Institut des Technologies Avancées et des Etudes Commerciales

INTAC Institut de formation

WorldFIP THE EFFECTIVE FIELDBUS

BTS en Automatisme et Informatique Industrielle

PROFIBUS

Module 20

ASi INTERFACE

PROFINET INDUSTRIAL ETHERNET

Réseaux Locaux Industriels (R.L.I)

INTERBUS

Modbus®

Année scolaire 2020-2021

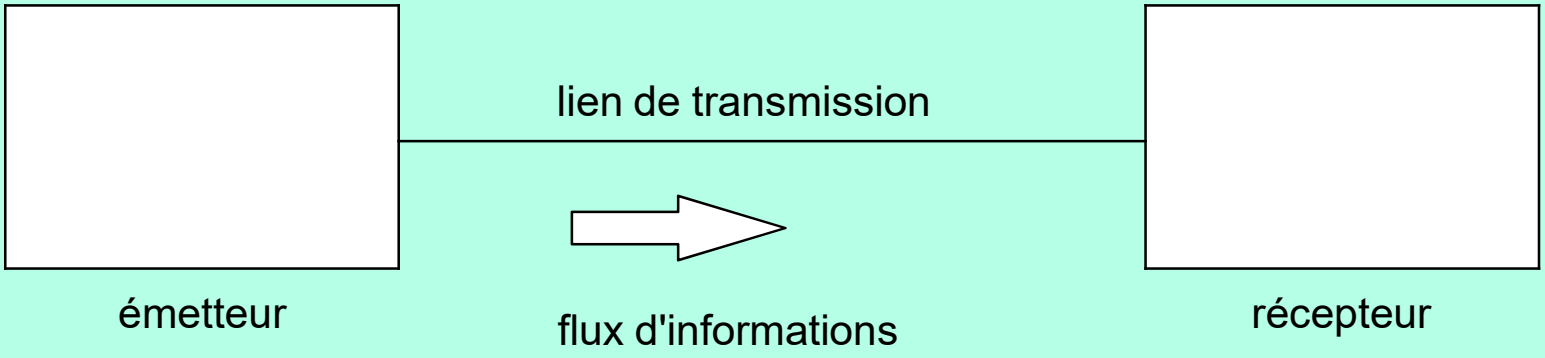
CHAPITRE 1

Notions de Base & Vocabulaire sur les R.L.I

1. Les solutions de communication
2. Types de Transmission
3. Topologies des R.L.I
4. Utilisation du modèle OSI

Les solutions de communication

Qu’est-ce que la communication ?



INFORMATIONS = éléments physiques auxquels un sens à été attribué (lumière, son, image, lettre, tension électrique, geste, etc.).

Les solutions de communication
Qu’est-ce qu’un réseau ?

L’utilisation du téléphone, l’achat d’une nouvelle voiture, nécessite l ’usage d’un réseau…

Principale fonction d’un réseau :

Relier des objets utilisant des règles d’échanges communes qui garantissent un service fiable

Pour le téléphone, les règles consistent à acheminer un appel en fonction du numéro appelé.

Dans le cas du concessionnaire automobile, la règle est qu’il n’y a qu’un seul représentant commercial de la marque choisie et qu’il est en étroite relation avec celle-là.

Un réseau est donc un ensemble d ’équipements reliés pour échanger des informations

Les solutions de communication

Classification des réseaux

Classification des réseaux :

- **Approche informatique :**

  - transport d'objets importants comme fichiers, images

  - pas de contrainte de temps extrême,

  - on parle de réseaux informatiques (réseaux locaux ou réseaux grande distance).

- **Approche industrielle (automatisme)** :

  - transport d'objets simples comme bits, mots, tables,

  - notion de temps réel, de temps de réponse critique,

  -on parle de réseaux locaux et de bus ou réseaux de terrain.

Qu'est ce qu'un Bus de Terrain ?

- **TERRAIN** : un endroit, l'espace ou quelque chose de limité géographiquement (atelier, usine, voiture,…)

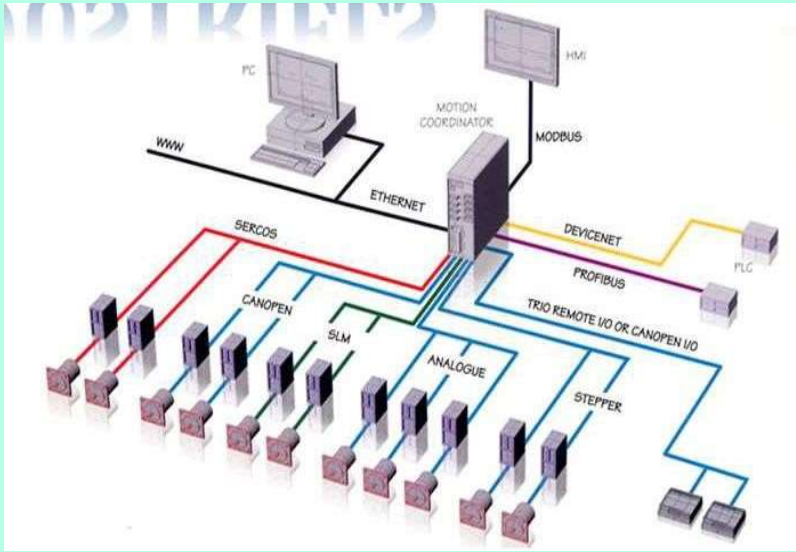
- **BUS** (au sens informatique industrielle) : conducteur ou ensemble de conducteurs communs à plusieurs circuits permettant l'échange de données entre eux
- **RESEAU** : ensemble de lignes de communication permettant l'échange de données (informations) entre les différents systèmes éloignés

➔ Un **réseau local industriel est utilisé dans une usine ou tout système de production pour connecter diverses machines afin d'assurer la** commande, la surveillance, la supervision, la conduite, la maintenance, le suivi de produit, la gestion, en un mot, l'exploitation de l'installation de production.

Les solutions de communication

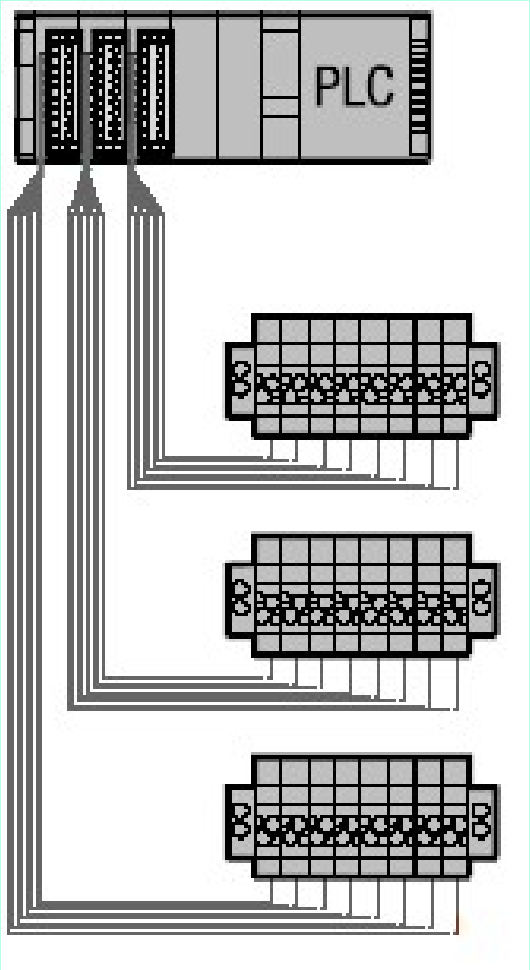
Bus de Terrain # Réseau ?

- Techniquement : il n'y a aucune différence
- il s'agit d'une différence de langage due aux métiers concernés :
  - ❑ *Pour les Electriciens, le terme réseau signifie réseau électrique. Ils préfèrent donc utiliser le vocable bus.*
  - ❑ *Pour les Informaticiens ils préfèrent le termes réseau, le bus reste pour eux une topologie qui ne peut donc devenir un terme générique.*
- ***Réseau Local Industriel/ BUS de TERRAIN*** reliant différents types d'équipements d'automatisme :
  - ❑ *Entrés / Sorties déportées,*
  - ❑ *Capteurs / Actionneurs,*
  - ❑ *Automates Programmables,*
  - ❑ *Variateurs de vitesse,*
  - ❑ *Terminaux IHM (Interface Homme-Machine),*
  - ❑ *..Etc*

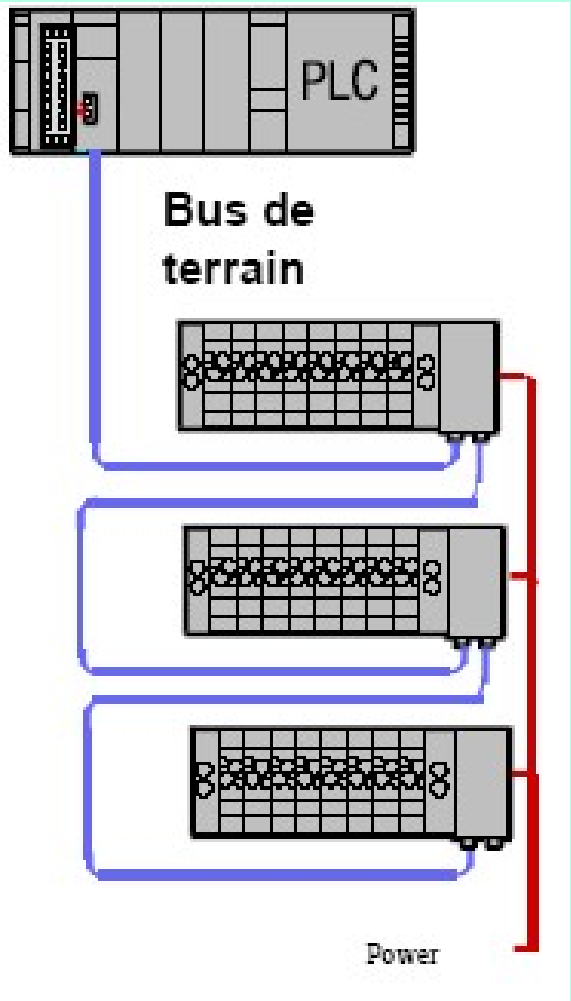


Les solutions de communication

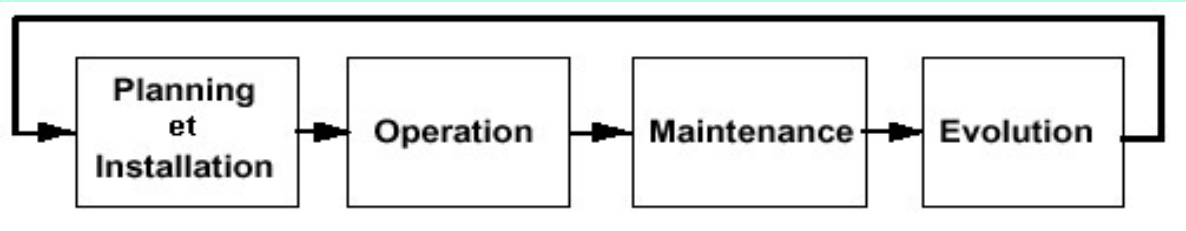
Avant :



Maintenant :



Avantages ☺

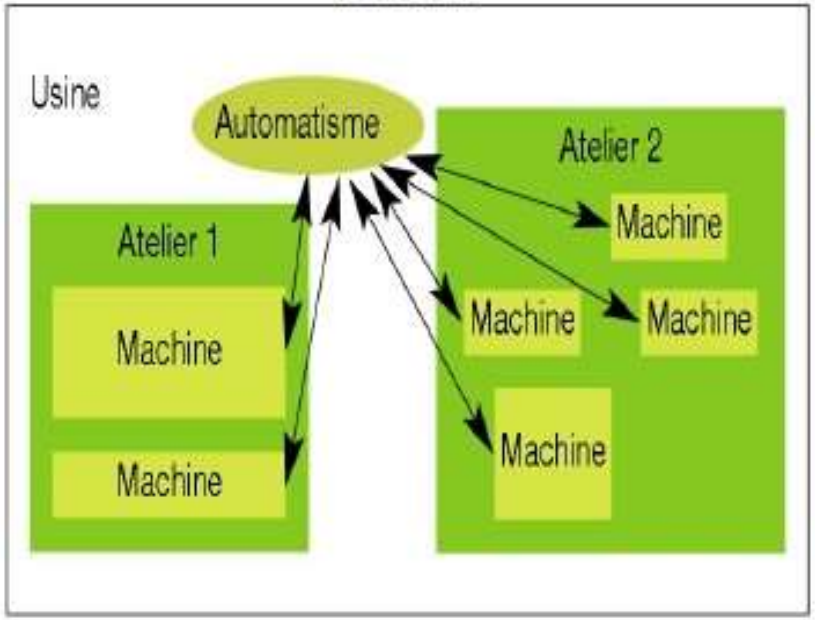


- **REDUCTION DES COÛTS INITIAUX (Engineering)**
  - ***réduction massive du câblage*** et du matériel nécessaire à l'installation :
    - un seul câble en général pour tous les équipements au lieu d'un par équipement
    - le nombre de câbles et de répartiteurs nécessaires diminue, de même que le volume des armoires
  - ***réduction du temps d'installation*** et de la mise en service
  - ***réduction des erreurs de montage*** grâce aux câbles pré-confectionnés
  - dans certains cas, la possibilité de réutiliser le câblage existant (Ex : Bus Asi)

Evolutions des réseaux dans l'atelier

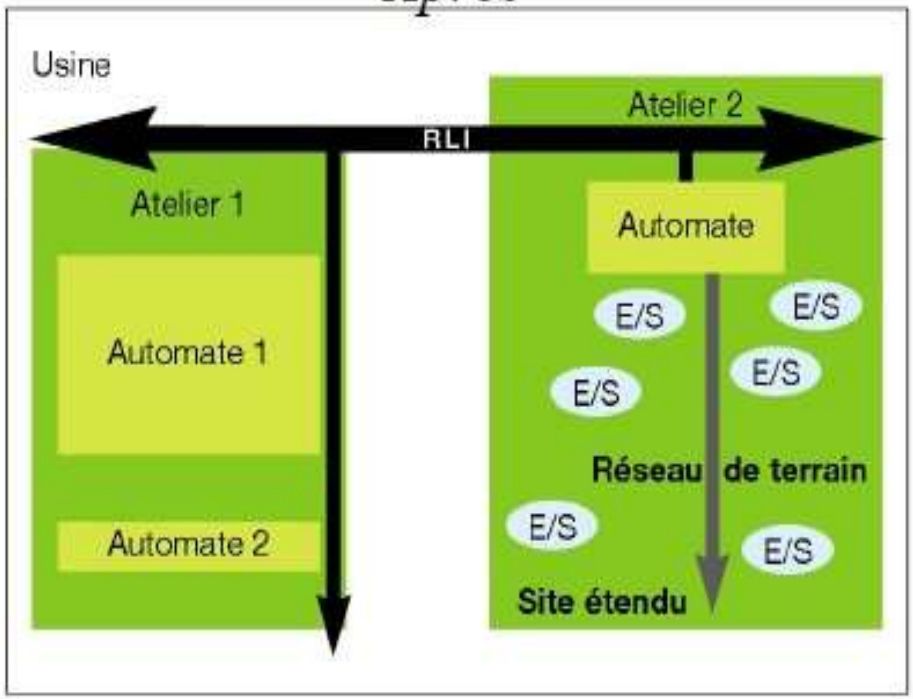
- *Intelligence déportée au niveau des équipements (jusqu'au capteur)*
- *Distribution (décentralisation) du contrôle, du traitement des alarmes et des fonctions de diagnostiques.*

Avant



Les automatismes centralisés.

Après



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

Evolutions des réseaux dans l'atelier

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)*

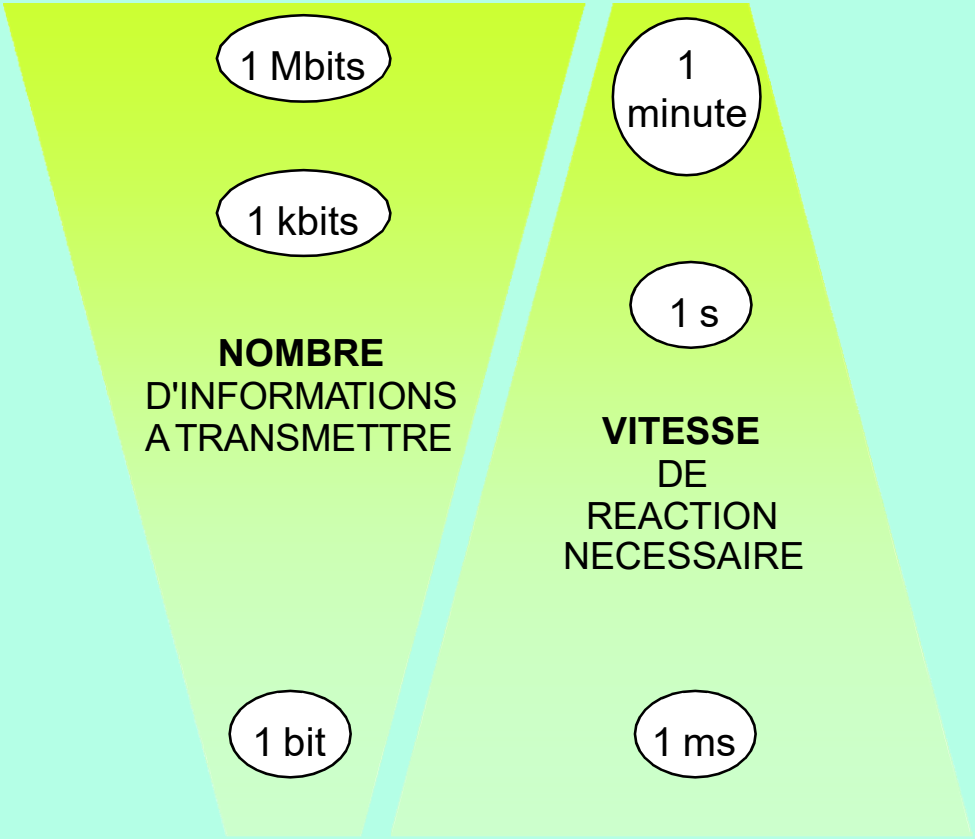
Evolutions des réseaux dans l'atelier

Objectifs

Les réseaux de terrain ou bus de terrain doivent permettre :

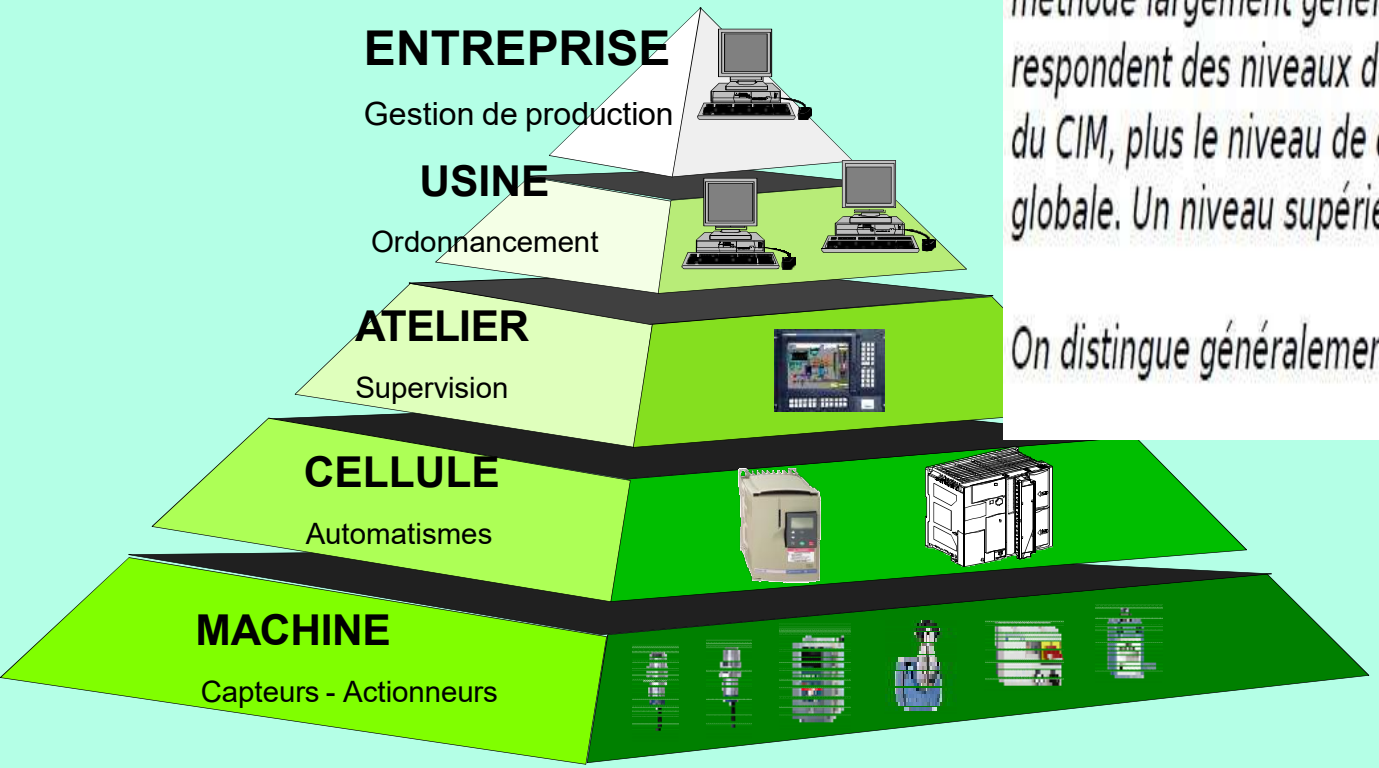
- *la connexion de plusieurs entités d'un même système sur un même support de communication dans une zone géographique limitée (usine, atelier, automobile, électronique embarquée...)*
- *le transport fiable de données sous une forme numérique d'un équipement vers un autre.*
- *l'ajout ou la suppression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

Les besoins en communication industrielle



Niveau 3 Entreprise	Système d ’information
Niveau 2 Atelier	Gestion de production Supervision
Niveau 1 Machines	Le contrôle commande
Niveau 0 Capteurs Actionneurs	Les constituants

Exemple d'une pyramide industrielle

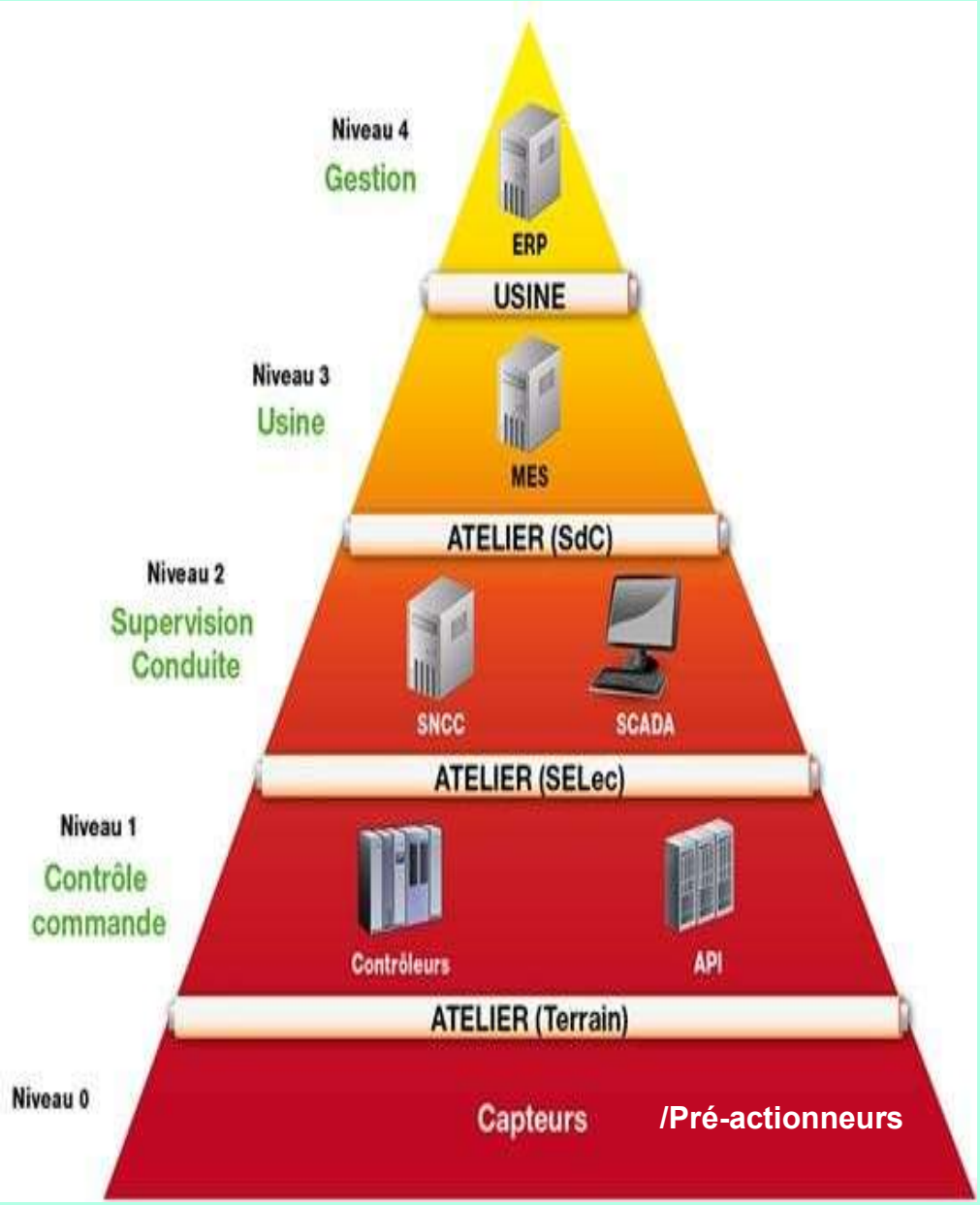


*La **pyramide du CIM** (Computer Integrated Manufacturing) est une méthode largement généralisée qui représente 4 niveaux auxquels correspondent des niveaux de décision. Plus on s'élève dans la pyramide du CIM, plus le niveau de décision est important et plus la visibilité est globale. Un niveau supérieur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

On distingue généralement les niveaux suivants :

Concept CIM : Computer Integrated Manufacturing

Exemple d'une pyramide industrielle (**CIM**)



❖**Niveau 4** : Transmission entre unités distantes avec des volumes d'échanges importants, de la messagerie et aussi un passage vers le multimédia.

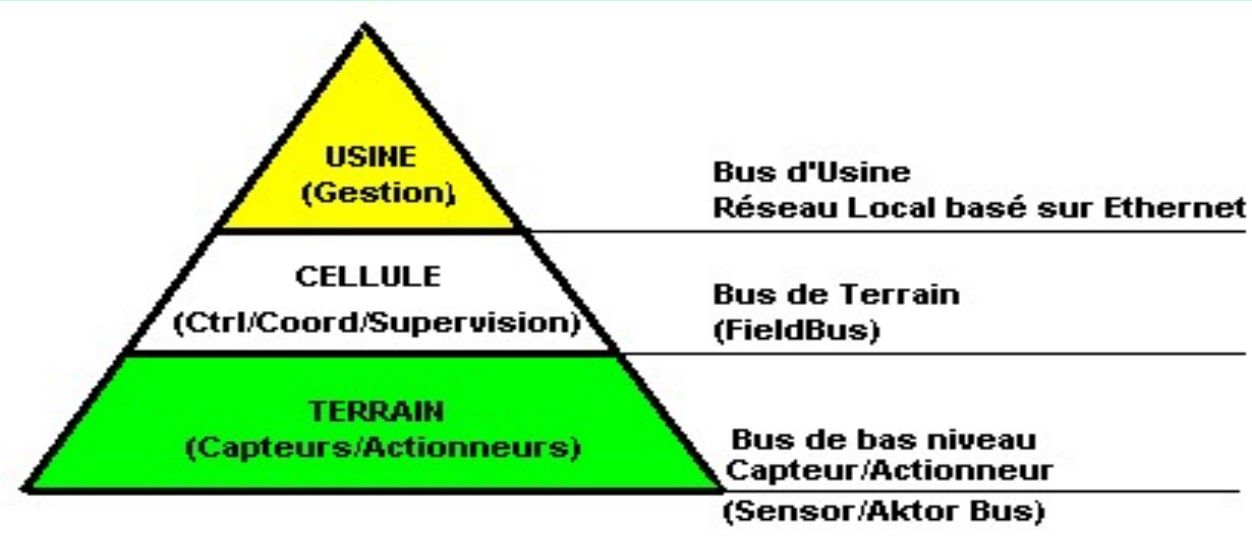
❖**Niveau 3** : Echanges entre la supervision et le système d'information du site de production. Le plus souvent il s 'agit de transfert de fichiers avec volume de données élevé et de temps de réponse non critique

❖**Niveau 2** : Les échanges sont essentiellement événementiels, téléchargement de PROG, transfert de données, … Le volume de données est moyens.

❖**Niveau 1** : Echanges entre une unité de traitement (APIs)et ses interfaces et périphériques. Les échanges de données sont cycliques et événementiels. Les volumes de données sont faibles.

❖**Niveau 0 :** Echanges le plus souvent cycliques entre unité de traitement et capteurs ou pré-actionneurs. Le volume des échanges est faible.

Classification des Bus de Terrain



- On regroupe sous le terme « Bus de Terrain » tous ***les bus (réseaux) de communication industriels***
- On peut classer ces réseaux suivant différents critères (topologie, débit maximum, Nombre maximum de nœuds, protocoles et méthodes d 'accès au médium,…)
- On distingue néanmoins par complexité décroissante :

– Le **Réseau d'Usine** : Réseau Local Industriel basé sur Ethernet ➔ Ethernet TCP/IP
– Le **Bus de Terrain** (Field Bus) pour relier des Unités Intelligentes ➔FIPWAY, Profibus, ModBus…etc
– Le **Bus de bas niveau Capteurs/Actionneurs** (Sensor/Aktor Bus) ➔ AS-i , INTERBUS, CAN…..etc

Classification des Bus de Terrain (suite)

1. Réseau d'Usine :

- En général ce réseau ne fait pas partie des « Bus de Terrain » mais il est indispensable dans pratiquement tous les ateliers industriels
- Ce réseau utilise comme moyen physique l ' ***ETHERNET***
- Mise à part des applications bureautiques, la principale fonction de ce réseau est assurer la communication entre les équipements de production (ERP), les PC de supervision et les PCs de contrôle/qualité
- C 'est pourquoi, il est assez fréquent d'étendre ce réseau vers le niveau plus bas (avec par exemple Ethernet TCP/IP)
- Aujourd'hui, avec des ***WebServeurs*** qui commencent à apparaître dans les équipements industriels, il est question d 'en faire une partie intégrale avec des Bus de Terrain (le concept ***WIM*** : WEB Integrated Manufacturing)

Classification des Bus de Terrain (suite)

2. Réseau - Bus de Terrain :

- Les « Bus de Terrain » ont pour tâche de relier des unités « intelligentes (APIs)» qui coopèrent dans l'exécution de travaux, d 'où des temps de réaction sont plus critiques qu'au niveau du réseau d'usine **(temps de cycle, caractère déterministe)**
- Les temps de réaction sont de l'ordre de quelques dizaines de millisecondes
- Les Bus de Terrain doivent permettre l'envoi des trames allant de quelques dizaines d'octets jusqu'à 256 octets
- Les Bus de Terrain ont souvent une hiérarchie « **Maître-Esclave** »
  - *Maître coordonne des opérations et la communication, en interrogeant cycliquement les Esclaves*
  - *Ces derniers n 'ont donc droit à parole que lorsque le Maître le leur permet*
  - *Mais, si le Maître tombe en panne, plus rien ne marche*
  - *C 'est pourquoi, les Bus les plus récents (WorldFIP, Profibus, PROFINET..) ont une possibilité de passer « le témoin, jeton » à un autre Maître (Bus « MultiMaître)*
- La plupart des Bus de Terrain ont la possibilité d 'accéder au niveau inférieur (Capteurs/Actionneurs) et aussi de couvrir une partie du niveau supérieur (SCADA+ HMI)

Classification des Bus de Terrain (suite)

3. Bus Capteurs/Actionneurs :

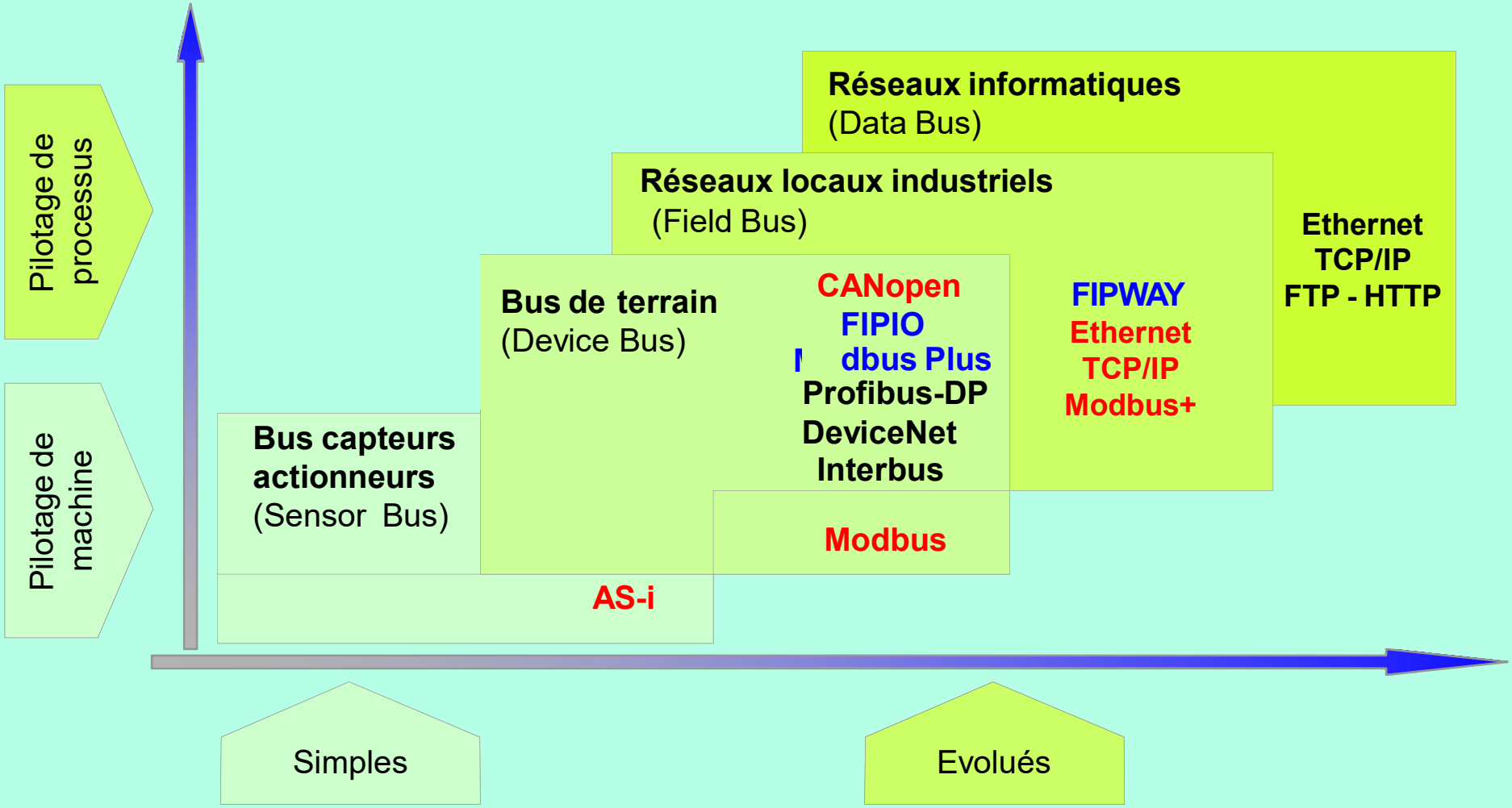
- Les Bus de bas niveau Capteurs/Actionneurs ont pour tâche de relier entre eux des nœuds à intelligence limitée ou nulle dont une seule tâche est d 'élaborer les données les plus élémentaires telles que les états des entrées ou des sorties (Capteurs/Actionneurs)

- Le temps de réaction est primordial et ne peut pas dépasser **quelques millisecondes**

- Le nombre de données circulant sur le bus doit être limité au stricte minimum [trame unique, fixe, cyclique (InterBus/CAN/AS-I…etc)

- Les distances à couvrir sont généralement moins importantes que celles couvertes par un Bus de Terrain

Positionnement des principaux réseaux et bus

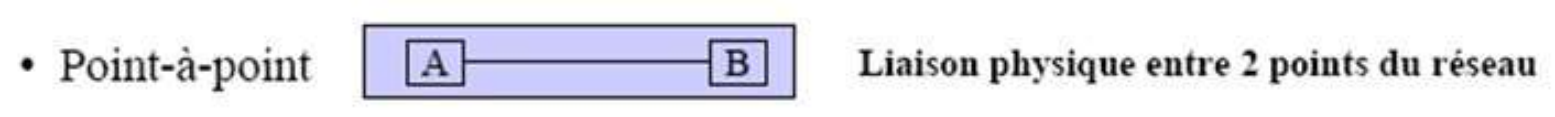


-Messages courts
-Faibles temps de réaction

- Messages longs
- Temps de réaction plus élevés

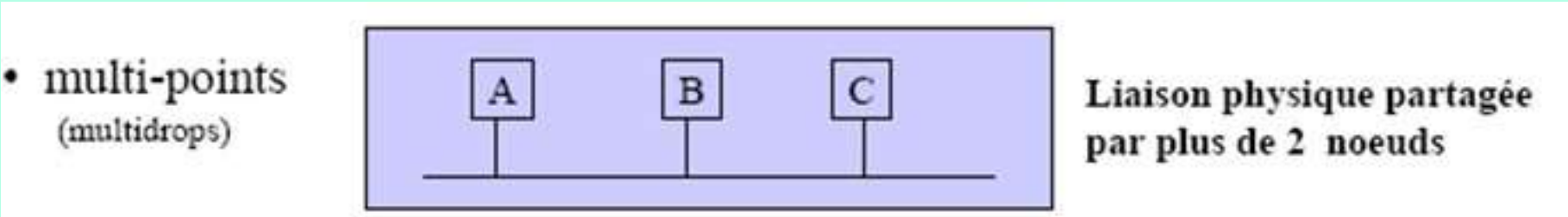
Deux types de liaison:

1. Liaison Point à Point: (Exp/RS232)



Une liaison point à point est une liaison entre deux hôtes uniquement et qui n'est pas conçue pour être utilisée initialement dans un réseau. Il n'y a donc pas de notion native d'adresse réseau des deux hôtes, ni de contrôle avancé du flux.

2. Liaison Multi-Point: (Exp/RS485)



Liaison établie entre une entité et plusieurs autres, Ca veut dire qu'il faudra préciser à chaque fois à qui on envoie des données (**Adressage**).

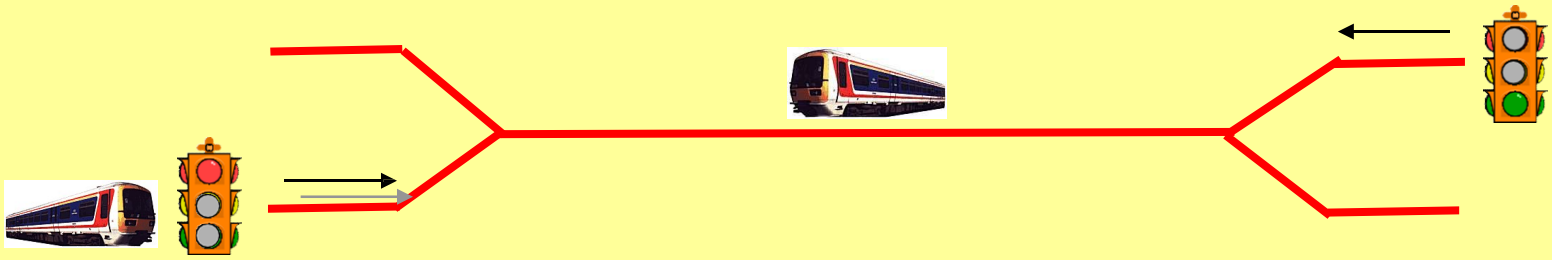
Les types de transmission

Transmission **simplex** : monodirectionnel

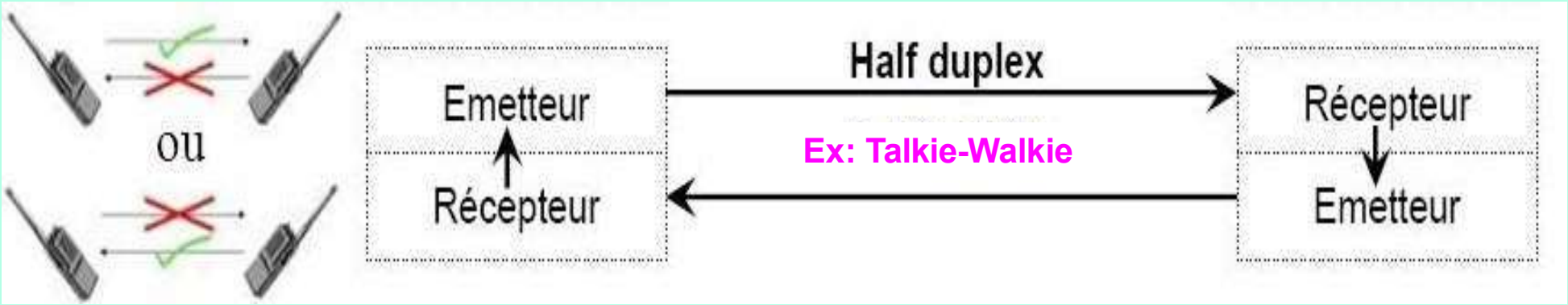
Les données circulent dans **un seul sens,** c'est-à-dire de l'émetteur vers le récepteur. Ce genre de liaison est utile lorsque les données n'ont pas besoin de circuler dans les deux sens (par exemple de votre ordinateur vers l'imprimante ou de la souris vers l'ordinateur...).

Les types de transmission

Transmission **half duplex** : bi-directionnel alterné



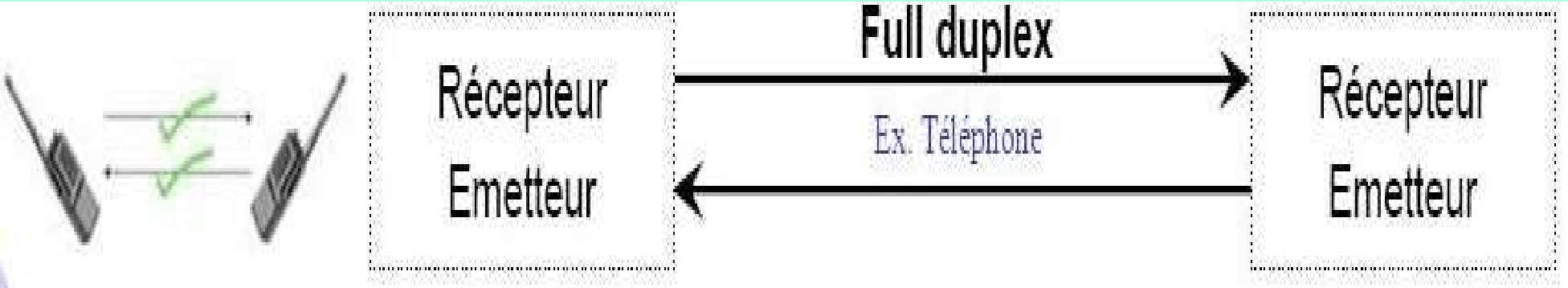
Appelée aussi *semi-duplex* caractérise une liaison dans laquelle les données circulent dans un sens ou l'autre, mais pas les deux simultanément. Ainsi, avec ce genre de liaison chaque extrémité de la liaison émet à son tour. Ce type de liaison permet d'avoir une liaison bidirectionnelle utilisant la capacité totale de la ligne.



Les types de transmission

Transmission **full duplex** : bi-directionnel simultané

caractérise une liaison dans laquelle les données circulent de façon bidirectionnelle et simultanément. Ainsi, chaque extrémité de la ligne peut émettre et recevoir en même temps, ce qui signifie que la bande passante est divisée par deux pour chaque sens d'émission des données si un même support de transmission est utilisé pour les deux transmissions.

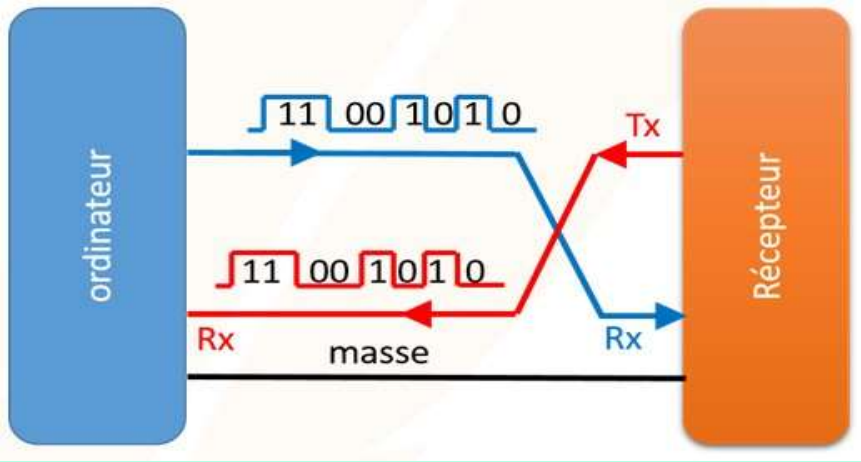


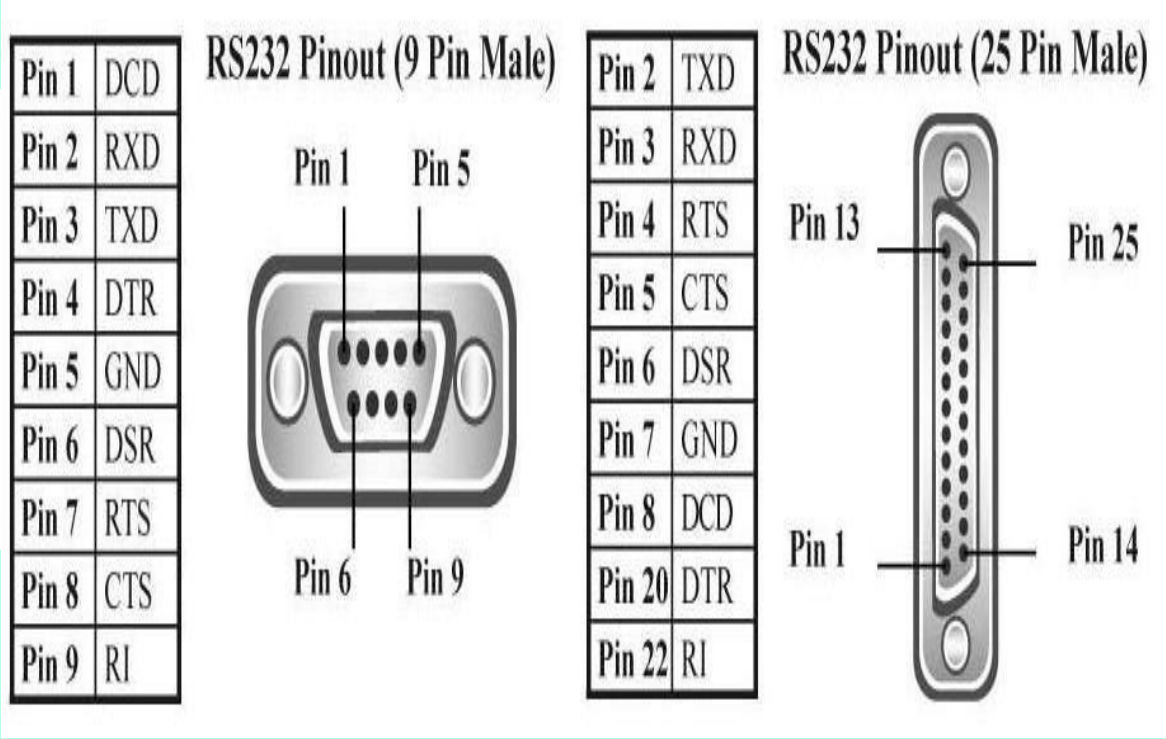
Les types de transmission

Transmission série :

La liaison nécessite en général 3 fils : émission, réception et masse.

Les bits d ’un octet sont transmis les uns à la suite des autres.

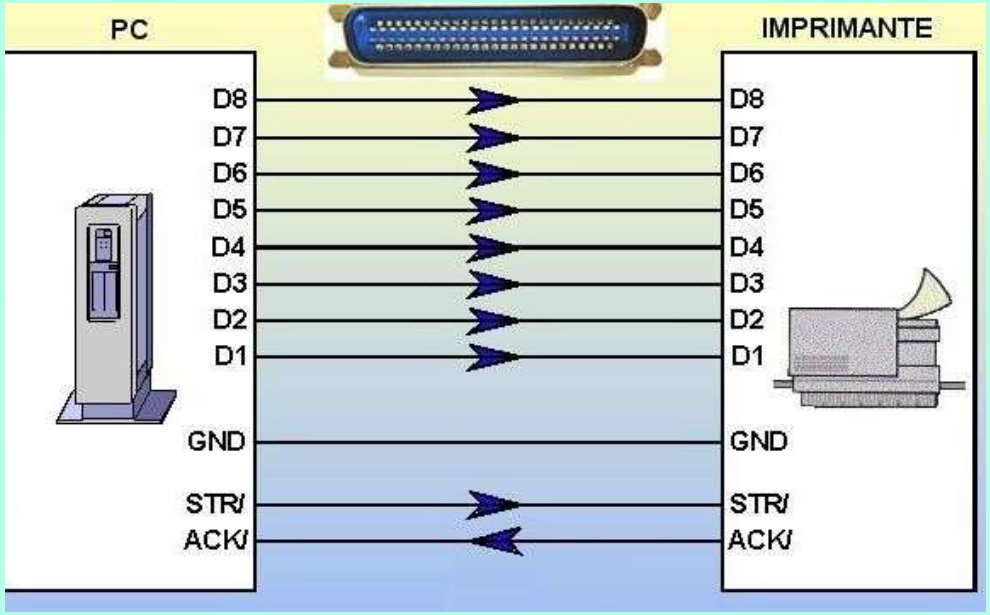




Les types de transmission

Transmission parallèle :

Les bits d ’un octet sont transmis simultanément. Utilisé pour des courtes distances, chaque canal ayant tendance à perturber ses voisins, la qualité du signal se dégrade rapidement.



Elle n’est pas utilisée dans les RLI.

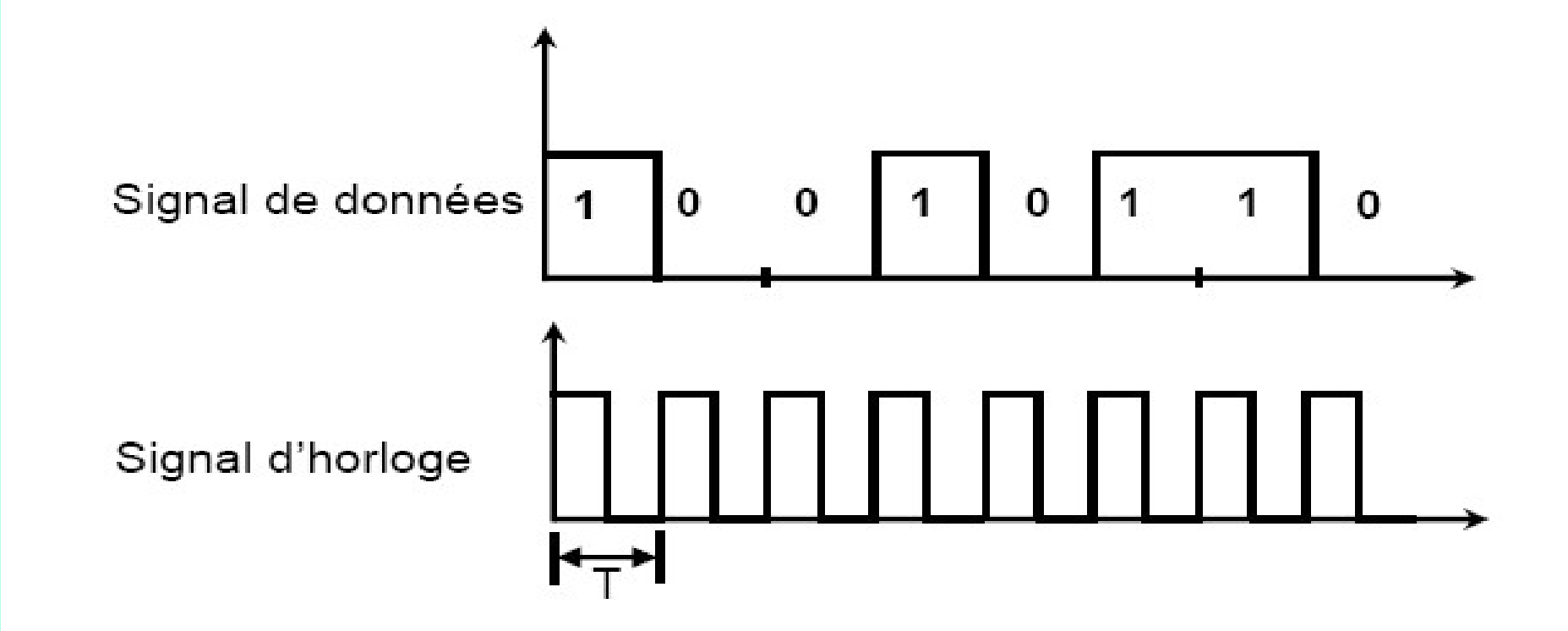
Les imprimantes peuvent se connecter en « liaison parallèle », via le connecteur

CENTRONICS)

Les types de transmission série

Transmission série synchrone :

Dans une transmission synchrone, les bits sont émis d'une façon *régulière*, sans séparation entre les caractères, pour cela un signal d'horloge périodique de période T fonctionne pendant toute la durée de l'émission. ***Un fil séparé transmet le signal d'horloge,***



Les types de transmission série

Transmission série asynchrone :

Dans une transmission asynchrone, les caractères sont émis de façon *irrégulière*, comme par exemple des caractères tapés sur un clavier, l'intervalle de temps entre deux caractères est aléatoire, le début d'un caractère peut survenir à n'importe quel moment.

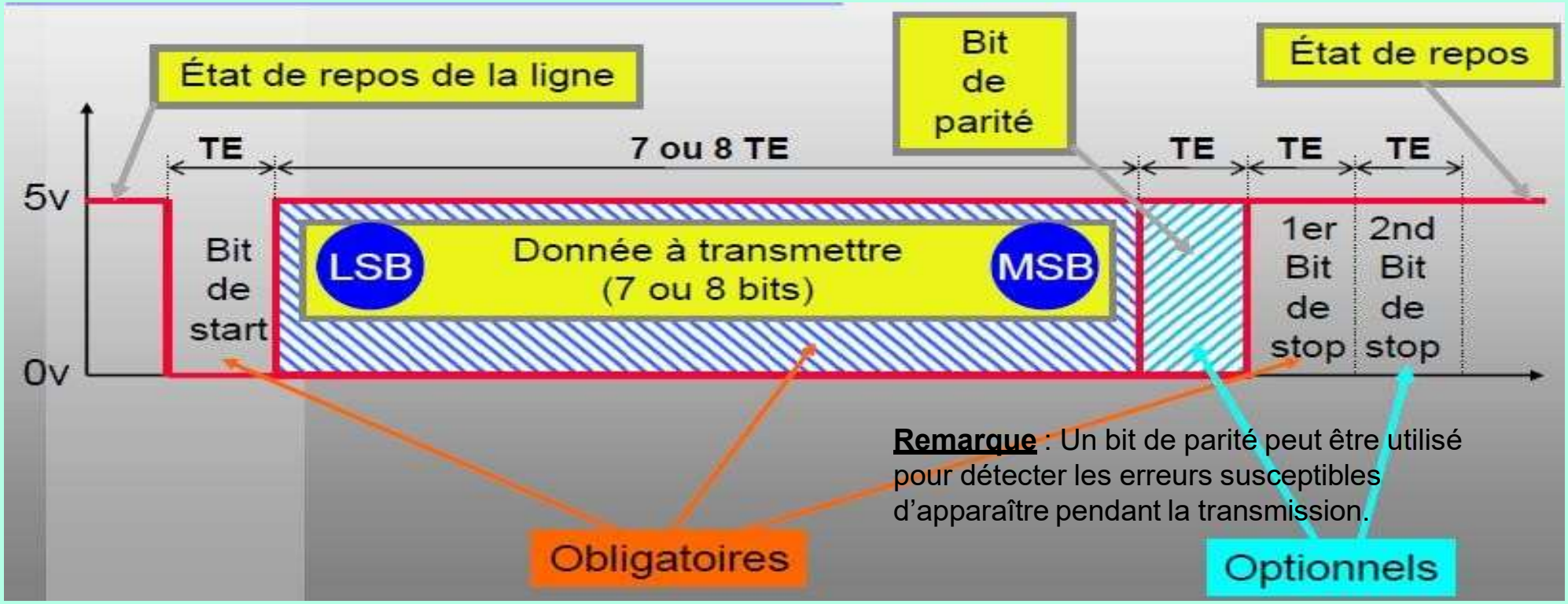
!! **Dans les communications entre ordinateurs, comment procède alors un ordinateur expéditeur pour indiquer au destinataire où commence et se termine un caractère particulier, s'il transmet d'une manière asynchrone** ?

La réponse est donnée par les *bits de départ et d'arrêt* souvent désignés par leur appellation anglo-saxonne de **START** (élément de départ) et de **STOP** (élément d'arrêt). Ces bits, sont en fait des signaux encadrent ceux qui constituent un caractère, le bit de départ (START) indique le début d'un caractère et celui ou ceux d'arrêt (STOP) – il peut y'en avoir '1' ou '2' – marquent la fin de caractère

Les types de transmission série

■ **Transmission série asynchrone :**

Les informations peuvent être transmises de façon irrégulière dans le temps, cependant l 'intervalle de temps entre 2 bits est fixe. . Les éléments doivent communiquer à la même vitesse. Des bits de synchronisation (START, STOP) encadrent les informations de données.



Les types de transmission série

- **Transmission série asynchrone : BIT DE PARITE (Optionnel)**

- Il existe deux types de contrôle de parité (pair et impair) et il est indispensable que l'émetteur et le récepteur s'entendent sur un même.

Avec la parité **paire**, si le nombre de '1' dans les données envoyées est impaire alors le bit de parité (bit de control) est égal à '1' de manière à ce que le nombre total de '1' soit pair y compris le bit de START, et si le nombre de '1' est déjà pair alors le bit de parité vaudra '0'. Une parité impaire correspond au système inverse.

Exemple : 7 bits de données + parité Paire

Données originales	*Parité de l'émetteur*	*Informations transmises*	*Parité du récepteur*	*Concordance*
0100110	1	0100110 **1**	1	Oui
0100110	1	0000110 **1**	0	Non

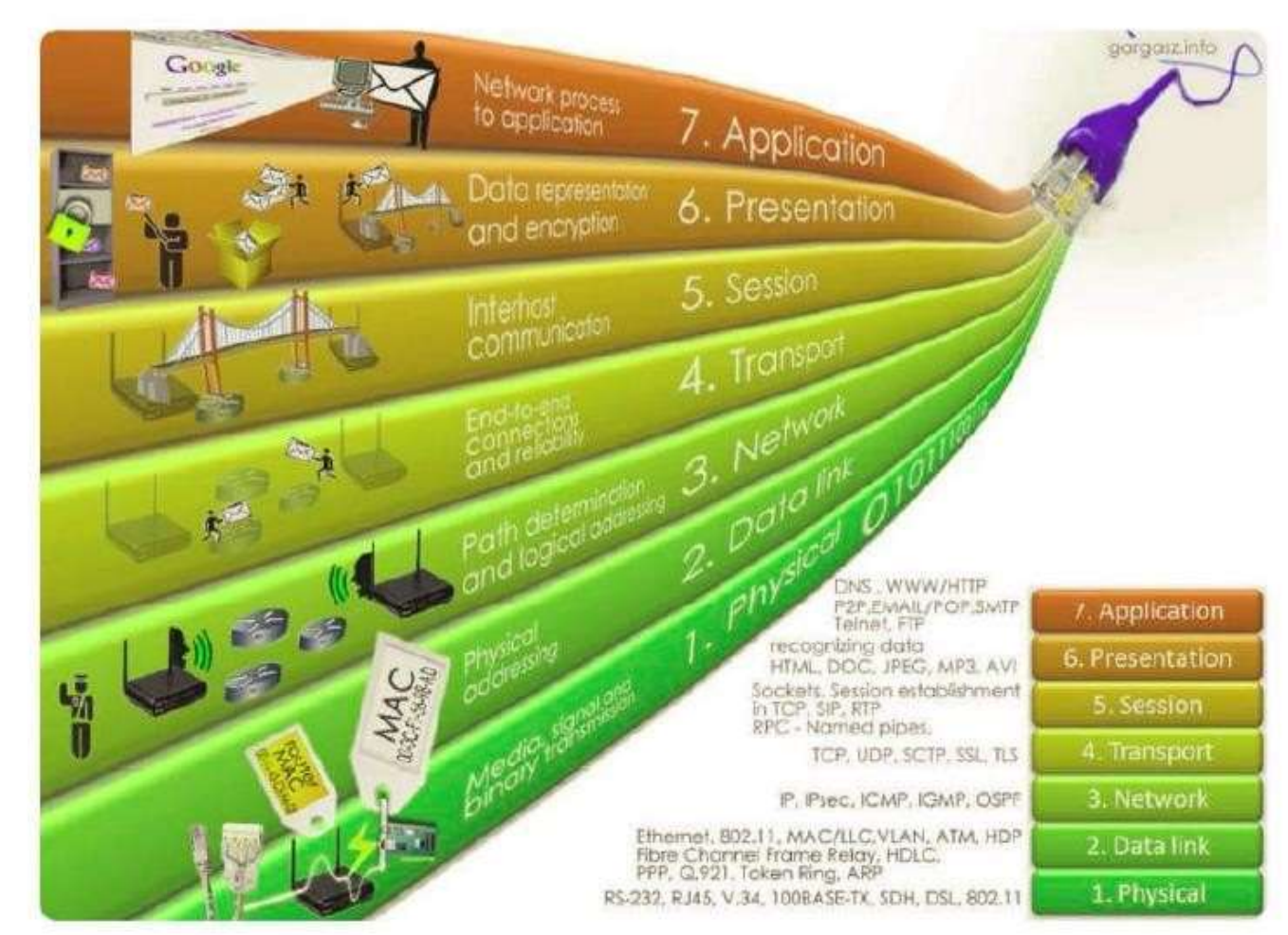
Les Modes d'Accées aux RLI

- Mode **Maître - Esclave** : Un Maître interroge cycliquement ses Esclaves
  - **Maître :** Station qui peut prendre de sa propre initiative, le contrôle du support de transmission pour émettre, sans attendre d 'autorisation
  - **Esclave :** Station qui ne peut pas prendre, de sa propre initiative, le contrôle du support pour émettre, elle doit attendre une autorisation pour le faire. Elle émet à la demande du Maître.
- Mode **Client - Serveur** : Le Client envoie des requêtes en direction du Serveur qui répond en renvoyant les données demandées (communication point-à-point entre appareils présents sur le Bus de terrain)
  - **Client :**Le processus (une station) qui prend l'initiative de communication
  - **Serveur :**Le processus (une station) à l'écoute d'une demande de service en provenance d'un processus (station) Client
- Mode **Producteur - Consommateur** : La station qui émet (Producteur), envoie une information reconnue par son identificateur. Toutes les stations qui utilisent cette donnée (Consommateurs) peuvent la lire en même temps (communication enregistrée de type diffusion)
- **JETON** : un message particulier que l 'on passe de station en station.
  - La station qui veut émettre doit être en possession du jeton.
  - Une fois l'émission terminée, la station remet le jeton dans le circuit (envoie vers la station suivante)

BUS DE TERRAIN

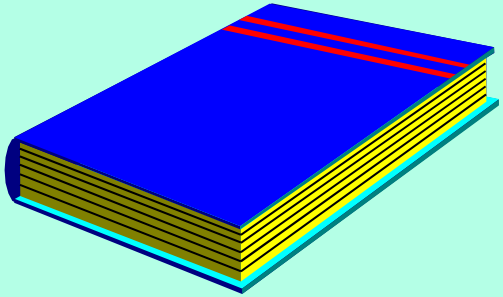
RESEAUX

Modèle O.S.I


gargasz.info
Google
Network process to application
7. Application
Data representation and encryption
6. Presentation
Interhost communication
5. Session
End-to-end connections and reliability
4. Transport
Path determination and logical addressing
3. Network
Physical addressing
2. Data link
Media, signal and binary transmission
1. Physical
MAC
DNS, WWW/HTTP
P2P,EMAIL/POP,SMTP
Telnet, FTP
recognizing data
HTML, DOC, JPEG, MP3, AVI
Sockets, Session establishment
in TCP, SIP, RTP
RPC - Named pipes.
TCP, UDP, SCTP, SSL, TLS
IP, IPsec, ICMP, IGMP, OSPF
Ethernet, 802.11, MAC/LLC,VLAN, ATM, HDP
Fibre Channel Frame Relay, HDLC,
PPP, Q.921, Token Ring, ARP
RS-232, RJ45, V.34, 100BASE-TX, SDH, DSL, 802.11
7. Application
6. Presentation
5. Session
4. Transport
3. Network
2. Data link
1. Physical

Utilisation du modèle OSI

Modèle de référence OSI de l'ISO



OSI : Open System Interconnection (Interconnexion de Systèmes Ouverts)

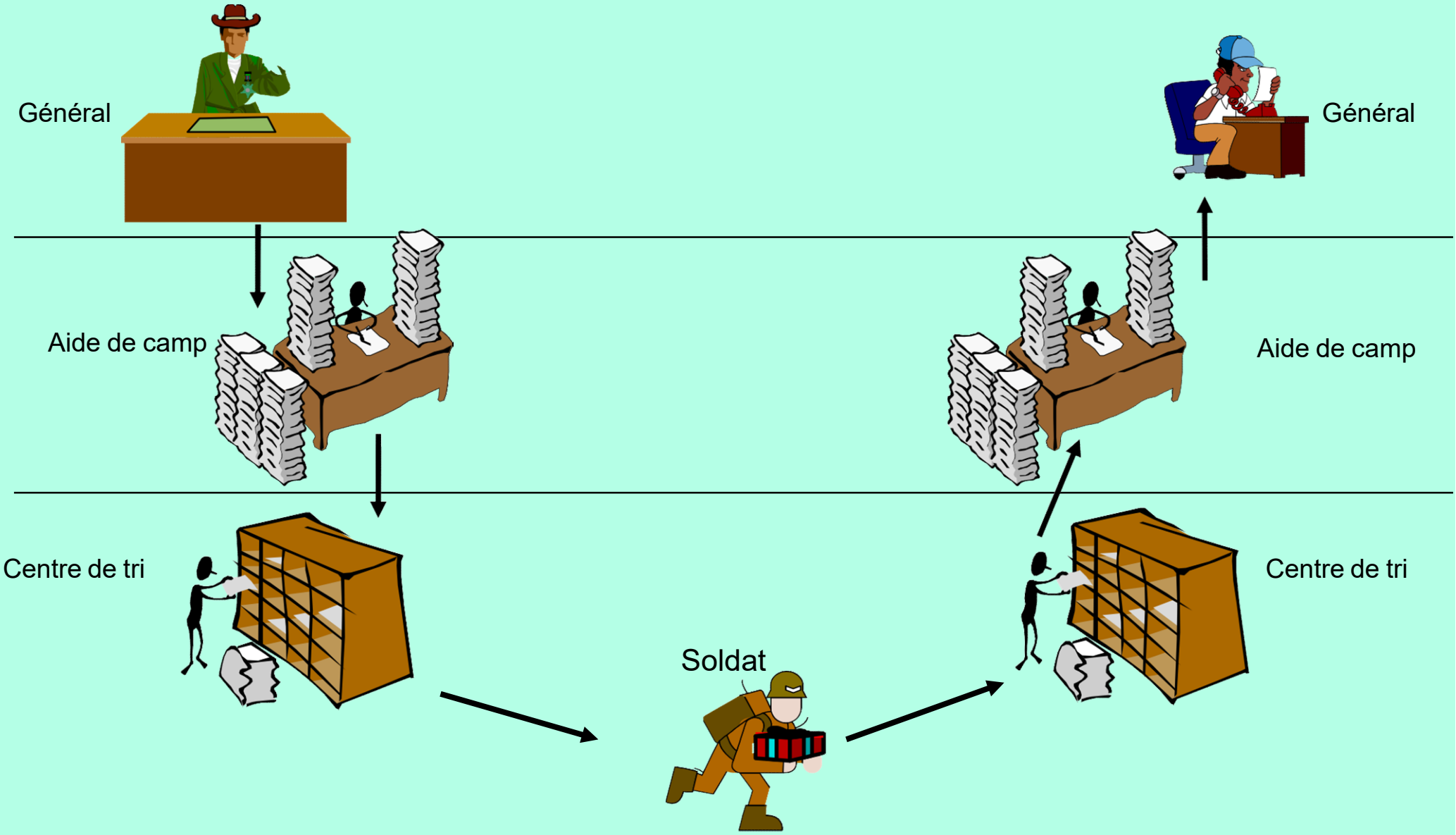
ISO : International Standard Organization (Organisation Internationale de Normalisation).

<u>Le modèle OSI, né en 1984, définit un modèle en 7 couches destiné à normaliser les échanges entre deux machines.</u>

Ce modèle définit précisément les fonctions associées à chaque couche mais ne précise pas les moyens logiciels ou matériels qui permettent de réaliser ces fonctions.

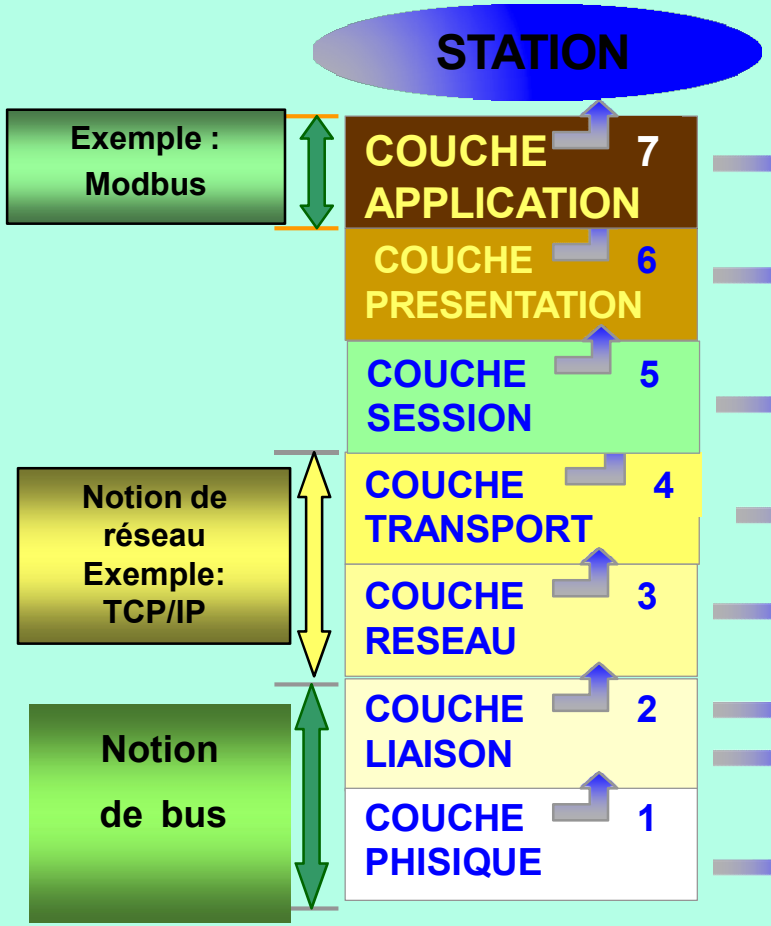
Utilisation du modèle OSI

Principe d'un modèle à couches



Description du modèle OSI

ISO = International Organization for Standardization



Protocole : définit un langage commun d 'échanges entre les équipements (Web/SGBD/Skype…etc)

Transcodage du format : Compression/Décompression. Cryptage/Décryptage

Organise et synchronise les échanges entre utlisateurs : etablir la connexion entre equipments

Contrôle de l 'acheminement de bout en bout : Gestion des ports logiques. Segmentation et réassemblage des données

Routage des données : établissement du chemin entre différents réseaux / Gestion des @ IP (adresses logiques)// **PAQUETS**

Contrôle de la liaison : adressage, correction d 'erreur, gestion du flux

Gestion de **l'accès au médium :** définit quand on peut émettre

➔ **Coupleur Réseau (@ MAC : Adressage physique) // TRAME**

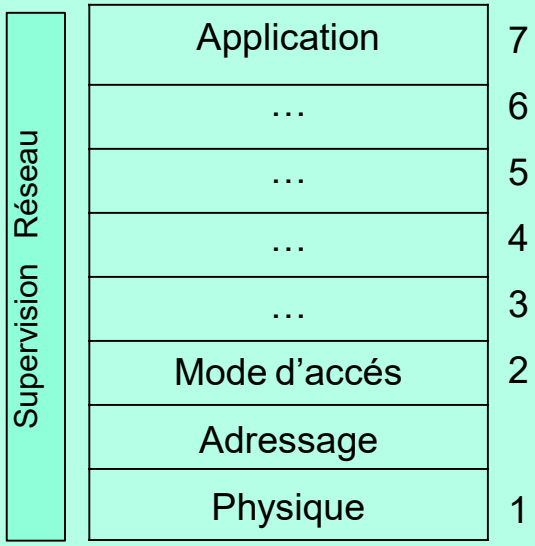
Le hardware : le médium utilisé : paire torsadée, câble coaxial, fibre optique…, la forme des signaux véhiculés, la connectique

TCP : Transmission Control Protocol (Couche 4)

IP : Internet Protocol (Couche 3)

Bus de Terrain et le Modèle OSI

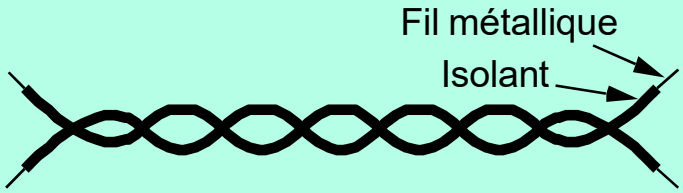
7	**Application**
6	…
5	…
4	…
3	…
2	**Mode d'accés**
	Adressage
1	**Physique**



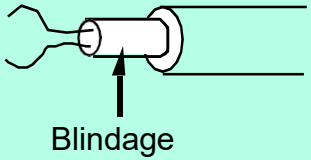
- **Un Bus de Terrain** est basé sur la restriction du modèle OSI à 3 couches :
  - Couche 1 : Physique
  - Couche 2 : Liaison de Données
  - Couche 7 : Application
- Couches 3 à 6 sont vides car il n'y a pas besoin d'interconnexion avec un autre réseau
- Cette modélisation est respectée par tous les Bus de terrains standard

Médium (couche physique)

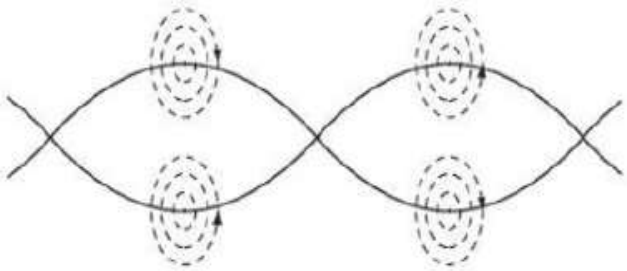
PAIRE TORSADEE



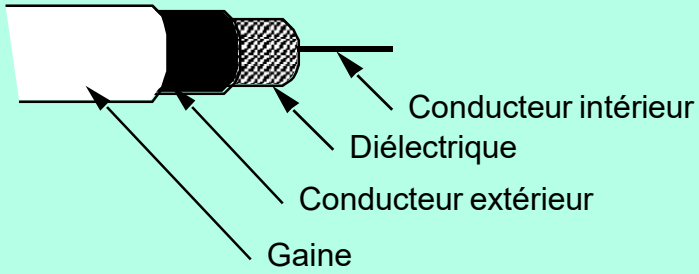
PAIRE TORSADEE BLINDEE



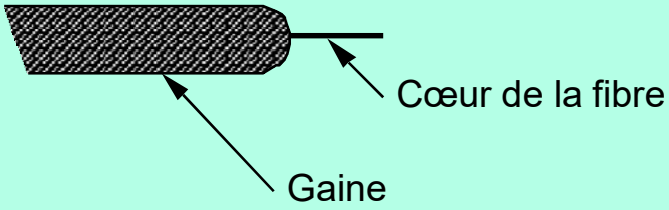
Sensibilité aux champs magnétiques : Les câbles torsadés sont moins sensibles aux champs magnétiques car les tensions induites par les variations de flux s'annulent mutuellement.



CABLE COAXIAL



FIBRE OPTIQUE



Les principaux supports utilisés

Les supports de transmission ou **MEDIUMS** influent sur :

- vitesse
- distance
- immunité électromagnétique

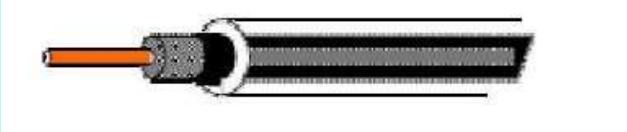
Mediums les plus utilisés :

• La paire de fils torsadés

Elle est constituée par deux conducteurs parallèles séparés par un isolant et torsadés. L'ensemble est recouvert par une gaine tressée et conductrice (le blindage).
Le tout est enrobé dans une enveloppe de protection. Moyen très couramment utilisé pour la propagation de signaux à courte ou moyenne distance “ **jusqu’à 1 Km**”.

• Le câble coaxial

Il se compose d’un conducteur en cuivre, entouré d’un écran mis à la terre. Entre les deux, une couche isolante de matériau plastique. Le câble coaxial a **d’excellentes propriétés électriques** et se prête aux transmissions à **grande vitesse (Faible Impédances 50-70 ohm, large BP ~ 400 KHz, D = 10Km**.



• La fibre optique

Ce n’est plus un câble en cuivre qui porte les signaux électriques mais une fibre optique qui transmet des signaux lumineux. Convient pour les **environnements industriels agressifs**, les transmissions sont sûres, et les **longues distances (Très Large BP 10 GHz , un répéteur à chaque 10 Km)**

Quelques standards liaisons series

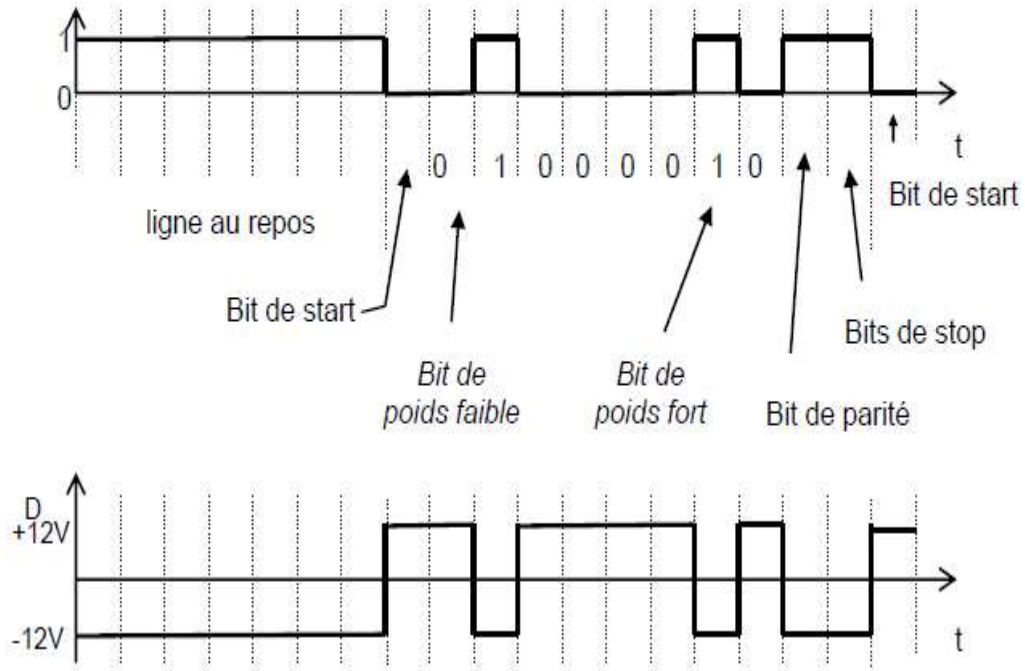
•**RS232 :** Liaison point à point **Simplex** ou **Half duplex** par connecteur SUB-D 25/9 broches. **Distance < 15 mètres**, **débit < 20 kbits/sec**.
l'information est codée sous forme d'une tension que l'on mesure par rapport à la masse.

'0' L → niveau émis +V,
'1' L → niveau émis -V

avec V compris entre 5 et 25 Volts (12Volts pour les ports séries COM1, COM2 sur un PC). Transmission limitée à une dizaine de mètres maximum.

- Niveaux de tension :

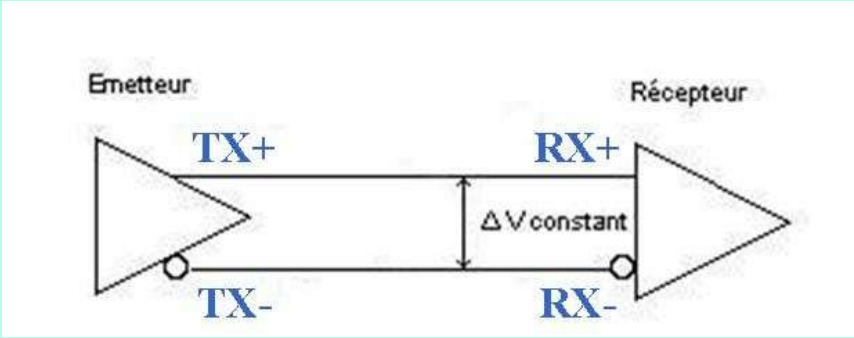
NL0 → 3 < Ulow < 25V NL1→ -3 < Ulow < -25V



	RS232
Type d'interface	Unipolaire
Niveaux de tensions	± 25V max
Sensibilité	± 3V max
Distance	10 à 20 m
Débit maximum	19200 bauds
Immunité au bruit	Sensible aux parasites
Type de transmission	Simplex / Half-duplex
Nombre d'émetteurs	1
Nombre de récepteurs	1
Inconvénients	Faible distance de liaison

Quelques standards liaisons series

•**RS485 :** Bus multipoint **half duplex** (bi directionnel alterné) sur 2 fils.
L'interface est de type différentielle , l'information est codée sur deux fils correspondant à des signaux complémentaires, ce qui minimise l'influence des sources de bruits sur la liaison.

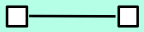


- La transmission s'effectue entre Tx+ et Tx- (A et B pour V11)
- La réception s'effectue entre Rx+ et Rx- (A' et B' pour V11)

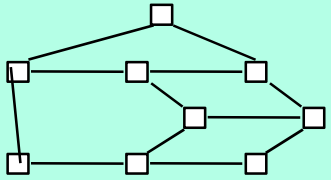
	RS485
Type d'interface	Différentielle
Niveaux de tensions	± 5V max
Sensibilité	± 0,2V
Distance	1200 m
Débit maximum	10 Mbps
Immunité au bruit	Faible sensibilité aux parasites
Type de transmission	Half duplex
Nombre d'émetteurs	32
Nombre de récepteurs	32
Inconvénients	Coût élevé

Les différentes topologies

TOPOLOGIE **POINT A POINT** (entre 2 unités en communication)

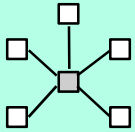


TOPOLOGIE **MAILLEE**



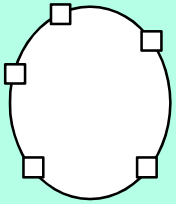
(les équipements sont reliés entre eux pour former une toile d'araignée.
Pour atteindre un noe,ud plusieurs chemins sont possibles)

TOPOLOGIE EN **ETOILE**



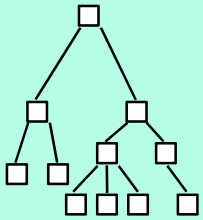
(plusieurs unités communiquent par leur propre ligne avec une unité dite Centrale)

TOPOLOGIE EN **ANNEAU**



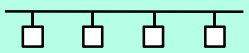
(toutes les unités sont montées en série dans une boucle fermée.
⇒ les communications doivent traverser toutes les unités pour arriver au récepteur)

TOPOLOGIE EN **ARBRE**



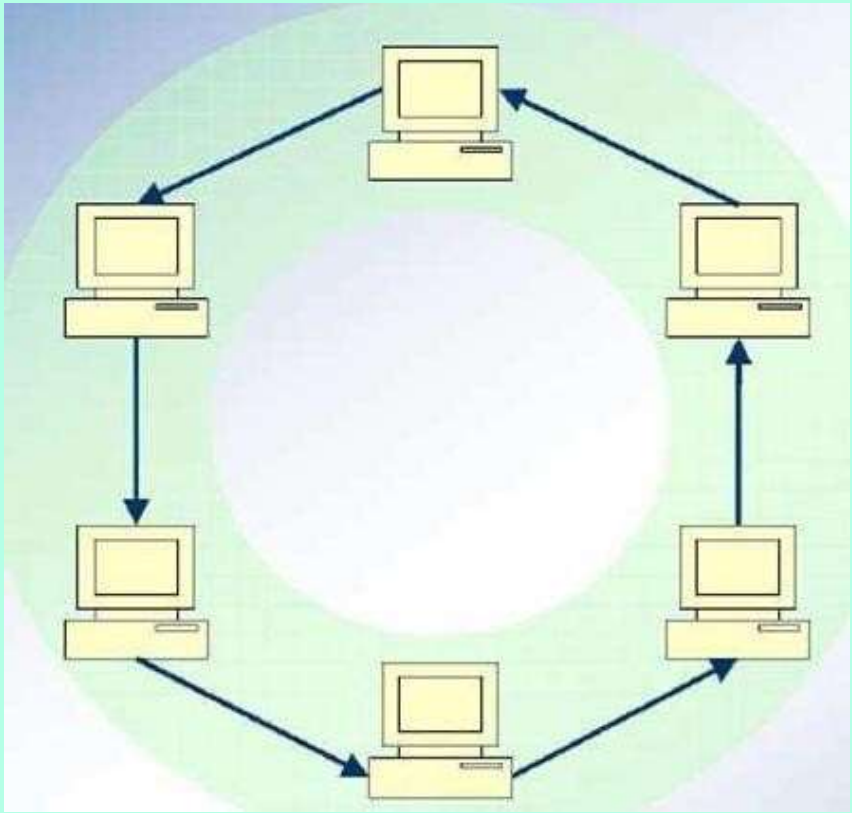
(c'est une variante de la topologie en étoile)

TOPOLOGIE **BUS**



(le réseau se compose d'une ligne principale à laquelle toutes les unités sont connectées)

LES TOPOLOGIES DES R.L.I : ANNEAU

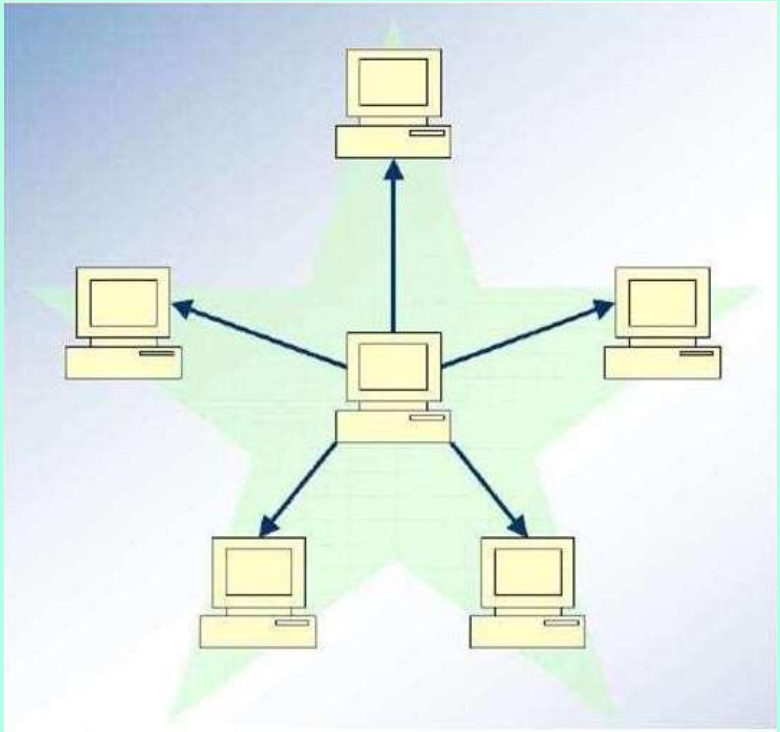


Entre un noeud et le suivant la communication est unidirectionnelle.

Le noeud suivant s'occupera de répéter le signal reçu en entrée ou d'ajouter ses propres informations au moment approprié.

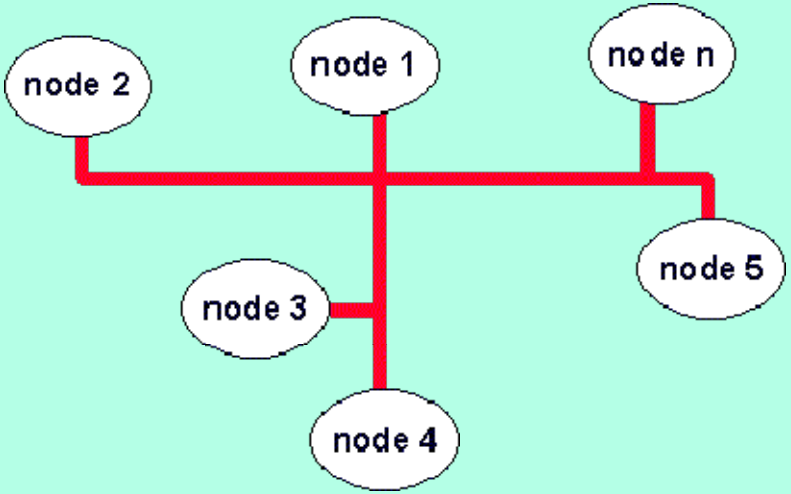
Il n'est pas possible d'étendre le réseau lorsqu'il est en fonction, car l'anneau serait alors interrompu. D'autre part, si un composant du circuit ne fonctionne plus ou un segment de réseau est interrompu, une partie de réseau ne fonctionne plus !

LES TOPOLOGIES DES R.L.I : ETOILE



Cette configuration permet d'ajouter généralement sans interruption de service un nouveau noeud au réseau. En outre, la défaillance d'un composant n'empêche pas aux autres de pouvoir continuer leur travail. Cependant, comme il est facile de le deviner, une centralisation des câblages demande une quantité remarquable de câbles et ne permet pas de couvrir de grandes distances (Nœud central = Hub).

LES TOPOLOGIES DES R.L.I : ARBRE



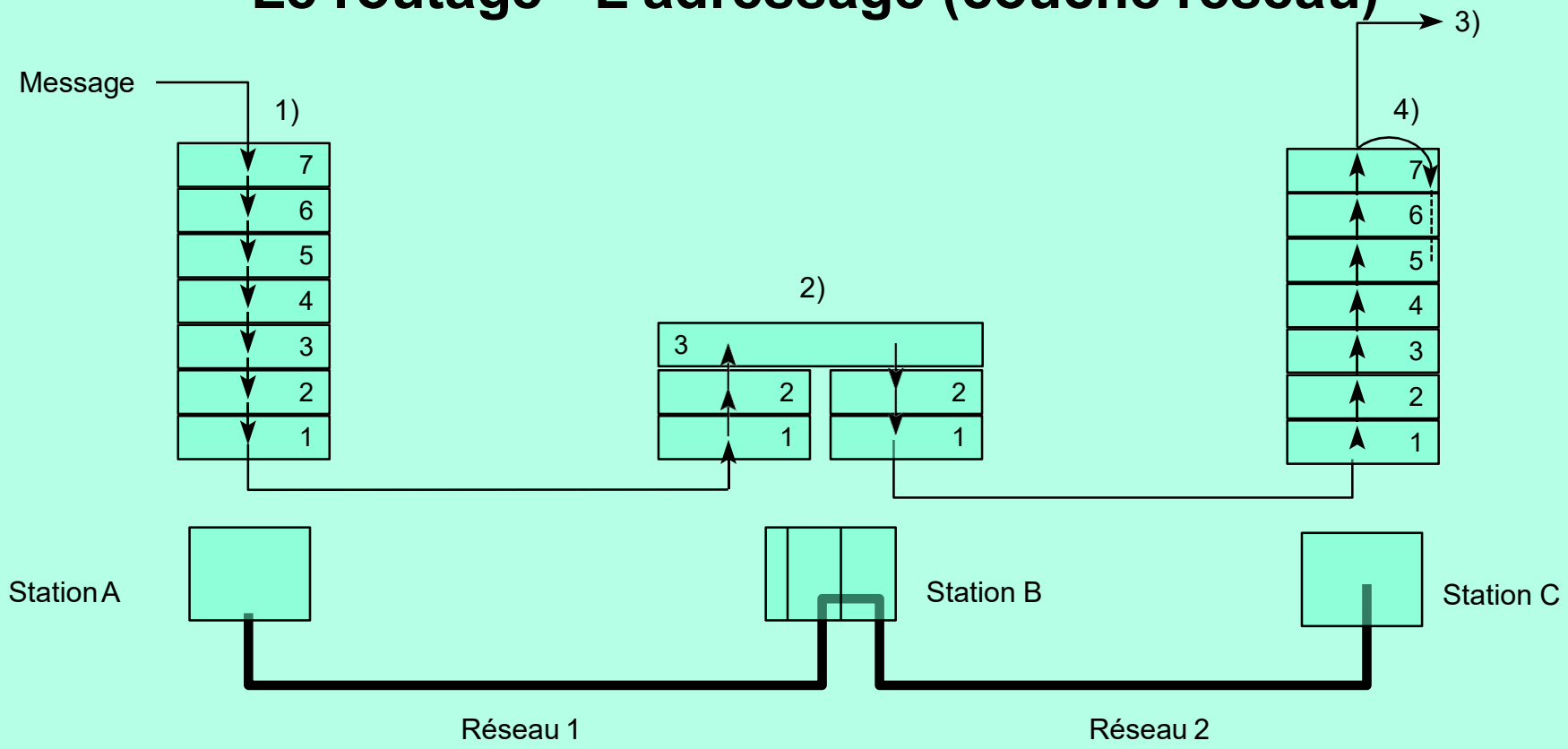
Un arbre permet des bifurcations (divisions en branches), donc des structures semblables à celles à étoile, mais à chaque branche plusieurs noeuds peuvent être reliés.

La défaillance d'un noeud n'entraîne donc pas l'interruption de la communication avec les autres.

D'autre part, idéalement, on est complètement libres d'ajouter un nouveau segment de réseau...

Cette topologie est diffusée surtout dans le domaine des bus Capteurs/Actionneurs.

Utilisation du modèle OSI
Le routage - L'adressage (couche réseau)



1) La station A (l'émetteur) envoie :
   - l'adresse de C (le destinataire),
   - son adresse,
   - ses données.
2) Le message est lu par B qui le réémet sur le réseau 2 ; c'est le routage du message.
3) La couche 7 de la station C transmet le message au programme applicatif (de la station C).
4) La couche 7 de la station C expédie vers A un accusé de réception application.

Utilisation du modèle OSI

(couche application- BUS DE TERRAIN)

Permettent un dialogue évolué entre les systèmes interconnectés.

Exemples :

- Mots communs
- Tables partagés
- messagerie UNI-TE (SEND_REQ, RCVREQ….etc)
- messagerie MODBUS (READ_VAR, WRITE_VAR)
- etc.