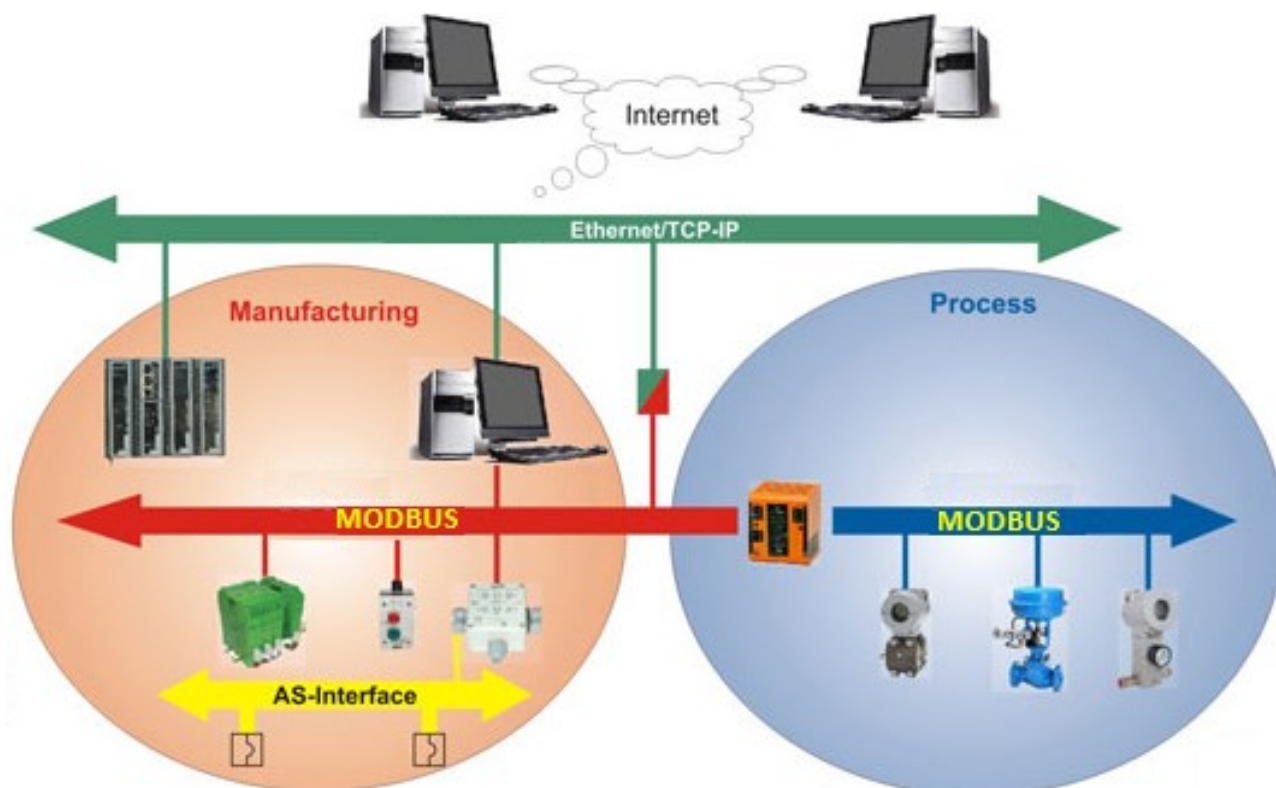


**PARTIE****3**

## La fonction COMMUNIQUER



## COMMUNICATION DE L'INFORMATION LES RESEAUX LOCAUX INDUSTRIELS

### Généralités sur les réseaux informatiques

Un réseau est un ensemble de machines interconnectées dans le but d'échanger des informations et de partager des ressources (fichiers, imprimante...)

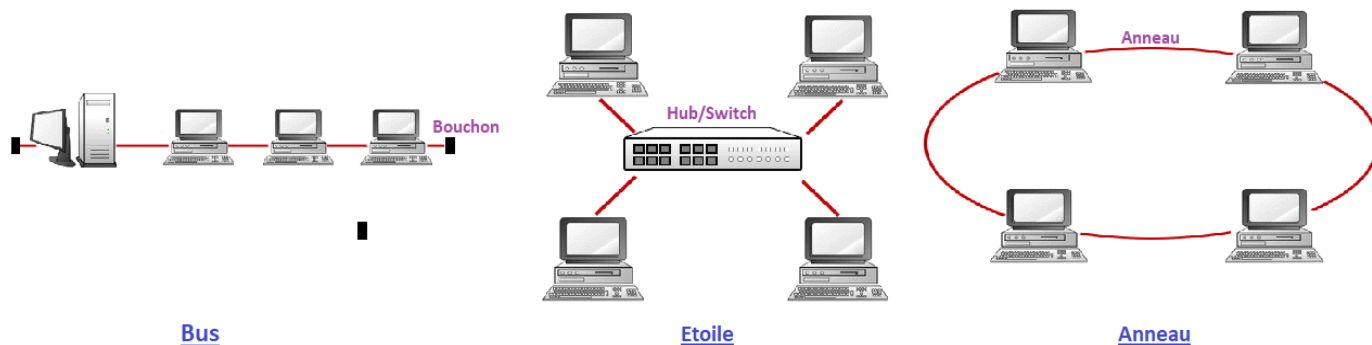
En fonction de la localisation, la distance et le débit, les réseaux sont classés en trois types :

- **LAN** (Local Area Network) : réseau local, intra entreprise permettant l'échange de données et le partage de ressources (ex : Ethernet).
- **MAN** (Metropolitan Area Network) : réseau métropolitain qui permet la connexion de plusieurs sites à l'échelle d'une ville.
- **WAN** (Wide Area Network) : réseau à l'échelle d'un pays ou d'un continent, généralement celui des opérateurs. Le plus connu des WAN est Internet.

#### ⇒ Topologie

Par topologie, nous entendons la façon dont on connecte les machines au serveur. Il y en a trois principales :

- **Topologie en bus** : tous les ordinateurs sont reliés à une même ligne par le biais d'un câble.
- **Topologie en étoiles** : la communication entre deux ordinateurs passe par le matériel central (routeur, commutateur, concentrateur, ...)
- **Topologie en anneau (ring)** : les équipements sont reliés entre eux en formant une boucle



#### ⇒ Les méthodes d'accès

Une méthode d'accès est un ensemble de règles définissant la façon dont un ordinateur accède au support tout en évitant les collisions

On distingue les méthodes :

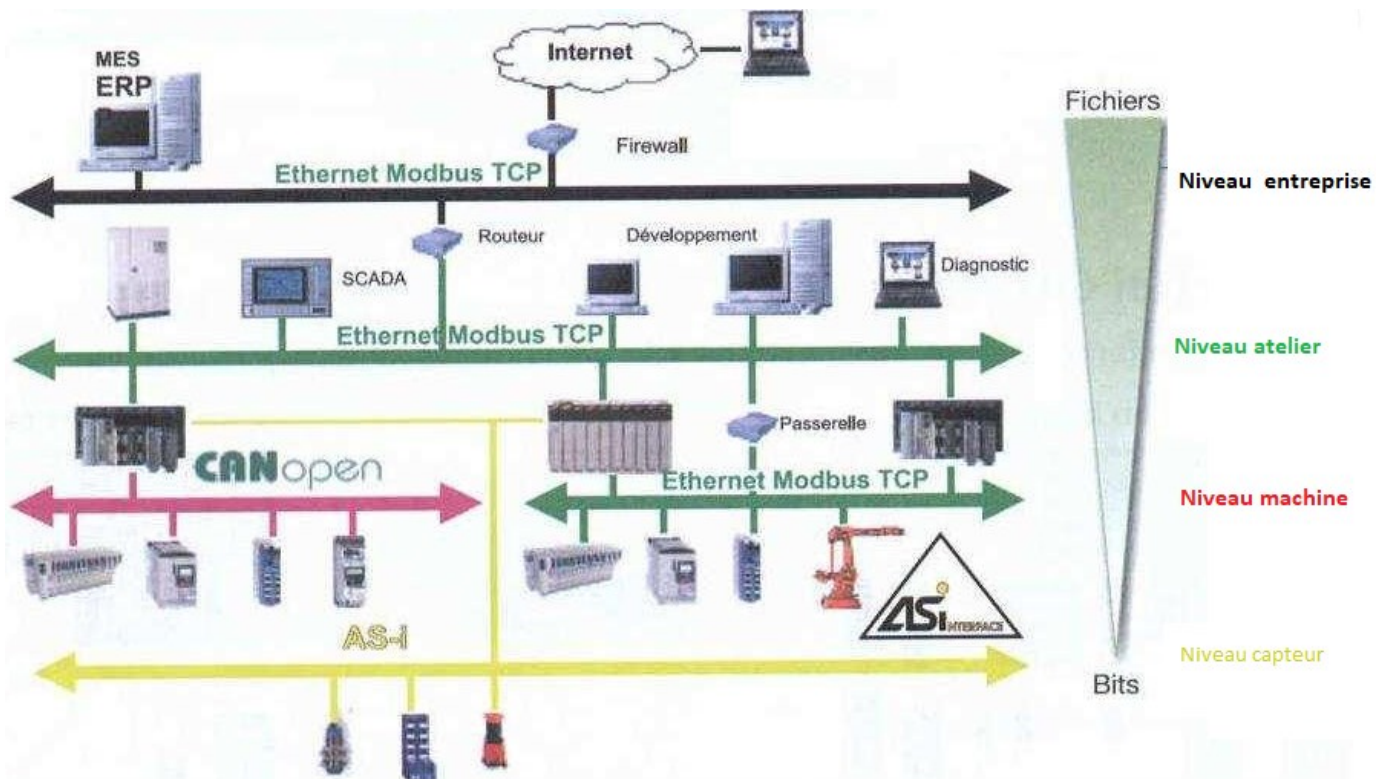
- **CSMA/CD** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect) pour les réseaux en bus et en étoile. Méthode utilisée par Ethernet
- **Token Ring** (anneau à jeton) pour les réseaux en anneau

### ⇒ La pyramide du CIM (Computer Integrated Manufacturing)

La technologie CIM définit le modèle d'usine industrielle au sens de l'automatisation et de la communication, c'est-à-dire que tous les équipements de l'usine fonctionnent sous le contrôle permanent des ordinateurs, API et autres dispositifs numériques.

La CIM propose quatre niveaux. Plus on s'élève dans la Pyramide, plus le niveau de décision est important. Un niveau supérieur décide ce qu'un niveau inférieur exécute

	<i>Fonction</i>	<i>Réseau</i>
<i>Niveau 3</i> <b>Entreprise</b>	L'informatique de gestion de l'entreprise (PC, serveur)	Réseau informatique (Ethernet TCP)
<i>Niveau 2</i> <b>Atelier</b>	Gestion locale Contrôle de production (PC industriel, serveur)	Réseau local industriel (Ethernet TCP Modbus)
<i>Niveau 1</i> <b>Machine</b>	Traitement d'automatisation (API, $\mu$ C, régulateur)	Réseau de terrain (Modbus)
<i>Niveau 0</i> <b>Capteur Actionneur</b>	capteurs/ actionneurs	Réseau de capteurs/ actionneurs (ASI)



## Le réseau Ethernet

La technologie Ethernet permet de connecter les différents équipements entre eux dans un LAN (Local Area Network). Plusieurs réseaux peuvent communiquer entre eux par des routeurs pour former un WAN (Wide Area Network). La topologie la plus courante pour un réseau local est une topologie en étoile. Ethernet utilise le mécanisme CSMA/CD

### ⇒ Equipements

- La carte réseau dans le PC
- Les prises murales de type RJ45
- Le câble en cuivre à paires torsadées ou en fibres optiques.
- Les concentrateurs (hub), les commutateurs (switchs), les routeurs.

Selon l'importance et le type de réseau, on utilise le plus souvent un des trois concentrateurs les plus généraux : les Hubs, Switchs et Routeurs.

**Le Hub** (concentrateur) est utilisé pour un réseau local avec un nombre très limité de machines. Il n'est ni plus ni moins qu'une multiprise RJ45 qui amplifie le signal réseau

**Le Switch** (ou commutateur) distribue les données à chaque machine destinataire, alors que le hub envoie les données à toutes machines qui répondent. Il élimine les collisions de paquets éventuelles

**Le Routeur** autorise l'utilisation de plusieurs classes d'adresses IP au sein d'un même réseau. Il permet ainsi la création de sous-réseaux.

### ⇒ Les protocoles de communication

Un protocole est un ensemble de règles et de procédures à respecter pour émettre et recevoir des données sur un réseau. Le plus souvent, c'est la suite de protocoles **TCP/IP** qui est utilisée

Voici quelques exemples de protocoles utilisant TCP/IP :

- **HTTP** (HyperText Transfer Protocol) : Protocole de navigation sur le web.
- **FTP** (File Transfer Protocol) : Protocole pour le transfert de fichiers.

TCP/IP (Transmission Control Protocole / Internet Protocole) :

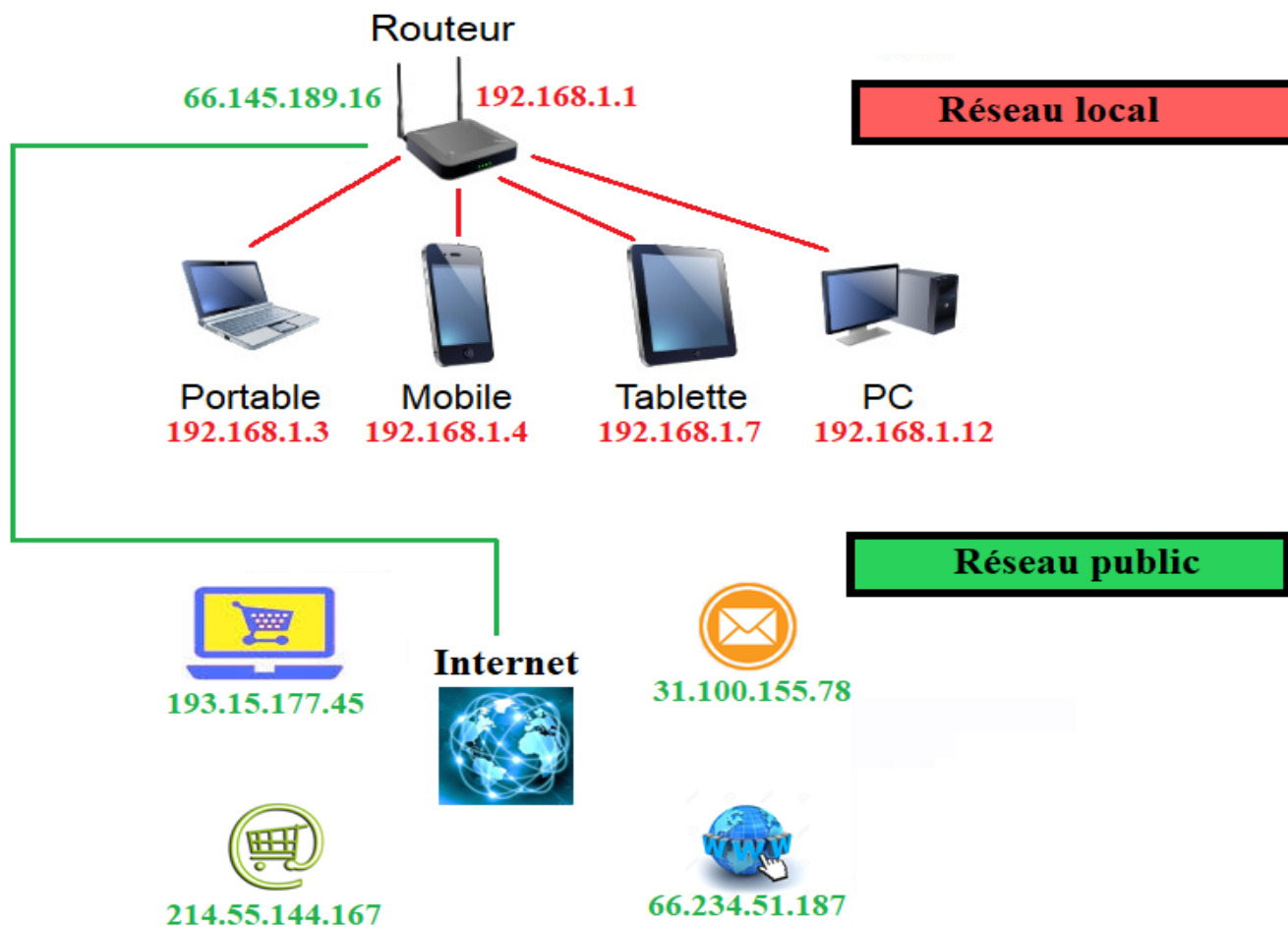
- Le protocole **IP** se base sur l'adressage IP, c'est-à-dire le fait de fournir une adresse IP à chaque machine du réseau afin de pouvoir acheminer des paquets de données.
- Le protocole **TCP** assure le contrôle de la transmission des données.

### ⇒ Adressage IP

Une adresse IP est le numéro qui identifie chaque ordinateur connecté à Internet, ou plus généralement, l'interface avec le réseau de tout matériel informatique (PC, routeur, imprimante) connecté à un réseau informatique utilisant l'Internet Protocol

En attendant la généralisation de la nouvelle version d'IPv6 avec un adressage sur 128 bits, IPv4 utilise 32 bits représentés par 4 valeurs décimales chacune allant de 0 à 255.

L'adresse est constituée de deux parties : un identificateur de réseau (netId) et un identificateur de la machine (hostId) pour ce réseau.



Il existe trois classes d'adresses, chacune permettant de coder un nombre différent de réseaux et de machines

- **Classe A** : Un octet réseau, trois octets d'hôtes. 1<sup>er</sup> Octet compris entre 1 et 127
- **Classe B** : Deux octets réseau, deux octets d'hôtes. 1<sup>er</sup> Octet compris entre 128 et 191
- **Classe C** : Trois octets réseau, un octet d'hôtes. 1<sup>er</sup> Octet compris entre 192 et 223

**Classe A : De 0.0.0.0 à 127.255.255.255**

0XXX XXXX	XXXX XXXX	XXXX XXXX	XXXX XXXX
octet 1	octet 2	octet 3	octet 4
partie réseau		partie hôte	

**Classe B : De 128.0.0.0 à 191.255.255.255**

10XX XXXX	XXXX XXXX	XXXX XXXX	XXXX XXXX
octet 1	octet 2	octet 3	octet 4
partie réseau		partie hôte	

**Classe C : De 192.0.0.0 à 223.255.255.255**

110X XXXX	XXXX XXXX	XXXX XXXX	XXXX XXXX
octet 1	octet 2	octet 3	octet 4
partie réseau			partie hôte

### Masque de sous-réseau

Il permet d'identifier le réseau associé à une adresse IP.

Pour connaître l'adresse du réseau associé à l'adresse IP 34.56.123.12 (classe A), le masque est 11111111.00000000.00000000.00000000 soit 255.0.0.0 (/8)

Remarque : si on ajoute le nombre entre parenthèses, c'est pour indiquer la taille de l'adresse réseau

La valeur binaire de 34.208.123.12 est : 00100010.11010000.01111011.00001100

Un ET logique entre l'adresse IP et le masque donne ainsi le résultat suivant :

```

00100010.11010000.01111011.00001100
ET    11111111.00000000.00000000.00000000
=     00100010.00000000.00000000.00000000
soit    34.0.0.0

```

Il s'agit bien du réseau associé à l'adresse 34.208.123.12

En généralisant, il est possible d'obtenir les masques correspondant à chaque classe d'adresse :

- Pour une adresse de **Classe A**, le masque est **255.0.0.0**
- Pour une adresse de **Classe B**, le masque est **255.255.0.0**
- Pour une adresse de **Classe C**, le masque est **255.255.255.0**

### **Exercice**

- Quelle est la classe de la machine dont l'adresse IP est 144.19.74.201 ? Réponse : .....
- Quelle est l'adresse du réseau ? Réponse : .....
- Quel est l'identificateur de la machine dans le réseau ? Réponse : .....
- Quel est le masque réseau ? Réponse : .....

### **Exercice**

Compléter le tableau

Classe	Adresse mini	Adresse maxi	Nombre de réseaux	Nombres de machines par réseau	Masque de réseau
<b>A</b>	.....	.....	.....	.....	.....
<b>B</b>	.....	.....	.....	.....	.....
<b>C</b>	.....	.....	.....	.....	.....

Note : Certaines valeurs sont approximatives puisque certaines adresses sont réservées, notamment celles se terminant par 0 et 255

Création de sous-réseaux

Soit l'adresse 34.208.123.12 et supposons que l'on désire que les deux premiers bits du deuxième octet permettent de désigner le sous-réseau. Le masque à appliquer sera alors : 11111111.11000000.00000000.00000000 c'est-à-dire 255.192.0.0

Ce masquage divise donc un réseau de classe A en 4 sous-réseaux ; d'où le nom de *masque de sous-réseau*.  
Si on note N le nombre de bits attribués en plus au réseau, le nombre de sous-réseaux sera  $2^N$

**Exercice**

Pour l'adresse 145.245.45.225, donner

- La classe d'adresse.
- Le masque sous-réseau et l'adresse réseau.
- Le masque modifié si le réseau comporte 64 sous-réseaux.
- L'adresse du sous-réseau.

a) Le premier octet de l'adresse est ..... : il s'agit d'une classe .....

b) Le masque réseau d'une classe ..... est : ..... (/.....). Nous aurons en binaire : 11111111.11111111.00000000.00000000.

Pour trouver l'adresse réseau, nous allons appliquer le masque réseau à l'adresse IP au travers d'une fonction "ET". Nous aurons : .....

c) Pour obtenir 64 subdivisions du réseau, nous devons augmenter le masque réseau de ..... bits. Notre adresse IP 145.245.45.225 sera répartie comme suit :

Décimal	145	245	45	225
Binaire				

Le masque de sous-réseau devient donc en binaire 11111111.11111111.11111100.00000000 soit ..... (/.....).

d) Pour trouver l'adresse de sous-réseau, nous allons appliquer le masque de sous-réseau à l'adresse IP au travers d'une fonction "ET". Nous aurons :

ET .....  
= .....  
soit, en décimal .....

## Réseau de terrain

Un bus de terrain est une ligne numérique, reliant différents types d'équipements d'automatisme au sein d'une zone géographique délimitée (usine, voiture, photocopieur ...). Les équipements de sécurité (frein ABS, capteur de vitesse, airbag...) d'une voiture moderne, communiquent à l'aide d'un bus de terrain

Parmi les avantages des bus de terrain on peut citer :

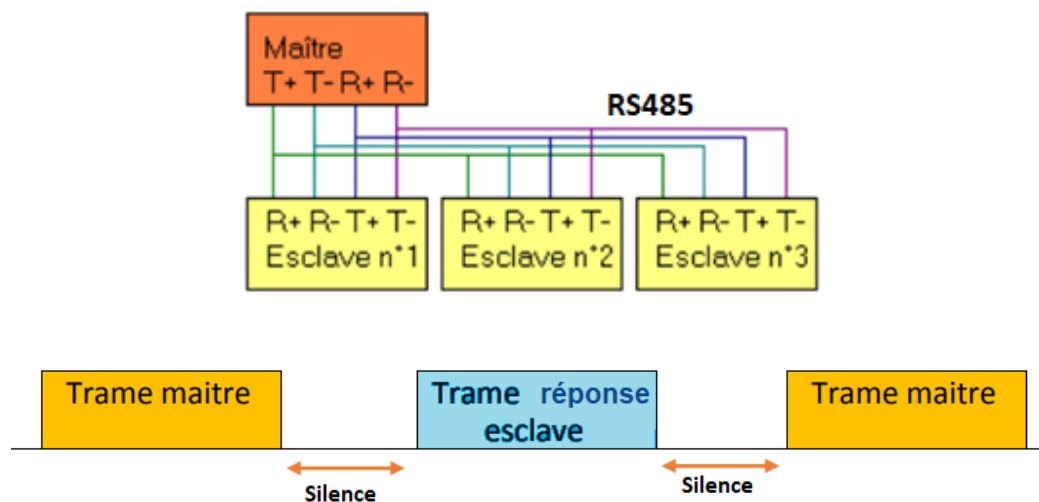
- Réduction massive du câblage, du temps d'installation, du matériel requis et des coûts de maintenance
- Plus de précision grâce à la numérisation

### ⇒ Modbus

Modbus (marque déposée par Modicon) est un protocole de communication utilisé pour des réseaux d'automates programmables. Il fonctionne selon une structure hiérarchisée entre un maître et plusieurs esclaves.

- Le maître envoie une demande et attend une réponse.
- Deux esclaves ne peuvent dialoguer ensemble.

Le protocole MODBUS utilise généralement la transmission série asynchrone RS232, RS422 ou RS485.

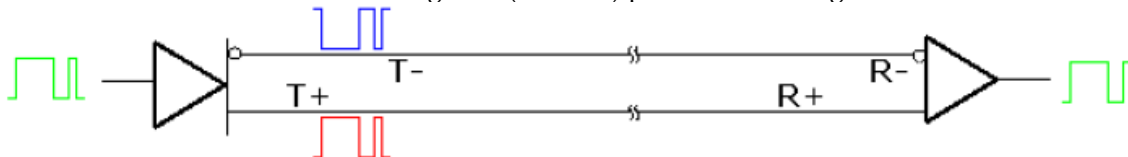


### RS-485

C'est une liaison série, de type asynchrone, multipoints et différentielle ; débit élevé (jusqu'à 10 Méga bits /s) sur une distance importante (jusqu'à 1200 m). Elle dispose de 2 bornes d'émission polarisées notées T+, T- et de 2 bornes de réception polarisées notées R+, R-

### Liaison différentielle

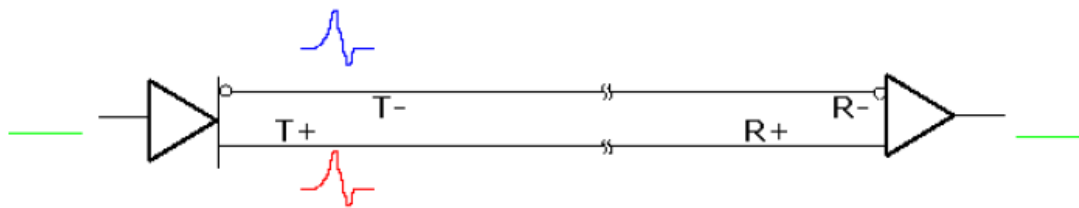
Sur une liaison différentielle (ou symétrique) les signaux (T+ et T-) sont transmis en opposition de phase. Le récepteur réalise la différence de ces deux signaux (R+ et R-) pour obtenir le signal utile



La paire de fils étant dans le même environnement. Donc, Si un parasite se produit, il se présente nécessairement sur les deux fils avec la même polarité

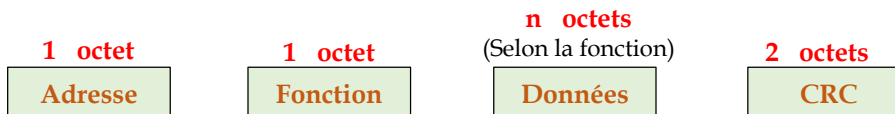
Le récepteur, réalisant la différence des deux signaux, neutralise le parasite





### Format d'une frame Modbus

Le format de la trame RTU est en général composé de 4 champs :



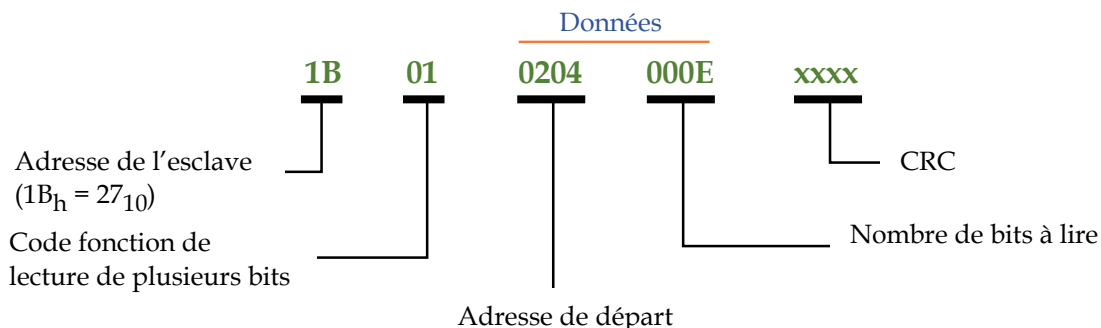
- Adresse : N° de l'esclave concerné par la requête
- Fonction : type d'action à réaliser
- Données : champ d'informations contenant les paramètres liés à la fonction : adresse mot, valeur de mot, nombre de mots, ...
- CRC (Cyclic Redundancy Check) : mot de contrôle de l'intégrité de la trame
  - Le maître calcule le CRC codé sur 2 octets
  - L'esclave, lorsqu'il reçoit la trame, calcule le CRC et le compare au CRC reçu. En cas d'erreur, l'esclave répond par une trame d'exception

La liste de quelques fonctions MODBUS est présentée dans le tableau ci-contre :

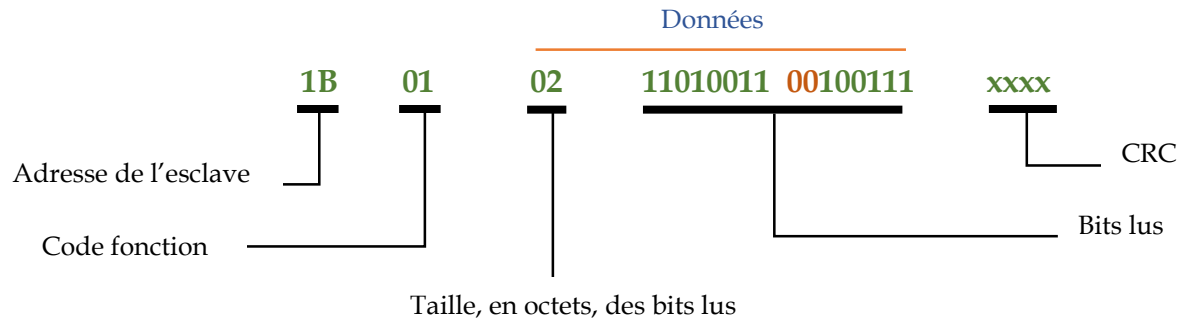
CODE en Hexa	FONCTION
01	Lecture de N bits de sortie
02	Lecture de N bits d'entrée
03	Lecture de N mots de sortie
04	Lecture de N mots d'entrée
05	Ecriture d'un bit de sortie
06	Ecriture d'un mot de sortie
0F	Ecriture de N bits de sortie
10	Ecriture de N mots

### Exemple de transaction maître-esclave Modbus

- Lecture par le maître des bits 204<sub>h</sub> à 211<sub>h</sub> (soit 14 bits ou 0E en hexa) sur l'esclave N° 27



- Exemple de réponse de l'esclave



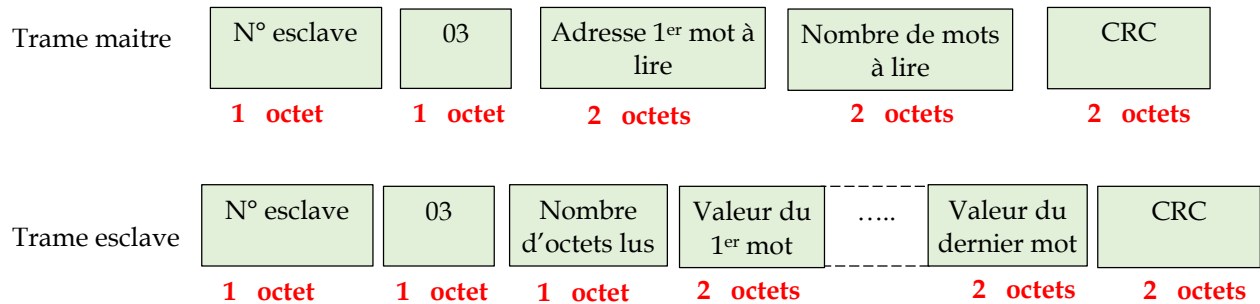
### Exercice

On considère les trames Modbus suivantes :

Requête émise par le maître : 04 03 00 02 00 01 25 9F

Requête émise par l'esclave : 04 03 02 02 58 74 DE

Dans le cas de la fonction 03 (lecture de plusieurs mots),



Compléter le décodage de ces messages Modbus

#### Trame maître

Adresse de l'esclave : .....

Code fonction : .....

Nombre et endroit des mots à extraire : .....

CRC : .....

#### Trame réponse esclave

Adresse de l'esclave : .....

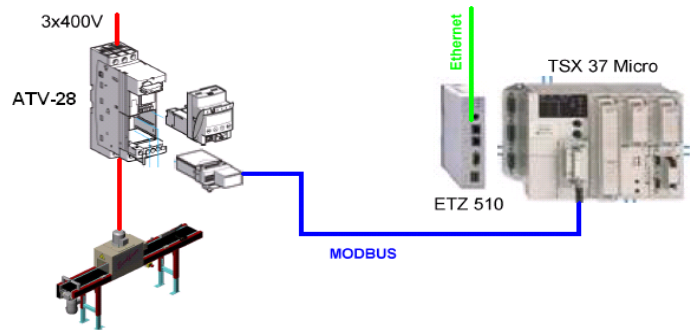
Code fonction : .....

La valeur du mot envoyé au maître : .....

CRC : .....

**Exercice**

Donnez la trame MODBUS de lecture par le maître des mots qui se trouvent sur la plage d'adresse W450<sub>(10)</sub> à W456<sub>(10)</sub> sur un ATV-28 (ALTIVAR), esclave n°2. (Le CRC n'est pas demandé)



.....	.....	.....	.....	XX XX
N° de l'esclave	Instruction de lecture de N mots	450 est converti en code hexadécimal	7 mots	Valeur du CRC

**Exercice**

Donnez la trame MODBUS pour envoyer une question à l'esclave 4 pour charger la valeur 10<sub>(10)</sub> dans le registre W252<sub>(10)</sub>. La partie "Données", dans le cas de l'écriture de 1 mots, est composée de 4 octets : 2 octets de l'adresse de destination et de 2 autres de la valeur envoyée

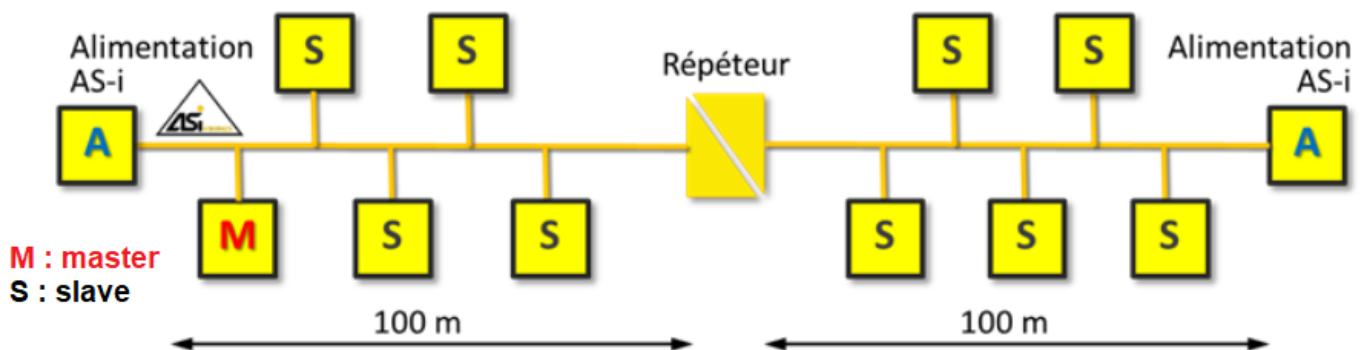
.....	.....	.....	.....	XX XX
N° de l'esclave	Instruction d'écriture d'un mot	252 est converti en code hexadécimal	Valeur 10	Valeur du CRC

⇒ **Bus As-i**

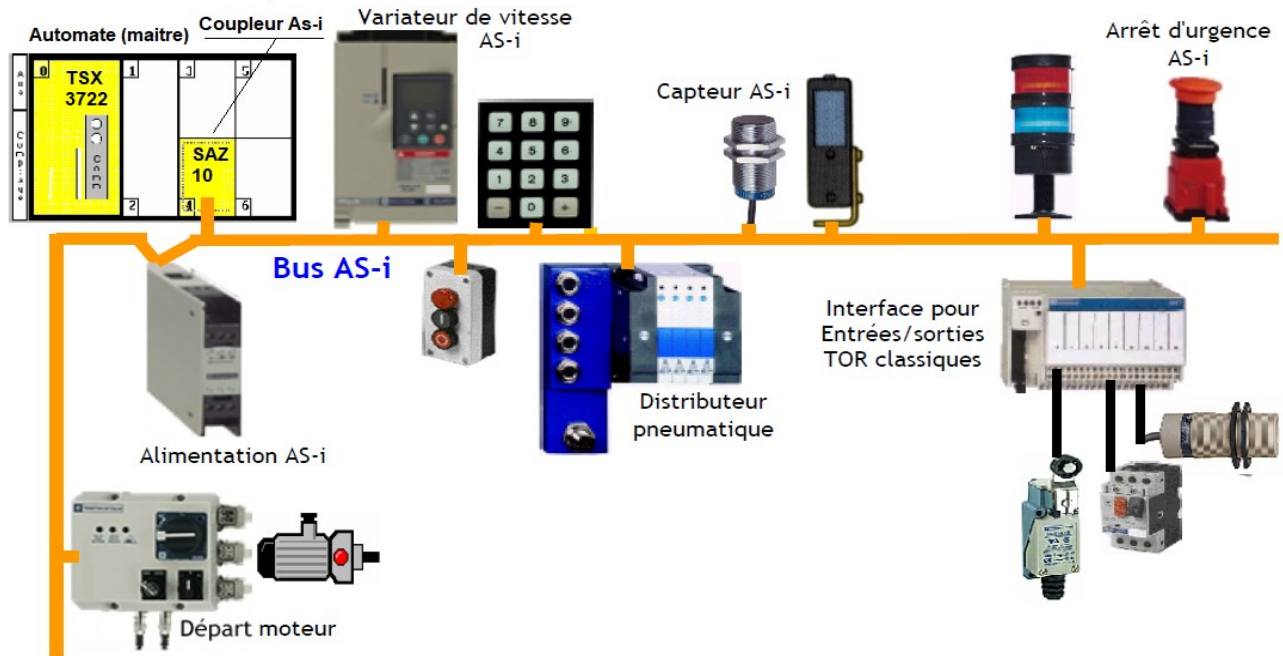
Un bus AS-i (en anglais Actuators Sensors Interface) est un bus de terrain de niveau 0 sur la pyramide CIM. Le bus AS-i étant un bus série, il permet de diminuer la longueur de câble nécessaire à l'utilisation d'un grand nombre de capteurs ou de pré-actionneurs.

La liaison physique est composée d'une simple paire de fils gainés d'un isolant jaune. Sur ces fils transitent les données ainsi que l'alimentation électrique.

**Exemple de topologie**

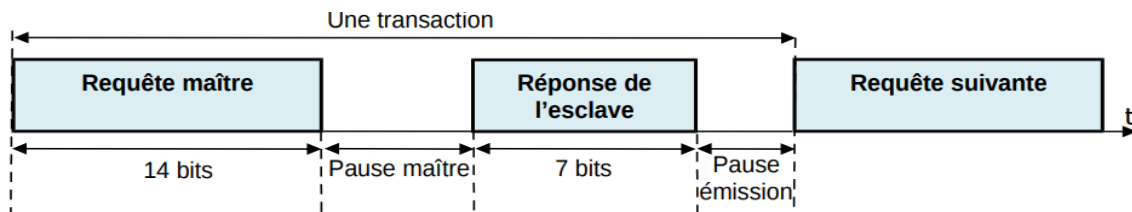


**Exemple d'équipements**

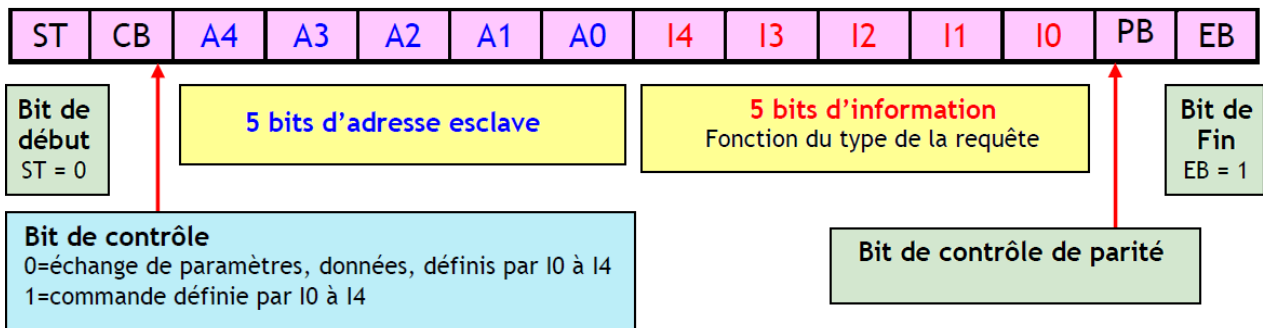


**Protocole de communication As-i**

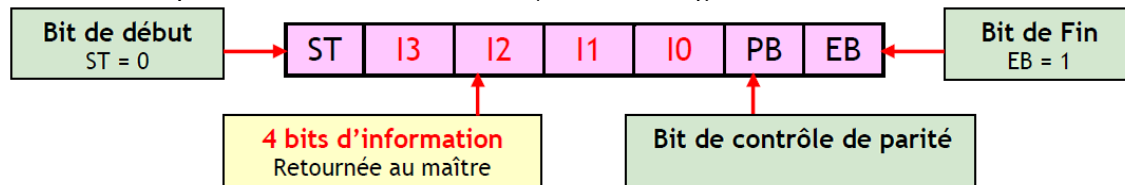
La méthode d'accès du bus AS-i est de type maître-esclave. Le maître interroge chacune des stations esclaves sur le bus, il met à jour les sorties et acquiert l'état des entrées des esclaves.



La trame de requête du maître contient toujours 14 bits organisés de la façon suivante :



La trame de réponse de l'esclave contient toujours 7 bits organisés de la façon suivante :



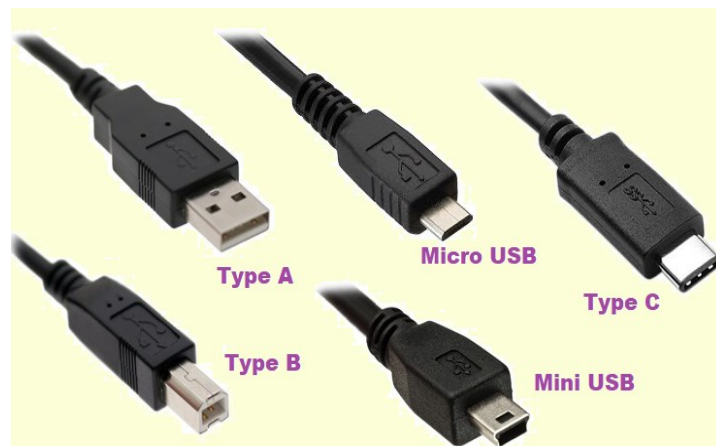
## Le bus USB

La technologie USB (Universal Serial Bus) est une interface d'entrée-sortie beaucoup plus rapide que les ports série standards. Si l'on veut exploiter plusieurs périphériques, on utilise un hub

### Hub USB



### Types de connecteurs USB

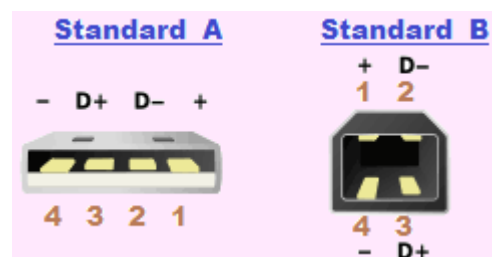


Les avantages de L'USB sont nombreux :

- Faible coût
- Indépendance vis à vis des machines hôtes
- Hot Plug & Play (c'est à dire branchement et débranchement sans avoir besoin d'arrêter le PC)
- Jusqu'à 127 périphériques possibles
- Fiabilité et sécurité ...

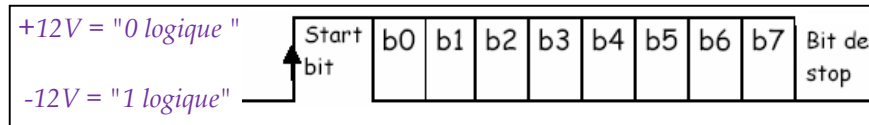
### Brochage des connecteurs USB

Broche	Désignation	Couleur du fil
1	Alimentation +5V	Rouge
2	Données (D-)	Blanc
3	Données (D+)	Vert
4	Masse (GND)	Noir



**Décodage d'une trame RS232**

Dans une transmission série type RS232, un caractère est émis comme ceci :



La trame d'envoi d'un caractère est donc composée de 10 bits :

- 1 bit de start
- 8 bits du caractère émis b0 à b7  
Exemple : si  $(b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0) = (01000111) = (71)_{10}$ . D'après la table ASCII, le caractère transmis est G
- 1 bit de stop

Table du code ASCII

Décimal	Octal	hexa	binaire	caractère	Décimal	Octal	hexa	binaire	caractère
033	041	21	00100001	!	059	073	3B	00111011	;
034	042	22	00100010	"	060	074	3C	00111100	<
035	043	23	00100011	#	061	075	3D	00111101	=
036	044	24	00100100	\$	062	076	3E	00111110	>
037	045	25	00100101	%	063	077	3F	00111111	?
038	046	26	00100110	&	064	100	40	01000000	@
039	047	27	00100111	'	065	101	41	01000001	A
040	050	28	00101000	(	066	102	42	01000010	B
041	051	29	00101001	)	067	103	43	01000011	C
042	052	2A	00101010	*	068	104	44	01000100	D
043	053	2B	00101011	+	069	105	45	01000101	E
044	054	2C	00101100	,	070	106	46	01000110	F
045	055	2D	00101101	-	071	107	47	01000111	G
046	056	2E	00101110	.	072	110	48	01001000	H
047	057	2F	00101111	/	073	111	49	01001001	I
048	060	30	00110000	0	074	112	4A	01001010	J
049	061	31	00110001	1	075	113	4B	01001011	K
050	062	32	00110010	2	076	114	4C	01001100	L
051	063	33	00110011	3	077	115	4D	01001101	M
052	064	34	00110100	4	078	116	4E	01001110	N
053	065	35	00110101	5	079	117	4F	01001111	O
054	066	36	00110110	6	080	120	50	01010000	P
055	067	37	00110111	7	081	121	51	01010001	Q
056	070	38	00111000	8	082	122	52	01010010	R
057	071	39	00111001	9	083	123	53	01010011	S
058	072	3A	00111010	:	084	124	54	01010100	T
					085	125	55	01010101	U
					086	126	56	01010110	V
					087	127	57	01010111	W
					088	130	58	01011000	X
					089	131	59	01011001	Y
					090	132	5A	01011010	Z

On considère la trame RS232 suivante :

1. Combien de caractères porte la trame ?

La trame est composée de ..... bits, elle est donc porteuse de ..... caractères (puisque l'émission d'un seul caractère nécessite ..... bits)

2. Calculez la durée d'un bit sachant que le débit de transmission est de 9600 bits/s ;

Le débit étant de 9600 bits/s  $\Rightarrow$  la durée d'un bit = .....

3. En déduire la durée totale de la trame ;

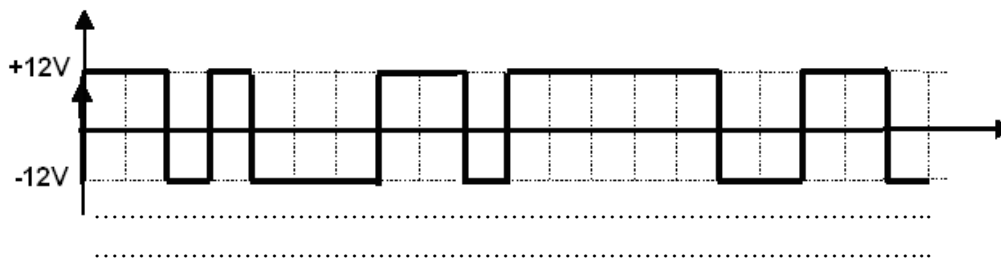
La durée totale de la trame = .....

4. Relever les bits ( $b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0$ ) pour chaque caractère ;

Pour le premier caractère, on relève ( $b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0$ ) = (.....) = (.....)<sub>16</sub>

Pour le deuxième caractère, on relève ( $b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0$ ) = (.....) = (.....)<sub>16</sub>

5. Utiliser la table ASCII pour déduire les caractères transmis.



D'après la table ASCII, le premier caractère est " ....." alors que le second est " ....."





