الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
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

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme Master en Automatique

Spécialité
Automatique et informatique industrielle

Développement d'une application mobile pour la supervision d'une machine de production du chocolat en poudre

Réalisé par

Nizar CHENOUF
Yasmina Salsabil SEMMADI

Présent(e) et soutenue publiquement le (04 /07/2023)

Composition du Jury :

Président	M. Amar REZOUG,	M.C.A	ENST
Encadrant	M. Reda DERMOUCHE,	M.C. B	ENST
Co-encadrant	M. Mahrez BARKOUK,	Expert métier	Cévital
Examinateur	Mme. Faiza BOUGCHICHE,	M.A.A	ENST
Examinateur	M. Samir KHALOUAT,	M.C.B	ENST

Année universitaire 2022 –2023

Dédicace

“

À nos parents bien-aimés, qui sont la source de notre vie, de notre amour et de notre affection sincère,

À nos chers frères, qui apportent joie et bonheur à nos vies, À toutes nos familles, qui sont une source constante d'espoir et de motivation,

À tous nos amis, qui ont partagé nos joies, nos peines et ont été présents à nos côtés,

”

Nizar & Salsaabil

Remerciement

Nous sommes profondément reconnaissants envers toutes les personnes qui ont contribué de manière significative à la réalisation de ce mémoire par leur expertise scientifique et leurs précieux conseils.

Nous souhaitons exprimer notre gratitude sincère envers **M. Redha DERMOUCHE** pour ses conseils inestimables, sa confiance et sa bienveillance tout au long de notre projet de fin d'étude. Nous sommes reconnaissants d'avoir eu l'opportunité de bénéficier de son encadrement et de sa disponibilité.

Nous tenons également à exprimer notre profonde reconnaissance envers **M. Mahrez Barkouk** pour ses conseils éclairés, ses commentaires pertinents et son suivi attentif de notre travail.

Notre gratitude est sincère envers toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire et ont joué un rôle essentiel dans notre réussite.

Table des matières

Table des figures **1**

Introduction générale **1**

I Revue de la littérature **2**
I.1 Introduction . . . 3
I.2 Définitions de concepts clés . . . 3
1.2.1 Que signifie concrètement le concept d'industrie du futur . . . 3
1.2.2 Three trees Architecture . . . 4
1.2.3 La différence entre le edge et fog computing . . . 6
1.2.4 Difficultés de l'IoT . . . 7
I.3 Conclusion . . . 9

II Environnement et outils de développement **10**
II.1 Introduction . . . 11
II.2 Node-red . . . 11
11subsection.2.2.1
2.2.2 Choix de framework . . . 12
2.2.3 Installation de NODE RED . . . 12
2.2.4 Configuration du mot de passe . . . 12
2.2.5 Node-red-contrib-s7 . . . 13
II.3 Ngrok . . . 15
2.3.1 Introduction à Ngrok . . . 15
2.3.2 Installation et configuration de Ngrok . . . 15
2.3.3 Principe de fonctionnement de Ngrok . . . 16
II.4 Conclusion . . . 16

III Réalisation et implémentation **18**
III.1 Introduction . . . 19
III.2 Méthodologie . . . 19
III.3 Description du système . . . 19
III.4 Principe de fonctionnement de système proposé . . . 20
III.5 Implémentation du système . . . 21
3.5.1 L'interface IHM . . . 21
3.5.2 L'accès distant à notre application . . . 36
III.6 Conclusion . . . 36

Conclusion et perspectives **37**

Annexes **40**

A Programmation de l'application **41**

ملخص **49**

Table des figures

I.1 Three trees architecture . . . 4
I.2 Statistiques des attaques . . . 7
I.3 Nombre des appareils intelligents installés malgré la complexité . . . 7
I.4 Investissemnt des appareils inteligents malgré le coût . . . 8
I.5 Croissance exponentielle des données générées par l'IoT . . . 8
I.6 La croissance des appareils connectés au fil du temps. . . . 9

II.1 Éditeur de flux de Node-Red . . . 11
II.2 Modification de mot de passe . . . 12
II.3 Propriétés de noeud s7 . . . 13
II.4 Lecture de nombre de cycle à faire . . . 14
II.5 La saisie de nombre de cycle à faire . . . 14
II.6 Comment fonctionne Ngrok . . . 16

III.1 schéma illustratif du la méthodologie du fonctionnement . . . 19
III.2 schéma interne de système proposé . . . 21
III.3 Le Nœud PLC . . . 21
III.4 Configuration des paramètres . . . 22
III.5 Noeud de récupération des données . . . 22
III.6 Noeud d'envoi des données . . . 22
III.7 La fonction 9 . . . 23
III.8 La fonction 41 . . . 23
III.9 visualisation de la trémie de cacao . . . 23
III.10 Production hebdomadaire du chocolat . . . 23
III.11 exemple de code html pour la tabe des alarmes . . . 24
III.12 Récupération des données . . . 24
III.13 L'accès à la base de données . . . 24
III.14 Email . . . 25
III.15 Notification . . . 25
III.16 Interface de connexion . . . 25
III.17 Interface recette . . . 26
III.18 Interface commande . . . 27
III.19 Interface paramètres . . . 28
III.20 Interface consigne et objectifs . . . 29
III.21 Différentes informations présentées par l'interface progression de production . . . 30
III.22 Interface opérateur cacao . . . 31
III.23 Interface Alarmes . . . 32
III.24 Interface laboratoire . . . 33
III.25 Interface à propos . . . 34
III.26 Interface contact . . . 35

I.1 Backend recette . . . 41
I.2 Backend Cacao . . . 42
I.3 Backend production . . . 42
I.4 Backend progression . . . 43
I.5 Backend paramètres . . . 44
I.6 Backend consigne . . . 44
I.7 Backend commande . . . 46
I.8 Backend email . . . 46
I.9 Backend CSS . . . 47

I.10 Les erreurs possible des variateurs 47
I.11 backend forçage 47
I.12 Les erreurs possibles 48
I.15 Backend database Labo 48
I.16 Backend database Production_has_Alarmes 48

Introduction générale

En raison de la propagation rapide de la technologie IoT (Internet des objets), une forte vague de numérisation a également atteint le secteur industriel. Par conséquent, ces dernières années, les développements industriels se caractérisent également par l'intégration de la tendance IoT, passant de l'IoT quotidien à l'IIoT (IoT industriel). Dans ce cas, il ne s'agit pas seulement de l'industrie classique, mais aussi de la stratégie bien connue de l'Industrie 4.0 (automatisation, big data, IoT, Cloud).[Main5]

Dans ce mémoire, nous démontrerons pourquoi l'intégration de l'IoT est importante pour l'industrie et comment la grande quantité de données collectées peut être utilisée. Il est bien connu que l'industrie est caractérisée par des normes et des règles rigides. Aujourd'hui, avec la tendance de l'industrie 4.0, les usines commencent à introduire des versions industrielles des dispositifs IoT familiers.Nous montrerons les options de la technologie avancée d'aujourd'hui pour stocker les données que nous collectons, l'utilisation de différents protocoles de communication IIoT (S7comm) et pour présenter les avantages de Node-RED. Nous donnons un aperçu de la possibilité de stocker, d'analyser et de visualiser des données provenant de certains systèmes industriels avec des développements informatiques innovants.

Ce mémoire est organisé en trois (3) chapitres :

Dans le premier chapitre « **Revue de la littérature** »nous réaliserons une revue qui nous permettra de nous familiariser avec les concepts de base reliés à l'IoT et en particulier à la mise en œuvre des applications IoT. Notre revue de littérature aura également pour objectif d'identifier et de comprendre les exigences des applications IoT ainsi que leurs inconvénients.

Le second chapitre « **Environnement et outils de travail** »est divisé en deux parties. Dans la première partie, nous décrivons le logiciel utilisé, notamment la création du programme **Node-RED**, la transmission des données et la base de données. Dans la deuxième partie, nous abordons le logiciel de tunneling **Ngrok**, en détaillant son installation et son principe de fonctionnement.

Dans le troisième chapitre « **Réalisation et implémentation** »nous présentons notre système proposé qui vise à améliorer la gestion et la surveillance du processus industriel.Nous décrirons les différentes fenêtres et fonctionnalités clés de l'application, telles que le tableau de bord en temps réel. De plus, nous mettrons en évidence les résultats d'implémentation obtenus après avoir testé notre application.

La mémoire présente le système créé, les données utiles obtenues à partir de celui-ci et les informations nécessaires pour le développement ultérieur.

Chapitre I

Revue de la littérature

I.1 Introduction

L'industrie regroupe les activités qui permettent de transformer des matières premières en biens de production comme l'énergie ou les machines ou en biens de consommation comme les voitures ou les vêtements, l'industrie a profondément évolué avec le développement du numérique, on parle aujourd'hui d'industrie du futur ou encore d'industrie 4.0 en Algérie. L'industrie du futur est un nouveau moyen d'organiser leur mode de production en s'appuyant sur le numérique pour optimiser leur production, améliorer les conditions de travail de leurs salariés et réduire leur impact environnemental.

I.2 Définitions de concepts clés

1.2.1 Que signifie concrètement le concept d'industrie du futur

L'industrie devient un ensemble entier connecté dans lequel les machines,le système d'information et les produits communiquent en permanence.
L'industrie du futur se manifeste de jour en jour en formant de véritables réseaux qui échangent et traitent énormément de données numériques, celles ci sont nombreuses et de nature différente comme la température,la vitesse de fonctionnement ou encore la localisation d'un stock, cet échange s'effectue de la manière suivante

- Les données sont enregistrées par des capteurs embarqués sur des pièces ou sur des machines qui se trouvent dans toute l'entreprise,les différents éléments de cet internet industriels des objets sont alors capables de communiquer et d'interagir ensemble.
- Ces capteurs sont ainsi utilisés pour suivre en temps réel les cadences d'utilisation des machines afin d'optimiser la production, on parle de maintenance prévisionnelle, ils permettent de prévoir les opérations de maintenance en anticipant les pannes cette maintenance prévisionnelle va permettre de réduire les coûts liés à l'interruption involontaire de la production mais aussi allonger la durée de vie des machines en optimisant leur utilisation.
- Ensuite, les capteurs sont aussi des superviseurs énergétique qui permettent par exemple, de localiser une fuite, d'identifier la machine qui utilise le plus l'électricité ou de refaire l'isolation d'une partie du bâtiment et toutes ces données font partie de ce qu'on appelle les data c'est à dire un ensemble massif d'informations numériques issus de l'intérieur de l'usine.
- Ces données sont ensuite stockés ,trier et analysés par l'intelligence artificielle afin de déclencher des opérations de maintenance et d'optimisation, l'intelligence artificielle va permettre d'exécuter instantanément des calculs complexes, l'analyse des données s'effectue alors en temps réel ce qui facilite la prise de décisions pour les humains.

Le second aspect important de l'industrie du futur est de faire travailler auprès de ses salariés des robots collaboratif appelé aussi COBOTS.

- Ces derniers sont conçus pour interagir physiquement avec l'humain sans le mettre en danger, équipé de capteurs et d'intelligence artificielle ,ils sont capables de ralentir leur cadence dès qu'une personne s'approche et s'arrête automatiquement s'il détecte un obstacle.
- Les COBOTS peuvent être pilotés à distance, un bras robotique peut par exemple être programmée par un opérateur humain pour monter des colis à la chaîne.
- les COBOTS peuvent équiper les hommes sous la forme exo-squelette qui permet par exemple de porter des pièces d'automobile lourde l'utilisation de ces COBOTS permet de soulager les tâches pénibles pour les humains.

Ensuite, il est intéressant de savoir que les entreprises utilisent la conception assistée par ordinateur ou CAO avant de lancer la production, elle permet de changer de point de vue, faire évoluer dans l'espace la pièce, modéliser, modifier des paramètres et constater les conséquences, pour compléter cette modélisation la réalité virtuelle permet de s'approcher plus encore du réelle puisqu'elle plongeant l'utilisateur dans un monde factice lui permettant par exemple de simuler toute une chaîne de production dans l'industrie du futur.
On utilise également la réalité augmentée, qui vient d'ajouter un objet virtuel dans le réel, avec cette technique les professionnels planifient l'organisation de leurs ateliers de fabrication et peuvent vérifier la correspondance des pièces conçues en CAO, et destinés à être assemblés.

Enfin les industries du futur produisent avec la fabrication additive qu'on appelle aussi l'impression 3d ce qui permet d'obtenir des produits uniques ou en série des pièces de rechange pour les machines mais aussi des prototypes, cette technique consiste après modélisation sur ordinateur a ajouté de la matière successives jusqu'à l'obtention du produit.

1.2.2 Three trees Architecture

L'évolution rapide des technologies de l'information a conduit à la création d'un écosystème informatique complexe et inter-connecté. Avec la croissance des appareils connectés et des applications exigeantes en données, les infrastructures traditionnelles ne suffisent plus à répondre aux besoins croissants de traitement et de stockage des données.

C'est là que l'architecture à trois niveaux du cloud, de l'edge et du fog computing entre en jeu. Cette approche permet de décentraliser le traitement des données et de rapprocher les ressources informatiques du lieu où les données sont générées, ce qui permet une réponse plus rapide et une meilleure efficacité globale du système.

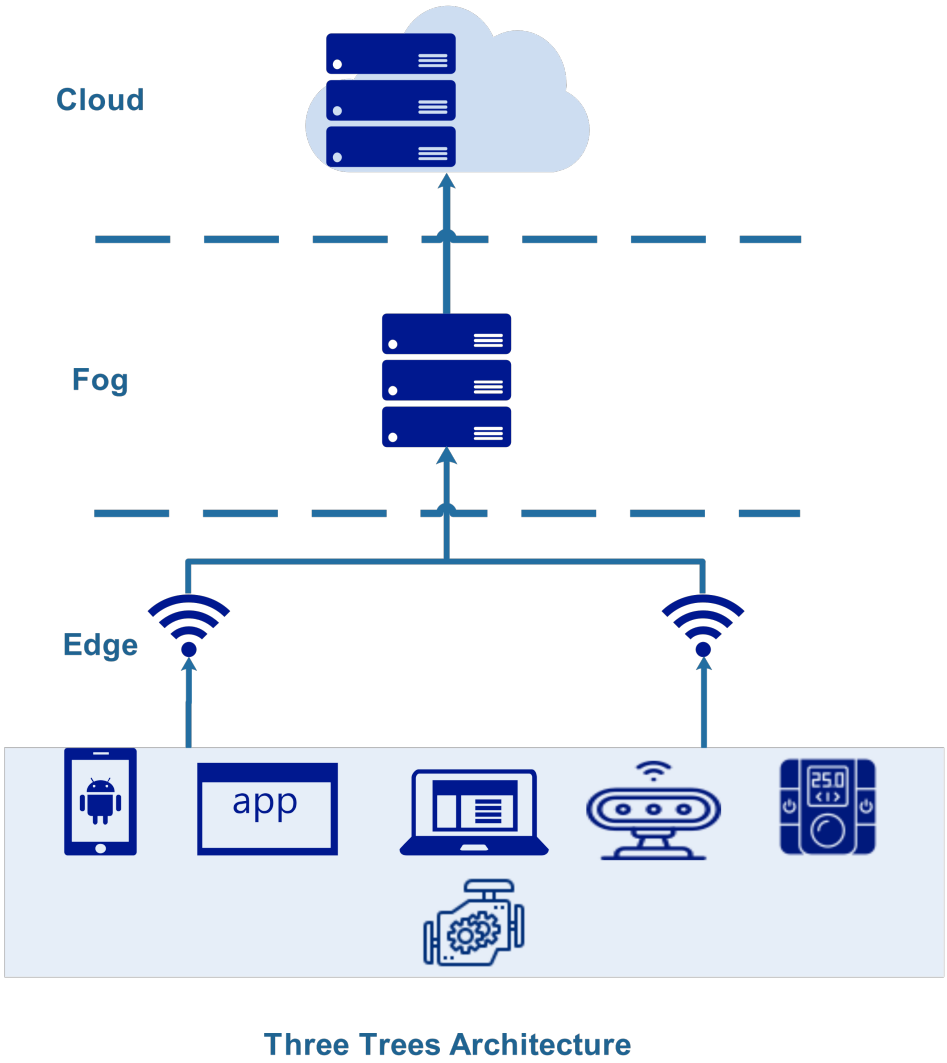


FIGURE I.1 – Three trees architecture

Premier niveau : Cloud computing

— **Définition du Cloud**
Le cloud est un modèle où on consomme des ressources informatiques comme n'importe quelle utilité : consommation de l'eau, de l'électricité, du gaz et films à la demande... Et bien maintenant on peut consommer de la puissance de calcul, des serveurs, des applications ou de l'espace de stockage. Toutes sortes de ressources informatiques, en somme. Et ce, sans posséder l'infrastructure technique qui réside chez le fournisseur de services en cloud, et ces services informatiques sont accessible via un réseau étendu comme Internet.

La première chose à retenir du cloud c'est que c'est avant tout un modèle économique qui utilise des technologies existantes.Parce que côté technique, il y a vraiment rien de nouveau ce qui est nouveau par contre se sont les concepts sur lequel s'appuie ce modèle du cloud.

— **Caractéristiques essentielles du cloud**

Service à la demande :
La première caractéristique c'est qu'un service cloud est d'abord un service à la demande, cela veut donc dire qu'un client doit pouvoir faire une demande pour n'importe quel type de ressources et à n'importe quel instant, la réponse du Cloud doit être immédiate, ce qui est possible car tout est informatisé dans le cloud.

Service mesurable :
La deuxième caractéristique essentielle est un service mesurable c'est à dire que le client et le fournisseur doivent pouvoir mesurer l'usage qui est fait des ressources. Pour le client, ce service lui permet de savoir quel est l'ensemble des ressources qu'ils consomment. C'est d'autant plus important que dans le modèle du cloud, un client ne paye que ce qu'il utilise.

Mutualisation des ressources :
Un hébergeur cloud possède d'énormes ressources IT et ses ressources sont partagées entre l'ensemble de ses clients en fonction de la demande sans qu'aucun ne sache où se situe la ressource consommée. La mutualisation permet de l'élasticité dans les ressources du cloud en adaptant automatiquement les ressources aux variations de la demande

Elasticité des ressources :
c'est la capacité d'allouer dynamiquement des ressources en fonction des besoins que ce soit à la hausse, à la baisse, de façon durable ou de façon temporaire et ceci de façon très rapide.

Deuxième niveau : Fog computing

— **Définition**
Le fog computing a été développé pour répondre aux défis posés par l'Internet des objets (IoT) et les applications en temps réel. Dans l'IoT, un grand nombre d'appareils connectés génèrent d'énormes quantités de données. Plutôt que d'envoyer toutes ces données vers un centre de données distant pour les traiter et les analyser dans le cloud, le fog computing propose de déplacer une partie de ce traitement directement vers le réseau périphérique.
Contrairement au cloud computing traditionnel, qui se concentre sur la consolidation des ressources de calcul dans des centres de données massifs et distants, le fog computing distribue les ressources de calcul sur un continuum allant du cloud jusqu'aux appareils IoT eux-mêmes. Cela permet de rapprocher le traitement des données des appareils et des utilisateurs finaux.

— **Les avantages**
  — **Latence réduite :** En déplaçant le traitement vers le réseau périphérique, le fog computing réduit le temps de latence en évitant le délai lié à l'envoi des données vers le cloud distant et en renvoyant les résultats plus rapidement.
  — **Bande passante économisée :** Les appareils IoT génèrent souvent de grandes quantités de données, et l'envoi de toutes ces données vers le cloud peut engendrer une utilisation importante de la bande passante. Avec le fog computing, une partie du traitement est effectuée localement, ce qui réduit la quantité de données à envoyer vers le cloud et économise la bande passante.
  — **Prise de décision locale :** Le fog computing permet de prendre des décisions de manière autonome et locale, sans dépendre d'une connexion constante au cloud. Cela est particulièrement utile dans les cas où la latence ou la connectivité réseau peuvent être des problèmes critiques, comme dans les voitures autonomes, les usines intelligentes ou les systèmes de surveillance.
  — **Sécurité renforcée :** Le fog computing permet de traiter certaines données sensibles localement, sans les envoyer au cloud. Cela peut renforcer la sécurité en réduisant les risques de piratage ou d'accès non autorisé aux données.

En somme, le fog computing étend le modèle de le modèle de cloud computing en déplaçant une partie du traitement des données vers le réseau périphérique. Cela permet de réduire la latence, d'économiser la bande passante, de prendre des décisions autonomes et de renforcer la sécurité dans les applications IoT et en temps réel.

Troisième niveau : Edge computing

— **Définition**
Les objets connectés sont de plus en plus nombreux. On a par exemple les montres connectées, les voitures intelligentes, les smart TV, les systèmes de surveillance connectés, les assistants personnels

et bien évidemment les smartphones, tout ça fait que le volume de données généré est en pleine explosion et cette volumétrie massives de données risque de saturer la bande passante entre ces objets connectés et les datacenters qui traitent les données.
La conséquence directe est l'augmentation de la latence du traitement de la donnée ce qui est problématique car dans certains cas il y a un besoin d'une grande réactivité dans l'analyse et le traitement des données de l'ordre de la quasi instantanéité. C'est là que le Edge computing va apporter une solution.
Plutôt que d'être transmises directement au datacenter distant pour être traités de façon centralisée, la réponse du Edge computing va être tout simplement de traiter une partie de ces gros volumes de données de façon décentralisée au niveau local,les données sont alors traitées localement soit directement par les objets connectés soit par une machine locale comme un ordinateur ou un serveur ce qui permet de réduire la latence du traitement de l'information car les données n'ont pas besoin de traverser un vaste réseau pour atteindre un datacenter distant les données n'ont plus besoin d'être envoyées dans leur intégralité au datacenter.
Seules certaines informations sont remontées au datacenter ce qui a pour conséquence de désengorger le trafic réseau afin de s'assurer que les données critiques atteignent le datacenter, améliorant ainsi la qualité du service.
Le Edge computing est donc complémentaire au Cloud et le fog computing, chaque niveau va avoir un rôle spécifique.

- **Les caractéristiques clés du edge computing**
  - **1. Traitement local :**
    Le edge computing effectue le traitement des données au niveau des périphériques ou à proximité immédiate, ce qui réduit la latence et permet une réponse plus rapide.
  - **2. Décentralisation :**
    Les calculs et les analyses sont réalisés localement, près de la source des données, ce qui permet de réduire la dépendance aux connexions réseau et de minimiser les besoins en bande passante.
  - **3. Capacités de calcul :**
    Le edge computing permet d'exécuter des applications et des services de calcul directement sur les périphériques ou sur des serveurs locaux, ce qui offre une puissance de calcul supplémentaire et permet de traiter les données localement.
  - **4. Prise de décision autonome :**
    Le edge computing permet aux périphériques et aux systèmes d'intelligence artificielle embarquée de prendre des décisions en temps réel sans avoir besoin de se connecter en permanence à un centre de données centralisé.
  - **5. Sécurité des données :**
    En traitant les données localement, le edge computing offre un meilleur contrôle et une meilleure sécurité des données, car les informations sensibles peuvent être traitées et stockées localement plutôt que d'être envoyées sur des réseaux moins sécurisés.
  - **6. Économie de bande passante :**
    En effectuant une partie du traitement des données à la périphérie du réseau, le edge computing réduit la quantité de données qui doivent être transférées vers le cloud central, ce qui permet d'économiser de la bande passante et de réduire les coûts associés.
  - **7. Adaptabilité :**
    Le edge computing permet une architecture flexible et évolutive, car de nouveaux nœuds de traitement peuvent être ajoutés ou retirés facilement, ce qui facilite l'ajustement des ressources en fonction des besoins du système.

1.2.3 La différence entre le edge et fog computing

Dans la littérature, il y a une grande confusion entre le Fog et le Edge computing telle qu'une grand communauté qui considère qu'il y a aucune différence entre l'edge et le foge computing, mais en réalité la différence réside dans l'emplacement où le traitement des données a lieu. L'edge computing se concentre sur le traitement local au niveau des périphériques, tandis que le fog computing ajoute une couche intermédiaire de nœuds de traitement entre les périphériques et le cloud central pour fournir des capacités supplémentaires de calcul et de stockage. Que le fog computing ajoute une couche intermédiaire de nœuds de traitement entre les périphériques et le cloud central pour fournir des capacités supplémentaires de calcul et de stockage.

1.2.4 Difficultés de l'IoT

Bien que l'Internet des objets (IoT) présente de nombreux avantages dans l'industrie, il existe également certains inconvénients à prendre en compte. Voici quelques-uns des principaux inconvénients de l'Iot dans l'industrie [1] :

— **Sécurité :**
L'un des plus grands défis liés à l'IoT industriel est la sécurité des données. Lorsque de nombreux dispositifs sont connectés au réseau, ils deviennent des points d'entrée potentiels pour les cyberattaques. Les failles de sécurité dans les appareils connectés peuvent compromettre l'intégrité des données, entraîner des pertes financières et nuire à la réputation de l'entreprise. Il est essentiel de mettre en place des mesures de sécurité robustes pour protéger les systèmes IoT.



FIGURE I.2 – Statistiques des attaques

— **Intégration complexe :**
Les systèmes IoT dans l'industrie peuvent être complexes à mettre en œuvre et à intégrer avec les infrastructures existantes. Il peut être nécessaire de modifier les processus et les systèmes existants pour permettre une intégration transparente des appareils connectés. Cela nécessite des investissements en termes de temps, de ressources et de compétences techniques.

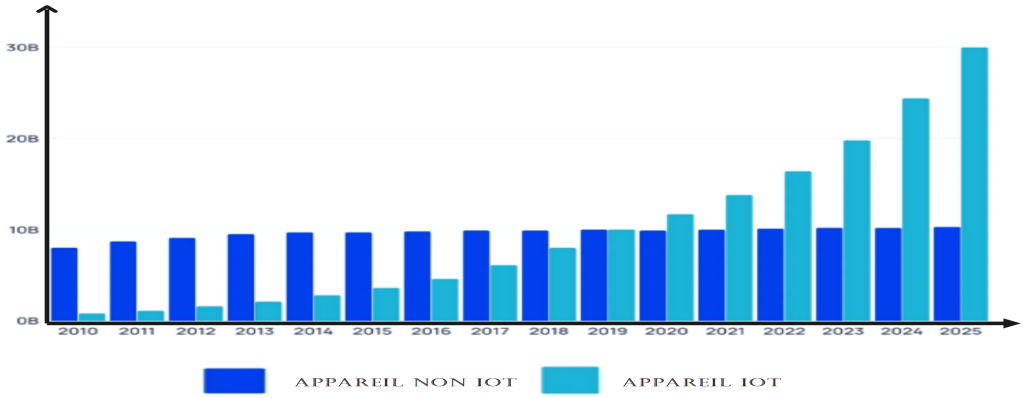


FIGURE I.3 – Nombre des appareils intelligents installés malgré la complexité

1. Toutes les statistiques sont extraites du site [Main3].

— **Coûts élevés :**
L'implémentation de l'IoT industriel peut entraîner des coûts élevés. Cela inclut l'achat et le déploiement des dispositifs connectés, la mise à niveau des infrastructures de communication, la formation du personnel et la maintenance des systèmes. Les petites et moyennes entreprises peuvent trouver difficile de supporter ces coûts, ce qui peut limiter l'adoption de l'IoT dans certains secteurs.

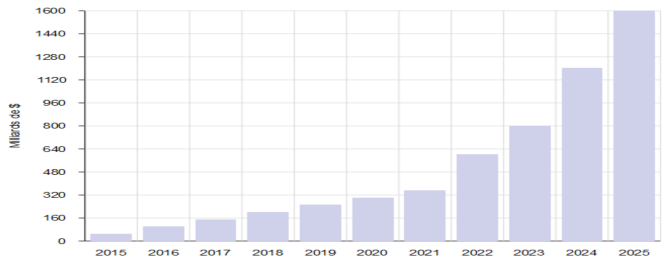


FIGURE I.4 – Investissemnt des appareils inteligents malgré le coût

— **Évolutivité et gestion des données :**
La collecte et le traitement massifs des données générées par les appareils IOT peuvent représenter un défi en termes de gestion et de stockage des données. Les entreprises doivent être en mesure de gérer efficacement le volume croissant de données tout en s'assurant que les informations pertinentes sont extraites de manière significative pour des prises de décisions précises.

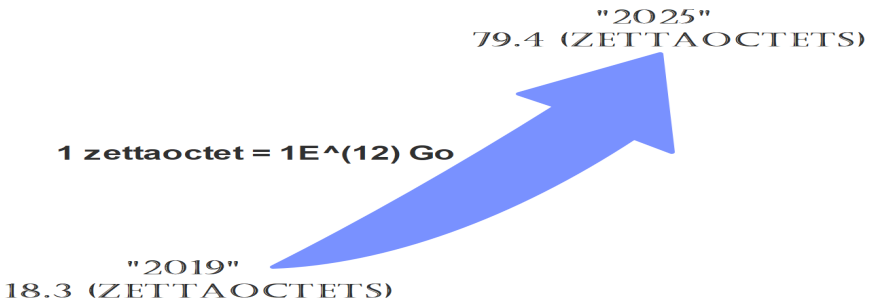


FIGURE I.5 – Croissance exponentielle des données générées par l'IoT

— **Interopérabilité :**
Dans certains cas, les appareils IoT peuvent provenir de différents fabricants et utiliser des protocoles de communication différents, ce qui peut entraîner des problèmes d'interopérabilité. La mise en place d'une interopérabilité efficace entre les appareils IoT peut nécessiter des efforts supplémentaires pour garantir une communication fluide et une intégration transparente.

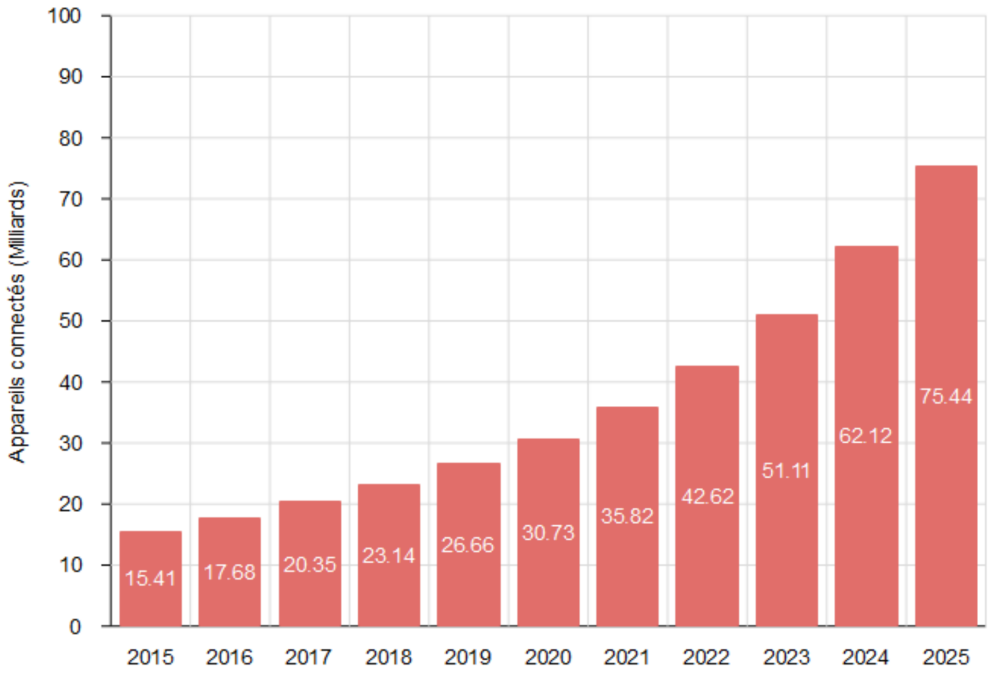


FIGURE I.6 – La croissance des appareils connectés au fil du temps.

Malgré les inconvénients de l'Internet des objets (IoT), les statistiques montrent une croissance exponentielle de cette technologie. Les dépenses mondiales dans les services de IoT public ont considérablement augmenté, ce qui témoigne de la confiance croissante envers l'IoT. De plus, le marché de l'informatique en brouillard et de l'informatique de périphérie connaît une expansion continue en raison de la demande croissante pour des solutions rapides et réactives. Ces chiffres solides démontrent l'importance et l'impact significatif de l'IoT dans divers secteurs tels que la santé, la logistique, Manufacturing, etc. Malgré les défis, l'IoT continue de façonner le monde connecté et offre un immense potentiel d'innovation et d'amélioration continue.

I.3 Conclusion

En conclusion, l'industrie du futur est en constante évolution grâce à l'adoption croissante de l'Internet des objets (IoT). L'IoT, avec sa three trees architecture et ses multiples avantages, joue un rôle essentiel dans la création d'une infrastructure connectée et intelligente, propulsant ainsi la transformation de l'industrie.

Chapitre II

Environnement et outils de développement

II.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous explorons les logiciels utilisés et le rôle essentiel du service de l'industrie connectée, en mettant l'accent sur le codage du programme Node-RED, la transmission des données et la gestion de la base de données. Au cœur de notre étude se trouve Node-RED, un environnement open source et multiplateforme qui s'appuie sur Node.js ;qui est un environnement de programmation au niveau du serveur qui utilise JavaScript. Il offre une flexibilité d'utilisation pour le développement d'applications web et la gestion des données. Afin de rendre notre application accessible sur Internet, nous utilisons le logiciel Ngrok. Il est un outil qui permet de créer un tunnel sécurisé entre un serveur local et Internet. Il permet d'exposer un serveur local au public en créant une URL accessible depuis n'importe quel navigateur.
Grâce à une compréhension approfondie de Node-RED et de son potentiel, nous serons en mesure d'exploiter ses fonctionnalités pour répondre aux exigences spécifiques de notre projet et de l'industrie connectée.

II.2 Node-red

2.2.1 Présentation générale du framework [1]

Node-Red (OpenJSFoundation, 2019) est un outil graphique pour modéliser les applications IoT sous forme de flux de données. Il permet l'interconnexion des objets physiques, les API, les environnements Cloud et des services web. Il est gratuit et nécessite : NodeJS (javascript du coté serveur).[Main1]
L'accès à l'interface de programmation se fait à partir d'un navigateur internet.L'éditeur de flux de Node-Red est composé de 3 parties (voir figure II.1) :

la palette des nœuds : fournit un ensemble de nœuds qui sont les éléments de base pour la création de flux.

l'environnement de travail : c'est l'espace de travail où sont créés les flux.

la barre d'affichage : peut être utilisée pour afficher les informations, i.e, informations relatives aux noeuds, information de débogage.

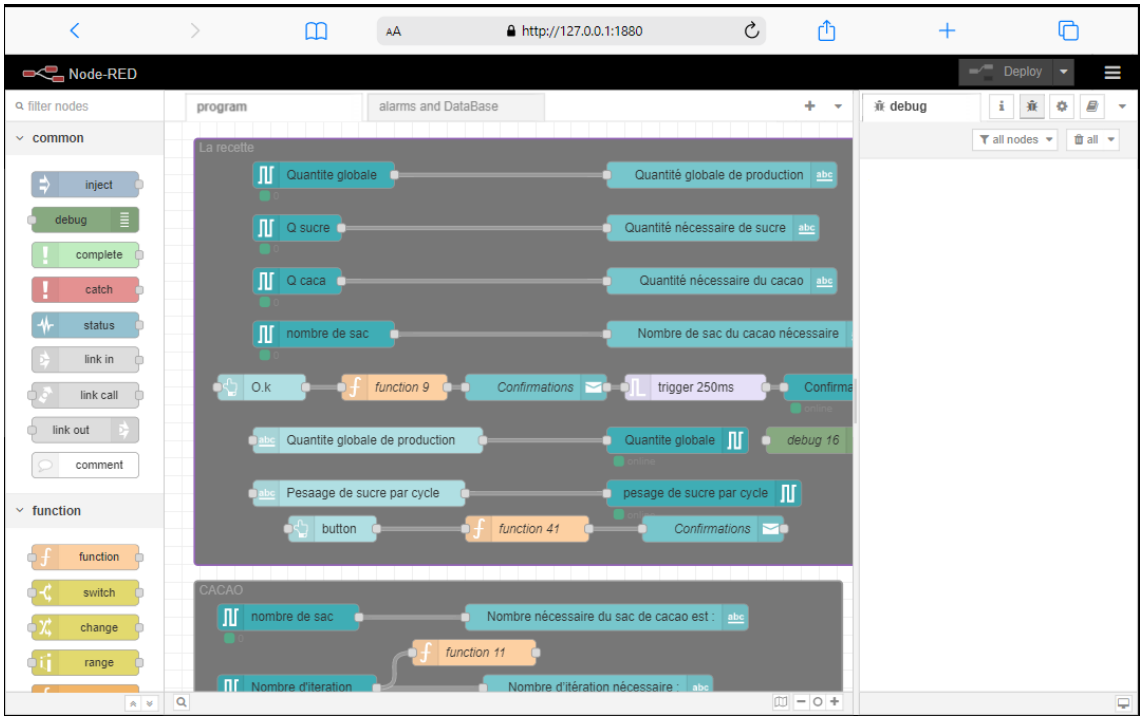


FIGURE II.1 – Éditeur de flux de Node-Red

Les nœuds sont développés en JavaScript et enregistrés sous format JSON. Il existe une panoplie de nœuds prédéfinis et téléchargeables et réutilisables. Il suffit de glisser et déposer les nœuds depuis la palette des nœuds vers l'environnement de travail pour créer son flux de données. La palette des nœuds est

1. Un ensemble d'outils et d'APIs permettant de développer une application IoT selon un certain style ou méthode. [Main6]

aussi extensible, on peut créer et enregistrer nos propres nœuds. Un nœud notable est le nœud Function lequel permet de programmer un comportement donné directement en utilisant du code JavaScript via l'interface graphique.
Node-Red offre un outil graphique puissant qui permet de contrôler et visualiser les différents paramètres et ce en utilisant les nœuds graphiques de Node-Red. La visualisation est aussi possible via la barre d'affichage de l'éditeur de flux de Node-Red (sans utiliser les nœuds graphiques). En plus de la visualisation des résultats, Node-Red permet d'agir directement à travers l'outil graphique sur l'état des différents objets (par exemple, mettre à ON ou OFF une lampe LED.).

2.2.2 Choix de framework

Node-Red est un outil de programmation très populaire qui facilite l'interconnexion des objets matériels. Nous avons utilisé la version v20.2.0,[Main4] pour certains raisons on cite d'entre eux :

1. **Facilité d'utilisation**
   Node-RED offre une interface visuelle claire basée sur un système de nœuds inter-connectés, ce qui facilite la création de flux de données et d'applications sans avoir besoin d'une expertise approfondie en programmation. Les nœuds prédéfinis permettent de configurer rapidement des fonctionnalités courantes, ce qui accélère le processus de développement.
2. **Extensibilité**
   Node-RED est hautement extensible grâce à son système de nœuds personnalisés. Il est possible de créer des nœuds personnalisés pour répondre à des besoins spécifiques et d'étendre les fonctionnalités de Node-RED en utilisant des bibliothèques externes. Cela offre une grande flexibilité pour adapter la plateforme aux exigences spécifiques d'un projet.
3. **Intégration avec d'autres systèmes**
   Node-RED facilite l'intégration avec d'autres systèmes et services, tels que les bases de données, les services cloud, les services de messagerie, etc. Cela permet de créer des applications IoT qui peuvent communiquer avec d'autres systèmes et exploiter leurs fonctionnalités.
4. **Communauté active**
   Node-RED bénéficie d'une communauté d'utilisateurs active qui partage des nœuds, des exemples, des conseils et des astuces. Cela facilite l'apprentissage de la plateforme, la résolution des problèmes et l'obtention de support de la part de la communauté.

2.2.3 Installation de NODE RED

Les étapes de l'installation sont mentionnées dans le cite officiel [Main1]

2.2.4 Configuration du mot de passe

Pour ajouter un mot de passe à Node-RED, On suit les étapes suivantes :

1. On ouvre le fichier settings.js : Le fichier settings.js est le fichier de configuration de Node-RED. Par défaut, il se trouve dans le répertoire d'installation de Node-RED.
2. On cherche la section "AdminAuth" : Dans le fichier settings.js, on cherche la section "AdminAuth" qui est responsable de l'authentification de l'administrateur.
3. On décommente et modifie la ligne de configuration : Décommenter la ligne adminAuth : type : "credentials",users : [...], en supprimant les deux barres obliques // au début de la ligne. Ensuite, modifier le tableau users pour ajouter un nouvel utilisateur avec un nom d'utilisateur et un mot de passe. Par exemple,on peut modifier la ligne comme suit :

```
/** To password protect the Node-RED editor and admin API, the following
 * property can be used. See http://nodered.org/docs/security.html for details.
 */
//adminAuth: {
 //   type: "credentials",
 //   users: [{
 //       username: "admin",
 //       password: "nizar",
 //       permissions: "*"
  //  }]
// },
```

FIGURE II.2 – Modification de mot de passe

2.2.5 Node-red-contrib-s7

Un nœud Node-RED pour interagir avec les automates Siemens S7. Chaque connexion à un automate est représentée par le noeud de configuration S7 Endpoint .On peut configurer l'adresse de l'automate, les variables disponibles et leurs adresses, ainsi que le temps de cycle de lecture des variables.

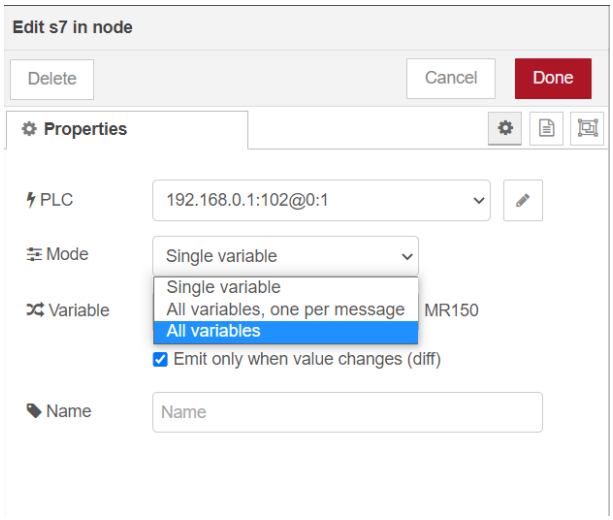


FIGURE II.3 – Propriétés de noeud s7

— Variable unique :
Une seule variable peut être sélectionnée parmi les variables configurées, et un message est envoyé à chaque cycle, ou uniquement lorsqu'il change si "diff" est coché. msg.payload contient la valeur de la variable et msg.topic le nom de la variable.
— Toutes les variables, une par message :
comme le mode Variable unique , mais pour toutes les variables configurées. Si diff est coché, un message est envoyé à chaque fois qu'une variable change. Si diff n'est pas coché, un message est envoyé pour chaque variable, dans chaque cycle. Il faut faire attention au nombre de messages par seconde dans ce mode.
— Toutes les variables :
Dans ce mode, msg.payload contient un objet avec toutes les variables configurées et leurs valeurs. Si diff est coché, un message est envoyé si au moins une des variables change de valeur.

Afin de comprendre le fonctionnement de ce noeud on va reconstruire ce dernier en utilisent le langage de programmation python et la bibliothèque snap7 pour cela on va écrire le code suivent pour la lecture d'une valeur sauvegardée dans un DB non optimisé.

```python
import snap7 #importer la bibliothèque Snap7

IP = '192.168.0.1' #l'addresse IP De notre CPU
RACK = 0  # le rack où notre adresse ip est connectée
SLOT = 1  # l'emplacment de note CPU dans le rack

DB_NUMBER = 34  # le nombre de notre DB
START_ADDRESS = 0 # ofset intial
SIZE = 10       # le nombre de byte

plc = snap7.client.Client() # déclaration de notre client
plc.connect(IP, RACK, SLOT)  # définition de notre client

db = plc.db_read(DB_NUMBER, START_ADDRESS, SIZE)  # l'emplacement de la donnée qu'on veut lire
print(db)
product_value = int.from_bytes(db[0:2], byteorder='big') # convertion byte int
print(f'Nombre de cycle a faire: {product_value}')
```

Résultat :

```
PS C:\Users\DELL> & D:/Python/python.exe c:/Users/DELL/OneDrive/Bureau/Pythonsanp7/test.py
Module Type: b'CPU 1516-3 PN/DP'
State:S7CpuStatusRun
bytearray(b'\x00\x10\x00\x00\x00\x00\x00\x00\x03\xe8')
Nombre de cycle a faire: 16
```

la valeur dans notre DB et comme suit II.6 :

	Nom	Type de do...	Décalage	Valeur de départ	Valeur de visualisati.
	Static				
	Nombre de cycle a faire	Int	0.0	0	16
	Valeur de consigne de dosage	LInt	2.0	0	0
	DC-CH	Word	10.0	16#0	16#0000

FIGURE II.4 – Lecture de nombre de cycle à faire

Maintenant pour l'écriture il suffit juste de changer la fonction plc.db_read par la fonction plc.db_write

```python
import snap7 #importer la bibliothèque Snap7

IP = '192.168.0.1' #l'addresse IP De notre CPU
RACK = 0  # le rack ou notre addresse ip et connecter
SLOT = 1  # l'emplacment de note cpu dans le rack

DB_NUMBER = 34  # le nombre de notre DB
START_ADDRESS = 0 # ofest intial
SIZE = 10       # le nombre de byte

plc = snap7.client.Client() # déclaration de notre client
plc.connect(IP, RACK, SLOT)  # difinition de notre client
integer_val = 10        #la valeur a envoyer
bytes_val = integer_val.to_bytes(2, 'big') #convertion bytes to int
plc.db_write(34, 0, bytes_val) #l'envoie de valeur
```

résultat figuré dans fig.II.5 :

```
PS C:\Users\DELL> & D:/Python/python.exe c:/Users/DELL/OneDrive/Bureau/Pythonsanp7/test.py
```

	Nom	Type de do...	Décalage	Valeur de départ	Valeur de visualisati.
	Static				
	Nombre de cycle a faire	Int	0.0	0	10
	Valeur de consigne de dosage	LInt	2.0	0	0
	DC-CH	Word	10.0	16#0	16#0000

FIGURE II.5 – La saisie de nombre de cycle à faire

et comme ça on a pu concevoir deux fonctions de lecture et d'écriture qu'ils peuvent remplacé les noeuds s7, la seule différence entre eux c'est que s7 noeud travaille avec le ISO-on TCP/ip et notre noeud personnalisé travaille avec Ethernet.

S7 communication protocol

Lorsque le nœud S7 utilise le protocole de communication S7 pour établir une connexion réseau avec l'automate, il passe par une série d'étapes.

1. Initialisation :
   Le nœud S7 initialise les paramètres de communication en fonction de la configuration fournie, tels que le type d'automate et le protocole de communication. Il prépare les structures de données et les variables nécessaires pour établir la connexion.

2. Création de sockets :
   Le nœud S7 crée une connexion de socket à l'aide du protocole TCP/IP pour communiquer avec l'automate Siemens S7. Il utilise l'adresse IP et le numéro de port spécifiés pour établir la connexion de socket. Le socket agit comme un canal de communication virtuel entre Node-RED et l'API.
3. Demande de connexion :
   Une fois la connexion socket créée, le nœud S7 envoie un paquet de demande de connexion à l'API. Ce paquet contient les informations nécessaires, telles que le type de connexion, le protocole et d'autres paramètres de connexion.
4. Prise de contact :
   Lors de la réception de la demande de connexion, l'automate effectue un processus de prise de contact avec le nœud S7. Le handshaking implique une série d'échanges entre le nœud S7 et l'automate afin de négocier les paramètres de connexion et d'établir un lien de communication fiable.
5. Établissement de la connexion :
   Une fois le handshaking terminé avec succès, l'automate accepte la demande de connexion du nœud S7. L'automate accuse réception de la connexion et établit le canal de communication avec le nœud S7. À ce stade, le nœud S7 est considéré comme connecté à l'automate et peut commencer à échanger des données.
6. Échange de données :
   Une fois la connexion établie, le nœud S7 peut effectuer des opérations de lecture et d'écriture pour échanger des données avec l'API. Pour les opérations de lecture, le nœud S7 envoie des demandes à l'automate pour récupérer des données dans la zone de mémoire spécifiée. Pour les opérations d'écriture, le nœud S7 envoie des données à l'automate pour qu'il les écrive dans la zone de mémoire spécifiée. Le nœud S7 suit les directives du protocole de communication S7 pour l'envoi et la réception de paquets de données afin de garantir une communication correcte avec l'API.

II.3 Ngrok

2.3.1 Introduction à Ngrok

Ngrok est un logiciel couplé à un service web qui permet de créer un tunnel à partir d'Internet vers un port sur la machine en local (TCP ou UDP). L'intérêt est de pouvoir faire une démo publique sans avoir à déployer son projet sur un serveur. Pour cela, il suffit d'installer Ngrok (Mac, Linux, Windows) et de communiquer aux gens, l'URL fournie par le service qui sera de type : http ://xxxx.ngrok.com, mais avant tout ça il faut une configuration a notre machine. [Main2]

2.3.2 Installation et configuration de Ngrok

L'installation et la configuration de Ngrok sont des étapes essentielles pour pouvoir utiliser efficacement cet outil de tunneling. Voici un guide détaillé pour l'installation et la configuration de Ngrok :

1. Aprés l'instalation du logicielle ngrok, on doit créer un compte sur le site officiel de Ngrok et obtenir un jeton d'authentification. Ce jeton est utilisé pour authentifier le compte lors de la connexion à Ngrok.
2. Une fois qu'on a configuré notre compte et obtenu notre jeton d'authentification, on peut exécuter la commande Ngrok en spécifiant le port local sur lequel notre service s'exécute. Par exemple, si notre service s'exécute sur le port 3000, on peut utiliser la commande ngrok http 3000 pour démarrer le tunnel.
3. Ngrok va créer un tunnel sécurisé et générer une URL publique unique qui redirige vers notre serveur local. Cette URL peut être utilisée pour accéder à notre service à partir d'Internet. Ngrok prend en charge à la fois le protocole HTTP et HTTPS.
4. On peut partager l'URL publique générée par Ngrok avec d'autres utilisateurs ou systèmes distants. Lorsqu'ils accèdent à cette URL, Ngrok redirige le trafic vers notre serveur local via le tunnel sécurisé.

2.3.3 Principe de fonctionnement de Ngrok

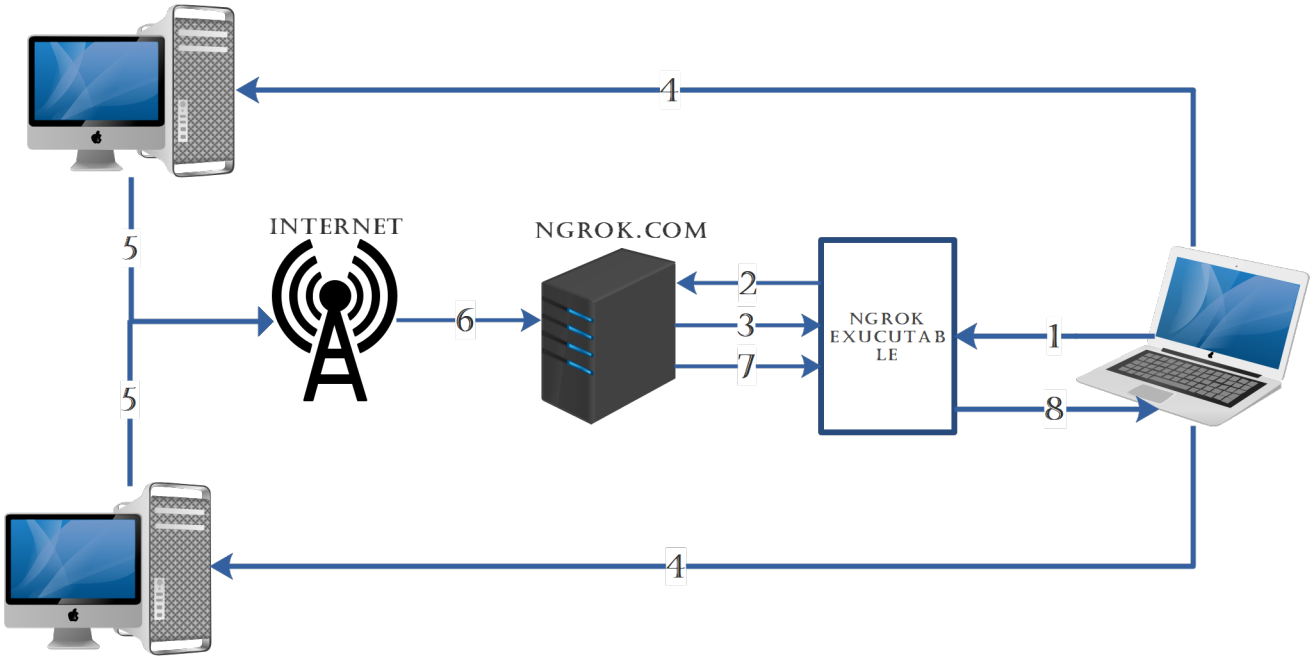


FIGURE II.6 – Comment fonctionne Ngrok

1. Après l'exécution de l'application dans notre hôte locale, cette dernière serra accessible par un URL par exemple http : // localhost :1880
2. Une fois l'exécutable Ngrok est lancé, il va crée un canal sécurisé entre le serveur local et Internet en établissant une connexion sortante depuis le réseau local vers les serveurs Ngrok.
3. Après la création du tunnel Ngrok, il va fournir un URL accessible via Internet.
4. Une fois URL est fournit, il pourra être partager à n'importe qui sur internet.
5. Une fois un utilisateur demande l'accès via internet une demande arrive sur le serveur Ngrok (comme l'URL se trouve dans un sous-domaine de ngrok.com, les demandes vont initialement atterrir sur le serveur Ngrok), et il résoudra l'URL de l'application vers laquelle elle doit se connecter.
6. Ngrok transmet la demande au tunnel créé à l'étape 2.
7. La demande transférée se connecte à l'application hébergée localement.

En résume, Ngrok permet à des clients distants d'accéder au serveur local sans avoir à modifier le pare-feu ou à configurer des règles de routage complexes.
En d'autres termes, Ngrok agit comme un intermédiaire entre le serveur local et les clients distants, en transmettant les requêtes entrantes et sortantes de manière sécurisée. Il assure le chiffrement des données et offre des fonctionnalités telles que la gestion des domaines personnalisés, la surveillance du trafic, les captures de requêtes, etc.

II.4 Conclusion

En conclusion, Node-RED constitue un outil puissant et adapté pour développer des solutions innovantes dans le domaine de l'industrie connectée. En comprenant et en utilisant pleinement ses fonctionnalités, nous sommes en mesure de créer des systèmes robustes, efficaces et évolutifs pour répondre aux besoins spécifiques de notre projet et de l'industrie dans son ensemble. Nous avons examiné de plus, les étapes nécessaires pour configurer et utiliser Ngrok, notamment la création d'un compte, la génération

d'un jeton d'authentification et l'exécution de la commande de tunneling.
L'utilisation de Ngrok offre une solution pratique et efficace pour rendre accessibles des serveurs locaux depuis Internet. Grâce à ses fonctionnalités avancées et à sa simplicité d'utilisation, Ngrok facilite le partage d'applications, favorisant ainsi les tests et les démonstrations à distance.

Chapitre III

Réalisation et implémentation

III.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous nous concentrerons sur la partie développement de notre application, ainsi que sur les étapes de réalisation du télémanifacturing. Notre objectif sera de présenter en détails le processus de création de notre système, en décrivant la programmation étape par étape. Nous aborderons également le principe de fonctionnement de notre application, en détaillant son concept et en expliquant comment elle répondra aux besoins spécifiques de notre projet. Nous mettrons en évidence les différentes fonctionnalités et avantages qu'elle offrira. Nous prévoirons également d'effectuer des tests de performances pour évaluer la réactivité de l'application lors d'une utilisation à distance.

III.2 Méthodologie

La figure III.1 montre un aperçu de la méthodologie utilisée pour le système proposé.

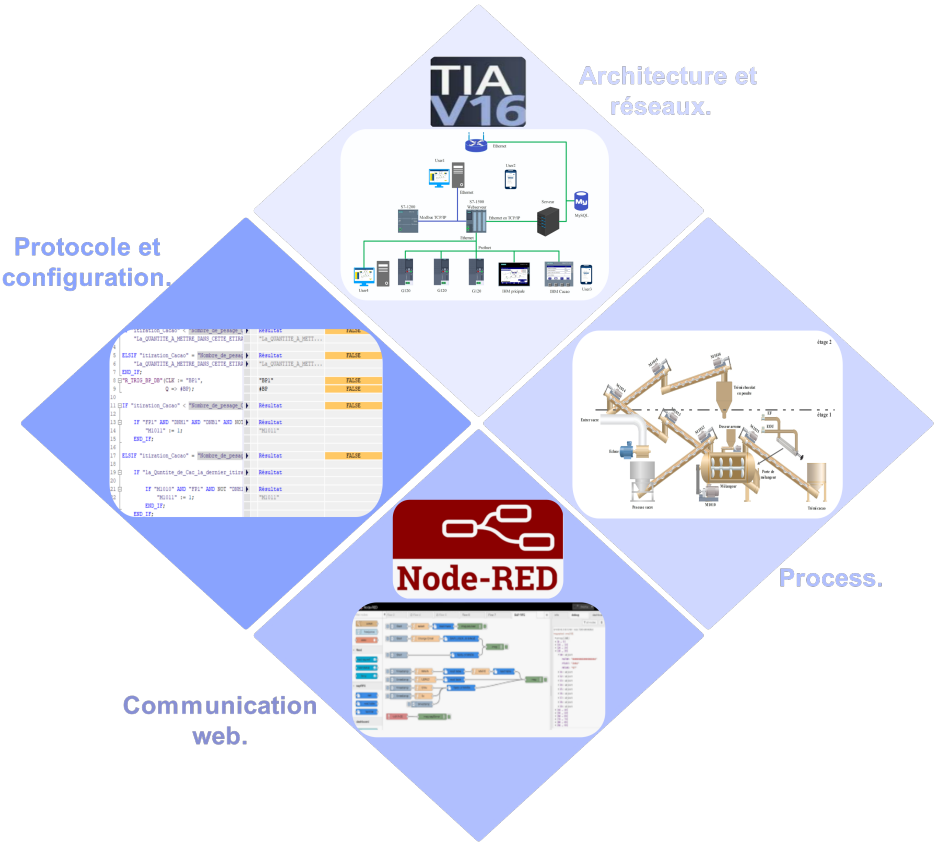


FIGURE III.1 – schéma illustratif du la méthodologie du fonctionnement

III.3 Description du système

Le système automatique connecté et intelligent que nous avons proposé contient deux parties :

- Une partie consacrer pour la conception d'une IHM pour faire la supervision à distance des données de la machine prévenant de l'automate.
- L'autre est pour l'exposition de notre application web sur internet

Le système doit assurer les fonctionnalités suivantes :

- Une collection de l'ensemble des données de la production et des pannes prévenant de la machine.
- Une supervision à distance de la machine par un PC, smartphone,etc.
- Un contrôle automatique de la machine pour établir les conditions de production , la recette ,etc.
- Un contrôle manuel où l'opérateur humain peut intervenir à tous moments dans le processus de contrôle moyennant une interface appropriée.

Les services que notre système peut fournir sont :

- **Le saisie de recette :**
  Notre système permet d'entrer et de stocker les recettes de manière organisée. On peut enregistrer les quantités des ingrédients, le nombre d'itérations et toutes les informations pertinentes liées à la recette.
- **La configuration des paramètres machine :**
  Notre système offre des fonctionnalités pour configurer la machine. On peut ajuster les paramètres tels que la vitesse, la température, le temps de mélange et d'autres variables pour obtenir les meilleurs résultats de production.
- **Forçage des moteurs :**
  Grâce à notre système, on peut contrôler et activer les moteurs de la machine. Cela vous permet d'optimiser les performances et de pratiquer la télémaintenance.
- **La gestion de la production :**
  Nous offrons une solution complète pour la gestion de la production. On peut suivre et contrôler l'avancement de la production en temps réel, gérer les ressources, suivre les performances et prendre des mesures correctives si nécessaire.
- **La gestion des stocks :**
  Notre système permet de gérer efficacement le stock.On peut suivre les niveaux de stock.
- **Supervision de la partie cacao :**
  Notre système offre une supervision spécifique pour cette partie du processus. On peut surveiller les itérations, suivre la quantité et garantir une production optimale.
- **Gestion des alarmes :**
  Notre système permet l'affichage des alarmes en cas de conditions anormales ou de situations d'urgence.
- **Surveillance du laboratoire :**
  Notre système offre une supervision du laboratoire. On peut enregistrer les résultats des tests, suivre les normes de qualité, analyser les échantillons et générer des rapports détaillés.
- **Contacts :**
  Notre système facilite les communications en interne où en permettant l'accès rapide aux personnes clés et les contacter en cas de besoin.

III.4 Principe de fonctionnement de système proposé

Le système III.1 que nous proposons est une solution pour contrôler la machine à distance, le système est basé sur la communication automate S7-1500/passerelle IoT effectuée via les bibliothèques S7 officielles de NODE-RED.
Nous utilisons ces informations pour remplir la base de données MySQL.Nous utilisons NODE-RED pour présenter ces données sous forme des graphique retraçant l'évolution de ces derniers.
En plus, l'interface crée par NODE-RED offre à l'operateur un contrôle à distance de la machine.
Le schéma interne illustré par la figure III.2 contient trois parties principales :

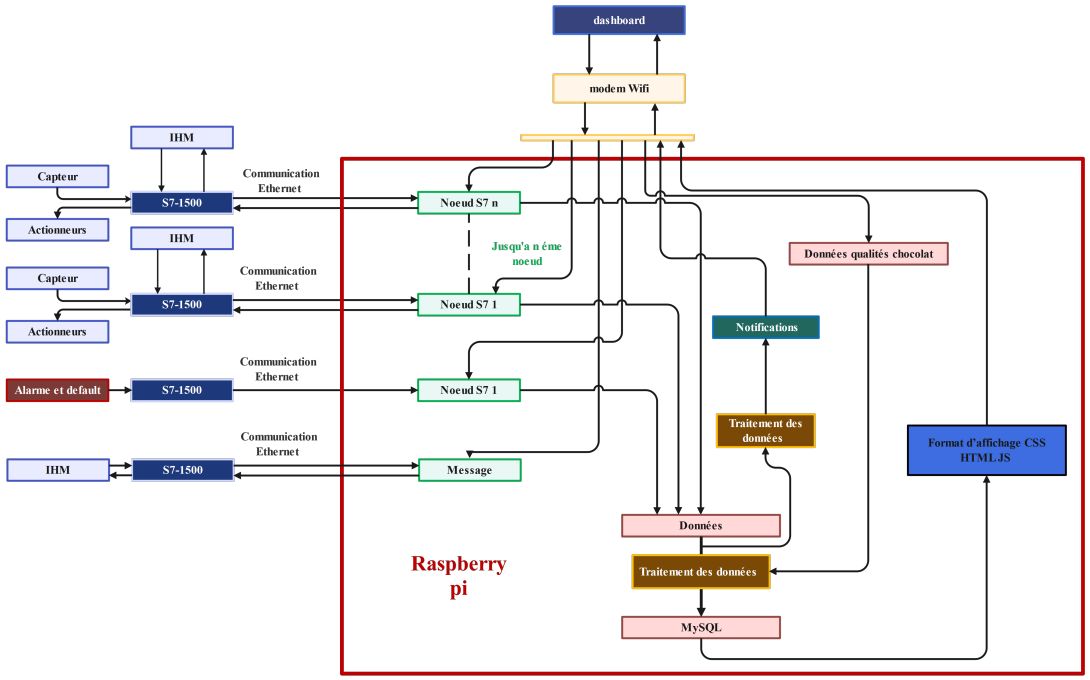


FIGURE III.2 – schéma interne de système proposé

— **Acquisition des données**
Cette partie consiste de collecter les données de l'automate s7-1500 en temps réel par l'utilisation des nœuds **s7 in** installés dans NODE-RED.
— **Stockage des données** Nous avons déjà créé une base de données pour la production **cacao_line** et des tables avec MySQL Workbench pour faciliter la gestion de la base de données MySQL.
— **Affichage des données**
Pour assurer la lecture des données, nous communiquons à la base de données pour récupérer les données à afficher. Nos données sont affichées à l'aide de l'IHM, à partir de cette interface on peut également contrôler le bon fonctionnement du système.
Notre interface graphique permet également à l'opérateur de configurer les paramètres de machine,le forçage des moteurs,le saisie des rapports de laboratoire ou la communication en interne.

III.5 Implémentation du système

3.5.1 L'interface IHM

Les nœuds de base

Notre interface IHM est créée par l'utilisation des plusieurs nœuds pour former les différents flux.

1. Nœuds d'obtention des données
Les commandes envoyées/reçues de l'automate sont effectuées via la communication s7 comm, pour cette raison le nœud **plc** a été utilisé (figure III.3)



FIGURE III.3 – Le Nœud PLC

Pour envoyer via le nœud , on clique sur le nœud pour configurer les paramètres (l'adresse IP de l'automate, le port, le rack, l'emplacement) (Voir la figure III.4).

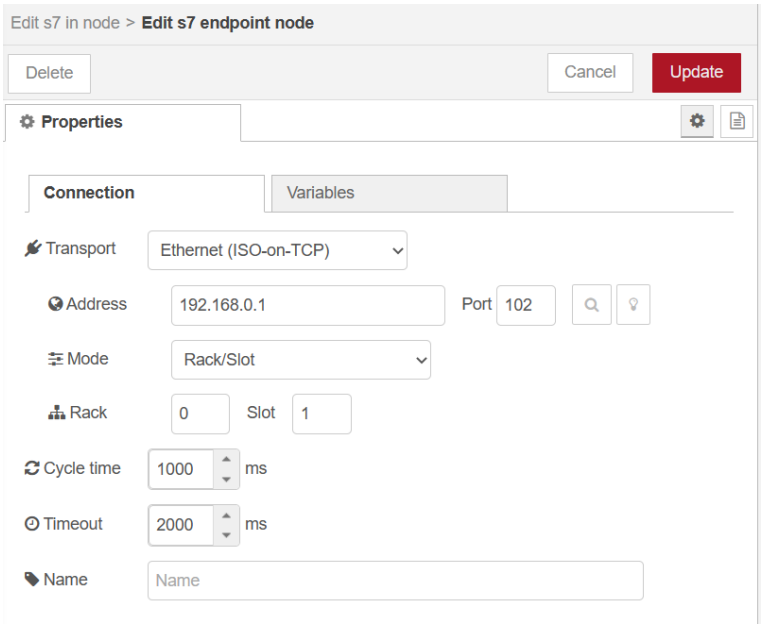


FIGURE III.4 – Configuration des paramètres

Les variables définies dans l'automate doivent également être définies dans la liste des variables Node-RED.
L'exemple présenté dans la figure III.5 décrit la récupération des différentes quantités d'ingrédients via le noeud **s7 in** pour les afficher sur le dashboard.

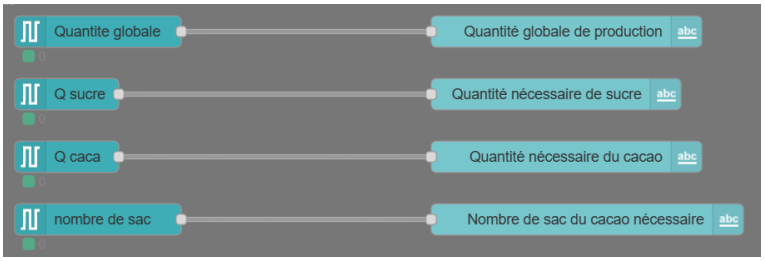


FIGURE III.5 – Noeud de récupération des données

Un autre exemple (figure III.6) où les données sont envoyées du dashboard.Le flux d'envoi des données est constitué de quatre blocs principaux, de bloc fonction écrit en JavaScript, un bloc trigger qui permet la création d'un délai d'attente dans le flux [1],un bloc notification pour l'affichage des notification contextuelle et un bloc debug qui fournit une vue structurée des messages, ce qui facilite la compréhension de leur structure.On utilise des différents type de noeuds pour l'entrée des différentes variables.

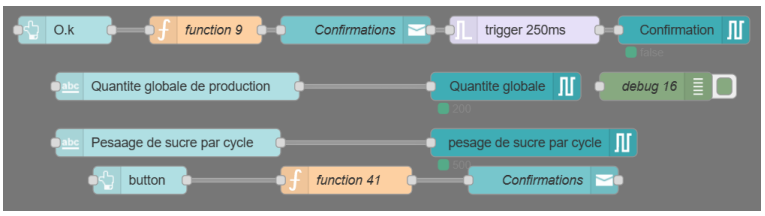


FIGURE III.6 – Noeud d'envoi des données

1. Par défaut, lorsqu'il reçoit un message, il envoie un message avec une charge utile de 1. Il attend ensuite 250 ms avant d'envoyer un deuxième message avec une charge utile de 0

Les configurations de nœuds nommées function 9, function 41 sont montrées dans les figures III.7 et III.8 respectivement.

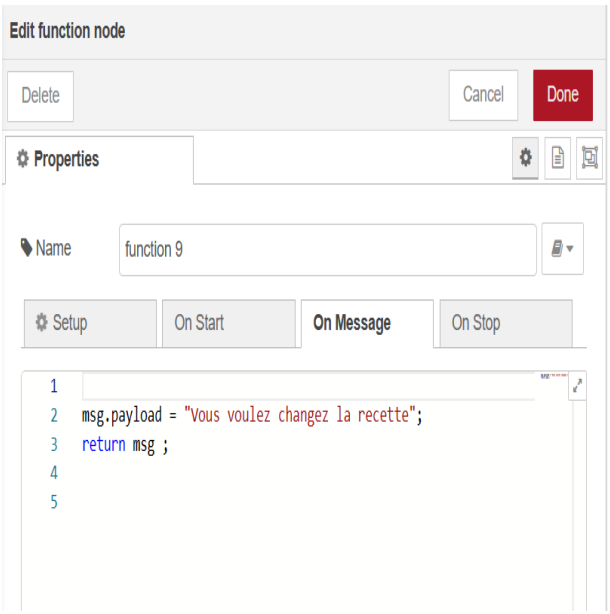


FIGURE III.7 – La fonction 9

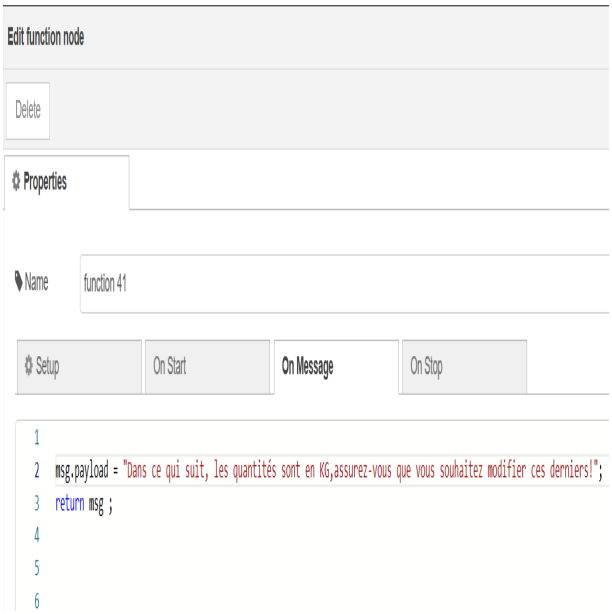


FIGURE III.8 – La fonction 41

2. Nœuds de Visualisation des données
   Nous pouvons afficher les données grâce aux éléments graphiques de Node Red,plusieurs noeuds de visualisation sont disponible pour tracer les valeurs d'entrée sur un graphique (figure III.10) ou ajouter un widget de type jauge à l'interface utilisateur (figure III.10).

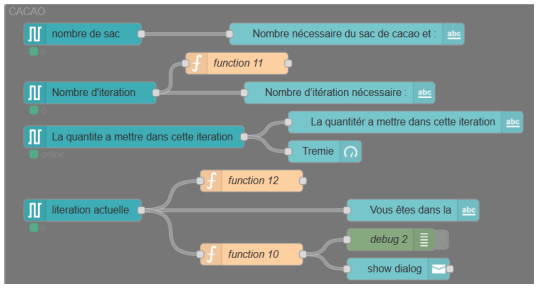


FIGURE III.9 – visualisation de la trémie de cacao

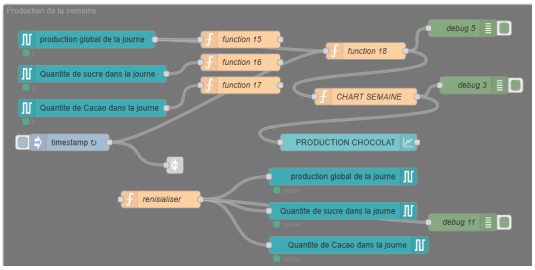


FIGURE III.10 – Production hebdomadaire du chocolat

D'autres noeuds de visualisation sont disponibles par exemple le noeud **template** présenté dans fig.III.11 qui permet de personaliser l'affichage, le noeud peut contenir toutes les directives html.

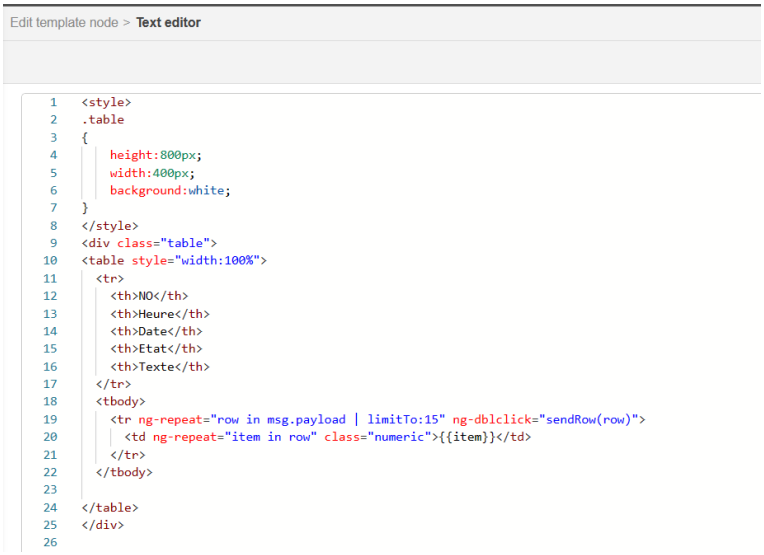


FIGURE III.11 – exemple de code html pour la tabe des alarmes

3. Nœuds de stockage de données
   Les données sont stockées dans la base de données est constitué de deux blocs principaux, de bloc fonction écrit en JavaScript (voire III.19) qui permet la récupération des données, un bloc MySQL (voire III.13)qui permet l'accès de base à une base de données MySQL.

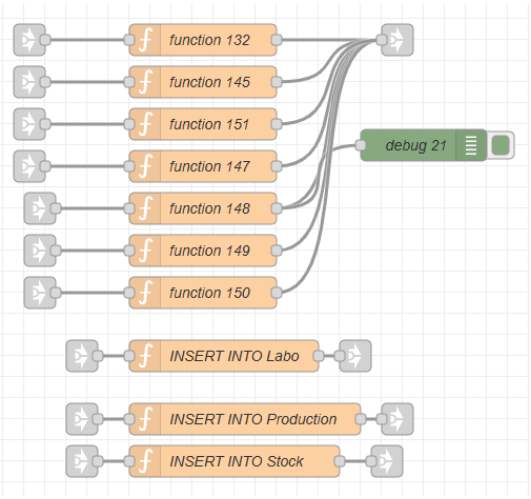


FIGURE III.12 – Récupération des données

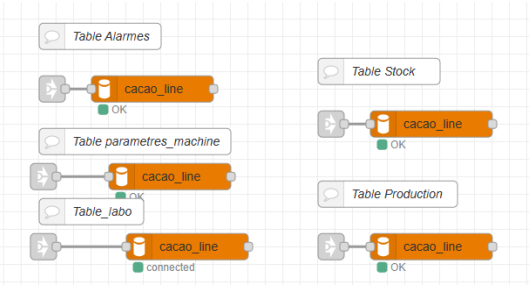


FIGURE III.13 – L'accès à la base de données

D'autres noeuds sont utilisés pour la réalisation du dashboard comme le noeud **email** fig.III.14 qui est utilisé pour notifier l'atteinte du stock de sécurité en cacao pour notre cas,un autre noeud est le noeud **Notification** fig.III.15 qui affiche un message sous forme d'une notification contextuelle ou d'un message de dialogue OK / Annuler sur l'interface utilisateur.
ce noeud est utilisé pour un confirmation de modification de la recette,la fin de la production,la forme d'envoi d'amail et d'autres informations supplimentaires.

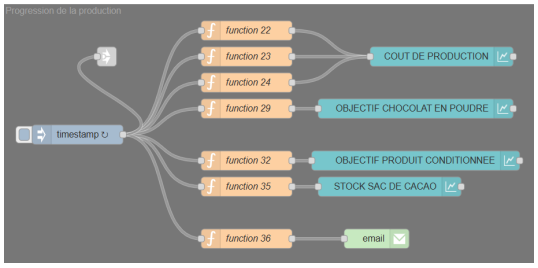


FIGURE III.14 – Email

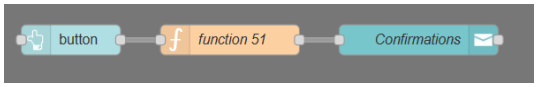


FIGURE III.15 – Notification

Présentation des interfaces

Dans ce qui suit nous exposons les différentes interfaces que nous avons réussie à mettre en place. Pour avoir accès à ces interfasce, l'utilisateur doit insérer un mot de passe fig.III.16

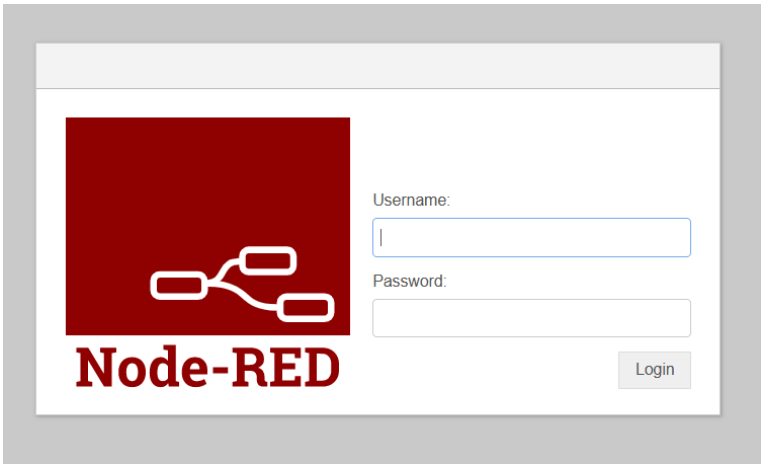


FIGURE III.16 – Interface de connexion

— L'interface recette
Après avoir accédé à l'application, la page recette qui permet l'insertion des quantités de la production, ces données sont traitées par l'automate et les résultats sont aussi affichées, un menu qui apparue dans le but de choisir qu'elle genre d'information voulant savoir ou gérer.Tel que représenté dans la figure suivante

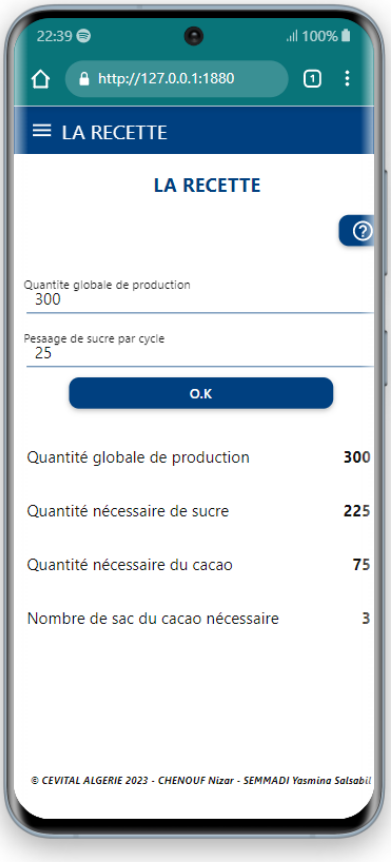


FIGURE III.17 – Interface recette

— L'interface commande
L'interface de commande joue un rôle essentiel dans la gestion des opérations de production. Elle offre aux opérateurs la possibilité d'initialiser les paramètres nécessaires, d'activer le mode chocolat et de relancer la production de manière efficace.
L'initialisation des paramètres permet de configurer la machine. Le mode chocolat, quant à lui, permet de pour signaler le départ de cycle pour la production de chocolat. En activant ce mode, les paramètres sont ajustés de manière à répondre aux exigences de la production de chocolat. L'interface de commande offre également la possibilité de relancer la production toute en gardant les mêmes proportions.
Un autre avantage de l'interface de commande est la possibilité de forcer individuellement les moteurs, indépendamment de leur état actuel. Cela facilite les tests et les dépannages, car les opérateurs peuvent isoler et vérifier le fonctionnement de chaque moteur séparément. Cela permet de localiser rapidement les problèmes éventuels et de les résoudre de manière ciblée.

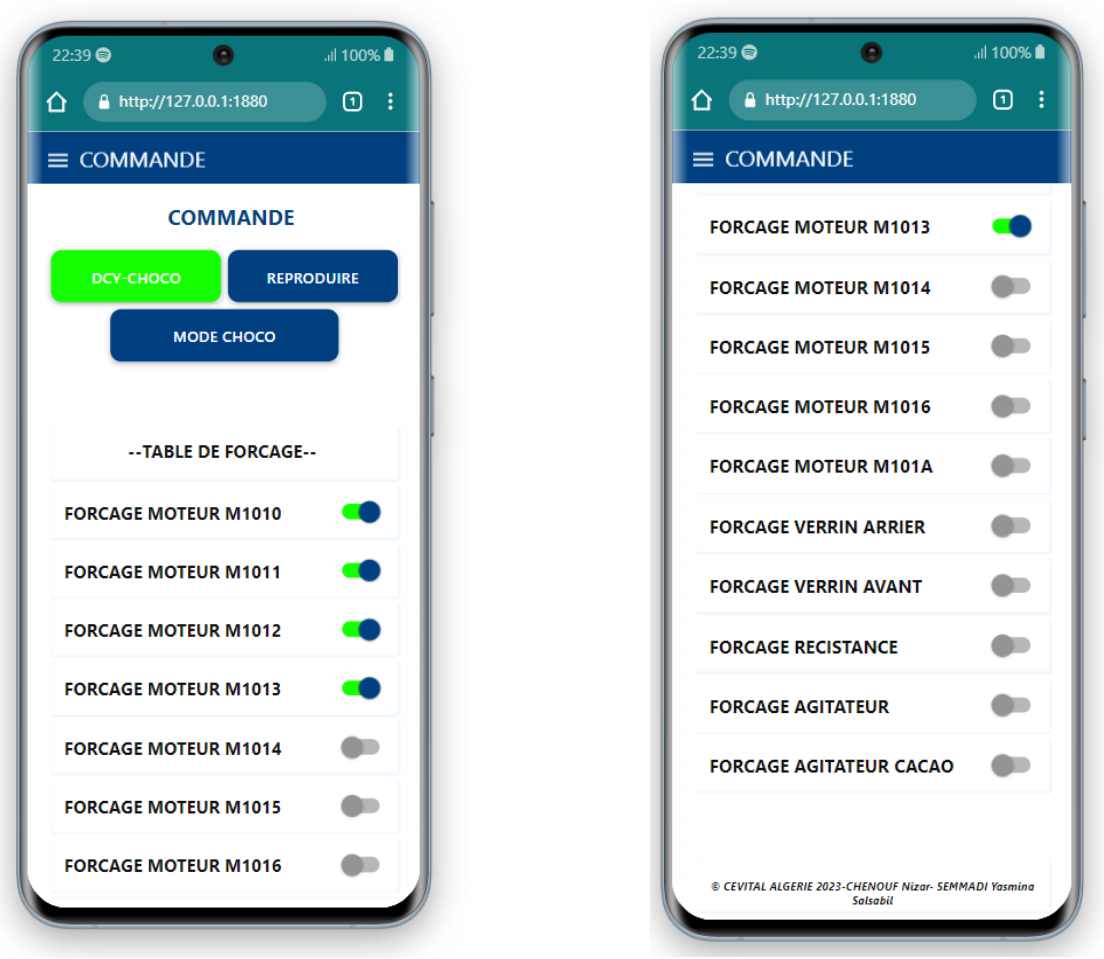


FIGURE III.18 – Interface commande

— L'interface paramètres machine
offre aux opérateurs la possibilité de saisir et de configurer les différents paramètres nécessaires pour le bon déroulement de la production. Parmi ces paramètres, on retrouve des éléments clés tels que le temps de mélange, la température de la résistance, les vitesses et les retards des différents moteurs tout au long de la chaîne de production.
Grâce à cette interface, les opérateurs peuvent ajuster les paramètres en fonction des exigences spécifiques de chaque étape du processus. Par exemple, en contrôlant le temps de mélange, ils peuvent garantir la qualité et l'homogénéité des mélanges utilisés dans la production. De même, en configurant la température de la résistance, ils peuvent optimiser les conditions de chauffage nécessaires à certaines opérations.Les vitesses et les retards des différents moteurs sont également des paramètres essentiels à surveiller et à ajuster. En fonction des exigences de chaque étape de la chaîne de production, les opérateurs peuvent régler précisément la vitesse des moteurs pour optimiser l'efficacité du processus. De plus, en gérant les retards, ils peuvent synchroniser les différentes étapes et assurer une transition fluide entre les opérations.

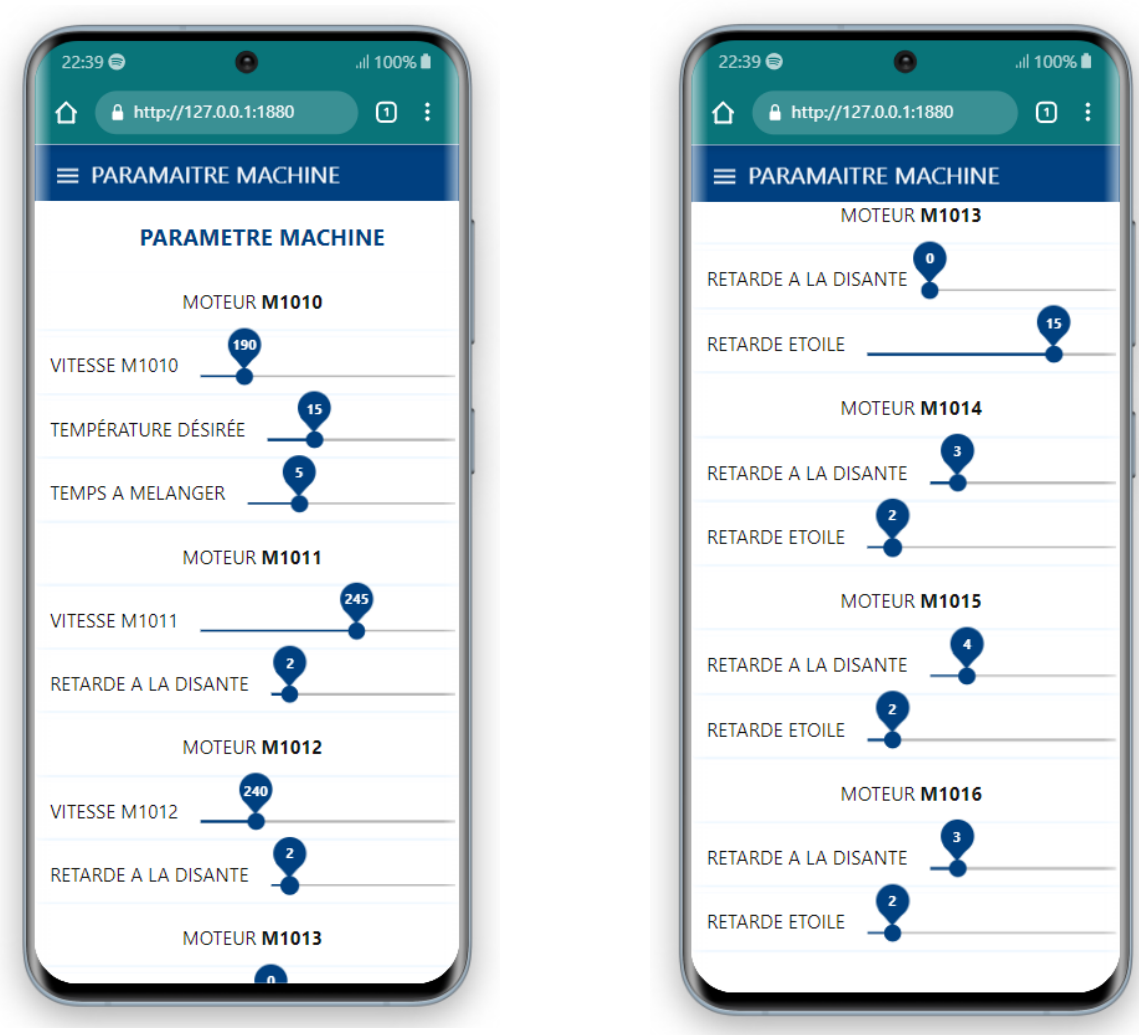


FIGURE III.19 – Interface paramètres

— L'interface consigne et objectif
L'interface joue un rôle essentiel dans la gestion des informations liées à la production. Elle offre aux opérateurs la possibilité de saisir différentes données telles que l'objectif de la production, le prix des ingrédients et le stock disponible. Ces informations sont ensuite utilisées pour tracer des graphes représentatifs, offrant une visualisation claire des données.
La saisie de l'objectif de production permet de définir les quantités ou les objectifs à atteindre pour chaque jour. Cela peut inclure le volume de production, et d'autres mesures spécifiques. En saisissant ces objectifs, les opérateurs peuvent surveiller et évaluer les performances de la production par rapport à ces objectifs.
La saisie du prix des ingrédients est importante pour évaluer les coûts de production. Les utilisateurs peuvent entrer les prix de chaque ingrédient utilisé dans le processus de production, ce qui permet de calculer le coût total de la production. Ces informations sont utiles pour évaluer la rentabilité de la production, effectuer des analyses de rentabilité et prendre des décisions éclairées sur les ajustements de prix ou de recette.
Le suivi du stock disponible est essentiel pour une gestion efficace de la production. Les utilisateurs peuvent saisir les quantités de matière première (Cacao) présente dans le stock. Cela permet de surveiller en temps réel les niveaux de stock et d'anticiper les besoins en réapprovisionnement. Une visualisation graphique des niveaux de stock permet une meilleure gestion des ressources et contribue à éviter les ruptures de stock.



FIGURE III.20 – Interface consigne et objectifs

— L'interface progression de production
Les données saisies/prévenant de l'automate sont affichées dans cette interface.
L' avantage principale de cette interface est la possibilité de tracer des graphes représentatifs. Les données peuvent être représentées graphiquement. Cela offre une visualisation claire et compréhensible des performances et des variations au fil du temps.
Les graphes incluent des indicateurs clés tels que les performances par rapport aux objectifs, les coûts de production et les variations du stock. Ces graphes permettent une meilleure analyse des données et aident à prendre des décisions éclairées pour optimiser la production.



FIGURE III.21 – Différentes informations présentées par l'interface progression de production

— L'interface opérateur cacao
Grâce à cette interface, les utilisateurs peuvent surveiller en temps réel la quantité de cacao présente dans la trémie. Cette information est essentielle pour s'assurer qu'il y a suffisamment de cacao disponible pour la production en cours. En visualisant la quantité de cacao restant dans la trémie, les opérateurs peuvent anticiper les besoins de remplissage. et éviter les interruptions indésirables dans le processus de production.
L'interface cacao permet également de suivre le nombre d'itérations nécessaires pour la production en cours. En visualisant le nombre d'itérations effectuées, les utilisateurs peuvent surveiller la progression de la production et s'assurer que toutes les étapes sont effectuées conformément aux exigences spécifiques.
Un autre élément important visible dans cette interface est le nombre de sacs de cacao nécessaire. Cette information permet à l'opérateur de quantifier la consommation de cacao au cours du processus de production.
En plus de ces informations, l'interface cacao affiche également l'itération actuelle du processus. Cela donne aux utilisateurs une référence visuelle en temps réel pour savoir à quelle étape du processus ils se trouvent. Ils peuvent facilement suivre la progression du processus et avoir une idée claire de l'état actuel de la production.

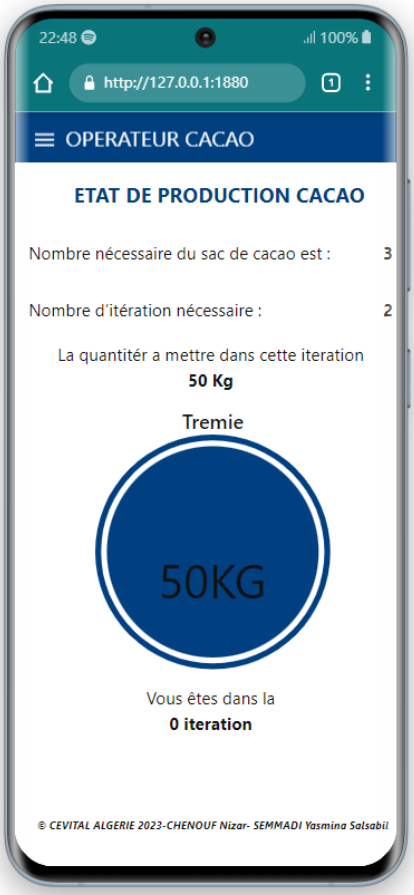


FIGURE III.22 – Interface opérateur cacao

— L'interface alarme
L'interface offre aux utilisateurs la possibilité de visualiser la table d'alarme de l'automate. Cette fonctionnalité est essentielle pour la surveillance et la gestion des alarmes générées par l'automate. L'automate peut générer des alarmes pour signaler des conditions anormales, des erreurs ou des événements spécifiques dans le système. Ces alarmes peuvent être liées à des erreurs de fonctionnement, des pannes d'équipement, des dépassements de seuils, des problèmes de sécurité, etc. L'interface d'alarme permet de recueillir, d'afficher et de trier ces alarmes de manière organisée.
Lorsque les alarmes se produisent, elles sont enregistrées dans une table d'alarme. L'interface d'alarme permet d'accéder à cette table et d'afficher les informations pertinentes pour chaque alarme. Cela inclut des détails tels que l'heure de déclenchement de l'alarme, le type d'alarme, l'état, la description de l'alarme et l'emplacement associé.
En visualisant la table d'alarme, les utilisateurs peuvent rapidement identifier les alarmes en cours, les alarmes les plus critiques ou les alarmes récurrentes. Ils peuvent également trier les alarmes en fonction de différents critères, tels que la priorité, l'emplacement ou le type, pour faciliter la recherche et la gestion des alarmes.

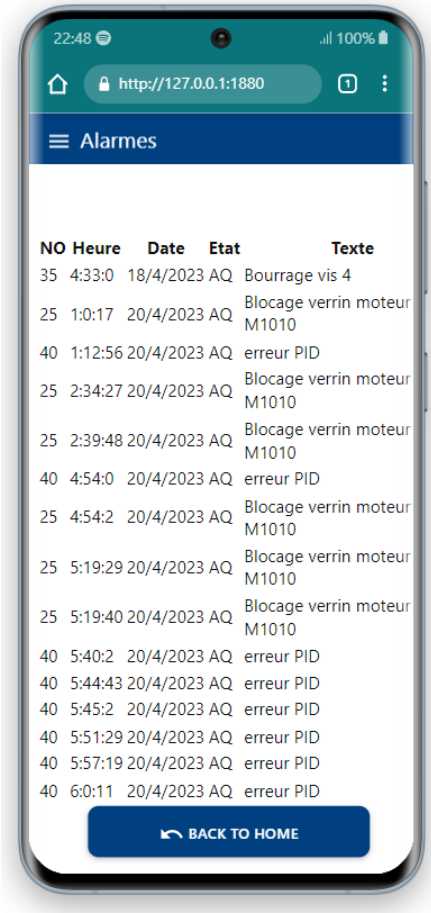


FIGURE III.23 – Interface Alarmes

— L'interface laboratoire d'analyse
est une interface spécialement conçue pour les activités de laboratoire. Elle offre aux utilisateurs un accès aux fonctionnalités et aux données nécessaires pour mener à bien leurs tests et leurs analyses.
Cette interface permet aux utilisateurs de saisir les informations relatives aux échantillons. L'interface labo facilite également la visualisation des résultats obtenus lors des tests en affichant les résultats dans des tableaux. Les utilisateurs peuvent analyser les résultats et extraire des informations significatives pour la production.

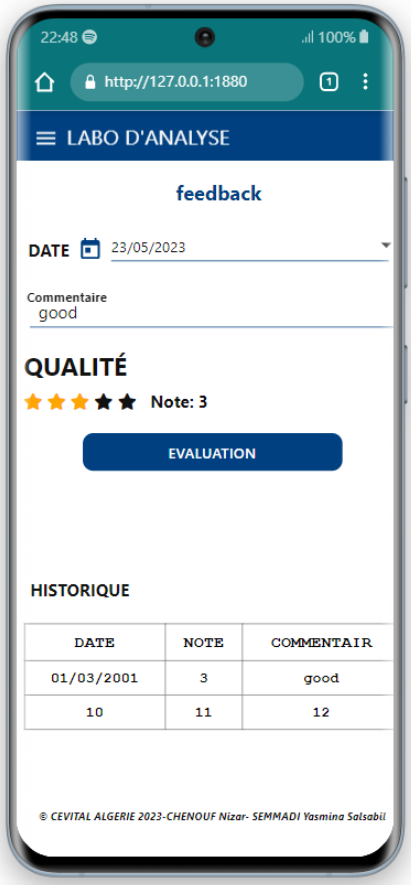


FIGURE III.24 – Interface laboratoire

— L'interface à propos
est une section qui offre aux utilisateurs une idée générale du contexte dans lequel un projet a été développé. Elle comprend une description détaillée du projet lui-même ainsi que des informations sur les développeurs impliqués dans sa création.
La section "À propos" contienne une brève introduction du projet, en expliquant son objectif, son domaine d'application et son importance. Elle permet de comprendre rapidement le contexte dans lequel le projet s'inscrit et les problématiques qu'il vise à résoudre.



FIGURE III.25 – Interface à propos

— L'interface contact
L'interface est une section essentielle de l'application qui permet aux utilisateurs d'entrer en contact avec les responsables du projet ou de l'entreprise. Cette interface fournit aux utilisateurs un moyen de communication directe pour faire des commentaires, signaler des problèmes ou demander de l'assistance.
Lorsque les utilisateurs utilisent l'interface "Contact", ils peuvent envoyer des messages, Ces messages sont ensuite transmis aux personnes appropriées qui sont chargées de répondre aux demandes des utilisateurs.
En outre, l'interface "Contact" peut communiquer avec l'IHM ce qui facilite la communication bidirectionnelle entre les utilisateurs et le système.

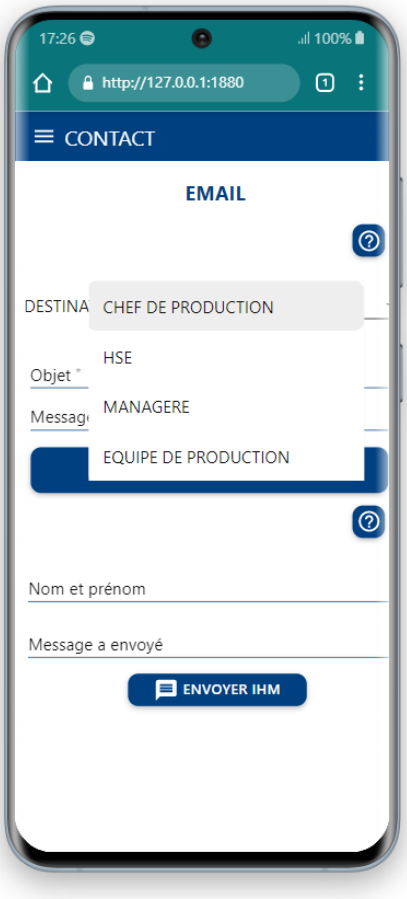


FIGURE III.26 – Interface contact

3.5.2 L'accès distant à notre application

L'accès à distance entre Derguana et Béb Ezzouar a été testé et validé en termes de vitesse et de souplesse. Les tests réalisés ont démontré que l'accès à distance était rapide et fluide, permettant une utilisation efficace des systèmes à distance. La vitesse de transmission des données a été satisfaisante, garantissant une expérience utilisateur optimale. De plus, la souplesse de l'accès à distance a permis une gestion facile et flexible des ressources à distance, offrant ainsi une grande adaptabilité aux besoins changeants. Ces résultats positifs confirment l'efficacité de la solution d'accès à distance mise en place, permettant un accès aux ressources à distance sans compromettre la performance et la qualité.

III.6 Conclusion

En conclusion, ce chapitre de développement a joué un rôle clé dans la compréhension approfondie des différentes étapes et aspects techniques de notre projet de télémanifacturing. En fournissant une vue détaillée du processus de programmation et de la mise en œuvre de notre application, nous avons pu mettre en place une application solide et fonctionnelle.
De plus, les tests de performances que nous avons réalisés ont permis d'évaluer la réactivité de l'application lorsqu'elle est utilisée à distance. En mesurant les délais de réponse, la vitesse de chargement des pages et la fluidité des interactions, nous avons veillé à ce que l'expérience utilisateur reste satisfaisante, peu importe la distance entre l'utilisateur et le système.

Conclusion et perspectives

Conclusion générale

Le système proposé est une application web qui vise à faciliter la gestion et la surveillance des processus industriels. Il offre une interface facile à utiliser permettant aux utilisateurs de visualiser et de contrôler différents aspects des opérations industrielles.
L'application est composée de plusieurs fenêtres et fonctionnalités clés. La première fenêtre est la recette, où les utilisateurs peuvent obtenir une vue d'ensemble en temps réel des quantités de production.

Une autre fenêtre importante est les paramètres machine, où les utilisateurs peuvent configurer et surveiller les différents équipements utilisés dans le processus industriel. Cette fenêtre permet de visualiser les différentes des équipements, de définir des paramètres de fonctionnement.

En ce qui concerne les résultats de l'implémentation, notre système a été testé de **Derguana** à **Beb Ezzouar**. Les résultats ont montré une efficacité des opérations et une facilité avec laquelle ils peuvent accéder aux informations essentielles.

Dans l'ensemble, notre système propose une solution complète de gestion et de surveillance des processus industriels, offrant des fonctionnalités avancées et des résultats tangibles. Les fenêtres de notre application fournissent une interface facile à utiliser et les résultats de l'implémentation confirment son efficacité dans un environnement industriel réel.

Perspectives

Le travail que nous avons accompli poura être amélioré, complété et poursuivi de différentes manières, notamment :

— Apprentissage automatique et utilisation de l'historique.
— Application de l'architecture de three trees si le cloud est accessible.
— L'utilisation de la solution de télémaintenance à travers toute l'usine.

Bibliographie

[Main1] Cite officiel node-red. https://nodered.org/.

[Main2] Ngrok. https://ngrok.com/.

[Main3] Statista : Empowering people with data. https://www.statista.com/.

[Main4] Zeineb BABA CHEIKH. Étude comparative de cadriciels libres pour le développement d'applications iot, MONTRÉAL, LE 11 JUIN 2020.

[Main5] József Domokos Katalin Ferenc. Using node-red platform in an industrial environment. *Conference : XXXV. Jubileumi Kandó KonferenciaAt : Budapest, Magyarország*, 13, 2020.

[Main6] J.J. Lukkien L.F. Rahman, T. Ozcelebi. Choosing your iot programming framework : architectural aspects. *Conference :4th IEEE International Conference on Future Internet of Things and Cloud, FiCloud 2016 - Vienna, Austria*, 8, 2016.

Annexes

Annexe A

Programmation de l'application

Pour améliorer la lisibilité du programme, celui-ci est organisé en groupes correspondant aux différentes vues de l'interface utilisateur. Les figures ci-dessus illustrent les différents nœuds utilisés pour le développement de notre application, ainsi que les liens qui les relient. Vous pouvez importer le projet en scannant le code.

A.1 La recette

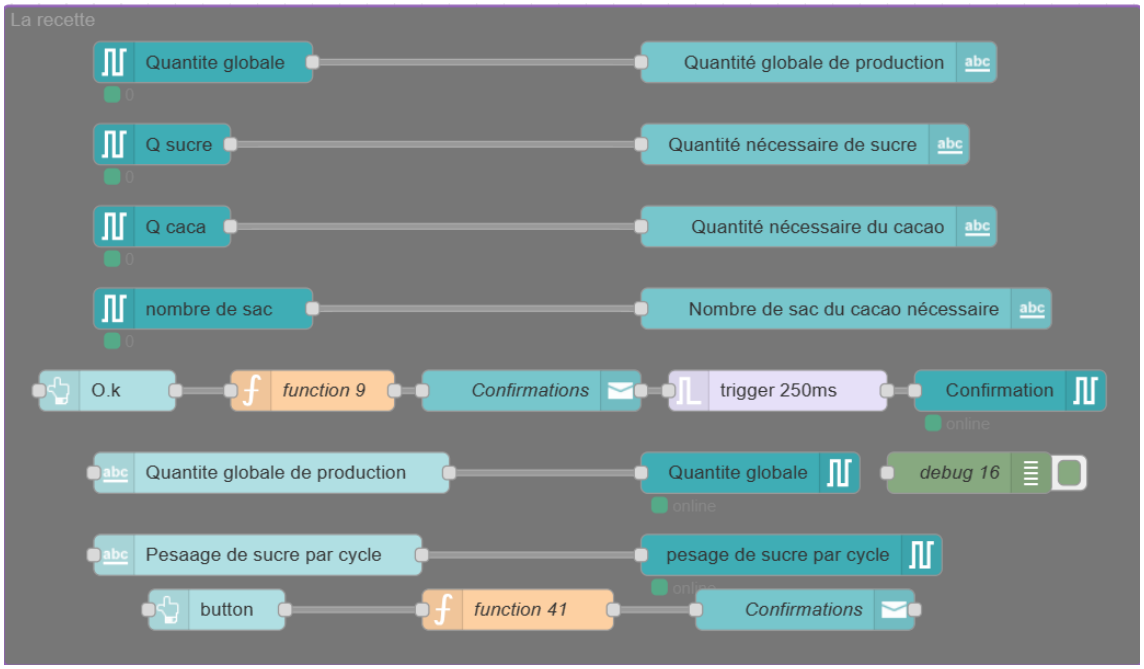


FIGURE I.1 – Backend recette

A.2 Cacao

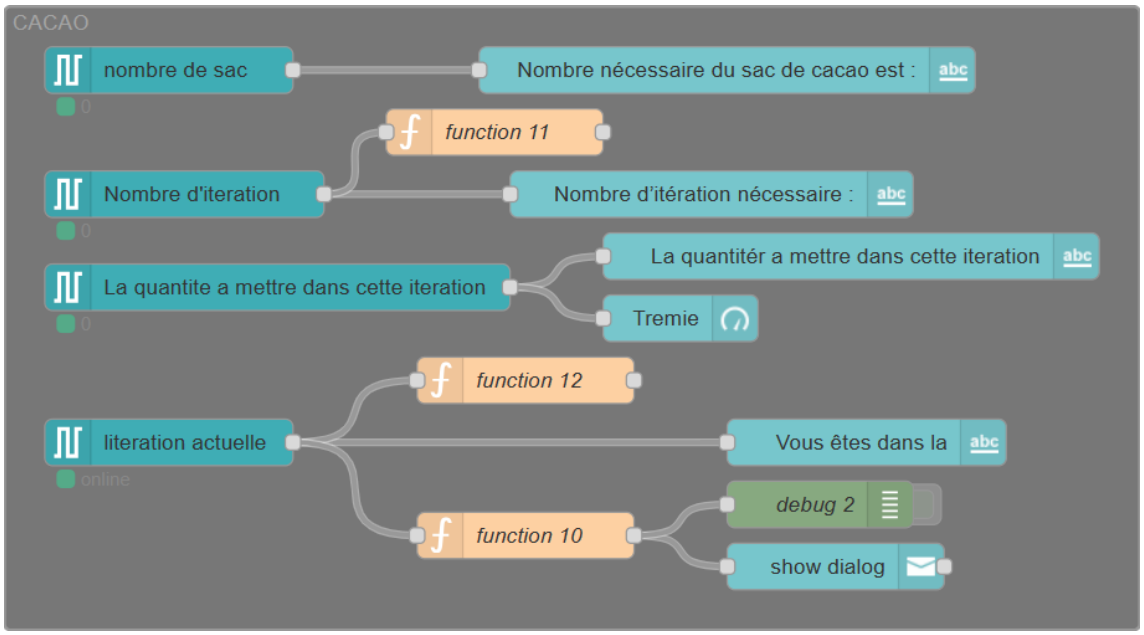


FIGURE I.2 – Backend Cacao

A.3 Production de la semaine

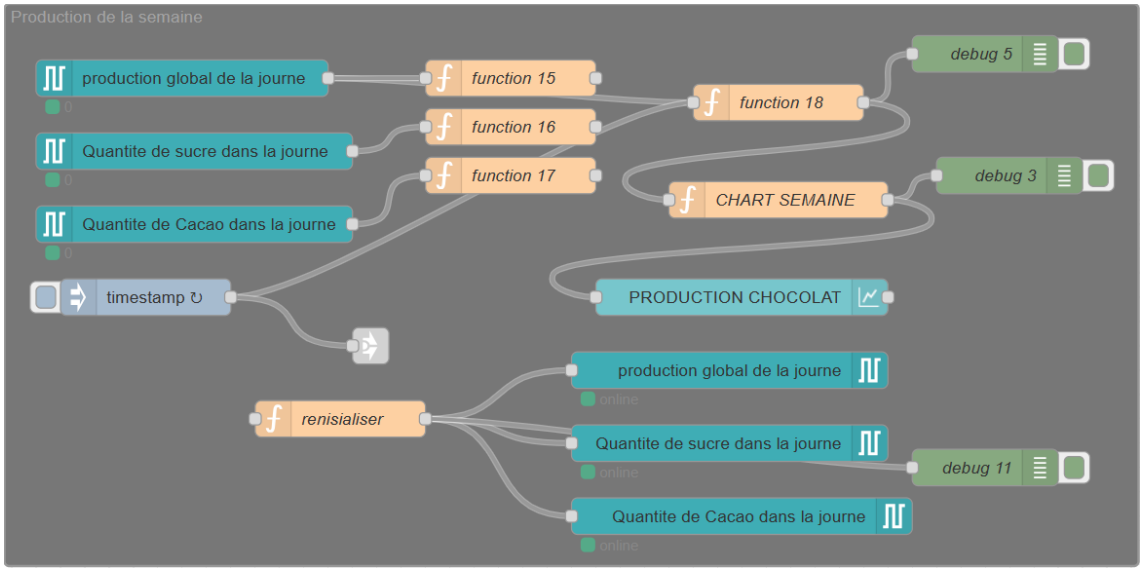


FIGURE I.3 – Backend production

A.4 progression de la production

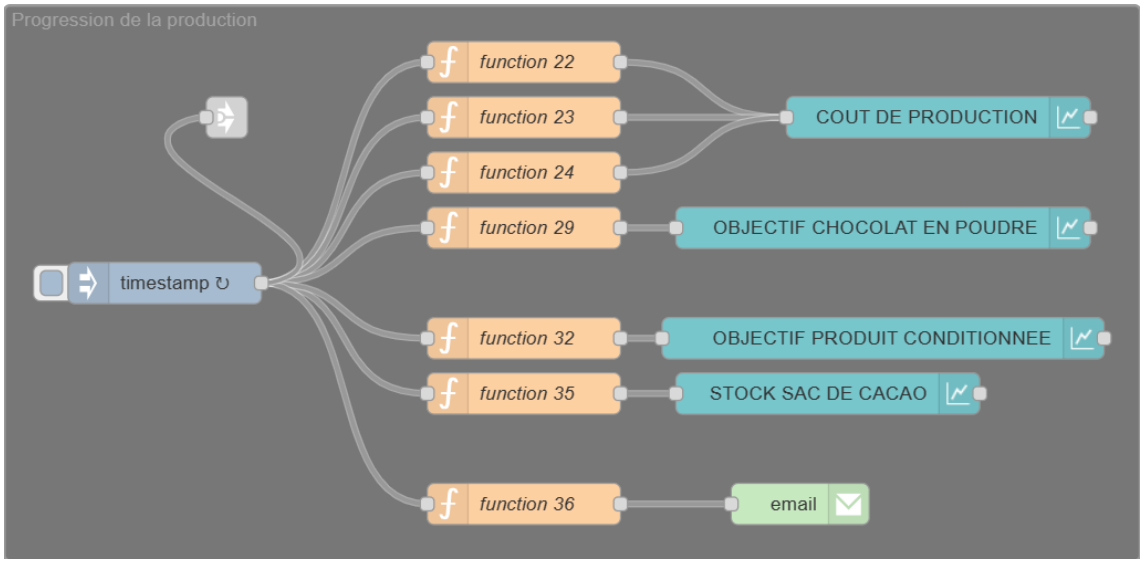
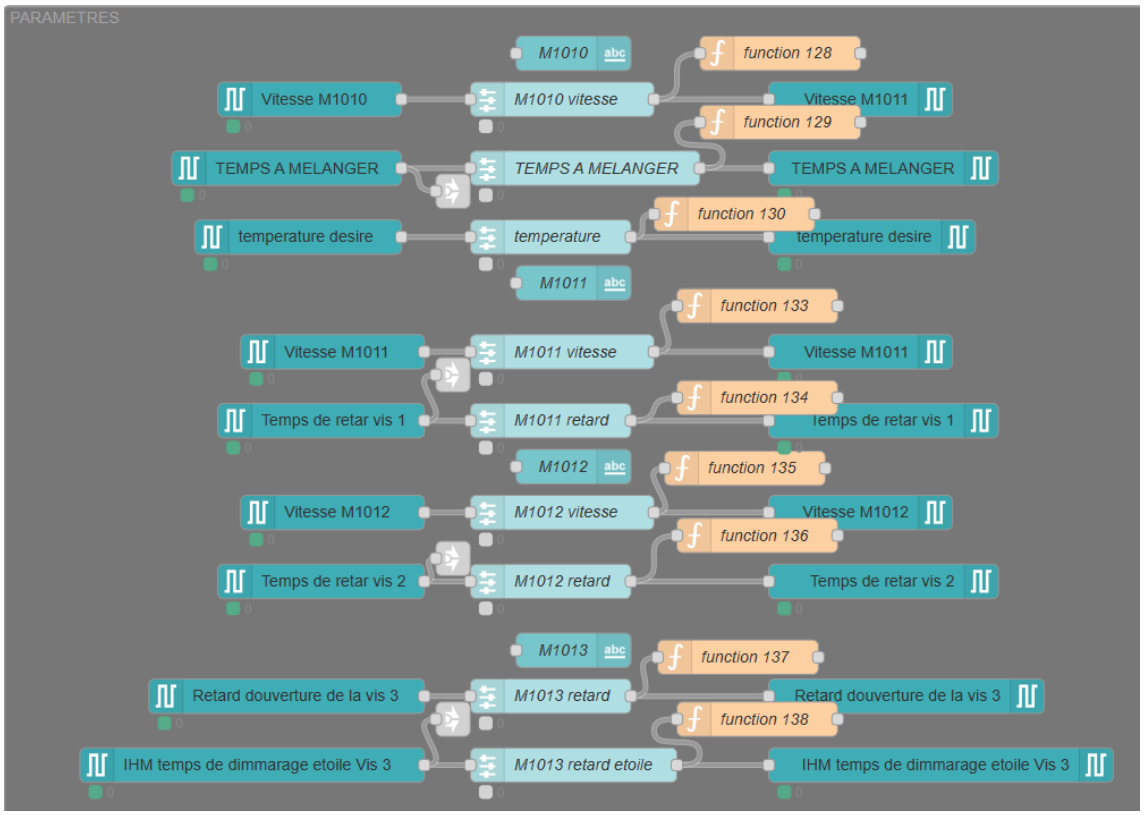


FIGURE I.4 – Backend progression

A.5 Paramètres



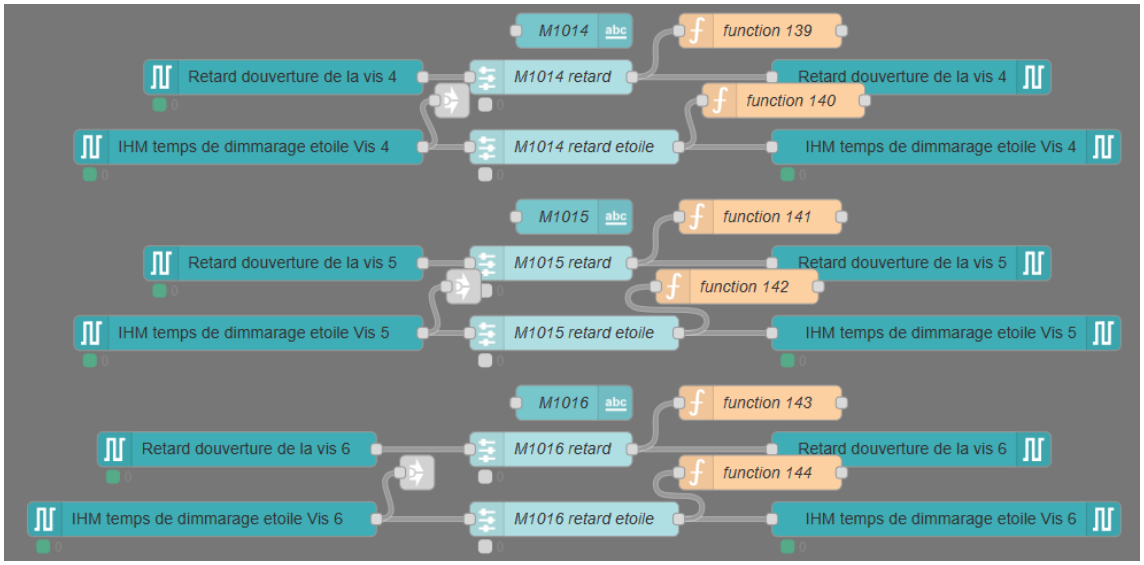


FIGURE I.5 – Backend paramètres

A.6 Consigne et objectifs

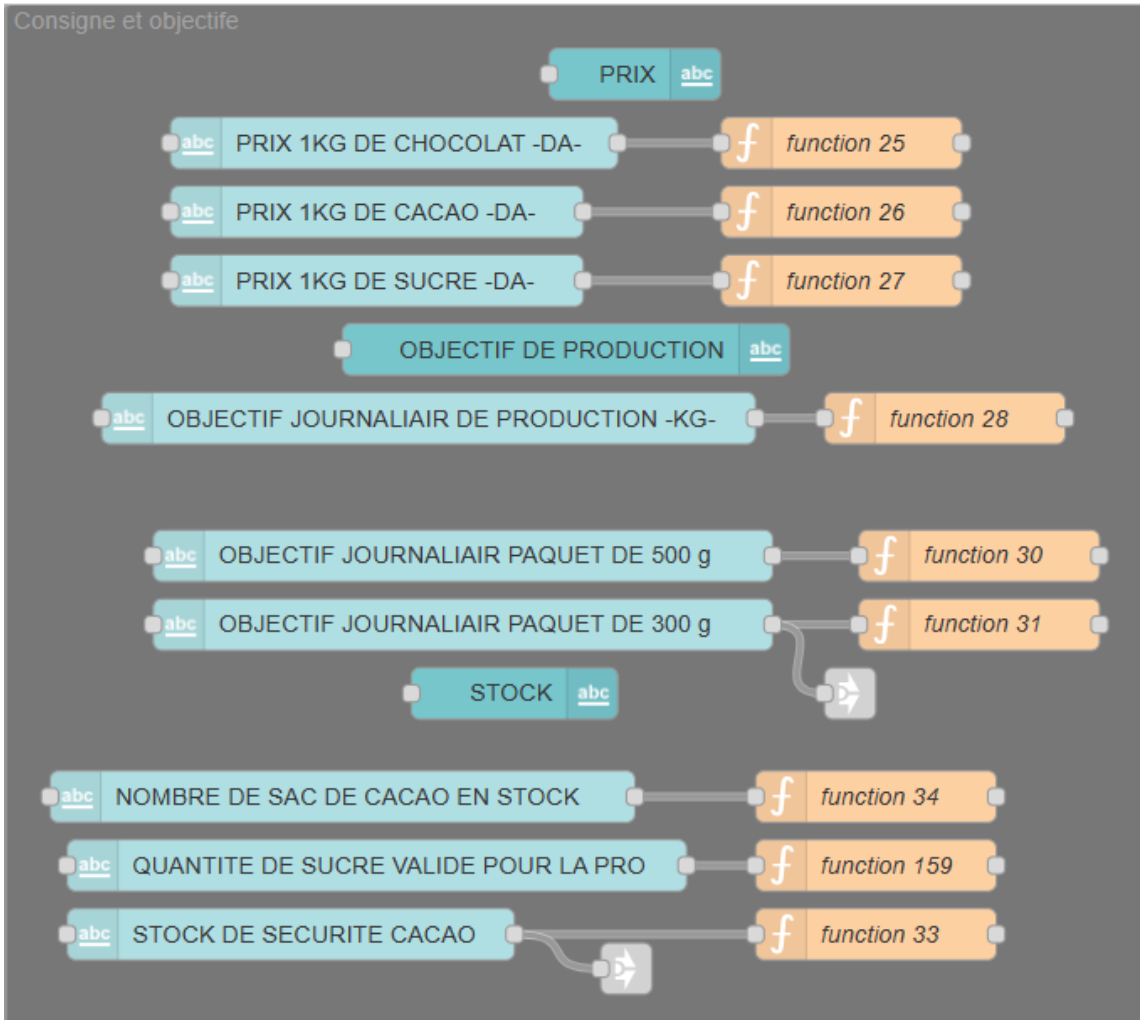
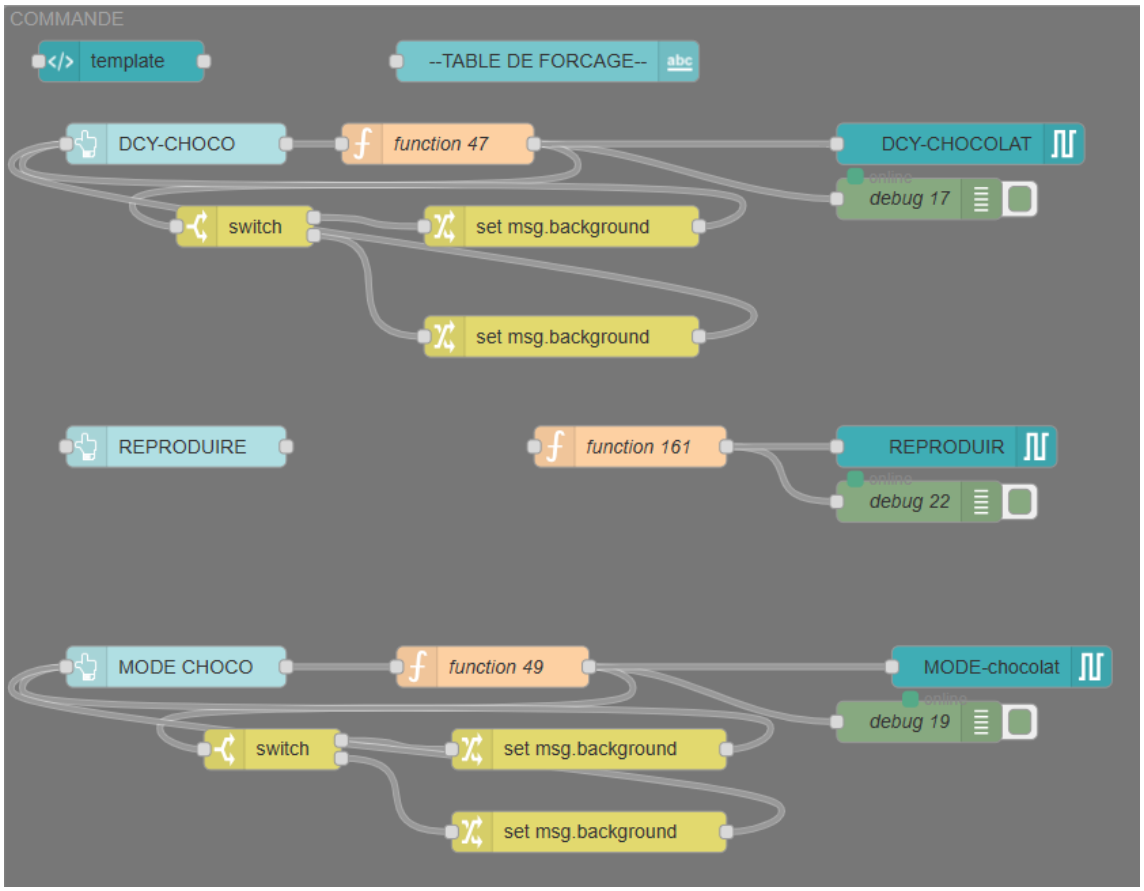


FIGURE I.6 – Backend consigne

A.7 Commande


COMMANDE
template
--TABLE DE FORCAGE--
DCY-CHOCO
function 47
DCY-CHOCOLAT
debug 17
switch
set msg.background
set msg.background
REPRODUIRE
function 161
REPRODUIR
debug 22
MODE CHOCO
function 49
MODE-chocolat
debug 19
switch
set msg.background
set msg.background

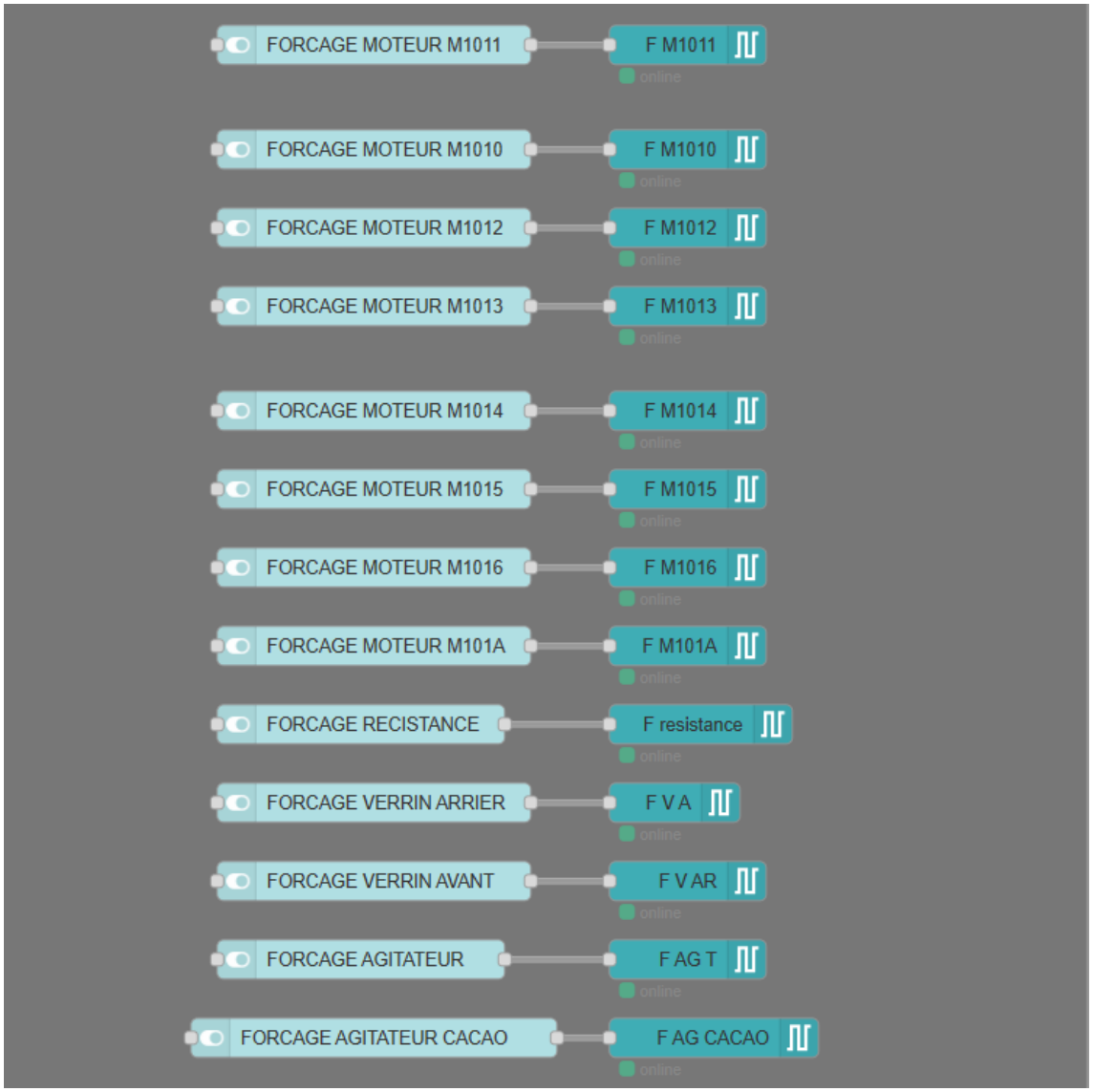


FIGURE I.7 – Backend commande

A.8 Email

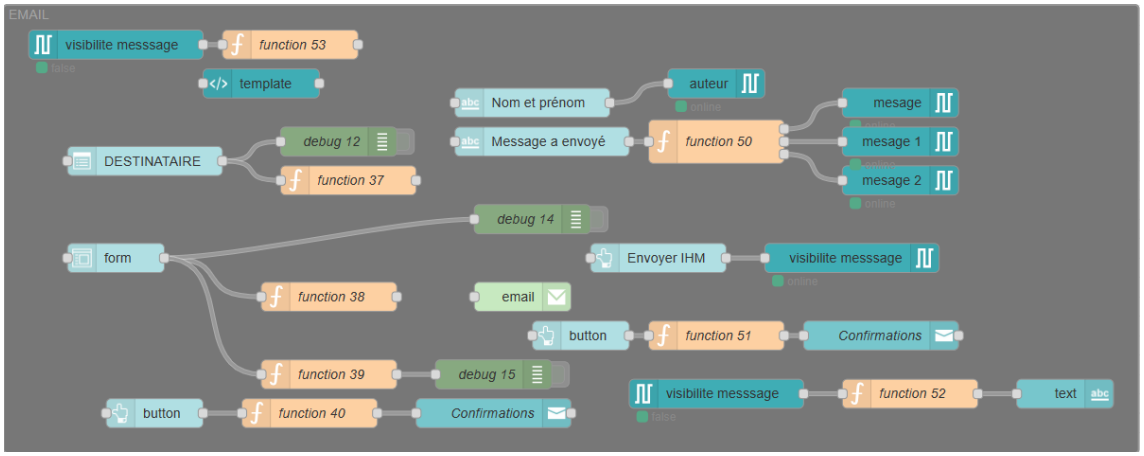


FIGURE I.8 – Backend email

A.9 Personnalisation de l'affichage

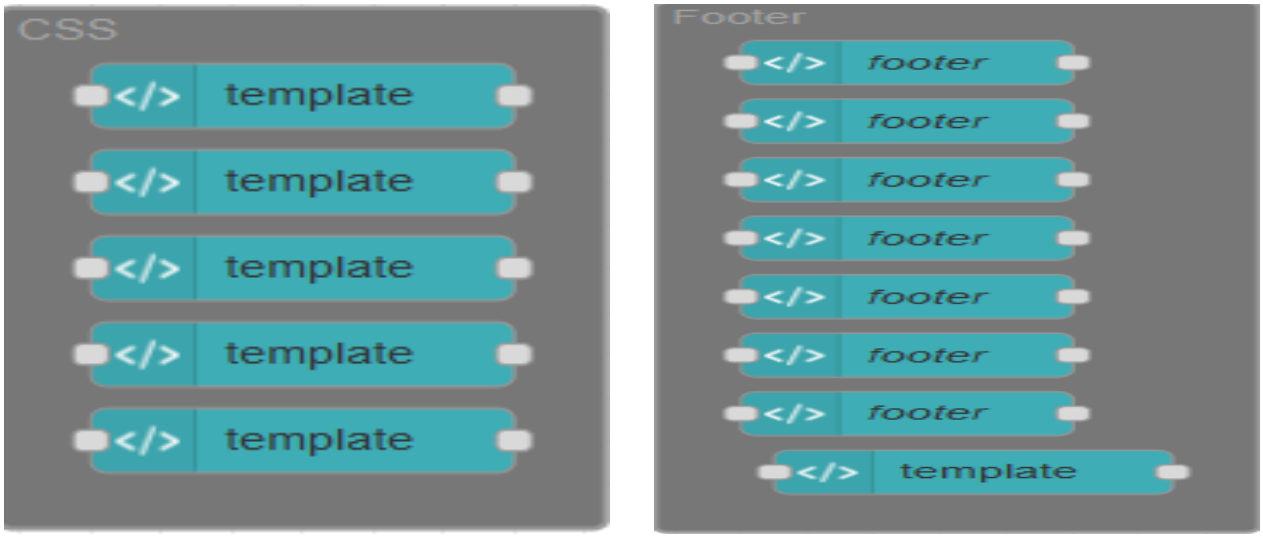
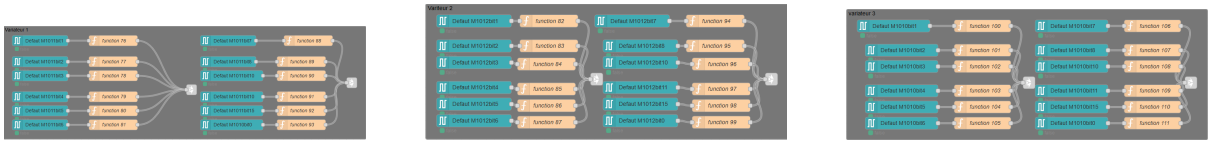


FIGURE I.9 – Backend CSS

A.10 Alarmes

1.10.1 Alarmes variateurs



(a) Les erreurs possible du variateur 1

(b) Les erreurs possible du variateur 2

(c) Les erreurs possible du variateur 3

FIGURE I.10 – Les erreurs possible des variateurs

1.10.2 Aquittement des erreurs

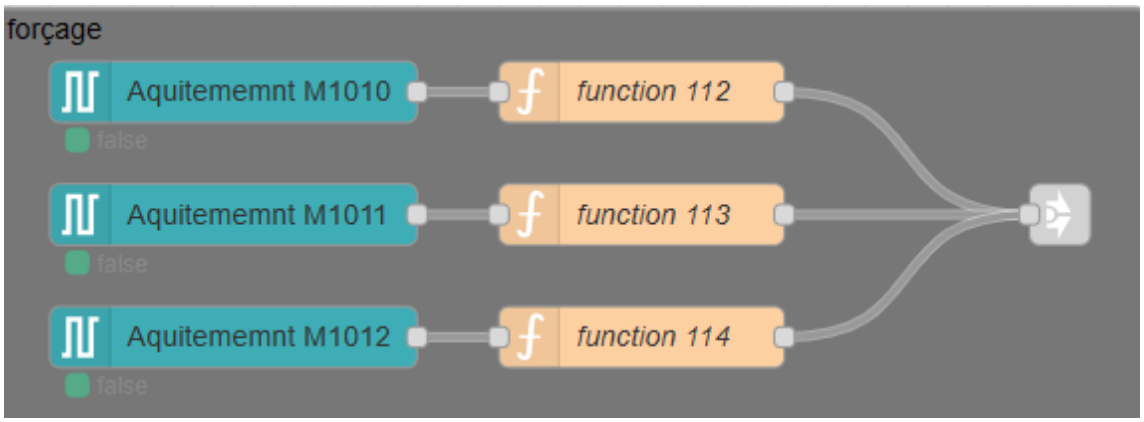
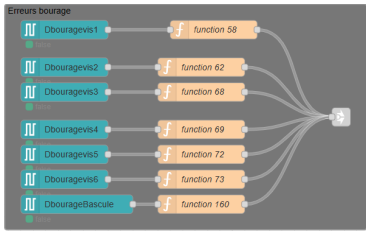
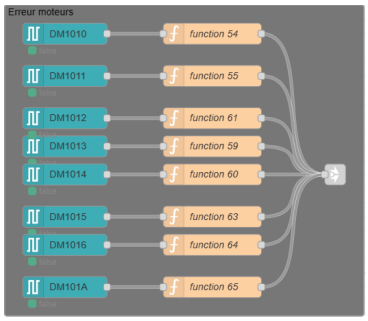


FIGURE I.11 – backend forçage

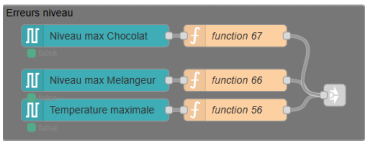
1.10.3 Autres alarmes



(a) Backend des erreurs de bourrage



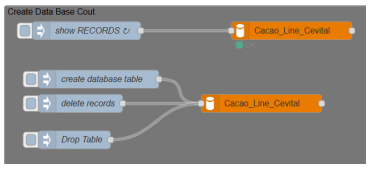
(b) Backend des erreurs des moteurs



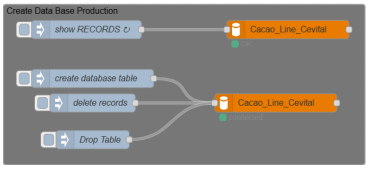
(c) Backend des erreurs de volume

FIGURE I.12 – Les erreurs possibles

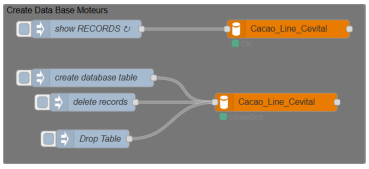
A.11 Stockage dans une base de donnée



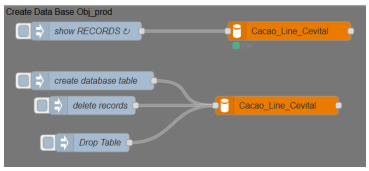
(a) Backend de database cout



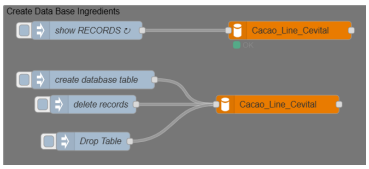
(b) Backend de database production



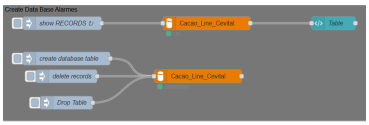
(c) Backend de database moteurs



(a) Backend de database Obj_Prod



(b) Backend de database Ingredients



(c) Backend de database Alarmes

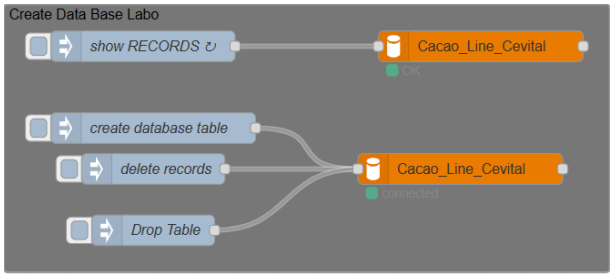


FIGURE I.15 – Backend database Labo

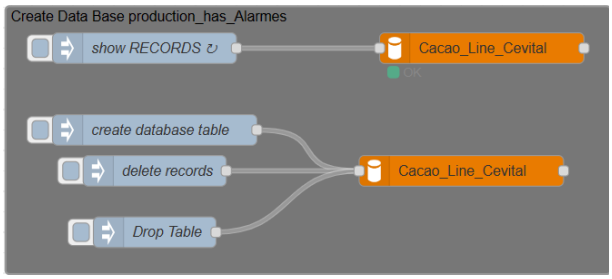


FIGURE I.16 – Backend database Production_has_Alarmes

ملخص

هدف هذا المشروع هو تطوير منصة تمكن من تخزين ومراقبة والتحكم عن بُعد في إعدادات إنتاج الشوكولاتة. يتكون المشروع من ثلاثة أجزاء

يهدف الجزء الأول إلى بناء أساس نظري قوي لتوجيه تطوير الحل في المراحل اللاحقة. يتضمن هذا الجزء القيام ببحث شامل حول المفاهيم والتقنيات المتعلقة بالمشروع.

في الجزء الثاني، يتم التركيز على إنشاء واجهة المستخدم الرسومية (IHM) المبنية على خادم Node-RED . ستتيح واجهة المستخدم للمستخدمين الوصول إلى ميزات مثل مشاهدة تقدم الإنتاج في الوقت الحقيقي، وتعديل المعلمات مباشرة، واستعراض سجل البيانات والتنبيهات، وإرسال تقارير يومية عبر البريد الإلكتروني.
بمجرد تطوير المنصة، سيتم تصديرها باستخدام Ngrok لإجراء الاختبارات في ظروف حقيقية. ركزت هذه الاختبارات على تقييم كفاءة ونجاح النظام ، والتأكد من تلبية متطلبات واحتياجات الشركة.cibara

كلمات مفتاحية: الصيانة عن بعد ، مخطط ثلاثة أشجار، الدخول الى المعلومات عن بُعد.

Résumé

Ce projet vise à réaliser une plateforme permettant le stockage, la supervision et le contrôle à distance des paramètres de production de chocolat en poudre. Il se divise en trois parties distinctes.

L'objectif de la première partie est de parvenir à une base théorique solide pour guider le développement ultérieur de la solution. Cette phase implique une recherche approfondie sur les concepts et les technologies pertinents liés au projet.
Dans la deuxième partie l'accent est mis sur la création d'une IHM basée sur le serveur Node-RED. L'IHM permettra aux utilisateurs d'accéder aux fonctionnalités telles que la visualisation en temps réel de l'avancement de la production, la modification des paramètres en direct, la consultation de l'historique des données et des alarmes, ainsi que l'envoi de rapports journaliers par e-mail.
Une fois la plateforme développée, elle sera exportée à l'aide de Ngrok afin de pouvoir la tester dans des conditions réelles. Les tests permettront d'évaluer l'efficacité et le succès du système, en s'assurant qu'il répond aux exigences et aux besoins de l'entreprise.

Mots clés : Node-RED, Ngrok, MySQL, télémaintenance, Three trees architecture, Accès distant.

Abstract

The aim of this project is to create a platform for the storage, supervision and remote control of chocolate powder production parameters. It is divided into three distinct parts.

The aim of the first part is to establish a sound theoretical basis to guide the further development of the solution. This phase involves in-depth research into the concepts and technologies relevant to the project.
In the second part, the focus is on creating an HMI based on the Node-RED server. The HMI will enable users to access functionalities such as real-time visualization of production progress, live parameter modification, consultation of data and alarm history, and sending daily reports by e-mail.
Once the platform has been developed, it will be exported to Ngrok for testing under real conditions. The tests will assess the effectiveness and success of the system, ensuring that it meets the company's requirements and needs.

Keywords : Node-RED, Ngrok, MySQL, remote monitoring and maintenance, Three trees architecture, Remote access.