

Livrable 4 : Conception et mise en œuvre d'un système automatisé de contrôle-commande et d'évaluation de performances pour une usine virtuelle.

2.1 Programmation de la partie commande :

1. Proposition des modes de marche et d'arrêt pour la ligne de production de l'usine 4.0 et présentation du GEMMA correspondant

Notre Usine 4.0 crée des produits en céramique grâce à des techniques avancées. Actuellement, elle fabrique 3 types de produits céramiques différents.

1/ La tuile céramique

La fabrication des tuiles céramiques débute par le chauffage de la matière première (*Machining Center dans Factory OI*). On la découpe ensuite aux dimensions voulues par un système « two axis pick and place » (*simulation de découpe et de positionnement*).

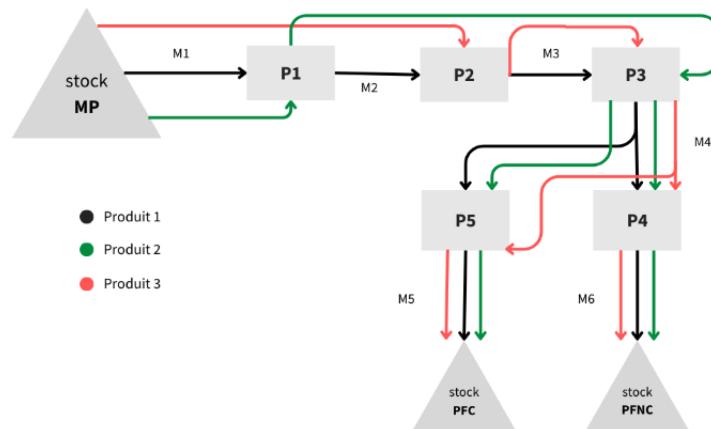
2/ L'assiette en céramique

La fabrication des tuiles céramiques débute par le chauffage de la matière première seulement (*Machining Center dans Factory OI*).

3/ Une tasse en céramique

Il suffit de faire l'opération de fraisage (*simulation de découpe et positionnement Factory OI*). Sur la matière première, qui est des blocs céramiques chauffés, pour obtenir le produit final.

Structure générale de flux de produits pour l'Usine 4.0



Le contrôle de l'usine 4.0 s'effectue via un automate programmable industriel (API) qui gère les différents modes de fonctionnement et d'arrêt. Cet automate utilise un grafset pour basculer entre les modes suivants :

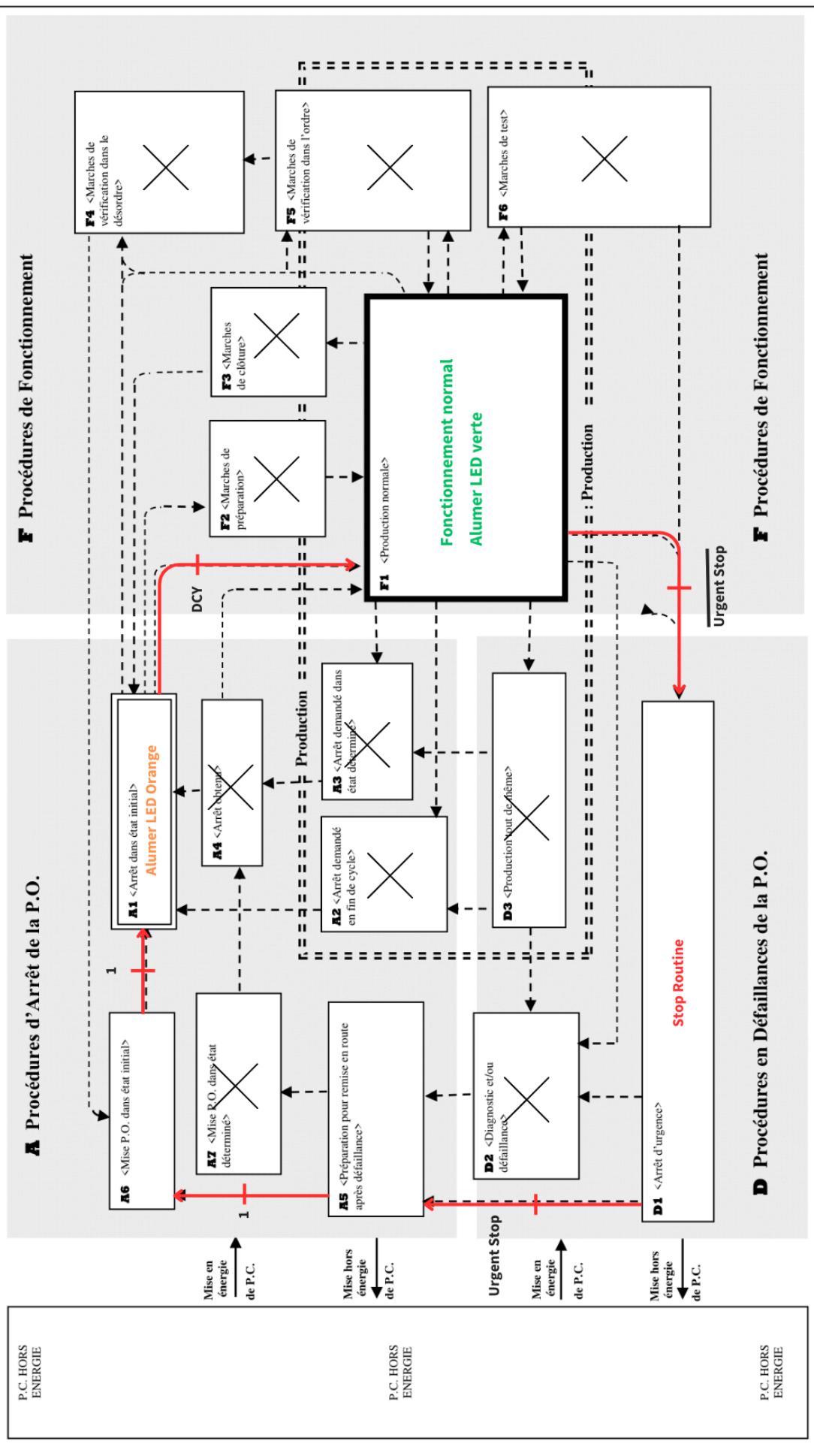
- **État initial** : représenté par une LED orange, le système attend le bouton DCY pour démarrer le fonctionnement normal.
- **État de fonctionnement normal** : représenté par une LED verte, cet état active le bloc fonction qui assure les opérations quotidiennes de l'usine.
- **État d'arrêt** : représenté par une LED rouge, cet état est déclenché lorsque le bouton d'arrêt d'urgence est activé.

On représente le **GEMMA** qui résume les modes de marche et d'arrêt.

Voir la page suivante :

GEMMA Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts

Référence de l'équipement

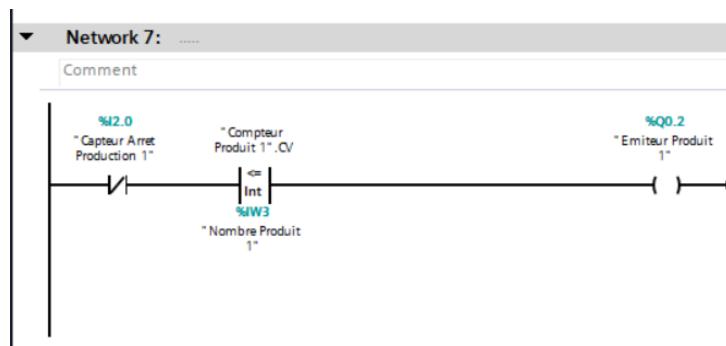
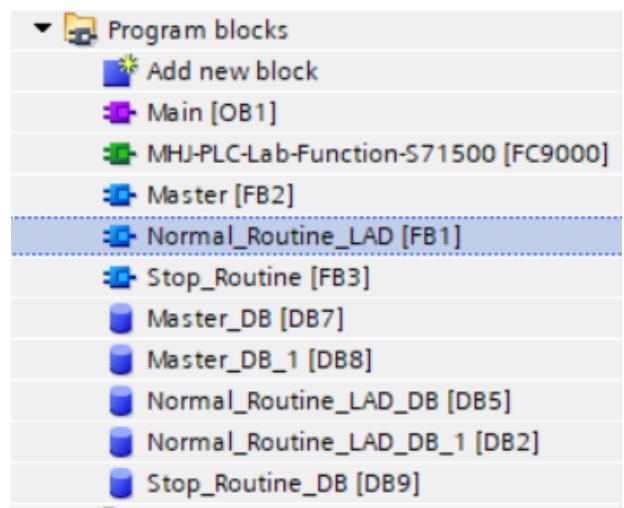


2. GRAFCET du mode de fonctionnement normal :

Le mode de fonctionnement normal de l'usine 4.0 implique plusieurs grafcets indépendants qui fonctionnent en parallèle, plutôt qu'un seul grafcet complexe. Cette approche modulaire facilite la gestion et la maintenance du système.

Pour encapsuler le fonctionnement normal, TiaPortal utilise une fonction appelée *Normal_Routine_LAD [FB1]*. Cette fonction regroupe les différents GRAFCET indépendants dans une structure logique et cohérente.

Soit un exemple du programme LAD qui actionne l'émetteur 1 :

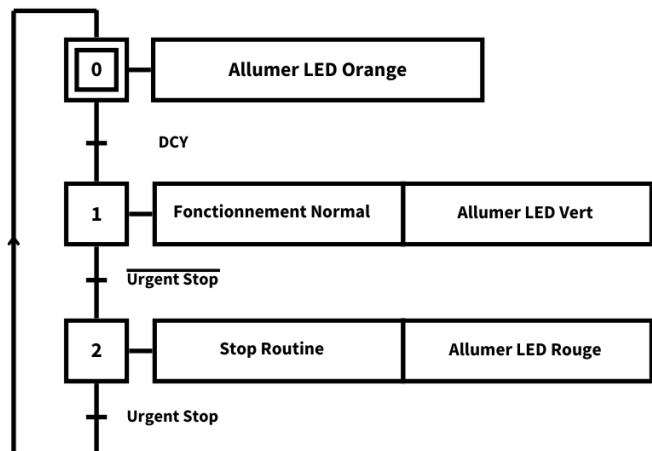


Pour accéder à la totalité du programme, voir le projet de TiaPortal dans le Google Drive.

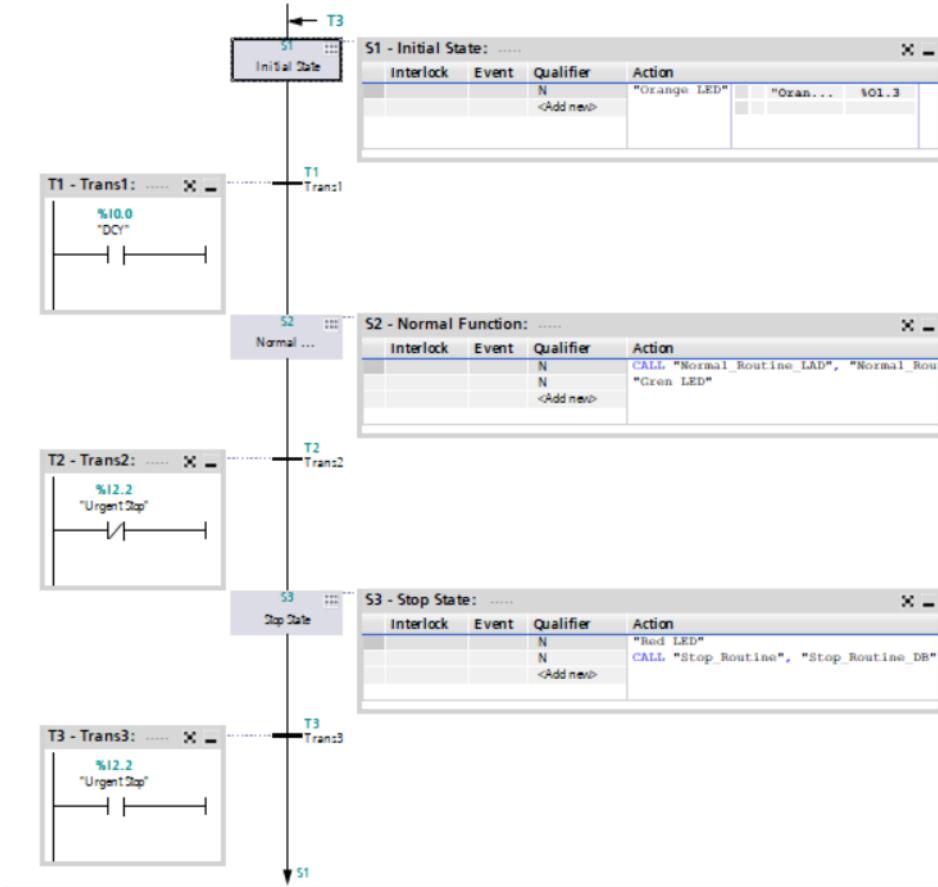
3. GRAFCET global du système automatisé :

Le langage GEMMA peut être traduit en un grafcet global qui gère les différents modes de fonctionnement et d'arrêt de l'usine 4.0. Ce grafcet est implémenté dans TIA Portal à l'aide du langage graphique, qui est similaire au grafcet.

Le choix du grafcet ou du langage graphique dans TIA Portal facilite le contrôle et la programmation des états bien définis et séquentiels, ce qui n'est pas le cas du grafcet de fonctionnement normal.



Dans la page suivante, on peut voir le programme sur TIA Portal :



4. Configuration de l'automate :

L'usine 4.0 intègre un grand nombre de capteurs et d'actionneurs. Après avoir modélisé les différents modules d'entrée et de sortie dans Factory OI, des tags sont ajoutés dans TIA Portal pour mapper l'adressage correct de chaque module. Cette étape garantit une communication précise et fiable entre les capteurs, les actionneurs et le système de contrôle.

Voici le module d'entrée et de sortie dans Factory OI.

DCY	%I0.0	%Q0.0	CV1
Capteur Bleu	%I0.1	%Q0.1	CV2
Capteur Vert	%I0.2	%Q0.2	Emiteur Produit 1
Capteur Gris	%I0.3	%Q0.3	Emiteur Produit 2
Capteur Freisage	%I0.4	%Q0.4	Emiteur Produit 3
Capteur Vert Rotation	%I0.5	%Q0.5	Operation Freisage
Capteur Verin Vert OFF	%I0.6	%Q0.6	Verin Bleu
Capteur Verin Vert ON	%I0.7	%Q0.7	Verin Vert
Capteur Verin Bleu OFF	%I1.0	%Q1.0	Verin Gris
Capteur Verin Bleu ON	%I1.1	%Q1.1	Rotation Vert
Capteur Verin Gris OFF	%I1.2	%Q1.2	Tourner Machine De Freisage
Capteur Verin Gris ON	%I1.3	%Q1.3	Orange LED
Machining Center Entry	%I1.4	%Q1.4	Red LED
Rotation Table Entrance	%I1.5	%Q1.5	Green LED
Freisage Objet Detecte	%I1.6	%Q1.6	CV5
Capteur Arret Production 2	%I1.7	%Q1.7	CV6
Capteur Arret Production 1	%I2.0	%Q2.0	CV7
Capteur Arret Production 3	%I2.1	%Q2.1	CV8
Urgent Stop	%I2.2	%Q2.2	CV9
	%I2.3	%Q2.3	CV10
	%I2.4	%Q2.4	CV11
	%I2.5	%Q2.5	CV12
	%I2.6	%Q2.6	CV13
	%I2.7	%Q2.7	CV14
	%I3.0	%Q3.0	CV15
	%I3.1	%Q3.1	CV16
	%I3.2	%Q3.2	Machining Center 0 (Start)
	%I3.3	%Q3.3	Machining Center 0 (Stop)
	%I3.4	%Q3.4	
	%I3.5	%Q3.5	

Pour garantir un « mapping » correct des capteurs et actionneurs dans TIA Portal, il est crucial de conserver leurs noms et adresses respectifs.

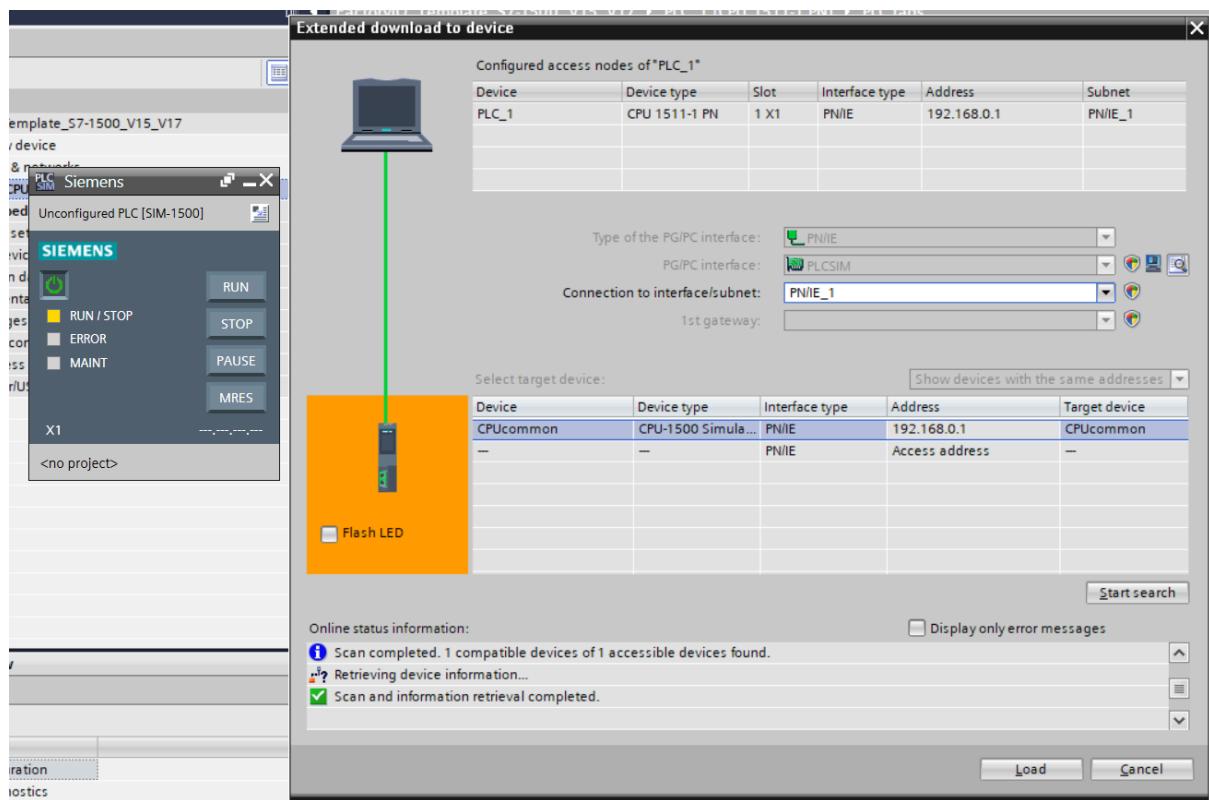
Voir une capture des tags de TIA Portal Pour voir les autres, voir Project TIA Portal sur Google Drive.

1	<input type="checkbox"/> DCY	Standard-Variab...	Bool	%IO.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	<input type="checkbox"/> Capteur Bleu	Standard-Variab...	Bool	%IO.1		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	<input type="checkbox"/> Capteur Vert	Standard-Variab...	Bool	%IO.2		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	<input type="checkbox"/> Capteur Gris	Standard-Variab...	Bool	%IO.3		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	<input type="checkbox"/> Capteur Freisage	Standard-Variab...	Bool	%IO.4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	<input type="checkbox"/> Capteur Vert Rotation	Standard-Variab...	Bool	%IO.5		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	<input type="checkbox"/> Capteur Verin Vert OFF	Standard-Variab...	Bool	%IO.6		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	<input type="checkbox"/> Capteur Verin Vert ON	Standard-Variab...	Bool	%IO.7		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

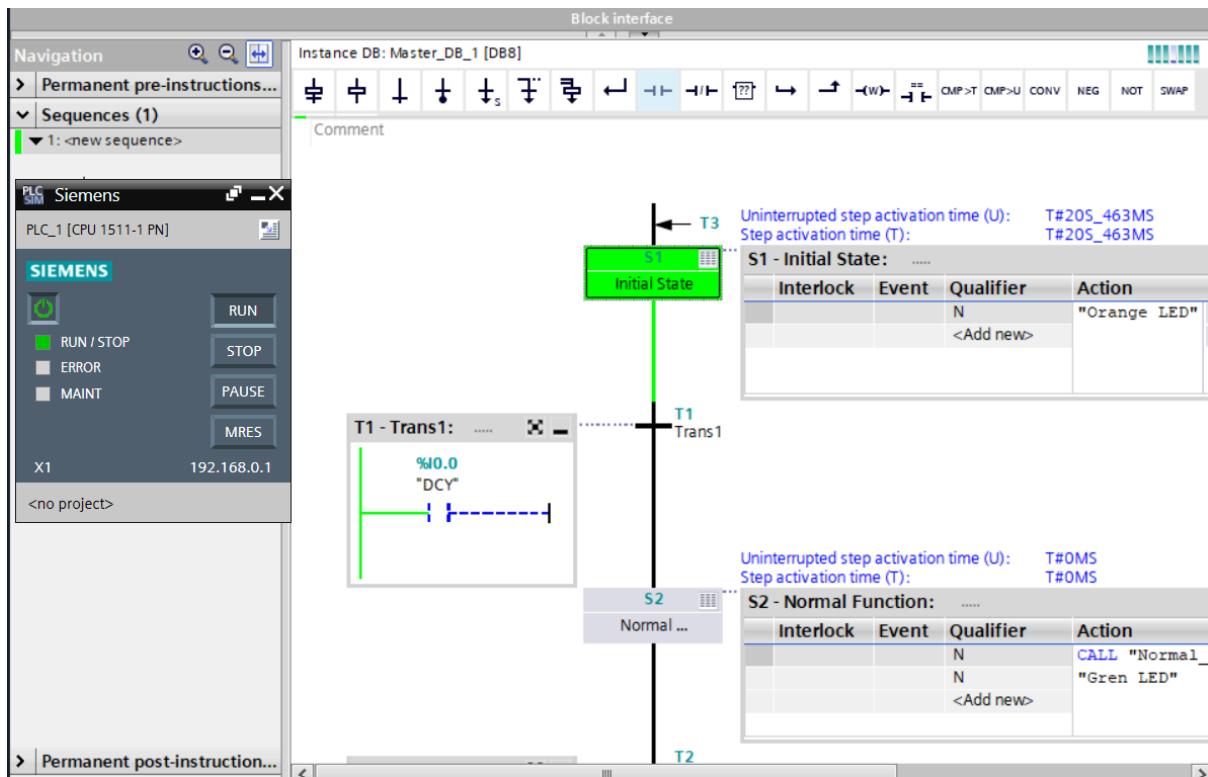
5. Crédation d'un automate virtuel en utilisant PLCSIM.

La création d'un automate virtuel constitue une étape cruciale dans le processus de simulation. Elle permet de tester la fonctionnalité du programme logique sans recourir à des tests physiques qui pourraient endommager le matériel. Cette approche virtuelle offre un environnement sûr et efficace pour valider le comportement du système avant sa mise en œuvre réelle.

On cherche l'automate et on installe le programme dans le simulateur :



On clique sur « RUN » dans le simulateur, on remarque que l'état initial de l'usine est actif en attendant un signal DCY pour le fonctionnement normal.



2.2 Évaluation des performances par simulation 3D d'un système automatisé :

1. Adaptation du modèle 3D avec le logiciel Factory OI pour intégrer les différents modes de marche et d'arrêt, intégration de la partie commande (automate Siemens) avec le simulateur PLCSIM :

La connexion entre *PLCSIM* et *Factory OI* s'effectue via un modèle spécial développé fourni par *Factory OI*. Ce modèle agit comme un pont reliant les entrées et les sorties du simulateur au simulateur spécial de *Factory OI*. Cette connexion permet au modèle 3D d'interagir avec le programme créé dans *TIA Portal*.



La boîte de contrôle fournit une représentation des états du grapfcet global du système automatisé.

- Indicateur orange allumé : indique l'état initial du système.
- Clic sur le bouton vert (DCY) : Déclenche le fonctionnement normal de l'usine.
- Clic sur l'arrêt d'urgence : Active l'indicateur rouge et met l'ensemble du système en état d'arrêt.



2. Présentation des indicateurs pour évaluer et suivre les performances de la ligne de production :

Pour évaluer et suivre les performances de la ligne de production, il est essentiel de mettre en place des indicateurs pertinents. Les indicateurs suivants sont proposés pour une évaluation efficace :

- **Nombre de produits fabriqués** : cet indicateur fournit une mesure directe de la productivité de la ligne de production. En surveillant le nombre de produits fabriqués sur une période donnée, il est possible de quantifier l'efficacité globale de la production.
- **Durée moyenne de fabrication d'un produit** : Cette mesure permet d'évaluer l'efficacité du processus de production en examinant le temps moyen nécessaire pour fabriquer un produit.
- **Taux de non-conformité** : ce paramètre est crucial pour évaluer la qualité des produits fabriqués. Il mesure le pourcentage de produits qui ne répondent pas aux normes de qualité établies.

3. Simulation du modèle complet 3D et visualisation des performances de la ligne de production.

La simulation du modèle 3D réalisée par Factory IO et PLCSIM offre une estimation de performance avant la réalisation de l'usine.

En premier lieu, l'utilisateur a la possibilité de définir le nombre de produits de chaque type à produire à travers une interface intuitive créée dans Factory IO.

Cette interface permet à l'utilisateur d'ajuster facilement le nombre total de produits désirés à produire pour chaque type en utilisant des



fonctionnalités d'incrémentation ou de décrémentation.

Ensuite, en cliquant sur le bouton DCY, l'usine commence simultanément la fabrication des trois produits.

Les performances de notre usine sont facilement visualisées à travers l'interface développée dans Factory IO.

Deux indicateurs de performance ont été implémentés :

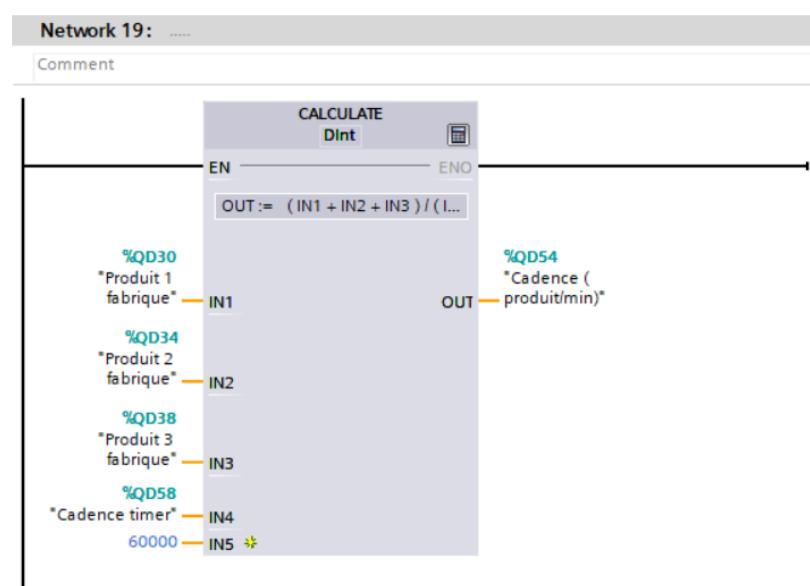
- **Le nombre de produits déjà fabriqués.**
- **La cadence de production exprimée en produits par minute.** Cette dernière mesure illustre la quantité de produits fabriqués chaque minute.
- **Le nombre de produits non conformes.**

L'exemple présenté indique qu'un produit de type 1 a été fabriqué, aucun produit de type 2 et 7 produits de type 3 ont été produits. L'usine fonctionne avec un débit ou une cadence de fabrication de 4 produits par minute, et finalement, 2 produits sont détectés et considérés comme non conformes.

La cadence est calculée à travers le bloc <CALCULATE> qui existe dans TiaPortal suivant la formule suivante :

$$\text{Cadence (produit/min)} = \frac{p1 + p2 + p3}{\frac{\text{Cadence Timer (ms)}}{60000}}$$

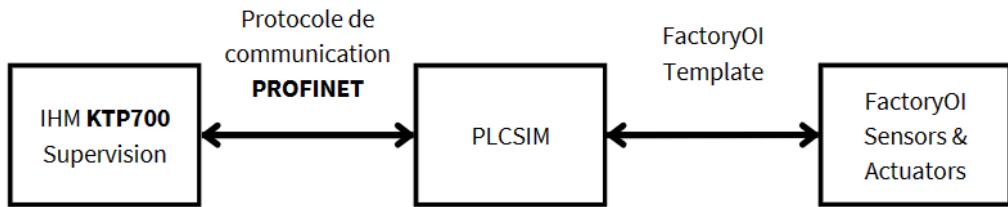
Soit le bloc suivant.



2.3 Conception de l'IHM et validation du système global :

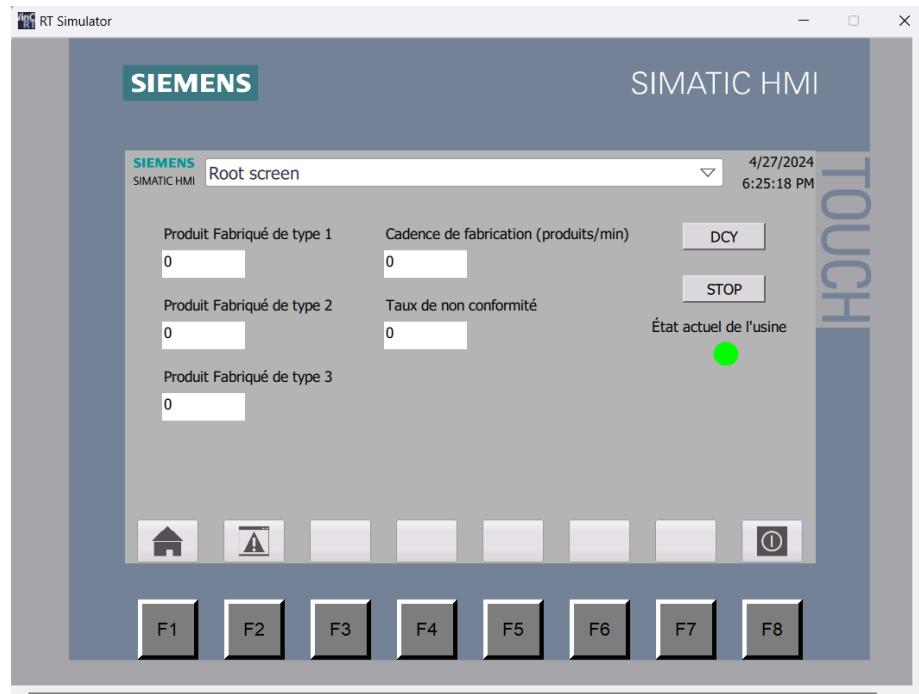
1. Les liaisons entre la partie opérative, la partie commande (Siemens S71500) et IHM

La structure générale de notre système peut être résumée par le schéma : si dissous, l'IHM contrôle directement. Le GEMMA de notre système et l'information de retour des capteurs de FactoryOI sont transférés et captés à travers la simulation PLCSIM.



2. Réalisation d'une IHM pour la commande et le suivi de production :

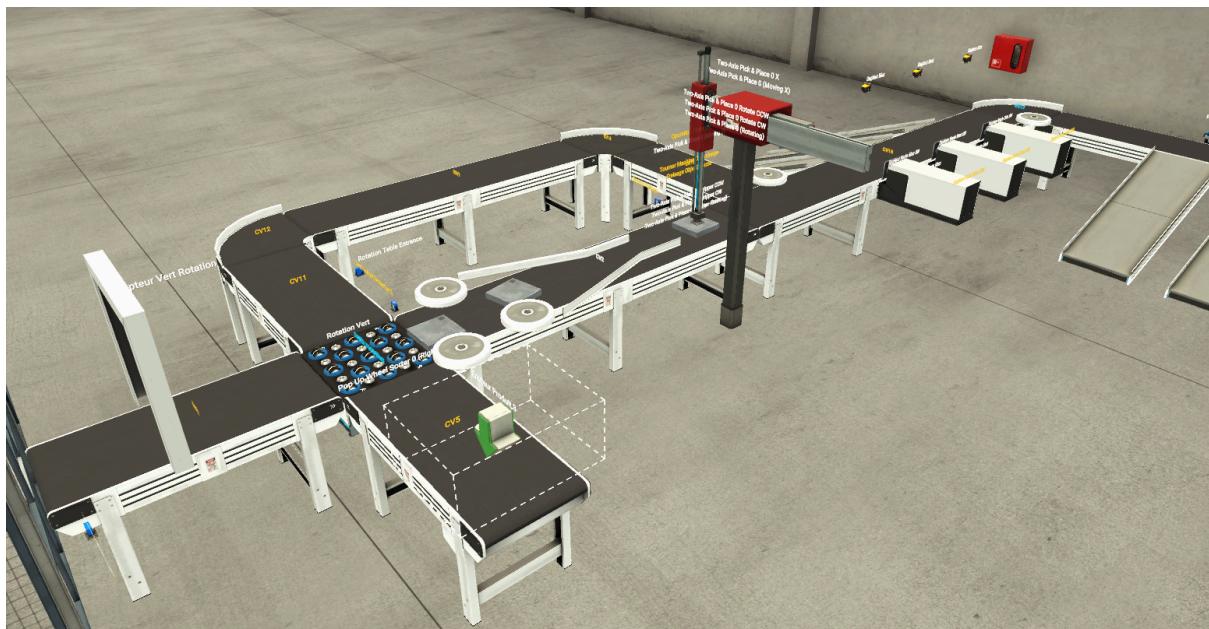
En utilisant l'IHM KTP700, on a réalisé une interface intuitive pour le contrôle et la visualisation des facteurs principaux de performance comme la cadence et le taux de non conformité.



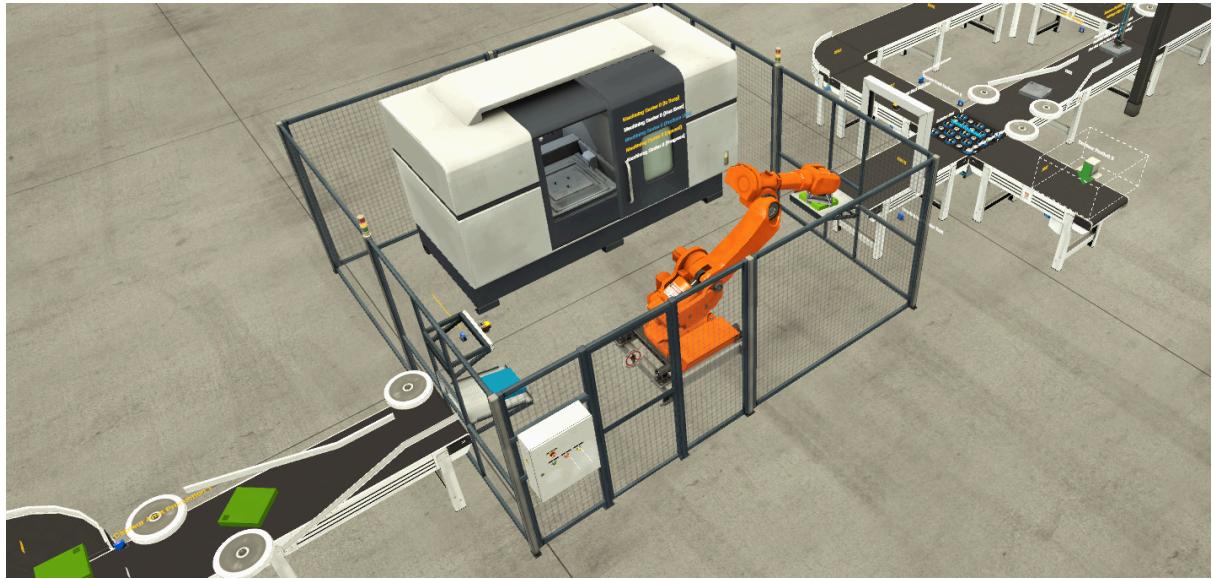
On a expliqué avant le fonctionnement et le calcul de la cadence de fabrication. De même, le taux de non conformité est calculé de la même manière, mais avec une formule différente.

Malheureusement, On a connu des problèmes techniques de l'intégration de IHM avec PLCSIM, on a essayé différentes méthodes, mais sans succès. C'est pour cela qu'on a décidé de faire une version fonctionnelle de IHM dans factoryOI qui a été présentée avant.

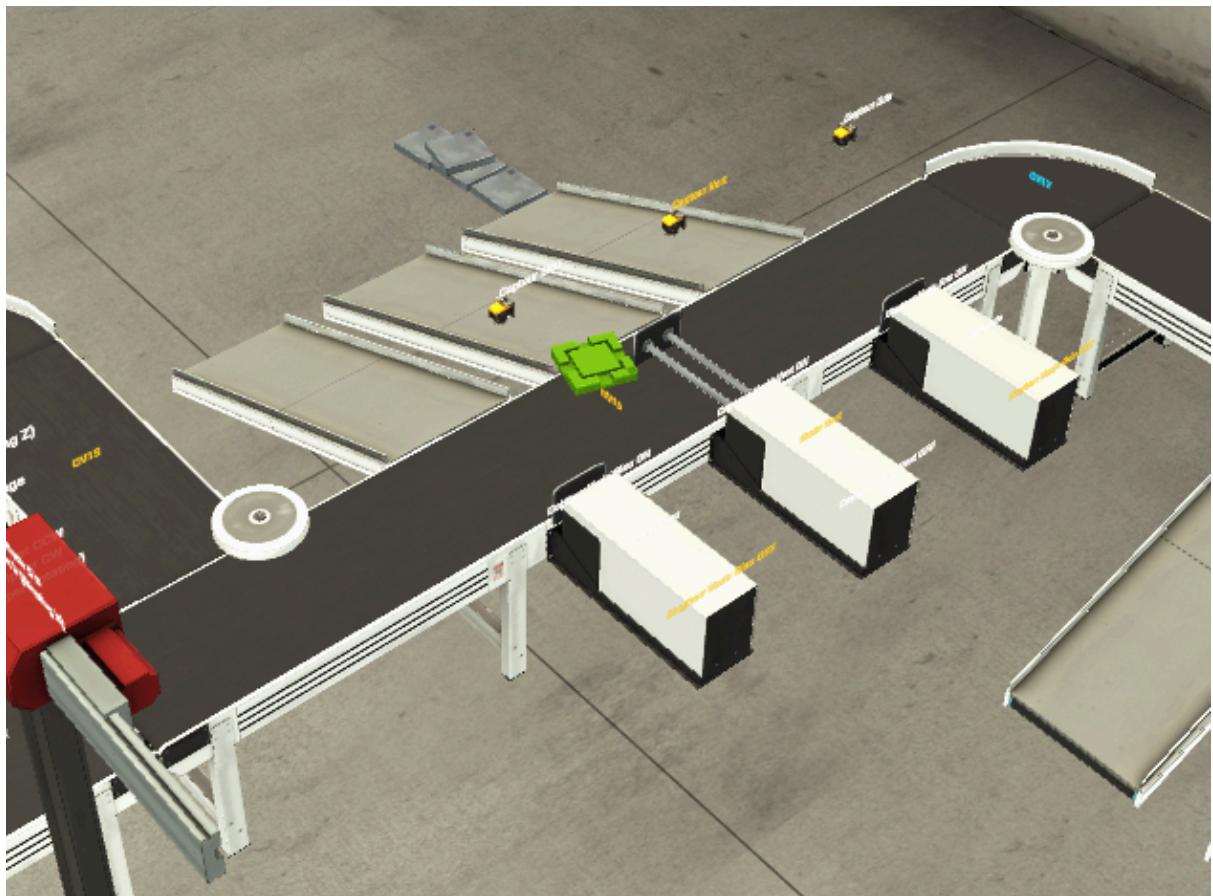
Captures de fonctionnement du modèle 3D FactoryIO :



Fonctionnement de l'opération de fraisage



Fonctionnement de l'opération de traitement thermique



Fonctionnement du post de filtrage



Fonctionnement de l'acheminement de produit vert.