

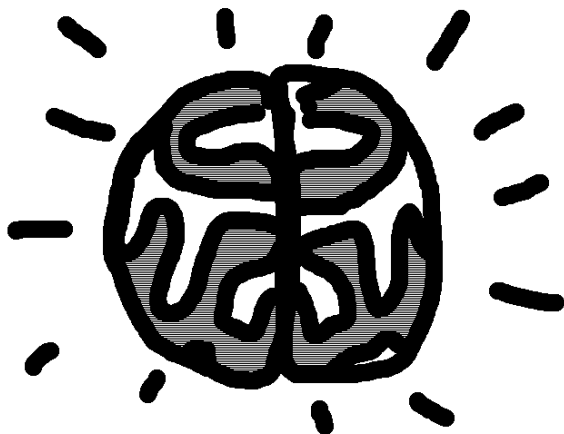
Réseaux II (L3 2018-2019)

Première partie

jean.connier@uca.fr

Réseaux II

Avant-propos



Esprit critique

Figure 1: esprit critique

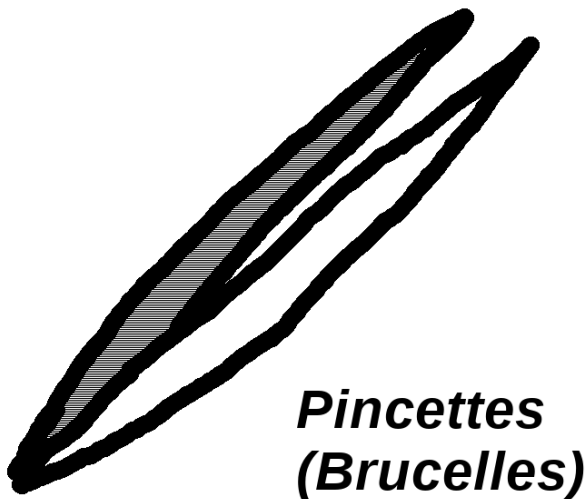


Figure 2: pincettes

Introduction

Qu'est-ce qu'un réseau ?

Wikipédia dit :

- ▶ “ensemble de lignes entrelacées” (au propre)
- ▶ “ensemble de relations” (au figuré)

Qu'est-ce qu'un réseau ?

C'est donc très général. Relations de la nature que vous voulez entre objets de la nature que vous voulez.

Exemples de réseaux

Réseau social (“ancien” sens) :

objets = humains relations = interactions, connaissance,
“amicalité”...

Exemples de réseaux

Réseau de voies de chemin de fer :

objets = gares / villes relations = voies de chemin de fer...

Exemples de réseaux

Réseau postal :

objets = adresses postales relations = lettres

Exemples de réseaux

Réseau bancaire :

objets = agences, DAB relations = transferts d'argent (information)

Exemples de réseaux

Réseau informatique :

objets = ordinateurs relations = transferts d'informations diverses et variées

Pourquoi ?

Oui, pourquoi ?

Est-ce... un choix ? C'est-à-dire une construction délibérée ? Ou bien l'observation d'une organisation inévitable ?

C'était la partie philosophique.

Oui, pourquoi ?

Beaucoup de choses intéressantes se passent quand on connecte les ordinateurs entre eux :

- ▶ Communication entre les gens ;
- ▶ Échange rapide de données.

Modèles et couches

Modèles et couches

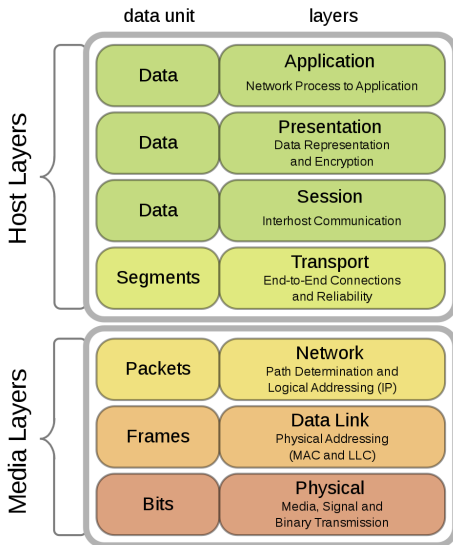


Figure 3: **Le** modèle OSI

Modèles et couches

À quoi sert ce modèle ?

1. Il aide à la compréhension des problèmes et des solutions ;
2. A l'origine, devait servir de structure pour le développement d'une suite de protocoles. . . mais ils ont "perdu" contre TCP/IP.

Mais le modèle est très bien. Du coup on s'en sert pour comprendre les protocoles existants.

Modèles et couches

Pourquoi un modèle sert au développement de protocoles ?

Structuration de la problématique.

Structuration = découpage en sous-problèmes = découplage

Découplage => construction plus rapide (réutilisation. . .)

Découplage => flexibilité et performance possibles

Flexibilité et performance => standardisation

Modèles et couches

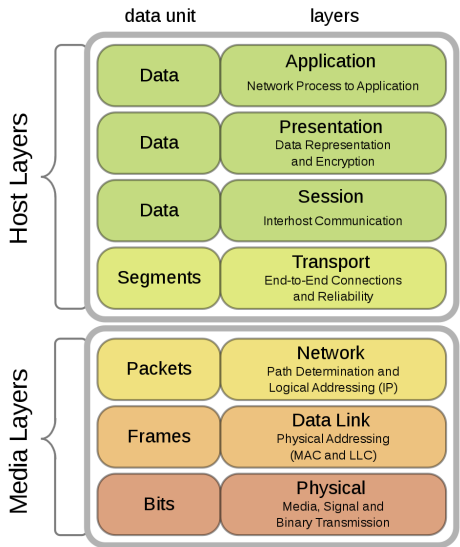


Figure 4: enfin

Modèles et couches

Que font ces couches ?

Modèles et couches : couche physique

Couche physique : *conversion de **bits** en signal sur **médium physique***

Modèles et couches : couche physique

Le **bit** est le *PDU* (*Protocol data unit*) de la couche physique.
C'est-à-dire l'unité dans laquelle on mesure ce qui est transmis par cette couche.

Les bits sont convertis en symbole pour la transmission !

Le **baud** mesure le nombre de symboles / s.

Parfois, un symbole exprime un bit, parfois plus. Jamais moins.
Pourquoi ?

Modèles et couches : couche physique

Le **médium physique** peut être :

- ▶ Câble électrique (série ou parallèle..) ;
- ▶ Fibre optique ;
- ▶ Ondes radio ;
- ▶ Saint-bernards ;
- ▶ etc.

Modèles et couches : couche physique



Figure 5: saint-bernard

Modèles et couches : couche liaison

La **trame/frame** est le *PDU* (*Protocol data unit*) ; l'unité qui caractérise ce qui est transmis.

Modèles et couches : couche liaison

Un **segment**, c'est un médium partagé par deux ou plus individus.

- ▶ Câble ;
- ▶ Hub ethernet ;
- ▶ “Voisinage” radio ;

Modèles et couches : couche liaison

Fiabilité -> détection/correction d'erreur (CRC...)

Modèles et couches : couche réseau

Couche réseau : *transmission de **paquets** jusqu'au(x) destinataire(s)*

Modèles et couches : couche réseau

Le **paquet** est le *PDU* ici.

Modèles et couches : couche réseau

À noter que la base d'Internet, le protocole IP (v4 ou v6) correspond bien au modèle OSI.

Modèles et couches : couche transport

Couche transport : *transmission de **segments/datagrammes** de **service/processus** à **service/processus***

Modèles et couches : couche transport

segment/datagramme PDU de la couche.

Curieusement, ça correspond exactement aux termes TCP et UDP.
TCP, UDP -> numéros de ports \sim **service** (HTTP ? FTP ? SSH ?).

Modèles et couches : couche session

Couche session : *gestion de **sessions** (séquences de dialogue entre applications) ; inclut suivi de l'état de la session avec rollback éventuel, authentification, autorisation*

Note : à partir d'ici, la suite de protocoles TCP/IP dit "c'est l'application qui gère".

De manière générale, les choses deviennent un peu plus floues.
RPC, SDP, RTCP, PPTP, AppleTalk

Modèles et couches : couche présentation

Couche présentation : *encodage, chiffrement des données*

Encodage caractères (ASCII, UTF..) avec déclaration, XML, ASN.1, JSON (un peu ?)

Modèles et couches

En pratique, les protocoles les plus utilisés sont de la “suite”
TCP/IP / *Internet protocol suite*.

Modèles et couches

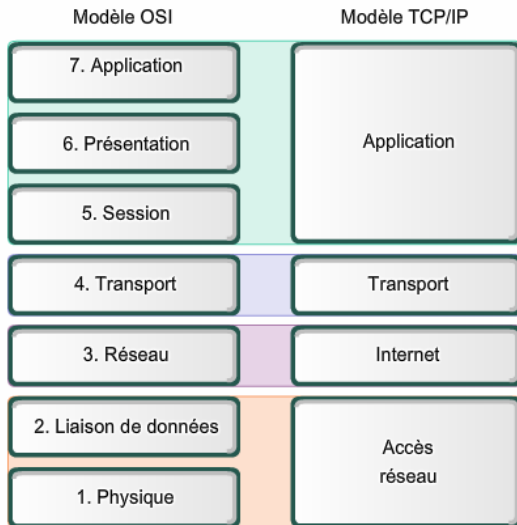


Figure 6: OSI vs TCP/IP

Modèles et couches

Ça correspond ! À peu près.

Il ne faut pas essayer de tout faire rentrer dans les cases du modèle OSI.

La correspondance couche OSI \leftrightarrow protocole est parfois floue.

SSL/TLS (crée une session \rightarrow couche session ? ; chiffrement \rightarrow couche présentation ?)

Couches “application”...

Modèles et couches

Encapsulation, décapsulation.

Chaque couche rajoute ses informations.

À l'envoi, chaque couche “emballe” ce qui vient “du dessus” avec ses paramètres.

À la réception, chaque couche “déballe” ce qui vient du dessous.

Plus de détails sur les couches basses : couche physique

Couche physique

Quelles contraintes sur la couche physique ?

Taille du réseau : PAN ? LAN ? MAN ? WAN ?

Couche physique

Quelle topologie ?

- ▶ Point-à-point ;
- ▶ Bus ;
- ▶ Étoile ;
- ▶ Anneau ;
- ▶ Etc.

Couche physique

Point-à-point : d'un point à un autre point entre deux points.



Figure 7:

Couche physique

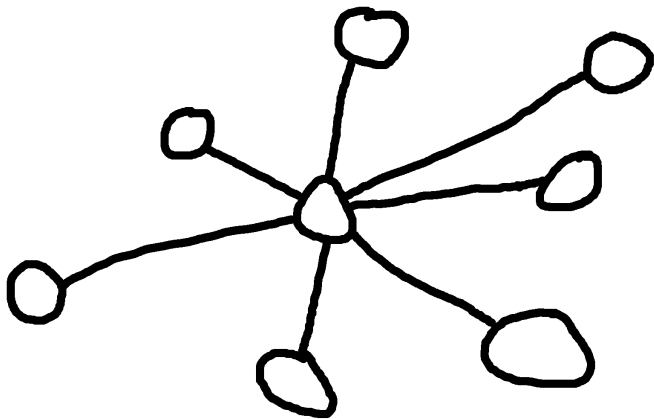


Figure 8:

Couche physique

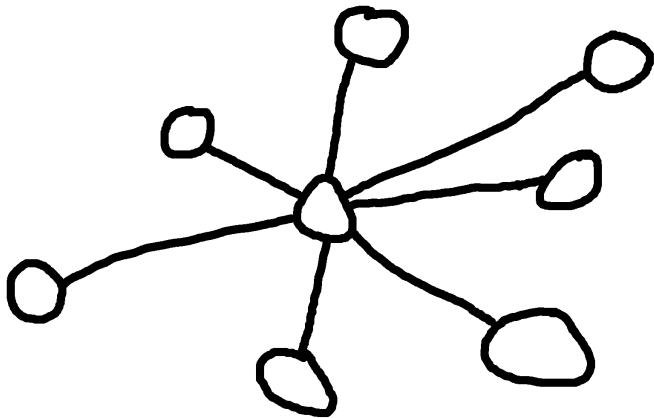


Figure 9:

Couche physique

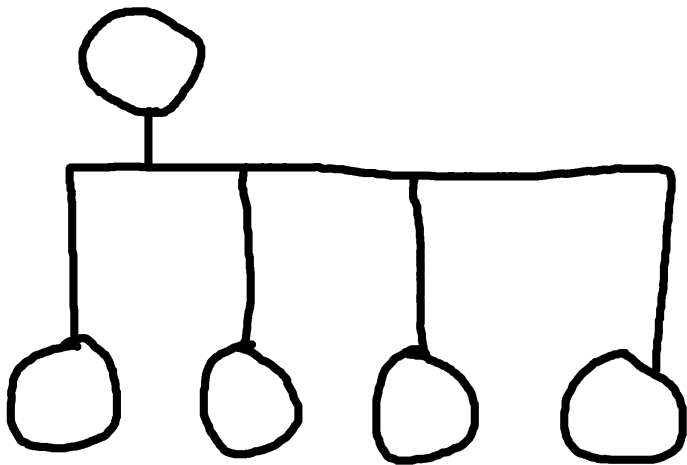


Figure 10:

Couche physique

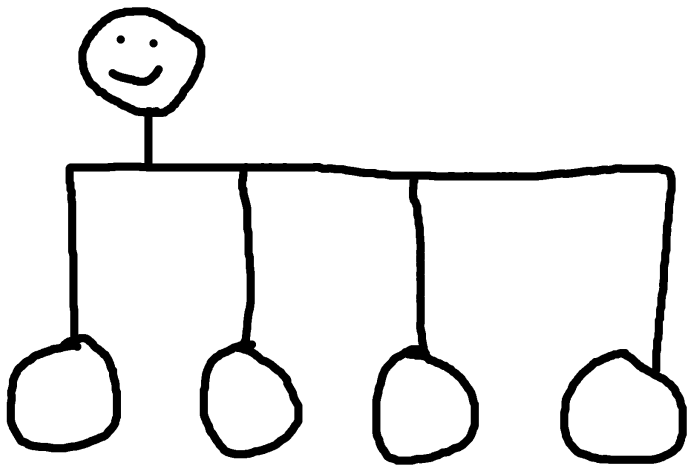


Figure 11:

Couche physique

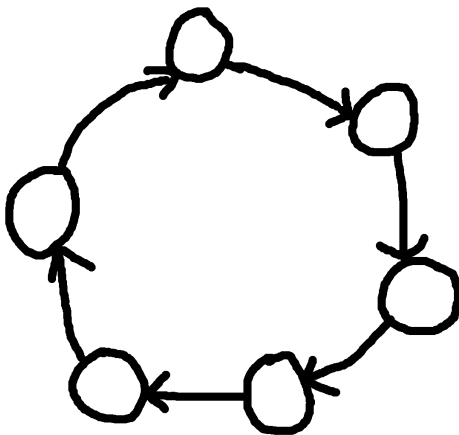


Figure 12:

Couche physique

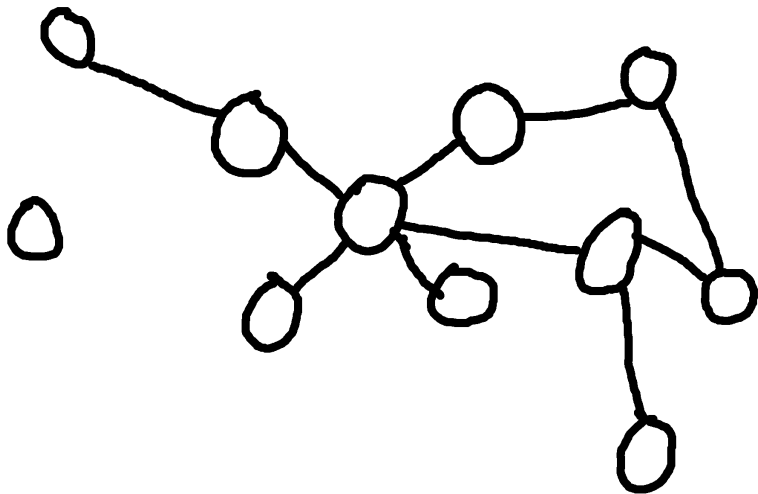


Figure 13:

Couche physique

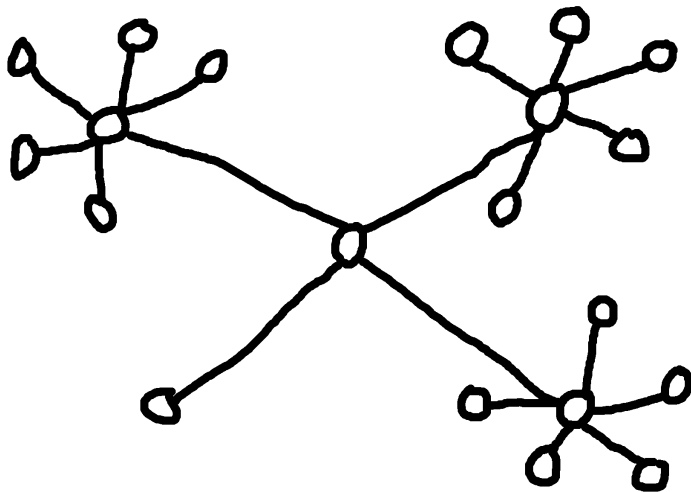


Figure 14:

Couche physique

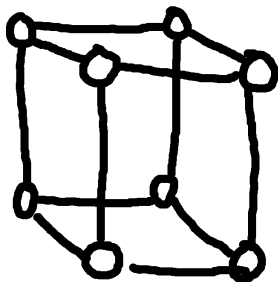


Figure 15:

2 CUBES

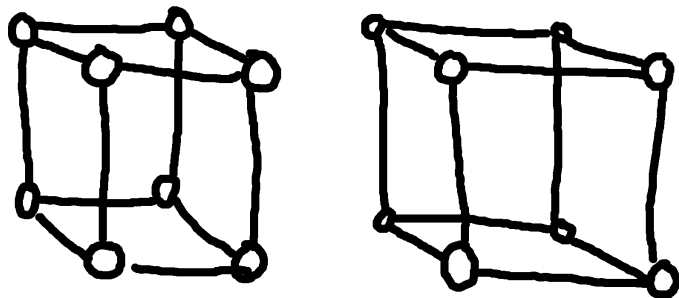


Figure 16:

CUBE2 : HYPERCUBE

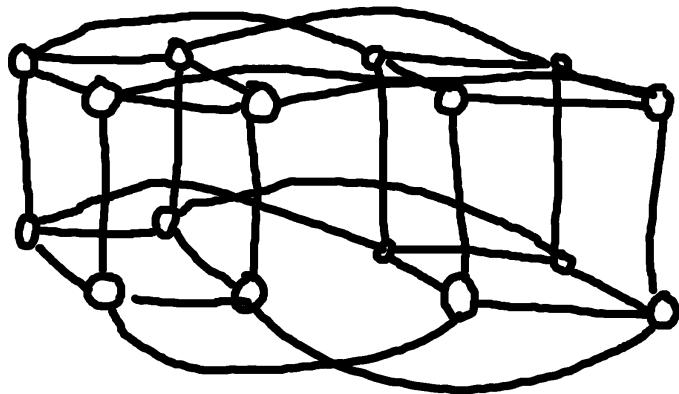


Figure 17:

Couche physique

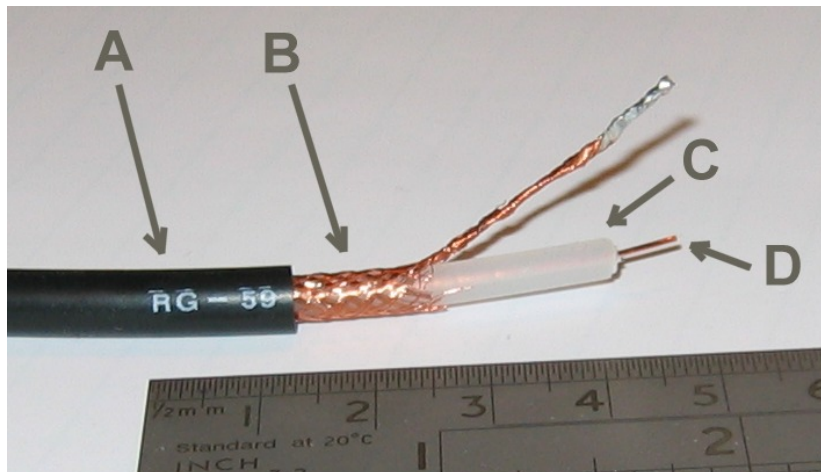
Quel médium : câble électrique ? fibre ? radio ? saint-bernards ?

Couche physique

Câbles :

Coaxial ? “Étanche” aux perturbations extérieures et hautes fréquences mais cher, rigide, pas facile à sertir...

Ethernet 10BASE2, 10BASE5 utilisaient du coaxial.

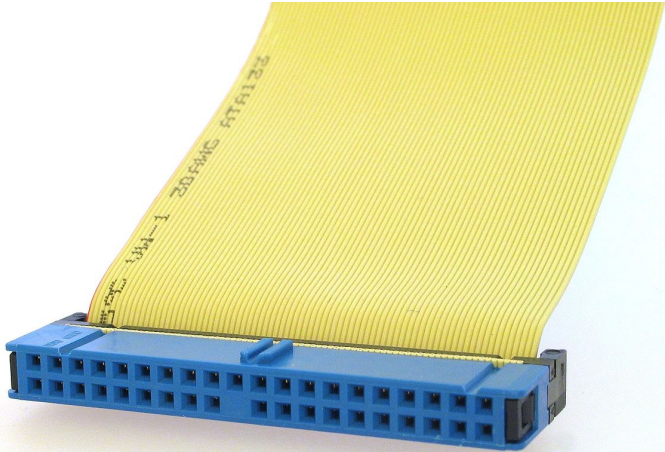


Couche physique

Câbles :

Câble parallèle ? *Crosstalk* / diaphonie

Pas utilisé à ma connaissance si ! PLIP



Couche physique

Câbles :

Câbles série ? Paire(s) torsadée(s) !

Couche physique

Différents standards physiques de paires torsadées :

- ▶ U/UTP : pas blindé ;
- ▶ U/FTP : blindé (feuille) sur les paires ;
- ▶ F/UTP : blindage (feuille) sur le câble ;
- ▶ ...
- ▶ SF/FTP (!!): blindage (feuille + tresse) sur le câble + blindage (feuille) sur les paires !

À quoi sert le blindage ?

Couche physique

Par exemple :

3 types of 10GBASE-T cables

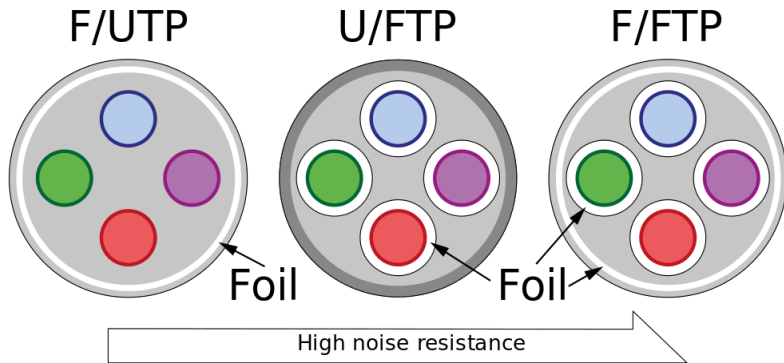


Figure 20: câbles avec paires torsadées

(source : Fred the Oyster /
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:10G_BASE-

Couche physique

Plus de blindage

Plus + de torsade

Plus + de qualité dans les connecteurs

(Plus probablement d'autres contraintes)

Implique qu'on peut passer de plus hautes fréquences dans le câble.

Implique qu'on peut passer plus de données (on verra pourquoi plus loin).

Couche physique

On peut donc regarder les standards de fréquence des câbles :

Cat 3	UTP ^[13]	16 MHz ^[13]	10BASE-T / 100BASE-T4 ^[13]
Cat 4	UTP ^[13]	20 MHz ^[13]	16 Mbit/s ^[13] Token Ring
Cat 5	UTP ^[13]	100 MHz ^[13]	100BASE-TX / 1000BASE-T ^[13]
Cat 5e	UTP, ^[13] STP ^[14]	100 MHz ^[13]	1000BASE-T / 2.5GBASE-T ^[13]
Cat 6	UTP, ^[13] STP ^[15]	250 MHz ^[13]	5GBASE-T / 10GBASE-T
Cat 6A	UTP, F/UTP, U/FTP	500 MHz	5GBASE-T / 10GBASE-T
Cat 7	S/FTP, F/FTP	600 MHz	5GBASE-T / 10GBASE-T or POTS/CATV/1000BASE-T over single cable
Cat 7A	S/FTP, F/FTP	1000 MHz	5GBASE-T / 10GBASE-T or POTS/CATV/1000BASE-T over single cable
Cat 8/8.1	F/UTP, U/FTP	2000 MHz	25GBASE-T / 40GBASE-T
Cat 8.2	S/FTP, F/FTP	2000 MHz	25GBASE-T / 40GBASE-T

Figure 21: standards de câbles

Couche physique

On veut passer des fréquences plus grandes, pour faire transiter plus de données.

Pourquoi on peut faire passer plus de données si on a de plus hautes fréquences disponibles ? On verra ça plus loin.

Déjà, comment faire passer les données ?

Couche physique

Courant continu, courant alternatif. Signal.

Couche physique

Rappel : on veut coder des bits en signal électrique. Comment faire ?

Couche physique

Code NRZ (utilisé p.ex dans RS-232) :

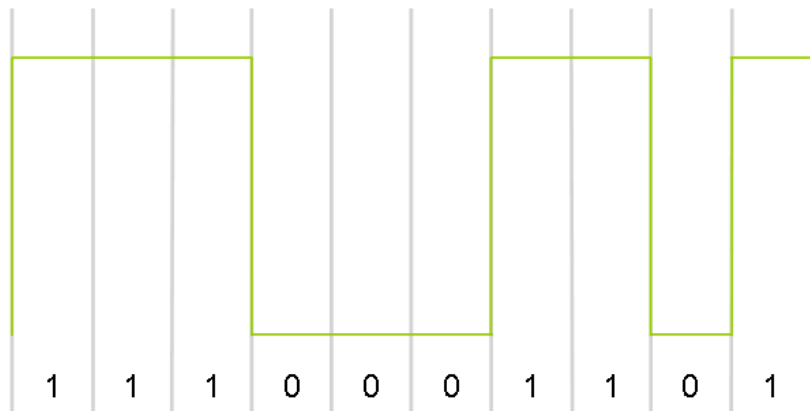


Figure 22: NRZ

Est-ce que vous voyez un défaut ?

Couche physique

Code Manchester (utilisé p.ex dans le vieil Ethernet 10BASE5) :

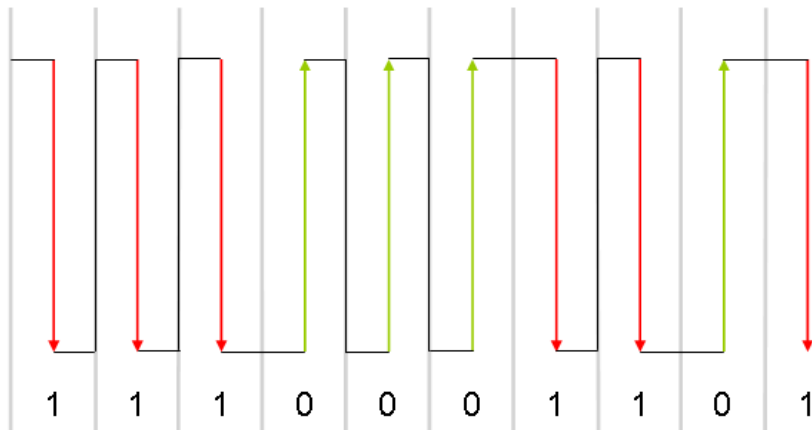


Figure 23: NRZ

(source : Poil~commonswiki /

Couche physique

Une idée pour améliorer ça ?

Couche physique

MLT-3 (utilisé p.ex dans 100BASE-TX)

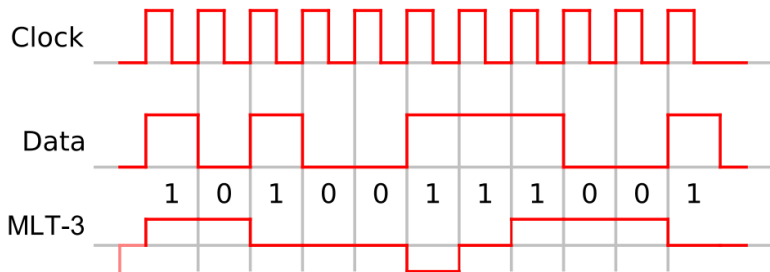


Figure 24: MLT-3

Couche physique

Symboles. Si on a **n** symboles distincts, combien de bits un symbole peut-il représenter ?

Et donc, quelle relation entre débit en **baud** et débit en **bit/s** ?

Couche physique

Pourquoi on peut faire passer plus de données si on a de plus hautes fréquences disponibles ?

Eh bien c'est très simple. . .

Couche physique

Dessins.

1. Sinusoïde. Fourier. Résultat.

Couche physique

2. Carré. Fourier. Sinus cardinal.

Couche physique

3. Signal un peu carré et un peu aléatoire (on verra ça plus tard).
Fourier.

Couche physique

4. Atténuation, décibel ($20 \cdot \log_{10}(\text{sortie}/\text{entrée})$, 6 dB \rightarrow /2, 20 dB \rightarrow /10, 60 dB \rightarrow /1000).

Couche physique

5. Bruit. Quelle conséquence ?

Couche physique

Exemple atténuation : Cat5e (Ethernet Gigabit), 32 dB / 100m
(câble trouvé là : <http://www.farnell.com/datasheets/1311844.pdf>)

Couche physique

Taux de transfert binaire maximal ?

Nyquist : s'il n'y avait pas de bruit.

$C_{\text{Nyquist}} = 2 * F_{\text{max}} * \log_2(n_{\text{symboles}})$ (en *bps*)

(quelle implication de l'absence de bruit sur le nombre de symboles ?)

Couche physique

Shannon : il y a du bruit. Logiquement, devrait être... inférieur ?
Supérieur ? Au Nyquist.

$C_{\text{Shannon}} = F_{\text{max}} * \log_2 (1 + \text{signal} / \text{bruit})$ (en *bps*)

Couche physique

Modulation analogique. Utilisations : radios en tout genre.

- ▶ AM : *Amplitude modulation*
- ▶ FM : *Frequency modulation*
- ▶ PM : *Phase modulation*

Couche physique

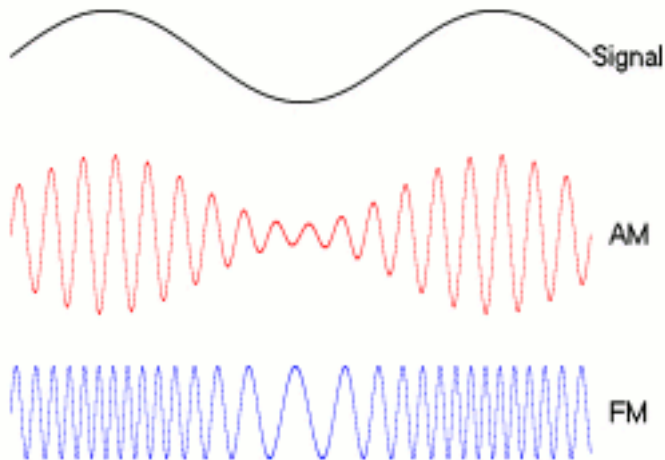


Figure 25: AM/FM

Couche physique

On module pour nettoyer le signal... (carré \rightarrow largeur infinie !)

On module pour mettre le signal à la bonne fréquence (par exemple, dimension d'antenne)

Et, sans aucun doute, pour d'autres raisons.

Couche physique

RTC (*modem* 56k...) : on module ; le signal reste dans la bande
“voix”

300 -> 3400 Hz... voix téléphonique

Couche physique

ADSL (*modem* ADSL...) : on module ; on étend le signal ailleurs que dans les fréquences vocales

- ▶ ADSL : 0 -> 1,1 MHz ;
- ▶ ADSL2+ : 0 -> 2,2 MHz.

Couche physique

Fibre optique !

Couche physique

À peu près comme les câbles en cuivre, mais un peu différent :

- ▶ Atténuation **beaucoup** plus faible grâce à la réflexion totale (+ distance et/ou + débit);
- ▶ Insensibilité aux interférences (électromagnétiques) et pas de risques “électriques” ;
- ▶ Le verre se plie moins bien que le cuivre ;
- ▶ Fibre monomode / fibre multimode (voire diapositives suivantes).

Couche physique

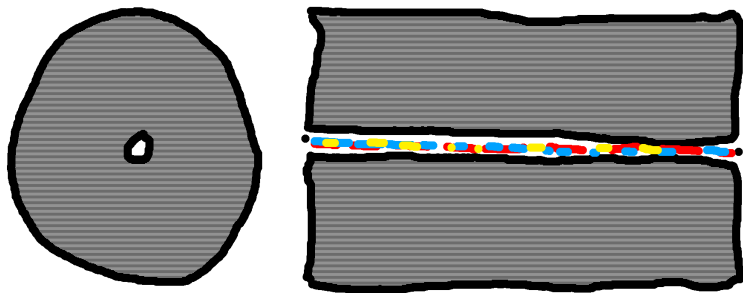


Figure 26: Fibre monomode

C'est simple ; c'est beau.

Couche physique

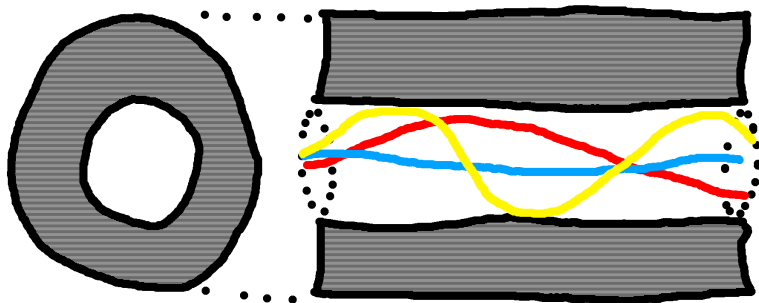


Figure 27: Fibre multimode

Distances différentes selon les couleurs (= fréquences) différentes !

Couche physique

Radio !

WiFi a/b/g/n/ac/ad/... 5G 4G 3,9G 3,75G 3,5G HSUPA HSDPA
W-CDMA GPRS ZigBee 802.15.4 Wave LoRa LoRaWAN Bluetooth
BLE WiMAX IrDA SigFox...

On verra ça une prochaine fois.

Quelques mesures

Quelques mesures

Délai/temps de transmission d'un message entre le *début et la fin* de l'émission : $T_t = N / V_t$

- ▶ N taille du message ;
- ▶ V_t vitesse de transmission/émission (bits émis par seconde).

Quelques mesures

Délai/temps de propagation du signal : $T_p = D / V_p$

- ▶ D distance à parcourir ;
- ▶ V_p vitesse de circulation du signal (dépend du support).

Quelques mesures

Délai d'acheminement/transfert : $T = T_t + T_p$

C'est la durée entre le début de l'émission de bits et la réception du dernier bit par le destinataire.

Après, tout traitement ajoute son délai supplémentaire...