

# S52 – Réseaux

## Réseaux : Couches Transport et Application

E. Bruno – [bruno@univ-tln.fr](mailto:bruno@univ-tln.fr)

USTV

Septembre 2012

## 1 Rappels

- La couche liaison de données : Ethernet
- La couche réseau : IP (Internet Protocol)

# OSI (Open Systems Interconnect) vs la pile Internet

OSI	Internet
Application	Application
Présentation	
Session	
Transport	Transport
Réseau	Internet
Liaison Physique	Physique

- TCP/IP ne suit pas scrupuleusement les préconisations de l'ISO
  - Niveau 1 : Couche Physique Signaux électriques, lumineux, le format des connecteurs
  - Niveau 2 : Couche Liaison Trames de bits entre deux émetteurs en liaison directe, ethernet, fast ethernet.
  - Niveau 3 : Couche Réseau Routage dans les machines du réseau et démultiplexage dans les extrémités : IP
  - Niveau 4 : Couche Transport Contrôle de flux, reprise sur erreur, remise dans l'ordre des paquets.
  - Niveau 7 : Couche application Applications réseau, messageries, transfert de fichier, etc.
- 
- Les équipements de routage n'implantent que les trois premières couches
  - Seuls les ordinateurs source et destination implantent les 7 couches
  - L'utilisateur ne se sert que de la couche 7

# Les organismes de normalisation

- InterNIC : réservation des noms de domaine internationaux et ccTLDs. Cet organisme a été instauré en 1992, afin de pouvoir faire face à l'ouverture d'Internet au public et vit son rôle disparaître en 1998, lors de l'ouverture à la concurrence ; pour être remplacé par l'Internet corporation for assigned names and numbers (ICANN).
- ICANN : organisme international dont le rôle premier est d'allouer l'espace des adresses de protocole Internet (IP), d'attribuer les identificateurs de protocole, de gérer le système de nom de domaine de premier niveau.
- AFNIC : l'organisme officiel responsable des TLDs français.
- IETF et ISOC : organismes internationaux de recherche, de normalisation et de spécification de protocoles réseau pour Internet.
- W3C et Unicode : organismes internationaux de normalisation et de spécification de protocoles et ressources de présentation pour Internet.

# Principes d'Ethernet

- Support de transmission
  - bus (à l'origine un câble coaxial)
  - brin ou segment
  - pas de boucle
  - pas de sens de circulation
- Chaque carte Ethernet possède une adresse unique au niveau mondial (adresse MAC)
- Pas de multiplexage en fréquence
  - une seule trame à un instant donné
- Réception par tous les transceivers du réseau d'une trame émise par une station

# Principe du CSMA/CD

## Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

- Si rien à transmettre, alors station silencieuse
- Si besoin d'émettre
  - écoute pendant 9,6  $\mu$ s minimum (IFG)
  - si quelqu'un émet on recommence à écouter
  - sinon envoi de la trame mais écoute pendant 51,2 $\mu$ s (slottime)
    - si trafic reçu pendant slot time alors collision
    - si collision alors émission d'un jam (enforcement de collision) pour que tout le monde détecte la collision
    - attente d'un délai aléatoire (algorithme de backoff) avant réémission

# Format des trames Ethernet (1/3)

adresse destination	adresse source	Type de trame / Longueur des données	Données utile [ +bourrage ]	FCS
6 octets	6 octets	2 octets	46o. ≤ taille ≤ 1500 o.	4 octets

- Préambule de 56 bits pour la synchronisation des horloges + SFD
- Adresses attribuées par l'IEEE (notation hexadécimale)
  - 08 :00 :20 :xx :xx :xx pour Sun
  - 00 :00 :0C :xx :xx :xx pour Cisco
  - 00 :A0 :24 :xx :xx :xx pour 3Com
- diffusion (broadcast) :
  - FF :FF :FF :FF :FF :FF
- diffusion de groupe Internet (multicast) :
  - 01 :00 :5E :xx :xx :xx

## Format des trames Ethernet (2/3)

adresse destination	adresse source	Type de trame / Longueur des données	Données utile [ +bourrage ]	FCS
6 octets	6 octets	2 octets	$46o. \leq \text{taille} \leq 1500 o.$	4 octets

- Champ type identifie le protocole utilisé dans la trame (ethernet v2)
  - administré globalement par Xerox (valeur supérieure à 1500)
  - liste dans le fichier `/usr/include/netinet/if_ether.h`
    - 0x0800 : IP 0x0806 : ARP
- ethernet v1 : Longueur des données (si pas de type inférieure à 1500)

# Format des trames Ethernet (3/3)

adresse destination	adresse source	Type de trame / Longueur des données	Données utile [+bourrage]	FCS
6 octets	6 octets	2 octets	$46 \text{o.} \leq \text{taille} \leq 1500 \text{o.}$	4 octets

- Données utiles
  - de 1 à 1500 octets
  - MTU maximum de 1500 octets
  - si moins de 46 octets alors ajout d'un bourrage pour faire au moins 46 octets
- FCS (Frame Control Sequence)
  - Code détecteur d'erreur
  - CRC calculé sur la totalité de la trame

## Exemple de trame Ethernet II

- Dst : AsustekC\_d2 :b1 :54 (00 :0c :6e :d2 :b1 :54)
- Src : Sony\_64 :06 :82 (00 :1a :80 :64 :06 :82)
- Type : IP (0x0800)

```
00 0c 6e d2 b1 54  00 1a 80 64 06 82  08 00
45 00 00 54 00 00 40 00 40 01 c3 2d 0a 02 b2 0b 0a 02 b1 6c
08 00 26 bb d5 36 00 08 de 23 b5 48 00 00 00 9f c6 0a 00
00 00 00 00 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f
20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33
34 35 36 37
```

## Exemple de trame Ethernet II

- Dst : AsustekC\_d2 :b1 :54 (00 :0c :6e :d2 :b1 :54)
- Src : Sony\_64 :06 :82 (00 :1a :80 :64 :06 :82)
- Type : IP (0x0800)

```
00 0c 6e d2 b1 54 00 1a 80 64 06 82 08 00
45 00 00 54 00 00 40 00 40 01 c3 2d 0a 02 b2 0b 0a 02 b1 6c
08 00 26 bb d5 36 00 08 de 23 b5 48 00 00 00 00 9f c6 0a 00
00 00 00 00 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f
20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33
34 35 36 37
```

## Exemple de trame Ethernet II

- Dst : AsustekC\_d2 :b1 :54 (00 :0c :6e :d2 :b1 :54)
- Src : Sony\_64 :06 :82 (00 :1a :80 :64 :06 :82)
- Type : IP (0x0800)

```
00 0c 6e d2 b1 54 00 1a 80 64 06 82 08 00
45 00 00 54 00 00 40 00 40 01 c3 2d 0a 02 b2 0b 0a 02 b1 6c
08 00 26 bb d5 36 00 08 de 23 b5 48 00 00 00 00 9f c6 0a 00
00 00 00 00 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f
20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33
34 35 36 37
```

# Exemple de trame Ethernet II

- Dst : AsustekC\_d2 :b1 :54 (00 :0c :6e :d2 :b1 :54)
- Src : Sony\_64 :06 :82 (00 :1a :80 :64 :06 :82)
- Type : IP (0x0800)

```
00 0c 6e d2 b1 54 00 1a 80 64 06 82 08 00
45 00 00 54 00 00 40 00 40 01 c3 2d 0a 02 b2 0b 0a 02 b1 6c
08 00 26 bb d5 36 00 08 de 23 b5 48 00 00 00 00 9f c6 0a 00
00 00 00 00 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f
20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33
34 35 36 37
```

# Le protocole IP

- RFC 761
- Services fournis par IP :
  - transmission de paquets machine à machine
  - service sans connexion et non fiable
    - des paquets peuvent être perdus
    - des paquets peuvent être erronés
    - des paquets peuvent être dupliqués
    - Pas de garantie de remise (“ Best effort ”)
  - les paquets peuvent être reçus dans le désordre
  - fragmentation des datagrammes en fonction des réseaux traversés (Maximum Transport Unit).

# Adressage IP

- Adresse IP unique au monde (ne pas confondre avec Ethernet)
- Configurable par logiciel
- Attribuées par le NIC (Network Information Center)
- Adresse sur 32 bits en notation décimale pointée
  - 194.199.20.90
- Découpage en 2 :
  - adresse de réseau
  - adresse de machine

# Les classes de réseaux IP

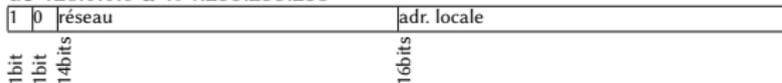
- Classe A :

- de 0.0.0.0 à 127.255.255.255



- Classe B :

- de 128.0.0.0 à 191.255.255.255



- Classe C :

- de 192.0.0.0 à 223.255.255.255



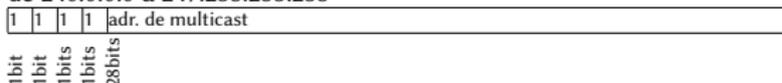
- Classe D (Multicast)

- de 224.0.0.0 à 239.255.255.255



- Classe E (Recherche)

- de 240.0.0.0 à 247.255.255.255



# Masque, Adresses de Réseaux et de Broadcast

- Masque de réseau par défaut pour chaque classe
  - A : 255.0.0.0, B :255.255.0.0, C :255.255.255.0
- Adresse de réseau
  - identificateur de réseau suivi de bits à 0
    - 125.0.0.0 = réseau 125 de classe A
    - 129.15.0.0 = réseau 129.15 de classe B
    - 192.168.30.0 = réseau 192.168.30 de classe C
- Adresse de diffusion ou broadcast
  - identificateur de réseau suivi de bits à 1
    - 125.255.255.255 = diffusion sur le réseau 125 de classe A
    - 129.15.255.255 = diffusion sur le réseau 129.15 de classe B
    - 192.168.30.255 = diffusion sur le réseau 192.168.30 de classe C

# Exemples d'adresses de machines

- 125.1.2.3
  - machine 1.2.3 du réseau 125 de classe A
- 129.15.100.200
  - machine 100.200 du réseau 129.15 de classe B
- 192.168.0.1
  - machine 0.1 du réseau 192.168.0 de classe C

# Adressage de sous-réseau

- Utilisation des bits d'identificateur de machines pour identifier des sous-réseaux
- Exemple : Réseau de classe B 140.30

Id réseau	Id sous-réseau	Id machine
16 bits	8 bits	8 bits

- 140.30 autorise 254 réseaux de 254 machines
- masque de réseau par défaut de la classe B : 255.255.0.0
- masque de sous-réseau : 255.255.255.0
- si ( $\text{dest} \& \text{masque} == \text{mon} \& \text{masque}$ )
  - alors `envoi_direct (datagramme, dest)`
  - sinon `envoi_indirect(datagramme, IP_dest, routeur(dest& masque))`

# Exemples simples de sous-réseaux

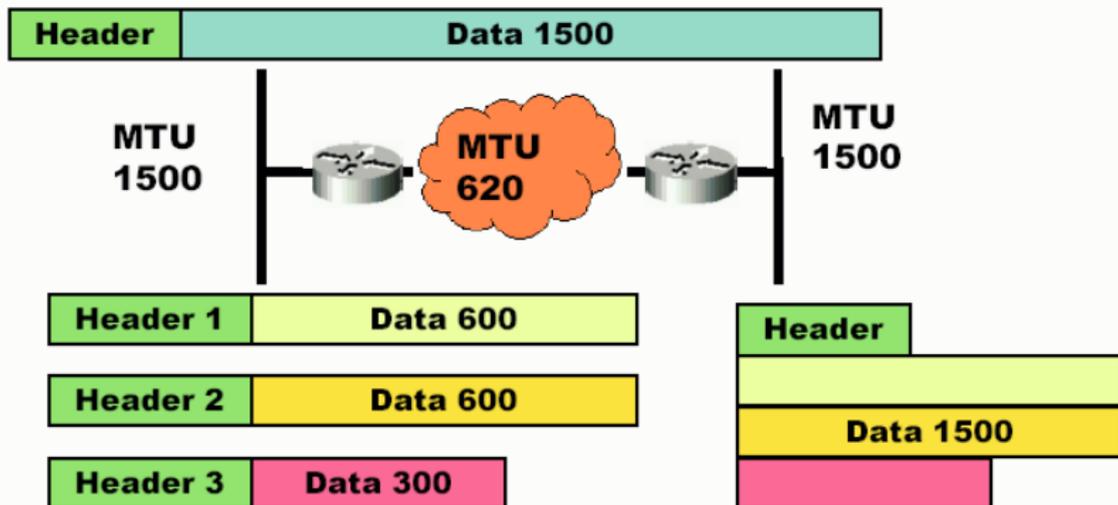
- 129.15.1.1 et masque 255.255.0.0 (classe B par défaut)
  - machine 1.1 du réseau 129.15.0 de classe B
- 129.15.1.1 et masque 255.255.255.0
  - machine 1 du sous-réseau 129.15.1 (parmi 254 sous réseaux) de classe B

# Adresses IP Réservées

- 127.x.x.x adresse de bouclage (loopback, localhost) : désigne la machine locale (127.0.0.1)
- 0.0.0.0
  - Interdite comme destination
  - utilisée quand une machine ne connaît pas son adresse ou pour indiquer n'importe quelle interface locale
- Des plages d'adresses dites non routables ie réservées à un réseau local
  - - 10.0.0.0 – 10.255.255.255 (10/8)
    - 172.16.0.0 – 172.31.255.255 (172.16/12)
    - 192.168.0.0 – 192.168.255.255 (192.168/16)
- Une plage est réservée à la configuration par défaut
  - Pas de configuration manuelle, pas de DHCP (cf. zeroconf)
  - 169.254.0.0 – 169.254.255.255 (169.254/16)

# Classless Inter-Domain Routing, abrégé CIDR

# Fragmentation IP



# Exemple de paquet IP dans une trame Ethernet

Version (4 bits)	Longueur d'en-tête (4 bits)	Type de service (8 bits)	Longueur totale (16 bits)	
Identification (16 bits)			Drapeau (3 bits)	Décalage fragment (13 bits)
Durée de vie (8 bits)	Protocole (8 bits)	Somme de contrôle en-tête (16 bits)		
Adresse IP source (32 bits)				
Adresse IP destination (32 bits)				
Données				

## ● Un exemple :

```

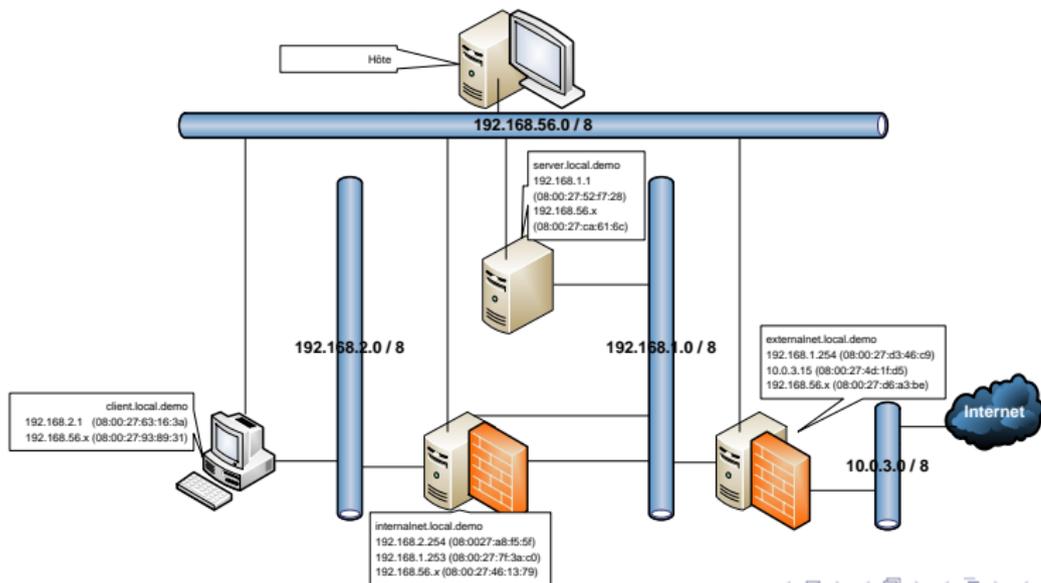
00 0c 6e d2 b1 54 00 1a 80 64 06 82 08 00
45 00 00 54 00 00 40 00 40 01 c3 2d 0a 02 b2 0b 0a 02 b1 6c
08 00 26 bb d5 36 00 08 de 23 b5 48 00 00 00 00 9f c6 0a 00 00 00 00 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
1a 1b 1c 1d 1e 1f 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33 34 35 36 37

```

- TTL (Time To Live) Theorie durée de vie en s, pratique nombre de saut : 64
- Protocole (8 bits) ICMP 1, IGMP 2, TCP 6, UDP 17 : 1
- Adresse IP source : 10.2.178.11
- Adresse IP destination : 10.2.177.108

La couche réseau : IP (Internet Protocol)

## Un “petit” réseau



# ARP

- RFC 826
- Champ type d'une trame Ethernet : 0x0806
- Détermination de l'adresse MAC(physique) d'une machine du réseau LAN à partir de son adresse IP.
- Diffusion d'un message ARPrequest à toutes les machines du LAN
- Seule la machine qui reconnaît son adresse IP répond par ARP

```
0000 ff ff ff ff ff ff 08 00 27 63 16 3a 08 06 00 01
0010 08 00 06 04 00 01 08 00 27 63 16 3a c0 a8 02 01
0020 00 00 00 00 00 00 c0 a8 02 fe
```

```
0000 08 00 27 63 16 3a 08 00 27 a8 f5 5f 08 06 00 01
0010 08 00 06 04 00 02 08 00 27 a8 f5 5f c0 a8 02 fe
0020 08 00 27 63 16 3a c0 a8 02 01 00 00 00 00 00 00
0030 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

1	0.000000	CadmusCo_63:16:3a	Broadcast	ARP	Who has 192.168.2.254? Tell 192.168.2.1
2	0.000688	CadmusCo_a8:f5:5f	CadmusCo_63:16:3	ARP	192.168.2.254 is at 08:00:27:a8:f5:5f

# RARP

- RFC 903.
- Champ type d'une trame Ethernet : 0x8035
- L'adresse IP d'une machine est configurable (elle dépend du réseau sur lequel elle se trouve).
- Elle est souvent enregistrée dans un fichier par le système d'exploitation.
- Ce fonctionnement usuel n'est plus possible dès lorsque la machine est une station sans disque.
- RARP est un mécanisme permettant à la station d'obtenir son adresse IP depuis le réseau.

# ICMP – Internet Control and Error message Protocol

- Les réseaux IP envoient des datagrammes
- Le chemin des paquets n'est pas connu
- Les sources sont informées des problèmes (erreurs, congestion, ...) à l'aide de messages ICMP
- Une erreur engendrée par un message ICMP ne peut donner naissance à un autre message ICMP (évite l'effet d'avalanche)
- Composition d'un paquet ICMP
  - en-tête IP (Protocole=1 et Type de Service=0)
  - type de message ICMP (8 bits)
  - code d'erreur (8 bits)
  - somme de contrôle (16 bits) (sans l'en-tête IP)
  - données (32 bits)

## La couche réseau : IP (Internet Protocol)

- Type 0 (réponse echo) Code : 0 réponse au message de type 8
- Type 3 (destinataire inaccessible) Code :
  - 0 : le réseau n'est pas accessible
  - 1 : la machine n'est pas accessible
  - 2 : le protocole n'est pas accessible
  - 3 : le port n'est pas accessible
  - 4 : fragmentation nécessaire mais impossible à cause du drapeau (flag) DF
  - 5 : le routage a échoué
  - 6 : réseau inconnu
  - 7 : machine inconnue
  - 8 : machine non connectée au réseau (inutilisé)
  - 9 : communication avec le réseau interdite
  - 10 : communication avec la machine interdite
  - 11 : réseau inaccessible pour ce service
  - 12 : machine inaccessible pour ce service
  - 13 : communication interdite (filtrage)
  - 14 : priorité d'hôte violé
  - 15 : limite de priorité atteinte
- Type 4 (extinction de la source) Code 0 : extinction de la source (source quench). Ralentir l'émission à la demande d'un routeur ou de la destination
- Type 5 (redirection) modification de la route choisie par l'émetteur Code :
  - un hôte
  - un hôte et un service
  - un réseau
  - un réseau et un service
- Type 8 (echo) Code 0 : demande d'ECHO (echo-request), cf. ping
- Type 11 (temps dépassé) Code : 0 ou 1 TTL ou réassemblage des fragments dépassé.
- Type 12 (en-tête erroné) Code : 0 en-tête erroné
- Type 13 (demande heure) Code 0 : timestamp request
- Type 14 (réponse heure) Code 0 : timestamp reply
- Type 15 (demande adresse IP) Code 0 : demande d'adresse réseau
- Type 16 (réponse adresse IP) Code 0 : réponse au type 15
- Type 17 (demande masque sous-réseau) Code 0 : demande de masque de sous-réseau
- Type 18 (réponse masque sous-réseau) Code 0 : réponse au type 17