

Couche réseau - Protocole IP

Principe - Généralités

Protocole routé et protocole de routage

Protocole IP - Adressage IP - Différentes adresse IP

Classes d'adressage IP – Publiques et privées

Gestion des adresses IP

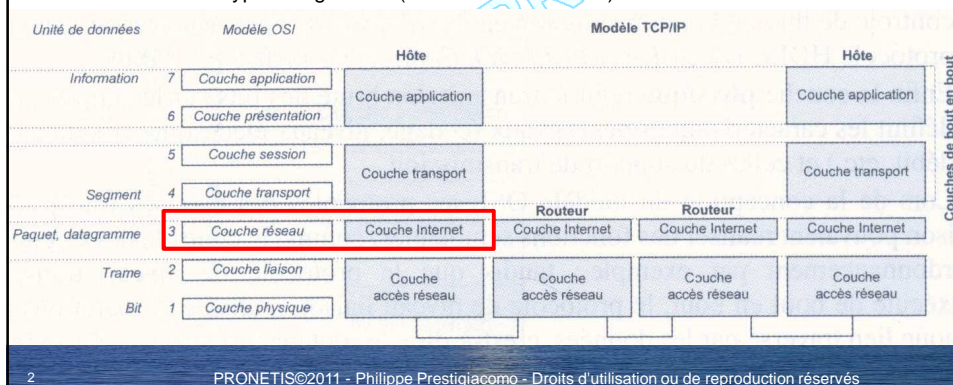
Protocoles DHCP - ARP & RARP - ICMP

IP Version V6

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Fonctions de la couche Réseau

- IP assure :
 - Une indépendance des couches supérieures vis-à-vis des réseaux physiques
 - Fournit des adresses logiques (@IP = 80.234.45.102) pour les équipements raccordés
 - Une indépendance vis à vis de la taille maximale des unités de transmission (MTU)
 - La fragmentation et le contrôle de réassemblage des datagrammes (paquets) IP
 - Un service de type datagramme (service non connecté)



2

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Principe du « Best Effort » de la couche IP

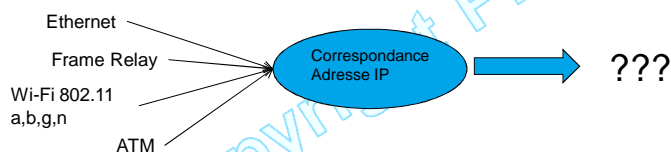
- IP fait de son mieux – Notion de « Best Effort »
 - Similaire aux services postaux = N'assure pas un acquittement à son niveau
 - Avantages
 - Simplicité et moins d'**overhead** (espace utilisé pour la signalisation et non pour transmettre des données utiles)
 - *La fiabilité est laissée aux couches supérieures*

3

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Objectif de l'adressage IP

- Besoin d'un adressage uniforme – adressage logique
- Les réseaux physiques utilisent des schémas d'adressage différents
 - Adresse Ethernet – 6 octets / adresse X25 – codes décimaux sur 14 chiffres



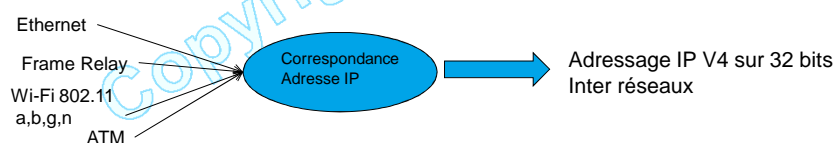
- **Comment identifier des nœuds sur un réseau logique ?**

4

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Objectif de l'adressage IP

- Solution
 - Utiliser une adresse logique pour fournir un schéma d'adressage unique pour tous les nœuds indépendamment de leur raccordement à un réseau physique
 - Adressage binaire compact assurant un routage efficace
 - Adressage « hiérarchique » par opposition à un adressage à plat (exemple Ethernet) permettant la mise en œuvre de l'interconnexion des différents réseaux



5

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : Composition d'une adresse IP V4

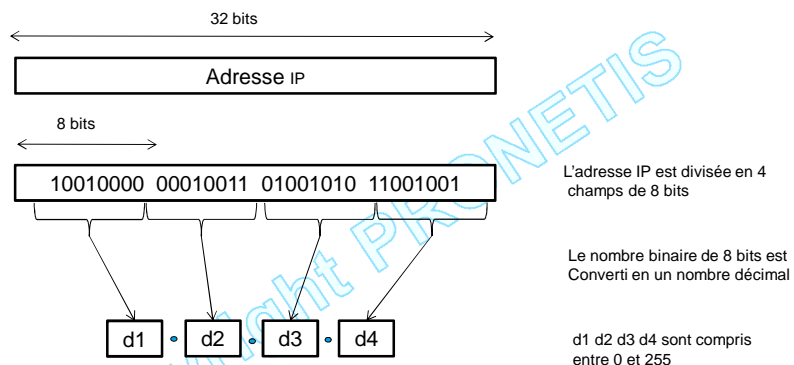
- Pour qu'un nombre binaire de 32 bits soit plus facilement manipulable, la notation décimale pointée est utilisée
- Notation décimale pointée

L'interface utilisateur concernant les adresses IP consiste en la notation de quatre entiers décimaux séparés par un point, chaque entier représentant un octet de l'adresse IP.

6

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : Composition d'une adresse IP



- Dans cet exemple, nous avons l'adresse IP suivante : 144.19.74.201

7

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : Composition d'une adresse IP V4

- Constituée d'une paire RESEAU / HOTE (netid , hostid) où :
 - **netid** (Réseau) identifie un réseau
 - **hostid** (Hôte) identifie une machine sur ce réseau.



8

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : Composition d'une adresse IP V4

- Le masque de réseau
 - Objectif : Connaître le réseau associé à une adresse IP
- Formes d'écriture d'un masque de réseau
 - Décimal pointé 255.255.255.0
 - Binaire 11111111.11111111.11111111.0



9

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : Masque de réseau

- Calcul de l'identifiant réseau en fonction du masque de sous-réseau
 - 32 bits - Utilisation du « ET » logique (voir exemple)
 - Binaire "1" = bit vérifié (bit réseau/sous-réseau)
 - Binaire "0" = bit ignoré (bit hôte)
 - Bits réseau Bits de poids fort
 - Bits hôte Bits de poids faible

Adresse machine	200.100.50.23	11001000.01100100.00110010.00010111
Masque de sous-réseau	255.255.255.0	11111111.11111111.11111111.00000000
Et logique		
Adresse réseau	200.100.50.0	11001000.01100100.00110010.00000000

10

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : Adresses de diffusion

- Une adresse de diffusion permet d'indiquer qu'un paquet est émis à l'attention de toutes les machines du réseau IP. Elle se décline en deux formats les adresses de "**diffusion limitée**" et de "**diffusion dirigée**". Elle n'est utilisée qu'en *adresse* de destination.
- **Adresse de diffusion limitée (broadcast)** : 255.255.255.255, l'adresse constituée concerne uniquement le réseau physique associé, les paquets IP avec cette adresse ne traverse pas les routeurs (d'où le nom de diffusion limitée)
- **Adresses de diffusion dirigée (broadcast)** : par convention, les adresses de diffusion dirigée n'ont que des bits à 1 dans la partie **hostid**
 - Exemple : 144.19.**255.255** correspond à l'adresse de *Broadcast* du réseau 144.19.0.0

11

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : Calcul du nombre d'hôtes d'un réseau

- Comment calcule-t-on la plage d'adresses disponibles pour les hôtes dans un réseau ?
 - La première adresse est toujours utilisée pour l'identification du réseau : 1^{ère} adresse d'un réseau
 - Un **HostID** de 0 n'est jamais assigné à une station individuelle
 - Exemple : 192.168.100.0 désigne le réseau 192.168.100
 - La dernière adresse disponible est utilisée pour l'adresse de diffusion dirigée
 - Une adresse IP dont la valeur hostid ne comprend que des 1 ne peut être attribuée à une machine réelle.
 - Exemple : 192.168.100.255 désigne l'ensemble des hôtes du réseau 192.168.100

C'est la règle de calcul $2^n - 2$

n = nombre de bits attribués au hostid

12

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : Calcul du nombre d'hôtes d'un réseau

- **Exemple**
 - L'adresse 192.168.100.2 avec le masque de réseau 255.255.255.0
 - Identifiant réseau : 192.168.100.0
 - Adresse de diffusion dans ce réseau : 192.168.100.255
 - Plage d'adresses IP disponibles pour les hôtes : 192.168.100.1 à 192.168.100.254
 - Nombre d'hôtes disponible ($2^n - 2$) : $2^8 - 2 = 254$ hôtes

13

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : Adresse de Loopback (boucle locale)

- **Adresse de boucle locale** : l'adresse réseau **127.0.0.0** est réservée pour la désignation de la machine locale (ou adresse loopback), c'est à dire la communication **intra-machine**.
- *C'est une adresse à usage de test principalement*
- La paquet IP n'atteint jamais le réseau.
- Une adresse réseau 127 ne doit, en conséquence, jamais être véhiculée sur un réseau et un routeur ne doit jamais router un datagramme pour le réseau 127.

14

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : Classes d'adressage IP

- La **notion de classe d'adressage** IP a été introduite pour assurer une meilleure utilisation de l'espace d'adressage afin de pouvoir l'adapter à chaque organisation (taille du réseau de l'entreprise)
- **Classes d'adresses IP**
 - Attribution des adresses IP publiques par l'organisation InterNIC
 - Convention d'adressage arbitraire
- **Les classes A, B, C, D et E**
 - Partie réseau net-ID
 - Partie machine host-ID

15

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : Classes d'adressage IP

Classe d'adresse	Préfixe réseau	Nombre de réseaux	Nombre de hôtes	Commentaire
A	8	127	16 777 214	Très grands réseaux – Exemple ARPANET
B	16	16 384	65 534	Réseau de taille moyenne – organisation moyennes et grandes
C	24	2 097 152	254	Réseaux d'entreprises

La classe D est réservée au domaine de diffusion multicasts

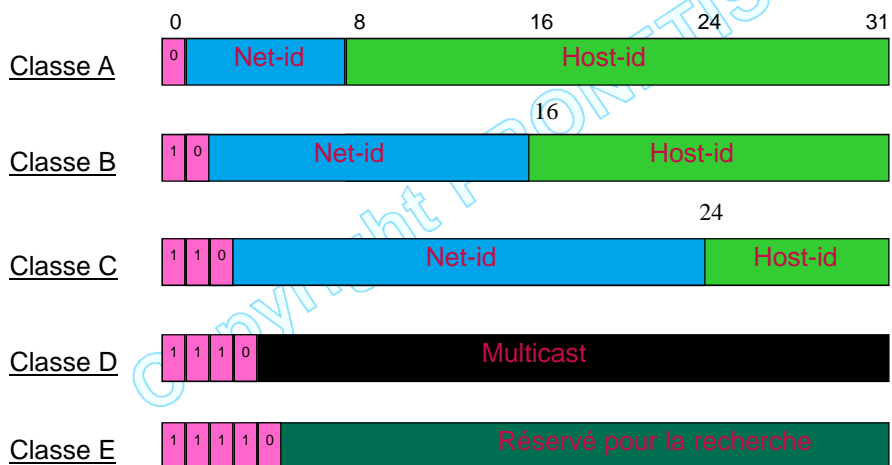
La classe E est réservée par la recherche

16

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : Classes d'adressage IP

Le premier nombre décimal dans la notation décimale de l'adresse IP indique la classe d'adresse. La distinction d'adresse de classe A, B, C, D, E est artificielle et est relative à des frontières d'octets

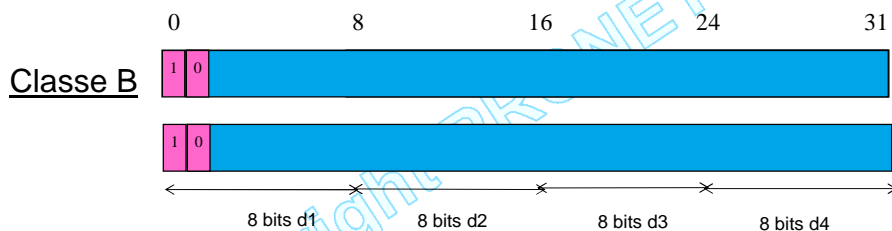


17

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : Classes d'adressage IP

- Exemple pour la classe B



Valeur minimale = 1 0 0 0 0 0 0 0 . 0 0 0 0 0 0 0 0 = 128.0 (décimal)

Valeur maximale = 1 0 1 1 1 1 1 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 = 191.255 (décimal)

Conclusion : pour une adresse de classe B, le premier nombre décimal doit être compris entre 128.0 et 191.255

18

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : Classes d'adressage IP

- Voici le résultat pour l'ensemble des classes

Classe	Préfixe réseau	NetID		HostID	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
A	8	1.	126.	0.0.1	255.255.254
B	16	128.0.	191.255.	0.1	255.254
C	24	192.	223.255.255.	1	254

- 127 est réservé pour l'adresse « loopback » 127.x.y.z

19

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : Notation du préfixe réseau

- La notation du préfixe réseau indique le nombre de bits utilisé par la masque de réseau (NetId)

Notation traditionnelle		Notation du préfixe réseau
Adresse réseau	Classe	
10.0.0.0	A	10.0.0.0/8
144.19.0.0	B	147.19.0.0/16
193.12.64.0	C	193.12.64/24

20

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : Les plages spécifiques

■ Plages d'adresses privées RFC 1918

- 10.0.0.0 à 10.255.255.255
- 172.16.0.0 à 172.31.255.255
- 192.168.0.0 à 192.168.255.255

(Voir le chapitre sur la Translation d'adresses IP)

■ Plages réservées

- 0.0.0.0 (réservé pour l'usage du DHCP)
- 0.0.0.1 à 0.255.255.255 (interdit)
- 127.0.0.0 à 127.255.255.255 (Loopback)
- 224.0.0.0 à 239.255.255.255 (Multicast)
- 255.255.255.255 (Broadcast)

21

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP

- Le protocole Internet (Internet Protocol ou IP) :
 - Réalise les fonctionnalités de la couche réseau selon le modèle OSI

Le service offert par le protocole IP est dit « non fiable » :

- Remise de paquets non garantie (pas d'accusé de réception)
- Sans connexion (paquets traités indépendamment les uns des autres),

- Le protocole IP est défini par :
 - Une unité de donnée transférée dans les interconnexions (datagramme),
 - Une fonction de routage,
 - Des règles qui mettent en œuvre la remise de paquets en mode non connecté

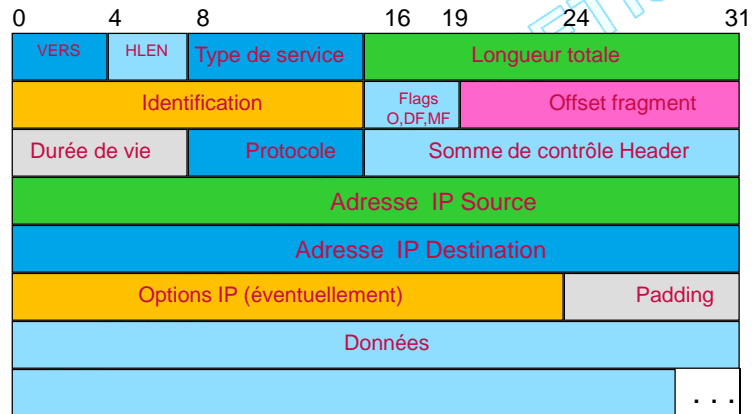
22

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP

Le datagramme IP

L'unité de transfert de base dans un réseau internet est le datagramme qui est constituée d'un en-tête et d'un champ de données:



Sans Options IP, le datagramme IP fait 20 octets !

23

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP

Signification des champs du datagramme IP :

- **VERS** : numéro de version du protocole IP, exemple version 4,
- **HLEN** : longueur de l'en-tête en mots de 32 bits,
- **Type de service** : indique comment le datagramme doit être géré :



- **PRECEDENCE (3 bits)** : définit la priorité du datagramme; en général ignoré par les machines et routeurs (pb de congestion).
- **Bits D, T, R** : indiquent le type d'acheminement désiré du datagramme, permettant à un routeur de choisir entre plusieurs routes (si elles existent) : D signifie délai court, T signifie débit élevé et R signifie grande fiabilité.

24

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : La fragmentation ?

- Sur toute machine ou routeur, une unité maximale de transfert (**Maximum Transfert Unit** ou **MTU**) définit la taille maximale d'un datagramme véhiculé sur le réseau physique correspondant
- Lorsque le datagramme transite vers un réseau physique dont le MTU est plus petit que le MTU courant, le routeur fragmente le datagramme en un certain nombre de fragments, véhiculés par autant de trames sur le réseau physique correspondant,
- Lorsque le datagramme transite vers un réseau physique dont le MTU est supérieur au MTU courant, le routeur transmet les fragments tels quels (rappel : les datagrammes peuvent emprunter des chemins différents),
- Le destinataire final reconstitue le datagramme initial à partir de l'ensemble des fragments reçus; la taille de ces fragments correspond au plus petit MTU emprunté sur le réseau. Si un seul des fragments est perdu, le datagramme initial est considéré comme perdu : la probabilité de perte d'un datagramme augmente avec la fragmentation.



25

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP : La fragmentation

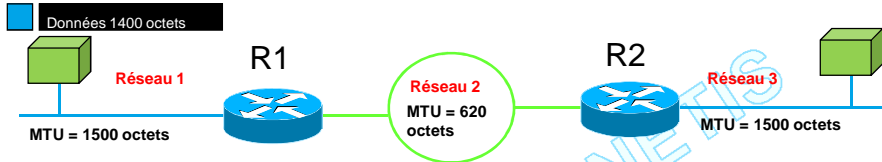
Champ	Information
Identification	Entier qui identifie le datagramme initial (utilisé pour la reconstitution à partir des fragments qui ont tous la même valeur).
O	Toujours à zéro
DF	Don't Fragment = 1 = Ne pas fragmenter ce paquet
MF	More Fragment = 1 = Ce datagramme n'est pas le dernier du datagramme initial
FRAGMENT OFFSET	Contient, pour chaque fragment, le décalage entre le premier octet de données du datagramme non fragmenté et le premier octet de données fragmenté qu'il transporte. C'est un multiple de 8 octets. Ce décalage est zéro pour le premier fragment puisqu'il contient le début de l'ensemble des données à transmettre.

Chaque fragment a une structure identique à celle du datagramme initial, seul les champs **FLAGS (DF, MF)** et **FRAGMENT OFFSET** sont spécifiques.

26

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

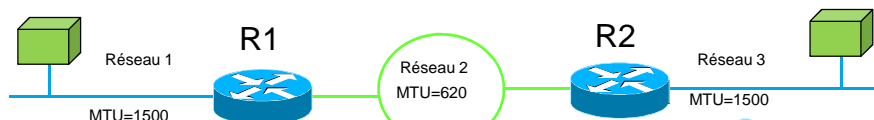
Le protocole IP : La fragmentation



- Si on ne se sert pas des options, l'en tête IP compte 20 octets.
- La quantité de données maximale (ou charge utile)** que peut transmettre le réseau intermédiaire avec un MTU de 620 octets est donc de $620 - 20 = 600$ octets.
- Mais, pour tous les datagrammes sauf le dernier, la quantité d'octets envoyés doit être un multiple de 8. Il se trouve que 600 n'est pas un multiple de 8 : $1400 / 600 = 2,33$. Dans ce cas, nous retenons le multiple de 8 immédiatement inférieur, c'est-à-dire 2.
- Divisons 1400 par 600, le résultat est $1400 = 2 * 600 + 200$

27

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés



Données 1400 octets

En-tête datagramme

EF1 et EF2 ont le bit More Fragment (MF) positionné à 1.

Le déplacement Offset (depl) est relatif au datagramme initial.

EF1 600 octets

EF2 600 octets

EF3 200 oct

EF1 600 octets

EF2 600 octets

EF3 200 oct

En-tête fragments: MF=0; depl=1200

En-tête fragments: MF=1; depl=600

En-tête fragments: MF=1; depl=00

Leur assemblage interviendra à leur arrivée dans la couche IP de l'hôte de destination. L'ordinateur de destination a tous les éléments en main pour le faire : le champ identification pour repérer les fragments d'un même datagramme, les décalages pour les assembler dans l'ordre, le champ MF pour reconnaître le dernier fragment.

28

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP

▪ Durée de vie – TTL (Time To Live)

- Ce champ indique en secondes, la durée maximale de transit du datagramme sur Internet. La machine qui émet le datagramme définit sa durée de vie.
- Les routeurs qui traitent le datagramme doivent décrémenter sa durée de vie du nombre de secondes (1 au minimum, 255 au maximum – variable selon les systèmes d'exploitation) que le datagramme a passé pendant son séjour dans le routeur; **lorsque celle-ci (TTL = 0) expire le datagramme est détruit et un message d'erreur est renvoyé à l'émetteur.**
- Aucune estampille de temps de ne figurant dans l'en-tête IP, **les routeurs n'ont pas la possibilité de mesurer le temps écoulé, les routeurs se contentent alors de décrémenter ce champ d'une unité ce qui revient à définir non pas une durée mais un nombre de sauts (TTL = Nombre de sauts).** Le TTL est généralement initialisé à 32 voire 64 sauts*.

*On considère que toute machine dans l'Internet est accessible en 32 sauts.

29

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP

▪ Protocole

Ce champ identifie le protocole de niveau supérieur dont le message est véhiculé dans le champ données du datagramme :

- 6 : TCP
- 17 : UDP
- 1 : ICMP
- 2 : IGMP
- etc...

▪ OPTIONS IP

La longueur du champ option est variable. Couteux en terme de traitement par les routeurs, ce champ est peu voire pas utilisé.

30

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Le protocole IP

Somme de contrôle de l'en-tête

- Ce champ de 16 bits permet de détecter les erreurs (et non de les corriger !) survenant dans l'en-tête IP (uniquement) du datagramme et par conséquent l'intégrité du datagramme.

- Le total de contrôle d'IP porte sur l'en-tête du datagramme et non sur les données véhiculées.** Lors du calcul, le champ HEADER CHECKSUM est initialisé à la valeur 0. *Calcul simpliste mais faible capacité de détection.*

- xxxx xxxx xxxx xxxx (VERS, HLEN, TYPE OF SERVICE)
- xxxx xxxx xxxx xxxx (TOTAL LENGTH)
- xxxx xxxx xxxx xxxx (ID, FLAGS, FRAGMENT OFFSET)
- xxxx xxxx xxxx xxxx (TIME TO LIVE, PROTOCOL)
- 0000 0000 0000 0000 (HEADER CHECKSUM)**
- xxxx xxxx xxxx xxxx (IP SOURCE)
- xxxx xxxx xxxx xxxx (IP SOURCE)
- xxxx xxxx xxxx xxxx (IP DESTINATION)
- xxxx xxxx xxxx xxxx (IP DESTINATION)
- ... (OPTIONS éventuelles + PADDING)

Tous les équipements de niveau 3, tel que les routeurs, **devront recalculer le checksum**, car il décrémente le champs TTL. <http://www.frameip.com/rfc/rfc1071.php>

31

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

capture_1 - Ethereal

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Help

Filter: Expression

No. -	Time	Source	Destination	Protocol
9	10.514863	192.168.0.2	192.168.0.255	NBNS
10	14.905554	192.168.0.2	193.252.122.103	TCP
11	14.965538	193.252.122.103	192.168.0.2	TCP

Frame 10 (62 bytes on wire, 62 bytes captured)

Ethernet II, Src: D-Link_6b:9d:95 (00:50:ba:6b:9d:95), Dst: Destination: Netgear_a9:0d:24 (00:09:5b:a9:0d:24) source: D-Link_6b:9d:95 (00:50:ba:6b:9d:95) Type: IP (0x0800)

Internet Protocol, Src: 192.168.0.2 (192.168.0.2), Dst: 193.252.122.103 (193.252.122.103) Version: 4

Header length: 20 bytes

Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; PSN...

Total Length: 48

Identification: 0x5884 (22660)

Flags: 0x04 (Don't Fragment)

Fragment offset: 0

Time to live: 128

Protocol: TCP (0x06)

Header checksum: 0xa535 [correct]

Source: 192.168.0.2 (192.168.0.2)

Destination: 193.252.122.103 (193.252.122.103)

Transmission Control Protocol, Src Port: 3601 (3601), Dst Port: 80

0000 00 09 5b a9 0d 24 00 50 ba 6b 9d 95 08 00 45 00 ..[.]

0010 00 30 58 84 40 00 80 06 a5 35 c0 a8 00 02 c1 fc .0X.6

0020 7a 67 0e 11 00 50 35 01 d1 64 00 00 00 00 70 02 zg...

0030 40 00 31 4a 00 00 02 04 05 b4 01 01 04 02 @.1j.

00 09 5b a9 02 24 : adresse MAC Src :
00 50 ba 6b 9d 95 : adresse MAC Destination
0800 : Ethernype 0800.

L'octet suivant est : 45 (hexadécimal)
Octet le plus signifiant : 4 : Type IPV4
Octet le moins signifiant : 5
5 blocs de 32 bits = 20 octets

32

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Gestion des adresses IP : DHCP

- DHCP : Dynamic Host Configuration Protocol
 - DHCP est un protocole réseau dont le rôle est d'assurer la configuration automatique des paramètres IP d'une station, notamment en lui assignant automatiquement une adresse IP et un masque de sous-réseau. L'adresse allouée redevient disponible à l'expiration du bail et peut être réallouée.
 - Les adresses IP dynamiques sont octroyées pour une durée limitée (bail DHCP)
 - Simplification de l'administration du parc de stations de travail (centralisation , des paramètres)
 - Nécessite la mise en place d'un serveur DHCP.

33

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

4 étapes de la négociation DHCP



Gestion des adresses IP : DHCP

0 7 15 23 31 bits

operation	hardware type	address length	hop count
message identification			
timestamp		flags	
client IP address			
your IP address			
server IP address			
gateway IP address			
client hardware address			
server name			
bootstrap file name			
options			

34

PRONETIS©2011 - Philippe Pres

Gestion des adresses IP : ARP – résolution d'adresse

- ARP: Address Resolution Protocol
- Le besoin
 - la communication entre machines ne peut s'effectuer qu'à travers l'interface Ethernet
 - Les applicatifs ne connaissant que des adresses IP, comment établir le lien adresse IP / adresse Ethernet?
- Comment fait un hôte pour connaître l'adresse Ethernet d'un autre hôte alors que l'on connaît que son adresse IP ?
 - Pouvez-vous configurer les adresses en dur ?
 - Pouvez utiliser l'adresse logique IP pour déterminer l'adresse Ethernet ?

35

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Gestion des adresses IP : ARP – résolution d'adresse

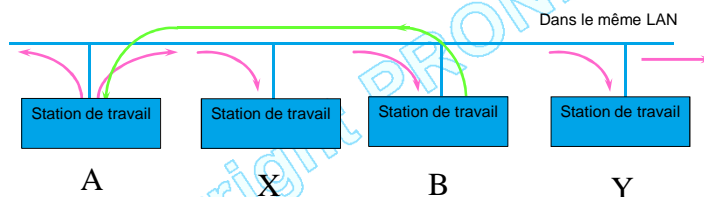
- La solution : ARP
 - Mise en place dans TCP/IP d'un protocole appelé Address Resolution Protocol (ARP)
 - Rôle de ARP : fournir à une machine donnée l'adresse physique d'une autre machine située sur le même réseau à partir de l'adresse IP de la machine destinatrice
 - Protocole ARP = Association entre une adresse IP et une adresse Ethernet
 - Protocole RARP = Association entre une adresse Ethernet et une adresse IP
- La technique :
 - Diffusion d'adresse sur le réseau physique
 - La machine émet un message contenant son adresse physique
 - Les machines non concernées ne répondent pas
 - Gestion cache pour ne pas effectuer de requête ARP à chaque émission

36

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Gestion des adresses IP : ARP – résolution d'adresse

- L'association *adresse physique - adresse IP* de l'émetteur est incluse dans la requête ARP de manière à ce que les récepteurs enregistrent l'association dans leur propre mémoire cache



- Pour connaître l'adresse physique de B, « @PhyB », à partir de son adresse IP « @IPB », la machine A **diffuse une requête ARP** qui contient l'adresse « @IPB » vers toutes les machines; la machine B **répond avec un message ARP** qui contient la paire (« @IPB », « @PhyB »).

37

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Gestion des adresses IP : ARP – résolution d'adresse

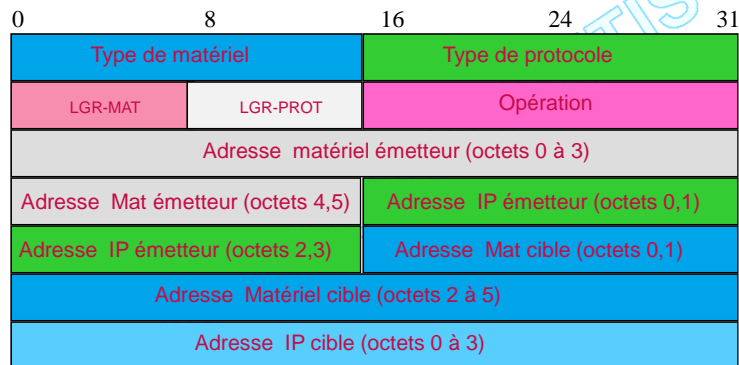
- Format du message ARP
 - La requête ARP est véhiculée dans un message protocolaire lui-même encapsulé dans la trame de liaison de données.
 - Lorsque la trame arrive à destination, la couche liaison de données détermine l'entité responsable du message encapsulé:
 - Exemple : champ type de la trame Ethernet: 0806 pour ARP
 - La structure du message ARP/RARP gère une association adresse de protocole / adresse physique indépendamment de l'interface physique et du protocole utilisé :

38

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Gestion des adresses IP : ARP – résolution d'adresse

ARP: Address Resolution Protocol



39

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomio - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Gestion des adresses IP : ICMP

- Le protocole ICMP (Internet Control Message Protocol) permet d'envoyer des messages de contrôle ou d'erreur vers d'autres machines ou routeurs.
- Beaucoup d'erreurs sont causées par l'émetteur, mais d'autres sont dues à des problèmes d'interconnexion rencontrés sur le réseau :
 - machine destination déconnectée,
 - durée de vie du datagramme expirée,
 - congestion de routeurs intermédiaires.
- Exemple : Commande « Ping »
 - Envoi d'un message « Echo request » pour vérifier la connectivité
 - Réponse avec un message « echo reply »
- Information de niveau 3
 - Time to live (TTL)
 - Problème de routage pour atteindre un hôte

40

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomio - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Protocole ICMP : format des messages

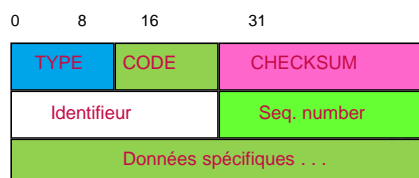
TYPE	8 bits; type de message
CODE	8 bits; informations complémentaires
CHECKSUM	16 bits; champ de contrôle
HEAD-DATA	en-tête datagramme + 64 premiers bits des données.

TYPE	Message ICMP	TYPE	Message ICMP
0	Echo Reply	13	Timestamp Request
3	Destination Unreachable	14	Timestamp Reply
4	Source Quench	15	Information Request (obsolete)
5	Redirect (change a route)	16	Information Reply (obsolete)
8	Echo Request	17	Address Mask Request
11	Time Exceeded (TTL)	18	Address Mask Reply
12	Parameter Problem with a Datagram		

41

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Protocole ICMP : format des commandes



IDENTIFIER et SEQUENCE NUMBER sont utilisés par l'émetteur pour contrôler les réponses aux requêtes, (CODE = 0).

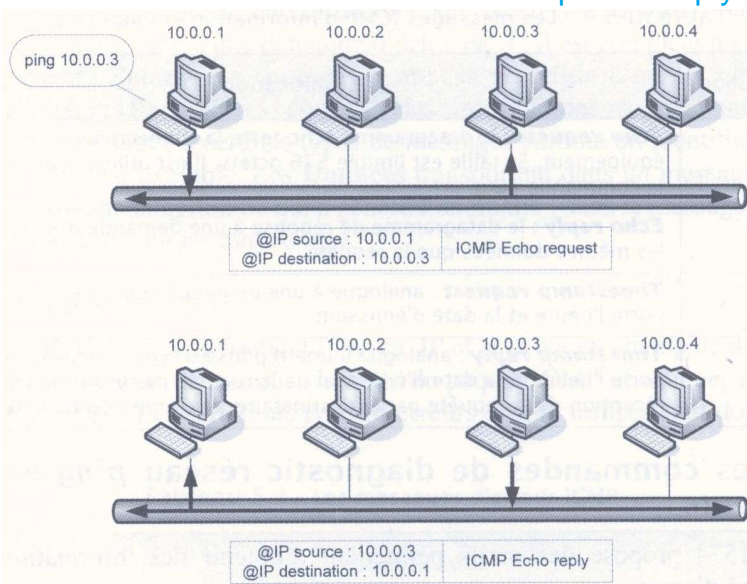
Demande d'écho

- Permettent à une machine ou routeur de déterminer la validité d'un chemin sur le réseau.
- Le champ de données spécifiques est composé de données optionnelles de longueur variable émises par la requête d'écho et devant être renvoyées par le destinataire si présentes.
- Utilisé par les outils applicatifs tels **ping** et **tracert**.

42

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Protocole ICMP : Illustration Echo request - Reply



43

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Utilitaires de la couche réseau

PING

```
C:\Users\x>ping www.1monde.fr
```

```
Envoi d'une requête 'ping' sur gp1.wac.edgecastcdn.net [93.184.220.20] avec 32 octets de données :
```

```
Réponse de 93.184.220.20 : octets=32 temps=72 ms TTL=51  
Réponse de 93.184.220.20 : octets=32 temps=90 ms TTL=51  
Réponse de 93.184.220.20 : octets=32 temps=116 ms TTL=51  
Réponse de 93.184.220.20 : octets=32 temps=141 ms TTL=51
```

```
Statistiques Ping pour 93.184.220.20:  
Paquets : envoyés = 4, reçus = 4, perdus = 0 (perte 0%),  
Durée approximative des boucles en millisecondes :  
Minimum = 72ms, Maximum = 141ms, Moyenne = 104ms
```

Le TTL est fixé en général à 128 ou à 64. Dans l'exemple, ci-dessus il y a 13 routeurs entre la source et la destination.

Mécanisme utilisé par l'outil PING

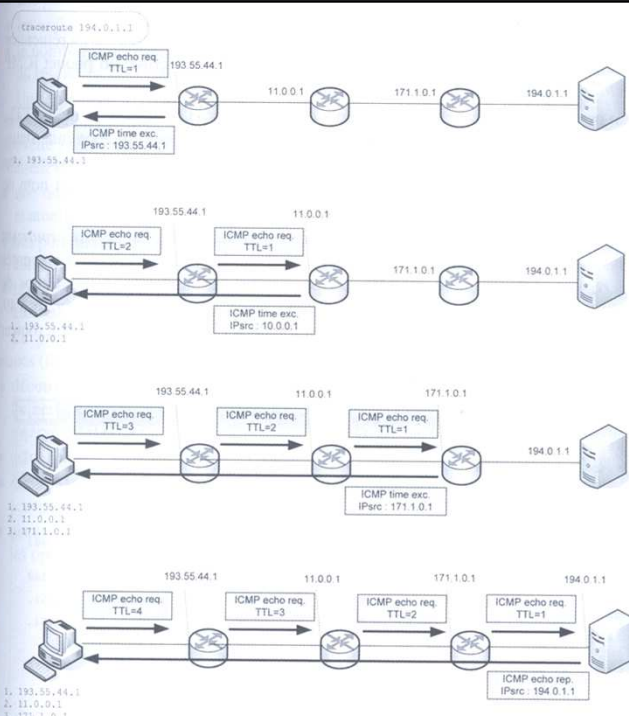
- Peut estimer le temps de propagation aller-retour (round-trip delay)

44

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Utilitaires de la couche

TRACERT



45

PRONETIS©2

Utilitaires de la couche réseau

TRACERT

```
C:\Users\x>tracert 147.94.190.246
```

Détermination de l'itinéraire vers 147.94.190.246 avec un maximum de 30 sauts.

1	12 ms	1 ms	2 ms	192.168.0.254
2	21 ms	21 ms	32 ms	82.234.222.254
3	24 ms	21 ms	22 ms	marseille-6k-1-a5.routers.proxad.net [213.228.12.126]
4	22 ms	22 ms	22 ms	marseille-9k-1-be1002.intf.routers.proxad.net [212.27.59.13]
5	27 ms	25 ms	27 ms	lyon-crs16-1-be1003.intf.routers.proxad.net [212.27.50.102]
6	40 ms	32 ms	37 ms	th2-crs16-1-be2001.intf.routers.proxad.net [212.27.59.29]
7	33 ms	36 ms	37 ms	aub-6k-1-po21.intf.routers.proxad.net [212.27.50.138]
8	37 ms	32 ms	37 ms	renater.routers.proxad.net [212.27.38.206]
9	58 ms	47 ms	131 ms	te0-1-0-3-paris1-rtr-001.noc.renater.fr [193.51.189.41]
10	45 ms	45 ms	151 ms	te0-3-1-0-lyon1-rtr-001.noc.renater.fr [193.51.189.126]
11	48 ms	43 ms	42 ms	tel-1-marseille1-rtr-021.noc.renater.fr [193.51.189.18]
12	43 ms	45 ms	52 ms	raimu-u110-gi8-2-marseille1-rtr-021.noc.renater.fr [193.51.181.181]
13	x	x	x	Délai d'attente de la demande dépassé.
14	155 ms	100 ms	99 ms	upn-internet-u1-StCharles.phocean.fr [194.214.97.4]

46

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

L'adressage dans IP V6

Apports de l'IP V6
Structure d'un datagramme IP V6

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

L'adressage dans IP V6

- **État des lieux IP V4 versus IP V6**
 - Rappel : l'IANA (Internet Assigned Numbers Authority) crée en 1992, centralise au niveau mondial la gestion des plages d'adresses IP encore libres. Elle alloue des plages d'adresses aux RIR (Regional Internet Registries) qui vont eux-mêmes les répartir entre les fournisseurs d'accès ISP. Les ISP distribuent leurs adresses à leurs clients.
 - En 2010, il existait 5 RIR :
 - AfriNIC : Afrique
 - APNIC : Asie et Pacifique
 - ARIN : Canada, Etats Unis
 - LACNIC : Amérique du sud et Caraïbes
 - RIPE NCC : Europe, Moyen Orient, une partie de l'Asie Centrale

48

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

L'adressage dans IP V6

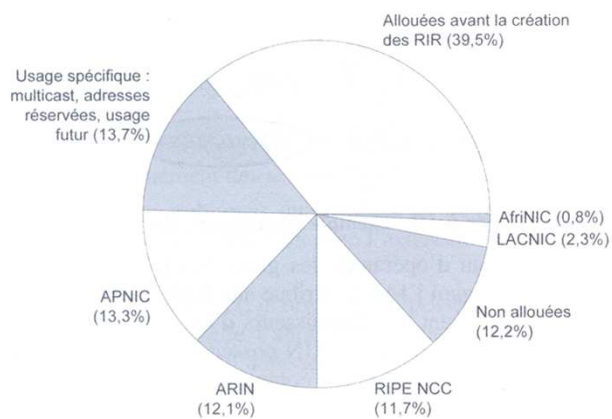
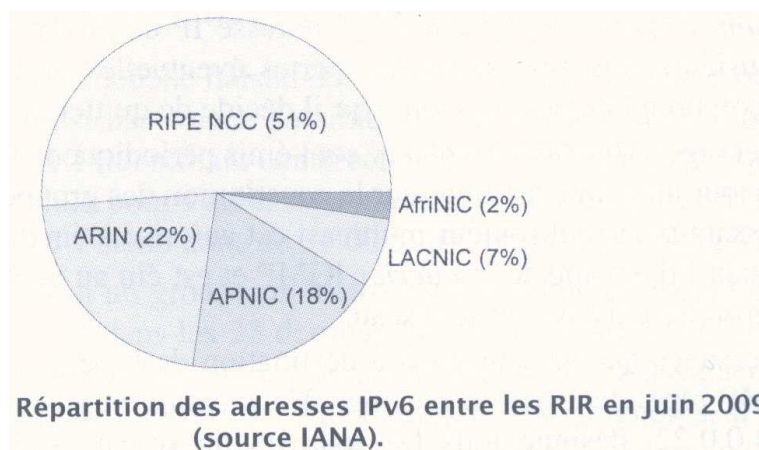


Figure 5.9 - La répartition des adresses IPv4 en 2010 (source IANA)

49

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

L'adressage dans IP V6



Répartition des adresses IPv6 entre les RIR en juin 2009 (source IANA).

50

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

L'adressage dans IP V6

- Généralités
 - Pénurie d'adressage IP publiques
 - Augmenter l'espace d'adressage codé sur 32 bits en IPV4 à 128 bits en IPV6
- IP v4
 - 32 bits – Décimal
 - $2^{32} = 4\ 294\ 967\ 296$ adresses
- IPv6 (ou IP next génération)
 - 128 bits – Hexadécimal soit $2^{128} = 3,4 \cdot 10^{38}$ adresses
 - Equivalent à plusieurs millions d'adresses IP au m² de surface terrestre

51

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

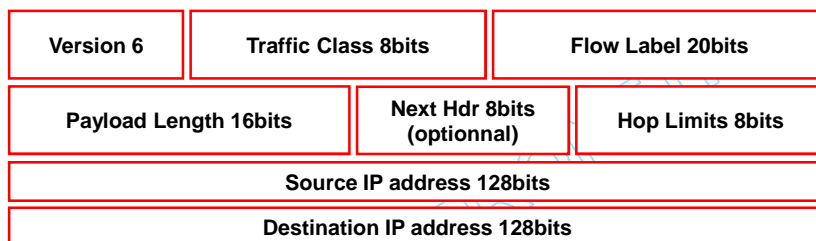
Apport de l'IP V6

- Simplification de l'en-tête IP – et par conséquent la gestion des paquets IP
- Extensibilité du nombre d'adresses IP publiques (128 bits)
- Intègre des mécanisme de qualité de service (QOS)
- Intègre des mécanismes de sécurité (chiffrement, authentification des paquets)

52

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Format de l'IP V6



IPv6 utilise *une notation spéciale (nombres hexadécimaux séparés par :) et une technique de compression de zéros pour simplifier l'écriture des adresses IPv6*

- Les notations suivantes représentent la même adresse IPv6 :

5800:00C3:0000:0000:0000:0000: F3A6 :BC4E
5800:C3:0:0:0:0:F3A6:BC4E
5800:C3::F3A6:BC4E

→ valeur hexadécimale sur 16 bits

La transition IP V4 vers IP V6

- La migration IPV4 vers IPV6 est réalisée progressivement et prendra encore du temps (A débiter en 2000 !!!!!)
- Durant cette migration, les deux versions de protocoles peuvent cohabiter ensembles.

Pause-réflexion

Avez-vous des questions ?



55

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Résumé du module

**Fonctionnalités
de la couche IP**

**Structure du
datagramme IP
IP V4**

**Fragmentation et
MTU**

**Masque réseau
Adresse hôtes
Broadcast
Loopback**

**Classes
d'adressage IP**

**Adresses IP
publiques et
privées**

**Protocoles de la
couche réseau :
IP, ARP-RARP,
DHCP, ICMP**

**Évolution
de l'IP V4 vers
l'IP V6**

56

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

FIN DU MODULE

Copyright PRONETIS