

La couche d'accès au réseau transmet des *trames* à travers le réseau physique. Elle est donc dépendante du matériel (types de périphériques, type de réseau...).

C'est la couche d'accès au réseau qui doit être modifiée lors de l'utilisation d'un nouveau medium de communication (réseau sans fil, modem téléphonique, modem Adsl, carte Ethernet...).

C'est aussi dans cette couche que se situe la résolution d'adresses, qui permet de faire correspondre une *adresse physique* à une *adresse IP* (par exemple).

1 Interconnexion

Il existe plusieurs catégories de matériels permettant de connecter physiquement des réseaux. Certains, listés ci-dessous, opèrent uniquement au niveau de la couche accès au réseau. D'autres (comme les routeurs et les passerelles) opèrent dans les couches supérieures.

On parle de brin ou de segment physique du réseau pour désigner le domaine de collision du réseau. Deux matériels sont dans le même segment physique s'ils partagent le même support physique de communication, c'est à dire si potentiellement, leurs communications peuvent interférer sur le support physique (il existe toutefois des règles pour éviter au maximum ces collisions (voir CSMA)).

Répéteur : couche physique (OSI), régénère le signal (extension de brin)

Concentrateur (Hub) : couche physique (OSI), régénère le signal depuis plusieurs brins (extension de brin)

Pont (Bridge) : couche liaison (OSI), relie deux réseaux et apprend dynamiquement les adresses physiques, on a donc deux segments distincts.

Commutateur (Switch) : couche liaison (OSI), relie plusieurs brins, apprend dynamiquement les adresses physiques.

2 Couche Accès au réseau

À chaque type de réseau physique (Ethernet, sans fil, ADSL etc.) correspondent des normes particulières au niveau de la couche accès au réseau.

Ces normes sont par exemple :

- 802.3 : Ethernet
- 802.11 : Wireless Lan (réseaux sans fil)

Dans les deux cas précédents, le matériel qui sert à la connexion (carte réseau) est identifié à l'aide d'une adresse, appelée adresse MAC.

2.1 Adresses MAC

L'adresse MAC (*Medium Access Control*) est un numéro unique fixe pour chaque matériel. Il est formé de six octets (pour MAC-48). Les trois premiers constituent le numéro du constructeur, et les trois derniers, le numéro de la carte chez le constructeur.

C'est l'adresse MAC, unique pour chaque interface, qui permet au nœud destinataire d'une trame de la faire effectivement remonter vers les couches supérieures.

2.2 Domaines de collision et de diffusion

Deux nœuds sont dans un même domaine de collision si les trames Ethernet dont l'adresse MAC **n'est pas** l'adresse de diffusion FF:FF:FF:FF:FF:FF sont vues par ces deux nœuds.

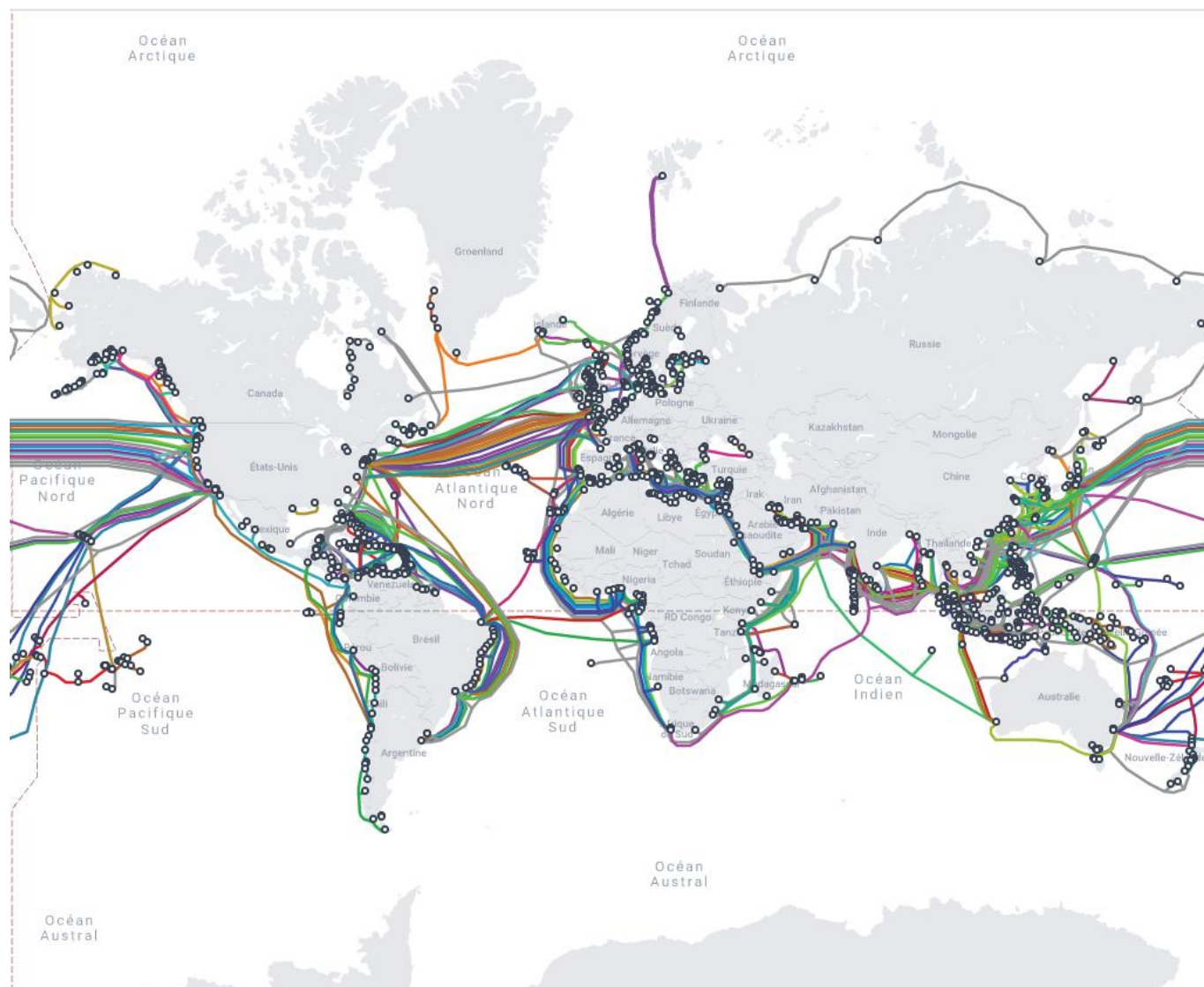


Figure 1: Les câbles sous-marins Source¹

Deux nœuds sont dans un même domaine de diffusion si les trames Ethernet dont l'adresse MAC est l'adresse de diffusion FF:FF:FF:FF:FF:FF sont vues par ces deux nœuds.

2.3 Résolution d'adresses

Dans le cadre de la communication entre deux machines sur un réseau Ethernet, certains nœuds sont amenés à devoir connaître l'adresse MAC d'un matériel, connaissant son adresse IP.

Le mécanisme dont nous allons parler permet donc, à partir d'une adresse IP, d'obtenir une adresse physique. Le protocole qui a cette charge est ARP (Address Resolution Protocol, Rfc 26²). Ce protocole, plus généralement, permet la conversion d'adresses, dites de protocole (par exemple IP) en adresses matérielles (par exemple Ethernet).

Le programme `arp` permet d'accéder, sur chaque machine, à la table des adresses physiques mises en cache :

```
C:\>arp -a
Interface : 10.16.90.17 on Interface 0x1000003
  Adresse Internet      Adresse physique      Type
  10.16.81.1            00-02-55-7b-b6-6c    dynamique
  10.16.81.254          00-e0-b1-48-96-ff    dynamique
  10.16.90.2            00-50-ba-65-26-16    dynamique
  10.16.90.12           00-10-83-1b-a9-0b    dynamique
  10.16.90.70           00-04-75-c9-d6-62    dynamique
```

Nous voyons par exemple dans cette table qu'à l'adresse IP 10.16.90.2 correspond l'adresse physique (adresse MAC) : 00:50:BA:65:26:16. Si l'adresse IP à contacter ne figure pas dans la table, le protocole ARP est utilisé pour la demander. Pour cela, la machine source émet une trame ARP, contenant l'adresse IP recherchée, à tout le réseau physique auquel elle est reliée (l'adresse MAC de destination est FF:FF:FF:FF:FF:FF pour que chaque interface réseau fasse remonter le message). Précisons que ces requêtes ARP ne traversent pas les routeurs et ne s'étendent qu'au domaine de diffusion physique. Lorsqu'une machine reçoit une requête ARP qui contient sa propre adresse IP, elle répond à la requête (et c'est la seule machine à y répondre), indiquant par là même sa propre adresse MAC. La table de la machine source peut donc être mise à jour et la trame envoyée.

Une requête ARP contient les éléments suivants :

	octet 0/1	octet 2/3	octet 4/5		octet 6/7	octet 8/9	octet 10/11	octet 12/13
Mot 0	esp. adr. m.	esp. adr. p.	Lm	Lp	opcode	adresse source mat.		
Mot 1	adresse source protocole		adresse dest. mat.			adresse dest protocole		

Figure 2: Requête ARP

Espace d'adressage matériel : code indiquant le type d'adresse matériel (1 pour Ethernet)

Espace d'adressage protocole : code indiquant le type d'adresse protocole (0x800 pour IP)

Longueur adresse matérielle : longueur en octets d'une adresse matérielles (6 pour Ethernet)

Longueur adresse protocole : longueur en octets d'une adresse protocole (4 pour IPv4)

Opcode : type de requête ARP (1 pour requête, 2 pour réponse)

Adr Source matériel : adresse matérielle de l'expéditeur

Adr Source protocole : adresse protocole de l'expéditeur

Adr Dest matériel : adresse matérielle de la destination (pas connue pour une requête)

Adr Dest protocole : adresse protocole de la destination

Exemple d'échange arp

²<https://tools.ietf.org/rfc/rfc826.txt>

```

0x0000:  ffff ffff ffff 0004 75c9 d662 0806 0001  .....u..b...
0x0010:  0800 0604 0001 0004 75c9 d662 0a10 5a46  .....u..b..ZF
0x0020:  0000 0000 0000 0a10 5a2d                .....Z-

0x0000:  0004 75c9 d662 0005 5d0a b7ca 0806 0001  ..u..b..].....
0x0010:  0800 0604 0002 0005 5d0a b7ca 0a10 5a2d  .....].....Z-
0x0020:  0004 75c9 d662 0a10 5a46                ..u..b..ZF

```

3 Ethernet

Ethernet (IEEE 802.3) est un ensemble de normes qui définit un mode de connexion filaire de matériels sur un même segment de réseau physique. La norme définit le type de câbles, la longueur de câble, le débit... Un tableau récapitulatif à jour est disponible ici : Wikipédia 802.3³.

Les débits maximum sont actuellement (2019) de plusieurs centaines de Gb/s (souvent 100Mb/s pour du matériel standard chez un particulier). Les supports les plus courants sont les paires torsadées et les fibres optiques. Leur longueur maximum varie de quelques mètres à plusieurs dizaines de kilomètres.

3.1 Format de trames Ethernet II

- Adresse MAC destination sur 6 octets
- Adresse MAC source sur 6 octets
- champs type sur 2 octets, indiquant :
 - 0x0800 : IPv4
 - 0x0806 : ARP
 - 0x86DD : IPv6
 - ...

Exemple d'entête Ethernet

```

0x0000:  0004 75c9 d662 00e0 b148 96ff 0800 4500  ..u..b...H....E.

```

4 Wi-Fi

Wi-Fi permet de certifier qu'un matériel particulier est compatible avec la norme Wireless Lan 802.11. Le nom Wi-Fi est aujourd'hui employé pour désigner la norme aussi bien que la certification.

L'ensemble des normes 802.11 permet de relier sans fil des appareils sur quelques dizaines de mètres (quelques centaines en l'absence d'obstacles).

L'ensemble des normes définit la fréquence utilisée pour la communication, le type de modulation, les débits maximum et portées maximum. Les questions de sécurité sont aussi abordées. Un tableau récapitulatif à jour est disponible sur Wikipédia 802.11⁴. Actuellement (2019) le matériel grand public suit la norme 802.11n offrant des débits de quelques centaines de Mb/s, pour une portée de quelques dizaines de mètres, en utilisant les fréquences de 2.4 et 5 GHz.

On distingue deux modes de fonctionnement, selon qu'on utilise un point d'accès ou pas. Dans le mode *infrastructure*, le plus courant, les nœuds terminaux du réseau (essentiellement des ordinateurs) se connectent à un point d'accès, lui même éventuellement connecté à d'autres réseaux. Dans le mode **ad-hoc**, les machines communiquent directement entre-elles, sans passer par un point d'accès.

³https://fr.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.3

⁴https://fr.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11