

Les Réseaux Industriels de Communication

DeviceNet®

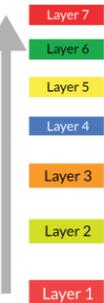
PROFI
BUS

Modbus

ControlNet®

PROFI
INDUSTRIAL ETHERNET
NET

Server Side



Client Side



Objectifs

- Comprendre le modèle OSI
- Identifier les réseaux Modbus
- Identifier les réseaux Ethernet
- Identifier les réseaux Profibus
- Identifier l'interface AS-i
- Identifier le IO-Link
- Identifier le réseau DeviceNet
- Identifier le réseau ControlNet

Prérequis:

- Auto1, Auto2
- CMSE2 et CMSE3

public cible:

- 3^{ème} année Génie industriel et maintenance

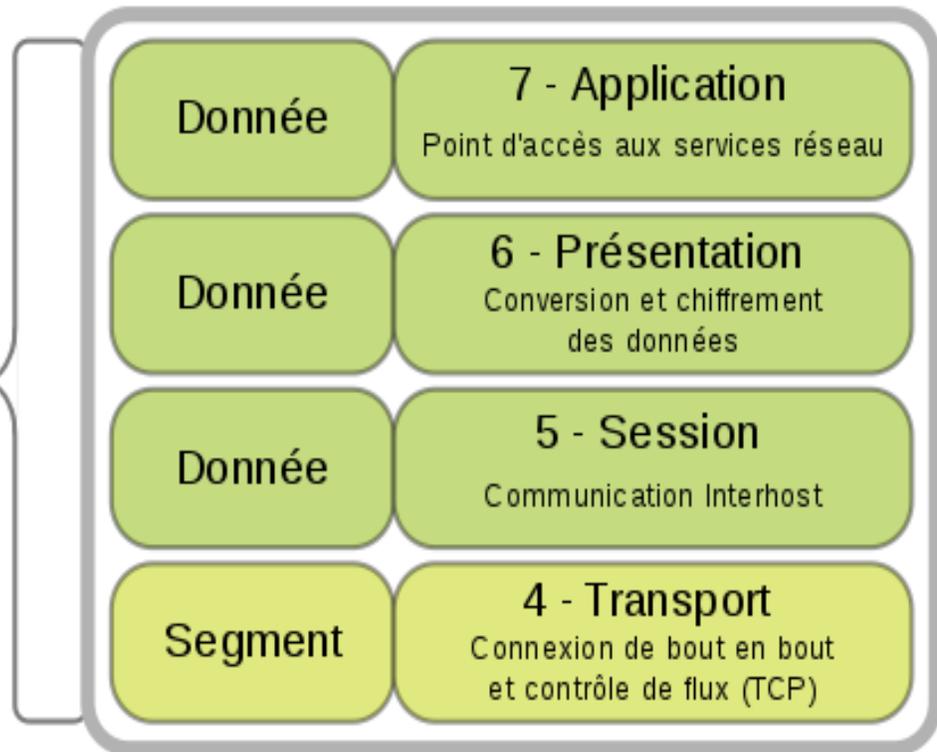
Le modèle OSI

- **Un protocole de communication** est une spécification de plusieurs règles pour un type de communication particulier.
- Le modèle OSI (**Open System Interconnexion**) a été créé par l'ISO (Organisation internationale de normalisation) qui a édité la norme ISO 7498 dans le but d'offrir une base commune à la description de tout réseau informatique.
- Dans ce modèle, l'ensemble des protocoles d'un réseau est décomposé en 7 parties appelées couches OSI, numérotées de 1 à 7. Les couches OSI respectent les principes suivants :
 - chaque couche supporte un protocole indépendamment des autres couches,
 - chaque couche procure des services à la couche immédiatement supérieure,
 - chaque couche requiert les services de la couche immédiatement inférieure,
 - la couche 1 décrit le médium (le support de communication),
 - la couche 7 procure des services à l'utilisateur ou à une application.

unité de données

couches

Couches hautes



C'est cette couche qui est le point d'accès aux services réseau pour l'utilisateur. Elle n'a pas de service propre à elle. C'est sur la couche d'application que sont représenté les données pour l'utilisateur. Le proxy est ce qui caractérise le mieux la septième couche du modèle OSI.

La couche numéro six est chargé du codage des données applicatives. Cette couche converti les données applicatives manipulées par les programmes en chaînes d'octets.

La couche cinq gère la synchronisation des communications et la gestion des transactions. Elle permet l'ouverture et la fermeture de session. Elle utilise des services de communication point à point. Elle fait le lien entre les adresses logiques et les adresses physique ainsi qu'entre deux programmes d'application qui doivent s'entendre. Il faut donc deux interlocuteurs.

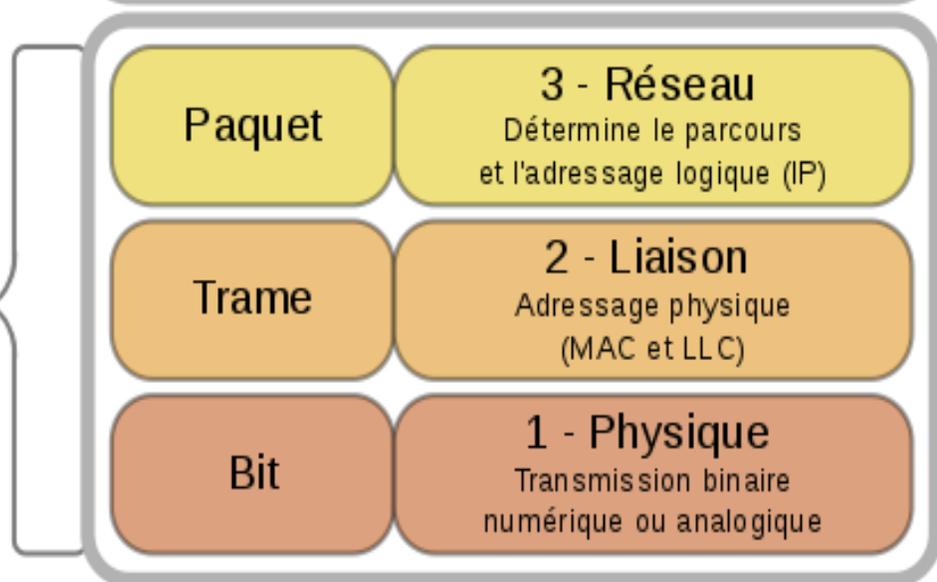
Les protocoles de la couche de transport peuvent résoudre des problèmes comme la fiabilité des échanges (« Les données sont-elles arrivées à destination ? »), l'adaptation automatique à la capacité des réseaux utilisés, et le contrôle de flux. Il assure également que les données arrivent dans l'ordre correct. Dans la suite de protocoles TCP/IP, les protocoles de transport déterminent aussi à quelle application chaque paquet de données doit être délivré.

Dans sa définition d'origine, la couche de réseau résout le problème de l'acheminement de paquets à travers un seul réseau. Avec l'avènement de la notion d'interconnexion de réseaux, des fonctions additionnelles ont été ajoutées à cette couche, et plus spécialement l'acheminement de données depuis un réseau source vers un réseau destinataire. Ceci implique généralement le routage des paquets à travers un réseau de réseaux, connu sous le nom d'Internet.

La couche de liaison de données spécifie le contrôle d'accès au media et comment les paquets sont transportés sur la couche physique, et en particulier le tramage (les séquences de bits particulières qui marquent le début et la fin des paquets). Les en-têtes des trames Ethernet, par exemple, contiennent des champs qui indiquent à quelle machine du réseau un paquet est destiné.

La couche physique décrit les caractéristiques physiques de la communication, comme les conventions à propos de la nature du médium utilisé pour les communications (les câbles, les liens par fibre optique ou par radio), et tous les détails associés comme les connecteurs, les types de codage ou de modulation, le niveau des signaux, les longueurs d'ondes, la synchronisation et les distances maximales.

Couches matérielles



❑ Le modèle OSI et ses applications

N°	Couche ISO	Fonction de la couche	Exemples
7	Application	Elle est l'interface avec l'utilisateur, et fait parvenir les requêtes à la couche de présentation.	HTTP, SMTP, POP3, FTP, Modbus
6	Présentation	Elle définit la manière dont les données vont être représentées. Elle converti les données pour assurer leur interprétation par tous les systèmes.	HTML, XML
5	Session	Elle assure les communications et les liaisons correctes entre les systèmes. Elle définit l'ouverture des sessions sur les équipements du réseau.	ISO8327, RPC, Netbios
4	Transport	Elle permet d'établir une communication de bout en bout. Elle gère la segmentation et le ré-assemblage des données, le contrôle du flux ainsi que la détection d'erreur et la reprise sur erreur.	TCP, UDP, RTP, SPX, ATP
3	Réseau	Elle s'occupe de l'acheminement de paquets (datagrammes) à travers le réseau.	IP, ICMP, IPX, WDS
2	Liaison	Elle permet d'établir, à partir du support physique, une liaison exempte d'erreurs.	ARCnet , PPP, Ethernet, Token ring
1	Physique	Elle définit les protocoles d'échange de bits et les aspects électriques, mécaniques et fonctionnels de l'accès au réseau.	CSMA, RS-232, 10Base-T, ADSL

□ La trame (frame)

La trame est l'ensemble des informations transmises en un seul bloc via un réseau. Elle est également appelé **paquet**. Chaque trame respecte la même organisation de base et contient des informations de contrôle, telles que les caractères de synchronisation, les adresses de station, une valeur de contrôle d'erreur, ainsi qu'une quantité variable de données.



Constitution d'une trame

OSI

Open Systems Interconnection

7	Application
6	Presentation
5	Session
4	Transport
3	Network
2	Data Link
1	Physical

REALPARS

https://www.youtube.com/watch?v=llk7UXzV_Qc&t=27s

- Lors d'une communication, l'utilisateur d'un réseau utilise les services de la couche 7 via un programme. Cette couche met en forme et enrichit l'information qu'elle reçoit du programme en respectant son protocole.
- Puis, elle l'envoie à la couche inférieure lors d'une demande de service. À chaque couche, l'information subit des mises en forme et des ajouts en fonction des protocoles utilisés. Enfin, elle est envoyée sur le médium et reçue par un autre nœud du réseau. Elle parcourt toutes les couches de ce nœud dans l'autre sens pour finir au programme du correspondant, dépouillée des différents ajouts liés aux protocoles.
- Le modèle à 7 couches proposé par l'OSI a fait l'objet d'implémentations chez divers constructeurs, mais sans succès commercial. Le marché s'étant largement orienté vers le modèle à 4 couches TCP/IP plus facile à comprendre et à utiliser et pour lequel des implémentations portables existaient déjà. Le modèle garde toutefois un intérêt théorique, bien que les frontières des 4 couches TCP/IP ne correspondent pas à d'exacts équivalents en OSI. Nous décrirons ces différentes couches dans le paragraphe dédié à Ethernet.

ControlNet



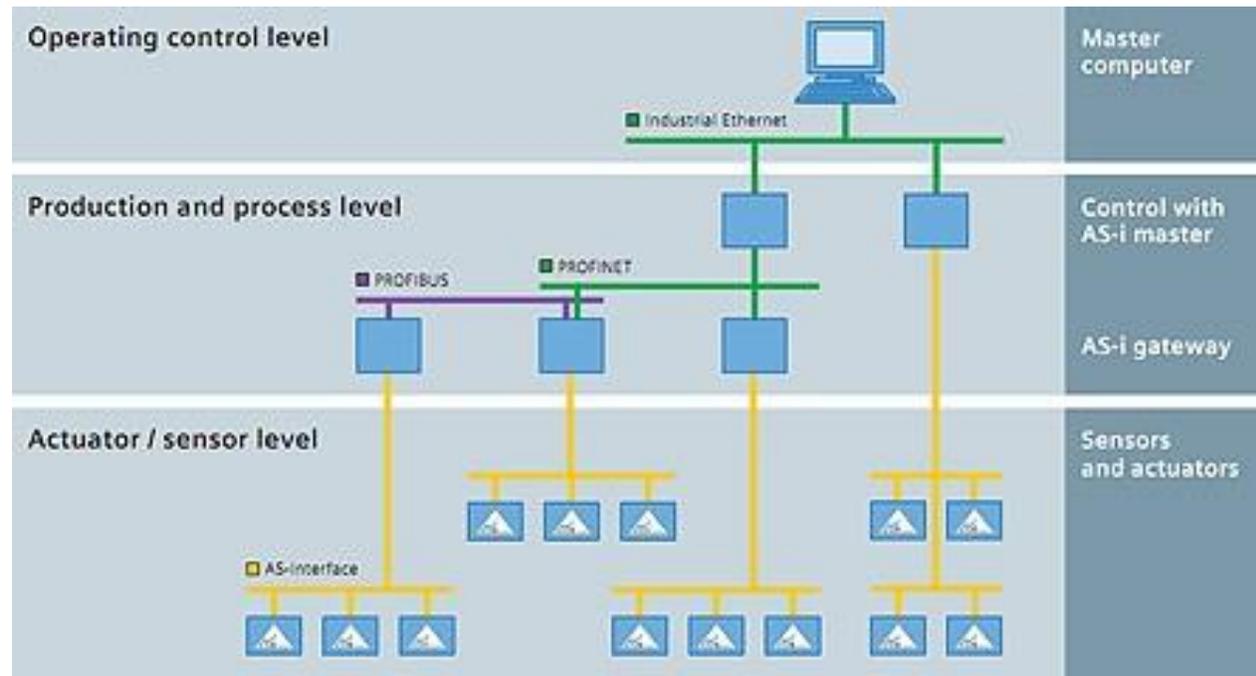
REALPARS

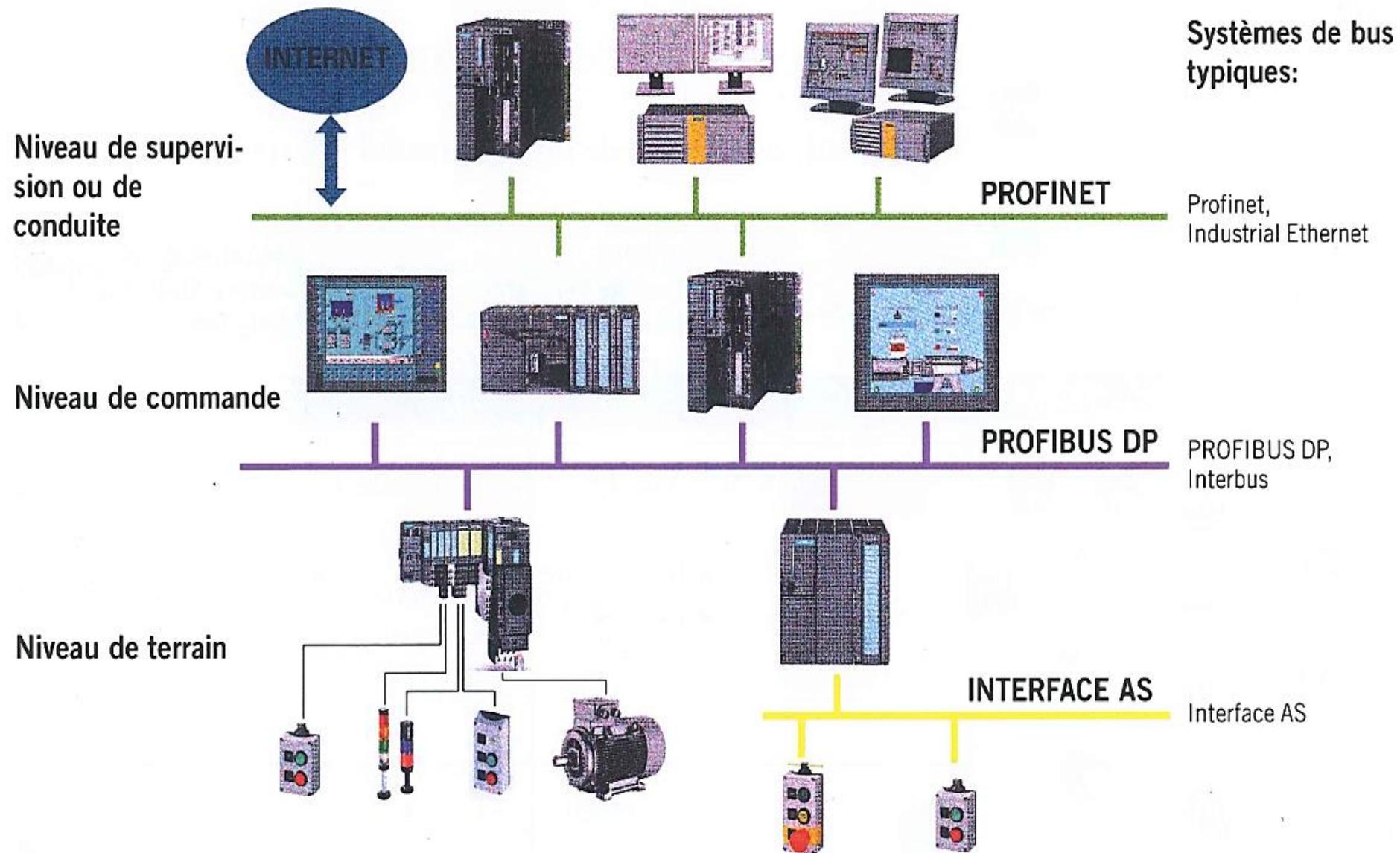
Systeme de bus

- Dans les systemes d'automatisation complexe, les commandes reparties dans l'installation doivent etre reliees entre elles. On utilise des systemes de bus normalises pour relier en reseau les differentes commandes.
- Voici les avantages d'une telle mise en reseau:
 - ✓ L'echange des donnees entre les differentes commandes est rapide et simple.
 - ✓ Il est possible de construire des commandes avec des entrees et sorties decentralisees.
 - ✓ Un acces a distance par des systemes maitres aux differentes commandes est possible.
 - ✓ Le travail de cablage par rapport aux commandes conventionnelles est nettement inferieur.
 - ✓ Les visualisations, signalisations de defauts, etc. peuvent etre traitees et archivees de maniere centralisee.

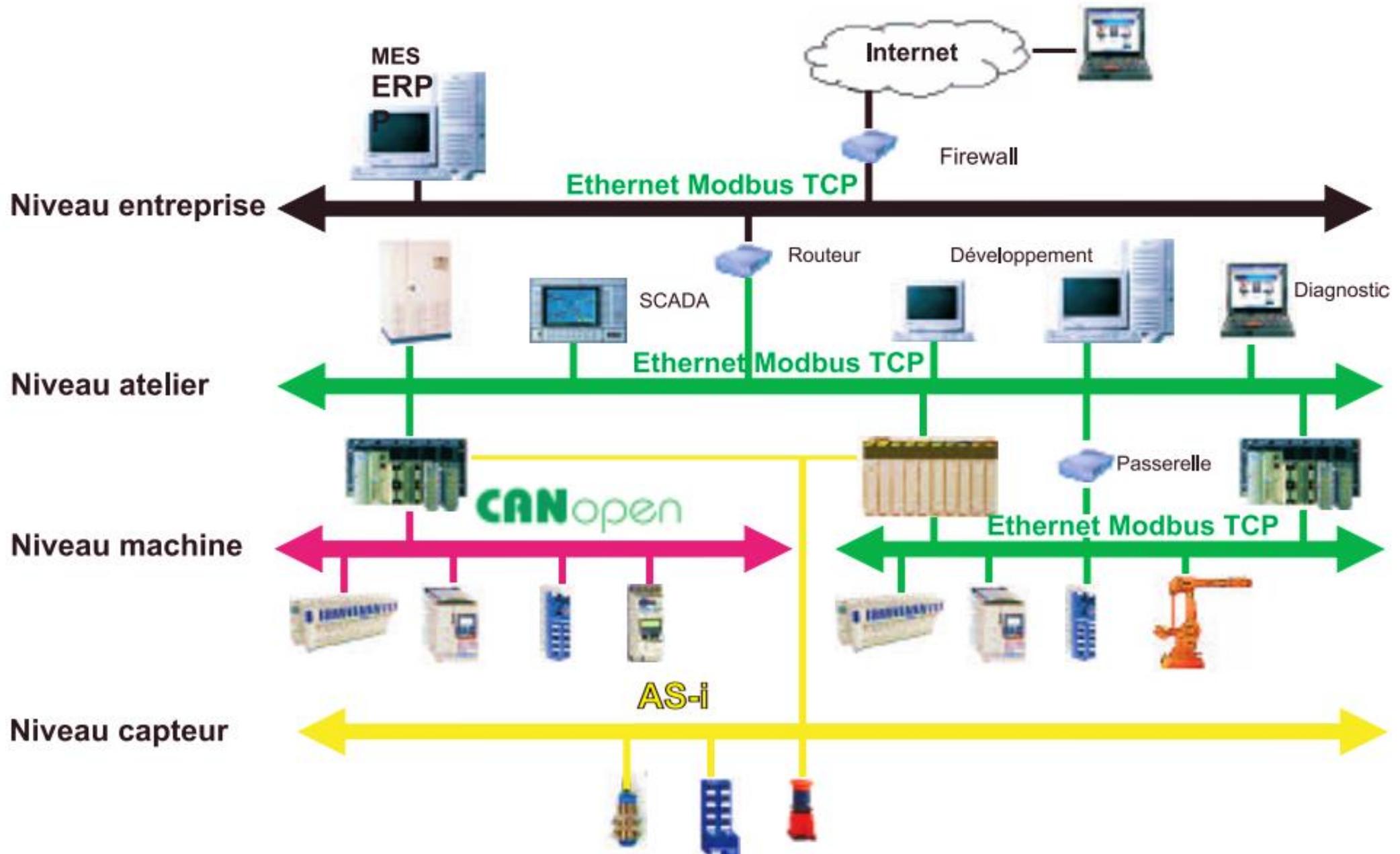
Hiérarchie d'automatisation

- Afin d'assurer une mise en réseau judicieuse et efficace des différents éléments de commande, une hiérarchie et un ordre stricts doivent être respectés. L'illustration ci-dessous montre la structure hiérarchique d'un système d'automatisation.





Les niveaux de communication préconisés par Siemens



Les niveaux de communication retenus par Schneider Electric

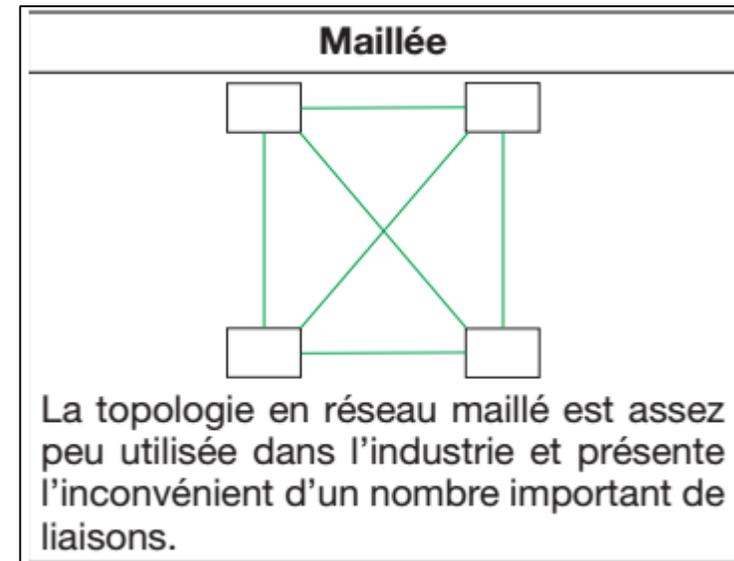
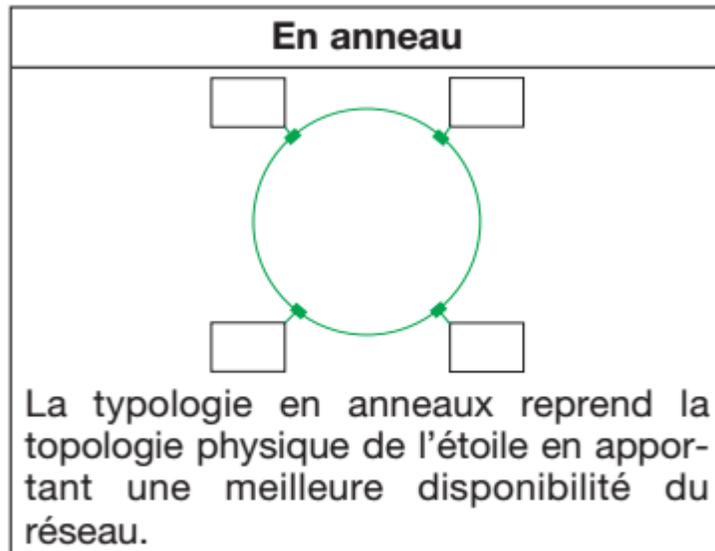
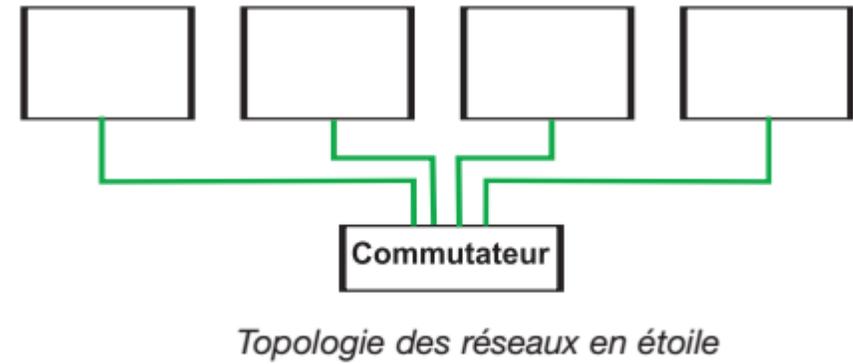
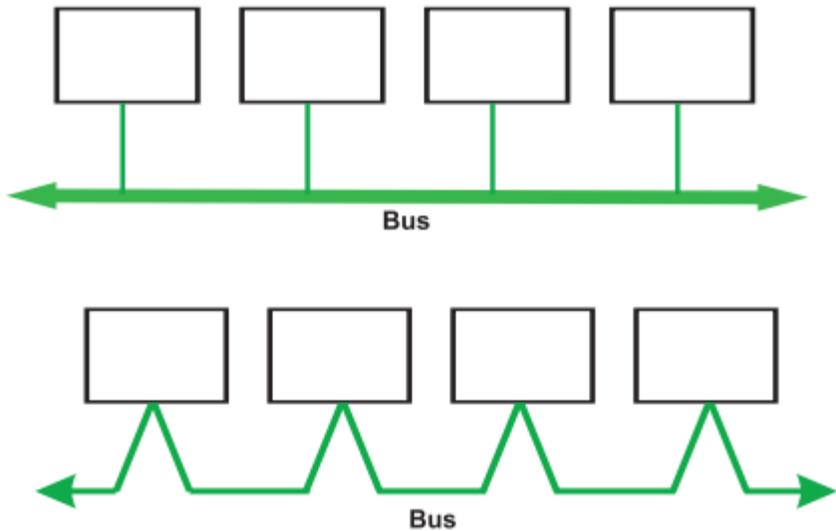
- **Le niveau de supervision ou de conduite** se trouve tout en haut de la pyramide d'automatisation et contrôle l'ensemble du système automatisé. Il fournit au niveau des différentes cellules de production (niveau des cellules) les informations de commande et de programmation, et décide avec quelle précision la production doit être effectuée. A ce niveau, on trouve l'ordinateur de supervision ainsi que les calculateurs pour l'ingénierie, l'interprétation, la commande et la collecte d'informations.

Au niveau commande, les différentes unités de production (cellules), pilotées par un API, sont reliées entre elles. Sa mission principale est la communication ciblée entre systèmes intelligents.

- **Au niveau terrain**, on trouve les appareils programmés pour la commande, le réglage et la surveillance des systèmes API et/ou ordinateurs industriels connectés. Ces derniers interprètent les signaux du niveau des **capteurs / actionneurs** et transfèrent les paquets de données avec des temps de réaction critiques aux systèmes du niveau supérieur.

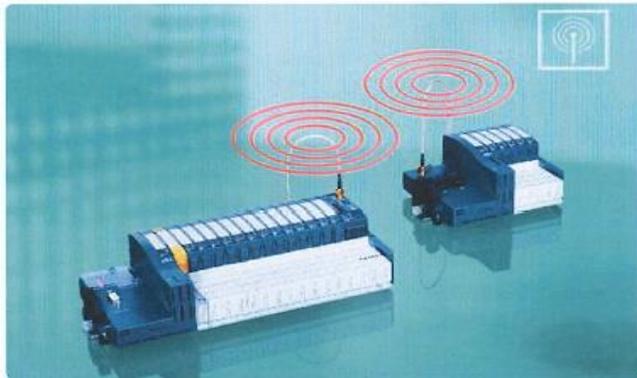
Topologie de réseau

- Pour que tous les participants dans un système de bus puissent travailler rapidement et avec un maximum de fiabilité, ils doivent être reliés entre eux de manière optimale.
- La topologie décrit la structure de mise en réseau de toutes les commandes d'un système d'automatisation. La manière dont cette mise en réseau est conçue détermine fortement la rapidité d'un système et sa sécurité contre la défaillance. La topologie choisie dépend du système de bus utilisé. Grâce à cette interconnexion, le processus technique est relié par les actionneurs / capteurs à la commande associée

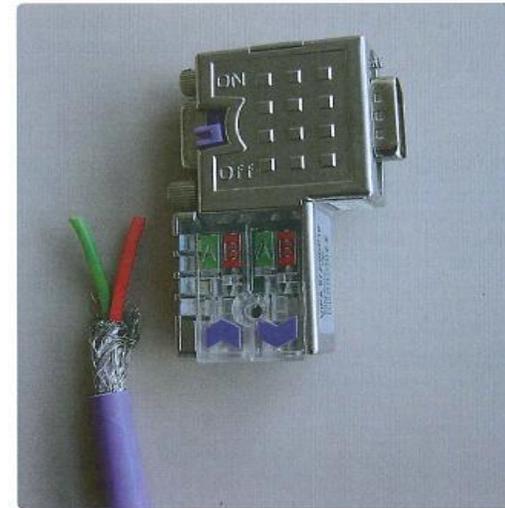


Technique de transmission

- Pour la transmission des données entre deux stations, on utilise divers supports. Les vitesses de transmission varient fortement en fonction du support choisi.



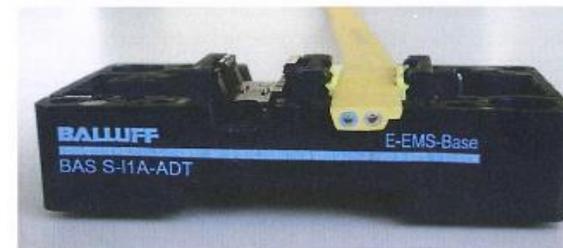
Technique sans fil



Profibus



Ethernet



AS-I-esclave avec câble

Systeme de bus industriel

- Au fil du temps, un grand nombre de standards pour les systemes de bus professionnels ont vu le jour. Les principaux systemes industriels utilises en technique d'automatisation sont enumerés ci-après.
- **Les bus de terrain les plus courants**
 - A-bus
 - Arcnet
 - Arinc 625
 - ASI
 - Batibus
 - Bitbus
 - CAN
 - ControlNet
 - DeviceNet
 - DIN V 43322
 - DIN 66348
 - FAIS
 - EIB
 - Ethernet
 - Factor
 - FOUNDATION fieldbus
 - FIP
 - Hart
 - IEEE 1118
 - Instabus
 - Interbus-S
 - ISA SP50
 - IsiBus
 - IHS
 - ISP
 - J-1708
 - J-1850
 - LAC
 - LON
 - MAP
 - Master FB
 - MB90
 - MIL 1553
 - MODBUS
 - MVB
 - P13/42
 - Partnerbus
 - P-net
 - Profibus-FMS
 - Profibus-PA
 - Profibus-DP
 - PDV
 - SERCOS
 - SDS
 - Sigma-i
 - Sinec H1
 - Sinec L1
 - Spabus
 - Suconet
 - VAN
 - WorldFIP
 - ZB10



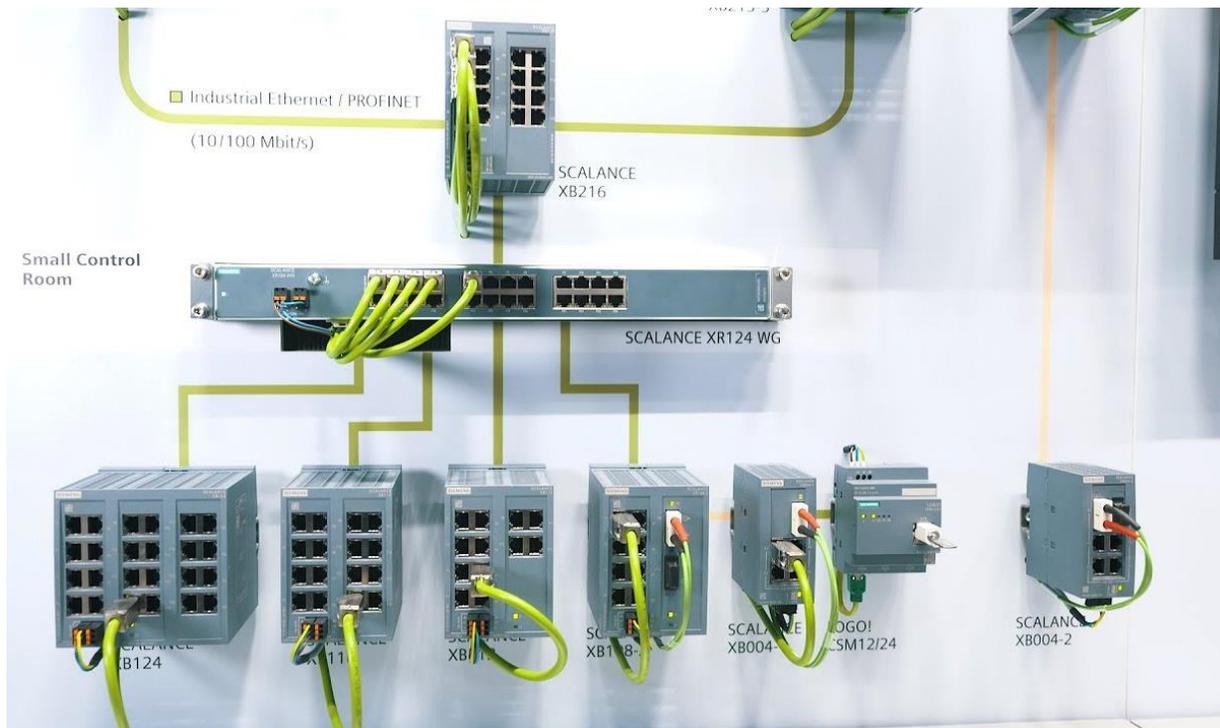
- Modbus (MODicon BUS) est un protocole de communication série initialement publié par Modicon (aujourd'hui Schneider Electric) en 1979 pour une utilisation avec ses automates programmables industriels . Modbus est devenu un protocole de communication standard et désormais un moyen couramment disponible pour connecter des appareils électroniques industriels. Modbus est maintenant un protocole ouvert et largement accepté du domaine public (open, public-domain Protocol) qui nécessite une licence, mais pas de paiement de redevance à son propriétaire.
- MODBUS est un protocole de messagerie de **couche application** pour la communication client / serveur entre périphériques connectés sur différents types de bus ou de réseaux.
- Il est actuellement implémenté en utilisant:
 - ✓ **TCP/IP sur Ethernet.** Voir le Guide d'implémentation de la messagerie MODBUS V1.0a.
 - ✓ **Transmission asynchrone série** sur une variété de supports (fil: EIA / TIA-232-E, EIA-422, EIA / TIA-485-A; fibre, radio, etc.)
 - ✓ **MODBUS PLUS**, un réseau de passage de jetons à grande vitesse.

La Suite TCP / IP

- Le protocole **Ethernet TCP** (*transmission control protocol*) / **IP** (*Internet Protocol*), s'est aujourd'hui imposé comme standard utilisé dans l'administration. Il est conçu pour l'échange des données dans un réseau local (LAN) et peut également communiquer avec d'autres réseaux ainsi qu'avec Internet.
- Pour l'identification des abonnés du réseau, une **adresse IP** univoque est attribuée à chaque station d'abonné. Le protocole TCP / IP peut échanger des données au-delà des limites de son réseau.
- Au moyen de commutateurs ou de concentration (hub), il est possible de créer des sous-réseaux (subnet).

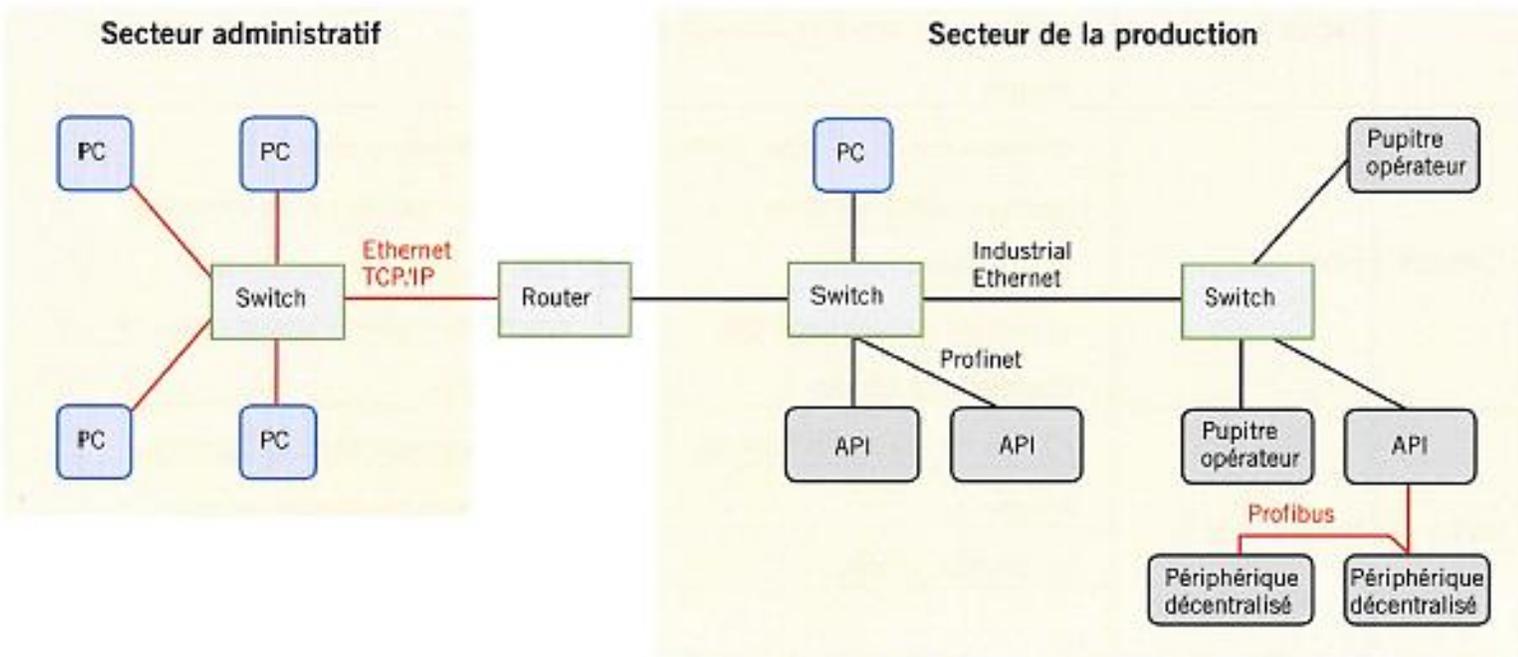
ETHERNET INDUSTRIEL

- Industrial Ethernet a été développé pour répondre aux exigences particulières de l'industrie d'automatisation. Tous les modules et composants ont été conçus pour des conditions d'utilisation difficiles (température, projections d'eau, poussières, CEM, etc...). Les concentrateurs et les commutateurs sont installés dans des racks 19`` spécialement conçu à cet effet.



PROFINET

Profinet représente une extension d'Ethernet TCP / IP et permet de communiquer jusqu'au niveau du terrain. Complété d'un protocole industriel, Ethernet classique a fait l'objet de nouveaux développements qui ont abouti au protocole PROFINET (**PRO**cess **FI**eld **ETHERNET**). Les données des applications en temps réel standard sont transférées avec le protocole standard TCP / IP. Grâce au protocole supplémentaire (protocole industriel), les données d'entrée et de sortie peuvent être traitées beaucoup plus rapidement, le Profinet est de ce fait capable de traiter les données en temps réel.

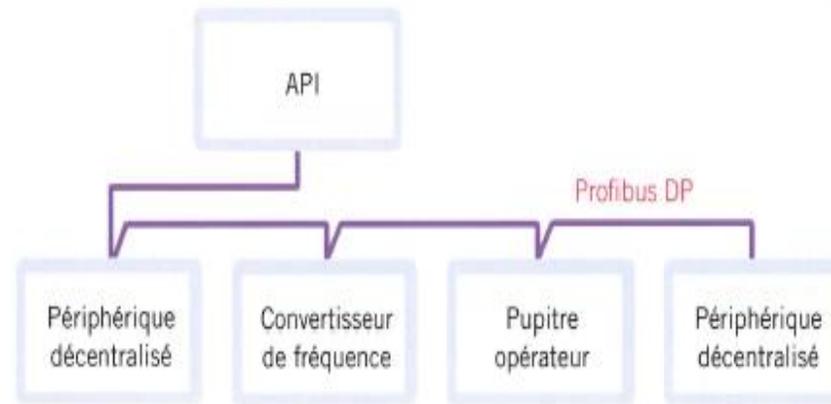
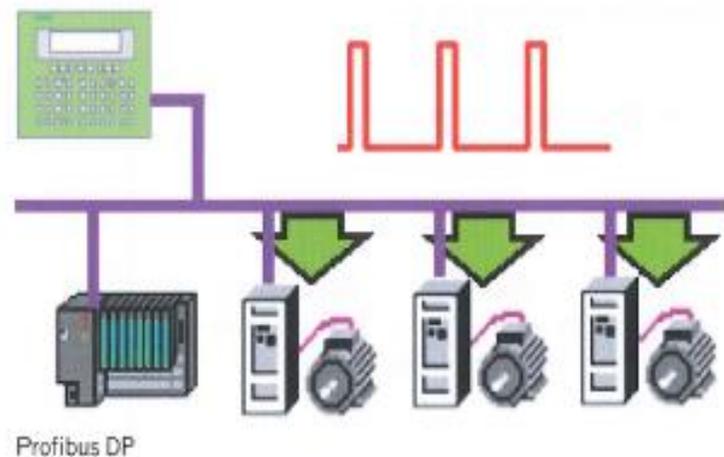


- Exemple d'un câblage TCP / IP, Industriel Ethernet, Profinet et Profibus



PROFIBUS

- **Profibus DP (Périphérique Décentralisé)** établit une liaison directe entre l'API maître et des périphériques décentralisés (esclaves DP). Il peut s'agir d'écrans tactiles, de modules d'entrées et de sorties ou encore de convertisseurs de fréquence. Profibus DP permet un échange rapide des données entre les différentes stations.
- En raison des signaux de transmissions à haute fréquence, chaque extrémité de ligne doit être munie d'une résistance de terminaison ; cette dernière est directement commutable sur le connecteur de bus.



SIEMENS



PROFI
BUS

The logo consists of the word "PROFI" in white uppercase letters on a blue background, positioned above a horizontal blue bar. Below this bar, the word "BUS" is written in white uppercase letters on a blue background. The letters are slightly slanted to the right.

PROFI
NET

The logo consists of the word "PROFI" in white uppercase letters on a green background, positioned above a horizontal green bar. Below this bar, the word "NET" is written in white uppercase letters on a green background. The letters are slightly slanted to the right.

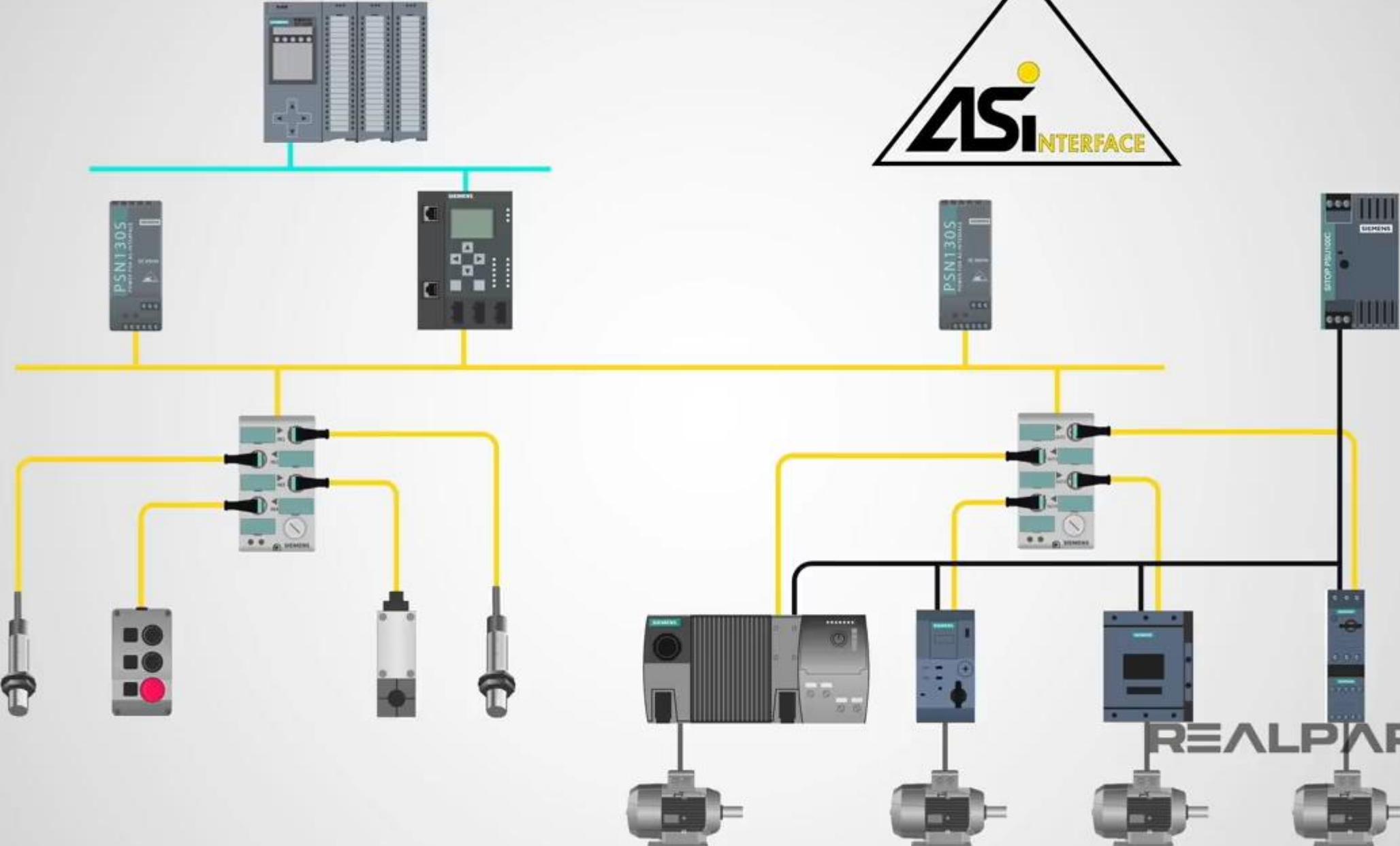
REALPARS

<https://www.youtube.com/watch?v=YxF9QgRAx8A&t=2s>

Interface actionneurs – capteurs AS-i

- En technique d'automatisation, l'interface actionneurs – capteurs (**ASI** ou *Actuator-Sensor Interface*) est le bus de terrain classique et représente le premier niveau d'un système d'automatisation. Le système AS-I relie les actionneurs et les capteurs à un système de bus, le travail de câblage est fortement réduit. De plus, cette interface permet de supprimer les cartes d'entrées et de sorties avec leurs réglettes à bornes.
- Le fonctionnement d'un système de bus AS-I nécessite une alimentation AS-I spéciale pour alimenter les actionneurs et les capteurs en 30 VDC. Le câble AS-I plat profilé de couleur jaune a la double mission d'alimenter les capteurs en données et en énergie.
- Le bus AS-I étant un bus série, il permet de diminuer le nombre de câbles nécessaire à l'utilisation d'un grand nombre de capteurs ou de pré-actionneurs : ces derniers sont reliés directement ou par l'intermédiaire d'une embase à l'automate central via un seul câble. Chaque embase permet de connecter jusqu'à 4 capteurs ou pré-actionneurs au bus.





- Le système AS-i se compose d'un maître, d'une alimentation et de stations connectées, appelées esclaves. Le maître AS-i gère les échanges de données avec les esclaves par une cyclique (polling). Au cours d'un cycle, quatre bits de données d'entrée et quatre bits de données de sortie sont échangés. Grâce à une alimentation AS-i spéciale, les données et l'énergie sont transmises simultanément sur un seul câble bifilaire. Les travaux de câblage longs et coûteux sont fortement réduits.



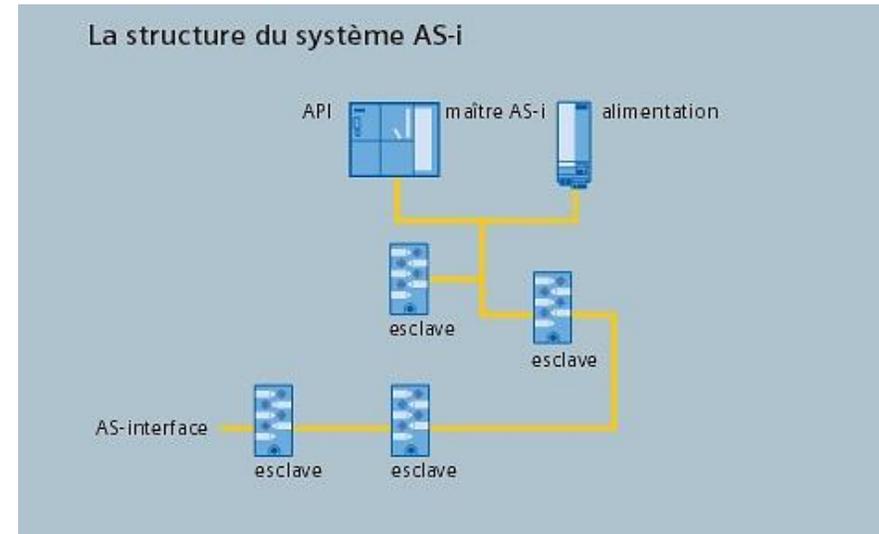
Alimentation AS-i



maître AS-i
passerelle PROFIBUS-DP/AS-
Interface



esclave AS-i



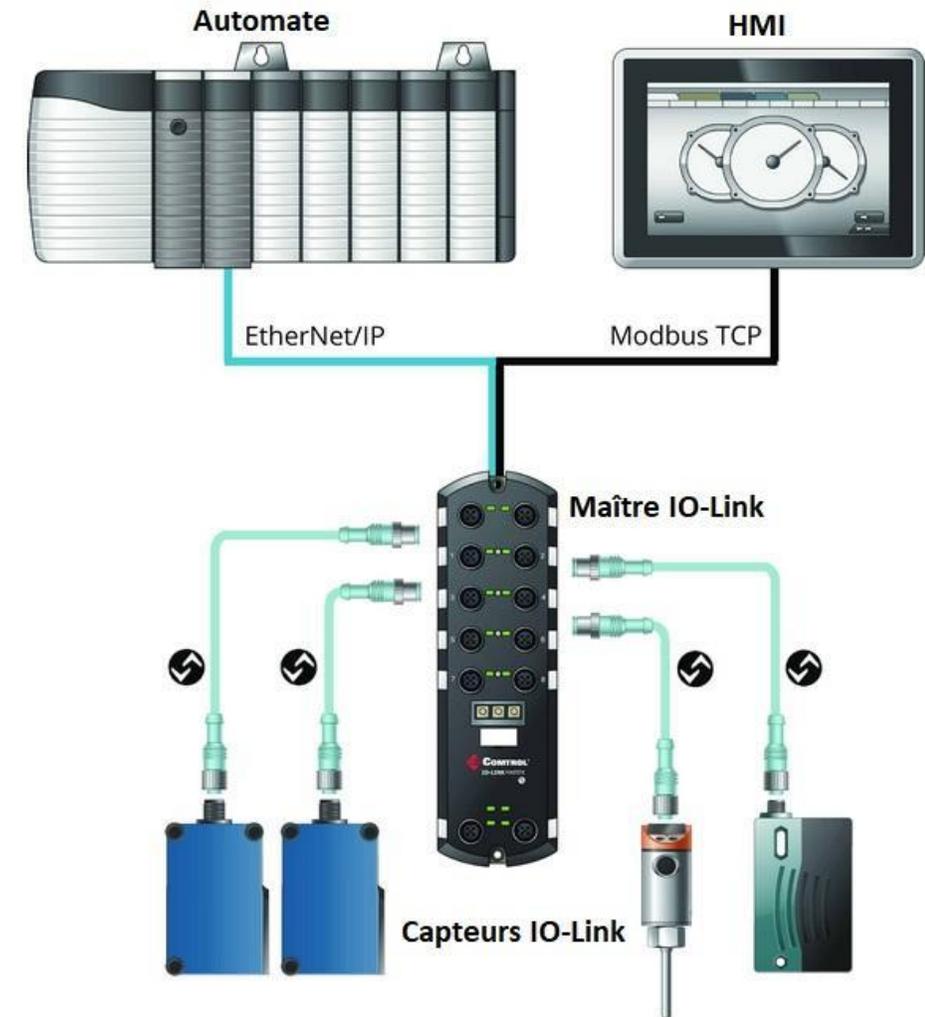
Nombre d'esclaves	62 max.
Nombre d'E/S	496 entrées et 496 sorties (spécification 3.0)
Support	câble bifilaire non blindé pour les données et l'énergie
Temps de cycle	10 ms (20 ms) max.
Transmission de données	tout-ou-rien et analogiques (16 bits)
Longueur du câble	standard : 100 m; extensible à 600 m par adjonction de composants

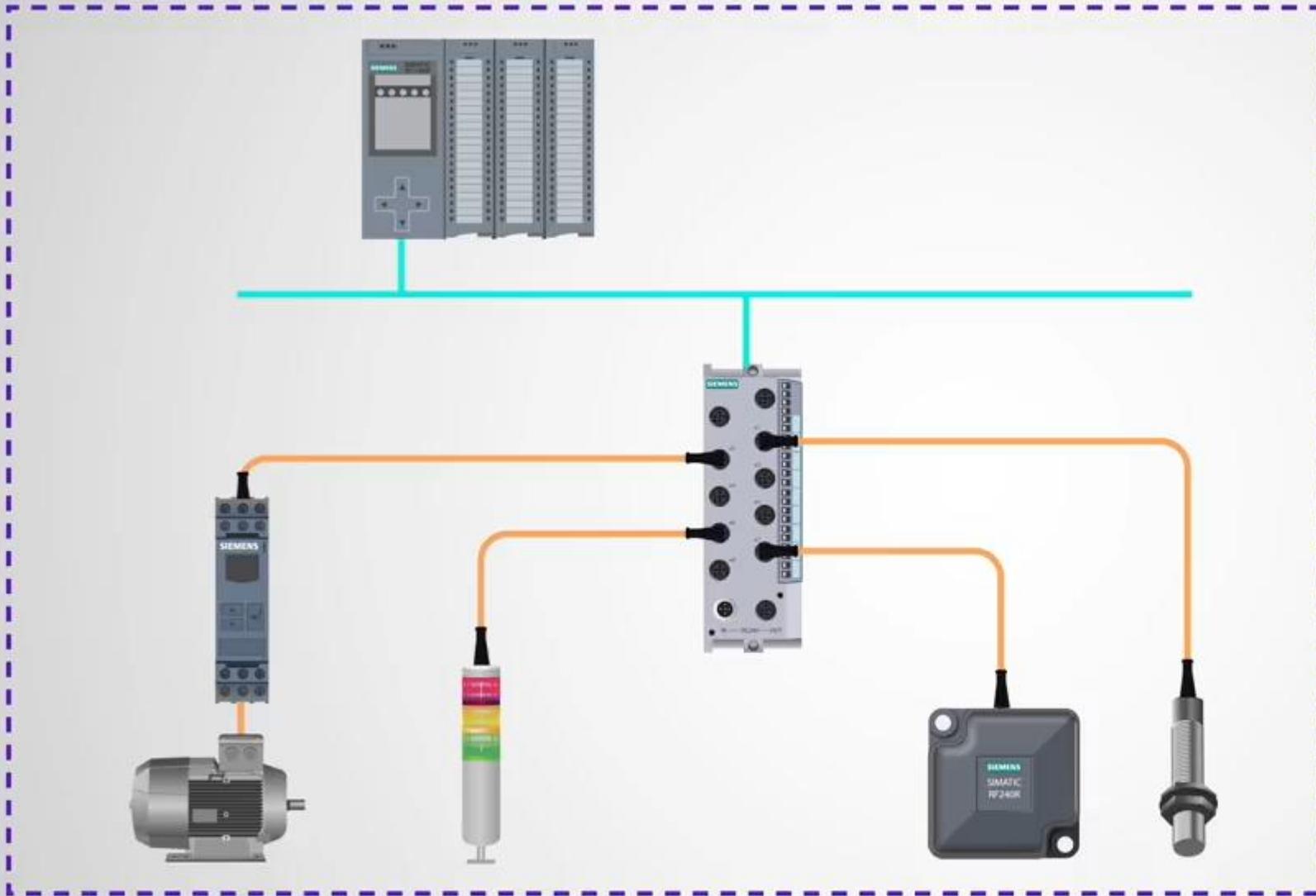
IO-Link communication

- «IO-link» est une interface standard de communication destinée au monde de l'automatisme industriel pour dialoguer au plus bas niveau de terrain avec des capteurs et des actionneurs.
- Un des principaux objectifs d'IO-link est de simplifier, de faciliter, d'uniformiser et de normaliser l'accès à des capteurs et à des actionneurs programmables (dits «intelligents» ou «smart») pour leur permettre une plus grande diffusion.
- Cela permettra une plus grande souplesse d'exploitation aux utilisateurs et aux équipes de maintenance, tout en réduisant les coûts dès la conception.
- **IO-Link** est un protocole de communication **série point à point** très utilisé en automatisme industriel notamment pour la communication des dispositifs de terrain comme les capteurs et actionneurs. La norme IO-Link permet l'échange de trois types de données : les **données de processus**, les **données de service** et les **événements**.



- **Le maître IO-Link** sert d'interface entre l'automate de niveau supérieur et les périphériques IO-Link qui y sont raccordés. Il permet aussi l'enregistrement des données de paramétrage et du fichier IODD. Il communique avec l'automate via les protocoles de communication traditionnels comme le Profibus, le Modbus, le Profinet etc..
- **L'API** (automate programmable industriel) : l'automate est utilisé pour surveiller l'état des entrées et commander l'état des sorties.
- **Les périphériques IO-Link** sont les capteurs ou actionneurs intelligents raccordés au système, on peut par exemple avoir des capteurs de vision, des systèmes RFID, des variateurs de vitesse etc..





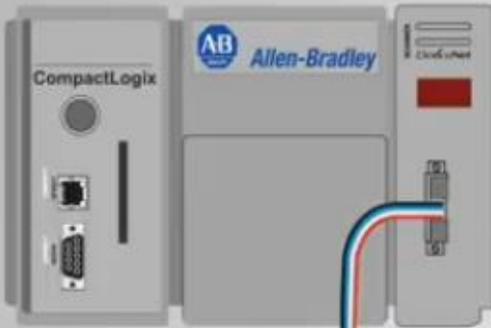
 **IO-Link**

REALPARS

https://www.youtube.com/watch?v=g-Ma_e65bHc&t=3s

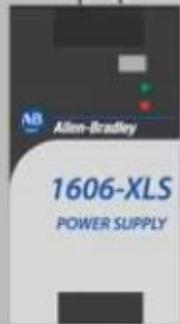
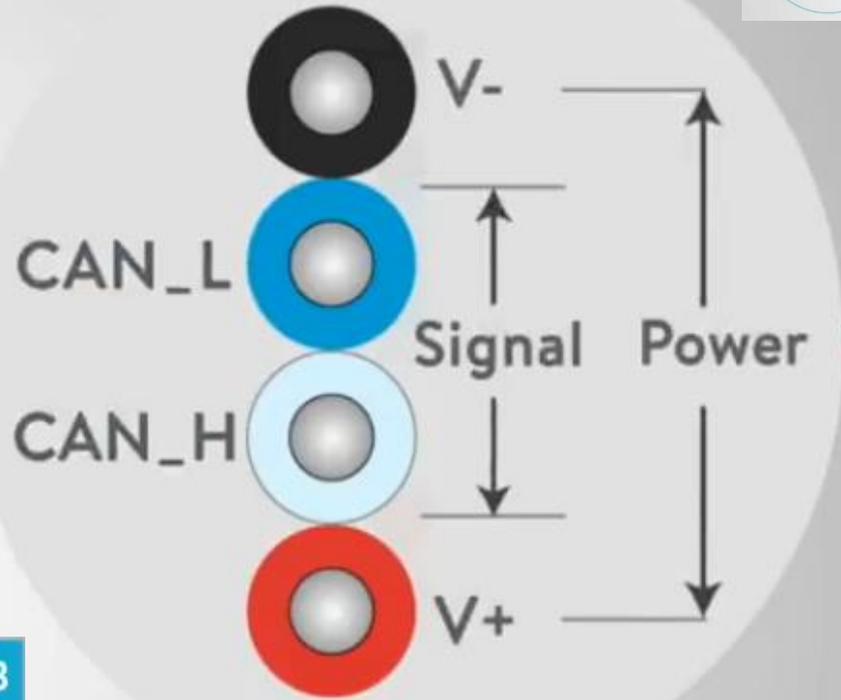
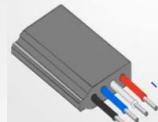
DeviceNet[®]

- DeviceNet est un réseau numérique multipoint qui se connecte et sert de réseau de communication entre les **contrôleurs industriels** et les **périphériques d'E/S**, offrant aux utilisateurs un réseau rentable pour distribuer et gérer des périphériques simples à travers l'architecture. DeviceNet utilise **CAN (Controller Area Network)** pour sa **couche de liaison** de données, la même technologie de réseau utilisée dans les véhicules automobiles pour la communication entre les appareils intelligents.
- DeviceNet utilise une topologie de **ligne principale et de ligne descendante** (*trunkline-dropline topology*) et dispose d'une alimentation CC disponible sur le câble réseau pour simplifier les installations en fournissant un point de connexion unique pour les communications réseau et une alimentation de l'appareil jusqu'à **24 VCC, 8 ampères**.
- La fonctionnalité **QuickConnect** permet d'échanger des appareils pendant que le réseau fonctionne. De plus, DeviceNet fonctionne dans une architecture **maître-esclave** ou à architecture de contrôle distribuée utilisant la communication *peer-to-peer*, et il prend en charge les I/O et la messagerie explicite pour un seul point de connexion pour la configuration et le contrôle.
- DeviceNet utilise le protocole industriel commun **CIP** (*common Industrial Protocol*) pour ses couches supérieures. Les réseaux CIP suivent le **modèle OSI** (*Open Systems Interconnection*).



DeviceNet Scanner

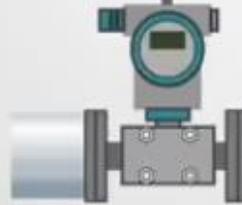
- 1 Thick Round
- 2 Thin Round
- 3 Class 1 Round
- 4 KwikLink Flat
- 5 KwikLink Lite Flat



MAC ID 0



MAC ID 1



MAC ID 2



MAC ID 3

ODVA[®]

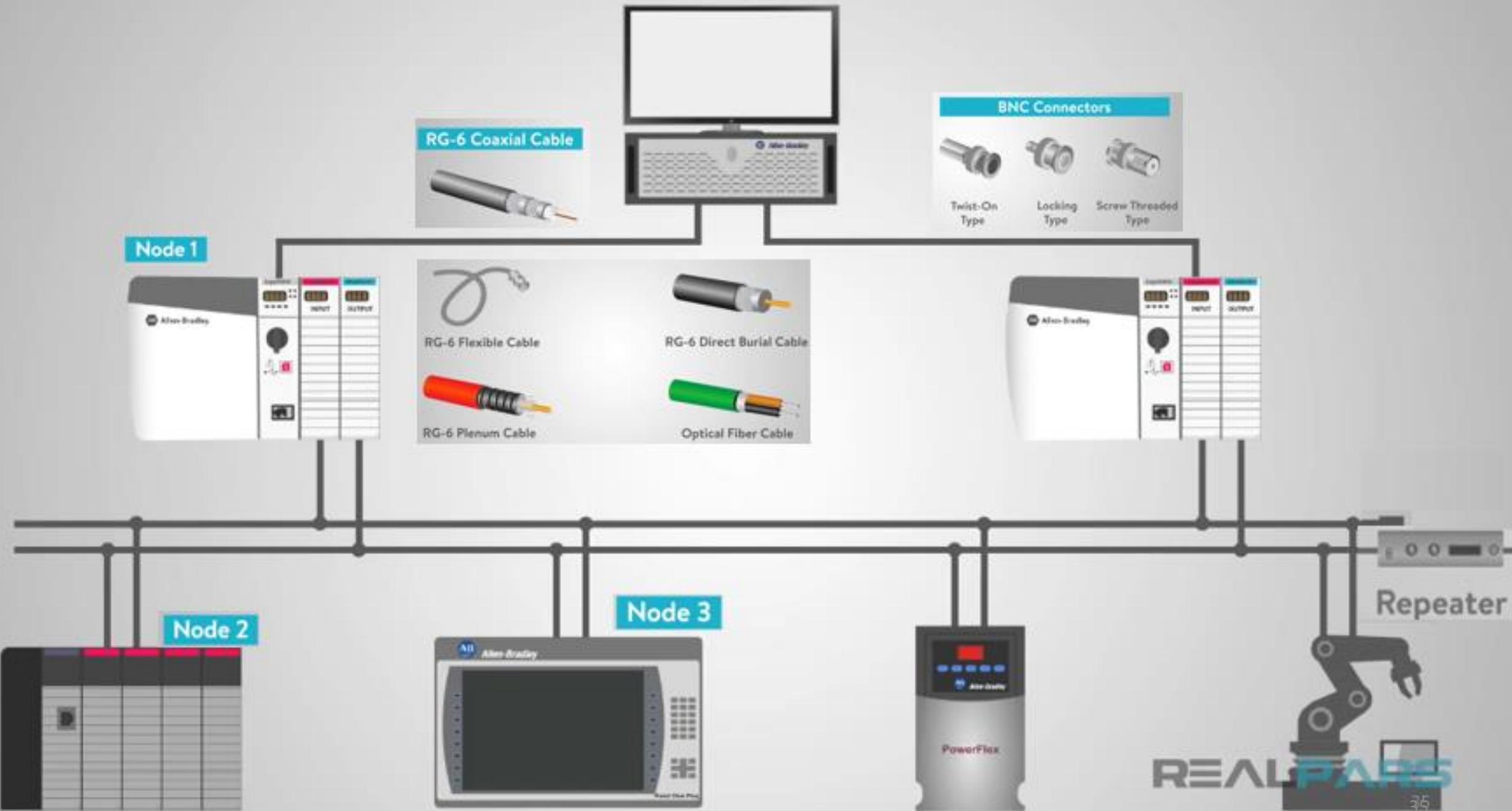
Devicenet

REALPARS

<https://www.youtube.com/watch?v=acnpobFi5qg&t=2s>

ControlNet®

- ControlNet fournit aux utilisateurs les outils nécessaires pour réaliser un transport déterministe et à grande vitesse des E/S et de verrouillages **peer-to-peer**. ControlNet offre un choix d'options de topologie, y compris ligne principale-ligne descendante, étoile ou arbre. Des options matérielles sont également proposées pour les applications nécessitant un matériel à sécurité intrinsèque. Une communication réseau redondante est également disponible.
- ControlNet utilise le protocole industriel commun (CIP) pour ses couches supérieures. Les réseaux CIP suivent le modèle OSI (*Open Systems Interconnection*), qui définit un cadre pour la mise en œuvre de protocoles réseau en sept couches: physique, liaison de données, réseau, transport, session, présentation et application. Les réseaux qui suivent ce modèle définissent une suite complète de fonctionnalités réseau depuis l'implémentation physique jusqu'à la couche application ou interface utilisateur.
- CIP comprend une suite complète de messages et de services pour une variété d'applications d'automatisation de la fabrication, y compris le contrôle, la sécurité, l'énergie, la synchronisation et le mouvement, l'information et la gestion de réseau. Véritable protocole indépendant des médias pris en charge par des centaines de fournisseurs à travers le monde, CIP offre aux utilisateurs une architecture de communication unifiée dans toute l'entreprise de fabrication.



ODVA

ControlNet

REALPARS

<https://www.youtube.com/watch?v=aE6-L20EaYU>

Références bibliographique

- Les bus de terrain EPAI – Fribourg IT, 3.2.1.05 /AUF 3.4.7
- <https://www.youtube.com/user/ParsicAutomation/featured>
- <https://www.automation-sense.com>
- Guide des solutions d'automatisme/ Schneider Electric
- <https://www.odva.org/Technology-Standards/DeviceNet-Technology/Overview>
- IEC61158 Technology Comparison, State of the Bus. Fieldbus Inc.