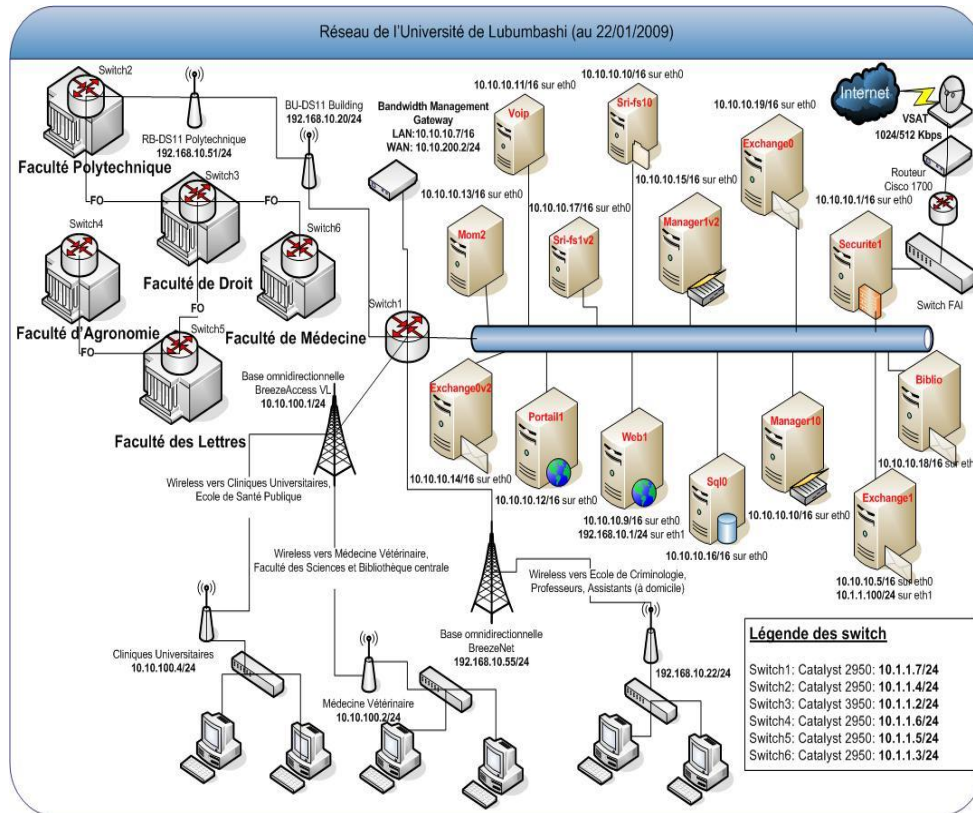


# RESEAUX et BUS de terrain



## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>2</b>
1.1	1989 : NAISSANCE DE LA « TOILE » (WEB WWW WORLD WIDE WEB) .....	2
1.2	2010 : EXPLOSION DU « CLOUD COMPUTING » OU INFORMATIQUE EN NUAGE .....	2
<b>2</b>	<b>CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES D'UN RESEAU</b> .....	<b>3</b>
2.1	TAILLE D'UN RESEAU : LAN, MAN, WAN .....	3
2.2	LES TEMPS D'ECHANGES .....	3
2.3	DECOUPAGE FONCTIONNEL .....	3
2.4	LA NATURE ET LE DECOUPAGE DES INFORMATIONS .....	3
<b>3</b>	<b>LE MODELE OSI (OPEN SYSTEM INTERCONNECTION)</b> .....	<b>4</b>
3.1	LES 7 COUCHES DU MODELE OSI (1984) .....	4
3.2	TRANSMISSION DE DONNEES DANS LE DOMAINE OSI .....	4
<b>4</b>	<b>TOPOLOGIES DES RESEAUX</b> .....	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>RESEAU ETHERNET ET INTERNET, ADRESSAGE IP</b> .....	<b>6</b>
5.1	ARCHITECTURE MATERIELLE ET VOCABULAIRE .....	6
5.2	ORGANISATION ET PARAMETRES DE CONFIGURATION D'UNE LIAISON .....	7
5.3	MASQUE DE SOUS RESEAU .....	7
5.4	EXEMPLE D'UN RESEAU LOCAL ETHERNET (LAN) RELIE A INTERNET (WAN) .....	8
5.5	EXERCICES SUR LES ADRESSES IP ET LE MASQUAGE .....	8
5.6	LA TRAME ETHERNET .....	9
<b>6</b>	<b>RESEAUX ET BUS DE TERRAIN</b> .....	<b>9</b>
6.1	CONTEXTE : .....	9
6.2	BUS CAN (CONTROLE AREA NETWORK) .....	9
6.3	PROFIBUS EVOLUTION VERS PROFINET ET MODBUS VERS MODBUS TCP/IP .....	12

# 1 INTRODUCTION

**Partager l'intelligence, les données et les capacités matérielles est le premier objectif des réseaux**

## 1.1 1989 : naissance de la « toile » (WEB www World Wide Web)

<p>Tim Berners-Lee, physicien britannique, invente le web au CERN en 1989.</p> <p>À l'origine, le projet, baptisé « World Wide Web », est conçu et développé pour que des scientifiques travaillant dans les universités et les instituts du monde entier puissent s'échanger des informations instantanément.</p> <p>Le site décrivait les principales caractéristiques du web et expliquait comment accéder aux documents d'autres personnes et comment configurer son propre serveur.</p>	<p>La première page WEB (1989) <a href="http://info.cern.ch/hypertext/WWW/TheProject.html">http://info.cern.ch/hypertext/WWW/TheProject.html</a></p> <p><b>World Wide Web</b></p> <p>The WorldWideWeb (W3) is a wide-area <a href="#">hypermedia</a> information retrieval initiative aiming to give universal access to a large universe of documents.</p> <p>Everything there is online about W3 is linked directly or indirectly to this document, including an <a href="#">executive summary</a> of the project, <a href="#">Mailing lists</a>, <a href="#">Policy</a>, November's <a href="#">W3 news</a>, <a href="#">Frequently Asked Questions</a></p> <p><a href="#">What's out there?</a> Pointers to the world's online information, <a href="#">subjects</a>, <a href="#">W3 servers</a>, etc.</p> <p><a href="#">Help</a> on the browser you are using</p> <p><a href="#">Software Products</a> A list of W3 project components and their current state. (e.g. <a href="#">Line Mode</a>, <a href="#">X11 Viola</a>, <a href="#">NeXTStep</a>, <a href="#">Servers</a>, <a href="#">Tools</a>, <a href="#">Mail robot</a>, <a href="#">Library</a>)</p> <p><a href="#">Technical</a> Details of protocols, formats, program internals etc</p> <p><a href="#">Bibliography</a> Paper documentation on W3 and references.</p> <p><a href="#">People</a> A list of some people involved in the project.</p> <p><a href="#">History</a> A summary of the history of the project.</p> <p><a href="#">How can I help?</a> If you would like to support the web.</p> <p><a href="#">Getting code</a> Getting the code by <a href="#">anonymous FTP</a>, etc.</p>
<p>Le premier site web créé au CERN – et dans le monde – était destiné au projet World Wide Web lui-même. Il était hébergé sur l'ordinateur NeXT de Tim Berners-Lee. Le 30 avril 1993, le CERN a mis le logiciel du World Wide Web dans le domaine public.</p> <p>En donnant libre accès au logiciel nécessaire pour faire fonctionner un serveur web, ainsi qu'au navigateur et à la bibliothèque de codes associés, il a permis à la Toile de se tisser. L'ordinateur NeXT – le serveur web d'origine – est encore au CERN.</p> <p>En 2013, le CERN a remis en service le premier site web, et a même rétabli le site web à son adresse d'origine.</p>	

## 1.2 2010 : explosion du « cloud computing » ou informatique en nuage

Le « cloud computing » dont les principes remontent aux années 1950 (accès d'utilisateurs depuis leurs terminaux à des applications fonctionnant sur des systèmes centraux), a explosé à partir de 2010 environ, date à laquelle les débits Internet sont devenus suffisants et les espaces de stockage beaucoup moins chers (disque dur de 1000Go en 2015 pour le prix de 1Go 2010...).

Le cloud permet l'accès à la demande et en libre-service à des ressources informatiques partagées configurables, via un réseau de télécommunications (le plus souvent Internet).

**Les caractéristiques techniques du nuage (localisation des données, débits...) ne sont pas connues du consommateur.**

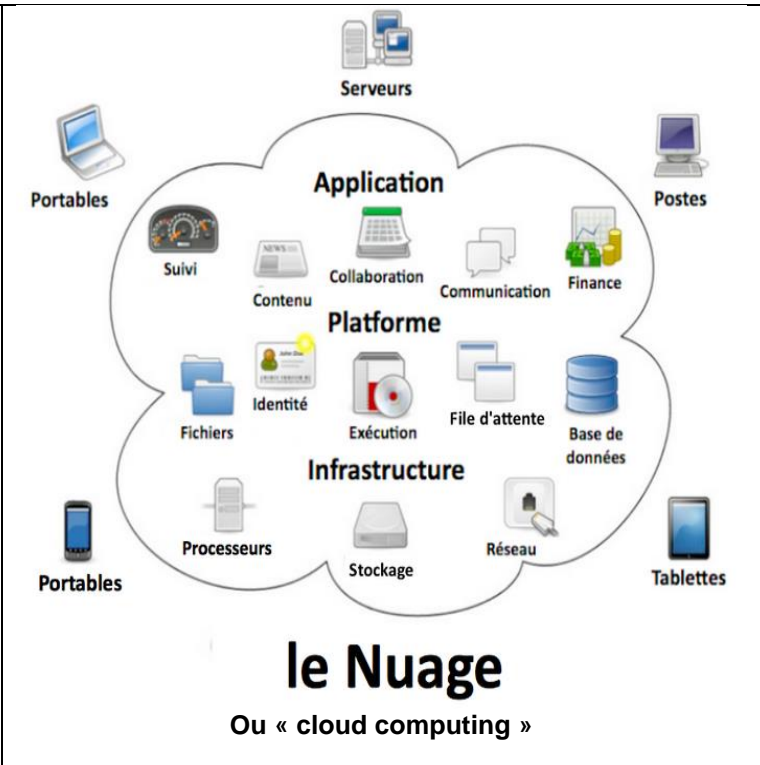
Le **cloud computing** est une manière de fournir et d'utiliser des systèmes informatiques, basés sur les **nuages** (*cloud* en anglais) comme - un parc de machines, un espace de stockage, des logiciels - maintenus par un fournisseur.

**Avantages :**

- Le *cloud computing* permet d'effectuer des économies, notamment grâce à la mutualisation des services sur un grand nombre de clients.
- L'accès aux données peut se faire de n'importe où.

**Inconvénients :**

- Les entreprises perdent la maîtrise de l'implantation de leurs données et l'utilisation des réseaux publics, dans le cas du *cloud* public, entraîne des risques liés à la sécurité du *cloud* (piratages de données).
- Le client d'un service de *cloud computing* devient très dépendant de la qualité du réseau pour accéder à ce service.
- Les questions juridiques se posent notamment par l'absence de localisation précise des données du *cloud computing*.



## 2 CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES D'UN RESEAU

### 2.1 Taille d'un réseau : LAN, MAN, WAN

Les informations à échanger entre les diverses parties d'un système peuvent se situer au niveau :

- ⇒ des composants électroniques eux-mêmes et de périphériques proches (bureau, bâtiment, atelier... **LAN Local Area Network** typiquement Ethernet),
- ⇒ d'éléments plus lointains à l'échelle d'une ville (**MAN Métropolitain Area Network**),
- ⇒ ou d'éléments très éloignés (différentes usines d'une entreprise, monde entier... **WAN Wide Area Network** typiquement Internet).

### 2.2 Les temps d'échanges

De l'ordre de la nanoseconde entre le processeur et le stockage de masse de type RAM, ils passent à la milliseconde entre les périphériques d'un réseau local (LAN) et prennent quelques dizaines de millisecondes lors d'échanges entre des serveurs situés à plusieurs milliers de km de distance (WAN).

**TP : Utiliser dans une console CMD les commandes :**

- ⇒ « ping www.site.choisi »
- ⇒ « tracert www.site.choisi »

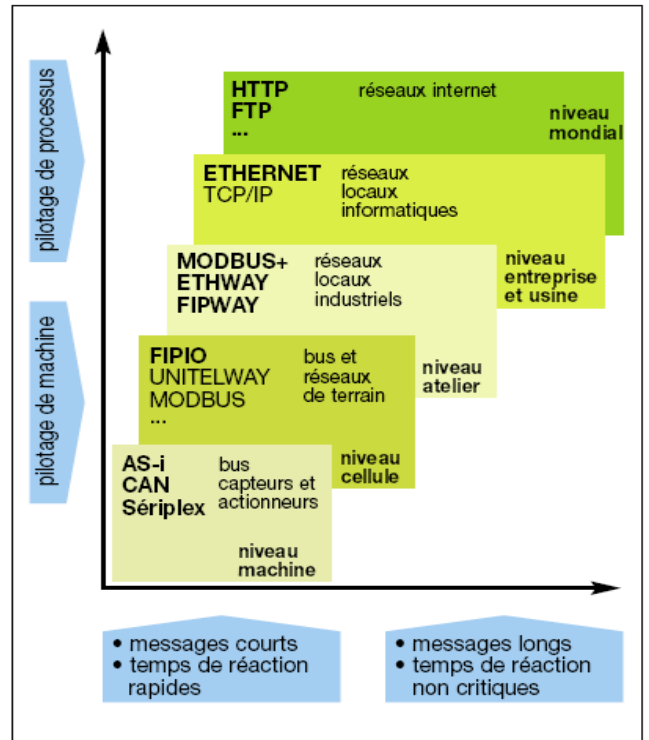


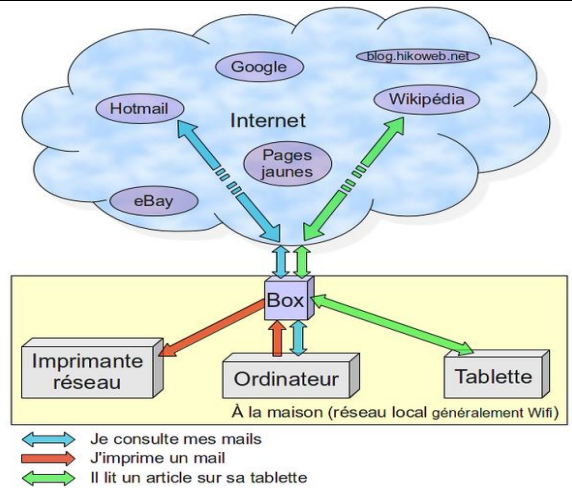
Fig.2 Niveaux et caractéristiques essentielles d'un réseau

### 2.3 Découpage fonctionnel

Un réseau peut être classé en fonction de son utilisation et des services qu'il offre. Ce découpage recoupe également la notion d'échelle.

Pour les réseaux utilisant la famille des protocoles TCP/IP la nomenclature est la suivante :

- **INTRANET** : réseau interne d'une entité organisationnelle
- **EXTRANET** : réseau externe d'une entité organisationnelle
- **INTERNET** : réseau des réseaux interconnectés à l'échelle de la planète



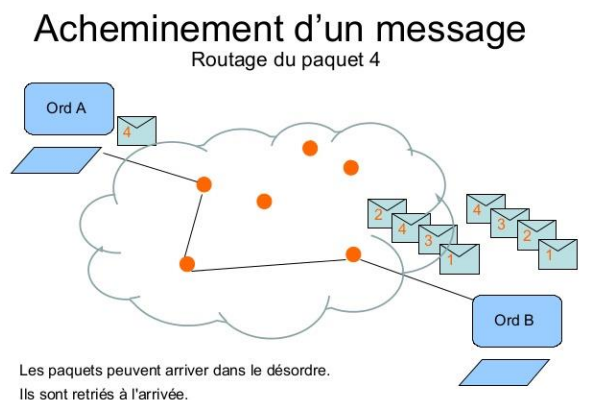
### 2.4 La nature et le découpage des informations

Elle est différente selon la distance.

Sur de **courtes distances** il s'agit de bits, d'octets, de mots, de caractères ou de messages courts.

Sur de **longues distances** les messages s'allongent, on transfère des fichiers complets.

Ils sont segmentés par **paquets**, le chemin de chaque paquet peut être différent entre la source et le destinataire (routage) et par conséquent leur ordre d'arrivée peut être quelconque. Le débit utile d'une liaison (octets de données / octets de données + protocole) augmente avec la taille des paquets.



### 3 LE MODELE OSI (OPEN SYSTEM INTERCONNECTION)

Le modèle OSI (de l'anglais Open Systems Interconnection) est un standard de communication, en réseau, de tous les systèmes informatiques. C'est un modèle de communications entre ordinateurs qui décrit les fonctionnalités nécessaires à la communication et l'organisation de ces fonctions.

#### 3.1 Les 7 couches du modèle OSI (1984)

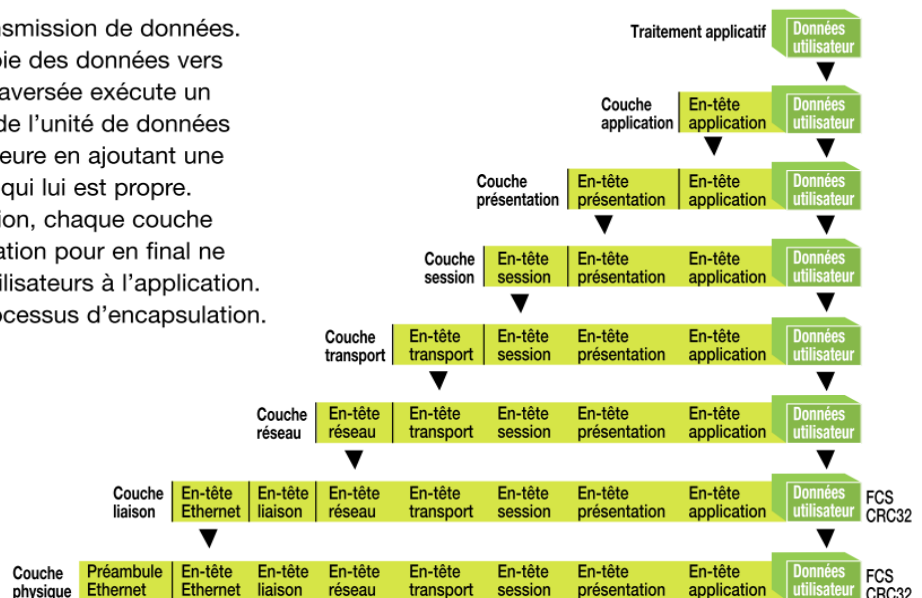
Modèle OSI (7 couches qui ne communiquent qu'avec leurs adjacentes)			
	Type de Donnée	Couche	Fonction
Couches Hautes	Donnée	<b>7. Application</b>	Point d'accès aux services réseaux
		<b>6. Présentation</b>	Gère le chiffrement et le déchiffrement des données applicatives (conversion en chaîne d'octets transportés par les couches 1 à 5).
		<b>5. Session</b>	Gère les sessions entre les différentes applications, la synchronisation des échanges et les « transactions ». Elle permet l'ouverture et la fermeture de session.
	Segments	<b>4. Transport</b>	Connexion bout à bout, connectabilité et contrôle de flux. (programmes en cours d'exécution).
Couches Matérielles	Paquet / Datagramme (ROUTEUR)	<b>3. Réseau</b>	Détermine le parcours des données (routage) et l'adressage logique (Adresse IPV4 6 octets, étendu IPV6 16 octets pour TCP /IP))
	Trame (SWITCH)	<b>2. Liaison</b>	Contrôle de la liaison, protocole, format de la trame, CRC. Adressage physique, de la machine (Adresse MAC 8 octets)
	Bit (HUB)	<b>1. Physique</b>	Transmission des signaux sous forme binaire. Elle correspond à la nature de l'information, électrique ou optique, et à son mode de codage du « 0 » et « 1 ».

#### 3.2 Transmission de données dans le domaine OSI

La figure ci-dessous montre un exemple de la façon dont les données peuvent être transmises selon le modèle OSI.

##### ■ L'encapsulation

C'est un mécanisme de transmission de données. Lorsqu'une application envoie des données vers le réseau, chaque couche traversée exécute un processus d'encapsulation de l'unité de données fournie par la couche supérieure en ajoutant une entête, voire une remorque, qui lui est propre. Réciproquement à la réception, chaque couche exécutera une désencapsulation pour en final ne restituer que les données utilisateurs à l'application. La figure 7 matérialise le processus d'encapsulation.



## 4 TOPOLOGIES DES RESEAUX

Il existe **deux modes de propagation des données** classant ces topologies :

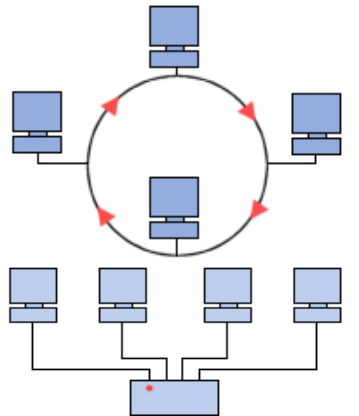
**MODE DE DIFFUSION : topologie en bus ou en anneau,**

« **Le facteur dépose la pile de courrier en vrac en bas de l'immeuble, chacun prend son propre courrier...** »

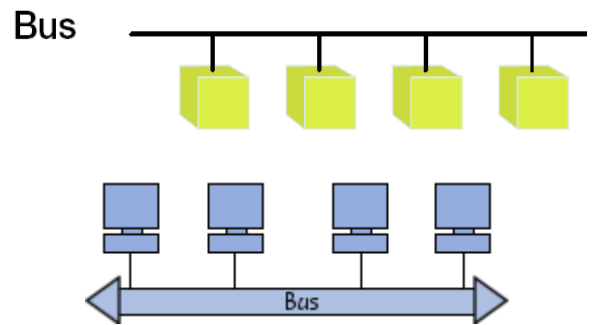
Ce mode de fonctionnement consiste à n'utiliser qu'un seul support de transmission. Le principe est que le message est diffusé sur le réseau avec l'adresse du destinataire.

Ainsi toute unité réseau est capable de voir le message et d'analyser selon l'adresse du destinataire si le message lui est destiné ou non.

Ce mode est très risqué si l'information est non cryptée, n'importe qui peut lire l'information par un « logiciel renifleur ».



**Diffusion en anneau / Token ring**



**Diffusion par BUS**

Dans un réseau possédant une **topologie en anneau**, les ordinateurs communiquent chacun à leur tour de proche en proche.

**Token ring (anneau à jeton) :** C'est un jeton (un paquet de données), qui détermine quel ordinateur a le droit d'émettre des informations pendant un temps déterminé, après lequel le jeton est remis à l'ordinateur suivant.

En réalité, les ordinateurs ne sont pas reliés en boucle, mais sont reliés à un **répartiteur** (appelé *MAU, Multistation Access Unit*) qui va gérer la communication entre les ordinateurs qui lui sont reliés en impartissant à chacun d'entre eux un temps de parole.

Dans une **topologie en bus** tous les ordinateurs sont reliés à une même ligne de transmission par l'intermédiaire de câble, généralement coaxial pour une liaison série.

Le mot « bus » désigne la ligne physique qui relie les machines du réseau.

Une **topologie en bus** est l'organisation la plus simple d'un réseau.

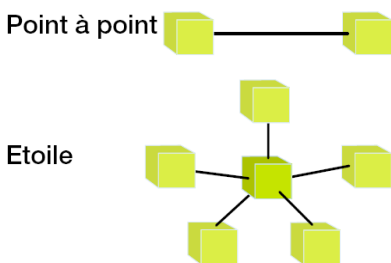
**Les réseaux industriels de taille réduite sont sur ce principe.**

**MODE POINT A POINT : topologie en étoile ou maillée,**

« **Le facteur dépose le courrier dans la bonne boîte au lettre** »

Dans ce mode, le support physique ne relie à un instant qu'une paire d'unités seulement. Pour que deux unités réseaux communiquent, elles passent obligatoirement par un intermédiaire (le nœud).

Il s'agit d'un réseau commuté (switch), l'entête d'adresse permettant de définir un chemin unique de point à point...



**Maillé**

La **topologie en étoile** est une extension d'un réseau point à point entre 2 machines.

L'équipement central est un commutateur (switch) qui constitue un nœud d'aiguillage en fonction de l'adresse du message.

Il constitue un point unique de défaillance : une panne à ce niveau rend le réseau totalement inutilisable.

**Le réseau Internet est un exemple de topologie en étoile maillée utilisant des routeurs.**

**Réseau sans fil (WIFI) :**

Le réseau sans fil est une alternative efficace au réseau **Ethernet** pour partager imprimantes, scanners et connexions haut débit. Ce réseau WLAN se révèle plus économique en coût et en temps d'installation que les câbles et permet une mobilité des appareils connectés au réseau.

Le réseau sans fil ne requiert par ailleurs qu'un point accès sans fil, directement connecté à Internet via un **routeur**.

La connectivité « point à point » directement entre machines est possible.

## 5 RESEAU ETHERNET ET INTERNET, ADRESSAGE IP

### 5.1 Architecture matérielle et vocabulaire

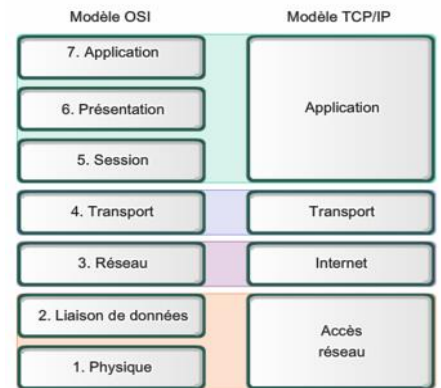
Un **réseau Ethernet** permet d'interconnecter à courtes distances des ordinateurs ou du matériel équipé d'une carte réseau. C'est un **réseau local (échelle LAN)**.

Le **réseau Internet** permet d'échanger des informations à grande distance (**échelle WAN**), par l'intermédiaire d'une ligne téléphonique reliée à un **modem (56kB/s maxi)** ou d'un **routeur ADSL** (Livebox, freebox...).

On peut relier ces deux réseaux par une **passerelle ou proxy**.

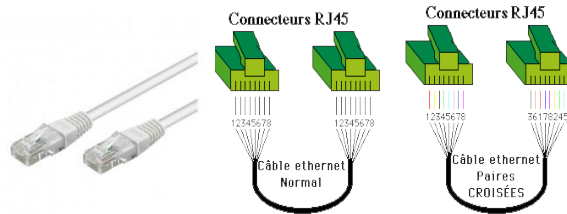
Il n'y a pas de correspondance directe entre le modèle OSI et le modèle TCP/IP, on peut néanmoins proposer l'équivalence ci-contre.

Il est important de distinguer les différents matériels utilisés, leur nom et leur rôle et performances.



#### Câble réseau / RJ 45

Câble 8 conducteurs (4 paires) utilisé en câblage informatique.



**Câble croisé ou droit ?**

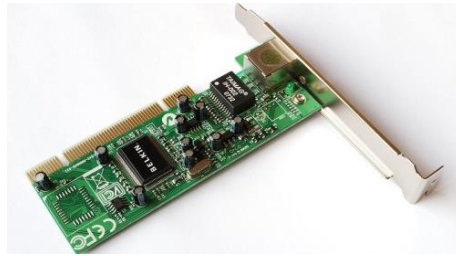
Pour une carte réseau actuelle cela n'a aucune importance

En 10/100 Mbit/s, seules quatre broches 1-2 et 3-6 sont utilisées. En 1 000 Mbit/s (1 Gbit/s), les 8 broches sont utilisées.

Entre un PC et un concentrateur (hub) ou un commutateur (switch), on utilise un câble droit. Entre deux PC, un câble croisé doit être utilisé. c'est-à-dire que la paire de transmission d'un côté est connectée aux broches de réception de l'autre côté.

#### Carte réseau (Ethernet)

Interface entre la machine (PC, imprimante, API...) et le réseau).



Les débits standard Ethernet sont :

- 10 Mbit/s ; 100 Mbit/s (Fast Ethernet) ;
- 1 000 Mbit/s ou 1Gbit/s (gigabit Ethernet) ;
- 10 000 Mbit/s (10 gigabit Ethernet).

Les cartes réseau peuvent communiquer en half duplex, dans ce cas, une carte peut seulement émettre ou recevoir des informations à un instant donné. Le mode full duplex permet à une carte réseau d'émettre et recevoir simultanément.

#### Concentrateur ou Hub

Concentre les transmissions de plusieurs équipements sur un même support dans un réseau informatique local (**domaine de collision**).

Pas d'accès direct à internet.



Hub 8 ports

En utilisant un hub, chaque équipement partage le même domaine de diffusion et de collision.

Une seule des machines connectées peut transmettre à la fois sinon une collision se produit, les machines concernées doivent retransmettre leurs trames.

Vulnérable aux attaques par « packet sniffer ».

#### Commutateur ou Switch

Il aiguille la trame, en fonction de l'adresse de destination de cette trame (**domaine de diffusion**).

Il peut être configuré pour un accès direct à internet.



Switch 24 ports (synonymes « bridge, pont »)

<http://reussirsonccna.fr/switch/>

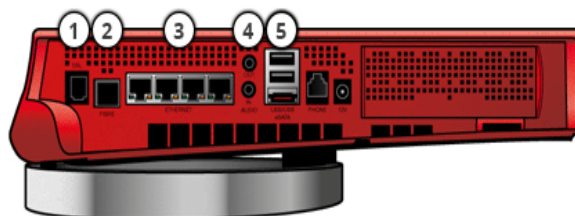
Il a la même apparence qu'un concentrateur, mais contrairement à un concentrateur, un commutateur ne reproduit pas sur tous les ports chaque trame qu'il reçoit : il sait déterminer sur quel port il doit l'envoyer, en fonction de l'adresse MAC de destination de cette trame.

Il possède une table MAC ou CAM dynamique qui s'enrichit au fil des échanges

#### Passerelle (Gateway)

#### Modem / Routeur / BOX

Relie le réseau local Ethernet (LAN) au réseau étendu Internet (WAN) (**domaine de diffusion**).



FREEBOX Révolution (Serveur)

1. Port ligne pour ADSL2+ / VDSL2
2. Port optique pour Fibre Optique
3. Switch Gigabit Ethernet 4 ports
4. Line In et Line Out audio type jack
5. Hub USB x2 et eSATA

## 5.2 Organisation et paramètres de configuration d'une liaison

### 5.2.1 Adresse IP (Internet Protocole) d'une machine dans un réseau

Chaque élément ou machine doit posséder sa propre adresse au sein du réseau.

Evolution de l'IP V4 (4 octets ou 32 bits), vers l'IP V6 (16 octets ou 128 bits). L'IPv4 est saturée depuis 2011. <b>Dans la suite du cours on traite de l'IPv4 toujours en usage en 2015... en la nommant adresse IP.</b>	Une adresse IPv4 (notation décimale à point) <div style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 10px 0;">172 . 16 . 254 . 1</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="text-align: center;">↓</div> </div> <div style="font-family: monospace; font-size: 0.9em;">10101100 . 00010000 . 11111110 . 00000001</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%; margin-top: 5px;"> <div style="text-align: center;">┌───┐ 1 octet = 8 bits</div> <div style="text-align: center;">┌───┐ 32 bits ( 4 * 8 ), ou 4 octets</div> </div>	An IPv6 address (in hexadecimal) <div style="font-family: monospace; font-size: 0.9em; font-weight: bold; margin: 10px 0;">2001:0DB8:AC10:FE01:0000:0000:0000:0000</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="text-align: center;">┌───┐ Zeroes can be omitted</div> </div> <div style="font-family: monospace; font-size: 0.8em; margin-top: 5px;">2001:0DB8:AC10:FE01::</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">↘</div> <div style="text-align: center;">↘</div> <div style="text-align: center;">↘</div> <div style="text-align: center;">↘</div> </div> <div style="font-family: monospace; font-size: 0.7em; margin-top: 5px;">10000000000001:0000110110111000:1010110000010000:1111111000000001: 0000000000000000:0000000000000000:0000000000000000:0000000000000000</div>
--	--	---

L'adresse IP d'une machine, formée de 32 bits ou 4 octets doit être unique sur le réseau auquel elle est reliée.  
 Une adresse IP est formée de 2 parties ou ID (IDentification)

- l'identificateur réseau **Net ID (partie haute 1 à 3 octets à gauche selon la classe du réseau)**
- l'identificateur machine **Host ID (partie basse)**

### 5.2.2 Adresses particulières

**L'adresse de diffusion (ou broadcast)** est obtenue lorsque tous les bits de la partie HostID sont à 1. Il s'agit d'une adresse spécifique, permettant d'envoyer un message à toutes les machines situées sur le réseau spécifié par le NetID.

*Exemple : voir les ordinateurs proches du mien*

**L'adresse de rebouclage** (en anglais **loopback**) désigne la **machine locale** (en anglais *localhost*). Elle est obtenue par l'adresse **127.0.0.1**. = 0111 1111. 0000 0000.0000 0000.0000 0001

*Exemple : ping 127.0.0.1 permet le test de la carte réseau*

### 5.2.3 Classes d'adresses

Pour un réseau local on peut choisir l'adresse machine dans un certain nombre de plages appelé **classe de réseau**. Ces adresses sont dites publiques car tout le monde peut les utiliser à souhait au sein d'un réseau local.

On choisira entre ces 3 classes suivant l'importance du réseau.

Nombre de machines adressables selon la classe de l'adresse	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Classe</th> <th style="width: 10%;">Bits de départ (gauche)</th> <th style="width: 15%;">Début</th> <th style="width: 15%;">Fin</th> <th style="width: 10%;">Masque de sous-réseau par défaut</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Classe A</b></td> <td>0</td> <td>0.0.0.0 <sup>(1)</sup></td> <td>127.255.255.255 <sup>(1)</sup></td> <td>255.0.0.0</td> </tr> <tr> <td><b>Classe B</b></td> <td>10</td> <td>128.0.0.0</td> <td>191.255.255.255</td> <td>255.255.0.0</td> </tr> <tr> <td><b>Classe C</b></td> <td>110</td> <td>192.0.0.0</td> <td>223.255.255.255</td> <td>255.255.255.0</td> </tr> </tbody> </table>	Classe	Bits de départ (gauche)	Début	Fin	Masque de sous-réseau par défaut	<b>Classe A</b>	0	0.0.0.0 <sup>(1)</sup>	127.255.255.255 <sup>(1)</sup>	255.0.0.0	<b>Classe B</b>	10	128.0.0.0	191.255.255.255	255.255.0.0	<b>Classe C</b>	110	192.0.0.0	223.255.255.255	255.255.255.0
Classe	Bits de départ (gauche)	Début	Fin	Masque de sous-réseau par défaut																	
<b>Classe A</b>	0	0.0.0.0 <sup>(1)</sup>	127.255.255.255 <sup>(1)</sup>	255.0.0.0																	
<b>Classe B</b>	10	128.0.0.0	191.255.255.255	255.255.0.0																	
<b>Classe C</b>	110	192.0.0.0	223.255.255.255	255.255.255.0																	
<b>Classe A</b> , HostID de 3 octets, on peut adresser (256 * 256 * 256) - 2 machines, soit 16777214.	(1) Pour un réseau de classe A le réseau 0 et le réseau 127 n'existent pas il existe donc 126 réseaux de classe A																				
<b>Classe B</b> , HostID de 2 octets, on peut adresser (256 * 256) - 2 soit 65534 machines.																					
<b>Classe C</b> , HostID d'un octet : 256 - 2, soit 254 machines.																					

## 5.3 Masque de sous réseau

Un masque de sous réseau permet de connaître le réseau auquel appartient une machine pour diriger l'information.

**PRINCIPE :**  
 Un masque contient des 1 aux emplacements des bits que l'on désire conserver, et des 0 pour ceux que l'on veut annuler. Il suffit de faire un ET logique entre la valeur que l'on désire masquer et le masque afin de garder intacte la partie que l'on désire, et annuler le reste.

Les masques de sous réseau associés aux différentes classes de réseaux sont donnés ci-contre.  <b>On retiendra en particulier celui de la classe C le plus usuel dans un réseau local.</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Classe</th> <th style="width: 20%;">Masque de sous réseau associé</th> <th style="width: 70%;">Equivalent binaire</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>255.0.0.0</td> <td>11111111.00000000.00000000.00000000</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>255.255.0.0</td> <td>11111111. 11111111. 00000000. 00000000</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>255.255.255.0</td> <td>11111111. 11111111. 11111111. 00000000</td> </tr> </tbody> </table>	Classe	Masque de sous réseau associé	Equivalent binaire	A	255.0.0.0	11111111.00000000.00000000.00000000	B	255.255.0.0	11111111. 11111111. 00000000. 00000000	C	255.255.255.0	11111111. 11111111. 11111111. 00000000
Classe	Masque de sous réseau associé	Equivalent binaire											
A	255.0.0.0	11111111.00000000.00000000.00000000											
B	255.255.0.0	11111111. 11111111. 00000000. 00000000											
C	255.255.255.0	11111111. 11111111. 11111111. 00000000											

Résultat avec la fonction ET logique entre le masque et l'adresse machine :

Exemple : soit la machine 192.168.12.1 avec le masque 255.255.255.0

Adresse machine	192.168.12.1	11000000.10101000.00001100.00000001
Masque de sous réseau	255.255.255.0	11111111.11111111.11111111.00000000
Application d'un et logique	192.168.12.0	11000000.10101000.00001100.00000000

Après l'application du masque, le résultat est 192.168.12.0., c'est à dire l'identificateur réseau.

### 5.4 Exemple d'un réseau local Ethernet (LAN) relié à Internet (WAN)

#### Organisation locale (LAN) du réseau

- ⇒ L'ID du réseau local est 192.168.0.x.
  - ⇒ Les ID des machines dans le réseau local sont : 10 pour PC1 ; 11 pour PC2 ; 12 pour PC3 ; 1 pour le routeur.
- Par défaut, l'ID machine « 0 » est celle du réseau local ou sous réseau, elle ne peut pas être utilisée par une machine.

The diagram shows a local network with three PCs (192.168.0.10, 192.168.0.11, 192.168.0.12) connected to a central router (192.168.0.1) via a HUB or SWITCH. This router is connected to a modem ADSL (80.14.215.14) which passes through a FIREWALL to another router (80.14.215.1) and finally to the Internet (213.228.0.42).

The screenshot shows the 'Propriétés de Protocole Internet (TCP/IP)' window for PC1. The 'Général' tab is active, showing the option 'Utiliser l'adresse IP suivante' selected. The IP address is set to 192.168.0.10, the subnet mask to 255.255.255.0, and the default gateway to 192.168.0.1.

#### Passerelle avec l'extérieur :

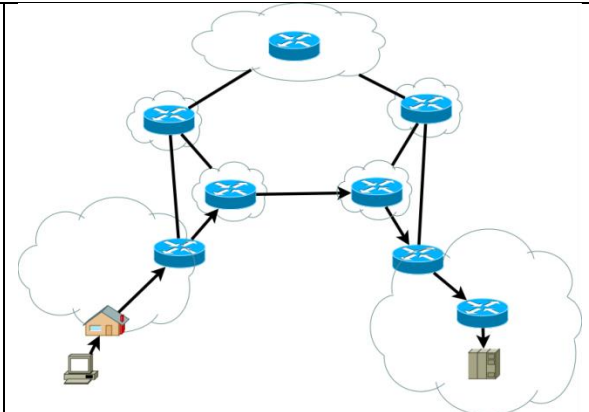
Le routeur via le modem ADSL relie le réseau local à Internet (fonction de passerelle).  
 Vu de l'extérieur le réseau local est à l'adresse publique 80.14.215.14 attribuée par le fournisseur d'accès.  
 Le premier routeur rencontré à l'adresse 80.14.215.1 est celui du fournisseur d'accès.  
 Au-delà, ce sont les routeurs du réseau étendu (WAN) qui déterminent le chemin (le routage) pour accéder à l'adresse demandée 213.228.0.42

#### Routage point à point par Internet (réseau maillé WAN) résultat de l'instruction « tracert » dans la console CMD de Windows

Détermination de l'itinéraire vers www.commentcamarche.net [163.5.255.85] avec un maximum de 30 sauts :

```

1 33 ms raspail-2-81-57-234-254.fbx.proxad.net [81.57.234.254]
2 33 ms vlq-6k-2-a5.routers.proxad.net [213.228.4.254]
3 33 ms vlq-6k-2-v802.intf.routers.proxad.net [212.27.50.46]
4 33 ms th1-6k-2-v806.intf.routers.proxad.net [212.27.50.41]
5 32 ms cbv-6k-2-v802.intf.routers.proxad.net [212.27.50.34]
6 34 ms ldc-6k-1-a0.routers.proxad.net [213.228.15.67]
7 35 ms cogent.FreeIX.net [213.228.3.187]
8 36 ms NeufTelecom.demarc.cogentco.com [130.117.16.22]
9 36 ms V3994.c1cbv.gaoland.net [212.94.162.209]
10 34 ms V4080.core3.cbv.gaoland.net [212.94.161.129]
11 36 ms 212.94.164.210
12 36 ms nestor.commentcamarche.org [163.5.255.85]
    
```



### 5.5 Exercices sur les adresses IP et le masquage

**Exemple 1 : Deux machines doivent communiquer, la machine 1 d'adresse 192.59.66.200 et la machine 2 d'adresse 192.59.66.17.**

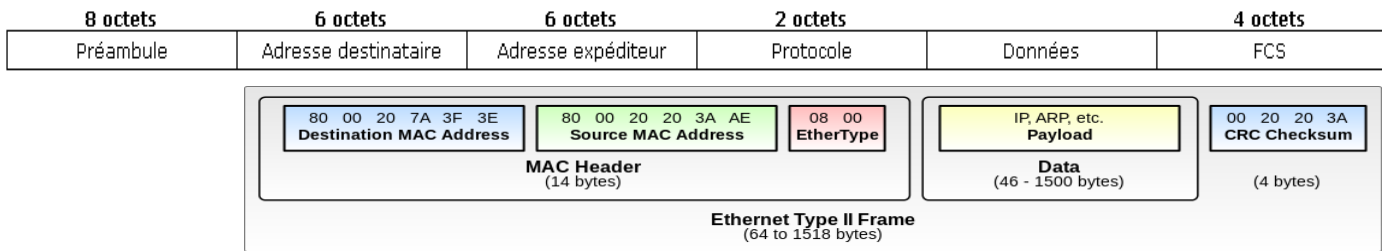
1) Donner le masque de sous réseau et le résultat du masquage.	
2) Pourquoi les deux machines peuvent elles communiquer directement ?	

**Exemple 2 : Un réseau est noté 102.0.0.0**

1) Donner la plage d'adresses IP de ce réseau utilisée pour les machines.	
2) Déduire le nombre de machines connectables et la classe de ce réseau.	
3) Fournir le masque réseau et le masque machine.	



## 5.6 LA TRAME ETHERNET



**Préambule** : Sert à la synchronisation bit et caractère. 7 octets pour le préambule et 1 octet pour le délimiteur sont utilisés pour permettre à l'émetteur et au récepteur de synchroniser leur communication.

Les bits de délimiteur sont toujours 10101011, utilisé pour indiquer que c'est le début de la trame.

**Adresse destinataire** : Sur 48 bits, elle est fixée par le constructeur de la carte et elle est unique. Cette adresse est appelée comme adresse MAC ou adresse physique.

Si l'adresse de destinataire est FFFF FFFF FFFF (adresse de diffusion), la trame est envoyée à toutes les machines du réseau.

**Protocole** : Sur 16 bits, il s'agit d'un code qui indique le protocole du réseau utilisé au-dessus d'Ethernet.

Ex: 0800 = IP, 0806 = ARP

**Données** : Leur taille va de 46 octets au moins (zone de bourrage à 46 octets si longueur des données inférieure à 46 octets) à 1500 octets au maximum (JUMBO TRAME 9000 octets non standard).

**FCS (Frame Check Sequence) ou Code détecteur d'erreurs (CRC)** sur 32 bits permettant de détecter les erreurs de transmission. Il n'y a pas de retransmission en cas d'erreur, la trame est tout simplement ignorée.

## 6 RESEAUX ET BUS DE TERRAIN

### 6.1 CONTEXTE :

Un réseau industriel fait communiquer entre eux non seulement des PC, mais aussi des automates, des interfaces d'entrée / sortie (capteurs, actionneurs, variateurs, affichage, supervision) et des systèmes complets (ascenseurs, process...).

L'environnement étant perturbé (parasites, CEM) et le niveau de sécurité demandé élevé, ces **réseaux sont « durcis »**. La couche 1 « physique » du modèle OSI doit en tenir compte.

Leur rôle étant de contrôler et d'agir sur des grandeurs évoluant au fil du temps, il s'agit de **systèmes « temps réel »**.

### 6.2 BUS CAN (Contrôle Area Network)

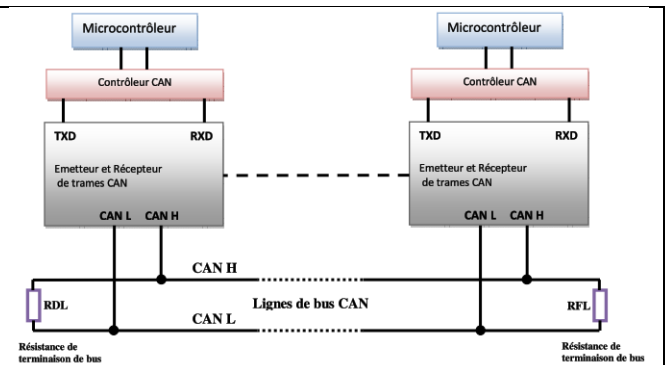
#### 6.2.1 Présentation

Le bus CAN est utilisé dans de nombreux domaines : automobile, agricole, industriel et médical.

Ce bus de terrain est connu pour être une solution de communication économique et efficace, sa vitesse de transmission peut atteindre 1 Mbit/s.

Chaque équipement connecté, ou « nœud », peut communiquer avec tous les autres.

L'accès au bus CAN suit la technique **CSMA/CD** (écoute de chaque station avant de parler mais pas de tour de parole, résolution des collisions par priorité).



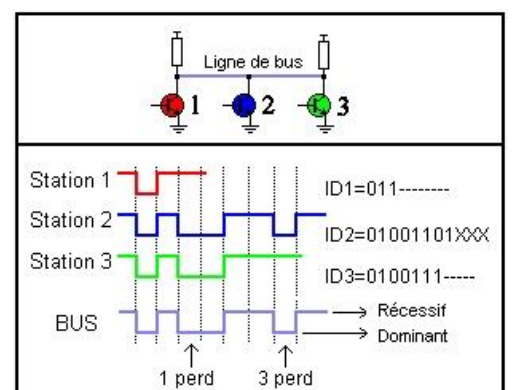
#### 6.2.2 Règles d'arbitrage du bus CAN :

En cas d'émission simultanée de plusieurs stations, l'attribution du bus suit le principe d'arbitrage suivant.

Les stations émettant simultanément sur le bus, comparent bit à bit l'identificateur de leur message (ID) avec celui des messages concurrents.

Les ID de priorités moins élevée perdent la compétition face à celle qui a la priorité la plus élevée, pour cela les stations sont câblées sur le bus par le principe du "ET câblé". En cas de conflit, c'est à dire émission simultanée, la valeur 0 écrase la valeur 1.

On appelle donc **"état dominant"** l'état logique 0, et **"état récessif"** l'état logique 1. Lors de l'arbitrage bit à bit, dès qu'une station émettrice se trouve en état récessif et détecte un état dominant, « elle perd » et arrête d'émettre.



Tous les perdants deviennent automatiquement des récepteurs du message, et ne tentent à nouveau d'émettre que lorsque le bus se libère. Dans l'exemple ci-dessus, trois stations émettent simultanément, la station 1 perd la compétition puis la station 3. Seule la station 2 pourra transmettre.

**D'après cette première description du bus CAN :**

**Q1)** Définir la nature de la transmission (série / parallèle) et le type d'échanges (simplex, half ou full duplex).

**Q2)** A un instant donné 3 émetteurs essaient de communiquer sur un bus CAN ayant un champ d'arbitrage (ID) de 12bits.

Leurs ID sont respectivement ID1 = 1F1 ; ID2 = 010 ; ID3 = 04D

⇒ Indiquer le nombre d'émetteurs pouvant échanger sur ce bus CAN

⇒ Indiquer l'ordre de priorité et quel émetteur se verra le bus attribué en justifiant,

⇒ Comparer l'ordre de priorité à donner à un capteur ABS, à un capteur de température habitacle et à un capteur de température moteur.

**6.2.3 Structure Générale d'une trame CAN**

SOF	Champ d'arbitrage	Champ de commande	Champ de données	Champ de CRC	ACK	EOF
1 bit	12 ou 30 bits	6 bits	de 0 à 64 bits	16 bits	2 bits	7 bits

Une trame de données se compose de 7 champs différents :

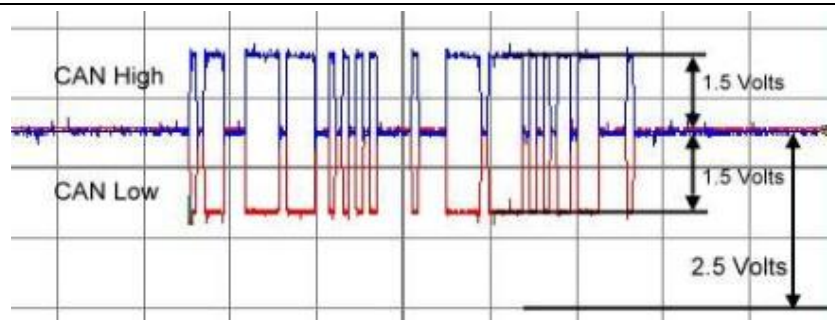
- Le début de trame ou SOF (Start Of Frame) matérialisé par 1 bit dominant (remporte en cas de conflit 0/1),
- Le champ d'arbitrage (identificateur) composé de 12 ou 30 bits fixe le niveau de priorité du message,
- Le champ de commande (ou de contrôle) composé de 6 bits,
- Le champ de données composé de 0 à 64 bits (de 0 à 8 octets),
- Le champ de CRC composé de 16 bits (contrôle d'erreur),
- Le champ d'acquiescement composé de 2 bits,

La fin de trame ou EOF (End of Frame) matérialisée par 7 bits récessifs (non prioritaire en cas de conflit 0/1).

**6.2.4 Niveaux de tension et états logiques du bus CAN**

Les niveaux utilisés entre les deux lignes de la paire pour le « CAN LOW-SPEED » sont définis par rapport à 2,5V.

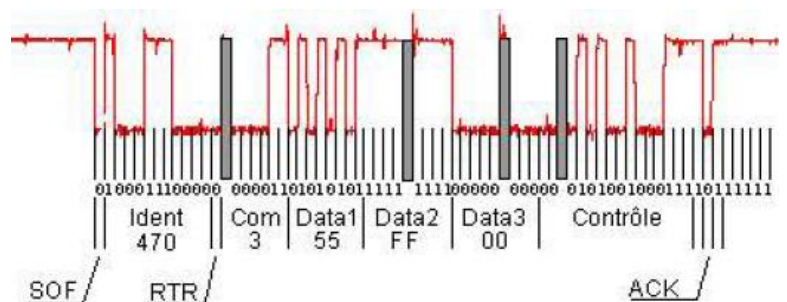
Niveau	CANH <> masse	CANL <> masse	CANH <> CANL
Récessif ou « 1 »	1,75 V	3,25 V	-1,5 V
Dominant ou « 0 »	4 V	1 V	3 V



Pour un bus « CAN HIGHT SPEED » les niveaux sont toujours définis par rapport à 2,5V sont

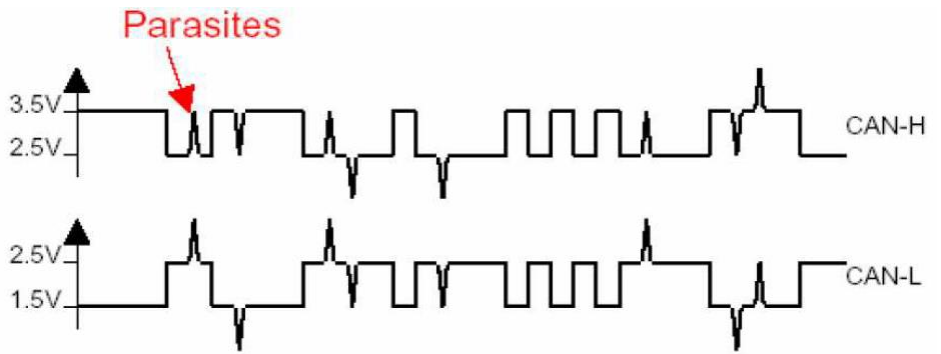
Niveau	CANH <> masse	CANL <> masse	CANH <> CANL
Récessif ou « 1 »	1,75 V	3,25 V	-1,5 V
Dominant ou « 0 »	4 V	1 V	3 V

En isolant la lecture sur CAN L on a l'interprétation suivante des bits et octets en hexadécimal.



**6.2.5 Intérêt de la liaison différentielle**

La lecture en mode différentiel permet de s'affranchir de l'altération symétrique du signal ou commun aux 2 fils.  
 La paire de fils étant dans le même environnement, le même parasite apparaît nécessairement sur les deux lignes à la fois.



- Q3) Pour le bus CAN ci-dessus :**
- ⇒ représenter le signal différentiel récupéré par le récepteur
  - ⇒ préciser les niveaux de tension et les niveaux logiques,
  - ⇒ montrer que le résultat n'est pas altéré.
  - ⇒ Indiquer si le signal de codage c'est à dire les tensions utilisées, sont de type retour à zéro (RZ) ou non-retour à zéro (NRZ).



**6.2.6 Calcul du CRC par programme**

Le champ de CRC est composé de 16 bits. Il représente le reste de la division des bits des champs précédents de la trame par le polynôme générateur suivant :

$$G(x) = x^{15} + x^{14} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^4 + x^3 + 1$$

**Q4) Calculer le CRC pour la trame suivante et le coder en hexadécimal.**

i <sub>15</sub>	i <sub>14</sub>	i <sub>13</sub>	i <sub>12</sub>	i <sub>11</sub>	i <sub>10</sub>	i <sub>9</sub>	i <sub>8</sub>	i <sub>7</sub>	i <sub>6</sub>	i <sub>5</sub>	i <sub>4</sub>	i <sub>3</sub>	i <sub>2</sub>	i <sub>1</sub>	i <sub>0</sub>
1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1

La méthode suivie pour le calcul du CRC s'appuie sur le programme suivant

```

Longueur de la donnée = variable externe
Donnée                = variable externe
Crc                   = variable interne
i                     = variable interne
j                     = variable interne

Crc <- 0000h
i <- 0
j <- 0

Faire tant que (i == Longueur de la donnée)
    i <- i + 1
    Crc <- (Crc XOR (Donnée[i] << 8))
        Faire tant que (j == 7) j <- j + 1
            Si ((Crc & 8000h) == 1) Alors
                Crc <- ((Crc << 1) XOR 1021h)
            Sinon
                Crc <- (Crc << 1)
            Fin sinon
        Fin tant que
    Fin tant que

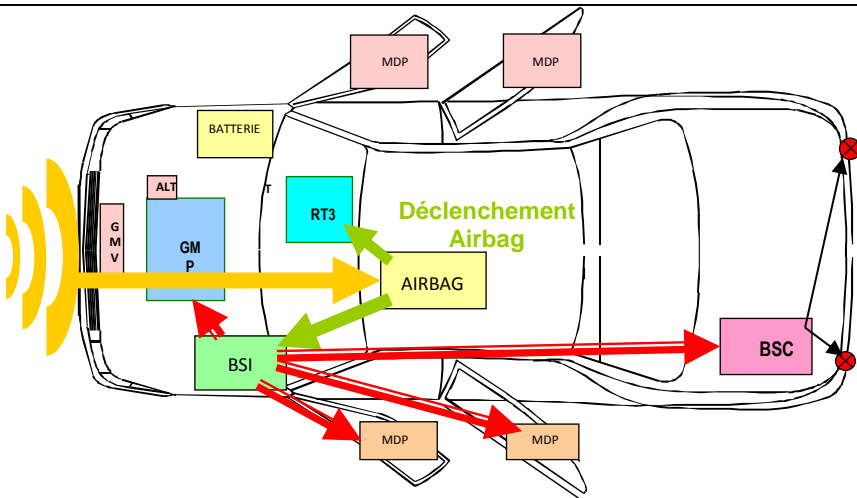
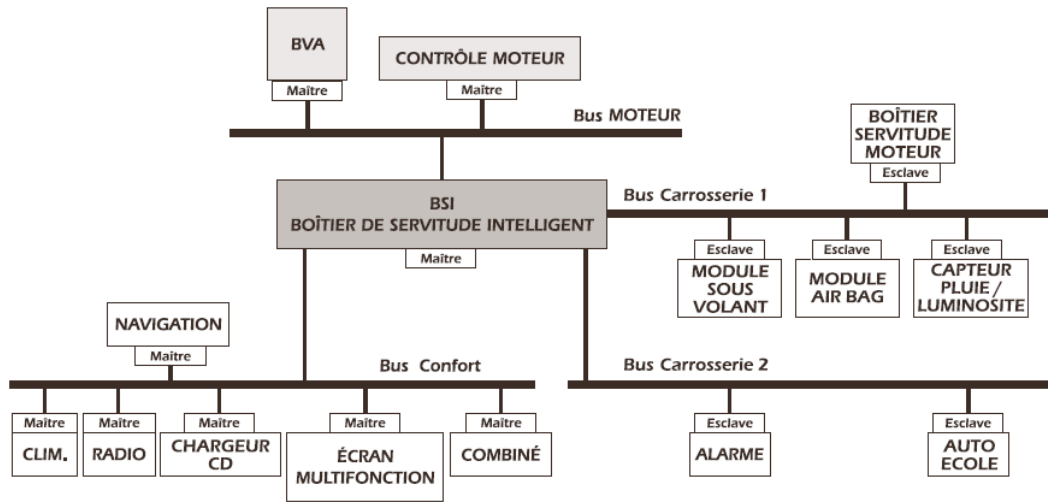
```

**6.2.7 BUS CAN automobile**

Les principaux objectifs qui ont prévalu à la mise en place du bus CAN en automobile sont les suivants :

- ⇒ Réduire le nombre de fils pour diminuer le poids et le coût du câblage dans les véhicules,
- ⇒ Rendre plus facile l'implantation en conception et en montage des nouveaux équipements,
- ⇒ Prendre en compte des fonctions complexes qui peuvent évoluer (être reprogrammées...).

**Bus CAN d'une automobile et multiplexage**



**Exemple d'un choc frontal (doc PSA) :**

**On diffuse l'information :**

- ⇒ Coupure alimentation carburation
- ⇒ déverrouillage des portes
- ⇒ allumage warning
- ⇒ appel d'urgence smartphone
- ⇒ localisation GPS.

Le canal de communication ainsi créé permet de véhiculer des quantités d'informations beaucoup plus importantes. On l'exploite pour le paramétrage, les outils de diagnostics, le chargement de programmes et il donne accès en tout point de l'installation, unité de contrôle, mais aussi capteurs, variateurs, actionneurs, etc.

**6.2.8 L'ACTUALITE : LA VOITURE « WEB CONNECTEE »**

On estime que 88% des autos en 2025 seront connectées. Les services correspondent à la localisation, à la recherche de place de parking, aux échanges mains libres (SMS, téléphone) et... à la conduite automatique avec dialogue entre véhicules. Pour les véhicules électriques intégration au smartgrid.

**6.3 PROFIBUS évolution vers PROFINet et MODBUS vers MODBUS TCP/IP**

Les protocoles industriels évoluent vers une interconnectivité avec Internet. Alors que les bus de terrains industriels représentaient en 2011 75% des nouvelles connexions dans les architectures de réseaux d'automatismes industriels, ce chiffre devrait tomber à 69% en 2016, au profit d'Ethernet. Une tendance qui devrait par la suite très fortement s'accroître, au détriment des protocoles de bus de terrain traditionnels.

Les solutions de bus de terrain actuelles sont suffisamment rapides pour certaines applications, mais elles n'offrent pas une approche réseau unifiée comme le permet Ethernet.

L'adoption d'Ethernet permet en effet de relier efficacement les réseaux d'entreprises avec les réseaux des unités de fabrication, afin de mieux partager les données collectées.

