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 d'Ingénieur d'État en **Automatique**

Spécialité

Automatique et Informatique Industrielle

Thème

Conception et réalisation d'une plateforme de Monitoring Environnemental

Réalisé par

AMIR Farouk

KACI Kamelia

Présenté et soutenu publiquement le 04/07/2022

Composition du Jury :

Président	M. BOUDIAR Toufik,	Maître de conférences A	ENST
Encadrant	M. KHELOUAT Samir,	Maître de conférences B	ENST
Promoteur	M. BELMOUHOUB Mohammed,	Chef de projets IT Groupe	BIOPHARM
Examinateur	M. CHERABIT Nouredine,	Maître-assistant A	ENST
Examinatrice	Mme. OUSAADI Zahira,	Maître-assistant A	ENST

Année universitaire 2021-2022

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 d'Ingénieur d'État en **Automatique**

Spécialité

Automatique et Informatique Industrielle

Thème

Conception et réalisation d'une plateforme de Monitoring Environnemental

Réalisé par

AMIR Farouk

KACI Kamelia

Présenté et soutenu publiquement le 04/07/2022

Composition du Jury :

Président	M. BOUDIAR Toufik,	Maître de conférences A	ENST
Encadrant	M. KHELOUAT Samir,	Maître de conférences B	ENST
Promoteur	M. BELMOUHOUB Mohammed,	Chef de projets IT Groupe	BIOPHARM
Examinateur	M. CHERABIT Nouredine,	Maître-assistant A	ENST
Examinatrice	Mme. OUSAADI Zahira,	Maître-assistant A	ENST

Année universitaire 2021-2022

Dédicaces

“

À mon cher père, mon modèle de persévérance et le manager de tous mes projets,

À ma chère mère, ma garante et la source des prières qui m'ont tout le temps accompagné,

À mes frères et soeurs, qui m'ont toujours épaulé, je serai là à mon tour pour les appuyer,

À la mémoire de mon valeureux grand père, qu'il repose en paix, avec qui j'ai énormément appris,

À mon binôme Kamelia, et à mes amis, pour tout ce que nous avons partagé, c'est ensemble que nous avons fait la traversée,

À tous ceux qui me sont chers, à vous tous,

Merci.

”

- Farouk

“

À mon cher père, mon pilier, pour son soutien, son affection et la confiance qu'il m'a accordé,

À ma chère mère pour tout ses encouragements, ses sacrifices et toutes ses prières,

À ma chère sœur et mes chers frères qui ont toujours su me soutenir et m'encourager,

À mon binôme Farouk, et à mes chères amies qui m'ont aidé et supporté dans les moments difficiles, et à qui je souhaite plus de succès,

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

À tous ceux qui me sont chers, à vous tous

Merci.

”

- Kamelia

Remerciements

“

Louange à dieu seul, clément et miséricordieux

Nous vifs remerciements vont d'abord à Mr. ***KHELOUAT Samir****, notre encadreur au sein de l'ENST pour sa patience dans le suivi, son esprit d'écoute sans égal et pour son aide compétente qui nous a été d'une grande utilité pour l'achèvement de ce projet,*

Nos remerciements les plus sincères vont ensuite à notre promoteur au sein de BIOPHARM, Mr ***Mohammed BELMOUHOUB*** *qui a su nous propulser, nous motiver, nous conseiller, et nous garder en ligne tout au long du projet. Ces personnes qui se donnent à fond juste pour former méritent tout notre respect,*

Nous exprimons notre gratitude à l'ensemble du personnel de ***BIOPHARM Industrie*** *, en particulier : Chakib, Krimou, Sadji, Amina, Brahim, Djamel et Salim, qui ont tout le temps prouvé leur implication dans le projet en nous assurant un environnement de travail stimulant,*

Nous saisissons cette occasion pour réitérer notre respect à nos enseignants et adresser nos meilleures salutations aux membres de jury qui nous font l'honneur de lire et d'évaluer notre travail,

À tout ceux qui ont contribué de près ou de loin à cet aboutissement, veuillez trouver ici témoignage de gratitude et de remerciements.

”

- Farouk & Kamelia

ملخص

يعد هذا العمل جزءًا من نهج تحديث العمليات الصناعية لشركة بيوفارم ، من خلال تصميم وتنفيذ حل مراقبة بيئي يركز على الاستحواذ وجميع أنشطة الإشراف الخاصة بالمعايير البيئية لمختلف مباني المجموعة.

لن يسمح هذا الحل بمراقبة البيانات وتصورها في الوقت الفعلي فحسب ، بل سيضمن أيضًا إمكانية تتبع سجل القياس وإنشاء تقارير الاتجاهات وتنفيذ نظام تنبيه وقائي.

كلمات مفتاحية :

المراقبة البيئية ، تحصيل البيانات ، الإشراف ، النظم من التنبيهات ، قاعدة البيانات.

Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une démarche de modernisation des processus industriels au sein de Biopharm Industrie, et ce, à travers la conception et la réalisation d'une solution de surveillance environnementale qui centralise l'acquisition et l'ensemble des activités de supervision des paramètres environnementaux des différents locaux du groupe.

Cette solution permettra non seulement la surveillance et la visualisation des données en temps réel, mais assurera aussi la traçabilité de l'historique des mesures, la génération des rapports de tendances et la mise en place d'un système d'alerte préventif.

Mots clés : Monitoring environnemental, Acquisition de données, Supervision, Systèmes de notifications, Base de données.

Abstract

This work is part of an approach to modernise industrial processes within Biopharm Industry, through the design and implementation of an environmental monitoring solution which centralises the acquisition and all the activities of supervision of the environmental parameters of the group's various premises.

This solution will not only enable real-time monitoring and visualisation of data, but will also ensure the traceability of the measurement history, the generation of trend reports and the implementation of a preventive alert system.

Keywords : Environnemental monitoring, Data acquisition, Supervision, Notification systems, Database.

Table des matières

Table des figures . . . . . **I**

Liste des tableaux . . . . . **III**

Liste des sigles et acronymes . . . . . **IV**

Introduction générale **1**

I État de l'art **5**
I.1 Introduction 5
I.2 Monitoring Environnemental 5
I.2.1 Définition de la surveillance environnementale 5
I.2.2 Caractéristiques de la surveillance environnementale 6
I.2.3 Critères à remplir pour effectuer un suivi environnemental 6
I.2.4 Application 6
I.3 Industrie et Monitoring 7
I.3.1 La révolution industrielle 7
I.3.2 L'industrie pharmaceutique 8
I.3.3 Le Monitoring dans l'industrie pharmaceutique 10
I.4 Systèmes de monitoring environnemental 11
I.4.1 Définition 11
I.4.2 Architecture d'un EMS 11
I.4.3 Déploiement des EMS 12
I.4.4 Le fonctionnement des EMS 13
I.5 Conclusion 13

II Étude de l'existant **14**
II.1 Introduction 14
II.2 Présentation de l'organisme d'accueil 14
II.2.1 Présentation de Biopharm 14
II.2.2 Les activités de Biopharm 14
II.2.3 La structure interne de Biopharm Industrie 15
II.2.4 Périmètre du projet au sein de l'entreprise 15
II.3 Description du système de monitoring actuel 16
II.3.1 Présentation de l'enregistreur 16
II.3.2 Paramétrage et configuration 19
II.4 Diagnostic du système de monitoring actuel 20
II.5 Conclusion 21

III Analyse et Conception **22**

III.1 Introduction . . . 22
III.2 Capture des besoins . . . 22
III.2.1 Périmètre fonctionnel de la réalisation . . . 22
III.2.2 Spécifications du système projeté . . . 23
III.3 Conception du système projeté . . . 26
III.3.1 Modélisation préliminaire . . . 26
III.3.2 Choix du matériel . . . 27
III.3.3 Choix des outils de développement . . . 29
III.4 Conclusion . . . 30

IV Développement et programmation . . . 31
IV.1 Introduction . . . 31
IV.2 Configuration matérielle du projet . . . 31
IV.2.1 CPU et modules d'entrées . . . 31
IV.2.2 Module d'extension . . . 32
IV.3 Adressage et programmation API . . . 32
IV.3.1 Programmation des blocs fonctionnels . . . 32
IV.3.2 Déclaration des variables . . . 36
IV.3.3 Blocs d'organisation . . . 37
IV.4 Visualisation du processus . . . 38
IV.4.1 Configuration de l'HMI de production . . . 39
IV.4.2 Configuration de l'HMI du magasin . . . 43
IV.4.3 Configuration de la station PC de supervision . . . 44
IV.5 Système d'alertes et de notifications . . . 47
IV.5.1 Paramétrage de la communication . . . 47
IV.5.2 Configuration de l'envoi . . . 47
IV.5.3 Réception des notifications . . . 48
IV.6 Test de cohérence et implémentation . . . 48
IV.7 Conclusion . . . 49

V Exploitation et supervision . . . 50
V.1 Introduction . . . 50
V.2 Constitution de la base de données . . . 50
V.2.1 Le modèle conceptuel de données . . . 50
V.2.2 Construction de la Base de données . . . 51
V.3 Exploitation de la base de données . . . 53
V.3.1 Importation des données . . . 54
V.3.2 Configuration des liaisons . . . 54
V.3.3 Création des rapports . . . 55
V.4 Conclusion . . . 58

Conclusion et perspectives . . . 59

Bibliographie . . . 61

Annexes . . . 63

A Programmation des blocs fonctionnels . . . 64

B Adressage des variables 78

C Déclaration du bloc organisationnel 93

D Construction de la base de données 129

Table des figures

I.1 Les révolutions industrielles dans le temps[1] 8
I.2 La traçabilité en amont et en aval [2] 8
I.3 Les grandes étapes de fabrication d'un médicament [3] 10

II.1 Les filiales du groupe Biopharm 14
II.2 La structure interne de BIND 15
II.3 Périmètre de réalisation de l'EMS 16
II.4 L'enregistreur de donnée Kimo KH 120 [4] 17
II.5 L'enregistreur de données Kimo KH 220 [5] 17
II.6 La connectique de L'enregistreur de données Kimo KH 220 [5] 18
II.7 Le logiciel KILOG LITE 19
II.8 Architecture physique du système existant 21

III.1 Schéma de production de Biopharm 23
III.2 Modélisation de l'EMS réalisé 27

IV.1 Configuration du rack de l'API 31
IV.2 Adressage et configuration des entrées analogiques 32
IV.3 Module d'extension de la configuration 32
IV.4 Les blocs fonctionnels 33
IV.5 Normalisation et mise à l'échelle de la température 34
IV.6 Normalisation et mise à l'échelle de l'humidité 34
IV.7 Réseau de génération d'alarmes 35
IV.8 Bloc de comparaison minimale des températures 35
IV.9 Table de variables de Granulation 36
IV.10Paramétrage du réseau OB de la gélluleuse 37
IV.11Bloc de données à sonde unique 38
IV.12Architecture réseau de l'EMS 38
IV.13Échantillon des alarmes IHM 39
IV.14Création des accès et des groupes utilisateurs de la TP900 40
IV.15Vue racine de l'IHM de production 40
IV.16Légende de l'interface 41
IV.17Affichage des alarmes de la zone de production 41
IV.18Le tracé des courbes de la ligne des formes liquides 42
IV.19Paramétrage de l'audit de la TP900 42
IV.20Vue de gestion des utilisateurs 43
IV.21Vue racine de l'IHM du magasin 43
IV.22Disposition du PC de supervision 44
IV.23Création des accès et des groupes d'utilisateurs de la Station PC 45
IV.24Vue racine de la station PC 45

IV.25Création et paramétrage des variables d'archives 46
IV.26Paramétrage de l'audit de la station PC 46
IV.27Paramétrage Runtime de la communication SMTP 47
IV.28Classes d'alarmes et destinataires 47
IV.29Exemple d'un e-mail envoyé par l'EMS 48
IV.30Démarrage de la CPU S7-1200 48
IV.31Table de forçage de la salle « Mélange des formes sèches » 49

V.1 Le MCD de la base de données de l'EMS 51
V.2 Création de la base de données 51
V.3 Les tables de la BDD 52
V.4 Sites de Biopharm 53
V.5 Le modèle physique des données 54
V.6 Histogramme de l'humidité dans la zone du Magasin 55
V.7 Affichage détaillé des paramètres de la salle « Blistering SBLS2 » 56
V.8 Affichage détaillé des paramètres de la zone de production 56
V.9 Interface des distributions moyennes de la zone de production 57
V.10 Interface de l'audit trail 58
V.11 Structure du Tableau des Actions 58

Liste des tableaux

II.1 Caractéristiques du KH220 18

IV.1 Principe d'adressage des variables 37

Liste des sigles et acronymes

EMS	*Environmental monitoring system*
BPF	*Bonnes pratiques de fabrication*
BPD	*Bonnes pratiques de distribution*
IoT	*Internet of things*
RD	*Recherche et développement*
TOR	*Tout ou rien*
GTC	*Gestion Technique Centralisée*
CTN	*Coefficient de température négatif*
API	*Automate programmable industriel*
HMI	*Interface Homme-Machine*
SQL	*Structured Query Language*
BI	*Business Intelligence*
SMTP	*Simple Mail Transfer Protocol*
ODBC	*Open Database Connectivity*
E/S	*Entrées/Sorties*
MPI	*Multi Point Interface*
OPC	*Open Platform Communications*
VPN	*Virtual Private Network*
TIA	*Totally Integrated Automation*
CPU	*Central Processing Unit*
SGBD	*Système de gestion de bases de données*
SSMS	*SQL Server Management Studio*
FB	*Bloc fonctionnel*
OB	*Bloc d'organisation*
DB	*Bloc de données*
MCD	*Modèle conceptuel de données*
MPD	*Modèle physique de données*
BDD	*Base de données*

Introduction générale

Contexte du projet

L'acquisition, la collecte, l'analyse ainsi que le traitement en temps réel des données définissent la dernière révolution industrielle. L'émergence de cette transformation est liée à la disponibilité massive des fonctions de connectivité, qui dotent tout système d'une réelle capacité de surveillance, de contrôle, d'optimisation et d'autonomie. Ce qui assure pour chaque usine connectée un coût d'exploitation plus faible, une productivité accrue, une qualité élevée de produits et une gestion multisite hyper sécurisée.

L'industrie pharmaceutique s'inscrit dans cette démarche de modernisation, de par la rentabilité et l'importance économique de ce secteur d'activité les laboratoires et groupes opérant dans ce domaine, qu'ils soient nationaux tel qu'il est le cas pour Biopharm ou multinationaux tel que Pfizer-Wyeth sont amenés à faire face à d'innombrables défis notamment liés à la concurrence et à la vigilance des autorités de santé quant aux bonnes pratiques de fabrication.

C'est dans ce contexte que la modernisation des processus, non seulement de production mais aussi de surveillance ou de monitoring environnemental intervient. Étant donné qu'aucune défaillance n'est tolérée quant aux paramètres environnementaux, leur maîtrise devient donc primordiale. Grâce à des capteurs, toute fluctuation, aussi minime qu'elle en soit dans n'importe quelle grandeur ayant un effet direct ou indirect sur le processus, le produit ou sur l'environnement regroupant la chaîne complète de ces derniers, les systèmes pourront émettre des alertes auxquelles l'humain donnera suite, déterminer des actions selon les algorithmes qui leurs ont été attribués pour le contrôle, optimiser leurs performances et enfin s'auto-diagnostiquer en combinant ces derniers aspects avec les flux de données habituels.

De ce fait, le groupe pharmaceutique algérien Biopharm répondant aux contraintes relatives à la norme ISO14001 conduisant à une amélioration continue de la performance environnementale de son organisme s'est donné pour mission de centraliser l'acquisition et le suivi des paramètres thermiques (Température et humidité) de l'ensemble de ses locaux de production, et de son magasin de stockage à travers une solution technologique concordante avec les standards de sa certification.

De cette façon, la mission qui nous a été confiée à travers ce projet de fin d'études est la conception et la réalisation d'une plateforme de monitoring environnemental, implémentable dans le site pilote d'Oued Smar et déployable sur l'ensemble des filiales du groupe.

Problématique

Biopharm est un groupe pharmaceutique opérant dans le secteur depuis le début des années 1990, sa structure organisationnelle compte aujourd'hui cinq (5) filiales autour de ces différents métiers. La production d'une gamme de médicaments dépassant actuellement la barre des 130 produits à travers Biopharm industry (BIND) qui demeure le noyau du groupe, la distribution en gros de ses produits à travers Biopharm distribution (BDIS), la répartition aux officines à travers Biopure, la promotion et l'information médicale à travers Human Health Information (HHI) et la logistique pour l'industrie pharmaceutique à travers Biopharm Logistic (BLOG). Avec un capital estimé à 5 milliards de dinars, les activités de Biopharm sont réparties sur cinq sites (Dar-El-Beida, Oued Smar, Reghaia, Sétif et Constantine). Elle est la première société à obtenir la certification aux bonnes pratiques de fabrication de l'agence nationale de sécurité du médicament et de produits de santé, qui atteste que les produits de BIOPHARM sont éligibles à l'exportation vers les marchés de l'union européenne. En Suivant sa démarche novatrice, Biopharm prévoit par ailleurs de structurer son réseau de surveillance environnementale afin de renforcer son développement et de maintenir sa conformité par la conception d'une solution de supervision centralisée des paramètres critiques environnementaux pour permettre d'une part le suivi en temps réel de ces derniers et s'ouvrir au diagnostic préventif et la génération des rapports de tendances d'une autre part. Ce qui articule la problématique à traiter au cours de ce projet autour des points suivants :

- **Pénibilité du prélèvement manuel des données** : les métrologues sont amenées à parcourir le réseau de capteurs d'une façon singulière pour la récupération de l'historique des mesures. Cette action n'est pas toujours évidente vu que certains organes se trouvent à des hauteurs très élevées ou à des endroits très encombrés notamment dans la salle de stockage.
- **Non robustesse et dégradation des capteurs** : L'état des organes des mesures se dégradent plus tôt que prévu lorsqu' ils sont manipulés ou exposés à des actions régulières de l'humain.
- **Absence de suivi en temps réel des données** : étant donné que les variations des paramètres environnementaux peuvent être instantanées, la récupération des données à des jalons bien spécifiques est loin d'être la meilleure façon pour assurer la non production de certains événements qui peuvent être critiques pour la pérennité de l'usine et également pour la sécurité de son personnel.
- **Impossibilité de la prédiction des fautes et de la maintenance préventive** : En cas d'arrêt ou d'une dérive d'un capteur, cette défaillance peut passer inaperçue jusqu'au nouveau jalon de vérification, ce qui fait que l'intervalle séparant l'apparition de l'erreur et l'intervention pour réparation sera perdu ou complètement erroné en termes de données.

Objectifs initiaux

Ce projet a pour finalité de concevoir et de réaliser une solution technologique de monitoring environnemental (EMS) pour le compte de Biopharm, afin de lui permettre dans le cadre de sa dynamique novatrice de développement de :

- Se doter d'un système de supervision environnementale répondant aux exigences qualités et réglementaires et aux normes BPF.
- Garantir la chaîne de traçabilité du capteur jusqu'à la base de données.
- Optimiser le contrôle de l'environnement par des mesures continues.
- Effectuer un suivi des données en temps réel.
- Se disposer d'un système de notification et d'alarmes pour un monitoring préventif.
- Constituer une base de données de capitalisation concernant les paramètres environnementaux.
- Optimiser les coûts et les délais en assurant un mécanisme de remontée d'information plus optimum.
- Améliorer le reporting et l'analyse de l'activité de supervision.
- Disposer d'une vue d'ensemble des paramètres environnementaux des sites de Biopharm à travers un tableau de bord optimisé avec un accès immédiat à l'information.
- Accroître et fluidifier la communication entre les différents acteurs sur les actions réalisées et sur l'ensemble des informations traitées.

Organisation du mémoire

L'achèvement de ce projet nécessite une démarche bien définie, cette approche est structurée dans ce document en cinq (05) chapitres, reliés les uns aux autres d'une manière à permettre au lecteur de se situer à chaque passage, ces derniers sont parcellés comme suit :

Chapitre I : État de l'art

Ce chapitre constitue l'assise du projet en termes de bagage théorique, les différents concepts et définitions relatives à la surveillance environnementale ainsi que les systèmes qui s'en assurent seront abordés dans l'ensemble des sections qui le constituent, en allant des notions de bases jusqu'à leur applications sur notre thème d'étude.

Chapitre II : Étude de l'existant

Ce deuxième chapitre sera introduit par une présentation globale de l'organisme d'accueil avant de passer aux principaux acteurs du projet au sein de la même société entre partenaires et bénéficiaires. Le dernier point à traiter est l'étude technique du procédé actuel, entre autres le matériel disponible et ses limites d'utilisations.

Chapitre III : Analyse et Conception

C'est dans ce chapitre que la solution sera proposée, en tenant compte des spécifications techniques et fonctionnelles exigés par les futur utilisateurs du système. Ce chapitre sera fragmenté en deux (02) volets, l'analyse en premier à travers la capture des besoins suivie de la modélisation de la plateforme dédiée à la solution, tout en choisissant les outils de

développement et la configuration matérielle adéquate au cahier de charges du projet.

Chapitre IV : Développement et programmation

Après l'étape de la conception, le tour sera à la mise en oeuvre et à l'implémentation du modèle élaboré, les détails de programmation et le développement des techniques de supervision feront l'objet de ce quatrième chapitre. Ce chapitre éclairera donc une grande partie du projet, qui est celle de l'acquisition, le traitement et la centralisation des données ainsi que l'interfaçage entre le système et le personnel exploitant à travers les écrans de supervision et le système de notifications.

Chapitre V : Exploitation et supervision

Ce dernier chapitre traitera la partie dédiée à l'exploitation du système développé dans les chapitres précédents. Les données étant acquises et traitées, elles doivent être capitalisées dans une base de données et exploitées sur des tableaux de bord, ce qui fera l'objet de ce chapitre de clôture.

Chapitre I

État de l'art

I.1 Introduction

Depuis les années 1970, le concept de surveillance environnementale (auquel on donne aujourd'hui l'appellation de veille) est un thème mobilisé par de nombreuses entreprises, à l'instar des entreprises japonaises, qui sont considérées comme championnes dans ce domaine. Au milieu des année 1980, ce concept a été relancé dans ses dimension technologique, et c'est vers la fin de cette période que les entreprises ont pris pleinement conscience de l'importance d'intégrer l'activité de veille[6]. Ce chapitre décrit l'état de la littérature reliée à notre travail de recherche. Étant donné que le but de ce projet est de concevoir une solution de surveillance environnementale, nous commençons ce chapitre par une analyse complète du concept « Monitoring Environnemental ». Ensuite, nous parlerons de son entrée dans l'industrie en général, et dans le pharmaceutique en particulier. Puis, nous passons à l'évolution industrielle et des périodes majeurs qui ont marqué l'histoire de l'industrie, arrivons à la dernière génération de l'industrie qui est en train d'évoluer sous nos yeux et est connue sous l'appellation « industrie connectée ou industrie de futur » dans laquelle la surveillance environnementale est beaucoup plus améliorée, et est devenue comme une référence incontournable pour la production industrielle. Nous clôturons le chapitre par une étude détaillée des **Systèmes de Monitoring Environnemental** , en mentionnant ses diverses architectures et les différents environnements d'application de ce dernier et de décrire son fonctionnement.

I.2 Monitoring Environnemental

L'un des principes directeurs de la politique environnementale d'une entreprise devrait être de protéger l'environnement lors de la fabrication et de l'exploitation de produits. Les entreprises modernes sont plus conscientes que jamais de la valeur des données collectées sur le terrain et de la manière dont elles peuvent garantir que leurs équipements, systèmes et processus restent sûrs, efficaces et productifs. Les progrès technologiques ont rendu la lecture de ces données plus facile en mesurant les paramètres physiques et environnementaux à l'aide de capteurs, qui sont de appareils électroniques miniaturisés, les résultats sont précis, le système global est plus rapide et la consommation d'énergie est réduite. L'importance de la surveillance environnementale est incontestable à notre époque. C'est le domaine où les réseaux de capteurs ont été utilisés pour la première fois, leur objectif premier consiste en l'observation du monde physique et l'enregistrement des grandeurs physiques le caractérisant. Aussi, Avec l'avènement des cartes électroniques chargées du traitement des données issues de ce réseau de capteur, le suivi des paramètres environnementaux, à l'aide des commandes opérateurs, est devenu beaucoup plus facile [7].

I.2.1 Définition de la surveillance environnementale

La surveillance environnementale est l'action de lire, de détecter, de mesurer et d'évaluer les conditions environnementales dans le temps ou à des intervalles spécifiés sur un site ou un emplacement précis, en utilisant des outils d'observation (tels que des capteurs, des systèmes d'alarme et des moyens de communication sans fil) afin de détecter, d'observer les changements, de surveiller l'état de santé de l'environnement et de prévenir les événements et les défaillances qui peuvent nuire à ce dernier. Cependant, la réalité de ces processus, les outils utilisés, les paramètres choisis et la manière dont les processus sont

mis en œuvre peuvent varier considérablement selon le cas d'utilisation. Elle est extrêmement importante à la gestion de l'environnement en raison de la disponibilité de données permettant de planifier la mise en œuvre de mesures visant à limiter, atténuer ou prévenir la dégradation de l'environnement ou les produits fabriqués, sachant que tout ce qui se trouve dans l'environnement peut, à un moment donné, être inclus dans le produit [8].

I.2.2 Caractéristiques de la surveillance environnementale

Certaines des caractéristiques qui peuvent être trouvées en utilisant la surveillance environnementale sont :

- Elle permet de détecter si une situation extrême ou inhabituelle s'est produite sur une période de temps donnée, tout en exploitant les données reçues.
- La Facilité d'analyse de données qui permet de connaître l'impact des événements qui affectent l'environnement ou une ressource naturelle.
- Le pouvoir de prévenir les événements et les défaillances qui peuvent nuire à l'environnement, et par conséquent, des mesures préventives peuvent être prises comme lois.
- La surveillance environnementale permet l'utilisation de différents paramètres et le soutien de domaines multidisciplinaires.

I.2.3 Critères à remplir pour effectuer un suivi environnemental

Il y a une série d'étapes qui doivent être suivies pour surveiller l'environnement, qui sont généralement les suivantes :

- La collecte et le prélèvement de données.
- L'analyse des risques et dangers pour un environnement.
- L'analyse de la pertinence des données d'un point de vue économique, social et environnemental, ainsi que la faisabilité d'avoir des données fiables dans le temps et dont l'échantillon est représentatif.
- La Conception d'un indicateur pour le surveiller, l'interpréter et le tester.

I.2.4 Application

Auparavant, la surveillance environnementale était principalement utilisée à des fins écologiques. Par exemple, les chercheurs qui souhaitent observer la pollution de l'air, ou les effets de la pollution industrielle sur les aires protégées et les habitats, peuvent utiliser des méthodes déconnectées pour mesurer les conditions environnementales à long terme. Périodiquement, ils doivent récupérer les dispositifs de surveillance qu'ils ont distribués sur le terrain pour récupérer les données souhaitées. Aujourd'hui, avec les appareils IoT, la connectivité sans fil et les plates-formes permettant un accès quasi instantané aux informations de n'importe où, les principes de surveillance environnementale sont devenus applicables à de nouveaux cas d'utilisation, de la surveillance des usines de traitement de l'eau et des approvisionnements en eaux souterraines à la surveillance des fuites des oléoducs et gazoducs [9].

I.3 Industrie et Monitoring

La surveillance (monitoring), la maintenance prédictive, la détection des anomalies et le contrôle interactif sur une chaîne de production sont des fonctionnalités qui se répandent de plus en plus dans l'environnement de l'industrie. La surveillance des sites industriels permet d'observer et de réagir sur place à l'évolution des conditions des sites, réduisant ainsi le risque de défaillance des équipements, d'accidents et de dommages qui en résultent. La surveillance est donc primordiale dans les environnements de contrôle.

La complexification des méthodes de production nécessite une surveillance accrue et améliorée et des outils de détection d'erreurs plus performants. L'industrie a donc connu de grandes avancées majeures, et a conféré à ces bouleversements technologiques l'appellation de « Révolutions Industrielles ».

Dans ce qui suit, nous reviendrons sur ces périodes clés de l'histoire et les grandes lignes de ces trois premières révolutions industrielles, avant d'aborder dans le détail les caractéristiques de la quatrième qui est actuellement en plein développement

I.3.1 La révolution industrielle

La révolution industrielle est une période qui court des années 1770 (la machine à vapeur de Watt date de 1769) aux années 1910, au moment de l'apparition de l'automobile, de l'aviation et même du travail à la chaîne.

- **La 1ère révolution industrielle :** Cette révolution prend son essor dans les années 1780 et elle repose sur le charbon, la métallurgie, le textile et la machine à vapeur.
- **La 2ème révolution industrielle :** Elle fut déclenchée dans les années 1850, avec l'invention de l'électricité puis de la production de masse. On peut ajouter l'apparition de moyens de communication (télégraphe et téléphone) et le succès du transport collectif grâce au développement des chemins de fer ou des bateaux à vapeur.
- **La 3ème révolution industrielle :** Une nouvelle génération industrielle signe son entrée dans l'ère de la production automatisée et puise ses racines dans les années 1970 avec le développement de l'électronique, des télécommunications, de l'informatique, de l'audiovisuel et du nucléaire. Ils rendent possibles la miniaturisation des instruments de mesure et de production, l'automatisation poussée de la production, le développement des technologies spatiales et celui des biotechnologies. Cette dernière a vu naître également Internet.
- **La 4ème révolution industrielle :** Elle repose sur la révolution numérique survenue depuis le milieu du siècle dernier. En effet, on peut la résumer par la numérisation poussée à l'extrême permettant de piloter le monde physique à partir du virtuel, alors la connectivité des données et des objets est le facteur déterminant de l'industrie du futur. Elle débute avec l'Internet des objets connectés et le cloud computing, pour fabriquer des produits grâce à des systèmes intelligent.

  Grâce à l'industrie 4.0, les nouveaux systèmes de surveillance mis en œuvre et les outils employés améliorent la traçabilité des processus industriels. Les opérateurs sont désormais capables d'identifier et de repérer précisément où et quand le problème est survenu, et ainsi anticiper une défaillance dans l'outil de fabrication qui pourrait avoir un impact sur la production. Cette révolution numérique envahit le secteur de

l'industrie pharmaceutique qui est entré dans une phase de profonde mutation qui voit les technologies numériques s'intégrer au cœur de ses processus.

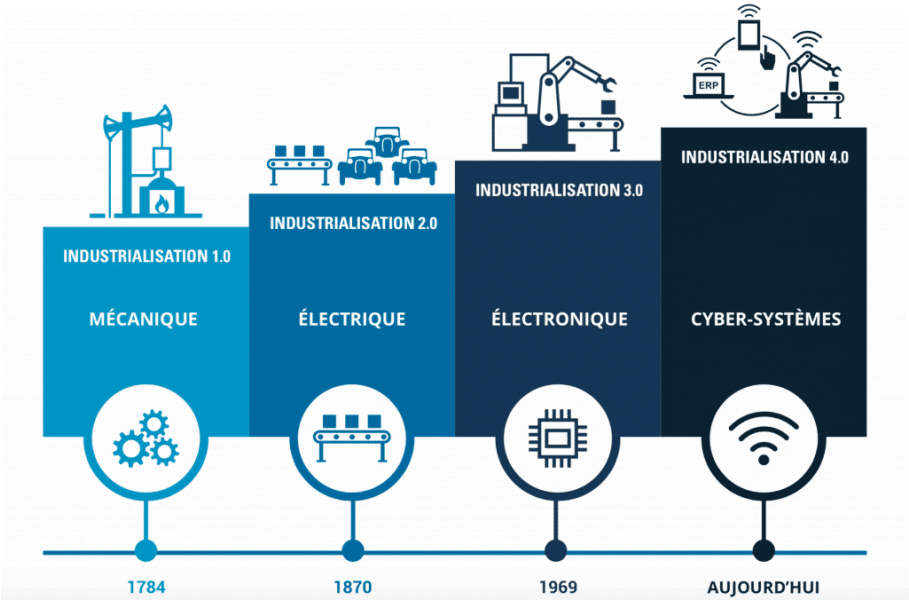


Fig. I.1 : Les révolutions industrielles dans le temps[1]

I.3.2 L'industrie pharmaceutique

I.3.2.1 Définition

L'industrie pharmaceutique est toute activité économique liée à la recherche, au développement, à la production et à la distribution commerciale de produits pharmaceutiques à usage humain ou vétérinaire. Elle inclut autant la manufacture de médicaments que le circuit de distribution. En amont du secteur, on trouve des sociétés de recherche biologique, des laboratoires pharmaceutiques ou des start-ups dans le domaine des biotechnologies, et en aval, on trouve des pharmacies distribuant des médicaments directement au consommateur final.

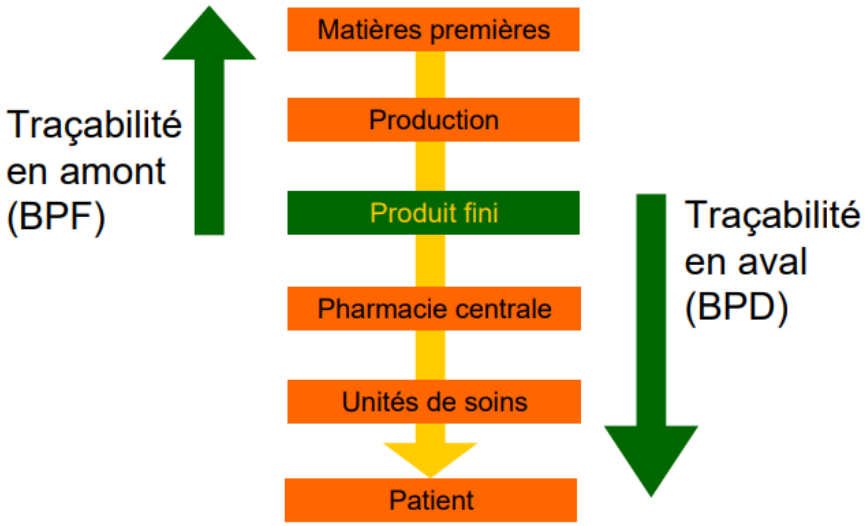


Fig. I.2 : La traçabilité en amont et en aval [2]

I.3.2.2 Le fonctionnement de l'industrie pharmaceutique

Le processus de fabrication pharmaceutique suit un cycle industriel précisément défini **(voir Figure I.3)**. La direction de R&D est la clé du succès dans l'industrie pharmaceutique. En résumé, la première phase consiste à étudier le processus à mettre en place et à définir les méthodes de fabrication les plus appropriées, et une fois la formule en main, on procède à la production de masse [10] :

- **L'achat des matières premières :** Cette étape consiste en l'achat des différentes matières premières, nécessitant d'être absolument sûrs sur le plan de l'hygiène comme de l'efficacité, qui entrent dans la composition et l'élaboration de produits pharmaceutiques et médicamenteux : les principes actifs ou substances actives (ex : paracétamol), les excipients (amidon, gélatine, lactose).
- **Le pesage et la mise en forme :** La pesée (ou dosage de la quantité contenue dans le médicament) et mélange de la substance active avec les excipients. S'il s'agit d'un liquide ou d'une pâte, il sera réparti en flacons, tubes, ampoules, formes injectables, sprays, patchs, ...
- **Séchage :** Cette étape a lieu pour les médicaments en dehors des liquides. Elle consiste à séparer les liquides des solides par évaporation, pour obtenir de la poudre.
- **L'enrobage pour les gélules :** L'opération d'enrobage vise à modifier la couleur, protéger le comprimé de l'humidité et d'autres conditions défavorables, lubrifier le comprimé pour faciliter l'ingestion, masquer des goûts désagréables ou créer une libération différente des médicaments dans la production pharmaceutique.
- **La compression pour les comprimés :** L'opération de compression consiste à comprimer fortement une poudre médicamenteuse dans un moule précis, afin de lui donner une forme d'un comprimé (une pilule). C'est la haute pression qui a fait s'agglutiner les molécules de la poudre et créer un comprimé solide. Dans le cas de difficulté d'agrégation des molécules médicamenteuses, l'utilisation d'un excipient devient nécessaire pour effectuer une compression de la poudre. Cet excipient, comme tout autres excipients, n'interagit pas avec la substance active du médicament et ne provoque aucun effet secondaire.
- **Le conditionnement :** Les diverses formes pharmaceutiques sont constituées, entre autres, de substances actives douées de vertus thérapeutiques. Il est donc primordial de protéger et de préserver ces vertus tout au long du parcours de médicament jusqu'à son utilisation. L'objectif principal est l'utilisation optimale du médicament pour une efficacité maximale et un risque minimal pour le patient, d'où l'importance des différents types de conditionnements pharmaceutiques développés ci-dessous.
  - **Le conditionnement primaire :** C'est un processus qui regroupe un ensemble d'opérations comme la mise en sachet pour la poudre ou en pilulier pour les pilules. C'est tout élément en contact direct avec la forme pharmaceutique. Il pourrait être des Blisters, ampoules, flacons… Le conditionnement primaire vise à protéger le médicament, des chocs, de la lumière ou des écarts de température.
  - **Le conditionnement secondaire :** Il est également appelé conditionnement extérieur, il s'agit d'un processus qui consiste en emballage d'un produit, déjà conditionné en emballage primaire. Il est constitué le plus souvent d'une boite cartonnée (un étui par exemple) renfermant le flacon ou la plaquette qui

contient le médicament, le dispositif de préparation ou d'administration du médicament, sa notice, sa vignette et peut contenir des accessoires (cuillères, compte-goutte...), Ces éléments ne sont pas directement en contact avec la forme pharmaceutique. Ce type de conditionnement conserve comme avantage la protection du contenu contre d'éventuels agents extérieurs afin qu'il préserve toute sa qualité.

- **La mise en palette :** En prévision de leur expédition, les kits de dispositifs médicaux sont regroupés dans des cartons en fonction des commandes et stockés sur des palettes. La boîte ne peut contenir qu'un même produit ou plusieurs produits différents. La vérification du contenu des boîtes est obligatoire pour identifier l'exactitude et les pièces manquantes.
- **Le stockage :** Une fois fabriqués, les produits pharmaceutiques sont souvent soumis à des contrôles de qualité très rigoureux (tests par des laboratoires de contrôle) : respect des bonnes pratiques de fabrication (BPF) + assurance qualité + supply chain / logistique.

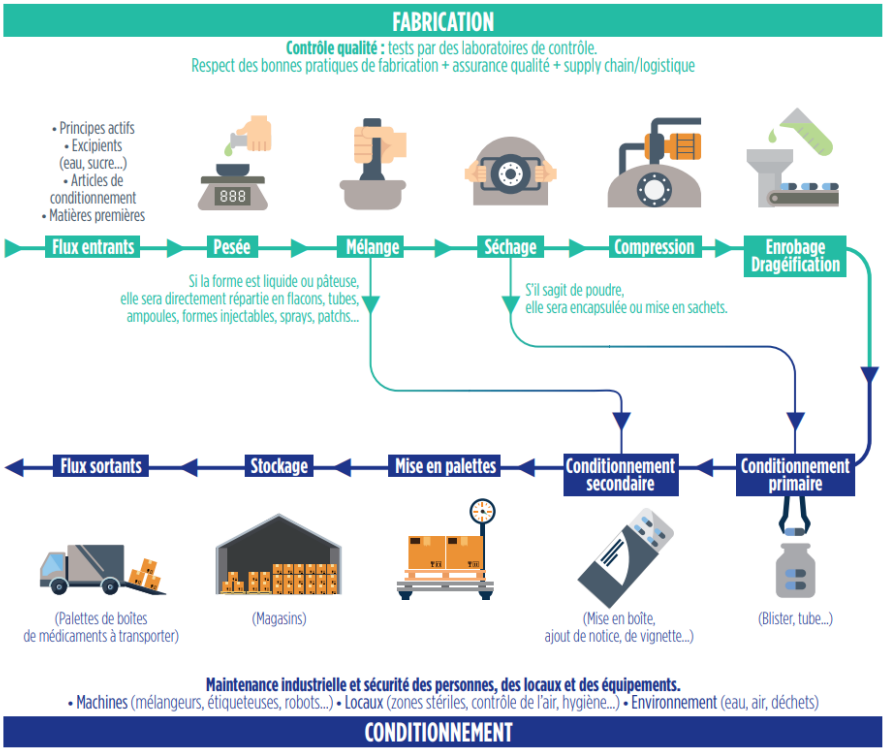


FIG. I.3 : Les grandes étapes de fabrication d'un médicament [3]

I.3.3 Le Monitoring dans l'industrie pharmaceutique

Pour satisfaire les obligations et contraintes réglementaires et garantir que les produits sont aptes à la commercialisation, il est essentiel de confirmer l'absence de contamination et d'assurer une excellence opérationnelle dans tous les aspects du processus de production pharmaceutique. Le suivi environnemental pour la production pharmaceutique aide à confirmer l'absence totale de contamination, des salles blanches et supports de fabrication, jusqu'aux magasins de stockage de médicaments.

Grâce à une solution de surveillance continue, les paramètres environnementaux sont mesurés avec précision et surveillés avec fiabilité, permettant aux industriels du secteur

pharmaceutique de maîtriser les risques environnementaux et de se conformer aux réglementations.

La surveillance des conditions de fabrication et de stockage est devenue primordiale pour les industries pharmaceutiques, les organismes de normalisation exigent la mesure et l'archivage des données en répondant aux normes BPF [11]. Les entreprises pharmaceutiques doivent adopter diverses méthodes pour capter et signaler toutes les conditions considérées comme anormales. Ces méthodes doivent, entre autres, permettre :

- Le déclenchement des alarmes lorsque les valeurs surveillées dépassent une plage de valeurs prédéfinies.
- Déclenchement des alarmes lorsque les conditions d'incursion sont rompues (généralement un réglage de seuil de température ou d'humidité sur une période de temps).
- La mise en place des alarmes intelligentes relatives à leurs mise en service immédiat ou à retardement par rapport aux heures de silence.
- Le lancement des alertes par courriel ou SMS via le déclenchement d'alarmes ou d'événements.

I.4 Systèmes de monitoring environnemental

I.4.1 Définition

Le système de surveillance environnementale « EMS » est un système permettant l'étude de phénomènes physiques et la conception et développement de mécanismes de prédiction et de réaction à des situations dangereuses. Dans sa forme générale, un système de surveillance est constitué d'un ensemble de capteurs destinés à mesurer différentes grandeurs physiques, d'un ou plusieurs nœuds de traitement, et d'un réseau de communication. Les capteurs émettent des signaux analogiques, qui sont conditionnés et convertis dans le domaine numérique à des signaux numériques, qui sont ensuite transmis aux dispositifs informatiques, qui effectuent l'agrégation des données acquises pour comprendre et maîtriser le phénomène mesuré [12].

Au cours des dernières années, les systèmes de surveillance de l'environnement ont subi des changements majeurs en raison des progrès technologiques, la tendance actuelle dans les EMS est de se concentrer sur l'intégrité des données en utilisant une solution industrielle automatisée plutôt que d'utiliser une ancienne approche basée sur PC. Les systèmes de surveillance environnementale sur PC étaient les plus fréquents à la fin des années 1990 et au début des années 2000 et constituaient la solution préférée à cause de leur coût réduit au départ et de leur temps d'installation qui est plus court que celui des systèmes de contrôle automatisés.

I.4.2 Architecture d'un EMS

Les systèmes de surveillance de l'environnement sont passés d'un simple ordinateur avec des capteurs à des structures complexes avec des sous-composants spécialisés qui traitent des problèmes particuliers de collecte de données. Ces systèmes sont généralement classés en fonction de l'architecture du système, de l'extension géographique du phénomène surveillé ou du nombre de fonctions exécutées par le système. En se basant sur l'architecture du système, les systèmes de surveillance environnementale peuvent être classés en

systèmes centralisés, distribués et de télédétection [13].

I.4.2.1 Les systèmes centralisés

Ils sont dotés d'un seul processeur ou contrôleur, d'un nombre limité de capteurs et d'une interface de présentation de sortie simple (une seule valeur sur un écran, par exemple). Les données sont collectées par des capteurs et transmises par la suite à une unité de traitement qui effectue l'analyse des données mesurées et l'extraction des caractéristiques requises par l'application, et stocke toutes les informations pertinentes spécifiées par l'application elle-même. Ils peuvent avoir de petites dimensions et être facilement transportables. Des exemples de systèmes centralisés de surveillance environnementale sont les détecteurs de rayonnement, les détecteurs de gaz et les équipements de laboratoire.

I.4.2.2 Les systèmes distribués

Ils sont composés d'un nombre élevé de nœuds de détection et peuvent exploiter des capacités de calcul et de stockage distribuées. Un nœud de détection est constitué d'un nombre limité de capteurs, d'une unité de traitement et d'un canal de communication réseau. Les nœuds de détection collectent les données, effectuent certains traitements locaux et acheminent les données et les informations vers certains nœuds de traitement dans la structure distribuée. Certains nœuds ont des interfaces pour fournir les résultats de leurs élaborations et des dispositifs de stockage pour enregistrer les données de capteur acquises et les informations traitées.

I.4.2.3 Les systèmes de télédétection

Sont basés sur des images et des signaux transmis par des capteurs installés sur des satellites. Ces systèmes peuvent capter plusieurs types de grandeurs à une distance importante (par exemple des satellites artificiels). Ces systèmes peuvent être passifs ou actifs. Les techniques de télédétection peuvent être fusionnées avec des réseaux de capteurs terrestres pour intégrer des données locales avec des observations à grande échelle afin d'améliorer la qualité de l'observation.

I.4.3 Déploiement des EMS

Un EMS peut se trouver dans divers environnements industrielles notamment dans les magasins de stockage, les chaînes de production, les salles blanches, les chambres froides et les enceintes climatiques (réfrigérateurs, congélateurs, étuves, etc.).

La nécessité de la surveillance environnementale est justifiée avec deux raisons fondamentales. L'une consiste à établir une condition de base qui représente l'état actuel de l'élément de l'environnement. La seconde consiste à détecter les changements dans le temps, en particulier ceux qui s'écartent des changements naturels de ces paramètres. La nature de ces raisons souligne l'importance de conserver des données à long terme. La troisième raison, étroitement liée aux deux premières, est qu'il faut définir la cause de tous les changements observés.

I.4.4 Le fonctionnement des EMS

Le prélèvement de données est réalisé à base de capteurs et/ou transmetteurs qui communiquent de façon analogique (TOR, signal de courant 0-20mA, 4mA-20mA, -20mA-20mA ou de tension 0-10V, -10V-10V) ou numérique (Protocole de communication Modbus, Ethernet, Wifi, Radio,). Les mesures peuvent également être obtenues à partir des systèmes externes tels que les GTC et d'autres automates. Pour permettre un contrôle centralisé, les capteurs envoient l'information au système d'acquisition et de traitement qui est chargé de la collecte, de l'analyse et de traitement des mesures et autres données. Il assure un certain niveau d'autonomie et un stockage local en cas de perte de communication avec les niveaux supérieurs (calcul des alarmes, stockages des mesures et alarmes, horodatage). Il est également utilisé pour contrôler une colonne lumineuse qui alerte l'opérateur en cas de défaut ou d'alarme. Le serveur centralise les informations provenant de la station d'acquisition et de traitement. Il assure leur stockage dans une base de données (stockage à long terme). Il fait le Lien avec l'annuaire d'entreprises et diffuse, ensuite, sur le réseau bureautique les pages Web qui composent l'application. Les postes clients et de configuration accèdent aux applications via un simple navigateur Web qui permet la configuration en ligne de tous les composants du système. Les nouvelles générations de systèmes EMS sont disponible sur les smartphones, tablettes et autres écrans tactiles en zone [14].

I.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un aperçu des systèmes et des architectures utilisés pour la surveillance de l'environnement, nous avons d'abord parlé du concept de surveillance environnementale et de son application, puis nous sommes passés à l'industrie et à son développement, pour finalement arriver à une étude détaillée de notre thème d'étude. Ce chapitre peut aider à mieux comprendre le fonctionnement des systèmes de monitoring environnemental, et leur importance, aujourd'hui, dans l'industrie notamment le secteur du pharmaceutique qui est soumis à de fortes contraintes réglementaires et à des exigences des normes et directives internationales de gestion de l'environnemental, permettant ainsi la fabrication de produits sûrs et sains. Dans le chapitre qui suit, nous allons faire une étude de l'existant qui consiste à étudier l'application de monitoring existante actuellement dans les locaux de Biopharm afin de pouvoir en extraire la problématique et trouver des solutions pour ce fait.

Chapitre II

Étude de l'existant

II.1 Introduction

La problématique étant définie, il a été question de circonscrire le cadre théorique répondant à cette dernière en délimitant l'ensemble des aspects en relation avec la solution de monitoring dans le chapitre précédent. Avant de trancher sur la proposition ou la démarche à suivre, il est primordial de s'informer sur l'état des lieux, les perspectives du projet ainsi que les différents acteurs qui y contribuent ou qui y bénéficient. C'est donc dans ce contexte que ce chapitre sera introduit par une présentation générale du groupe pharmaceutique Biopharm, ses filiales, son environnement et ses ressources avant de crayonner le système de récolte de données actuel que le projet vise à centraliser. Ce chapitre est donc le résultat d'une collecte d'informations effectuée au niveau de l'entreprise. Ces informations ont été recueillies en se basant sur des documents internes de la société ainsi que sur les différents entretiens faits avec le personnel de cette dernière.

II.2 Présentation de l'organisme d'accueil

II.2.1 Présentation de Biopharm

Biopharm est une société de production pharmaceutique algérienne, créée au début des années 1990 par le groupe Kerrar, elle compte aujourd'hui plus de cinq (05) filiales et commercialise ses produits, qui dépassent la borne des 130 actuellement au niveau national et international. En évolution continue depuis sa création, le groupe s'est approprié un dense réseau commercial, couvrant l'ensemble du territoire algérien avec plus de 14 centres de distribution, plus de 150 grossistes et 3000 officines pharmaceutiques lui permettant de délivrer plus de 4000 unités de produits et de s'affirmer comme acteur de premier plan du secteur pharmaceutique. Sur le plan international, Biopharm développe des collaborations avec des laboratoires internationaux de grande réputation, elle compte aujourd'hui une cinquantaine de laboratoires partenaires.

II.2.2 Les activités de Biopharm

Entre production, gestion de flux et commercialisation, la structure organisationnelle du groupe se présente comme suit :

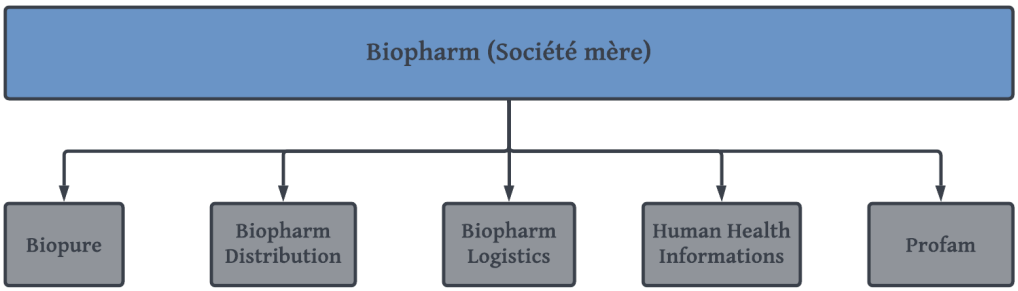


Fig. II.1 : Les filiales du groupe Biopharm

- **Biopharm :** Implémentée au niveau d'Oued Smar, BIND se charge de la production des médicaments et elle demeure la société mère du groupe.
- **Biopure :** Cette filiale s'occupe de la répartition aux officines (Pharmacies).

- **Biopharm distribution :** Tenant un siège social au niveau de Reghaia, BDIS s'occupe de la distribution des produits pharmaceutiques aux grossistes.
- **Biopharm Logistics :** Contrairement à Biopharm distribution, cette filiale s'occupe de la logistique globale et de l'acheminement des produits de bout en bout.
- **Human Health information (HHI) :** Cette filiale se charge de l'information et de la promotion des produits du groupe auprès de la communauté scientifique, médicale et professionnelle.
- **Profam :** Une nouvelle unité de production implémentée au niveau du siège de Biopharm distribution sis à Reghaia.

II.2.3 La structure interne de Biopharm Industrie

La société mère de Biopharm spécialisée dans la production est composée de deux directions principales, qui abritent des départements liés aux activités de la filiale sous la structure suivante :

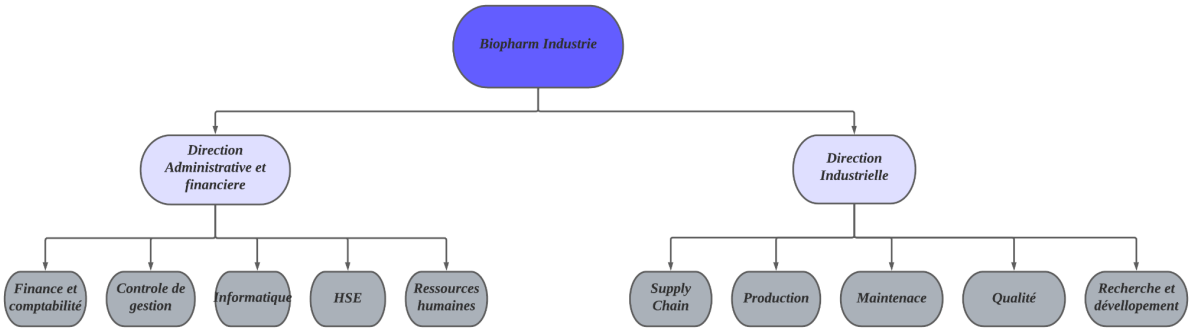


Fig. II.2 : La structure interne de BIND

- **La direction industrielle :** Chargée de la production, du contrôle de qualité, de la maintenance des équipements ainsi que la recherche et développement.
- **La direction administrative et financière (DAF) :** Cette direction englobe tous les processus support de l'entreprise, elle se charge des affaires réglementaires et administratives ainsi que de la gestion des ressources humaines et de la comptabilité.

II.2.4 Périmètre du projet au sein de l'entreprise

La problématique proposée par Biopharm concerne quatre (04) départements, selon une architecture : **maître d'œuvre -maître d'ouvrage**. Le maître d'œuvre étant le département d'informatique en collaboration avec les deux départements à savoir la maintenance et l'assurance qualité qui s'occupent de tout ce qui concerne la métrologie, quant au maître d'ouvrage il s'agit du département de production, qui représente le bénéficiaire direct du projet.

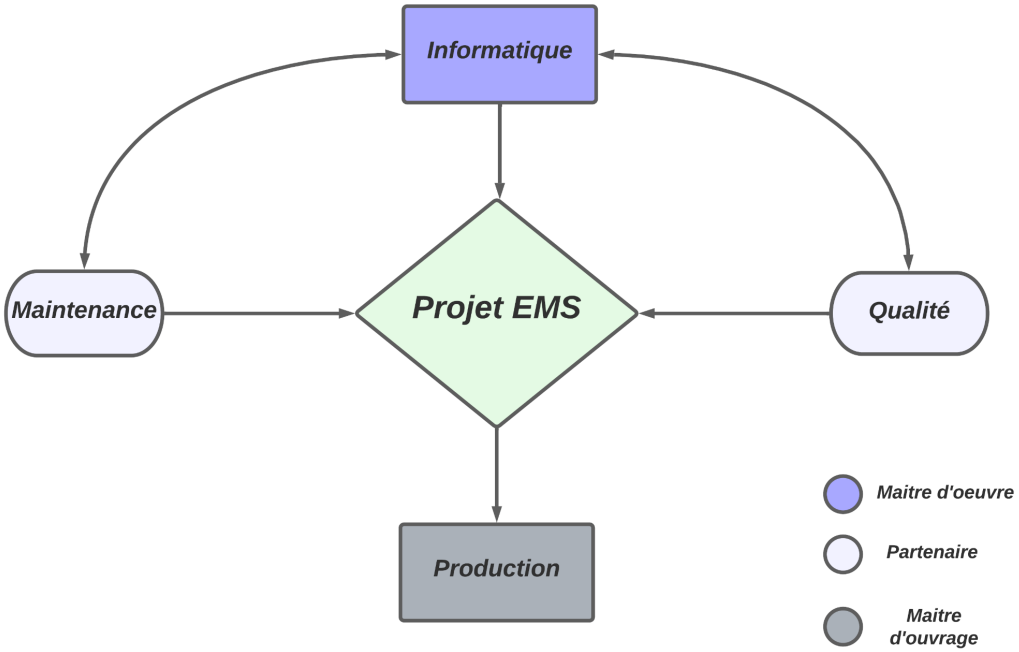


Fig. II.3 : Périmètre de réalisation de l'EMS

II.3 Description du système de monitoring actuel

Les salles de pesées, les laboratoires, les magasins de stockage ainsi que le reste des ateliers de l'usine où la surveillance des paramètres environnementaux critiques tels que la température et l'humidité est indispensable, sont dotés de dataloggers afin que les fluctuations dans ces paramètres soient visualisées et enregistrées. Les enregistreurs de données présents au sein des locaux de Biopharm sont des Kimo de la gamme KH 120, KH 210 et KH 220. Cette dernière est la série la plus récente et la plus utilisée. Le prélèvement de données de mesures, issues de ces dataloggers, est effectuée manuellement et hebdomadairement à l'aide d'une clé USB qui sera ensuite connectée à un ordinateur central qui analysera les données collectées et les interprétera en faisant le tracé de la courbe de tendance de la température et l'humidité pendant toute la semaine et la comparer à une courbe de référence.

II.3.1 Présentation de l'enregistreur

Un enregistreur est un appareil qui capte et enregistre les données de mesure. C'est un objet connectable, généralement, que l'on doit raccorder à un ordinateur pour en extraire les données. Ce type d'instrument est très utilisé dans l'industrie et les laboratoires pharmaceutiques. Ci-dessous, une description des anciennes gammes des enregistreurs utilisés dans l'espace Biopharm, suivie d'une présentation détaillée de la gamme la plus récente et la plus utilisée.

II.3.1.1 Le Kimo KH 120

L'enregistreur de données USB KH 120 est un dispositif automatique, voire programmable, qui permet de mesurer 50 000 points et d'enregistrer jusqu'à deux paramètres en « instantané », il enregistre les valeurs selon un intervalle prédéfini. Le KISTOCK KH

120 USB mesure la température et l'hygrométrie. Cet appareil dispose d'une prise USB mâle et d'un logiciel intégré au format PDF qui permet de télécharger et de configurer l'enregistreur de données.



FIG. II.4 : L'enregistreur de donnée Kimo KH 120 [4]

II.3.1.2 Le Kimo KH 210

Il s'agit d'un enregistreur de données automatique et autonome qui permet d'enregistrer des valeurs dans la durée. La mesure de la valeur de processus générera des alarmes basées sur les valeurs atteintes et surveillera toutes les données de processus. Il permet l'enregistrement de 20 000 points, et possède une Sonde de thermo-hygrométrie interne qui permet la mesure de la température et l'humidité, il possède une sortie USB et il peut également recevoir des sondes externes.

II.3.1.3 Le Kimo KH 220

Le Kimo KH 220 est un appareil électronique fabriqué par la marque française Sauermann, dont la fonction est l'enregistrement des données d'une manière autonome. Les paramètres pouvant être pris en compte par ces derniers peuvent aller jusqu'à quatre (04). Dans le cas de Biopharm, ils sont utilisés pour la mesure de la température et de l'humidité seulement. Dotés d'un afficheur, de trois (03) voies de mesures internes et d'une voie externe pour une entrée de sonde universelle. Cet appareil peut enregistrer jusqu' à 1 million de points de mesure.



FIG. II.5 : L'enregistreur de données Kimo KH 220 [5]

A) **Connectique** : La communication entre l'appareil et l'ordinateur s'effectue via un cordon USB grâce à un connecteur femelle micro-USB (voir Figure II.6). Cette fonctionnalité sert à la récupération de l'historique des données et au déchargement de l'appareil.



FIG. II.6 : La connectique de L'enregistreur de données Kimo KH 220 [5]

B) **Caractéristiques techniques de l'appareil** : Le KH 220 est doté de trois (03) capteurs internes, à savoir un capteur de température de type CTN (Coefficient de température négatif), un capteur capacitif d'humidité et un capteur de lumière à base de photodiode. Avec deux seuils d'alarmes et une cadence d'enregistrement de 1 seconde à 24 heures, les caractéristiques de mesures de cet enregistreur sont résumées dans le tableau suivant :

Paramètre	**Étendu de mesures**	**Exactitude**
Température	de -20 à +70°C	± 0.4°C de 0 à 50°C ±0.8°C ailleurs
Humidité	de 0 à 100% HR	±2% HR de 5 à 95% HR
Lumière	de 0 à 10000 lux	±10% de la lecture

TAB. II.1 : Caractéristiques du KH220

C) **Les modes d'enregistrement** :Le KISTOCK permet d'enregistrer les valeurs mesurées selon 5 modes :

- Le mode « Instantané » :enregistre les valeurs selon un intervalle prédéfini.
- Les modes « Minimum », « Maximum » et « Moyenne » : enregistrent automatiquement le calcul du minimum, maximum ou de la moyenne des valeurs mesurées sur un intervalle d'enregistrement.
- Le mode « Surveillance » : permet d'obtenir un historique précis des défauts constatés sans pénaliser la durée d'enregistrement. Pour cela, il suffit de choisir un intervalle d'enregistrement pour les valeurs mesurées hors dépassement de seuils et un intervalle d'enregistrement pour celles mesurées lors de chaque dépassement. D'autre part, il est possible de faire fonctionner le KISTOCK en continu grâce à un enregistrement « en boucle » [5].

II.3.2 Paramétrage et configuration

La visualisation des résultats d'une campagne de mesure, la configuration des appareils et le déchargement des données par la création de fichiers PDF se fait par le biais du logiciel Kilog Lite à travers le cordon USB de l'enregistreur [15]. Ce logiciel devrait être installé sur des PC de configuration ayant Windows comme système d'exploitation. À l'ouverture du Logiciel, le menu principal apparaît comme suit :

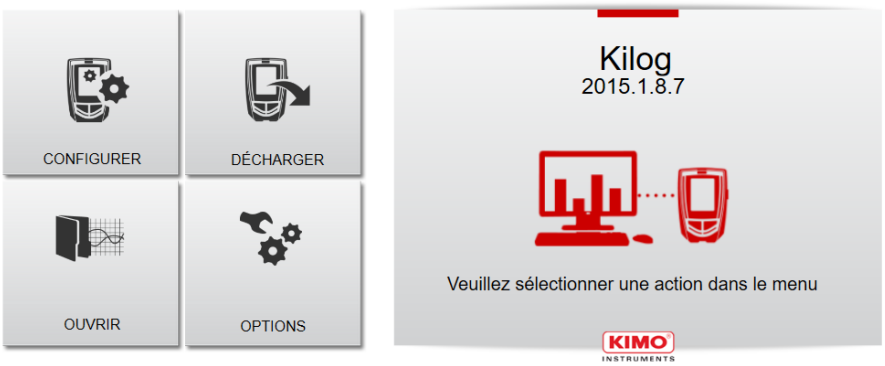


Fig. II.7 : Le logiciel KILOG LITE

- **Le Bouton configurer** : Permet un accès rapide à la configuration de l'appareil en affichant son état et un menu de configuration (voies, appareil et un récapitulatif de la configuration).
- **Le bouton décharger** : Permet un accès rapide au déchargement des campagnes enregistrées sur l'appareil à travers l'affichage de la vue globale, des légendes et statistiques, du graphique et du tableau de données.
- **Le bouton ouvrir** : Permet un accès rapide à l'ouverture des fichiers récents et campagnes de mesure.
- **Le bouton options** : Permet un accès rapide aux paramètres de l'application de par l'emplacement des fichiers de données, les options d'impression et les propriétés des graphiques.

II.3.2.1 État de l'appareil

À partir du bouton configurer, le logiciel affiche en premier lieu l'état de l'appareil à savoir son nom, son numéro de série, la version du firmware ainsi que l'état de sa pile. Un résumé de la campagne de mesure est également affiché dans cette partie comprenant le nom de la campagne ainsi que les éventuels commentaires qui ont été enregistrés, le type de départ et d'arrêt, le nombre de points de l'enregistrement, les intervalles d'enregistrement et de mesure, ainsi que l'état de la campagne (en cours ou terminée). Un tableau récapitulatif de voies s'ajoute à cette page en indiquant les noms des voies, l'unité de mesure, les plages de mesure, les seuils hauts et bas, le numéro de la voie et le type de sonde.

II.3.2.2 Configuration de l'appareil

Le paramétrage de l'appareil et de ses modes d'enregistrement se fait en accédant au menu de configuration à partir de la page d'état, la fenêtre affiché permettra de régler l'affichage et le fonctionnement des Leds en choisissant leur activation ou désactivation, la

nomenclature des campagnes de mesures et la rédaction des commentaires correspondants à ces dernières, le réglage de l'heure d'été ou d'hiver, le réglage du mode d'enregistrements et leurs intervalles, ainsi que l'adaptation des types de départs et d'arrêts de la campagne en bouton, en fonction d'une date et d'un horaire défini ou par PC pour les départs, quant au arrêts ils se configurent par nombres ou durées d'enregistrements, par mémoire totale, par bouton ou en boucle, c'est à dire que les premières valeurs enregistrées seront écrasées afin d'être remplacées par des nouvelles une fois que la mémoire de l'enregistreur est atteinte (FIFO).

II.3.2.3 Configuration des voies

Les voies de mesures peuvent être configurées en ouvrant la fenêtre voies à partir de la page d'état de l'appareil. La démarche consiste à sélectionner la ligne de la voie à configurer, activer ou désactiver l'enregistrement de valeurs mesurées, sélectionner la sonde à associer à cette voie, ainsi que l'unité souhaitée. Cette configuration permet aussi de programmer les seuils d'alarme et les temporisations relatives aux déclenchements de ces dernières lors d'un dépassement de seuil ou lorsque la valeur mesurée est inférieure au seuil bas défini.

II.3.2.4 Récapitulatif des modifications

Avant d'enregistrer une configuration, le logiciel affiche le récapitulatif des réglages précédents à savoir le nom de la campagne et les éventuels commentaires, le rappel du mode d'enregistrement et des réglages de l'enregistrement ainsi que le tableau récapitulatif des voies. La validation de cette configuration écrasera l'ancienne et mettra à niveau tous les paramètres de l'enregistreur.

II.3.2.5 Déchargement et diagnostic

À partir de l'écran d'accueil du logiciel, le bouton décharger conduit vers une page représentative de l'historique des enregistrements, ce dernier se présente sous forme tabulaire et graphique. Une légende de statistique figure également sur cette fenêtre, exprimant ainsi le détail concernant chaque voie tels que les valeurs minimales et maximales, la moyenne, l'écart type de la campagne de mesure. L'exportation de ces données se fait sous un format PDF, permettant ainsi d'intégrer facilement des illustrations, d'éditer des rapports de campagnes personnalisées ou d'ajouter des tableaux représentatifs. Ces fichiers sont conservés à des fins de diagnostic ou de contrôle.

II.4 Diagnostic du système de monitoring actuel

Non seulement ce travail est pénible (voir **figure II.8**), compte tenu du nombre de capteurs et de l'altitude de leur emplacement, mais entrave également le traitement immédiat et la gestion instantanée de certains évènements, dont le dépassement peut avoir des conséquences catastrophiques susceptibles d'altérer l'efficacité des médicaments, et comme de plus, l'aspect sécurité de stockage n'est pas non plus garanti, car une perte des données peut survenir en cas de "crash accidentel" de la clé USB (choc électrique, choc physique, etc.) ou lors d'un formatage aléatoire. Il est généralement encore possible de récupérer ces données à l'aide d'utilitaires de récupération de données. Cependant, les solutions de récupération de données ne sont pas sûres et sécurisées à 100 %, mieux vaut donc choisir

une autre solution capable de récupérer en temps réel et en toute sécurité les données à distance.

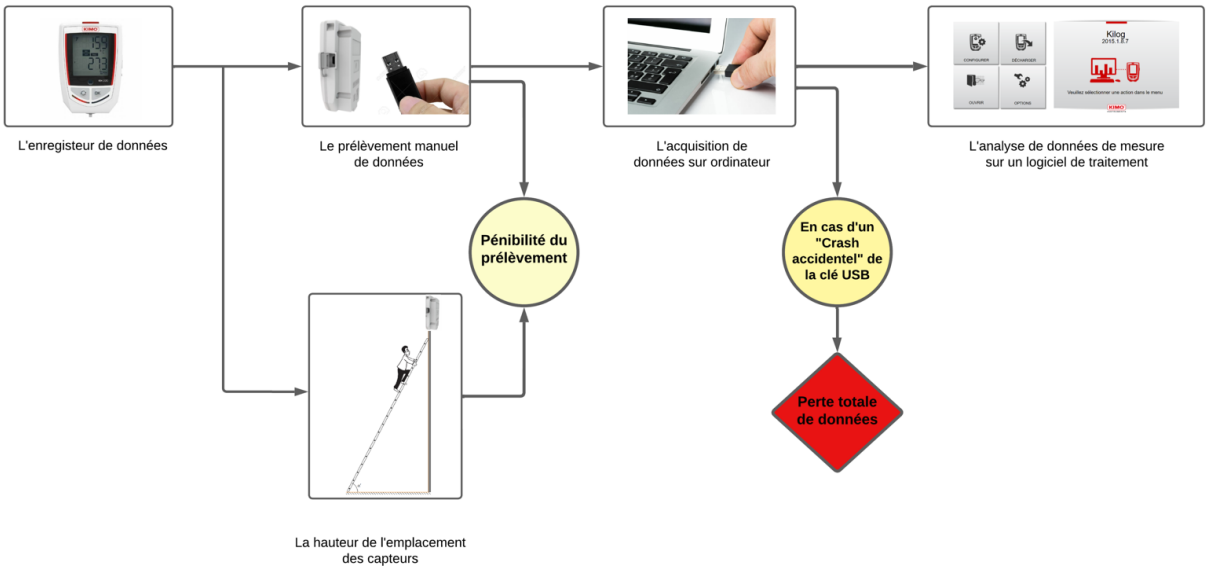


Fig. II.8 : Architecture physique du système existant

II.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons pu présenter l'organisme d'accueil et identifier le périmètre du projet au sein de l'entreprise. Par la suite, nous avons mené une étude sur l'existant, en faisant l'étude du système de surveillance actuellement utilisé par l'entreprise, et effectué un diagnostic qui a identifié la problématique posée. Après l'analyse des appareils et les techniques utilisées pour le prélèvement et le traitement des données de mesure dans le système actuel, il est temps de passer à l'analyse et la conception de notre solution de monitoring environnemental, ce qui fera l'objet du chapitre suivant.

Chapitre III

Analyse et Conception

III.1 Introduction

Face aux problèmes évoqués précédemment, une solution permettant la centralisation des données est nécessaire et ceci pour la bonne maîtrise de l'ensemble des activités de l'entreprise. Centraliser les données signifie les collecter, les agréger, les classer, les historier dans une base de données pour pouvoir enfin les exploiter. Le but en somme est de surveiller simultanément les paramètres environnementaux et de réceptionner, à distance et en temps réel, les données de mesures provenant de tous les capteurs présents dans les locaux de l'entreprise Biopharm, sans aucun risque de perte ou d'intrusion. En réponse à cette inquiétude, nous allons commencer ce chapitre par un recensement des besoins, histoire de cerner une architecture adéquate pour la conception du système de monitoring environnemental qui fera l'objet de la seconde partie de ce chapitre.

III.2 Capture des besoins

L'objectif étant de centraliser la surveillance environnementale de tous les locaux de Biopharm, nous avons pris la zone de production de la société mère (Biopharm Industrie) d'Oued-Semar comme site pilote, l'EMS sera donc implémenté à son niveau dans un premier temps avant d'être étendu et déployé sur l'ensemble des sites du groupe. Pour ce faire, nous avons effectué une collecte d'informations auprès des bénéficiaires directs du projet, pour évaluer le besoin matériel et structurel requis pour cette dernière.

III.2.1 Périmètre fonctionnel de la réalisation

La zone pilote compte en tout sept (07) lignes de production, à savoir deux lignes pour chacune des formes liquides, suppositoires et formes sèches et une ligne pour la production des crèmes et gels.

Cet ensemble compte trente (30) salles relatives au lignes de production comportant une sonde de mesure de température et d'humidité chacune, s'ajoutant à ceci une salle de pesée commune avec trois sondes de mesure, ce qui fait trente et une salles (31) en tout à surveiller, et **le schéma III.1** modélise ceci.

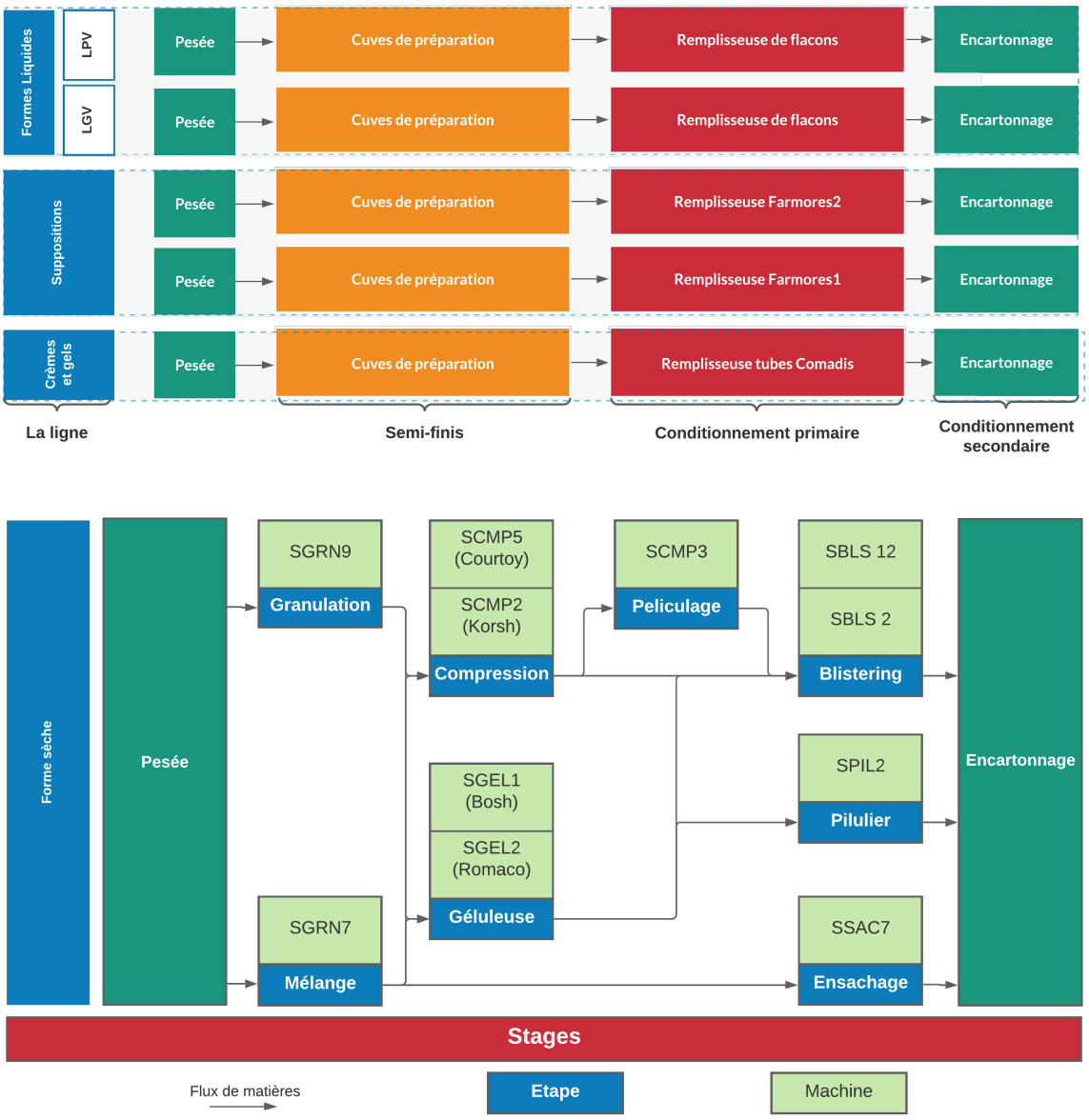


Fig. III.1 : Schéma de production de Biopharm

III.2.2 Spécifications du système projeté

Les besoins cernés définissent la structure de la solution en général, mais les systèmes de gestion de cette envergure nécessitent de suivre certains détails qu'on peut classer comme suit :

III.2.2.1 Spécifications fonctionnelles

Les spécifications fonctionnelles du système sont définies comme suit :

A) **Généralités**

- L'accès aux informations ou aux vues doit être intuitif.
- Aucune alarme ne doit changer le mode de fonctionnement d'une boucle de mesure

- Toute défaillance du système et évènements du système doivent être signalées sur l'interface utilisateur.
- Ces défaillances et évènements doivent être transmises par messagerie.
- Toutes les alarmes doivent être transmises selon la zone géographique concernée.

B) **Gestions des alarmes**

- Le système doit permettre de générer les différents types d'alarmes, à savoir celles reliés au procédé et les alarmes liées au matériel.
- Les alarmes liées au procédé doivent correspondre à des dépassements de seuils.
- L'identification d'une alarme de production doit comprendre l'ID du capteur, la localisation, la date et l'heure d'apparition, de disparition et d'acquittement.
- Le système doit permettre l'acquittement des alarmes selon le profil et le droit d'accès ainsi que la zone géographique concernée.
- Le système doit permettre l'acquittement des alarmes individuellement ou par groupe d'alarmes selon les droits d'accès.

C) **Gestion des accès**

- Le système doit permettre la gestion des utilisateurs.
- Le système doit tracer les opérations de création, modification, désactivation ou réactivation d'un compte utilisateur et du rôle associé.
- Le système doit tracer les ouvertures et fermetures des sessions utilisateurs.
- Le système doit permettre de créer des groupes utilisateurs (Profils) ou chaque groupe possède des droits spécifiques dans le système.
- La modification ou la désactivation d'un compte utilisateur ne doit pas modifier l'historique des actions préalablement effectuées par ce dernier.

D) **Base temps et heure**

- Le système doit afficher le format date et heure de la façon suivante :
  - Heure entre 0 et 24.
  - Minutes entre 0 et 59.
  - Date sous format JJ/MM/AA.
- Le système doit permettre la gestion automatique des changements d'heures, sans intervention humaine et sans impact sur l'intégrité des données.
- Le système doit être restreint à une horloge de référence.

E) **Reporting**

- Le système doit permettre l'exploitation des données sous différentes formes, tableaux, graphiques et rapports.
- A cette exploitation, des multi-filtres peuvent être appliqués : Date/heure, période, numéro de locaux, sondes, etc.

F) **Audit Trail**

- Le système doit tracer toute action effectuée sur une donnée électronique en

temps réel et de façon incrémentale.

- L'audit trail doit contenir au minimum les informations suivantes :
  - Nom de l'utilisateur qui a effectué l'action.
  - Date et heure de l'action.
  - Type de l'action (Création, Modification, acquittement…).
  - Pour toutes modifications : identifier les données modifiées et la description du changement effectué.

G) **Historique, sécurité et intégrité des données**

- Le système doit permettre un enregistrement dans une base l'historique des données suivantes :
  - Paramètres de processus mesurés en continu.
  - Alarmes et évènements.
- Le système doit permettre d'accéder aux données électroniques historisées ai minimum pendant toute la durée de conservation des documents réglementaires.

III.2.2.2 Spécifications techniques

Les spécifications techniques du système sont définies comme suit :

A) **Sauvegarde, restauration et archivage**

- Le système doit permettre la sauvegarde et la restauration des données.
- Le processus de sauvegarde, restauration, archivage et restitution doivent respecter l'intégrité et la fonctionnalité des données.
- Les données du système doivent être sauvegardées régulièrement selon les normes BPF.
- Les données archivées doivent être accessibles à partir du système.

B) **Interfaces avec d'autres systèmes**

Le système doit permettre d'envoyer des e-mails sur apparitions ou disparitions d'évènements.

C) **Localisation et environnement d'utilisation**

- Le système devra permettre de contrôler les mesures critiques et la qualité des équipements installés dans tous les bâtiments du site avec la possibilité d'ajout de bâtiments dans le futur.
- La solution doit être évolutive et permet l'extension du périmètre de surveillance vers les autres sites du groupe.
- Les composants du système doivent être installés dans des zones techniques, salles serveurs, cœur de réseau et production :
  - Locaux/Zone techniques : Automates.
  - Locaux serveurs : serveurs.
  - Production : Transmetteurs et sondes.

D) **Performance du système**

- Le système doit être disponible 365 jours par an, 24h sur 24h par jour.
- Le système doit être accessible à tous les utilisateurs sans restriction de licences.
- Le temps d'accès et temps de réponse du système doivent être inférieure à 500ms.

E) **Défaillances**

- Le système doit permettre de continuer d'enregistrer les données sur coupure de réseau entre l'automate et le serveur pendant une certaine durée avant le rétablissement de la connexion.
- Lors du rétablissement de l'alimentation après une coupure électrique, tous les modes de communication doivent redémarrer automatiquement.

III.3 Conception du système projeté

La conception est l'étape où s'effectue la fusion des études fonctionnelles et techniques de manière à préparer le modèle de la solution et donc de tracer la cartographie des composants du système à développer.

III.3.1 Modélisation préliminaire

Compte tenu des exigences évoquées dans la partie précédente, nous proposons un système de monitoring à base d'automate programmable industriel. Le process est illustré dans **la figure III.2** et suivra donc la logique suivante :

- Des sondes à deux capteurs (Températures et humidité) avec une transmission 4-20ma en sortie pour la collecte.
- Un automate programmable industriel, muni d'un ensemble de modules d'entrées analogiques pour le traitement.
- D'un périphérique décentralisé pour l'extension.
- D'interfaces Hommes-machines et d'une station PC pour la supervision.
- D'un serveur pour les notifications.
- D'une base de données SQL pour la capitalisation.
- Et d'un tableau de bord BI pour l'exploitation.

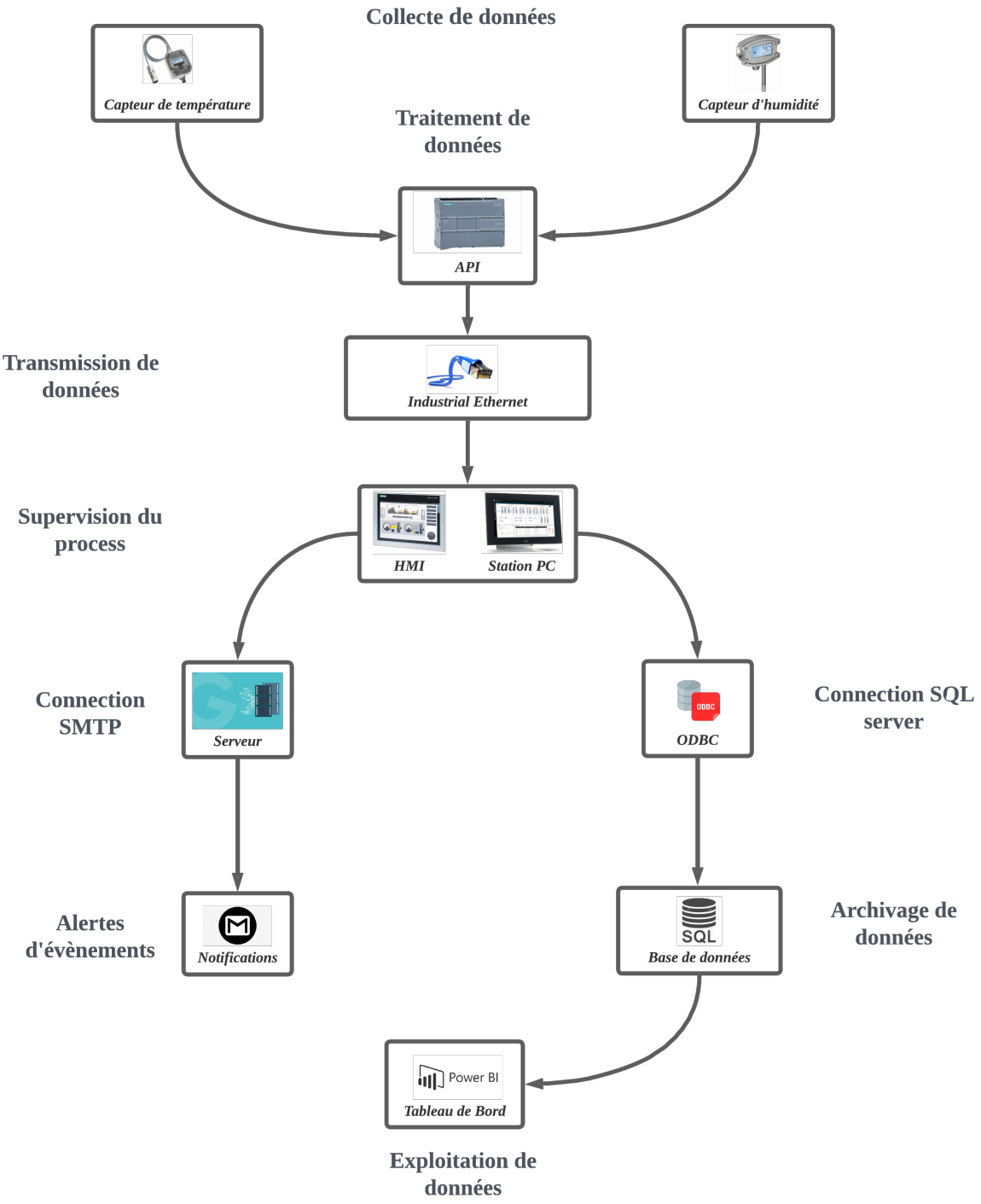


FIG. III.2 : Modélisation de l'EMS réalisé

III.3.2 Choix du matériel

Après l'évaluation des besoins, et pour répondre à l'architecture proposé nous avons opté pour la configuration matérielle suivante :

III.3.2.1 Collecte des données

Les sondes de mesures prévues pour le système, sont des KIMO-TH210-R. Ce choix est basé sur les caractéristiques techniques qui concordent parfaitement avec les besoins du

projet mais aussi sur la disponibilité du fournisseur. Ces derniers sont disponibles avec ou sans afficheur [16].

III.3.2.2 Transmission des données

Tandis que la distance séparant les sondes de mesures de l'API peut parfois être longues, l'utilisation de la variation de courant comme standard de transmission, et plus particulièrement la transmission 4-20ma est la plus adaptée à notre application, et ce afin d'éviter la modification de la valeur transmise sous une éventuelle soumission a des perturbations.

III.3.2.3 Traitement des données

La marque siemens est le fournisseur principal de Biopharm en matière d'automatismes, et vu les caractéristiques techniques du S71200, référence 1214c (AC/DC/RLY), notamment dans ce qui est de la capacité du rack qui peut supporter jusqu'à huit (08) modules d'E/S analogique, de sa capacité de mémoire de chargement intégré de 4MByte, et de ces modules de communication permettant ainsi des extensions sur d'autres zones à l'aide des périphérique décentralisée, et enfin par rapport à sa communication profinet intégrée qui ouvre accès aux branchements architecturel avec le reste des équipements de supervision [17].

III.3.2.4 Extension de la configuration :

Afin d'étendre le nombre d'E/S de l'automate principal, et de permettre une gestion à distance et moins encombrante d'une zone, nous utilisons un module décentralisé de type ET200s. Ce périphérique est doté de deux ports profinet, ce qui permettra sa liaison au réseau d'équipements et ouvre accès à enficher jusqu'à 64 modules d'E/S. Ce périphérique sera utilisé pour la couverture du magasin [18].

III.3.2.5 Supervision du processus

Les interfaces de supervision sont choisies en fonction, des plans et du nombre de variables à couvrir, le choix est donc structuré comme suit :

A) **Supervision des zones :** Ayant pris la production comme zone pilote, l'HMI qui sera déployé à son niveau est un écran tactile de 9 pouces, fourni par la marque Siemens (TP900 comfort). Ce dernier est doté d'un port pour la communication MPI/Profibus DP et de deux (02) port pour la communication en profinet (Industrial Ethernet) [19].

   Concernant l'extension au magasin, nous avons opté pour un écran de 7 pouces, vu que douze (12) mesures seulement sont à monitoré au niveau de cette zone [20].

B) **Supervision du site** : Pour une gestion centralisée de l'ensemble des zones, nous avons pris une station PC générale, muni d'une interface profinet pour la communication, d'un logiciel runtime (WinCC RT Advanced) pour la visualisation et d'un serveur OPC pour la liaison au différents sous réseaux.

III.3.2.6 Archivage et exploitation des données

L'archivage de l'historique des mesures ainsi que les modifications effectuées sur le système se fera dans une base de données SQL Server, cette dernière sera localisée au niveau

du serveur local de Biopharm. Tous les sites étant reliés avec une connexion VPN, les utilisateurs pourront ainsi visualiser les données en temps réel et de générer des rapports de tendances sans devoir se déplacer sur le site précis, tout en ayant les accès nécessaires pour effectuer ces opérations.

III.3.2.7 Alertes et notifications

Les anomalies qui peuvent être survenues lors du processus de la surveillance environnementale, qu'elles soient reliées au système ou aux fluctuations des paramètres, seront traduite par des e-mail de notifications aux responsables des zones concernées. Cette fonctionnalité est développée par la liaison du système de supervision au serveur SMTP de Gmail.

III.3.3 Choix des outils de développement

III.3.3.1 Plateforme de programmation : TIA Portal

TIA est une plateforme de développement de solutions d'automatismes avec un système d'ingénierie intégré, comprenant les logiciels SIMATIC STEP7 pour la programmation des automates et SIMATIC WinCC pour la programmation des HMI. Ce dernier est développé par la marque Siemens, et destiné aux équipements qu'elle fabrique. La version utilisée pour la réalisation de ce projet et la V16.

III.3.3.2 Outil de test et de simulation : S7 PLCSIM

S7-PLCSIM donne la possibilité de simuler le fonctionnement d'un automate programmable S7 et de tester les programmes qui lui sont implémentés sans devoir se connecter à du matériel S7. L'application fournit une interface utilisateur graphique permettant de visualiser et de modifier des variables du programme de commande, d'exécuter la CPU de simulation, ainsi que de modifier l'état de fonctionnement de l'API de simulation.

III.3.3.3 Outil de connexion à la base de données : ODBC

Open Database Connectivity est un logiciel tiers (Intergiciel) qui crée une connexion ou un réseau d'échange d'informations permettant à une application qui est dans notre cas le TIA PORTAL de manipuler une ou plusieurs bases de données qui sont mises à disposition par des SGBD tél que le SSMS.

III.3.3.4 Système de gestion de bases de données : SSMS

SQL Server Management Studio est un environnement intégré pour la gestion de bases de données. Il est utilisé pour accéder, configurer, gérer, administrer et développer tous les composants de SQL Server, il fournit un utilitaire complet qui combine un large groupe d'outils graphiques avec de nombreux éditeurs de scripts riches pour fournir un accès à SQL Server aux développeurs et aux administrateurs de bases de données de tous niveaux de compétence.

III.3.3.5 Système d'exploitation de données : Power BI

Power BI est un logiciel orienté utilisateurs métiers, il permet de créer des tableaux de bord personnalisés et interactives à partir de données issues d'un fichier Excel, d'une

source SQL ou des entrepôts de données hybrides. L'outil permet à des utilisateurs non informaticiens de produire des reporting sans que cela nécessite de réelles compétences techniques.

III.4 Conclusion

L'objectif de ce chapitre était de produire un modèle correspondant aux attentes des futurs utilisateurs, l'étape de la capture des besoins était primordiale pour la modélisation du nouveau système. Après avoir tenu compte de toutes les spécifications fonctionnelles et techniques de l'EMS projeté, et avoir conçus l'architecture adéquate de ce dernier, avec la délimitation des environnements de développent et des configurations matérielles qui leurs sont relatives, le chapitre suivant éclaircira les détails de la démarche suivie, et la mise en œuvre du modèle conceptuel élaboré dans le présent chapitre.

Chapitre IV

Développement et programmation

IV.1 Introduction

Après l'étude conceptuelle, nous présentons à travers ce chapitre le détail du développement de notre solution. Ce dernier englobera la configuration matérielle et l'adressage des E/S de l'ensemble des équipements, la programmation des blocs fonctionnels selon les cas des zones à couvrir, l'implémentation sur l'API choisit dans le précèdent chapitre et la configuration réseau de l'extension au magasin à partir de la zone pilote. Ce chapitre a pour objectif d'enlever l'abstraction qui a caractérisé l'analyse, en présentant clairement et de façon exhaustive les détails de la programmation.

IV.2 Configuration matérielle du projet

IV.2.1 CPU et modules d'entrées

Enoncée précédemment dans la partie conception, l'acquisition et le traitement des données se fera par une CPU de gamme 1214 AC/DC/RLY ayant comme référence (6ES7 214-1BG40-0XB0) muni de huit (08) modules d'entrées analogiques de référence (6ES7 231-4HF32-0XB0), comportant à leur tour huit (08) voies de mesures chacun, disposés sur le rack de la CPU comme le montre la **figure IV.1**.

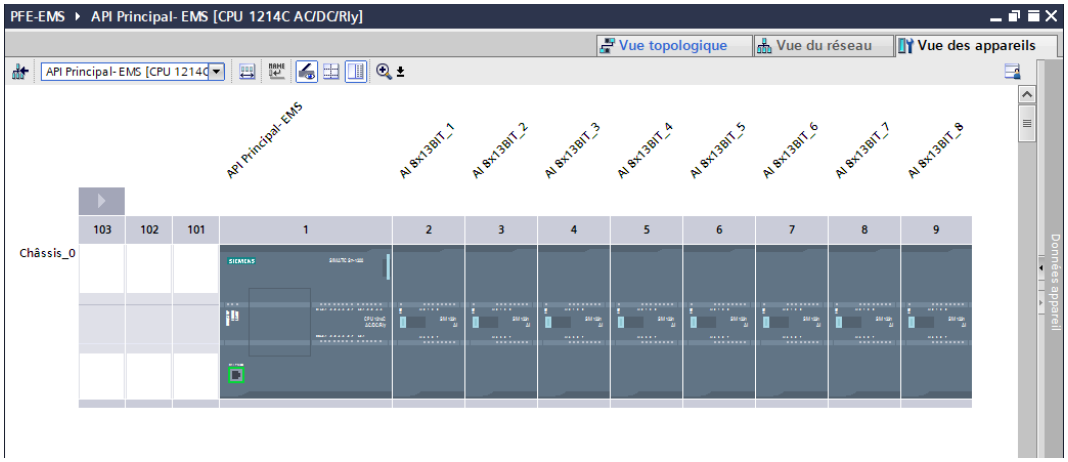


Fig. IV.1 : Configuration du rack de l'API

IV.2.1.1 Interfaçage réseau

L'interface utilisé pour la communication avec le reste des équipements, qu'ils soient d'extension ou de supervision est une interface profinet. Cette dernière est configurée en lui attribuant une adresse IP et un masque de sous réseau concordants avec le domaine IP de l'ensemble de la configuration.

IV.2.1.2 Configuration des Voies et des adresses d'entrées analogiques

En plus des deux voies intégrées dans la CPU, les voies relatives aux modules d'Entrées sont configurées de telle sorte à répondre au standard 4-20ma dans l'acquisition des données **(Figure IV.2)**. Chaque voie est caractérisée par une adresse, c'est à travers ces dernières que se fera la liaison aux variables de programmation.

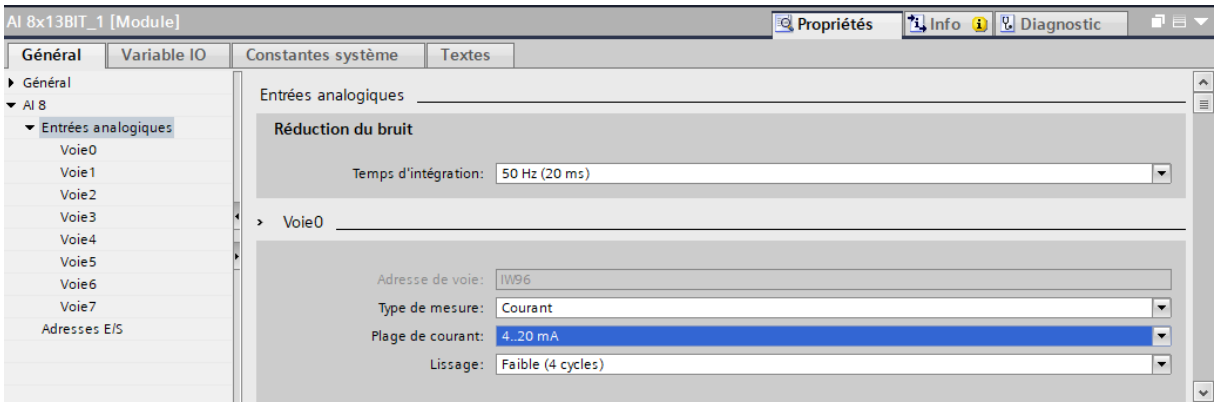


Fig. IV.2 : Adressage et configuration des entrées analogiques

IV.2.2 Module d'extension

Afin de couvrir les six (06) sondes du magasin, ce qui fait 12 mesures à prélever en combinant température et humidité. Nous avons ajouté un coupleur (IM 151-3 PN ST) pour module d'extension ET200s auquel nous avons rattaché un module d'alimentation sous 24V DC et trois modules d'entrées analogiques dotées de quatre (04) voies de mesures chacun **(Figure IV.3)**.

Le périphérique doit être relié au même sous réseau que l'automate principal, ce qui fait que son adresse IP est configurée de telle sorte à appartenir au même domaine que le précèdent. Les modules d'entrées enfichés au rack d'extension sont des transducteurs de mesures à deux fils 4-20ma et occupent le rack à partir de son deuxième emplacement.

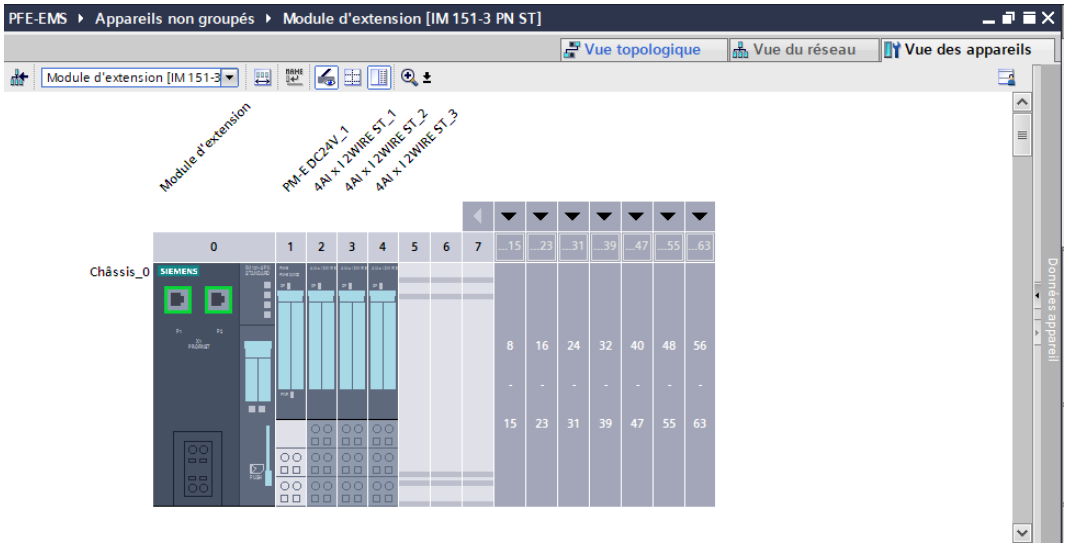


Fig. IV.3 : Module d'extension de la configuration

IV.3 Adressage et programmation API

IV.3.1 Programmation des blocs fonctionnels

Un bloc fonctionnel (FB) est un sous-programme qui s'exécute lorsqu'il est appelé dans un autre bloc de code tel qu'un bloc d'organisation (OB). Le bloc appelant transmet des paramètres au FB et identifie un bloc de données spécifique (DB) qui contient les données

pour l'instance de ce FB [21]. Un FB générique peut commander le fonctionnement d'un ensemble d'appareils en changeant de DB. Ainsi, dans notre cas, un FB peut piloter plusieurs salles avec des DB d'instance différents contenant les paramètres de fonctionnement spécifiques de chaque salle.

IV.3.1.1 Les cas de figures

Tenant compte de la différence du nombre de sondes entre les salles de production, de pesée et du magasin :

- 1 sonde par salle (Production).
- 3 sondes par salle (Pesée).
- 6 sondes (Magasin).

Nous avons déclaré un FB pour chaque cas de figures (Mono-capteur, Multi-capteur et magasin).

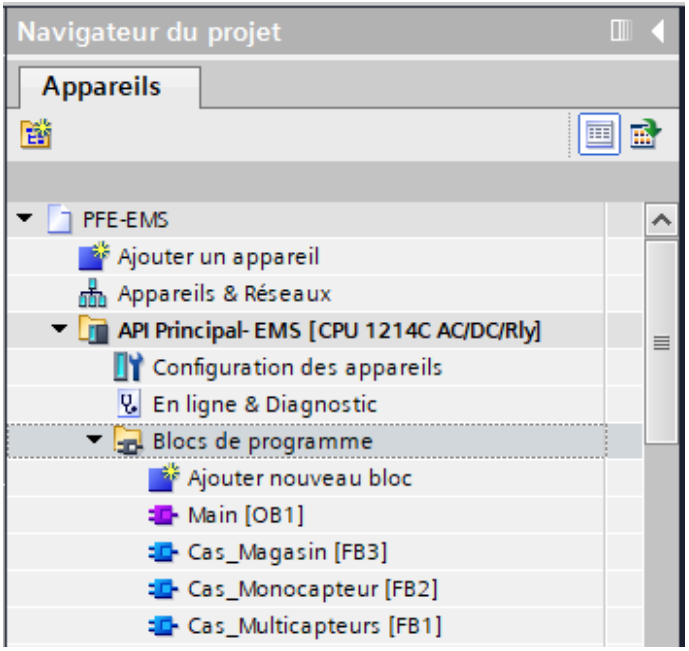


Fig. IV.4 : Les blocs fonctionnels

IV.3.1.2 Normalisation et mise à l'échelle

Les mesures transmises par les sondes sous forme d'un courant 4-20ma, recevront un pré-traitement au niveau des modules d'entrées analogiques, à l'issue de ces derniers les mesures seront traduites en un signal numérique variant de 0 à 27648 lisible par l'API. Les données étant au niveau de l'unité de traitement, ils passent par un bloc de normalisation et de mise à l'échelle, pour enfin êtres exploitables par le système et les utilisateurs.

A) **Normalisation**

L'instruction **"NormX"** permet de normaliser la valeur de la variable à l'entrée VALUE en la reproduisant sur une échelle linéaire. Avec la définition, des paramètres MIN et MAX, les limites d'une plage de valeurs qui est reflétée sur l'échelle. Le résultat est calculé en fonction de la position de la valeur à normaliser dans cette plage et il est stocké sous forme de nombre à virgule flottante à la sortie OUT.

Quand la valeur à normaliser est égale à la valeur à l'entrée MIN, la sortie OUT fournit la valeur "0.0". Quand la valeur à normaliser est égale à la valeur à l'entrée MAX, la sortie OUT fournit la valeur "1.0" [22].

B) **Mise à l'échelle**

L'instruction **"ScaleX"** permet de mettre à l'échelle la valeur à l'entrée VALUE en la reproduisant sur une plage de valeurs spécifiée. Lors de l'exécution de l'instruction **"Scale-X"**, le nombre à virgule flottante à l'entrée VALUE est mis à l'échelle à la plage de valeurs qui a été définie par les paramètres MIN et MAX correspondants à l'étendue de mesures des capteurs utilisés. Le résultat de la mise à l'échelle est un nombre entier qui est stocké à la sortie OUT [22].

C) **Traitement complet :**

Le traitement complet se fait en disposant les deux blocs sur le même réseau pour chacun des paramètres à traiter comme le montre les **figures IV.5 et IV.6**, (Les cas multi-capteurs et magasin) suivent le même principe, en dupliquant les lignes autant de fois que nécessaire tout en changeant les identifiants des variables.

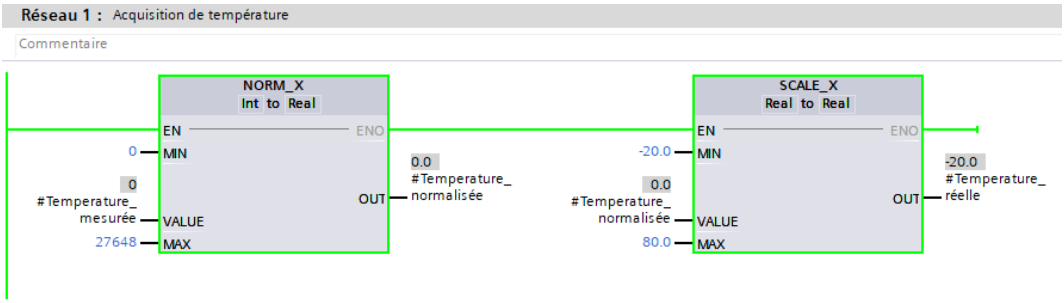


FIG. IV.5 : Normalisation et mise à l'échelle de la température

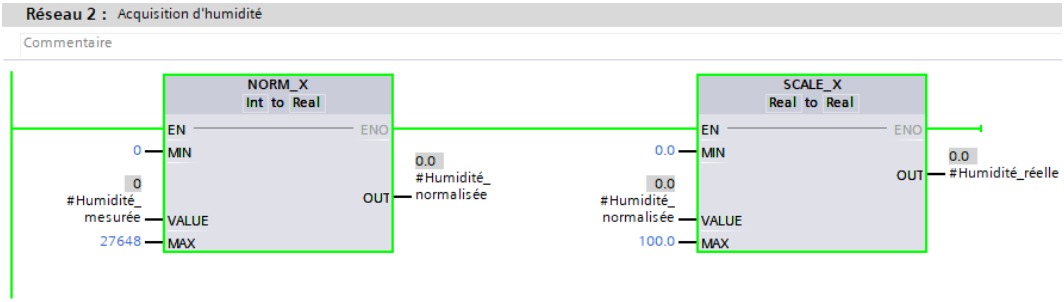


FIG. IV.6 : Normalisation et mise à l'échelle de l'humidité

IV.3.1.3 Déclenchement des alarmes

A) **Cas mono-capteur**

Dans les salles à une seule sonde de mesure, une alarme est générée à la présence de l'un des évènements suivants :

- La température dépasse l'un des seuils (Minimal ou maximal).
- L'humidité dépasse un seuil maximal

Cette procédure est configurée dans un réseau à part du même bloc FB (**Figure IV.7**).

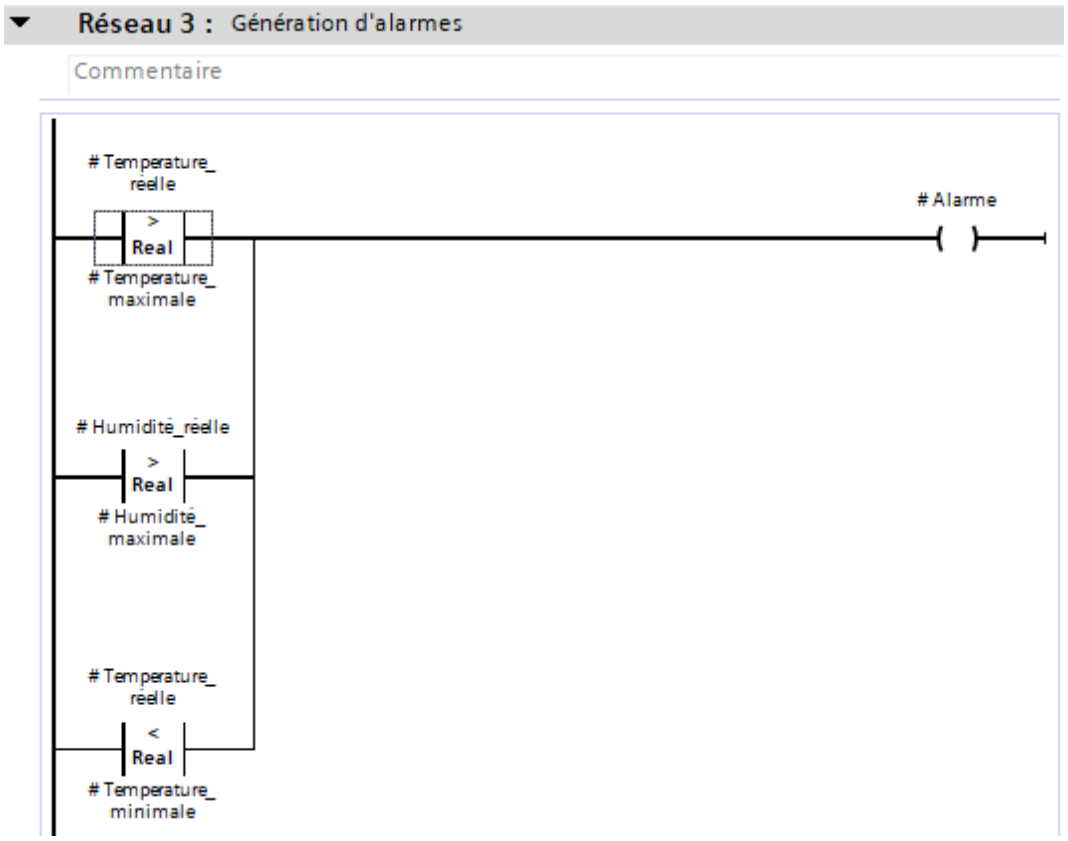


Fig. IV.7 : Réseau de génération d'alarmes

B) **Cas multi-Capteurs**

Afin d'éviter l'encombrement du réseau de génération d'alarmes, une comparaison primaire pour détecter les optimums de mesures de l'ensemble des capteurs a été adoptée, ces derniers seront ensuite comparés aux seuils qu'il ne faut pas dépasser de la même manière que le cas mono-capteur. La **figure IV.8** en illustre un exemple (La même procédure est appliquée aux restants des paramètres).

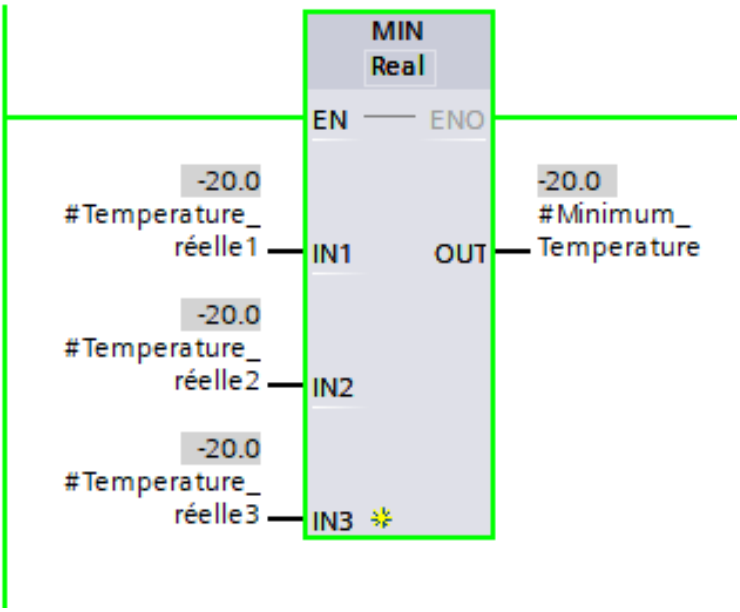
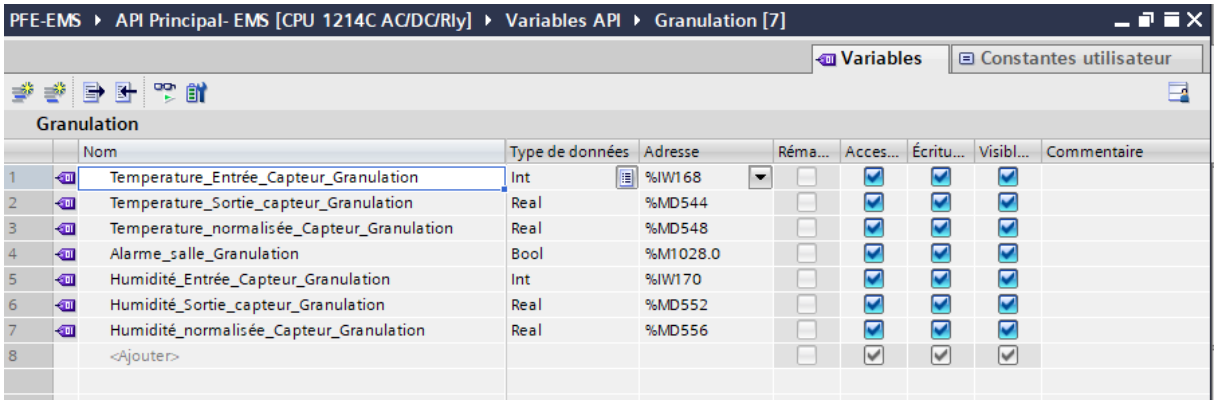


Fig. IV.8 : Bloc de comparaison minimale des températures

IV.3.2 Déclaration des variables

Les variables utilisables par le programme sont déclarées dans des tables, et par mesure de facilitation d'accès nous les avons organisés par salle. Ce qui nous fait en tout **32 tables de variables**. La **figure IV.9** illustre l'exemple relatif a la salle de granulation :



	Nom	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Écritu...	Visibl...	Commentaire
1	Temperature_Entrée_Capteur_Granulation	Int	%IW168	☐	☑	☑	☑	
2	Temperature_Sortie_capteur_Granulation	Real	%MD544	☐	☑	☑	☑	
3	Temperature_normalisée_Capteur_Granulation	Real	%MD548	☐	☑	☑	☑	
4	Alarme_salle_Granulation	Bool	%M1028.0	☐	☑	☑	☑	
5	Humidité_Entrée_Capteur_Granulation	Int	%IW170	☐	☑	☑	☑	
6	Humidité_Sortie_capteur_Granulation	Real	%MD552	☐	☑	☑	☑	
7	Humidité_normalisée_Capteur_Granulation	Real	%MD556	☐	☑	☑	☑	
8	<Ajouter>			☐	☑	☑	☑	

FIG. IV.9 : Table de variables de Granulation

IV.3.2.1 Propriétés

Un ensemble de propriétés caractérisent chaque variable, on en cite :

- Le nom, le type et l'adressage API.
- La rémanence de la variable : un enregistrement de la valeur de la variable dans une zone mémoire spécifique de la CPU, pour éviter la perte de données en cas de coupure de courant.
- La visibilité, l'accessibilité et l'écriture depuis L'HMI, l'OPC UA et l'API web.

IV.3.2.2 Adressage

L'adressage des variables utilisées dans le programme suit la logique suivante **(Voir tableau IV.1)** :

- Les variables avec le type de données WORD, INT, UINT, DATE, S5TIME sont constituées de deux octets. Elles sont adressées avec le numéro de l'octet le plus bas.
- Les variables avec le type de données DWORD, DINT, UDINT, REAL, TIME, TOD sont constituées de quatre octets. Elles sont adressées avec le numéro de l'octet le plus bas.
- Les variables avec le type de données BOOL sont adressées avec un numéro d'octet et un numéro de bit. La numérotation des octets commence à 0 pour chaque plage d'opérandes. La numérotation des bits va de 0 à 7.

Variable	Type	Adressage	Plages d'adresses
Variable-Entrée	Entier	IWxx	Relatives aux modules d'entrées
Variable-Normalisée	Réel	MDxx	0-8190
Variable-Sortie	Réel	MDxx	0-8190
Alarme	Booléen	Mx.x	0.0-8191.7

Tab. IV.1 : Principe d'adressage des variables

IV.3.3 Blocs d'organisation

C'est un bloc qui réagit à un événement spécifique dans la CPU et peut interrompre l'exécution du programme utilisateur. Le bloc par défaut qui fournit la structure de base d'un programme utilisateur et demeure obligatoire pour son exécution cyclique est l'OB1. D'autres OB peuvent être inclus dans le programme, ces derniers interrompent l'exécution de l'OB 1 et exécutent des fonctions spécifiques, telles que des tâches de démarrage, la gestion des alarmes et des erreurs ou l'exécution d'un code spécifique à intervalles spécifiques [21].

IV.3.3.1 Programmation de l'OB1

Au niveau de ce bloc on fait appel aux FB déjà déclarés. Cette insertion est traduite par des boîtiers auquel il faut attribuer des variables déjà déclarées dans les tables. Toute modification de variables ou de FB nécessite une actualisation au niveau de l'OB. Ce bloc sera également organisé en 32 réseaux relatifs à chaque salle de l'ensemble des zones a monitoré. **La figure IV.10** montre un exemple de la salle de la géluleuse Romaco :

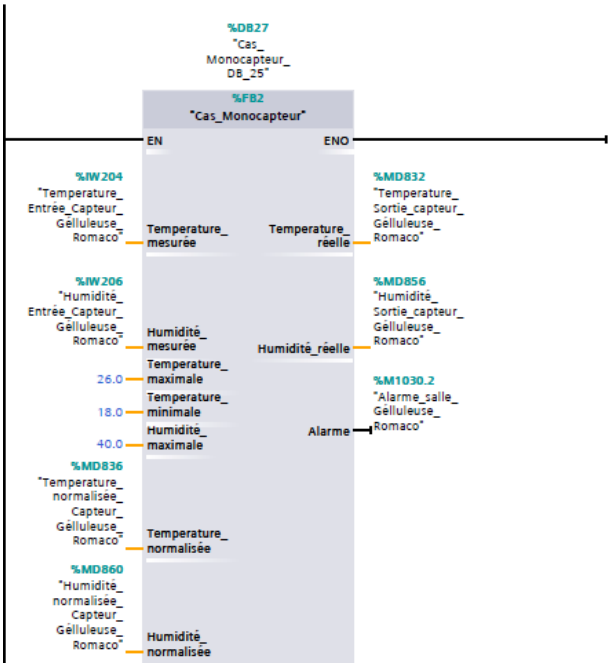
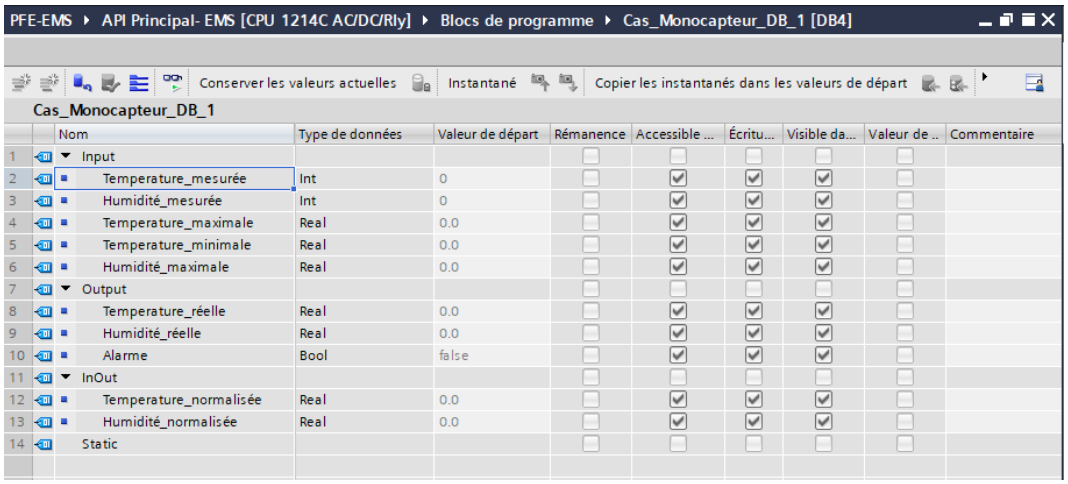


Fig. IV.10 : Paramétrage du réseau OB de la gélluleuse

IV.3.3.2 Génération des blocs de données (DB)

Un DB est un bloc qui sert à la sauvegarde des données des blocs de codes. Un DB peut être global, c'est-à-dire que tous les blocs du programme peuvent y accéder, mais il peut aussi être un DB d'instance, ce qui lui donne accès aux données d'un FB bien spécifique [21]. Ce qui est le cas dans notre architecture, pour chaque appel d'un FB dans l'OB il y a eu création d'un DB d'instance. La structure des données dans ce dernier reflète les paramètres (Input, Output et InOut) et les données statiques du FB comme suit :



	Nom	Type de données	Valeur de départ	Rémanence	Accessible ...	Écritu...	Visible da...	Valeur de ..	Commentaire
1	Input								
2	Temperature_mesurée	Int	0						
3	Humidité_mesurée	Int	0						
4	Temperature_maximale	Real	0.0						
5	Temperature_minimale	Real	0.0						
6	Humidité_maximale	Real	0.0						
7	Output								
8	Temperature_réelle	Real	0.0						
9	Humidité_réelle	Real	0.0						
10	Alarme	Bool	false						
11	InOut								
12	Temperature_normalisée	Real	0.0						
13	Humidité_normalisée	Real	0.0						
14	Static								

Fig. IV.11 : Bloc de données à sonde unique

IV.4 Visualisation du processus

Apres l'étape de l'acquisition et du traitement de données, le tour est à la supervision du processus. Pour cela, comme déjà évoqué dans la partie conception, nous avons opté pour l'architecture matérielle suivante :

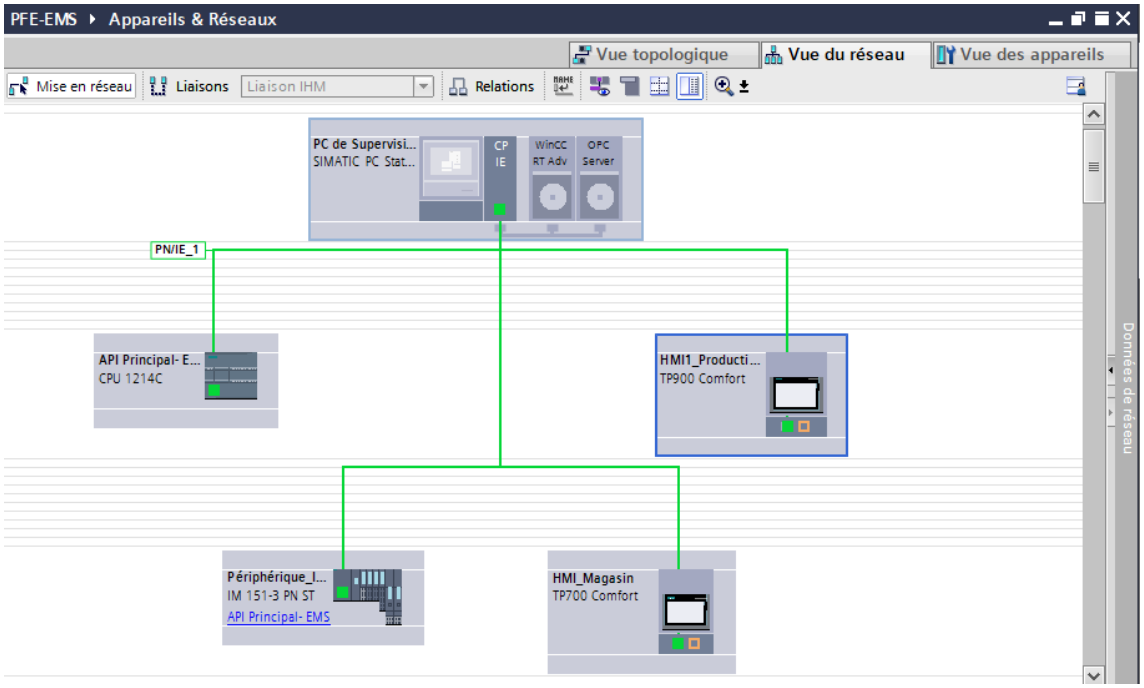


Fig. IV.12 : Architecture réseau de l'EMS

IV.4.1 Configuration de l'HMI de production

La TP900 comfort disposée au niveau de la production, est dotée d'une interface Profinet utilisée pour son raccordement au réseau et d'une interface MPI/DP libre. Les détails de sa configuration feront l'objet des sections qui suivent.

IV.4.1.1 Variables IHM

Afin que les paramètres environnementaux puissent être visualisés, les variables de sorties issues du traitement de l'API doivent être reliées à l'IHM. Ces dernières font l'objet d'affichage, de signalisation et de paramétrage. D'autres variables doivent être déclarées, notamment pour la gestion des vues et des utilisateurs.

IV.4.1.2 Alarmes IHM

Le type d'alarmes et les textes qui leurs sont associés pour interférer entre le système et l'utilisateur sont définis dans le paramétrage de l'IHM. La production compte en tout 123 alarmes textuelles traduisant les dépassements des seuils hauts de l'ensemble des mesures couvrant les locaux de production. La **figure IV.13** un échantillon de la démarche suivie pour leur déclaration :

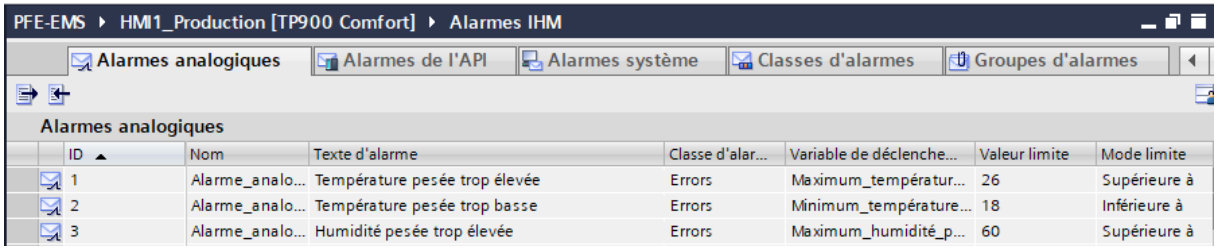


Fig. IV.13 : Échantillon des alarmes IHM

IV.4.1.3 Gestion des accès

L'IHM disposera de plusieurs vues, et comme exigé dans le cahier de charges du projet, certaines actions ne peuvent être effectuées que par les utilisateurs habilités. C'est pour cela que nous avons créé des groupes d'utilisateurs en leurs définissant des droits d'accès bien spécifiques pour chacun. Ces groupes serviront pour l'affectation des rôles des futurs utilisateurs de l'EMS. Trois groupes sont créés, à savoir des administrateurs, des superviseurs et des utilisateurs comme le montre la **(figure IV.14)**.

Les paramètres relatifs à la déconnexion automatique et à la complexité du mot de passe sont définis dans d'autres sections du portal.



Fig. IV.14 : Création des accès et des groupes utilisateurs de la TP900

IV.4.1.4 Création et configuration des vues

Quatre vues principales sont conçues pour cette interface de supervision :

A) **Vue racine**

C'est la vue principale de l'IHM, elle affiche le plan de la zone, les paramètres et les états visuels des alarmes de chaque salle, ainsi que des boutons de connexion, de déconnexion et de redirection aux autres vues.

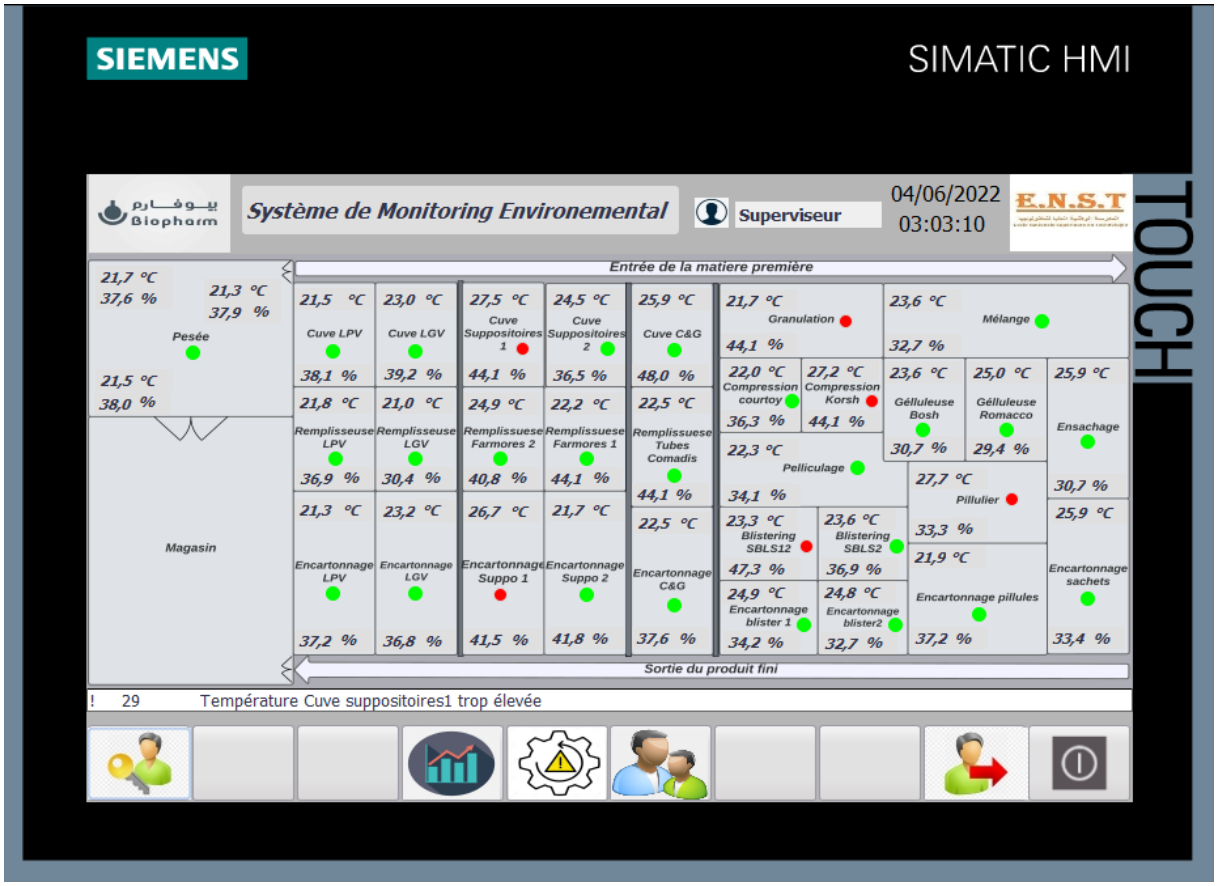


Fig. IV.15 : Vue racine de l'IHM de production

- **Légende de l'interface** : Les boutons et afficheurs qui apparaissent sous forme graphique dans cette vue résument les fonctionnalités suivantes :



FIG. IV.16 : Légende de l'interface

B) **Vue des alarmes**

A partir de cette vue, l'utilisateur peut voir les informations relatives aux alarmes et de les acquitter en ayant les droits d'accès nécessaires.

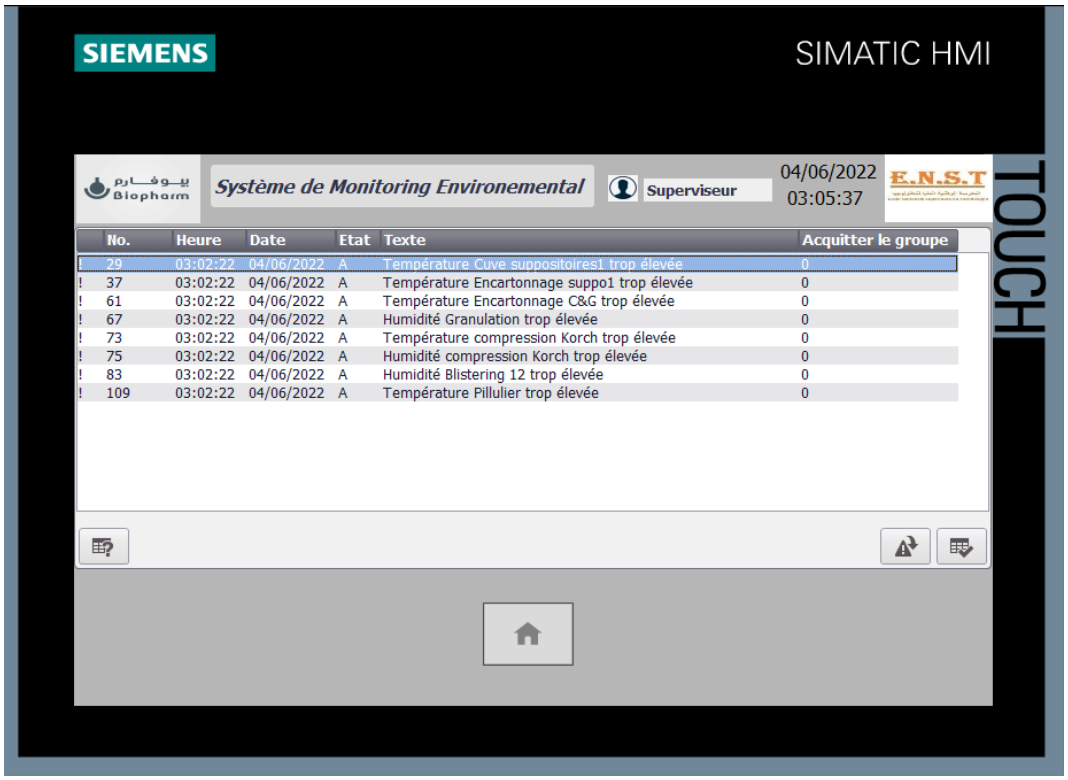


FIG. IV.17 : Affichage des alarmes de la zone de production

C) **Vue des courbes**

Cette vue permettra aux utilisateurs présents sur le terrain de revoir les fluctuations des paramètres environnementaux relatifs à leur zone de couverture. Nous les avons organisés en sélections selon les lignes de production (Formes liquides, sèches, suppositoires et crèmes et gels), ce qui fait quatre (04) vues supplémentaires accessibles selon la démarche suivante :

- L'utilisateur accède à la vue des courbes à partir de l'écran initial.
- La vue préliminaire des courbes représente une sélection, l'utilisateur choisira donc la ligne qu'il veut revoir.

- Une fois la sélection effectuée, l'utilisateur peut switcher entre température et humidité, ou retourner à la vue préliminaire pour changer de ligne de visualisation.

La figure IV.18 illustre un exemple de la sélection formes liquides :

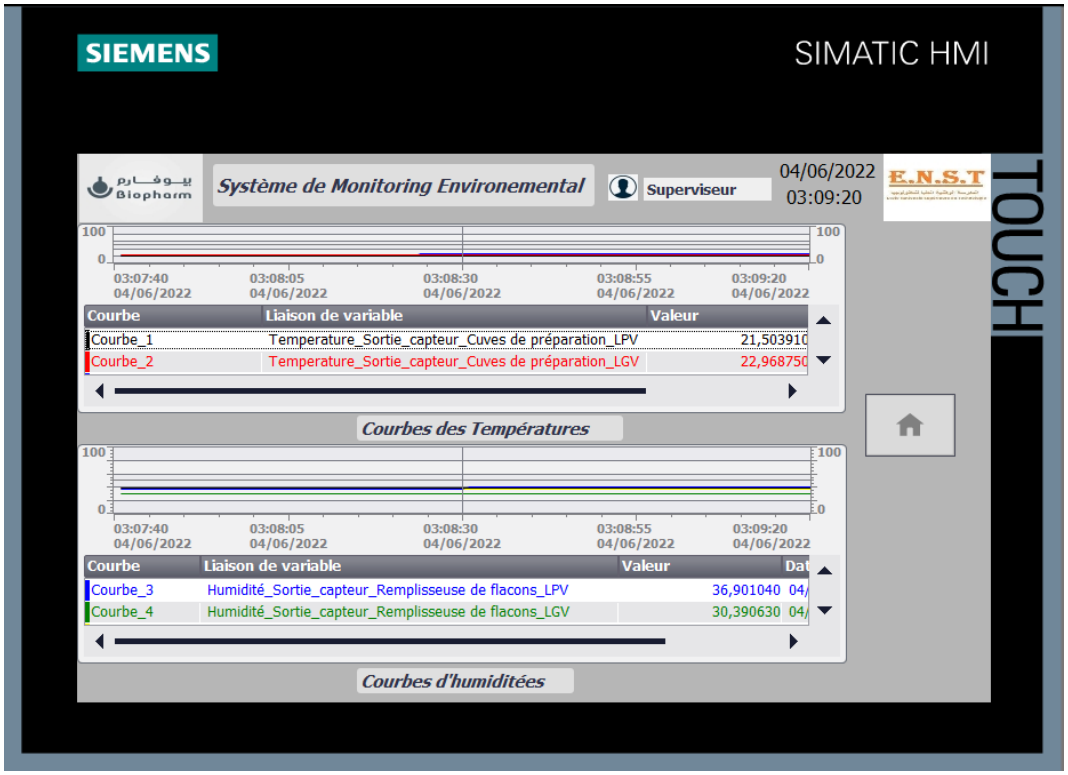


FIG. IV.18 : Le tracé des courbes de la ligne des formes liquides

D) **Vue de gestion des utilisateurs**

A partir de cette vue, les administrateurs du système étant les seuls à avoir accès a cette configuration, peuvent ajouter, supprimer ou modifier les accès des utilisateurs. Cette dernière se présente comme dans la **figure IV.20.**

IV.4.1.5 Audit trail de l'interface

Pour assurer la traçabilité des actions effectuées sur cette HMI, ces dernières peuvent être sauvegardées dans une carte mémoire ou une clé USB reliées à l'écran de supervision sous format Excel. Quant à l'archivage des variables et des alarmes, et tenant compte de l'impossibilité de relier cette interface à une base de données, ça se fera au niveau de la station Pc qui sera développée dans les sections à suivre.

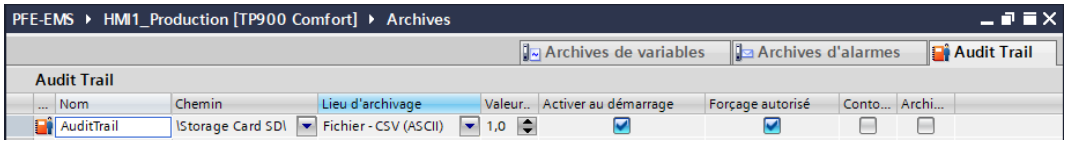


FIG. IV.19 : Paramétrage de l'audit de la TP900

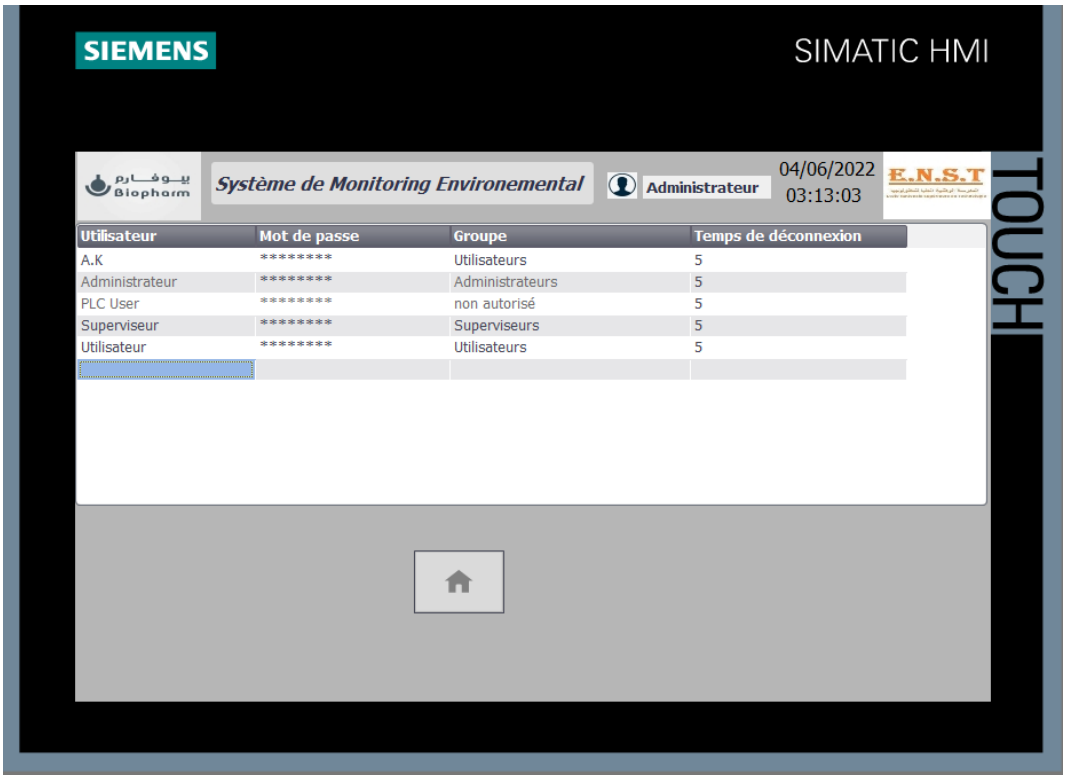


Fig. IV.20 : Vue de gestion des utilisateurs

IV.4.2 Configuration de l'HMI du magasin

La TP700 couvrant l'ensemble des paramètres de la surface du magasin est paramétré de la même manière que la précédente. Les variables, les textes d'alarmes et les utilisateurs différent mais la démarche suivie demeure la même. Le plan relatif à cette dernière est dans la **figure IV.21**.

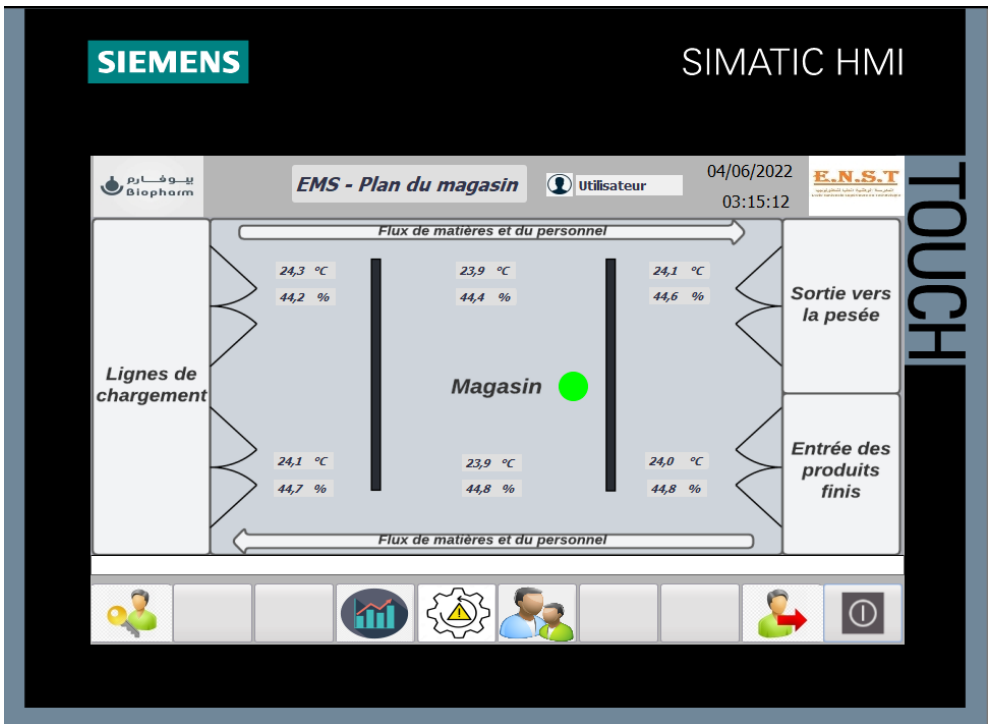


Fig. IV.21 : Vue racine de l'IHM du magasin

Concernant les courbes, elles sont accessibles à deux clics de l'écran d'accueil seulement dans ce cas. Tandis que six (06) variables du même paramètre seulement sont à afficher, la première vue affichera les graphs des humidités, et un switch de redirection nous mènera vers l'affichage de ceux des températures.

IV.4.3 Configuration de la station PC de supervision

Placée en tête du réseau, cette station sera disposée au niveau du service utilités qui s'occupent de la gestion technique centralisée (GTC) de toute l'usine. Donc, c'est en fonction des paramètres affichées et des alarmes signalés que les techniciens sauraient de quelle manière il faudrait conduire le chauffage ou la climatisation des locaux du site.



Fig. IV.22 : Disposition du PC de supervision

Cette station est dotée d'une interface Profinet, d'un logiciel Runtime pour la visualisation et d'un serveur OPC pour la communication S7 avec l'API et les périphériques de l'extension.

IV.4.3.1 Gestion des utilisateurs

La station centralise la supervision de toutes les zones du site. Et pour un éventuel déploiement au niveau du bloc administratif, nous avons créé des accès en fonction des postes et des affectations du personnel utilisateur. Si on prend par exemple un superviseur de la production, ce dernier n'aura pas accès aux informations relatives à la zone du magasin et vis versa comme le montre la **figure IV.23**.

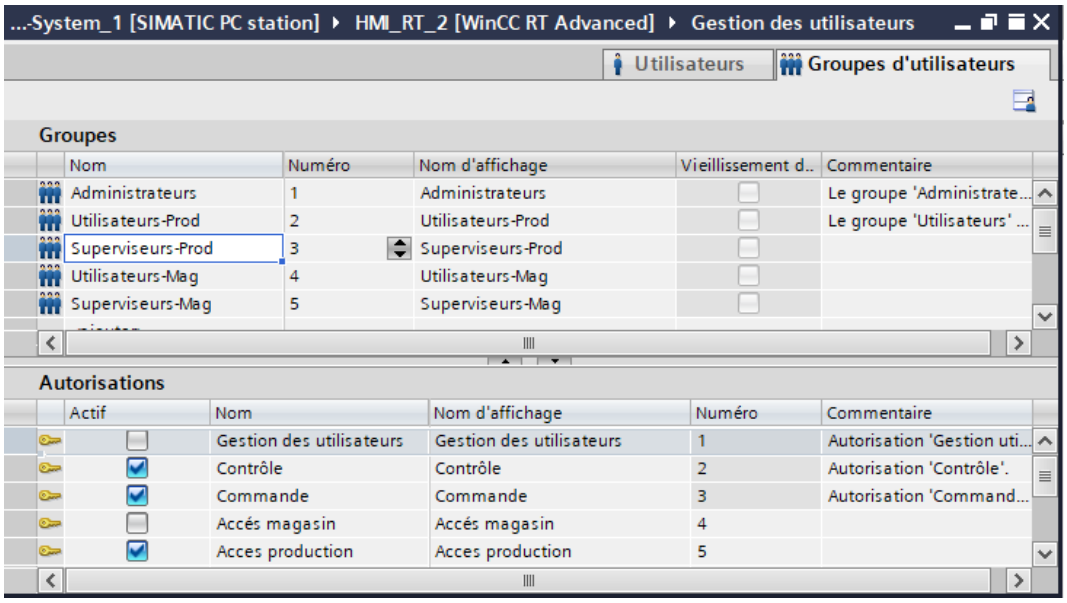


Fig. IV.23 : Création des accès et des groupes d'utilisateurs de la Station PC

IV.4.3.2 Gestion des vues

La vue initiale de la station se présente comme une sélection, une fois l'utilisateur connecté et en fonction des accès qui lui ont été attribués, il peut accéder à la zone qu'il souhaite visualiser, à la fenêtre de gestion des accès, ou au fichier des informations sur le projet.



Fig. IV.24 : Vue racine de la station PC

Une fois la sélection faite, l'utilisateur aura presque les mêmes interfaces que celle que nous avons montré dans les sections précédentes (Plans, afficheurs, alarmes et courbes). La station compte donc 13 vues au total.

IV.4.3.3 Archivage des données

L'archivage des variables et des alarmes se fera dans une base de données créée à base de SQL Server et connecté à TIA portal via une liaison ODBC créée sous le nom de **EMS-connect**, ce processus sera expliqué dans de futures sections. Ce qui nous importe dans cette partie c'est la création de la variable d'archivage pour laquelle nous avons relier les variables du process. Pour ce faire nous avons configurer les points suivants :

- Le nombre d'enregistrements : 500 000
- La méthode d'archivage : Cyclique
- Le cycle d'archivage : Toutes les 5 minutes
- Le Comportement au redémarrage : Adjoindre à l'archive

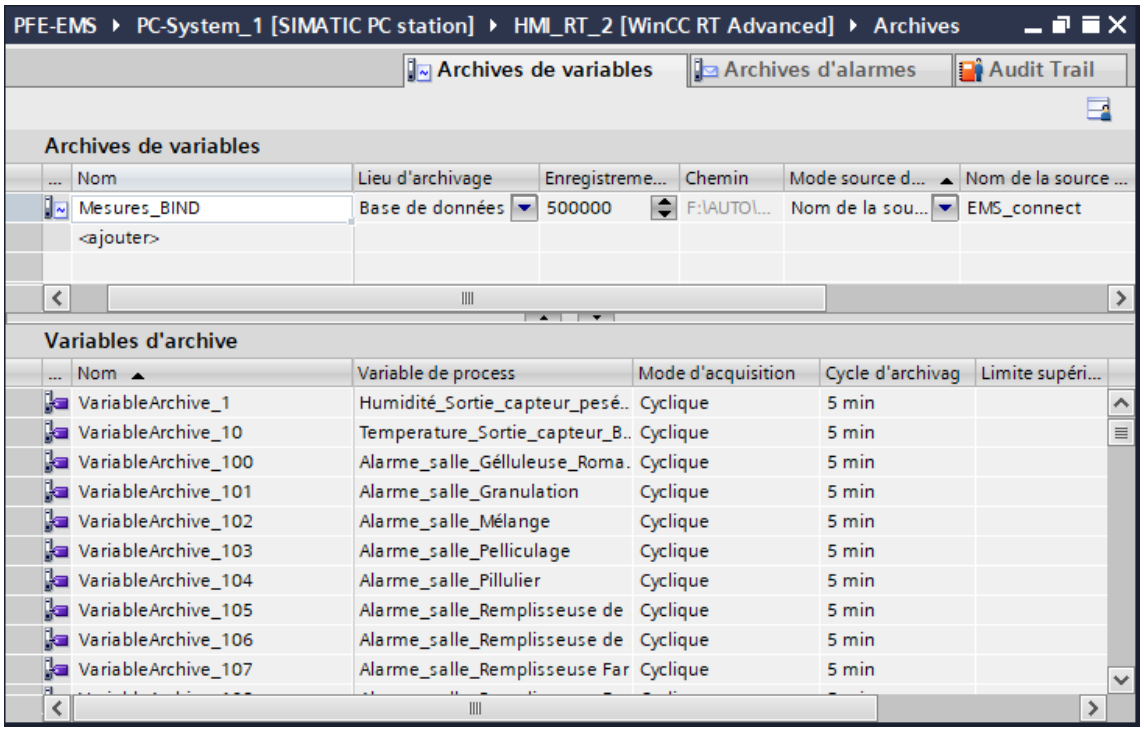


Fig. IV.25 : Création et paramétrage des variables d'archives

Chaque variable d'archive se traduira par une table dans la base de données qui lui est reliée. Pour notre cas nous l'avons appelé « **Mesures-BIND** ».

IV.4.3.4 Audit trail de la station

Contrairement aux écrans de supervision qui nécessitent une carte de stockage, la station PC archivera l'historique des actions qui y ont été effectuées dans un fichier Excel sauvegardé dans son espace de stockage interne.



Fig. IV.26 : Paramétrage de l'audit de la station PC

IV.5 Système d'alertes et de notifications

IV.5.1 Paramétrage de la communication

L'envoi des e-mails de notifications lors de l'apparition de certains évènements anormaux dans le système se fera via le serveur SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) de Gmail. Pour ce faire, il faut déclarer les coordonnées relatives au serveur, à l'expéditeur et aux destinataires. Un compte Gmail a été créé pour l'EMS, ce dernier est connecté au système en tant qu'expéditeur, quant aux récepteurs, des adresses de diffusion seront mise en place en fonction des classes d'alarmes et des zones qui leurs sont affectées.

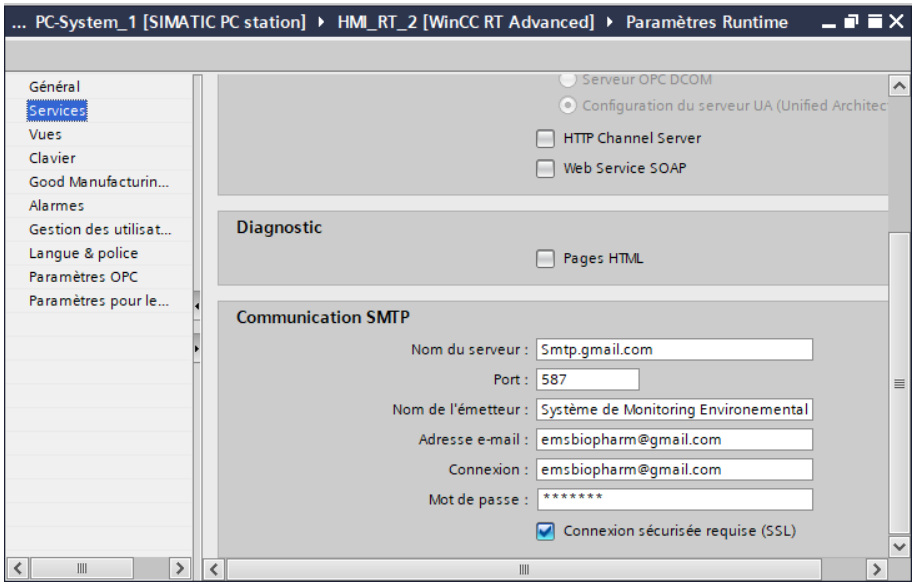
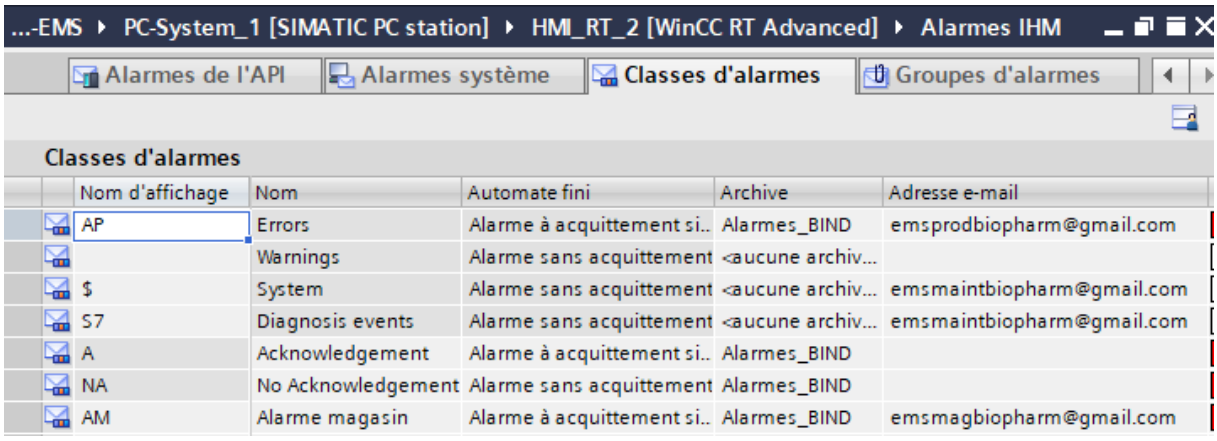


Fig. IV.27 : Paramétrage Runtime de la communication SMTP

IV.5.2 Configuration de l'envoi

Chaque alarme analogique est affectée à une classe d'alarmes selon le type d'évènement et la localisation de l'erreurs. On désigne par « AP » les alarmes liées aux locaux de la production et par « AM » celles du magasin. Ces dernières sont envoyées aux adresses de diffusion relatives à chaque zone, tandis que les alarmes de diagnostic et des problèmes de liaisons sont envoyées à l'équipe responsable de la maintenance du système **(Figure IV.28)**.



Nom d'affichage	Nom	Automate fini	Archive	Adresse e-mail
AP	Errors	Alarme à acquittement si..	Alarmes_BIND	emsprodbiopharm@gmail.com
	Warnings	Alarme sans acquittement	<aucune archiv...	
$	System	Alarme sans acquittement	<aucune archiv...	emsmaintbiopharm@gmail.com
S7	Diagnosis events	Alarme sans acquittement	<aucune archiv...	emsmaintbiopharm@gmail.com
A	Acknowledgement	Alarme à acquittement si..	Alarmes_BIND	
NA	No Acknowledgement	Alarme sans acquittement	Alarmes_BIND	
AM	Alarme magasin	Alarme à acquittement si..	Alarmes_BIND	emsmagbiopharm@gmail.com

Fig. IV.28 : Classes d'alarmes et destinataires

IV.5.3 Réception des notifications

Le destinataire ne sera pas seulement alerté de l'apparition de l'anomalie mais aussi de sa disparition. L'émail reçu comporte l'identifiant de l'alarme, sa classe, la date et l'heure de son apparition (ou disparition), la liaison système couvrant cette dernière et le texte de l'alarme **(Figure IV.29)**.

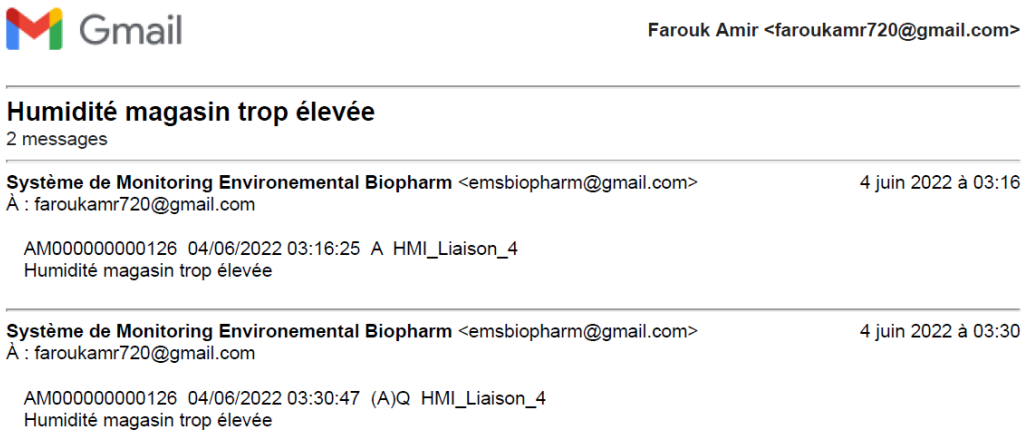


Fig. IV.29 : Exemple d'un e-mail envoyé par l'EMS

IV.6 Test de cohérence et implémentation

En plus des compilations effectuées pour tester la cohérence des blocs de programme, en fonction de la déclaration des variables et de leurs adressages, le fonctionnement complet de la configuration est testé en l'implémentant sur un automate virtuel par le biais du logiciel PLCSIM. Pour ce faire il faut d'abord rechercher une configuration adéquate pour le chargement, configurer le comportement des modules après chargement et enfin démarrer la CPU.

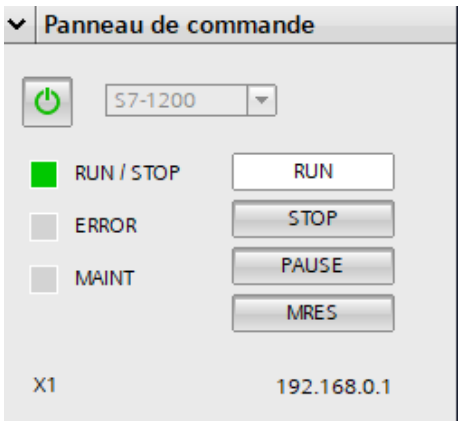


Fig. IV.30 : Démarrage de la CPU S7-1200

Une fois le programme implémenté, on crée des tables de forçage à travers lesquelles nous allons nous assurer que tout fonctionne. Pour une meilleure accessibilité Les tables de forçage sont créées en fonction des salles monitorés. Ce qui donne 32 tables de forçage en tout. La table de forçage compte les variables d'entrées, de sorties et leurs valeurs normalisées, la **figure IV.31** en illustre un exemple.

Mélange

	Nom	Adresse	Format d'affichage	Valeur visualisée/de forçage	Bits	Forçage par lot		Co...
	"Temperature_Entrée_Capteur_Mélange":P	%IW216:P	DEC+/-	13200		0		
	"Temperature_Sortie_capteur_Mélange"	%MD928	Nombre à virgule...	22,96875		0		
	"Temperature_normalisée_Capteur_Mélange"	%MD932	Nombre à virgule...	0,4774306		0		
	"Alarme_salle_Mélange"	%M1031.0	Bool	FALSE		FALSE		
	"Humidité_Entrée_Capteur_Mélange":P	%IW218:P	DEC+/-	9800		0		
	"Humidité_Sortie_capteur_Mélange"	%MD936	Nombre à vir...	36,90104		0		
	"Humidité_normalisée_Capteur_Mélange"	%MD940	Nombre à virgule...	0,354456		0		

FIG. IV.31 : Table de forçage de la salle « Mélange des formes sèches »

IV.7 Conclusion

Ce chapitre a touché à une grande partie du projet, qui est celle de l'acquisition, le traitement et la centralisation des données. Nous avons éclairé la démarche suivie dans la programmation des blocs et le paramétrage des équipements, l'interfaçage entre le système et le personnel exploitant à travers les écrans de supervision et le système de notifications, les techniques de tests et d'implémentation ainsi que l'archivage des données pour exploitation.

La procédure d'exploitation de ces données fera l'objet du prochain et dernier chapitre dans lequel nous allons généraliser la supervision de la partie technique par l'utilisateur administratif.

Chapitre V

Exploitation et supervision

V.1 Introduction

Après l'étape du développement, le tour est à l'exploitation du système. Ce chapitre s'organisera sur deux volets qui sont plutôt concordant, le premier touchera à la conception d'une base de données SQL Server pour la sauvegarde, l'archivage et la restauration des données, tandis que le deuxième volet traitera le développement d'un tableau de bord pour l'exploitation et la supervision du process. Les interfaces hommes-Machines conçues dans le chapitre précèdent couvrent la supervision technique, les tableaux de bord sont plutôt destinés au personnel administratif.

V.2 Constitution de la base de données

La base de données de capitalisation doit assurer l'archivage par site, zone, salle, sonde, capteurs et enfin par alarmes et mesures, c'est pour cela que nous avons créé un ensemble de tables jointés entre elles pour assurer la structuration des informations et faciliter le filtrage pour tout éventuel traitement.

V.2.1 Le modèle conceptuel de données

Le MCD constitue une étape primordiale dans la modélisation des bases de données, il permet de comprendre comment les différents éléments qui constituent la base sont reliés entre eux. Si le MCD est mal réalisé, des erreurs en cascade se produiront et retomberont sur la base de données finale. Cet outil est constitué des éléments suivants :

- **Les entités** : C'est les composants identifiables de la base de données, elles sont associées à des éléments réels et c'est ce qui caractérisera dans notre cas les sites, les zones, les salles, les sondes, les capteurs et les mesures.
- **Les propriétés** : C'est la liste des données de l'entité, ce qui fera les identifiants des paramètres que nous cherchons à exploiter dans la base de données, leurs adresses, etc.
- **Les relations** : C'est les liaisons entre les différentes entités du modèle, l'exemple dans notre cas est que la zone couvre plusieurs salles.
- **Les cardinalités :** C'est le nombre minimum et maximum d'instances qui sont autorisées à participer à la relation.

Le MCD établit pour notre projet est illustré par la **figure V.1**. Il montre l'arborescence de la structure en démarrant des sites et en finissant par les mesures selon la logique suivante :

- Un seul site compte une ou plusieurs zones.
- Une seule zone couvre une ou plusieurs sales et abrite une ou plusieurs sondes.
- Une ou plusieurs salles signalent une ou plusieurs alarmes (Relatives à la température ou à l'humidité) et une salle contient une ou plusieurs sondes.
- Une sonde dispose de un ou deux capteurs (Température ou humidité ou les deux ensembles).
- Un capteur fournit une mesure.

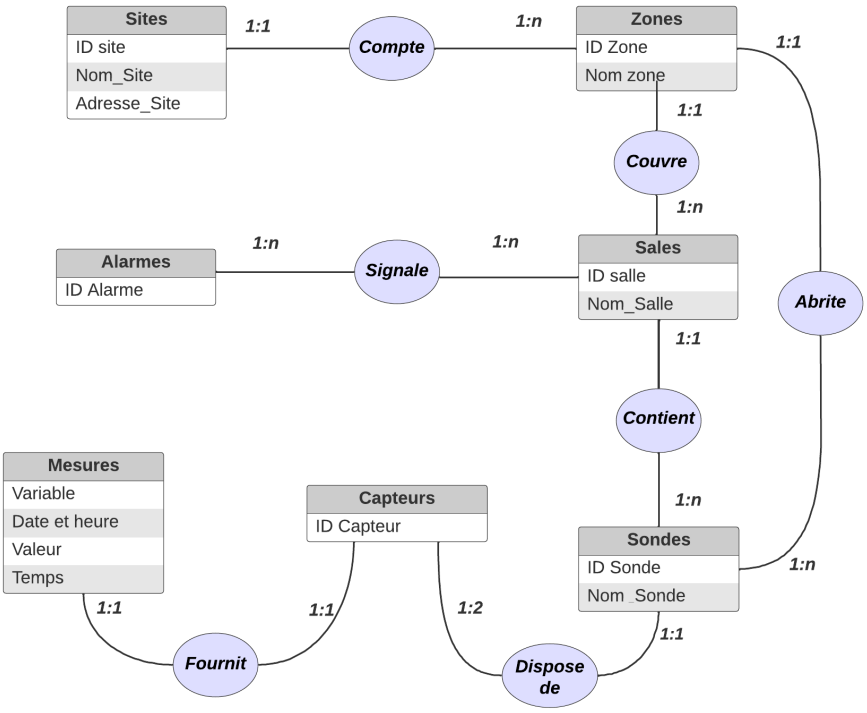


Fig. V.1 : Le MCD de la base de données de l'EMS

V.2.2 Construction de la Base de données

Après la validation du MCD, vient l'étape de la concrétisation de la BDD, cette étape se subdivise en trois autres parties à savoir sa création, sa connexion au système et sa finalisation.

V.2.2.1 Création de la BDD

A l'ouverture du SSMS, le logiciel propose les serveurs locaux disponibles pour l'hébergement de la BDD. Une fois que cette connexion est établie, on procède à la création de la base que nous avons appelé « **EMS** ».

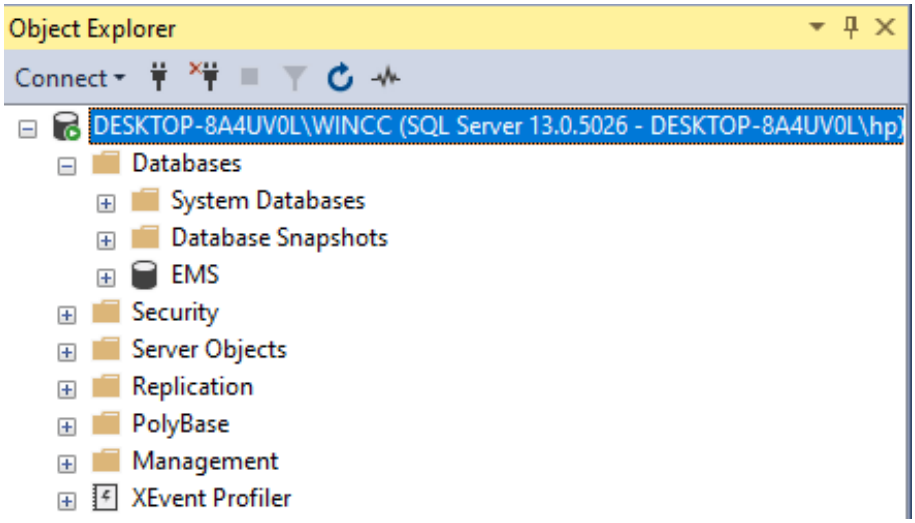


Fig. V.2 : Création de la base de données

V.2.2.2 Connexion de la BDD

Afin que la BDD puisse communiquer avec le système d'acquisition et de traitement du TIA Portal, nous avons créé un connecteur ODBC pour assurer la liaison que nous avons appelé « **EMS-connect** ». Ce dernier va assurer le transfert des variables d'archives, pour les stocker dans une table au niveau de la BDD. La table est créée automatiquement en fonction des paramètres qui lui ont été attribuées dans la partie programme, ce qui est dans notre cas la table « **Mesures-BIND** ».

V.2.2.3 Passage du MCD au MPD

La base de données doit répondre aux exigences du cahier de charge et ce à travers la traduction du MCD en MPD (Modèle physique de données) implémentable sur machine. Lors de cette transition du MCD au MPD, deux règles sont prises en considération :

- **Règle 1** : Chaque entité devient une table. Chaque attribut de l'entité devient une colonne de cette table.
- **Règle 2** : Dans le cas d'une association hiérarchique, la clé primaire de l'entité supérieure devient attribut clé étrangère dans la table issue de l'entité inférieure.

Column Name	Data Type
ID_Site	varchar(255)
Nom_Site	varchar(255)
Adresse_Site	varchar(255)

(a) Table Sites

Column Name	Data Type
ID_Zone	varchar(255)
Nom_Zone	varchar(255)
ID_Site	varchar(255)

(b) Table Zones

Column Name	Data Type
ID_Salle	varchar(255)
Nom_Salle	varchar(255)
ID_Zone	varchar(255)

(c) Table Salles

Column Name	Data Type
ID_Alarme	varchar(255)
ID_Salle	varchar(255)

(d) Table Alarmes

Column Name	Data Type
ID_Sonde	varchar(10)
Nom_Sonde	varchar(106)
ID_Salle	varchar(255)

(e) Table Sondes

Column Name	Data Type
ID_Capteur	varchar(255)
Id_Sonde	varchar(10)

(f) Table Capteurs

FIG. V.3 : Les tables de la BDD

L'ID Site étant déclaré comme clé primaire dans la **table Sites** est retrouvé comme clé étrangère dans la **table Zones** ce qui fait que la règle des association est respecté. La première règle est facilement remarquable par rapport aux colonnes. Quant à la table Mesures-BIND, comme nous l'avons déjà expliqué dans les sections précédentes, elle est automatiquement créée et remplie par le biais de la liaison « EMS-connect ». Elle ne compte ni clé primaire ni étrangère.

V.2.2.4 Finalisation de la base de données

Après la création des jointures entre les tables à travers les déclarations des clés suivant la logique du MPD, la dernière étape qui ouvrira accès à l'exploitation de la BDD est son remplissage. Nous allons donc utiliser des scripts SQL pour y insérer les données du projet. Un exemple du remplissage de la table des sites est fait grâce au script suivant :

```
USE [EMS]
GO
INSERT INTO Sites (ID_Site, Nom_Site,Adresse_Site)
VALUES ('BDIS', 'Biopharm Distribution', 'Reghaia, Alger');
INSERT INTO Sites (ID_Site, Nom_Site,Adresse_Site)
VALUES ('BIND', 'Biopharm Industry', 'Oued Semar, Alger');
INSERT INTO Sites (ID_Site, Nom_Site,Adresse_Site)
VALUES ('BIPR', 'Biopure', 'Blida');
INSERT INTO Sites (ID_Site, Nom_Site,Adresse_Site)
VALUES ('BNDS', 'Biopharm Industry(Stock)', 'Bouira');
INSERT INTO Sites (ID_Site, Nom_Site,Adresse_Site)
VALUES ('PRFM', 'Profam', 'Ouled Hedadj, Boumerdes');
```

Le résultat de l'exécution de ce dernier est illustré dans la **figure V.4**. L'administrateur de la BDD peut à tout moment modifier les coordonnées d'un site ou y insérer d'autres en ayant les accès nécessaires

Results | Messages

	ID_Site	Nom_Site	Adresse_Site
1	BDIS	Biopharm Distribution	Reghaia, Alger
2	BIND	Biopharm Industry	Oued Semar, Alger
3	BIPR	Biopure	Blida
4	BNDS	Biopharm Industry(Stock)	Bouira
5	PRFM	Profam	Ouled Hedadj, Boumerdes

FIG. V.4 : Sites de Biopharm

Cette procédure s'applique sur le reste des tables avec des script plus ou moins compliqués selon les données à insérer dans chaque table.

V.3 Exploitation de la base de données

Selon l'architecture exposée dans les sections précédentes, nous avons conçus un tableau de bord d'exploitation par l'outil Power BI. Ce dernier permettra de visualiser l'ensemble des paramètres tout en jouant sur les filtres de sélection. L'utilisateur pourra ainsi accéder à une ou à un ensemble de données selon l'objectif de sa requête.

V.3.1 Importation des données

Power BI donne la possibilité d'obtenir des données à partir de différentes sources, dans notre cas ça sera une base de données SQL Server pour l'exploitation des différents paramètres du process et un classeur Excel pour tout ce qui est audit. Apres configuration du chemin d'importation, les tables de la base de données occuperont les champs du tableau de bord pour des fins de transformation (Création de mesures et de nouvelles tables) ou d'exploitation directe (Champs de visualisation et filtrage de données).

V.3.2 Configuration des liaisons

Pour une meilleure exploitation, le MPD sera également déployé au niveau de la configuration BI, la **figure V.5** illustre ce dernier.

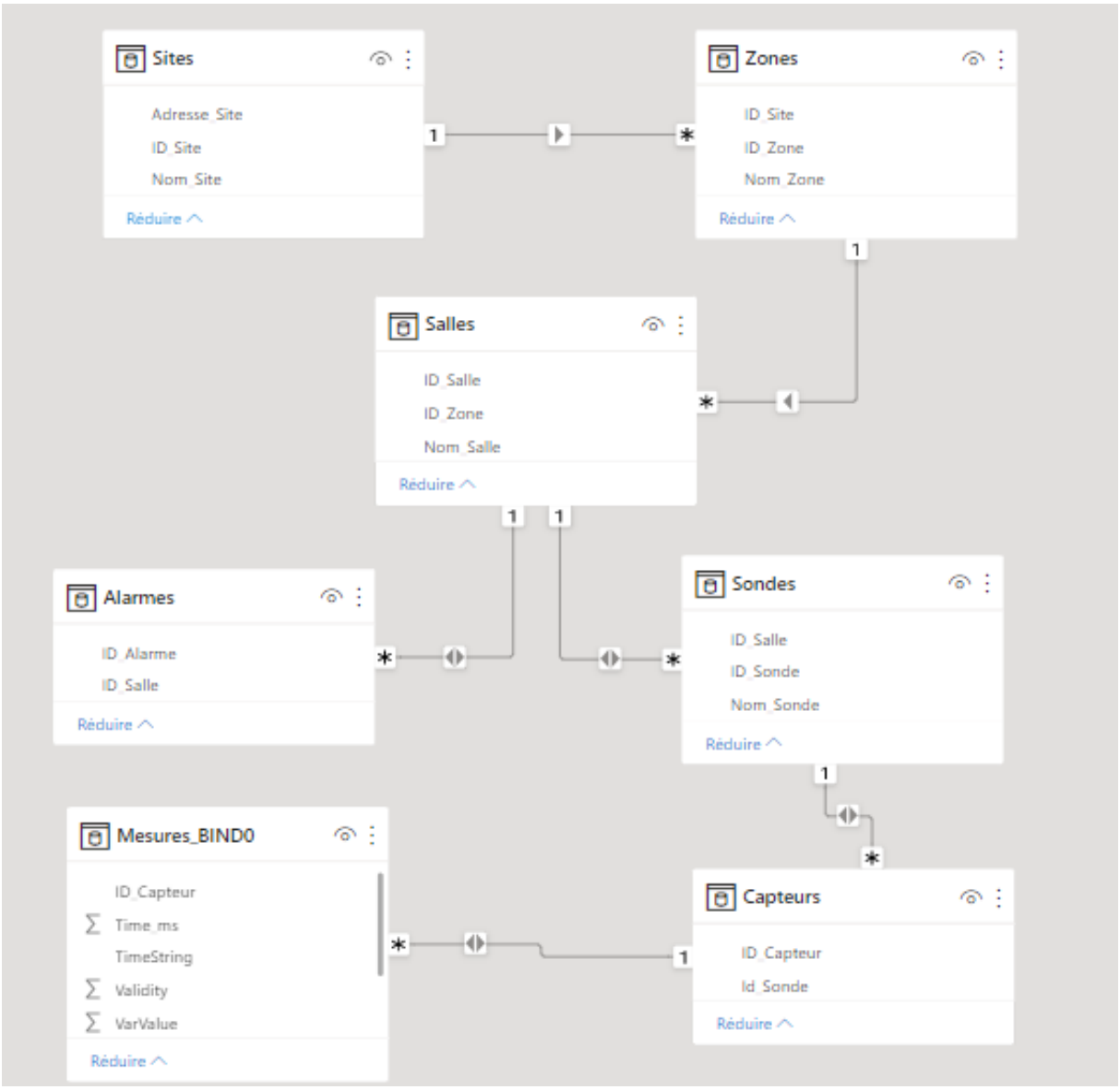


Fig. V.5 : Le modèle physique des données

Il est facilement remarquable que les clés primaires et étrangères configurés au niveau de la base de données se traduisent par des liaisons un à plusieurs, à un seul ou à double sens dans le MPD.

V.3.3 Création des rapports

Selon le contexte d'utilisation, les rapports de tendances d'un tableau de bord peuvent prendre différentes formes, à savoir des histogrammes, des graphiques en courbes, en aires, en secteur et en anneau, des jauges d'indication, des tables, des matrices ou des segments. Nombre de ceux-ci seront utilisés pour l'achèvement de notre tableau de bord qui est constitué de quatre (04) pages, à savoir le tri primaire, l'affichage détaillé, les distributions moyennes et l'audit trail.

V.3.3.1 Interface du tri primaire

Dans cette première page du tableau de bord, l'utilisateur aura un graphique en histogramme pour la visualisation de la température ou de l'humidité. Un bon nombre de filtres lui sont à disposition, à savoir une visualisation globale, partielle par salle ou par plusieurs, par zones ou par instants d'apparitions. L'utilisateur pourra donc suivre l'évolution des paramètres au fil du temps, ou les extraire sur des intervalles bien précis. La **figure V.6** illustre le tri par humidité couvrant la zone du magasin à plusieurs instants de prélèvements.

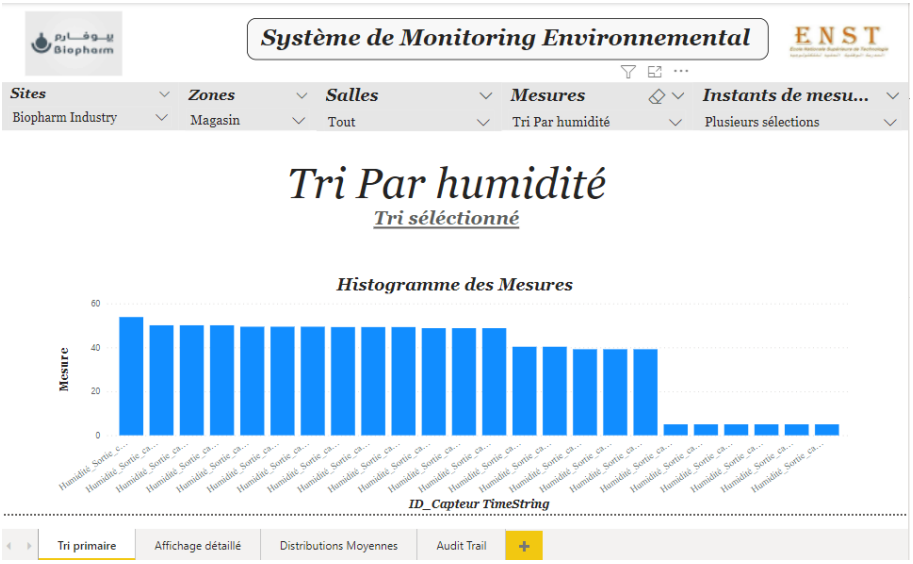


FIG. V.6 : Histogramme de l'humidité dans la zone du Magasin

Remarques :

- Les sélections à listes déroulantes et à choix multiples en haut de l'interface, sont construites à base de segments reliés aux tables correspondantes importées de la base de données.
- Les axes de l'histogramme sont configurés de telle sorte à afficher les identifiants des capteurs jointés aux instants de prélèvements sur l'axe des abscisses, et les mesures correspondantes sur l'axe des ordonnées.

V.3.3.2 Interface de l'affichage détaillé

À travers cette interface, l'utilisateur pourra visualiser les courbes jumelées de températures et d'humidité, leurs évolutions par salle, ainsi que les jauges d'indications de plages de mesures. Des seuils de meures sont également définis dans les graphiques à courbes

des deux paramètres séparés selon les normes suivies dans ce sens au sein de Biopharm (Température entre 18°C et 26°C, Humidité inférieure à 40%). Un exemple d'affichage des paramètres de la salle « Blistering-SBLS2 » le 17/05/2022 entre 7 :04 :31 PM et 8 :55 :40 PM est capturé par la **figure V.7**.

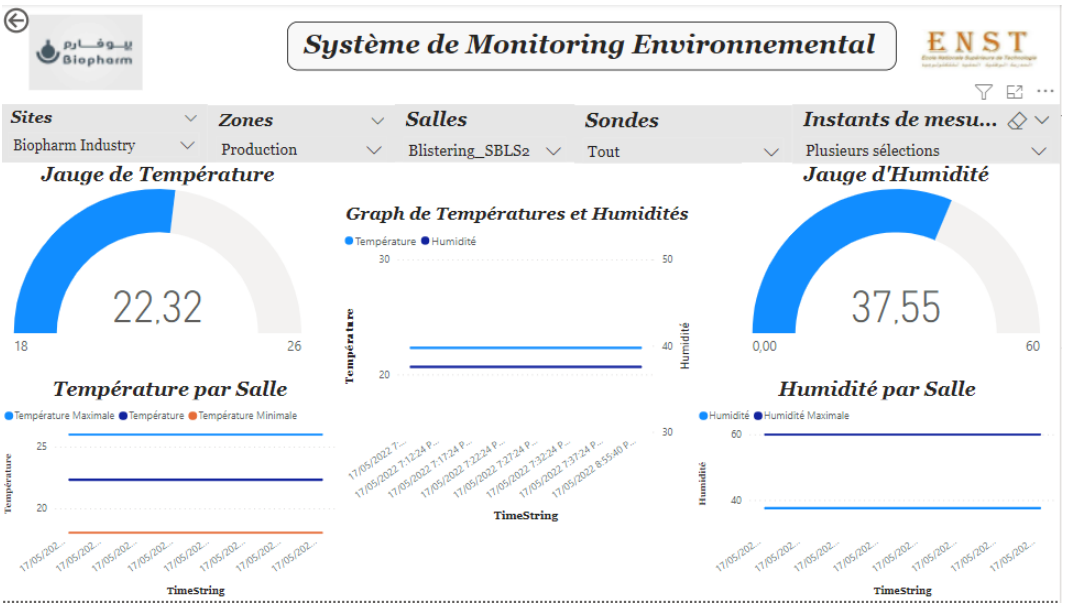


FIG. V.7 : Affichage détaillé des paramètres de la salle « Blistering SBLS2 »

Il est facilement remarquable que les températures et humidité ont été fixes pendant cette période. Ces paramètres sont indiqués par les jauges (22.32°C pour la température et 37.55% pour l'humidité). Dans le cas où il y aurait des variations, les jauges indiqueront la moyenne des mesures sur l'intervalle sélectionné.

La **Figure V.8** montre l'évolution des paramètres de toutes les salles de production sur la même période que la précédente. L'interprétation de cet affichage est qu'il existe de légères différences entre les températures et humidités des salles tandis que la moyenne de ces derniers restes dans les nomes.

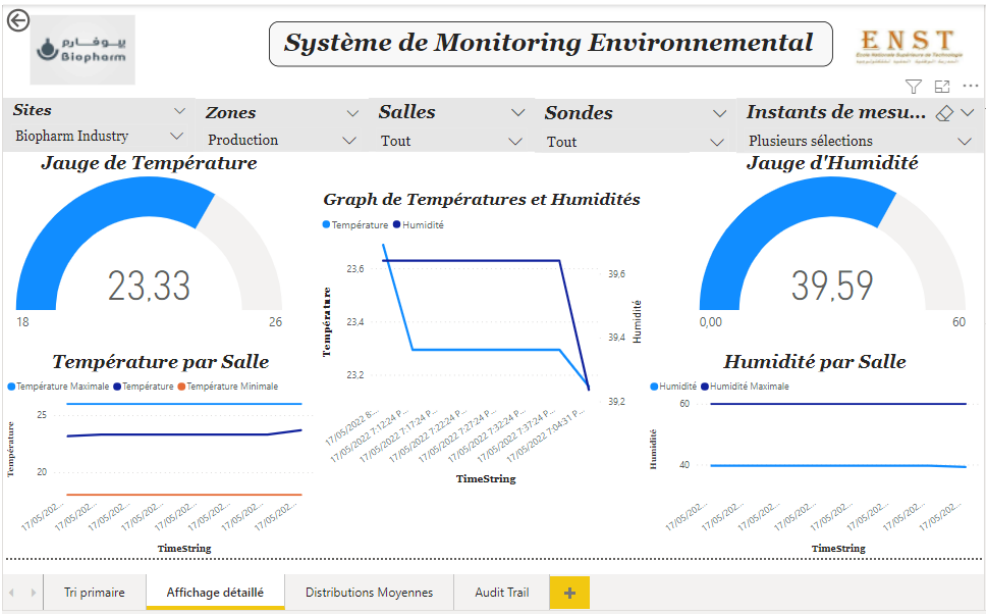


FIG. V.8 : Affichage détaillé des paramètres de la zone de production

V.3.3.3 Interface des distributions moyennes

Cette interface abrite comme son nom l'indique des graphiques relatifs aux distributions moyennes de l'ensemble des paramètres, à savoir une carte Treemap pour le nombre moyen d'apparitions d'alarmes sur un intervalle donné de chaque salle, et deux graphiques en anneau pour la distribution moyenne de la température et de l'humidité. Cette vue est créée pour des fins de comparaison, un pourcentage élevé d'un morceau de l'anneau attirera l'attention de l'utilisateur sur l'affluation de l'un des paramètres dans une salle par rapport aux restants de ces dernières.

La **figure V.9** résume l'ensemble des distributions moyennes relatives à la zone de production. La température moyenne enregistrée la plus élevée est celle de la salle des « Cuves de préparation LPV », on peut donc remarquer qu'elle occupe 18% de l'anneau.

La comparaison par site, sondes ou temps d'enregistrement est possible, c'est l'objectif même de cette page de visualisation. Si on sélectionne le magasin par exemple, le Treemap se présentera en un seul rectangle parce que cette zone est couverte par une seule alarme, tandis que l'anneau se subdivisera en six (06) parties par rapport au nombre de sondes couvrant cette zone.

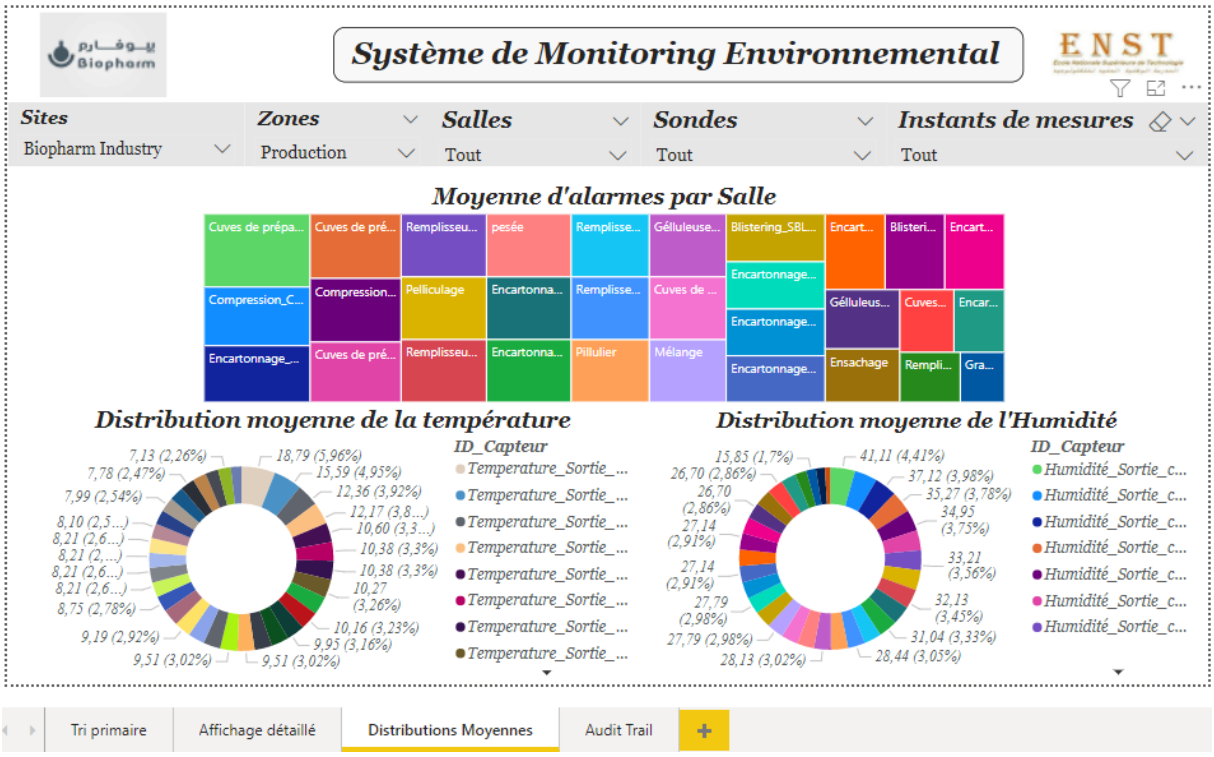


FIG. V.9 : Interface des distributions moyennes de la zone de production

V.3.3.4 Interface de l'Audit Trail

Cette interface a pour but de renseigner sur les actions effectuées sur le système, à savoir le type d'action, son initiateur et sa date. Pour cela nous avons configuré un graphique en secteur en ayant comme paramètres l'objet des actions et les utilisateurs qui les ont effectués et un tableau affichant les actions, leurs descriptions, les initiateurs et les dates et heures des interventions.

La **figure V.10** affiche le nombre d'actions effectués par chaque utilisateur et les détails de ces dernières tout le long de la période d'archivage.

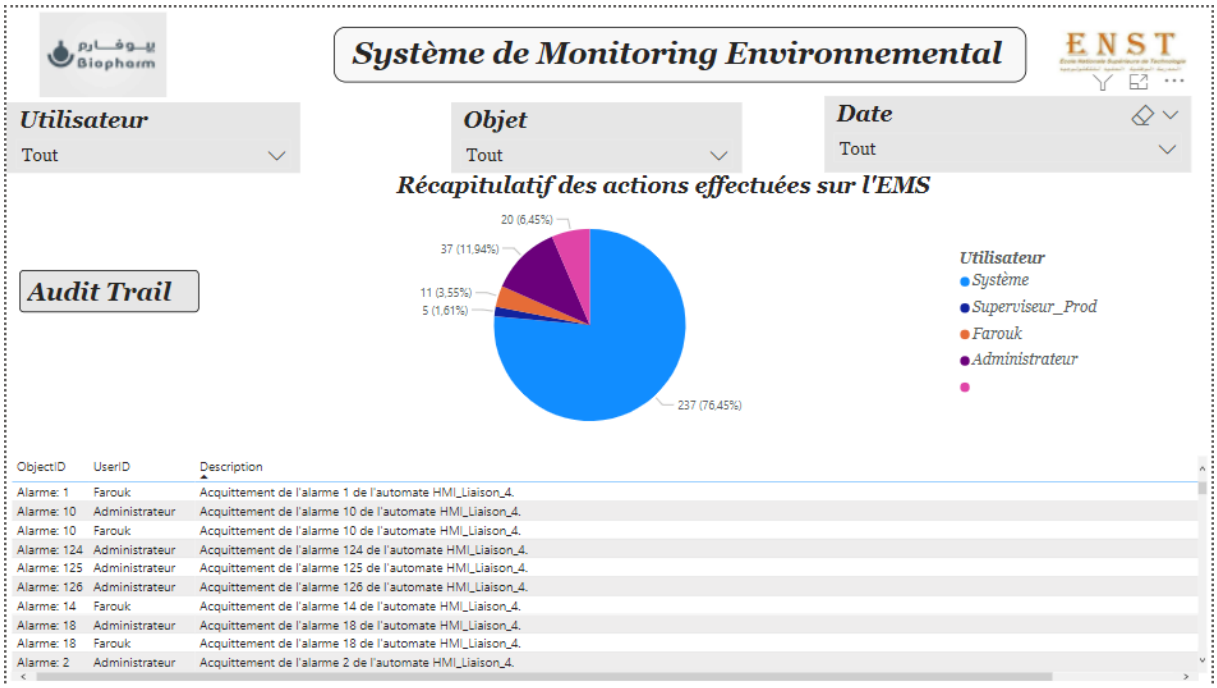
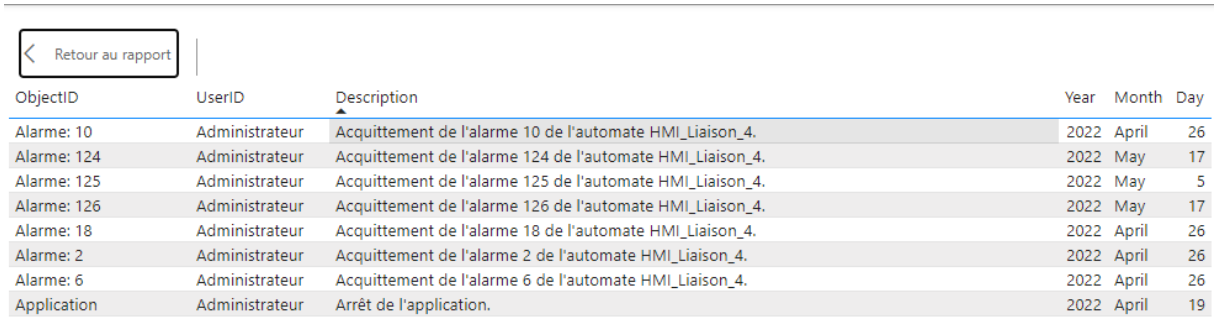


Fig. V.10 : Interface de l'audit trail

Un agrandissement du tableau donne plus de détails sur la configuration tel qu'il est illustré par la **figure V.11**.



ObjectID	UserID	Description	Year	Month	Day
Alarme: 10	Administrateur	Acquittement de l'alarme 10 de l'automate HMI_Liaison_4.	2022	April	26
Alarme: 124	Administrateur	Acquittement de l'alarme 124 de l'automate HMI_Liaison_4.	2022	May	17
Alarme: 125	Administrateur	Acquittement de l'alarme 125 de l'automate HMI_Liaison_4.	2022	May	5
Alarme: 126	Administrateur	Acquittement de l'alarme 126 de l'automate HMI_Liaison_4.	2022	May	17
Alarme: 18	Administrateur	Acquittement de l'alarme 18 de l'automate HMI_Liaison_4.	2022	April	26
Alarme: 2	Administrateur	Acquittement de l'alarme 2 de l'automate HMI_Liaison_4.	2022	April	26
Alarme: 6	Administrateur	Acquittement de l'alarme 6 de l'automate HMI_Liaison_4.	2022	April	26
Application	Administrateur	Arrêt de l'application.	2022	April	19

Fig. V.11 : Structure du Tableau des Actions

V.4 Conclusion

Ce chapitre qui se présente comme une clôture de notre mémoire, a traité la partie dédiée à l'exploitation de notre système, commençant par la modélisation, la création et la connexion de la base de données au système de traitement, nous avons achevé le chapitre par l'interfaçage entre la partie technique et le personnel administratif à travers un tableau de bord de supervision interactif. Après avoir tester le processus, ce chapitre marque donc l'aboutissement de la plateforme de monitoring environnemental.

Conclusion et perspectives

Conclusion générale

La centralisation des systèmes de supervision, de contrôle et d'acquisition de données prend de plus en plus de l'ampleur dans l'ère de la modernisation industrielle. Ceci s'inscrit dans une démarche d'accroissement de précision et de limitation d'erreurs dans les taches opérationnelles tout en épargnant à l'homme la réalisation de certaines taches répétitives qui peuvent parfois lui être d'une grande pénibilité et de lui céder des taches informationnelles à la place. C'est le principe même de l'automatique et de l'informatique industrielle.

L'objectif de départ de ce projet de fin d'études intitulé **« Conception et réalisation d'une plateforme de monitoring environnemental »**, proposé par la direction des systèmes d'information (DSI) du groupe pharmaceutique BIOPHARM, était de mettre en place une solution pour la supervision centralisée des paramètres thermiques de l'ensemble des locaux du groupe, assurant ainsi une traçabilité de l'historique des données et une fluidification dans la remontée d'informations.

Pour répondre à cet objectif, une étude bibliographique sur l'état de l'art des systèmes de surveillance environnementale s'est imposée. Ce qui nous a permis de nous instruire sur les différentes techniques qui existent dans ce sens, de les adjoindre à nos connaissances déjà acquises à travers notre cursus de formation pour enfin pouvoir les projeter sur le contexte de l'entreprise. Le premier chapitre s'est articulé donc autour des différents concepts relatifs au monitoring environnemental et sur son rapport avec l'industrie en général et le pharmaceutique en particulier.

Afin de concrétiser le théorique sur le réel, la compréhension du contexte de l'entreprise devient primordial, c'est pour cela que nous avons consacré le deuxième chapitre à l'étude de l'existant à savoir l'architecture structurelle de BIOPHARM afin de cerner le périmètre du projet au sein de cette dernière avant d'effectuer un diagnostic complet du système de surveillance actuel. Chose qui nous a permit d'identifier les anomalies relatives a ce système et de confirmer la problématique déjà posée.

Afin de répondre au besoin formulé par l'entreprise, nous avons effectué une analyse détaillée du problème dans le troisième chapitre, en mettant la lumière sur les spécifications techniques et fonctionnelles auxquelles le nouveau système devra répondre. Cette analyse a été suivie d'une modélisation de la solution projetée, tout en crayonnant le matériel adapté à cette réalisation et les outils de développement qui seront utilisés pour l'achèvement du projet.

La surface à couvrir étant la plus élevée au niveau de la zone de production de Oued Semar, nous avons donc opté pour sa prise comme zone pilote, ce qui fait que le développement de la solution l'a touché en premier avant qu'elle soit étendue au magasin où l'exploitation de l'ancien système n'était pas d'une grande aisance vue l'altitude de ce dernier. Le quatrième chapitre a donc été consacré au développement de la plateforme, passant ainsi par l'acquisition et le traitement des données, avant de conclure par la visualisation du process sur les écrans de supervision et l'interfaçage avec le personnel exploitant à travers un système d'alertes et de notifications.

Le dernier chapitre de ce mémoire fut consacré a la capitalisation et l'exploitation finale de la solution, et ce, à travers la construction d'une base de données pour l'archivage des variables qui seront ensuite visualisées sous différentes formes à travers un tableau de bord BI qui ouvrira accès à l'exploitation par le personnel administratif responsable de l'EMS.

Perspectives

Le développement du système de monitoring environnemental étant achevé, et comme tout travail est appelé à être amélioré et enrichi, des perspectives d'évolution peuvent être envisagées dans les voies suivantes :

- L'extension de la solution sur le reste des zones à couvrir et sur d'éventuels nouveaux paramètres à surveiller selon l'évolution de l'entreprise.
- Le développement d'une application mobile pour la surveillance décentralisée du système en se basant sur les techniques de l'IoT.
- La mise en place d'un processus de prédiction d'anomalies relatives à la configuration matérielle de l'architecture, en se basant sur les techniques de l'intelligence artificielle.

Bibliographie

[1] La 4e révolution industrielle est commencée (https ://www.groupehyperforme.com).

[2] Traçabilité des productions pharmaceutiques hospitalières. 2004.

[3] Les grandes étapes de fabrication d'un médicament (https ://www.calameo.com).

[4] Sauermann. Kistock classe 120 kt 120 – kh 120, notice d'utilisation.

[5] Sauermann. Enregistreurs autonomes kistock KT 220 / KH 220 / KTT 220. 2000.

[6] Thierno Tounkara and Jean-Louis Ermine. Gestion des connaissances et surveillance de l'environnement. page 27.

[7] G Bruce Wiersma. *Environmental monitoring*. CRC press, 2004.

[8] GE Batley. Quality assurance in environmental monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, 39(1-12) :23–31, 1999.

[9] Mohd Fauzi Othman and Khairunnisa Shazali. Wireless sensor network applications : A study in environment monitoring system. *Procedia Engineering*, 41:1204–1210, 2012.

[10] Fonctionnement de l'industrie pharmaceutique (https ://www.processindustries.fr) .

[11] Organisation mondiale de la Santé. Guide oms des normes relatives aux bonnes pratiques de fabrication (bpf).

[12] S. R. Suralkar Snehal R. Shinde, A. H. Karode. Review on-IOT based environment monitoring system. 8(2) :103–108, 2017.

[13] Sabrina De Capitani di Vimercati, Angelo Genovese, Giovanni Livraga, Vincenzo Piuri, and Fabio Scotti. Privacy and security in environmental monitoring systems : Issues and solutions. *Computer and Information Security Handbook*, pages 835–853, 2013.

[14] Mojtaba Valinejadshoubi, Osama Moselhi, Ashutosh Bagchi, and Ashraf Salem. Development of an IoT and BIM-based automated alert system for thermal comfort monitoring in buildings. *Sustainable Cities and Society*, 66:102602, 2021.

[15] Sauermann. Kilog lite 2015 operating software for kistock data loggers. 2015.

[16] Sauermann. Capteur / transmetteur d'hygrométrie et de température TH 210-R.

[17] Siemens. Fiche technique Simatic S7-1200, CPU 1214C, CPU Compact, Ac/Dc/Relais. 2015.

[18] Siemens. Périphérie décentralisée ET 200S module d 'interface IM151-3 PN. 1:1–56.

[19] Siemens. Fiche technique Simatic HMI TP900 comfort. 2015.

[20] Siemens. Fiche technique Simatic HMI TP700 comfort. 2019.

[21] Siemens. Automate programmable S7-1200, manuel système. 2000.

[22] Siemens. Step 7 Professional V14. 2016.

Annexes

Annexe A

Programmation des blocs fonctionnels

Comme évoqué précédemment, les FB du programme se présentent en trois cas de figure, Mono-capteur pour les salles à une seule sonde de mesure, Multi-capteurs pour la salle de pesée à trois sonde de mesure, et le cas magasin à six sondes de mesures. Des réseaux relatifs à l'acquisition des données (Température et Humidité), à la comparaison et à la génération d'alarmes sont déclarés pour chaque cas, cette annexe les illustrent respectivement.

Totally Integrated Automation Portal		

PFE-EMS / API Principal- EMS [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Blocs de programme

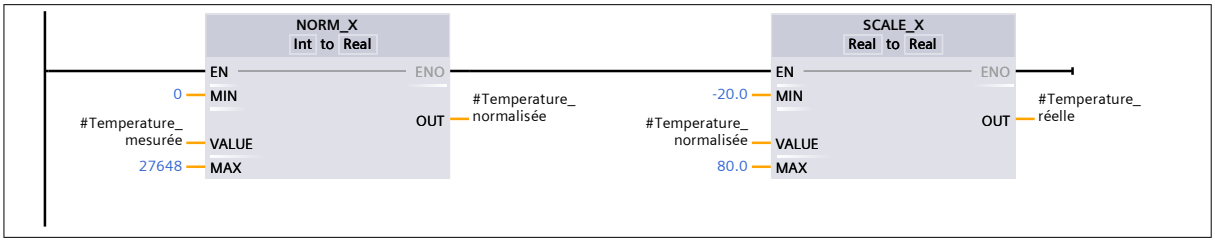
Cas_Monocapteur [FB2]

Cas_Monocapteur Propriétés					
Général					
Nom	Cas_Monocapteur	**Numéro**	2	**Type**	FB
Langage	CONT	**Numéroration**	Automatique		
Information					
Titre		**Auteur**	AMIR-KACI	**Commentaire**	
Famille		**Version**	0.1	**ID utilisateur**	

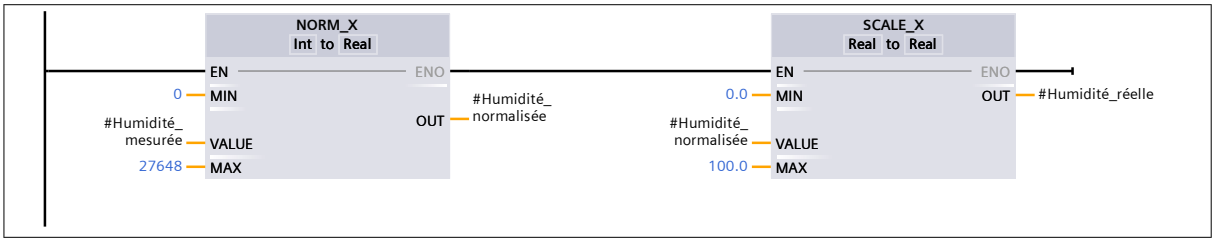
Cas_Monocapteur								
Nom	**Type de données**	**Valeur par déf.**	**Rémanence**	**Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web**	**Écriture autorisée à partir de IHM/ OPC UA/ API Web**	**Visible dans l'ingénierie IHM**	**Valeur de réglage**	**Commentaire**
▼ Input								
Temperature_mesurée	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_mesurée	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_maximale	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_minimale	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_maximale	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
▼ Output								
Temperature_réelle	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_réelle	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Alarme	Bool	false	Non rémanent	True	True	True	False	
▼ InOut								
Temperature_normalisée	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_normalisée	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Static								
Temp								
Constant								

Totally Integrated Automation Portal

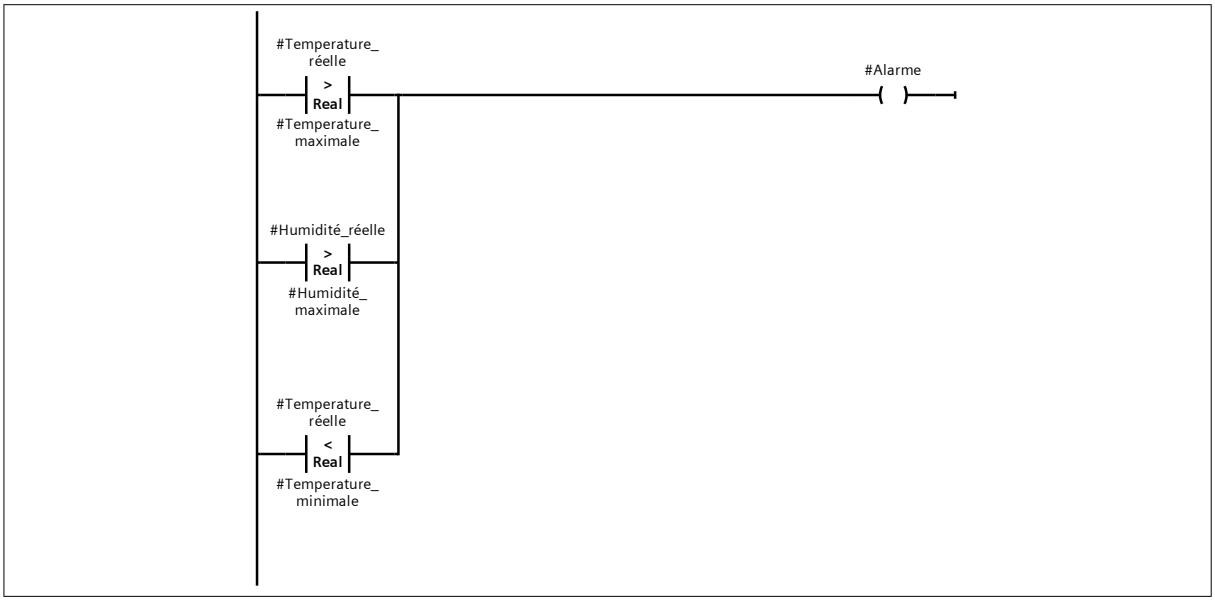
Réseau 1 : Acquisition de température



Réseau 2 : Acquisition d'humidité



Réseau 3 : Génération d'alarmes



Totally Integrated Automation Portal		

PFE-EMS / API Principal- EMS [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Blocs de programme

Cas_Multicapteurs [FB1]

Cas_Multicapteurs Propriétés					
Général					
Nom	Cas_Multicapteurs	**Numéro**	1	**Type**	FB
Langage	CONT	**Numéroration**	Automatique		
Information					
Titre		**Auteur**	AMIR-KACI	**Commentaire**	
Famille		**Version**	0.1	**ID utilisateur**	

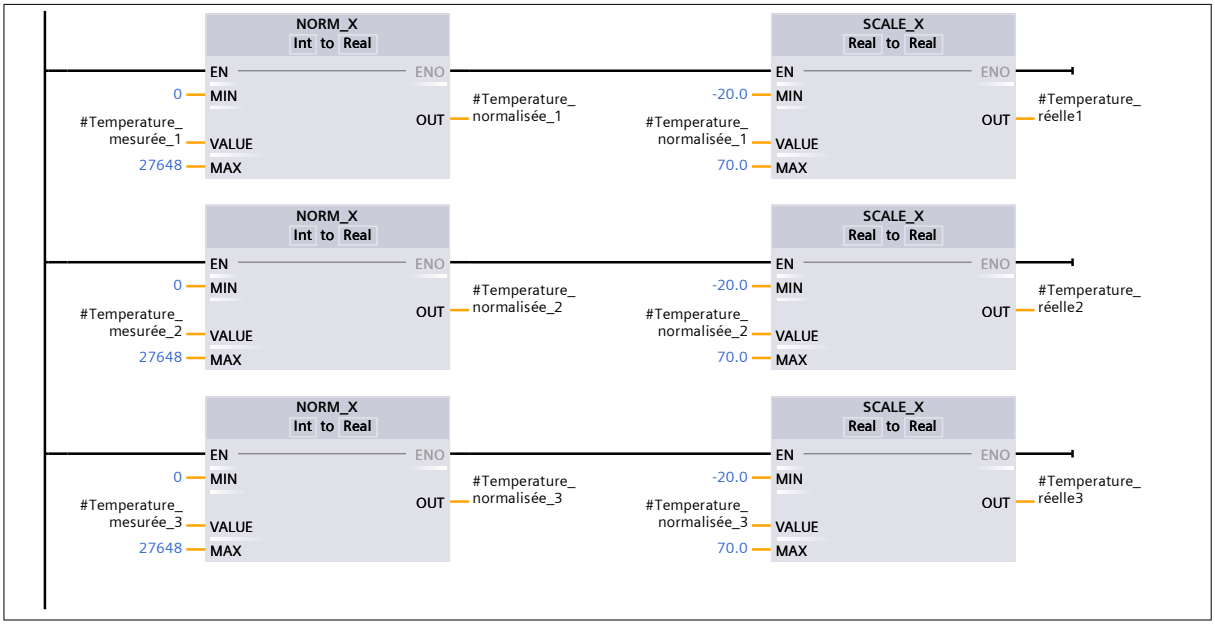
Cas_Multicapteurs

Nom	Type de données	Valeur par déf.	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/ OPC UA/ API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Valeur de réglage	Commentaire
▼ Input								
Temperature_mesurée_1	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_mesurée_2	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_mesurée_3	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_mesurée_1	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_mesurée_2	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_mesurée_3	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_Maximale	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_Minimale	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_maximale	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
▼ Output								
Temperature_réelle1	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_réelle2	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_réelle3	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	

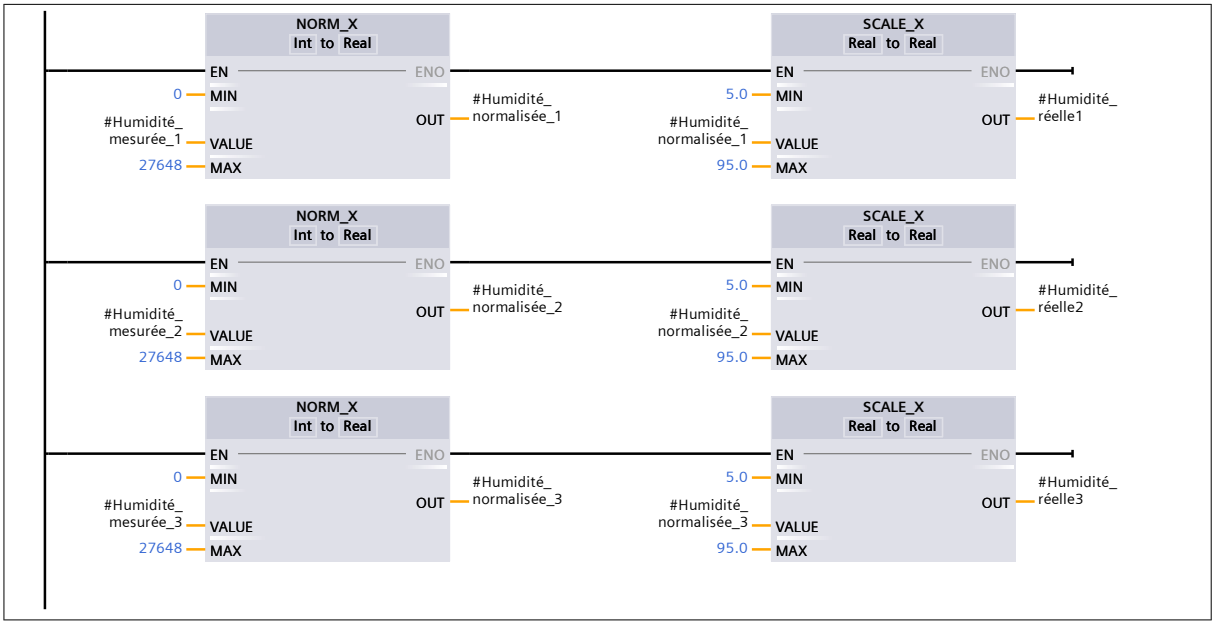
Totally Integrated Automation Portal		

Nom	Type de données	Valeur par déf.	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Valeur de réglage	Commentaire
Humidité_réelle1	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_réelle2	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_réelle3	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Alarme	Bool	false	Non rémanent	True	True	True	False	
▼ InOut								
Temperature_normalisée_1	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_normalisée_2	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_normalisée_3	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_normalisée_1	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_normalisée_2	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_normalisée_3	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Maximum_Temperature	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Minimum_Temperature	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Maximum_Humidité	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Static								
Temp								
Constant								

Réseau 1 : Aquisition de temperature

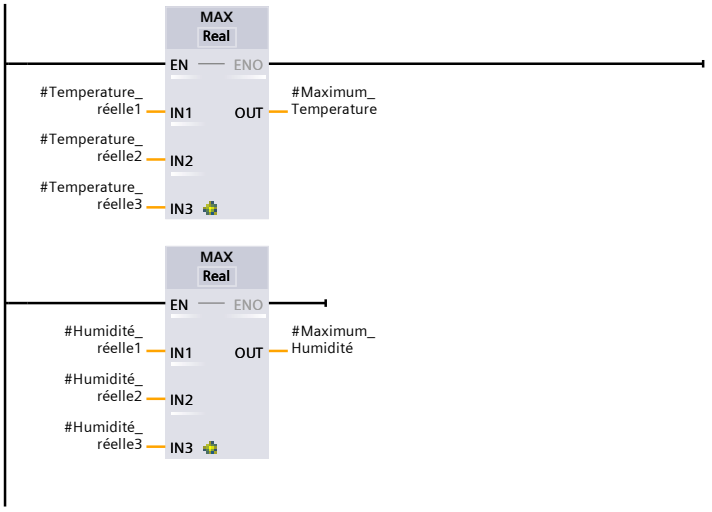


Réseau 2 : Aquisition d'humidité

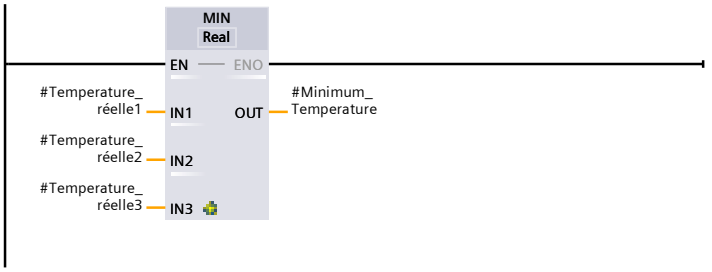


Réseau 3 : Calcul des maximums de temperature et d'humidité

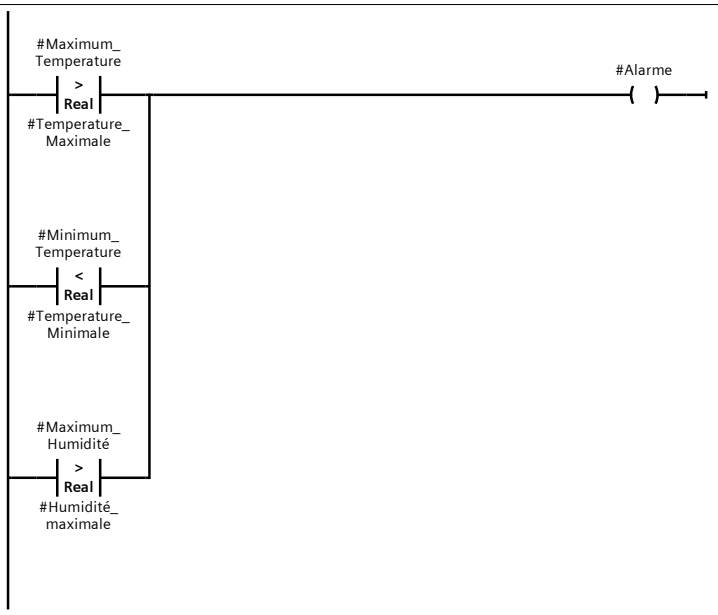
Totally Integrated Automation Portal



Réseau 4 : Calcul des minimums de temperature et d'humidité



Réseau 5 : Déclenchement d'alarme



Totally Integrated Automation Portal

PFE-EMS / API Principal- EMS [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Blocs de programme

Cas_Magasin [FB3]

Cas_Magasin Propriétés					
Général					
Nom	Cas_Magasin	**Numéro**	3	**Type**	FB
Langage	CONT	**Numéroration**	Automatique		
Information					
Titre		**Auteur**	AMIR-KACI	**Commentaire**	
Famille		**Version**	0.1	**ID utilisateur**	

Cas_Magasin

Nom	Type de données	Valeur par déf.	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Valeur de réglage	Commentaire
▼ Input								
Temperature_mesurée_1	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_mesurée_2	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_mesurée_3	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_mesurée_4	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_mesurée_5	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_mesurée_6	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_mesurée_1	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_mesurée_2	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_mesurée_3	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_mesurée_4	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_mesurée_5	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_mesurée_6	Int	0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_Maximale	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	

Totally Integrated Automation Portal		

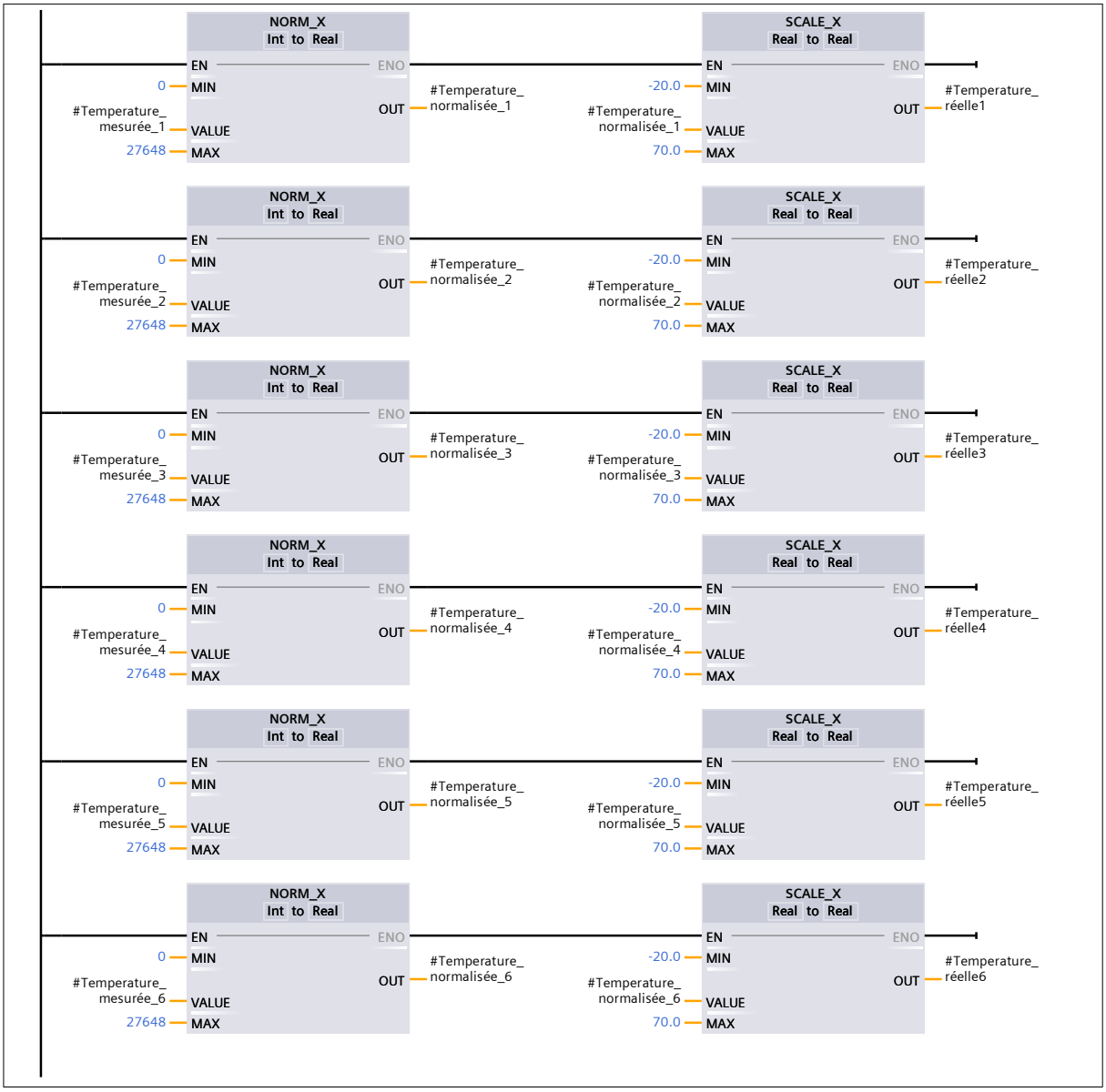
Nom	Type de données	Valeur par déf.	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Valeur de réglage	Commentaire
Temperature_Minimale	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_maximale	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
▼ Output								
Temperature_réelle1	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_réelle2	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_réelle3	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_réelle4	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_réelle5	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_réelle6	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_réelle1	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_réelle2	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_réelle3	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_réelle4	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_réelle5	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_réelle6	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Alarme	Bool	false	Non rémanent	True	True	True	False	
▼ InOut								
Temperature_normalisée_1	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_normalisée_2	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_normalisée_3	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_normalisée_4	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Temperature_normalisée_5	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	

Totally Integrated Automation Portal		

Nom	Type de données	Valeur par déf.	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Valeur de réglage	Commentaire
Temperature_normalisée_6	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_normalisée_1	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_normalisée_2	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_normalisée_3	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_normalisée_4	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_normalisée_5	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Humidité_normalisée_6	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Maximum_Temperature	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Maximum_Humidité	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Minimum_Temperature	Real	0.0	Non rémanent	True	True	True	False	
Static								
Temp								
Constant								

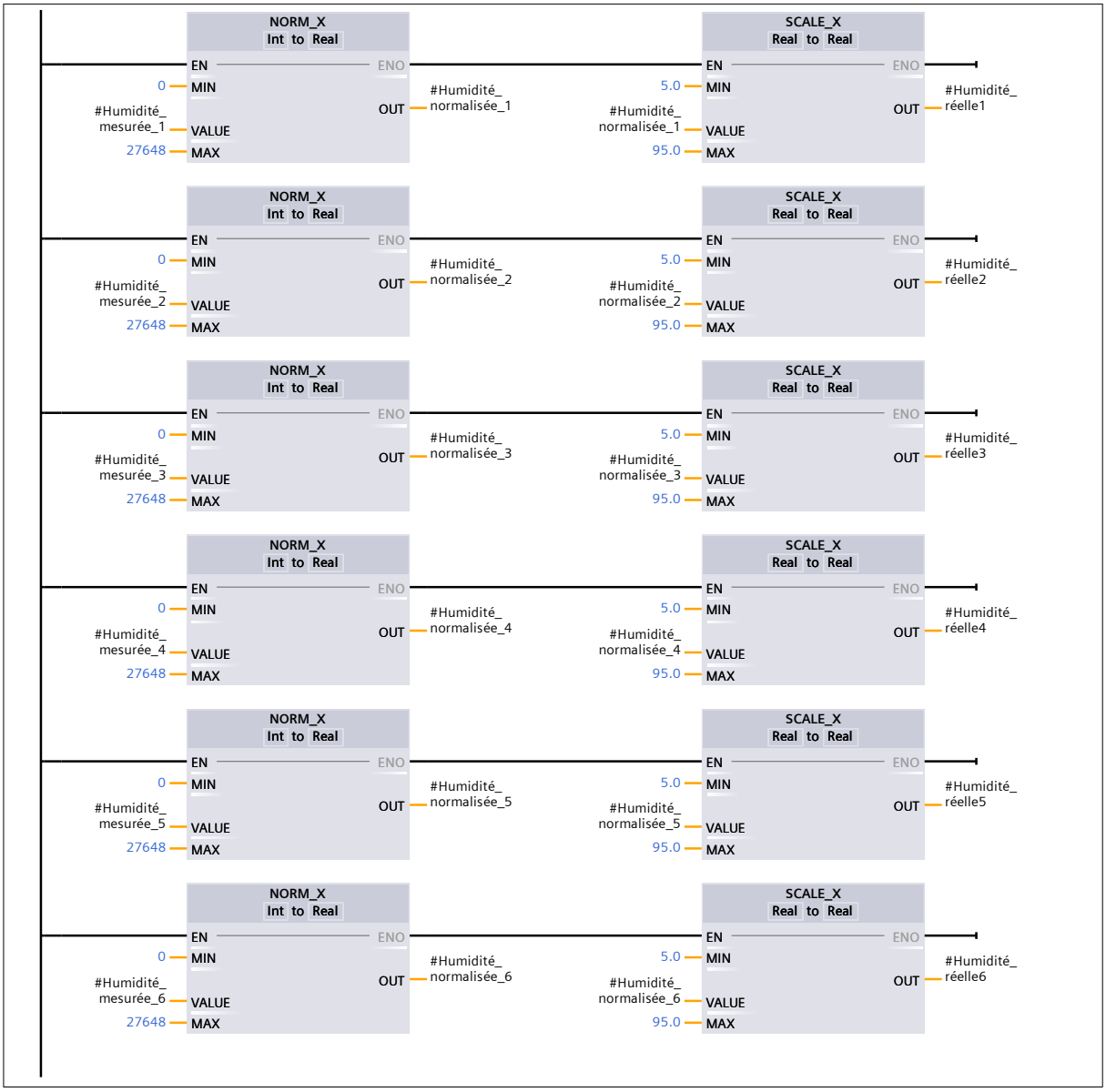
Réseau 1 : Aquisition de temperature

Totally Integrated Automation Portal



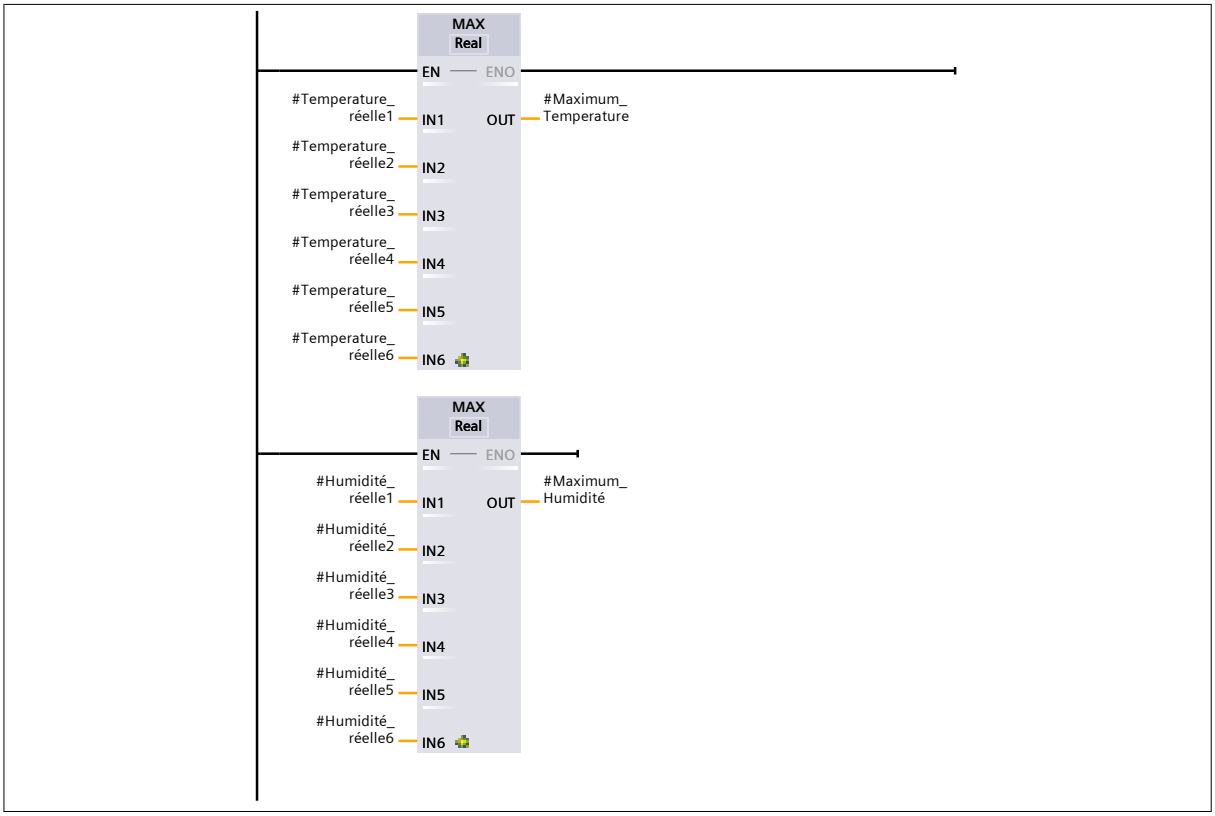
Réseau 2 : Aquisition d'humidité

Totally Integrated Automation Portal

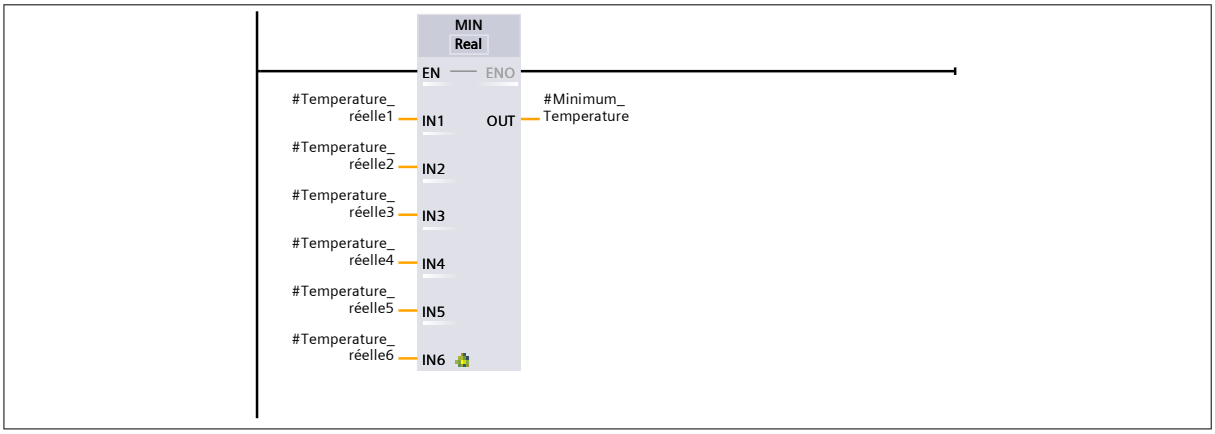


Réseau 3 : Calcul des maximums de temperature et d'humidité

Totally Integrated Automation Portal		

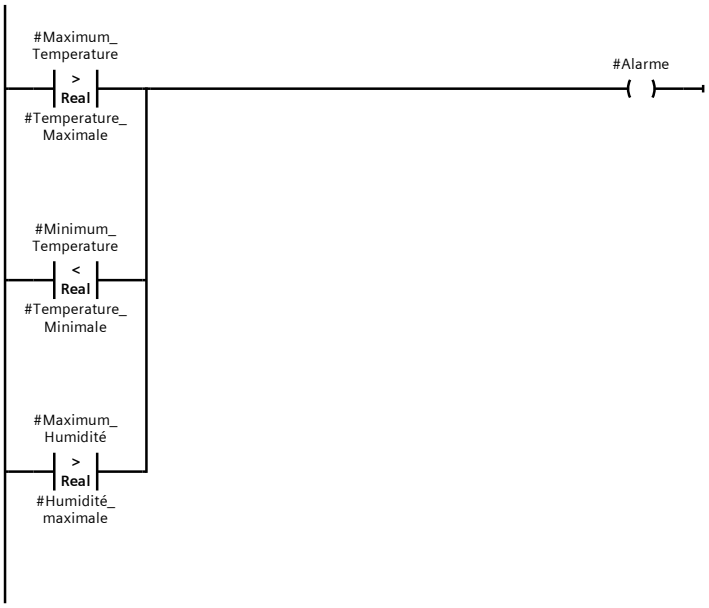


Réseau 4 : Calcul des minimums de temperature et d'humidité



Réseau 5 : Déclenchement d'alarme

Totally Integrated Automation Portal



Annexe B

Adressage des variables

Afin que les données récupérées des capteurs puissent être traitées, elles doivent être reliées à des variables d'entrées adressées selon la configuration matérielle adoptée, leur contenu normalisé et mis à l'échelle doit être stocké dans des zones mémoire afin que ces dernières puissent être exploitées.

Nous avons **273 variables** en tout, les détails relatifs à leurs types, adresses et paramètres d'interfaçage avec d'autres systèmes sont illustrés dans ce qui suit de l'annexe.

Totally Integrated Automation Portal		

PFE-EMS / API Principal- EMS [CPU 1214C AC/DC/Rly]

Variables API

Nom	Type de données	Adresse	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Commentaire
Temperature_Entrée_Capteur_Pesée_1	Int	%IW96	False	True	True	True	
Temperature_Sortie_capteur_pesée_1	Real	%MD0	False	True	True	True	
Temperature_normalisée_Capteur_pesée_1	Real	%MD12	False	True	True	True	
Alarme_salle_pesée	Bool	%M1024.0	False	True	True	True	
Humidité_Entrée_Capteur_Pesée_1	Int	%IW102	False	True	True	True	
Humidité_Sortie_capteur_pesée_1	Real	%MD24	False	True	True	True	
Humidité_normalisée_Capteur_pesée_1	Real	%MD36	False	True	True	True	
Temperature_Entrée_Capteur_Pesée_2	Int	%IW98	False	True	True	True	
Temperature_Entrée_Capteur_Pesée_3	Int	%IW100	False	True	True	True	
Temperature_Sortie_capteur_pesée_2	Real	%MD4	False	True	True	True	
Temperature_Sortie_capteur_pesée_3	Real	%MD8	False	True	True	True	
Temperature_normalisée_Capteur_pesée_2	Real	%MD16	False	True	True	True	
Temperature_normalisée_Capteur_pesée_3	Real	%MD20	False	True	True	True	
Humidité_Entrée_Capteur_Pesée_2	Int	%IW104	False	True	True	True	
Humidité_Entrée_Capteur_Pesée_3	Int	%IW106	False	True	True	True	
Humidité_Sortie_capteur_pesée_2	Real	%MD28	False	True	True	True	
Humidité_Sortie_capteur_pesée_3	Real	%MD32	False	True	True	True	
Humidité_normalisée_Capteur_pesée_2	Real	%MD40	False	True	True	True	
Humidité_normalisée_Capteur_pesée_3	Real	%MD44	False	True	True	True	
Maximum_température_pesée	Real	%MD48	False	True	True	True	
Minimum_température_pesée	Real	%MD52	False	True	True	True	
Maximum_humidité_pesée	Real	%MD56	False	True	True	True	

Totally Integrated Automation Portal

	Nom	Type de données	Adresse	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Commentaire
	Minimum_humidité_pesée	Real	%MD60	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Cuves de préparation_LPV	Int	%IW108	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Cuves de préparation_LPV	Real	%MD64	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Cuves de préparation_LPV	Real	%MD72	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Cuves de préparation_LPV	Bool	%M1024.2	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Cuves de préparation_LPV	Int	%IW110	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Cuves de préparation_LPV	Real	%MD68	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Cuves de préparation_LPV	Real	%MD76	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Remplisseuse de flacons_LPV	Int	%IW112	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Remplisseuse de flacons_LPV	Real	%MD96	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Remplisseuse de flacons_LPV	Real	%MD100	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Remplisseuse de flacons_LPV	Bool	%M1024.4	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Remplisseuse de flacons_LPV	Int	%IW114	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Remplisseuse de flacons_LPV	Real	%MD104	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Remplisseuse de flacons_LPV	Real	%MD108	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Encartonnage_LPV	Int	%IW116	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Cuves de préparation_LGV	Int	%IW120	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Cuves de préparation_LGV	Real	%MD160	False	True	True	True	

Totally Integrated Automation Portal

	Nom	Type de données	Adresse	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Commentaire
	Temperature_Sortie_capteur_Encartonnage_LPV	Real	%MD128	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Cuves de préparation_LGV	Real	%MD164	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Encartonnage_LPV	Real	%MD132	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Encartonnage_LPV	Bool	%M1024.6	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Cuves de préparation_LGV	Bool	%M1025.0	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Encartonnage_LPV	Int	%IW118	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Cuves de préparation_LGV	Int	%IW122	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Cuves de préparation_LGV	Real	%MD168	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Encartonnage_LPV	Real	%MD136	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Encartonnage_LPV	Real	%MD140	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Cuves de préparation_LGV	Real	%MD172	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Remplisseuse de flacons_LGV	Int	%IW124	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Remplisseuse de flacons_LGV	Real	%MD192	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Remplisseuse de flacons_LGV	Real	%MD196	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Remplisseuse de flacons_LGV	Bool	%M1025.2	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Remplisseuse de flacons_LGV	Int	%IW126	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Remplisseuse de flacons_LGV	Real	%MD200	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Remplisseuse de flacons_LGV	Real	%MD204	False	True	True	True	

Totally Integrated Automation Portal

	Nom	Type de données	Adresse	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Commentaire
	Temperature_Entrée_Capteur_Encartonnage_LGV	Int	%IW128	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Encartonnage_LGV	Real	%MD224	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Encartonnage_LGV	Real	%MD228	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Encartonnage_LGV	Bool	%M1025.4	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Encartonnage_LGV	Int	%IW130	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Encartonnage_LGV	Real	%MD232	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Encartonnage_LGV	Real	%MD236	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Cuves de préparation_Crèmes et Gels	Int	%IW156	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Cuves de préparation_Crèmes et Gels	Real	%MD448	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Cuves de préparation_Crèmes et Gels	Real	%MD452	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Cuves de préparation_Crèmes et Gels	Bool	%M1027.2	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Cuves de préparation_Crèmes et Gels	Int	%IW158	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Cuves de préparation_Crèmes et Gels	Real	%MD456	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Cuves de préparation_Crèmes et Gels	Real	%MD460	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Remplisseuse Tubes Comadis_Crèmes et Gels	Int	%IW160	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Remplisseuse Tubes Comadis_Crèmes et Gels	Real	%MD480	False	True	True	True	

Totally Integrated Automation Portal

	Nom	Type de données	Adresse	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Commentaire
	Temperature_normalisée_Capteur_Remplisseuse Tubes Comadis_Crèmes et Gels	Real	%MD484	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Remplisseuse Tubes Comadis_Crèmes et Gels	Bool	%M1027.4	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Remplisseuse Tubes Comadis_Crèmes et Gels	Int	%IW162	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Remplisseuse Tubes Comadis_Crèmes et Gels	Real	%MD488	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Remplisseuse Tubes Comadis_Crèmes et Gels	Real	%MD492	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Encartonnage_Crèmes et Gels	Int	%IW164	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Encartonnage_Crèmes et Gels	Real	%MD512	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Encartonnage_Crèmes et Gels	Real	%MD516	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Encartonnage_Crèmes et Gels	Bool	%M1027.6	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Encartonnage_Crèmes et Gels	Int	%IW166	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Encartonnage_Crèmes et Gels	Real	%MD520	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Encartonnage_Crèmes et Gels	Real	%MD524	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Granulation	Int	%IW168	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Granulation	Real	%MD544	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Granulation	Real	%MD548	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Granulation	Bool	%M1028.0	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Granulation	Int	%IW170	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Granulation	Real	%MD552	False	True	True	True	

Totally Integrated Automation Portal

	Nom	Type de données	Adresse	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Commentaire
	Humidité_normalisée_Capteur_Granulation	Real	%MD556	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Compression_Courtoy	Int	%IW172	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Compression_Courtoy	Real	%MD576	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Compression_Courtoy	Real	%MD580	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Compression_Courtoy	Bool	%M1028.2	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Compression_Courtoy	Int	%IW174	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Compression_Courtoy	Real	%MD584	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Compression_Courtoy	Real	%MD588	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Compression_Korsh	Int	%IW176	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Compression_Korsh	Real	%MD608	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Compression_Korsh	Real	%MD612	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Compression_Korsh	Bool	%M1028.4	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Compression_Korsh	Int	%IW178	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Compression_Korsh	Real	%MD616	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Compression_Korsh	Real	%MD620	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Pelliculage	Int	%IW180	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Pelliculage	Real	%MD640	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Pelliculage	Real	%MD644	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Pelliculage	Bool	%M1028.6	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Pelliculage	Int	%IW182	False	True	True	True	

Totally Integrated Automation Portal

	Nom	Type de données	Adresse	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Commentaire
	Humidité_Sortie_capteur_Pelliculage	Real	%MD648	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Pelliculage	Real	%MD652	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Encartonnage_SBLS12	Int	%IW192	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Encartonnage_SBLS12	Real	%MD736	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Encartonnage_SBLS12	Real	%MD740	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Encartonnage_SBLS12	Bool	%M1029.4	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Encartonnage_SBLS12	Int	%IW194	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Encartonnage_SBLS12	Real	%MD744	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Encartonnage_SBLS12	Real	%MD748	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Encartonnage_SBLS2	Int	%IW196	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Encartonnage_SBLS2	Real	%MD768	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Encartonnage_SBLS2	Real	%MD772	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Encartonnage_SBLS2	Bool	%M1029.6	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Encartonnage_SBLS2	Int	%IW198	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Encartonnage_SBLS2	Real	%MD776	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Encartonnage_SBLS2	Real	%MD780	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Géllueuse_Bosh	Int	%IW200	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Géllueuse_Bosh	Real	%MD800	False	True	True	True	

Totally Integrated Automation Portal

	Nom	Type de données	Adresse	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Commentaire
	Temperature_normalisée_Capteur_Gélluleuse_Bosh	Real	%MD804	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Gélluleuse_Bosh	Bool	%M1030.0	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Gélluleuse_Bosh	Int	%IW202	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Gélluleuse_Bosh	Real	%MD808	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Gélluleuse_Bosh	Real	%MD812	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Gélluleuse_Romaco	Int	%IW204	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Gélluleuse_Romaco	Real	%MD832	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Gélluleuse_Romaco	Real	%MD836	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Gélluleuse_Romaco	Bool	%M1030.2	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Gélluleuse_Romaco	Int	%IW206	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Gélluleuse_Romaco	Real	%MD856	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Gélluleuse_Romaco	Real	%MD860	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Pillulier	Int	%IW208	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Pillulier	Real	%MD864	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Pillulier	Real	%MD868	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Pillulier	Bool	%M1030.4	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Pillulier	Int	%IW210	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Pillulier	Real	%MD872	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Pillulier	Real	%MD876	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Encartonnage_Pillules	Int	%IW212	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Encartonnage_Pillules	Real	%MD896	False	True	True	True	

Totally Integrated Automation Portal

Nom	Type de données	Adresse	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Commentaire
Temperature_normalisée_Capteur_Encartonnage_Pillules	Real	%MD900	False	True	True	True	
Alarme_salle_Encartonnage_Pillules	Bool	%M1030.6	False	True	True	True	
Humidité_Entrée_Capteur_Encartonnage_Pillules	Int	%IW214	False	True	True	True	
Humidité_Sortie_capteur_Encartonnage_Pillules	Real	%MD920	False	True	True	True	
Humidité_normalisée_Capteur_Encartonnage_Pillules	Real	%MD924	False	True	True	True	
Temperature_Entrée_Capteur_Mélange	Int	%IW216	False	True	True	True	
Temperature_Sortie_capteur_Mélange	Real	%MD928	False	True	True	True	
Temperature_normalisée_Capteur_Mélange	Real	%MD932	False	True	True	True	
Alarme_salle_Mélange	Bool	%M1031.0	False	True	True	True	
Humidité_Entrée_Capteur_Mélange	Int	%IW218	False	True	True	True	
Humidité_Sortie_capteur_Mélange	Real	%MD936	False	True	True	True	
Humidité_normalisée_Capteur_Mélange	Real	%MD940	False	True	True	True	
Temperature_Entrée_Capteur_Ensachage	Int	%IW220	False	True	True	True	
Temperature_Sortie_capteur_Ensachage	Real	%MD960	False	True	True	True	
Temperature_normalisée_Capteur_Ensachage	Real	%MD964	False	True	True	True	
Alarme_salle_Ensachage	Bool	%M1031.2	False	True	True	True	
Humidité_Entrée_Capteur_Ensachage	Int	%IW222	False	True	True	True	
Humidité_Sortie_capteur_Ensachage	Real	%MD968	False	True	True	True	
Humidité_normalisée_Capteur_Ensachage	Real	%MD972	False	True	True	True	
Temperature_Entrée_Capteur_Cuves de préparation_Suppo_1	Int	%IW132	False	True	True	True	
Temperature_Sortie_capteur_Cuves de préparation_suppo_1	Real	%MD256	False	True	True	True	
Temperature_normalisée_Capteur_Cuves de préparation__suppo_1	Real	%MD260	False	True	True	True	

Totally Integrated Automation Portal

Nom	Type de données	Adresse	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Commentaire
Alarme_salle_Cuves de préparation_suppo_1	Bool	%M1025.6	False	True	True	True	
Humidité_Entrée_Capteur_Cuves de préparation_suppo_1	Int	%IW134	False	True	True	True	
Humidité_Sortie_capteur_Cuves de préparation_suppo_1	Real	%MD264	False	True	True	True	
Humidité_normalisée_Capteur_Cuves de préparation_suppo_1	Real	%MD268	False	True	True	True	
Temperature_Entrée_Capteur_Remplisseuse Farmores_2	Int	%IW136	False	True	True	True	
Temperature_Sortie_capteur_Remplisseuse Farmores_2	Real	%MD288	False	True	True	True	
Temperature_normalisée_Capteur_Remplisseuse Farmores_2	Real	%MD292	False	True	True	True	
Alarme_salle_Remplisseuse Farmores_2	Bool	%M1026.0	False	True	True	True	
Humidité_Entrée_Capteur_Remplisseuse Farmores_2	Int	%IW138	False	True	True	True	
Humidité_Sortie_capteur_Remplisseuse Farmores_2	Real	%MD296	False	True	True	True	
Humidité_normalisée_Capteur_Remplisseuse Farmores_2	Real	%MD300	False	True	True	True	
Temperature_Entrée_Capteur_Encartonnage_Suppo_1	Int	%IW140	False	True	True	True	
Temperature_Sortie_capteur_Encartonnage_Suppo_1	Real	%MD320	False	True	True	True	
Temperature_normalisée_Capteur_Encartonnage_Suppo_1	Real	%MD324	False	True	True	True	
Alarme_salle_Encartonnage_Suppo_1	Bool	%M1026.2	False	True	True	True	
Humidité_Entrée_Capteur_Encartonnage_Suppo_1	Int	%IW142	False	True	True	True	
Humidité_Sortie_capteur_Encartonnage_Suppo_1	Real	%MD328	False	True	True	True	
Humidité_normalisée_Capteur_Encartonnage_Suppo_1	Real	%MD332	False	True	True	True	

Totally Integrated Automation Portal

	Nom	Type de données	Adresse	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Commentaire
	Temperature_Sortie_capteur_Cuves de préparation_suppo_2	Real	%MD352	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Cuves de préparation__suppo_2	Real	%MD356	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Cuves de préparation_Suppo_2	Int	%IW144	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Cuves de préparation_suppo_2	Real	%MD376	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Cuves de préparation_suppo_2	Real	%MD380	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Cuves de préparation_suppo_2	Int	%IW146	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Cuves de préparation_suppo_2	Bool	%M1026.5	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Remplisseuse Farmores_1	Int	%IW148	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Remplisseuse Farmores_1	Real	%MD384	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Remplisseuse Farmores_1	Real	%MD388	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Remplisseuse Farmores_1	Bool	%M1026.6	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Remplisseuse Farmores_1	Int	%IW150	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Remplisseuse Farmores_1	Real	%MD392	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Remplisseuse Farmores_1	Real	%MD396	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Encartonnage_Suppo_2	Int	%IW152	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Encartonnage_Suppo_2	Real	%MD416	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Encartonnage_Suppo_2	Real	%MD420	False	True	True	True	
	Alarme_salle_Encartonnage_Suppo_2	Bool	%M1027.0	False	True	True	True	

Totally Integrated Automation Portal

Nom	Type de données	Adresse	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Commentaire
Humidité_Entrée_Capteur_Encartonnage_Suppo_2	Int	%IW154	False	True	True	True	
Humidité_Sortie_capteur_Encartonnage_Suppo_2	Real	%MD424	False	True	True	True	
Humidité_normalisée_Capteur_Encartonnage_Suppo_2	Real	%MD428	False	True	True	True	
Temperature_Sortie_capteur_Blistering_SBLS12	Real	%MD672	False	True	True	True	
Temperature_normalisée_Capteur_Blistering_SBLS12	Real	%MD676	False	True	True	True	
Temperature_Entrée_Capteur_Blistering_SBLS12	Int	%IW184	False	True	True	True	
Humidité_Sortie_capteur_Blistering_SBLS12	Real	%MD696	False	True	True	True	
Humidité_normalisée_Capteur_Blistering_SBLS12	Real	%MD700	False	True	True	True	
Humidité_Entrée_Capteur_Blistering_SBLS12	Int	%IW186	False	True	True	True	
Alarme_salle_Blistering_SBLS12	Bool	%M1029.1	False	True	True	True	
Temperature_Sortie_capteur_Blistering_SBLS2	Real	%MD704	False	True	True	True	
Temperature_normalisée_Capteur_Blistering_SBLS2	Real	%MD708	False	True	True	True	
Temperature_Entrée_Capteur_Blistering_SBLS2	Int	%IW188	False	True	True	True	
Humidité_Sortie_capteur_Blistering_SBLS2	Real	%MD728	False	True	True	True	
Humidité_normalisée_Capteur_Blistering_SBLS2	Real	%MD732	False	True	True	True	
Humidité_Entrée_Capteur_Blistering_SBLS2	Int	%IW190	False	True	True	True	
Alarme_salle_Blistering_SBLS2	Bool	%M1029.3	False	True	True	True	
Temperature_Entrée_Capteur_Encartonnage_Sachets	Int	%IW64	False	True	True	True	
Temperature_Sortie_capteur_Encartonnage_Sachets	Real	%MD992	False	True	True	True	

Totally Integrated Automation Portal

Nom	Type de données	Adresse	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Commentaire
Temperature_normalisée_Capteur_Encartonnage_Sachets	Real	%MD996	False	True	True	True	
Alarme_salle_Encartonnage_Sachets	Bool	%M1031.4	False	True	True	True	
Humidité_Entrée_Capteur_Encartonnage_Sachets	Int	%IW66	False	True	True	True	
Humidité_Sortie_capteur_Encartonnage_Sachets	Real	%MD1000	False	True	True	True	
Humidité_normalisée_Capteur_Encartonnage_Sachets	Real	%MD1004	False	True	True	True	
Temperature_Entrée_Capteur_Magasin_1	Int	%IW68	False	True	True	True	
Temperature_Sortie_capteur_Magasin_1	Real	%MD1032	False	True	True	True	
Temperature_normalisée_Capteur_Magasin_1	Real	%MD1036	False	True	True	True	
Alarme_salle_Magasin	Bool	%M1031.5	False	True	True	True	
Humidité_Entrée_Capteur_Magasin_1	Int	%IW70	False	True	True	True	
Humidité_Sortie_capteur_Magasin_1	Real	%MD1040	False	True	True	True	
Humidité_normalisée_Capteur_Magasin_1	Real	%MD1044	False	True	True	True	
Temperature_Sortie_capteur_Magasin_2	Real	%MD1048	False	True	True	True	
Temperature_normalisée_Capteur_Magasin_2	Real	%MD1052	False	True	True	True	
Temperature_Entrée_Capteur_Magasin_2	Int	%IW72	False	True	True	True	
Humidité_Sortie_capteur_Magasin_2	Real	%MD1056	False	True	True	True	
Humidité_normalisée_Capteur_Magasin_2	Real	%MD1060	False	True	True	True	
Humidité_Entrée_Capteur_Magasin_2	Int	%IW74	False	True	True	True	
Temperature_Sortie_capteur_Magasin_3	Real	%MD1064	False	True	True	True	
Temperature_normalisée_Capteur_Magasin_3	Real	%MD1068	False	True	True	True	
Temperature_Entrée_Capteur_Magasin_3	Int	%IW76	False	True	True	True	
Humidité_Sortie_capteur_Magasin_3	Real	%MD1072	False	True	True	True	
Humidité_normalisée_Capteur_Magasin_3	Real	%MD1076	False	True	True	True	

Totally Integrated Automation Portal

	Nom	Type de données	Adresse	Rémanence	Accessible depuis IHM/OPC UA/API Web	Écriture autorisée à partir de IHM/OPC UA/API Web	Visible dans l'ingénierie IHM	Commentaire
	Humidité_Entrée_Capteur_Magasin_3	Int	%IW78	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Magasin_4	Real	%MD1080	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Magasin_4	Real	%MD1084	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Magasin_4	Int	%IW80	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Magasin_4	Real	%MD1088	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Magasin_4	Real	%MD1092	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Magasin_4	Int	%IW82	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Magasin_5	Real	%MD1096	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Magasin_5	Real	%MD2000	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Magasin_5	Int	%IW84	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Magasin_5	Real	%MD2004	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Magasin_5	Real	%MD2008	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Magasin_5	Int	%IW86	False	True	True	True	
	Temperature_Sortie_capteur_Magasin_6	Real	%MD2012	False	True	True	True	
	Temperature_normalisée_Capteur_Magasin_6	Real	%MD2016	False	True	True	True	
	Temperature_Entrée_Capteur_Magasin_6	Int	%IW88	False	True	True	True	
	Humidité_Sortie_capteur_Magasin_6	Real	%MD2020	False	True	True	True	
	Humidité_normalisée_Capteur_Magasin_6	Real	%MD2024	False	True	True	True	
	Humidité_Entrée_Capteur_Magasin_6	Int	%IW90	False	True	True	True	
	Maximum_température_Magasin	Real	%MD2028	False	True	True	True	
	Minimum_température_Magasin	Real	%MD2032	False	True	True	True	
	Maximum_humidité_Magasin	Real	%MD2036	False	True	True	True	

Annexe C

Déclaration du bloc organisationnel

Le bloc organisationnel d'exécution cyclique (OB1), sert d'interface entre le programme utilisateur et le système d'exploitation. Pour cela, nous avons déclaré **32 réseaux** relatifs aux nombres de salles que le système a à couvrir. Cette annexe montre le détail de la programmation de ce bloc.

Totally Integrated Automation Portal		

PFE-EMS / API Principal- EMS [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Blocs de programme

Main [OB1]

Main Propriétés					
Général					
Nom	Main	**Numéro**	1	**Type**	OB
Langage	CONT	**Numéroration**	Automatique		
Information					
Titre	"Main Program Sweep (Cycle)"	**Auteur**	AMIR-KACI	**Commentaire**	
Famille		**Version**	0.1	**ID utilisateur**	

Main			
Nom	**Type de données**	**Valeur par déf.**	**Commentaire**
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

Réseau 1 : Salle de pesée

Totally Integrated Automation Portal

Réseau 1 : Salle de pesée (1.1 / 2.1)

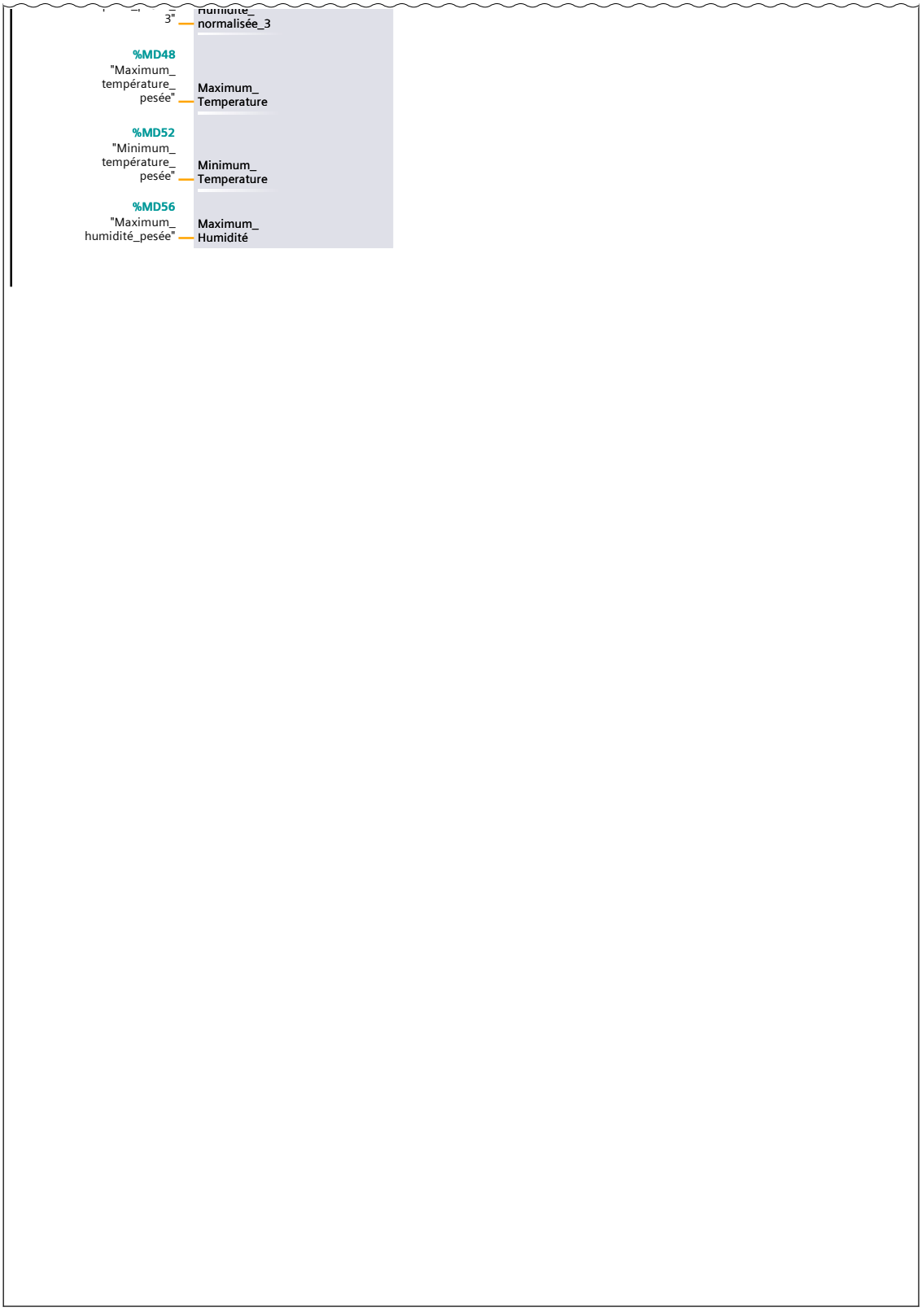


2.1 (Page1 - 3)

Totally Integrated Automation Portal

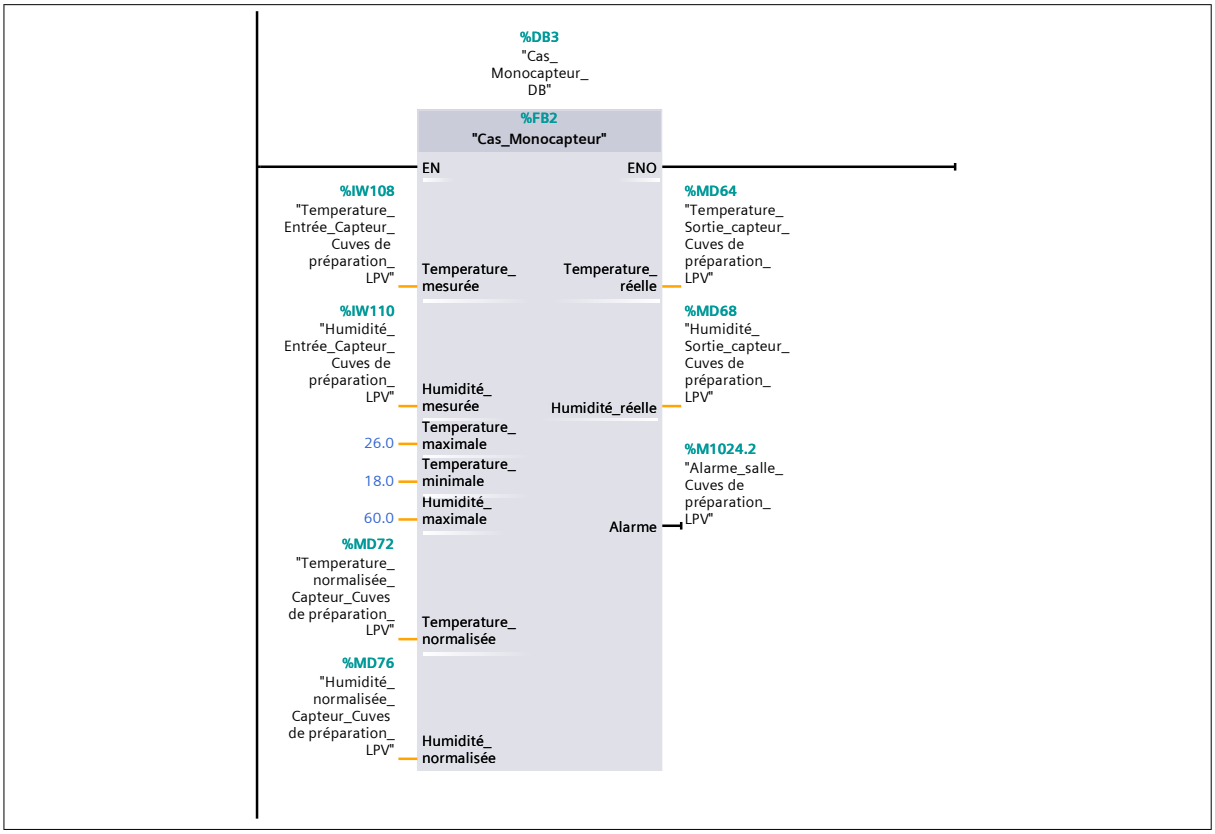
Réseau 1 : Salle de pesée (2.1 / 2.1)

1.1 (Page1 - 2)



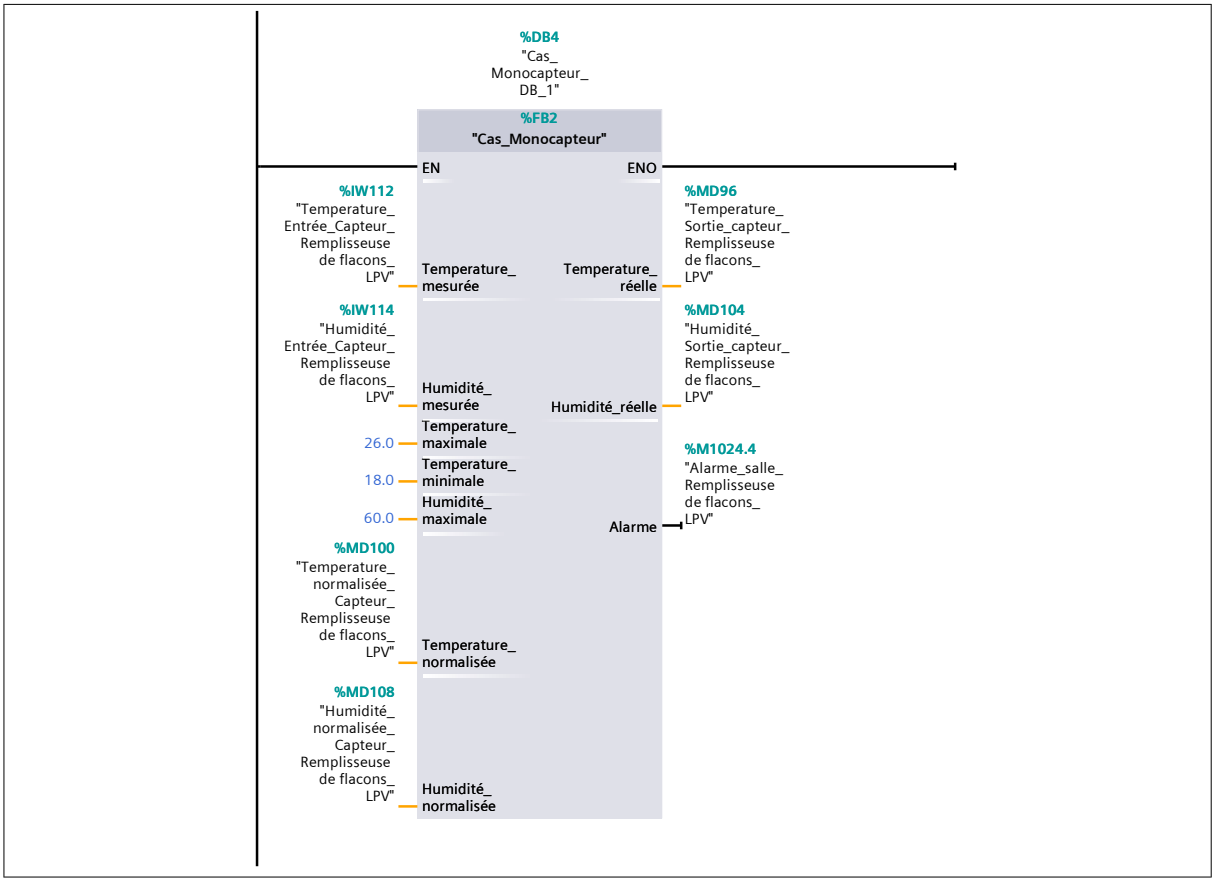
Totally Integrated Automation Portal		

Réseau 2 : Salle Cuves de préparation LPV



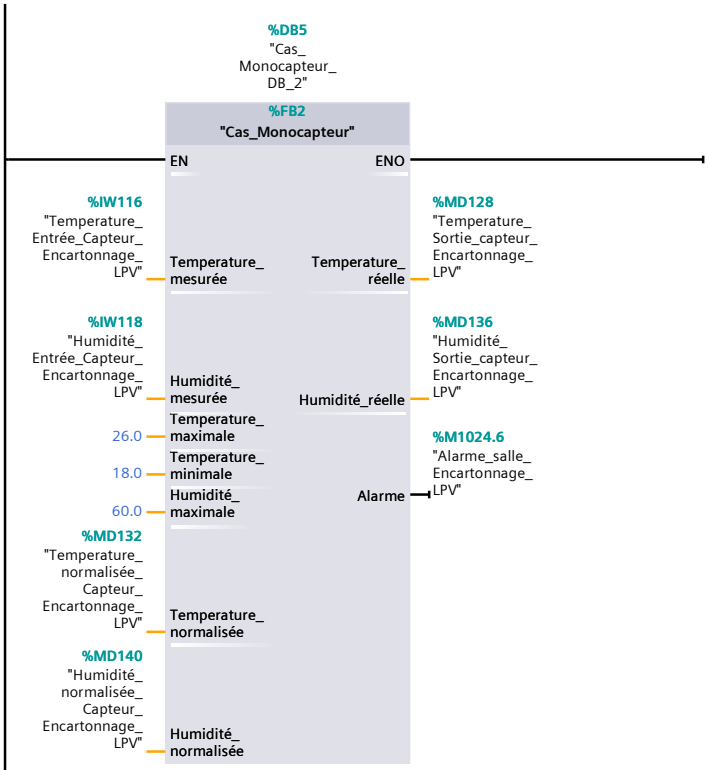
Réseau 3 : Salle remplisseuse de flacons LPV

Totally Integrated Automation Portal



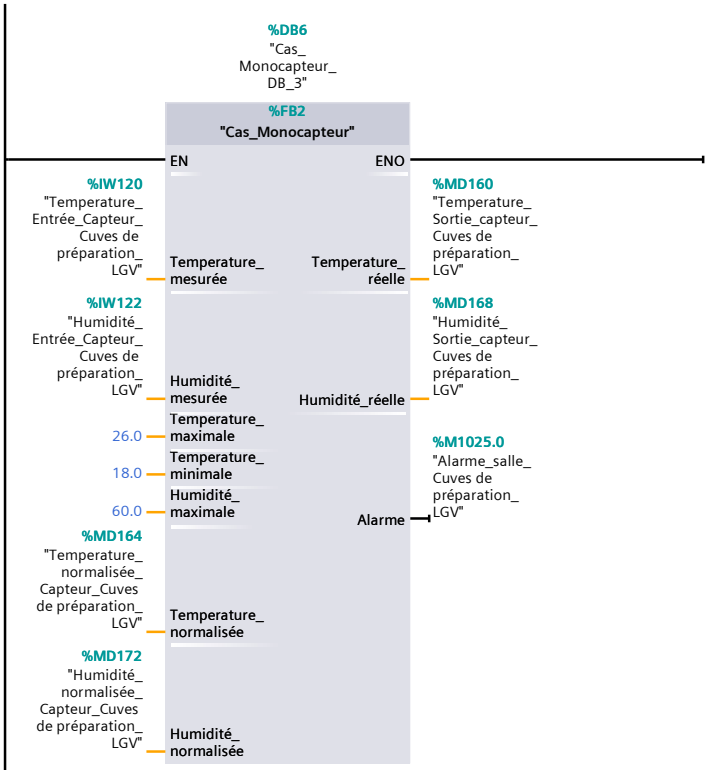
Réseau 4 : Salle Encartonnage LPV

Totally Integrated Automation Portal



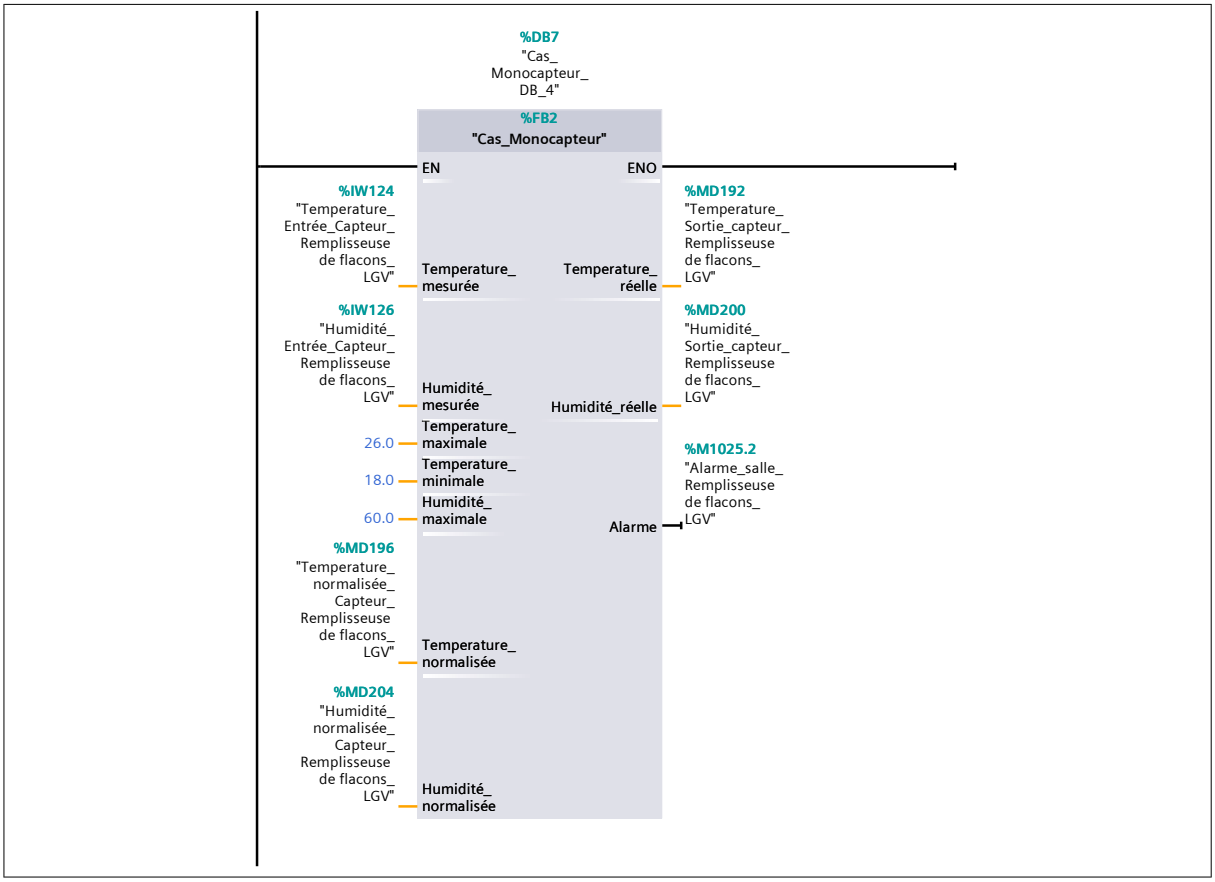
Réseau 5 : Salle Cuves de préparation LGV

Totally Integrated Automation Portal



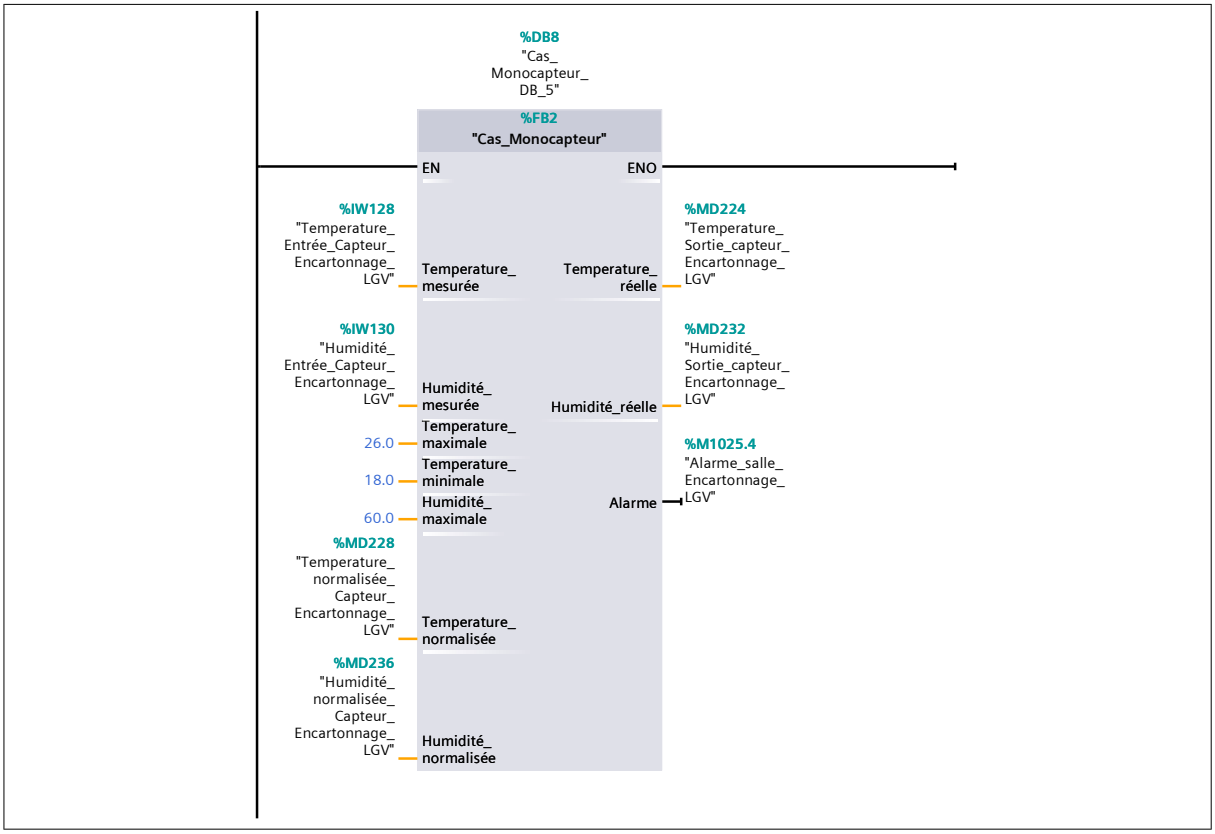
Réseau 6 : Salle Remplisseuse de flacons LGV

Totally Integrated Automation Portal



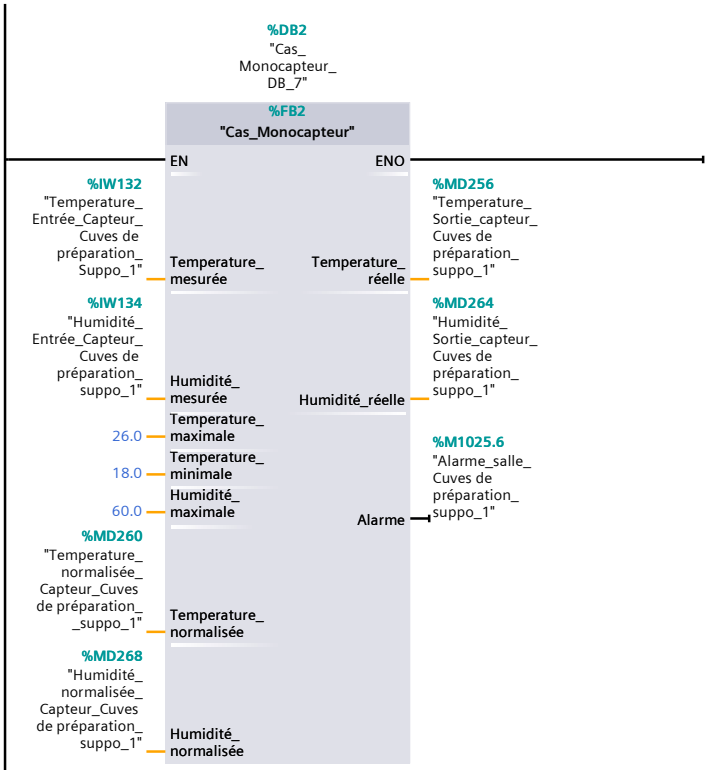
Réseau 7 : Salle Encartonnage LGV

Totally Integrated Automation Portal



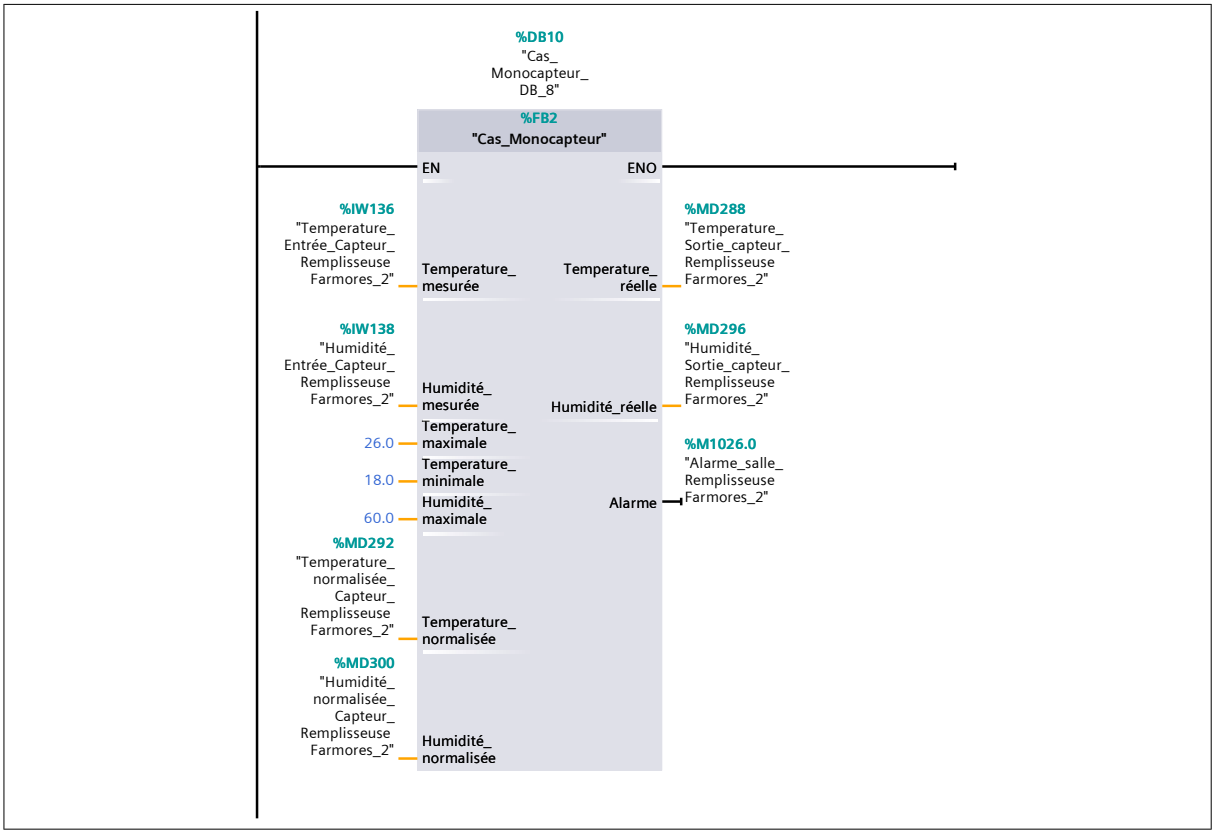
Réseau 8 : Salle Cuve de préparation Suppositoires_1

Totally Integrated Automation Portal



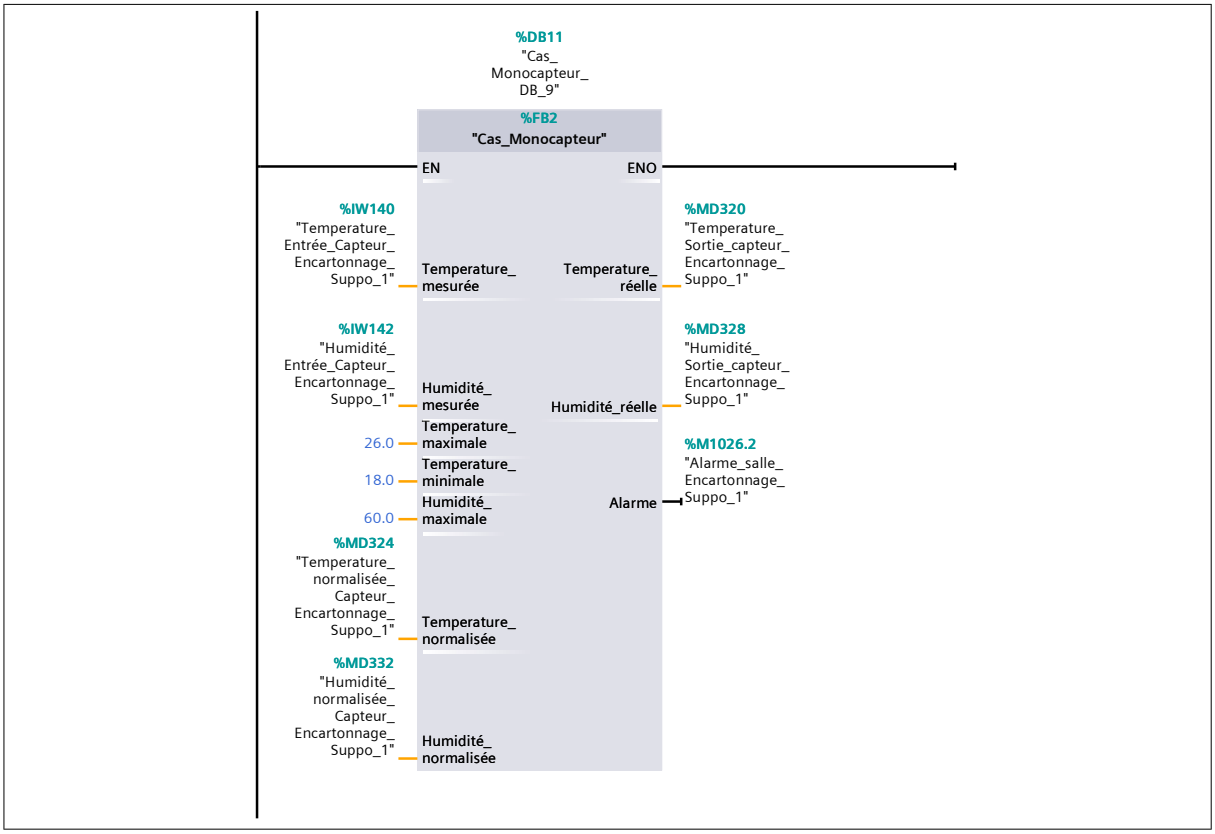
Réseau 9 : Salle remplisseuse Farmores 2

Totally Integrated Automation Portal



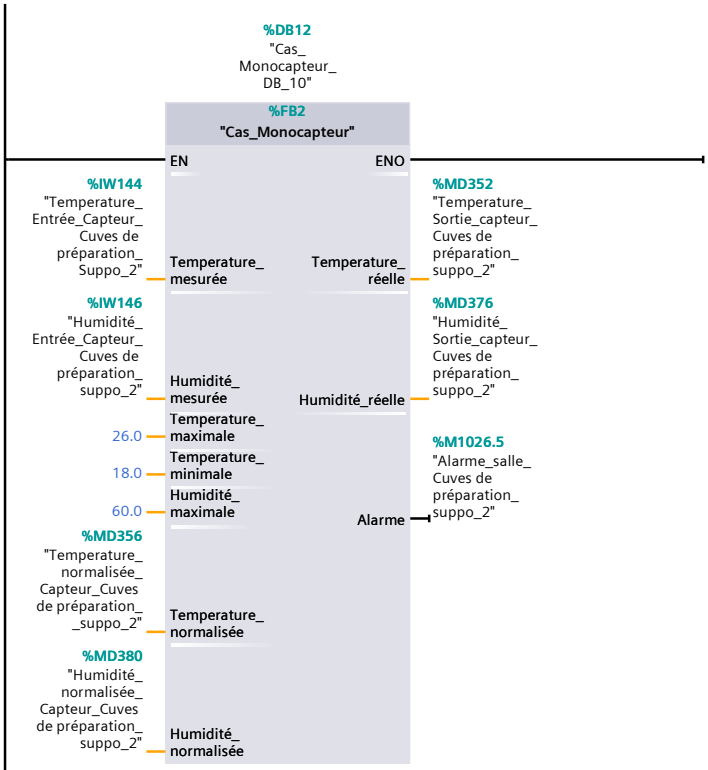
Réseau 10 : Salle Encartonnage Suppositoires 1

Totally Integrated Automation Portal



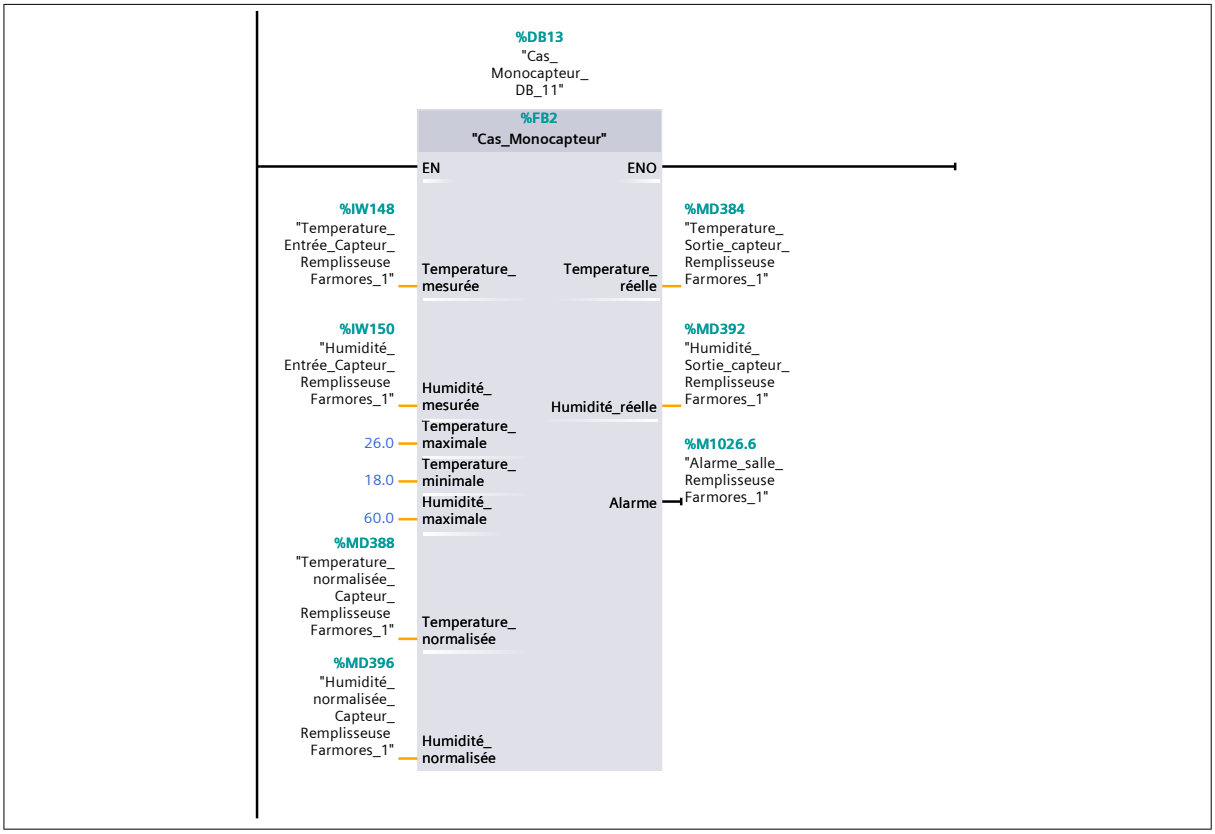
Réseau 11 : Salle cuve de préparation Suppositoires 2

Totally Integrated Automation Portal



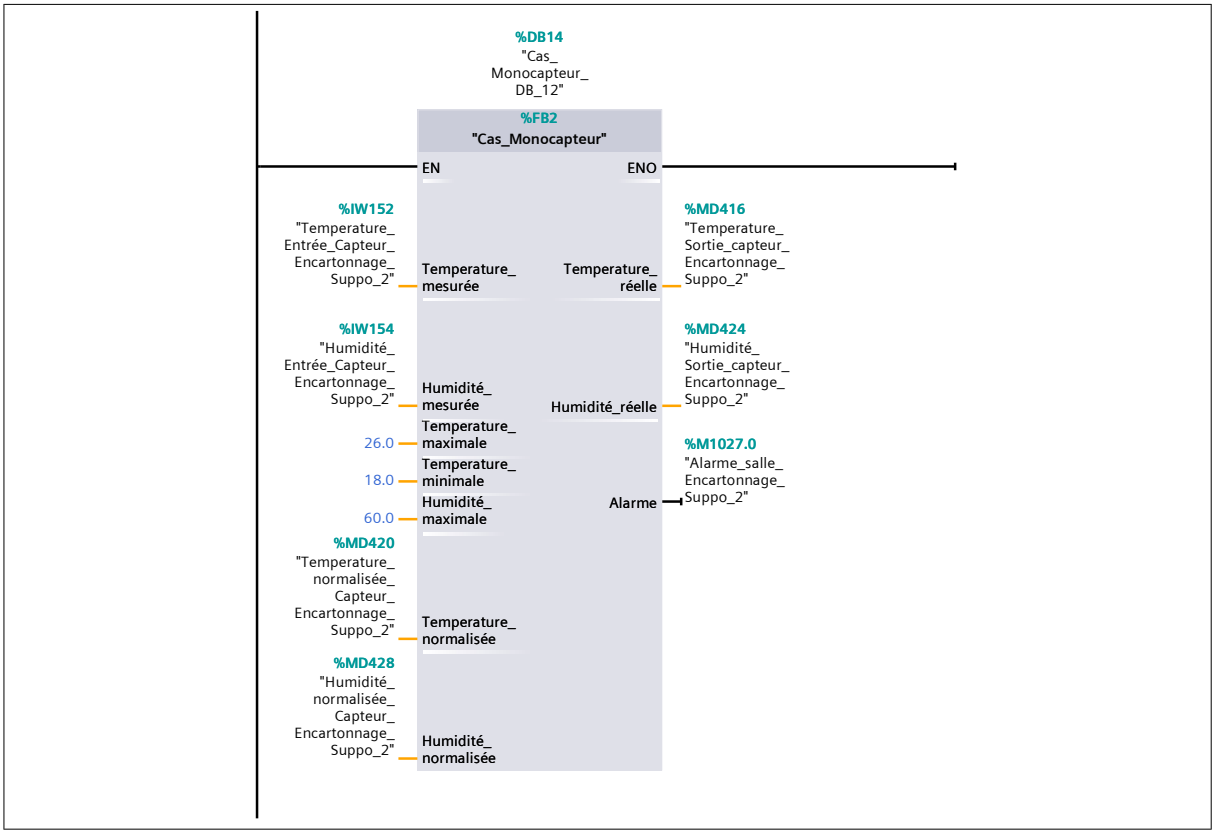
Réseau 12 : Salle Remplisseuse Farmores 1

Totally Integrated Automation Portal



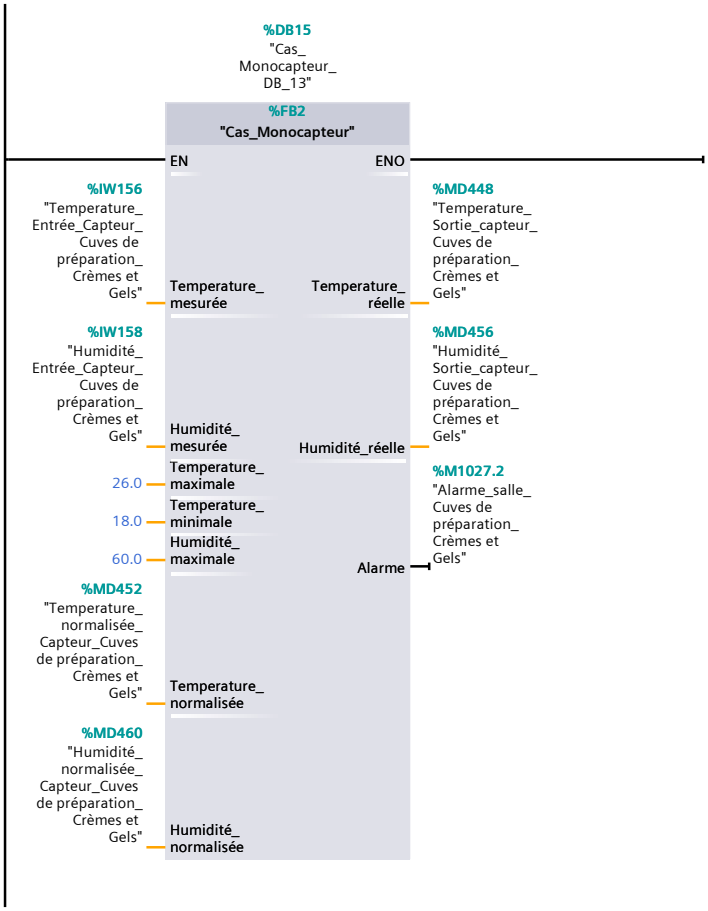
Réseau 13 : Salle Encartonnage Suppositoires 2

Totally Integrated Automation Portal



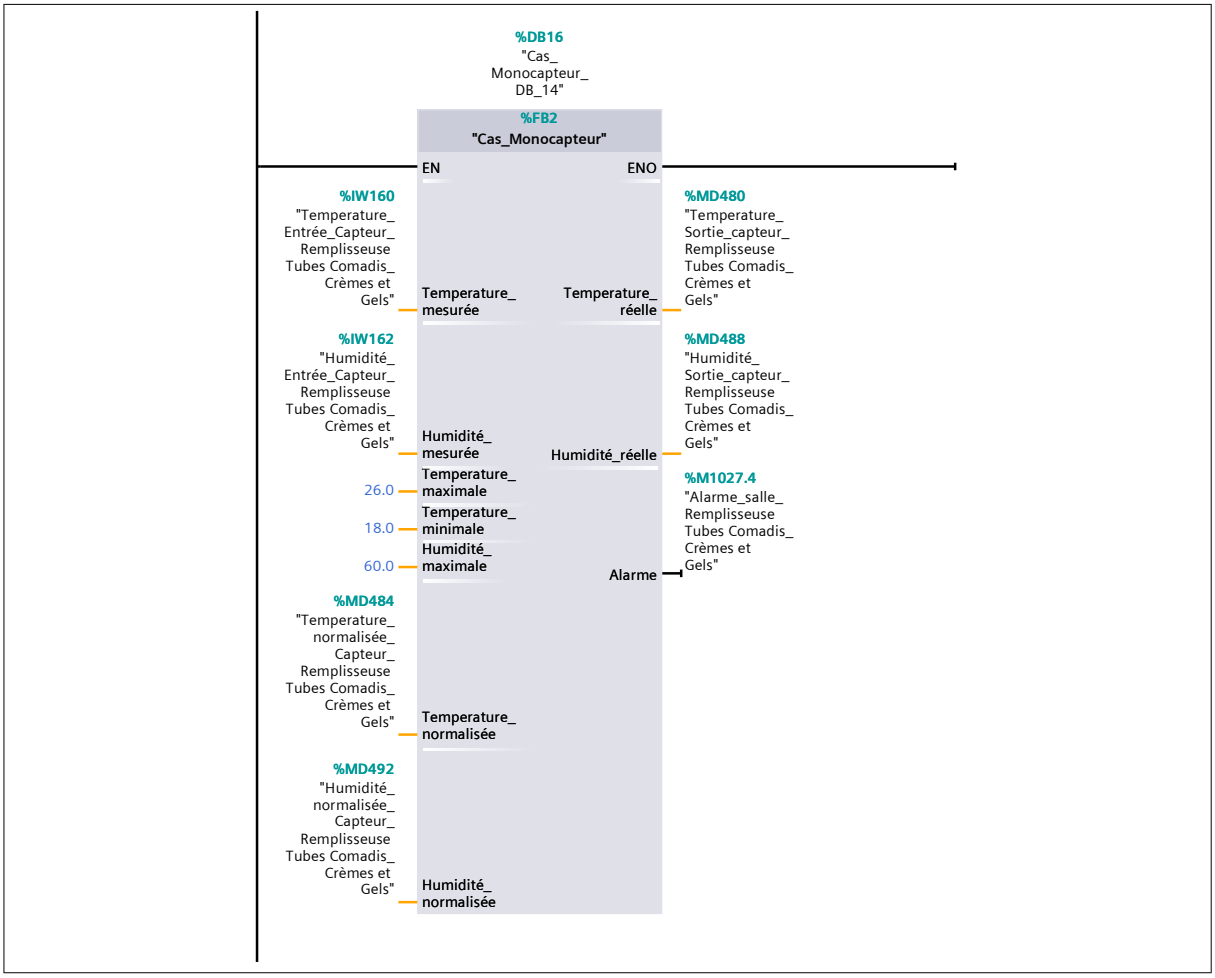
Réseau 14 : Salle Cuve de préparation crèmes et gels

Totally Integrated Automation Portal



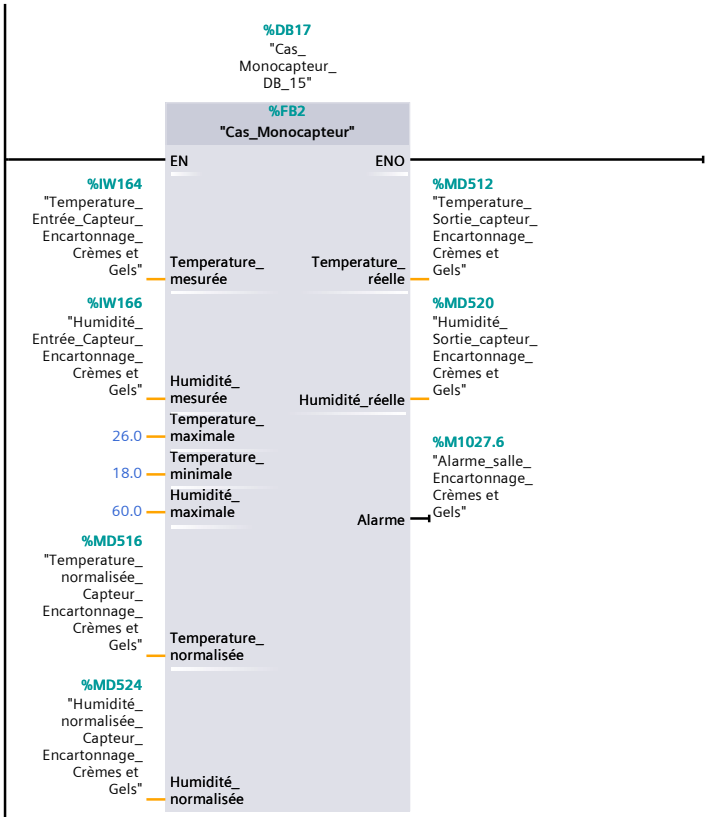
Réseau 15 : Salle Remplissuese Tubes Comadis_Crèmes et Gels

Totally Integrated Automation Portal



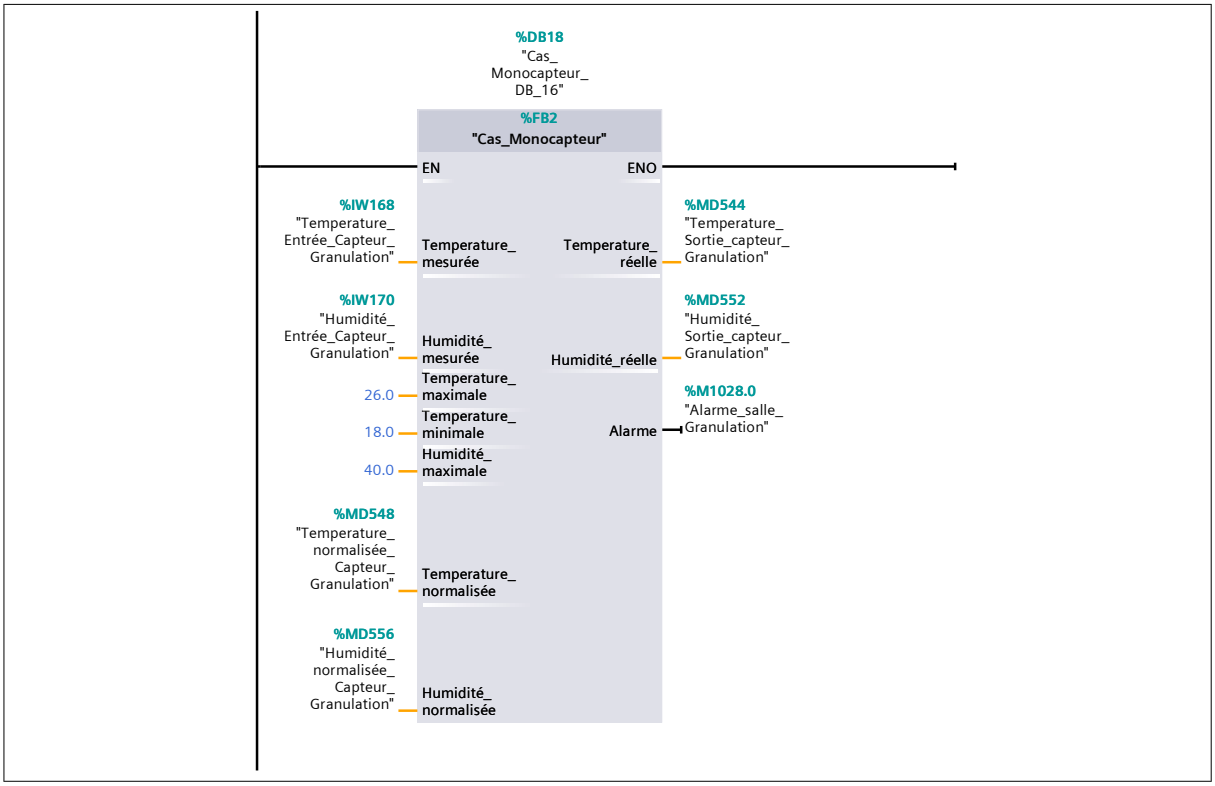
Réseau 16 : Salle encartonnage Crèmes et Gels

Totally Integrated Automation Portal



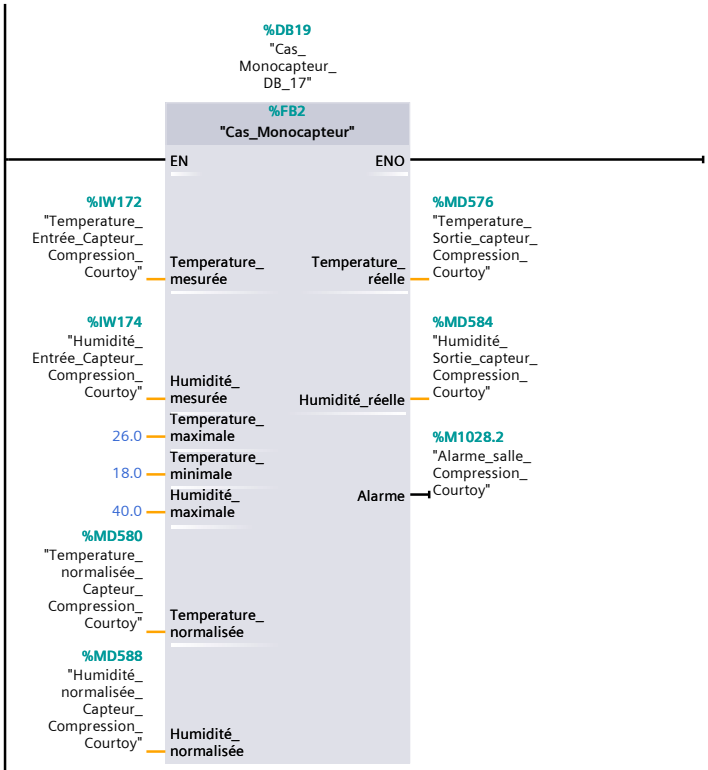
Réseau 17 : Salle de Granulation

Totally Integrated Automation Portal



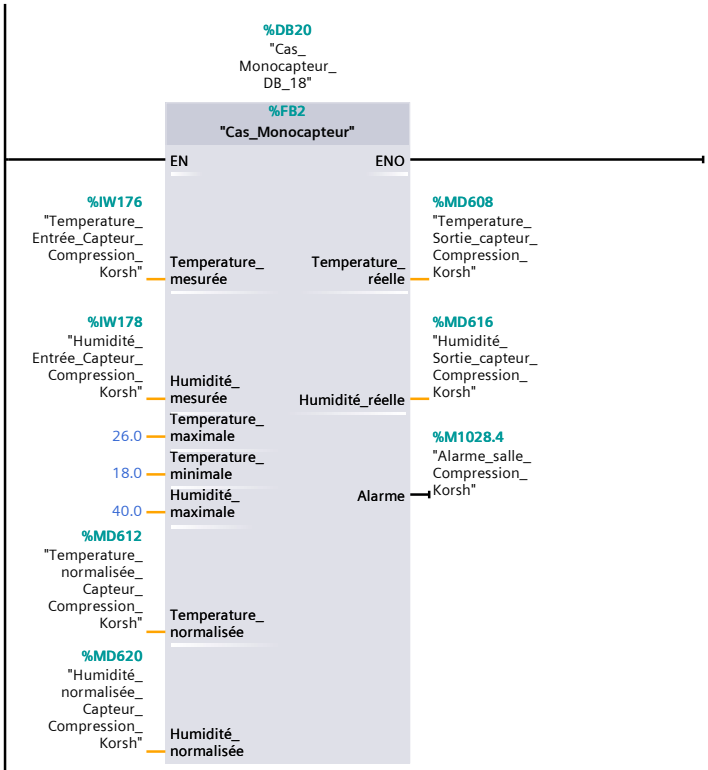
Réseau 18 : Salle de compression Courtoy

Totally Integrated Automation Portal



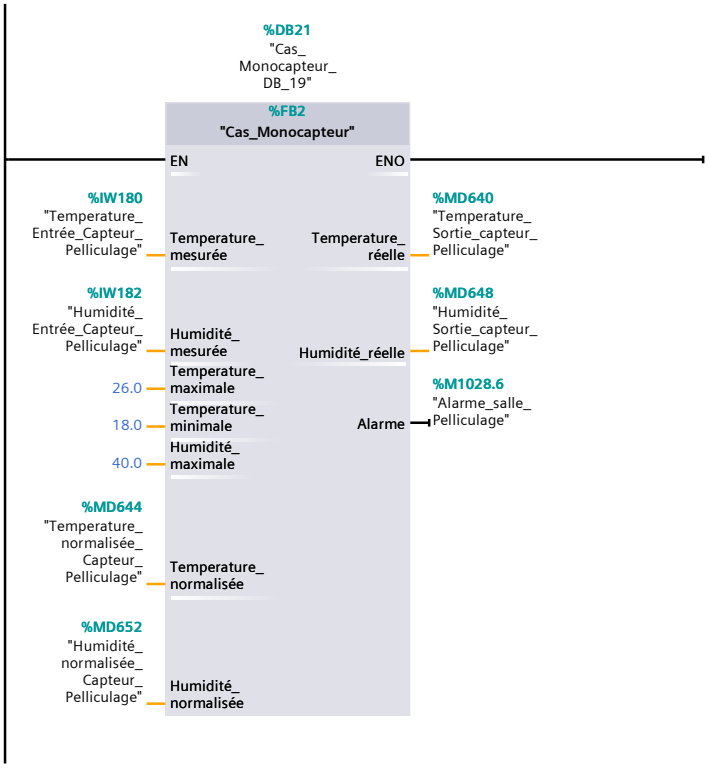
Réseau 19 : Salle de compression Korsh

Totally Integrated Automation Portal



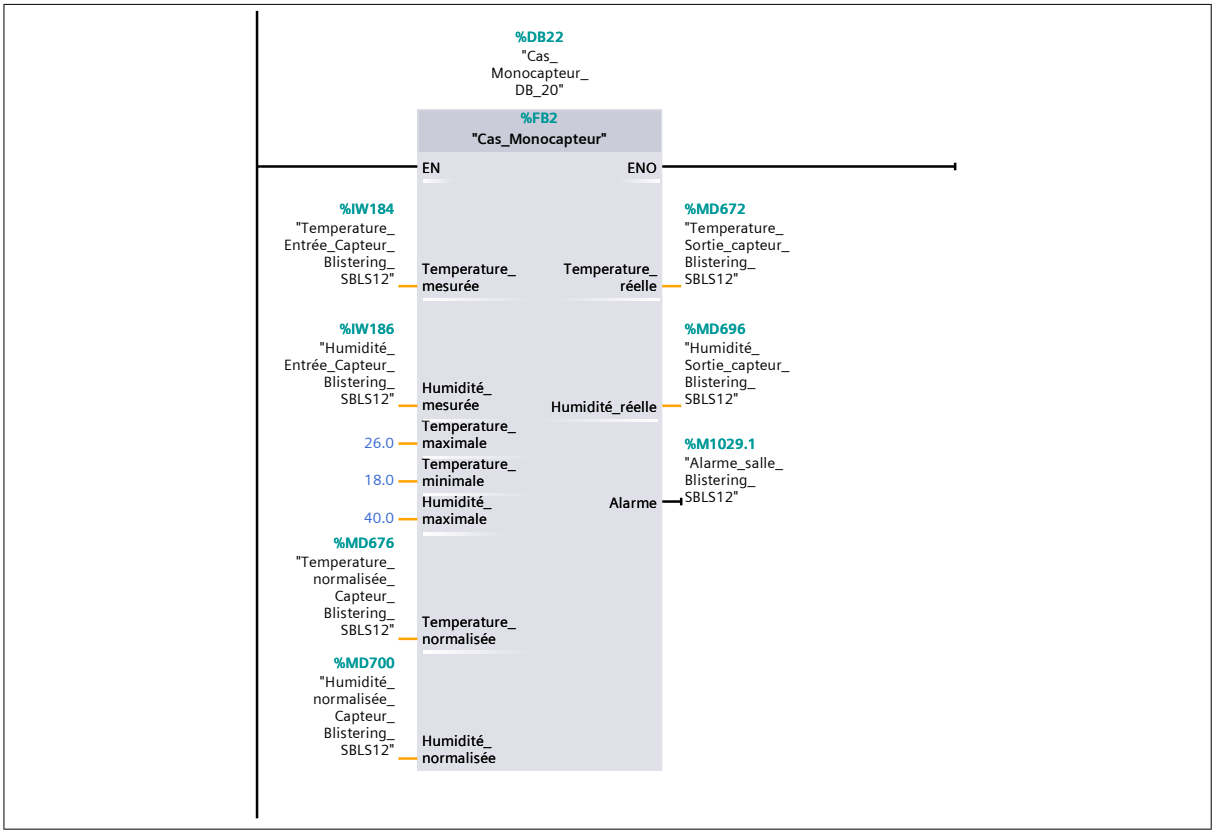
Réseau 20 : Salle de pelliculage

Totally Integrated Automation Portal



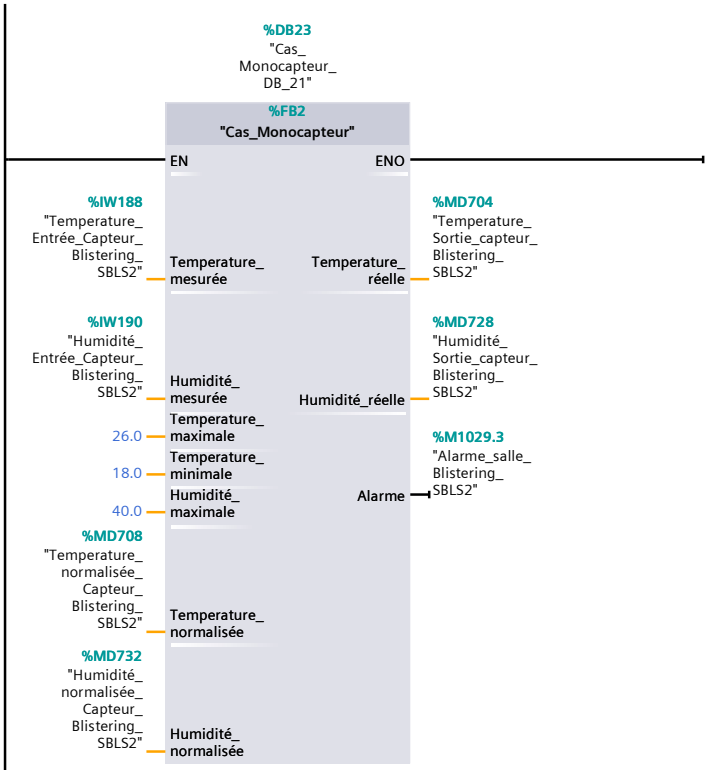
Réseau 21 : Salle de Blistering SBLS12

Totally Integrated Automation Portal



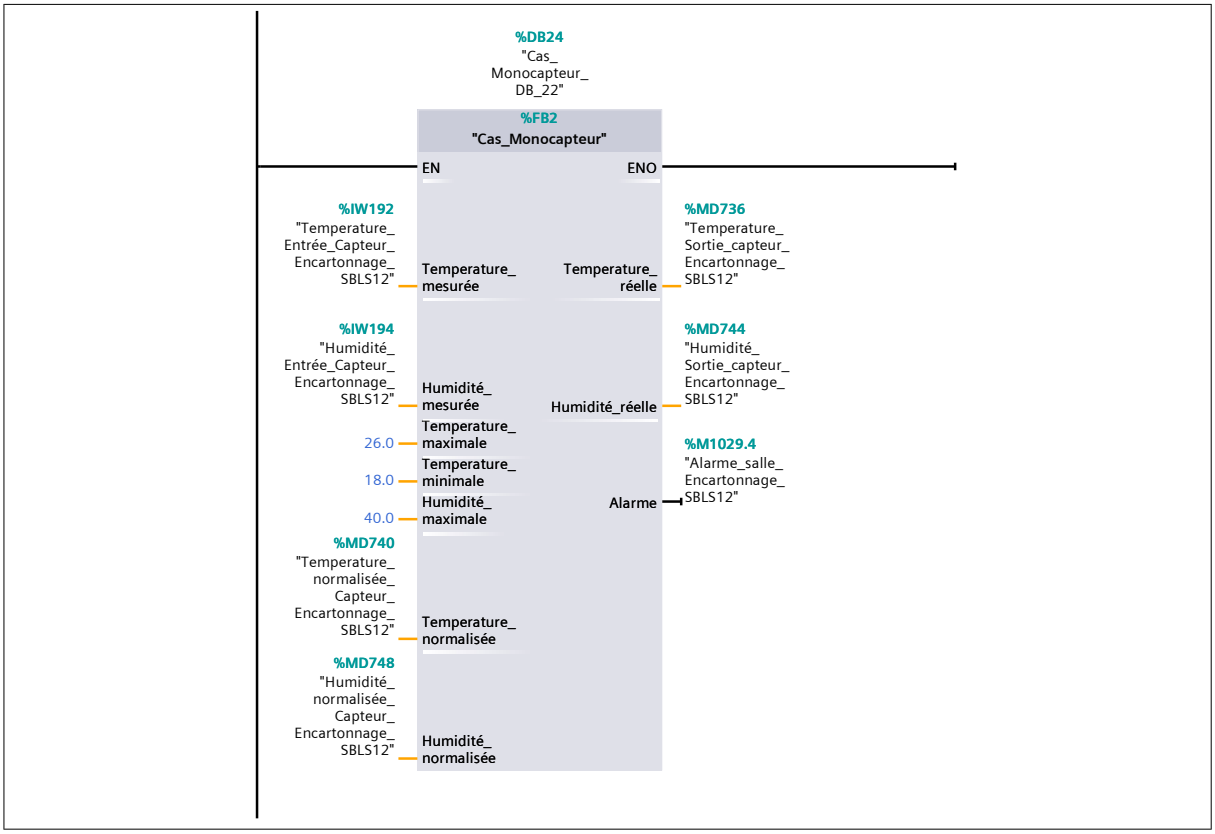
Réseau 22 : Salle de Blistering SBLS2

Totally Integrated Automation Portal



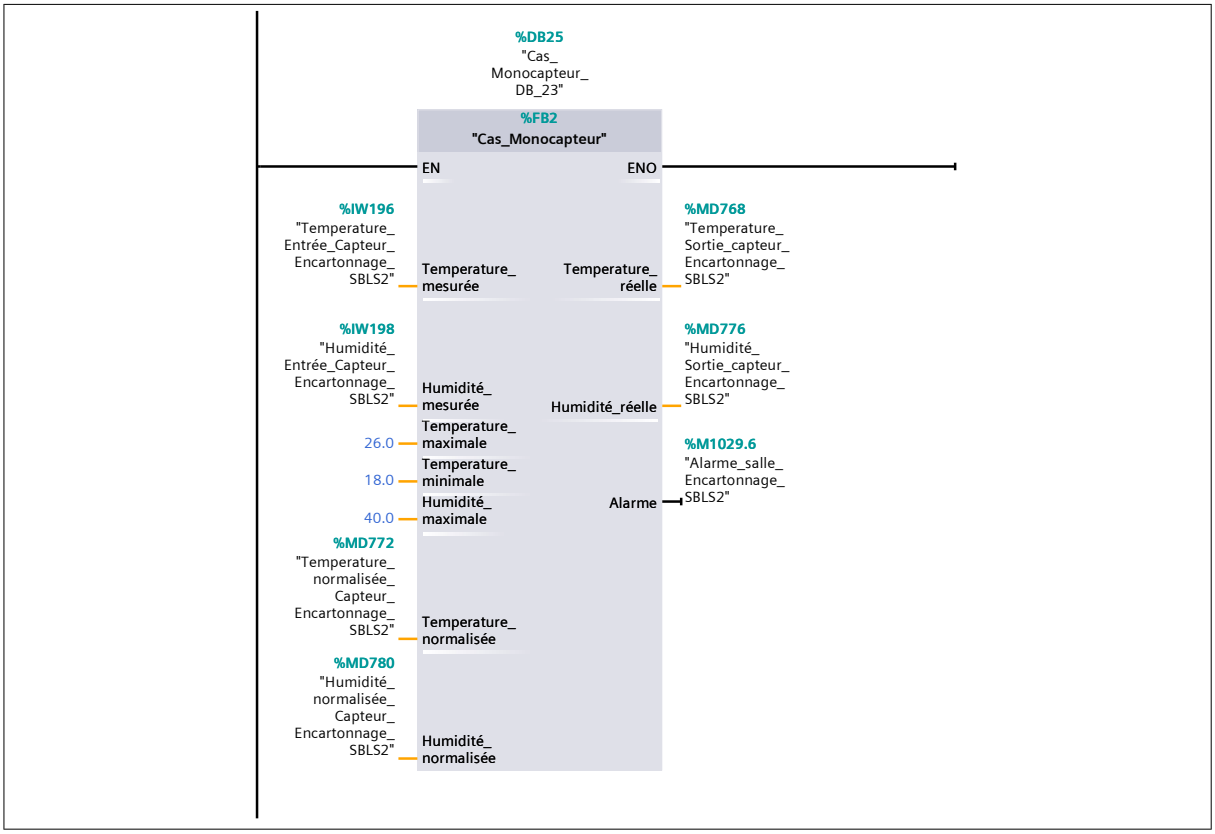
Réseau 23 : Salle Encartonnage SBLS 12

Totally Integrated Automation Portal



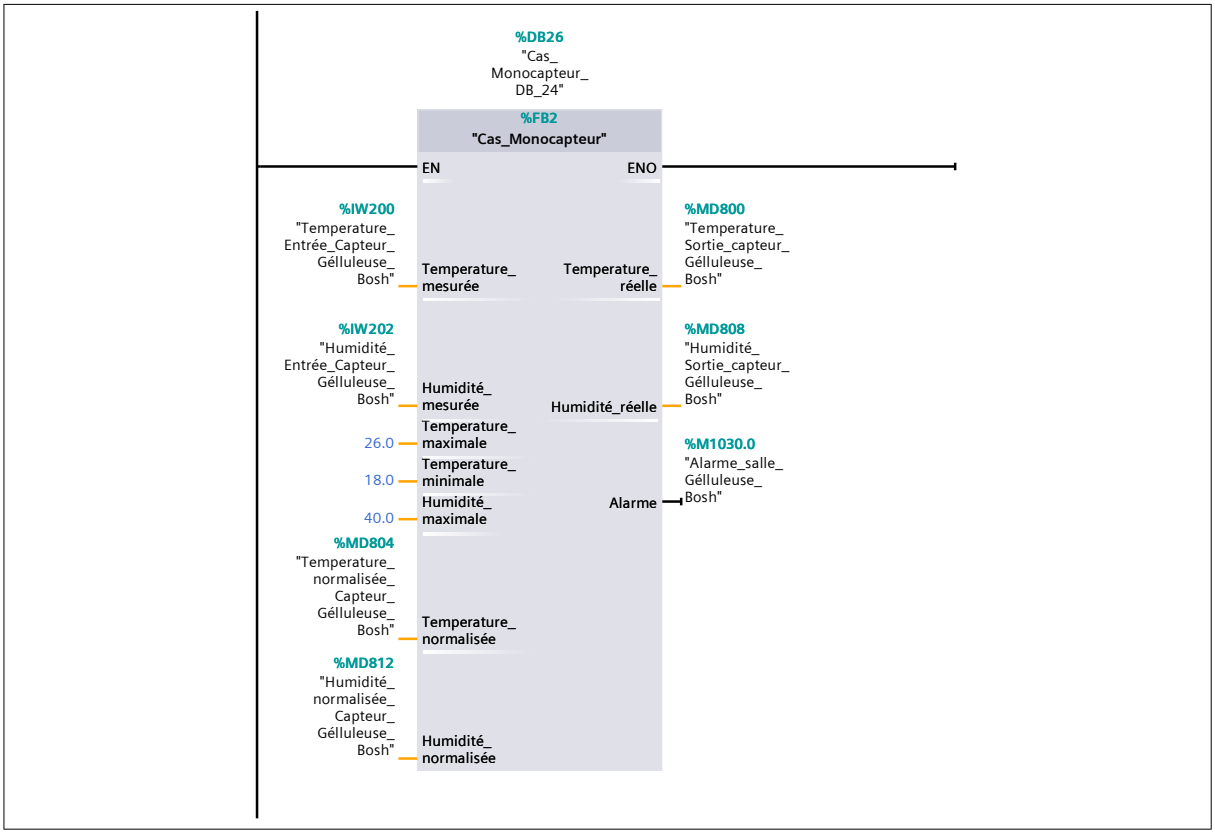
Réseau 24 : Salle Encartonnage SBLS2

Totally Integrated Automation Portal



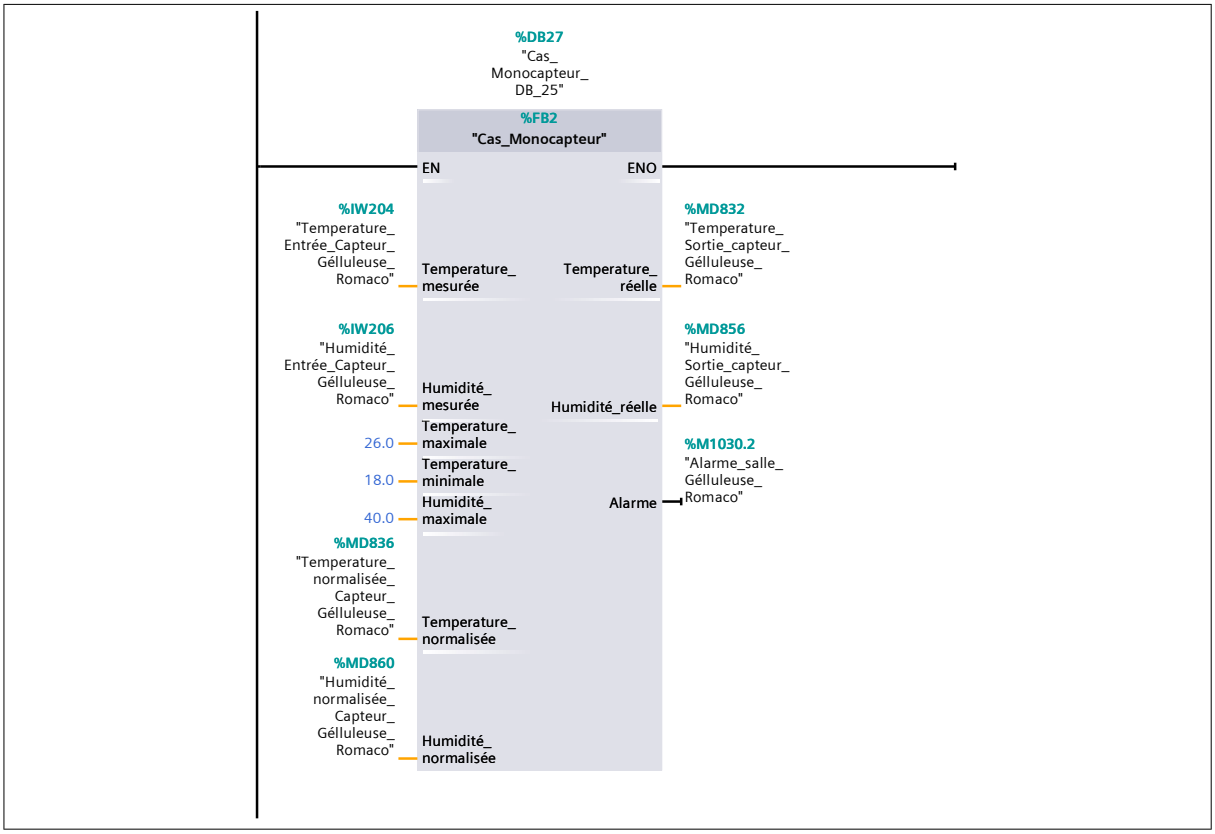
Réseau 25 : Salle Gélluleuse Bosh

Totally Integrated Automation Portal



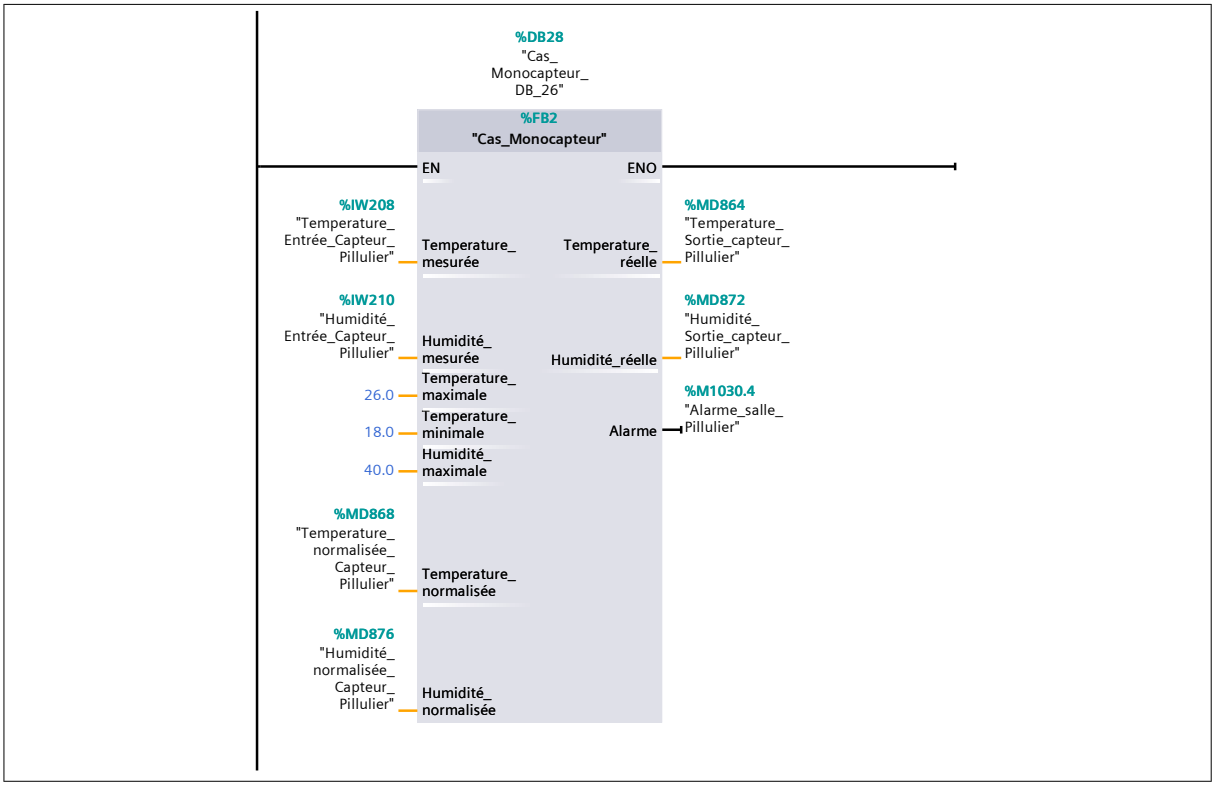
Réseau 26 : Salle Gélluleuse Romaco

Totally Integrated Automation Portal



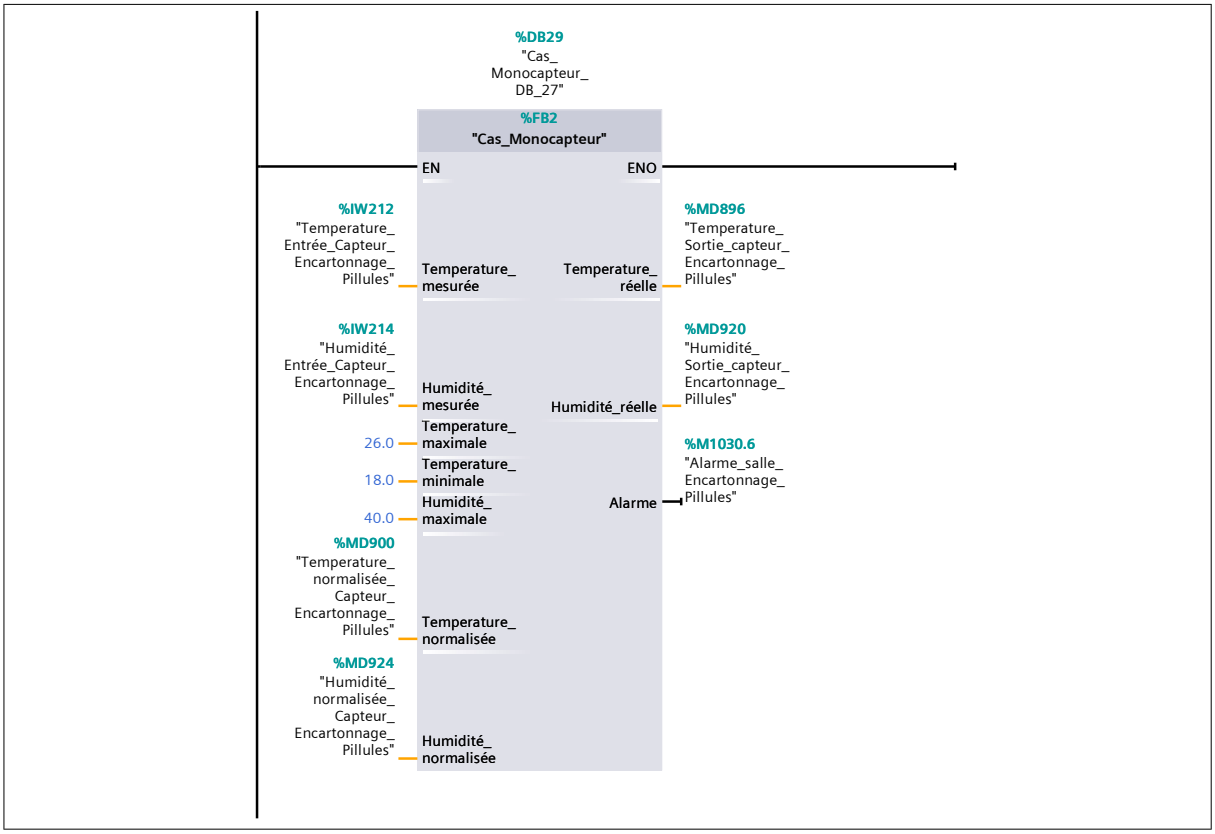
Réseau 27 : Salle Pillulier

Totally Integrated Automation Portal



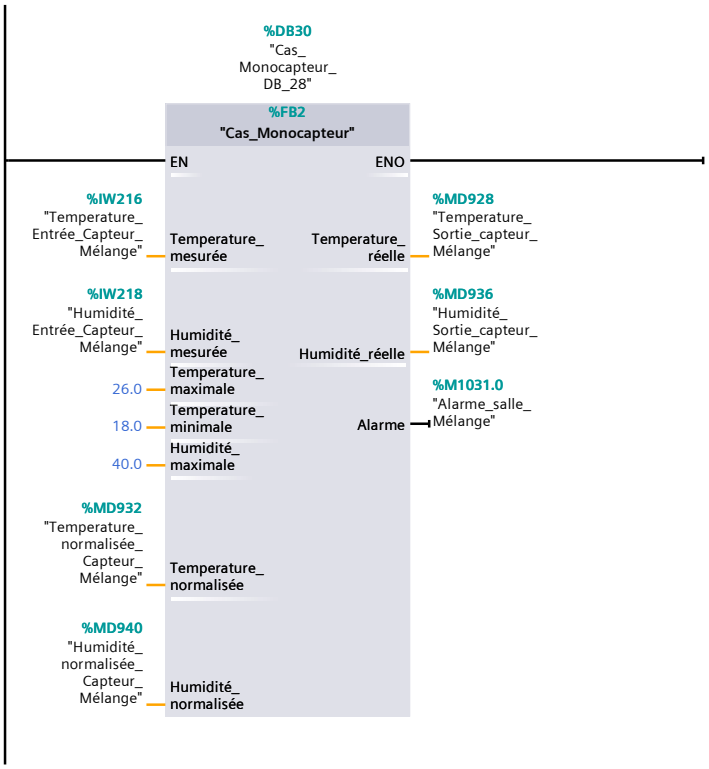
Réseau 28 : Salle Encartonnage de Pillules

Totally Integrated Automation Portal

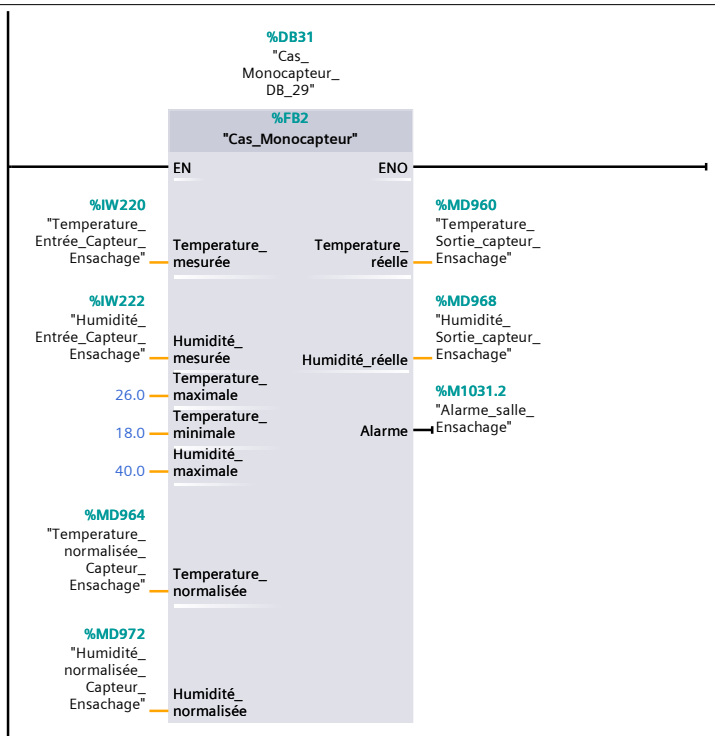


Réseau 29 : Salle des mélanges

Totally Integrated Automation Portal

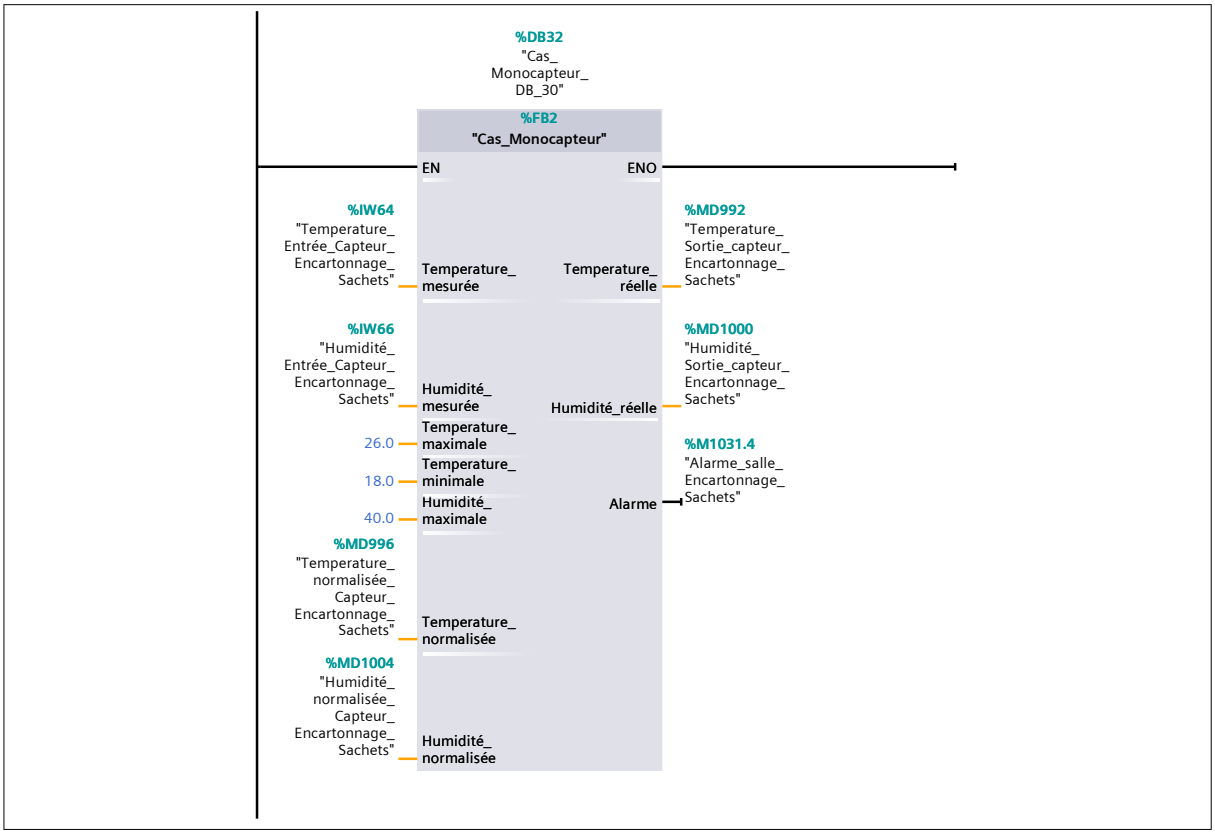


Réseau 30 : Salle d'ensachage



Totally Integrated Automation Portal		

Réseau 31 : Salle d'encartonnage de Sachets



Réseau 32 : Salle Magasin

Totally Integrated Automation Portal

Réseau 32 : Salle Magasin (1.1 / 3.1)



2.1 (Page1 - 34)

Totally Integrated Automation Portal

Réseau 32 : Salle Magasin (2.1 / 3.1)

1.1 (Page1 - 33)

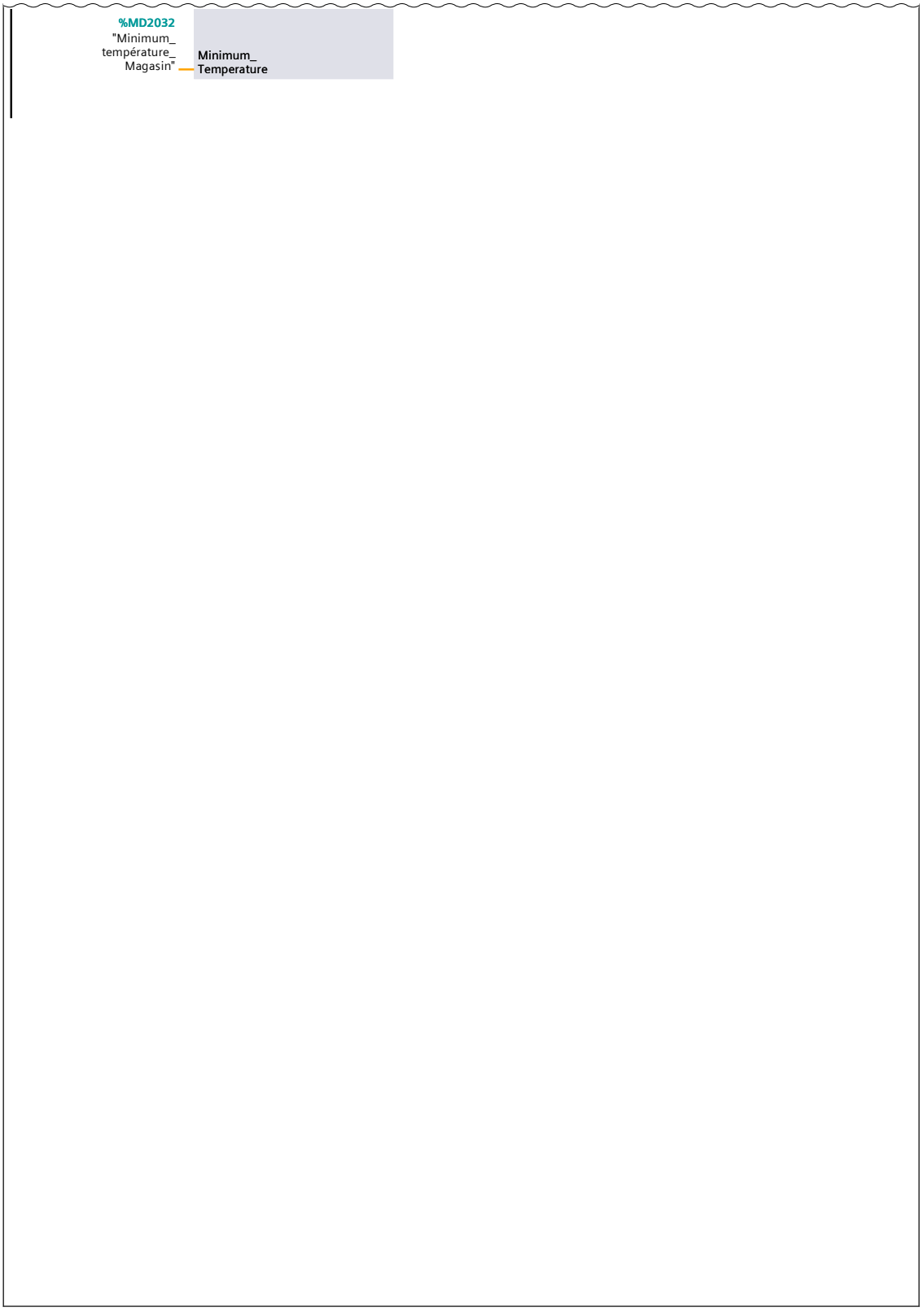


3.1 (Page1 - 35)

Totally Integrated Automation Portal		

Réseau 32 : Salle Magasin (3.1 / 3.1)

2.1 (Page1 - 34)



Annexe D

Construction de la base de données

Comme annoncé dans le cinquième et dernier chapitre, une base de données reliée au système à été créée selon une architecture assurant un filtrage et un accès fluide aux données selon les préférences de l'utilisateur. Cette constitution ainsi que les jointures permettant de suivre l'arborescence exigée ont été développées à travers le script SQL suivant.

C:\Users\hp\Desktop\SQLQuery9.sql 1

```
USE [EMS]
GO

/****** Object:  Table [dbo].[Sites]    ******/
SET ANSI_NULLS ON
GO

SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO

CREATE TABLE [dbo].[Sites](
    [ID_Site] [varchar](255) NOT NULL,
    [Nom_Site] [varchar](255) NULL,
    [Adresse_Site] [varchar](255) NULL,
PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [ID_Site] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
  ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]
GO


USE [EMS]
GO


/****** Object:  Table [dbo].[Zones]    ******/
SET ANSI_NULLS ON
GO

SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO

CREATE TABLE [dbo].[Zones](
    [ID_Zone] [varchar](255) NOT NULL,
    [Nom_Zone] [varchar](255) NULL,
    [ID_Site] [varchar](255) NULL,
PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [ID_Zone] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
  ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]
GO

ALTER TABLE [dbo].[Zones]  WITH CHECK ADD FOREIGN KEY([ID_Site])
REFERENCES [dbo].[Sites] ([ID_Site])
GO

USE [EMS]
GO


/****** Object:  Table [dbo].[Salles]  ******/
SET ANSI_NULLS ON
```

C:\Users\hp\Desktop\SQLQuery9.sql 2

```
GO

SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO

CREATE TABLE [dbo].[Salles](
    [ID_Salle] [varchar](255) NOT NULL,
    [Nom_Salle] [varchar](255) NULL,
    [ID_Zone] [varchar](255) NULL,
PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [ID_Salle] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
  ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]
GO

ALTER TABLE [dbo].[Salles]  WITH CHECK ADD FOREIGN KEY([ID_Zone])
REFERENCES [dbo].[Zones] ([ID_Zone])
GO

USE [EMS]
GO

/****** Object:  Table [dbo].[Sondes]  ******/
SET ANSI_NULLS ON
GO

SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO

CREATE TABLE [dbo].[Sondes](
    [ID_Sonde] [varchar](10) NOT NULL,
    [Nom_Sonde] [varchar](106) NULL,
    [ID_Salle] [varchar](255) NOT NULL,
PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [ID_Sonde] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
  ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]
GO

ALTER TABLE [dbo].[Sondes]  WITH CHECK ADD FOREIGN KEY([ID_Salle])
REFERENCES [dbo].[Salles] ([ID_Salle])
GO

USE [EMS]
GO

/****** Object:  Table [dbo].[Capteurs]  ******/
SET ANSI_NULLS ON
GO

SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
```

C:\Users\hp\Desktop\SQLQuery9.sql 3

```
CREATE TABLE [dbo].[Capteurs](
    [ID_Capteur] [varchar](255) NOT NULL,
    [Id_Sonde] [varchar](10) NOT NULL,
PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [ID_Capteur] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
  ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]
GO

ALTER TABLE [dbo].[Capteurs]  WITH CHECK ADD FOREIGN KEY([Id_Sonde])
REFERENCES [dbo].[Sondes] ([ID_Sonde])
GO

USE [EMS]
GO

/****** Object:  Table [dbo].[Alarmes]  ******/
SET ANSI_NULLS ON
GO

SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO

CREATE TABLE [dbo].[Alarmes](
    [ID_Alarme] [varchar](255) NOT NULL,
    [ID_Salle] [varchar](255) NOT NULL
) ON [PRIMARY]
GO

USE [EMS]
GO


/****** Object:  Table [dbo].[Mesures_BIND0]  ******/
SET ANSI_NULLS ON
GO

SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO

CREATE TABLE [dbo].[Mesures_BIND0](
    [VarName] [varchar](255) NULL,
    [TimeString] [char](26) NULL,
    [VarValue] [float] NULL,
    [Validity] [smallint] NULL,
    [Time_ms] [float] NULL
) ON [PRIMARY]
GO
```