

# Réseau, couche intérmédiaire

Benoît Barbot ([benoit.barbot@u-pec.fr](mailto:benoit.barbot@u-pec.fr))

Département informatique, Université Paris-Est Créteil, L3

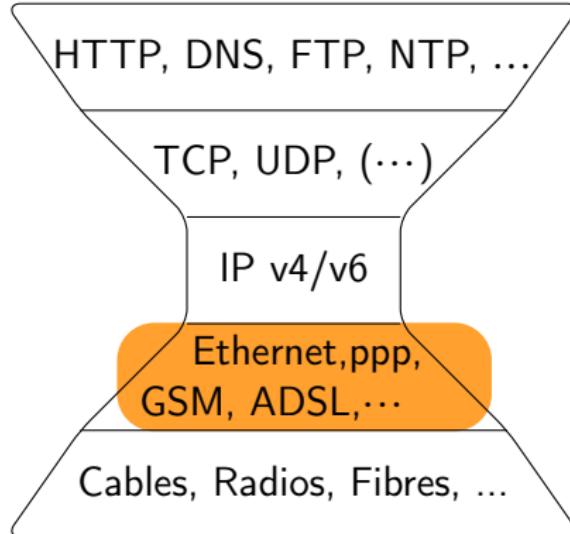
Mercredi 31 Janvier 2024, Cours 2 : Réseaux locaux, Liens et Réseau

# Outline

## 1 Couche de liens

- Propriétés et services
- Ethernet
- Wifi

## 2 Couche Réseau IPv4/v6



5 – Couche Application

4 – Couche Transport

3 – Couche Réseaux

2 – Couche Liens

1 – Couche Physique

# Rappel Checksum/CRC

## Checksum

- Fonction qui, à partir d'un tableau de bits de taille variable, construit un tableau fixe de bit de petite taille.
- On souhaite que deux applications sur des tableaux différents renvoient un résultat différent.
- En pratique, on recherche un nombre de bits échangés.

# Rappel Checksum/CRC

## Checksum

- Fonction qui, à partir d'un tableau de bits de taille variable, construit un tableau fixe de bit de petite taille.
- On souhaite que deux applications sur des tableaux différents renvoient un résultat différent.
- En pratique, on recherche un nombre de bits échangés.

## Bit de parité

On calcule le nombre de bits à vrai modulo 2.

# Rappel Checksum/CRC

## Checksum

- Fonction qui, à partir d'un tableau de bits de taille variable, construit un tableau fixe de bit de petite taille.
- On souhaite que deux applications sur des tableaux différents renvoient un résultat différent.
- En pratique, on recherche un nombre de bits échangés.

## Bit de parité

On calcule le nombre de bits à vrai modulo 2.

## CRC (Cyclic Redundancy Check)

- Calcule le checksum comme le reste d'une division de polynômes.
- Selon le polynôme, permet de détecter un grand nombre d'erreurs, polynomes choisi pour les types d'erreur courant.
- Facile à implémenter en matériel (hardware).

## La couche de Liens[2] ou couche de liaison

Les messages de la couche de liaison sont appelés des trames ou frames.

## La couche de Liens[2] ou couche de liaison

Les messages de la couche de liaison sont appelés des trames ou frames.

### Étendu physique

Tout le monde peut envoyer un message à tout le monde directement.

Réseau LAN (Local Area Network) Taille d'une maison à un groupe de bâtiment.

## La couche de Liens[2] ou couche de liaison

Les messages de la couche de liaison sont appelés des trames ou frames.

### Étendu physique

Tout le monde peut envoyer un message à tout le monde directement.  
Réseau LAN (Local Area Network) Taille d'une maison à un groupe de bâtiment.

### Service fournit aux couches supérieurs

Acheminement local.

Contrôle d'accès au médium *Medium Access Control* (MAC).

Sur un médium partagé (plus d'une machine peut envoyer à la fois) régule qui peut envoyé.

## La couche de Liens[2] ou couche de liaison

Les messages de la couche de liaison sont appelés des trames ou frames.

### Étendu physique

Tout le monde peut envoyer un message à tout le monde directement.  
Réseau LAN (Local Area Network) Taille d'une maison à un groupe de bâtiment.

### Service fournit aux couches supérieurs

Acheminement local.

Contrôle d'accès au médium *Medium Access Control* (MAC).

Sur un médium partagé (plus d'une machine peut envoyer à la fois) régule qui peut envoyé.

### Exemple

Wifi, liens cuivre partagé,  
mais aussi liens cuivre exclusif, fibre ...

## Services optionnel

Certain services sont fournis mais pas garantis

Une couche peut aider les couches supérieures à rendre un service **sans** les garanties.

## Services optionnel

Certain services sont fournis mais pas garantis

Une couche peut aider les couches supérieures à rendre un service **sans** les garanties.

Détection et correction d'erreur

Détection et correction d'erreur en hardware (très rapide), mais sans garantie.

## Services optionnel

Certain services sont fournis mais pas garantis

Une couche peut aider les couches supérieures à rendre un service **sans** les garanties.

Détection et correction d'erreur

Détection et correction d'erreur en hardware (très rapide), mais sans garantie.

Réenvoi en cas de perte

Renvoi de trame en cas de détection de perte

## Services optionnel

Certain services sont fournis mais pas garantis

Une couche peut aider les couches supérieures à rendre un service **sans** les garanties.

Détection et correction d'erreur

Détection et correction d'erreur en hardware (très rapide), mais sans garantie.

Réenvoi en cas de perte

Renvoi de trame en cas de détection de perte

Contrôle de flux

Contrôle de la vitesse d'envoi de donnée.

# Ethernet

## Historique

Conçu en 1970, évolue régulièrement pour de plus grande capacité et type de câbles.

Coaxiaux



Twisted Pairs



10Mbits/s

Fibre optique



5Gbits/s

400 Gbit/s

# Trame Ethernet

## Adresse MAC

- Adresse unique pour chaque interface dans le monde ; Adresse "plate"
- 48bits (6 octet)  $\approx 3 \cdot 10^{14}$  adresses ;
- Adresse par défaut choisi par le constructeur, souvent modifiable.

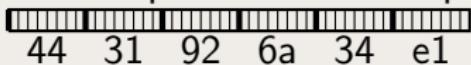
A horizontal bar divided into 12 segments, each containing four small black squares, representing a binary-coded MAC address. Below the bar, the hex values are listed: 44, 31, 92, 6a, 34, e1.

44	31	92	6a	34	e1
----	----	----	----	----	----

# Trame Ethernet

## Adresse MAC

- Adresse unique pour chaque interface dans le monde ; Adresse "plate"
- 48bits (6 octet)  $\approx 3 \cdot 10^{14}$  adresses ;
- Adresse par défaut choisi par le constructeur, souvent modifiable.



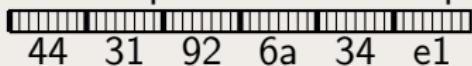
## Trames

- |                     |                |          |      |         |
|---------------------|----------------|----------|------|---------|
| Destination MAC (6) | Source MAC (6) | Type (2) | data | CRC (4) |
|---------------------|----------------|----------|------|---------|
- Data de 46 à 1500 octets
- Contrôle de redondance cyclique (CRC)
- Type : IPv4(0800) ; IPv6(86DD) ; ARP(0806) ; ...

# Trame Ethernet

## Adresse MAC

- Adresse unique pour chaque interface dans le monde ; Adresse "plate"
- 48bits (6 octet)  $\approx 3 \cdot 10^{14}$  adresses ;
- Adresse par défaut choisi par le constructeur, souvent modifiable.



## Trames

- |                     |                |          |      |         |
|---------------------|----------------|----------|------|---------|
| Destination MAC (6) | Source MAC (6) | Type (2) | data | CRC (4) |
|---------------------|----------------|----------|------|---------|
- Data de 46 à 1500 octets
- Contrôle de redondance cyclique (CRC)
- Type : IPv4(0800) ; IPv6(86DD) ; ARP(0806) ; ...

## Detection d'erreur

Les données de CRC permettent la detection d'erreur. Très rapide car géré dans le hardware.

# Matérielle et Topology

## Topology arborescente

- Un seul chemin d'une machine à une autre ;
- Absence de boucle

# Matérielle et Topology

## Topology arborescente

- Un seul chemin d'une machine à une autre ;
- Absence de boucle

## Matérielle

- Hub (Couche physique [1]), obsolète ne fait qu'amplifié les signaux.
- Switch (Couche Liens) Concentrateur avec un grand nombre de connexions. À la réception des trames, les stocke dans un buffer et envoie sur le bon port (Store and forward). détection d'erreur.  
**Nécessite une table numero de port <-> adresse MAC.**  
Spanning tree protocole (STP) protocole de détection et suppression de boucle.



# Wifi : 802.11

## Principe

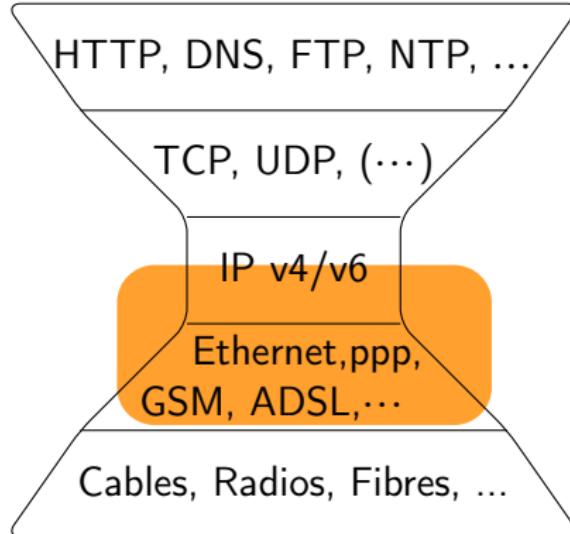
- Très similaire à Ethernet
- même format d'adresse MAC 48bits (6 octets)
- Plus de contrôle sur le flux de donnée.
- Très souvent chiffré

## Sécurité

- WEP(à ne plus utiliser), WPA2, WPA3 ;
- Chiffrement d'une partie ou de la trame entière ;
- Seul le destinataire peut déchiffrer la trame.
- Protocol complexe pour établir la connexion sécurisé

## Trames

- Dépends du protocole de chiffrement utilisé (ou non) ;
- Contiens au moins la même chose que la trame Ethernet.
- Champ supplémentaire, 2 adresses MAC supplémentaire, ...



5 – Couche Application

4 – Couche Transport

3 – Couche Réseaux

2 – Couche Liens

1 – Couche Physique

# Adresse IP

## Propriété

Adresse dynamique attribuée par le réseau. Adresse hiérarchique.

# Adresse IP

## Propriété

Adresse dynamique attribuée par le réseau. Adresse hiérarchique.

## Adresse IPv4

- Adresse 32 bits, 4 octets  $\approx$  4 milliards.
- représenté par quatre octets ex 194.214.24.150
  - A binary representation of the IP address 194.214.24.150. It consists of four groups of eight vertical bars, each group representing an octet. The first group (194) has the 7th bar from the left filled black. The second group (214) has the 5th bar filled black. The third group (24) has the 3rd bar filled black. The fourth group (150) has the 2nd bar filled black.  
194 214 24 150

# Adresse IP

## Propriété

Adresse dynamique attribuée par le réseau. Adresse hiérarchique.

## Adresse IPv4

- Adresse 32 bits, 4 octets  $\approx$  4 milliards.
- représenté par quatre octets ex 194.214.24.150
- 194 214 24 150

## Adresse IPv6

- Adresse 128 bits, 16 octets  $\approx 3 \cdot 10^{38}$ .
- représenté par 8 groupes de 2 octets écrits comme 4 chiffres hexadécimaux ex 2a00:1450:4007:8080:0000:0000:0000:2003 ou 2a00:1450:4007:808::2003
- 2a00 1450 4007 8080 0000 0000 0000 2003

# Carte d'internet IPv4

0 LOCAL	1 ASIA-PACIFIC	14	15	16	19	20	21	234	235	236	239	240	241	254	255
3 GENERAL ELECTRIC	2 EUROPE	13 XEROX	12 BELL LABS	17 APPLE	18 MIT	23 Z. AMERICA	22 DISA	233	232	237	238	243	242	253	252
4 LEVEL 3 COMMUNIC	7 N. AMERICA	8 LEVEL 3 COMMUNIC	11 DOD INTEL	30 DISA	29	24	25 UK MOD	230	231	226	225	244	247	248	251
5 EUROPE	6 ARMY AISC	9 IBM	10 PRIVATE	31 EUROPE	28 DS1	27	26 DISA	229	228	227	224	245	246	249	250
58 ASIA-PACIFIC	57 SITA MERC	54 CAP DEBIS COS	53 AT&T MERIT	32	35	36 ASIA-PACIFIC	37 EUROPE	218	219	220	223	202	201	198 N. AMERICA	197 AFRICA
59	56 USPS BOEING	55 EXPPOINT	52 DLA	33 HALLIBURTON	34	39	38 PSI	217 EUROPE	216 N. AMERICA	221	222	203	200 LAT. AMERICAN CARIBBEAN	199 N. AMERICA	196 AFRICA
60	50 N. AMERICA	51 UK SOCIAL SECURITY	46 EUROPE	45 INTEROP	40 ELI LILLY	41 AFRICA	42 JAPAN	214 US DEPARTMENT OF DEFENCE	215	210	209	204	205	194 EUROPE	195 PRIVATE
63 GOOGLE	62 EUROPE	49 ASIA	48 PRESIDENTIAL	47 BELL NORTH	44 ARDO NORTH	43 RADIO	42 JAPAN	213	212	208	211 ASIA-PACIFIC	207	206	205	204 NORTH AMERICA
64 USA	67	68	69	122	123	124	127 LOOPBACK	128	131	132	133	186	187 LATIN AMERICA & CARIBBEAN	188 VARIOUS	191
65	66	71	70	121 ASIA	120	125	126 JAPAN	129	130	135	134	185	184 N. AMERICA	189 LATIN AMERICA & CARIBBEAN	190
78	77	72 G	73	118	119	114	113	142	141	136	137	182	183 ASIA-PACIFIC	178 EUROPE	177
79 CANADA	76	75	74	117	116	115	112	143	140	139	138	181	180 LATIN AMERICA	179 EUROPE	176
80 EUROPE	81	94	95	96 USA	97	110	111	144	145	158	159	160	161 SONY	174 N. AMERICA	175 ASIA
83	82	93	92	99 CANADA	98	109 EUROPE	108 N. AMERICA	147	146	157	156	163	162	173	172
84	87	88	91	100 ASIA	103	104 N. AMERICA	107	148	151	152 MINI OF SOUTHAMPTON	155	164	167	168	171
85	86	89	90	101 ASIA	102 AFRICA	105	106 ASIA	149	150	153	154	165	166	169	170



David Tarrant - University of Southampton  
With Thanks to XKCD

## Adresse IP II

### Masque de sous réseau

- Un entier qui représente le nombre de bits locaux/nombre de bits global.  
(ex IPv4 /24 → 11111111111111111111111100000000 = 255.255.255.0)
- Les adresses égales dans le masque sont dans le même sous réseaux.
- L'adresse la plus basse d'un sous réseaux représente le réseau en entier
- l'adresse la plus haute est une adresse broadcast.

# Adresse IP II

## Masque de sous réseau

- Un entier qui représente le nombre de bits locaux/nombre de bits global.  
(ex IPv4 /24 → 11111111111111111111111100000000 = 255.255.255.0)
- Les adresses égales dans le masque sont dans le même sous réseaux.
- L'adresse la plus basse d'un sous réseaux représente le réseau en entier
- l'adresse la plus haute est une adresse broadcast.

## Exemple IPv4

192.168.1.63/24

Adresse du sous réseaux : 192.168.1.0

Adresse local : 192.168.1.1 - 192.168.1.254

# Adresse IP II

## Masque de sous réseau

- Un entier qui représente le nombre de bits locaux/nombre de bits global.  
(ex IPv4 /24 → 11111111111111111111111100000000 = 255.255.255.0)
- Les adresses égales dans le masque sont dans le même sous réseaux.
- L'adresse la plus basse d'un sous réseaux représente le réseau en entier
- l'adresse la plus haute est une adresse broadcast.

## Exemple IPv4

192.168.1.63/24

Adresse du sous réseaux : 192.168.1.0

Adresse local : 192.168.1.1 - 192.168.1.254

## Exemple IPv6

fe80::8218:44ff:fef0:4d5c/64

Adresse du sous réseaux : fe8::

Adresse local : fe8:: - fe8::ffff:ffff:ffff:ffff

# Address Resolution Protocol (ARP) pour IPv4

## Problème

Comment envoyer un paquet à une machine dans le même sous réseau quand on connaît son IP.

# Address Resolution Protocol (ARP) pour IPv4

## Problème

Comment envoyer un paquet à une machine dans le même sous réseau quand on connaît son IP.

## Pour IPv4 : Paquet ARP/ EtherType (0x0806)

Paquet de la couche réseau [3] qui est broadcasté sur la couche de liaison et qui demande à qui appartient une IPv4.

0	4	8	12	16	20	24	28	32			
Type Hardware(1)					Type Protocol(IPv4 :0x0800)						
taille liens(6)		taille réseaux(4)			Opération (demande :1, réponse :2)						
Source adresse MAC					Source adresse IP						
Destination adresse MAC (0 pour demande)					Destination adresse IP						

## IPv6

Utilisation du protocole Neighbor Discovery Protocol (NDP) qui regroupe plusieurs protocoles distincts d'IPv4. Même principe qu'ARP.

# Envoi d'un paquet IP

## Information nécessaire

- Adresse MAC de la source
- Adresse IP de la source + Masque de sous réseaux.
- Adresse IP du routeur.

# Envoi d'un paquet IP

## Information nécessaire

- Adresse MAC de la source
- Adresse IP de la source + Masque de sous réseaux.
- Adresse IP du routeur.

## Réseaux local

L'adresse IP appartient au même sous réseaux. On cherche l'adresse MAC de destination, on fabrique la trame puis on envoie

## Machine distante

L'adresse IP n'appartient pas au même sous réseaux. On cherche l'adresse MAC du routeur, on fabrique la trame puis on envoie au routeur.