

Chapitre 3

Transmission des données

couche physique

1. Rôle d'une interface réseau

Dans un premier temps, nous allons examiner les paramètres qui permettent de configurer les périphériques d'un PC et plus particulièrement une carte réseau.

1.1 Principes

L'interface réseau fait office d'intermédiaire entre l'ordinateur et le support de transmission. Au départ la carte réseau était un périphérique dédié (NIC - *Network Interface Card*), enfiché dans un connecteur d'extension (*slot*) de la carte mère ; depuis bien longtemps maintenant, elle est un simple composant soudé à la carte mère. Son rôle est de préparer les données à transmettre avant de les envoyer et d'interpréter celles reçues. Pour cela, elle contient un émetteur-récepteur.

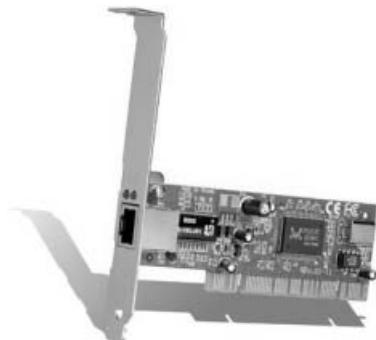


Carte réseau Ethernet intégrée sur une carte mère d'un PC

Le lien entre la carte et le système d'exploitation réseau est assuré par le pilote (*driver*) périphérique. Ce composant logiciel correspond à la couche Liaison de données du modèle OSI.

1.2 Préparation des données

La couche physique met en forme les données (bits) à transmettre sous forme de signaux. Les échanges entre l'ordinateur et la carte s'effectuent via le bus de la machine en parallèle. La carte réseau va donc sérialiser les informations avant de transmettre les signaux sur le support physique.



Ancienne carte réseau Ethernet

2. Options et paramètres de configuration

Tout point d'entrée/sortie sur un réseau doit être identifié afin que la trame soit reçue (acceptée) par le bon périphérique. Une carte réseau ou un port série doivent avoir un numéro qui doit permettre de les repérer au plus bas niveau (du modèle OSI).

2.1 Adresse physique

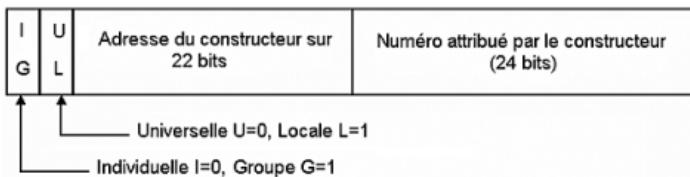
Sur un réseau local de type Ethernet (le plus courant, que nous aborderons plus tard), c'est une adresse physique sur six octets, qui permet d'identifier l'interface réseau. Les trois premiers octets de cette adresse sont attribués par l'IEEE pour identifier le constructeur du matériel (par exemple, HP : 64-4E-D7, Dell : 28-F1-0E, VMware : 00-50-56). Les trois octets restants sont laissés à la disposition du constructeur, qui doit faire en sorte de vendre des cartes, de telle manière qu'aucune n'ait la même adresse physique, sur le même réseau de niveau 2.

Remarque

Attention, un ordinateur peut disposer de plusieurs adresses physiques ou adresses MAC (Medium Access Control) : par exemple, un PC portable disposera d'une adresse pour sa carte Ethernet, d'une adresse pour sa carte Wi-Fi mais aussi d'une autre adresse lorsque celui-ci sera connecté à la station d'accueil (Dock USB-C faisant transiter également le réseau).

Un serveur (physique) disposera quant-à-lui généralement d'au moins trois adresses physiques : deux adresses pour les cartes réseau (pour faire un agrégat ou teaming), ainsi qu'une adresse pour la carte de gestion à distance.

Une adresse MAC (présente dans une trame réseau) va soit identifier une carte réseau unique ($I=0$), soit être associée à un ensemble de cartes ($G=1$). Cette adresse pourra être unique globalement ($U=0$) ou simplement unique sur un périmètre limité ($L=1$).



Remarque

Théoriquement, rien n'empêche le système d'exploitation réseau de travailler avec des adresses physiques différentes de celles du constructeur. Par exemple, sous Windows, en accédant aux propriétés de la carte réseau, il est possible d'imposer une nouvelle adresse physique différente de celle proposée par défaut. Il suffit alors de valider, et la nouvelle adresse MAC devient effective immédiatement !



Propriétés avancées d'une carte réseau sous Windows 11 (Oracle Virtual Box)

■ Remarque

Pour accéder directement aux propriétés réseau sous Windows vous pouvez exécuter **ncpa.cpl**.

■ Remarque

La commande **ipconfig /all** sous Windows ou **ip address** sous Linux permet d'obtenir l'adresse MAC.

Cette adresse est utilisée chaque fois qu'une station, ou plutôt sa carte réseau, a besoin d'émettre une trame vers une autre carte réseau. Il est néanmoins possible d'envoyer un paquet non pas à une, mais à plusieurs cartes en remplaçant l'adresse unique du destinataire par une adresse multiple (souvent une adresse de diffusion, soit **FFFFFFFFFFFF**, c'est-à-dire tous les bits des six octets mis à 1).

Ainsi, toute adresse référençant plusieurs hôtes aura son bit de poids fort (le plus à gauche) à '1' (ex. : FFFFFF.FFFFFF), à '0' dans le cas contraire (ex. : 00A024.B6132D).

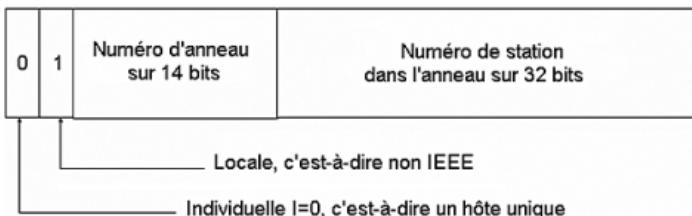
Par exemple, lorsqu'une carte réseau effectue une requête *Address Resolution Protocol* (ARP), elle envoie une diffusion sur son réseau de niveau 2, c'est-à-dire que le destinataire physique de la trame émise est « Tout le monde », FF-FF-FF-FF-FF-FF, comme ci-dessous :

```
+Frame: Base frame properties
-ETHERNET: ETYPEnumber = 0x0806 : Protocol = ARP: Address Resolution Protocol
+ETHERNET: Destination address : FFFFFFFFFFFFFF
+ETHERNET: Source address : 00A024B6132D
    ETHERNET: Frame Length : 60 (0x03C)
    ETHERNET: Ethernet Type : 0x0806 (ARP: Address Resolution Protocol)
    ETHERNET: Ethernet Data: Number of data bytes remaining = 46 (0x002E)
-ARP_RARP: ARP: Request, Target IP: 172.17.0.3
    ARP_RARP: Hardware Type = Ethernet (10Mb)
    ARP_RARP: Protocol Type = 2048 (0x800)
    ARP_RARP: Hardware Address Length = 6 (0x6)
    ARP_RARP: Protocol Address Length = 4 (0x4)
    ARP_RARP: Opcode = Request
    ARP_RARP: Sender's Hardware Address = 00A024B6132D
    ARP_RARP: Sender's Protocol Address = 172.17.0.92
    ARP_RARP: Target's Hardware Address = 000000000000
    ARP_RARP: Target's Protocol Address = 172.17.0.3
    ARP_RARP: Frame Padding
```

Identification d'une adresse de diffusion (niv. 2)

Une adresse attribuée par l'IEEE aura son deuxième bit de poids fort à '0', tandis qu'une valeur '1' précisera que l'adresse correspond à une adresse non normalisée.

Par exemple, en Token Ring (anciens réseaux locaux proposés par IBM et concurrents d'Ethernet), l'adresse d'un hôte était constituée comme suit :



Adressage physique Token Ring

Remarque

Historiquement, il était possible de créer des groupes en Token Ring ($G=1$).

Remarque

La liste exhaustive des préfixes d'adresses MAC attribués aux constructeurs (OUI - Organizationally Unique Identifiers) peut être consultée à partir de l'URL suivante : <http://standardsoui.ieee.org/oui.txt>

Par exemple, sur un PC portable Dell Latitude 5470, on obtient les informations ci-dessous :

- Carte Ethernet
 - Description : Intel(R) Ethernet Connection I219-LM
 - Adresse physique : 28-F1-0E-44-43-37
- Carte Wi-Fi
 - Description : Qualcomm QCA61x4A 802.11ac Wireless Adapter
 - Adresse physique : 94-53-30-19-15-0F

Sur le site de l'IEEE, on fait correspondre les préfixes des adresses MAC avec les informations dont on dispose :

28-F1-0E (hex)	Dell Inc. One Dell Way Round Rock TX 78682 US
94-53-30 (hex)	Hon Hai Precision Ind. Co.,Ltd. Building D21, No.1, East Zone 1st Road Chongqing Chongqing 401332 CN

2.2 Interruption

Tout périphérique du PC est relié au microprocesseur par une ligne dédiée, ou ligne d'interruption (IRQ - *Interrupt ReQuest*). Lorsque le périphérique a besoin du microprocesseur pour travailler, il lui envoie un signal par cette ligne (tension électrique qui passe à l'état bas). Historiquement, les premiers PC comportaient 2 fois 8 lignes en cascade. Aujourd'hui, les systèmes d'exploitation intègrent 256 interruptions gérées de manière logicielle (Plug and Play). Certaines lignes sont attribuées par défaut et d'autres sont disponibles pour recevoir les périphériques supplémentaires. Le microprocesseur gère ces lignes par ordre de priorité : plus le numéro de l'interruption est faible, plus la priorité est élevée.

■ Remarque

Grâce à la technique du Plug and Play, qui permet la détection de la carte et l'affectation automatique de ses paramètres, il n'est plus vraiment utile aujourd'hui de connaître ces informations. La période où les IRQ pouvaient générer des conflits entre périphériques est désormais révolue.

2.3 Adresse d'entrée/sortie

Un périphérique interrompt le microprocesseur chaque fois que des informations ont besoin d'être échangées. Ces informations sont reçues ou envoyées par une porte d'entrée/sortie localisée à une adresse particulière : l'adresse d'entrée/sortie. Cette adresse pointe sur une plage d'au plus 32 octets, qui va permettre de stocker des données, mais aussi des informations indiquant ce qu'il faut faire de ces données.

2.4 Adresse de mémoire de base

Il s'agit d'une adresse de mémoire volatile dont le rôle est de faire un tampon (buffer), lors de la réception ou l'émission de trame sur le réseau.

Cette adresse doit être un multiple de 16, elle est donc souvent écrite en hexadécimal sans le '0' final qui est sous-entendu.

2.5 Canal DMA (Direct Memory Access)

Dans la plupart des cas, les périphériques dépendent du microprocesseur pour transférer des informations de leur tampon vers la mémoire vive ou en sens inverse. Ainsi, il existe des périphériques qui disposent d'un canal particulier pour pouvoir échanger directement des informations avec la mémoire vive du PC, sans avoir recours au microprocesseur (dans un deuxième temps).

Certains périphériques, notamment des cartes réseau disposent d'un canal DMA, de 1 à 7.

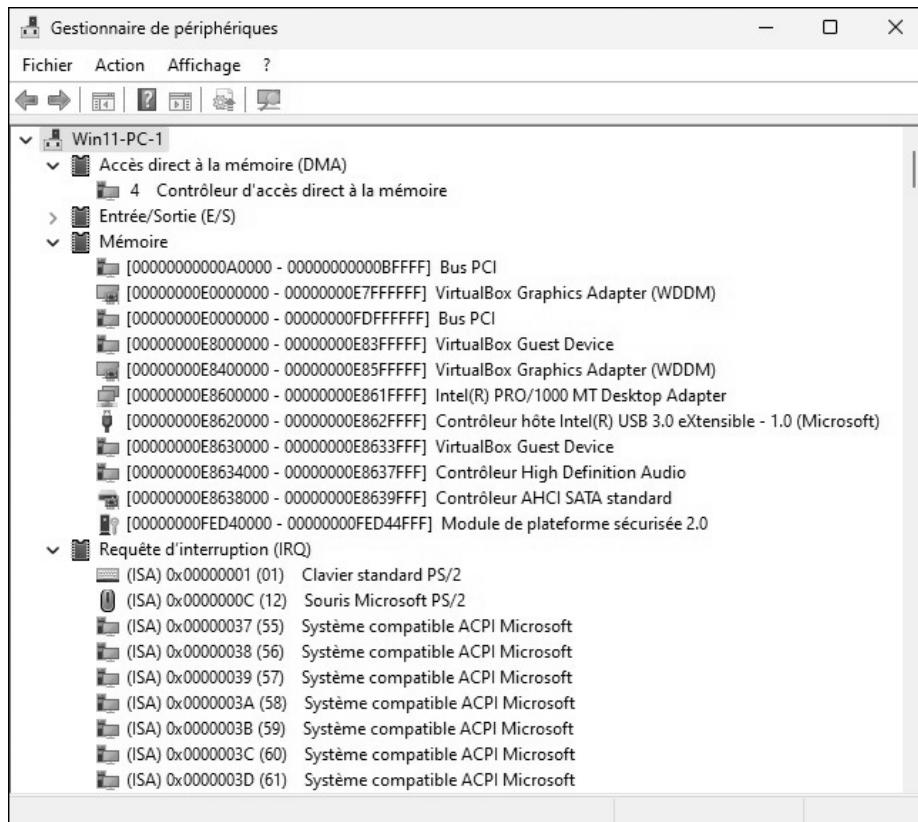
2.6 Bus

Toutes les données échangées entre les périphériques et l'ordinateur passent par des bus de données. Pendant longtemps, cet échange était surtout effectué à travers des voies parallèles, et la vitesse de transmission dépendait beaucoup de sa largeur, par exemple 16, 32 ou 64 bits. Les nouvelles technologies de bus privilégient des solutions de transferts en série, dans lesquels les bits sont envoyés les uns après les autres.

Avec l'évolution des moyens, les débits sont désormais bien supérieurs et les connecteurs sont plus petits.

Les bus historiques, *Industry Standard Architecture* (ISA), *Extended Industry Standard Architecture* (EISA) et *Micro Channel Architecture* (MCA) ont laissé leur place à d'autres, plus modernes.

Le **Gestionnaire de périphériques** sous Windows permet d'obtenir les informations précises sur l'allocation des ressources matérielles (menu **Affichage, Ressources par Type**) :



Affichage des adresses mémoire