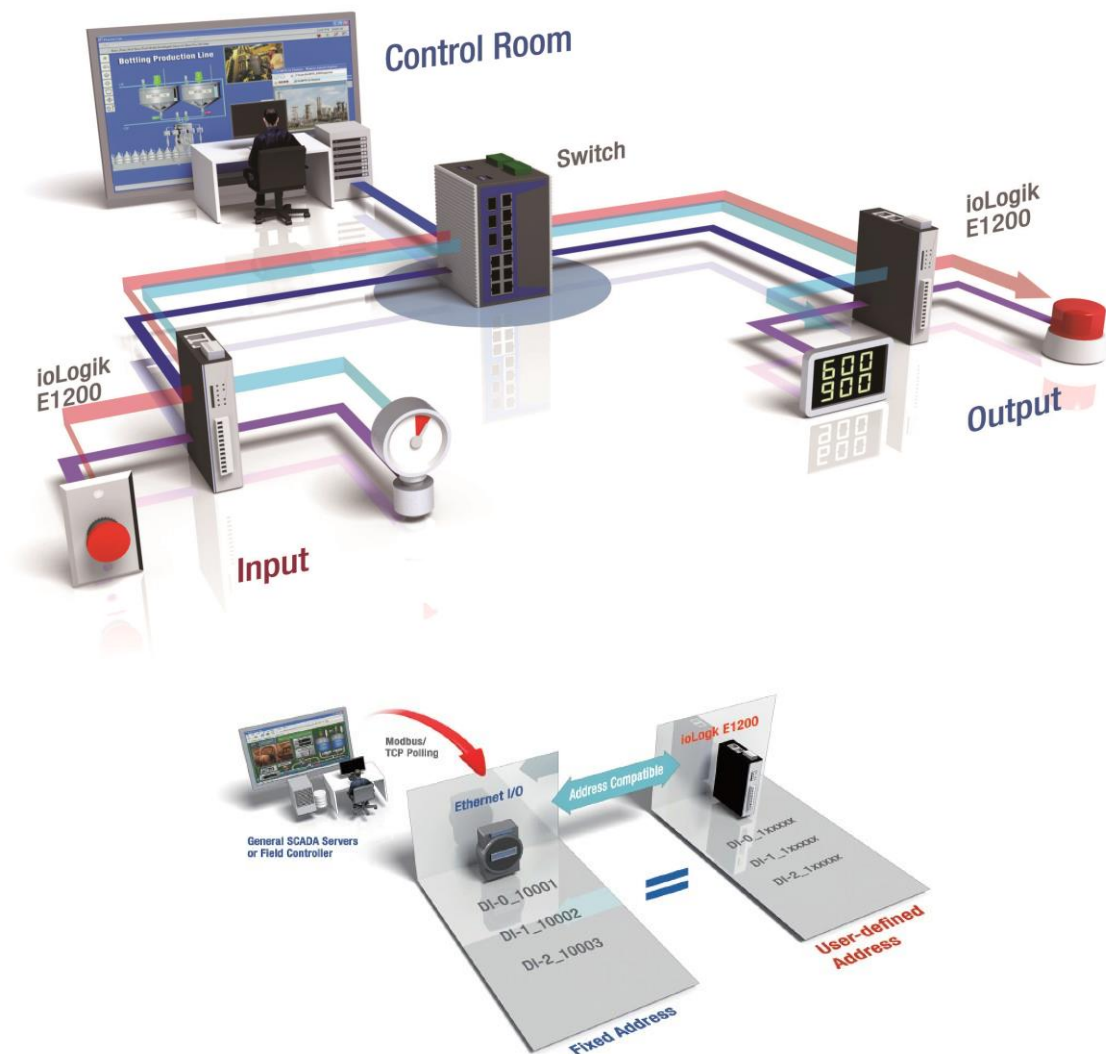


# La communication de l'information

## Réseaux et Bus



## Table des matières

1.	Préambule.....	3
2.	Les réseaux .....	5
2.1.	Topologie physique des réseaux .....	5
a)	Le bus.....	5
b)	L'anneau .....	5
c)	L'étoile .....	6
d)	Structure d'un réseau industriel d'entreprise .....	6
2.2.	Le modèle OSI et TCP-IP .....	7
a)	La couche accès au réseau.....	7
b)	La couche réseau .....	7
c)	La couche transport.....	8
d)	La couche application .....	8
3.	Encapsulation .....	8
4.	Adressage physique des stations, adressage IP.....	9
4.1.	Décodage d'une adresse IP.....	10
5.	Classes de réseaux.....	10
5.1.	Classe A.....	10
5.2.	Classe B.....	11
5.3.	Classe C.....	11
5.4.	Adresses IP réservées .....	11
6.	Masque de sous réseau .....	11
7.	IPv6 .....	12
8.	Technologies des différentes couches du modèle TCP/IP.....	12
8.1.	La couche accès au réseau.....	12
8.2.	La couche réseau .....	13
8.3.	La couche application .....	14
9.	Les bus de terrain .....	14
10.	Le bus de terrain Modbus.....	15
10.1.	Généralités.....	15
10.2.	Principe général .....	15
10.3.	Connexion par liaison série RS485.....	16
a)	Transmission série asynchrone.....	16
b)	Transmission série synchrone .....	16



c)	Câblage liaison Modbus RS485.....	16
d)	Liaison symétrique.....	17
10.4.	Les types de transmissions .....	17
a)	Transmission simplex : mono-directionnelle.....	17
b)	Transmission half-duplex : bi-directionnelle alternée.....	17
c)	Transmission full-duplex : bi-directionnelle simultanée .....	18
10.5.	Trame Modbus.....	18
a)	Format général d'une trame RTU.....	18
b)	Liste des fonctions : .....	19
10.6.	Paramétrage de la communication Modbus .....	19
11.	Le dialogue Homme/Machine .....	20
11.1.	Organes de dialogue.....	20
11.2.	Niveau de dialogue .....	20
11.3.	Les pupitres à boutons .....	21
11.4.	Les terminaux d'exploitation .....	21
11.5.	La supervision .....	21



## 1. Préambule<sup>i</sup>

Aujourd'hui plusieurs problématiques liées à de nouveaux besoins de communication de l'information convergent :

Les systèmes techniques comportent de plus en plus de capteurs pour détecter ou mesurer des informations et des grandeurs très diversifiées et nombreuses.

Le volume de données à transmettre est de plus en plus important (le développement de l'électronique et des nouvelles technologies fait qu'il y a de moins en moins d'informations « tout ou rien » et de plus en plus d'informations analogiques ou numériques).

Il apparait :

- Une décentralisation de l'organe de commande qui peut induire :
  - Un risque de perte de qualité dans la transmission de l'information en raison de la distance que les données doivent parcourir.
  - Une complexité et un coût du câblage en augmentation. Le principe « une information = un fil » n'est plus possible.
- Un traitement des informations à effectuer de plus en plus complexe (calcul de trajectoires, prises de décisions en fonction de seuils atteint, régulation de grandeurs analogiques...) :
  - Le traitement du numérique devient prédominant.
  - Convergence (ou confusion) entre un automate programmable industriel (A.P.I) et un ordinateur.
- Une mutualisation des ressources, échange de données, supervision à distance :
  - Nécessité de dialogue entre les appareils.
- Une offre de plus en plus vaste quant aux types d'appareils qui peuvent communiquer entre eux ainsi qu'en termes de marques, types... :
  - Transparence du fonctionnement pour l'utilisateur.
  - Compatibilité entre les différents appareils.
  - Standardisation des connexions.

En conséquence :

- Nécessité d'une mise en réseau des ressources : du capteur à l'ordinateur et ses périphériques (du bus de terrain à Internet).
- Communication par liaison de type série (USB, FireWire, Ethernet, CAN,...) s'imposent au détriment des liaisons parallèles qui sont abandonnées.
- Mise en place de suites de protocoles communs à tous les appareils rendant la communication « transparente » pour l'utilisateur et les appareils interchangeable.
- Fédéralisation des réseaux locaux.

Exemple dans l'automobile

Les nouvelles normes (antipollution, sécurité,...) et les demandes de confort croissantes entraînent une augmentation des fonctions électronique et donc des capteurs et des traitements d'informations (climatisation, ABS, ESP,...)

Sur un véhicule haut de gamme, le câblage de l'ensemble des éléments représente un faisceau électrique d'environ :

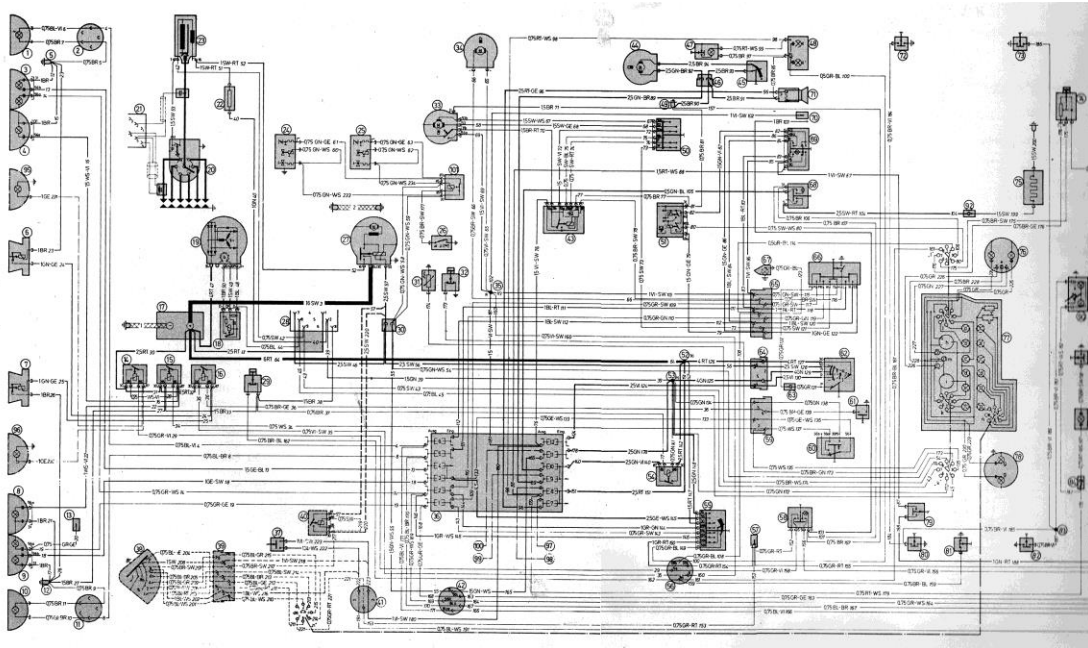
- 2 km de fils électriques,



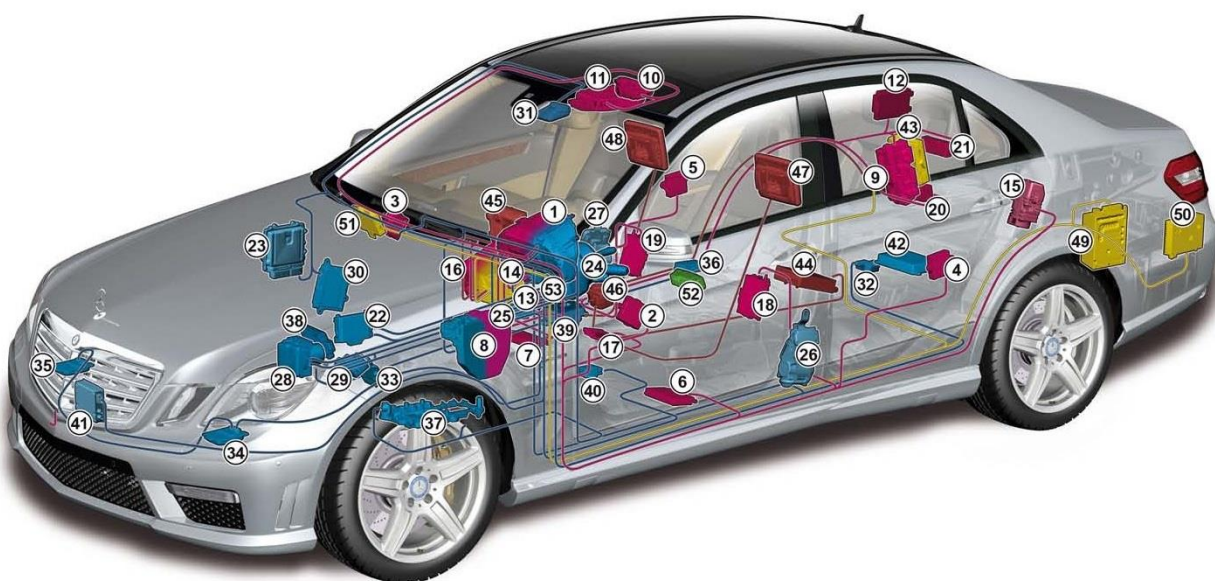
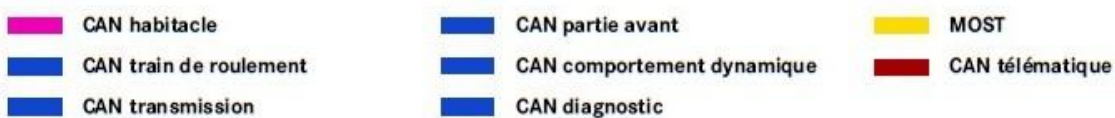
- 40 kg embarqués,
- 1800 connexions.

Il apparaît un problème de coût des matériaux et de la mise en œuvre, un encombrement et un poids non négligeable et une fiabilité aléatoire devant le nombre de connexions avec la difficulté du diagnostic en cas de panne.

### Schéma électrique d'une BMW E03



### Schéma électrique d'une Mercedes classe E





## 2. Les réseaux

Un réseau est un groupe d'ordinateurs, de calculateurs, de périphériques et d'autres appareils reliés entre eux pour échanger et partager :

- Des informations,
- Des ressources,
- Des périphériques.

On distingue différents types de réseaux (privés) selon leur taille (en terme de nombre de machines), leur vitesse de transfert des données ainsi que leur étendue. On fait généralement trois catégories de réseaux :

- SAN (Short Area Network)

Un SAN est une structure d'interconnexion de très courte distance à très haut débit dont la fiabilité d'échange d'informations est maximum. C'est un réseau constitué de périphériques directs, d'un API ou d'un poste informatique : CANopen, USB, ...

- LAN (Local Area Network)

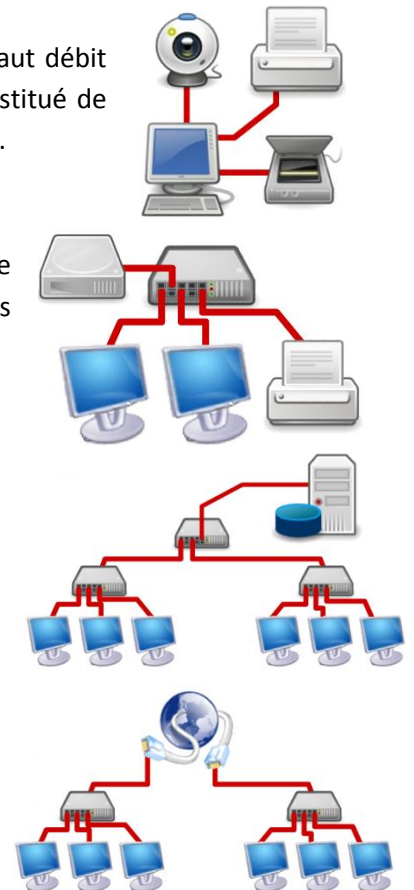
Un LAN, ainsi qu'un RLE (réseau local d'entreprise) est un réseau local qui relie un nombre limité d'ordinateurs ou de périphériques proches les uns des autres. Sur Ethernet il est généralement de classe C.

- MAN (Metropolitan Area Network)

Un MAN est un réseau métropolitain qui relie des ordinateurs et des réseaux locaux situés dans une même zone géographique. Typiquement, réseaux d'universités ou de grands groupes industriels reliant les différents sites et laboratoires.

- WAN (Wide Area Network)

Un WAN est un réseau étendu reliant des LAN et des MAN répartis dans le monde entier (Internet par exemple). Dans cette catégorie on retrouve le réseau terrestre et le réseau militaire.



### 2.1. Topologie physique des réseaux

Selon le type de réseau différentes typologies, ou structures, existent :

#### a) Le bus

Les appareils sont tous reliés au même câble. Les informations parcourent l'ensemble du câble et un seul poste peut transférer des données à la fois. C'est typiquement l'organisation des bus de terrain.



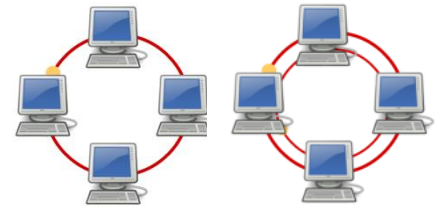
Lorsque une connexion est défectueuse (carte, câble, ...) le fonctionnement de l'ensemble du réseau peut-être affecté.

#### b) L'anneau

Les postes sont reliés par un même câble « circulaire » ininterrompu. Les informations parcourent l'anneau dans un seul sens jusqu'à atteindre leur cible. En cas de défaillance d'un nœud, tous les ordinateurs situés avant le secteur en panne peuvent continuer à communiquer (dans un seul sens et dans le cas où il n'y a pas besoin de retour



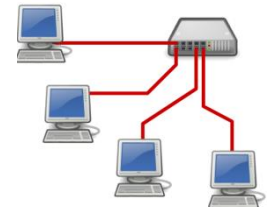
d'information). Ce problème est en partie réglé par les structures en doubles boucles où les données circulent dans un sens dans une boucle et dans l'autre sens dans la seconde boucle.



Dans la réalité les ordinateurs ne sont pas reliés physiquement en boucle mais à un répartiteur qui gère la communication en répartissant le temps de parole et le tour de rôle auprès de chaque ordinateur.

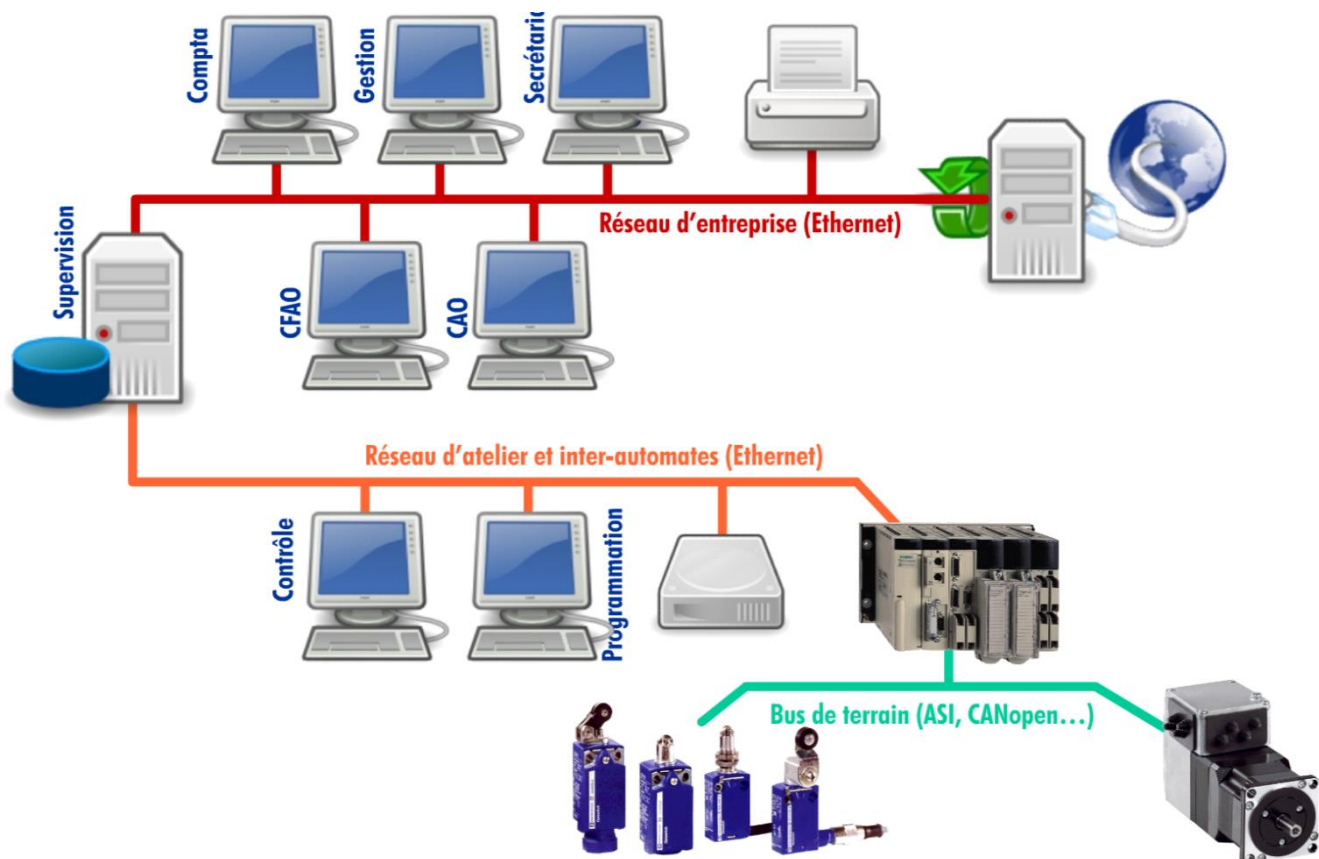
### c) L'étoile

Les ordinateurs sont tous reliés à un point central (hub ou switch). Les informations transitent toutes par ce point central et sont redistribuées vers les stations destinataires. La taille du réseau est limitée par le nombre de ports disponibles sur le concentrateur.



Lorsqu'un câble ou un ordinateur est défaillant, il n'affecte pas le fonctionnement du réseau. Par contre lorsque le concentrateur est défaillant tout le réseau est bloqué.

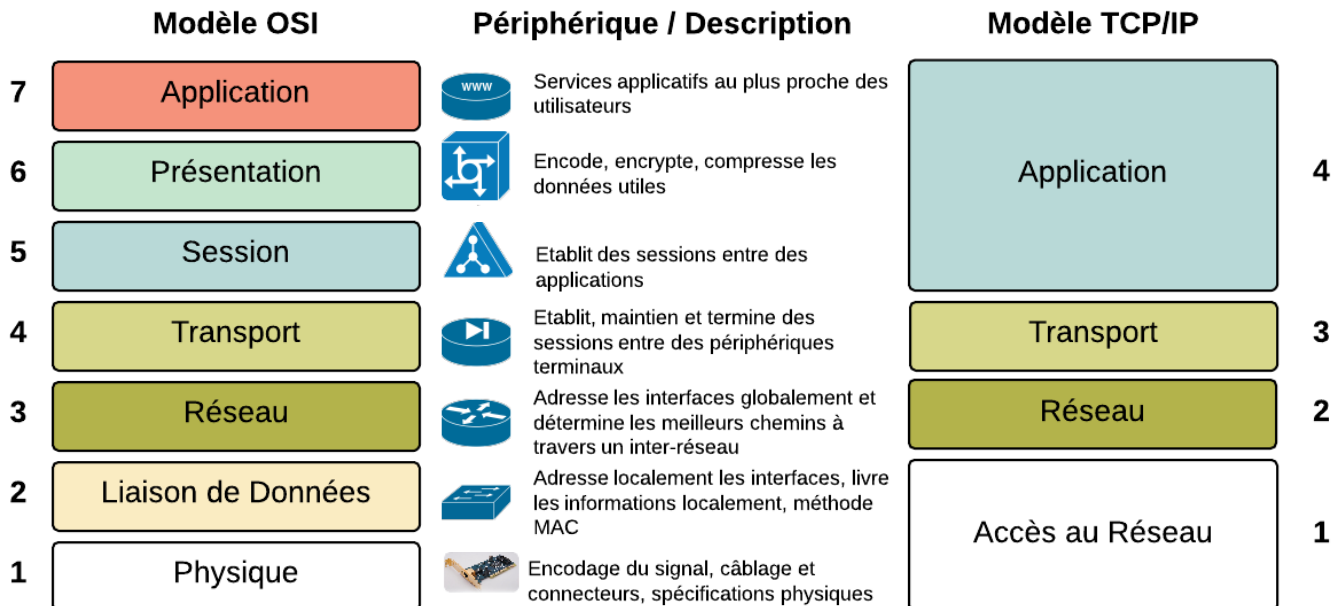
### d) Structure d'un réseau industriel d'entreprise



## 2.2. Le modèle OSI et TCP-IP

L'ISO (International Standards Organisation) a développé le modèle OSI (Open Systems Interconnection), modèle théorique qui doit permettre l'interconnexion avec des systèmes hétérogènes.

Il se décompose en 7 couches, chacune en charge d'un aspect de la communication. C'est un modèle purement théorique qui présente l'intérêt de fixer des directives pour garantir le bon acheminement des données en toute sécurité.



TCP-IP est un modèle fonctionnel à 4 couches en mesure de communiquer sur Internet. Il s'appuie partiellement sur le modèle OSI. Nous allons aborder plus en détail le modèle TCP-IP

### a) La couche accès au réseau

Cette couche est composée de la couche physique et de la liaison de données.

- La couche physique transmet les bits de façon brute.
- Cette couche définit les caractéristiques : électriques du signal, mécaniques des connecteurs... c'est dans cette couche que l'on définit l'aspect matériel : modem, carte réseau, câbles et connexion.

La liaison de donnée assure une communication fiable par une bonne synchronisation des postes et une détection des erreurs.

- Elle est responsable des transferts sans erreurs des trames, ce qui nécessite l'implantation de codes de détection et de correction d'erreurs.
- Elle contrôle le flux de données afin d'éviter l'engorgement du réseau.
- Elle séquence les informations en numérotant les trames.

### b) La couche réseau

- Elle identifie les ordinateurs connectés au réseau et détermine comment les informations doivent être dirigées.
- Elle comporte un service de routage déterminant un chemin pour rejoindre le poste distant à l'intérieur du réseau maillé.
- Elle contrôle le flux de données afin de ne pas saturer le réseau (redondance avec la couche précédente).





- L'unité d'information est le paquet.

### c) La couche transport

- Elle gère l'ensemble du processus de connexion.
- Elle corrige les erreurs de transmission et vérifie le bon acheminement des données.
- Elle optimise l'utilisation de la couche réseau et assure la fragmentation du message lorsque c'est nécessaire (découpage en plusieurs parties qui seront acheminées séparément).

### d) La couche application

Elle assure l'interface entre l'utilisateur et le réseau :

- Courrier électronique,
- Transfert de fichiers,
- Appel de procédures distantes,
- Affichage de page web,
- ...

Les données sont converties, cryptées, compressées puis préparées puis préparées pour le voyage sur le réseau.

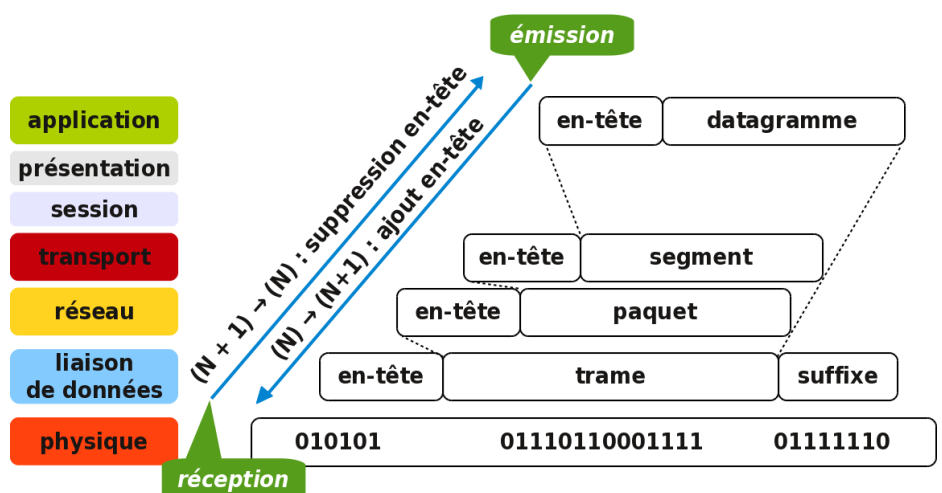
## 3. Encapsulation<sup>ii</sup>

On peut prendre l'exemple des étapes de l'acheminement du courrier postal pour illustrer le concept d'encapsulation :

- Une lettre est d'abord insérée dans une enveloppe pour être postée.
- Cette enveloppe est ensuite placée dans un sac postal.
- Le sac postal est lui-même transporté dans un conteneur.

Ces étapes illustrent l'encapsulation de l'information lors de son émission. Pour la réception, on reprend les mêmes étapes dans l'ordre inverse. Le sac postal est extrait du conteneur. L'enveloppe est extraite du sac postal et déposée dans la boîte aux lettres du destinataire. On peut parler de désencapsulation pour décrire les étapes de réception.

Si on aborde le concept de façon plus formelle, on reprend les mêmes étapes entre les couches de la modélisation. Au passage d'une couche N vers la couche inférieure (N-1), le flot de données est enrichi de champs supplémentaires placés en début et/ou en fin. Dans le premier cas, il s'agit d'un en-tête ou préfixe (header); dans le second, d'un suffixe (trailer). Ces informations apportées



renseignent l'unité de donnée au niveau de la couche qui les a émises (ici N). Ces champs servent donc, lors de la réception par la couche de même niveau (N) de la station destinataire, au traitement que celle-ci doit effectuer. On peut y trouver les adresses source



et destination (de niveau N), un contrôle de parité, la longueur concernant le paquet, des bits de priorité, l'identification du protocole de niveau supérieur (N+1) pour le décodage, des numéros d'acquittement, etc.

#### 4. Adressage physique des stations, adressage IP

L'information à transmettre est mise en forme, les trames sont constituées en respectant les protocoles définis, les bits circulent dans les fils ou par les ondes. Il ne reste plus qu'à trouver le destinataire.

Chaque appareil connecté au réseau est identifié par un code ou une adresse unique : cet identifiant unique est déterminé à la fabrication de la carte réseau. sur un réseau de type Ethernet, cet identifiant s'appelle l'adresse MAC (Media Access Control). Il est affecté par le fabricant de la carte réseau et se présente sous forme d'une suite de 6 octets.

Exemple :

**00.19.D2.4F.28.CA**

Les trois octets de poids fort référence le fabricant :

- 00.19.5E : Motorola
- 00.19.D2 : Intel

Les trois octets de poids faible correspondent à un identifiant unique fixé par le fabricant (numéro de série par exemple).

L'adressage physique permet l'identification fiable de chaque poste connecté à un réseau mais pose des difficultés pour localiser l'appareil car la distribution des adresses MAC est anarchique.



Il convient de mettre en place un système d'identification permettant de localiser un poste avec efficacité : l'adressage logique IP (Internet Protocol).

L'identification des postes dans un réseau de type Ethernet repose sur un protocole d'adressage logique indépendant de l'adressage physique. Il permet de regrouper les éléments en sous-réseaux.

Chaque poste se connectant à un réseau donné se présente avec son adresse MAC et reçoit un identifiant personnel permettant de le situer au sein de ce réseau. Dorénavant, c'est avec cet identifiant qu'il échangera avec les autres membres de ce réseau.



Actuellement la majorité des systèmes utilisent encore une ancienne version de l'adressage logique : IP v4. Une nouvelle version est en cours de déploiement : IP v6.

Une adresse IP v4 est un nombre codé sur 32 bits présenté sous forme de 4 octets :







## 7. IPv6

Le protocole d'adresses IP disponibles avec le protocole actuel IPv4 ne suffit plus pour répondre à la demande croissante d'adresses fixes (téléphonie par IP, réseaux embarqués dans l'automobile, Internet,...).

L'épuisement des adresses publiques est inévitable aussi un nouveau protocole Internet est mis en place : IPv6 qui permet d'augmenter le nombre d'adresses ainsi qu'améliorer le routage des données.

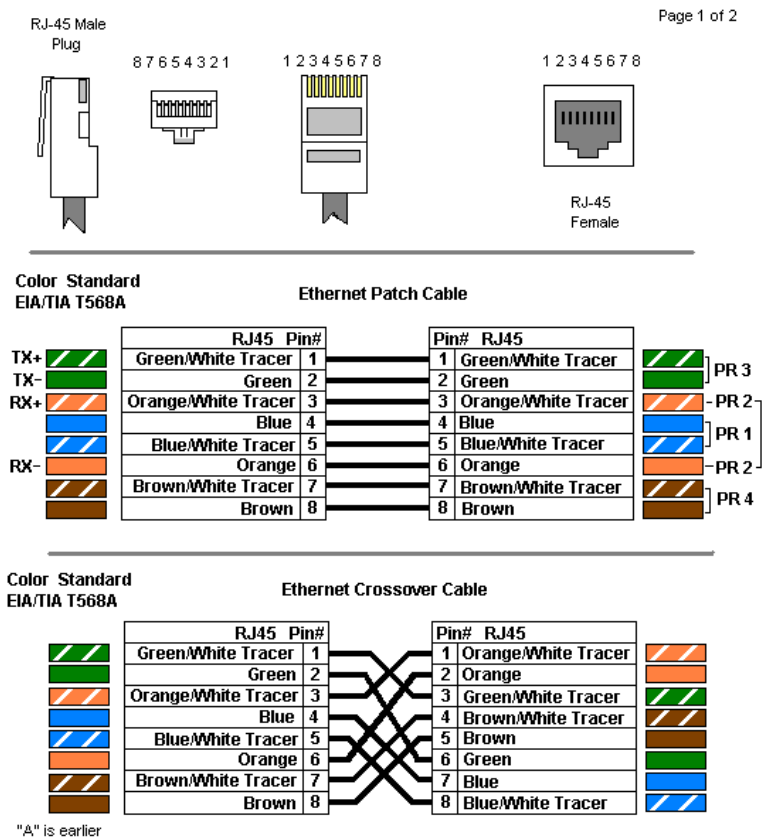
## 8. Technologies des différentes couches du modèle TCP/IP

### 8.1. La couche accès au réseau

- Chaque poste informatique ou périphérique est équipé d'une carte réseau muni d'une prise RJ45. Les câbles sont constitués de 4 paires de fils torsadés et utilisent des prises de type téléphone RJ45.



- Dans le cas d'une connexion directe entre deux appareils, on utilise un câble croisé.
- Dans le cas d'une connexion via un hub ou un switch, on utilise un câble droit.





- Un hub (ou répéteur, concentrateur) permet de connecter plusieurs ordinateurs. Quand une donnée arrive sur un port, elle est recopiée sur tous les ports et disponible pour toutes les machines. Les hubs ne peuvent donc être utilisés qu'avec un petit nombre d'ordinateurs vu le volume de données échangées lorsque tous les appareils veulent accéder au réseau.



- Un switch (ou commutateur) connaît les ordinateurs qui lui sont connectés et lit en partie le message qui arrive pour déterminer le destinataire (adresse MAC) et ne l'envoie qu'à la machine concernée. Il se situe dans une « sous-couche supérieure » de la couche accès au réseau par rapport au hub.



## 8.2.La couche réseau

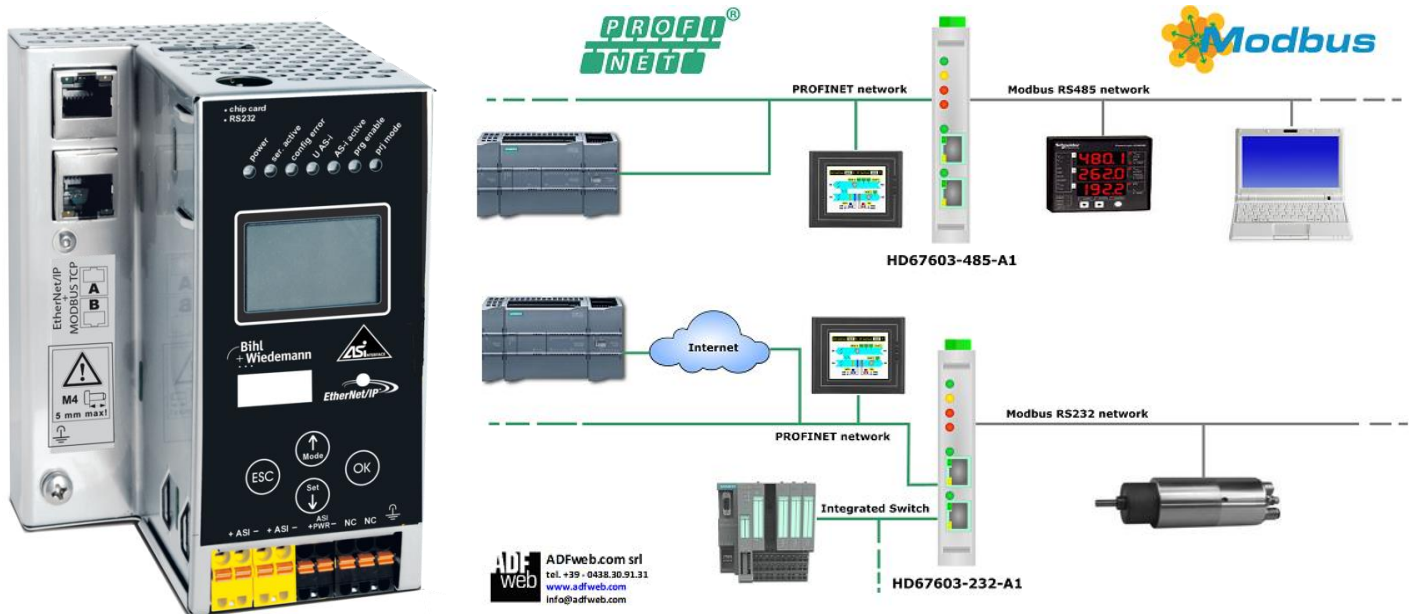
- Le routeur permet l'interconnexion des réseaux. C'est presque un ordinateur : il décode le message reçu et détermine le meilleur chemin pour acheminer les données. Le routeur maintient à jour une table d'adresse IP connues et le chemin pour les atteindre. Il possède au moins deux cartes réseau pour permettre l'interconnexion des deux réseaux. Aujourd'hui hub et switch sont fréquemment remplacés par des routeurs qui assurent la connexion des appareils du réseau privé et la connexion Internet.



### 8.3. La couche application

Une passerelle est un dispositif permettant de connecter deux réseaux informatiques de technologies différentes utilisant des protocoles différents.

Elle effectue donc le routage des paquets comme le routeur mais peut aussi également effectuer des traitements plus évolués sur ceux-ci. Le plus souvent elle sert également de pare-feu (protection contre les intrusions), de proxy (ordinateurs qui s'intercale entre un réseau privé et l'Internet pour filtrer les connexions et mémoriser les pages visitées afin de les rendre accessible plus rapidement).

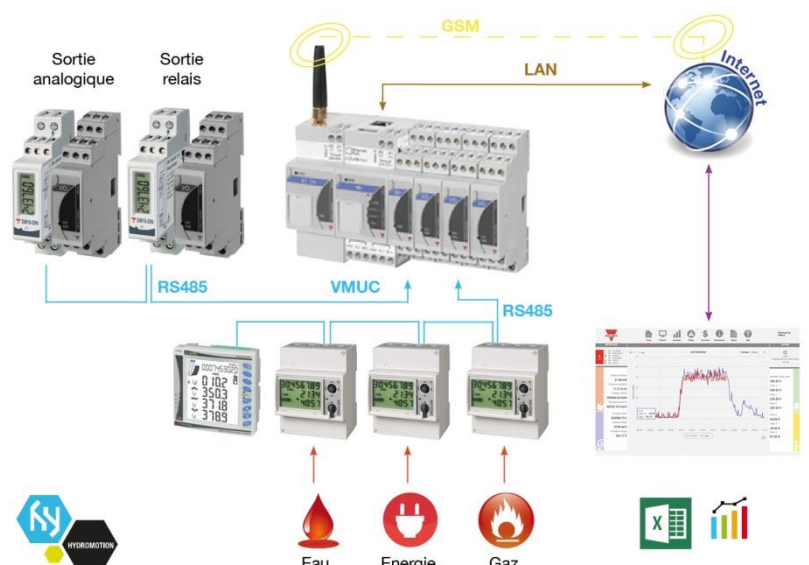


## 9. Les bus de terrain

Un bus de terrain est un système d'interconnexion d'appareils de commande (principalement des A.P.I), de mesures, de capteurs, de pré actionneurs et d'actionneurs...

Le bus de terrain est en général plus simple qu'un bus informatique : les capteurs et actionneurs industriels nécessitent moins de ressources numériques ou de traitements informatiques complexes. Il est également plus robuste face aux perturbations externes (rayonnement électromagnétique).

Enfin les bus de terrain doivent fonctionner en temps réel (on ne peut accepter un délai aléatoire de traitement) et avoir un comportement déterministe (garantir toujours la même réponse à la même situation quelles que soient les circonstances).



Les bus de terrain les plus courants sont :

- CANopen,
- MODBUS,
- PROFibus
- I2C,
- Ethernet industriel
- ...

Le bus de terrain le plus communément rencontré dans le domaine des systèmes énergétiques et fluidiques est le Modbus.

## 10. Le bus de terrain Modbus

### 10.1. Généralités

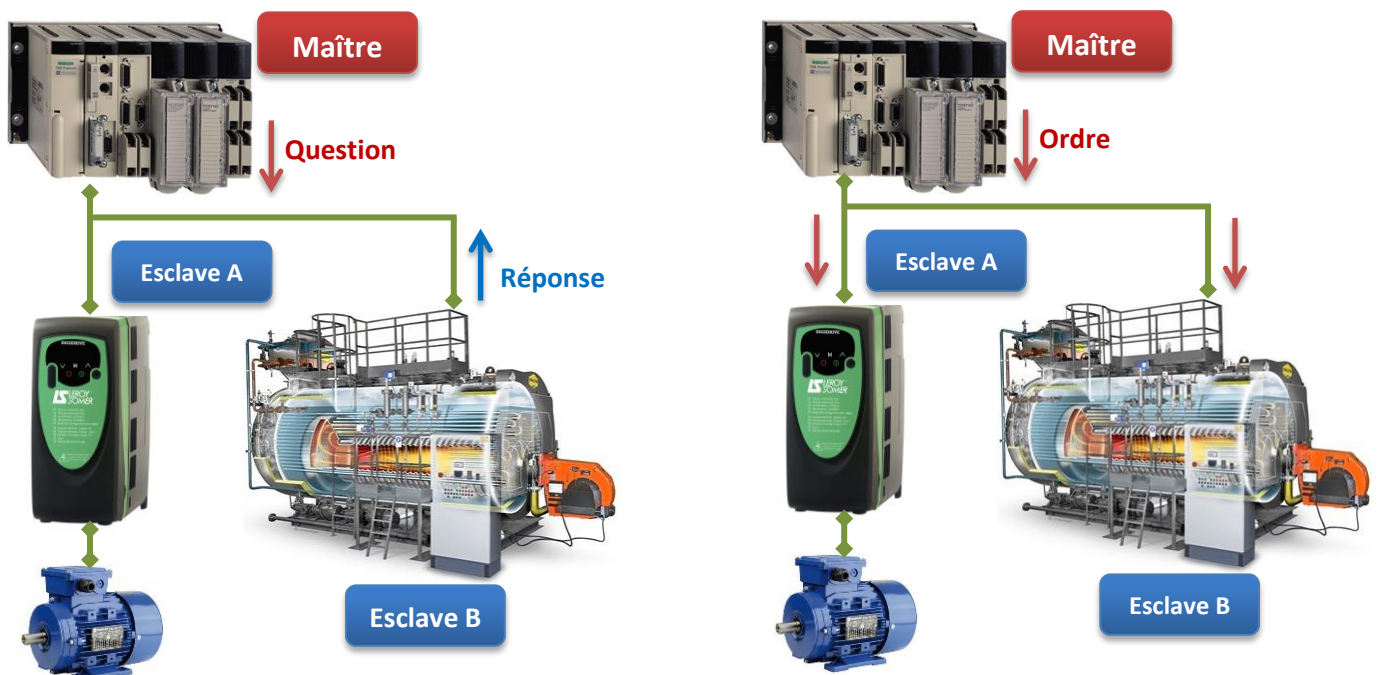
Le bus Modbus répond aux architectures Maître/Esclave. Il a été créé par la société Modicon pour interconnecter les automates programmables. Ce protocole a rencontré beaucoup de succès depuis sa création du fait de sa simplicité et de sa bonne fiabilité.

#### Application :

- Échanges automate ↔ périphérie décentralisée.
- Échange supervision ↔ automate.

### 10.2. Principe général

Le bus est composé d'une station Maître et de stations esclaves. Seule la station Maître peut être à l'initiative de l'échange (la communication directe entre stations Esclaves n'est pas réalisable). Le maître peut s'adresser aux esclaves individuellement ou envoyer un message de diffusion générale à tous les esclaves. Les esclaves renvoient un message (réponse) aux requêtes qui leur sont adressées individuellement. Les requêtes de diffusion générale n'attendent pas de réponses en retour.



- Le maître gère les échanges et lui seul peut prendre l'initiative.
- Il interroge chacun des esclaves successivement.
- Aucun esclave ne peut envoyer de message à moins qu'il ne soit invité à le faire.
- Le maître répète la question lorsqu'un échange est incorrect et déclare l'esclave interrogé absent si aucune réponse n'est reçue dans un délai donné.
- Si un esclave ne comprend pas un message, il envoie une réponse d'exception au maître. Le maître peut réitérer ou non la requête.

### 10.3. Connexion par liaison série RS485

#### a) Transmission série asynchrone

En environnement industriel on préfère utiliser la transmission Série asynchrone plus simple à mettre en œuvre et moins coûteuse. La ligne peut ne comporter qu'un fil; on en utilise en général 3: **émission; réception; masse**.

Les éléments binaires d'informations (bits) d'un mot ou caractère sont alors envoyés successivement les uns après les autres (sérialisation) au rythme d'un signal d'horloge. Le récepteur effectue l'opération inverse: transformation Série / parallèle à partir de son horloge ayant la même fréquence que celle de l'émetteur.

- Les informations peuvent être transmises de façon irrégulière, cependant l'intervalle de temps entre 2 bits est fixe.
- Des bits de synchronisation (START, STOP) encadrent les informations de données.

#### b) Transmission série synchrone

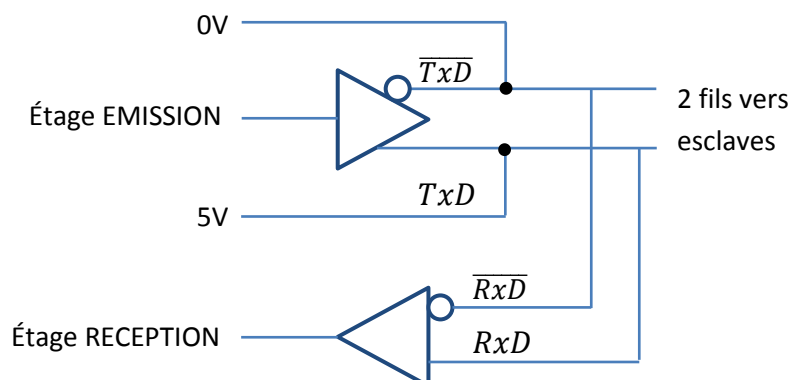
Pour une transmission synchrone, c'est la réception du signal d'horloge sur un fil séparé ou contenu dans les données (code Manchester) qui lance exploitation des données par le récepteur.

- Les informations sont transmises de façon continue.
- Un signal de synchronisation est transmis en parallèle aux signaux de données.

#### c) Câblage liaison Modbus RS485

RS485 est une liaison série, de type asynchrone, différentielle qui permet un débit élevé (jusqu'à 10 Mégabits/secondes) sur une distance importante (jusqu'à 1200 mètres).

Elle dispose de 2 bornes d'émission polarisées notées Tx(+), Tx(-) ou  $\overline{TxD}$  et de 2 bornes de réception polarisées notées Rx(+), Rx(-) ou  $\overline{RxD}$ .

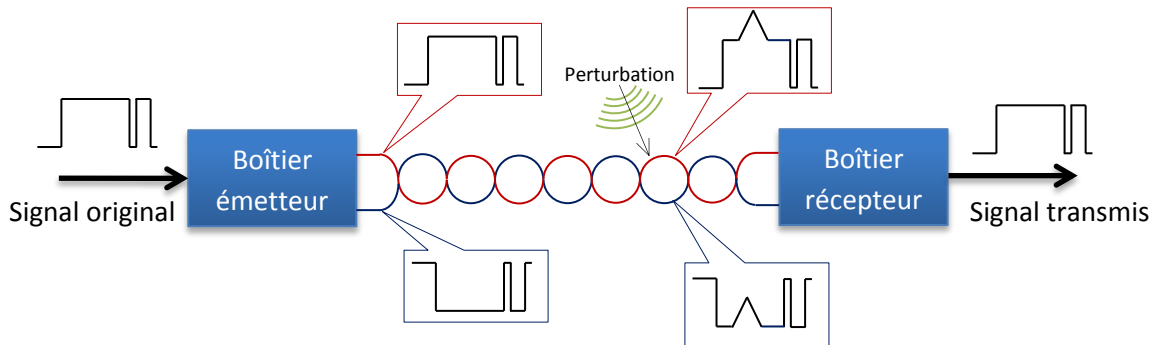




#### d) Liaison symétrique

Une liaison symétrique (ou différentielle) comporte deux conducteurs actifs par sens de transfert. L'émetteur possède un amplificateur différentiel qui va transmettre les états logiques à la double ligne de transmission sous forme de deux tensions  $V+$  et  $V-$  ou  $V-$  et  $V+$  selon le niveau logique.

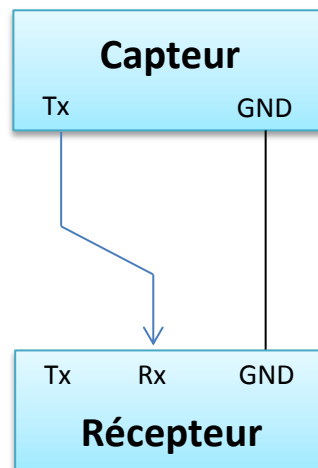
Le récepteur est un montage à amplificateur opérationnel, il n'est donc concerné que par la différence de tension entre les deux fils de ligne.



### 10.4. Les types de transmissions

#### a) Transmission simplex : mono-directionnelle

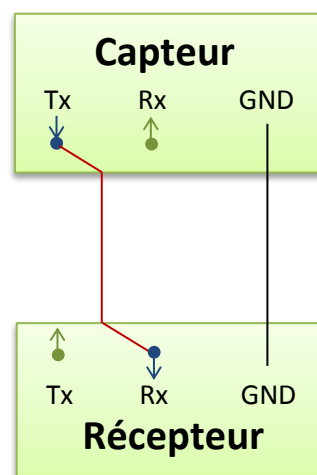
- Unidirectionnelle.
- Les données sont transmises dans un seul sens.
- Ce mode de communication est utilisé quand il n'est pas nécessaire pour l'émetteur d'obtenir une réponse de la part du récepteur. Un circuit électronique comme un capteur qui envoie régulièrement et de manière autonome des données pourra utiliser une liaison simplex.



Si l'on prend l'exemple d'un capteur et d'un système d'enregistrement, la communication simplex permettrait au capteur de transmettre ses données de manière autonome, sans être en mesure de recevoir des commandes ou des accusés de réception de la part de l'enregistreur.

#### b) Transmission half-duplex : bi-directionnelle alternée

- Bidirectionnelle.
- La transmission est possible dans les 2 sens, mais pas simultanément.
- Il ne peut y avoir sur la ligne qu'un seul équipement en train d'émettre.
- Dans la communication half-duplex, deux systèmes interconnectés sont capables d'émettre et de recevoir chacun leur tour.
- Il faut que les systèmes communicants soient en mesure de déterminer qui a le droit de parler. Dans le cas contraire, on risque d'avoir une collision (quand les deux systèmes tentent de parler simultanément).



Si l'on prend l'exemple d'un capteur et d'un système d'enregistrement, la communication half-duplex permettrait par exemple au capteur de se mettre en attente d'une requête de l'enregistreur, puis, à la demande de celui-ci de



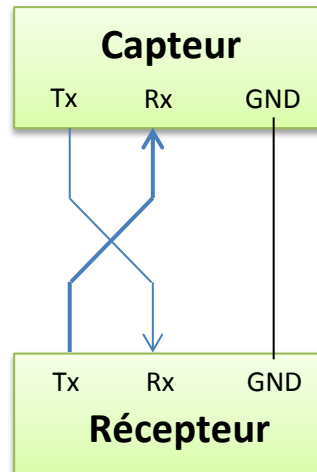


### c) Transmission full-duplex : bi-directionnelle simultanée

- Bidirectionnelle.
- Les données sont reçues ou transmises simultanément dans les 2 sens. Deux systèmes interconnectés sont capables d'émettre et de recevoir simultanément.

*Pour des raisons liées au coût et à la robustesse, la plupart des réseaux de communication industriels utilisent une transmission numérique série asynchrone half-duplex.*

L'avantage de ce système de communication par rapport au mode full-duplex est qu'il réduit par deux le nombre de canaux de communication nécessaires.



Si l'on prend l'exemple d'un capteur et d'un système d'enregistrement, la communication full-duplex permettrait au capteur de transmettre ses données quand bon lui semble, tout en autorisant le système d'enregistrement à lui envoyer des commandes à tout moment.

## 10.5. Trame Modbus

Les trames sont de 2 types :

- Mode RTU (Remote Terminal Unit) : les données sont sur 8 bits.
- Mode ASCII : les données sont sur 7 bits (les trames sont donc visibles en hexadécimal et il faut deux caractères pour représenter un octet).

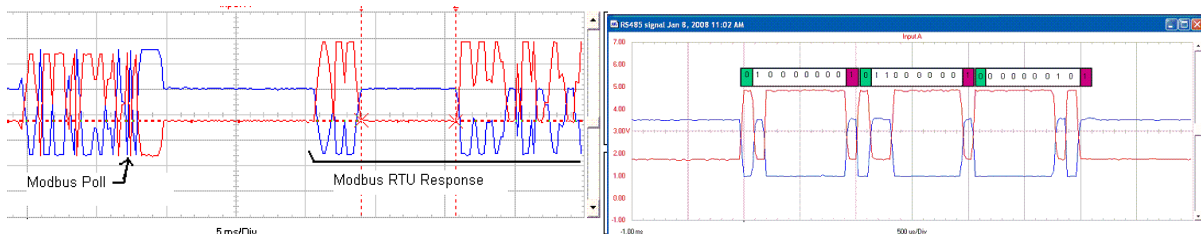
Ce dernier mode est quasiment tombé en désuétude.

### a) Format général d'une trame RTU

Chaque octet composant une trame est codé avec 2 caractères hexadécimaux (2 fois 4 bits). La trame ne contient ni octet d'en-tête de message, ni octet de fin de message. La détection de fin de message est réalisée sur un silence de plus de 2 caractères. La taille maximale est de 256 octets. Elle est définie de la manière suivante :

Start	Adresse	Fonction	Données	CRC	End
Silence	1 octet	1 octet	n octets	2 octets	Silence

N° esclave	Code fonction	1 <sup>er</sup> paramètre		Autres paramètres	CRC 16	
De 1 à 247 ; 1 octet	19 fonctions possibles ; 1 octet	Poids Fort : 1 octet	Poids faible : 1 octet	N octets	PF : 1 octet	Pf : 1 octet



*Exemples de trames relevées à l'oscilloscope.*

Le CRC (contrôle par redondance cyclique) permet de détecter les erreurs de transmission. Il est calculé par l'émetteur avant d'être transmis. Le récepteur calcule aussi le CRC et le compare avec le CRC reçu : des valeurs différentes indiqueront une erreur de transmission du message.



## b) Liste des fonctions :

Function type		Function name	Function code	
Data Access	Bit access	Physical Discrete Inputs	Read Discrete Inputs	2
		Internal Bits or Physical Coils	Read Coils	1
			Write Single Coil	5
			Write Multiple Coils	15
	16-bit access	Physical Input Registers	Read Input Registers	4
		Internal Registers or Physical Output Registers	Read Multiple Holding Registers	3
			Write Single Holding Register	6
			Write Multiple Holding Registers	16
			Read/Write Multiple Registers	23
			Mask Write Register	22
			Read FIFO Queue	24
	File Record Access	Read File Record	20	
		Write File Record	21	
	Diagnostics	Read Exception Status	7	
Diagnostic		8		
Get Com Event Counter		11		
Get Com Event Log		12		
Report Slave ID		17		
Read Device Identification		43		
Other	Encapsulated Interface Transport	43		

<https://en.wikipedia.org/wiki/Modbus>

La lecture du document constructeur s'impose pour connaître les paramètres à transmettre.

### 10.6. Paramétrage de la communication Modbus

Il faut ajuster les paramètres de communication entre le maître et l'esclave :

- Vitesse de communication : **9600** ou **19200** bits/seconde,
- Données (trame) : **8** bits,
- Parité : **Paire** (even), **impaire** (odd) ou **sans parité**,
- Arrêt : **1** ou **2** bits de stop.

Exemple :

- **8E1** (8 bits de données, parité paire, 1 bit de stop).



## 11. Le dialogue Homme/Machine<sup>iv</sup>

L'automatisation des moyens de production s'amplifie actuellement grâce aux techniques numériques, l'augmentation de la puissance de traitement des automates permet la hiérarchisation des fonctions dans un système de commande des machines de production. Cette technique facilite la coordination pour optimiser les processus de production. Dans cette optique les éléments de conduite assurent un rôle important en situation de production. Malgré leurs possibilités, les API pèchent par un manque de réactivité qui rend indispensable la présence de l'homme dans le cas de situations imprévues. Les tâches de surveillance, de diagnostic, de maintenance, ainsi que la reprise après défaillance sont assignées à l'opérateur par l'automaticien pour augmenter la fiabilité et la disponibilité des processus. Cette fonction de conduite et de surveillance nécessite un échange d'information entre l'homme et la machine. Ce dialogue Homme /Machine (IHM) est assuré par une interface spécialisée permettant la communication dans les deux sens.

### 11.1. Organes de dialogue

L'interface de communication entre l'homme et la machine peut prendre des formes très variées suivant :

- La complexité des tâches décisionnelles propre à l'opérateur, souvent liées à la complexité du système à piloter.
- Le degré d'intégration de l'opérateur dans la conduite du procédé.
- Le niveau de dialogue.
- Le type d'information.

Dans la pratique, suivant le degré de complexité du dialogue, on trouve trois techniques dans la conception de l'organe de dialogue :

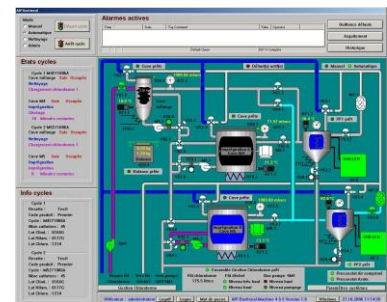
Le pupitre simple à boutons et voyants



Le pupitre avec terminal de dialogue



Le superviseur

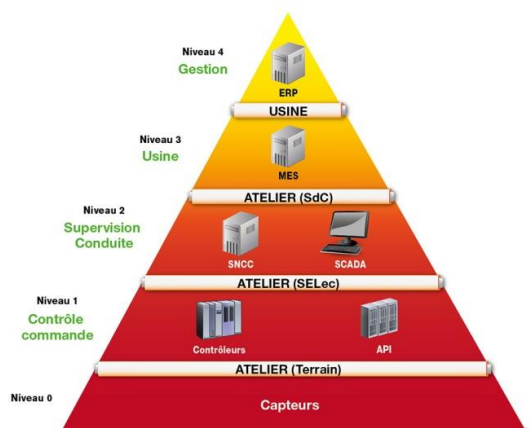


### 11.2. Niveau de dialogue

Le dialogue homme/machine de production concerne essentiellement deux niveaux dans l'architecture (sur les cinq) défini par le CIM. Pour la maintenance, l'utilisation de réseau de niveau supérieur (Ethernet et/ou Internet) peut être utilisé (télé maintenance, ...), il en est de même pour la gestion de production.

#### Niveau 1

Dialogue local, sur le poste de travail assuré par un pupitre avec ou sans terminal en fonction du type et de la quantité d'informations.



## Niveau 2

Dialogue utilisé au niveau d'une ligne ou d'un îlot de production. Concerne surtout les informations de production (paramétrages, configurations, changement de production, ...). Ce type de dialogue est souvent attribué à un superviseur.

### 11.3. Les pupitres à boutons<sup>v</sup>

Ce sont des interfaces de dialogue parfaitement adaptées quand les informations échangées entre opérateur et machine sont peu nombreuses et limitées à des signaux tout ou rien.

Les couleurs sont assujetties à une norme NF EN 60204-1.



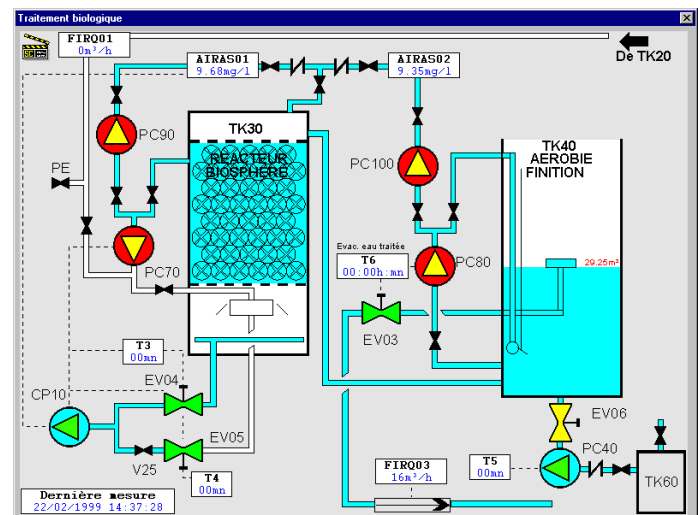
### 11.4. Les terminaux d'exploitation

L'évolution des unités de fabrication vers une plus grande flexibilité impose de plus en plus fréquemment des changements rapides et aisés des programmes de production, des contrôles et des réglages précis, des modifications de données. Cela entraîne par conséquent des échanges d'informations nombreuses et variées entre l'opérateur et la machine.



### 11.5. La supervision

- Assure la communication entre les équipements d'automatismes et les outils informatiques d'ordonnancement et de gestion de la production, pour lancer et gérer les différents programmes de fabrication,
- Coordonne le fonctionnement d'un ensemble de machines enchaînées constituant un îlot ou une ligne de production, en assurant l'exécution d'ordres communs (marche, arrêt, ...) et de tâches telles que la synchronisation, le pilotage de marches dégradées ...
- Assure une gestion qualitative et quantitative de la production, cette tâche nécessitant la collecte en temps réel de nombreuses informations, leur archivage et leur traitement immédiat ou différé,
- Assiste l'opérateur dans les opérations de diagnostic et de maintenance préventive et corrective.



<sup>i</sup> Guide des Sciences et Techniques

<sup>ii</sup> <http://inetdoc.developpez.com/tutoriels/modelisation-reseau/>

<sup>iii</sup> Internet Corporation for Assigned Names and Numbers

<sup>iv</sup> <http://bts.crsa.rascol.free.fr/Automatismes/cours/Dialogue%20homme%20machine%20HMI.pdf>

<sup>v</sup> <http://hubertfagner.com/>

