertes si des seuils critiques sont atteints, réalise des calculs complexes (moyennes, dérivées, logique conditionnelle), et distribue efficacement les données aux clients, en réduisant les échanges inutiles sur le réseau.

Cette couche assure également la gestion des bases de données en temps réel, l'archivage, et parfois même la maintenance prédictive ou la génération de rapports.

2.3.c. Couche de données (RTU / PLC)

La couche de données regroupe les dispositifs de terrain tels que les RTU et les PLC, Ces équipements : recueillent les signaux physiques à partir de capteurs (niveau, volume, pression, température, etc.), convertissent ces signaux en données numériques exploitables, et transmettent les informations vers le serveur central (MTU), tout en recevant des commandes à appliquer localement (via relais, vannes, moteurs...).

Cette couche utilise des protocoles de communication industriels (Modbus, DNP3, IEC 60870-5-104, etc.) sur des réseaux LAN, WAN, ou radio.

2.3.d. Réseau de communication

Entre les différentes couches circule un flux continu d'informations. Les réseaux de communication assurent le transfert sécurisé et fiable des données. Ils peuvent être :

Filaire (Ethernet, fibre optique), sans fil (Wi-Fi, radio, 4G/5G), ou même hybrides, selon les contraintes géographiques et techniques. Ces réseaux doivent garantir la faible latence, la sécurité des données, et une redondance suffisante en cas de coupure.

2. Concepts de base des Systèmes SCADA

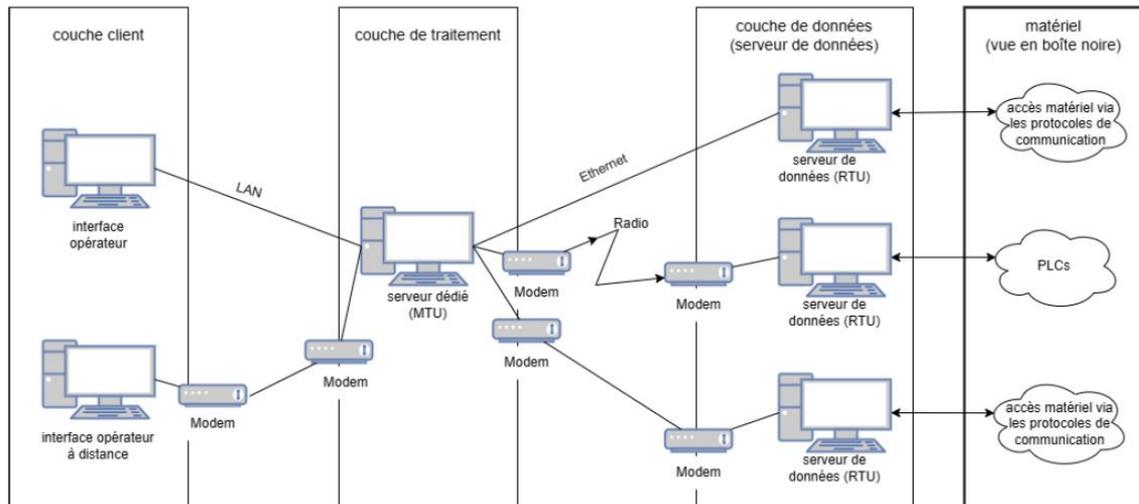


Figure 2: Architecture des systèmes SCADA[8]

3. Fonctionnement d'un Système SCADA

Afin de mieux comprendre le rôle essentiel des systèmes SCADA dans les environnements industriels modernes, il est important d'examiner leur mode de fonctionnement, les mécanismes de communication qui assurent la coordination entre les composants, ainsi que les domaines d'application concrets où ces systèmes apportent une véritable valeur ajoutée.

Les sections suivantes détaillent successivement ces trois aspects fondamentaux.

3.1. Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'un système SCADA repose sur une boucle continue de collecte de données, de traitement, de supervision et d'action. Les données sont d'abord captées par des capteurs ou transmises par les PLC et les RTU installés sur le terrain. Ces données analogiques sont converties en format numérique pour être transmises vers le serveur central. Une fois reçues, ces informations sont traitées par le système SCADA qui les affiche en temps réel via l'IHM. L'opérateur peut alors surveiller l'état du système, ajuster des paramètres de fonctionnement, ou déclencher des actions manuelles ou automatiques. En parallèle, le système enregistre les données pour des analyses futures, la traçabilité ou la maintenance prédictive. Le fonctionnement est généralement basé sur des cycles de balayage périodique, pendant lesquels l'unité maître interroge les RTU/PLC pour obtenir les dernières données et, si nécessaire, leur envoie des commandes de contrôle.

3.2. Communication entre les composants

La communication entre les composants SCADA est essentielle pour garantir une coordination fluide entre les unités de terrain et le centre de contrôle [10]. Cette communication repose sur une infrastructure réseau qui peut combiner des liaisons filaires et sans fil (Comme nous l'avons vu dans la section 2.2).

Les échanges se font selon des protocoles de communication industriels tels que:

- Modbus, simple et très répandu
- DNP3, adapté aux systèmes critiques
- IEC 60870-5-104 et IEC 61850, utilisés dans l'énergie

3. Fonctionnement d'un Système SCADA

- OPC UA, pour l'interopérabilité et la cybersécurité moderne.

Chaque composant dispose d'une adresse ou d'un identifiant réseau, ce qui permet une transmission structurée des messages selon un modèle maître-esclave ou client-serveur.

La synchronisation et l'intégrité des données sont garanties par des mécanismes de confirmation de réception, de timestamping, et de redondance réseau dans les systèmes critiques. Le bon choix du protocole et de la topologie réseau dépend des exigences du système: latence, bande passante, sécurité, distance, et coût.

3.3. Applications du SCADA

Le Tableau 3-1 ci-dessous présente un résumé des applications les plus courantes des systèmes SCADA dans différents secteurs industriels [11].

3. Fonctionnement d'un Système SCADA

Tableau 3-1: Principaux domaines d'application des systèmes SCADA

| Secteur | Fonctions assurées par SCADA |
|--------------------------------------|---|
| Énergie (production et distribution) | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Supervision des centrales (production) ❖ Automatisation des sous-stations ❖ Surveillance des lignes de transport ❖ Réponse en temps réel à la demande |
| Pétrole & Gaz | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Surveillance des puits et stations de pompage ❖ Contrôle du débit et de la pression dans les pipelines ❖ Détection rapide des anomalies ❖ Sécurité des installations |
| Usines de fabrication | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Supervision de la production ❖ Contrôle des machines et robots ❖ Suivi des paramètres physiques (T°, pression, humidité) ❖ Gestion des stocks en temps réel |
| Agroalimentaire / Pharmaceutique | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Contrôle des étapes de production ❖ Dosage précis des ingrédients ❖ Suivi du temps et de la température ❖ Traçabilité et conformité aux normes réglementaires |
| Eau & Eaux usées | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Supervision du pompage depuis les puits ❖ Contrôle des stations de traitement ❖ Remplissage des réservoirs ❖ Régulation de la pression ❖ Suivi du débit et de la qualité de l'eau |

4. Intégration de Node-RED dans une Approche SCADA : Cas du Réservoir d'Eau

4.1. Introduction

Ce projet vise à concevoir un système SCADA pour une usine de traitement d'eau, en utilisant Node-RED via la plateforme FlowFuse. L'objectif est de surveiller et de contrôler les équipements critiques tels que les pompes, les capteurs de niveau d'eau et les alarmes, tout en assurant une traçabilité des données et des notifications en temps réel [3], [12][4][12].

4.2. Objectifs du Projet

- Superviser le niveau d'eau dans les réservoirs.
- Contrôler automatiquement les pompes en fonction des seuils définis.
- Générer des rapports périodiques (CSV).
- Envoyer des notifications via Email en cas d'alerte.
- Permettre une commande manuelle via une dashboard.

4.3. Architecture du Notre Système

Dans cette section, nous présentons l'architecture adoptée pour notre système SCADA, conçue autour de la plateforme FlowFuse Node-RED. Elle s'appuie sur des capteurs simulés, des actionneurs logiques, ainsi qu'une interface utilisateur graphique permettant la supervision en temps réel. Le système intègre également un mécanisme de communication efficace et un service de notifications. Le Tableau 4-1 ci-dessous en résume les composants essentiels.

4. Intégration de Node-RED dans une Approche SCADA : Cas du Réservoir d'Eau

Tableau 4-1: Composants de l'architecture SCADA développée sous Node-RED

| Composant | Description |
|-----------------------|--|
| Plateforme | FlowFuse (Node-RED) |
| Capteurs | Simulés ou en temps réel (niveau d'eau) |
| Actionneurs | Pompes contrôlées via des nœuds logiques |
| Communication | Protocoles MQTT ou HTTP |
| Interface Utilisateur | Dashboard Node-RED |
| Notifications | Intégration avec un emails |

4.4. Méthodologie

- **Surveillance du Niveau d'Eau**

Nous avons utilisé le nœud inject et gauge comme illustré dans la Figure 4-1 (a) Pour simuler les données du capteur de niveau d'eau. Ce nœud génère une valeur aléatoire entre 0% et 100%, représentant le pourcentage du niveau d'eau (Figure 4-1 (b)). Il est configuré pour s'activer toutes les 5 secondes.

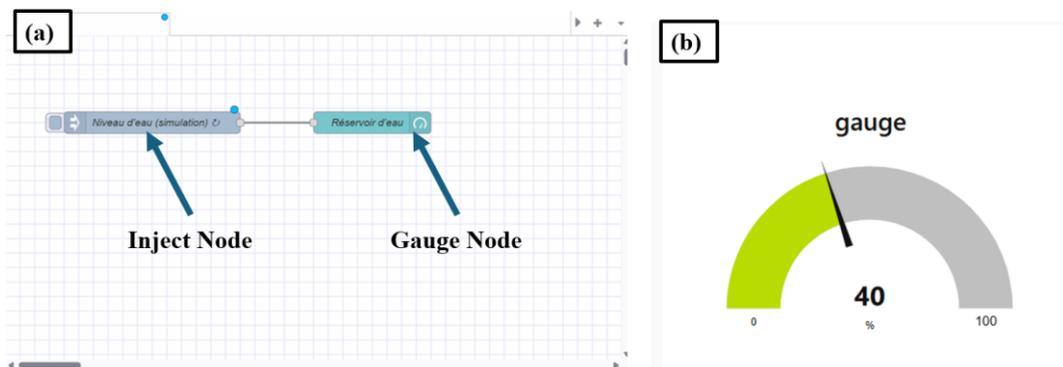


Figure 3 : (a) Interface de programmation des flux sous FlowFuse; (b) Tableau de bord de supervision correspondant

- **Notifications email**

On utiliseLe nœud email est utilisé pour envoyer automatiquement des alertes lorsque le niveau d'eau dépasse les seuils critiques (inférieur à 20 % ou supérieur à 90 %). Cette

4. Intégration de Node-RED dans une Approche SCADA : Cas du Réservoir d'Eau

fonctionnalité permet d'assurer un suivi de sécurité en cas de dysfonctionnement ou de situation anormale. Cette alerte est déclenchée automatiquement lorsque le niveau d'eau est strictement inférieur à 20 % ou dépasse 90 %. Ces seuils ont été choisis comme zones critiques afin de garantir la sécurité du système. (Voir la Figure 4-2).

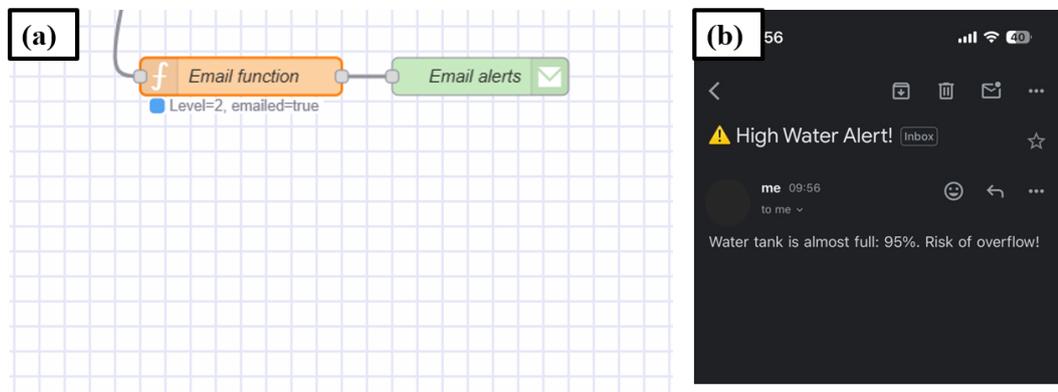


Figure 4: (a) Intégration du nœud email et (b) exemple de message reçu

- **Contrôle des Pompes**

Le contrôle des pompes est assuré automatiquement grâce aux nœuds switch qui évaluent les seuils du niveau d'eau pour activer ou désactiver la pompe. La commande manuelle est aussi possible via le dashboard avec des boutons interactifs, permettant à l'opérateur d'intervenir directement. Ces fonctionnalités sont présentées ensemble dans la Figure 4-4, qui montre à la fois la logique dans FlowFuse (a) et l'interface du dashboard (b).

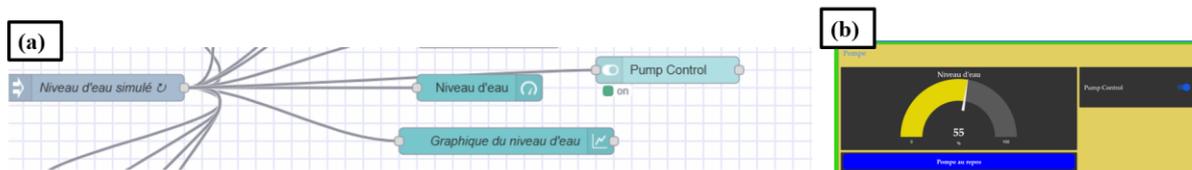


Figure 5: Contrôle automatique et manuel des pompes avec nœuds switch et interface dashboard.

- **Génération de Rapports**

Nous avons ajouté une fonctionnalité permettant de générer un rapport CSV des données enregistrées via un bouton sur le tableau de bord comme illustré dans la Figure 4-4 (a-c). Ce rapport, stocké dans FlowFuse, facilite l'export et l'analyse des historiques de niveaux d'eau, améliorant ainsi la maintenance et la prise de décision. Cette solution simple et accessible permet à l'utilisateur de télécharger facilement les données.

4. Intégration de Node-RED dans une Approche SCADA : Cas du Réservoir d'Eau

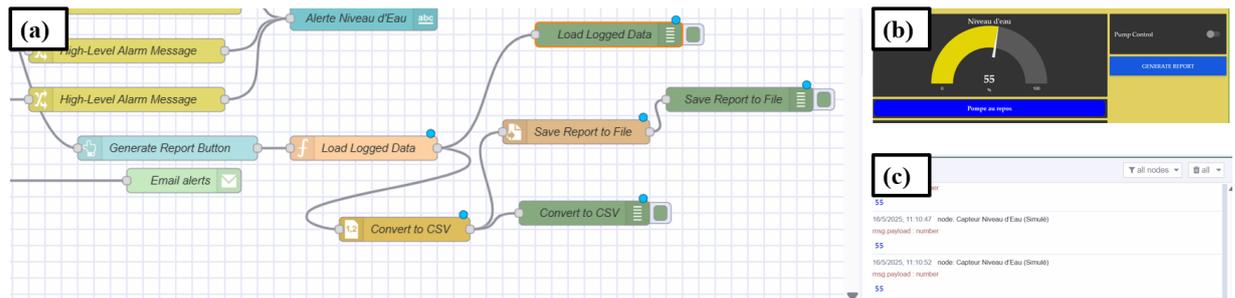


Figure 6: (a) le flux FlowFuse montrant les nœuds pour la génération et sauvegarde du rapport, (b) le bouton “Generate Report” sur le tableau de bord, et (c) la fenêtre de debug affichant les données traitées.

Cette réalisation pratique a permis de développer une simulation simple d'un système SCADA pour la supervision et le contrôle d'un réservoir d'eau intelligent par L'intégration de la plateforme FlowFuse via Node-RED a facilité la gestion des capteurs simulés, le contrôle automatique et manuel des pompes, l'envoi d'alertes par email en cas de seuil critique, ainsi que la génération et l'export de rapports de suivi. Ce prototype offre une base claire pour un suivi en temps réel fiable et un appui à la maintenance préventive et à la prise de décision.

5. Conclusions et perspectives

Ce travail a permis de concevoir, simuler et tester un système SCADA pour la supervision d'un réservoir d'eau intelligent à l'aide de la plateforme FlowFuse Node-RED. À travers cette démarche, nous avons pu intégrer plusieurs fonctionnalités clés telles que la surveillance en temps réel, le contrôle automatique et manuel des pompes, l'envoi d'alertes par email, ainsi que la génération de rapports exploitables. Cette simulation constitue une base solide, reproductible et évolutive pour des applications concrètes dans le domaine du contrôle industriel.

Dans une perspective d'amélioration, le système pourrait être enrichi par l'intégration de capteurs physiques réels, une interface mobile plus avancée, ainsi qu'une base de données externe pour un enregistrement à long terme. L'ajout de protocoles de communication industriels (comme Modbus ou MQTT avec équipements réels) permettrait également de rapprocher la simulation d'une solution déployable sur le terrain.

Mon objectif est de continuer à développer des applications autour des systèmes SCADA et, si possible, de les proposer à SONELGAZ El Oued, qui ne dispose pas encore de ce type de système. Cela pourrait grandement faciliter leur travail quotidien, améliorer la sécurité, la réactivité, et l'efficacité des interventions techniques. Ayant découvert les systèmes SCADA lors de mon stage au sein de cette entreprise, je suis convaincu de leur utilité et motivé à contribuer à leur adoption future.

Bibliographies

- [1] A. Daneels, “WHAT IS SCADA?”
- [2] “Tendances technologiques Systèmes SCADA Architecture d’entreprise, Direction générale du dirigeant principal de la technologie,” 2019.
- [3] “Design and Implementation of Node-Red Based Open-Source”.
- [4] “What is Node-RED? • FlowFuse.” Accessed: May 12, 2025. [Online]. Available: <https://flowfuse.com/node-red/>
- [5] “Different Types of SCADA System Architecture.” Accessed: May 14, 2025. [Online]. Available: <https://automationforum.co/different-types-of-scada-system-architecture/#htoc-1>
- [6] “Supervisory Control and Data Acquisition Approach”.
- [7] Rajashree. Paul, *The 11th Annual IEEE Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference : virtual conference, Vancouver, Canada, 4th-7th November, 2020*. IEEE, 2020.
- [8] P. M. BOUDIAR Toufik MCA, P. Mme BOUTERFAS Malika MCA, C. M. CHERIFI Tarek MCB, E. M. KHOUMERI El Hadi MCB, and E. M. BOUCHACHI Islem MCB, “République Algérienne Démocratique et Populaire وزارة التعليم العالي والبحث العلمي Ministère de l’Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Département : Génie électrique Et Informatique Industrielle Composition du Jury.”
- [9] “Intégration des techniques”.
- [10] B. Kamal, “République Algérienne Démocratique et Populaire Option : Communication Thème Etude et réalisation d’un mini système SCADA,” 2009.
- [11] G. Yadav and K. Paul, “Architecture and security of SCADA systems: A review,” Sep. 01, 2021, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.ijcip.2021.100433.
- [12] I. V. Nițulescu and A. Korodi, “Supervisory Control and Data Acquisition Approach in Node-RED: Application and Discussions,” *Internet of Things*, vol. 1, no. 1, Sep. 2020, doi: 10.3390/iot1010005.

Annexe A : Démonstrations

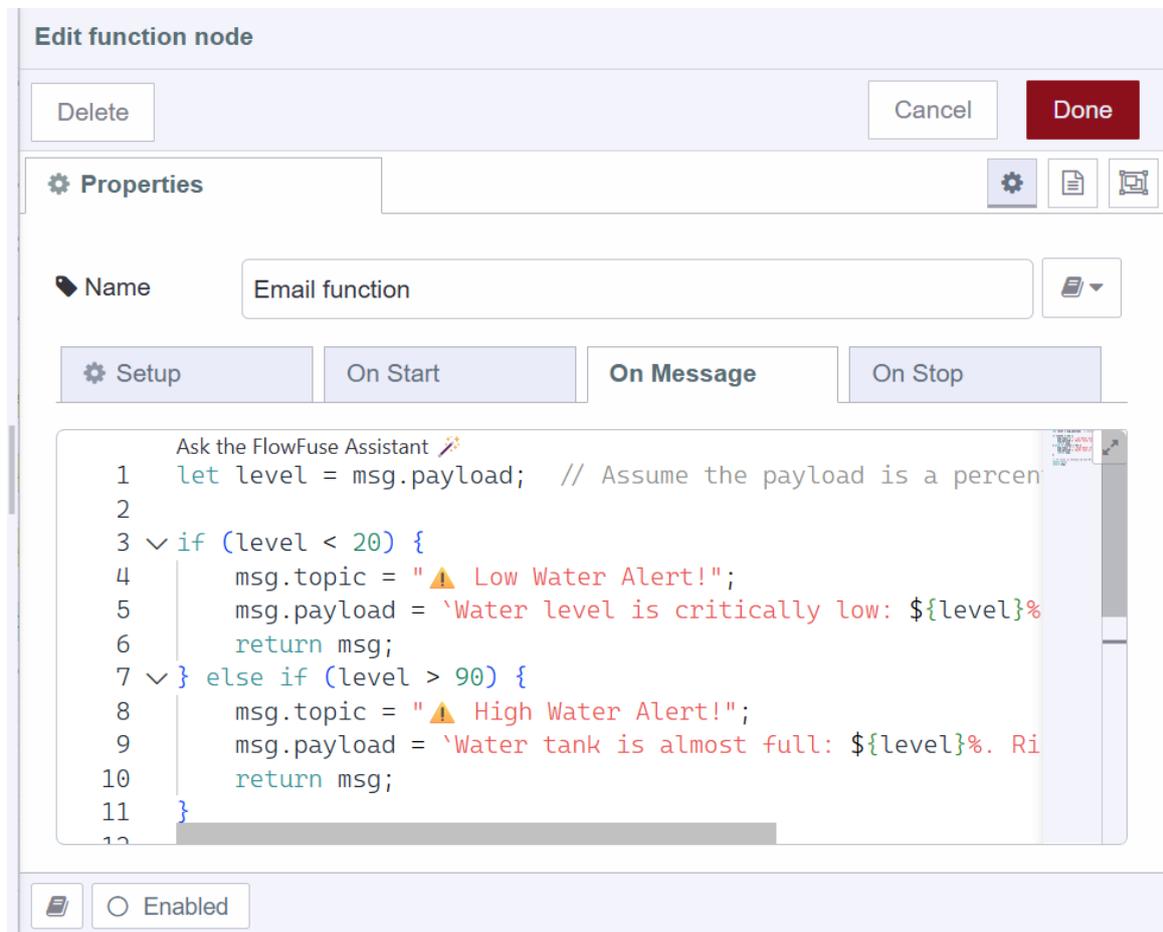


Figure A- 1 : Fonction d'envoi d'alerte par email dans FlowFuse.

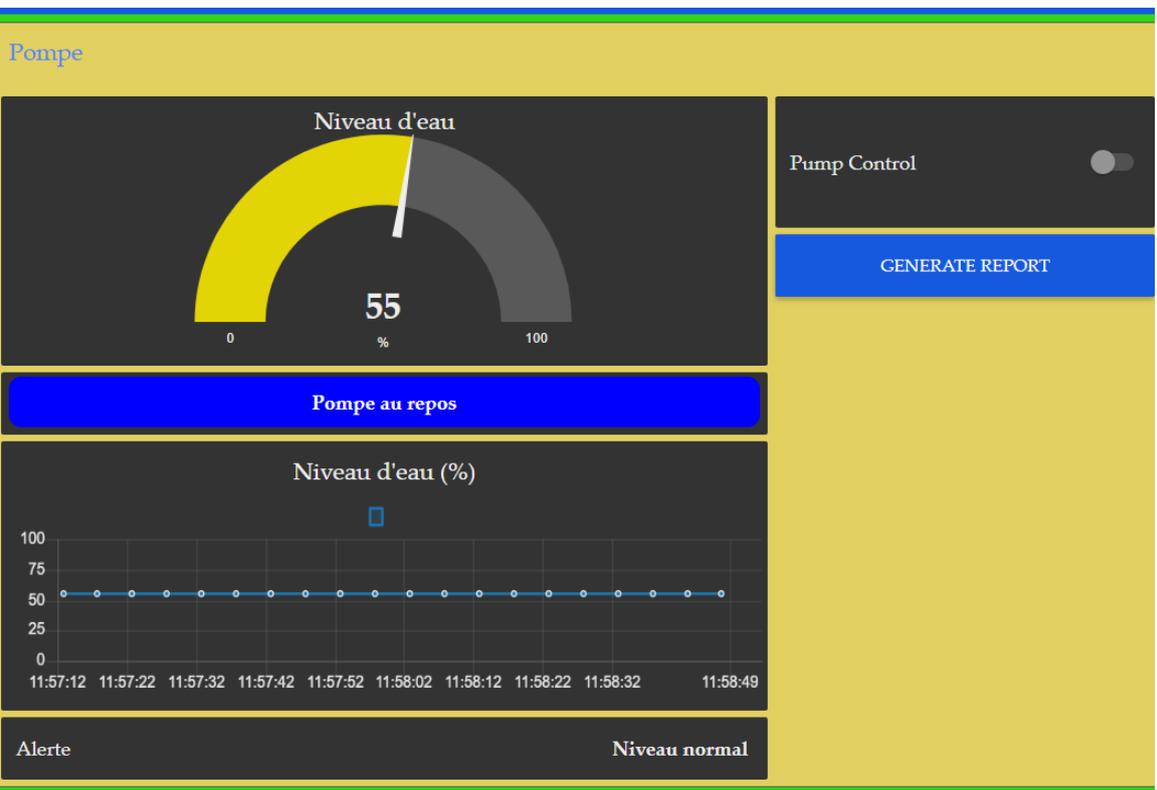


Figure A- 2: Interface du tableau de bord pour la supervision et le contrôle du système SCADA.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université de Ghardaïa



جامعة غرداية
كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم: Automatique et électromécanique

غرداية في : 12/06/2025

شعبة: Energies renouvelables
تخصص: Energies renouvelables et environnement

شهادة ترخيص بالتصحيح والاياداع:

انا الاستاذة Assia Hamada

بصفتي المشرف المسؤول عن تصحيح مذكرة تخرج ليسانس المعنونة بـ:

Fonctionnement de Système SCADA et ses Exigences pour les Usines de Traitement

من انجاز الطالب:

Mohammed SADOON

التي نوقشت/قويت بتاريخ: 21/05/2025

اشهد ان الطالب/الطالبة قد قام/قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة المناقشة وقد تم التحقق من ذلك من طرفنا وقد استوفت جميع الشروط المطلوبة.

مصادقة رئيس القسم

امضاء المسؤول عن التصحيح

رئيس قسم الألية والكهروميكانيك
عزوي محمد



h.Assia

