

Réseaux II (L3 2018-2019)

Deuxième partie

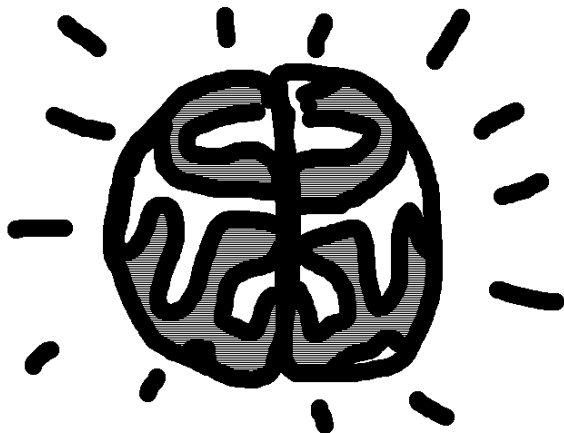
jean.connier@uca.fr

Récapitulatif de la première partie

Récapitulatif de la première partie

Redondance = apprentissage.

Récapitulatif de la première partie



Esprit critique

Figure 1: esprit critique

Récapitulatif de la première partie

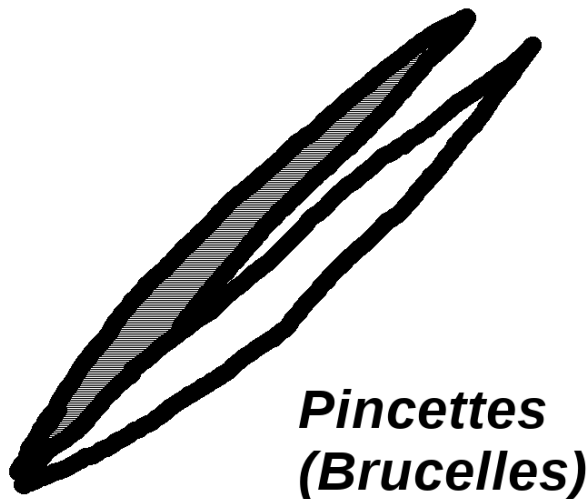


Figure 2: pincettes

Récapitulatif de la première partie

Pression = apprentissage

=> qui passe au tableau ?

Récapitulatif de la première partie

Combien de couches ?

Quelles couches ?

Récapitulatif de la première partie

Quelle couche avons-nous regardée ?

Récapitulatif de la première partie

À quoi sert la couche physique ?

Récapitulatif de la première partie

Qu'est-ce donc qu'un “médium” ? Quel(s) médiums a-t-on évoqué ?

Récapitulatif de la première partie

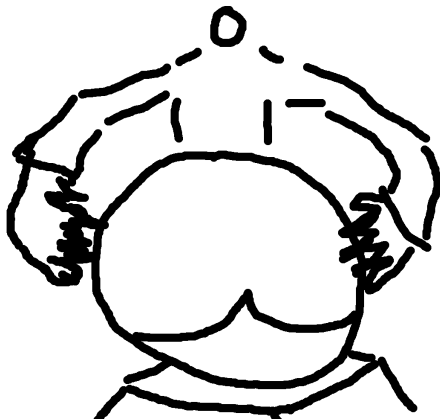


Figure 3: médium

Récapitulatif de la première partie

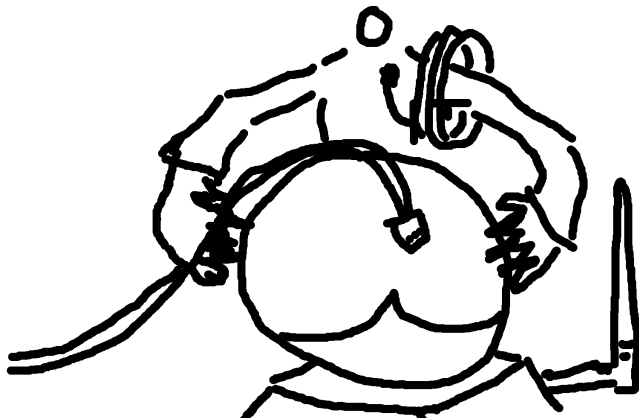


Figure 4: médiums

Récapitulatif de la première partie

Qu'est-ce qu'un signal, dans un câble électrique, au fait ?

Récapitulatif de la première partie

Une information encodée sous forme de variation de tension (fréquence, amplitude, phase).

Récapitulatif de la première partie

Mais, qu'est-ce qu'un signal, en général ?

Récapitulatif de la première partie

Wikipédia dit :

Un signal est un message codé de façon à pouvoir être communiqué à distance.

Récapitulatif de la première partie

Quels sont les effets d'un câble (et de ce qu'il y a autour) sur un signal ?

Récapitulatif de la première partie

1. Il **atténue** le signal ;
2. Il capte/génère du bruit, interne (thermique...) et externe (**interférences**...).

Récapitulatif de la première partie

Quelle est l'unité standard de l'atténuation ? Quelle formule de conversion ?

Récapitulatif de la première partie

dB (décibel)

$20 \log_{10}(\text{sortie} / \text{entrée})$

Récapitulatif de la première partie

Qu'est le S/B ? Ou S/N ?

Récapitulatif de la première partie

Rapport Signal / Bruit (*Noise*)

Récapitulatif de la première partie

Donnez deux formes de câbles électriques adaptées à la transmission de signaux.

Récapitulatif de la première partie

- ▶ Coaxial
- ▶ Paire torsadée

Récapitulatif de la première partie

Pourquoi sont-elles particulièrement adaptées ?

Récapitulatif de la première partie

Faible sensibilité aux interférences.

Récapitulatif de la première partie

Au fond, on veut deux choses. Lesquelles ?

Récapitulatif de la première partie

1. Le plus de **débit** possible ;
2. Le moins de **latence** (**délai de propagation** inclus) possible.

Récapitulatif de la première partie

Quel effet du câble sur ces performances ?

Récapitulatif de la première partie

Quelles caractéristiques du câble influent sur quel paramètre de la transmission ?

(À *environnement constant*)

Récapitulatif de la première partie

- ▶ (+) longueur \Rightarrow (+) atténuation
- ▶ (+) blindage \Rightarrow (-) interférences
- ▶ (+) atténuation \Rightarrow (-) S/N
- ▶ (+) interférences \Rightarrow (-) S/B
- ▶ (-) $S/B \Rightarrow$ (-) débit

Récapitulatif de la première partie

Et la fibre ?

Récapitulatif de la première partie

Multimode est “mieux” que le câble.

Monomode est “mieux” que la multimode.

Récapitulatif de la première partie

Si on a 8 symboles possibles, combien peut-on faire passer de bits d'information par symbole ?

Récapitulatif de la première partie

Récapitulatif de la première partie

Quelle est l'unité qui mesure le nombre de symboles transmis par seconde ?

Récapitulatif de la première partie

Le ***baud.***

Récapitulatif de la première partie

Quelle unité est la plus *générique/abstraite*, le baud ou le bit/s ?

Récapitulatif de la première partie

Si on connaît

1. la fréquence maximum/**bande passante** d'un canal,
2. le nombre de symboles/s

quelle est la formule pour calculer le débit maximal en bit/s du canal ?

Récapitulatif de la première partie

$$2 \times F_{max} \times \log_2(n_{symboles})$$

Récapitulatif de la première partie

Et en baud ?

Récapitulatif de la première partie

$$2 * F_{max} * n_{symboles}$$

Récapitulatif de la première partie

Y a-t-il un lien entre S/N et nombre (maximal) de symboles (encodés sous formes de niveaux de tension) ?

Si oui, lequel ?

Si non, lequel ?

Récapitulatif de la première partie

$(+) S/N \Rightarrow (+) \text{ symboles}$

Récapitulatif de la première partie

Pourquoi ?

Récapitulatif de la première partie

Parce que les niveaux de tensions deviennent indiscernables quand il y a du bruit.

Récapitulatif de la première partie

Il y avait une autre formule. . .
Quelle était-elle ?

Récapitulatif de la première partie

$$F_{max} * \log_2(1 + S/B)$$

Récapitulatif de la première partie

À quoi sert-elle ?

Récapitulatif de la première partie

Déterminer le débit binaire max à partir de la bande passante/fréquence max et du S/B .

Récapitulatif de la première partie

Quelles sont les deux représentations d'un même signal qu'on a vues ?

Récapitulatif de la première partie

- ▶ Temporelle
- ▶ Fréquentielle

Récapitulatif de la première partie

Comment passer de l'une à l'autre ?

Récapitulatif de la première partie

- ▶ Transformée de Fourier
- ▶ Transformée de Fourier inverse

Parenthèse : éclaircissements

Parenthèse : éclaircissements

Switchs :

- ▶ Les normaux n'ont pas d'adresse MAC ;
- ▶ Les managés ont une adresse MAC (et IP, pour se connecter à l'interface d'admin) ;
- ▶ Les Layer 3 ont plein d'adresses MAC (et IPs).

Parenthèse : éclaircissements

$$2 * F_{max} * \log_2(\textit{symboles})$$

Ce coefficient 2...

Couche 1 : physique

Couche 1 : physique

(Informations complémentaires sur Ethernet.)

(Attention : Ethernet couvre la couche lien de données aussi).

Couche 1 : physique

Ethernet couvre couche physique + liaison de données

- 1983 : 10BASE5 (500m, "thick")
- 1985 : 10BASE2 (185m, "thin")
- 1985 : 10BROAD36 (1800m, coax 50 ohm)
- 1987 : 1BASE5 (250m, paire téléphonique)
- 1990 : 10BASE-T (100m, 2 paires CAT3)
- 1993 : 10BASE-FL (2000m, 2 multimodes)

Couche 1 : physique

Ethernet couvre couche physique + lien de données

- 1995 : 100BASE-TX (100m, 2 paires CAT5)
- 1995 : 100BASE-T4 (100m, 4 paires CAT3/4)
- 1999 : 1000BASE-T (100m, 4 paires CAT5)
- 2004 : 100BASE-BX10 (10km, 2 monomodes)
- 2006 : 10GBASE-T (100m, 4 paires CAT6a ; 55m, CAT6)
- 2016 : 40GBASE-T (30m, 4 paires CAT8)

Couche 1 : physique

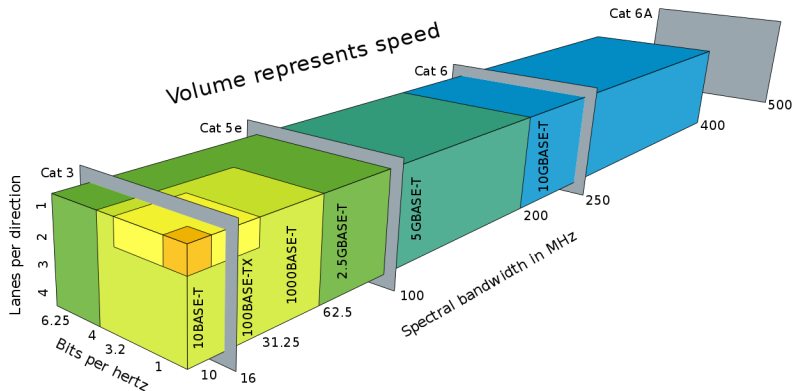


Figure 5: volume = débit, profondeur = fréquence, largeur = symboles

Source : Per Mejdal Rasmussen /

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Twisted_pair_based_ethernet.svg

Couche 1 : physique

... Il y a beaucoup d'autres standards Ethernet (j'en ai compté 103 sur wikipédia).

Changement de topologie très important :

Bus (simple ou avec répéteurs/*hubs*) -> étoile

Dans la suite,

- ▶ *Vieil Ethernet* désignera Ethernet en bus ;
- ▶ *Jeune Ethernet* désignera Ethernet en étoile.

Couche 1 : physique

Réseaux sans fil.

... On verra ça la prochaine fois.

Couche 2 : liaison de données

Couche 2 : liaison de données

Transfert des données (**X**) sur un même **Y**

Couche 2 : liaison de données

Transfert des données (**assez fiable**) sur un même **segment** !

Couche 2 : liaison de données

PDU = ?

Couche 2 : liaison de données

$PDU = \mathbf{trame/frame}$

Couche 2 : liaison de données

Deux couches secondaires forment la couche 2 :

- ▶ Sous-couche **Medium Access Control (MAC** / “Contrôle d'accès au support”)
- ▶ Sous-couche **Logical Link Control (LLC** / “Contrôle de la liaison logique”)

Enfin, dans les protocoles usuels. . .

Couche 2 : liaison de données

Protocoles usuels : *IEEE 802 (LAN et MAN)*

802.2 LLC

802.3 Ethernet

802.4 Token Bus

802.5 Token Ring

802.6 DQDB (pour MAN)

802.11 Wi-Fi

802.15.1 Bluetooth

802.15.4 Zigbee & Cie

802.16 WiMAX

...

Couche 2 : liaison de données : MAC

Couche 2 : liaison de données : MAC

À votre avis, à quoi sert la couche *Medium Access Control* ?
Pourquoi faut-il contrôler l'accès au support ?

Couche 2 : liaison de données : MAC

Le médium (segment) est partagé entre plusieurs noeuds.
S'ils injectent leurs symboles en même temps au même endroit...
tout s'additionne : brouillage.

Couche 2 : liaison de données : MAC

Selon les topologies. . .

1. Sur le vieil Ethernet : bus.
2. Jeune-vieux Ethernet “point à point”/étoile : deux paire torsadée.
3. Jeune Ethernet : quatre paires torsadées.
4. Token Ring ..?

Dans quelle situation le problème est le pire, à votre avis?

Couche 2 : liaison de données : MAC

Quelles solutions ?

Couche 2 : liaison de données : MAC

Multiplexage

Temporel, spatial, fréquentiel, codage. . .

Couche 2 : liaison de données : MAC

Multiplexage temporel :

1. Ordonnancement : chacun son tour ;
2. Aléatoire (avec quelques règles, quand même) ;

Couche 2 : liaison de données : MAC

Multiplexage temporel ordonnancé

TDMA (*Time Division Multiple Access*)

Intérêt : délai maximum garanti.

Rarement utilisé en filaire, souvent en radio.

Couche 2 : liaison de données : MAC

Multiplexage temporel aléatoire :

- ▶ Soit on “écoute” pas et on communique (**CSMA**);
- ▶ Soit on “écoute” si un autre “hôte” est en train de communiquer avant de commencer ;

Dans les deux cas, il peut y avoir des collisions. . .

Couche 2 : liaison de données : MAC

Premier protocole: *ALOHA* (Hawaii, sans fil)

1. On envoie (sans “écouter”) ;
2. Si collision, on réenvoie après temps aléatoire.

Version sans *time slots* (créneaux horaires ?) : ~ 18% d'efficacité

Version avec *time slots* : ~ 36% d'efficacité

Couche 2 : liaison de données : MAC

Amélioration : **CSMA**

On écoute avant de communiquer.

Mais deux stations peuvent commencer au même moment.

Couche 2 : liaison de données : MAC

Amélioration : **CSMA/CD** (*Collision Detection*)

On arrête la transmission dès qu'on détecte une collision. On gagne du temps.

Vieil Ethernet

Couche 2 : liaison de données : MAC

CSMA/CD

Délai garanti ?

Qualité de service ?

Couche 2 : liaison de données : MAC

Il y a aussi le **CSMA/CA** (*Collision Avoidance*)

Attente aléatoire avant nouvelle tentative.

Wi-Fi

Couche 2 : liaison de données : MAC

Revenons au **CSMA/CD** (Vieil Ethernet).

La “détection de collision” impose une taille minimale de trame : 64 o.

Basé sur le délai de propagation :

Station distante détecte la collision et doit prévenir avant la fin.

Il faut $\text{temps_de_transmission} > 2 \times \text{délai_de_propagation}$.

Ethernet : 64 o.

Couche 2 : liaison de données : MAC

Note : le jeune Ethernet est

1. Commuté/switché ;
2. full-duplex = chacun sa ligne ;

Plus de collisions.

Couche 2 : liaison de données : MAC

Rappel : on était dans la problématique
“Comment éviter les collisions ?”

Couche 2 : liaison de données : MAC

Là où il y a le plus de collisions, c'est dans les communications sans fil.

On verra ça plus tard. . .

Couche 2 : liaison de données : MAC

Qu'y a-t-il d'autre dans la sous-couche *MAC* ?

- ▶ Adresses (48 bits)
- ▶ Détection/correction d'erreurs (*CRC*)

Couche 2 : liaison de données : MAC

Le *Cyclic Redundancy Check* est un code de détection d'erreur.
Vous pouvez chercher si vous voulez savoir comment ça fonctionne.

Couche 2 : liaison de données : MAC

Le CRC est calculé à partir des données.

Il permet de détecter les erreurs sur 1, 2 ou nombre impair de bits.

Couche 2 : liaison de données : MAC

Si la couche MAC d'en face détecte une erreur (en comparant CRC et données),
elle demande le renvoi de la trame.

Couche 2 : liaison de données : MAC

Le CRC n'est pas un code correcteur d'erreur.
Exemple code correcteur : code de Hamming.

Couche 2 : liaison de données : MAC

Code correcteur utilisé quand (pas dans les LAN normaux):

- ▶ Taux d'erreur très élevé ;
- ▶ Délai très important ;
- ▶ Communication unidirectionnelle (exemple ?) ;

Couche 2 : liaison de données : LLC

Couche 2 : liaison de données : LLC

IEEE 802.2 formalise cette couche.

Logical link control n'est pas un nom très clair (je trouve).

Elle est généralisée dans les protocoles de la famille 802 (Ethernet, token ring, 802.11...).

Couche 2 : liaison de données : LLC

LLC fournit (si on lui demande, voir plus loin):

- ▶ Trames (pour multiplexage des protocoles supérieurs)
- ▶ Fiabilité : contrôle de flux, acquittements

Couche 2 : liaison de données : LLC

Trois types de service (selon les protocoles autour) :

1. Pas d'acquittement, pas de connexion ;
2. Connexion avec acquittments ;
3. Acquittements sans connexion.

Selon le type de service, différents types de trames utilisés.

Couche 2 : liaison de données : LLC

1. Pas d'acquittement, pas de connexion.

Mode le plus basique. (Ethernet avec IPv4 par dessus – qui gère la délivrance des messages ?)

Couche 2 : liaison de données : LLC

2. Connexion avec acquittements

- ▶ Connaissance de la taille de la fenêtre du récepteur : rafales sans acquittement
- ▶ Numéros de séquence

Couche 2 : liaison de données

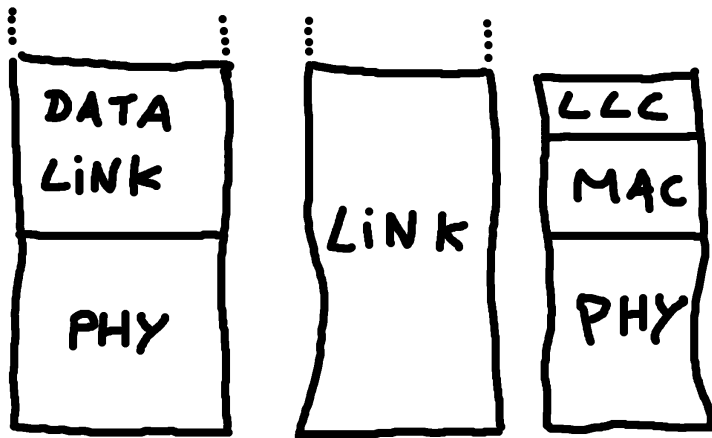


Figure 6: modèles ; où est Ethernet ?

Couche 2 : liaison de données

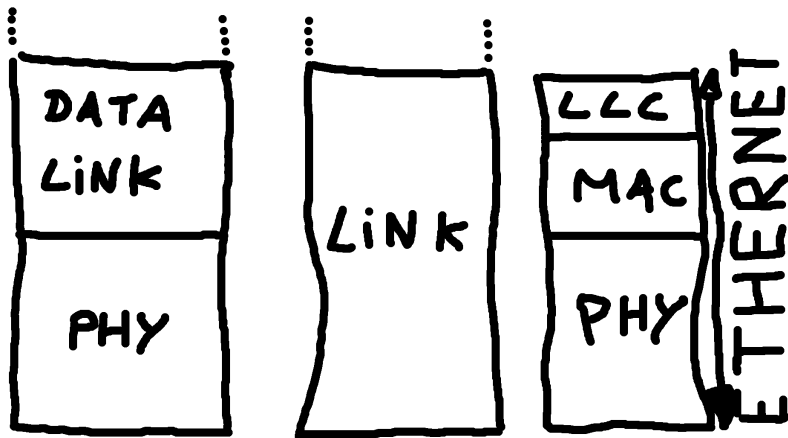


Figure 7: modèles ; qui est qui ?

Couche 2 : liaison de données

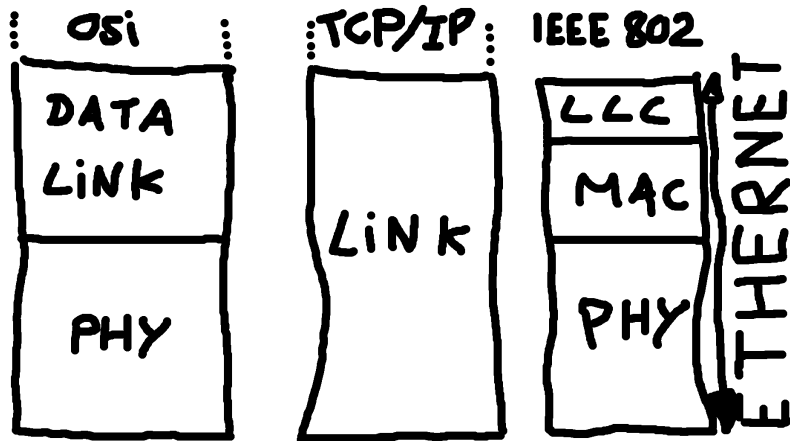


Figure 8: modèles

Couche 2 : liaison de données

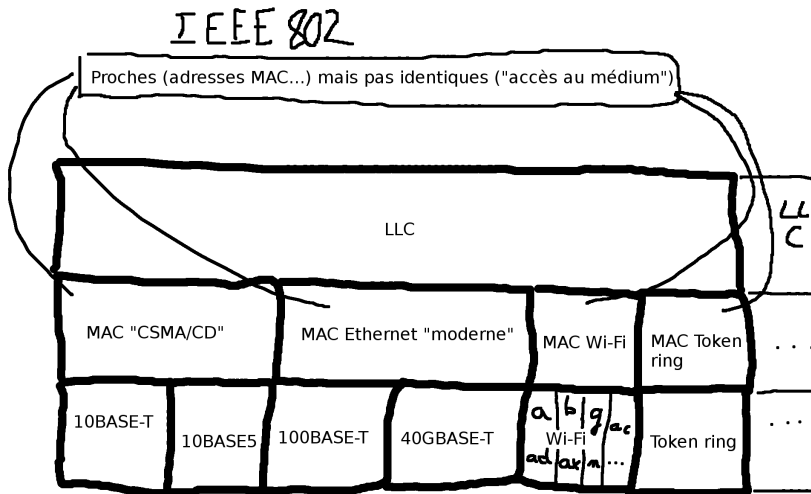


Figure 9: modèle 802

Couche 2,5 : ARP

Couche 2,5 : ARP

Address Resolution Protocol

On a une adresse... MAC ? IP ?

On cherche une adresse... MAC ? IP ?

Couche 2,5 : ARP

Address Resolution Protocol

On a une adresse... **IP**

On cherche une adresse... **MAC**

Couche 2,5 : ARP

On envoie une requête *ARP* en **broadcast MAC** :

“Je suis $IP[x]$, quelle est l’adresse MAC de la machine qui a l’adresse $IP [y]$?”

Couche 2,5 : ARP

La machine concernée répond, *“je suis IP [x], voilà mon adresse MAC”*

Les deux mettent leur *cache ARP* à jour (liste des IP -> MAC).

Couche 2,5 : ARP

Simple, efficace.

Couche 2,5 : ARP

Comment se faire passer pour une autre machine ?

Couche 2,5 : ARP

Pris en charge par IPv6 directement...

Neighbor Discovery Protocol/NDP