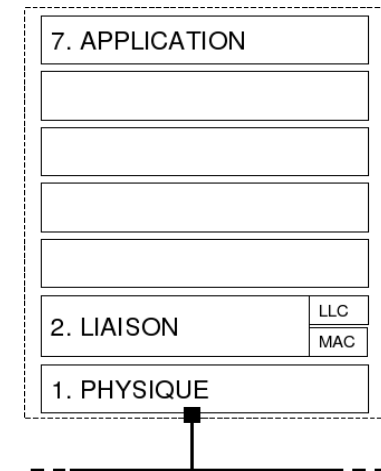


# Réseaux de terrain : 1° partie

*Un bus de terrain est un système de communication numérique dédié qui respecte le modèle d'interconnexion des systèmes ouverts (OSI) de l'Organisation de Standardisation Internationale (ISO 7498 - 1983).*

*Un bus de terrain est basé sur la restriction du modèle OSI à 3 couches :*

- *Couche Application*
- *Couche Liaison*
- *Couche Physique*



*C'est un réseau **bidirectionnel, sériel, multibranche** (multidrop), reliant différents types d'équipements : E/S déportées, Capteur / Actionneur, Automate programmable (API), CNC, Calculateur, PC Industriel, ...*



# Définitions

---

- *Terrain : espace géographique limité.*
- *Bus : ensemble de conducteurs commun à plusieurs circuits permettant d'échanger des données. Les échanges sont régis par un protocole.*
- *Réseau : bus ou ensemble de bus répartis sur un terrain.*
- *Un bus de terrain est donc un système de communication entre plusieurs ensembles communicants dans une zone géographique limitée (capteurs, calculateurs, automates, actionneurs, ...).*



# Rappel : modèle à couches

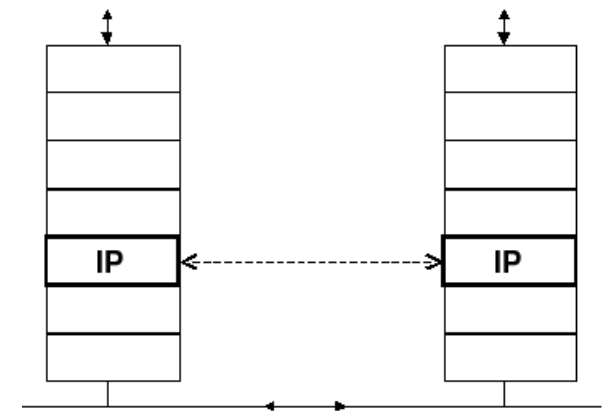
---

*Le modèle OSI est une base de référence pour identifier et séparer les différentes fonctions d'un système de communication basé sur une structure en couches.*

*Chaque couche (matérielle, logicielle) assure un ensemble de fonctions spécifiques.*

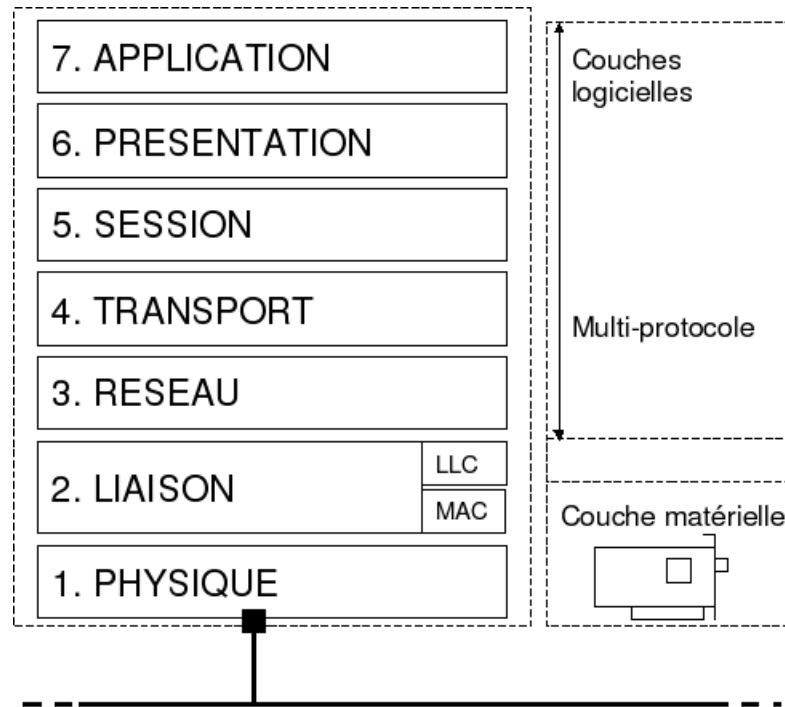
*Chaque couche utilise les services de la couche immédiatement inférieure pour rendre à son tour un service à la couche immédiatement supérieure.*

*Un protocole est le langage commun (règles de dialogue) que doivent connaître et utiliser deux couches homologues (couche de même niveau) pour dialoguer.*



# Modèle OSI

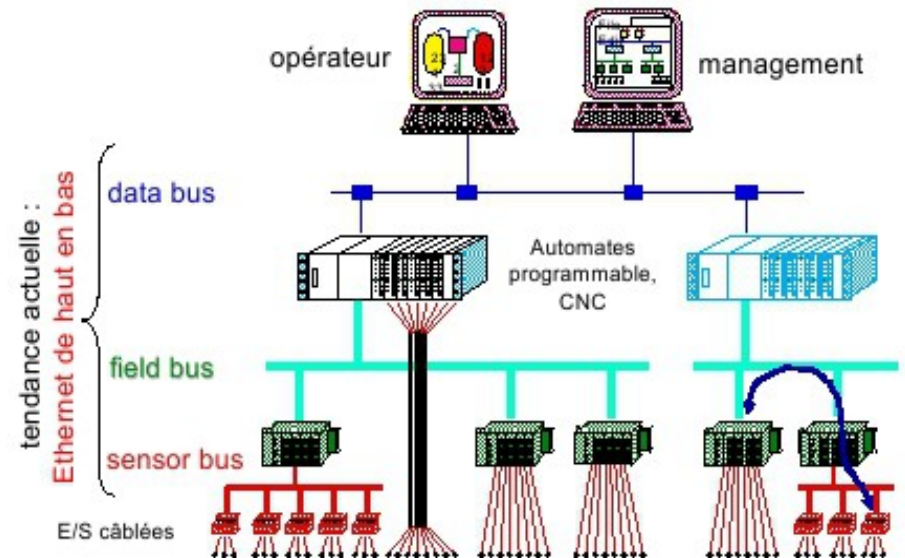
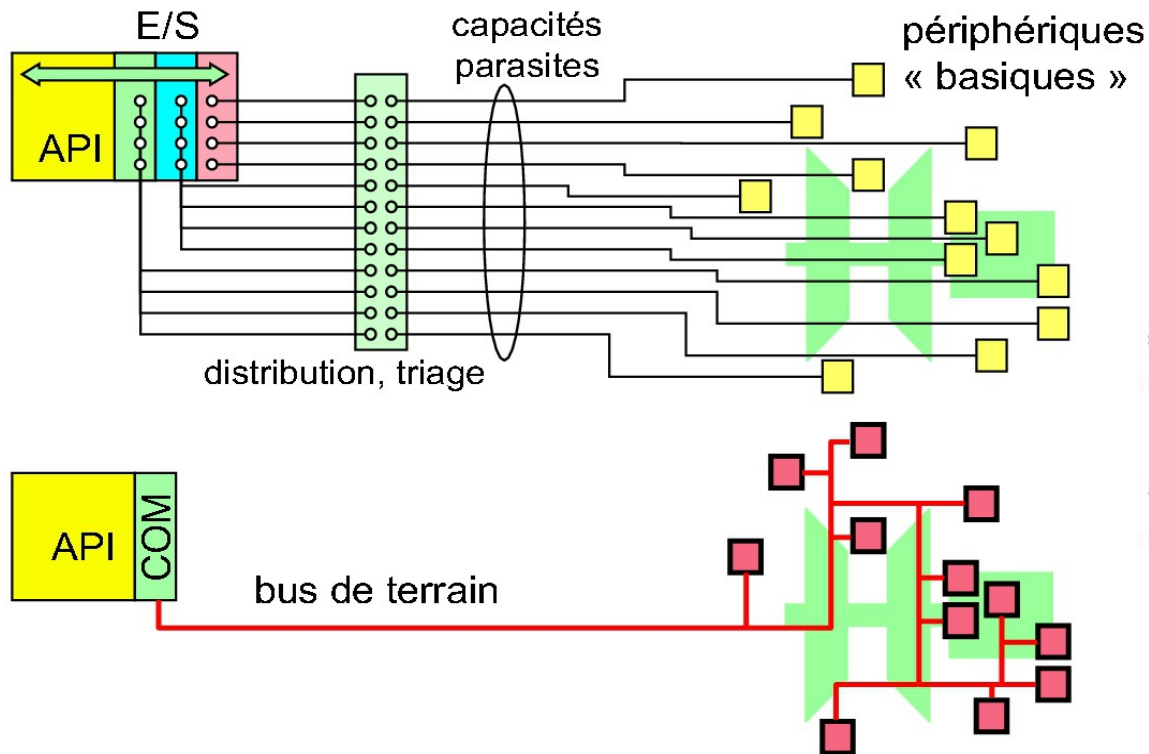
Le modèle OSI possède 7 couches ou niveaux qui définissent les fonctions des protocoles de communication qui vont de l'interface physique à l'interface des applicatifs utilisant le réseau. En raison de son apparence, la structure est très souvent appelé pile ou pile de protocoles.



# Besoins

*But initial : remplacer les boucles analogiques de courant 4-20 mA*

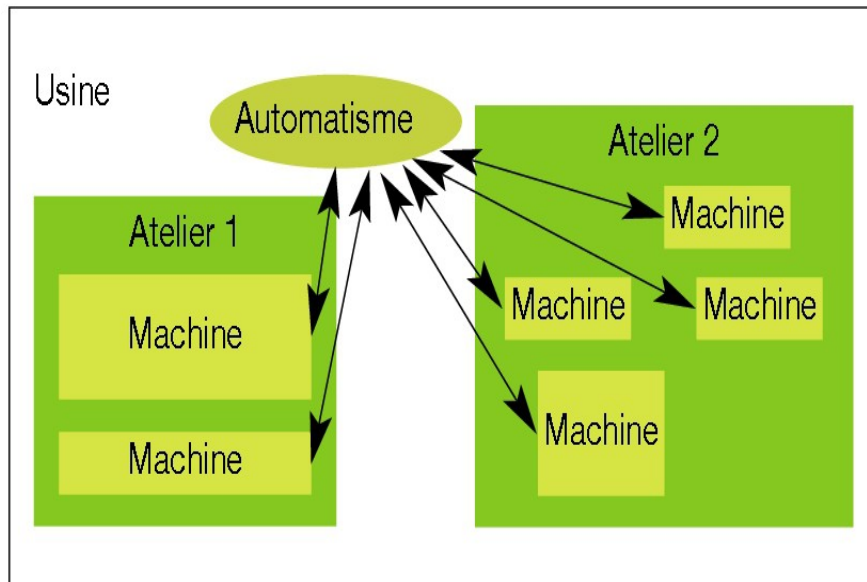
*Exemple : Sur une Peugeot, on a réduit le faisceau de 200 fils à 5 fils !*



# Conséquences

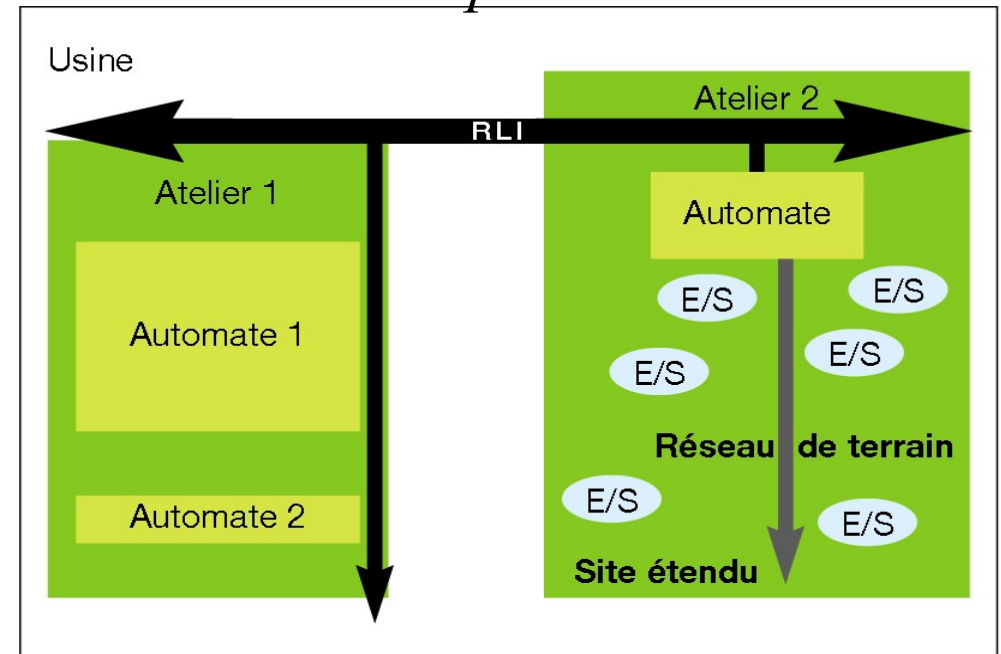
- Intelligence déportée au niveau des équipements (jusqu'au capteur)
- Distribution (décentralisation) du contrôle, du traitement des alarmes et des fonctions de diagnostics.

*Avant*



*Les automatismes centralisés.*

*Après*



*La décentralisation des E/S et de la périphérie d'automatisme.*



# Avantages

---

- **câblage simplifié**
  - réduction des frais d'installation
  - conception, installation et mise en service plus rapides
- **maintenance simplifiée et plus efficace**
  - accès aux informations d'état des périphériques
  - détection facilitée des défauts
  - réparations plus rapides
- **performances plus élevées**
  - facilite la décentralisation de la commande
  - données des périphériques accessibles partout
- **modularité**
  - machines plus modulaires, plus vite assemblées
  - flexibilité d'extension et de modifications des machines
  - connexions « à chaud » (hot-plug)



# Inconvénients

---

- **technologie plus complexe**
  - l'accès au bus requiert des périphériques plus sophistiqués (logique programmée ou  $\mu P$ )
  - gestion des limites de performance
- **coûts logistiques supplémentaires**
  - outils spécialisés plus coûteux et plus complexes
- **manque de compatibilité et de normalisation**
  - CEI : 8 bus incompatibles (bientôt 19) dans une norme
  - chaque fournisseur de composants ne couvre qu'un choix restreint de bus de terrain





# Objectifs

---

*Les réseaux de terrain ou bus de terrain doivent permettre :*

- la connexion de plusieurs entités d'un même système sur un même support de communication dans une zone géographique limitée (usine, atelier, automobile, électronique embarquée...)*
- le transport fiable de données sous une forme numérique d'un équipement vers un autre.*
- l'ajout ou la suppression d'éléments au sein d'un même système (réduction ou extension du réseau)*
- le respect de contraintes (notamment temps réel)*



# Caractéristiques principales

---

*Les caractéristiques principales à prendre compte sont :*

- *Sûreté de fonctionnement : perte ou détérioration d'informations (détection des erreurs), pannes d'équipements (détection et recouvrement des pannes)*
- *Disponibilité et coût des équipements*
- *Capacité d'interconnexion à des équipements hétérogènes*
- *Distance : réseaux de faible taille (répartition géographique des équipements limitée)*
- *Volume : quantité relativement faible de données (notion d'évènement, variables processus, ...)*
- *Contraintes de temps (notion de temps réel, déterminisme, ...)*
- *Nombre d'équipements connectables*
- *Contraintes liées à l'environnement (température, vibrations, etc)*



# Classification

---

Généralement, on regroupe sous le terme «**bus de terrain**» tous les bus de communication industriels.

On distingue néanmoins par complexité décroissante :

- le **bus d'usine** («**data bus**») : **réseau local industriel (RLI)** permet la communication entre l'automatisme et le monde informatique souvent basé sur Ethernet
- le **bus de terrain** («**field bus**» et «**device bus**») : interconnexion des unités de traitement et des périphériques
- le **bus de bas niveau** («**sensor bus**») : **bus capteur/actionneur**



# Pyramide du CIM (1)

---

La **pyramide du CIM** (Computer Integrated Manufacturing) est une méthode largement généralisée qui représente 4 niveaux auxquels correspondent des niveaux de décision. Plus on s'élève dans la pyramide du CIM, plus le niveau de décision est important et plus la visibilité est globale. Un niveau supérieur décide ce qu'un niveau inférieur exécute.

On distingue généralement les niveaux suivants :

- au niveau 3 : la gestion des produits et des stocks, la gestion des approvisionnements, la gestion des clients, des commandes et de la facturation (gérés par les ERP (Enterprise Resources Planning))
- au niveau 2 : la localisation des produits en stocks, les mouvements physiques et la gestion des lots (géré par le système de gestion d'entrepôt)
- au niveau 1 : les automatismes
- au niveau 0 : les capteurs et actionneurs



# Pyramide du CIM (2)

Ainsi à chaque niveau, correspond un bus ou un réseau adapté aux besoins:

**Réseaux locaux industriels (data bus):** communication entre l'automatisme et le monde informatique

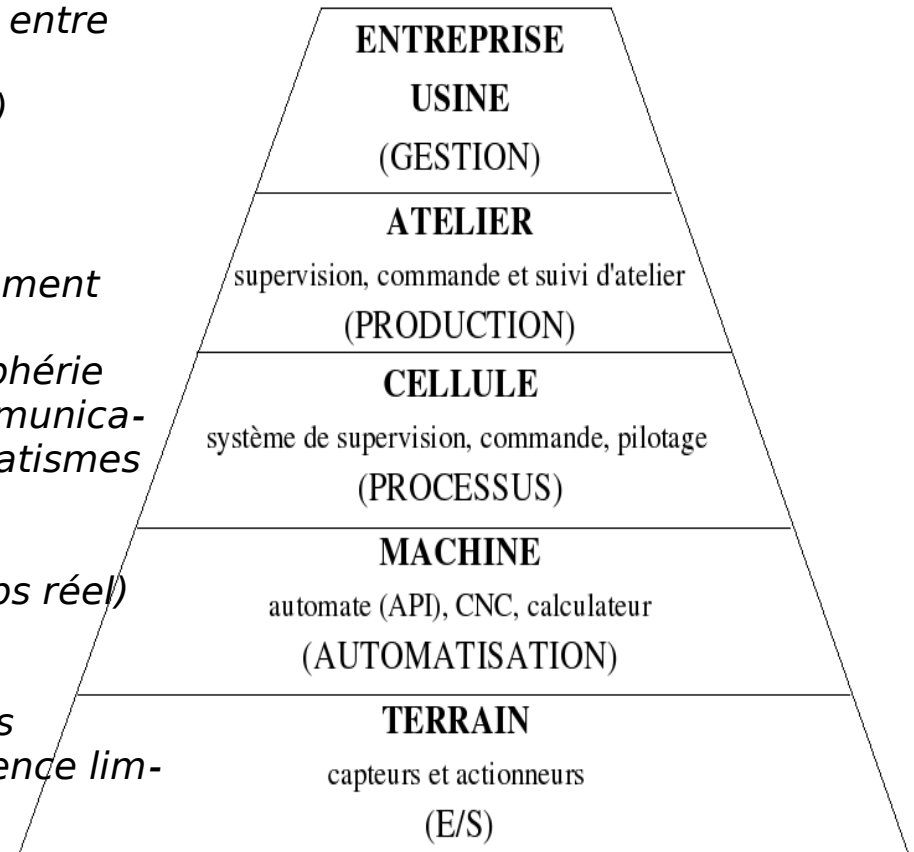
- Quantités importantes d'information (messages, fichiers)
- Temps de réaction de 1 s à 10 s (temps non critique)
- Longue distance possible

**Bus de terrain: (field bus)** réseaux entre unités de traitement (automates programmables, superviseurs, commandes numériques ...), (**device bus**) bus et réseaux pour la périphérie d'automatisme (variateurs, robots, axes ...) permet la communication d'unités de traitement pour la coordination des automatismes distribués

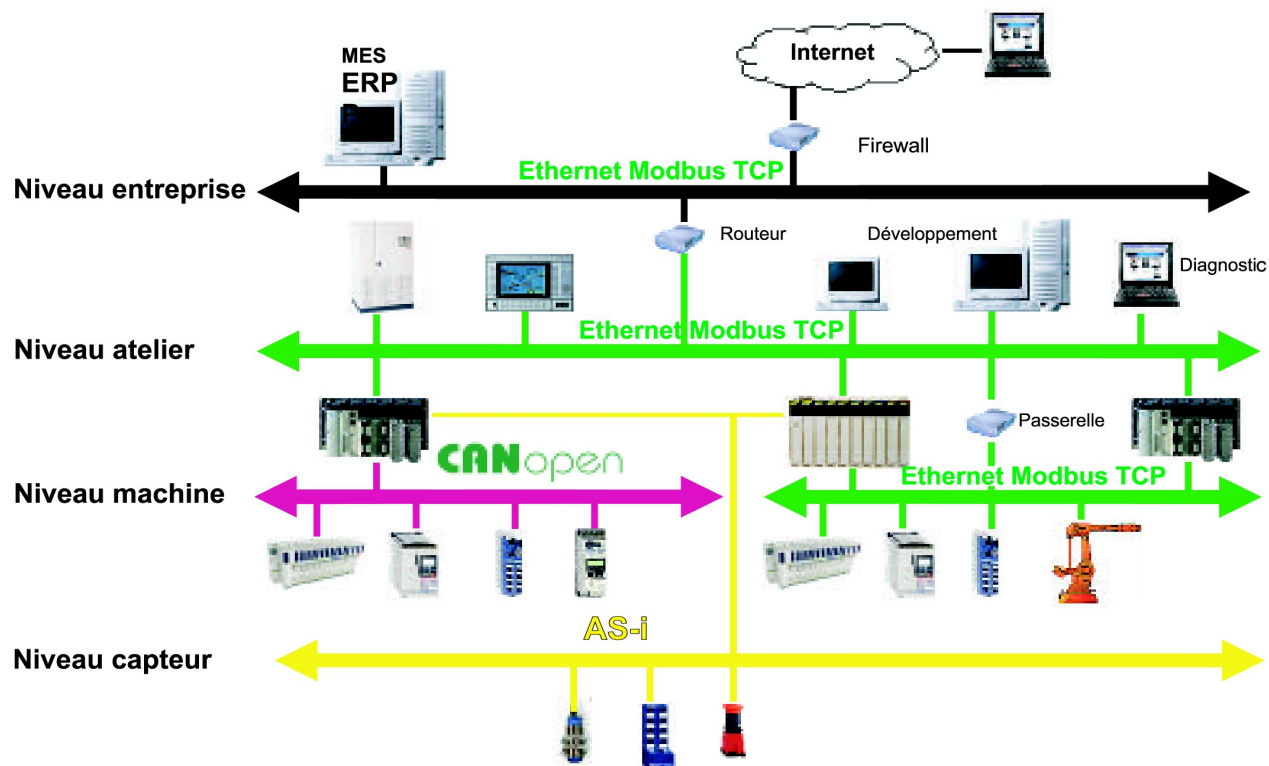
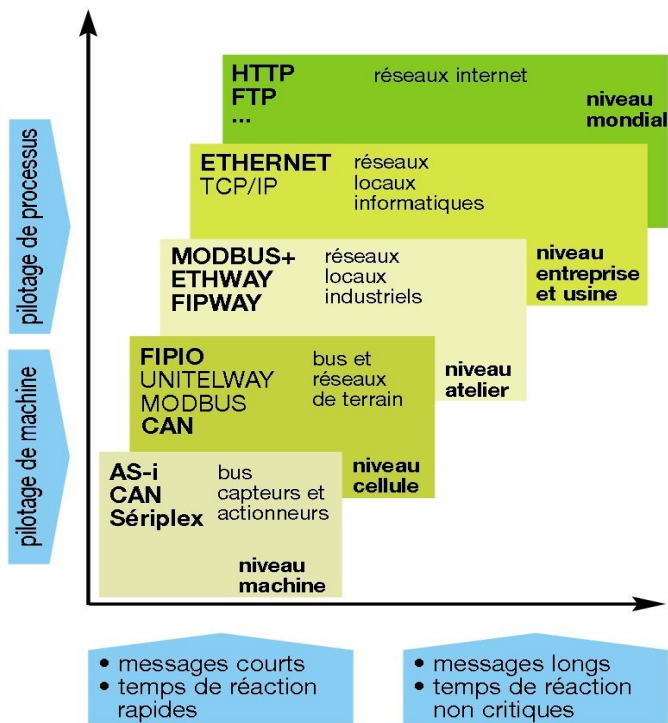
- Quantité relativement faible de données < 256 octets
- Temps de réaction < 100 ms (notion d'événements temps réel)
- Distance < 1 km

**Bus capteur/actionneur (sensor bus):** interface avec les capteurs/actionneurs, relie entre eux des noeuds à intelligence limitée ou nulle

- Niveau bits
- Temps de réaction < 10 ms (contrainte temps réel)
- Distance < 100 m



# Exemple : Schneider Electric



Les niveaux de communication retenus par Schneider Electric



# Les bus de terrain hors ateliers

---

- **bâtiments, domotique** : supervision de l'éclairage, du chauffage, des ascenseurs, de la sécurité d'accès et incendie, ...  
→ flexibilité et simplicité
- **distribution électrique** : télécommande, délestage sur incident, gestion des réseaux, synchronisation des équipements ...  
→ accès à un grand nombre de variables, possibilité de dater les paquets d'informations
- **infrastructures (autoroutes, tunnels, ...)** : gestion et surveillance de la ventilation, de l'éclairage, de la signalisation, de la vidéosurveillance, ...  
→ grandes distances, rapidité des réparations
- **embarqué (voiture, avion, bateau, machines agricoles, robot, ...)** : aide au pilotage, gestion de la sécurité, confort, ...  
→ contrainte temps réel dur, réduction du poids



# Normalisation (1)

---

1940 : Process de contrôle de capteurs de pression (USA)

1960 : Apparition du standard boucle analogique 4-20 mA

1970 : Processeurs - contrôle centralisé (premiers RLI)

1980 : Contrôle distribué - capteurs intelligents - réseau de terrain - début de la normalisation

1982 : instrumentation «intelligente» et bus instrumentation (bus IEEE-488 HPIB)

1990 : développement de solutions propriétaires

1994 : WorldFIP (World Factory Information Protocol, Europe) et ISP (Interoperable System Project, USA) fusionnent pour donner la **Fieldbus Foundation** (FF)

couche physique : septembre 1992

couches liaison et application : prévues fin 1998 mais ...

2000 : échec de la normalisation

**Constat** : l'idée de base était d'avoir un standard avant la sortie de produits commerciaux mais lobbying actif de groupes d'intérêt et donc échec de la normalisation niveau liaison fin 1998). L'absence d'un standard a entraîné l'apparition de solutions propriétaires devenues standards de fait (dû à une attente trop longue)

**Remarque** : Il existerait 2000 bus de terrain différents !





# Normalisation (2)

---

*On distingue actuellement deux types de bus/réseaux de terrains :*

- *standards de fait : Interbus-S, ASI, Lonworks (capteur/actionneur)*
- *standards internationaux :*
  - *WorldFIP (France, Italie) (NFC 46-600): Honeywell, Cegelec, Télémécanique, EDF ...*
  - *PROFIBUS (PROcess Field BUS, Allemagne) (DIN 19245) intégré à ISP (Interoperable System Project, USA) : Siemens, Fisher Controls (USA) ...*

*Comité FIELDBUS (IEC / ISA SP50) : définition du standard international de bus de terrain basé sur le modèle en 7 couches des systèmes ouverts (OSI) de l'ISO*

*Exemple : niveau physique norme «ISA S50.02 part 2» sept 92 ⇒ débits normalisés 31,25 kb/s, 1Mb/s, 2 Mb/s*



# État de la normalisation

Couche concernée	Référence	Commentaire
Présentation générale	IEC 61158-1	En préparation
Couche physique 1	IEC 61158-2	Publié en 1993 FF, WorldFIP, PROFIBUS PA conformes
Couche liaison 2		Ces 4 normes viennent d'être publiées et se déclinent en 8 types :
Services	IEC 61158-3	Type 1 : TS Type 2 : controlNet
Protocoles	IEC 61158-4	Type 3 : PROFIBUS Type 4 : P-Net
Couche application 7		Type 5 : FF-HSE Type 6 : SwiftNet
Services	IEC 61158-5	Type 7 : WorldFIP Type 8 : Interbus S
Protocoles	IEC 61158-6	
System management	IEC 61158-7	En préparation
Tests de conformité	IEC 61158-8	En stand by

Norme internationale	Bus concernés
IEC 62026	AS-i DeviceNet SDS LON (en cours)
IEC 61158	ControlNet PROFIBUS FF-HSE WorldFIP Interbus
EN 50295	As-i
EN 50170	PROFIBUS WorldFIP FF-H1 ControlNet (en cours)
EN 50254	PROFIBUS-DP WorldFIP Interbus
EN 50325	DeviceNet SDS CANopen (en cours)

*Décollage spectaculaire du nombre de bus / réseaux de terrain  
1995 : 100000 bus / réseaux (France, Allemagne, Italie, GB)  
2000 : multiplié par 7, + 100000 par an*

*Développé en 1989 avec la célébration de son 20ème anniversaire en 2009,  
PROFIBUS est devenu le bus de terrain Leader du marché avec plus de  
30,000,000 appareils installés sur tous les continents.*



# Futur : TOUT Ethernet ?

---

*Ethernet est une technologie de plus en plus utilisée comme solution de communication dans l'industrie.*

*Avantages : technologie banalisée, performante, fiable, peu onéreuse, une seule technologie sur tout le réseau, bien adapté au niveau transfert de fichiers*

*Inconvénients : son indéterminisme dû à la méthode d'accès CSMA/CD (probabilistique), inefficacité du protocole pour de petites quantités de données (de manière générale protocole non adapté aux contraintes industrielles), connectique non adaptée au milieu industriel,*

*Quelques conditions pour de l'Ethernet « industriel » :*

*Ethernet haut débit : 100 Mb/s, 1000Mb/s ()*

*Ethernet commuté et full-duplex : switch*

*Exemple : PROFINET est une extension du réseau Ethernet standard aux applications industrielles et qui intègre PROFIBUS (ainsi que d'autres bus de terrain).*



# Synthèse

Avantage n°1 : les coûts ⇒ économiser sur les câbles et leur installation

Avantage n°2 : la décentralisation ⇒ distribution de l'intelligence

Avantage n°3 : les délais de livraison ⇒ gain de temps

Avantage n°4 : l'accès Internet ⇒ télémaintenance, télédiagnostic, ...

