



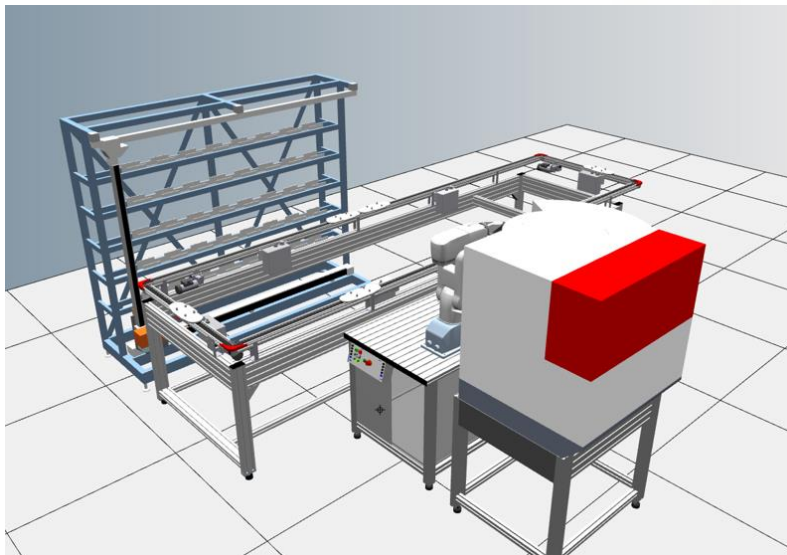
جامعة مولاي إسماعيل  
UNIVERSITÉ MOULAY ISMAÏL



المدرسة الوطنية العليا للفنون و المهن  
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARTS ET MÉTIERS

# Projet

## Cellule flexible de l'ENSAM



**Réalisé Par :**

**SADIK Omar  
LACHHAB Mohammed**

**Encadré par :**

**Mr. KHADIRI Hassan**

**GEE**

**Année universitaire 2023/2024**

## Table des matières

Introduction :	3
I. L'architecture actuelle de la cellule flexible de l'ENSAM :	4
1. Les réseaux utilisés :	4
2. Protocoles de communication :	5
3. Composants du terrain utilisés:	5
4. Diagramme de séquence UML:	10
II. Les avantages et les inconvénients de l'architectures actuelle :	10
III. Proposition d'une nouvelle approche :	12
Conclusion :	15

## Introduction :

L'évolution constante des systèmes industriels, tant sur le plan physique que dans la gestion de l'information, a renforcé l'importance de leur automatisation. Les progrès technologiques dans divers domaines tels que les capteurs, les régulateurs et les réseaux à haute vitesse ont contribué à l'amélioration continue des systèmes de commande automatisés.

Les systèmes de supervision et leurs outils revêtent une importance capitale, fournissant aux opérateurs les données nécessaires pour des prises de décision éclairées. L'automatisation vise à optimiser la productivité en améliorant la gestion des processus industriels, tandis que la supervision joue un rôle crucial en surveillant, en rapportant et en signalant les fonctionnements normaux et anormaux des systèmes informatiques.

Dans ce contexte, notre étude se focalise sur l'architecture de la cellule flexible d'usinage à l'ENSAM. Nous avons pour ambition de dégager les avantages et les inconvénients de l'architecture existante, tout en proposant une nouvelle approche innovante pour répondre aux exigences actuelles et futures.

## I. L'architecture actuelle de la cellule flexible de l'ENSAM :

Une cellule flexible d'usinage typique comprend généralement plusieurs éléments essentiels un magasin de stockage automatisé, un système automatisé de transfert, un ou plusieurs robots, ainsi que des machines-outils à commande numérique (MOCN). L'ensemble de ces composants est supervisé par un logiciel de supervision de type SCADA. Dans notre analyse, nous nous concentrerons sur la présentation des différents éléments constitutifs de la cellule flexible ICIM 3000. Cette dernière est principalement composée d'un convoyeur, d'un automate Siemens, de quatre wagons d'arrêt, d'une porteuse de pièces, d'un tapis roulant et d'une station d'alimentation CNC.

### 1. Les réseaux utilisés :

Dans notre configuration de cellule flexible, nous utilisons un agencement en réseau annulaire où les stations sont interconnectées pour former un anneau. Parmi les réseaux disponibles dans la cellule flexible, nous avons le réseau PROFIBUS (anneau) et le réseau Ethernet (centré) aussi réseau terrain et réseau de capteurs/actionneurs.

#### Réseau Ethernet:

est un réseau adapté aux niveaux cellule et supervision. Il permet un échange de données à grande vitesse sur de longues distances entre un grand nombre de stations. L'Industrial Ethernet est le réseau le plus puissant parmi les options de configuration disponibles et il peut être facilement étendu.

#### Réseau de terrain :

Le bus de terrain est un réseau de communication numérique qui adhère à trois niveaux du modèle OSI de l'ISO (ISO 7498 - 1983), à savoir :

- Couche Application
- Couche Liaison
- Couche Physique

Ce réseau permet la connexion bidirectionnelle, série et en arborescence de divers équipements tels que les interfaces E/S, les capteurs/actionneurs, les automates programmables, les CNC, les ordinateurs de calcul et les PC industriels.

#### Réseau de capteurs/actionneurs :

Ces réseaux sont conçus pour l'automatisation industrielle et visent à minimiser les coûts de câblage tout en simplifiant l'installation, l'ajustement, l'utilisation et la maintenance des dispositifs d'automatisation connectés.

#### Réseau Profibus:

Profibus est une norme d'automatisation industrielle qui utilise un bus de terrain pour connecter des contrôleurs ou des systèmes de contrôle à des dispositifs décentralisés tels

que les capteurs et actionneurs. Il assure une communication cohérente avec les niveaux supérieurs grâce à un protocole unique et standardisé appelé PROFIBUS DP, qui est compatible avec les applications d'automatisation des usines et des processus, le contrôle des mouvements et les fonctions de sécurité.

## 2. Protocoles de communication :

Dans notre cellule flexible, nous avons mis en place une communication client-serveur où les serveurs sont représentés par les machines d'usinage et d'assemblage, tandis que le client est le superviseur. Le superviseur prend le contrôle en lançant les processus, à savoir l'usinage et l'assemblage, ainsi que les tâches à effectuer.

Dans un premier temps, le superviseur initie les opérations, telles que le déstockage de la pièce brute du magasin pour l'usinage, suivi du déstockage d'une deuxième pièce brute qui est ensuite transférée vers la commande numérique pour l'usinage. En parallèle, la tâche d'assemblage est effectuée grâce au robot d'assemblage. Une fois toutes les tâches terminées, le produit fini est renvoyé au premier wagon devant le magasin, où le robot peut le stocker parmi les produits finis.

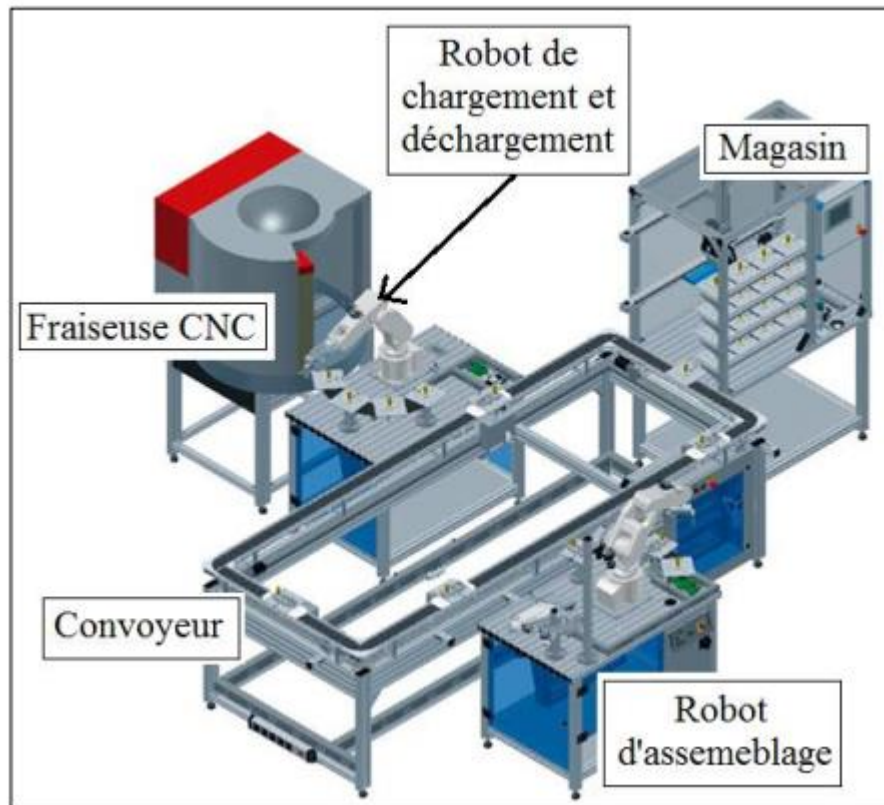
En résumé, nous avons deux niveaux de communication pour exécuter les tâches souhaitées ou manipuler les produits finis. Tout d'abord, il y a la communication entre le superviseur et l'automate (les API de la cellule) via le réseau Ethernet. Ensuite, il y a la communication entre l'automate et les wagons du convoyeur via le réseau PROFIBUS.

## 3. Composants du terrain utilisés:

En général, cette cellule comprend un magasin de stockage automatisé, un moyen automatisé de transfert, un ou plusieurs robots, ainsi que des machines-outils à commande numérique (MOCN). Le contrôle et la surveillance de l'ensemble sont assurés par un logiciel de supervision de type SCADA.

Pour mieux comprendre, concentrons-nous sur les éléments spécifiques de la cellule flexible ICIM 3000. Celle-ci se compose principalement d'un convoyeur, d'un automate Siemens, de quatre wagons d'arrêt, d'une porteuse de pièce, d'un tapis roulant et d'une station d'alimentation CNC.

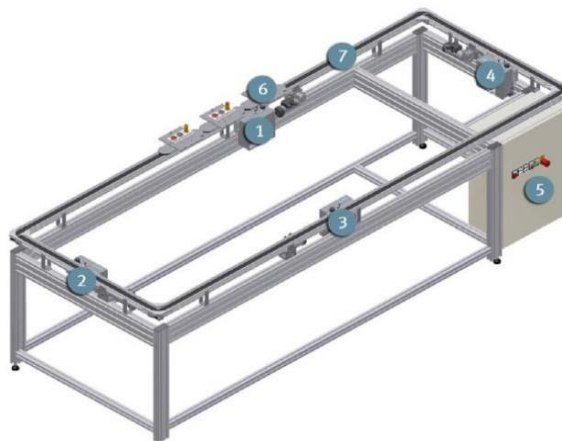
Chacun de ces composants joue un rôle crucial dans le processus de fabrication automatisé, contribuant ainsi à l'efficacité et à la flexibilité de la cellule d'usinage. Par exemple, le convoyeur assure le déplacement fluide des pièces entre les différentes stations, tandis que l'automate Siemens coordonne les opérations et contrôle le flux de production. Les robots et les machines-outils à commande numérique effectuent les opérations d'usinage avec précision, tandis que le SCADA supervise l'ensemble du processus, permettant aux opérateurs de surveiller et de gérer les performances de la cellule en temps réel.



#### Convoyeur :

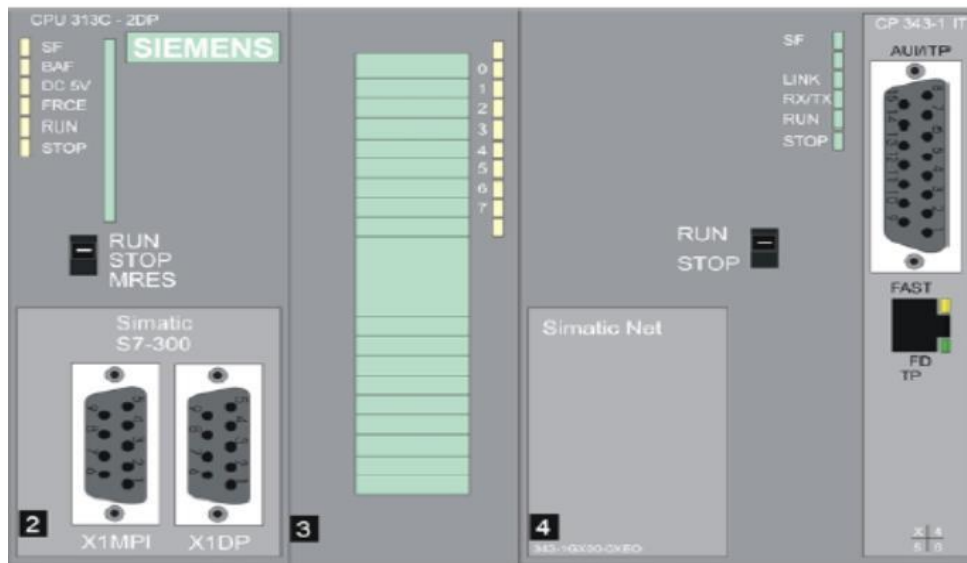
Dans notre cellule flexible, le convoyeur occupe une place centrale et cruciale. Il assure le déplacement des pièces vers les porteuses appropriées. Voici un aperçu des composants qui constituent ce système de transport :

- Position 1 : Wagon d'arrêt à l'adresse DP #10.
- Position 2 : Wagon d'arrêt à l'adresse DP #11.
- Position 3 : Wagon d'arrêt à l'adresse DP #12.
- Position 4 : Wagon d'arrêt à l'adresse DP #13.
- Armoire de contrôle : Automate Siemens S7 313 2DP.
- Porteuse de pièce.
- Tapis roulant.



### Automate siemens :

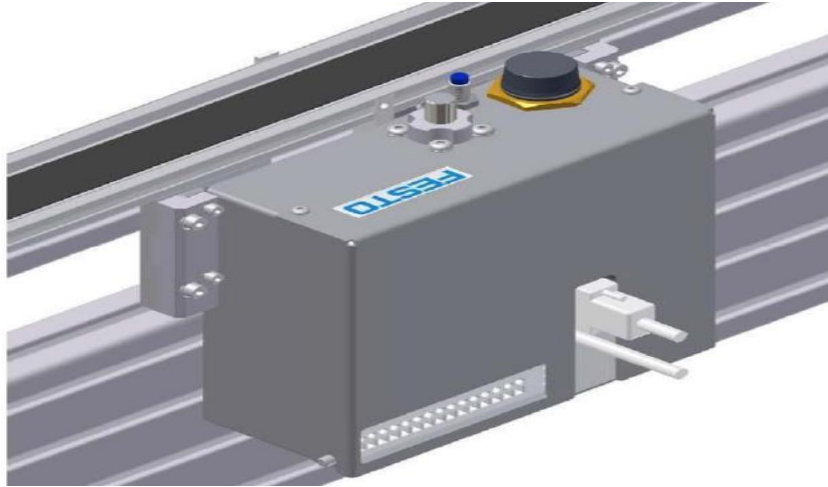
L'automate Siemens constitue le cerveau opérationnel de notre système, assurant un contrôle précis grâce à son intégration au réseau local industriel PROFIBUS DP. En outre, sa connectivité est étendue par le biais d'une carte ETHERNET (CP 343-1 IT), facilitant la communication avec des dispositifs externes. La programmation est flexible, pouvant être effectuée soit à l'aide d'une unité de programmation munie d'un câble MPI, soit via un PC équipé d'une carte MPI, offrant ainsi différentes options pour la configuration et la maintenance du système.



### Wagon d'arrêt :

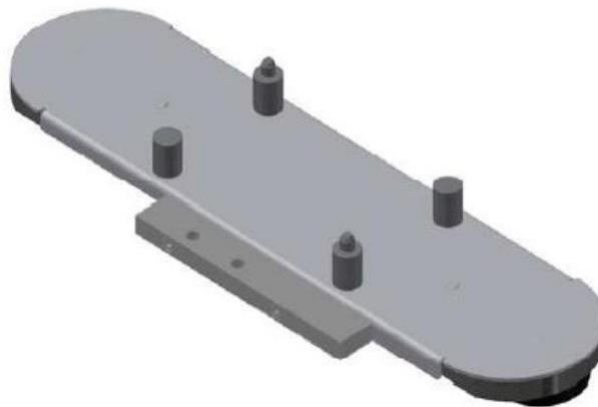
Le wagon d'arrêt joue un rôle essentiel dans le contrôle des pièces, étant piloté par un réseau PROFIBUS DP. Ses composants comprennent :

- Un vérin pneumatique (FESTO 10P10 4BASNV3ML) pour immobiliser les pièces.
- Un capteur magnétique pour lire l'adresse de la porteuse.
- Un capteur de présence.
- Un module d'entrées/sorties 4-4.
- Ces éléments garantissent un fonctionnement fiable et précis du wagon d'arrêt, contribuant ainsi à la fluidité et à l'efficacité des opérations dans la cellule flexible.



#### Porteuse de la pièce :

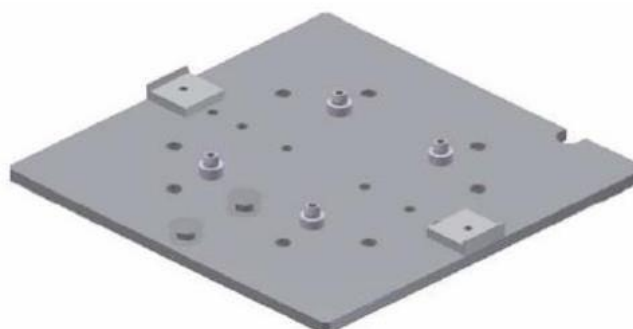
Elle assure la réception et un transport sur des pièces à travers le convoyeur. Il en est 8 unités.



#### Palette :

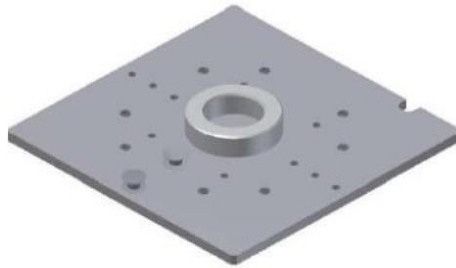
Il existe deux types de porteuse de pièces

- Type 1BPW :  
Elle est responsable de transport des plaquettes de bois.





- Type 1C :  
Elle est responsable de transport des couvercles.

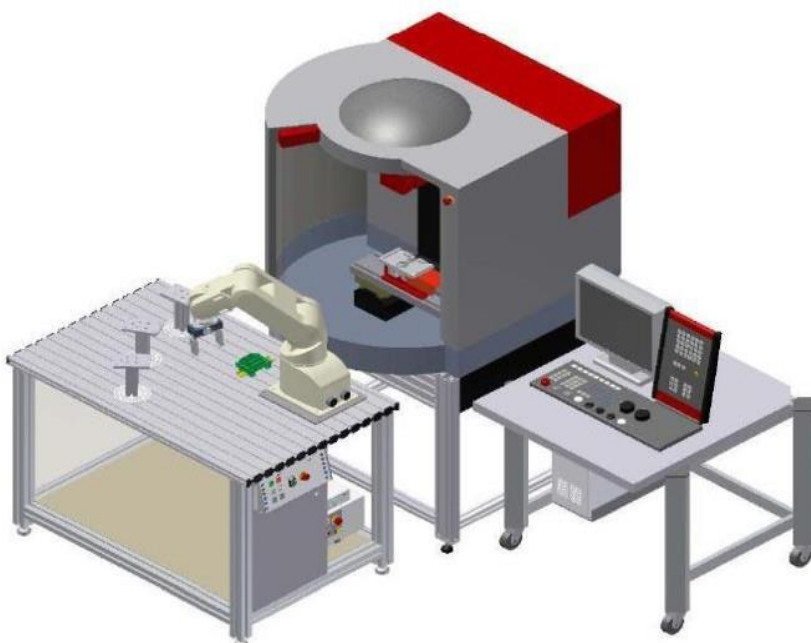


#### Tapis roulant :

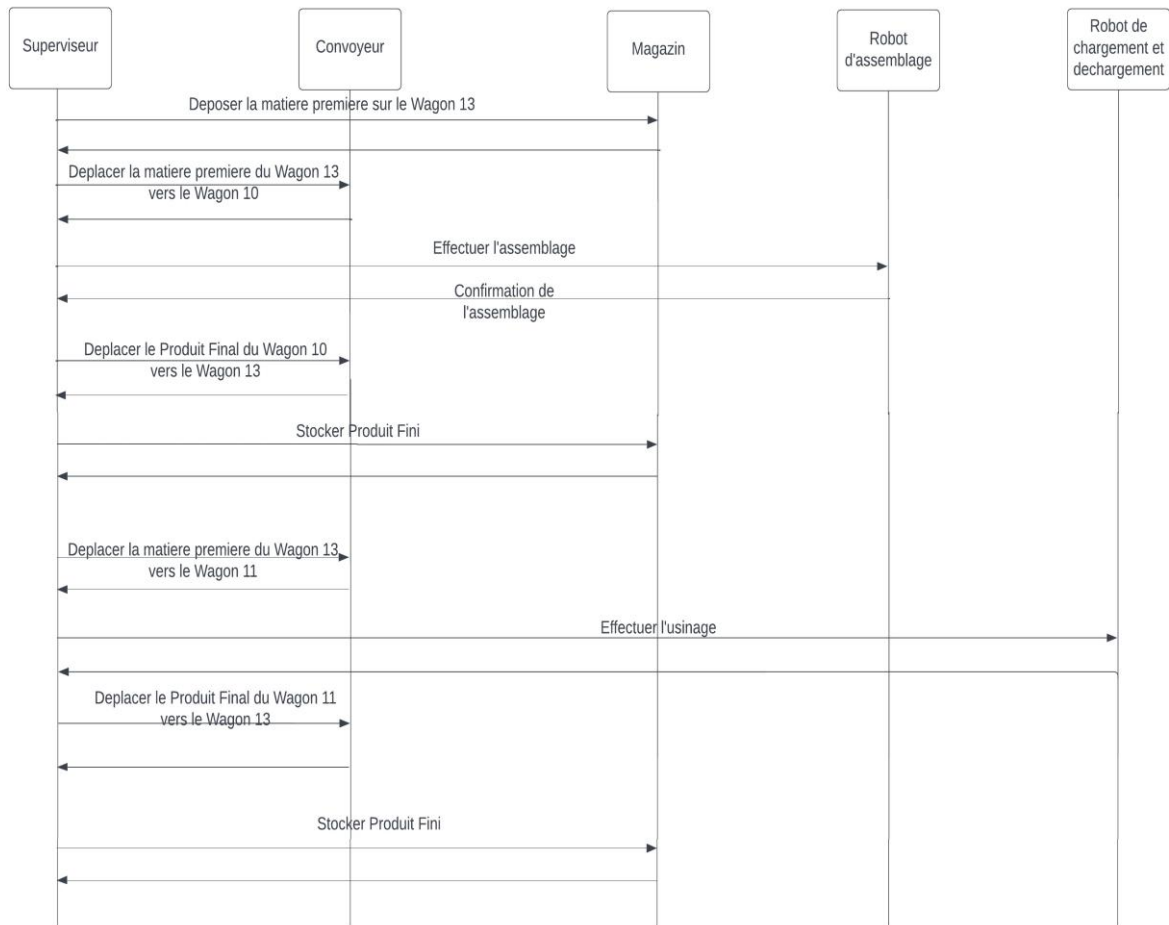
Le tapis roulant assure le transport de toutes les porteuses de pièces, quel que soit leur type.



#### Station d'alimentation CNC :



#### 4. Diagramme de séquence UML:



## II. Les avantages et les inconvénients de l'architectures actuelle :

### 1. Les architectures centralisées et la différence entre les architectures distribuées et décentralisées

Notre Architecture qui est centralisée se caractérise par une structure où toutes les décisions et les actions sont prises à partir d'un emplacement central. Dans cemodele, une entité ou un serveur central contrôle l'ensemble du système et prendles décisions concernant le traitement des données, le stockage et la gestion des ressources. Les utilisateurs et les clients se connectent généralement à ce serveurcentral pour accéder aux informations ou effectuer des transactions.

#### Architecture centralise :

Les architectures centralisées sont des systèmes où toutes les décisions et le contrôle sont concentrés dans un emplacement central. Dans une architecture centralisée, un seul nœud

ou une seule entité est responsable de la prise de décision et de la gestion de l'ensemble du système. Cela peut inclure la collecte des données, le traitement, le stockage et la prise de décision.

### Architecture distribuée :

Les architectures distribuées sont des systèmes où les composants ou les nœuds sont répartis sur différents emplacements physiques et travaillent ensemble pour atteindre un objectif commun. Dans une architecture distribuée, les tâches et les responsabilités sont réparties entre les différents nœuds du système. Chaque nœud peut prendre des décisions indépendamment et communiquer avec d'autres nœuds pour coordonner les activités.

### Architecture décentralisée

Les architectures décentralisées sont similaires aux architectures distribuées, mais elles vont un pas plus loin en permettant à chaque nœud du système d'être autonome et de prendre des décisions indépendamment, sans dépendre d'une entité centrale pour les instructions ou les décisions. Chaque nœud peut fonctionner de manière indépendante et contribuer à l'ensemble du système.

### Différence entre les différentes architectures :

La principale différence entre les architectures distribuées et décentralisées réside dans le degré de coordination et de contrôle centralisé. Dans une architecture distribuée, il existe une coordination et une collaboration entre les nœuds, mais certains nœuds peuvent jouer des rôles spécifiques de contrôle et de gestion. En revanche, dans une architecture décentralisée, chaque nœud est autonome et dispose d'une autorité égale dans la prise de décision.

En résumé, les architectures centralisées se concentrent sur une entité centrale qui prend les décisions et le contrôle, tandis que les architectures distribuées répartissent les tâches et les responsabilités entre plusieurs nœuds. Les architectures décentralisées vont encore plus loin en permettant à chaque nœud d'être autonome et indépendant. Le choix entre ces différentes architectures dépend des besoins spécifiques du système, de la scalabilité requise, de la tolérance aux pannes et des objectifs globaux du système.

## 2. Les avantages et les inconvénients de la cellule flexible actuelle

La cellule étudiée actuellement repose sur une approche centralisée, ce qui signifie que tous les équipements tels que le fraiseur CNC, les robots, le convoyeur et le magasin sont contrôlés et supervisés par une seule entité centrale, appelée superviseur. Cette approche présente à la fois des avantages et des inconvénients :

### Avantages de l'approche centralisée :

- Coordination et synchronisation : Grâce au superviseur, il est plus facile de coordonner et de synchroniser les actions des différents équipements de la cellule flexible, ce qui permet une meilleure gestion des processus de production et une optimisation des performances.
- La programmation des actions et des séquences de travail peut être simplifiée dans cette approche, car il n'est pas nécessaire de programmer individuellement chaque équipement.
- Maintenance facilitée : En cas de défaillance ou de maintenance, il est plus simple de diagnostiquer et de réparer les problèmes, car tous les équipements sont interconnectés et supervisés à partir d'un point central.

### Inconvénients de l'approche centralisée :

- En cas de défaillance du système centralisé, cela peut avoir un impact sur l'ensemble de la cellule flexible, entraînant ainsi des temps d'arrêt prolongés et une diminution de la productivité.
- Une approche centralisée peut engendrer des coûts potentiels plus élevés, car elle peut nécessiter des équipements de contrôle et de communication plus complexes.

Temps de réponse plus longs : Étant donné que toutes les décisions et actions doivent passer par le superviseur en premier, ceci génère des temps d'attente et donc les temps de réponse peuvent être plus longs. Cela peut limiter la réactivité et la flexibilité de la cellule flexible, surtout lorsqu'il s'agit de prendre des décisions en temps réel.

### III. Proposition d'une nouvelle approche :

#### 1. Penser à une architecture distribuée

Une approche distribuée de notre cellule flexible pourrait être mise en œuvre de la manière suivante :

#### Superviseur :

Le superviseur est responsable de la coordination générale de la cellule flexible. Il reçoit les commandes ou les tâches à effectuer depuis un système externe appelé un système ERP (Enterprise Resource Planning). Il est aussi responsable de la répartition des tâches entre les différents éléments de la cellule flexible en fonction des priorités, des capacités et des disponibilités.

#### Robot d'assemblage :

Le robot d'assemblage est chargé d'effectuer les opérations d'assemblage des pièces ou des composants. Il reçoit les instructions de l'assemblage à effectuer du superviseur. Le robot d'assemblage utilise des capteurs pour détecter les pièces, les positionner et les assembler conformément aux spécifications requises.

#### Robot de chargement et déchargement :

Le robot de chargement et déchargement est responsable du transfert des pièces ou des produits entre le convoyeur et d'autres stations de travail, telles que le robot d'assemblage ou le magasin. Il reçoit les instructions du superviseur concernant les pièces à charger ou décharger et leur destination. Le robot de chargement et déchargement utilise des systèmes de vision et des capteurs pour localiser et manipuler les pièces de manière précise et sécurisée.

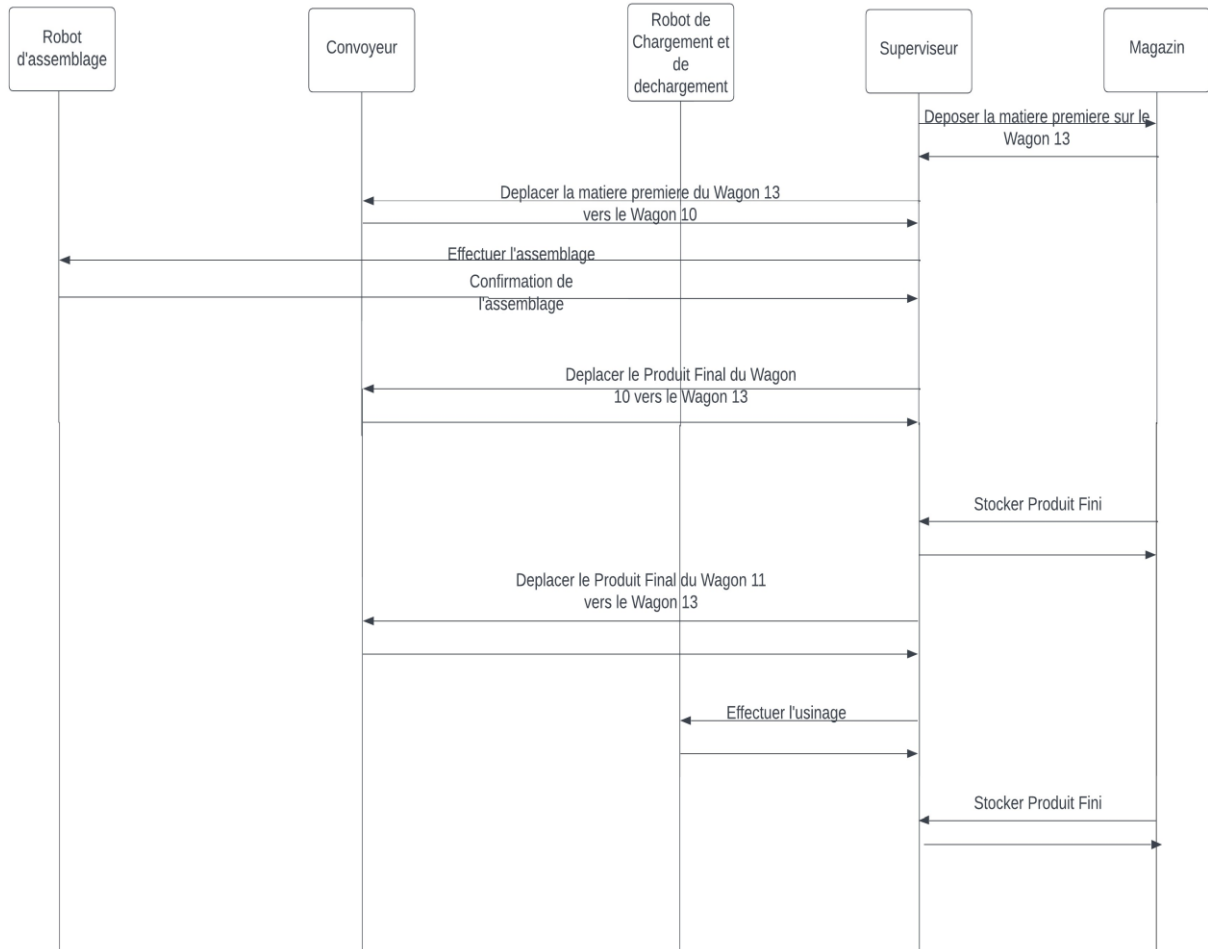
#### Convoyeur :

Le convoyeur assure le transport continu des pièces ou des produits entre les différentes stations de travail de la cellule flexible. Il peut être équipé de capteurs pour détecter la présence des pièces et communiquer avec le superviseur pour le suivi et la coordination.

#### Magasin :

Le magasin est utilisé pour stocker les pièces ou les produits en attente d'utilisation. Il peut être équipé de systèmes de stockage automatisés, tels que des étagères mobiles ou des systèmes de carrousel, pour faciliter l'accès aux pièces nécessaires. Dans cette approche distribuée, chaque élément de la cellule flexible fonctionne de manière autonome, mais communique avec le superviseur pour recevoir des instructions et signaler son état. Cela permet une flexibilité, une adaptabilité et une coordination efficace entre les différents éléments, ce qui optimise le fonctionnement global de la cellule flexible.

## 2. Diagramme de séquence UML associé



## Conclusion :

En résumé, On peut constater que l'architecture de notre cellule flexible offre une approche simplifiée où toutes les prises de décision et tous les contrôles sont centralisés en un seul endroit. Ce qui permet une gestion simple et efficace du système et coordonne les opérations de manière centralisée. Cela est avantageux dans notre cas car la simplicité et la centralisation sont une priorité. Cependant, il est important de tenir compte des limites des architectures centralisées. Une défaillance d'une entité centrale pourrait entraîner une panne complète du système. De plus, l'évolutivité peut être limitée puisque toutes les opérations passent par un point central. De plus, une architecture centralisée augmente la dépendance vis-à-vis de cette entité centrale, ce qui peut entraîner des problèmes en cas de panne ou de panne.