

Initiation à

l'architecture réseau

*Patrick Ducrot
dp@ensicaen.fr*

<http://www.ducrot.org/CoursReseaux.pdf>

Plan du document

| | |
|--|----|
| Adressage Internet | 3 |
| Architecture des réseaux IP, présentation de VIKMan et RENATER | 10 |
| Protocoles icmp et arp | 17 |
| Protocole IP, routage, entêtes IP/UDP/TCP | 23 |
| Adresses IP cachées, le routage CIDR, NAT | 32 |
| Fonctionnement d'un DNS | 37 |
| Un exemple d'applicatif: la messagerie électronique | 52 |
| IPv6, la nouvelle norme ? | 57 |

Adressage Internet

Adressage Internet

- Une adresse IPv4 est composée d'un mot de 32 bits représenté par commodité par 4 octets séparés par des points.

Exemple : C131C893 = 193.49.200.147

- L'adresse définit 2 champs :
 - l'identifiant du réseau
 - l'identifiant de la machine
- L'identifiant du réseau est administré par un NIC
- L'identifiant de la machine est géré par l'administrateur du site local
- L'identifiant de la machine peut être subdivisé en un identifiant de sous réseau + identifiant machine (responsabilité de l'administrateur du site)

Les classes d'adresses IP

| | | |
|-------|---|----------------------|
| 0 | Réseau 8 bits | Machines sur 24 bits |
| 10 | Réseau 16 bits | Machines 16 bits |
| 110 | Réseau 24 bits | Machines 8 bits |
| 1110 | Adresse multidestinataires (multicast) | |
| 11110 | Réservées | |

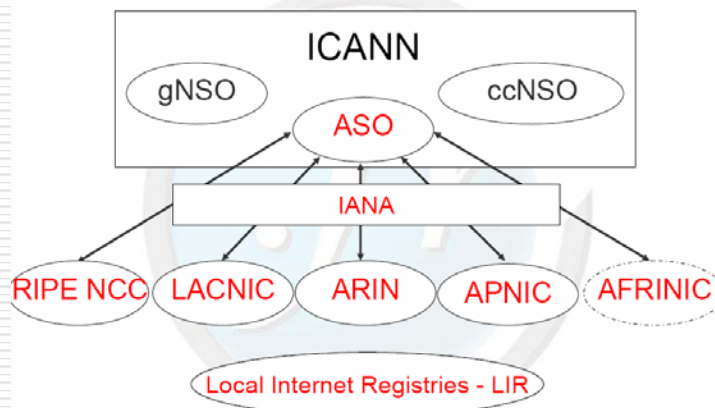
Les classes d'adresses IP

| Classe | Adr. Basse | Adr. haute | Nb réseaux | Nb machines |
|--------|------------|-----------------|------------|-------------|
| A | 0.1.0.0 | 126.0.0.0 | 126 | 16777214 |
| B | 128.0.0.0 | 191.255.0.0 | 16380 | 65534 |
| C | 192.0.1.0 | 223.255.255.0 | 2 097 148 | 254 |
| D | 224.0.0.0 | 239.255.255.255 | - | - |
| E | 240.0.0.0 | 247.255.255.255 | - | - |

Allocation des adresses IP

- L'ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) gère l'espace des adresses IP, les noms de domaines de 1er niveau, ...
- L'ICANN délègue sa responsabilité à des organismes régionaux (RIR = Regional Internet Registries) avec l'aide du IANA (Internet Assigned Numbers Authority).
 - ARIN aux USA (<http://www.arin.net>)
 - RIPE - NCC en Europe (<http://www.ripe.net>)
 - APNIC en Asie (<http://www.apnic.net>)
 - LACNIC pour l'Amérique du sud et les caraïbes (<http://www.lacnic.net>)
 - AFRINIC pour l'Afrique (<http://www.afrinic.net>)
- Les organismes régionaux délèguent à nouveau à d'autres organismes (LIR = Local Internet Registries)

Qui alloue des adresses IP ?



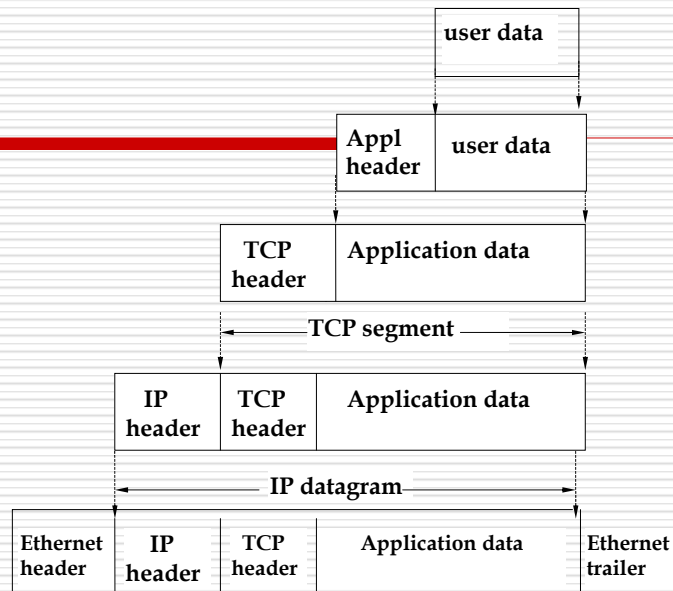
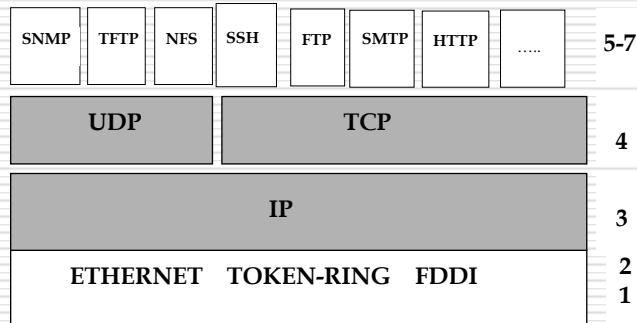
Petit glossaire

- gNSO : Generic Names Supporting Organisation (<http://gnso.icann.org>)
- ccNSO : Country Code Names Supporting Organisation (<http://ccnso.icann.org>)
- LIR:
 - Fournisseurs d'accès internet
 - Grandes entreprises

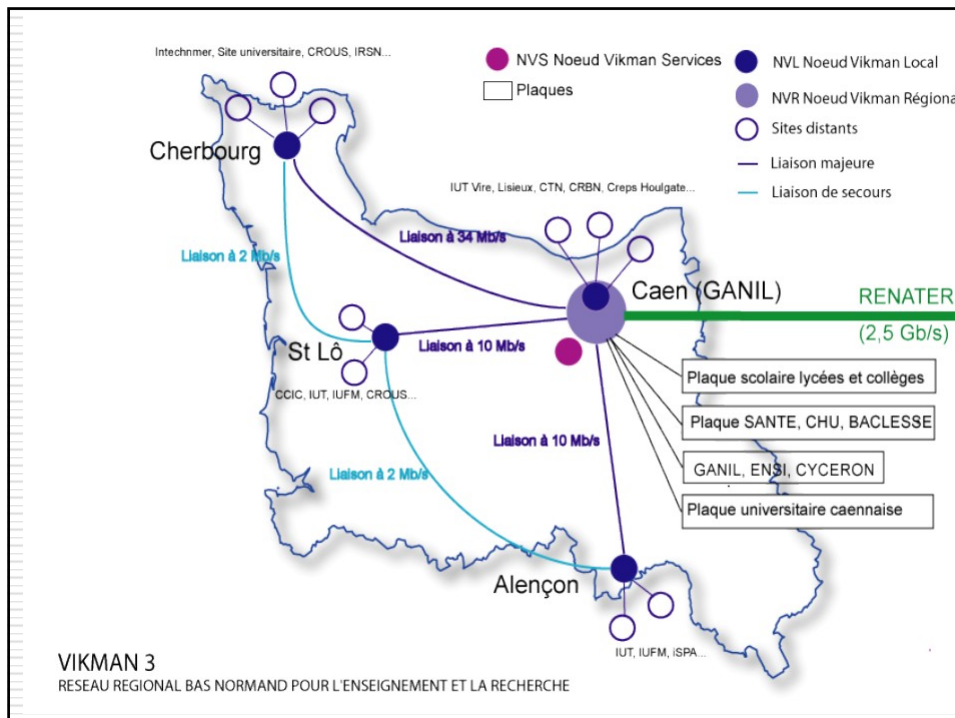
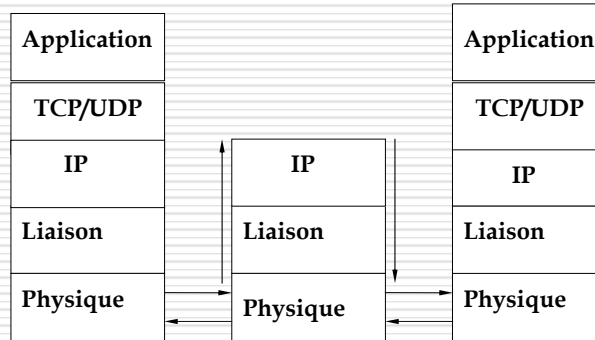
Architecture des réseaux IP

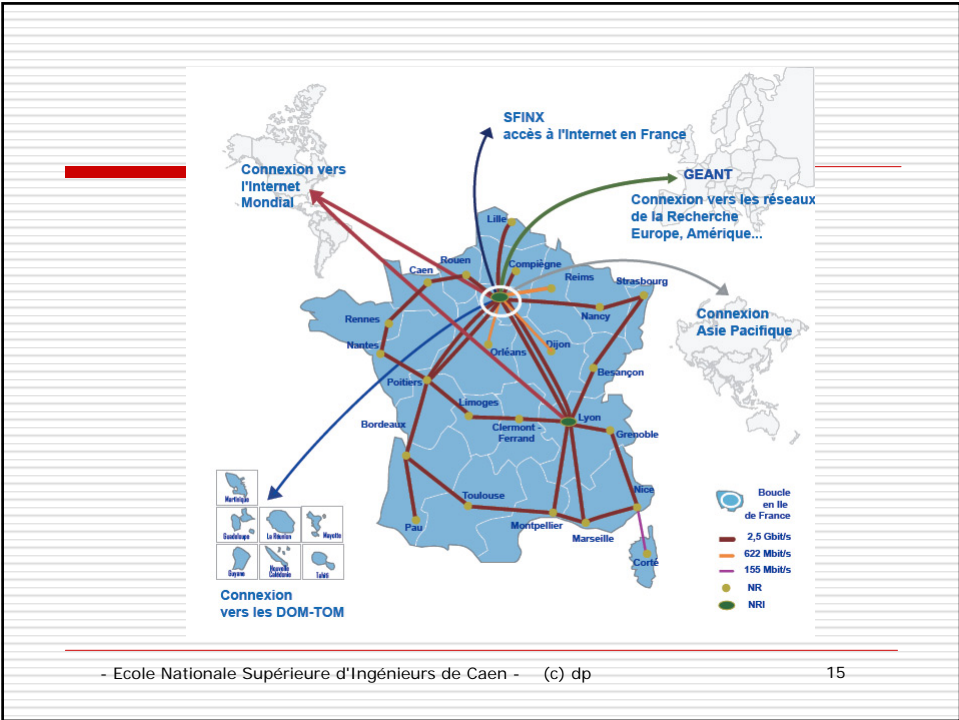
Présentation VIKMan et RENATER

Architecture des protocoles udp/ip tcp/ip

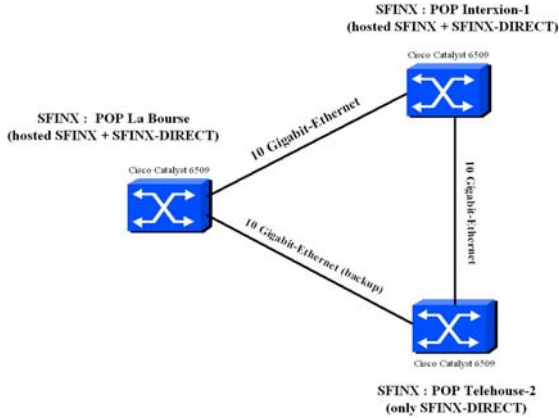


Interconnexion de réseaux





Service for French Internet eXchange



Procoles icmp et arp

Protocole ICMP

- ❑ Internet **C**ontrol **M**essage **P**rotocole
- ❑ Protocole utilisé pour la gestion des erreurs.
- ❑ Message icmp encapsulé dans un paquet IP:

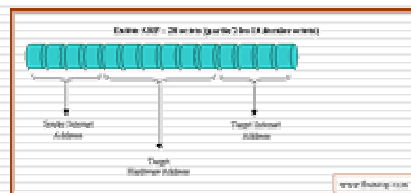
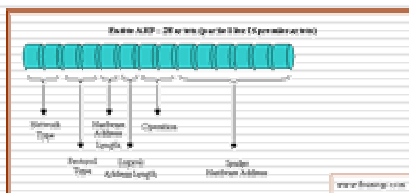
| en-tête | Message ICMP | | | |
|---------|------------------|------------------|-----------------------|------------------------------|
| IP | Type (8 bits) | Code (8 bits) | Checksum (16 bits) | Message (taille variable) |

Quelques messages ICMP

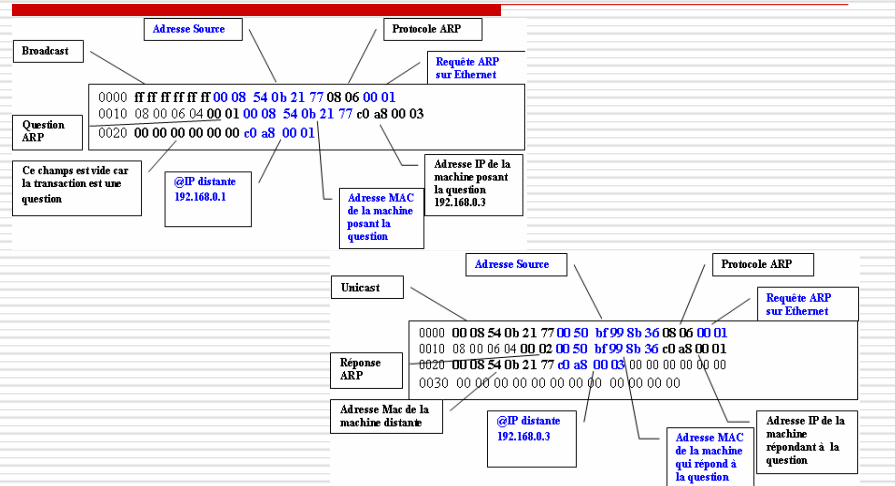
| Type | Code | Message | Signification |
|------|------|----------------|--|
| 8 | 0 | echo request | commande ping |
| 3 | 0 | non accessible | le réseau est inaccessible |
| 3 | 5 | non accessible | le routage a échoué |
| 4 | 0 | Source Quench | Saturation du routeur |
| 11 | 0 | Temps dépassé | La durée de vie d'un paquet IP est terminée. |

Protocole arp

- Adress Resolution Protocol**
- Association adresse IP <-> adresse physique
- Paquet formel d'une requête ARP:



Exemple requête arp sur un réseau Ethernet



Visualisation table arp d'une machine

itane: ~ # arp -a

```

ls02.ecole.ensicaen.fr (192.168.16.62) at 00:0A:5E:4E:C5:81 [ether] on eth0
ls01.ecole.ensicaen.fr (192.168.16.61) at 00:0A:5E:4E:C5:87 [ether] on eth0
pcverrier.ecole.ensicaen.fr (192.168.16.230) at 00:11:2F:D5:9B:58 [ether] on eth0
e450c.ecole.ensicaen.fr (192.168.16.148) at 08:00:20:B6:61:F6 [ether] on eth0
natn.ecole.ensicaen.fr (178.16.0.1) at 00:0A:5E:3C:61:6D [ether] on eth0
ls09.ecole.ensicaen.fr (192.168.16.69) at 00:0A:5E:4E:C5:61 [ether] on eth0
  
```

Protocole IP

Routage

Entêtes IP/UDP/TCP

Protocole IP

- Assure la transmission des paquets en mode datagramme**

- Assure les tâches suivantes**
 - Fournit la structure d'adressage
 - Fragmentation et réassemblage des paquets
 - Détermination de la route d'acheminement

Algorithme de routage

- La couche réseau doit acheminer les paquets de la machine source vers la machine destination.
- L'interconnexion des routeurs permet de disposer de plusieurs routes possibles.
- En mode datagramme, le choix de la route est effectué pour chaque paquet.
- Dans le cas d'un circuit virtuel, la route est déterminée au moment de l'établissement de la connexion.
- Quelques algorithmes :
 - Plus court chemin (Dijkstra)
 - Routage fondé sur le flux
 - Routage par inondation
 - Routage à vecteur de distance (Ex: RIP)

Protocole de routage intra système

- Le réseau internet est constitué d'un ensemble de systèmes autonomes (réseaux privés, réseaux publics).
- Système autonome = ensemble de routeurs et de réseaux géré par une administration unique.
- A l'intérieur d'un système autonome, un protocole IGP (Internal Gateway Protocol) à vecteurs de distances peut être utilisé (RIP, OSPF).

Protocole de routage inter système

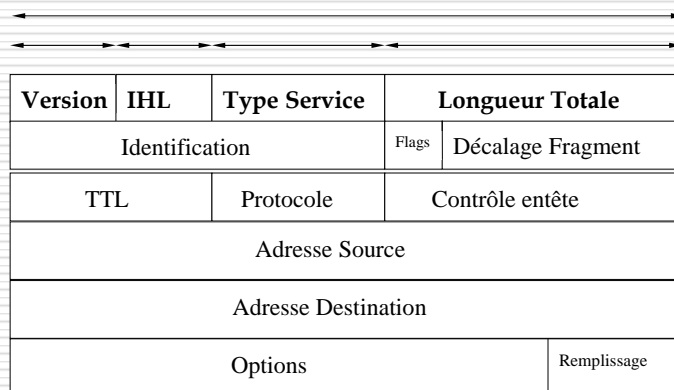
- Les AS doivent s'échanger des information de connectivité:



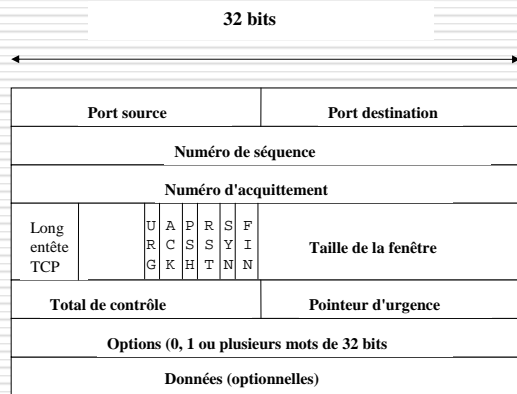
- EGP (External Gateway Protocol) est un protocole de routage inter-système :
 - 2 routeurs adjacents doivent accepter de devenir voisins
 - Une procédure "d'accessibilité" surveille la liaison entre 2 voisins
 - La liste des réseaux qui peuvent être accédés via chacun des voisins est échangée
- EGP est remplacé par le protocole BGP (Border Gateway Protocol) pour corriger certains défaut d'EGP et supporter l'adressage CIDR (BGP 4)

Entête IP

32 bits



Entête TCP



Entête UDP

| | |
|--------------|-----------------------|
| Port source | Port destination |
| Longueur UDP | Total de contrôle UDP |

Capture d'une connexion

The screenshot shows a network traffic capture in Wireshark. The main pane displays a list of captured packets. Packet 10 is selected and expanded to show its details. The details pane shows the following information:

- Frame 10 (69 on wire, 69 captured)
- Ethernet II
- Internet Protocol, Src Addr: pc0ens1b.ens1b.ensicaen.ismra.fr (178.16.0.15), Dst Addr: 178.16.0.147 (178.16.0.147)
- Transmission Control Protocol, Src Port: 2182 (2182), Dst Port: ftp (21), Seq: 1416532316, Ack: 2015127588
- File Transfer Protocol (FTP)

The packet bytes pane shows the raw data in hexadecimal and ASCII:

```
0000 08 00 20 88 10 3f 00 50 ba eb a6 2d 08 00 45 00  . . . ? . P . . . . . E .
0010 00 37 da ac 40 00 80 06 bb 51 b2 10 00 0f b2 10  . 7 . 0 . . . Q . . . . .
0020 00 93 08 86 00 15 54 6e 91 5c 78 1c 68 24 50 18  . . . . . T n . X . M S P .
```

Adresses IP cachées Le routage CIDR NAT

Les adresses IP cachées

- Atténuation de la pénurie d'adresses IP
- Toute machine connectée au réseau n'a pas nécessairement besoin de connectivité externe.
- Des champs d'adresses ont été réservés pour un adressage interne (RFC 1918)
 - 10.0.0.0 - 10.255.255.255
 - 172.16.0.0 - 172.31.255.255
 - 192.168.0.0 - 192.168.255.255
- Certaines machines peuvent se contenter d'accès externes via un proxy applicatif (proxy http par exemple).
- Certaines machines peuvent avoir des accès externes à travers un serveur NAT (Network Address Translation).

Le routage CIDR

- Classless InterDomain Routing
- L'Internet est confronté en 1992 à plusieurs problèmes cruciaux:
 - Les classes B sont presque épuisés
 - La croissance des tables de routage est très rapide
 - L'espace d'adressage de manière globale diminue
- Solution intermédiaire entre les réseaux de classe B (trop grand) et les réseaux de classe C (trop petit)
- Routage décrit par la RFC 1519
- Les adresses de classe C restantes sont partagées en 4 zones :
- Plusieurs classes C contiguës pourront être attribuées à un site
Exemple : 194.24.0.0 → 194.24.7.255, netmask → 255.255.248.0

Exemples d'adressage CIDR

| Université | 1ère adresse | 2ème adresse | Nombre d'adresses | Masque de sous-réseau |
|------------|--------------|---------------|-------------------|---------------------------------|
| Cambridge | 194.24.0.0 | 194.24.7.255 | 2048 | 255.255.248.0 194.24.0.0/21 |
| Edimbourg | 194.24.8.0 | 194.24.11.255 | 1024 | 255.255.252.0 194.24.8.0/22 |
| Disponible | 194.24.12.0 | 194.24.15.255 | 1024 | 194.24.12.0/22 |
| Oxford | 194.24.16.0 | 194.24.32.255 | 4096 | 255.255.240.0 194.24.16.0/22 |

- Un routeur reçoit une trame dont l'adresse de destination est 194.24.17.4 (C2.18.11.04)
 - Cambridge: $C2.18.11.04 \wedge FF.FF.F8.0 = C2.18.10.00$
 - Oxford: $C2.18.11.04 \wedge FF.FF.F0.00 = C2.18.10.00$

NAT: Network Address Translation

- Technique décrite par la RFC 3022.
- Une adresse cachée peut être traduite en une adresse publique par un serveur NAT (NAT box)
- NAT dynamique: une seule adresse IP publique en sortie pour plusieurs machines.
- NAT statique: une adresse IP publique est associée à une adresse IP privée.

Fonctionnement d'un DNS

Domain Name Service

- ❑ Associer une adresse IP à un nom
- ❑ Les noms des stations IP sur Internet ont une forme domainisée qui représente une structure arborescente.
Exemple : *ensicaen.fr*
- ❑ Le monde est découpé en « top level domains » (TLD)
- ❑ Sous les « Top level domains », on trouve les noms d'organisations.

Top Level Domain

- **Les domaines organisationnels**

- edu Universités américaines
 - com Organisme commercial
 - org Organisation
 - mil Armée américaine
 - ...

- **Les domaines géographiques**

- fr France
 - de Allemagne
 - uk Royaume uni
 - nl Pays bas
 - es Espagne
 - pt Portugal
 - be Belgique
 - ar Argentine
 -

Fonctionnement d'un DNS

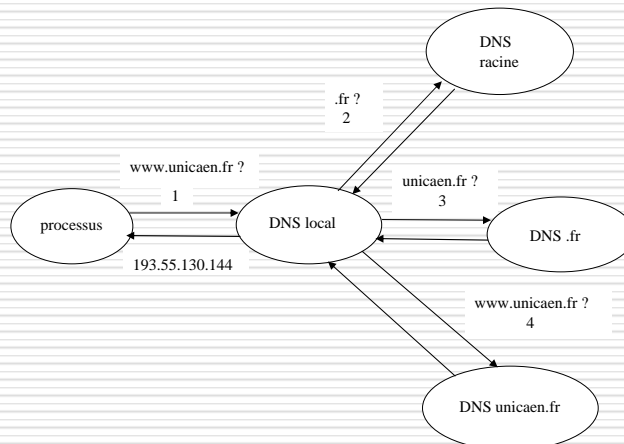
- **Application distribuée et arborescente**

- **Domaine « organisation » : Base de données qui contient le nom et l'adresse de toutes les stations du domaine (serveur de noms du domaine).**

- **Domaine « top level domains » : Base de données qui contient l'adresse IP des tous les serveurs des noms de domaines.**

- **Domaine « root-name server » : Base de données qui contient l'adresse IP de tous les serveurs « top level domains ».**

DNS: recherche d'une adresse



DNS sous Unix

- Une machine peut être configurée en :
 - *Resolver only*
 - *Cache only*
 - *Primary*
 - *Secondary*

- Les configurations "Cache only", "Primary" et "Secondary" nécessite un logiciel de gestion de DNS; le plus utilisé est BIND (Berkeley Internet Name Server) téléchargeable à l'adresse <http://www.isc.org>

Configuration en resolver

❑ Fichier: */etc/resolv.conf*

```
# Definition du domaine  
domain ecole.ensicaen.fr  
# On interroge les serveurs de noms  
nameserver      193.49.200.16  
nameserver      192.93.101.84  
nameserver      192.93.101.14
```

Configuration de BIND: */etc/named.conf*

```
options {  
    directory "/etc/dns";  
};  
  
zone "0.0.127.IN-ADDR.ARPA" {  
    type master;  
    file "db.127.0.0";  
};  
  
zone "." {  
    type hint;  
    file "db.cache";  
};
```

BIND: fichier /etc/dns/db.cache

```
;
; formerly NS.INTERNIC.NET
;
; 3600000 IN NS A.ROOT-SERVERS.NET.
A.ROOT-SERVERS.NET. 3600000 A 198.41.0.4
;
; formerly NS1.ISI.EDU
;
; 3600000 NS B.ROOT-SERVERS.NET.
B.ROOT-SERVERS.NET. 3600000 A 128.9.0.107
;
; formerly C.PSI.NET
;
; 3600000 NS C.ROOT-SERVERS.NET.
C.ROOT-SERVERS.NET. 3600000 A 192.33.4.12
;
; formerly TERP.UMD.EDU
;
; 3600000 NS D.ROOT-SERVERS.NET.
D.ROOT-SERVERS.NET. 3600000 A 128.8.10.90
;
; formerly NS.NASA.GOV
;
; 3600000 NS E.ROOT-SERVERS.NET.
E.ROOT-SERVERS.NET. 3600000 A 192.203.230.10
- Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Caen - (c) dp
```

45

BIND: /etc/named.conf pour serveur primaire/secondaire (1/2)

```
acl permit-transfer {
    193.49.200.16 ;
    192.93.101.14 ;
    192.93.101.84 ;
    212.23.194.5 ;
};
allow-transfer { permit-transfer ; } ;
options { directory "/etc/dns"; };
zone "0.0.127.IN-ADDR.ARPA" {
    type master;
    file "db.127.0.0";
};
zone "ecole.ensicaen.fr" {
    type master;
    file "db.ecole.ensicaen.fr";
};
zone "ensicaen.com" {
    type master;
    file "db.ensicaen.com";
};
```

- Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Caen - (c) dp

46

BIND: /etc/named.conf pour serveur primaire/secondaire (2/2)

```
zone "200.49.193.IN-ADDR.ARPA" {
    type master;
    file "db.193.49.200";
};
zone "16.168.192.IN-ADDR.ARPA" {
    type master;
    file "db.192.168.16";
};
zone "60.168.192.IN-ADDR.ARPA" {
    type slave;
    file "db.greyc.rev.cache";
    masters {
        192.93.101.84;
    };
};
zone "." {
    type hint;
    file "db.cache";
};
```

BIND: Fichier de zone db.ecole.ensicaen.fr 1/2

```
$TTL 86400
@ IN SOA ns.ecole.ensicaen.fr. dp.ensicaen.fr. (
    2005022101 ; Serial
    21600 ; Refresh every 3 hours
    3600 ; Retry every hour
    604800 ; Expire after a week
    86400 ) ; Minimum ttl of 1 day
IN NS ns.ensicaen.fr.
IN MX 5 debian-mx1.ensicaen.fr.

localhost IN A 127.0.0.1

mgs3 IN A 193.49.200.1
;
; Serveur SUN Enterprise 3000
;
e3000 IN A 193.49.200.147
proxy IN CNAME e3000.ecole.ensicaen.fr.
javadoc IN CNAME e3000.ecole.ensicaen.fr.
```

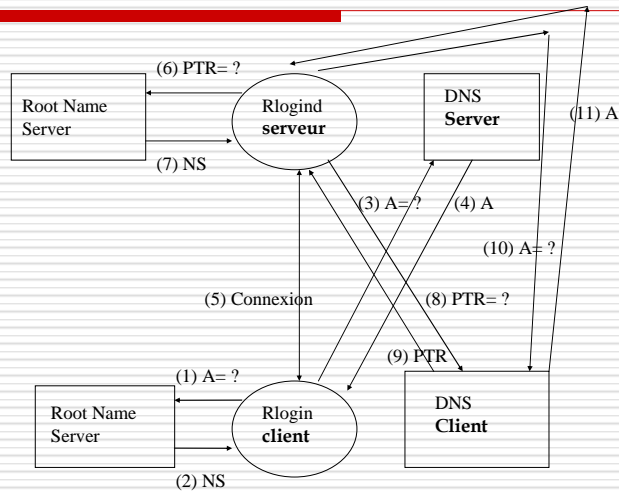
BIND: Fichier de zone 2/2 db.ecole.ensicaen.fr 2/2

```
;  
; Serveur SUN Enterprise 450  
;  
e450      IN      A      193.49.200.148  
www       IN      CNAME  e450.ecole.ensicaen.fr.  
webmail   IN      CNAME  e450.ecole.ensicaen.fr.  
mail      IN      CNAME  e450.ecole.ensicaen.fr.  
mailhost  IN      CNAME  e450.ecole.ensicaen.fr.  
listserv  IN      CNAME  e450.ecole.ensicaen.fr.  
listhost  IN      CNAME  e450.ecole.ensicaen.fr.  
tequila   IN      CNAME  e450.ecole.ensicaen.fr.  
e450      IN      MX     3      debian-mx1.ensicaen.fr.  
;  
; PC salle 108  
;  
pc40      IN      A      192.168.16.40  
pc41      IN      A      192.168.16.41  
pc42      IN      A      192.168.16.42  
pc43      IN      A      192.168.16.43  
pc44      IN      A      192.168.16.44  
pc45      IN      A      192.168.16.45  
pc46      IN      A      192.168.16.46  
pc47      IN      A      192.168.16.47  
.....
```

BIND: Fichier de zone inverse db.193.49.200

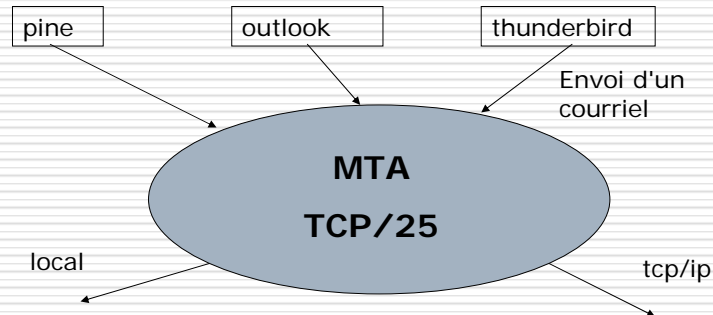
```
$TTL 86400  
@ IN SOA  ecole.ensicaen.fr. dp.ensicaen.fr. (  
    2005011301      ; Serial  
    21600           ; Refresh -6heures  
    3600            ; Retry - 1heure  
    3600000         ; Expire -41 jours 16 heures  
    172800 )        ; Minimum - 2 jours  
IN NS     ns.ensicaen.fr.  
;  
1 IN PTR  mgs3.ensicaen.ismra.fr.  
;  
147 IN PTR e3000.ensicaen.ismra.fr.  
148 IN PTR e450.ensicaen.ismra.fr.  
...
```

DNS: Recherche d'une adresse



Un exemple d'applicatif: la messagerie électronique

Serveur de messagerie



- Exemple de Message Transfert Agent: postfix, sendmail, ...

Protocole SMTP

- Simple Message Transfer Protocole est le protocole utilisé entre deux MTA.
- Quelques commandes SMTP:
HELLO, MAIL, RCPT, DATA, QUIT, RSET, VRFY

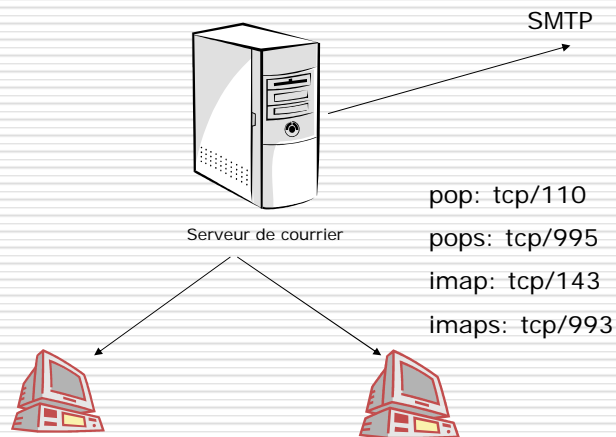
Capture d'une session SMTP

```

(Untitled) - Ethereal
File Edit View Go Capture Analyze Statistics Help
Filter:
No. | Time | Source | Destination | Protocol | Info
---|---|---|---|---|---
1 | 0.000000 | 178.16.0.232 | 192.93.101.14 | TCP | 2929 > smtp [FIN] Seq=0 Ack=0 Wm=16384 Len=0 Win=1460
2 | 0.000043 | 192.93.101.14 | 178.16.0.232 | TCP | 2929 > smtp [ACK] Seq=0 Ack=0 Wm=5880 Len=0 Win=1460
3 | 0.000700 | 178.16.0.232 | 192.93.101.14 | SMTP | Response: 220 mail.ensicm.ca.fr SMTP Postfix
4 | 0.000798 | 192.93.101.14 | 178.16.0.232 | SMTP | Command: MAIL FROM:admin@ensicm.ca.fr
5 | 0.001017 | 178.16.0.232 | 192.93.101.14 | SMTP | Command: ENCL [178.16.0.232]
6 | 0.004184 | 192.93.101.14 | 178.16.0.232 | SMTP | Command: RCPT TO:admin@ensicm.ca.fr
7 | 0.004188 | 192.93.101.14 | 178.16.0.232 | SMTP | Response: 250 mail.ensicm.ca.fr
8 | 0.004763 | 178.16.0.232 | 192.93.101.14 | SMTP | Command: MAIL FROM:admin@ensicm.ca.fr: SIZE=7119
9 | 0.006030 | 192.93.101.14 | 178.16.0.232 | SMTP | Response: 250 OK
10 | 0.006443 | 178.16.0.232 | 192.93.101.14 | SMTP | Command: SMTP TO:admin@ensicm.ca.fr
11 | 0.007732 | 192.93.101.14 | 178.16.0.232 | SMTP | Response: 250 OK
12 | 0.007963 | 178.16.0.232 | 192.93.101.14 | SMTP | Command: DATA
13 | 0.008705 | 192.93.101.14 | 178.16.0.232 | SMTP | Response: 354 End data with CRLF.CRLF.
14 | 0.011960 | 178.16.0.232 | 192.93.101.14 | SMTP | Message Body
15 | 0.012177 | 178.16.0.232 | 192.93.101.14 | SMTP | Message Body
16 | 0.012189 | 178.16.0.232 | 192.93.101.14 | SMTP | Message Body
17 | 0.024136 | 178.16.0.232 | 192.93.101.14 | TCP | 2929 > smtp [ACK] Seq=182 Ack=1560 Wm=8760 Len=0
18 | 0.024194 | 192.93.101.14 | 178.16.0.232 | TCP | 2929 > smtp [ACK] Seq=182 Ack=1596 Wm=14600 Len=0
19 | 0.024198 | 178.16.0.232 | 192.93.101.14 | SMTP | Message Body
20 | 0.024779 | 192.93.101.14 | 178.16.0.232 | SMTP | Message Body
21 | 0.025723 | 178.16.0.232 | 192.93.101.14 | TCP | 2929 > smtp [ACK] Seq=182 Ack=7516 Wm=20440 Len=0
22 | 0.025962 | 192.93.101.14 | 178.16.0.232 | SMTP | Response: 354 OK: queued as 2043448240
23 | 0.026428 | 192.93.101.14 | 178.16.0.232 | SMTP | Response: 250 OK
24 | 0.053561 | 178.16.0.232 | 192.93.101.14 | SMTP | Message Body
25 | 0.053575 | 192.93.101.14 | 178.16.0.232 | SMTP | Response: 250 OK
26 | 0.054383 | 192.93.101.14 | 178.16.0.232 | TCP | 2929 > smtp [FIN, ACK] Seq=223 Ack=7628 Wm=20440 Len=0
27 | 0.054395 | 178.16.0.232 | 192.93.101.14 | TCP | 2929 > smtp [ACK] Seq=7628 Ack=222 Wm=17100 [RCSYSM INCOMPLETE] Len=0
...

```

Architecture de courrier

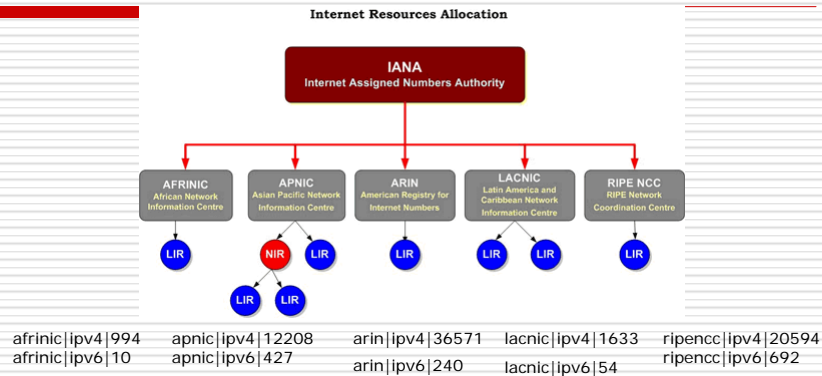


IPv6, la nouvelle norme ?

Les limitations d'IPv4

- Adressage sur 32 bits ($2^{32} = 4,29$ milliards d'adresses).
- Stock d'adresses très entamé.
- Répartition très inégale:
 - la zone américaine est très favorisée (environ 74%) par rapport à l'Europe (environ 17%) et l'Asie (environ 9%) pourtant de plus en plus active (Chine, Inde, ...).
 - Plus de 50% des adresses sont antérieures aux RIR (**R**egional **I**nternet **R**egistry) et donc non contrôlées.

Les différents RIR



chiffres mars 2006 (source: serveur ftp des RIR)

Les limitations d'IPv4

- Pas de gestion de QoS.
- L'utilisation de NAT retarde la pénurie d'adresses mais brise la philosophie de bout en bout (end to end).
- Explosion des tables de routage malgré le routage CIDR.
- Pas de mécanisme d'auto configuration.
- Pas de notion de sécurité intégré au protocole.

L'explosion des besoins

- L'arrivée des services mobiles (gprs, edge, umts).
- L'électronique connectée.
- Les véhicules communicants.
- La domotique
- ...

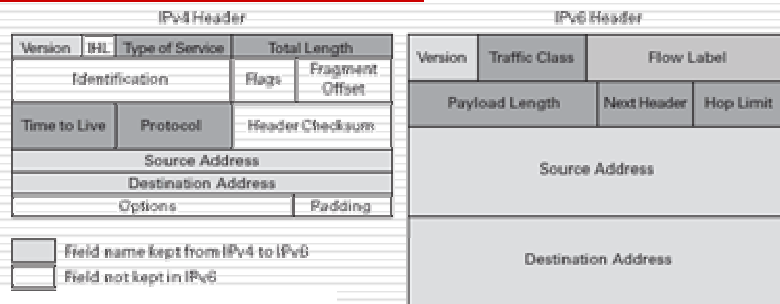
L'apparition d'IPv6

- Début des travaux au milieu des années 1980 pour améliorer IP: IPng.
- IPv6 retenu comme nouveau standard (RFC 1752) et adopté vers la fin des années 1990.

Les apports d'IPv6

- ❑ Adresses sur 128 bits ($2^{128} = 3,4 \times 10^{38}$).
- ❑ Adressage hiérarchique pour optimiser le routage.
- ❑ Simplification du format des entêtes et gestion des extensions par liste chaînée.
- ❑ Mécanisme d'auto configuration.
- ❑ Couche IPSec intégrée au protocole.
- ❑ Multicast.
- ❑ Gestion de la mobilité.

Entêtes IPv4 vs IPv6



Format des adresses IPv6

- Adresse sur 128 bits découpé en 8 mots de 16 bits.

- **Exemple :**

FEDC :0000 :0000 :0210 :EDBC :A987 :6543 :210F

ou

FEDC:0:0:210:EDBC:A987:6543:210F

ou

FEDC::210:EDBC:A987:6543:210F

- **Exemple d'utilisation:**

http://[2001:1234:12::1]:8080

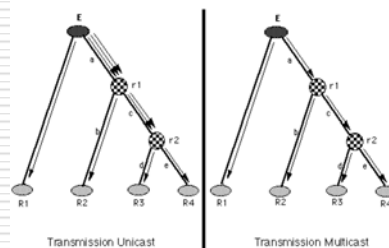
- **Cohabitation v4/v6**

::192.168.16.1

Adressage IPv6

- Types d'adresse:

- Unicast (un à un)
- Multicast (un à plusieurs)
- Anycast (un à un parmi plusieurs)



- Plan d'adressage:

| Préfixe de routage global | ID Sous réseau | ID Interface |
|---------------------------|----------------|---------------------|
| <i>n bits</i> | <i>m bits</i> | <i>128-n-m bits</i> |

Plan d'adressage

| Allocation | Préfixe binaire | Préfixe hexa |
|--------------------|-----------------|--------------|
| Réservé | 0000 0000 | ::0/128 |
| Réservé NSAP | 0000 001 | 0200::/7 |
| Global Unicast | 001 | 2000::/3 |
| Adresse lien local | 1111 1110 10 | FE80::/10 |
| Adresse site local | 1111 1110 11 | FEC0::/10 |
| Adresse multicast | 1111 1111 | FF00::/8 |

Adresse "lien local"

- Une adresse "lien local" n'est valide que sur un lien (elle ne traverse pas les routeurs).
- Tout équipement dispose automatiquement d'une adresse lien-local qui va permettre de découvrir les voisins.
- Ce type d'adresse permet à 2 machines sur le même lien de communiquer et peut aussi être utilisée pour une connexion PPP ou pour les extrémités d'un tunnel.
- Construction d'une adresse lien local (préfixe FE80::/64):

| | | |
|---------|---------|-------------------------|
| FE8 | 0 | Identifiant d'Interface |
| 10 bits | 54 bits | 64 bits |

Construction d'un identifiant d'interface

- Un identifiant d'interface est construit à partir de l'adresse physique

| | | | |
|---------|---|--------------|--------------|
| 24 bits | | 16 bits | 24 bits |
| u | g | constructeur | numéro série |
| 7 8 | | FFFE | |

- u (Universal) vaut 1 si l'identifiant est unique ou 0 si l'adresse a été générée par un algorithme.
 - g (Groupe) vaut 0 si l'adresse est individuelle ou 1 si c'est une adresse de groupe (multicast).
- Exemple:
 - adresse MAC ethernet = 00:30:48:2E:3D:7D
 - adresse lien local: FF80::0230:48FF:FE2E:3D7D

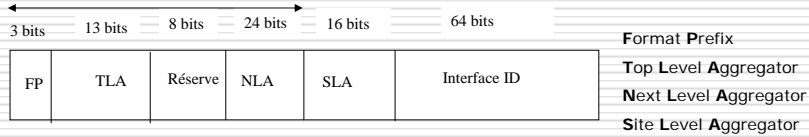
Adresse "site local"

- Une adresse "site local" est restreinte à un site mais qui n'a pas de validité à l'extérieur du site.
- Le contour d'un site n'est pas aisé à tracer.
- Construction d'une adresse "site local" (préfixe FEC0/48) :

| | | | |
|---------|---------|---------|-----------------------|
| FEC | 0 | SLA | Identifiant interface |
| 10 bits | 38 bits | 16 bits | 64 bits |

Adresse Unicast

topologie publique



<http://www.iana.org/assignments/ipv6-tla-assignments>

IPv6 Prefix FP TLA Binary Value TLA Hex Assignment

2000::/16 001 0 0000 0000 0000 0x0000 Reserved
 2001::/16 001 0 0000 0000 0001 0x0001 Sub-TLA Assignments [RFC2450]
 2002::/16 001 0 0000 0000 0010 0x0002 "6to4" [RFC3056]
 2003::/16 001 0 0000 0000 0011 0x0003 Global Unicast [RFC3513]
 3FFE::/16 001 1 1111 1111 0x1FFE 6bone Testing [RFC2471] To be phased out 06/06/2006
 3FFF::/16 001 1 1111 1111 0x1FFF Reserved

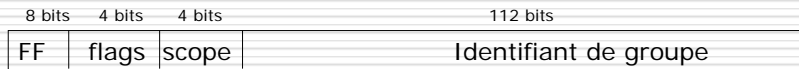
Exemple:

- RENATER TLA 2001:0660::/32
- ENSICAEN 2001:0660:7105::/48

Adresses Multicast

Une adresse multicast désigne un ensemble d'interfaces.

Format d'une adresse multicast:



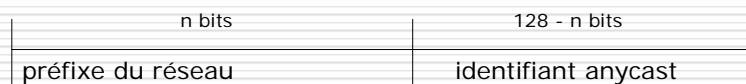
- flags: 3 premiers bits à 0; dernier bit à 0 indique une validité permanente (exemple: routeur) ou 1 pour une validité temporaire (exemple: visioconférence).
- scope: portée de la diffusion:
 - 0: réservé
 - 1: nœud 2: lien (FF02::/8)
 - 3: sous-réseau 5: site
 - 8: organisation
 - E: global
 - F: réservé

Quelques préfixes multicast

- ff02::1** Tous les nœuds du lien
- ff02::2** Tous les routeurs du lien
- ff02::3** Toutes les machines du lien
- ff05::2** Tous les routeurs du site

Adresse Anycast

- Une adresse destination de type anycast désigne une interface parmi un ensemble de machines bien défini.
- Format d'une adresse anycast:



Quelques nouveaux protocoles

- Auto Configuration
 - mode "stateful": les informations sont envoyées par un serveur DHCP (RFC 3315).
 - mode "stateless": l'équipement va s'efforcer de récupérer le préfixe du site pour construire son adresse (RFC 2462).

- Découverte du **Maximum Transmission Unit** (RFC 1981).

- Découverte des voisins (RFC 2461).

Auto configuration "stateless"

- L'équipement s'attribue une adresse "lien local".
- Vérification de l'unicité de cette adresse:
 - Envoi d'une trame ICMPv6 "sollicitation d'un voisin" (type 135) sur l'adresse multicast ff02::1
 - Aucune réponse après un temps déterminé (1 seconde par défaut), l'adresse est valide.
 - Retour d'un message ICMPv6 "annonce d'un voisin en retour d'une sollicitation (bit S)" (type 136), l'adresse est déjà utilisée.
 - Envoi d'une trame ICMPv6 "sollicitation d'un routeur" (type 133) sur l'adresse multicast ff02::2
 - Réception d'une trame ICMPv6 "annonce de routeur (bit A)" (type 134), le préfixe du site est retourné.