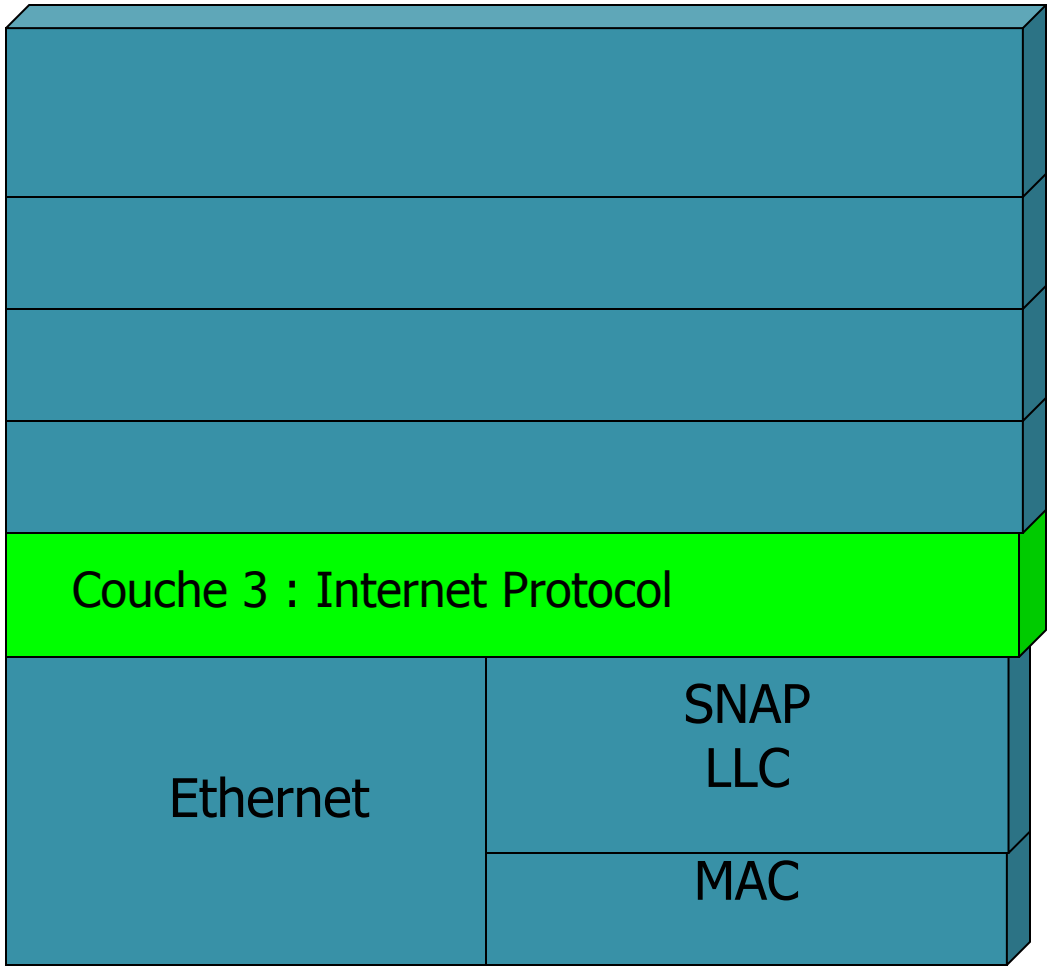
INTRODUCTION AUX RÉSEAU : COUCHE IP

- Protocole Internet



1 LE RÉSEAU INTERNET

- Internet Society ou ISOC
- L ’IAB (Internet Architecture Board)
- L ’IRTF (Internet Research Task Force)
- L ’IESG (Internet Engineering Steering Groupage)
  - travaux sur la nouvelle version du protocole IPng
  - l ’administration des réseaux
  - le routage
  - la sécurité
  - la diffusion d ’informations multimédia,
  - ...

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

1.1. RFC

- RFC : Request for Comments (gratuit)
- rfc-index : lien sujet/RFC
- Chaque rfc dispose d'un statut qui spécifie son importance:
  - requis : les systèmes doivent mettre en œuvre ce protocole,
  - recommandé: les systèmes devraient mettre en œuvre ce protocole,
  - éligible: il existe plusieurs protocoles effectuant les mêmes fonctions. Le système peut choisir l'un d'entre eux,
  - usage limité: il s'agit généralement de protocole en cours d'expérimentation,
  - non recommandé: il s'agit de protocole très spécifique, expérimental ou dans l'état historique.

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

1.2. IANA

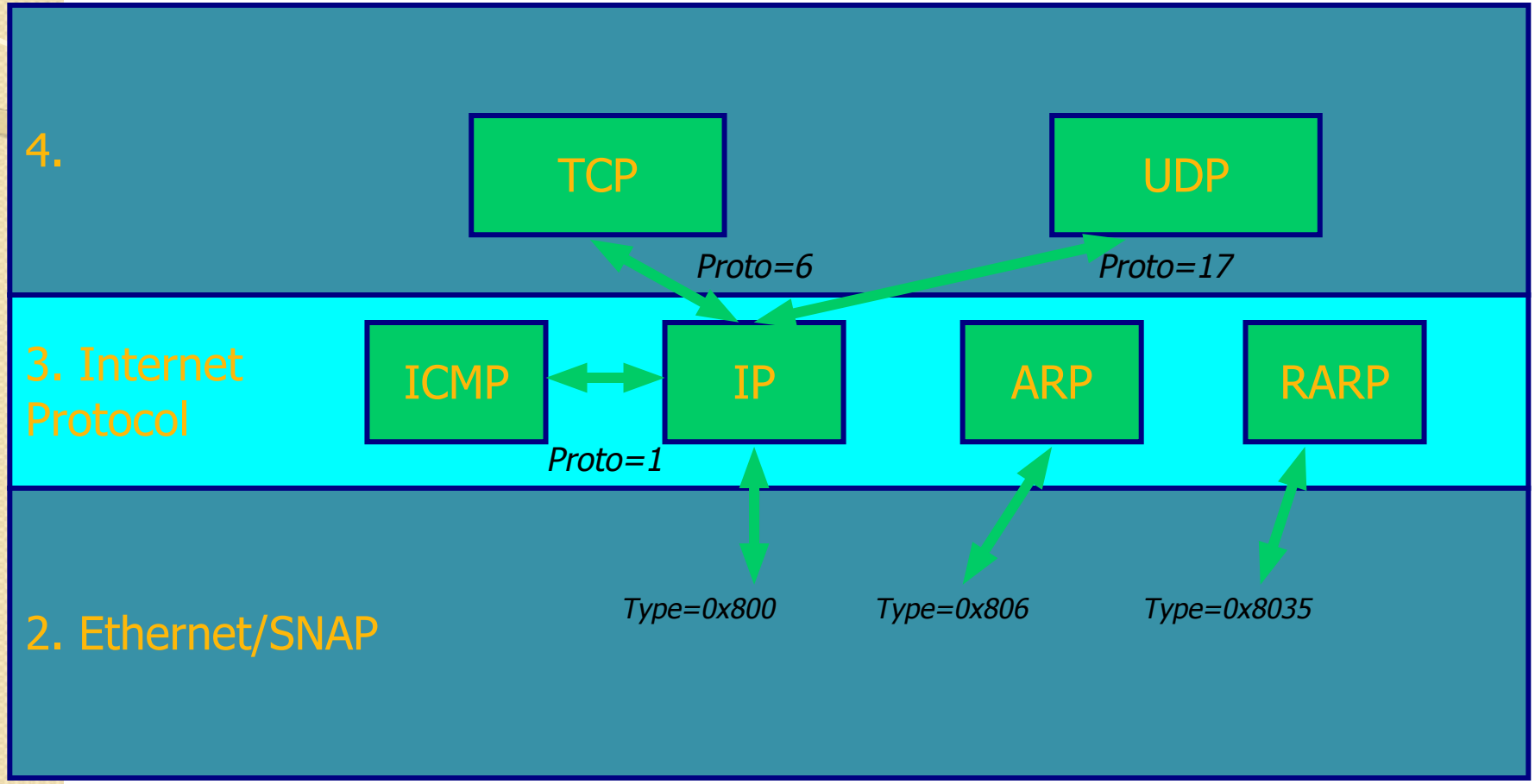
- IANA (Internet Assigned Number Au:thority) gère les numéros utilisés dans les piles de protocoles de l'Internet
- rfc l700 ou sur ftp://ftp.isi.edu/in-notes/iana/assiqnments.

- L'IANA délègue la gestion des adresses des machines connectées au réseau Internet à différents organismes:
  - RIPE NCC (Réseaux IP Européens Network Coordination Center) pour l'Europe,
  - APNIC pour les pays d'Asie et InterNiC pour les Etats-Unis et le reste du monde.

- Ces organismes délèguent à leur tour à des organismes qui gèrent une partie des adresses. Il s'agit soit d'un fournisseur de service, soit d'une entreprise, soit du gestionnaire d'un pays.

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

2. MISE EN ŒUVRE DES PROTOCOLES TCP/IP



3. LE PROTOCOLE IP

- 3.1. L'adressage Internet
- 3.2. Format des datagrammes

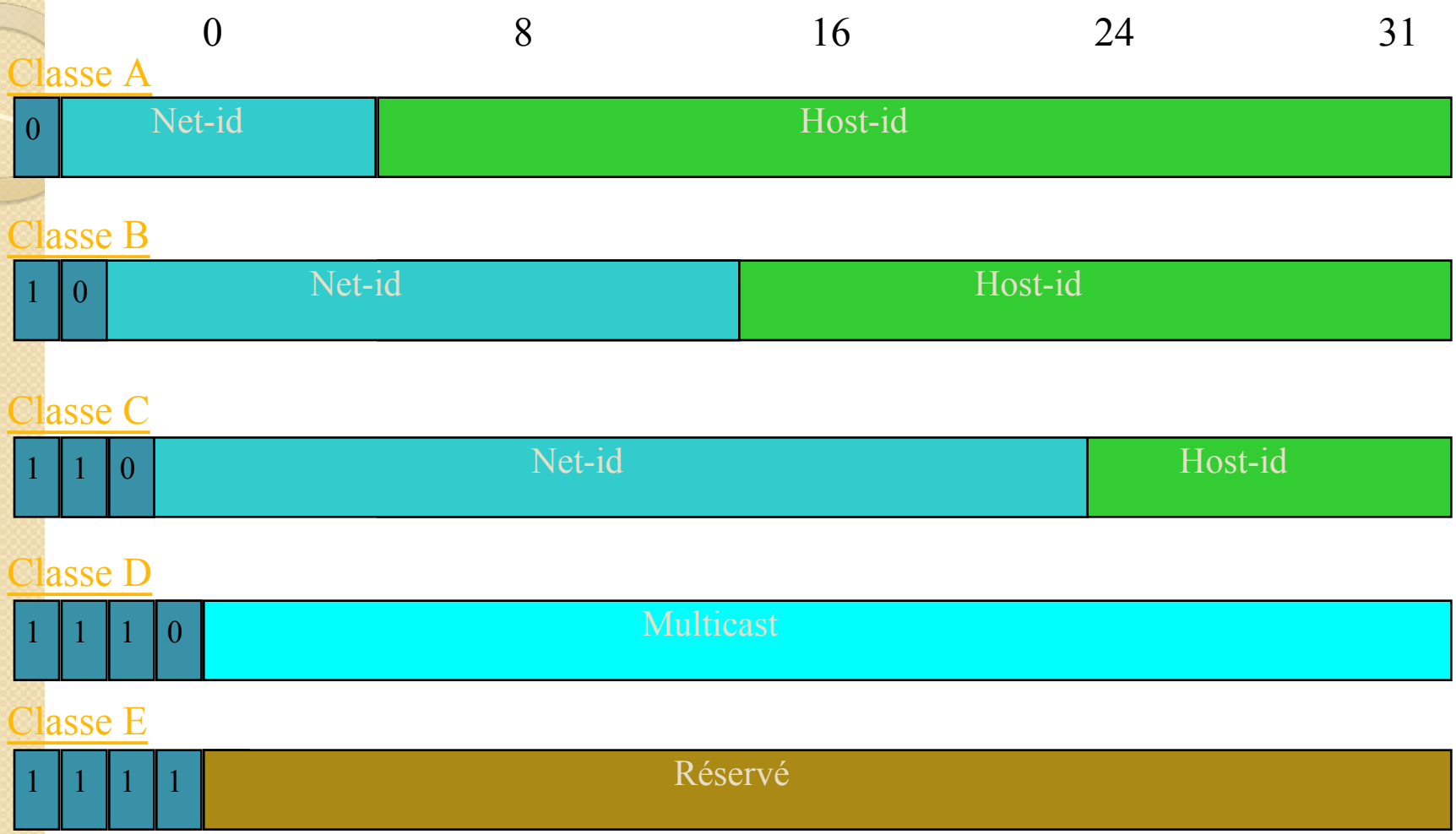
Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

3.1. L'ADRESSAGE INTERNET

- Les classes d'adressage
  - Une adresse = 32 bits dite "internet address" ou "IP address" constituée d'une paire (netid, hostid) où netid identifie un réseau et hostid identifie une machine sur ce réseau.
  - Cette paire est structurée de manière à définir cinq classes d'adresse

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

3.1. L'ADRESSAGE INTERNET



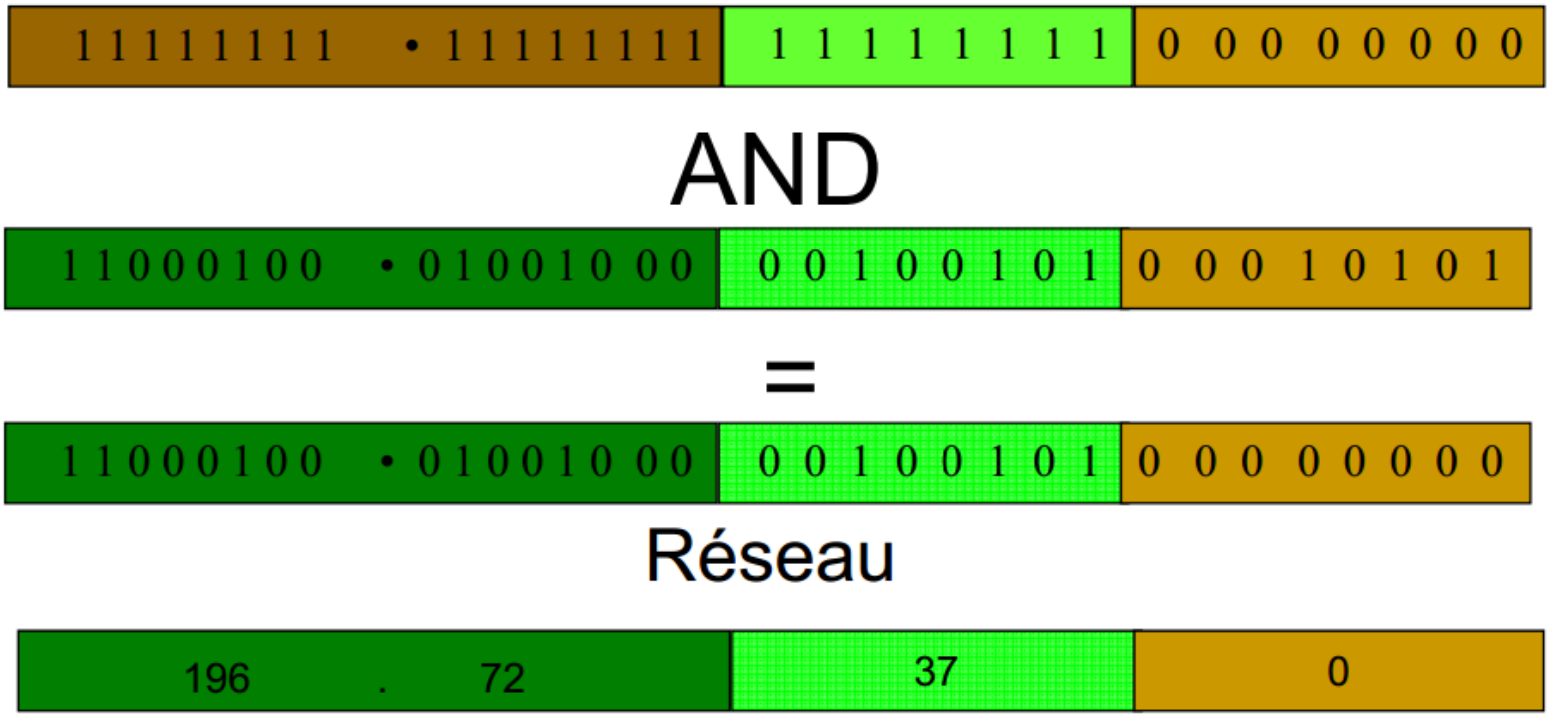
3.1.1. ADRESSES PARTICULIÈRES

- 0 . 0 . 0 . 0 : ne doit pas être employée comme adresse de station.
- 0.<machine> : référence à la machine indiquée sur ce réseau.
- 255.255.255.255 : un datagramme possédant cette adresse sera envoyé à toutes les machines du réseau mais ne sera pas réémis vers les autres réseaux.
- <reseau>.255 ou <réseau>.<sous-réseau>.FF: diffusion vers toutes les machines du réseau ou du sous-réseau.
- 127 . ??. ??.?? : boucle locale.

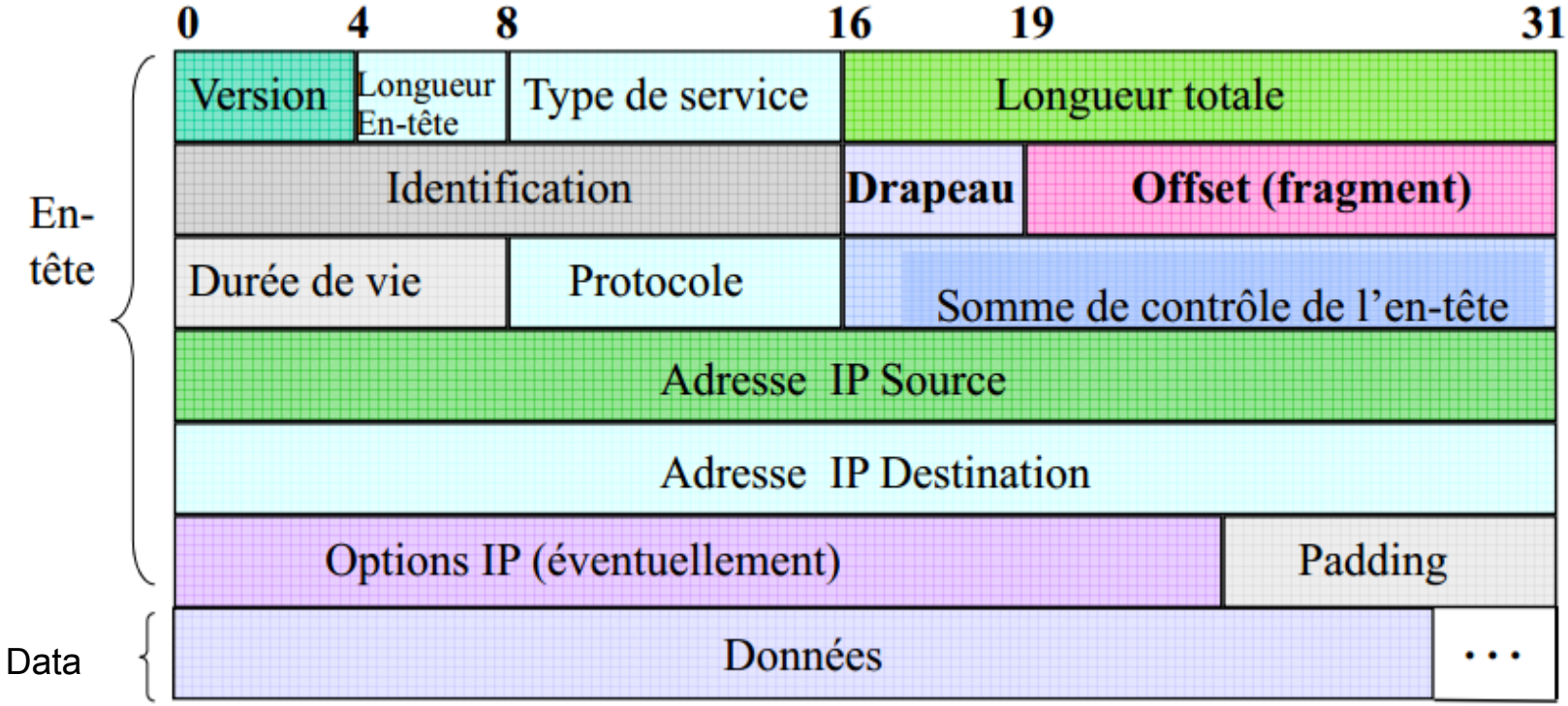
Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

3.1.2. LE MASQUE DE RÉSEAU

- **Exemple : @IP= 196.72.37.149 avec Masque= 255.255.255.0**



3.2. FORMAT DES DATAGRAMMES



3.2.1. VERSION

- Champ:Version du protocole IP
- 4 bits
- Version courante IPv4 :4
- Version nouvelle IPv6 :6
- Aujourd'hui tout datagramme de version différente de 4 est éliminé

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

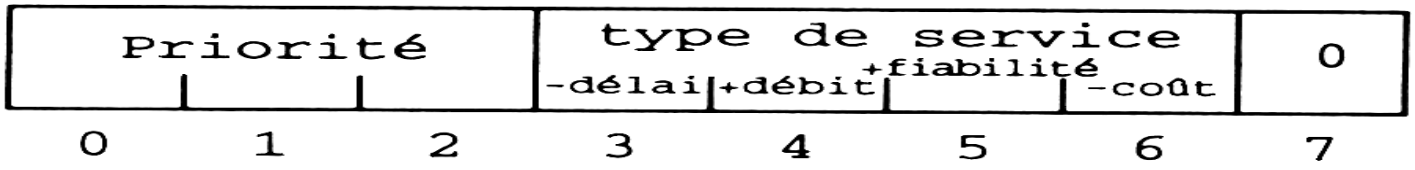
3.2.2. LONGUEUR DE L'EN-TÊTE

- Champ : Longueur de l 'entête ou IHL (Internet Header Length)
- 4 bits
- Nombre de mots de 32 bits qui composent l ' en-tête
- La longueur d'un en-tête IP varie à cause du champ option
  - option vide => IHL = 5
  - option souvent complété avec bourrage pour taille multiple de 32 bits

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

3.2.3. TYPE DE SERVICE

- Champ Type de service ou TOS (Type of Service)
- 8 bits
- Contient des informations qui aideront le routeur à choisir le chemin pour le paquet
  - privilégier débit / délai de transmission
  - délai de propagation



3.2.3. TYPE DE SERVICE

application	nature	ToS	
Telnet	Terminal distant	1000	minimise le délai
FTP - contrôle - données	Transfert de fichiers	 1000 0100	 minimise le délai maximise le débit
TFTP	Transfert de fichiers de configuration	1000	minimise le délai
SMTP - commande - données	Courrier électronique	 1000 0100	 minimise le délai maximise le débit
NNTP	News	0001	minimise le coût
SNMP	Administration de réseau	0010	maximise la fiabilité

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

3.2.4. LONGUEUR TOTALE

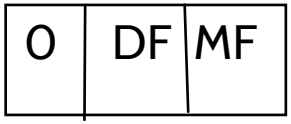
- Champ longueur totale
- 16 bits
- longueur totale en octet du datagramme (y compris en-tête)
- longueur théorique max est donc : 65535 octets
  - peut-être une limite dans le futur avec de nouvelles technologie

- Remarque : permet dans une trame Ethernet de détecter les bits de bourrage

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

3.2.5. FRAGMENTATION

- Fragmentation si problèmes de taille maximale (MTU Maximum Transmission Unit) entre stations et routeurs
- Découpage en fragments
  - Identification : 16 bits (commun aux fragments)
  - drapeau :



    - premier bit 0
    - deuxième : Don ’t Fragment (DF)
    - troisième : (More Fragments) (dernier ou pas)
  - place du fragment (13 bits), par multiple de 8 octets

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

3.2.6. DURÉE DE VIE

- Le champ durée de vie
- 8 bits
- Temps maximale pendant lequel le paquet peut rester dans le système
  - Valeur initialisée par l'émetteur
  - Décrémentée par chaque routeur et le récepteur
  - Nombre de routeur max que le paquet peut passer : éviter les boucles perpétuelles
  - Si TTL=0 alors le datagramme est détruit
- Borne le temps de séjour lors du réassemblage des paquets sur le site destinataire (décrémentée d'au moins une unité chaque seconde)

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

3.2.7. PROTOCOLE

- Champ protocole
- 8 bits
- Indique le protocole de la couche supérieure

(le protocole chargé d'exploiter "décoder" le champ de données.

- voir RFC 1700
  - icmp : 1 (internet control message protocol)
  - tcp : 6 (transmission control protocol)
  - udp : 17 (user datagram protocol)

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

3.2.8 .CHECKSUM (RFC 1071, RFC 1141)

- Champ Somme de controle de l'entete
- RFC 1071, 1141
- Egal au complément à 1 de la somme en complément à 1 des mots de 16 bits de l'en-tête vu comme un tableau de mots de 16 bits
- Pendant le calcul la valeur de checksum est mise à 0
- Ex : Checksum de l 'en-tête suivante :
  - http://www.secuip.fr/astuces/calculer-checksum-ip

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

3.2.9 ADRESSES DE LA SOURCE ET DE LA DESTINATION

- Champs adresse de la source et adresse de la destination
- 32 bits chacun
- adresse de la source peut être de classe A, B ou C
- adresse de la destination peut être de classe A, B, C ou D

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

3.2.10. OPTIONS

- Champ option
- De longueur variable (peut-être 0)
- Les options sont passées à la couche supérieure
- Le type de l'option est codée sur un octet
  - **le premier bit à 1, option recopiée dans tous les fragments, à 0 seulement dans le premier**
  - deux bits suivants : classe de l ’option
    - 00 : contrôle
    - 01 : réservé pour un usage ultérieur
    - 10 : option pour le débogage et les mesures
    - 11 : réservé pour un usage ultérieur

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

3.2.10. OPTIONS

- Dans le cas ou l ’option nécessite des arguments, on ajoute un champ longueur codé sur un octet (multiple de 32 bits, avec bourrage si nécessaire)

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

3.2.10. OPTIONS

- Deux files d'attente mise en œuvre dans les routeurs
  - la première pour les paquets sans option
  - la deuxième pour les autres (moins prioritaire)
- Les paquets avec option seront donc plus lents
- exemple : 130 1 00 00010 : SEC (Security) (Rfc 1108), cette option permet de marquer le niveau de sécurité du datagramme
- exemple : 7 0 00 00111 : RR (Record Route), les routeurs ajoutent leur adresse dans le champ paramètre

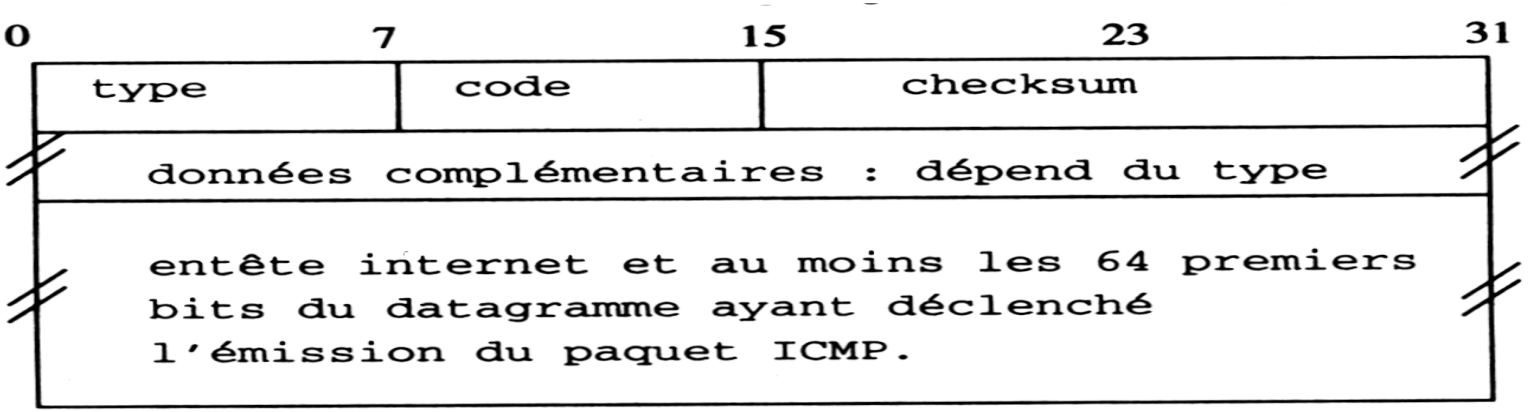
Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

4. LE PROTOCOLE ICMP (INTERNET CONTROL MESSAGE PROTOCOL) (RFC 792)

- Deux types de paquets ICMP :
  - les messages d'indication d 'erreur
  - les messages de demande d'information
- Les messages ICMP sont transportés dans des paquets IP :
  - version :4
  - type de service :0
  - protocole :1
- Les émetteurs peuvent aussi bien être des stations que des routeurs
- Le paquet ICMP sera envoyé à l 'émetteur du paquet initial
- Un paquet ICMP ne peut provoquer l 'émission d 'un paquet ICMP

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

4. LE PROTOCOLE ICMP (INTERNET CONTROL MESSAGE PROTOCOL) (RFC 792)



4.1. LE MESSAGE NE PEUT ATTEINDRE SA DESTINATION

- Emis quand un datagramme IP ne peut atteindre sa destination
- Le routeur ou la station qui détecte la faute émet un paquet ICMP avec 3 pour le champ type
- Le champ données complémentaires contient un mots de 32 bits à 0
- Le champ code indique le type de la faute

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

4.2. DURÉE DE VIE EXPIRÉE ET LE PROGRAMME TRACEROUTE

- Message émis par un routeur quand il reçoit un paquet avec une durée de vie égale à 0
- champ type à 11
- Le champs données complémentaires contient un mots de 32 bits à 0
- Une utilisation détournée du champ durée de vie permet de tracer la route empruntée par un paquet
- Cf. traceroute en TPs

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

4.3. SOURCE QUENCH

- Le récepteur (station ou routeur) émet avec le champ type 4, pour indiquer que l ’émetteur doit réduite sa vitesse d’ émission tant qu ’il reçoit ce message du routeur
- L ’émetteur peut alors augmenter graduellement sa vitesse d’émission jusqu ’à ce qu ’il reçoive un « source quench ».
- Champs de données complémentaires est un mots de 32 bits à 0
- Le champ code est à 0
- Obsolète

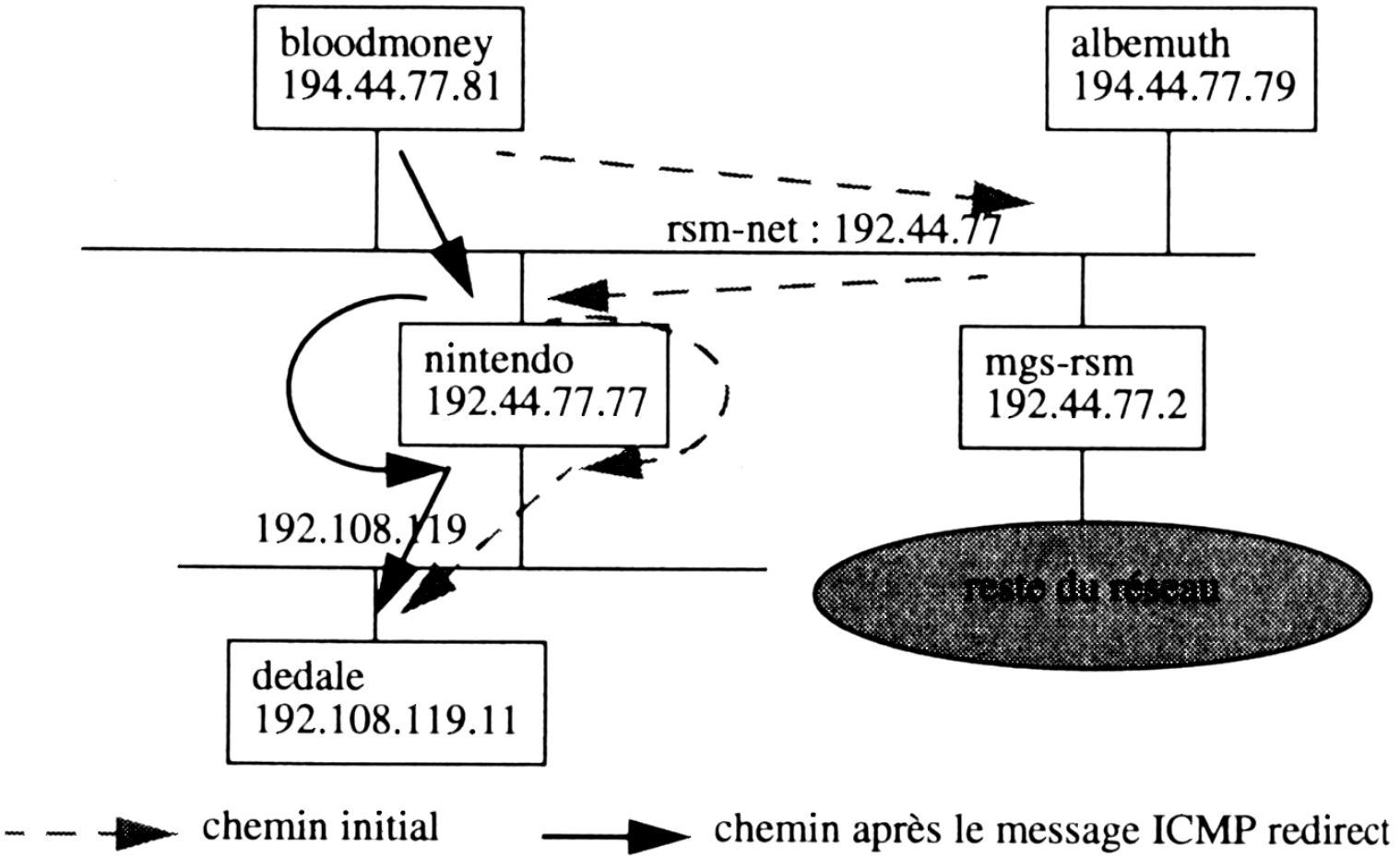
Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

4.4. INDICATION DE REDIRECTION

- Paquet émis quand un routeur connaît une route plus courte pour joindre une machine
- champ type : 5
- champs données complémentaires contient l'adresse du routeur offrant une meilleure route

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

4.4. INDICATION DE REDIRECTION



4.5. ECHO/LA COMMANDE PING

- La commande ping permet de tester l ’accessibilité d ’ une station
- Elle émet un paquet ICMP : demande d ’écho (type 8, code 0)
- Elle reçoit si la machine distante est active, un paquet ICMP réponse d ’écho (type 0, code 0)
- Le champ données complémentaires est divisée en deux champs de 16 bits
  - le premier contient un identificateur du paquet (distinction entre deux utilisateurs faisant un ping simultané)
  - le deuxième champ contient un numéro de séquence pour mesurer les temps d ’aller retour sur le réseau et les pertes, quand la commande ping envoie continuellement des paquets

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

4.5. ECHO/LA COMMANDE PING

- La commande ping crim.eecs.umich.edu donne le résultat crim.eecs.umich.edu is alive

```
#etherfind[3] -x -host sega -proto icmp
Using interface le0
icmp type
lnth proto          source          destination
98 icmp             sega            crim.eecs.umich          echo
00 00 0c 06 09 a6 08 00 20 18 87 ba 08 00|45 00
08 54 c3 4d 00 00 ff 01 39 01 c0 0c 4d 49 8d d4
24 10|08 00 ca 19 1e fd 00 00 2d 7c 92 06 00 0b
64 58 08 09 0a 0b 0c 0d 0e 0f 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
98 icmp crim.eecs.umich          sega                echo reply
08 0a 20 18 87 ba 00 0a 09 06 09 a6 08 00|45 00
00 54 f5 aa 00 00 e9 01 1c a4 8d d4 24 10 c0 2c
4d 49|00 00 d2 19 1e fd 00 00 2d 7c 92 06 00 0b
64 58 08 09 0a 0b 0c 0d 0e 0f 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
```

4.5.1. OPTION D ’ENREGISTREMENT DE LA ROUTE

- Avec l'option -R, ping crée un paquet ICMP permettant d’ enregistrer les adresses des routeurs intermédiaires.

- La commande ping ftp.ensta.fr produit les paquets suivants :

```
138 icmp        bloodmoney ici-paris.ensta        echo
00 0f 8d 06 d9 a6 d3 0f 20 1c 74 34 08 00|4f 00
09 7c 6c e5 00 00 ff 01 96 e8 c0 2c 4d 51 93 fa
01 14 07 27 04 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00|08 00 e7 c9 19 b6
00 01 30 15 05 8a 00 01 d5 db 08 09 0a 0b 0c 0d
0e 0f 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

138 icmp ici-paris.ensta        bloodmoney        echo reply
08 00 2b 1c 74 34 00 00 0c 06 09 a6 05 00|4f 00
09 7c 36 65 00 00 f1 01 fb 83 93 fa 01 14 c0 2c
4d 51 07 27 28 c1 34 48 02 c1 30 4e 2a c1 30 4e
1b c0 5d 2b d1 c0 5d 2b 89 c0 5d 2b 74 c1 30 35
11 c1 30 35 21 c1 30 4b 31 00|00 00 ef c9 19 b6
00 01 30 15 05 8a 00 01 d5 db 08 09 0a 0b 0c 0d
0e 0f 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
```

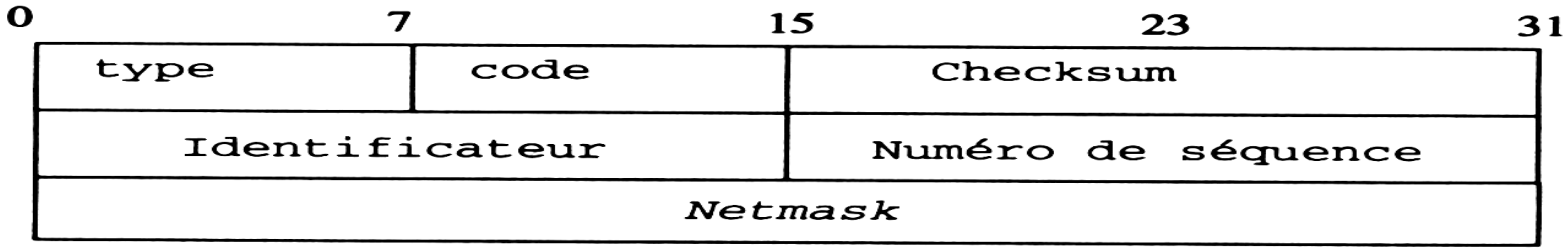
4.5.2. ADRESSE DE DIFFUSION

- Dans certaines conditions, si le routeur l ' autorise, le ping peut prendre une adresse de diffusion
- La commande ping envoie un paquet en diffusion sur le réseau distant
- Chaque machine du réseau reçoit une requête et y répond

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

4.6. DEMANDE DE NETMASK/RÉPONSE AU NETMASK

- RFC 950
- Une station pour se configurer peut émettre sur le réseau un paquet ICMP (type 17) demandant le netmask employé sur ce réseau.
- Un routeur ou une station configurée retourne le netmask utilisé en émettant un paquet ICMP (type 18)



4.7. INFORMATION SUR LES ROUTEURS (RFC 1256)

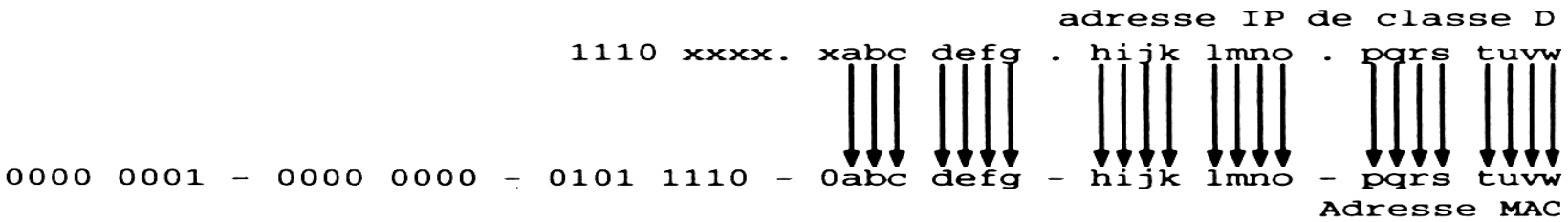
- Une station, pour émettre des données vers des stations que se trouvent sur un autre réseau, doit connaître l'adresse de routeurs
- Le protocole ICMP *router discovery* permet aux routeurs d'annoncer périodiquement leur présence
  - soit en utilisant l 'adresse de multicast 224.0.0.1
  - soit en diffusant sur le réseau local avec l 'adresse de diffusion 255.255.255.255
- Le message ICMP type 10 contient la liste des routeurs et un champ de préférence
- Les stations doivent choisir celle qui a la valeur la plus élevée
- La liste est diffusée sur le réseau toutes les 7 à 10 minutes, mais une station peut demander une retransmission en émettant un message ICP type 9

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

5. INTERNET ET LE MULTICAST (RFC 1112)

- Trois méthodes de transmission :
  - le point à point ou unicast
  - la diffusion généralisée ou broadcast
  - la diffusion restreinte ou multicast
    - adresses de classe D

- Affectation d 'une adresse de D



5.1. EMISSION/RÉCEPTION DE DONNÉES MULTICAST

- 5.1.1. Emission
  - au niveau MAC, l ’émission d ’une trame multicast ou point-à-point est identique
  - il suffit de mettre l'adresse de multicast dans le champ destination de la trame

- 5.1.2. Réception
  - plus compliquée
  - mécanisme de reconnaissance d'autres adresses au niveau Mac (cf. notion de groupes d’adresses)

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

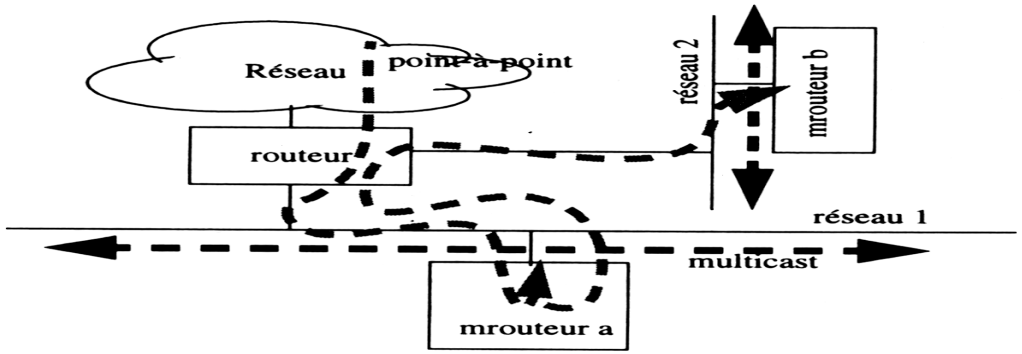
5.2. PROPAGATION DU TRAFIC MULTICAST

- 5.2.1. Les mrouteurs
- 5.2.2. Portée d'une adresse multicast

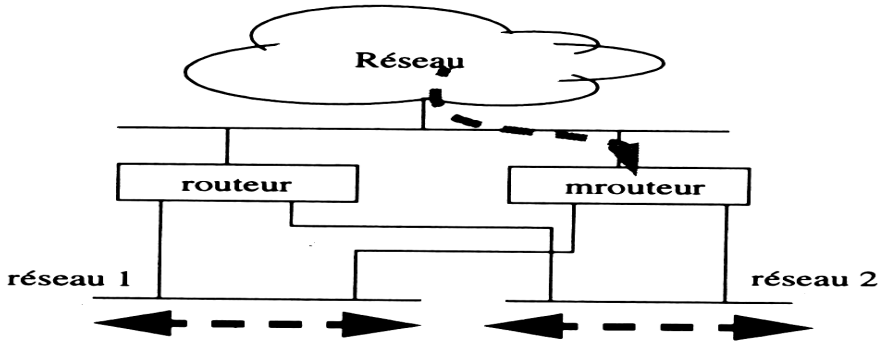
Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

5.2.1. LES MROUTEURS

- Multicast avec mrouteurs dans les stations



- Multicast avec mrouteur dédié



5.2.2. PORTÉE D'UNE ADRESSE MULTICAST

TTL	portée
0	limitée à la machine, les paquets ne sont pas émis sur le réseau,
1	limitée au sous-réseau, les paquets ne traverseront pas les mrouteurs,
32	limitée au site,
64	limitée à une région,
128	limitée à un continent,
255	aucune limitation.

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

5.3. ADRESSES DE CLASSE D RÉSERVÉES

- Les adresses comprises entre 224.0.0.0 et 224.0.0.255 sont réservées aux équipements du sous-réseau et ne sont pas prises en compte par les mrouteurs
- voir RFC 1700

adresse	TTL	seuil	
224.0.0.0	1		Réservé
224.0.0.1	1		Tous les équipements du sous-réseau
224.0.0.2	1		Tous les mrouteurs du sous-réseau
224.0.0.4	1		DVMRP
224.0.0.5	1		OSPFIGP OSPFIGP tous les routeurs
224.0.0.6	1		OSPFIGP OSPFIGP Routeurs désignés
224.0.0.9	1		RIP-2
224.0.1.10	255	224	IETF-1-LOW-AUDIO (gsm)
224.0.1.11	191	160	IETF-1 AUDIO
224.0.1.12	127	96	IETF-1-VIDEO
224.0.1.13	223	192	IETF-2-LOW-AUDIO (gsm)
224.0.1.14	159	128	IETF-2-AUDIO
224.0.1.15	95	64	IETF-2-VIDEO
224.0.1.16			MUSIC-SERVICE
224.0.6.0 - 224.0.6.127			Cornell ISIS Project

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

6. CONFIGURATION D'UNE STATION UNIX

- 6.1. L'interface réseau
  - 6.1.1. Consultation
  - 6.1.2. Configuration

Jean-Yves Tigli tigli@unice.fr Internet et Réseaux Partie 1

6.1. L'INTERFACE RÉSEAU

interface	système	
lo	tous	Loopback. Il s'agit d'une interface qui ne met en œuvre aucun protocole ni matériel. Les données ne sont émises vers aucun support physique. Cette interface est utilisée par les applications client/ serveur (comme X-window) quand le client et le serveur sont sur la même machine. Cette interface est utilisée lorsque l'on envoie des paquets IP à l'adresse IP : 127.0.0.1.
le ie lan en	sun sun hp next	Interface Ethernet/IEEE 802.3. Pour les machines sun, le et ie désignent le type de circuit Ethernet.
llc	sun	Couche de protocole contenant LLC.
iip	sun	Protocole SNAP. Ce protocole doit obligatoirement être utilisé au dessus de LLC pour pouvoir utiliser IP.
slip	sun	Protocole SLIP. Protocole utilisé pour encapsuler de l'IP dans une liaison série.
ppp	sun	Protocole PPP. Protocole utilisé pour encapsuler de l'IP dans une liaison série.
sa	sun	Interface ATM.

6.1.1. CONSULTATION

```
>ifconfig -a
le0: flags=63<UP,BROADCAST,NOTRAILERS,RUNNING>
     inet 193.52.74.81 netmask ffffffc0 broadcast 193.52.74.64
     ether 8:0:20:c:56:62
lo0: flags=49<UP,LOOPBACK,RUNNING>
     inet 127.0.0.1 netmask ff000000
```


Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1

6.1.2. CONFIGURATION

- Ifconfig
- adresse MAC :
  - ifconfig le0 82:1:2:3:4:5
- IEEE 802.3 et 802.5
  - ...
- protocole IP :
  - ifconfig le0 ‘ hostname ’ netmask + broadcast
    - /etc/hosts
    - /etc/netmask

Jean-Yves Tigli – tigli@unice.fr – Internet et Réseaux Partie 1