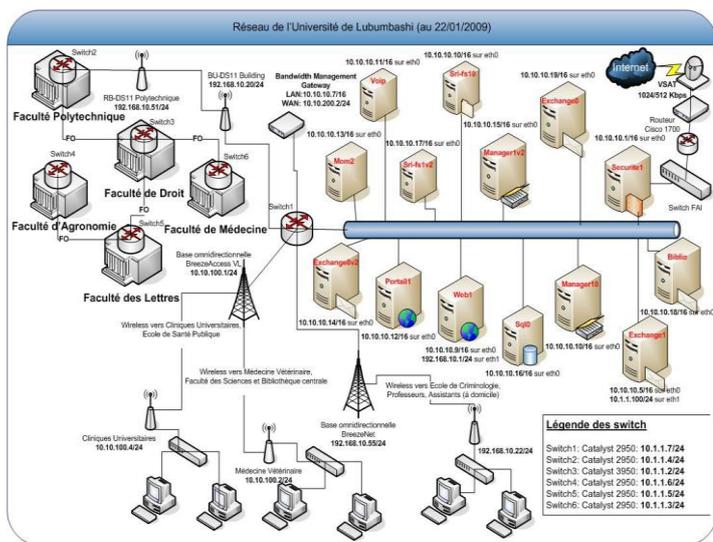


RESEAUX et BUS de terrain



CHOIX DE LA STRUCTURE DE L'EQUIPEMENT

Structure souvent rencontrée (d'après document Schneider)

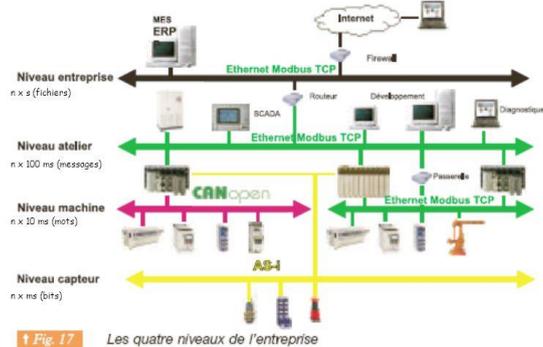


Table des matières

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
2	CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES D'UN RESEAU	3
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
3	LE MODELE OSI (OPEN SYSTEM INTERCONNECTION).....	4
3.1	LES 7 COUCHES DU MODELE OSI (1984).....	4
3.2	TRANSMISSION DE DONNEES DANS LE DOMAINE OSI.....	4
4	TOPOLOGIES DES RESEAUX.....	5
4.1	MODES POINT A POINT : CONNEXION ENTRE 2 POINTS, COUCHE 2 DU MODELE OSI	5
4.2	MODE DE DIFFUSION : TOPOLOGIE EN BUS OU EN ANNEAU	5
4.3	RESEAUX SANS FIL : WIFI ET BLUETOOTH , 4G ET 5G	5
5	RESEAU ETHERNET ET INTERNET, ADRESSAGE IP.....	6
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
6	RESEAUX ET BUS DE TERRAIN	9
6.1	LIAISON DE TYPE 4-20 MA.....	9
6.2	BUS CAN (CONTRÔLE AREA NETWORK NORME ISO 11898)	10
7	EXERCICES EXTRAITS DE SUJETS DE CONCOURS TSI	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
7.1	CCP 2014 : ALIMENTATION DE BETAIL	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
7.2	CCP2018 : MACHINE DE MICRO-FRAISAGE PAR ELECTRO-EROSION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.

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)

Tim Berners-Lee, physicien britannique, invente le web au CERN en 1989.

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.

Les 10 000 lignes du « code historique du WEB » ont été vendues en juillet 2021 comme NFT (Non Fungible Token) jeton non fongible ou cryptographique pour 5,4 M\$... Tout comme le premier SMS ou Tweet...

La première page WEB (1989) <http://info.cern.ch/hypertext/WWW/TheProject.html>

World Wide Web

The WorldWideWeb (W3) is a wide-area [hypermedia](#) information retrieval initiative aiming to give universal access to a large universe of documents.

Everything there is online about W3 is linked directly or indirectly to this document, including an [executive summary](#) of the project. [Mailing lists](#) , [Policy](#) , November's [W3 news](#) , [Frequently Asked Questions](#) .

[What's out there?](#)

Pointers to the world's online information, [subjects](#) , [W3 servers](#), etc.

[Help](#)

on the browser you are using

[Software Products](#)

A list of W3 project components and their current state. (e.g. [Line Mode](#) ,X11 [Viola](#) , [NeXTStep](#) , [Servers](#) , [Tools](#) , [Mail robot](#) , [Library](#))

[Technical](#)

Details of protocols, formats, program internals etc

[Bibliography](#)

Paper documentation on W3 and references.

[People](#)

A list of some people involved in the project.

[History](#)

A summary of the history of the project.

[How can I help ?](#)

If you would like to support the web..

[Getting code](#)

Getting the code by [anonymous FTP](#) , etc.

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, date à laquelle le débit Internet est devenu suffisant et les espaces de stockage beaucoup moins chers.

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.

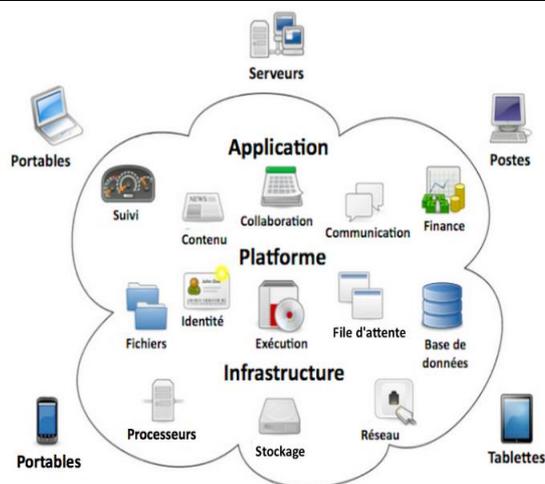
Le **cloud computing** est une manière de fournir et d'utiliser des systèmes informatiques, basés sur les *nuages* (cloud en anglais) comme - un parc de machines, un espace de stockage, des logiciels - maintenus par un fournisseur.

Avantages :

- On prétend que le *cloud computing* permet d'effectuer des économies, notamment grâce à la mutualisation des services sur un grand nombre de clients, mais quid du coût énergétique !
- L'accès aux données (ONEDRIVE, DROP BOX, GOOGLE DRIVE...) peut se faire de n'importe où.

Inconvénients :

- Les entreprises et individus perdent la maîtrise de leurs [données et de la localisation de leur stockage](#).
- 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 du *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* et la décision sur le tribunal compétent (quasi impossibilité de faire appliquer des décisions de justice européennes aux USA, en Chine...).



le Nuage

Une idée ENERGIVORE et polluante ?

Actuellement, 'l'Economie digitale', Internet, les terminaux, les réseaux, les cryptomonnaies, la technologie blockchain et les centres de stockage pèsent pour près de 20% dans la consommation électrique de la planète et l'émission de CO2 de l'ordre de 10 à 15% du total des émissions.

Les gains obtenus (moins de déplacement, stockage de données centralisé) sont-ils dans la même proportion ? Difficile de répondre, d'autant que la croissance en besoins énergétiques de ce domaine est de l'ordre quelques % l'an !

2 CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES D'UN RESEAU

Les concepts, le vocabulaire ci-dessous décrivent les réseaux en général et sont essentiels à leur compréhension.

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 prend quelques dizaines de millisecondes lors d'échanges entre des serveurs situés à plusieurs milliers de km de distance (WAN), aux USA par exemple.

TP : Utiliser dans une console CMD les commandes :

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

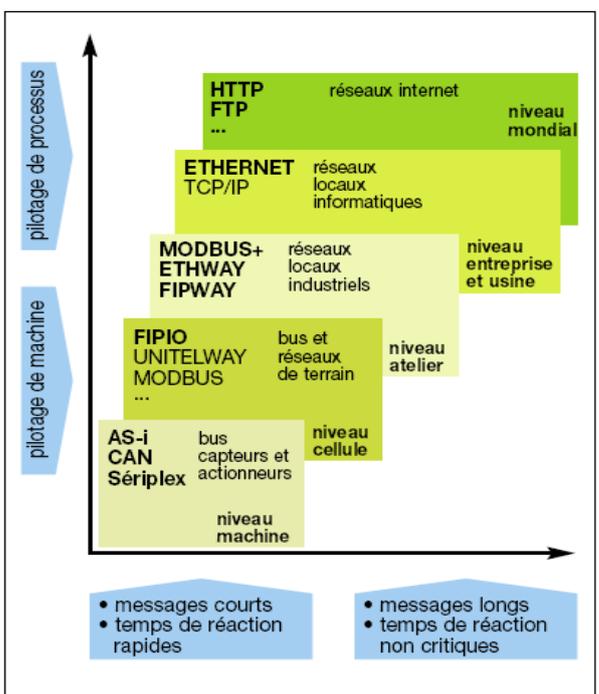


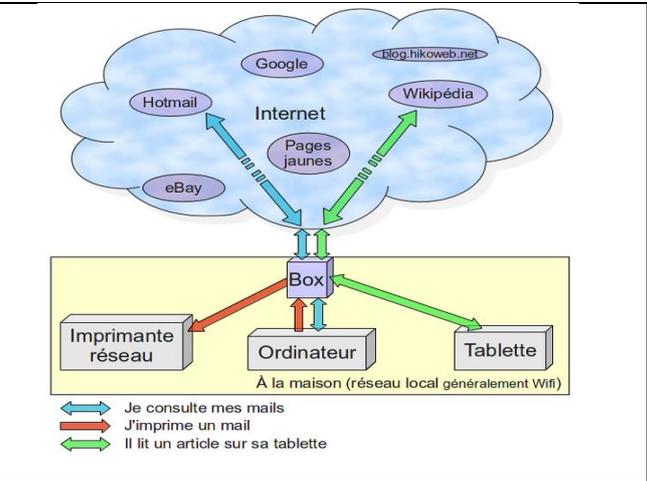
Fig.2 Niveaux et caractéristiques essentielles d'un réseau

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 :

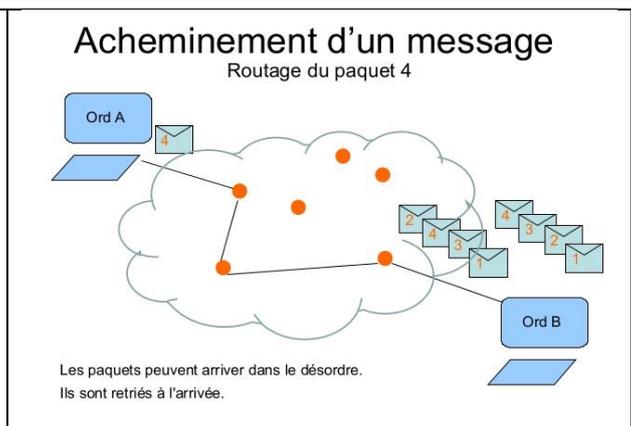
1. **INTRANET** : réseau interne d'une entité organisationnelle
2. **EXTRANET** : réseau externe d'une entité organisationnelle
3. **INTERNET** : réseau des réseaux interconnectés à l'échelle de la planète



2.4 La nature et le découpage des informations

Elle est différente selon la distance.

- Sur de **courtes distances (réseau de terrain entre capteur et actionneur)**, 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 alors segmentés par **paquets (46 à 1500 octets pour TCP IP)** et 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.



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 DONNEE	COUCHE	FONCTION
Couches Hautes	Donnée	7. Application	Interface entre l'application de l'utilisateur et la communication (couches 1 à 6), pour une application normalisée donnée (exemple : messagerie...) <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Ce que l'on veut faire</i>
		6. Présentation	Gère le chiffrement et le déchiffrement des données applicatives (conversion en chaîne d'octets transportés par les couches 1 à 5). <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Codage / compression / cryptage</i>
		5. Session	Gère les sessions entre les différentes applications, la synchronisation des échanges et les « transactions » (ouverture, fermeture, reprise de session). <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Connexion qui dure...</i>
	Segments	4. Transport (TCP)	Connexion et contrôle du flux de données (programmes en cours d'exécution). Gestion du dialogue entre nœuds, formatage des données pour le niveau 3 <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Connection fiable, FIREWALL</i>
Couches Matérielles	Paquet / Datagramme (ROUTEUR)	3. Réseau (IP)	Détermine le parcours des données dans les nœuds du réseau (routage, Adresse IPV4 6 octets, étendu IPV6 16 octets pour TCP /IP) et gère les conflits <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Routage, adressage</i>
	Trame (SWITCH)	2. Liaison	Structuration des données, protocole, format de la trame, CRC, mode de contrôle de la liaison, code adresse de la machine (MAC 8 octets)... <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Qui parle à qui et quand, comment... ?</i>
	Bit (HUB)	1. Physique	Codage élémentaire des bits, spécifications électriques ou optiques et type de modulation, connectique... <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Support + codage élémentaire + modulation + connectique</i>

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.

Internet
http://...

Ethernet
TCP
(Transmission Control Protocol)

IP (Internet Protocol)

4 TOPOLOGIES DES RESEAUX

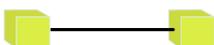
4.1 MODES POINT A POINT : connexion entre 2 points, couche 2 du modèle OSI

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

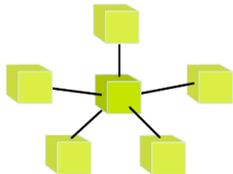
Dans ce mode, le support physique ne relie à un instant qu'une paire d'unités seulement. Pour que deux unités réseaux communiquent, elles passent obligatoirement par un intermédiaire (le nœud).

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

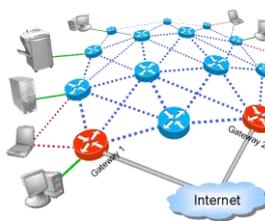
Point à point



Etoile



Etoile maillée



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

L'équipement central est un **commutateur** (switch) qui assure l'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.

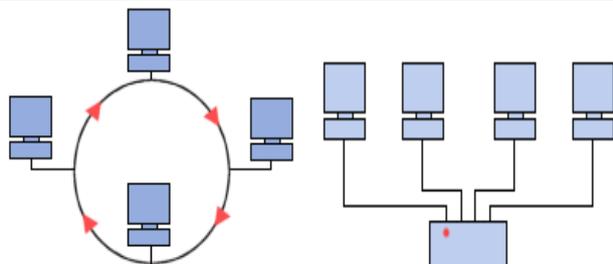
4.2 MODE DE DIFFUSION : topologie en bus ou en anneau

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

Ce mode n'utilise qu'un support de transmission, le message est alors diffusé sur le réseau avec l'adresse du destinataire.

Toute unité du réseau voit le message, analyse l'adresse destinataire pour savoir 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 ».

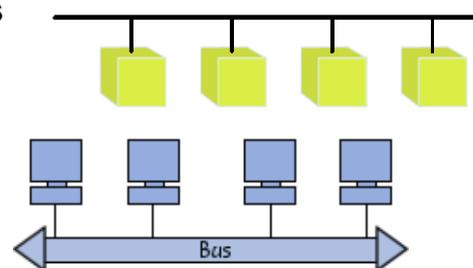


Diffusion en anneau

et

Token ring

Bus



Ici le domaine de diffusion est aussi le domaine de collision...

Diffusion par BUS

Dans un réseau en **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 câbles, généralement une paire torsadée ou un 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.

4.3 Réseaux sans fil : WIFI et BLUETOOTH , 4G et 5G

Un réseau sans fil utilise les ondes radio et constitue une alternative efficace aux réseaux câblés.

Le WIFI et le BLUETOOTH permettent l'échange entre PC, imprimantes, scanners, données de smartphones, GPS...

Ce type de réseau local (LAN) est économe en coût et temps d'installation (pas de câbles et mobilité des appareils connectés possible). La connectivité « point à point » directement entre machines est possible.

La portée du WI-FI est de 10 à 100 m, son débit de 10 à 250Mbits/s environ et pour le BLUETOOTH portée de 10 m, débit de 1 à 2 Mbits/s environ.

Les connexions 4G puis 5G permettent une connexion mobile aux réseaux (Internet) à partir d'antennes hertziennes réparties et de portées de quelques km maximum en terrain dégagé hors agglomération (inférieure à 1km en ville).

Le débit maxi théorique en 4G est de 150Mbits/s et en 5G annoncé à 2Gbits/s, mais en réalité guère meilleurs qu'en 4G...

Record 5G mesuré en novembre 2021 à 300Mbits/s.

5 RESEAU ETHERNET ET INTERNET, ADRESSAGE IP

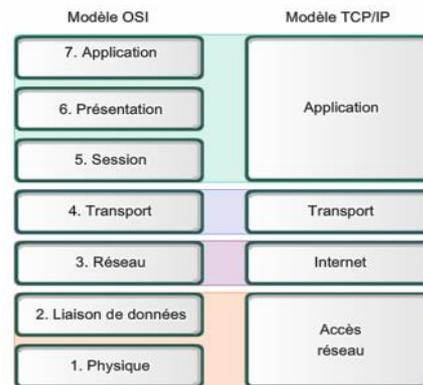
5.1 Architecture matérielle et vocabulaire

Un **réseau ETHERNET (échelle LAN)** est un réseau local qui permet d'interconnecter sur de courtes distances des ordinateurs ou du matériel équipé d'une carte réseau. Le **réseau INTERNET (échelle WAN)** permet d'échanger des informations à grande distance, 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**.

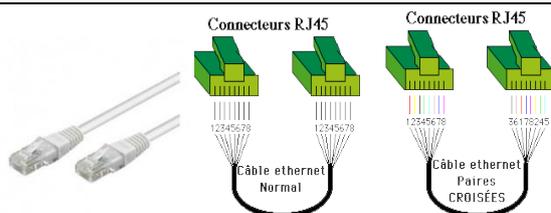
Il n'y a pas de correspondance directe entre le modèle OSI et le modèle TCP/IP, on peut néanmoins proposer l'équivalence ci-contre.

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 ?

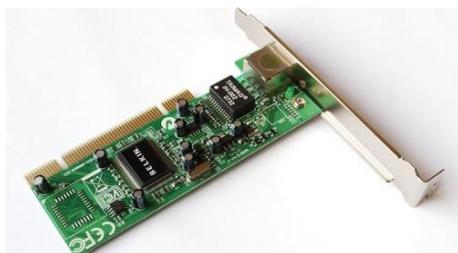
Pour une carte réseau actuelle cela n'a aucune importance

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).



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 (**mode point à point**). Il peut être configuré pour un accès direct à internet.



Switch 24 ports (synonymes « bridge, pont »)

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

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 mini 4 K (Serveur)



1. Ports ligne DSL (cuivre)
2. Port ligne fibre optique
3. Switch Gigabit Ethernet 4 ports
4. Line In et Line Out audio type jack
5. Hub mémoires externes USB et eSATA
6. RJ45 téléphone

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. (**commande console CMD : ipconfig/all**)

⇒ 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.

Paramétrage de PC1

Passerelle avec l'extérieur (gateway...) :

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

Instruction : tracert google.fr chez moi...

```

Détermination de l'itinéraire vers google.fr [216.58.204.227]
avec un maximum de 30 sauts :

 1  2 ms  1 ms  1 ms  FREEBOX [192.          ]
 2  7 ms  7 ms  6 ms  sj121-1-88-171-237-254.fbx.proxad.net [88.171.237.254]
 3  7 ms  7 ms  7 ms  213.228.13.190
 4 19 ms 22 ms 23 ms p11-crs16-1-bel124.intf.routers.proxad.net [194.149.163.181]
 5 17 ms 17 ms 17 ms cbv-crs8-1.intf.routers.proxad.net [78.254.249.102]
 6 18 ms 29 ms 19 ms 72.14.211.26
 7 17 ms 39 ms 20 ms 72.14.239.205
 8 17 ms 25 ms 17 ms 108.170.244.193
 9 17 ms 18 ms 17 ms 209.85.251.141
10 17 ms 16 ms 17 ms par21s06-in-f227.1e100.net [216.58.204.227]

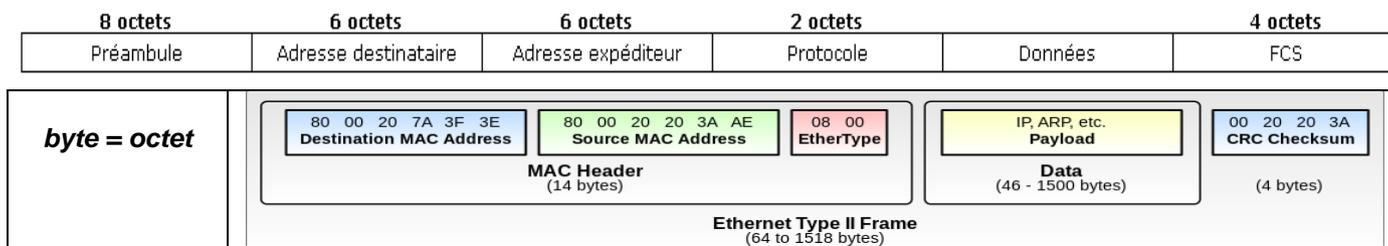
Itinéraire déterminé.
                    
```

(3 temps pour chaque ligne = 3 paquets testés)

5.5 Exercices sur les adresses IP et le masquage

Exo 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 ?	
Exo 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.

Exercices sur la trame Ethernet :

1) Combien d'adresses MAC existent ?	
2) Quels sont les rendements (Du/D) maxi et mini d'une trame Ethernet en % ?	
3) Et celui d'une « jumbo trame » ?	

6 RESEAUX ET BUS DE TERRAIN

De façon générale un réseau industriel ou de terrain est de dimension réduite (machine, automobile, bateau, process...).

Il fait communiquer entre eux non seulement des capteurs avec des automates ou unités de contrôle, mais aussi des actionneurs, des variateurs...

Il est conçu pour être fiable, robuste et immunisé aux parasites électromagnétiques de l'environnement (**compatibilité électromagnétique** ou **CEM**), le niveau de sécurité demandé étant élevé, ces **réseaux sont « durcis »**.

La couche 1 « physique » du modèle OSI doit en tenir compte (liaison différentielle blindée, transmission en courant).

Il s'agit de **systèmes « temps réel »** qui contrôlent et agissent sur des grandeurs évoluant au fil du temps.

6.1 Liaison de type 4-20 mA

Les premiers réseaux de terrain permettaient de relier de manière fiable, les capteurs aux automatismes de contrôle et commande par des boucles de courant de type 4 - 20 mA.

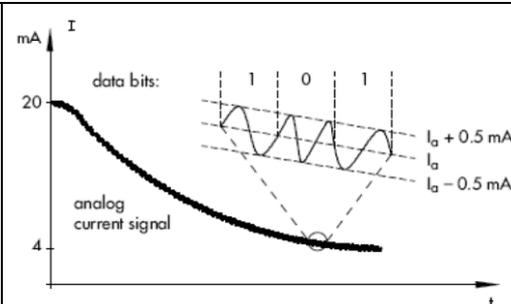
Ce principe est encore très utilisé.

Le signal utile analogique, par exemple pour une sonde de température de 0 à 100°C, correspond à un courant de 4mA pour 0°C et de 20mA pour 100°C.

En cas de coupure de liaison, le courant nul (0 mA), est donc identifiable.

La transmission en courant permet de s'affranchir des impédances et des imperfections des liaisons.

Ces liaisons sont maintenant doublées par une modulation du courant par saut de fréquence, qui transmet sous forme numérique d'autres informations (paramétrage, réglage à distance) entre le capteur et le maître.



Liaison 4-20 mA avec protocole HART
(0 logique 2200Hz ; 1 logique 1200Hz)

1. Donner la valeur du courant pour une température de 50°C.

2. Si l'impédance de liaison est de 250 ohms, quel niveau doit avoir la source de tension pour émettre un signal correspondant à la température de 100°C puis de 0°C ?

6.2 Liaison série RS232

Ci-dessous le décodage de la commande de mise en marche d'un vidéoprojecteur par liaison série RS232. La commande envoyée répond au protocole propriétaire utilisé, ici *W (pour Wake)

→ Identifier la durée d'un bit (sauf cas particulier la durée de la plus petite impulsion, on peut vérifier en vérifiant la cohérence avec le débit : si 9600 bits /s

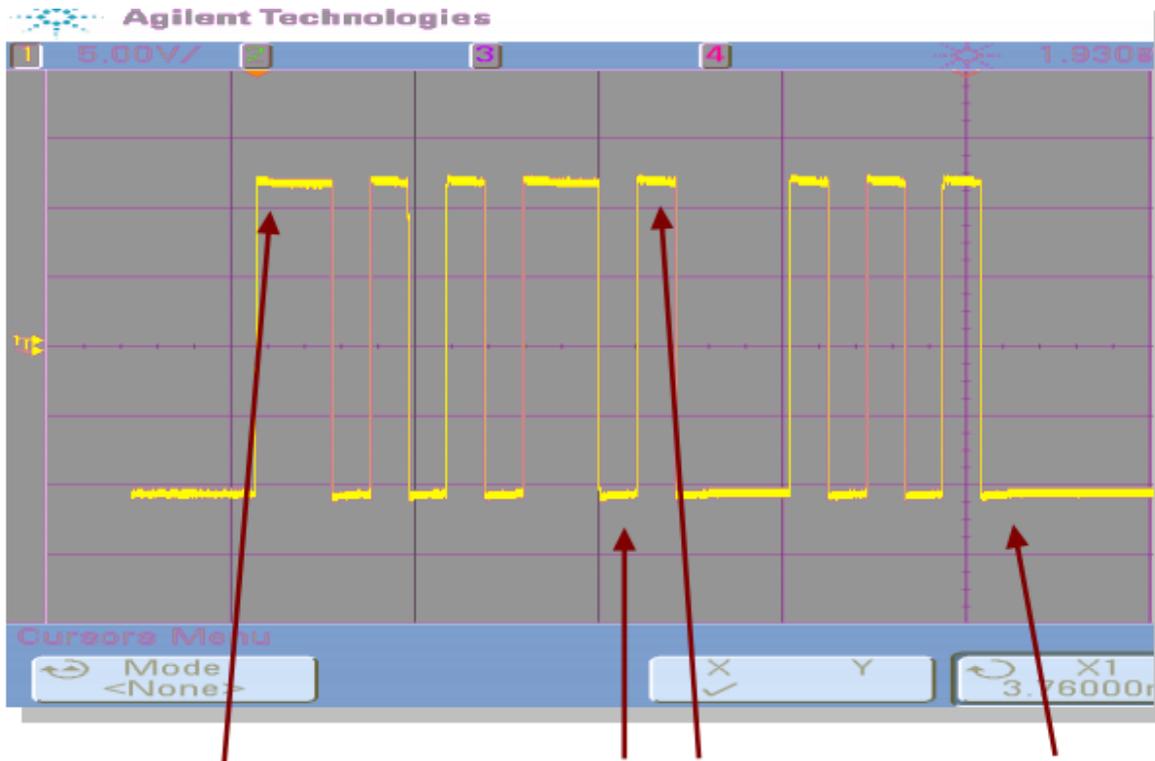
→ un bit dure 1/ 9600 soit 104 µs

→ Identifier le 1er bit de start: le signal passe d'une tension négative (de -3 à -15V) à une tension positive (de +3 à +15V)

→ puis les 8 bits (ou 7, suivant la configuration de la liaison) suivants : code ASCII du caractère (attention à l'ordre de transmission b0 à b7 et niveau +V = 0 logique)

→ identifier le bit de stop

→ idem pour le deuxième caractère : le start, les 8 bits du caractère, le stop



→ les niveaux de tension START + - - - - + + STOP START - - - - - + + + STOP

→ les niveaux logiques START 0 1 0 1 0 1 0 0 STOP START 1 1 1 0 1 0 1 0 STOP

→ on "retourne" les octets 0 0 1 0 1 0 1 0 et 0 1 0 1 0 1 1 1 [b0 à b7] devient [b7 à b0]

→ en hexadécimal \$ 2A et \$ 57

→ On cherche dans la table ASCII : \$2A → code de * et \$57 code du caractère 'W'

Bits		b ₇ b ₆ b ₅				b ₄ b ₃ b ₂ b ₁							
		b ₄	b ₃	b ₂	b ₁	Column							
		Row				0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0	0	0	0	1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0	0	0	1	0	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0	0	0	1	1	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0	0	1	0	0	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0	0	1	0	1	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0	0	1	1	0	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0	0	1	1	1	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
0	1	0	0	0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
0	1	0	0	1	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
0	1	0	1	0	10	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
0	1	0	1	1	11	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
0	1	1	0	0	12	FF	FS	,	<	L	\	l	|
0	1	1	0	1	13	CR	GS	-	=	M	]	m	}
0	1	1	1	0	14	SO	RS	.	>	N	^	n	~
0	1	1	1	1	15	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

6.3 BUS CAN (Contrôle Area Network norme ISO 11898)

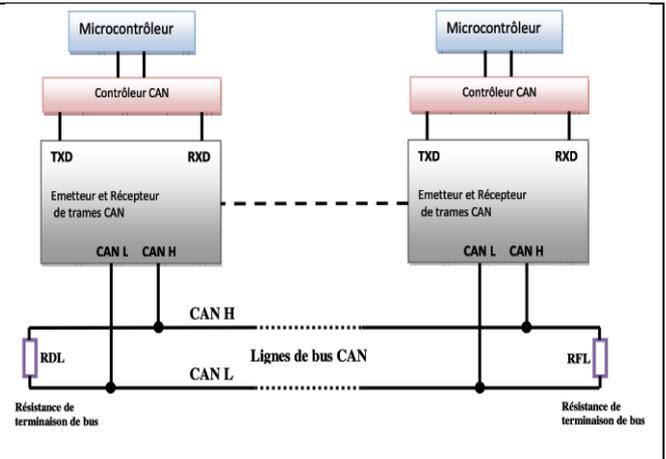
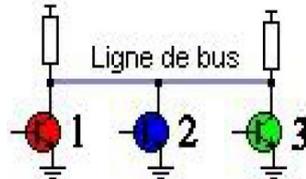
6.3.1 Présentation

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

Ce bus de terrain est économique et évolutif, 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).



6.3.2 Règles d'arbitrage du bus CAN (le zéro remporte ici... !)

En cas d'émission simultanée de plusieurs stations, l'attribution du bus suit le principe d'arbitrage suivant en comparant bit à bit l'identificateur de leur message (ID) avec celui des messages concurrents.

Pour cela **les stations sont câblées sur le bus par le principe du "ET câblé"**.

En cas de conflit, c'est à dire d'émissions simultanées, la valeur 0 d'un émetteur impose le potentiel de bus à « 0 » l'état 1 est « écrasé »....

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.

Les ID de priorités moins élevée perdent la compétition face à celle qui a la priorité la plus élevée. 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.

L'attribution des ID des émetteurs dépend de règles de priorité qui sont définies lors de la conception du système.

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.

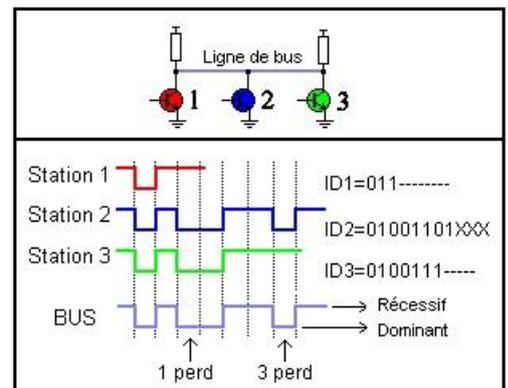
Leurs ID sont respectivement ID1 = 1F1 ; ID2 = 010 ; ID3 = 04D

⇒ 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,

⇒ Lors de la conception du réseau CAN d'une auto comparer l'ordre de priorité à donner à un capteur ABS, à un capteur de température habitacle et à un capteur de température moteur.

⇒ Si leurs 3 adresses sont celles fournies plus haut, déduire l'adresse ou l'ID de chaque capteur.



6.3.3 Structure Générale d'une trame CAN (ISO 11898)

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 :

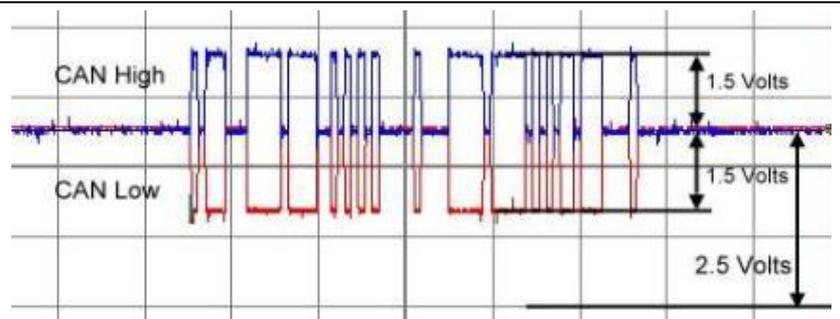
- Le début de trame ou SOF (Start Of Frame) matérialisé par 1 bit dominant (remporte en cas de conflit 0/1),
- Le champ d'arbitrage (identificateur) composé de 12 ou 30 bits fixe le niveau de priorité du message,
- Le champ de commande (ou de contrôle) composé de 6 bits qui indique l'action (lecture, écriture...),
- 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) calculé sur les 19 à 101 bits précédents,
- 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).

6.3.4 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.

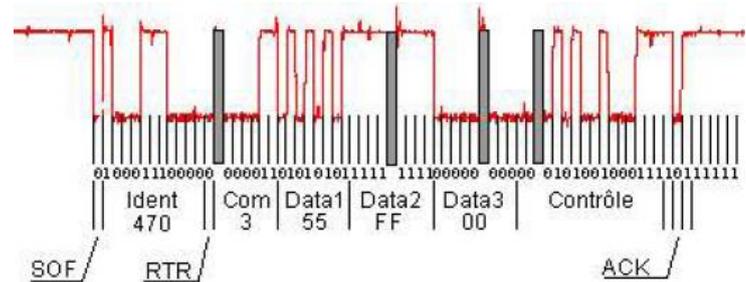
Niveau	CANH <> masse	CANL <> masse	CANH <> CANL
Récessif ou « 1 »	1,75 V	3,25 V	-1,5 V
Dominant ou « 0 »	4 V	1 V	3 V



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 »	2,5 V	2,5V	0V
Dominant ou « 0 »	3,5 V	1,5 V	2 V

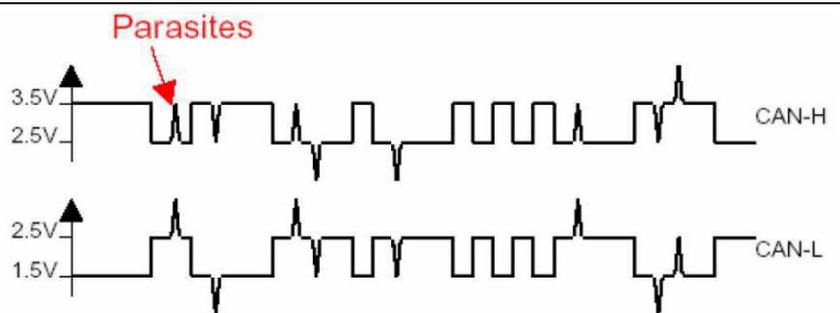
En isolant la lecture sur CAN L l'interprétation des bits et octets en hexa est :



6.3.5 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
- ⇒ préciser les niveaux de tension et les niveaux logiques,
- ⇒ montrer que le résultat n'est pas altéré.
- ⇒ le signal de codage est-il de type retour à zéro (RZ) ou non-retour à zéro (NRZ).

