

# SPÉCIFICATIONS

## Projet IEC61499 – Universal Automation

*Formation Informatique et Systèmes  
Intelligents Embarqués*  
Année 2025 – 2026

# PRI 5A

## Membres de l'équipe :

Damien LORIGEON – Chef de projet/Dev IEC61131 & IEC61499

## Client :

Jean Paul CHEMLA – Professeur Polytech

Arthur OUSSOUNKIRI ELIEZER GAMBO – Doctorant Université de  
Reims

Bernard RIERA – Professeur Université de Reims

Stéphane LECASSE – Professeur Université de Reims

Auteur : Damien LORIGEON

Version 1.0 - 18/09/25

## Objectifs

Ce document a pour objectif de définir les spécifications techniques et fonctionnelles du projet de preuve de concept (POC) visant à comparer deux approches de programmation d'automatismes IEC 61131-3 (ECE) et IEC 61499 (EAE) appliquées à une usine virtuelle de tri de pièces sous Factory I/O, en mettant l'accent sur : difficulté de programmation, méthode de construction de la solution, traduction du GRAFCET en 61131 puis en 61499, maintenance (messages, états bloquants, vérification, maintien), capacité d'explication du programme, et flexibilité (besoin de reprogrammer ou non lors d'évolutions).

## Référence

### 1. Internes

Référence :	Titre	Lien
PRI Polytech Tours	Projet IEC61499 – Universal Automation	<p>Dépôt GIT : <a href="https://github.com/EIDLOR/PRI-IEC61499-UniversalAutomation.git">https://github.com/EIDLOR/PRI-IEC61499-UniversalAutomation.git</a></p> <p>Équipe Teams : <a href="#">Général   Projet - Universal Automation - IEC 61499   Microsoft Teams</a></p>

### 2. Externes

Référence :	Titre	Lien
UniversalAutomation.org	Ressources IEC 61499 / EAE	<a href="https://universalautomation.org">https://universalautomation.org</a>

## Définition

- **IEC 61131** : norme historique de programmation des automates (POU, Grafcet, ST, etc.).
- **IEC 61499 (EAE)** : norme orientée événements, blocs fonctionnels distribués.
- **Factory IO** : outil de simulation 3D de systèmes industriels.
- **EAE** : EcoStruxure Automation Expert.
- **ECE** : EcoStruxure Control Expert

# SPÉCIFICATIONS

« Projet IEC61499 – Universal Automation »

Descriptions		
Projet :	Projet IEC61499 – Universal Automation	
Clients	Jean Paul CHEMLA	jean-paul.chemla@univ-tours.fr
Auteurs	Damien LORIGEON	damien.lorigeon@univ-tours.fr
Date d'émission :	15/10/2025	

Validation			
Nom	Date	Valide (O/N)	Commentaires
LORIGEON	15/10/2025	O	
CHEMLA			
RIERA			
GAMBO			

Suivis des versions		
Version	Date	Description de la modifications
1	02/10/2025	Première version
2	15/10/2025	Reformulation complètes des spécifications

## Sommaires

1	Périmètre fonctionnel.....	6
2	Architecture .....	7
3	Critères de comparaison .....	8
4	Spécifications techniques .....	9
5	Validation et tests .....	11

## 1 Périmètre fonctionnel

L'étude repose sur une usine virtuelle de tri de pièces modélisée dans Factory I/O.

Cette installation représente une chaîne de production automatisée permettant de détecter, acheminer et trier des pièces selon un critère précis.

Le système doit assurer la circulation séquentielle des pièces, la prise de décision en fonction du type détecté, et la distribution vers l'une des trois sorties prévues.

Les séquences d'exploitation incluent également les fonctions classiques d'un cycle industriel : mise en marche, arrêt, réinitialisation et gestion d'arrêts d'urgence.

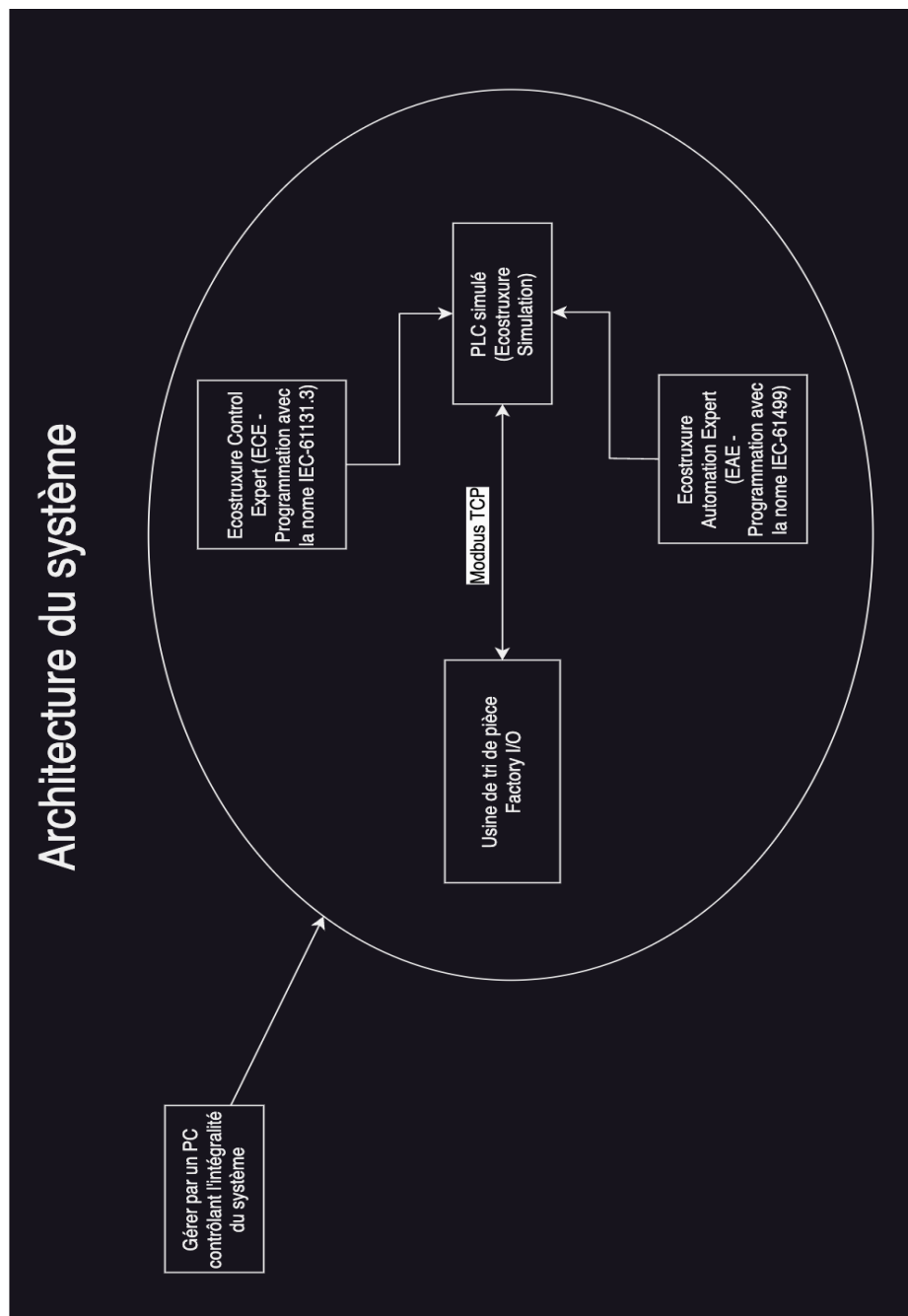
Les particularités de fonctionnement de l'usine sont les suivantes :

- Tri par couleur (3 couleurs différentes). La ligne traite une pièce à la fois, sauf lorsqu'il y a deux pièces consécutives de même couleur : dans ce cas, les deux sont acheminées simultanément vers la même sortie.
- La scène Factory I/O utilisée dans le projet existe déjà. Elle ne nécessite aucune reconstruction ; seule la logique de commande sera développée dans les environnements Ecostruxure Control Expert (IEC 61131-3) et Ecostruxure Automation Expert (IEC 61499).

## 2 Architecture

Contraintes et choix figés pour la spec :

- Tout sur le même PC (salle AUTO1 du DMS), accès possible via VPN.
- EcoStruxure Simulation utilisé comme Soft PLC.
- Modbus TCP imposé.
- Rôle Modbus : API (Soft PLC) = serveur, Factory I/O = client.



### 3 Critères de comparaison

#### **Difficulté de programmation**

Ce critère évalue la facilité de prise en main et la complexité de mise en œuvre de chaque méthode.

L'analyse portera sur la lisibilité du code ou des blocs fonctionnels, la cohérence de la structure logicielle, ainsi que la clarté de la logique séquentielle (GRAFCET ou équivalent).

On cherchera à déterminer dans quelle mesure un développeur peut comprendre, modifier et maintenir le programme sans ambiguïté.

#### **Méthode de construction**

Ce critère évalue dans quelle mesure le même GRAFCET peut être utilisé de façon intuitive pour programmer sous chaque norme.

En IEC 61131-3, la logique séquentielle du GRAFCET s'intègre naturellement grâce au langage SFC, rendant la transposition directe et simple.

En revanche, en IEC 61499, l'approche événementielle par blocs fonctionnels rend cette correspondance moins évidente. Il s'agira donc d'analyser si le GRAFCET reste pertinent ou s'il faut adopter d'autres méthodes, comme une conception basée sur les événements, les états ou une décomposition modulaire du système.

#### **Maintenance et diagnostic**

Ce critère porte sur la gestion des anomalies, des messages d'erreur et des états bloquants.

L'objectif est d'évaluer la capacité du programme à être maintenu dans un contexte industriel :

- Identification claire des fautes ou blocages,
- Gestion des messages d'alarme et de reprise,
- Visibilité des états internes et procédures de débogage.

La norme facilitant le suivi des états, la traçabilité des événements, et la réutilisation des blocs de diagnostic sera considérée comme plus performante dans ce domaine.



### **Capacité d'explication**

Ce point évalue la clarté pédagogique et la transparence du design logiciel.

Il s'agit de déterminer dans quelle mesure le programme peut être expliqué et compris par un tiers (technicien, ingénieur, enseignant).

On observera notamment :

- La structure hiérarchique du projet,
- La nomenclature des blocs fonctionnels,
- La cohérence graphique et logique du schéma global.

Une approche plus intuitive, modulaire et auto-documentée sera considérée comme plus adaptée à l'enseignement et à la maintenance.

### **Flexibilité**

Ce critère mesure la capacité du système à s'adapter à des modifications sans nécessiter une refonte complète du programme.

Les cas étudiés incluront :

- L'ajout de nouveaux capteurs ou actionneurs,
- Le changement de règles de tri ou de comportements,
- La migration du projet vers un autre contrôleur.

## **4 Spécifications techniques**

L'ensemble du projet sera exécuté sur une plateforme logicielle unique, sans recours à du matériel physique.

L'objectif est de disposer d'un environnement entièrement virtualisé permettant la simulation complète du système de tri de pièces, depuis la détection jusqu'au pilotage des actionneurs, en passant par la communication Modbus.

## Plateforme

L'intégralité du système sera installée sur un PC localisé en salle AUTO1 du département DMS.

Ce poste servira à la fois :

- De poste de développement (programmation des applications sous Ecostruxure Control Expert et Ecostruxure Automation Expert) ;
- Et de poste d'exécution pour la simulation du comportement de l'automate via EcoStruxure Simulation.

Le PC pourra être utilisé localement ou à distance grâce à un accès VPN fourni par l'université, permettant ainsi le développement, les tests et la supervision hors site.

Les outils logiciels utilisés seront :

- Factory I/O (2.5.10) pour la modélisation et la simulation 3D de l'usine de tri ;
- EcoStruxure Control Expert v15 pour la mise en œuvre de la logique selon la norme IEC 61131-3 ;
- EcoStruxure Automation Expert v24 pour la programmation selon la norme IEC 61499 ;
- EcoStruxure Simulation pour émuler l'automate et établir la communication entre les logiciels.

## Communication

La liaison entre Factory I/O et l'automate simulé sera réalisée via le protocole Modbus TCP, choisi pour sa simplicité et sa compatibilité avec les outils Schneider.

La configuration retenue est la suivante :

- EcoStruxure Simulation (automate simulé) joue le rôle de serveur Modbus TCP
- Factory I/O agit en client Modbus TCP, envoyant les états des capteurs et recevant les commandes des actionneurs.

Cette communication permettra un échange temps réel des variables entre la simulation 3D et le programme automate, garantissant la cohérence entre le modèle physique virtuel et la logique de commande.

## Réseau

L'ensemble fonctionne sur le réseau local du poste, sans dépendance à une infrastructure externe.

En cas de travail à distance, la communication sera maintenue via le VPN universitaire, reproduisant le même environnement réseau pour assurer la stabilité du Modbus TCP.

## 5 Validation et tests

La phase de tests a pour objectif de vérifier le bon fonctionnement du système simulé, d'assurer la cohérence des comportements par rapport au GRAFCET initial, et de valider la flexibilité de chaque approche de programmation (IEC 61131-3 et IEC 61499).

Les essais seront menés intégralement dans l'environnement virtuel Factory I/O couplé à EcoStruxure Simulation.

### Tests unitaires

Les tests unitaires visent à valider le bon comportement individuel de chaque élément fonctionnel avant l'intégration globale du système.

Deux niveaux de vérification seront réalisés :

- Équipements virtuels : chaque capteur et actionneur sera testé indépendamment afin de confirmer la cohérence des signaux échangés via Modbus TCP (détection correcte des états, activation des sorties, synchronisation avec la scène Factory I/O).
- Fonctions logiques issues du GRAFCET : chaque étape, transition et condition d'action sera testée séparément pour vérifier le respect de la logique séquentielle et la bonne correspondance entre les étapes du modèle et leur implémentation dans chaque norme.

Ces tests permettront d'isoler plus facilement les erreurs de programmation ou les problèmes d'adressage avant l'intégration complète.

## Tests d'intégration

Une fois les modules validés individuellement, l'ensemble du programme sera exécuté en conditions réelles de simulation, sous Factory I/O.

Les essais seront effectués selon deux modes :

- Mode automatique : déroulement complet du cycle de tri (détection, aiguillage, comptage) sans intervention manuelle.
- Mode manuel : activation ou désactivation manuelle des sous-systèmes (convoyeurs, bascules, etc.) afin de vérifier le comportement du programme dans des cas particuliers (pièce bloquée, capteur inactif, arrêt en cours de cycle, etc.).

L'objectif est de s'assurer que la logique de commande reste robuste, cohérente et réactive sur toute la durée du cycle, quelle que soit la norme utilisée.

## Tests de flexibilité

Des scénarios spécifiques seront créés pour évaluer la capacité d'adaptation du système à des modifications.

Le cas étudié inclura :

- L'ajout d'un capteur supplémentaire dans la scène Factory I/O (ex. nouveau point de détection ou contrôle de position) ;

Ces tests permettront de mesurer qualitativement la facilité de modification et de réutilisation du programme selon la norme utilisée.