

# Chapitre 5 : Les éléments d'interconnexion

## 1. La carte réseau

La carte réseau, également appelée Network Interface Card (NIC) en anglais, est le composant le plus important du réseau, elle est indispensable pour chaque élément terminal. Il s'agit de l'interface entre l'ordinateur et le câble réseau (ou le wi-fi). C'est par elle que transitent toutes les données à envoyer et à recevoir du réseau dans un ordinateur. Elle possède une adresse physique donnée par le constructeur de la carte : l'**adresse MAC**<sup>10</sup> qui permet de l'identifier. Elle lui est attribuée à sa fabrication et ne peut pas changer. Elle est composée de 48 bits, donc 6 octets qu'on peut représenter par 12 caractères hexadécimaux.

Par exemple : A0.B2.3E.45.D8.64 est une adresse MAC valide.

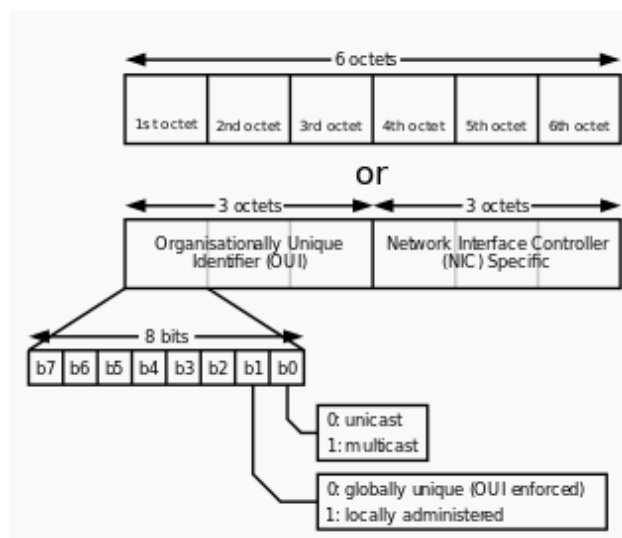


Figure 29 - Structure d'une adresse MAC [11]

Les 6 premiers symboles hexadécimaux sont attribués par un organisme officiel<sup>11</sup> aux constructeurs de carte (numéro OUI : Organization Unit Identifier) tandis que les 6 derniers symboles sont attribués par le fabricant de carte (SN : Serial Number). On peut donc reconnaître le fabricant de la carte en regardant les 6 premiers symboles. Un fabricant peut obtenir plusieurs OUI différents. Il n'y a plus assez d'adresses MAC disponibles pour toutes les cartes réseau. En effet, un switch contient plusieurs adresses MAC (une par port). Le souci a été temporairement résolu en assurant qu'il n'y a pas de doublon par continent. Comme les communications non locales utilisent l'adresse IP, cela ne pose pas de problème.

Le premier bit de l'adresse MAC indique s'il s'agit d'une adresse individuelle (unicast) ou d'un adressage de groupe (multicast ou broadcast). Le bit suivant détermine si l'adresse est universelle (adressage IEEE, bit à 0)

<sup>10</sup> Medium Access Control

<sup>11</sup> IEEE

ou adresse locale (bit à 1). Dans ce dernier cas, c'est l'administrateur réseau qui gère l'espace d'adressage et garantit l'unicité de l'adresse.

Les systèmes d'exploitation permettent de connaître les adresses MAC des cartes réseaux. Sous Linux, on utilisera la commande `/sbin/ifconfig`. Sous Windows, il suffit d'utiliser la commande `ipconfig /all` dans l'invite de commandes pour obtenir, entre autre, les adresses MAC.

```

Microsoft Windows [version 6.3.9600]
(c) 2013 Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

C:\Users\WindowsFacile>ipconfig /all

Configuration IP de Windows

Nom de l'hôte . . . . . : 
Suffixe DNS principal . . . . . : 
Type de noeud . . . . . : Hybride
Routage IP activé . . . . . : Non
Proxy WINS activé . . . . . : Non
Liste de recherche du suffixe DNS.: localdomain

Carte Ethernet Ethernet0 :

Suffixe DNS propre à la connexion. . . : localdomain
Description. . . . . : Connexion réseau Intel(R)
Adresse physique . . . . . : 00-0C-29-65-02-94
DHCP activé . . . . . : Oui
Configuration automatique activée. . . : Oui
Adresse IPv6 de liaison locale. . . . : fe80::fd7c:f7ed:5fe7:91c

Adresse IPv4. . . . . : 192.168. . . . . (préféré)
Masque de sous-réseau. . . . . : 255.255.255.0
Bail obtenu. . . . . : jeudi 16 avril 2015 10:40:
Bail expirant. . . . . : jeudi 16 avril 2015 11:25:
Passerelle par défaut. . . . . : 192.168.
Serveur DHCP . . . . . : 192.168.
IAID DHCPv6 . . . . . : 50334761
DUID de client DHCPv6. . . . . : 00-01-00-01-1A-93-DF-B8-00-0
-94
Serveurs DNS. . . . . : 192.168.
Serveur WINS principal . . . . . : 192.168.
NetBIOS sur Tcpip. . . . . : Activé
  
```

Figure 30 - Obtention des adresses des cartes réseau sous Windows [12]

Pour garantir la compatibilité entre l'ordinateur et le réseau, la carte doit être adaptée à l'architecture du bus de données de l'ordinateur et avoir le type de connecteur approprié au câblage. Chaque carte est conçue pour s'adapter à un certain type de câble.

La fonction d'une carte réseau est de préparer, d'envoyer et de contrôler le flux de données entre l'ordinateur et le câble. Elle traduit également les données venant du câble en octets afin que l'Unité Centrale les comprenne.

## a. La préparation des données

Les données se déplacent dans l'ordinateur en empruntant des chemins appelés « bus ». Dans ces BUS, plusieurs chemins sont placés côte à côte et les données se déplacent ainsi en parallèle (les unes à côté des autres). Les premiers bus fonctionnaient en 8 bits, l'ordinateur PC/AT d'IBM introduisit les premiers bus à 16 bits, et les ordinateurs actuels sont à présent équipés de bus 64 bits.

Or, dans un câble, les données circulent en série (les unes après les autres).

La carte réseau a donc un rôle pour restructurer les données qui arrivent en parallèle via les bus et qui doivent être envoyées sur les câbles en série. On dit qu'il sérialise les données. Il s'occupe également de

transformer les signaux numériques provenant de l'ordinateur en signaux électriques ou optiques capables de voyager sur les câbles du réseau. Le dispositif chargé de cette traduction est l'**adaptateur (Transceiver)**.

## b. L'envoi des données

Avant que la carte émettrice envoie les données, elle dialogue électroniquement avec la carte réceptrice pour s'accorder sur les points suivants :

- Taille maximale des groupes de données à envoyer
- Volume de données à envoyer avant confirmation
- Intervalles de temps entre les transmissions partielles de données
- Délai d'attente avant envoi de la confirmation
- Quantité que chaque carte peut contenir avant débordement
- Vitesse de transmission des données

Si une carte plus récente, donc plus perfectionnée, communique avec une carte plus lente, elles doivent trouver une vitesse de transmission commune. Certaines cartes ont des circuits leur permettant de s'adapter au débit d'une carte plus lente.

Il y a donc acceptation et ajustement des paramètres propres à chacune des deux cartes avant émission et réception des données.

## c. Le contrôle des données

La carte réseau va également contrôler si des erreurs se sont produites pendant la transmission en appliquant des techniques permettant de détecter si des modifications parasites ont été apportées aux données lors de leur saisie, de leur mémorisation ou de leur transmission. Lors de l'étude de la constitution des trames Ethernet, nous reverrons quelques méthodes de contrôle d'erreurs utilisées dans les réseaux informatique.

Par contre, les cartes réseau effectuent rarement les reprises sur erreur lorsqu'une erreur est découverte. Une reprise sur erreur est l'action consistant à demander la retransmission d'un bloc erroné à la suite de la détection d'une erreur de transmission.

## d. Remarques

- Le débit d'une carte réseau doit s'ajuster au débit permis par le câble. Si le support physique possède un débit de 10Mbps, la carte réseau doit émettre à cette même vitesse.
- L'ordinateur et la carte doivent communiquer afin que les données puissent passer de l'un vers l'autre. L'ordinateur affecte ainsi une partie de sa mémoire aux cartes munies d'un Accès Direct à la Mémoire (DMA : Direct Access Memory). (DMA : Direct Access Memory). La carte indique qu'un autre ordinateur demande des données à l'ordinateur qui la contient.

Le bus de l'ordinateur transfère les données depuis la mémoire de l'ordinateur vers la carte réseau. Si les données circulent plus vite que la carte ne peut les traiter, elles sont placées dans la mémoire tampon affectée à la carte (RAM) dans laquelle elles sont stockées temporairement pendant l'émission et la réception des données.

- Les réseaux sans fil Wi-Fi fonctionnent sur les mêmes principes que les réseaux filaires. Une carte réseau Wi-Fi doit donc être installée sur chaque ordinateur du réseau sans fil. Cette carte peut être directement incluse dans la carte mère (cas de nombreux portables), mais peut également se trouver sous la forme d'une carte PCI ou d'une clé USB (clé Wifi). Une antenne, parfois intégrée dans la carte, permet l'envoi et la réception des signaux.

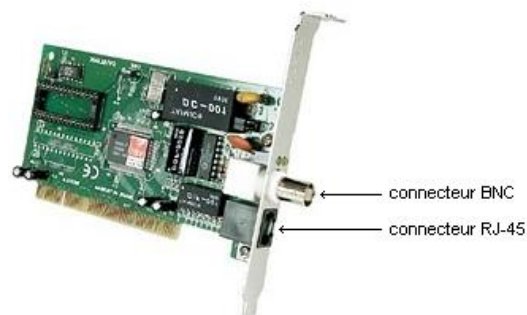


Figure 31 - Photo d'une ancienne carte réseau équipée des 2 types de connecteurs [13]



Figure 32 - Carte réseau avec connecteur pour câble à paires torsadées



Figure 33 - Carte réseau Wi-fi

## 2. Le concentrateur (hub)

Un hub est un dispositif en réseau qui permet de mettre plusieurs ordinateurs en contact. Il est équipé de plusieurs ports, reçoit des données par un port, et envoie ce qu'il reçoit aux autres. L'interface recevant l'information est appelée interface de réception (port sur lequel l'ordinateur émetteur est connecté) et les interfaces qui renvoient les informations sont appelées interfaces de diffusion (ports sur lesquels les autres ordinateurs sont connectés). Attention, une interface permet la réception ET la diffusion selon l'ordinateur qui émet.



Figure 34 - Photo d'un concentrateur

Imaginons un concentrateur équipé de 8 ports numérotés de 1 à 8. Si l'ordinateur 3 (connecté au port 3) veut communiquer avec les autres, le hub reçoit les données au port 3 (qui est temporairement le port de réception) et renvoie les données aux ports 1,2,4,5,6,7 et 8 qui sont les ports de diffusion. Il ne renvoie pas l'information au port 3. Un instant après, l'ordinateur connecté au port 6 veut envoyer une information. Le port 6 devient le port de réception. Le concentrateur renvoie l'information aux port 1,2,3,4,5,7 et 8 qui deviennent alors ports de diffusion.

Les rôles du concentrateur sont multiples :

- Renvoyer les données arrivant sur le port de réception sur les ports de diffusion
- Réamplifier les signaux en entrée : un concentrateur joue donc le rôle de répéteur simple si la distance à couvrir est trop importante pour être réalisée par un seul tronçon. Les concentrateurs qui réamplifient le signal sont appelés **concentrateurs actifs**. Les autres sont dits **passifs**.
- Relier 2 lignes de natures différentes si différents connecteurs sont présents sur le concentrateur (ports pour paires torsadées et pour fibres optiques par exemple). Il récupère alors les données binaires et en refait le codage. Il intègre en fait la fonction de transceiver.

Le gros souci avec les hubs, c'est le manque de confidentialité car l'information arrive à tous les ordinateurs connectés. Ce sont les ordinateurs qui reçoivent le signal qui vont vérifier si le message leur est destiné ou pas. Evidemment, ils peuvent lire des messages qui ne leur sont pas destinés, c'est là le souci.

Il est possible de connecter des hubs entre eux, soit en utilisant les ports normaux et un câble croisé, soit en utilisant un port spécial présent sur la plupart des concentrateurs et appelé « uplink » ou « daisy-chain » pour connecter le premier hub à un port quelconque du second. On utilise alors un câble droit pour connecter ces 2 hubs entre eux. Il existe également des hubs capables de croiser ou de décroiser automatiquement leurs ports selon qu'il est relié à un hôte ou à un hub.

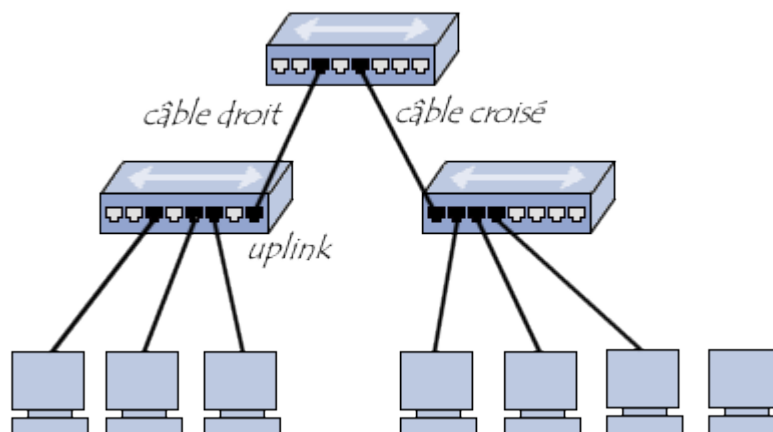


Figure 35 - Connection de hubs en cascade [14]

Cet appareil est actuellement progressivement remplacé au profit du commutateur réseau.

### 3. Le pont (bridge)

Le rôle et le fonctionnement de cet élément a été présenté lors du cours.

## 4. Le commutateur (switch)

Un commutateur, également appelé switch, fonctionne à peu près comme un hub à la différence qu'il n'envoie l'information qu'au destinataire. Dans notre exemple précédent, avec 8 ports sur le switch, si l'ordinateur 3 veut communiquer avec l'ordinateur 8, le switch n'enverra l'information qu'à l'ordinateur 8. Afin de déterminer l'ordinateur à qui il faut renvoyer les données, le switch se base sur les adresses physiques (adresses MAC) des cartes réseau. Les transmissions sont plus confidentielles, les autres ne savent rien des données ne leur étant pas destinées.



Figure 36 - Photo d'un switch

Le switch, contrairement au hub, va lire les trames Ethernet (terme technique qui désigne le contenu d'un message transmis mais aussi les en-têtes et en-têtes contenant d'autres informations comme l'adresse MAC du PC qui émet et celle du destinataire, les IP, ...). Un hub ne fait qu'amplifier le signal pour le renvoyer vers tous les équipements connectés. Un switch enregistre dans une table interne les adresses MAC associées à chacun de ses ports physiques et ne transmet les données que vers le connecteur associé. A la différence d'un routeur, il ne permet pas de connecter des réseaux de classes d'adresses IP différentes.

Le schéma suivant illustre la différence entre le fonctionnement d'un hub et d'un switch :

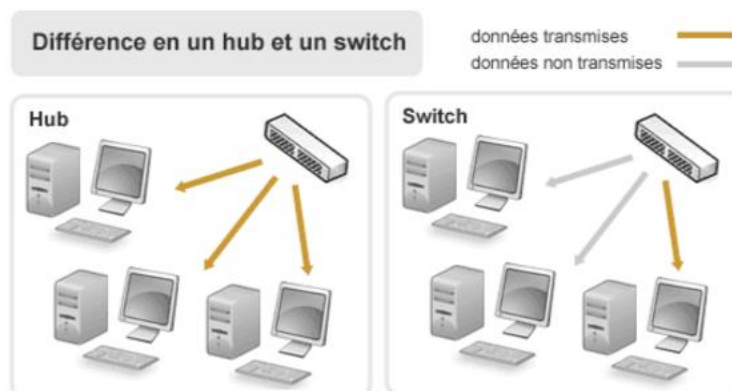


Figure 37 - Illustration de la différence de fonctionnement entre un hub et un switch

La commutation est un des deux modes de transport de trame au sein des réseaux informatiques et de communication, l'autre étant le routage. Le premier s'intéresse à l'adresse MAC du destinataire tandis que le second s'intéresse à l'adresse IP pour diriger les données.

Le commutateur établit et met à jour dynamiquement dans sa mémoire interne une table d'équivalence entre l'adresse MAC et le port associé. Cette table lui indique sur quels ports diriger les trames destinées à une adresse MAC donnée, en fonction des adresses MAC sources des trames reçues sur chaque port. Lorsqu'il reçoit une trame destinée à une adresse présente dans cette table, le commutateur renvoie la trame sur le port correspondant. Si le port de destination est le même que celui de l'émetteur, la trame n'est pas transmise. Si l'adresse du destinataire est inconnue dans la table, alors la trame est traitée comme un broadcast, c'est-à-dire qu'elle est transmise à tous les ports du commutateur à l'exception du port de réception mais le message n'est lu que par la machine destinataire. Ce n'est donc pas du broadcast. On appelle cette technique du **flooding** (inondation).

Si nous utilisons plusieurs switches en cascade, le switch va envoyer la trame avec une adresse MAC particulière (une adresse MAC de type broadcast) sur tous ses ports pour demander sur lequel ce périphérique est connecté. En recevant ce message, le deuxième switch vérifie dans sa propre table s'il a une correspondance entre l'adresse MAC et un de ses ports. Si elle est connue, il va envoyer la trame sur le bon port, sinon il utilisera également la technique du flooding.

Les deux caractéristiques fondamentales d'un switch sont sa vitesse (débit) et son nombre de ports (nombre de prises RJ45).

## 5. Le routeur

Un switch ne permet pas de connecter 2 réseaux entre eux. Il faut pour cela utiliser un routeur qui permettra de mettre en contact 2 réseaux fondamentalement différents. Dans un LAN, avec un ou plusieurs ordinateurs connectés à une "box" (qui est en fait un routeur), il est la frontière entre le réseau local et Internet.

Un routeur a plusieurs interfaces. Pour continuer dans notre exemple de frontière avec Internet, il possède une interface connectée à Internet et plusieurs autres interfaces sur lesquels se connectent des switches ou des ordinateurs voulant se connecter à Internet.

Dans un routeur, la trame Ethernet qui arrive possède l'adresse complète du destinataire (adresse physique MAC + adresse IP), de sorte que le routeur puisse décider de la meilleure direction à choisir pour l'envoyer vers un nœud suivant. Il s'agit d'une **décision de routage**. Celle-ci consiste à consulter une table de routage dans laquelle sont répertoriées toutes les adresses susceptibles d'être atteintes sur le réseau. La décision de router prend du temps : non seulement il faut trouver la bonne ligne dans la table de routage correspondant à l'adresse du destinataire mais surtout il faut gérer cette table de routage c'est-à-dire la maintenir à jour pour que les routes soient les meilleures possibles. Nous étudierons les techniques de routage plus en détail un peu plus tard dans le cours.



Le routage est une solution de transfert de l'information qui permet aux trames de contourner un nœud ou une ligne en panne.

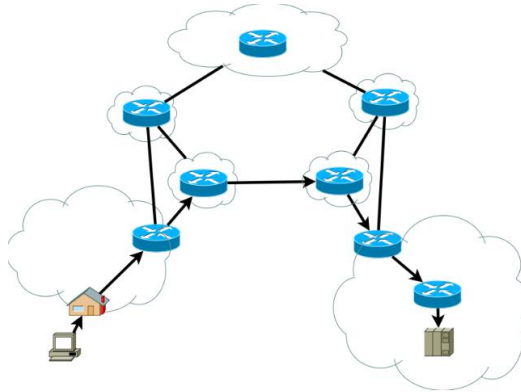


Figure 38 - Schématisation du routage d'un LAN vers un autre au travers d'un WAN

## 6. Le répéteur

Un **répéteur** (repeater en anglais) peut être considéré comme un hub à 2 interfaces. Sa fonction est de renvoyer le signal ce qu'il reçoit sur l'interface de réception vers l'interface d'émission, mais régénéré. En transmission sans fil on parle aussi de **relais**.

Un répéteur permet ainsi de couvrir des distances plus grandes que les distances maximales fixées par le matériel que l'on utilise. Par exemple, dans un réseau Wi-Fi, la portée maximale entre 2 appareils est d'environ 50 mètres en intérieur. En plaçant un répéteur peu avant ces 50 mètres, on peut connecter 2 appareils à 100 mètres de distance. Notez cependant que le bruit augmente au fur et à mesure des répétitions du signal.