

Sommaire

Introduction générale.....	4
Contexte Théorique	5
Introduction.....	5
1.1 Automatisation et Industrie 4.0	5
1.1.1 Industrie 4.0	5
1.1.2 Évolution des Interfaces Homme-Machine (IHM).....	5
1.1.3 Automatisation dans l'Industrie 4.0	6
1.2 Communication entre IHM et l'automate de l'industrie 4.0.....	6
Conclusion.....	7
Analyse de l'état actuel du système	8
Introduction.....	8
2.1 Description des postes de travail de la maquette.....	8
2.1.1 Présentation de l'usine.....	8
2.1.2 Station de traitement multi-tâches	8
2.1.3 Station de contrôle et de tri	9
2.2 Description littéraire du cycle de production actuel.....	10
2.3 Phases de production	11
Conclusion.....	13
Programmation des API et mise en œuvre des IHM.....	14
Introduction	14
3.1 Aperçu du projet	14
3.1.1 Objectifs et périmètre du projet.....	14
3.2 Environnement de programmation.....	15
3.2.1 Matériel	15
3.2.2 Le logiciel : TIA Portal V17	15
3.2.3 Langage de programmation dans TIA Portal : SCL	15
3.3 Développement de code en TIA Portal	17
3.3.1 Modules fonctionnels.....	17
3.4 Communication avec l'IHM	25
Conclusion.....	28
Conclusion générale.....	29

Liste des figures

Figure 1-1 : Évolution de l'Industrie : les Quatre Révolutions Clés.....	5
Figure 1-2: Liaison entre l'automate et l'IHM	7
Figure 2-1: Fischertechnik usine de formation.....	8
Figure 2-2 : Station de traitement multi-tâches.....	9
Figure 2-3 : Station de traitement multi-tâches.....	10
Figure 3-1 : Les phases des gammes.....	14
Figure 3-2 : Configuration du matériel	15
Figure 3-3: Le logo de TIA Portal V17.....	15
Figure 3-4: Exemple d'un code SCL.....	16
Figure 3-5 : Logigramme de chargement.....	17
Figure 3-6 : Logigramme de poste de traitement thermique.....	18
Figure 3-7 : Logigramme de la fraiseuse et la table tournante.....	19
Figure 3-8 : Logigramme de poste de contrôle qualité.....	20
Figure 3-9 : Logigramme de poste d'éjection.....	21
Figure 3-10: logigramme de Transport Ligne de tri-Station de livraison et ramassage.....	22
Figure 3-11 : Logigramme de la fonction Main.....	24
Figure 3-12 : IHM de l'accueil.....	25
Figure 3-13 : IHM de poste de traitement thermique.....	26
Figure 3-14 : IHM de poste de fraiseuse.....	26
Figure 3-15 : IHM de poste de Contrôle qualité.....	27
Figure 3-16 : IHM de processus d'éjection.....	27

Liste des Tables

Tableau 2-1:Les phases de production élémentaires	11
---	----

Introduction générale

L'avènement de la quatrième révolution industrielle, ou Industrie 4.0, transforme radicalement le paysage mondial de la fabrication en intégrant harmonieusement les technologies numériques et physiques. La programmation des automates programmables industriels (API) joue un rôle central dans cette transformation, en permettant de concevoir des systèmes de production plus agiles, adaptatifs et performants. Ces systèmes sont essentiels pour exploiter pleinement les opportunités offertes par l'Industrie 4.0, telles que l'amélioration de l'efficacité opérationnelle et l'augmentation de la flexibilité.

L'usine d'apprentissage Fischertechnik se distingue comme un laboratoire vivant, offrant un modèle exemplaire pour éduquer étudiants et professionnels sur les principes et applications pratiques de l'Industrie 4.0. Elle met en lumière l'importance de la programmation des API pour développer des systèmes de production intelligents et adaptatifs.

Cependant, en examinant l'état actuel de l'usine, certaines zones nécessitent des améliorations pour accroître leur adaptabilité et efficacité. Ces améliorations sont cruciales pour maintenir l'usine à la pointe de la technologie et pour continuer à fournir une formation de haute qualité en phase avec les évolutions rapides de l'Industrie 4.0.

Notre projet a mis en œuvre la programmation des API qu'a été employée pour concevoir de nouveaux cycles de production plus adaptatifs et ajustables.

Dans ce contexte, notre projet se concentre sur la programmation élémentaire des postes pour assurer la flexibilité et l'agilité, tout en contrôlant et visualisant en temps réel via une interface homme-machine (IHM).

Ce travail est divisé en trois chapitres distincts, chacun fournissant des perspectives spécifiques et uniques :

Dans le premier chapitre, nous approfondirons les bases théoriques de l'Industrie 4.0 et l'automatisation interactive

En passant au deuxième chapitre, nous analyserons l'état actuel du projet.

Enfin, le troisième chapitre se concentrera sur la mise en œuvre de la programmation des API et les interfaces Homme-machine

Chapitre 1

Contexte Théorique

Introduction

Le premier chapitre se consacre à une exploration approfondie des principes théoriques de l'Industrie 4.0 et de l'automatisation interactive, mettant en lumière les innovations technologiques qui transforment les processus de production.

1.1 Automatisation et Industrie 4.0

1.1.1 Industrie 4.0

La révolution industrielle la plus récente, connue sous le nom d'Industrie 4.0, représente un changement révolutionnaire dans l'industrie et la technologie. Elle marque le début d'une nouvelle ère d'automatisation et de connectivité, se distinguant de ses prédécesseurs en fusionnant la technologie numérique avec les opérations physiques. Contrairement aux autres révolutions telles que la mécanisation, la production de masse et l'automatisation, l'Industrie 4.0 utilise l'Internet des objets (IoT), l'intelligence artificielle, les mégadonnées et des robots sophistiqués pour créer des systèmes industriels intelligents, flexibles et basés sur les données. Pour les entreprises souhaitant rester compétitives sur le marché actuel, cela n'est pas seulement une option, mais une nécessité. Cette révolution promet de transformer les industries du monde entier en améliorant l'efficacité, en réduisant les coûts et en augmentant l'agilité.

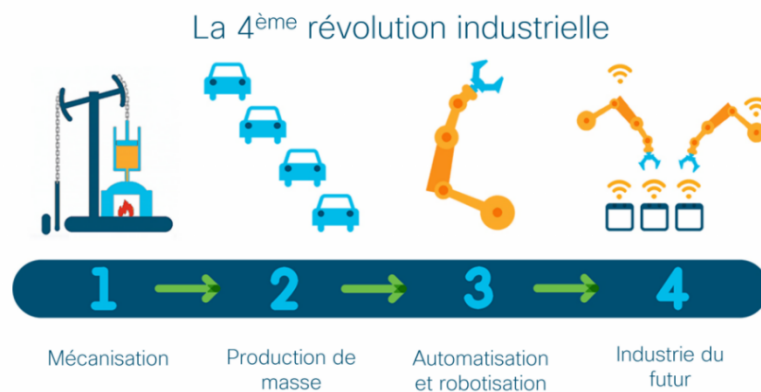


Figure 1-1 : Évolution de l'Industrie : les Quatre Révolutions Clés [1]

1.1.2 Évolution des Interfaces Homme-Machine (IHM)

L'évolution des Interfaces Homme-Machine (IHM) dans les industries s'étend sur plusieurs phases :

- **Industrie 2.0** : À cette époque, les instruments de base avec boutons et lumières étaient courants, tandis que la mécanisation et l'électricité prenaient de l'importance.

- **Industrie 3.0** : Avec l'avènement de l'informatisation, les IHM ont évolué pour analyser des données complexes provenant de systèmes sophistiqués, soutenus par des capacités de calcul et une connectivité réseau accrues. Cependant, bien que plus avancés que les systèmes de l'Industrie 2.0, ils étaient souvent limités dans leur capacité à intégrer des technologies émergentes telles que l'Internet des Objets (IoT) et l'intelligence artificielle (IA).
- **Industrie 4.0** : Les IHM de l'Industrie 4.0 intègrent des technologies avancées telles que l'Internet des Objets (IoT), l'analyse de données en temps réel, l'intelligence artificielle (IA) et le SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Ces interfaces sophistiquées permettent une interaction plus étroite avec les opérateurs et offrent une représentation virtuelle des systèmes réels (digital twin). Comparé au SCADA utilisé dans les phases précédentes, l'Industrie 4.0 propose une approche plus intégrée et avancée pour la surveillance et le contrôle des processus industriels, offrant une connectivité plus large et une capacité d'analyse plus approfondie

1.1.3 Automatisation dans l'Industrie 4.0

Une transformation importante dans les processus de fabrication et industriels est représentée par l'automatisation dans l'Industrie 4.0. Les automates programmables industriels (API) sont cruciaux dans ce contexte. En combinant les données en temps réel provenant de capteurs, de l'Internet des objets (IoT) et d'autres sources, la programmation des API dans l'Industrie 4.0 permet aux machines et systèmes de fonctionner de manière autonome.

En plus d'augmenter l'efficacité, cette automatisation facilite également la prise de décisions basées sur les données, la réalisation de la maintenance préventive et l'adaptation aux demandes de production changeantes. En tant que centre numérique, les API permettent une interaction transparente entre les systèmes physiques et virtuels, favorisant un environnement industriel plus connecté et adaptable.

L'automatisation et la programmation des API travaillant ensemble illustrent parfaitement les progrès de l'Industrie 4.0 vers une production intelligente, agile et efficace.

1.2 Communication entre IHM et l'automate de l'industrie 4.0

Pour développer une communication en temps réel entre notre automate programmable (S7-1500) et les autres éléments de notre écosystème Industrie 4.0, nous avons utilisé la puissance de l'IHM dans notre projet. Ceci est illustré dans la figure 1-2 .

Pour communiquer entre l'IHM et l'automate, ils utilisent le canal de communication "SIMATIC S7-1200, S7-1500" dans TIA Portal. La communication est basée sur le protocole TCP/IP, qui permet l'échange de données entre les appareils connectés sur un réseau, en utilisant des adresses IP pour l'identification des différents périphériques.

Dans TIA Portal, ce canal de communication offre diverses fonctionnalités en fonction de la version utilisée. Il permet notamment l'échange fiable et sécurisé de données entre les différents équipements, contribuant ainsi à une intégration efficace des systèmes dans l'environnement de contrôle automatisé.

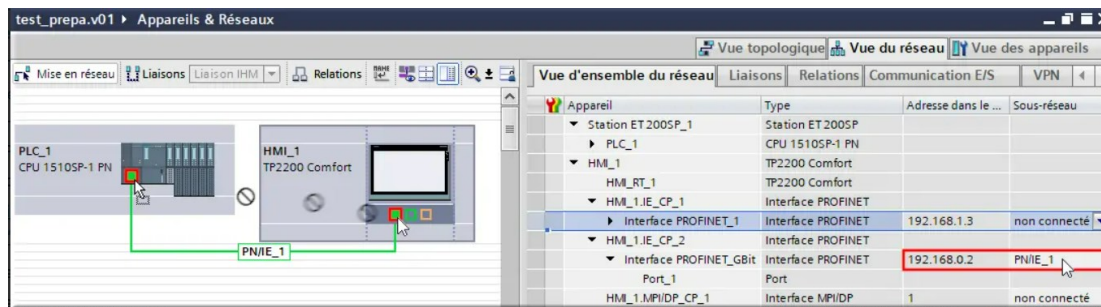


Figure 1-2: Liaison entre l'automate et l'IHM [3]

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exploré les fondements théoriques essentiels à la compréhension de notre projet. Nous avons examiné le concept de l'Industrie 4.0, en soulignant son importance dans le paysage de l'automatisation, ainsi que le rôle crucial des Interfaces Homme-Machine (IHM). De plus, nous avons analysé le rôle pivot de l'automatisation au sein de l'Industrie 4.0 et comment elle peut avoir un impact positif sur l'efficacité et la compétitivité.

Ensuite, nous examinerons les composants clés, les logiciels et le matériel impliqués, y compris l'usine de formation et TIA Portal V17, préparant ainsi le terrain pour des connaissances pratiques et la mise en œuvre du projet.

Chapitre 2

Analyse de l'état actuel du système

Introduction

Dans ce chapitre, nous effectuons une analyse complète de l'état actuel du système de 'Fischer technik training factory industry 4.0'. Nous explorons le cycle de production, les descriptions des postes de travail et les améliorations potentielles afin d'obtenir des perspectives précieuses sur le projet de programmation des API et de collecte de données.

2.1 Description des postes de travail de la maquette

Cette section offre une description détaillée des postes de travail, mettant en lumière les différents composants utilisés dans l'usine.

2.1.1 Présentation de l'usine

Le 'Fischertechnik Training Factory Industry 4.0', figure 2-1, c'est un environnement d'apprentissage complet et avancé qui offre une perspective mondiale sur les applications de l'Industrie 4.0. Il joue un rôle central dans l'exploration pratique et la compréhension de ce domaine, ce qui en fait un outil précieux dans l'éducation professionnelle, la recherche et le développement, aussi bien dans les institutions académiques que dans les entreprises.

Cette simulation dynamique analyse de manière approfondie les processus numérisés et interconnectés, couvrant l'ensemble de la chaîne, de la commande à la livraison, ce qui le place en tête du secteur de l'automatisation.

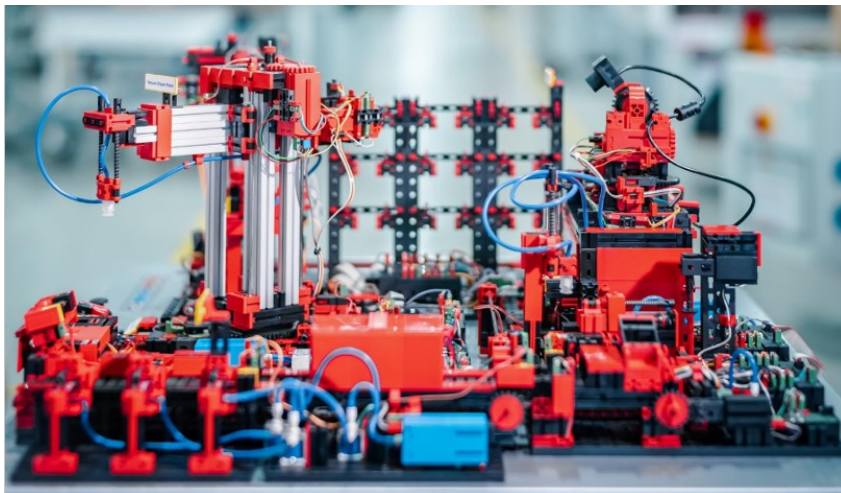


Figure 2-1: Fischertechnik usine de formation [2]

2.1.2 Station de traitement multi-tâches

Lors de l'utilisation d'une station de traitement multi-tâches avec un four, la pièce se déplace automatiquement à travers plusieurs stations qui imitent différents processus. Ces procédures font appel à divers systèmes de convoyage, notamment des robots à préhension sous vide, des plateaux tournants et des bandes transporteuses.

Le four constitue la première étape de traitement ,figure 2-2. La pièce est placée sur le chargeur du four pour démarrer le processus. Lorsque cela se produit, la barrière lumineuse est franchie, permettant à la porte du four de s'ouvrir et au chargeur du four d'être entraîné à l'intérieur. Le préhenseur sous vide est également activé à ce moment-là, transportant la pièce vers le plateau tournant après la cuisson. Le chargeur du four revient à l'extérieur après le processus de cuisson. La pièce est alors saisie par le préhenseur sous vide préalablement positionné, déplacée vers le plateau tournant, puis déposée sur celui-ci.

Le plateau tournant place la pièce sous la scie, la maintient en place pendant la découpe, puis la déplace vers l'éjecteur actionné pneumatiquement.

La pièce est transportée vers une barrière lumineuse par la bande transporteuse, où elle est ensuite éjectée par l'éjecteur. Le plateau tournant retourne à sa position de départ en franchissant la barrière lumineuse, et la bande transporteuse s'arrête progressivement.

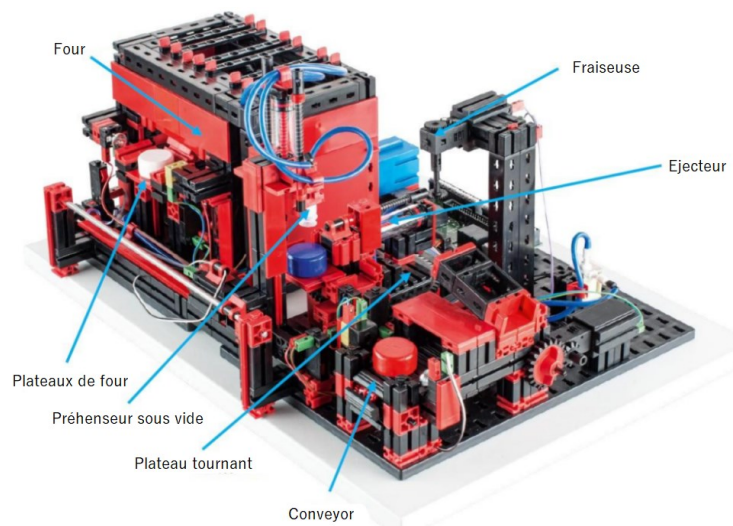


Figure 2-2 : Station de traitement multi-tâches [2]

2.1.3 Station de contrôle et de tri

Pour la séparation automatique de pièces de construction de différentes couleurs, une ligne de tri avec détection est mise en place, figure 2-3 .

Un tapis roulant, entraîné par un moteur S, transporte les pièces, qui sont physiquement identiques mais de couleurs variées, vers un capteur de couleur où elles sont triées en fonction de leur teinte. Un commutateur à impulsions mesure le chemin de transit.

L'éjection des pièces est assurée par des vérins pneumatiques, actionnés par des électrovannes, qui les dirigent vers les zones de stockage appropriées. De nombreuses barrières lumineuses surveillent le mouvement des pièces ainsi que le niveau de remplissage des zones de stockage.

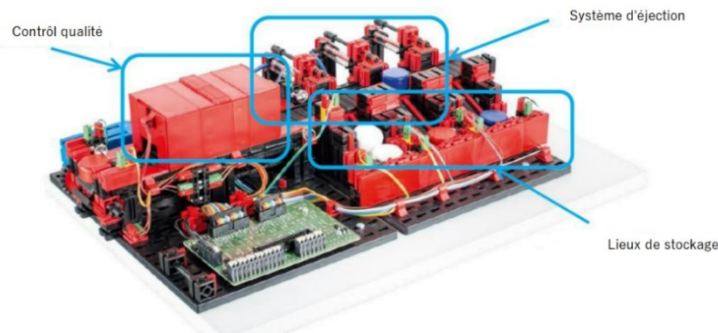


Figure 2-3 : Station de traitement multi-tâches [2]

2.2 Description littéraire du cycle de production actuel

Selon les postes élémentaires disponibles, nous pouvons concevoir trois cycles de production distincts :

Le cycle de production du système d'Usine de Formation de l'Industrie 4.0 commence avec la condition préalable que l'entrepôt soit entièrement approvisionné en matières premières, comprenant des pièces bleues, rouges et blanches. Lorsqu'un client passe une commande pour une pièce de couleur spécifique (rouge, bleue ou blanche) via la plateforme cloud, le cycle de production est initié.

La première étape se déroule à la station de l'entrepôt à grande hauteur, où un robot d'entrepôt transfère la matière première requise vers le système de convoyage. Le convoyeur transporte ensuite la matière première jusqu'à la station de la Pince Aspirante.

À la station de la Pince Aspirante, la matière première est reçue et manipulée par le robot à pince aspirante. Il transfère la matière première vers la Station de Traitement Multi-tâches, qui comprend différents composants tels qu'un four, un robot à pince aspirante, un plateau tournant et une bande transporteuse. Dans la Station de Traitement Multi-tâches, la matière première est soumise à différents processus. Premièrement, elle est placée dans le four pendant une durée de 4 secondes pour subir un traitement spécifique. Après le processus de four, le robot à pince aspirante de cette station transfère le matériau vers la station de Perçage, où il est traité pendant 4 secondes. Une fois traité, le plateau tournant déplace le produit vers la bande transporteuse au sein de la même station.

Ensuite, la bande transporteuse à l'intérieur de la Station de Traitement Multi-tâches transporte le produit vers la Station de Ligne de Tri. Cette station comprend une station de détection de couleur, des éjecteurs et 3 plateaux. En fonction de la couleur, le système de tri achemine le produit vers l'emplacement de tri approprié.

Enfin, le robot à pince aspirante prend le produit final de l'emplacement de tri et le transfère vers le lecteur NFC et la station de livraison. Cela garantit que le produit est identifié et prêt pour la livraison au client.

2- Dans le deuxième cycle, le processus démarre au niveau de l'entrepôt où les pièces sont stockées. Ensuite, les pièces sélectionnées sont acheminées vers le four pour un traitement spécifique, puis contrôlées en termes de qualité avant d'être éjectées vers leur destination finale.

3- Pour le troisième cycle, le processus débute également à l'entrepôt où les pièces sont prélevées. Elles sont ensuite envoyées vers une fraiseuse pour subir une opération de fraisage spécifique, contrôlées en termes de qualité et éjectées selon les résultats du contrôle qualité.

2.3 Phases de production

Cette section présente un tableau détaillé ,2-1, décrivant les dix phases distinctes du processus de production au sein de l'usine. Chaque phase incarne un élément crucial du cycle de production actuel, formant ainsi la base du flux de travail de fabrication.

Tableau 2-1:Phases de production élémentaires

Phases	Opérations		Station	Caractéristiques	Détailles
1	Chargement	1- Identification initiale de la pièce 2- La pièce identifiée est livrée à la grue de stockage via la technologie de convoyage (Robot1) 3- Positionnement de la ventouse sur la pièce 4- Montage de la pièce 5- Transport de la pièce dans la zone de travail 6- Dépôt de la pièce	- Vacuum Suction Gripper - Warehouse - Robot1	MP_Color Location Processing Time	White, Blue, Red A1,A2,A3,B1,B2,B3,C1,C2,C3 (x,y) de la pièce TL (fix)
2	Contrôle_MP	1-Opérateur pour control de MP	opérateur	Conform_MP Operating_time operator_code	True/false Tc (fix) = 30s
3	Traitement Thermique	1- Préchauffage 2- Ouverture de la porte du four 3- Retrait du curseur du four 4- Processus de cuisson 5- Réouverture de la porte du four 6- Extension du glisseur du four	Multi_Processing Station	preheating_time heating_time cooling_time Number_treatment:	Tpreheating(variable Pi) Theating(variable hi) Tcooling(variable Ci) Nti
4	Transport_vacuum2_turntable	1- Mouvement latéral du vacuum 2 vers le chargeur du four 2- Le vacuum 2 récupère la pièce du chargeur 3- Transporter la pièce jusqu'au plateau tournant et la placer	Turntable vacuum2	Processing Times speed1	Tr (Fix) V fix True/false

Phases	Opérations		Station	Caractéristiques	Détailles
5	Table tournante	1-La table tourne de 180° afin de placer la pièce sur le perçage. 2-La table tourne de 90° pour éjecter la pièce sur le convoyeur (Déplacer la pièce de la table tournante vers l'éjecteur actionné pneumatiquement). 3-La table tourne de 180° vers la position initiale.	Turntable	bool_drill	True/false
6	Fraiseuse	1-Vérifier la mèche selon le produit d'avance 2-La table tournante positionne la pièce sous la fraiseuse 3-Rester en position pendant le temps d'usinage 4-Placement de la pièce sur la table tournante	Multi_Processing Station	Type hole Diameter Ø Depth : time coefficient : Processing Time	Blind hole /Through hole Selon type hole : Øi ([hmin; hmax]) cste = 100 f(Øi,hi) =time_coefficient*Depth
7	Contrôle Qualité	1-Arrêter le convoyeur si pièce est détectée 2-Reconnaissance des couleurs et valeur minimale (calcul de l'intensité de la lumière réfléchie)	Sorting line with color recognition	product color Operator conform_products operating_time	White ,Blue,Red compétences True/False T fix = 30s
8	convoyeur	1-Mouvement et synchronisation du convoyeur par interruption de la barrière photoélectrique		Speed2	V(fix)
9	Système d'éjection	1-Vérifier la couleur PF 2-Activation de l'éjection pneumatique Ei selon un mécanisme d'éjection de la pièce		PF_Color	W,R,B
10	Ligne de tri - Station de livraison et de ramassage	1-Vérifier la position et la couleur de la pièce 2-La ventouse à succion aspire la pièce de la ligne de tri et la place à la station de livraison	- Vacuum suction gripper -delivery and pick up station	Processing Times position tri selon color	T(fix)

→ En observant attentivement, il est clair que les cycles de production actuels démontrent une grande flexibilité, ce qui stimule la productivité de l'usine et est en parfait accord avec les principes de l'Industrie 4.0. La nature dynamique des cycles permet une personnalisation efficace, favorisant ainsi l'adaptabilité aux changements rapides dans l'environnement industriel.

Conclusion

Dans le deuxième chapitre, nous avons entrepris une analyse exhaustive de la situation actuelle. Les stations de Traitement Multiprocesseur et de Tri étaient les principaux points d'intérêt alors que nous examinons attentivement les composants des postes de travail dans l'usine de formation. Afin de clarifier davantage tous les aspects du processus de production, nous avons offert une description littéraire du cycle de production actuel.

Chapitre 3

Programmation des API et mise en œuvre des IHM

Introduction

Ce dernier chapitre met en lumière la mise en œuvre pratique de la programmation des API et des IHM. Il présente l'objectif de ce travail, une vue détaillée de la configuration matérielle et logicielle utilisée, décrivant en détail les outils et ressources employés, ainsi que la solution mise en œuvre.

3.1 Aperçu du projet

3.1.1 Objectifs et périmètre du projet

Les principaux objectifs de ce projet étaient de double nature. Tout d'abord, il s'agissait de concevoir et de mettre en œuvre des programmes PLC (Automates Programmables Industriels) fiables, spécifiquement adaptés aux besoins de l'usine d'apprentissage Fischertechnik dans le cadre de l'Industrie 4.0. Ensuite, il était nécessaire d'intégrer une Interface Homme-Machine (IHM) pour permettre une interaction efficace entre les opérateurs et le système, facilitant ainsi la surveillance et le contrôle des gammes de production, tout en favorisant l'agilité nécessaire pour s'adapter rapidement aux changements.

Pour contextualiser, il est essentiel de comprendre les défis auxquels le système actuel de l'usine est confronté. Le chapitre précédent a mis en évidence plusieurs lacunes, notamment la rigidité des cycles de production, qui entrave la productivité et la conformité de l'usine aux principes de l'Industrie 4.0.

Afin de remédier à ces problèmes, notre plateforme permet à l'utilisateur de choisir une combinaison de phases spécifiques parmi trois gammes, figure 3-1. Lorsqu'une combinaison est sélectionnée, notre système automatisé vérifie ensuite la validité de cette gamme. Cette approche améliore considérablement l'agilité et permet de gagner du temps d'exécution. Ces gains sont rendus possibles grâce à la sélection de phases élémentaires via l'interface homme-machine (IHM).

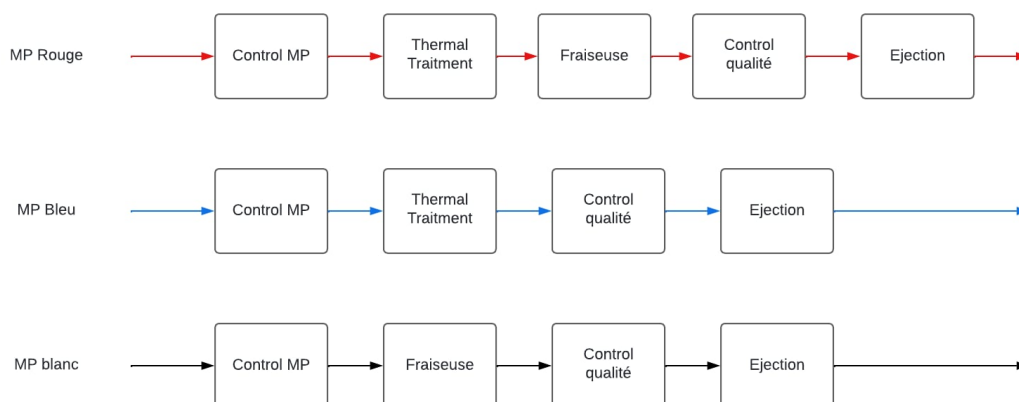


Figure 3-1 : Les phases des gammes

3.2 Environnement de programmation

3.2.1 Matériel

Dans ce projet, la FischerTechnik Training Factory a fourni l'automate programmable (S7-1500 CPU 1215 SP F-1 PN) ainsi que les modules de signal, assurant une intégration harmonieuse de notre système de contrôle avec l'infrastructure matérielle de l'usine pour une acquisition et un contrôle précis des données.

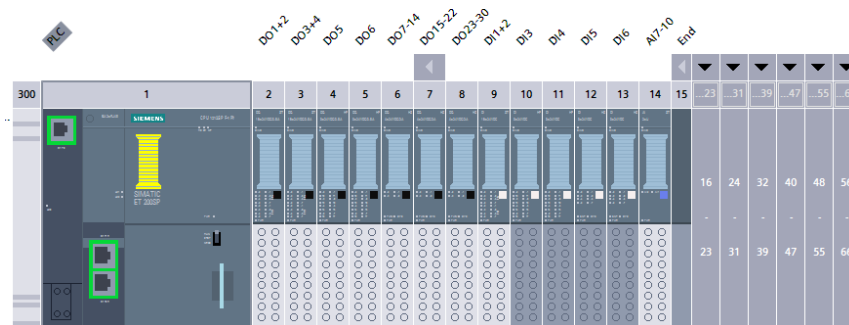


Figure 3-2 : Configuration du matériel [3]

3.2.2 Le logiciel : TIA Portal V17

Ce projet d'automatisation repose largement sur la plateforme logicielle avancée appelée TIA Portal V17, également connue sous le nom de Totally Integrated Automation Portal.

Cette plateforme d'ingénierie robuste a été développée par Siemens et offre un environnement intégré pour la configuration, la programmation et le diagnostic des systèmes d'automatisation.

Grâce à son interface conviviale et à ses fonctionnalités sophistiquées, TIA Portal V17 nous permet de construire et déployer efficacement des solutions d'automatisation, augmentant ainsi la productivité et la fiabilité du système.



Figure 3-3: Le logo de TIA Portal V17 [3]

3.2.3 Langage de programmation dans TIA Portal : SCL

Dans le TIA Portal de Siemens (Totally Integrated Automation Portal), plusieurs langages de programmation sont utilisés pour configurer et programmer des systèmes d'automatisation industrielle. Ces langages comprennent :

- Ladder Diagram (LD)
- Structured Control Language (SCL)

- Function Block Diagram (FBD)
- Sequential Function Chart (SFC)
- Statement List (STL)

Pour ce projet, on a utilisé le Structured Control Language (SCL) pour développer des programmes de contrôle sophistiqués pour les automates programmables Siemens (PLC).

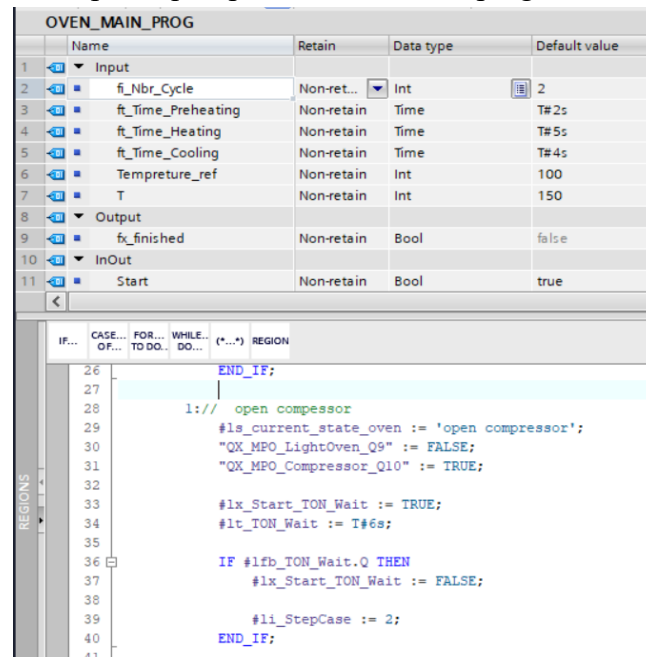


Figure 3-4 : Exemple d'un code SCL

* Définition du Langage de Contrôle Structuré (SCL)

Le SCL (Structured Control Language) est un langage de programmation textuel qui offre une approche structurée et flexible à la programmation des API, dans le cadre de l'Industrie 4.0. Il est couramment utilisé pour les algorithmes de contrôle avancés et les calculs complexes, offrant ainsi une grande flexibilité et des fonctionnalités étendues.

• Logique de Contrôle Avancée :

Le SCL offre une approche de programmation sophistiquée et structurée qui dépasse la logique de relais traditionnelle ou les diagrammes d'échelle. Cela permet la mise en œuvre d'algorithmes de contrôle plus complexes.

• Gestion des Données :

L'Industrie 4.0 repose sur la collecte et l'analyse de vastes ensembles de données provenant de diverses sources, y compris des capteurs, des machines et des lignes de production. La compétence du SCL dans le travail avec des tableaux, des boucles (par exemple, FOR et WHILE) et des instructions conditionnelles (telles que CASE) permet un traitement et une gestion efficaces des données.

• Flexibilité et adaptabilité :

Les environnements de l'Industrie 4.0 nécessitent souvent des ajustements rapides et l'optimisation des processus de production. La flexibilité du SCL permet aux ingénieurs et la flexibilité du SCL permet aux ingénieurs et aux programmeurs d'adapter rapidement les programmes et les algorithmes aux exigences changeantes de la production.

3.3 Développement de code en TIA Portal

Pour accroître l'automatisation de l'usine FischerTechnik, trois étapes essentielles sont mises en œuvre : la synchronisation, les modules fonctionnels et la communication, comme détaillé dans les sections précédentes.

3.3.1 Modules fonctionnels

Cette section présente les divers modules que nous avons développés pour obtenir des phrases élémentaires.

Chargement :

Ce logigramme, Figure 3-4, décrit la phase de chargement des pièces depuis l'entrepôt de la maquette Fischertechnik 4.0. Il commence par vérifier si une pièce est prête à être ramassée et que la pince aspirante est vide. Une fois que la pince aspirante est prête, elle se déplace vers l'entrepôt à grande hauteur pour récupérer la pièce. Une fois la pièce récupérée, la pince aspirante se dirige vers la station de traitement multi-tâches pour déposer la pièce devant le plateau de four vide. Ensuite, le processus se termine.

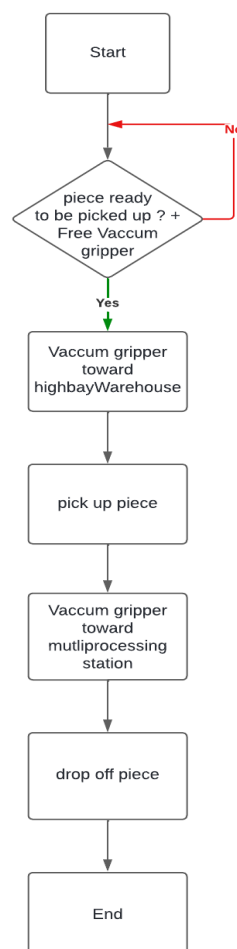


Figure 3-5 : Logigramme de chargement

Traitement thermique :

Le code orchestre une série d'événements pour assurer le fonctionnement efficace du four pendant la phase de traitement thermique.

Tout d'abord, il configure les conditions initiales et vérifie si le nombre de traitements est à 0. Ensuite, le compresseur est activé, lançant un temps d'attente prédéterminé. Après le préchauffage, la porte du four s'ouvre et le code utilise les entrées des capteurs pour contrôler la rétraction et l'extension de l'alimenteur du four.

Il régule l'intervalle de clignotement de la durée de traitement du four, synchronisant ainsi le chauffage. Le code ouvre et ferme également la porte du four et contrôle la position de l'alimenteur du four. Si nécessaire, il redémarre le cycle après un intervalle de refroidissement.

Le code surveille et gère efficacement les activités du four tout au long du processus, en fonction des traitements spécifiques définis par les utilisateurs. Ceci est illustré dans Figure 3-4.

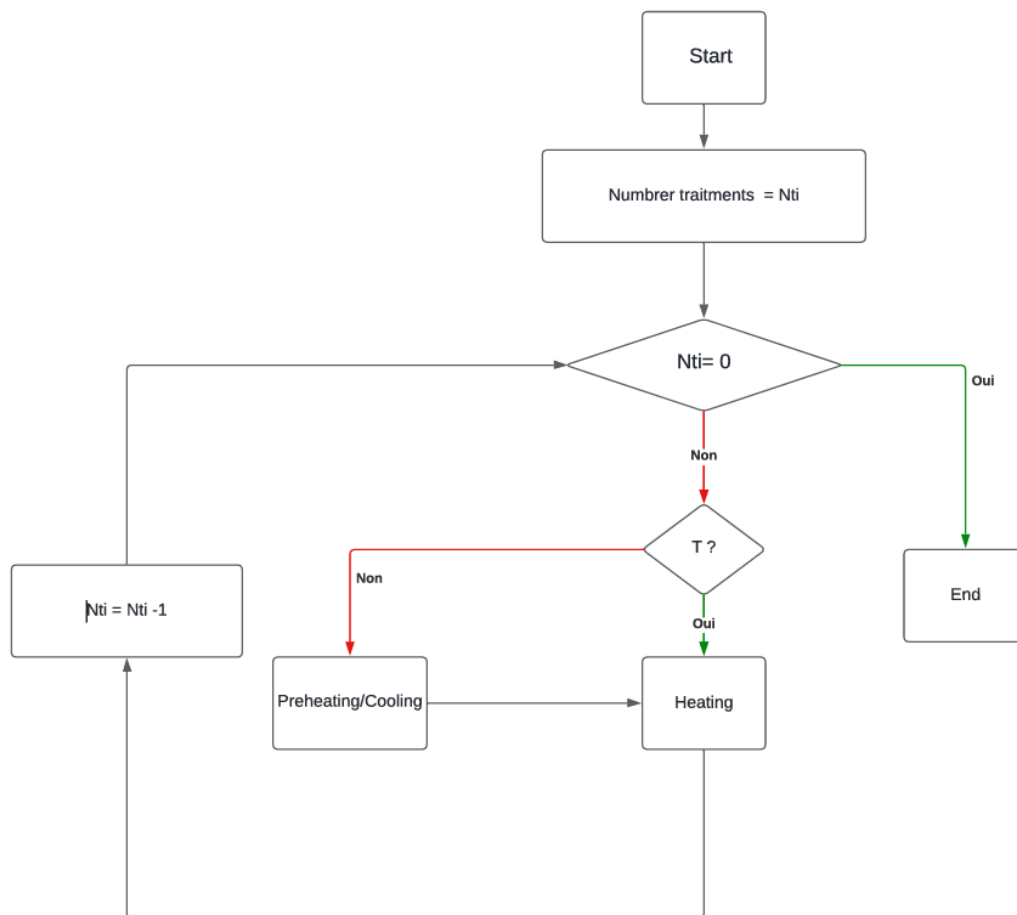


Figure 3-6 : Logigramme de poste de traitement thermique

Fraiseuse selon les actions de la table tournante :

Comme présenté dans ce logigramme, La machine contrôle les changements de tête si nécessaire, ajuste la table tournante, commence le perçage, déplace à nouveau la table tournante, place la pièce sur le convoyeur, et finalement déplace à nouveau la table tournante pour l'aspiration.

Le code surveille et gère efficacement l'opération de perçage, assurant une exécution précise et réussie selon les actions possibles de la table tournante.

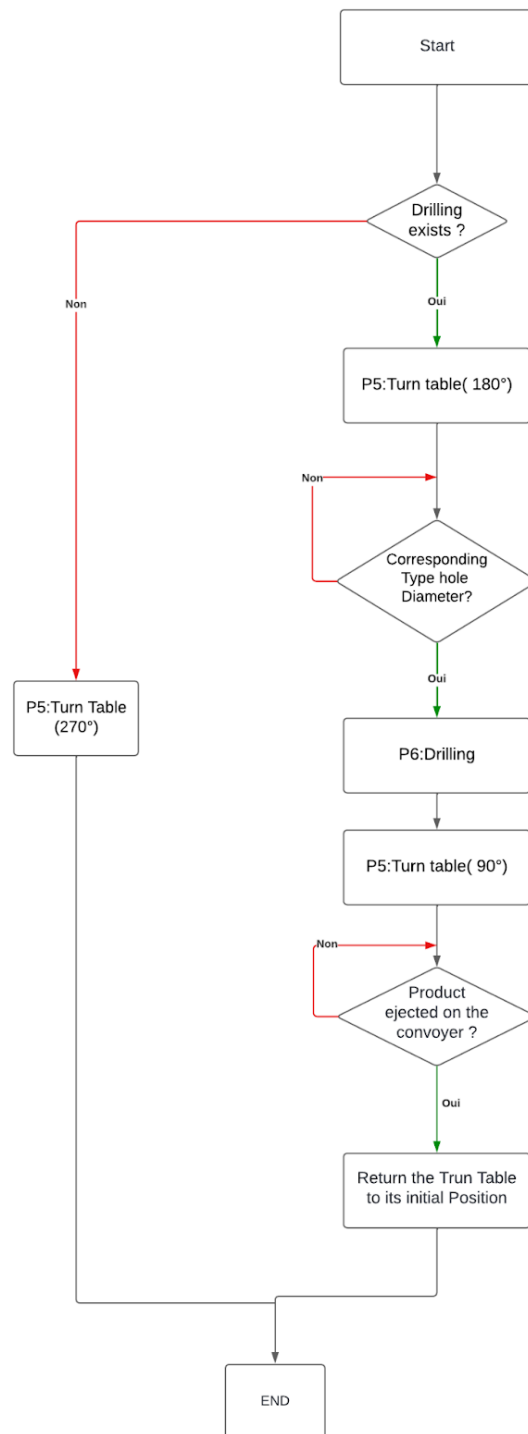


Figure 3-7 : Logigramme de la fraiseuse et la table tournante

Contrôle qualité :

Au début, le code vérifie que la pièce est sur le convoyeur, puis il se déplace pour la placer devant le contrôle qualité. À la fin de la période, le convoyeur avance une fois de plus. Ensuite, il attend l'activation de la barrière lumineuse, signalant la fin du tapis roulant. Une fois activée, il arrête le convoyeur, terminant ainsi le travail de contrôle.

Ce code facilite l'ensemble du processus de production, garantissant une gestion précise et fluide du convoyeur pendant les processus de contrôle.

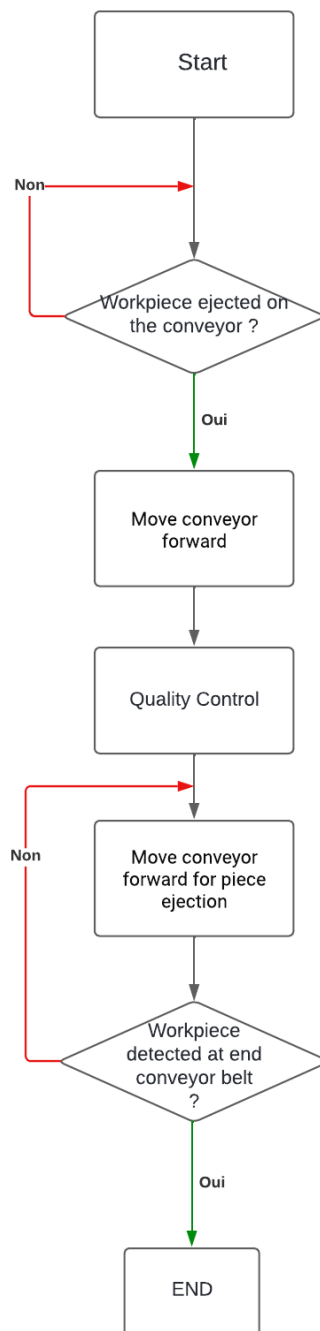


Figure 3-8 : Logigramme de poste de contrôle qualité

Ejection :

Ce logigramme décrit le processus de tri des produits en fonction de leur couleur dans la maquette Fischertechnik 4.0.

Il commence par transférer le produit vers la station de tri. Ensuite, il vérifie la couleur du produit. Si le produit est rouge, blanc ou bleu, il est transféré vers le dispositif d'éjection correspondant à sa couleur.

Pour déterminer la couleur d'un objet sur le convoyeur, le contrôleur identifie d'abord la valeur de couleur minimale détectable par le capteur. Puis, le code compte les impulsions et déclenche des opérations spécifiques en fonction du nombre d'impulsions et de la couleur détectée. Par exemple, le contrôleur active les éjecteurs associés lorsqu'un nombre spécifique d'impulsions est atteint et qu'une couleur spécifique est reconnue.

Après un certain délai, la ligne de convoyage se termine.

Ce code gère efficacement le fonctionnement du convoyeur et le tri basé sur la couleur, ce qui permet une exécution efficace et précise du processus de produit.

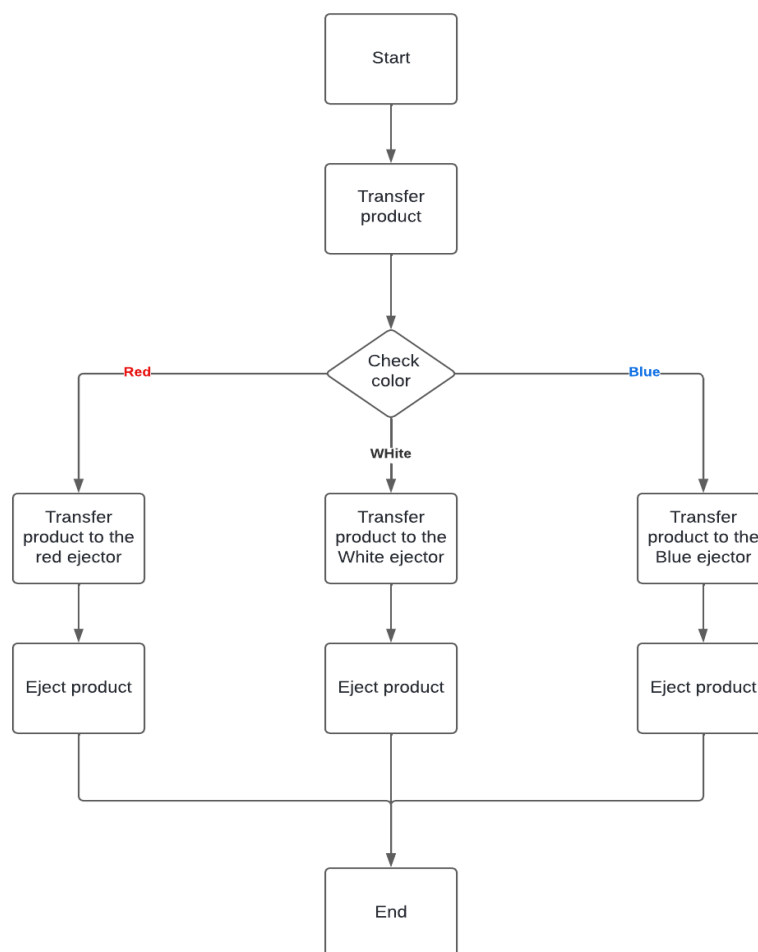


Figure 3-9 : Logigramme de poste d'éjection

Ligne de tri - Station de livraison et de ramassage :

Le logigramme décrit le processus de ramassage et de placement des pièces. Initialement, le système vérifie si une pièce est prête à être ramassée et si elle se trouve à l'endroit désigné. Si la pièce est prête et à l'endroit correct, la ventouse à succion est activée pour aspirer la pièce. En fonction de la couleur de la pièce, la ventouse est dirigée vers la station de ramassage appropriée (rouge, blanc ou bleu). Une fois la pièce ramassée, elle est déposée sur la ligne de ramassage pour être ensuite placée à son emplacement final.

Le système vérifie ensuite si la pièce a été correctement placée. Si oui, le processus se termine. Sinon, il est répété jusqu'à ce que la pièce soit correctement placée.



Figure 3-10 : logigramme de Transport Ligne de tri-Station de livraison et ramassage

Logigramme principal :

Ce logigramme représente le module de synchronisation du projet. La configuration et l'initialisation des timers de plusieurs contrôleurs, notamment ceux pour le chargement, le traitement thermique, le perçage par la fraiseuse, le contrôle qualité, le tri et la livraison, constituent les étapes élémentaires. Ces contrôleurs sont alignés sur différentes phases du projet.

Le module de synchronisation garantit que les étapes du projet sont exécutées de manière harmonieuse. Il surveille les signaux de début et de fin pour chaque phase, ce qui permet une progression fluide.

Le bloc de communication est déclenché pour lire les données lors du lancement du projet.

Après la lecture des données, le début et la fin de la phase de production sont signalés par les signaux "Start Phase DB " et "End Phase DB" pour le poste de travail correspondant.

Le module gère les changements de phase et reconnaît lorsque la fabrication est terminée. De plus, après la fin de la production, il réinitialise chaque poste de travail.

Il utilise également des barrières lumineuses pour identifier la présence des pièces à livrer.

Dans l'ensemble, en assurant un fonctionnement efficace et une coordination efficace entre les nombreux postes de travail, ce module de synchronisation joue un rôle essentiel dans l'orchestration des différentes phases du projet.

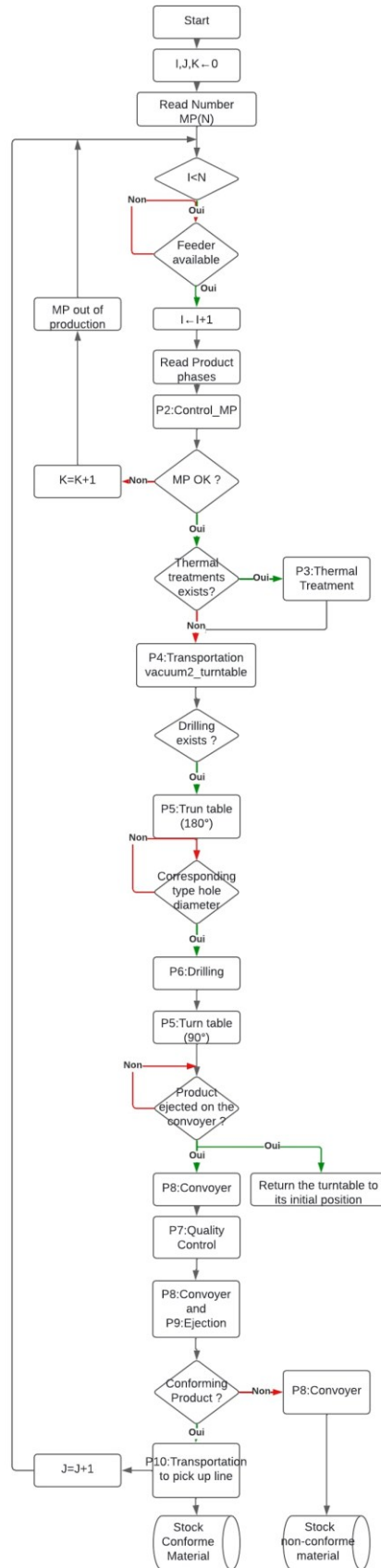


Figure 3-11 : Logigramme de la fonction Main

3.4 Communication avec l'IHM

Nous utilisons l'IHM TP700 Comfort intégrée dans TIA Portal pour la visualisation et le contrôle des différents postes selon les spécifications des utilisateurs.

Cette IHM offre des fonctionnalités avancées telles qu'un écran tactile couleur de 7 pouces, une résolution élevée et une interface conviviale. Nous exploitons ses capacités pour créer une

Dans cette IHM, nous développons plusieurs écrans spécifiques, dont une page d'accueil, figure 3-12, offrant une vue d'ensemble du système. L'utilisateur remplit les champs spécifiques tels que l'OF_id et la couleur de la pièce à traiter.

Il choisit également une combinaison de phases spécifiques parmi trois gammes. Lorsqu'une combinaison est sélectionnée, notre système automatisé vérifie ensuite la validité de cette gamme.

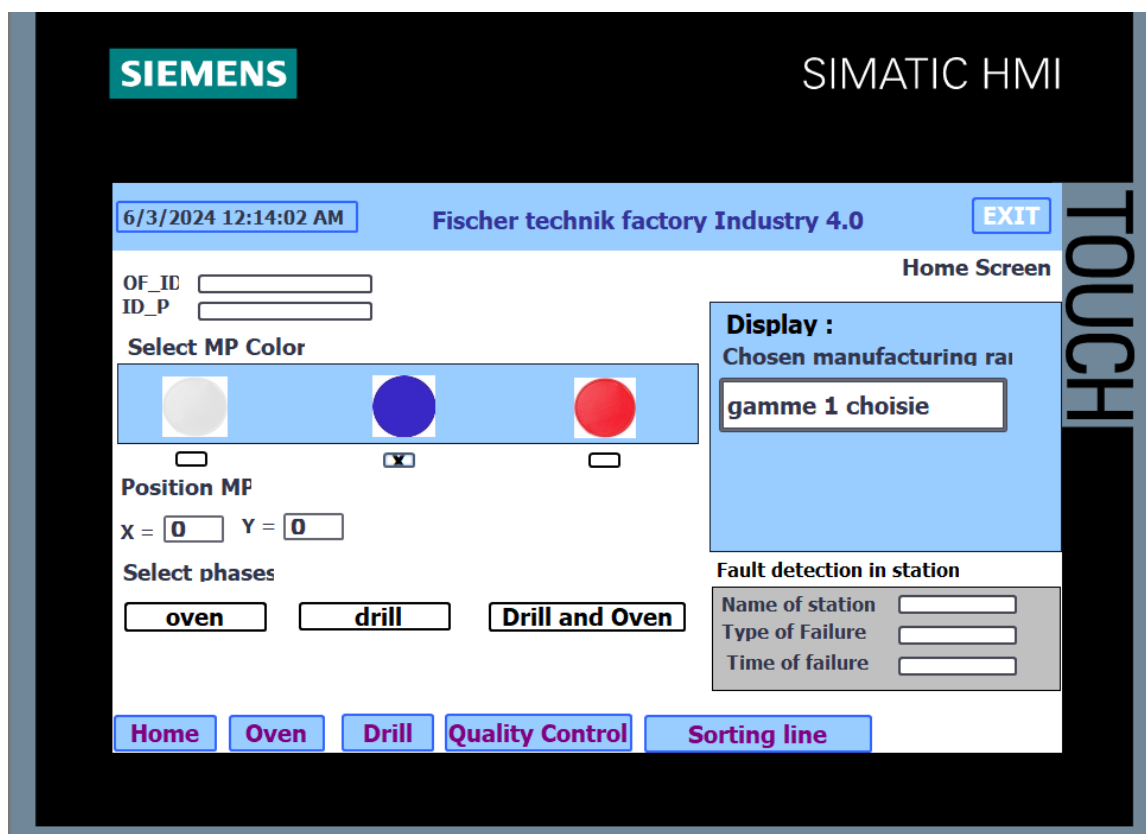


Figure 3-12 : IHM de l'accueil

Nous créons un écran pour le four, figure3-13, où les utilisateurs peuvent saisir le temps et le type de traitement souhaités. Cet écran affiche également en temps réel la température actuelle du four, ce qui permet aux opérateurs de surveiller de près le processus de traitement.

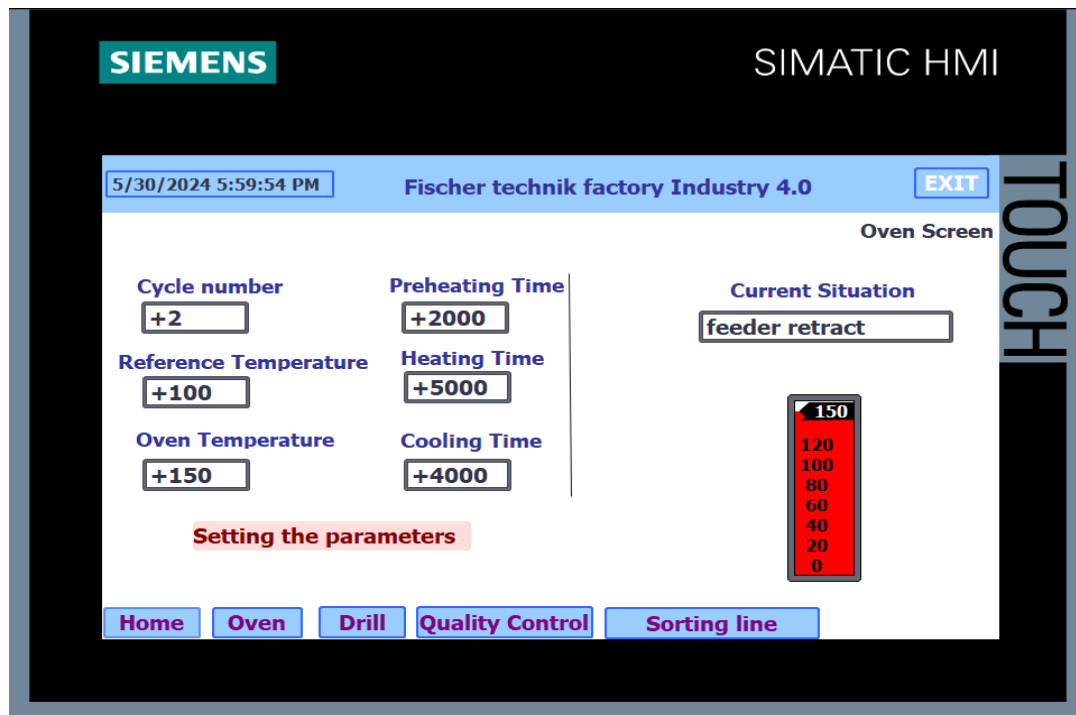


Figure 3-13 : IHM de poste de traitement thermique

Nous créons un écran pour la fraiseuse, figure3-14, où les utilisateurs peuvent saisir le temps de changement de mèche ainsi que celui de fraisage, et la profondeur de la pièce. Cet écran affiche également en temps réel la situation actuelle de la table tournante.

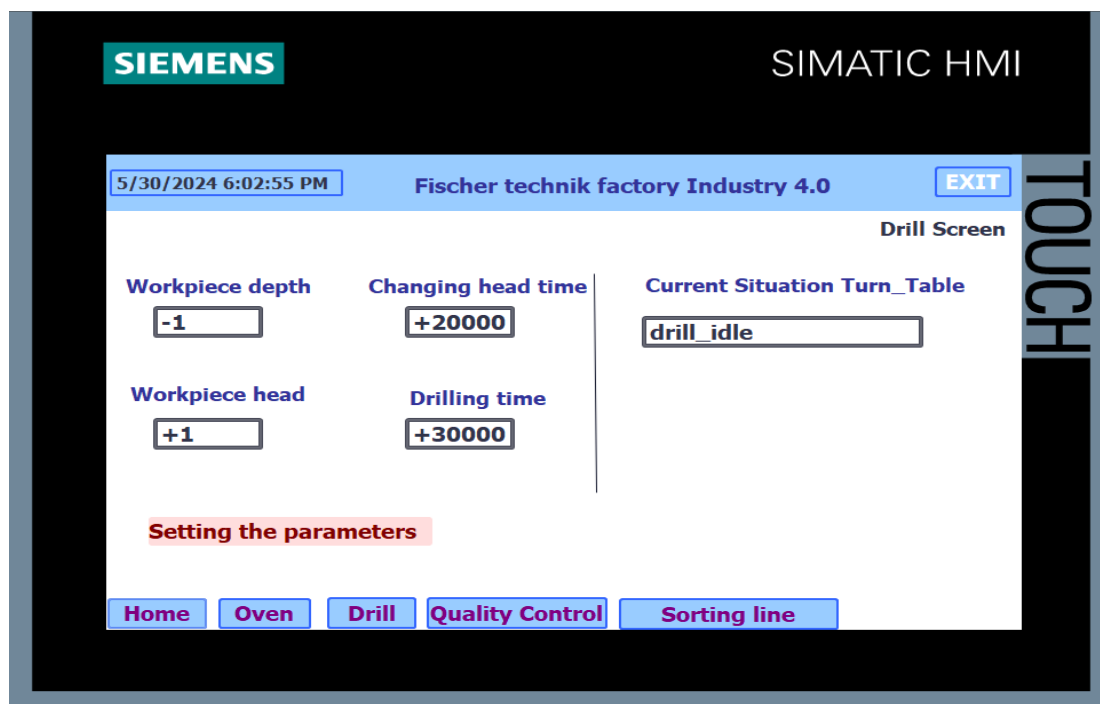


Figure 3-14 : IHM de poste de fraiseuse

Nous créons un écran pour le poste de contrôle qualité, figure3-15, où les utilisateurs peuvent saisir le temps de contrôle. Cet écran affiche également en temps réel la position actuelle de la pièce sur le convoyeur.

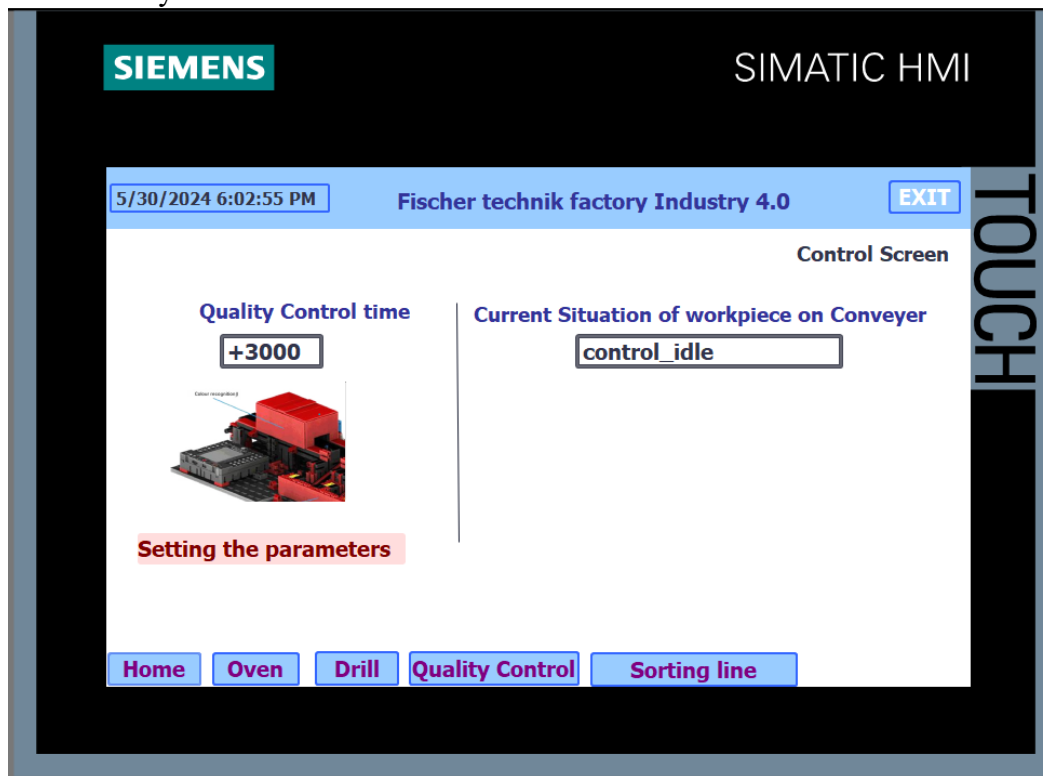


Figure 3-15 : IHM de poste de Contrôle qualité

Pour le processus d'éjection, nous développons une interface, figure3-16, qui fournit des informations détaillées sur le nombre de pièces éjectées et le type de produit fabriqué ;

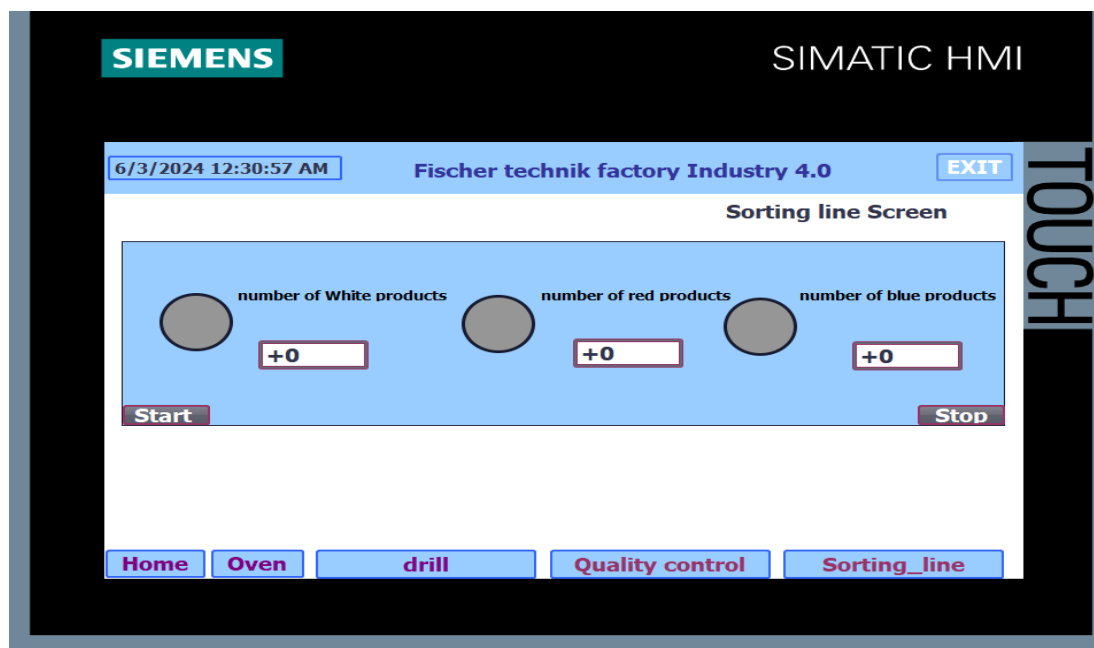


Figure 3-16 : IHM de processus d'éjection

Conclusion

Ce chapitre revêt une importance capitale car il vise à concrétiser les objectifs principaux du projet.

Tout d'abord, il s'agit de créer et de mettre en œuvre des programmes PLC personnalisés pour les phases élémentaires de l'usine Fischertechnik.

Ensuite, il est nécessaire de mettre en place une communication avec l'IHM pour la visualisation et le contrôle des différents postes selon les spécifications des utilisateurs en temps réel.

Toutes ces actions contribuent à l'objectif global d'implémenter la vision de l'Industrie 4.0 au sein de l'usine, visant ainsi à optimiser les processus de production, à les rendre plus agiles et plus efficaces.

Conclusion générale

Dans le cadre de ce projet, nous avons réussi à programmer un automate programmable industriel (PLC) Siemens en utilisant le logiciel TIA Portal pour contrôler une maquette Fischertechnik. Grâce à une interface homme-machine (IHM) interactive, nous avons pu manipuler et surveiller efficacement le système.

L'intégration du PLC Siemens avec TIA Portal a permis de concevoir un système automatisé fiable et adapté aux besoins spécifiques de l'usine d'apprentissage Fischertechnik, en ligne avec les principes de l'Industrie 4.0. La programmation précise et les fonctionnalités avancées offertes par TIA Portal ont permis une gestion efficace des processus élémentaires, facilitant ainsi une transition en douceur entre les différentes phases de production.

L'utilisation de l'IHM a significativement amélioré l'interaction entre les opérateurs et le système, offrant une interface intuitive pour la sélection et le contrôle des différentes gammes de fabrication. Cela a non seulement optimisé la surveillance des processus, mais aussi amélioré l'agilité du système, permettant une adaptation rapide aux changements et une amélioration de la productivité.

En conclusion, ce projet a démontré les avantages de l'automatisation interactive dans un environnement de production moderne. La combinaison d'un PLC Siemens programmé via TIA Portal et d'une IHM a permis de créer un système de production flexible, efficace et conforme aux standards de l'Industrie 4.0. Cette expérience a non seulement renforcé notre compréhension des technologies d'automatisation avancées, mais a également mis en évidence le potentiel de telles solutions pour améliorer les opérations industrielles.

Bibliographies

[1] [A Guide to Human-machine Interfaces in the Industry 4.0 Era \(itransition.com\)](https://www.itransition.com/), consulté le 15/03/2023

[2] fischertechnik activity booklet, Klaus-Fischer-Straße 1, 2020

[3] H. Berger, Automating with SIMATIC S7-1500 Configuring, Programming and Testing with STEP 7 Professional, Berlin, 2014