



School of Engineering

## Industrial Automation Base

---

Cours AutB

Author: [Cédric Lenoir](#)

## Module 10 OPC Unified Architecture (UA)

---

Keywords: [OPC UA](#)

[Vous pourriez d'abord lire la présentation du réseau industriel](#)

Ce module est une introduction à OPC UA. OPC UA sera utilisé sous forme paramétrable afin de comprendre son utilisation dans le cadre de l'automatisation, et plus généralement pour tout système qui requiert l'échange d'un grand nombre de données complexes dans un contexte sécurisé. Pour plus de détails sur les fonctions avancées de OPC UA, on se reportera au cours du 6ème semestre P&C.

## Contexte

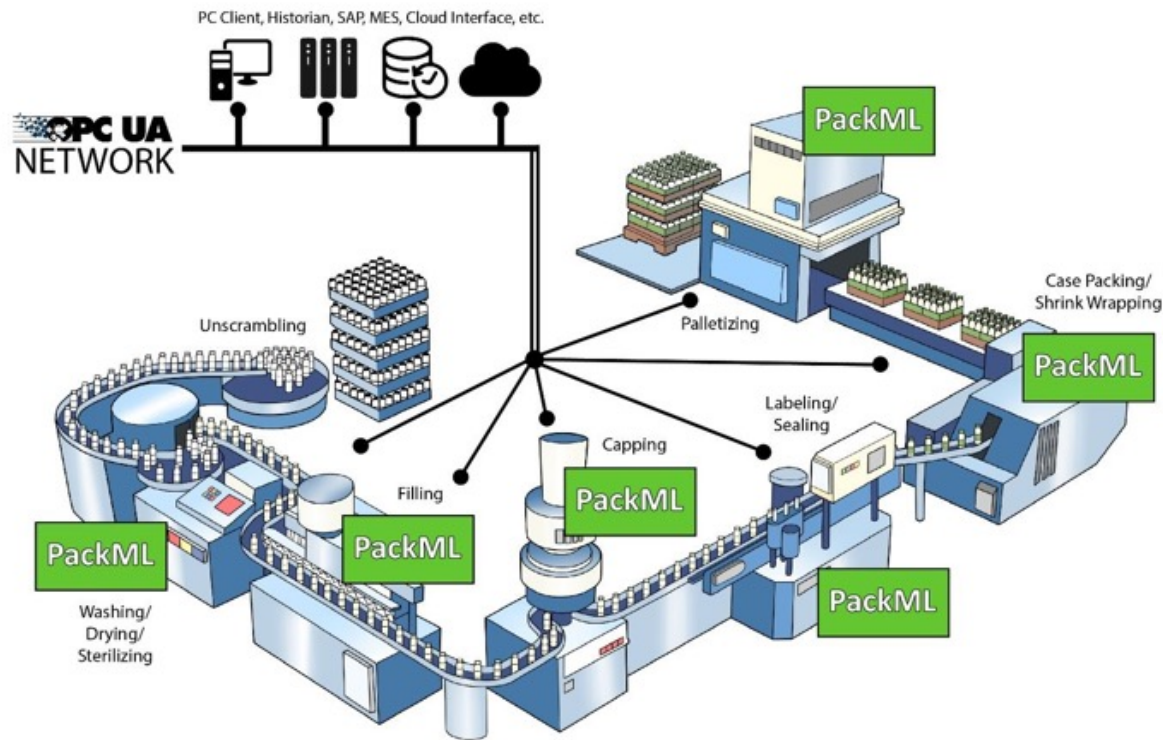
---

Nécessité de communiquer entre différentes machines.

M2M Machine To Machine

Dans l'image ci-dessous, on représente une ligne de production qui utilise PackML pour:

- La communication entre des machines de différents fabricants, qui utilisent potentiellement des automates de différents fournisseurs.
- La communication avec la gestion de la machine, [ERP](#), [MES](#), [SCADA](#).






Communication between machines. Source opcfoundation.org

## Nécessité de communiquer entre différents appareils

Chaque fabricant utilise un protocole interne qui lui est propre.

Il reste nécessaire d'avoir un bus de communication compatible TCP/IP, pour que les appareils puissent établir une communication via OPC-UA. Dans le cadre du laboratoire, le transport est assuré via un Ethernet Realtime de type Profinet.

Siemens S7	Lab PC	Laptop
		
Baumer Gateway	CtrlX Core	HMI



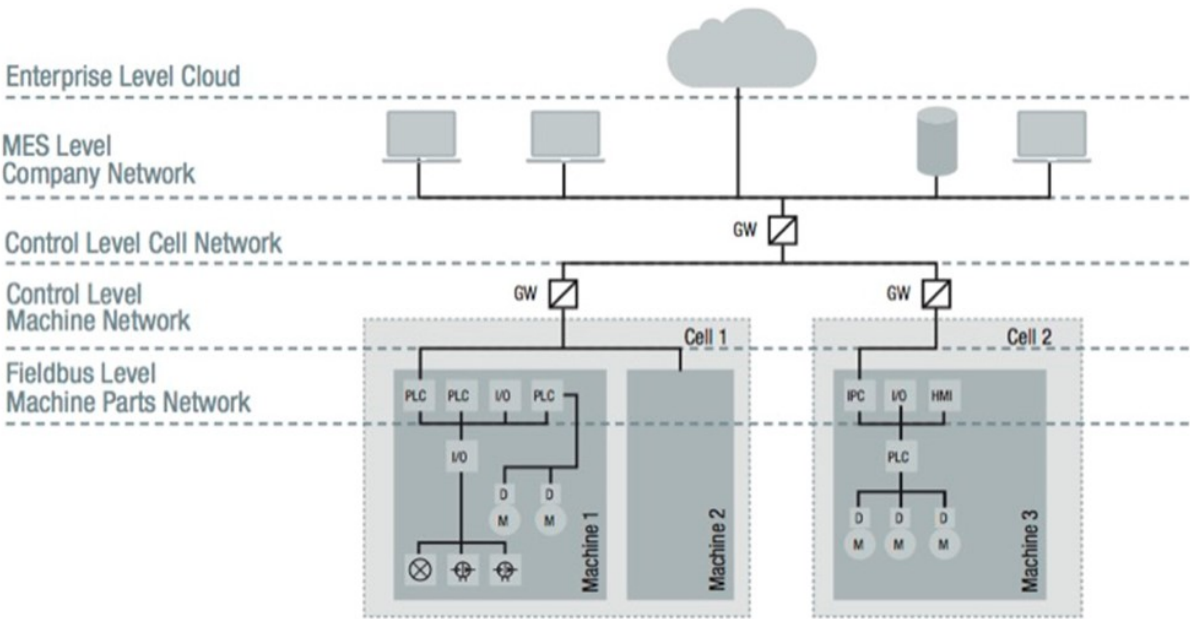
# OPC UA

## Livre de référence

OPC Unified Architecture de Mahnke, Leitner et Damm, 2009. Ce livre reste **LA** base pour toute personne qui veut ou doit se plonger dans le détail de l'implémentation OPC-UA.

Vu son importance croissante dans le domaine de l'automation, la composante **Sécurité** de l'OPC UA est intégrée comme exemple dans un chapitre spécifique lié à la Cyber Sécurité.

## Préambule



The connected factory is creating a need to provide much higher levels of security than in the past. Source [opcfoundation.org](https://opcfoundation.org)

## Historique

Il n'est pas possible de parler de l'OPC UA sans aborder en deux mots son ancêtre, renommé dans la littérature récente: OPC Classic.

### Qu'est-ce que OPC Classic?

La spécification OPC Classic d'origine est OPC DA (Data Access), qui définit une interface entre les applications client et serveur pour échanger des données de processus et de fabrication. Les autres spécifications importantes d'OPC Classic incluent OPC Alarms & Events (OPC AE) et OPC Historical Data Access (OPC HDA). Dans la pratique, c'est une technologie permettant le partage de variables sur un réseau TCP/IP entre un PLC: le serveur, et un client: le PC avec Windows.

Pour l'automaticien cela consiste à faire des click pour lier les données à l'OPC du côté de l'IDE du PLC, puis des clicks dans l'environnement de développement du client HMI implémenté sur une plateforme Windows. Y ajouter ensuite des pleurs et des grincements de dents à chaque fois que les données doivent transiter à travers un Firewall....

### Qu'est-ce que OPC UA?

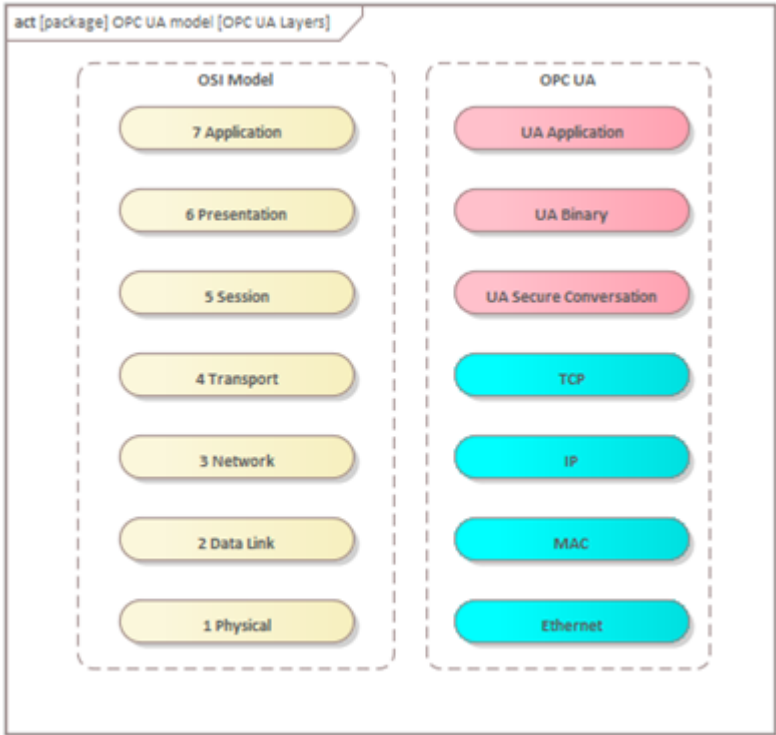
**Open Platform Communications / Unified Architecture** Le modèle **client/serveur** est le modèle de communication traditionnel dans OPC UA. Il est basé sur l'idée qu'il existe un composant serveur passif qui expose des données pour d'autres applications qui agissent en tant que clients. Les applications **Client** peuvent accéder aux données et informations du **Serveur** via des services standardisés.

**OPC UA est conçu pour utiliser l'architecture TCP/IP**, il occupe les couches 5, 6 et 7 du modèle OSI.

Sans entrer dans les détails.

- Les **couches 1 et 2** concernent le support physique. Par exemple: câbles Ethernet avec connecteur RJ45 ou Wifi.
- Les **couches 3 et 4** spécifient le protocole TCP/IP. Transmission Control Protocol transmet des paquets de données et garantit le succès de transmission de ces paquets, Internet Protocol fournit en particulier l'adresse, par exemple 192.168.0.200.
- Les **couches 5, 6 et 7** sont liés à l'établissement d'une communication qui peut être sécurisée, le codage des données sous format binaire et finalement à l'application qui est codée par l'utilisateur.

OPC-UA via TCP/IP garantit l'envoi et la réception des paquets mais ne donne aucune garantie quand à précision temporelle de transport de ces paquets.

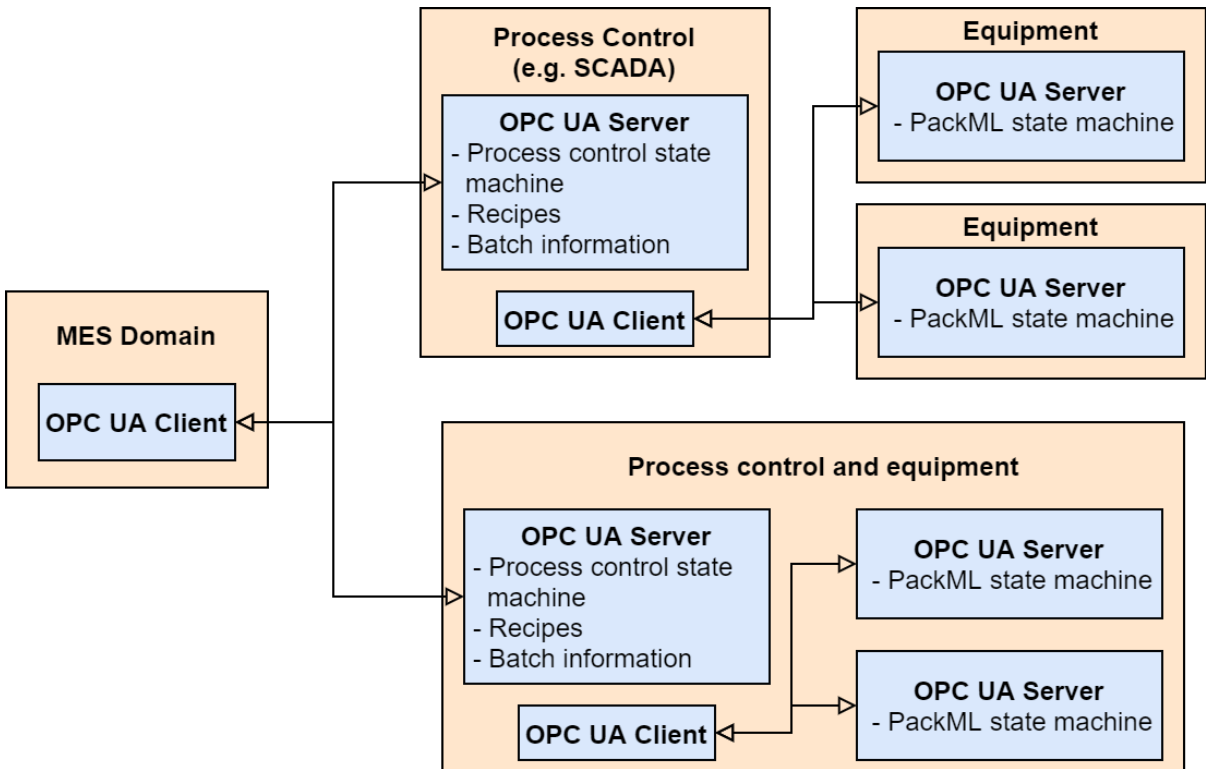


OPC UA Layers

La notion de **client/serveur** signifie dans le cas de l'OPC-UA qu'un serveur est conçu pour mettre à disposition une certaine quantité de données et qu'un client peut parcourir l'ensemble des données disponibles dans le serveur et choisir quelles sont les données qu'il voudra lire ou modifier. Un appareil peut être uniquement un serveur ou uniquement un client.

Cela signifie qu'au moment de l'établissement de la communication par la session de la couche 5, une communication sera établie entre deux points. Le client et le serveur.

Une architecture peut regrouper une multitude d'appareils qui pourront être clients ou serveurs de différents appareils.



## Multiple OPC-UA Client Server Configuration

- Protocole ouvert et **indépendant de la plate-forme** pour la communication interprocessus et réseau.
- Accès à Internet et communication via des pare-feu (Firewalls).
- Mécanismes intégrés de contrôle d'accès et de sécurité au niveau du protocole et de l'application.
- Options de mappage étendues pour les modèles orientés objet. Les objets peuvent avoir des balises (tags) et des méthodes et déclencher des événements.
- Système de type extensible pour les objets et les types de données complexes.
- Les mécanismes de transport et les règles de modélisation constituent la base d'autres normes.
- Évolutivité des petits systèmes embarqués aux applications d'entreprise et modèles complexes orientés objet.

# Architecture

---

Le terme **Unified Architecture** signifie que **OPC UA** est conçu pour couvrir l'ensemble de l'architecture d'un système d'automatisation, depuis un **ERP**, en passant par un **MES**, les systèmes **SCADA** et jusqu'au capteur. En d'autres termes, il est possible depuis une application sur le Cloud d'accéder de manière sécurisée aux informations d'un capteur.

## ERP Enterprise resource planning.

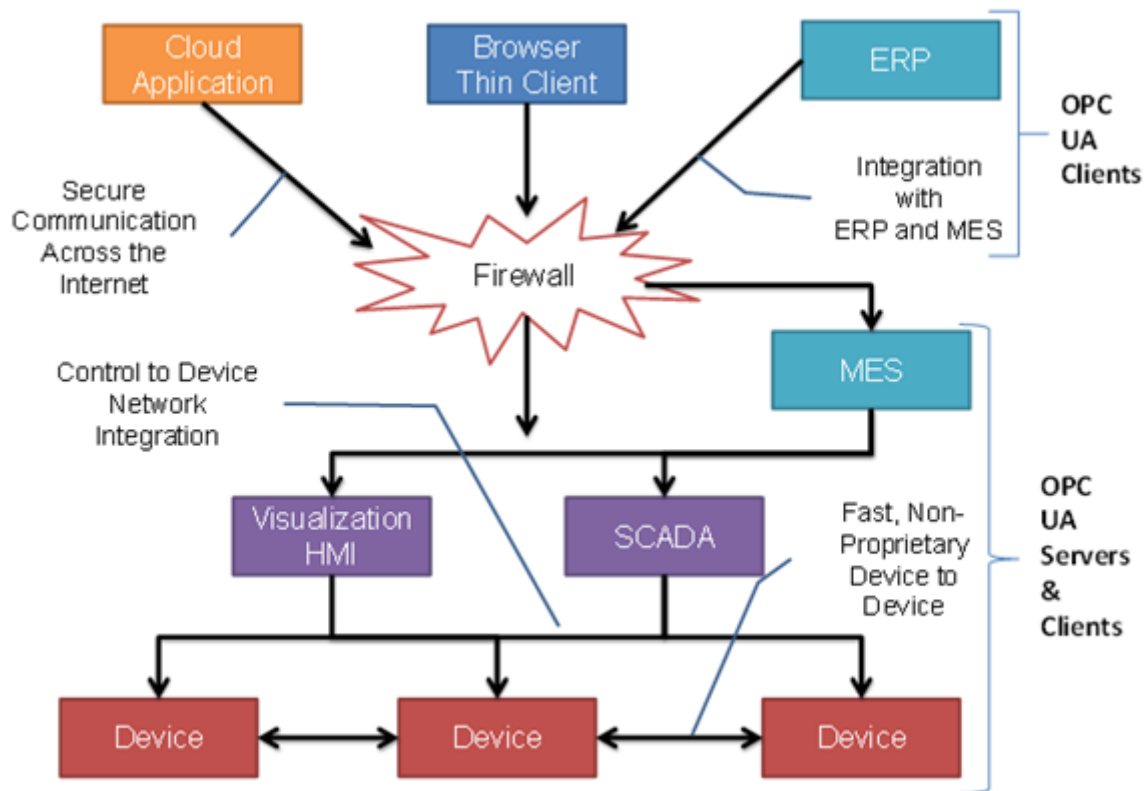
Un type de logiciel que les entreprises utilisent pour gérer leurs activités quotidiennes telles que la comptabilité, les achats, la gestion de projets, la gestion des risques et la conformité, ainsi que les opérations de supply chain, une chaîne qui relie le fournisseur du fournisseur au client.

## MES Manufacturing Execution System

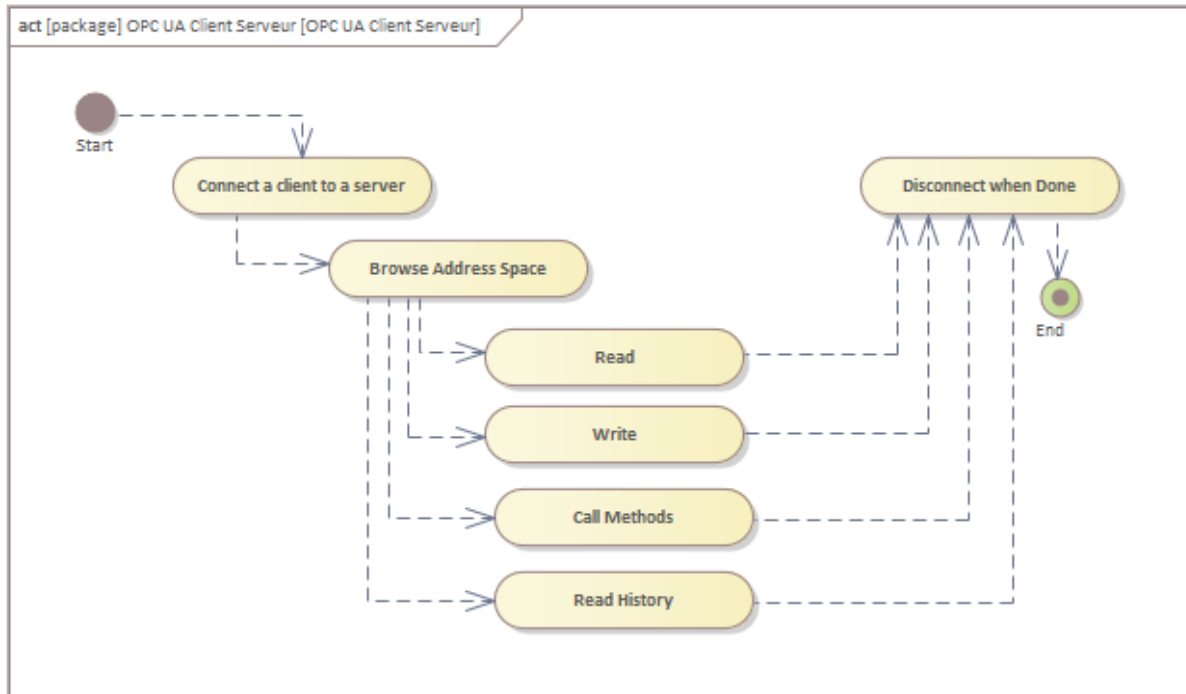
Un système informatique qui connecte, surveille et contrôle des systèmes de fabrication et flux de données complexes au niveau des ateliers

## SCADA Supervisory Control and Data Acquisition

Système de supervision industrielle qui traite en temps réel un grand nombre de mesures et contrôle à distance les installations)



The Scope of OPC UA within an enterprise, Source [reference.opcfoundation.org](http://reference.opcfoundation.org) Fonctionnement de base Client Serveur



OPC UA Client Serveur

La première chose que le client doit faire est d'ouvrir une connexion au serveur.

- Il a besoin d'une adresse de connexion, en général IP.
- Il créera alors une session sur le serveur.

- La session contient un contexte de sécurité, qui comprend des paramètres de chiffrement et d'authentification facultatifs pour identifier - l'application client et l'utilisateur dans le serveur.
- Le Client peut également identifier le Serveur et décider s'il autorise la communication avec lui.

L'application client peut requérir quelques services standard du serveur. Ils sont :

- Se connecter et créer une session.
- Parcourir l'espace d'adresse - pour découvrir ce qui est disponible sur le serveur
- Lire - des variables ou métadonnées
- Ecrire - des variables ou des métadonnées
- Appeler des méthodes
- Lire l'historique - pour des variables et des événements
- Fermer la session et se déconnecter

## Metadata

- Les métadonnées sont des données qui décrivent d'autres données, des **types**, fournissant une référence structurée qui aide à trier et à identifier les attributs de l'information qu'elle décrit.
- C'est l'un des points forts de la norme OPC-UA, la capacité à obtenir une information complète et déterminée.
- Certains protocoles rudimentaires tels Modbus se contentent de livrer un certain nombre de bytes à une adresse donnée, dans le meilleur des cas, si l'on connaît à l'avance l'adresse hexadécimale d'une information, on pourra lire un certain nombre de bytes sans aucune garantie que le nombre de bytes et leur format n'aient pas varié du côté du client au moment de la lecture.
- Grâce à l'intégration de la gestion des metadata dans la norme OPC UA, on pourra lire le format des données au moment de l'établissement de la session, (voir même recevoir une notification en cas de modification).
- Obtenir le type de données (INT, REAL, WORD, etc.) ainsi que des données structurées (STRUCT)
- Obtenir si elle est disponible l'**unité de l'information**, sa **tolérance**, sa **date**, son **historique** ainsi que pratiquement tout ce que le gestionnaire aura décidé de fournir.

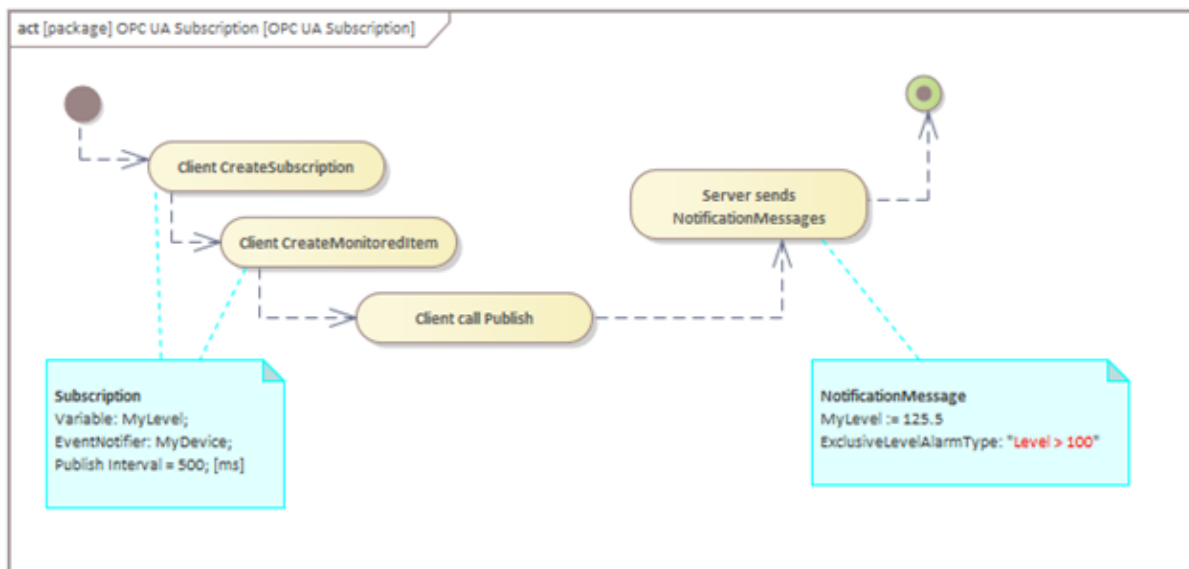
## OPC UA Subscription Concept

Contrairement à la lecture permanente d'informations (Read), OPC UA offre une fonctionnalité plus élégante, appelée abonnement, Subscription. Un client UA peut s'abonner à une sélection de nœuds d'intérêt et laisser le serveur surveiller ces éléments. Uniquement en cas de modifications, par ex. à leurs valeurs, le serveur informe le client de ces changements. Ce mécanisme réduit considérablement la quantité de données transférées. Outre la réduction de la bande passante, ce mécanisme présente d'autres avantages et est le mécanisme recommandé pour "lire" les informations d'un serveur UA.



Un client peut s'abonner à différents types d'informations fournies par un serveur OPC UA. L'objet d'un Abonnement est de regrouper ces sources d'informations, appelées *MonitoredItem*, pour former une information appelée *Notification*. Il est par exemple possible de regrouper les éléments en fonction de l'intervalle de temps que le serveur utilisera pour surveiller les valeurs des différents abonnements, *Subscriptions*.

Une fois l'abonnement créé, le client envoie l'information *Publish* sur le serveur et le serveur répondra périodiquement si il y a lieu avec *NotificationMessages*. Le *NotificationMessage* peut contenir des *DataChanges* et des *Events*, respectivement au type des *MonitoredItems*.

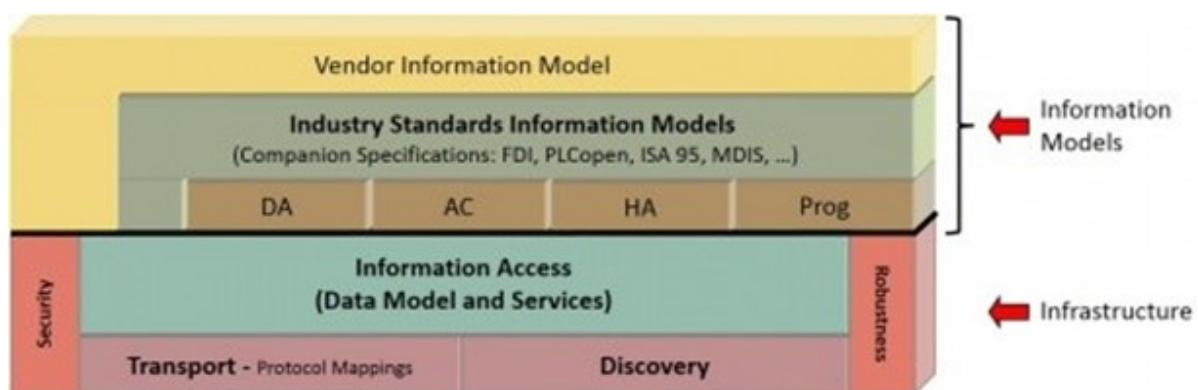


OPC UA Subscription

## Les composants de OPC UA

- OPC UA est un monstre, cependant, la plupart des implémentations n'intègrent qu'une partie de l'ensemble de l'OPC UA.
- La plupart des outils pour OPC UA servent à encapsuler la complexité pour présenter à l'utilisateur final des données de manière simple. [Exemple: OPC UA Monitor de Prosys](#).

Les composants fondamentaux de l'architecture unifiée OPC sont les mécanismes de transport et la modélisation des données selon OPC Unified Architecture de Mahnke, Leitner et Damm.



Infrastructure OPC UA, Source: <https://opcfoundation.org>

## Transport

Le transport définit différents mécanismes optimisés pour différents cas d'utilisation. La première version d'OPC UA définit un protocole TCP binaire optimisé pour la communication intranet haute performance ainsi qu'un mappage aux normes Internet acceptées telles que les services Web, XML et HTTP pour une communication Internet compatible avec le pare-feu. Les deux transports utilisent le même modèle de sécurité basé sur les messages connu des services Web et le modèle de communication abstrait ne dépend pas des mécanismes de transport.

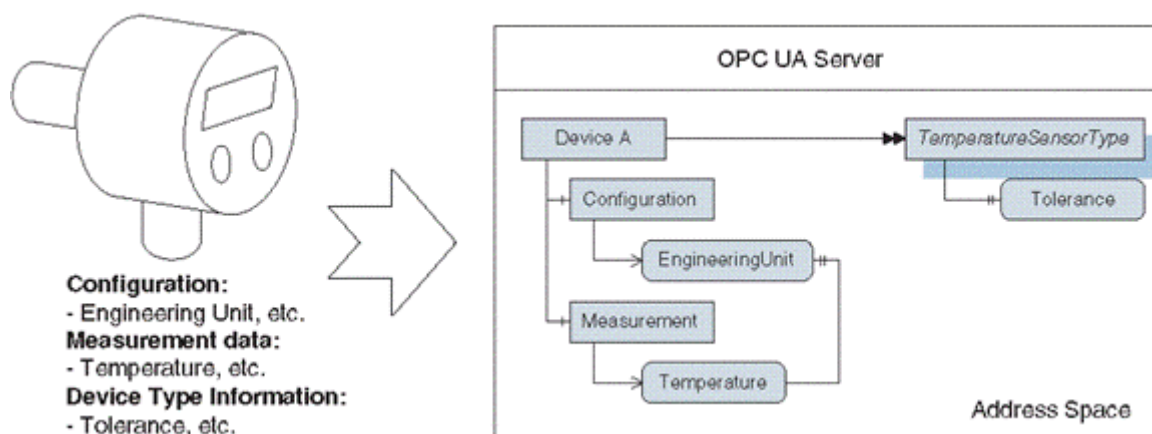
OPC UA définit différents protocoles, mais surtout il intègre des mécanismes de sécurité ainsi que des mécanismes compatibles avec les pare-feu, Firewall.

## Modélisation, orienté objet

La modélisation des données définit les règles et les blocs de construction de base nécessaires pour exposer un modèle d'information avec OPC UA. Il définit également les points d'entrée dans l'espace d'adressage et les types de base utilisés pour construire une hiérarchie de types. Cette base peut être étendue par des modèles d'information s'appuyant sur les concepts de modélisation abstraite. En outre, il définit certains concepts améliorés tels que la description des machines à états utilisées dans différents modèles d'information. Les services UA sont l'interface entre les serveurs en tant que fournisseur d'un modèle d'information et les clients en tant que consommateurs de ce modèle d'information. Les Services sont définis de manière abstraite. Ils utilisent les mécanismes de transport pour échanger les données entre le client et le serveur. Ce concept de base d'OPC UA permet à un client OPC UA d'accéder aux plus petits éléments de données sans avoir besoin de comprendre l'ensemble du modèle exposé par des systèmes complexes. Les clients OPC UA comprenant également des modèles spécifiques peuvent utiliser des fonctionnalités plus avancées définies pour des domaines et des cas d'utilisation spéciaux. La figure 2 montre les différentes couches de modèles d'information définis par OPC, par d'autres organisations ou par des fournisseurs.

## Discovery mechanism

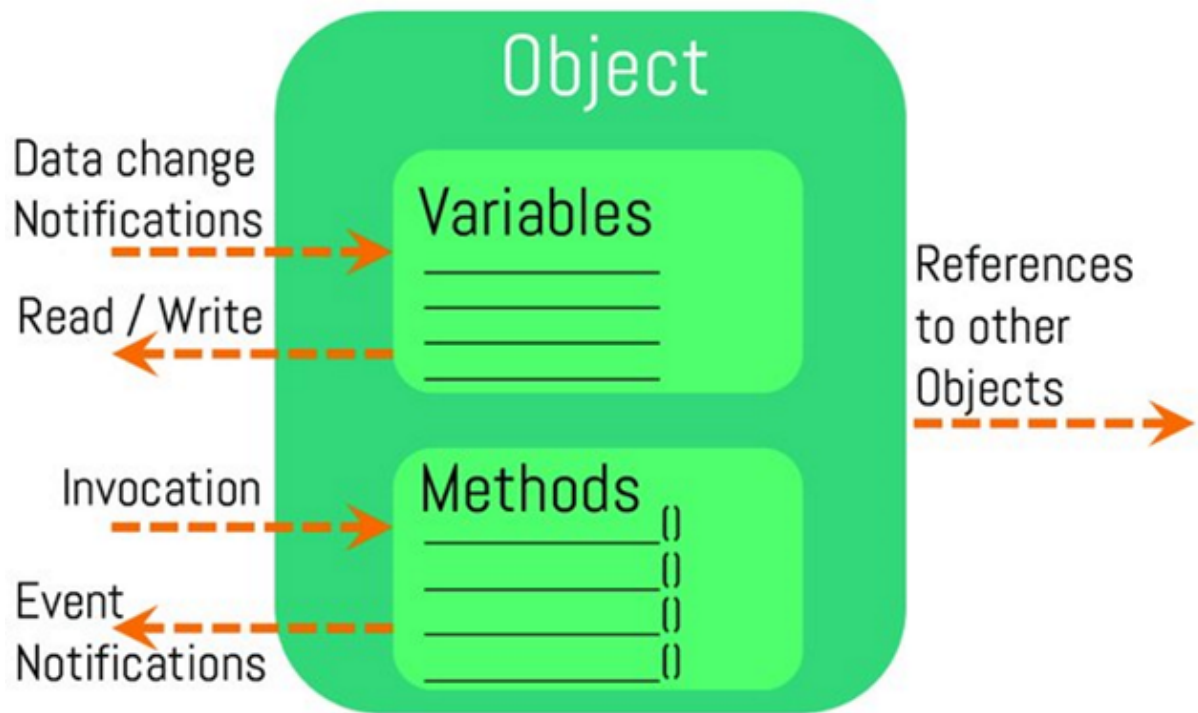
L'un des aspects particulier et fondateur de l'OPC UA est sa fonction découverte. Cela signifie que l'architecture intègre non seulement l'aspect d'accès aux données, mais aussi l'accès à la modélisation des données, Metadata. Sans connaître à l'avance la structure d'un capteur il sera possible de découvrir l'organisation des données à l'intérieur de ce capteur, de lire ou écrire certains paramètres, mais encore d'invoquer des méthodes. On pourrait dire qu'il est non seulement possible d'accéder à un objet, mais aussi de découvrir sa classe.



OPC UA, Object Oriented, Source OPC Unified Architecture de Mahnke, Leitner et Damm

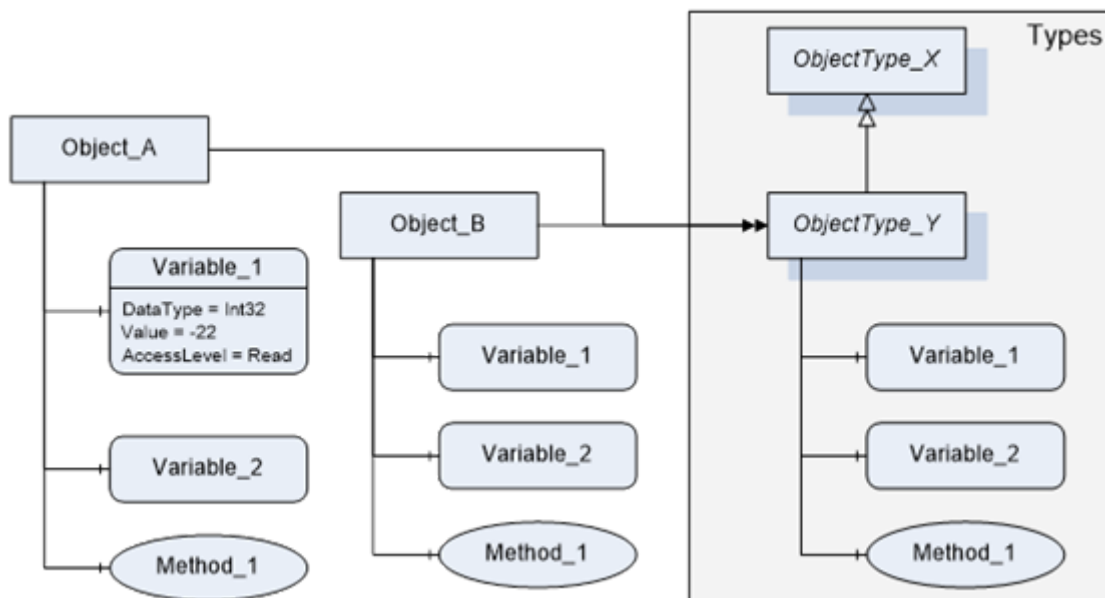
## Orienté Objet

Cela signifie que pour un client, il sera possible, par exemple, de se connecter à différents appareils héritant du même « parents » pour connaître par exemple leur nom, sans se soucier de leur model complet.

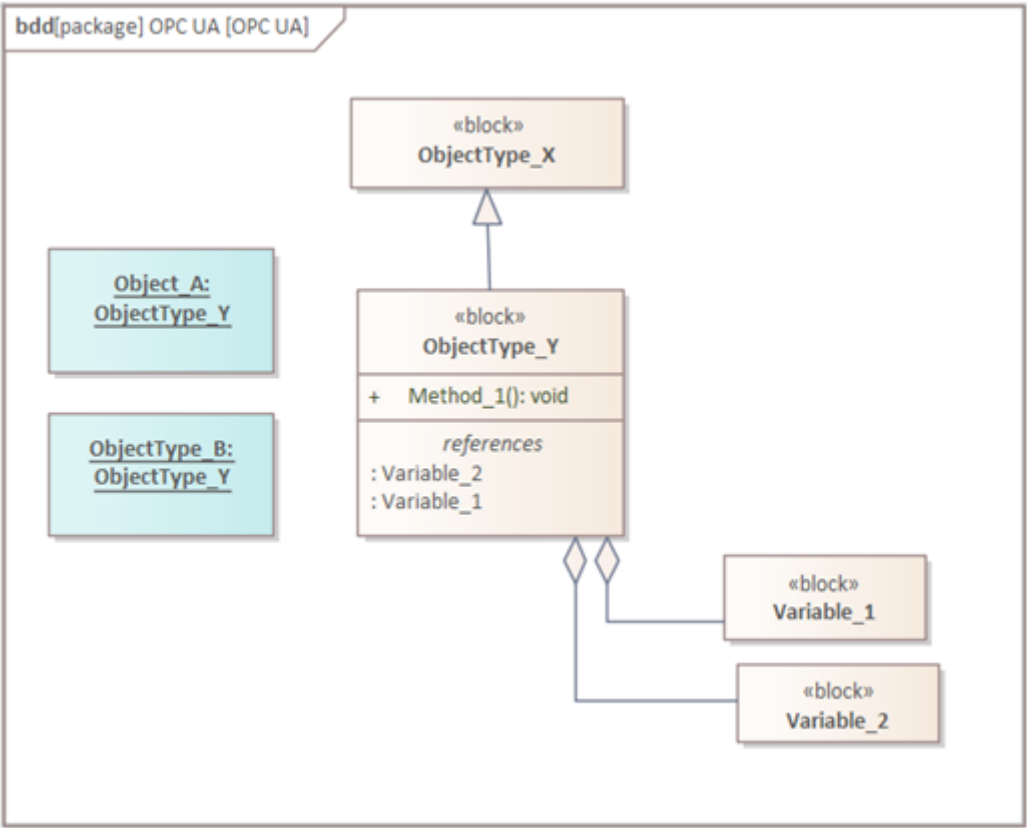


Object Model OPC UA, Source <https://opcfoundation.org>

Malheureusement pour la compréhension de la spécification, la définition OPC UA n'utilise pas l'UML, mais sa propre notation.



Objet and Instance in OPC UA style, Source [reference.opcfoundation.org](https://reference.opcfoundation.org)



Object and Instance in OPC UA style converted to SysML / UML

## OPC UA, Functional Specification

OPC UA est normalisé selon **IEC 62541**. La spécification de l’OPC UA est un monstre qui en 2020 compte déjà plus de 15 parties dont certaines comportent plusieurs centaines de pages. Ceci sans compter les normes qui y sont relatives.

Toutefois, cet aspect **monstrueux** si l’on aborde l’OPC UA sous l’angle technique de celui qui doit l’implémenter, ne doit pas effrayer l’utilisateur final qu’est l’automaticien. Ce cours n’est pas destiné à implémenter OPC UA, mais à en comprendre l’intérêt.

OPC UA / IEC 62541	Year	Part	Name
IEC TR 62541-1:	2020	OPC unified architecture - Part 1:	Overview and concepts
IEC TR 62541-2:	2020	OPC unified architecture - Part 2:	Security Model
IEC 62541-3:	2020	OPC Unified Architecture - Part 3:	Address Space Model
IEC 62541-4:	2020	OPC Unified Architecture - Part 4:	Services
IEC 62541-5:	2020	OPC Unified Architecture - Part 5:	Information Model
IEC 62541-6:	2020	OPC Unified Architecture - Part 6:	Mappings
IEC 62541-7:	2020	OPC unified architecture - Part 7:	Profiles
IEC 62541-8:	2020	OPC Unified Architecture - Part 8:	Data Access
IEC 62541-9:	2020	OPC Unified Architecture - Part 9:	Alarms and Conditions
IEC 62541-10:	2020	OPC Unified Architecture - Part 10:	Programs

OPC UA / IEC 62541	Year	Part	Name
IEC 62541-11:	2020	OPC Unified Architecture - Part 11:	Historical Access
IEC 62541-12:	2020	OPC Unified Architecture - Part 12:	Discovery and global services
IEC 62541-13:	2020	OPC Unified Architecture - Part 13:	Aggregates
IEC 62541-14:	2020	OPC Unified Architecture - Part 14:	PubSub
IEC 62541-100:	2015	OPC Unified Architecture - Part 100:	Device Interface

A noter IEC 62451-13:2020 Norm number-Part:Year. Au moment de l’écriture de ce cours, la plupart des parties sont en **Pre-Release** c’est-à-dire en cours d’approbation finale.

## OT Security

Une des particularitéa de l'OPC-UA est d'inclure dans sa spécification de base les notions de sécurité, IEC TR 62541-2:2020. OPC unified architecture - Part 2, Security Model.

- OPC UA fournit un niveau de sécurité par nom d'utilisateur et mot de passe.
  - OPC UA fournit un niveau de sécurité par échange de certificats.
  - OPC UA fournit un service de cryptage de données.
- Si on compare par exemple OPC UA avec un protocole de type MODBUS-TCP, aucun des trois niveaux de sécurité mentionné ci-dessus n'est spécifié par Modbus, ce qui signifie que n'importe qui pourra accéder aux données d'un appareil équipé d'un serveur Modbus.

Des travaux sont en cours pour sécuriser le protocole Modbus.

## Ethernet APL, Advanced Physical Layer

Actuellement ils reste difficile de déployer OPC-UA dans certains secteuts industriels, principalement en raison de sa dépendance à un réseaux Ethernet, couches 1 et 2. C'est une des raisons d'être de la nouvelle technologie Ethernet-APL. [Voir Industrial Network](#).

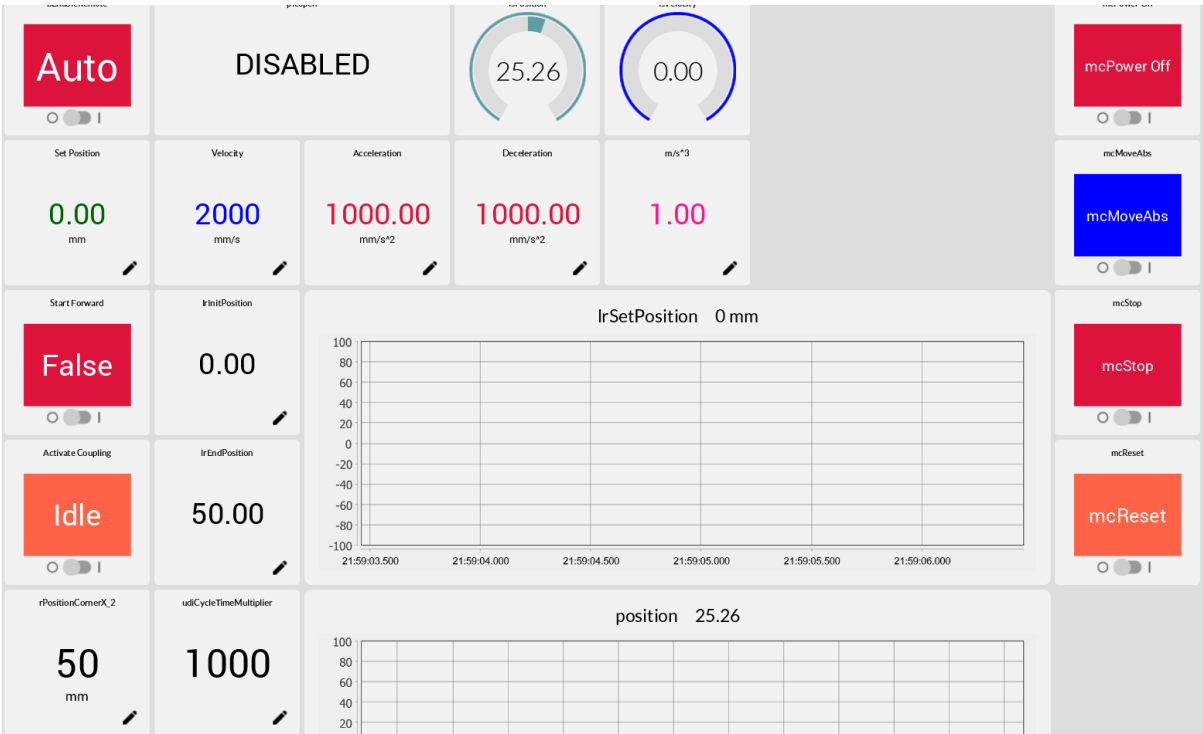


Ethernet-APL

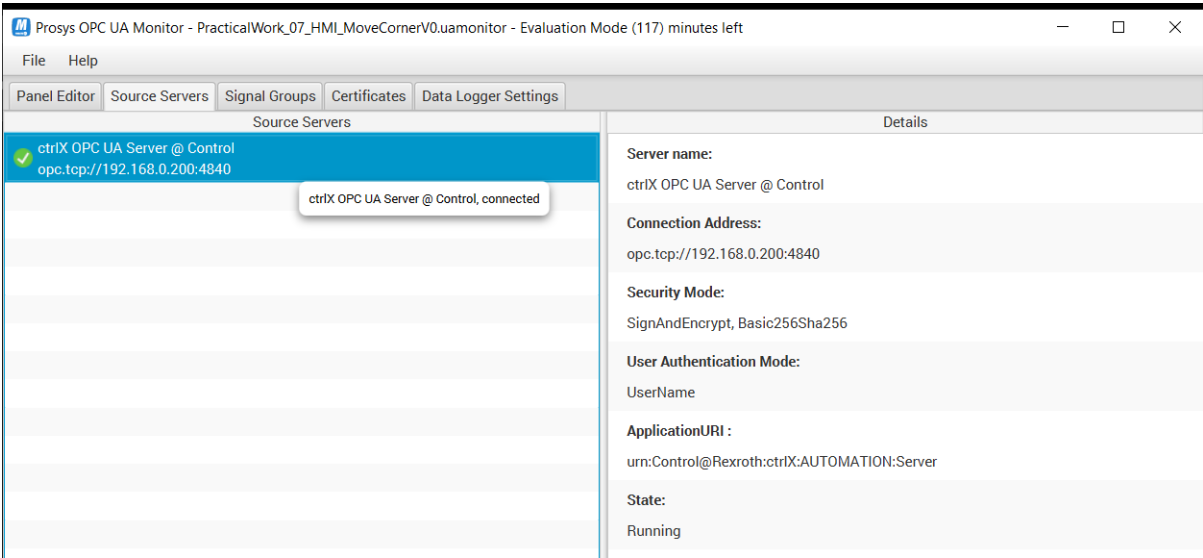
## Dans le laboratoire HEVS

- Nous utilisons une communication machine to machine entre Siemens S7 et CtrlX Core.
- Nous pouvons accéder aux données des cateurs IO-Link via un Gateway Baumer.
- Nous utiisons un outil Prosys en guise de HMI **No Code** pour communiquer avec le CtrlX Core.

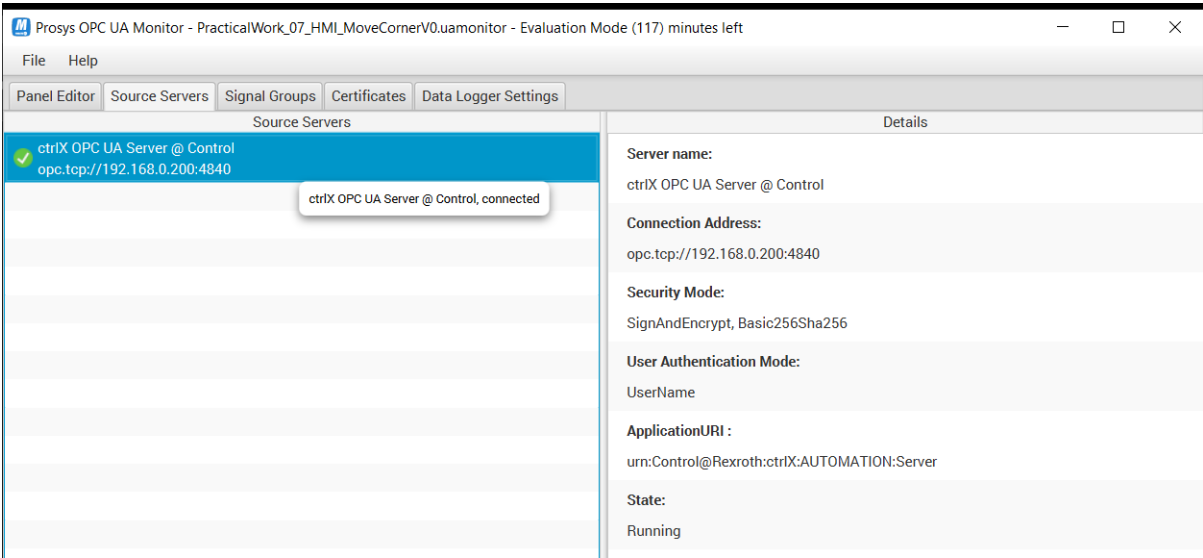
Examples from the lab



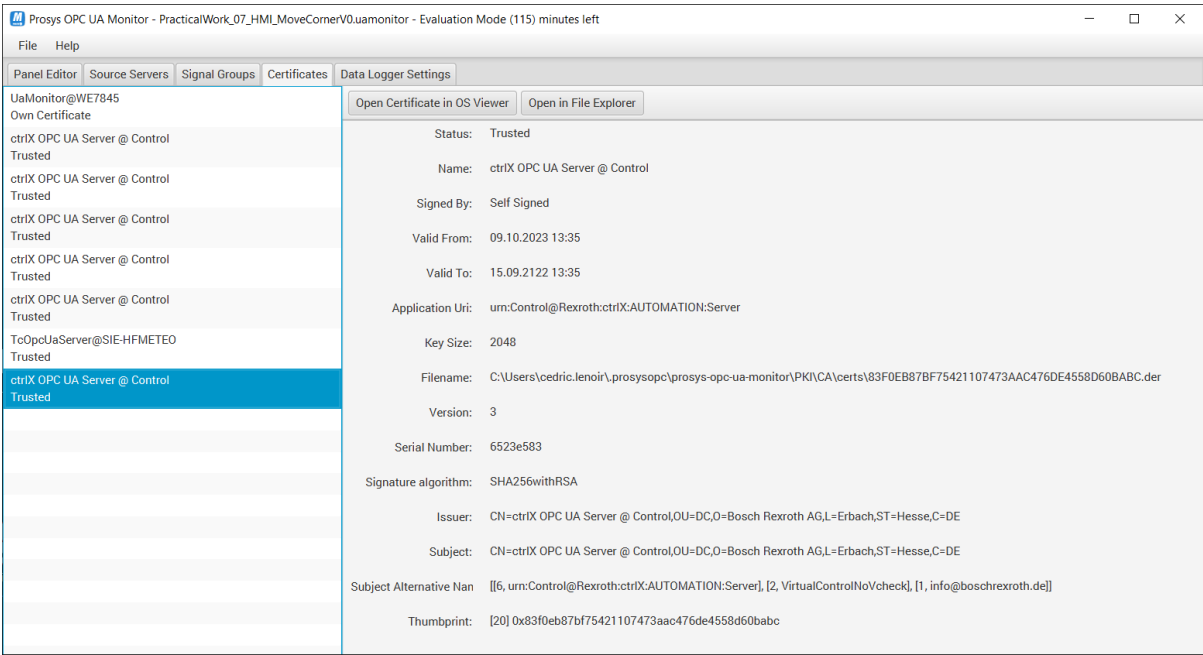
Display values and set parameters for a trajectory



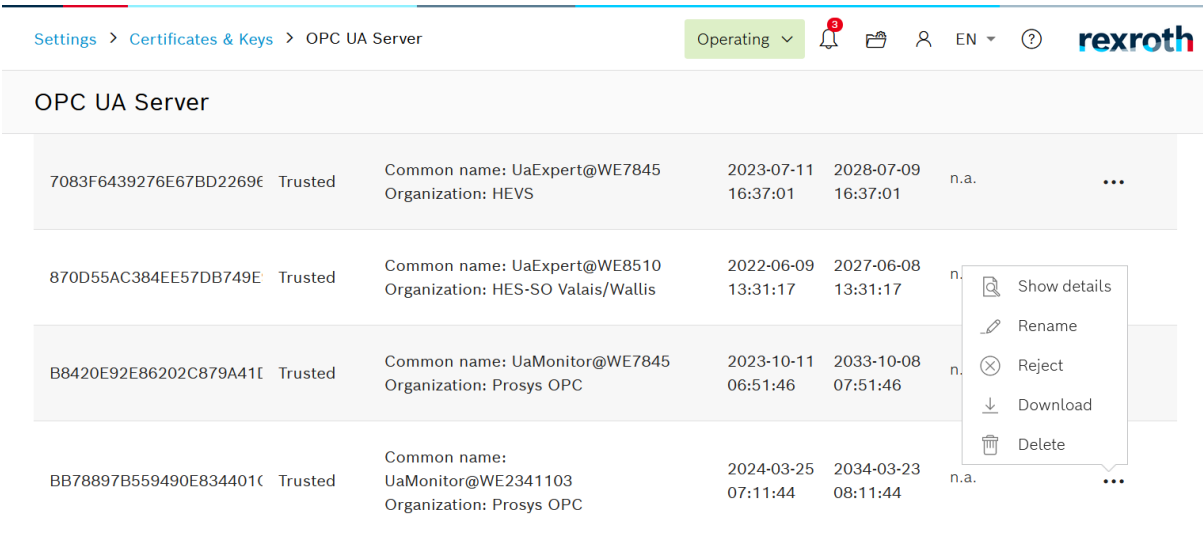
Connection between Prosys Client and CtrlX Server



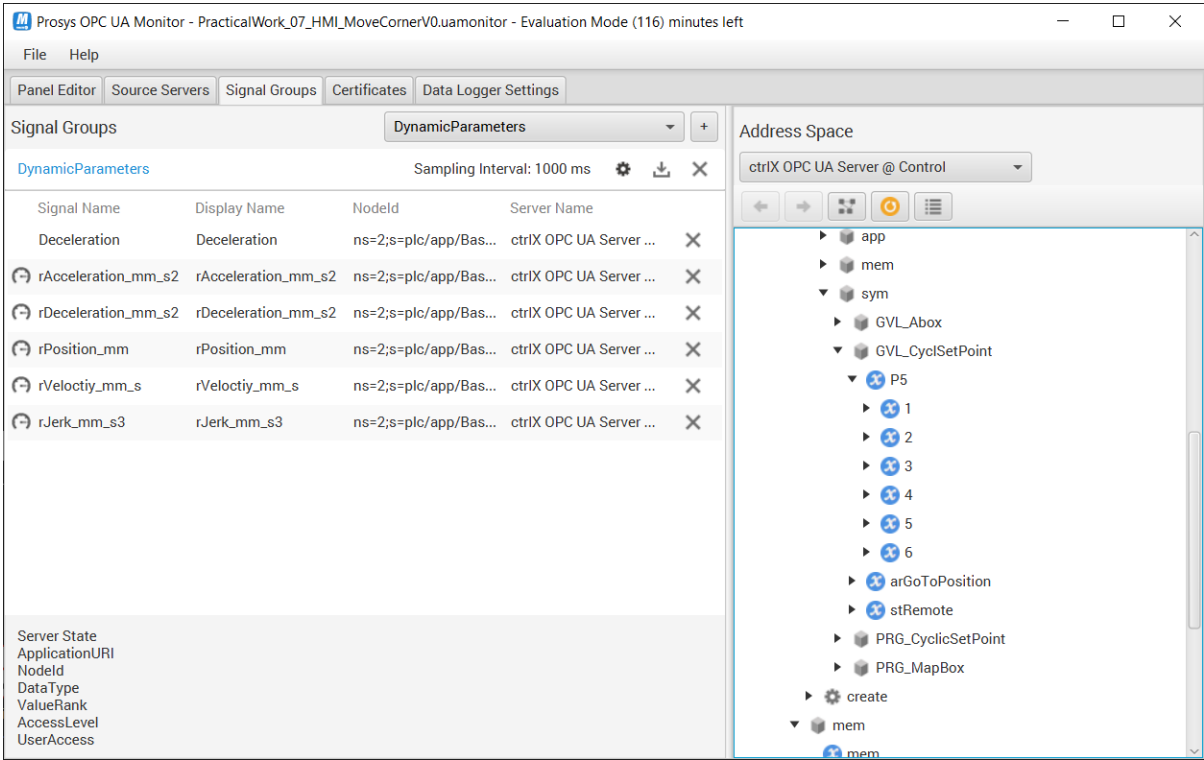
Connection between Prosys Client and CtrlX Server



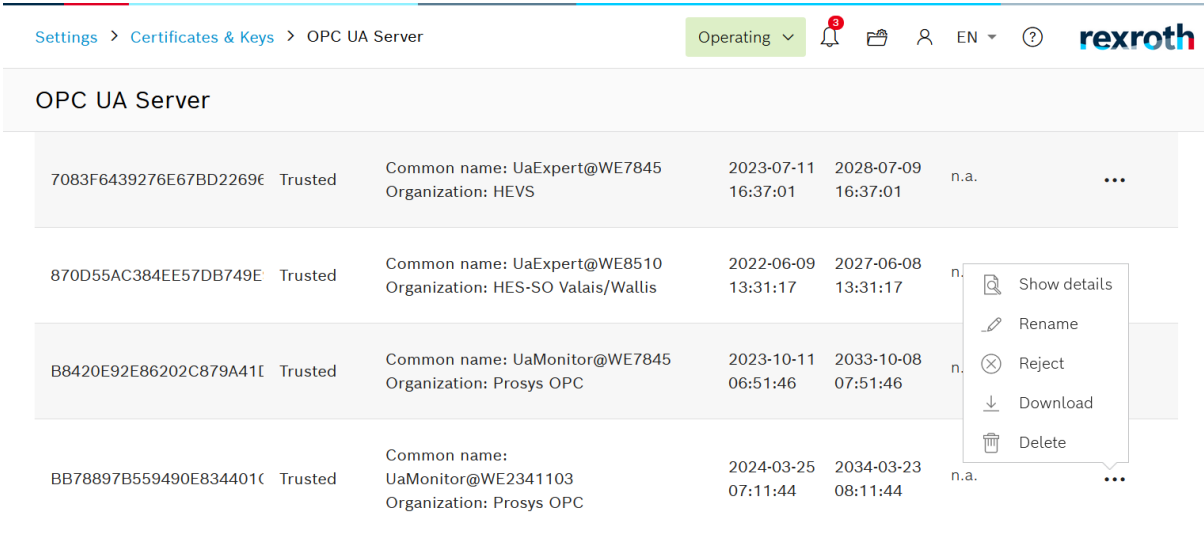
Certificate on client side



Certificate on server side

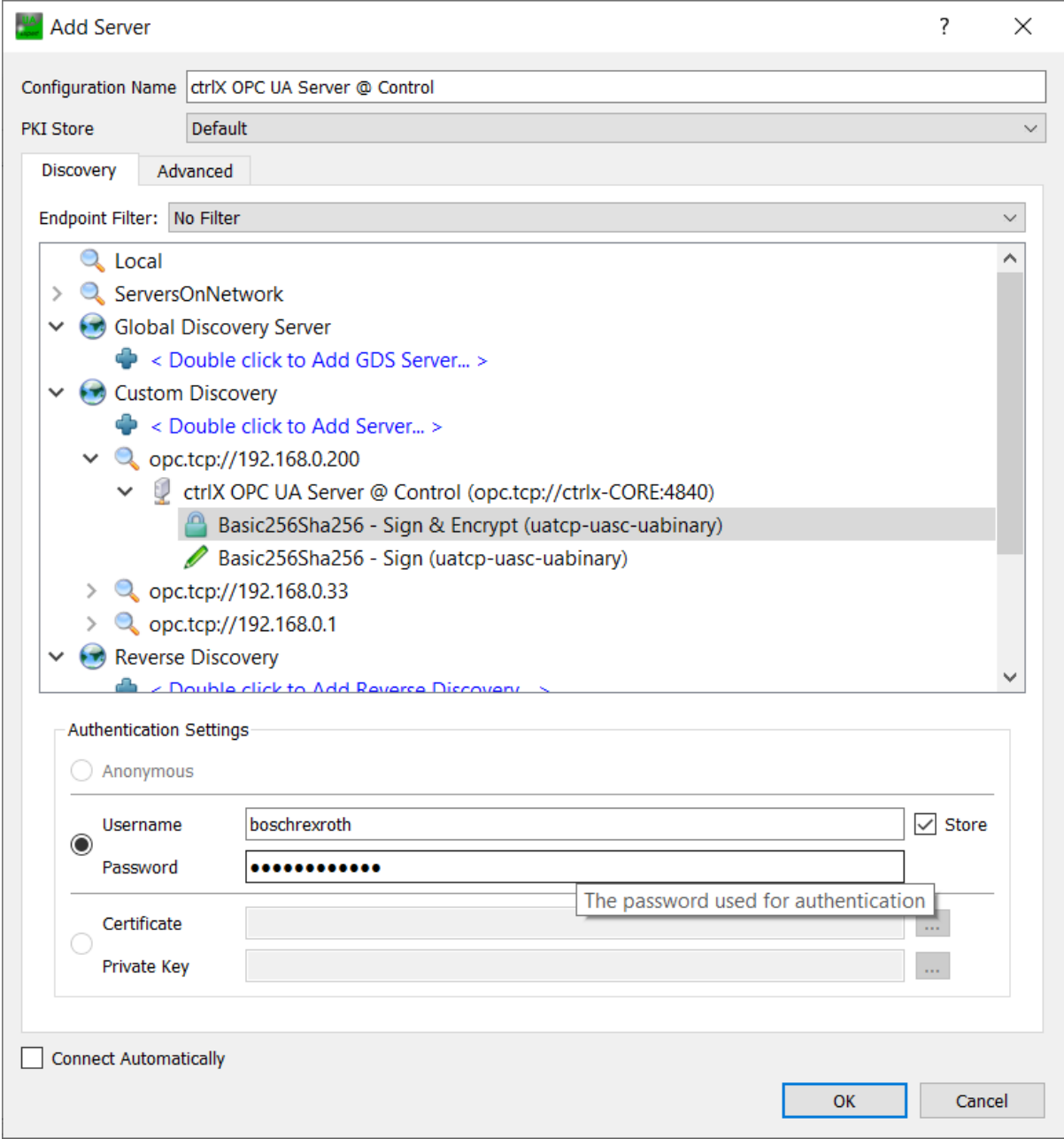


Signal selection on client side

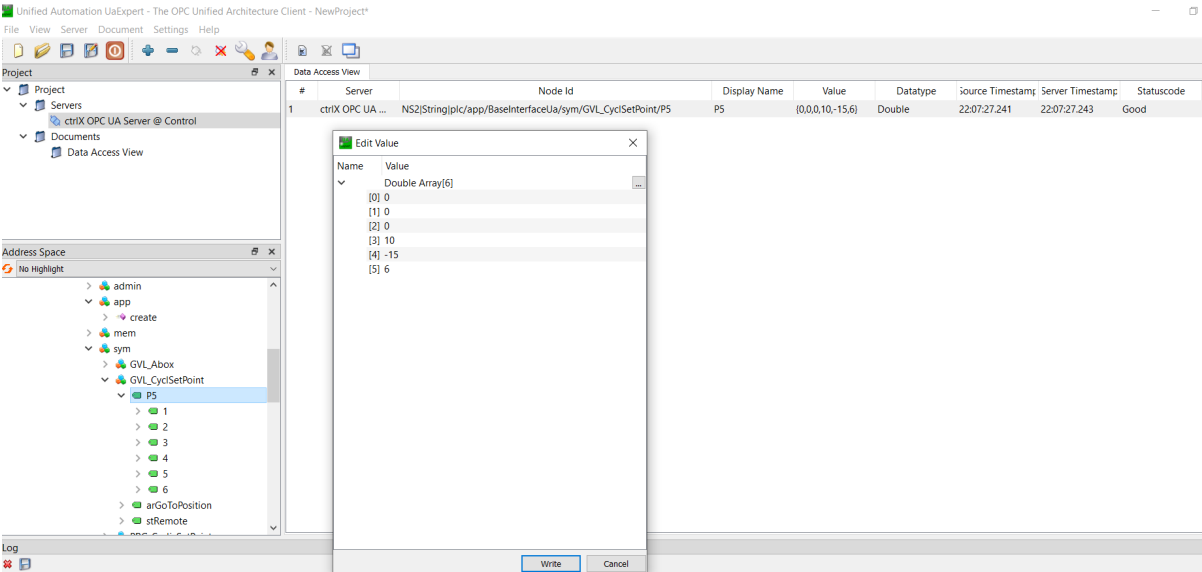


Signal selection on server side





Connect to CtrlX with UA Expert



Connect to CtrlX with UA Expert to set Polynomial