

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION
AND SCIENTIFIC RESEARCH

HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES
--T L E M C E N--



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
École Supérieure en
Sciences Appliquées

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
-تلمسان-



Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Automatique
Spécialité : Automatique

Présenté par : MAMOUN Bouchra
KHELASSI Nada

Thème

**Supervision et commande du système
MPS variant sous l'outil WINCC**

Soutenu publiquement, le 30/06/2022, devant le jury composé de :

Ahmed HASSAM	MCB	Univ. Tlemcen	Président
Zoheir KARAOUZENE	MAA	ESSA Tlemcen	Examinateur
Nour el houda HERARSI	Doctorante	Univ. Tlemcen	Examinatrice
Fouad MALIKI	MCB	ESSA Tlemcen	Encadrant
Med el Amine MKEDDER	Ingénieur Principal R&D	Univ. Tlemcen	CO-encadrant

Année universitaire : 2021 / 2022

Albert Einstein « L'imagination est plus importante que la connaissance »

REMERCIEMENT

Tout d'abord, nous remercions **DIEU** tout puissant de nous avoir accordé des connaissances de la science ainsi que la santé pour réaliser ce travail.

Au terme de ce projet de recherche, nous dédions nos plus sincères remerciements à tous ceux qui nous ont formés, conseillés, aidés et soutenus dans la réalisation de ce travail.

Tout d'abord, nous tenons à remercier notre encadrant **M.Fouad MALIKI** pour tous ses efforts et pour la confiance, les conseils et l'assistance sont précieux tout au long du projet sans oublier son soutien moral qui nous grandement stimulés à aller vers l'avant.

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements à **M.Mohammed El Amin MKEDDER** Ingénieur Principal de Recherche et Développement au niveau de laboratoire MELT, pour d'avoir encadré notre projet fin d'études avec beaucoup de compétences pour avoir inspiré et suivi avec beaucoup d'intérêt ce travail, son soutien ,confiance ,conseils et assistance sont inestimables tout au long de la période de travail.

Nous tenons à remercier sincèrement **Mme.Nour el houda HERARSI** pour sa collaboration, sa patience, son encouragement.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury " **M.Ahmed HASSAM** **M.Zoheir KARAOUZENE** et **Mme.Nour el houda HIRARSI** " pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions et leurs critiques scientifiques.

Nous vous remercions monsieur **Mekki HOUBAD** d'avoir accepté notre invitation, c'est un grand plaisir pour nous.

A nos enseignants de l'*ESSAT*, à qui nous devons notre formation depuis 5 ans.

DÉDICACE 1

Je tiens à remercier profondément **Dieu**, le tout-puissant, de nous avoir donné le courage, la volonté, ainsi que la santé pour réaliser ce travail.

Ce travail est dédiée à :

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon père .

A ma mère, pour l'éducation , les sacrifices et le grand amour dont il m'a entouré depuis ma naissance.

Aux personnes qui m'ont toujours aidée et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnée durant ma vie **à mes chères soeurs** *Meriem , Ghizlene ,Douaa et Niama* et **mes deux neveux** *Rayan et Rinad* et **mes chères cousines** *Wafaa, Loubna ,Malika,Aouicha* et **mon cousin** *Amine*.

A la famille : *MAMOUN ,BENDAOUDI et AMGHAR*.

A mon binôme *Nada* par son aide et sa compréhension tout au long de ce travail.

A mes amies : *Yusra , Malek , Sabrina, Fazilette ,Ghezlene, Nada ,Selsabil, Soulef* pour leur soutien moral et aide précieuse.

A mes collègues :*Islam, Omar ,Mohammed ,ALaa ,Zahro , Réda, Bachir, Brahim* pour m'avoir supporté et aidé inconditionnellement lors de la rédaction de mon projet et leur soutien moral.

A tous mes collègues de la spécialité *automatique* promo (2019/2022).

MAMOUN Bouchra

DÉDICACE 2

Louanges à **Dieu** le tout puissant, grâce à qui j'avais pu faire tout ce travail.

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents *Houcine* et *Rabia*, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A ma chère sœur *Soumia* et **mon cher frère** *Ala-eddine* pour leurs encouragements et leur soutien moral.

A mes chère nièces : *Nadjib* et *Ghassak*

A ma grade mère et **ma tante** pour leur soutien tout au long de mes études.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos souhaits, de leur disponibilité et de leur soutien moral.

A mon binôme et amie *Bouchra* par son aide et sa compréhension tout au long de ce travail.

à tous mes amis(es) spécialement *Marwa*, *Ghofrane*.

A mes amie d'internat *Imene*, *Abla*, *Maissa* pour leur support et leur encouragement.

A mes amies d'enfance *Hayat*, *Bouchra*, *Kaouther*, *Fatima*, *Yassmine*, *Sara*.

A mes professeurs durant ma scolarité, du primaire à l'université.

A mes collègues *Yusra* , *Malek*

A mes collègues de la spécialité *automatique* promo (2019/2022).

A tous la famille **KHELASSI** et **LEBEKIA**. Merci à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin.

KHELASSI Nada

TABLE DES MATIÈRES

Remerciement	3
Dédicace 1	4
Dédicace 2	5
Abréviation	13
Introduction générale	15
1 Généralités sur la supervision industrielle	17
1.1 Introduction	17
1.2 L'industrie 4.0	18
1.2.1 Historique	18
1.2.2 Définition	18
1.2.3 Principes de conception de l'industrie 4.0	19
1.2.4 Les neuf piliers de l'avancement technologique (les composantes de l'industrie 4.0)	20
1.3 Supervision industrielle	21
1.3.1 Définition de supervision	21
1.3.2 Pourquoi Superviser ?	21
1.3.3 Fonctions de la supervision	22
1.3.4 La supervision active et passive	23

1.4	Système SCADA	24
1.4.1	Bref historique de SCADA	24
1.4.2	L'emplacement du SCADA dans la pyramide industrielle	25
1.4.3	Définition du SCADA	26
1.4.4	Objectifs du SCADA	27
1.4.5	Composants du système SCADA	27
1.4.6	Architecture du SCADA	30
1.4.7	Types de SCADA	32
1.4.8	Protocoles employés dans un environnement SCADA	35
1.4.9	Application du SCADA	36
1.4.10	Évolution	36
1.4.11	Bénéfices du SCADA	37
1.4.12	Les inconvénients du système SCADA	38
1.5	Digital twin	38
1.5.1	Définition du digital twin	38
1.5.2	Le concept du digital twin	38
1.5.3	Types de digital twin	38
1.5.4	Fonctionnement d'un digital twin	40
1.5.5	Les avantages d'un digital twin	40
1.6	Conclusion	41
2	Outils et logiciels de supervision industrielle	42
2.1	Intoduction	42
2.1.1	Les logiciels SCADA	43
2.2	SIMATIC WinCC	44
2.2.1	Définition	44
2.2.2	Les versions de SIMATIC WinCC	45
2.2.3	Différence entre les versions de WinCC	46
2.3	WinCC flexible	46
2.3.1	Pourquoi choisir WinCC flexible	46
2.3.2	Les composantes de WinCC flexible	47
2.3.3	Fonctionnalités	49

2.3.4	Caractéristiques techniques	49
2.3.5	Les avantages de WinCC flexible	50
2.4	Mise en service un projet de WinCC flexible	50
2.4.1	Démarrage du logiciel Wincc flexible 2008	50
2.4.2	Création d'un nouveau projet	51
2.4.3	Création d'IHM	56
2.4.4	Simulation(Runtime)	59
2.5	Conclusion	60
3	Création d'une IHM pour un système MPS variant	61
3.1	Introduction	61
3.2	Objectif	61
3.3	SIMATIC STEP7	62
3.3.1	Les modifications de la station de distribution	62
3.3.2	Les modifications de la station de séparation	65
3.4	Configuration WinCC flexible et Step7 pour notre système	67
3.4.1	Insertion de la Station SIMATIC HMI	67
3.4.2	Configuration matérielle	68
3.4.3	Communication via câble Ethernet	69
3.4.4	NETPRO	70
3.4.5	La liaison entre WinCC flexible et la station	71
3.5	Interface homme/machine de la station de distribution	72
3.5.1	Chargement des variables sous WinCC Flexible	72
3.5.2	La configuration des vues	72
3.6	Interface homme/machine de la station de séparation	82
3.6.1	Chargement les variables sous WinCC Flexible	82
3.6.2	La configuration des vues	83
3.7	Simulation et supervision via WinCC flexible et S7-PLCSIM	86
3.7.1	Station de distribution	87
3.7.2	Station de séparation	90
3.8	Conclusion	93
	Conclusion générale	94

TABLE DES FIGURES

1.1	Histoire de la révolution industrielle [25]	18
1.2	Les neuf piliers de l'avancement technologique [7]	21
1.3	Fonctions de la supervision[12]	23
1.4	Supervision active[26]	24
1.5	Supervision passive [26]	24
1.6	L'emplacement du SCADA dans la pyramide industrielle[14]	25
1.7	Architecture matérielle [27]	31
1.8	Architecture logicielle [27]	31
1.9	Systèmes SCADA monolithiques [20]	32
1.10	Systèmes SCADA distribués[20]	33
1.11	Systèmes SCADA networking [20]	33
1.12	Technologie de l'Internet des objets [20]	34
1.13	L'idéal conceptuel pour le PLM[17]	39
2.1	LOGOs de l'entreprise de développement	44
2.2	La fenêtre principale du WinCC flexible	47
2.3	Raccourci du WinCC flexible 2008	50
2.4	L'interface principale du logiciel WinCC flexible	51

2.5	La page pour choisir le type de projet	52
2.6	Configuration de pupitre et type d'automate	53
2.7	Informations sur le projet	54
2.8	Choix du pupitre	54
2.9	Intégration de projet WinCC sur Step7 Manager	55
2.10	Vue de projet(liaisons)	56
2.11	Liaison sous WinCC	56
2.12	Création des vues	57
2.13	Vue de projet (variables)	57
2.14	Fenêtre des variables	58
2.15	Fenêtre des outils	59
2.16	Runtime	59
2.17	La fenêtre de WinCC Runtime	59
3.1	Station de distribution	62
3.2	Nouvelle table mnémonique de la station de distribution	63
3.3	Modification de la station de distribution N°1	64
3.4	Modification de la station de distribution N°2	64
3.5	Nouveau programme de la station de distribution N°2	65
3.6	Station de séparation	66
3.7	Nouvelle table mnémonique de la station de séparation	66
3.8	Nouveau programme de la station de séparation	67
3.9	Insertion d'une Station SIMATIC HMI	68
3.10	Configuration matérielle (1)	68
3.11	Configuration matérielle (2)	69
3.12	Configuration réseau	70
3.13	NETPRO	70
3.14	La liaison entre WinCC flexible et la station	71
3.15	La liaison sous WinCC flexible	71
3.16	Variables utilisées dans la conception de l'IHM de distribution	72
3.17	Les vues de la station de distribution	73
3.18	Modèle	73

3.19	Représentation de la vue de commande	74
3.20	Création d'un bouton "START" (1)	76
3.21	Création d'un bouton "START" (2)	76
3.22	Création d'un bouton "START" (3)	76
3.23	Représentation de la vue de distribution	77
3.24	Création d'un actionneur (1)	79
3.25	Création d'un actionneur (2)	79
3.26	Création d'un capteur "B4"	80
3.27	Représentation de la vue d'alarme	80
3.28	Création de la vue des alarmes (1)	82
3.29	Création de la vue des alarmes (2)	82
3.30	Variables utilisées dans la conception de l'IHM de séparation	83
3.31	Les vues de la station de séparation	83
3.32	Représentation de la vue de commande	84
3.33	Représentation de la vue de séparation	84
3.34	Représentation de la vue des alarmes	85
3.35	Création de la vue des alarmes analogiques	86
3.36	Icône WinCC Runtime sur WinCC flexible	87
3.37	Simulation et supervision de la station de distribution	87
3.38	Supervision de la station de distribution (1)	88
3.39	Supervision de la station de distribution (2)	88
3.40	Supervision de la station de distribution (3)	89
3.41	Supervision de la station de distribution (4)	89
3.42	Supervision de la station de distribution (5)	90
3.43	Supervision de la station de séparation (1)	90
3.44	Supervision de la station de séparation (2)	91
3.45	Supervision de la station de séparation (3)	91
3.46	Supervision de la station de séparation (4)	92
3.47	Supervision de la station de séparation (5)	92

LISTE DES TABLEAUX

2.1 Les éléments de l'espace de travail	48
---	----

ABRÉVIATION

API	<i>Automate Programmable Industriel</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>
IHM	<i>Interface Homme Machine</i>
HMI	<i>Human Machine Interface</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i>
MTU	<i>Master Terminal Unit</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
Web	<i>Website</i>
PCN	<i>Process Control Networks</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
DNP3	<i>Distributed Network Protocol 3</i>
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
EPA	<i>Enhanced Performance Architecture</i>

HDLC	<i>High Level Data Link Control</i>
Profibus	<i>Process Field Bus</i>
DP	<i>Decentralized Periphery</i>
PLM	<i>Product Lifecycle Management</i>
DTP	<i>Digital Twin Prototype</i>
DTI	<i>Digital Twin Instance</i>
DT	<i>Digital Twin</i>
WinCC	<i>Windows Control Center</i>
RT	<i>Runtime</i>
AFB	<i>Agro Food Business</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ACQ	<i>Aquitement</i>

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Face aux progrès de l'automatisation et la complexité des processus, la nécessité de développer des systèmes de supervision fiables et performants pour que les opérateurs puissent connaître l'état des processus et interagir promptement en cas de situations aberrantes est avérée. Les systèmes de supervision et de contrôle sont aujourd'hui présents partout puisqu'ils offrent un affichage dynamique du processus avec les diverses alarmes et événements qui se produisent et donnent la possibilité d'une intervention immédiate en cas de défaillance. [11].

Les systèmes de supervision situés dans les salles de contrôle ou à l'intérieur de la machine permettent de relayer et de contrôler la vision physique des appareils de manière centralisée. Dans ce contexte, l'objectif de ce projet est de concevoir une interface homme-machine (IHM) de FESTO AFB (chaîne de production didactique) en utilisant le logiciel de supervision WinCC flexible. Pour ce faire, nous avons suivi la démarche méthodologique suivante pour atteindre les objectifs de ce projet :

- Dans le premier chapitre, nous présentons la quatrième révolution industrielle "industrie 4.0" et nous donnons des notions générales sur la supervision industrielle. Le système SCADA et le modèle virtuel digital twin sont aussi présentés et expliqués montrant leur architecture, fonctionnement et avantages.
- Un aperçu des différents logiciels du système SCADA et le logiciel de supervision "WinCC flexible" ainsi que les étapes à suivre pour la configuration du logiciel sont présentés et détaillés dans le deuxième chapitre.
- Le troisième chapitre est consacré à la présentation des différentes vues d'interfaces homme/machine

créées pour les deux stations du système AFB. La simulation du programme et la visualisation de son animation en temps réel sont effectuées afin de valoriser et valider les résultats obtenus.

Ce mémoire est clôturé par une conclusion générale et des perspectives futures.

CHAPITRE

1

GÉNÉRALITÉS SUR LA SUPERVISION INDUSTRIELLE

1.1 Introduction

La supervision est une technologie industrielle utilisée pour superviser et contrôler le processus de production automatisé. Elle consiste à saisir et à collecter les données d'un système afin de prendre la bonne décision pour le meilleur fonctionnement du processus.

Dans ce chapitre, nous présenterons la notion de la quatrième révolution industrielle "l'industrie 4.0". Par la suite, nous parlerons de la supervision, puis nous nous focaliserons sur le système SCADA qui a la possibilité d'obtenir des informations à distance pour effectuer des fonctions d'affichage permettant de contrôler et de surveiller des systèmes.

Et à la fin de ce chapitre, nous fournirons les concepts clés de base de digital twin (les jumeaux numériques).

1.2 L'industrie 4.0

1.2.1 Historique

Le projet "industrie 4.0" a pour but de développer de nouvelles organisations de production sur l'ensemble de la chaîne de valeur. "L'industrie 4.0" est proclamée comme la quatrième révolution industrielle [1.1](#).

La première révolution industrielle a été lancée dans les années 1780 par la création de l'usine de production mécanisée, en particulier grâce à l'invention de la machine à vapeur.

La deuxième révolution industrielle a commencé en 1850, avec la découverte de l'électricité et de la production de masse.

Durant les années 1970, la troisième révolution industrielle a marqué l'entrée dans le monde de l'automatisation avec le développement de l'électronique et les débuts de l'automatisation et de l'informatique industrielle.

La quatrième révolution industrielle a commencé avec l'internet des objets connectés et le cloud computing, pour la fabrication de produits grâce à des systèmes intelligents, comme les systèmes de simulation et les capteurs [\[25\]](#).



FIGURE 1.1 – Histoire de la révolution industrielle [\[25\]](#)

1.2.2 Définition

L'industrie 4.0 est un sujet d'actualité qui touche les sociétés et les organisations actuelles et faisant l'objet de recherches dans les secteurs universitaire et industriel .

Bien que les écrits consensuels sur les principes de ce qu'on appelle l'industrie 4.0 soient multiples, il est difficile de trouver une définition commune du concept d'" industrie 4.0 ". La multidisciplinarité du concept d'industrie du futur, reflétée par le fort intérêt porté à ce concept,

conduit à l'émergence d'une diversité de terminologies telles que "industrie du futur", "industrie numérique", "industrie intelligente", "internet industriel" ou encore "numérique" [7].

1.2.2.1 Définition 1

«Industrie 4.0 fait référence aux avancées technologiques récentes dans lesquelles Internet et les technologies associées servent de pivot pour intégrer des objets physiques, des acteurs humains, des machines intelligentes, des lignes de production et des processus dépassant les limites organisationnelles afin de former une nouvelle chaîne de valeur plus agile, intelligente et connectée» [28].

1.2.2.2 Définition 2

«Des systèmes qui communiquent et collaborent entre eux, mais aussi avec les humains, afin de décentraliser la prise de décision.» (Danjou et al., 2017).

1.2.2.3 Définition 3

Aussi, la définition que donne Général Electric à l'expression terme d'internet industriel, permet de confirmer la pluridisciplinarité du concept d'industrie 4.0. Cette définition décrit l'intégration des machines, des ordinateurs et des personnes avec des capteurs, des objets et des logiciels permettant la prédiction, la planification et le contrôle des opérations industrielles et générant des résultats organisationnels transformationnels.

1.2.3 Principes de conception de l'industrie 4.0

Le but de l'industrie 4.0 est de connecter les systèmes, les machines et les unités de travail pour former des réseaux intelligents sur la chaîne de valeur qui peut fonctionner séparément et se contrôler mutuellement de manière autonome mais néanmoins cohérente.

Une usine 4.0 fonctionne selon six principes [25] :

1. L'usine est virtualisée :

Pour pouvoir simuler et surveiller en 3D les produits, les processus et les environnements de production.

2. Les systèmes sont interopérables :

Ils ont la faculté de communiquer et d'interagir les uns avec les autres.

3. Les décisions sont décentralisées :

Les systèmes cyber-physiques sont capables de prendre des décisions de manière autonome.

4. L'analyse et la prise de décision :

Sont effectuées en temps réel, et cela grâce à une communication permanente et instantanée

5. Elle est orientée service :

Amélioration de la maintenance et nouvelles offres de services.

6. Elle est modulaire :

Elle est capable de s'adapter rapidement à un changement de demande.

1.2.4 Les neuf piliers de l'avancement technologique (les composantes de l'industrie 4.0)

Bon nombre des neuf avancées technologiques qui forment la base de l'industrie 4.0 sont déjà appliquées dans le secteur manufacturier, mais grâce à l'industrie 4.0, ils vont pouvoir transformer la production [7] :

- Cellules isolées et optimisées se regrouperont pour former un flux de production intégré, automatisé et optimisé.
- Pour accroître l'efficacité et changer les relations traditionnelles de production entre fournisseurs, les producteurs, les clients, et entre l'homme et la machine.

La figure 1.2 représente les neuf tendances technologiques de l'industrie 4.0.

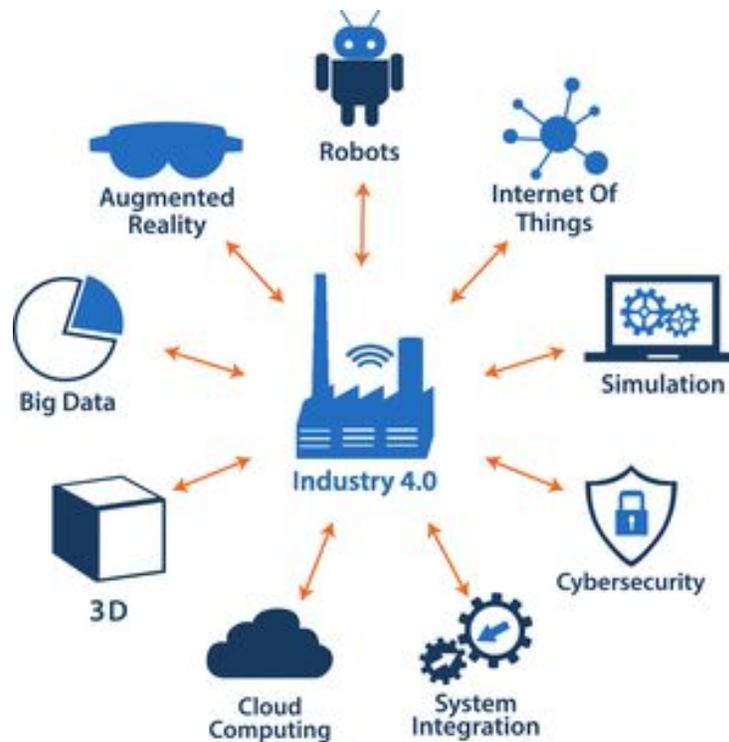


FIGURE 1.2 – Les neuf piliers de l’avancement technologique [7]

1.3 Supervision industrielle

1.3.1 Définition de supervision

La supervision industrielle consiste à surveiller d’une manière continue et en temps réel une installation ou une machine industrielle. Elle permet de visualiser de manière dynamique le processus avec les différentes alarmes, et les événements survenant pendant le fonctionnement de la machine [4].

Ces systèmes basés sur le concept de supervision peuvent être définis comme "intelligents" parce qu’ils sont programmés pour traiter un grand nombre de combinaisons de données et de variations [2].

1.3.2 Pourquoi Superviser ?

Selon [10], la supervision dans le but de :

- Vérifier la disponibilité des services/fonctions.
- Contrôler l’utilisation des ressources.

- Vérifier qu'elles sont suffisamment nombreuses (dynamique).
- Détecter et localiser les pannes.
- Dépanner les défaillances.
- Prévenir les défaillances/défauts/débordements .
- Prévoir les évolutions.
- Surveiller les variables.

1.3.3 Fonctions de la supervision

La figure 1.3 représente les divers fonctions de la supervision [12] :

1.3.3.1 Synoptique

Fonction indispensable de surveillance, assure une représentation synthétique, dynamique et momentanée de l'ensemble des outils de production de l'entreprise.

Elle permet à l'opérateur de dialoguer avec le processus et visualiser le comportement normal.

1.3.3.2 Courbes

- Fournit une représentation graphique de diverses données de processus.
- Fournit les outils pour analyser les variables historiques .

1.3.3.3 Alarmes

- Détermine en temps réel les conditions de déclenchement des alarmes.
- Affiche toutes les alarmes en fonction des règles de priorisation.
- Donne les outils de gestion à partir de la mise en compte jusqu'à la résolution complète.
- Assure l'enregistrement de chaque étape du traitement d'une alarme .

1.3.3.4 Historisation du procédé

- Permet l'enregistrement périodique de quantités (archivage continu).
- Assure la sauvegarde d'événements horodatés (archivage sélectif).
- Offre des outils de recherche dans les fichiers archivés.
- Permet de relancer le synoptique avec les données archivées.
- Permet de conserver une trace validée des données critiques.

1.3.3.5 Gestion des gammes de fabrication et recettes

- Fournit un outil de gestion des batchs de fabrication .
- Permet de gérer les paramètres de réglage des machines pour chaque lot.

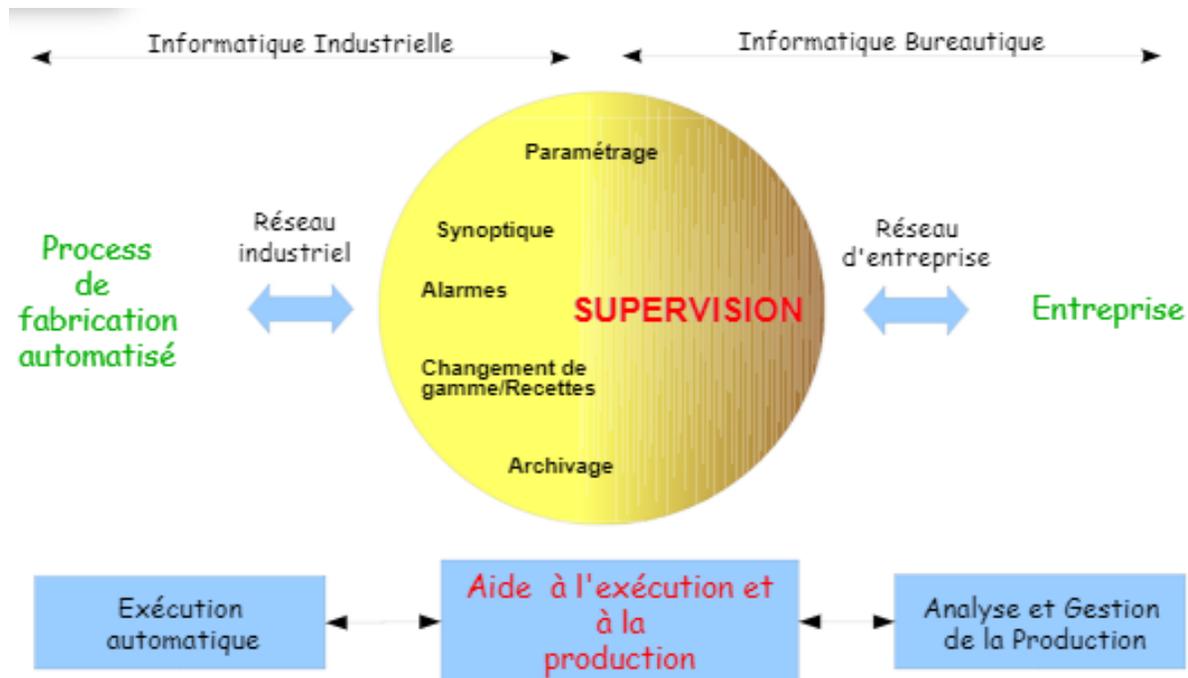


FIGURE 1.3 – Fonctions de la supervision[12]

1.3.4 La supervision active et passive

Les deux principales méthodes de surveillance sont passive et active, décrites brièvement ci-dessous [26].

1.3.4.1 Supervision active

C'est la méthode 1.4 la plus utilisée, elle a l'avantage d'être fiable, les contrôles des données supervisées sont effectués régulièrement et en mode questions-réponses. Elle se compose des étapes suivantes :

- Le serveur envoie une requête à la ressource supervisée.
- La ressource répond à la demande du serveur.
- Le serveur analyse les informations et détermine un état pour la ressource.

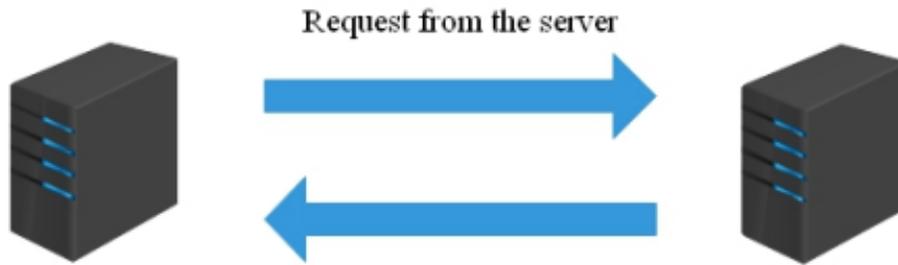


FIGURE 1.4 – Supervision active[26]

1.3.4.2 Supervision passive

Les données supervisées sont vérifiées dans les unités distantes, et les résultats sont transmis au serveur, le serveur reçoit les alertes et les traite. L'échange de données est unidirectionnel 1.5.

Elle présente l'avantage de réduire les coûts de communication, mais un inconvénient majeur concerne la mise à jour de l'information, il n'y a aucune garantie que la ressource supervisée est dans un état correct si aucune donnée n'est reçue.

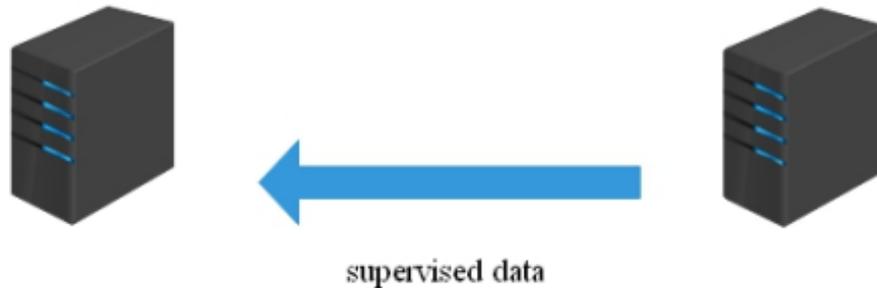


FIGURE 1.5 – Supervision passive [26]

1.4 Système SCADA

1.4.1 Bref historique de SCADA

Le SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) existe depuis que les systèmes de contrôle existent.

Les premiers systèmes SCADA utilisaient l'acquisition de données au moyen de panneaux de compteurs, de lampes et d'enregistreurs à bande. L'opérateur actionnant manuellement divers boutons de commande exerçait un contrôle de supervision.

Ces appareils étaient et sont toujours utilisés pour faire le contrôle de surveillance et l'acquisition de données sur les usines et les installations de production d'électricité [9].

1.4.2 L'emplacement du SCADA dans la pyramide industrielle

La pyramide d'automatisation 1.6 est un exemple illustré des différents niveaux d'automatisation dans une usine ou une industrie. Elle sert également d'exemple visuel de l'intégration de la technologie dans l'industrie. Regardons de plus près et essayons de décomposer la pyramide [14].

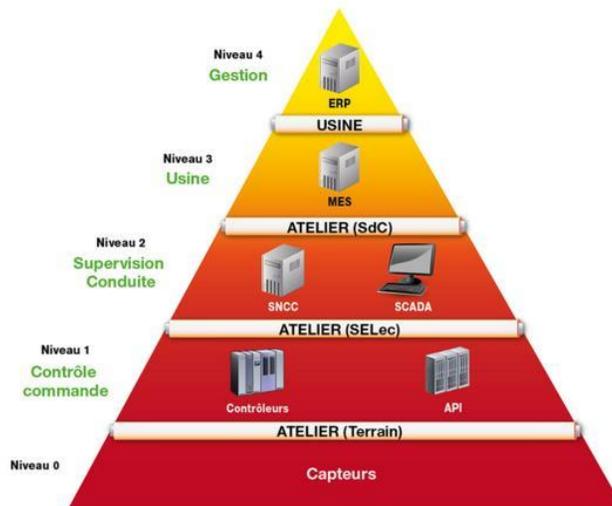


FIGURE 1.6 – L'emplacement du SCADA dans la pyramide industrielle[14]

1.4.2.1 Niveau 0

Le niveau "terrain" est l'étage de production qui effectue le travail physique et le contrôle. Les moteurs électriques, les actionneurs hydrauliques et pneumatiques pour déplacer les machines, les détecteurs de proximité utilisés pour détecter ce mouvement ou certains matériaux.

1.4.2.2 Niveau 1

Le niveau de contrôle, c'est là que les automates et les PID entrent en jeu.

Ce dernier utilise ces dispositifs pour contrôler et "faire fonctionner" les dispositifs du niveau terrain qui effectuent réellement le travail physique.

1.4.2.3 Niveau 2

Le troisième niveau de la pyramide de l'automatisation est connu sous le nom de niveau de supervision, ce niveau utilise le système SCADA. Le SCADA est essentiellement la combinaison des niveaux précédents utilisés pour accéder aux données et aux systèmes de contrôle à partir d'un seul endroit.

De plus, il ajoute généralement une interface utilisateur graphique, ou IHM, pour contrôler les fonctions à distance .

1.4.2.4 Niveau 3

Le quatrième niveau de la pyramide d'automatisation est appelé le niveau de planification. Ce niveau utilise un système de gestion informatique connu sous le nom de MES ou système d'exécution de la fabrication.

Le MES surveille l'ensemble du processus de fabrication dans une usine ou un établissement, des matières premières au produit fini. Cela permet à la direction de voir exactement ce qui se passe et de prendre des décisions sur la base de ces informations .

1.4.2.5 Niveau 4

Niveau de gestion : ERP (un système de planification des ressources de l'entreprise) qui utilise les différentes technologies des niveaux précédents, ainsi que d'autres technologies, pour visualiser et contrôler les activités de toute une entreprise, de l'intérieur vers l'extérieur .

1.4.3 Définition du SCADA

Un système SCADA représente contrôle de supervision et acquisition de données. Il ne s'agit pas d'un système de contrôle complet, mais plutôt d'un système qui se concentre sur les fonctions de supervision[13].

Il est un système qui obtient des informations sur l'état de l'équipement à distance en intégrant l'utilisation de signaux codés sur le canal de communication pour réaliser des fonctions d'affichage ou d'enregistrement, et le système de surveillance peut être intégré au système d'acquisition de données[33].

1.4.4 Objectifs du SCADA

Le système SCADA est un système d'éléments logiciels et matériels qui permet aux organisations industrielles de [15] :

- Contrôler les processus industriels localement ou à distance.
- Surveiller, recueillir et traiter des données en temps réel.
- Interagir directement avec des dispositifs tels que des capteurs, des vannes, des pompes, des moteurs, etc, par le biais d'une interface homme-machine.
- Enregistrer les événements dans un fichier journal.

Les systèmes SCADA sont essentiels pour les organisations industrielles, car ils permettent de maintenir l'efficacité, de traiter les données pour prendre des décisions plus intelligentes et de communiquer les problèmes du système afin de limiter les temps d'arrêt .

1.4.5 Composants du système SCADA

Un système SCADA se compose généralement des éléments principaux suivants :

1.4.5.1 Surveillance des ordinateurs

C'est le cœur du système SCADA, qui collecte les données du processus et envoie des commandes de contrôle aux appareils connectés sur le terrain. Il s'agit de l'ordinateur et du logiciel responsables de la communication avec les contrôleurs connectés sur le terrain, qui sont des RTU et des API, et comprend le logiciel IHM fonctionnant sur le poste de travail de l'opérateur.

Dans les petits systèmes SCADA, Il peut consister en un seul ordinateur, auquel cas l'IHM fait partie de ce dernier.

Dans les systèmes SCADA plus importants, le maître peut comprendre plusieurs IHM hébergés sur des ordinateurs clients, plusieurs serveurs pour la collecte des données, des applications logicielles distribuées et des sites de reprise après une panne.

Pour améliorer l'intégrité du système, plusieurs serveurs sont généralement configurés selon une architecture à double redondance ou de secours à chaud, assurant un contrôle et une surveillance continus en cas de panne ou de dysfonctionnement d'un serveur[24].

1.4.5.2 Unité terminale à distance(RTU)

Les RTUs (remote terminal units) se connectent aux capteurs dans le processus et convertissent les signaux des capteurs en données numériques. Ils disposent d'un matériel de télémétrie capable d'envoyer et de recevoir des données numériques au système de supervision.

Les RTUs ont souvent des capacités de contrôle intégrées telles que la logique à relais afin d'accomplir des opérations logiques booléennes. Ils sont connectés aux capteurs et aux actionneurs de ce processus et à un système informatique de surveillance.

Les RTUs sont des "entrées/sorties intelligentes" et possèdent souvent des fonctions de contrôle intégrées telles que la logique ladder pour effectuer des opérations de logique booléenne [18].

1.4.5.3 Unité terminale principale(MTU)

L'unité terminale principale est généralement définie comme le maître ou le cœur d'un système SCADA et se trouve dans l'installation de contrôle centrale des opérateurs.

Le MTU initie pratiquement toutes les communications avec les sites distants et s'interface avec un opérateur. Les données provenant des dispositifs de terrain distants (pompes, vannes, alarmes, etc.) sont envoyées à la MTU pour être traitées, stockées et/ou envoyées à d'autres systèmes[1].

1.4.5.4 Les automates programmables industriels

Ils se connectent aux capteurs et aux actionneurs d'un processus et sont mis en réseau avec le système de surveillance de la même manière que les RTUs.

Les API ont des capacités de contrôle embarquées plus sophistiquées que les RTUs et sont programmés dans un ou plusieurs langages de programmation de la norme IEC 61131-3¹.

Les automates sont souvent utilisés pour remplacer les RTUs en tant qu'appareils de terrain, car ils sont plus économiques, polyvalents, flexibles et configurables[24].

1.4.5.5 Infrastructure de communication

Il relie le système informatique de surveillance aux unités terminales distantes (RTU) et aux automates programmables (API) comme il peut utiliser les protocoles standard de l'industrie ou ceux du fabricant. En utilisant la dernière commande donnée par le système de surveillance, le

1. La norme qui spécifie la syntaxe et la sémantique d'une suite unifiée de langages de programmation pour les automates programmables.

RTU et l'API peuvent fonctionner automatiquement dans le processus de contrôle en temps quasi réel.

Une défaillance du réseau de communication n'arrêtera pas nécessairement le contrôle du processus de l'usine et les opérateurs pourront continuer à surveiller lorsque la communication sera rétablie.

Certains systèmes critiques disposeront de deux autoroutes de données redondantes, souvent reliées par des voies différentes[24].

1.4.5.6 Interface homme-machine(IHM)

1. Définition :

L'interface homme-machine (IHM) est la fenêtre de l'opérateur du système de surveillance, il présente les informations sur l'installation à l'opérateur sous la forme d'une maquette, qui est une vue schématique de l'installation contrôlée, ainsi que des pages d'enregistrement des alarmes et des événements.

L'IHM se connecte à l'ordinateur de surveillance SCADA pour fournir des données en temps réel afin de piloter les maquettes, les affichages d'alarme et les graphiques de tendance[8].

2. Conception d'une IHM :

Les défis importants de la plupart des processus d'informatisation et d'automatisation, destinés à la conception de systèmes industriels homme-machine de plus en plus complexes, imposent la prise en compte des facteurs humains dans l'approche globale.

A ce propos, des outils, techniques, méthodes et modèles susceptibles de contribuer au développement des systèmes homme-machine émergent actuellement de l'ensemble des sciences techniques et humaines.

La conception des IHM s'appuie principalement sur [32, 16] :

- La première phase est une étape de planification, au cours de laquelle un certain nombre de décisions sont prises.
- La phase suivante consiste à spécifier le contexte d'utilisation, vient ensuite l'analyse et la modélisation des tâches humaines et des acteurs impliqués dans le système homme-machine.
- La dernière phase consiste à produire des solutions de conception.

3. Architecture logicielle de l'IHM :

Il est nécessaire de présenter certaines notions fondamentales sur la conception de logiciels liés à l'IHM. En effet, la mise en œuvre d'un système interactif et en particulier de la partie qui concerne l'interface homme-machine est une tâche difficile, longue et coûteuse. Ce constat refuse de disparaître malgré les progrès techniques et les efforts de recherche dans le domaine de l'interaction homme-machine.

Les raisons sont multiples : tout d'abord, l'attitude de l'utilisateur soumis aux "ordres de la machine", est désormais remplacée par un utilisateur plus exigeant qui veut voir dans l'ordinateur un moyen utile disponible partout et à tout moment. De plus, l'innovation technologique s'accélère, elle se manifeste par les progrès des performances et de la miniaturisation mais aussi par des techniques interactives toujours plus robustes[32].

1.4.6 Architecture du SCADA

Le plus fréquemment, ce système se constitue des éléments suivants : équipement d'exploitation, processeurs locaux, instruments, API, RTU, terminal maître, dispositifs électroniques intelligents et un ordinateur avec IHM.

Cependant, pour simplifier la compréhension, l'architecture SCADA peut être répartie en deux catégories [27] :

- Architecture matérielle (Hardware). 1.7.
- Architecture logicielle (Software). 1.8.

1.4.6.1 Architecture matérielle

L'architecture matérielle 1.7 de ce système est divisée en deux parties :

- La couche client : IHM.
- Couche serveur de données : traitement des données.

La station SCADA est constituée d'un seul ordinateur, les appareils et les serveurs de données sont reliés entre eux par des RTUs ou des API. Les automates sont soit directement branchés aux serveurs de données, soit par des bus et des réseaux.

Ce système utilise des réseaux LAN et WAN pour communiquer entre les appareils et la station maître. Les capteurs sont connectés aux automates ou aux RTUs qui transforment les signaux des capteurs en données numériques.

Ces données sont ensuite envoyées à l'unité maître pour un retour d'information approprié. À la réception du retour d'information, les RTUs appliquent les signaux électriques aux relais [27].

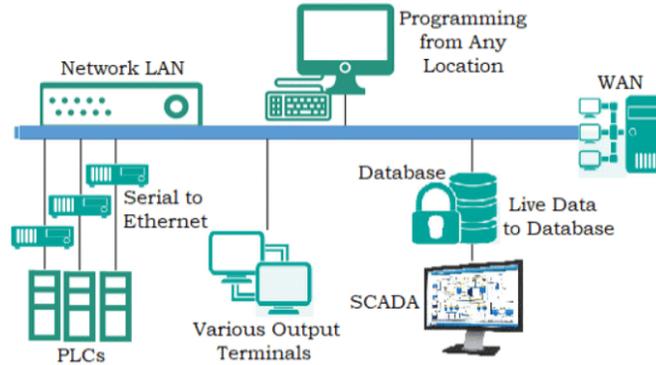


FIGURE 1.7 – Architecture matérielle [27]

1.4.6.2 Architecture logicielle

Les serveurs sont principalement utilisés pour la base de données en temps réel et le multitâche, et sont responsables de la gestion et de l'analyse des données. L'architecture logicielle 1.8 de ce système se compose de programmes qui fournissent des informations sur les tendances et les diagnostics.

Les programmes aident également à gérer des informations telles que des informations logistiques, des calendriers de maintenance, des diagrammes détaillés d'une machine ou d'un capteur spécifique, et des guides de dépannage [27].

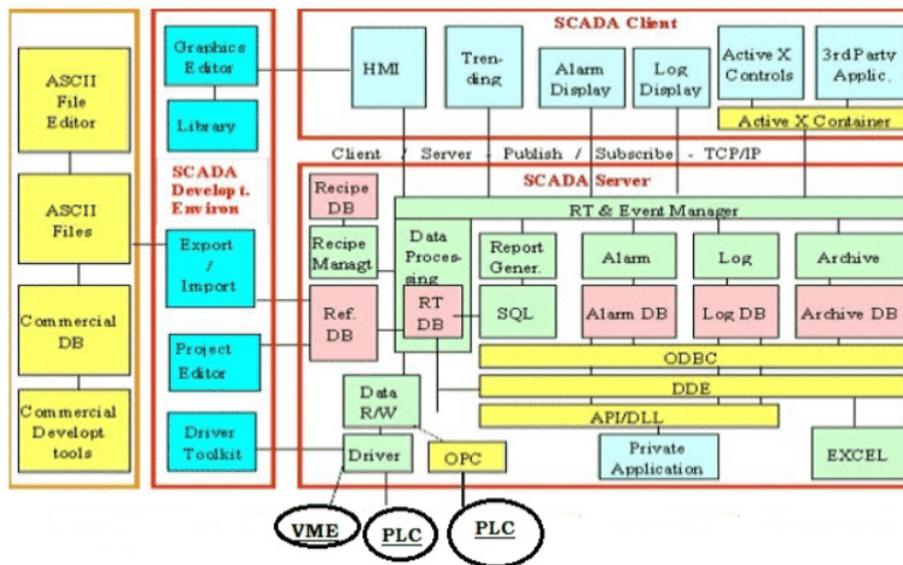


FIGURE 1.8 – Architecture logicielle [27]

1.4.7 Types de SCADA

Selon [24], il existe différents types de systèmes SCADA qui peuvent être considérés comme des architectures SCADA de quatre générations différentes :

1. **Première génération** : systèmes SCADA monolithiques.
2. **Deuxième génération** : systèmes SCADA distribués.
3. **Troisième génération** : systèmes SCADA en réseau.
4. **Quatrième génération** : technologie de l'Internet des objets.

1.4.7.1 Systèmes SCADA monolithiques

Les premiers calculs du système SCADA étaient effectués par de grands mini-ordinateur et les services Web qui étaient courants lors du développement du SCADA n'existent pas.

Par conséquent, un système SCADA est un système indépendant qui n'est pas connecté à d'autres systèmes. Les protocoles de communication utilisés à l'époque étaient strictement propriétaires.

La redondance du système SCADA de première génération 1.9 a été réalisée à l'aide de tous les sites d'unités terminales distantes et utilisée en cas de défaillance du système hôte principal connecté à un système de secours. Certains systèmes SCADA de première génération ont été développés pour fonctionner sur des équipements numériques [20].

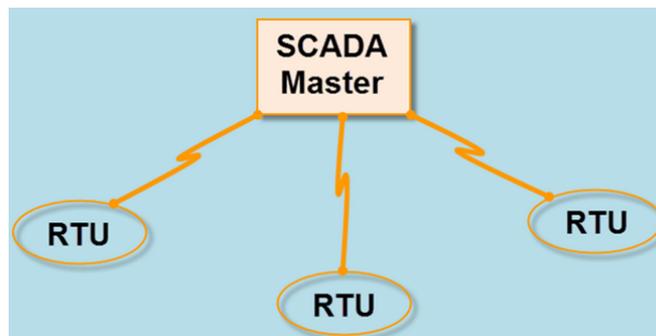


FIGURE 1.9 – Systèmes SCADA monolithiques [20]

1.4.7.2 Systèmes SCADA distribués

Le traitement des informations et des commandes SCADA est réparti entre plusieurs sites connectés par un réseau local. Les données sont partagées en temps quasi réel. Chaque station est

responsable d'une tâche particulière, ce qui réduit les coûts par rapport à la première génération de SCADA.

Les protocoles réseaux utilisés ne sont pas encore standardisés. Comme ces protocoles sont propriétaires, peu de personnes autres que les développeurs savent comment déterminer la sécurité d'une installation SCADA 1.10. La sécurité dans les installations SCADA est souvent négligée [20].

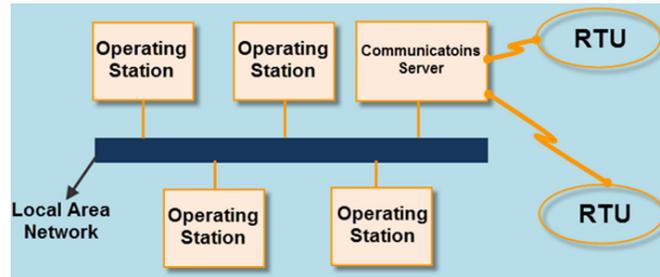


FIGURE 1.10 – Systèmes SCADA distribués[20]

1.4.7.3 Systèmes SCADA en réseau(networking)

Semblable à une architecture distribuée, tout SCADA complexe peut être réduit aux composants les plus simples et connectés par des protocoles de communication. Dans le cas d'une conception en réseau, le système peut être distribué sur plusieurs réseaux LAN appelés Réseaux de contrôle des processus (PCN) et séparés géographiquement.

Plusieurs SCADA à architecture distribuée fonctionnant en parallèle avec un seul superviseur et un seul historique peuvent être considérés comme une architecture réseau 1.11. Cela permet une solution plus rentable dans les systèmes à très grande échelle[20].

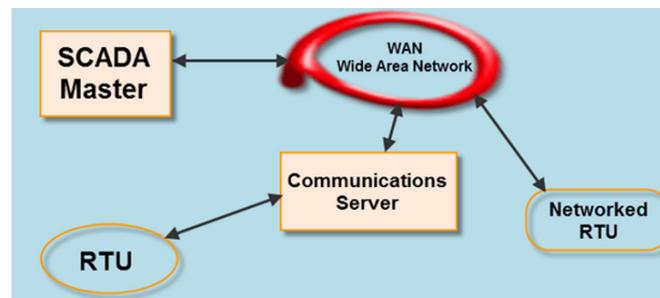


FIGURE 1.11 – Systèmes SCADA networking [20]

1.4.7.4 La technologie de l'internet des objets

Avec la disponibilité commerciale du cloud computing, les systèmes SCADA adoptent de plus en plus la technologie IoT 1.12, réduisant considérablement les coûts d'infrastructure et augmentant la facilité de maintenance et d'intégration.

En conséquence, les systèmes SCADA peuvent désormais signaler l'état en temps réel en utilisant l'échelle horizontale de l'installation d'informatique en nuage pour mettre en œuvre des algorithmes de contrôle plus complexes que ce qui est pratiquement possible avec les API.

En outre, l'utilisation de protocoles de réseau ouverts tels que ceux inhérents à la technologie IoT fournit une frontière de sécurité plus compréhensible et gérable que le mélange hétérogène de protocoles de réseau propriétaires typique de nombreuses implémentations SCADA décentralisées [27].

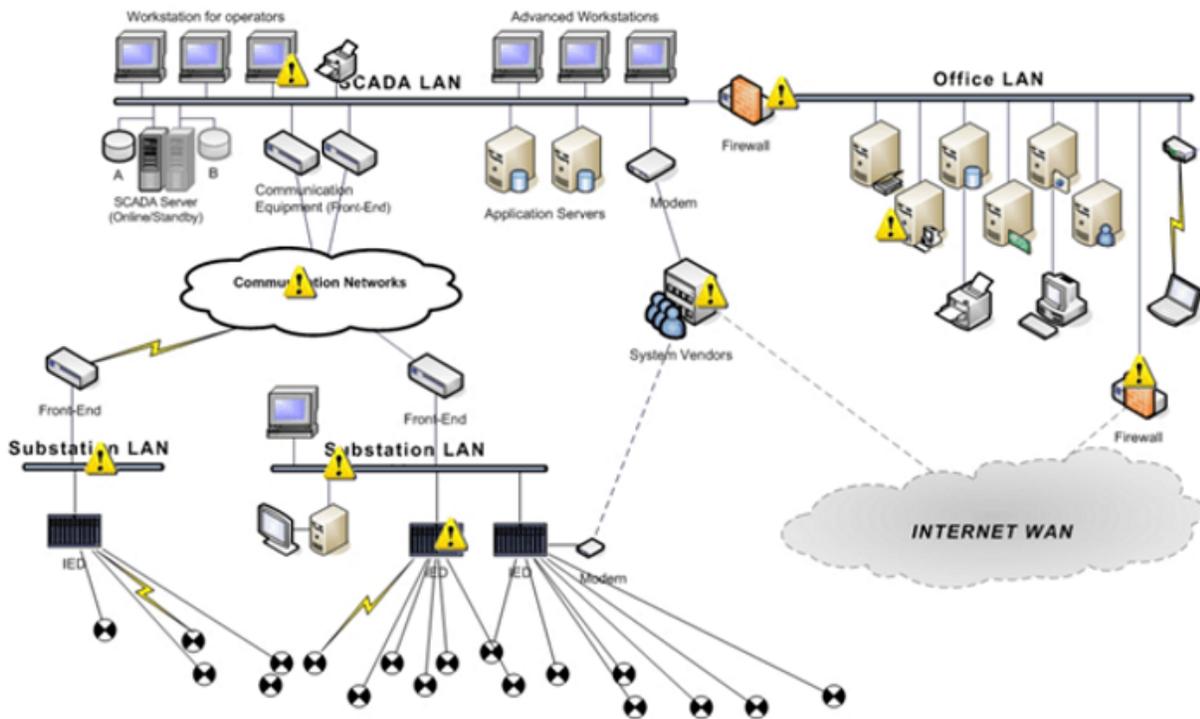


FIGURE 1.12 – Technologie de l'Internet des objets [20]

1.4.8 Protocoles employés dans un environnement SCADA

1.4.8.1 Modbus

Modbus est un protocole de transmission , créé en 1979 par Gould Modicon (maintenant Schneider Electric) pour les systèmes de contrôle de processus.

Modbus est un protocole simple, flexible, publié publiquement, qui permet aux appareils de d'échanger des données discrètes et analogiques. Les utilisateurs finaux sont au courant que spécifier Modbus comme interface nécessaire entre les sous-systèmes est un moyen de réaliser une intégration multi-fournisseurs avec le plus grand nombre d'options d'achat et au coût le plus bas.

Le modbus est disponible en trois types : le modbus ASCII, rarement utilisé aujourd'hui, le modbus RTU et le modbus TCP/IP [22].

1.4.8.2 DNP3

DNP3 (Distributed Network Protocol) est l'un des protocoles de réseau SCADA modernes et basé sur les technologies ouvertes. DNP3 est un protocole bidirectionnel entre le maître et l'esclave via divers supports de communication.

Il s'agit d'un relativement fiable et efficace, et permet de réduire la bande passante du réseau et la puissance de traitement. Pour atteindre meilleure efficacité, DNP3 adopte un modèle de couche réseau EPA " Enhanced Performance Architecture". L'EPA ne comporte que trois couches réseau :

- Physique.
- Liaison de données.
- Les couches d'application.

Pour une meilleure fiabilité, le DNP3 inclut la fonction de transport dans sa couche d'application [21].

1.4.8.3 IEC60870-5

CEI 60870-5 est une collection de normes produites par la CEI (Commission électrotechnique internationale). Elle a été créée pour fournir une norme ouverte pour la transmission de la télé-métrie de contrôle et d'information SCADA. Elle fournit une description fonctionnelle détaillée des équipements et systèmes de télé-contrôle destinés à contrôler des processus géographiquement étendus, en particulier pour les systèmes SCADA.

La norme est destinée à être appliquée dans les industries électriques, et comporte des objets de données spécifiquement destinés à de telles applications. Elle est également applicable aux applications SCADA générales dans n'importe quelle industrie [19].

1.4.8.4 HDLC

HDLC (" High Level Data Link Control ") , son objectif est de définir un mécanisme de délimitation des trames de différents types, d'ajouter un contrôle d'erreur et même d'assurer un service de transfert de données fiable et efficace entre 2 systèmes voisins [19].

1.4.8.5 Profibus

Les appareils Profibus communiquent à l'aide du profil de communication standardisé PROFIBUS DP (Decentralized Periphery), qui définit les règles de communication.

Au cœur du profil de communication se trouve ce que l'on appelle le concept maître/esclave, selon lequel un maître (pair de communication actif) interroge cycliquement les esclaves associés (pairs de communication passifs).Lorsqu'il est interrogé, un esclave réagit en envoyant une trame de réponse au maître qui l'interroge [19].

1.4.9 Application du SCADA

Les organisations peuvent utiliser des systèmes SCADA pour [29] :

- Contrôler des processus sur place ou à distance.
- Interagir avec des appareils au moyen d'un logiciel IHM.
- Collecter, surveiller et traiter des données.
- Consigner des événements et des données.

1.4.10 Évolution

Selon [6], les fournisseurs de SCADA publient une version majeure et une à deux versions mineures supplémentaires une fois par an. Ces produits évoluent donc très vite afin de profiter de nouvelles opportunités de marché, de répondre aux nouvelles exigences de leurs clients et de tirer parti des nouvelles technologies.

La plupart des produits SCADA qui ont été évalués décomposent le processus en paramètres "atomiques" auxquels est associé un nom d'étiquette. Ceci n'est pas pratique dans le cas de très grands processus, lorsque de très grands ensembles d'étiquettes doivent être associés.

Les applications industrielles étant de plus en plus de taille, de nouvelles versions de SCADA sont désormais conçues pour traiter des appareils et même des systèmes entiers comme des entités (classes) complètes qui englobent tous leurs attributs et fonctionnalités spécifiques. En outre, elles supportent le développement multi-équipes.

En ce qui concerne les nouvelles technologies, les produits SCADA adoptent aujourd'hui :

- La technologie Web, ActiveX, Java,
- OPC comme moyen de communication interne entre les modules client et serveur.

1.4.11 Bénéfices du SCADA

D'après [6] les avantages du SCADA sont :

- Surveillance à distance 24h/24 et 7j/7.
- Enregistrement des données.
- Conception interface conviviale.
- Visualisation d'ensemble du processus de l'usine ou de la machine, ce qui facilite la tâche des opérateurs.
- Événements de données de journal.
- Alarmes de journal.
- Visualisation et enregistrement des tendances des signaux analogiques/numériques.
- Communications avec des logiciels tiers.
- Opérations clic/Touch de démarrage/arrêt des machines.
- Facile à voir/modifier les variables des machines/processus.
- Augmentation de la durée de vie de l'équipement utilisé grâce à une connaissance immédiate des performances du système.
- Réduction des coûts de main-d'œuvre requis pour le dépannage ou l'entretien.
- Aucune exigence d'investissement en capital important.
- Il donne la flexibilité de choisir des équipements et des systèmes basés sur les performances plutôt que sur la compatibilité avec la base installée.

1.4.12 Les inconvénients du système SCADA

Parmi les inconvénients du système SCADA [14] :

- Le grand nombre de capteurs connectés au système.
- La difficulté pour intégrer d'autres composants dans l'installation.
- Le coût onéreux de l'installation (matériel et logiciel).
- Les cyber-attaques présentent un danger qui peut nuire à l'ensemble de l'installation.

1.5 Digital twin

1.5.1 Définition du digital twin

Un digital twin(jumeau numérique) est un modèle virtuel d'un processus, d'un produit ou d'un service. Cette combinaison des mondes virtuel et physique permet d'analyser les données et de surveiller les systèmes pour empêcher les problèmes avant qu'ils n'atteignent, prévenir les temps d'arrêt, développer de nouvelles opportunités et même planifier l'avenir en utilisant des simulations[31].

1.5.2 Le concept du digital twin

Selon [17],le concept de base du digital twin remonte à une présentation de l'université du Michigan à l'industrie en 2002 par Dr Michael Grieves pour la formation d'un centre de gestion du cycle de vie des produits PLM (Product Lifecycle Management). La diapositive de présentation, illustrée à la figure(1.13).

Le PLM ou Product Lifecycle Management dans le titre signifiait que les systèmes virtuels et réels seraient connectés au fur et à mesure que le système passait par les quatre phases de création, de production, d'exploitation et d'élimination.

1.5.3 Types de digital twin

Les digital twins sont de deux types : Digital Twin Prototype (DTP) et Digital Twin Instance (DTI). Les DT sont utilisés dans un Digital Twin Environment (DTE).

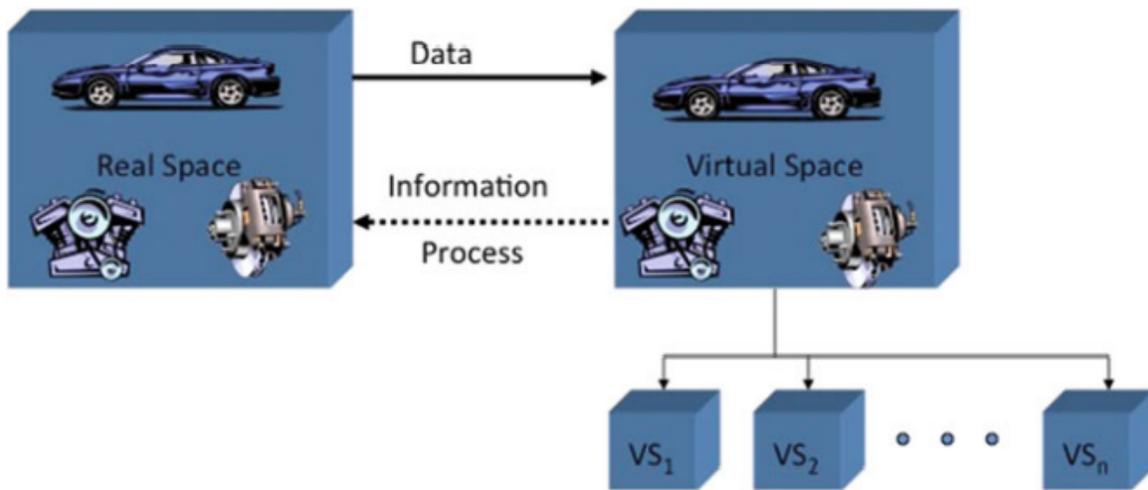


FIGURE 1.13 – L'idéal conceptuel pour le PLM[17]

1.5.3.1 Digital Twin Environment (DTE)

Il s'agit d'un espace d'application physique intégré et multi-domaine permettant d'exploiter les digital twins à des fins diverses : prédictives, interrogatives, etc[17].

1.5.3.2 Digital Twin Prototype (DTP)

Le DTP peut être décrit comme un DT qui contient l'ensemble des données/informations essentielles pour créer ou fabriquer une copie physique à partir de la version virtuelle. Cela inclut les nomenclatures, les fichiers de conception, les modèles CAO, etc.

Le cycle du produit commence par la création de la DTP, qui peut être soumise à plusieurs tests, même destructifs, avant de créer son jumeau physique.

En outre, le DTP nous aide à identifier et à éviter les scénarios imprévisibles et indésirables qui sont difficiles à identifier avec le prototypage traditionnel.

Une fois le DTP terminé et validé, son jumeau physique peut être fabriqué dans le monde réel. La précision de la simulation/modèle déterminera la qualité du jumeau physique[30].

1.5.3.3 Digital Twin Instance (DTI)

Ce type de DT est connecté à son homologue physique tout au long de son cycle de vie. La DTI est apparue au cours de la phase de production.

Une fois qu'un système physique a été construit, les données de l'espace réel sont envoyées à l'espace virtuel et vice versa pour surveiller et prévoir le comportement du système. Ces données

permettent de déterminer si le système présente le comportement souhaitable prédit ou non, et si les scénarios indésirables prédits ont été éliminés avec succès.

Comme le lien entre les deux systèmes est bidirectionnel, tout changement dans l'un sera reproduit dans l'autre. Une collection de DTI est appelée Digital Twin Aggregate (DTA) par les auteurs[30].

1.5.4 Fonctionnement d'un digital twin

Selon [3], ces actifs numériques peuvent être créés avant même qu'un actif ne soit construit physiquement. Quel que soit le moment de sa création, le processus de création d'un jumeau virtuel comporte des étapes de base :

- Rechercher l'objet physique ou le système qui sera imité.
- Intégrer des capteurs dans des actifs physiques ou surveillez les fichiers journaux et d'autres sources pour collecter des données.
- Toutes ces informations collectées sont intégrées dans le modèle virtuel avec des algorithmes d'IA.
- En appliquant l'analytique à ces modèles, les data scientists et les ingénieurs obtiennent des informations pertinentes sur l'actif physique.

1.5.5 Les avantages d'un digital twin

Les digital twin sont couramment utilisés dans la fabrication et offrent les avantages suivants[3] :

- **Réduction des coûts de maintenance** : grâce à la maintenance prédictive les digital twins permettent aux entreprises de comprendre les sources potentielles de défaillance afin de minimiser les activités de maintenance sans valeur ajoutée.
- **Amélioration de la productivité** :
Gartner prédit que les entreprises industrielles pourraient constater une amélioration de 10 pourcent de leur efficacité grâce aux digital twins. Cela est dû à la réduction des temps d'arrêt grâce à la maintenance prédictive et à l'amélioration des performances grâce à l'optimisation.
- **Temps de production plus rapides** : IDC affirme que les entreprises qui investissent dans la technologie de jumeau numérique verront une amélioration de 30 pourcent des temps de cycle des processus critiques, y compris les lignes de production. Cela est dû à

une meilleure optimisation grâce aux digital twins.

- **Tests avant la fabrication** : les entreprises peuvent utiliser des digital twins pour comprendre la faisabilité des produits à venir.
- **Amélioration de la satisfaction des clients** : tous ces éléments conduiraient à des clients plus satisfaits qui reçoivent des produits de meilleure qualité sans délai.
- **Amélioration des résultats commerciaux** : les digital twins permettent aux entreprises d'être plus résistantes aux chocs grâce à la simulation, ce qui peut se traduire par des relations clients et une rentabilité plus durables.
- **Amélioration de la satisfaction client** : en acquérant une meilleure compréhension de leurs services, des perturbations potentielles et des besoins des clients, les entreprises peuvent fournir des services de meilleure qualité et plus cohérents qui, à terme, améliorent l'expérience client.

1.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons commencé à présenter les notions principales liées à la supervision dans l'industrie, ainsi nous avons abordé tout ce qui concerne le système SCADA qui est un outil très important dans le domaine de supervision industrielle. Pour clôturer, nous avons parlé sur le digital twin, qui est un modèle virtuel d'un processus utilisé pour analyser et surveiller les systèmes dans l'industrie.

CHAPITRE

2

OUTILS ET LOGICIELS DE SUPERVISION INDUSTRIELLE

2.1 Introduction

Avec le développement florissant de la technologie visuelle, l'interface homme-machine s'est humanisée et généralisée, elle est largement utilisée dans le contrôle des systèmes.

Le système de commande par bouton-poussoir existant a été modifié pour tirer parti du système d'exploitation WinCC flexible de Siemens, qui permet de simuler un fonctionnement virtuel du système et des panneaux de commande à écran tactile ou un ordinateur à distance[10].

Dans ce chapitre nous avons dessiné quelques logiciels de supervision, en particulier le logiciel WinCC flexible ,on parlera sur ses caractéristiques et à la fin on montrera les étapes nécessaires pour créer un projet sur ce logiciel.

2.1.1 Les logiciels SCADA

Les principaux logiciels SCADA disponibles dans le marché 2.1 :

2.1.1.1 SIMATIC WinCC

C'est un sous-produit de l'automatisation de SIEMENS en Allemagne. Il s'agit d'un logiciel IHM pour le concept d'automatisation des machines, il est utilisé pour configurer l'interface utilisateur dans le but de contrôler et surveiller des machines et des installations[4].

2.1.1.2 Vijeo look

Vijeo Look est une solution logicielle de supervision SCADA conçue pour les stations autonomes. Il est basé sur des technologies ouvertes et standardisées, il offre toutes les fonctions standard d'un outil de supervision graphique. Il peut être intégré dans les architectures de communication des systèmes de contrôle Schneider Electric[1].

2.1.1.3 MESbox SCADA

Il est fourni par l'entreprise ORDINAL software en France. Il est basé sur une technologie qui étend la visibilité en temps réel des opérations à n'importe quel point de l'entreprise, de manière sécurisée. Les mécanismes spécifiques du MESbox SCADA permettent de créer et de maintenir facilement des vues utilisateur.

2.1.1.4 RSview32

Il est développé par ROCKWELL Software (ALLEN-BRADLEY) aux Etats-Unis. C'est un IHM intégrée, basée sur des composants, pour la surveillance et le contrôle des machines et des processus d'automatisation. Les concepts et la configuration de base sont faciles à réaliser, les modèles étant faciles à construire[11].

2.1.1.5 Visual T&D

Visual T&D d'Eaton est une alternative intelligente de surveillance et de contrôle au SCADA traditionnel. Il fournit toutes les informations régulièrement obtenues par les systèmes SCADA mais d'une manière moins complexe et plus simple à mettre en œuvre et à utiliser[5].

2.1.1.6 Experion HS

Experion HS est une puissante plate-forme logicielle créée par Honeywell. Il est une solution qui permet aux opérateurs de surveiller et de contrôler l'environnement de l'usine, en utilisant des données en temps réel pour les affichages, les tendances et les plaques de boucle[13].

2.1.1.7 GE IFIX

IFIX, qui fait partie de la famille Proficy de GE Digital, un conglomérat américano-canadien, exploite les dernières technologies pour vous aider à obtenir plus rapidement des informations et de l'efficacité pour vos opérations, tout en accélérant la mise en œuvre des projets[12].

2.1.1.8 Atvise SCADA

Certec EDV GmbH, en Australie, a développé le premier système IHM et SCADA complet au monde basé sur une technologie web pure. Le succès de la gamme de produits atvise repose sur le savoir-faire et l'expérience de son personnel dans les domaines de l'informatique, des bases de données, du développement et du contrôle de processus / SCADA, ainsi que dans les segments de marché du transport, de l'énergie, de l'eau, de la fabrication, de l'ingénierie, des infrastructures et de l'administration[14].



FIGURE 2.1 – LOGOs de l'entreprise de développement

2.2 SIMATIC WinCC

2.2.1 Définition

WinCC (Windows Control Center) est un système logiciel IHM/SCADA basé sur un ordinateur dans l'architecture Siemens [2]. Il s'agit d'un système de contrôle de processus évolutif qui offre des fonctions puissantes pour la surveillance des systèmes d'automatisation.

WinCC offre des fonctionnalités SCADA complètes sous Windows pour tous les secteurs des configurations mono-utilisateur aux configurations multi-utilisateurs distribuées avec serveurs redondants et solutions multi-sites avec clients Web [4].

2.2.2 Les versions de SIMATIC WinCC

Le logiciel d'ingénierie SIMATIC WinCC est disponible en diverses versions les versions intégrées dans TIA Portal(WinCC(TIA Portal)) comme : WinCC Basic, WinCC Professional , WinCC Advanced, WinCC Unified,WinCC Comfort, et les versions séparées telles que : WinCC flexible, WinCC Classique(V7.x). [10].

2.2.2.1 WinCC Basic

Avec WinCC Basic,Siemens propose un système de visualisation de processus innovant et évolutif possédant de nombreuses fonctions performantes pour la surveillance de processus automatisés, il offre des fonctionnalités complètes pour tous les secteurs d'activité et se caractérise par une flexibilité optimale[10].

2.2.2.2 WinCC RT Professional

D'après [10, 2], Siemens propose un système SCADA parfaitement intégré dans le portail TIA, le logiciel WinCC Professional,qui vous prépare de manière optimale aux exigences de la numérisation croissante des processus de production.

2.2.2.3 Wincc flexible

WinCC flexible est une interface homme/machine (IHM) dédiée aux applications proches de la machine et du processus dans la construction d'installations, de machines et d'engins.

En raison de sa conception générale, WINCC flexible est un logiciel d'ingénierie que vous pouvez intégrer dans STEP7 pour tous les pupitres opérateur SIMATIC HMI, du plus petit micro-panneau au multi-panneau en passant par le panneau, ainsi qu'un logiciel de surveillance en temps réel pour les solutions basées sur un ordinateur unique fonctionnant sur les dernières versions de Windows[23].

2.2.3 Différence entre les versions de WinCC

La principale différence entre WinCC et WinCC flexible est [10] :

- WinCC est logiciel de supervision basé sur un ordinateur industriel qui est adapté aux systèmes SCADA plus grands et plus complexes, avec la possibilité d'architectures client-serveur, les serveurs Web. Il peut superviser des différentes architectures.
- WinCC Flexible peut être utilisé pour programmer les IHM (pupitre de commande) et les petits systèmes SCADA, qui ne nécessitent pas beaucoup de fonctionnalités avancées ou d'architectures complexes. Il est capable de superviser seulement une seule station.

La différence entre les éditions de WinCC est en fonction des systèmes de commande configurables tels que :

- WinCC Comfort pour la configuration de tous les panneaux (y compris les Comfort Panels, Mobile Panels) .
- WinCC Runtime Advanced est un logiciel de visualisation pour les systèmes monopostes basés sur un ordinateur.
- WinCC Runtime Professional est un système SCADA permettant de structurer une configuration allant des systèmes à poste unique aux systèmes à postes multiples y compris les clients standard ou les clients Web.

2.3 WinCC flexible

2.3.1 Pourquoi choisir WinCC flexible

WinCC flexible est le logiciel IHM qui permet de réaliser des concepts d'automatisation orientés vers l'avenir, avec une ingénierie confortable et hautement efficace. WinCC flexible combine les avantages suivants [3] :

- Manipulation simple.
- Transparence.
- Flexibilité.

En effet, le Runtime de WinCC flexible prend en charge un certain nombre de variables de processus par rapport aux autres versions de WinCC.

Nous avons donc utilisé ce logiciel parce que le système que nous voulons étudier est un

petit système SCADA, qui ne nécessitent pas beaucoup de fonctionnalités avancées ou d'architectures complexes, dans ce qui suit, notamment, il nécessite un petit nombre de variables.

2.3.2 Les composantes de WinCC flexible

2.3.2.1 WinCC flexible Engineering système

Le système d'ingénierie flexible WinCC est le logiciel qui vous permet de réaliser toutes vos tâches de configuration essentielles. L'édition WinCC flexible détermine quels appareils IHM de la gamme SIMATIC HMI peuvent être configurés.

WinCC flexible est de conception modulaire, à chaque version avancée, la gamme d'appareils pris en charge et les fonctionnalités de WinCC flexible s'élargissent[3].

La figure 2.2 représente la vue principale du WinCC flexible :

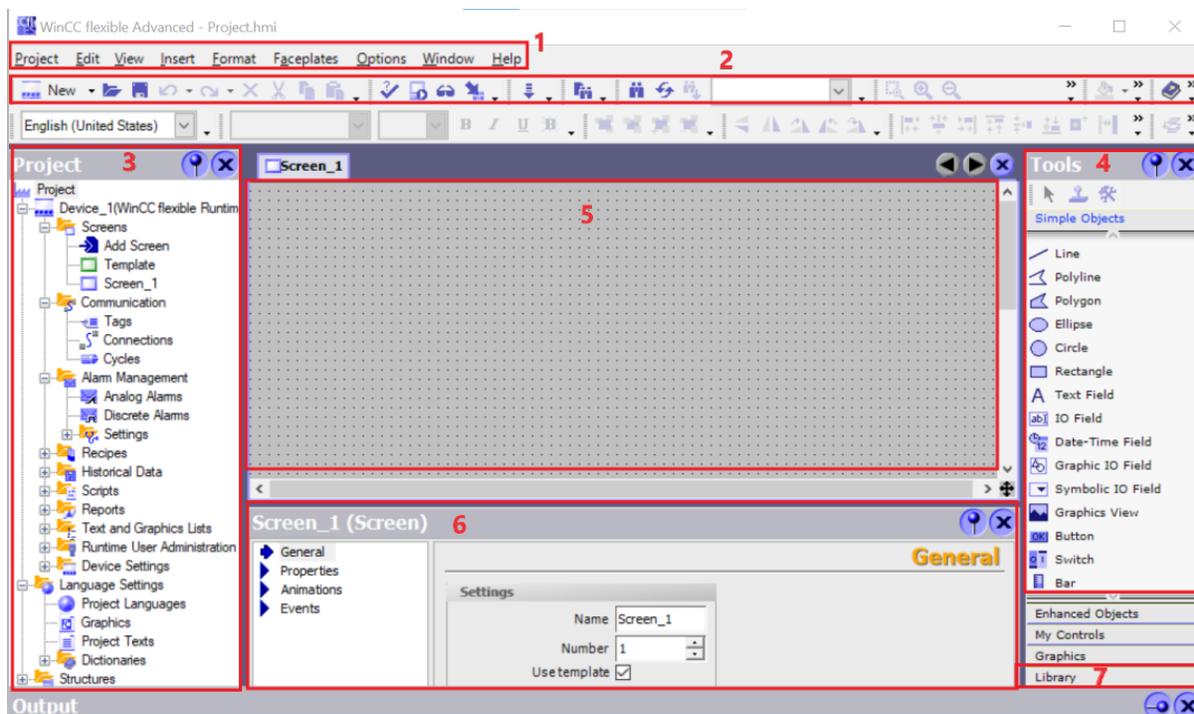


FIGURE 2.2 – La fenêtre principale du WinCC flexible

Le tableau 2.1 représente les éléments de l'espace de travail[3].

Numéro	Nom	illustration
1	Barre de menu	Vous pouvez accéder à toutes les fonctions de WinCC flexible via ses menus.
2	Barre d'outils	Ils permettent d'accéder rapidement aux fonctions importantes et fréquemment utilisées. La barre d'outils affiche tout ce qui est nécessaire au programmeur pour faire son travail.
3	Vue de projet	Tous les éléments et éditeurs disponibles dans un projet apparaissent dans une structure arborescente dans la vue du projet. Des dossiers sont fournis comme sous-éléments de chaque éditeur, dans lesquels vous pouvez enregistrer des objets de manière structurée.
4	Fenêtre des outils	Il contient une sélection d'objets que vous pouvez ajouter à vos écrans. Aussi, il propose des bibliothèques contenant des modèles d'objets et des collections de formes.
5	Zone de travail	Il est utilisé pour la configuration des vues, tous les éléments de WinCC flexible sont disposés sur les bords de l'espace de travail.
6	Vue de propriétés	Il est utilisé pour modifier les propriétés des objets, par exemple la couleur des objets, la visibilité.
7	Bibliothèque	La bibliothèque donne accès à des modèles d'objets d'écran. Il est la base de données centrale pour le stockage des objets fréquemment utilisés.

TABLE 2.1 – Les éléments de l'espace de travail

2.3.2.2 WinCC flexible Runtime

WinCC flexible Runtime est le logiciel de visualisation de processus. Vous devez exécuter le projet en mode processus dans le Runtime. Pendant le Runtime, l'opérateur peut commander et surveiller le processus. Cela inclut les tâches suivantes [3] :

- La communication avec les systèmes d'automatisation.
- Visualisation de vues à l'écran.
- Commande du processus, par exemple en réglant les valeurs de consigne ou en ouvrant et fermant les vannes.
- Archivage des données d'exécution actuelles, par exemple les valeurs du processus et les événements d'alarme.

2.3.2.3 Option WinCC flexible

Les options de WinCC flexible vous permettent d'étendre la fonctionnalité standard de WinCC flexible, sachant que chaque option nécessite une licence.

Des options sont disponibles pour les composants suivants [3] :

- Système d'ingénierie flexible WinCC
- WinCC flexible Runtime sur les dispositifs IHM basés sur PC.
- Dispositifs IHM non basés sur PC.

2.3.3 Fonctionnalités

Pour les applications au niveau des machines (précédemment couvertes par la famille Pro-Tool), WinCC flexible offre des gains d'efficacité de configuration considérables et des concepts d'automatisation innovants. SIMATIC WinCC flexible est également adapté à une utilisation dans les domaines de la technique des procédés, de la construction d'installations et de machines et de la production en série[15] :

- Améliorer la productivité (efficacité de la configuration) pendant la réalisation de projets IHM.
- Réaliser des concepts d'IHM et de systèmes d'automatisation innovants dans le contexte des réseaux TCP/IP et des réseaux basés sur le Web.
- Augmenter la disponibilité des machines et des équipements grâce aux nouveaux concepts de maintenance.
- Accès facile et sécurisé aux données de processus partout dans le monde.

2.3.4 Caractéristiques techniques

D'après [15], les caractéristiques suivantes sont décrites :

- Intégration dans les API.
- Traitement des projets.
- Éditeurs de tableaux.
- Gestion des données orientée objet avec des possibilités d'édition et de recherche confortables.
- Bibliothèques d'objets de configuration prédéfinis ou définis par l'utilisateur.

- Support du langage.
- Support du script Visual Basic.
- Runtime.
- Support des tests et de la mise en service.
- Communication ouverte entre les systèmes IHM et les systèmes de niveau supérieur.

2.3.5 Les avantages de WinCC flexible

Selon [15], les avantages de WinCC flexible sont :

- Un logiciel de configuration cohérent réduit les coûts de formation, de maintenance et d'entretien tout en assurant la flexibilité du produit.
- Réduction des coûts d'ingénierie.
- Logiciel intelligent pour une configuration simple et efficace.
- Prise en charge complète des configurations multilingues pour une implémentation globale.
- Rapport prix/performance optimisé grâce à des fonctionnalités système paramétrables.
- Fonctionnalité d'exécution flexible grâce à des scripts Visual Basic.
- Prise en charge de solutions d'automatisation distribuées simples basées sur des réseaux TCP/IP au niveau des machines.

2.4 Mise en service un projet de WinCC flexible

2.4.1 Démarrage du logiciel Wincc flexible 2008

Pour lancer le logiciel WinCC flexible, vous devez faire un double-clic sur son icône [2.3](#).



FIGURE 2.3 – Raccourci du WinCC flexible 2008

2.4.2 Création d'un nouveau projet

Pour créer un nouveau projet, il existe deux méthodes :

1. La première méthode consiste à sélectionner l'option "créé un nouveau projet à l'aide de l'assistant (1 dans la figure 2.4) "
2. La deuxième méthode est de sélectionner l'option "créé un projet vide (2 dans la figure 2.4)".

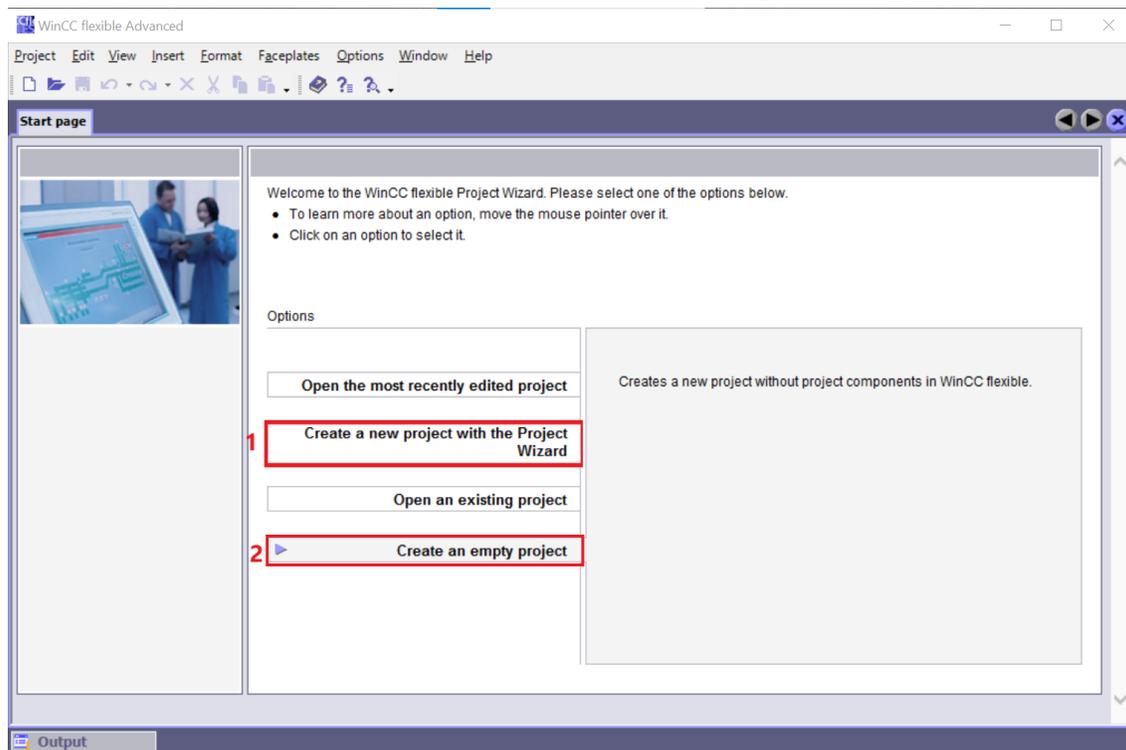


FIGURE 2.4 – L'interface principale du logiciel WinCC flexible

2.4.2.1 La première méthode

Concernant la première méthode, il suffit de suivre les étapes suivantes :

a) Sélectionner le type de projet

Pour effectuer le type du projet, suivez les étapes indiquées dans la figure 2.5 :

1. Sélectionnez le modèle qui correspond à la configuration de votre usine.
2. Sélectionnez un projet de Step7 dans lequel vous souhaitez intégrer votre projet IHM, si vous ne voulez pas l'intégrer, laissez le champ vide.

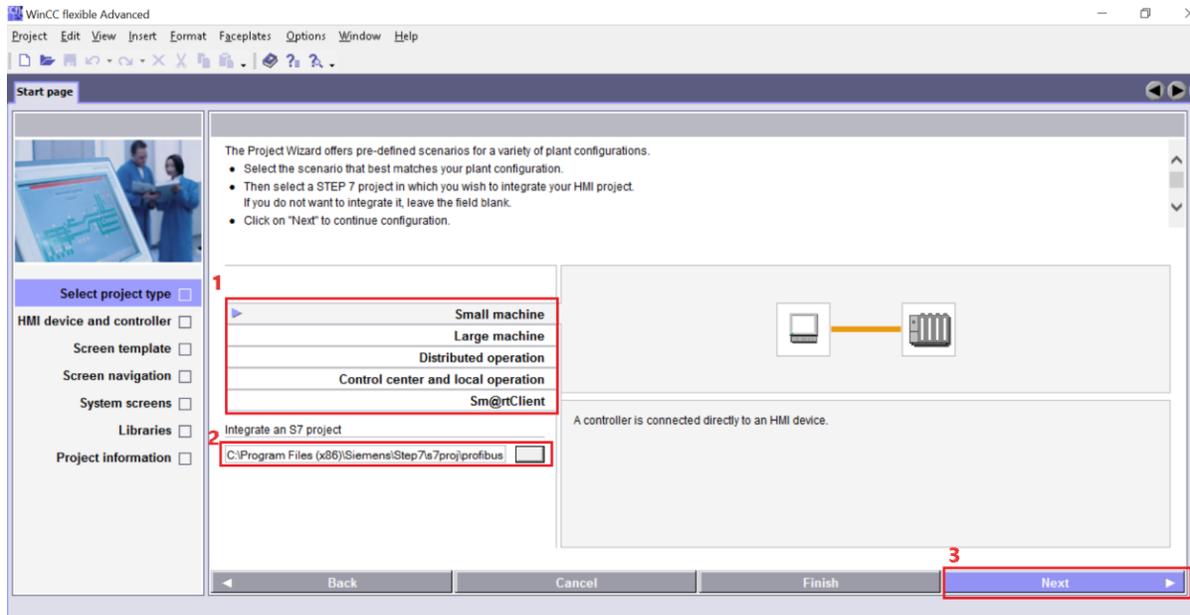


FIGURE 2.5 – La page pour choisir le type de projet

3. Cliquez sur suivant (Next) pour continuer la configuration.

b) Sélectionner le pupitre et le type d'automate

Dans ce type de projet, un contrôleur est connecté directement à un dispositif IHM.

Sélectionnez ici le dispositif IHM, la connexion et l'automate correspondant à votre configuration.

La figure 2.6 représente les cinq étapes pour sélectionner le pupitre et l'automate utilisés dans leur projet tels que :

1. Choix du pupitre : cliquez sur le dispositif IHM pour sélectionner un autre type de dispositif IHM.
2. Résolution d'écran : choisissez les dimensions d'écran IHM.
3. Type de connexion : sélectionnez dans la liste le type de connexion entre le dispositif IHM et l'automate.
4. Type d'automate : sélectionnez votre type d'automate dans la liste.
5. Cliquez sur suivant (Next) pour continuer la configuration.

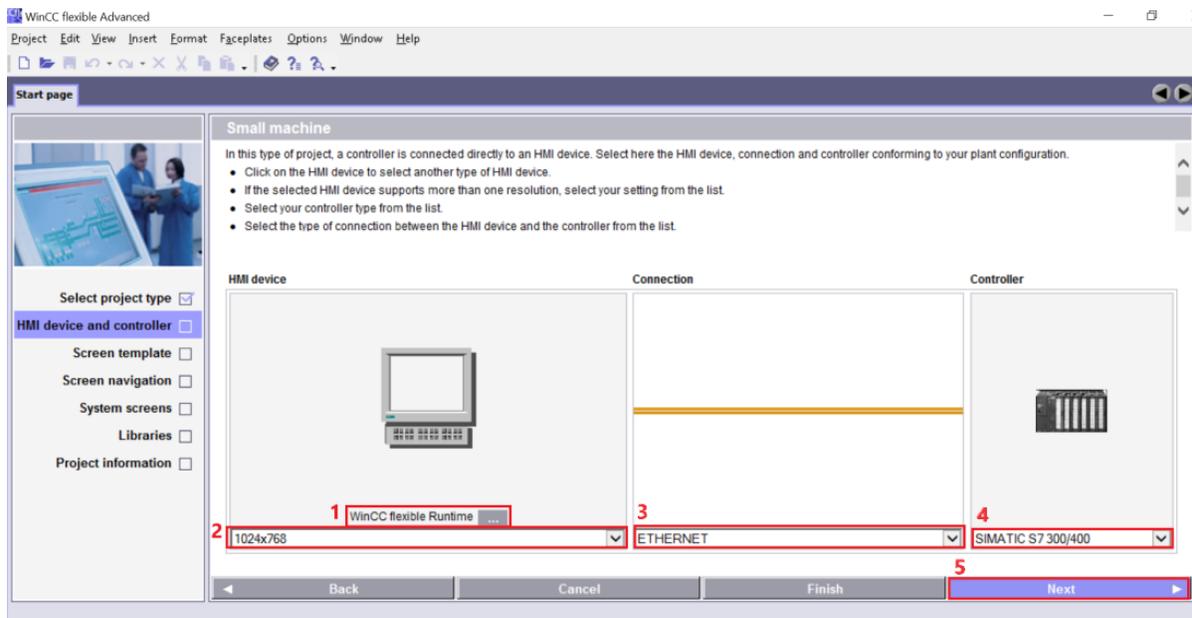


FIGURE 2.6 – Configuration de pupitre et type d’automate

Après avoir créé un modèle personnalisé pour votre écran, vous devez configurer les écrans de navigation et de système, sélectionnez les bibliothèques que vous souhaitez inclure dans votre projet, et enfin, saisissez des informations sur le projet pour vous aider à l’identifier ultérieurement dans WinCC flexible. Après avoir terminé ces configurations cliquez sur terminer(Finish).

La figure 2.7 montre vos informations saisies :

1. Nom de projet.
2. Nom de créateur de projet.
3. Cliquez sur terminer.

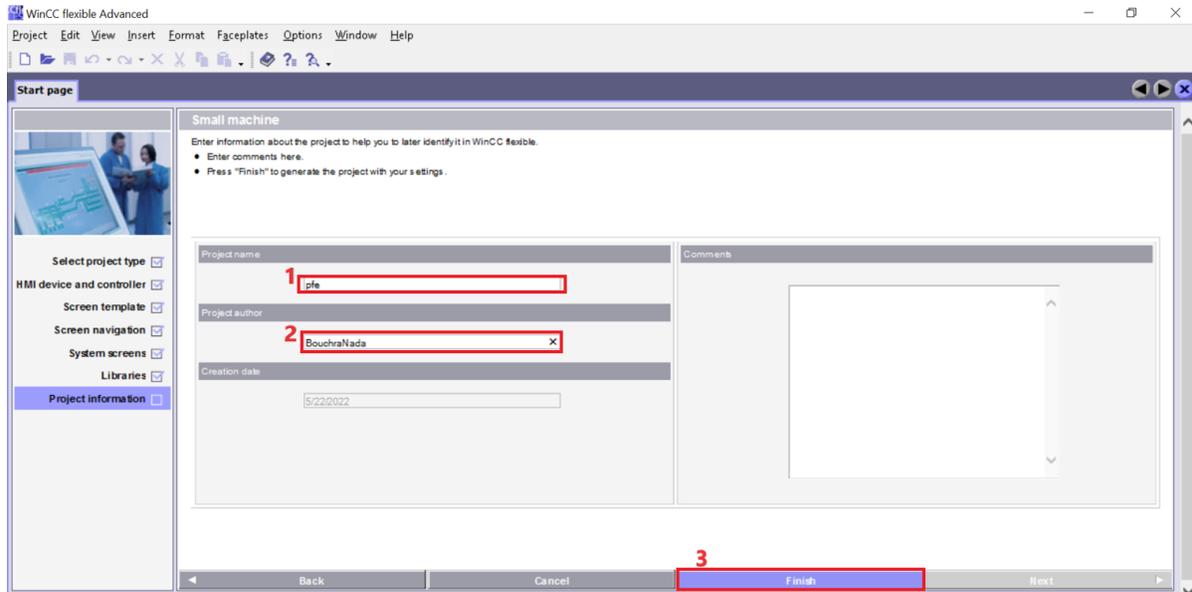


FIGURE 2.7 – Informations sur le projet

2.4.2.2 La deuxième méthode

Pour la deuxième méthode, il suffit de suivre les étapes ci-dessous :

a) Sélection de pupitre

Il est nécessaire de choisir la pupitre comme indiqué dans la figure 2.8 :

1. Choisissez "WinCC flexible Runtime".
2. Cliquez sur "OK".

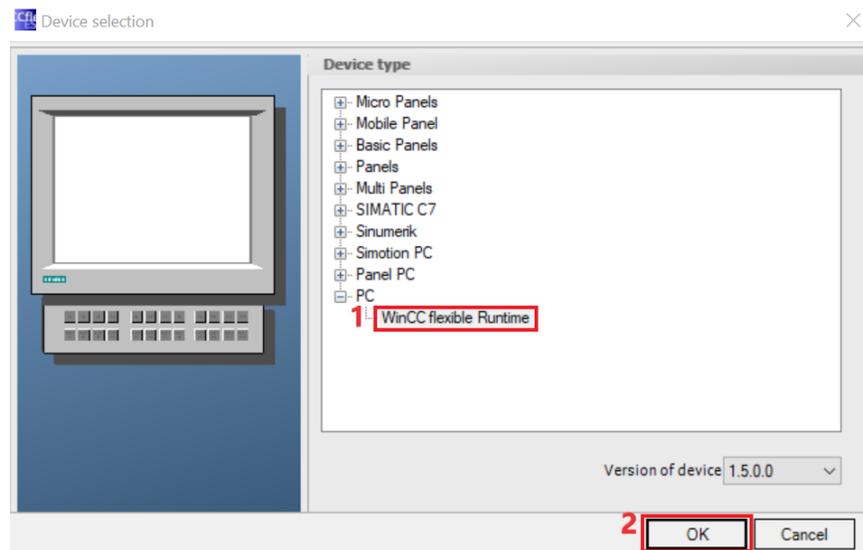


FIGURE 2.8 – Choix du pupitre

b) Intégrer Projet WinCC sur Step7 Manager

Pour l'intégration de projet WinCC sur Step7 on doit suivre les instructions suivantes 2.9 :

1. Sélectionnez Projet.
2. Choisissez intégration dans le projet Step7.
3. Sélectionnez le projet Step7.
4. Confirmez la sélection avec "OK".

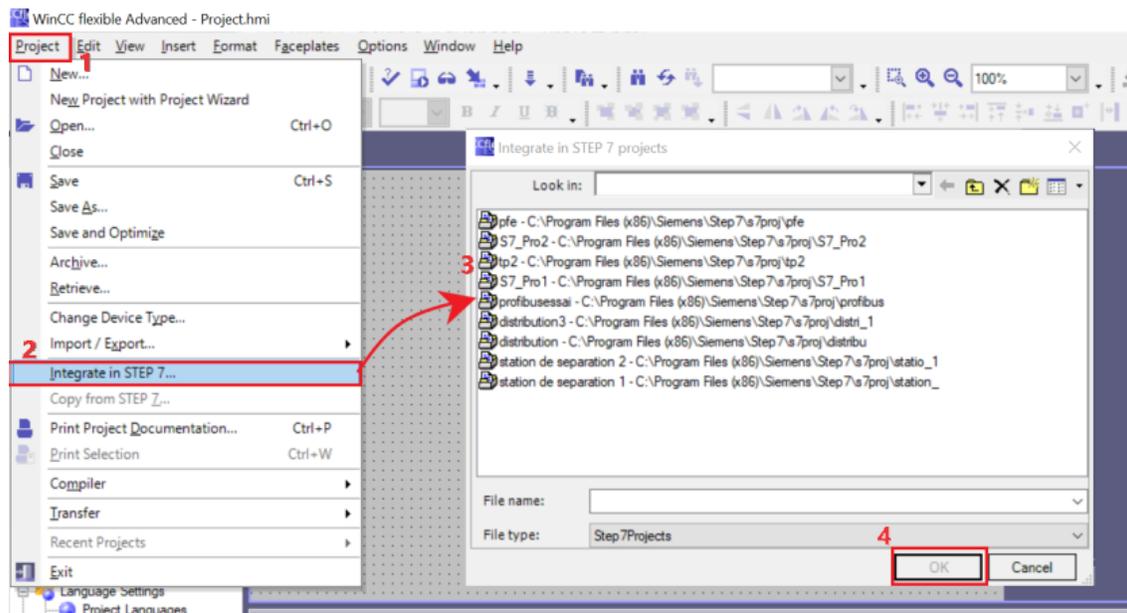


FIGURE 2.9 – Intégration de projet WinCC sur Step7 Manager

Vous devez faire la liaison entre le pupitre et l'automate en suivant les étapes dans la figure 2.10 :

1. Cliquez sur "Communication".
2. Sélectionnez "liaisons(connections)".

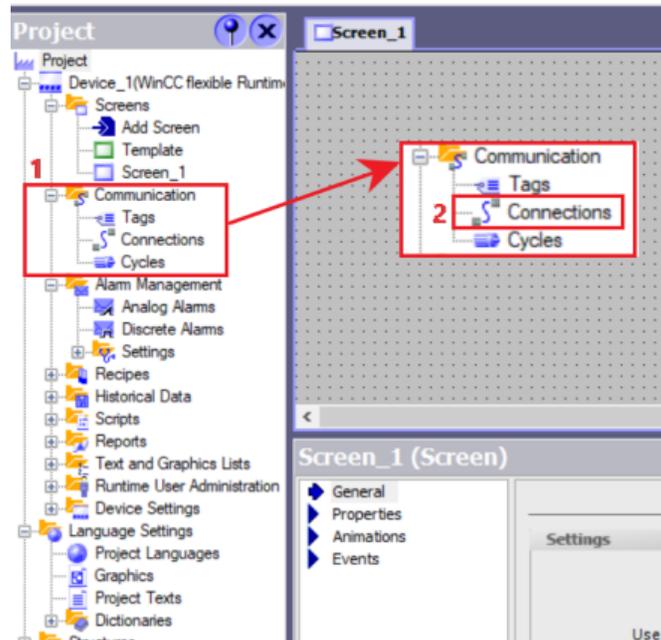


FIGURE 2.10 – Vue de projet(liaisons)

Il faut qu'il y ait une liaison créé automatiquement, vérifier ses paramètres, sinon créez un nouveau et définissez les paramètres (Ethernet CP1411,...etc.).Puis appuyez sur "activer(On)" pour l'activation de la liaison 2.11, si ce n'est pas le cas alors sauvegardez pour mettre à jour la communication.

Name	Active	Communication driver	Station	Partner	Node	Online
Liaison_1	On	SIMATIC S7 300/400	\BouchraNada...	CPU 314C-2 P...	PN-IO	On

FIGURE 2.11 – Liaison sous WinCC

2.4.3 Création d'IHM

Après avoir effectué la configuration matérielle et assuré la communication et la liaison entre WinCC flexible et la station(voir chapitre 3),puis vous voudrez passerez à la création de la vue 2.12.

Puisque la liaison entre la pupitre et le projet Step7 se fait, nous pouvons utiliser le même tableau mnémorique dans le projet Step7 pour la visualisation.

1. Pour ajouter les vues.

2. Les vues créées.

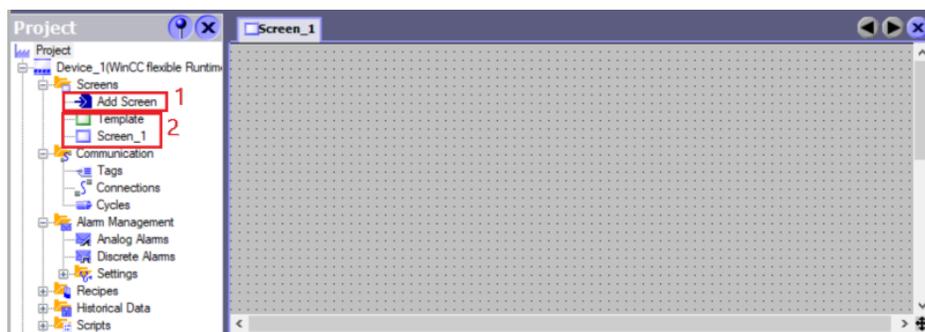


FIGURE 2.12 – Création des vues

Une fois les vues créées, passez à la modélisation de votre système, après avoir modélisé le système, nous allons maintenant aborder la modification de notre programme Step7, en commençant par ajouter des variables à la table mnémorique, ses modifications sont effectuées selon vos besoins.

Ensuite, vous devez charger toutes les variables dans le pupitre selon les étapes montrées dans la figure 2.13 :

1. Cliquez sur "Communication" dans la vue projet.
2. Sélectionnez "Variables(tags)".

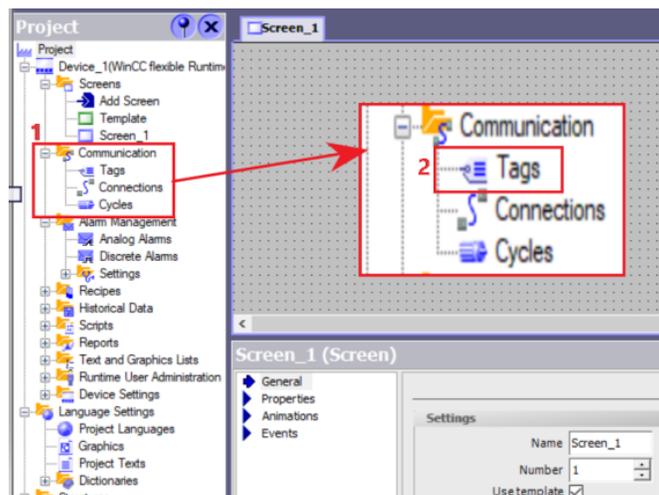


FIGURE 2.13 – Vue de projet (variables)

La fenêtre de variables s'ouvre 2.14 :

1. Cliquez sur le petit carré à gauche pour importer les variables.
2. Table mnémotechnique.
3. Sélectionnez votre projet.
4. Cliquez sur mnémoniques(symbols).
5. Choisissez votre variable.
6. Cliquez sur "OK".

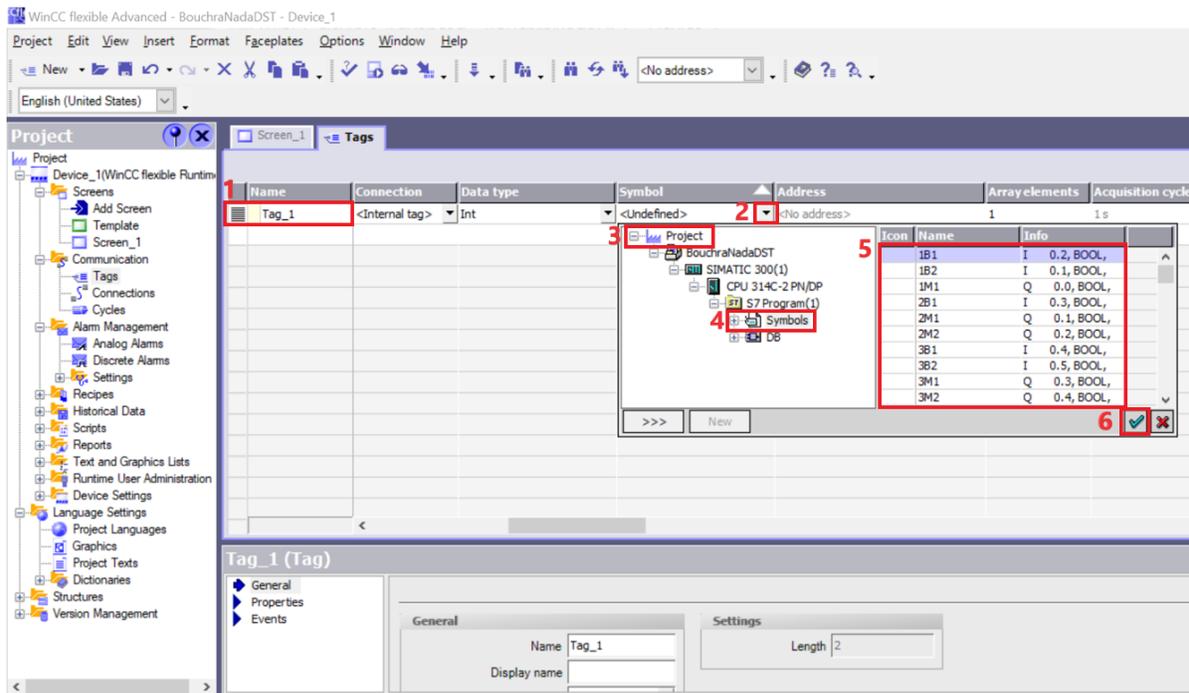


FIGURE 2.14 – Fenêtre des variables

Afin de vérifier le chargement des variables effectué, pour que le système fonctionne bien vous devez faire la modification nécessaire sur votre partie de programme grafcet.

Pour modéliser votre IHM, utilisez la fenêtre des outils qui se compose de :

1. Les objets simples : pour créer par exemple un bouton, un cercle, un écran graphique et éditer ses propriétés.
2. Les objets complexes : une vue d'alarme, une horloge...etc
3. Mes contrôles : utilisez la barre d'outils pour ajouter/supprimer des contrôles.
4. La bibliothèque de graphiques pour ajouter par exemple un dessin d'un bouton, d'un pipeline, des symboles graphiques d'usine...etc

La figure 2.15 représente les composantes de fenêtre des outils :

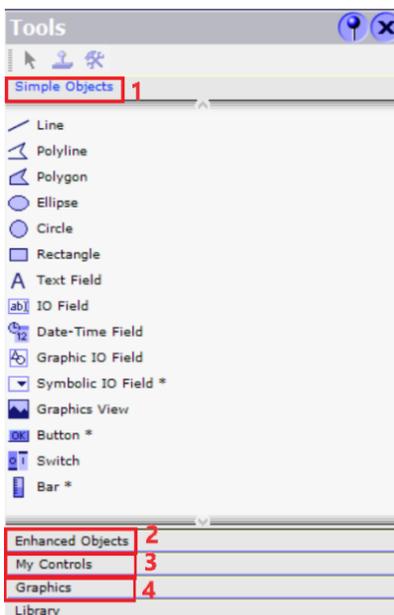


FIGURE 2.15 – Fenêtre des outils

2.4.4 Simulation(Runtime)

Pour la simulation de votre projet IHM, cliquez sur Runtime comme indiqué dans la figure 2.16 :



FIGURE 2.16 – Runtime

Nous remarquons que la fenêtre "WinCC flexible 2008 SP5 Runtime" s'ouvre 2.17 :



FIGURE 2.17 – La fenêtre de WinCC Runtime

2.5 Conclusion

Au début de ce chapitre, nous nous sommes concentrées sur quelques logiciels utilisés pour la supervision dans les systèmes SCADA, après nous avons présenté une collecte de données pour les différentes versions de SIMATIC WinCC, en particulier le logiciel WinCC avec une vue claire de leur composants.

A la fin, nous avons montré les différentes étapes pour la création d'un projet sous l'outil de supervision WinCC flexible.

CHAPITRE

3

CRÉATION D'UNE IHM POUR UN SYSTÈME MPS VARIANT

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous entrerons dans la profondeur de notre mémoire, nous allons commencer par modifier au niveau de STEP7 certains programmes pour faire une animation parfaite , après nous verrons les étapes en détail de la création d'une interface homme-machine de notre système et par la suite nous assurerons la supervision et le contrôle entre les deux simulateurs "PLCSIM" et "WinCC Runtime" afin de pouvoir agir sur notre système.

3.2 Objectif

L'objectif de ce chapitre est le développement du travail qui a été fait en ingénierat.

Nous allons faire la conception et la réalisation d'une interface homme-machine (IHM) pour

la visualisation de notre station à étudier par l'outil de supervision WinCC flexible intégré dans le logiciel de programmation SIMATIC Step7.

3.3 SIMATIC STEP7

Nous avons fait quelques modifications simples au programme principal du système MPS variant comme l'ajout de quelques éléments pour réaliser une animation parfaite de l'interface homme-machine de ce système.

3.3.1 Les modifications de la station de distribution

3.3.1.1 Présentation de la station du distribution

La station de distribution 3.1 est un dispositif d'alimentation à la fois pour les systèmes MPS 500 et AFB. Selon la norme VDI 3240, les dispositifs d'alimentation sont définis comme des unités ayant la fonction de mise en route, de rangement et d'agencement de pièces.

Un vérin à double action éjecte les pièces une par une et il est possible d'empiler jusqu'à 8 pièces dans n'importe quel ordre dans le tube du magasin.

Le module de transport prélève chaque pièce éjectée à l'aide d'une ventouse.

Le bras pivotant du module de transport, contrôlé par un cylindre oscillant, amène la pièce au point de transfert de la station voisine.



FIGURE 3.1 – Station de distribution

3.3.1.2 Table mnémorique

La figure 3.2 représente la nouvelle table mnémorique pour la station de distribution.

Les mnémoniques encadrés en rouge correspondent aux variables ajoutées à notre programme afin d'obtenir une bonne animation .

	Etat	Mnémonique	Opéran /	Type de do	Commentaire
1		1M1	A 0.0	BOOL	Vérin d'éjection de la pièce à usine
2		2M1	A 0.1	BOOL	Vide activé
3		2M2	A 0.2	BOOL	L'impulsion d'éjection
4		3M1	A 0.3	BOOL	Vérin oscillant vers le magasin
5		3M2	A 0.4	BOOL	Vérin oscillant vers la station de séparation
6		3M3	M 0.5	BOOL	
7		3M4	M 0.6	BOOL	
8		P1	A 1.0	BOOL	Voyant START
9		P2	A 1.1	BOOL	Voyant RESET
10		P3	A 1.2	BOOL	Voyant magasin vide
11		P4	A 1.3	BOOL	Voyant STOP
12		1B2	E 0.1	BOOL	Vérin d'éjection sortie
13		1B1	E 0.2	BOOL	Vérin d'éjection rentré
14		2B1	E 0.3	BOOL	Pièce à usiner aspiré
15		3B1	E 0.4	BOOL	Vérin oscillant en position magasin
16		3B2	E 0.5	BOOL	Vérin oscillant en position station de séparation
17		B4	E 0.6	BOOL	Magasin vide
18		3B3	M 0.7	BOOL	
19		S1	E 1.0	BOOL	Mise en marche "START"
20		S2	E 1.1	BOOL	Arrête le système
21		S3	E 1.2	BOOL	Sélecteur Auto/Manuel
22		S4	E 1.3	BOOL	Mise en référence "RESET"
23		3B4	M 0.4	BOOL	
24		G7_STD_3	FC 72	FC 72	
25		S1m	M 0.0	BOOL	
26		S2m	M 0.1	BOOL	
27		S4m	M 0.2	BOOL	
28		s3m	M 0.3	BOOL	
29		LED	M 100.0	BOOL	
30		Aarmes	MW 25	WORD	
31		TIME_TCK	SFC 64	SFC 64	Read the System Time

FIGURE 3.2 – Nouvelle table mnémorique de la station de distribution

3.3.1.3 Programme de la station de distribution

1. Premier exemple :

La figure 3.3 représente quelques modifications apportées dans le GRAFCET de commande de la station de distribution.

— Interprétation :

Pour réaliser "le mode manuel/automatique ,START, RESET,STOP" depuis l'écran de supervision, il faut lire et écrire dans la mémoire du PLC.

Pour cela, nous avons travaillé avec les types de données "M" memento.

Carré en rouge N°1 : nous pouvons remarquer que nous avons ajouté un memento S4m en parallèle avec S4.

Carré en rouge N°2 : nous pouvons remarquer que nous avons ajouté deux mémentos S1m et S3m en parallèle avec S1 et S3.

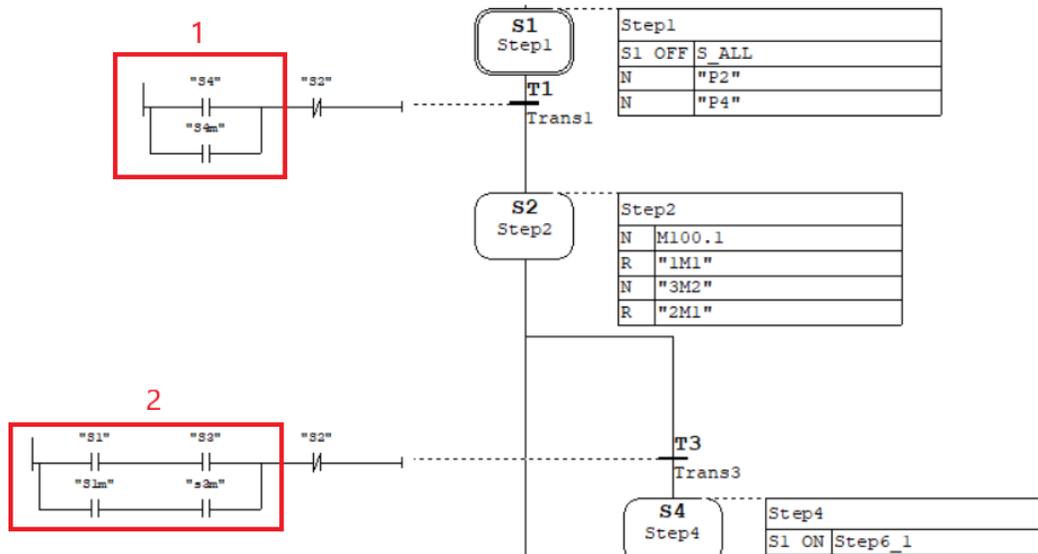


FIGURE 3.3 – Modification de la station de distribution N°1

2. Deuxième exemple :

Pour une bonne animation et obtenir une image plus proche de la réalité, nous avons fait les modifications montrées dans la figure 3.4.

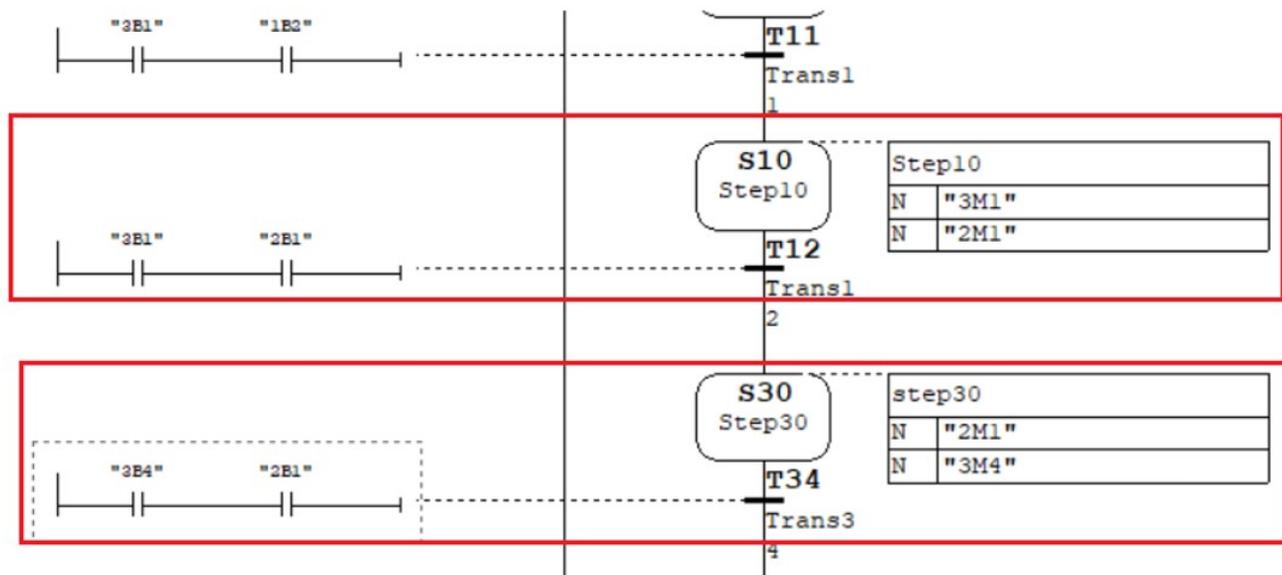


FIGURE 3.4 – Modification de la station de distribution N°2

3. Troisième exemple :

Pour ajouter une alarme lorsque le magasin est vide, nous avons ajouté un réseau 3.5 .



FIGURE 3.5 – Nouveau programme de la station de distribution N°2

3.3.2 Les modifications de la station de séparation

3.3.2.1 Présentation de la station de séparation

La séparation associe les fonctions de manipulation des quantités et contrôle. Selon la norme VDI 2860, ceci signifie la classification et la répartition d'une quantité de différents corps selon des classes déterminées au moyen d'informations reçues (REEL) et par comparaison avec les caractéristiques prescrites (CONSIGNE).

Dans la station de séparation, les pièces à usiner " corps de base" et "boîtier" sont différenciées et le flux des matériaux réparti. Pour la répartition de flux des matériaux, la ligne est équipée de deux bandes transporteuses. En fonction des pièces à usiner, une dérivation est commutée. Les pièces à usiner contrôlées sont transférées soit au poste de prélèvement à l'extrémité de le convoyeur 1 ou à une station en aval(décalage de 0 degré, soit rebutées sur la bande transporteuse 2 ou transférées à une autre station en aval (décalage de 90 degré) les pièces à usiner doivent se déplacer individuellement afin de ne pas gêner les commutations de la dérivation.

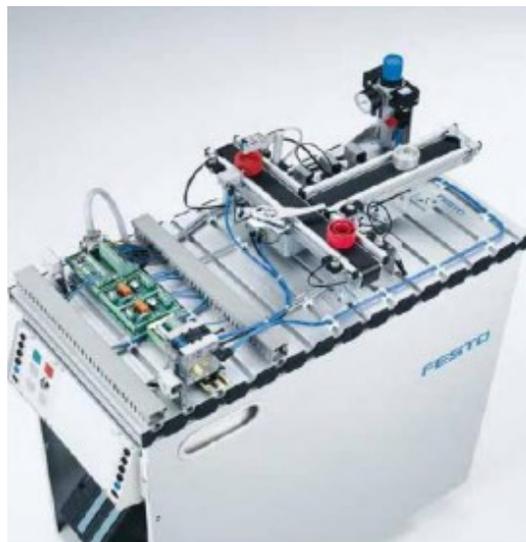


FIGURE 3.6 – Station de séparation

3.3.2.2 Table mnémorique

La figure 3.7 représente la nouvelle table mnémorique pour la station de séparation.

Les mnémoniques encadrés en rouge correspondent aux variables ajoutées à notre programme afin d'obtenir une animation parfaite.

	Etat	Mnémorique	Opérande	Type de do	Commentaire
1		P1	A 1.0	BOOL	Voyant START
2		P2	A 1.1	BOOL	Voyant Reset
3		B5	E 0.4	BOOL	Tompon vide
4		P3	A 1.2	BOOL	Tompon lumineux plein
5		S3	E 1.2	BOOL	Sélecteur Auto / Manuel
6		TIME_TCK	SFC 64	SFC 64	Read the System Time
7		Part_av	E 0.0	BOOL	Présence de la pièce
8		B6	E 0.5	BOOL	Pas de pièce au point de collecte
9		S4	E 1.3	BOOL	Mise en référence "RESET"
10		K2	A 0.1	BOOL	Mise en marche moteur 2
11		K1	A 0.0	BOOL	Mise en marche moteur 1
12		S1	E 1.0	BOOL	Mise en marche "START"
13		1M1	A 0.2	BOOL	Le stoppeur rentrés
14		2M1	A 0.3	BOOL	Le sélecteur vers le convoyeur 1
15		B4	E 0.3	BOOL	Interrupteur rétracté
16		P4	A 1.3	BOOL	Indicateur lumineux(pièce à usiner au point de collecteur"
17		nombre des pièces	Z 1	COUNTER	Compteur pour calculer les 5 premières pièces à usiner
18		TOMPON PLEIN	Z 2	COUNTER	compteur pour calculer les 4 premières pièce dans le convoyeur 2
19		S2	E 1.1	BOOL	arrête le système "STOP"
20		B7	M 0.4	BOOL	
21		S3m	M 0.3	BOOL	
22		LED	M 100.3	BOOL	
23		S2m	M 0.1	BOOL	
24		S4m	M 0.2	BOOL	
25		B8	M 0.5	BOOL	
26		G7 STD 3	FC 72	FC 72	
27		S1m	M 0.0	BOOL	

FIGURE 3.7 – Nouvelle table mnémorique de la station de séparation

3.3.2.3 Programme

Nous avons fait quelques modifications dans le GRAFCET de commande comme celui de la station de distribution.

Pour une animation parfaite, nous avons ajouté un compteur (en rouge dans la figure 3.8) pour calculer le nombre de pièces dans le convoyeur N°2 .

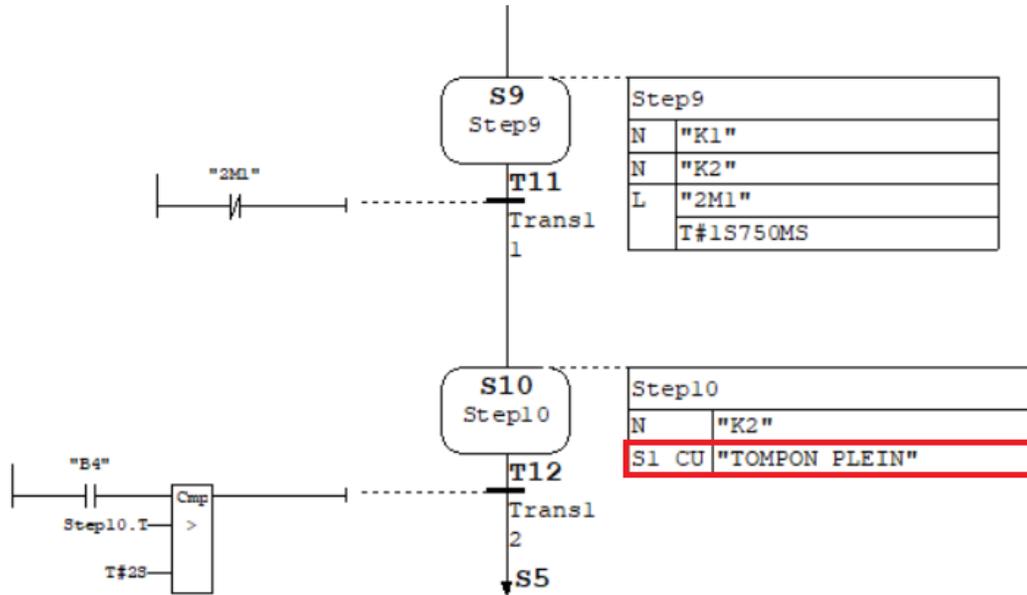


FIGURE 3.8 – Nouveau programme de la station de séparation

3.4 Configuration WinCC flexible et Step7 pour notre système

3.4.1 Insertion de la Station SIMATIC HMI

Il existe deux façons d'insérer une station SIMATIC HMI :

- 1 ère méthode : la barre d'outils ==> Insertion ==> Station SIMATIC HMI
- 2 ème méthode : la figure 3.9 représente les étapes de cette méthode :

1. Nous cliquons droit sur le nom de projet.
2. Nous choisissons "Insérer un nouvel objet".
3. Nous sélectionnons "Station SIMATIC HMI".

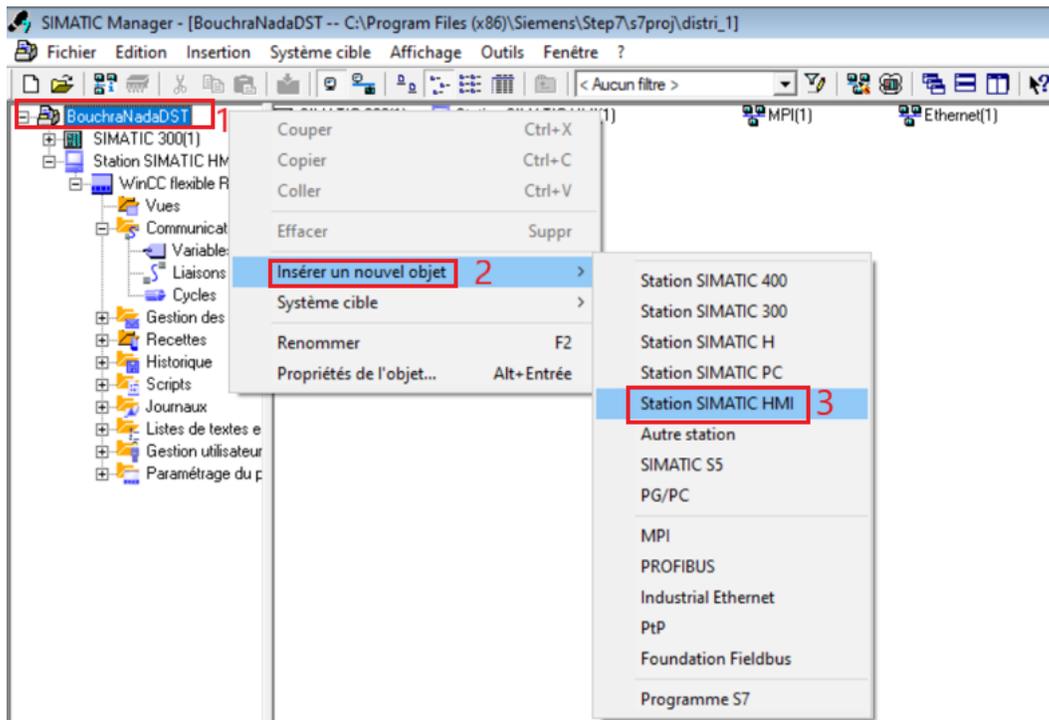


FIGURE 3.9 – Insertion d'une Station SIMATIC HMI

3.4.2 Configuration matérielle

Pour établir la communication entre la station SIMATIC 300 et SIMATIC HMI, il faut commencer par la configuration matérielle.

La figure 3.10 montre les étapes pour ouvrir la fenêtre de configuration tel que :

1. Nous cliquons droit sur le nom de projet.
2. Nous sélectionnons "Station SIMATIC HMI".
3. Nous sélectionnons "Configuration".

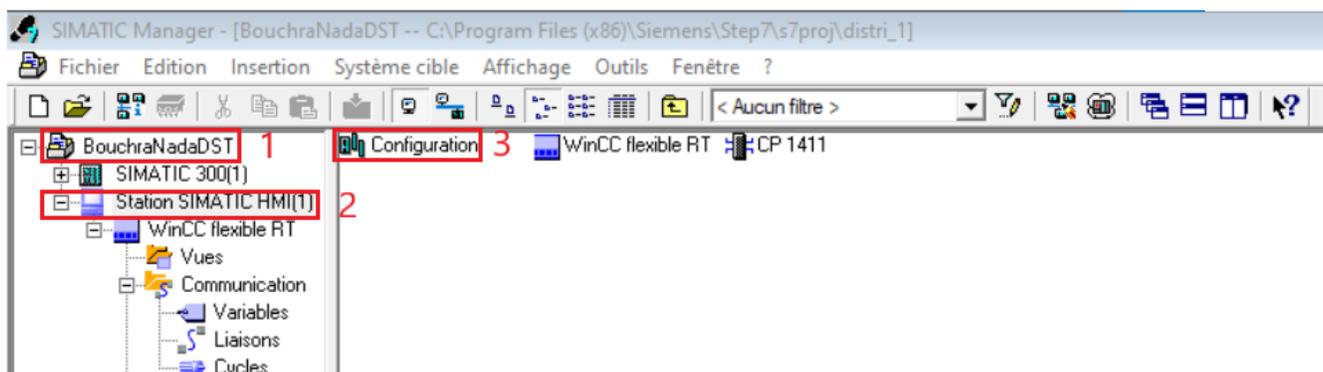


FIGURE 3.10 – Configuration matérielle (1)

La figure 3.11 montre la fenêtre de configuration et les étapes à suivre pour la réaliser.

1. Nous sélectionnons " Station PC SIMATIC ".
2. Nous sélectionnons l'interface de communication "CP Industrial Ethernet".
3. Nous sélectionnons "CP1411".
4. Nous l'avons placé dans le rack (0) de l'IHM.

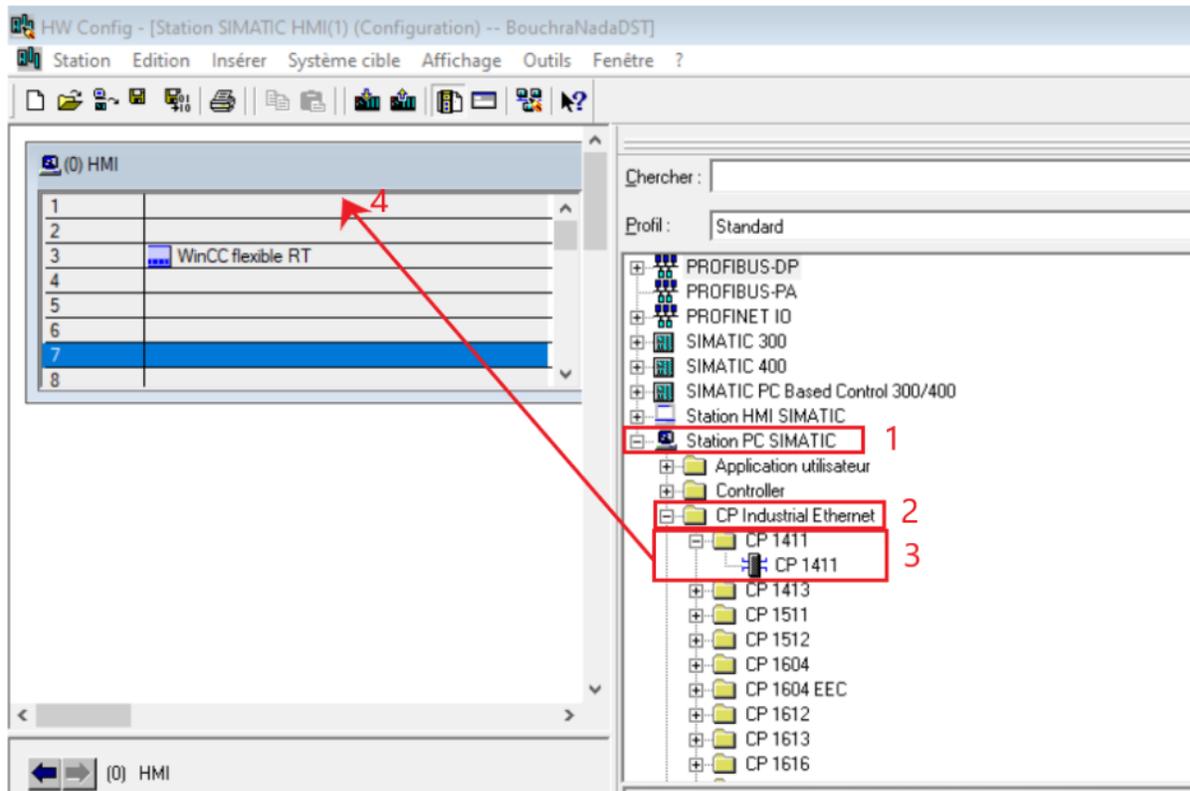


FIGURE 3.11 – Configuration matérielle (2)

3.4.3 Communication via câble Ethernet

La figure 3.12 représente la fenêtre d'interface Ethernet s'ouvre pour configurer le réseau :

1. L'adresse IP de notre STATION IHM.
2. Nous créons un réseau Ethernet.
3. OK.
4. Après la configuration, nous enregistrons et compilons le programme .

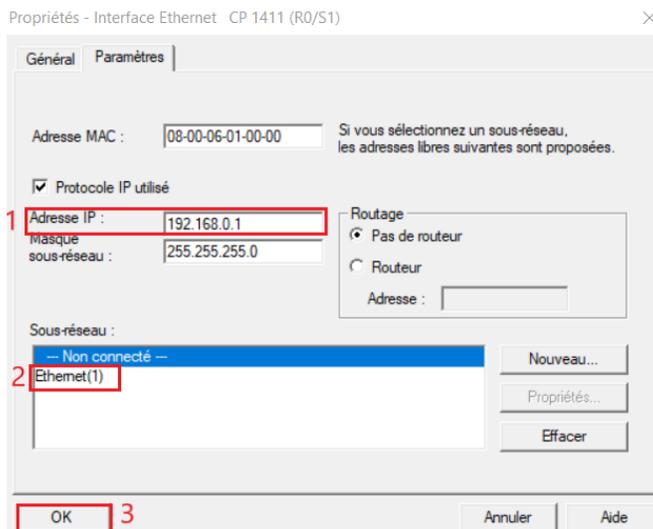


FIGURE 3.12 – Configuration réseau

3.4.4 NETPRO

- 1 dans la figure 3.13 représente la liaison entre la station "SIMATIC 300" et les deux réseaux MPI et Ethernet.
- 2 dans la figure 3.13 représente la liaison entre la station "SIMATIC HMI" et le réseau Ethernet.

Nous constatons que la station "SIMATIC 300" et "SIMATIC HMI" sont bien connectées sur le même réseau Ethernet.

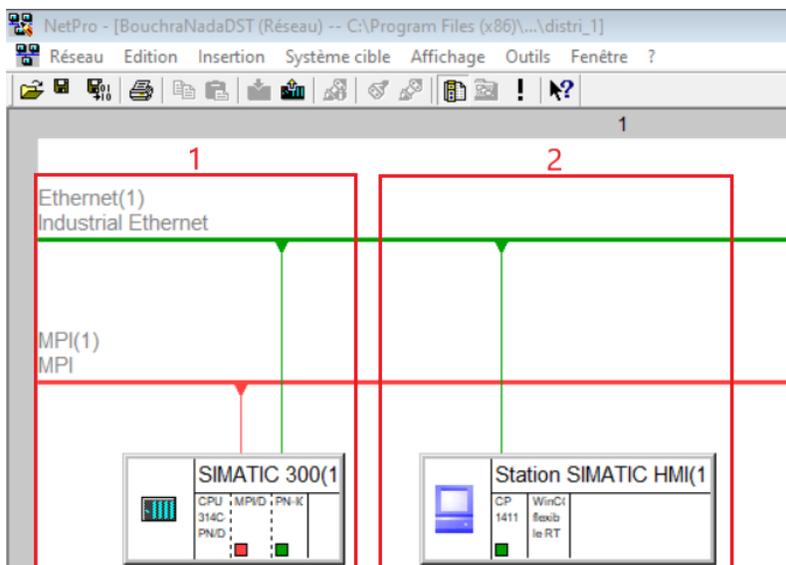


FIGURE 3.13 – NETPRO

3.4.5 La liaison entre WinCC flexible et la station

La figure 3.14 montre les étapes pour créer un lien entre WinCC flexible Runtime et la station SIMATIC supervisée.

1. Nous sélectionnons "Station SIMATIC HMI".
2. Nous sélectionnons WinCC flexible RT.
3. Nous choisissons "Communication".
4. Nous choisissons "Liaison".

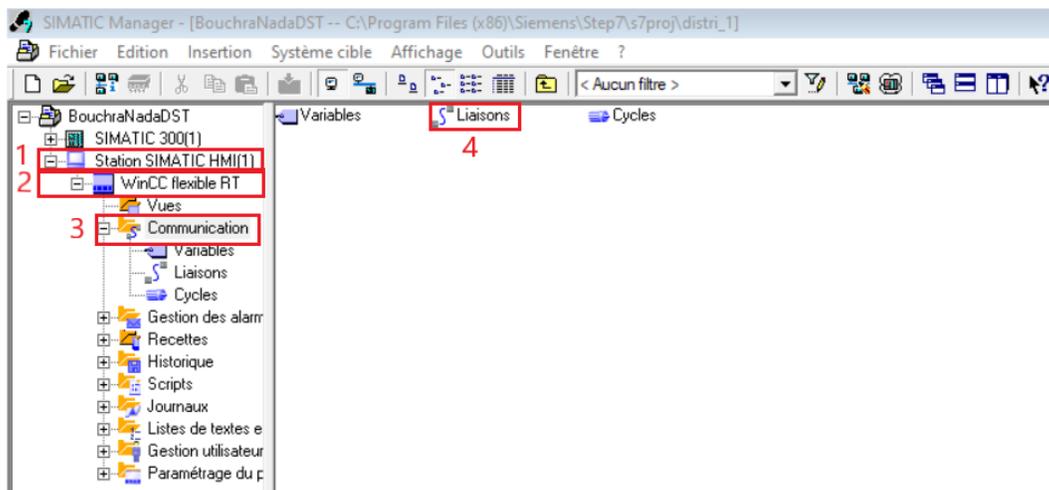


FIGURE 3.14 – La liaison entre WinCC flexible et la station

La figure 3.15 représente La liaison entre WinCC flexible Runtime et la station SIMATIC supervisée.

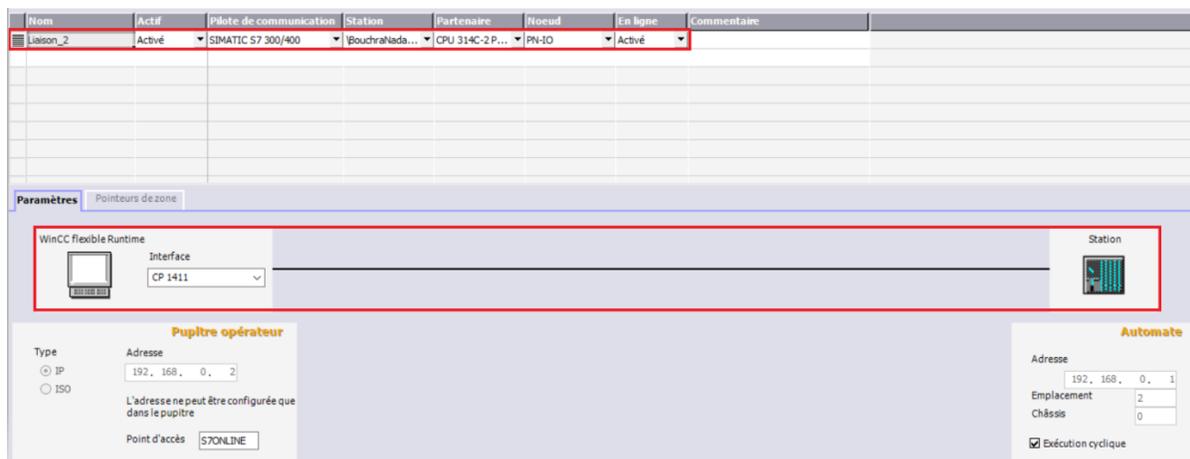


FIGURE 3.15 – La liaison sous WinCC flexible

3.5 Interface homme/machine de la station de distribution

3.5.1 Chargement des variables sous WinCC Flexible

La figure 3.16 représente les variables importées à partir des mnémoniques de notre projet sur Step7 et nous réglons le cycle d'acquisition à 100ms .

Nom	Mném...	Adresse	Eléments du ta...	Cycle d'acquisi...	Commentaire
1B1	1B1	I 0.2	1	100 ms	Vérin d'éjection rentré
1B2	1B2	I 0.1	1	100 ms	Vérin d'éjection sortie
1M1	1M1	Q 0.0	1	100 ms	Vérin d'éjection de la pièce à usiner
2B1	2B1	I 0.3	1	100 ms	Pièce à usiner aspiré
2M1	2M1	Q 0.1	1	100 ms	Vide activé
2M2	2M2	Q 0.2	1	100 ms	L'impulsion d'éjection
3B1	3B1	I 0.4	1	100 ms	Vérin oscillant en position magasin
3B2	3B2	I 0.5	1	100 ms	Vérin oscillant en position station de séparation
3B3	3B3	M 0.7	1	100 ms	
3M1	3M1	Q 0.3	1	100 ms	Vérin oscillant vers le magasin
3M2	3M2	Q 0.4	1	100 ms	Vérin oscillant vers la station de séparation
3M3	3M3	M 0.5	1	100 ms	
3M4	3M4	M 0.6	1	100 ms	
Alarmes	Aarmes	MW 25	1	100 ms	
B4	B4	I 0.6	1	100 ms	Magasin vide
LED	LED	M 100.0	1	100 ms	
P1	P1	Q 1.0	1	100 ms	Voyant START
P2	P2	Q 1.1	1	100 ms	Voyant RESET
P3	P3	Q 1.2	1	100 ms	Voyant magasin vide
S1	S1	I 1.0	1	100 ms	Mise en marche "START"
S1m	S1m	M 0.0	1	100 ms	
S2	S2	I 1.1	1	100 ms	Arrête le système
S2m	S2m	M 0.1	1	100 ms	
S3	S3	I 1.2	1	100 ms	Sélecteur Auto/Manuel
s3m	s3m	M 0.3	1	100 ms	
S4m	S4m	M 0.2	1	100 ms	
3B4	3B4	M 0.4	1	100 ms	

FIGURE 3.16 – Variables utilisées dans la conception de l'IHM de distribution

3.5.2 La configuration des vues

L'interface homme/machine de la station de distribution est constituée de trois vues 3.17 et un modèle :

- Vue commande.
- Vue distribution.
- Vue d'alarme.

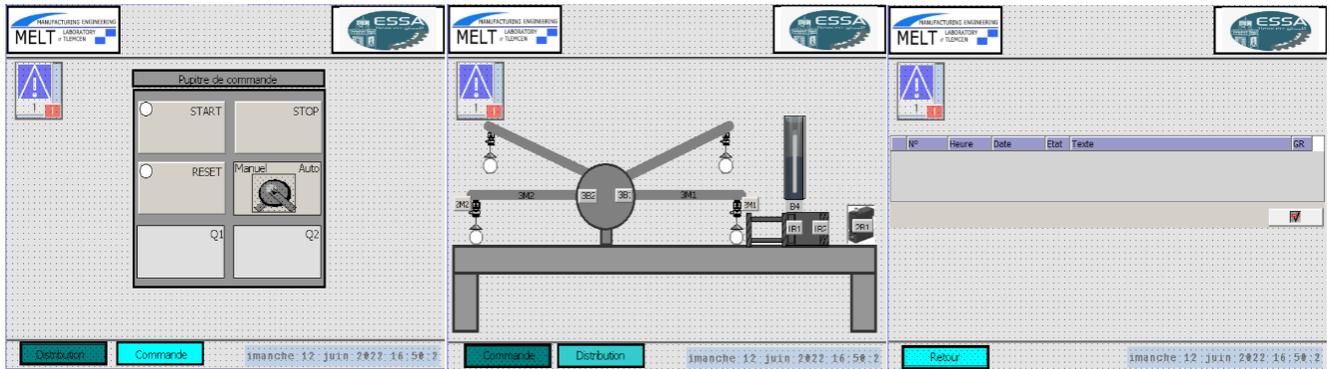


FIGURE 3.17 – Les vues de la station de distribution

Pour créer les trois vues, nous avons utilisé les différents objets simples et complexes en modifiant leurs propriétés (couleur, taille, position, visibilité, animations).

3.5.2.1 Modèle

Lorsqu'on utilise un modèle 3.18, les objets configurés dans le modèle sont alors disponibles dans la vue.

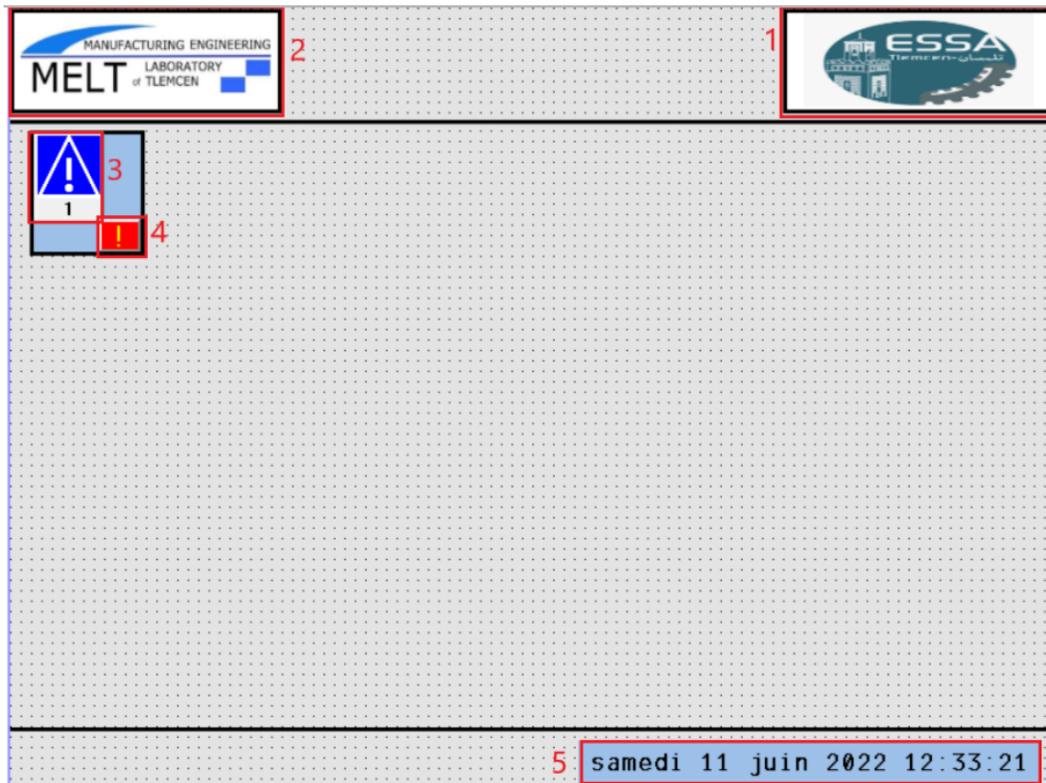


FIGURE 3.18 – Modèle

— **Les divers objets :**

Les numérotation de la figure 3.18 signifie :

1. Logo de notre école ESSAT.
2. Logo de laboratoire MELT.
3. Indicateur alarme.
4. Le bouton de la vue des alarmes pour naviguer entre les différentes vues.
5. Champ date/heure.

3.5.2.2 Vue de commande

La figure 3.19 représente la vue de commande "pupitre de commande" utilisée pour contrôler la vue de distribution.

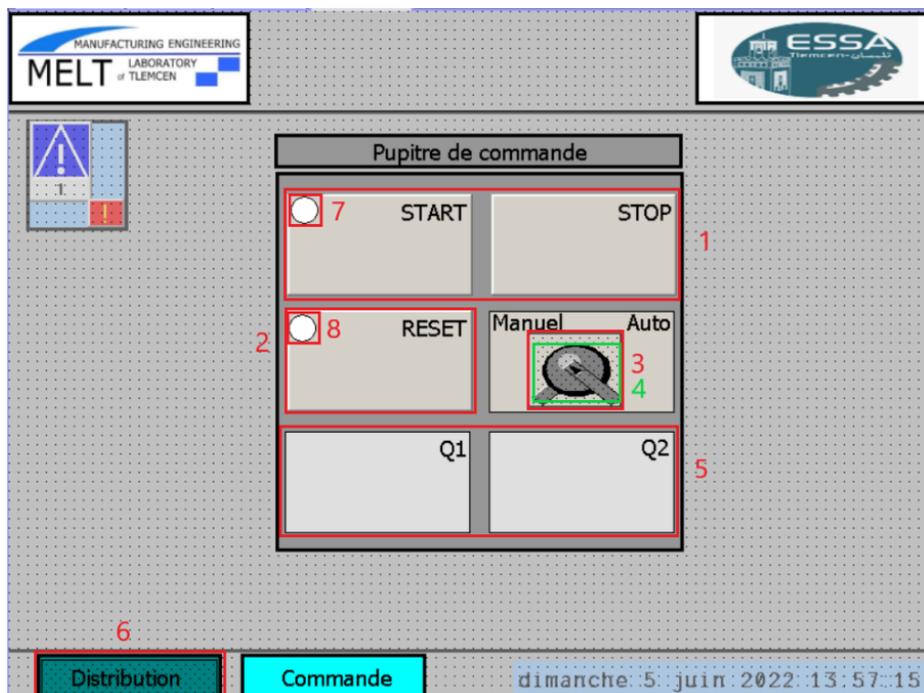


FIGURE 3.19 – Représentation de la vue de commande

— **Les divers objets :**

La numérotation dans la figure 3.19 signifie :

1. Les boutons STOP et START.
2. Le bouton RESET.
3. Bouton invisible.

4. Sélecteur Manuel/Auto.
5. Les LEDs Q1 et Q2.
6. Le bouton de la vue de distribution pour naviguer entre les vues.
7. LED P1.
8. LED P2.

— **Interprétation :**

La figure 3.19 représente le pupitre de commande de la station afin de faire fonctionner notre station soit par l'IHM ou par le pupitre réelle.

Pour cela, nous avons utilisé des boutons pour présenter les touches "START, STOP, RESET", des rectangles pour la présentation des LEDs Q1 et Q2 et un cercle pour les LEDs P1 et P2 et des sélecteurs pour choisir le mode manuel ou automatique.

— **Création des boutons :**

Nous choisissons comme exemple la création d'un bouton de démarrage :

1. Dans la barre d'outils, nous ouvrons la fenêtre "Objets simples".
2. Nous choisissons "bouton" et nous le faisons glisser dans la vue.
3. Nous cliquons sur "bouton START".
4. Dans la fenêtre des propriétés, nous sélectionnons "Animations" après "représentation".
5. Nous cliquons sur " Activer ".
6. Nous choisissons la variable "S1m".
7. Nous sélectionnons "Bit".
8. Nous entrons la variable "0" et la variable "1" avec la couleur verte.
9. Dans la fenêtre des propriétés, nous sélectionnons "Évènement" après "Presser".
10. Nous sélectionnons " Éditer Bit " puis " Positionner Bit ".
11. Nous entrons la variable "S1m".
12. Dans la fenêtre des propriétés, nous sélectionnons "Évènement" après "Relâcher".
13. Nous sélectionnons " Éditer Bit " puis "Raz Bit ".
14. Nous entrons la variable "S1m".

La figure 3.20 représente les 8 premières étapes de la création d'un bouton "START".

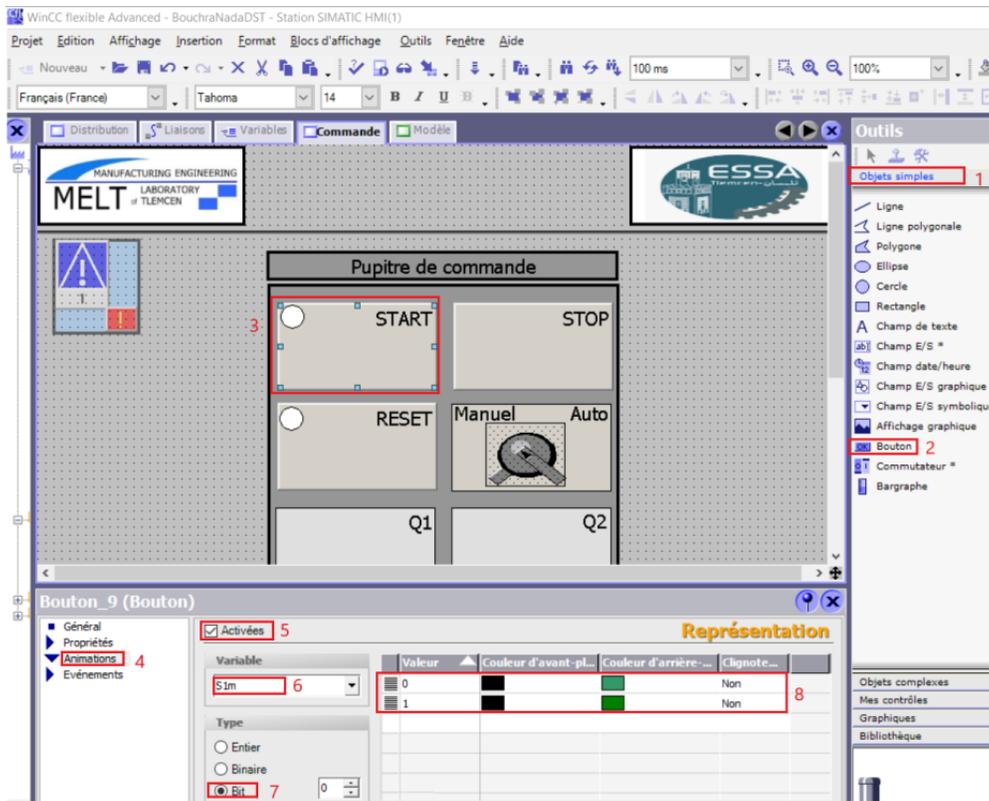


FIGURE 3.20 – Création d'un bouton "START" (1)

La figure 3.21 représente les étapes 9,10 et 11 de la création d'un bouton "START".

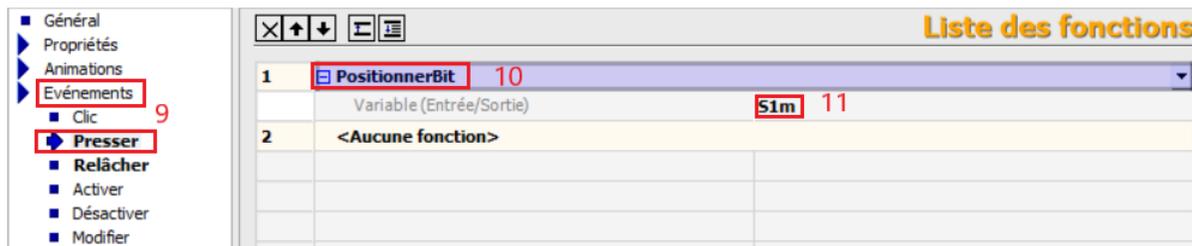


FIGURE 3.21 – Création d'un bouton "START" (2)

La figure 3.22 représente les 3 dernières étapes de la création d'un bouton "START".

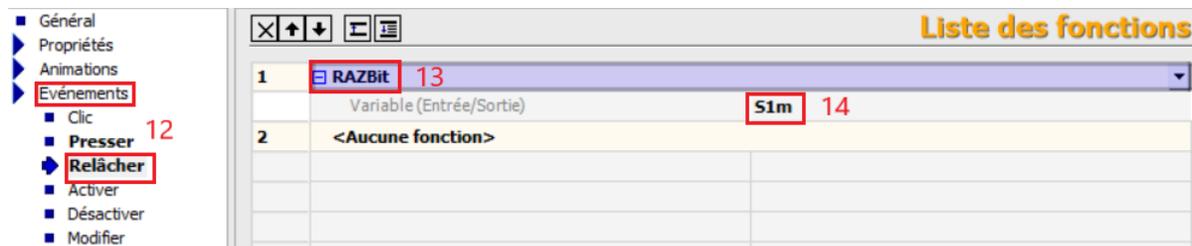


FIGURE 3.22 – Création d'un bouton "START" (3)

3.5.2.3 Vue distribution

La figure 3.23 représente la vue de distribution "magasin + distributeur" est utilisée pour contrôler la vue de distribution.

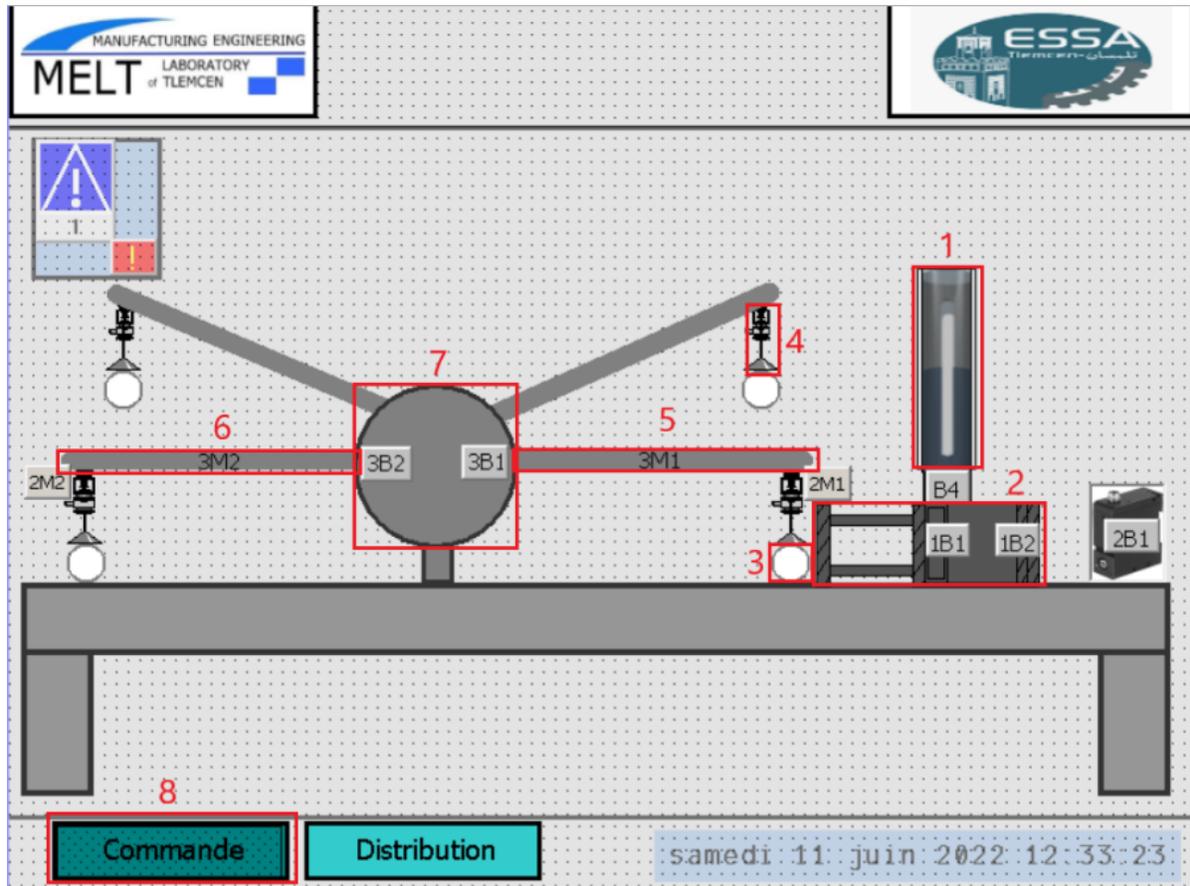


FIGURE 3.23 – Représentation de la vue de distribution

— Les divers objets :

La numérotation dans la figure 3.23 signifie :

1. Magasin.
2. Vérin d'injection.
3. La pièce à usiner.
4. Générateur à vide + ventouse.
5. Le bras rotatif à coté du magasin.
6. Le bras rotatif à coté de la station suivante.
7. Vérin oscillant.

8. B4, 1B1 , 1B2 , 2B1, 3B1 et 3B2 représentent les divers capteurs disponibles dans la station de distribution.
9. 2M1,3M1, 3M2, 3M2 et 2M2 représentent les divers actionneurs disponibles dans la station de distribution.
10. Le bouton de la vue de commande pour naviguer entre les vues.

— **Création des actionneurs :**

Nous choisissons comme exemple "générateur de vide" :

La numérotation dans la figure 3.26 signifie :

1. Dans la barre d'outils, nous ouvrons la fenêtre "Objets complexe".
2. Nous avons choisi "Bibliothèque icônes" et nous le faisons glisser dans la vue.
3. Dans la fenêtre des propriétés, nous sélectionnons "Général" après "Vannes".
4. Nous cliquons sur la vanne choisie.
5. Dans la fenêtre des propriétés, nous sélectionnons "Animations" après "Représentation".
6. Nous cliquons sur " Activer ".
7. Nous choisissons la variable "2M1".
8. Nous sélectionnons "Bit".
9. Nous entrons la variable "0" avec la couleur noir et la variable "1" avec la couleur jaune.
10. Dans la fenêtre des propriétés,nous sélectionnons "Animations" après "Visibilité".
11. Nous cliquons sur " Activer ".
12. Nous choisissons la variable "3M1".
13. Nous sélectionnons "Bit".
14. Nous cliquons sur " Visibles ".

La figure 3.24 représente les neuf premières étapes de la créations d'un actionneur.

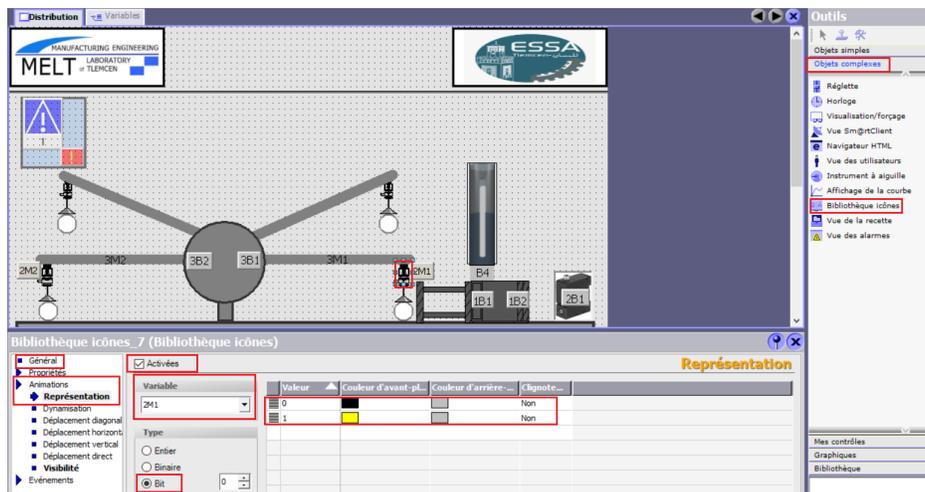


FIGURE 3.24 – Création d'un actionneur (1)

La figure 3.25 représente les cinq dernières étapes de la créations d'un actionneur.

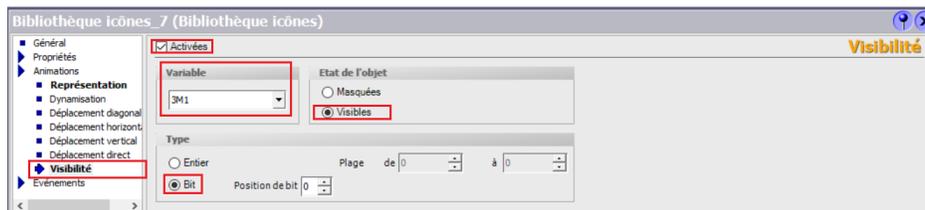


FIGURE 3.25 – Création d'un actionneur (2)

— **Création des capteurs :**

Nous choisissons comme exemple la création de capteur B4 :

La numérotation dans la figure 3.26 signifie :

1. Dans la barre d'outils, nous ouvrons la fenêtre "Objets simples".
2. Nous avons choisi "Rectangle" et nous le faisons glisser dans la vue.
3. Nous cliquons sur "B4".
4. Dans la fenêtre des propriétés, sélectionnez "Animations" après "représentation".
5. Nous cliquons sur " Activer ".
6. Nous choisissons la variable "B4".
7. Nous sélectionnons "Bit".
8. Nous entrons la variable "0" avec la couleur rouge et la variable "1" avec la couleur verte.
9. Après dans la fenêtre "Objets simples" nous choisissons "Champ de texte " pour écrire dans le rectangle "B4".

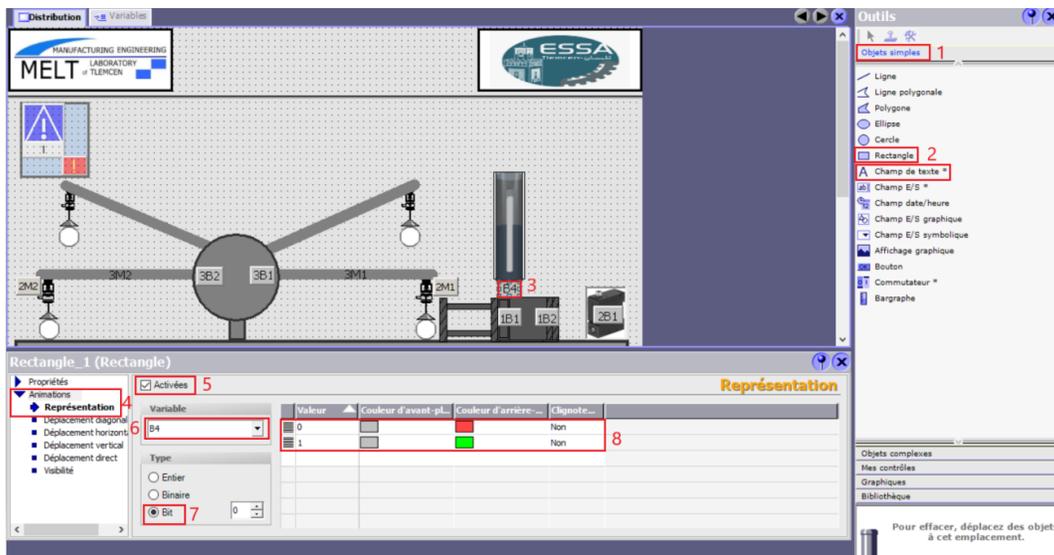


FIGURE 3.26 – Création d'un capteur "B4"

3.5.2.4 Vue d'alarme

La figure 3.27 représente la vue d'alarme pour donner l'information lorsque le magasin est vide "B4" nous avons utilisé les alarmes TOR.

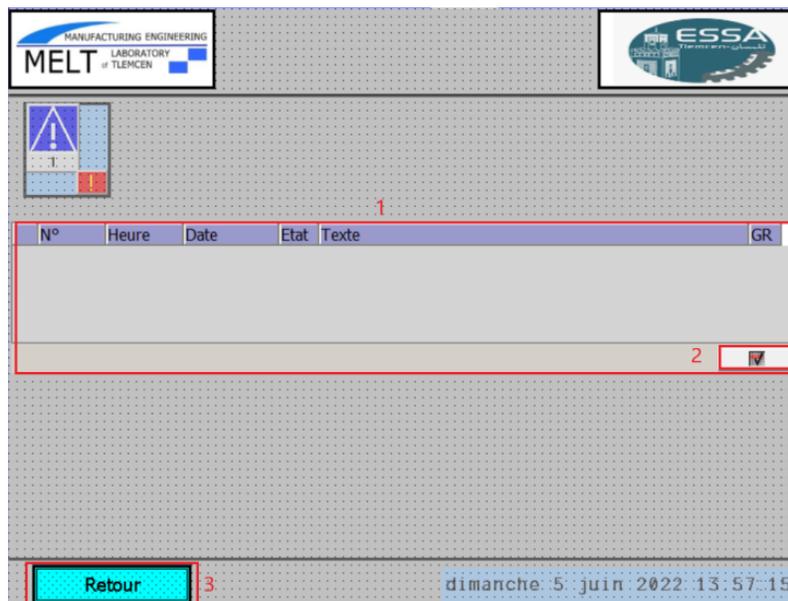


FIGURE 3.27 – Représentation de la vue d'alarme

— **Les divers objets :**

La numérotation dans la figure 3.27 signifie :

1. Vue des alarmes.
2. Bouton "ACQ".
3. Bouton "Retour" permettant de revenir à la vue précédente.

— **Interprétation :**

La figure 3.27 montre la vue des alarmes déclenchées lorsque le magasin est vide "B4" et une fois que nous avons lu le message d'alarme en appuyant sur le bouton d'acquiescement et après être revenu à la vue précédente via le bouton "Retour".

— **Création des alarmes TOR :**

1. Dans la barre d'outils, nous ouvrons la fenêtre "Objets complexe".
2. Nous avons choisi "Indicateur alarmes" et nous le faisons glisser dans la vue.
3. Nous avons choisi "vue des alarmes" et nous le faisons glisser dans la vue.
4. Nous cliquons sur "Vue des alarmes".
5. Dans la fenêtre des propriétés, nous sélectionnons "Visualisation" .
6. Nous sélectionnons le bouton "ACQ".
7. Dans la barre de projet, nous ouvrons la fenêtre "Gestion des alarmes" après "Alarmes TOR".
8. Double clic sur la première ligne .
9. nous entrons le "Texte" , "Variable de déclenchement" et "Numéro de bit "

La figure 3.28 représente les 7 premières étapes de la création des alarmes :

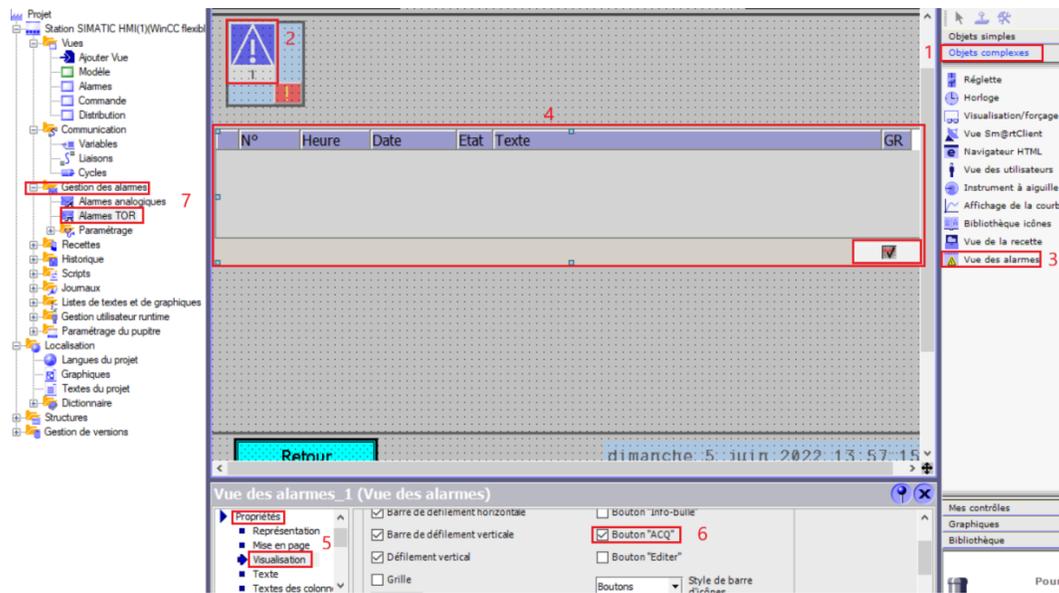


FIGURE 3.28 – Création de la vue des alarmes (1)

La figure 3.29 représente les 2 derniers étapes de la création des alarmes :

ALARMES TOR					
Texte	Número	Classe	Variable de déclenchement	Número de bit	Adresse de dé...
Magasin vide 9	1	Erreurs	Alarmes	8	M 25.0

FIGURE 3.29 – Création de la vue des alarmes (2)

3.6 Interface homme/machine de la station de séparation

3.6.1 Chargement les variables sous WinCC Flexible

La figure 3.30 représente les variables importées à partir des mnémoniques de notre projet sur Step7 et nous réglons le cycle d'acquisition à 100ms .

	Nom	Connexion	Type de données	Mném...	Adresse	Cycle d'acqui...	Commentaire
	B4	Liaison_1	Bool	B4	I 0.3	100 ms	Interrupteur rétracté
	S4	Liaison_1	Bool	S4	I 1.3	100 ms	Mise en référence "RESET"
	2M1	Liaison_1	Bool	2M1	Q 0.3	100 ms	Le sélecteur vers le convoyeur 1
	P4	Liaison_1	Bool	P4	Q 1.3	100 ms	Indicateur lumineux (pièce à usiner au point de collecteur"
	Part_av	Liaison_1	Bool	Part_av	I 0.0	100 ms	Présence de la pièce
	S1	Liaison_1	Bool	S1	I 1.0	100 ms	Mise en marche " START"
	1M1	Liaison_1	Bool	1M1	Q 0.2	100 ms	Le stoppeur rentrés
	B5	Liaison_1	Bool	B5	I 0.4	100 ms	Tompon vide
	nombre des pi...	Liaison_1	Counter	nombr...	C 1	100 ms	Compteur pour calculer les 5 premières pièces à usiner
	S3m	Liaison_1	Bool	S3m	M 0.3	100 ms	
	TOMPON PLEIN	Liaison_1	Counter	TOMP...	C 2	100 ms	compteur pour calculer les 4 premières pièce dans le convoye
	P2	Liaison_1	Bool	P2	Q 1.1	100 ms	Voyant Reset
	P1	Liaison_1	Bool	P1	Q 1.0	100 ms	Voyant START
	S4m	Liaison_1	Bool	S4m	M 0.2	100 ms	
	K1	Liaison_1	Bool	K1	Q 0.0	100 ms	Mise en marche moteur 1
	P3	Liaison_1	Bool	P3	Q 1.2	100 ms	Tompon lumineux plein
	K2	Liaison_1	Bool	K2	Q 0.1	100 ms	Mise en marche moteur 2
	S2	Liaison_1	Bool	S2	I 1.1	100 ms	arrête le système "STOP"
	S1m	Liaison_1	Bool	S1m	M 0.0	100 ms	
	S3	Liaison_1	Bool	S3	I 1.2	100 ms	Sélecteur Auto / Manuel
	B6	Liaison_1	Bool	B6	I 0.5	100 ms	Pas de pièce au point de collecte
	LED	Liaison_1	Bool	LED	M 100.3	100 ms	
	S2m	Liaison_1	Bool	S2m	M 0.1	100 ms	
	B8	Liaison_1	Bool	B8	M 0.5	100 ms	
	B7	Liaison_1	Bool	B7	M 0.4	100 ms	

FIGURE 3.30 – Variables utilisées dans la conception de l'IHM de séparation

3.6.2 La configuration des vues

L'interface homme/machine de la station de séparation est constituée de trois vues 3.31 et un modèle :

- Vue de commande.
- Vue de séparation.
- Vue des alarmes.

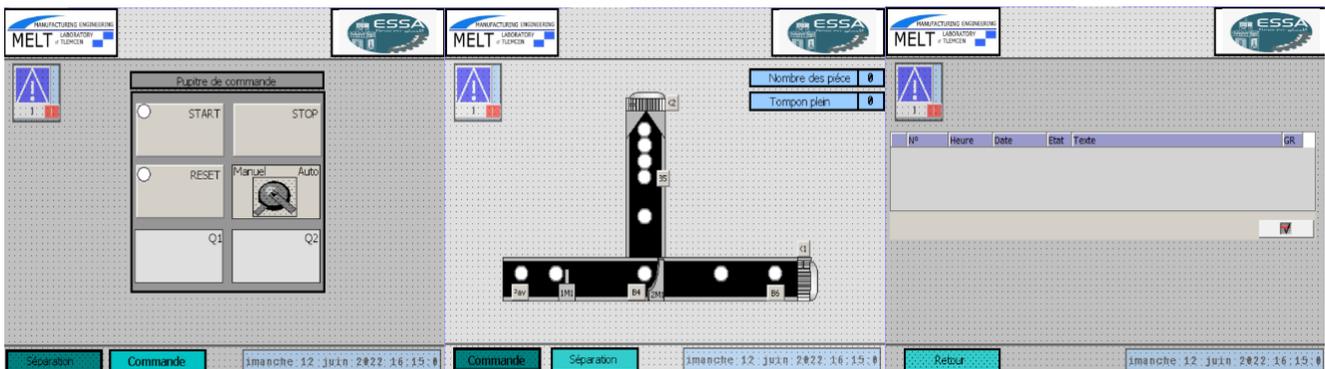


FIGURE 3.31 – Les vues de la station de séparation

Pour créer les trois vues, nous avons utilisé les différents objets simples et complexes en modifiant leurs propriétés (couleur, taille, position, visibilité, animations).

3.6.2.1 Vue de commande

La figure 3.32 représente la vue de commande "pupitre de commande" utilisée pour contrôler la vue de séparation (le même principe de la vue de commande de la distribution).

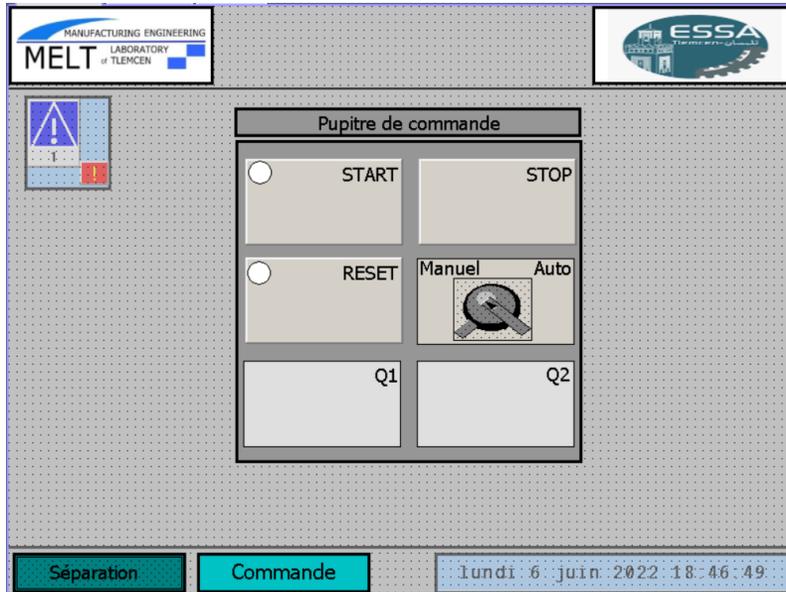


FIGURE 3.32 – Représentation de la vue de commande

3.6.2.2 Vue de Séparation

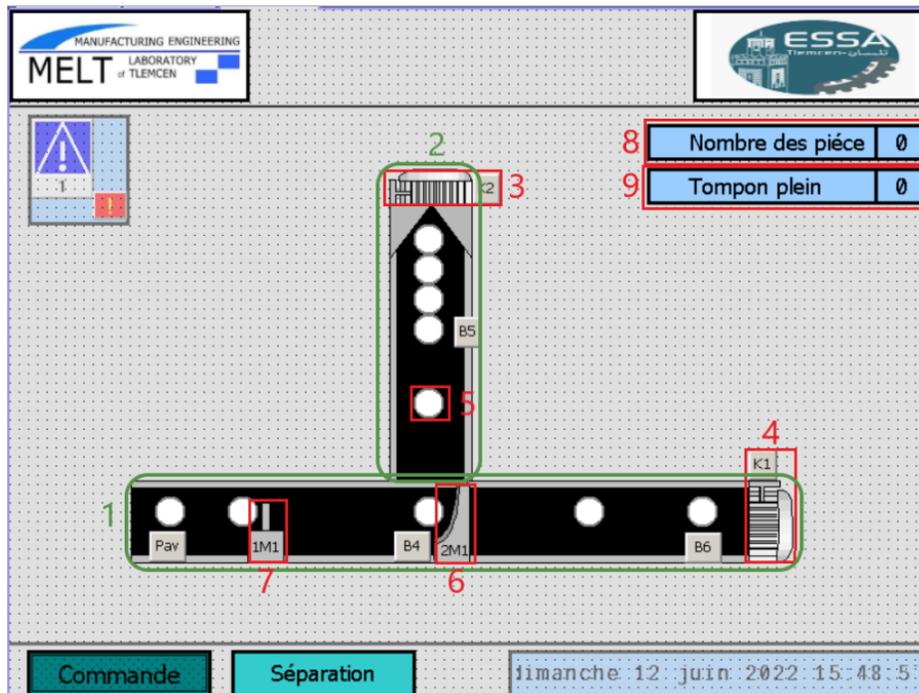


FIGURE 3.33 – Représentation de la vue de séparation

— **Les divers objets :**

La numérotation dans la figure 3.33 signifie :

1. Convoyeur 1.
2. Convoyeur 2.
3. Moteur 2 (mise en marche convoyeur 2).
4. Moteur 1 (mise en marche convoyeur 1).
5. La pièce à usiner.
6. Le sélecteurs .
7. Stoppeur.
8. Compteur pour afficher le nombre total de pièces.
9. Compteur pour afficher le nombre de pièces dans le convoyeur 2.

3.6.2.3 Vue d'alarme

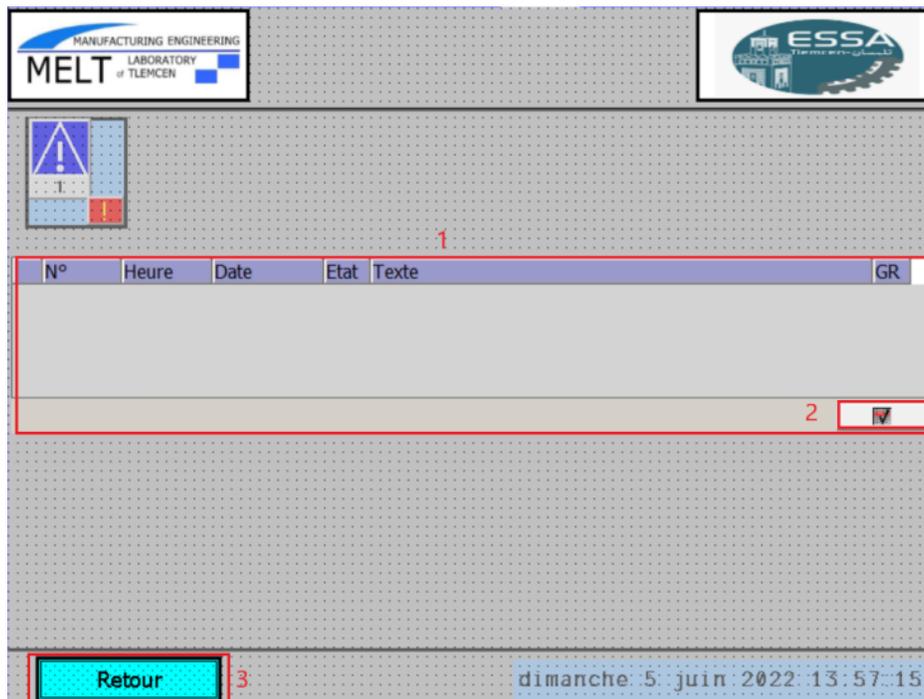


FIGURE 3.34 – Représentation de la vue des alarmes

La figure 3.34 représente la vue d'alarme pour donner l'information lorsque le convoyeur N°2 contient 4 pièces et que la fin du convoyeur N°1 contient une pièce , nous avons utilisé les alarmes analogiques.

— **Interprétation :**

La figure 3.34 montre la vue des alarmes déclenchées lorsque le compteur "Nombre des pièce" égale à 5 pièces et une fois que nous avons lu le message d'alarme en appuyant sur le bouton d'acquiescement et après être revenu à la vue précédente via le bouton "Retour".

— **Création des alarmes analogiques :**

Pour la création des alarmes analogiques, nous répétons les mêmes 6 premières étapes pour créer une alarme TOR et la figure 3.35 représente les étapes suivantes

1. Dans la barre de projet, nous ouvrons la fenêtre "Gestion des alarmes"
2. Nous sélectionnons "Alarmes Analogique" et faire double clic sur la première ligne .
3. Nous entrons le "Texte = Tompon et point de collecte sont pleins"
4. Après la "Variable surveillée = nombre des pièces".
5. Et la "valeur limite surveillée = 4".
6. Et nous choisissons le type de "Déclencheur = si front montant".

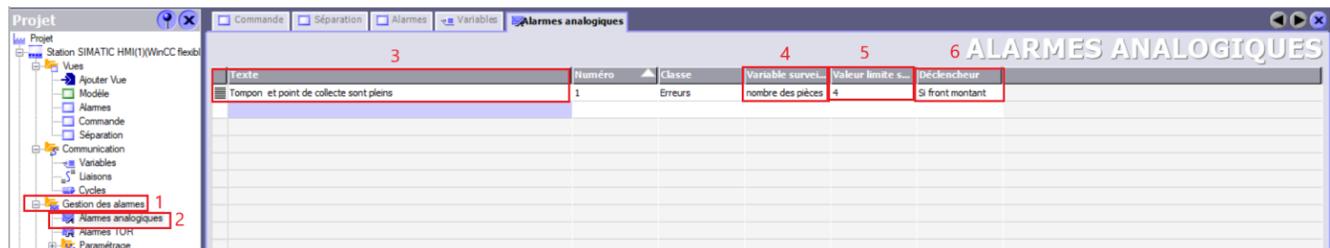


FIGURE 3.35 – Création de la vue des alarmes analogiques

3.7 Simulation et supervision via WinCC flexible et S7-PLCSIM

Lorsque les blocs et le GRAFCET ont été chargés sur le S7-PLCSIM, nous démarrons le Runtime de notre bureau 3.36 pour superviser la simulation.

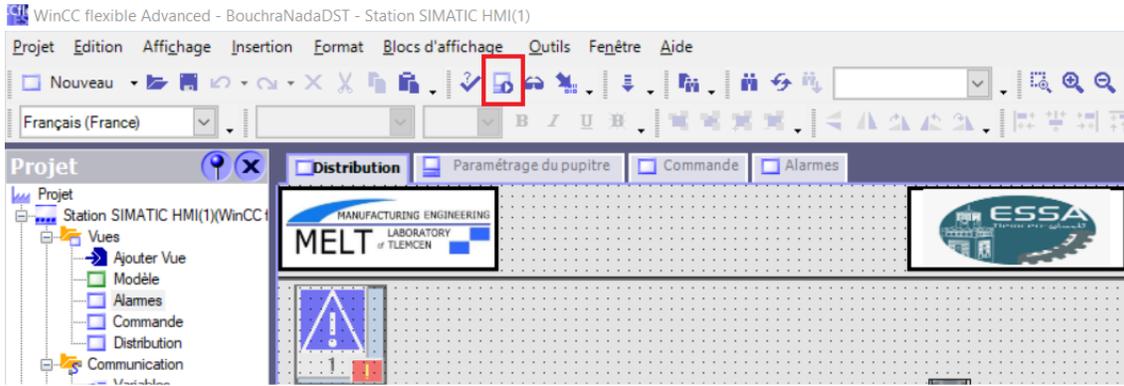


FIGURE 3.36 – Icône WinCC Runtime sur WinCC flexible

3.7.1 Station de distribution

Nous allons simuler et superviser dans cette partie l'interface homme machine de la station de distribution avec les deux simulateurs PLCSIM et WinCC Runtime afin de suivre les étapes de l'évolution de la station par l'activation et désactivation des différents bits des entrées au niveau du simulateur. PLCSIM, à travers l'appui sur les boutons START, RESET et STOP de l'IHM.

La figure 3.37 représente l'exécution de STEP7 via WinCC flexible.

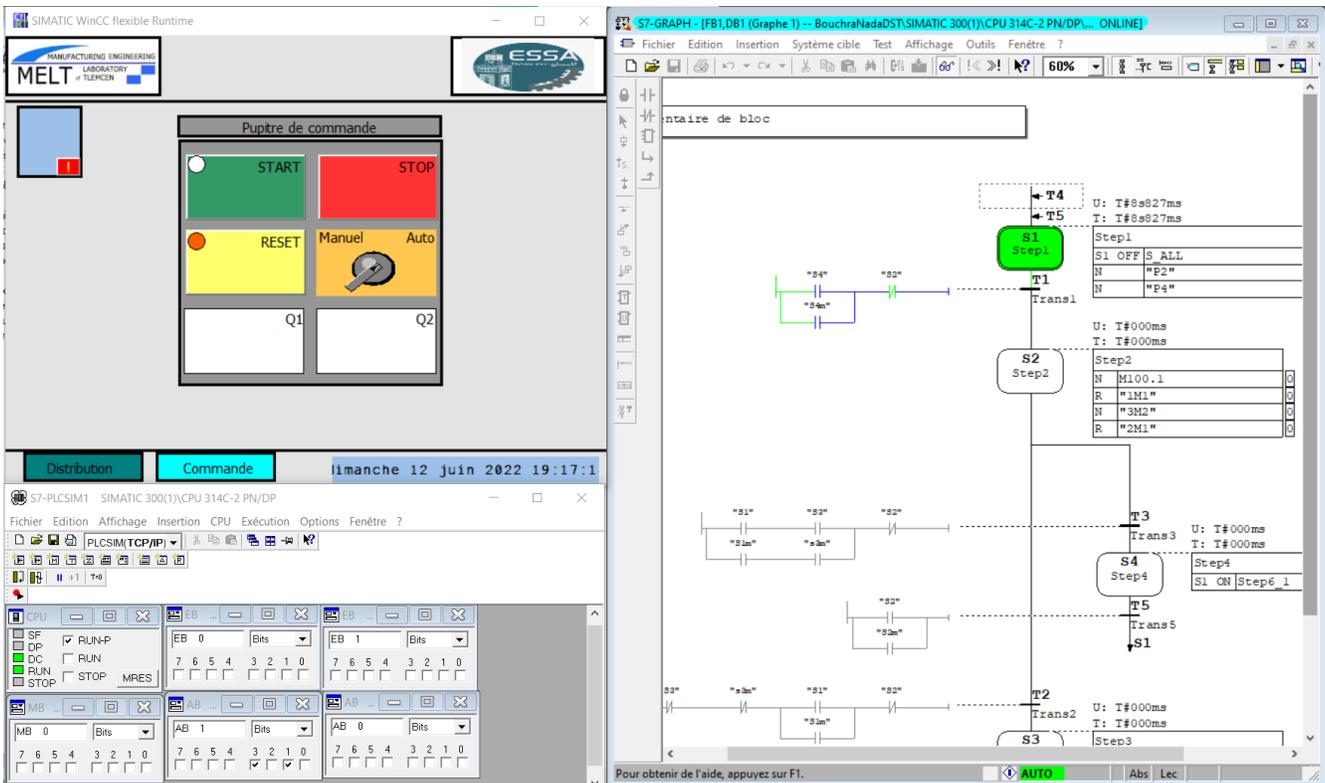


FIGURE 3.37 – Simulation et supervision de la station de distribution

3.7.1.1 L'interprétation des différentes IHM

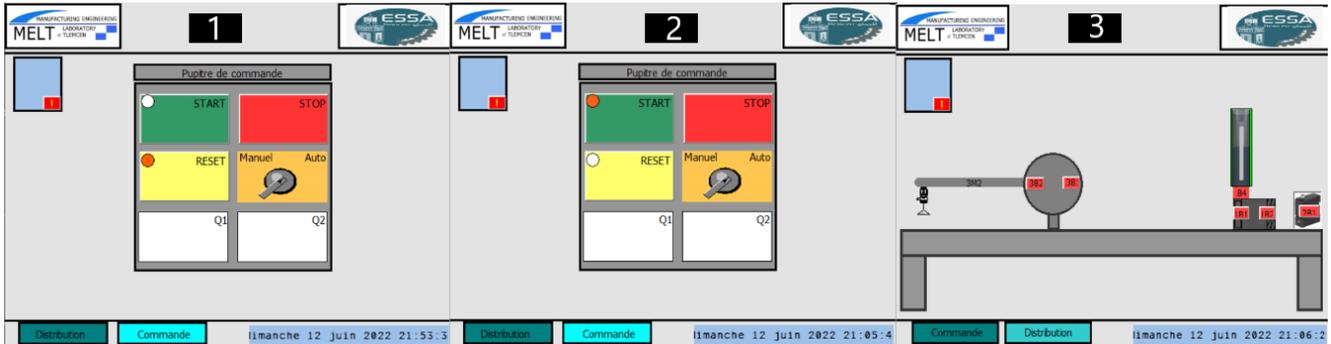


FIGURE 3.38 – Supervision de la station de distribution (1)

La figure 3.38 représente les trois premières vues de la station de distribution.

1. Le voyant du bouton RESET s'allume, ce qui signifie que le bouton est prêt à être utilisé pour réinitialiser le système.
2. Lorsque nous appuyons sur le bouton de réinitialisation, le voyant du bouton START s'allume, indiquant que le bouton est prêt à être utilisé pour démarrer le système.
3. Le bras rotatif à coté de la station aval et le magasin est plein.

La figure 3.39 représente la séquence de vues de la station de distribution.

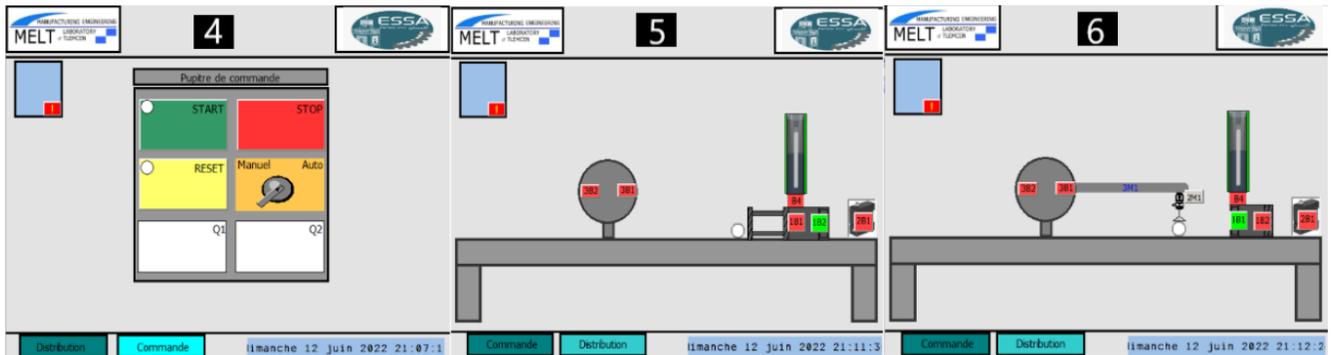


FIGURE 3.39 – Supervision de la station de distribution (2)

4. Lorsque nous appuyons sur le bouton de démarrage pour lancer notre système, le voyant lumineux atteint.
5. Le cylindre d'éjection éjecte la pièce .
6. Le bras oscillant à côté du magasin pour l'aspiration de la pièce.

La figure 3.40 représente la suite de vues de la station de distribution.

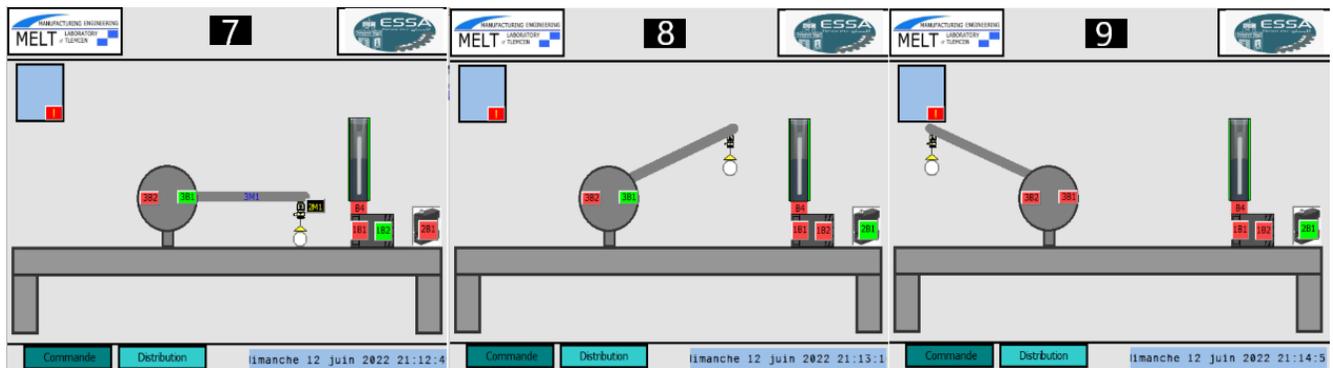


FIGURE 3.40 – Supervision de la station de distribution (3)

7. La ventouse est en jaune ce qui signifie qu'elle aspire la pièce .
8. Le bras oscillant se déplace vers la deuxième position et la ventouse aspire la pièce.
9. Le bras oscillant se déplace vers la deuxième position et la ventouse toujours aspire la pièce.

La figure 3.41 représente les dernières vues de la station de distribution quand nous avons un magasin plein.

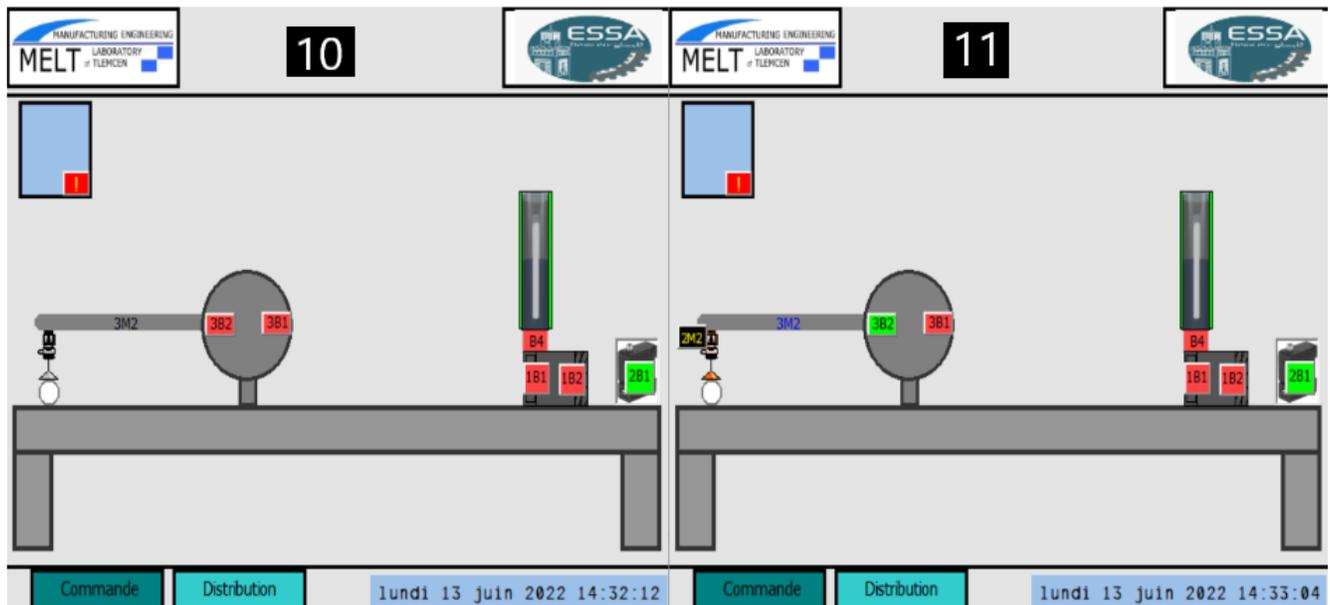


FIGURE 3.41 – Supervision de la station de distribution (4)

10. Le bras oscillant dans la deuxième position.
11. La ventouse est en orange ce qui signifie qu'elle expulse la pièce .

La figure 3.42 représente les dernières vues de la station de distribution quand on a un magasin plein.

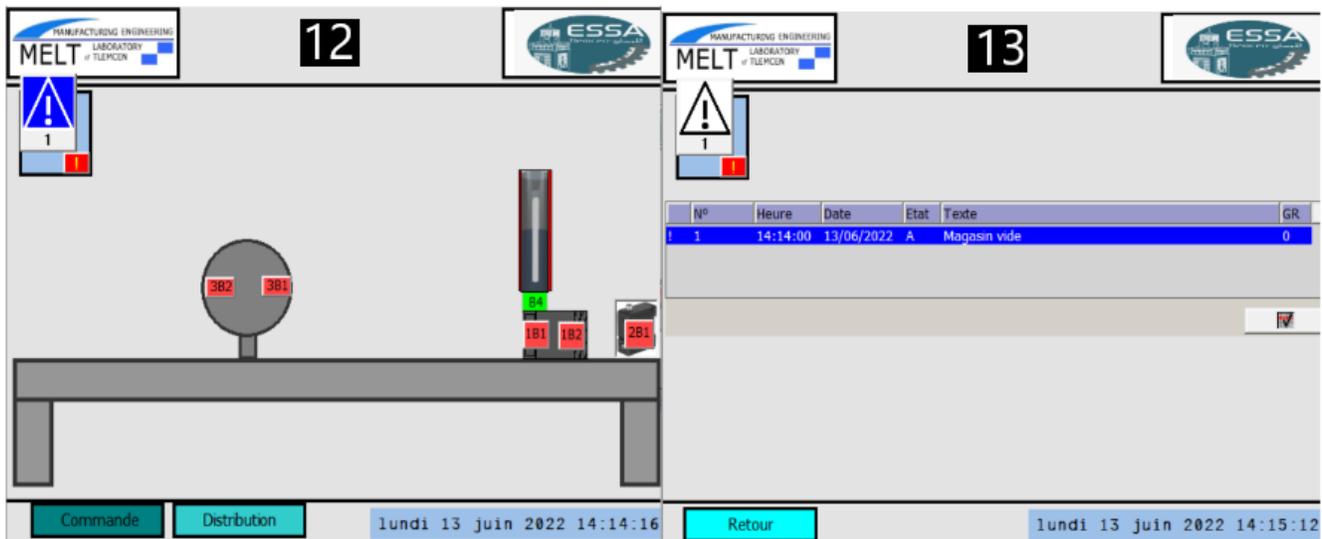


FIGURE 3.42 – Supervision de la station de distribution (5)

12. Le cas du magasin vide : le magasin en rouge et le capteur en vert et l'indicateur d'alarme se déclenche.
13. La vue des alarmes affiche le message "Magasin est vide" et nous devons appuyer sur le bouton d'acquiescement "ACQ" pour indiquer que le message a été lu.

3.7.2 Station de séparation

3.7.2.1 L'interprétation des différentes HMI

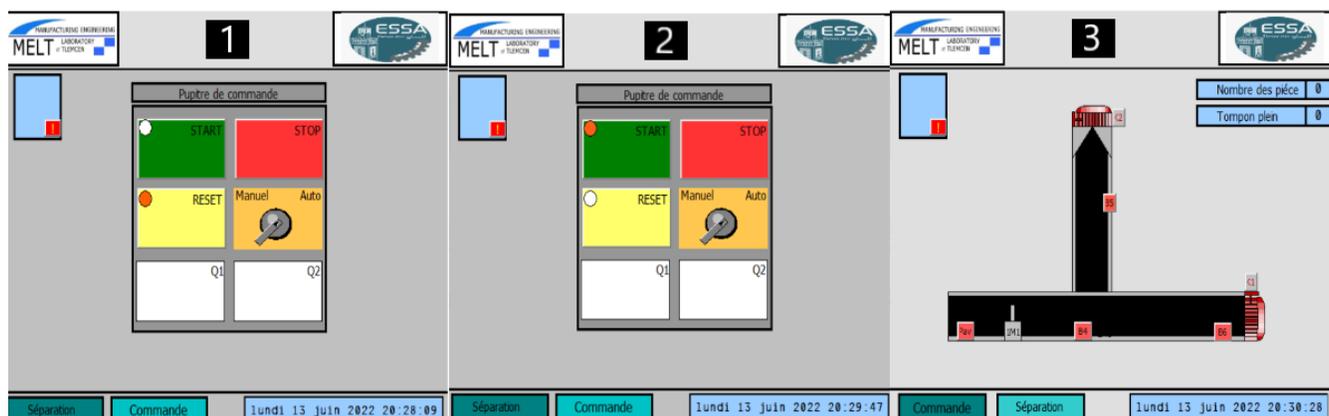


FIGURE 3.43 – Supervision de la station de séparation (1)

La figure 3.43 représente les trois premières vues de la station de séparation.

1. Le voyant du bouton RESET s'allume, ce qui signifie que le bouton est prêt à être utilisé pour réinitialiser le système.

2. Lorsque nous appuyons sur le bouton de réinitialisation, le voyant du bouton START s'allume, indiquant que le bouton est prêt à être appuyé pour démarrer le système.
3. Dans l'état initial, les deux convoyeurs sont au repos et aucune pièce n'est présente.

La figure 3.44 représente la séquence de vues de la station de séparation.

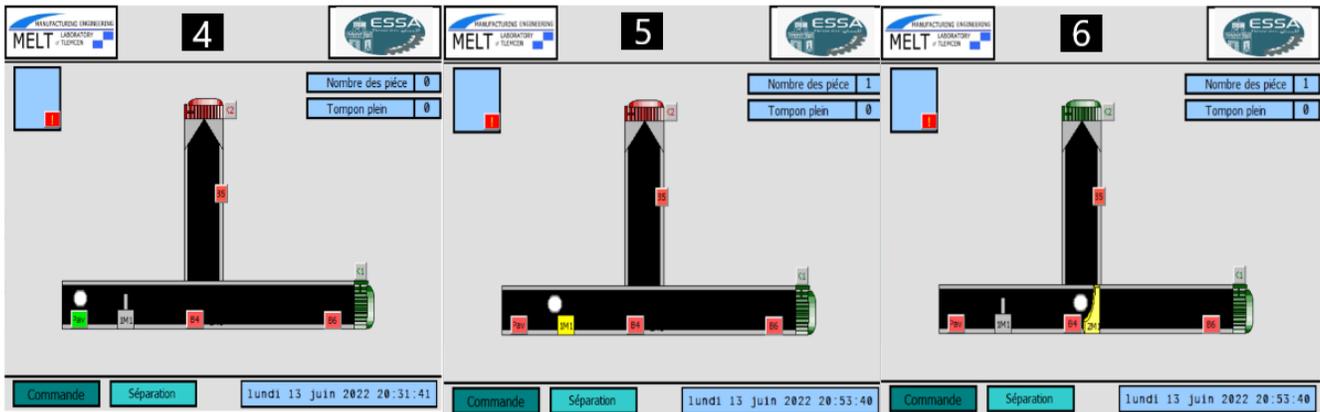


FIGURE 3.44 – Supervision de la station de séparation (2)

4. La pièce est détectée par le capteur "Pav" au début du convoyeur 1 et le nombre de pièces est égal à 1.
5. La pièce au niveau du stoppeur.
6. Puisque le nombre de pièces est inférieur à 5, le sélecteur déviara la pièce vers le convoyeur 2 .

La figure 3.45 représente la séquence de vues de la station de séparation.

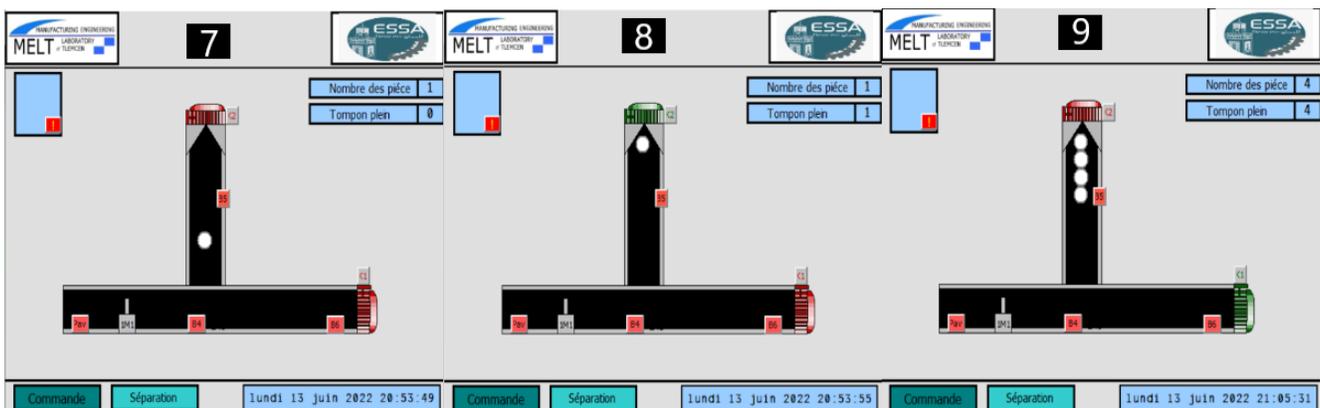


FIGURE 3.45 – Supervision de la station de séparation (3)

7. La pièce se déplace dans le convoyeur 2.
8. La pièce atteint la première place dans le convoyeur 2 et le compteur "Tompon plein" est égal à 1.
9. Après quatre itérations, les compteurs "Tompon plein" et "Nombre des pièces" sont égaux à 4.

La figure 3.46 représente la séquence de vues de la station de séparation.

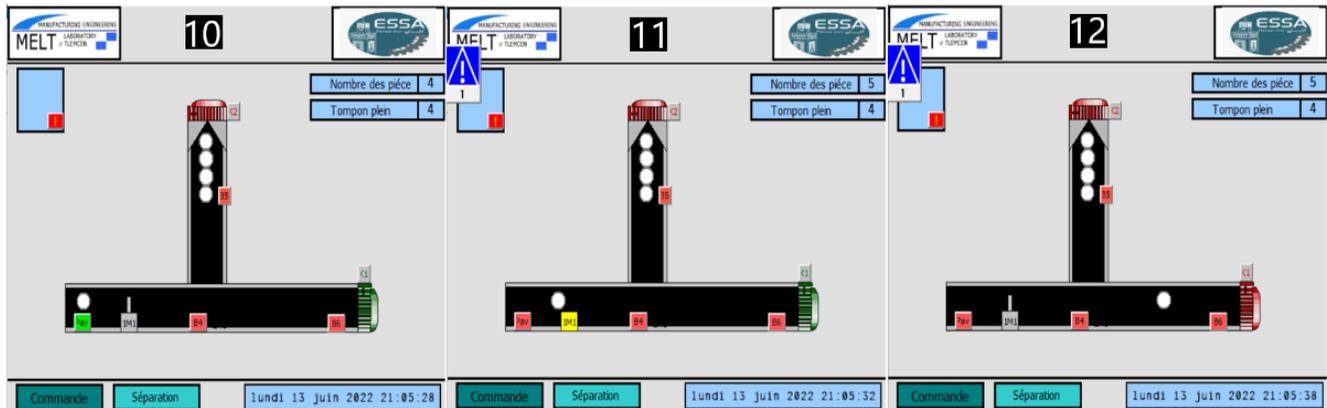


FIGURE 3.46 – Supervision de la station de séparation (4)

10. La cinquième pièce est détectée par le capteur "Pav" .
11. La pièce au niveau du stoppeur et le compteur "Nombre de pièces" est égal à 5 dans ce cas nous observons que l'indicateur d'alarme est déclenché .
12. Comme le nombre de pièces est égal à 5, le sélecteur ne dévie pas la pièce vers le convoyeur 2 et elle se déplace vers l'extrémité du convoyeur 1.

La figure 3.47 représente la séquence de vues de la station de séparation.

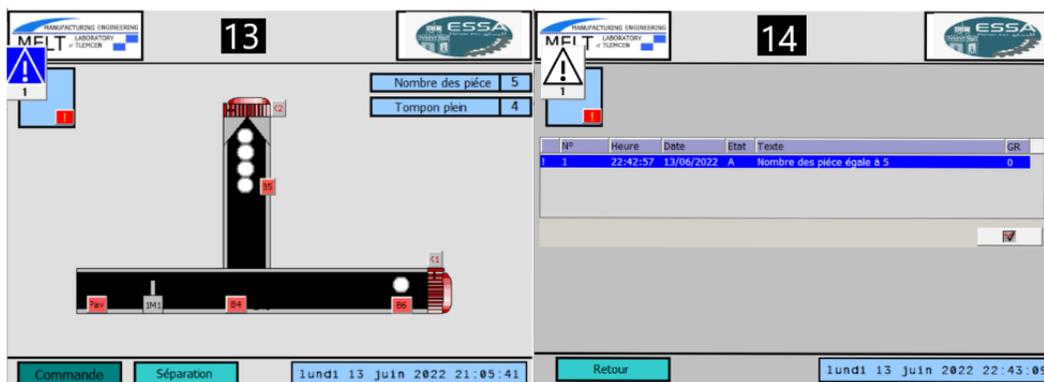


FIGURE 3.47 – Supervision de la station de séparation (5)

13. La pièce arrive à la fin du convoyeur 1.
14. La vue des alarmes affiche le message "Nombre des pièces égale à 5" et nous devons appuyer sur le bouton d'acquiescement "ACQ" pour indiquer que le message a été lu.

3.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la création de l'interface homme-machine de la station de distribution et de séparation et nous avons réalisé la synchronisation entre les deux outils PLCSIM et WinCC Runtime pour une supervision en temps réel du système étudié.

Ce travail nous a permis d'approfondir notre connaissance de la supervision à travers l'IHM permettra une bonne compréhension du principe de visualisation de l'état de notre procédé.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Nous sommes aujourd'hui à l'époque de l'industrie 4.0 avec l'utilisation de l'internet, du big data, du cloud, de l'internet des objets, de intelligence artificielle et de la robotique est devenue beaucoup plus complexe, et a besoin de technologies modernes pour faire la supervision et l'acquisition des données afin de suivre en temps réel les comportements de ses systèmes.

La supervision industrielle est la technologie qui consiste à superviser et à contrôler le processus de production automatisé. Elle permet de capturer et de collecter les données d'un système afin de prendre la bonne décision dans le but de garantir le fonctionnement du processus.

Dans ce mémoire, nous avons exposé le contexte de la conception et de la supervision du système de production automatisé. Plus précisément, une partie du système AFB installé dans le laboratoire (MELT) de la Faculté de Technologie de Tlemcen. Notre étude consiste à sélectionner deux stations du système AFB. Ces stations doivent répondre à notre besoin. De ce fait, nous avons choisi les stations de distribution et de séparation.

Notre principale mission consistait à concevoir l'IHM de ces deux stations, nous avons donc réalisé un modèle sous le logiciel WinCC flexible dans le but de superviser les deux stations, en intégrant chaque IHM créée avec le programme de la station que nous avons réalisé dans notre projet d'ingénieur.

Nous avons pu acquérir à travers ce projet des compétences essentielles qui nous ont aidé à réaliser une supervision de notre système. Les résultats expérimentaux obtenus sont très satisfaisants et montrent qu'il a de bonnes performances.

Enfin, nous espérons que ce travail pourra toutefois être d'une certaine utilité et apporter un

outil supplémentaire pour les futures promotions.

Le travail que nous avons réalisé a atteint sa phase initiale de développement, mais il est loin d'être achevé.

Ce travail est facilement extensible, plusieurs perspectives peuvent être abordées :

- Injecter les résultats obtenus dans les stations à étudier afin de voir les différents changements en temps réel dans chaque IHM.
- Simuler le système sur CIROS afin de voir son fonctionnement en 3D (digital twin) et de minimiser les dommages. De ce fait, le matériel sera protégé après vérification du bon fonctionnement des programmes développés.
- Superviser un système MPS variant complet.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Human Machine Interface Vijeo Look supervisory software. page 14.
- [2] SIMATIC WinCC V7. page 61.
- [3] Manuels SIEMENS : « WinCC flexible 2008 », SIMATIC HMI. July 2008.
- [4] SIMATIC WinCC Supervision de process avec Plant Intelligence Brochure. April 2009.
- [5] Visual T&D catalog. page 4, 2022.
- [6] A. Daneels, CERN, Geneva, Switzerland and W.Salter, CERN, Geneva, Switzerland. WHAT IS SCADA ?
- [7] HASSANI Amina. L'industrie 4.0 et les facteurs clés de succès de projet. page 87, 2020.
- [8] Raul Aquino-Santos. *Emerging Technologies in Wireless Ad-hoc Networks : Applications and Future Development : Applications and Future Development*. 2010.
- [9] David Bailey and Edwin Wright. *Practical SCADA for industry*. Elsevier, 2003.
- [10] James R Barth, Chen Lin, Yue Ma, Jesús Seade, and Frank M Song. Do bank regulation, supervision and monitoring enhance or impede bank efficiency ? *Journal of Banking & Finance*, 37(8) :2879–2892, 2013.
- [11] MR.IBARI BENAOUMEUR. Supervision et contrôle de systèmes distants à l'aide d'une architecture basée sur internet et le réseau terrain modbus.

-
- [12] Pierre BONNET and Master ASE SMART. Introduction à la supervision. *Master ASE SMaRT*, 2010.
- [13] A. Daneels and Wayne Salter. What is scada. 1999.
- [14] Raied Debibi. *Développement d'un système de supervision, d'acquisition et de transfert de données d'un système hybride de production électrique*. Université du Québec a Rimouski (Canada), 2016.
- [15] Raja Glaa and Mohamed Najeh Lakhoua. Methodology of analysis and design of a scada system. In *2014 International Conference on Electrical Sciences and Technologies in Maghreb (CISTEM)*, pages 1–7. IEEE, 2014.
- [16] Chao Gong. Human-machine interface : Design principles of visual information in human-machine interface design. In *2009 International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*, volume 2, pages 262–265. IEEE, 2009.
- [17] Michael Grieves and John Vickers. Digital twin : Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In *Transdisciplinary perspectives on complex systems*, pages 85–113. Springer, 2017.
- [18] Jeffrey Lloyd Hieb. *Security hardened remote terminal units for SCADA networks*. University of Louisville, 2008.
- [19] Dong Joo Kang and Rosslin Robles. Compartmentalization of protocols in SCADA communication.
- [20] Alexis Lebranchu, Sylvie Charbonnier, Christophe Bérenguer, and Frédéric Prevost. Review and analysis of scada data-based methods for health monitoring of wind turbines. In *ESREL 2015-25th European Safety and Reliability Conference*, pages 2413–2421. CRC Press, 2015.
- [21] Dongsoo Lee, HakJu Kim, Kwangjo Kim, and Paul D Yoo. Simulated attack on dnp3 protocol in scada system. In *Proceedings of the 31th Symposium on Cryptography and Information Security, Kagoshima, Japan*, pages 21–24, 2014.
- [22] Steve Mackay, Edwin Wright, Deon Reynders, and ASD John Park. *Practical industrial data networks : design, installation and troubleshooting*. Newnes, 2004.
- [23] Ridha Mahjoub. Description de WinCC flexible ; Les étapes de création d'un projet WinCC ; Application. page 13.

-
- [24] Van Hoa Nguyen, Quoc Tuan Tran, and Yvon Besanger. SCADA as a service approach for interoperability of micro-grid platforms. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 8 :26–36, December 2016.
- [25] CUENOT CAROLINE QUENEDEY PATRICIA VERRIÈRE. L’industrie 4 .0 la 4Ème rÉ-volution industrielle sauvera-t- elle l’industrie franÇaise? page 4, 2017.
- [26] Robert Radvanovsky and Jacob Brodsky. *SCADA Control Systems Security*.
- [27] Krutz Ronald L. *Securing SCADA systems*. Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana.
- [28] Andreas Schumacher, Selim Erol, and Wilfried Sihm. A maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia Cirp*, 52 :161–166, 2016.
- [29] Samuel C Sciacca and Wayne R Block. Advanced scada concepts. *IEEE Computer Applications in Power*, 8(1) :23–28, 1995.
- [30] Maulshree Singh, Evert Fuenmayor, Eoin P Hinchy, Yuansong Qiao, Niall Murray, and Declan Devine. Digital twin : origin to future. *Applied System Innovation*, 4(2) :36, 2021.
- [31] Fei Tao, He Zhang, Ang Liu, and Andrew YC Nee. Digital twin in industry : State-of-the-art. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(4) :2405–2415, 2018.
- [32] Franck Tarpin-Bernard. Interaction homme-machine adaptative. 2006.
- [33] Rose Tsang. Cyberthreats, vulnerabilities and attacks on scada networks. *University of California, Berkeley, Working Paper*, [http://gspp.berkeley.edu/iths/Tsang SCADA% 20Attacks.pdf](http://gspp.berkeley.edu/iths/Tsang%20Attacks.pdf) (as of Dec. 28, 2011), 2010.

Webography

- [1] SCADA HARDWARE : <https://scadahardware.blogspot.com/>
Dernière visite : 21 Avril 2022
- [2] Difference between monitoring, remote management and supervision : <https://www.carel.nz/>
Dernière visite : 11 Avril 2022
- [3] Digital twins in 2022 : <https://research.aimultiple.com/digital-twins/>
Dernière visite : 11 Avril 2022
- [4] Supervision industrielle : <https://www.automation-sense.com/>
Dernière visite : 11 Avril 2022
- [5] Introduction à la supervision : <https://documents.pub/document/introduction-a-la-supervision.html>
Dernière visite : 11 Avril 2022
- [6] What is the Automation Pyramid : <https://realpars.com/>
Dernière visite : 18 Avril 2022
- [7] What is the Automation Pyramid : <https://www.ixon.cloud/>
Dernière visite : 18 Avril 2022
- [8] What is SCADA ? : <http://inductiveautomation.com/>
Dernière visite : 18 Avril 2022
- [9] Digital Twins : <https://www.altexsoft.com/blog/digital-twins/>
Dernière visite : 20 Avril 2022
- [10] SIMATIC WinCC : <https://new.siemens.com/>
Dernière visite : 05 Juin 2022
- [11] RSView32 : <https://www.g2.com/products/rsvview32/reviews>
Dernière visite : 05 Juin 2022,
- [12] GE iFIX : <https://www.ge.com/digital/applications/hmi-scada/ifix>
Dernière visite : 05 Juin 2022

[13] Experion HS : <https://process.honeywell.com/>

Dernière visite : 05 Juin 2022

[14] Certec EDV GmbH Information : https://rocketreach.co/certec-edv-gmbh-profile_b4546791fc9d1e3f

Dernière visite : 05 Juin 2022

[15] Descriptif des Logiciels : <https://www.univ-reims.fr/meserp/descriptif-des-logiciels/>

Dernière visite : 06 Juin 2022

Résumé

L'industrie intelligente et le concept d'industrie 4.0 apportent de nouvelles solutions, architectures et technologies à l'industrie et à la fabrication en ce qui concerne les systèmes de contrôle et d'acquisition de données (SCADA) ou l'Internet des objets (IoT), l'interface homme-machine (IHM) qui a pour le rôle d'acquérir et de contrôler les données, en ce qu'elle offre aux opérateurs une vue de l'ensemble de l'usine et un accès à la surveillance et à l'interaction avec le système.

Dans cette thèse, la modélisation de l'IHM a été réalisée à l'aide de SIMATIC WinCC flexible intégré à STEP7 dans le but d'acquérir des données et de contrôler le processus d'une partie du système MPS variant spécifiquement la station de distribution et la station de séparation du système AFB installé dans le laboratoire (MELT) de la Faculté de Technologie de Tlemcen. Et pour finir, nous exposerons l'IHM de notre système et les différents résultats obtenus après la synchronisation de nos outils : "WinCC Runtime" et "PLCSIM".

Mots clés

Supervision, Industrie 4.0 , SCADA, WinCC, Système Temps réel, IHM, Runtime, PLCSIM.

Abstract

Smart industry and the concept of Industry 4.0 bring new solutions, architectures and technologies to industry and manufacturing with respect to control and data acquisition systems (SCADA) or the Internet of Things (IoT), the human-machine interface (HMI) that has for the role of acquiring and controlling data, in that it provides operators with a view of the entire plant and access to monitoring and interaction with the system.

In this thesis, HMI modeling was performed using SIMATIC WinCC flexible integrated with Step7 for the purpose of acquiring data and controlling the process of a part of the MPS system specifically varying the distribution station and the separation station.

And to finish, we will expose the HMI of our system and the various results obtained after the synchronization of our tools : "WinCC Runtime" and "PLCSIM".

Keywords

Supervision, industrie 4.0, SCADA, WinCC, real time system, HMI, Runtime, PLCSIM.

ملخص

تجلب الصناعة الذكية ومفهوم الصناعة ٤.٠ حلولاً ومعماريات وتقنيات جديدة للصناعة والتصنيع فيما يتعلق بأنظمة التحكم والحصول على البيانات SCADA أو IoT إنترنت الأشياء، الواجهة بين الإنسان والآلة HMI التي لها دور في الحصول على البيانات والتحكم فيها ، من حيث أنها توفر للمشغلين نظرة عامة على المصنع بأكمله و الوصول إلى المراقبة والتفاعل مع النظام. في هذه الأطروحة، تم تنفيذ نمذجة HMI باستخدام SIMATIC WinCC المرنة المتكاملة مع الخطوة ٧ بهدف الحصول على البيانات والتحكم في عملية جزء من نظام MPS على وجه التحديد تغيير محطة التوزيع ومحطة الفصل لنظام AFB المثبت في مختبر MELT. وأخيراً ، سنكشف عن HMI لنظامنا والنتائج المختلفة التي تم الحصول عليها بعد مزامنة أدواتنا: "WinCC Runtime" و "PLCSIM".

كلمات مفتاحية

الإشراف، الصناعة ٤.٠، نظام في الوقت الحقيقي، وقت التشغيل. SCADA, WinCC, HMI, PLCSIM.