

Les réseaux
Technologies IP

Internet et
Le protocole IP (internet protocol)

Historique d'Internet

1969: création par le DOD d'un réseau ARPANET utilisé pour échanger de données (4 ordinateurs reliés)

1973: création de ftp et premiers liens vers l'Europe

1978: création des emails

1987: réseau mondial (recherche)

1992: protocole HTTP, environ 100000 sites

1998: 35 millions de sites

2010

Icons of the Web



- | | | | | | |
|--------------------|------------|-------------|-------------|--|-----------------------|
| Google | Microsoft | vBulletin | Plexk | 4shared | xHamster |
| Facebook | Twitter | Mail.ru | YouPorn | LiveJournal | FriendFinder Networks |
| Yahoo! | MySpace | IMDb | MediaFire | Joomla! | Rediff.com |
| YouTube | Bing | LinkedIn | Kaiwinoon | Travian | The New York Times |
| The empty file | LiveJasmin | GO.com | CNN | Livedoor | Digg |
| MSN | RapidShare | Sobu.com | Megavideo | Renren | Clicksor |
| Wikipedia | Orkut | Megaupload | Blogger | Odnoklassniki | The Weather Channel |
| WordPress | Yandex | DoubleClick | Soso | The Pirate Bay | TypePad |
| Gravatar | AOL | Plexk | XVideos.com | RedTube | MyWebSearch |
| Yahoo! web hosting | Yandex | Apple | ESPN | Made with Wmap | |
| Yahoo! Japan | Flickr | His | Adobe | <small>Wmap is a free online tool that allows you to create a map of your website's content. It is a simple and easy-to-use tool that can be used by anyone. It is a great way to see how your website is organized and to make sure that it is easy to navigate. It is also a great way to see how your website is performing and to make sure that it is up-to-date. Wmap is a free online tool that allows you to create a map of your website's content. It is a simple and easy-to-use tool that can be used by anyone. It is a great way to see how your website is organized and to make sure that it is easy to navigate. It is also a great way to see how your website is performing and to make sure that it is up-to-date.</small> | |
| eBay | VKontakte | About.com | ImageShack | <small>Wmap is a free online tool that allows you to create a map of your website's content. It is a simple and easy-to-use tool that can be used by anyone. It is a great way to see how your website is organized and to make sure that it is easy to navigate. It is also a great way to see how your website is performing and to make sure that it is up-to-date. Wmap is a free online tool that allows you to create a map of your website's content. It is a simple and easy-to-use tool that can be used by anyone. It is a great way to see how your website is organized and to make sure that it is easy to navigate. It is also a great way to see how your website is performing and to make sure that it is up-to-date.</small> | |
| Microsoft | Craigslist | Youku | Rakuten | <small>Wmap is a free online tool that allows you to create a map of your website's content. It is a simple and easy-to-use tool that can be used by anyone. It is a great way to see how your website is organized and to make sure that it is easy to navigate. It is also a great way to see how your website is performing and to make sure that it is up-to-date. Wmap is a free online tool that allows you to create a map of your website's content. It is a simple and easy-to-use tool that can be used by anyone. It is a great way to see how your website is organized and to make sure that it is easy to navigate. It is also a great way to see how your website is performing and to make sure that it is up-to-date.</small> | |

2013

Icons of the Web

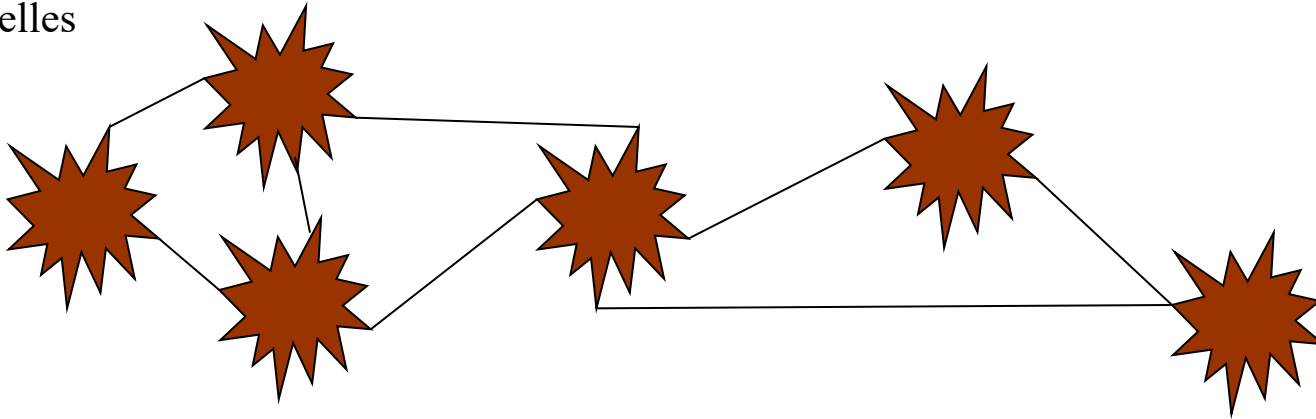


- | | | | | | |
|--------------|---------------|-----------------------|-------------|--|--------------------|
| Google | LinkedIn | Tumblr | xHamster | Pornhub | Flickr |
| Facebook | WordPress.com | Apple | Adobe | Odnoklassniki | RedTube |
| YouTube | Sina | Sina Weibo | XVideos | AOL | MediaFire |
| Yahoo! | Bing | Mail.ru | Go.com | Youku | Livedoor |
| Wikipedia | Babylon | VK | Sobu | The Huffington Post | Phoenix Television |
| Baidu | Yahoo! Japan | PayPal | MyWebSearch | CNN | DailyMotion |
| Amazon | Microsoft | Pinterest | Tinull | Ameba | UOL |
| Windows Live | NetEase | AVG | Adcash | Sogou | Netflix |
| QQ | Yandex | Fujian Collective Two | Craigslist | Stack Overflow | Alibaba |
| Twitter | hao123 | Soso | AdFly | The Pirate Bay | Rakuten |
| eBay | Conduit | LiveJasmin | About.com | Made with Wmap | |
| Taobao | Blogger | IMDb | Instagram | <small>Wmap is a free online tool that allows you to create a map of your website's content. It is a simple and easy-to-use tool that can be used by anyone. It is a great way to see how your website is organized and to make sure that it is easy to navigate. It is also a great way to see how your website is performing and to make sure that it is up-to-date. Wmap is a free online tool that allows you to create a map of your website's content. It is a simple and easy-to-use tool that can be used by anyone. It is a great way to see how your website is organized and to make sure that it is easy to navigate. It is also a great way to see how your website is performing and to make sure that it is up-to-date.</small> | |
| MSN | Ask.com | BBC | Levi | <small>Wmap is a free online tool that allows you to create a map of your website's content. It is a simple and easy-to-use tool that can be used by anyone. It is a great way to see how your website is organized and to make sure that it is easy to navigate. It is also a great way to see how your website is performing and to make sure that it is up-to-date. Wmap is a free online tool that allows you to create a map of your website's content. It is a simple and easy-to-use tool that can be used by anyone. It is a great way to see how your website is organized and to make sure that it is easy to navigate. It is also a great way to see how your website is performing and to make sure that it is up-to-date.</small> | |

Ethernet suffisant ?

Ethernet = protocole de réseau local

Internet = groupement de réseaux (Ethernet, X.25, Frame relay, FDDI...) interconnectés par des passerelles



⇒ Besoin d'autres protocoles permettant

- Le routage de paquets dans ces réseaux
- Le transport de données fiable
- L'adressage "mondial" des stations
- L'interconnexion de réseaux différents

⇒ protocoles IP TCP

IP: pourquoi faire?

➤ Rôle d'IP (Internet Protocol)

- Routage des paquets (atteindre la station destinatrice dans un réseau maillé)
- Adressage international des stations pour les identifier
- Masquer détails de communication physique

➤ Le protocole IP définit :

- l'unité de donnée transférée dans les interconnexions (datagramme),
- la fonction de routage,
- les règles qui mettent en oeuvre la remise de datagrammes en mode non connecté

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

remise de datagrammes non garantie,
sans connexion (datagrammes traités indépendamment les uns des autres),
Fait pour le mieux (*best effort*, les datagrammes ne sont pas éliminés sans raison).

IPv4, IPv6 ?

IPv4 : version 4

voir cours

IPv6 : version 6

Nouveau protocole pour améliorer la version 4

1. augmenter le nombre d'adresses : codées sur 160 au lieu de 4
2. simplification de l'en-tête des datagrammes (6 champs contre 12 pour IPv4). Ce changement permet aux routeurs de traiter les datagrammes plus rapidement et améliore globalement leur débit.
3. souplesse des options: champs obligatoires auparavant ne le sont plus. accélère le temps de traitement des datagrammes.
4. plus grande sécurité
5. donner des priorités aux paquets IP

IPv4, IPv6 ?

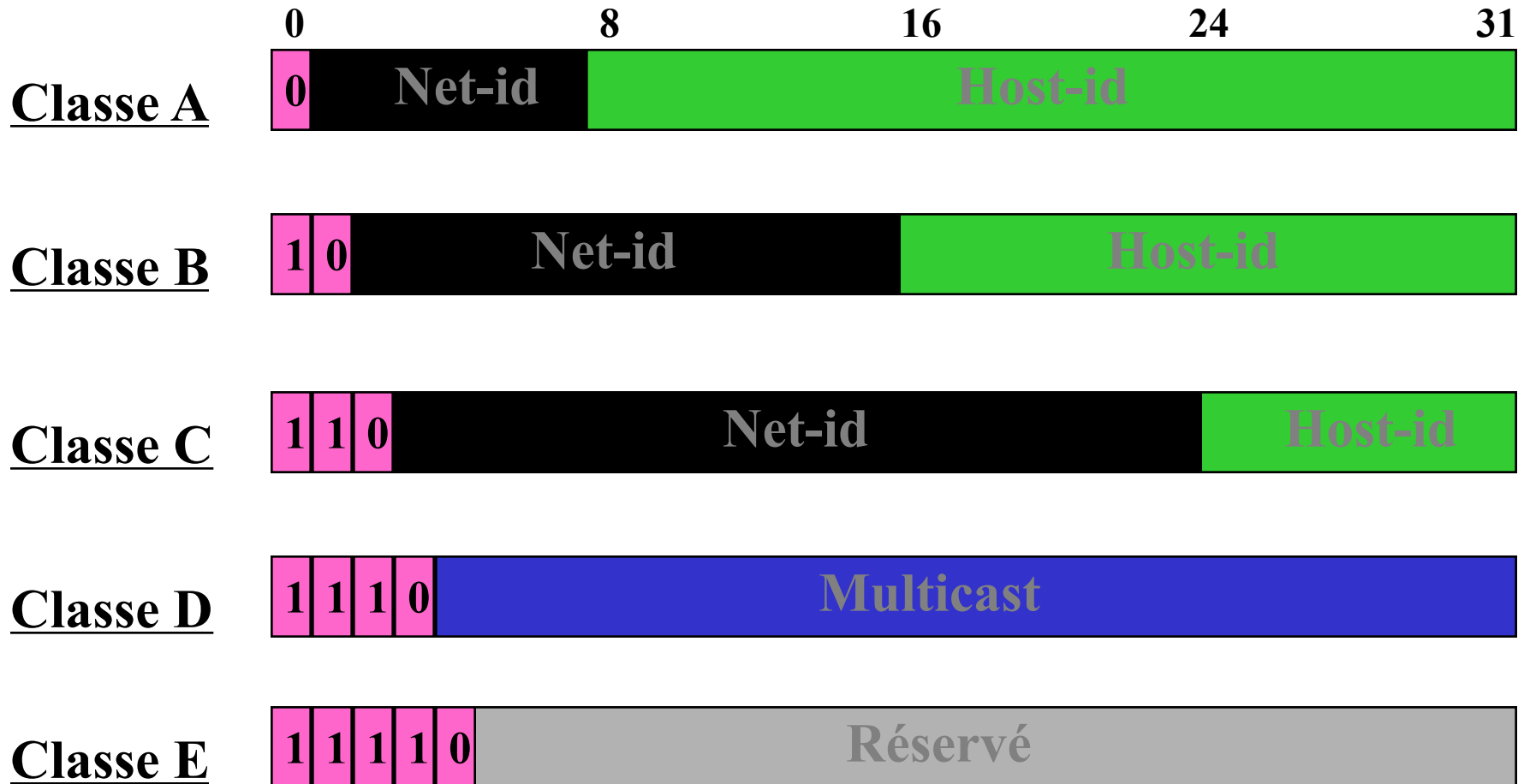
Bilan:

- plusieurs solutions pour faire durer IPv4 (nat, intranet, IPsec,...)
- toujours principalement en IPv4 alors que de nombreux routeurs supportent IPv4
- Utilisation d'IPv6 principalement par tunnels IPv6
- Epuisement des adresses v4 en 2012?
 - On parlait aussi de fevrier 2011 (et justement congres V6 world congres à paris)
 - Avril 2010, reste 8%

Records:

- Internet 2 (IPv4) transfert 6,25 Gbits/s sur 11000km
- IPv6 transfert 4Gbits/s

L'adressage IPv4 (Internet)



L'adressage IPv4 (Internet)

- **Adresses réseau** : adresse IP dont la partie hôte ne comprend que des zéros; la valeur zéro ne peut être attribuée à une machine réelle : 191.20.0.0 désigne le réseau de classe B 191.20.
- **Adresses de diffusion** : la partie hôte ne contient que des 1
191.20.255.255 désigne toutes les machines du réseau 191.20.
- **Adresse de boucle locale** : l'adresse réseau 127.0.0.0 est réservée pour la désignation de la machine locale, c'est à dire la communication intra-machine

Tout réseau IP possède une adresse réseau + une adresse de diffusion (broadcast)

Le sous-adressage

Le sous-adressage est une extension du plan d'adressage initial

Il a été introduit afin de limiter la consommation d'adresses IP qui permet également de diminuer

- la gestion administrative des adresses IP,
- la taille des tables de routage des passerelles,
- la taille des informations de routage,
- le traitement effectué au niveau des passerelles.

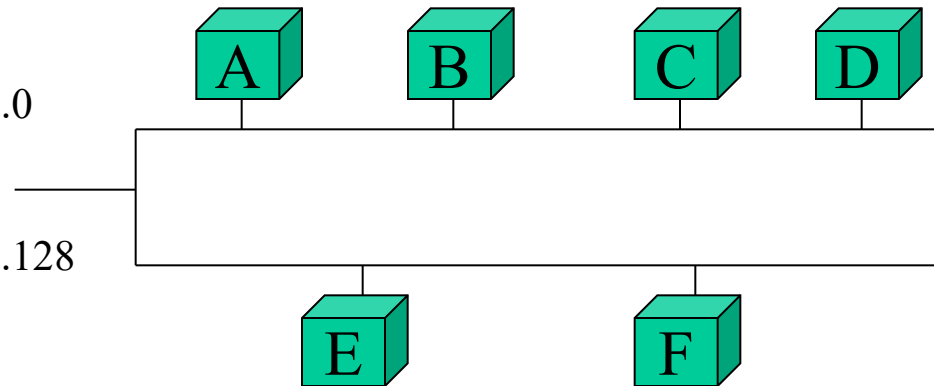
Principe

Attribuer plusieurs bits de l'identificateur de machine à l'adresse du réseau

On crée des réseaux dans le réseau = sous-réseaux (subnet)

192.168.105.0000000 = 192.168.105.0

192.168.105.1000000 = 192.168.105.128



Les bits en bleu délimitent 2 sous réseaux

Les bits en rouge restent pour identifier les machines

Le sous-adressage

Nombre de sous réseaux : **2 RFC peuvent s'appliquer:**

On prends n bits pour faire des sous-réseaux:

RFC 1860 : $2^n - 2$,

RFC 1878 : 2^n

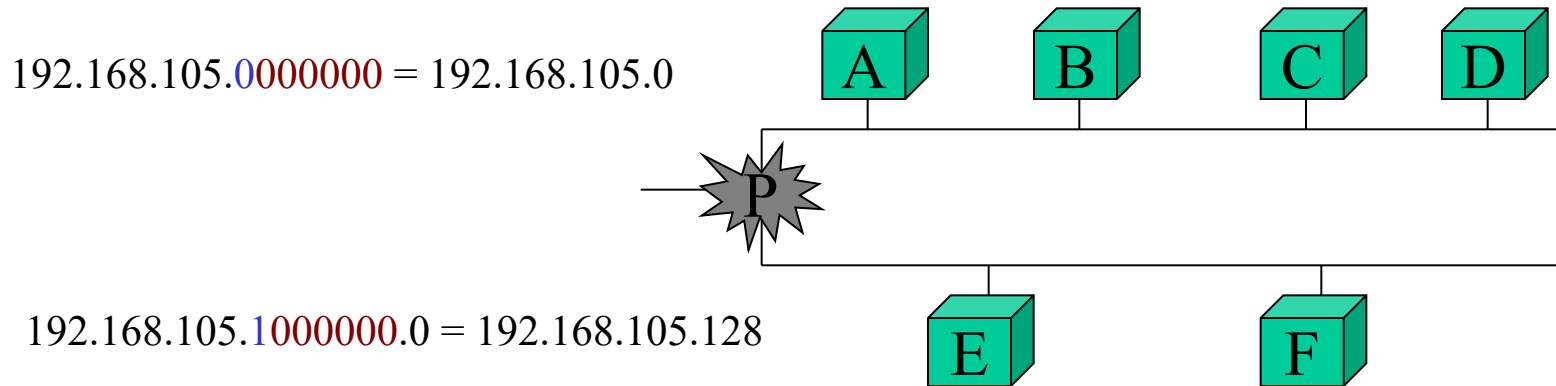
RFC 1878, plus récente, notamment utilisée par CISCO

Le sous-adressage

- Exemple classe C et 2bits pour faire des ss-réseaux:

Bits	adr ss_R	addr hosts	broadcast
00	N.N.N.0	N.N.N.1-62	N.N.N.63
01	N.N.N.64	N.N.N.65-126	N.N.N.127
10	N.N.N.128	N.N.N.129-190	N.N.N.191
11	N.N.N.192	N.N.N.193-254	N.N.N.255

Le sous-adressage



➤ Raccord des 2 sous- réseaux par une passerelle (routeur)

➤ La passerelle P accepte tout le trafic destiné au réseau 192.168.0.0 et sélectionne le sous-réseau en fonction des 2 premiers bits du dernier octet de l'adresse destination.

Problème: comment savoir que 1 bit est utilisé et pas 2,3 ???

Utilisation d'un nombre indiquant le nombre de bits attribués à l'identificateur de réseau et sous-réseau :

Le masque de sous réseau (subnet mask)

Le sous-adressage

Bits du masque de sous-réseau (*subnet mask*) :

positionnés à 1 : partie réseau,
positionnés à 0 : partie machine

Exemple 1:

Adresse de classe C : 192.168.105.30 sans sous-réseau

Les premiers octets servent à identifier le réseau le dernier la machine

Masque de sous réseau = 11111111.11111111.11111111.00000000 = 255.255.255.0 en décimal

Exemple 2:

Adresse de classe C 192.168.105.129 avec un sous réseau sur 2 bits

= 10000001 \Rightarrow 10 pour identifier le sous réseau et 000001 pour identifier la machine

Masque de sous réseau: 11111111.11111111.11111111.11000000 = 255.255.255.192

Attention:

Un sous-réseau est toujours un réseau !!!

Il possède une **adresse de réseau** = identificateur réseau suivi de 00000000.....

Il possède une **adresse de broadcast** = identificateur réseau suivi de 11111111.....

Le sous-adressage

Notation CIDR

CIDR : Classless Inter Domain Routing
(RFC 1518 et RFC 1519)

Convention qui spécifie le nombre de bits utilisé
pour la partie réseau.

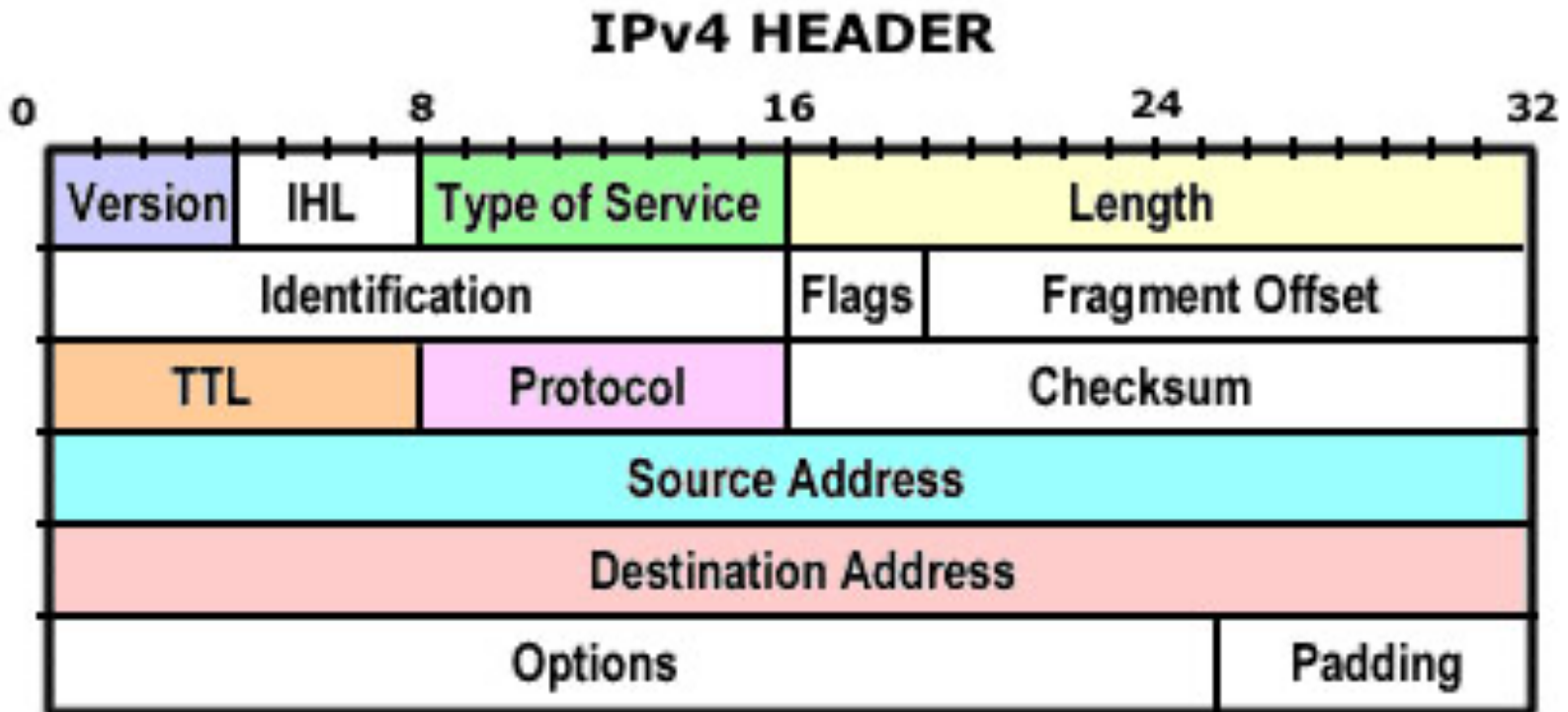
Exemples :

142.12.42.145/24 \Leftrightarrow 142.12.42.145 255.255.255.0

153.121.219.14/20 \Leftrightarrow 153.121.219.14 255.255.240.0

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:



Le datagramme IP

- **VERS** : numéro de version de protocole IP, actuellement version 4,
- **HLEN** : longueur de l'en-tête en mots de 32 bits, généralement égal à 5 (pas d'option),
- **Longueur totale** : longueur totale du datagramme (en-tête + données)
- **Type de service** : indique comment le datagramme doit être géré :
 - Priorité
 - Indication aux passerelles pour l'acheminement
- **Durée de vie**
 - Ce champ indique la durée maximale de transit du datagramme sur Internet. La machine qui émet le datagramme définit sa durée de vie.
 - Les passerelles qui traitent le datagramme doivent décrémenter sa durée de vie; lorsque celle-ci expire le datagramme est détruit et un message d'erreur est renvoyé à l'émetteur.

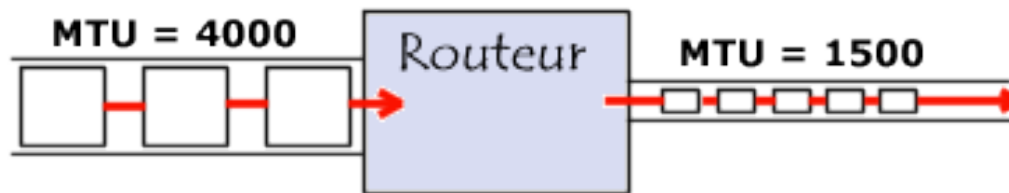
- **Protocole**

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.

Le datagramme IP

- Taille d'un datagramme maximale est de 65535 octets.
- Cette valeur n'est jamais atteinte car les réseaux n'ont pas une capacité suffisante pour envoyer de si gros paquets.
- Taille maximale d'un datagramme varie suivant le type de réseau. La taille maximale d'une trame est appelée *MTU* (Maximum Transfer Unit),
- Fragmentation du datagramme si celui-ci a une taille plus importante que le MTU du réseau



- La fragmentation d'un datagramme se fait au niveau des routeurs, c'est-à-dire lors de la transition d'un réseau dont le MTU est important à un réseau dont le MTU est plus faible.

Le datagramme IP

Pour tenir compte de la fragmentation, chaque datagramme possède plusieurs champs permettant leur réassemblage:

IDENTIFICATION :

entier qui identifie le datagramme initial (utilisé pour la reconstitution à partir des fragments qui ont tous la même identification).

FRAGMENT OFFSET :

champ permettant de connaître la position du début du fragment dans le datagramme initial

Longueur totale :

taille du fragment et non pas celle du datagramme initial.

A partir du dernier fragment (TOTAL LENGTH, FRAGMENT OFFSET et FLAGS) on peut déterminer la taille du datagramme initial.

FLAGS :

contient un bit appelé "*do not fragment*" (01X)

un autre bit appelé "*More fragments*" (FLAGS = 001 signifie d'autres fragments à suivre) permet au destinataire final de reconstituer le datagramme initial en identifiant les différents fragments (milieu ou fin du datagramme initial)

Le datagramme IP

Somme de contrôle de l'en-tête :

Ce champ permet de détecter les erreurs survenant dans l'en-tête du datagramme, et par conséquent l'intégrité du datagramme.

OPTIONS :

Le champ OPTIONS est facultatif et de longueur variable. Les options concernent essentiellement des fonctionnalités de mise au point.

EX:

Enregistrement de route (classe = 0, option = 7) : permet à la source de créer une liste d'adresse IP vide et de demander à chaque passerelle d'ajouter son adresse dans la liste.

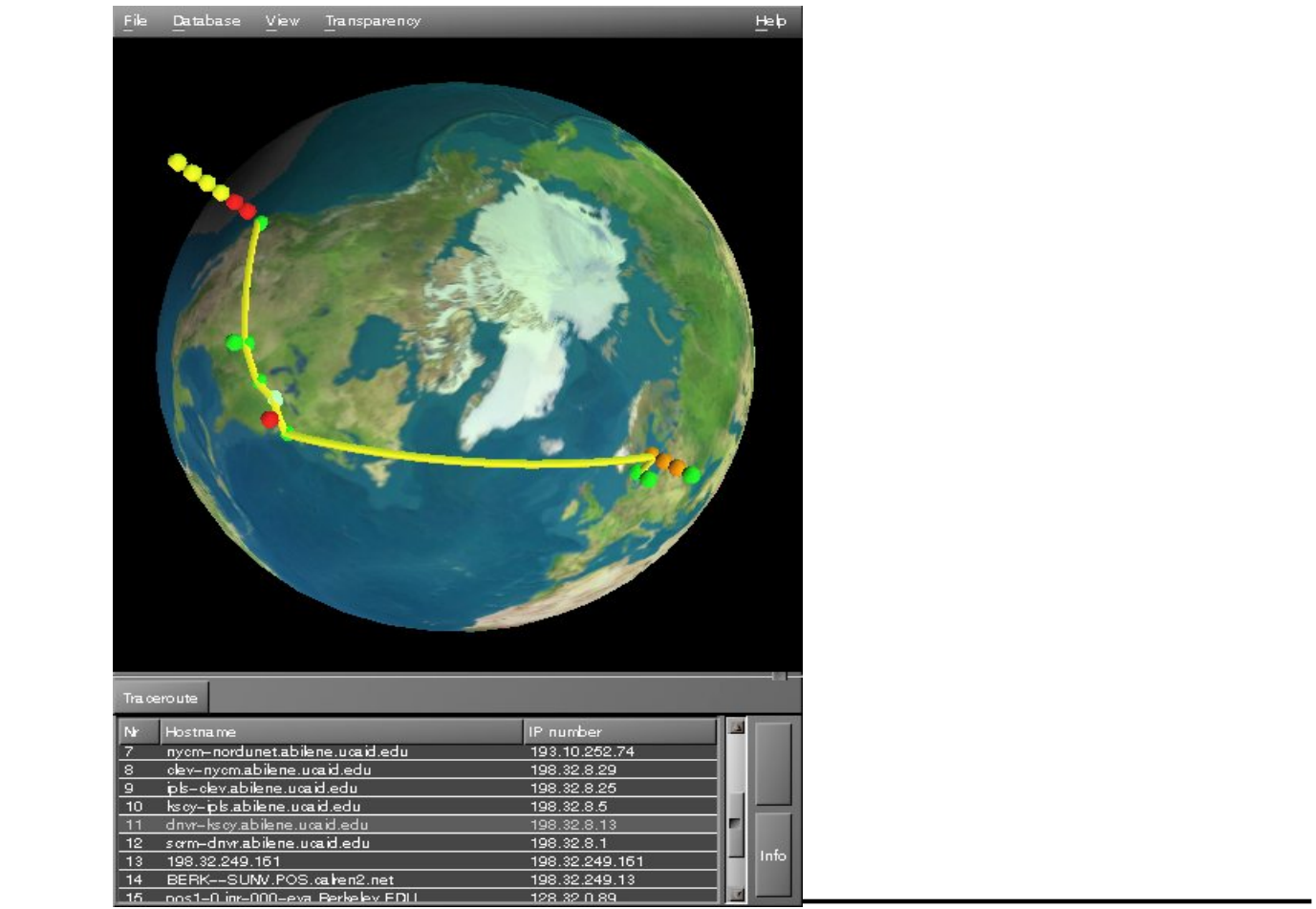
Routage strict prédéfini par l'émetteur (classe = 0, option = 9): prédéfinit le routage qui doit être utilisé dans l'interconnexion en indiquant la suite des adresses IP dans l'option.

Horodatage (classe = 2, option = 4) : cette option permet d'obtenir les temps de passage (*timestamp*) des datagrammes dans les passerelles. Exprimé en heure et date universelle.

Le datagramme IP

Utilisation des options Enregistrement de route et Horodatage

⇒ Traceroute (et xtracroute)



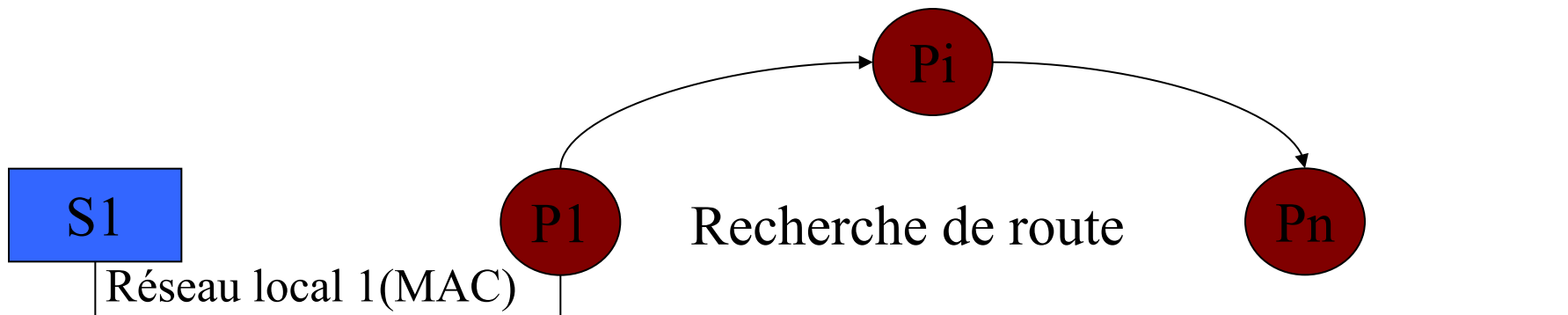
Le datagramme IP

D'autres outils (tant qu'on y est...)

- Wireshark
- Ngrep
- Nmap (scanner de ports entre autre...)
- TCPOptimizer
- VNC
- Nagios (outil de diagnostique de vérification, ...)

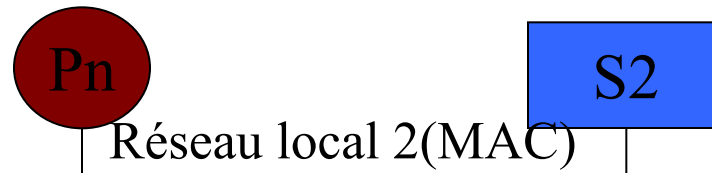
Transmission d'un paquet IP

1. l'entité expéditrice détermine à quelle entité IP envoyer le paquet (utilisation des serveur DNS si nécessaire)
2. Recherche de l'adresse MAC du destinataire (ARP) si celui-ci n'est pas connecté dans le même réseau local => réception de l'adresse MAC de la passerelle
3. La passerelle transmet le paquet au prochain routeur ... au prochain routeur... au routeur connecté au réseau local de la station destinatrice



Transmission d'un paquet IP

4. La dernière passerelle effectue une requête ARP pour connaître l'adresse MAC de la station destinatrice
5. La station destinatrice réceptionne le paquet



Le protocole ICMP

➤ Protocole de gestion d'IP (contrôle et rapport)

➤ ICMP permet

- d'identifier par leurs adresses IP les machines présentes sur le réseau
- Contrôle de flux
- Rediriger un flux de paquet
- Synchroniser des horloges sur deux stations distantes

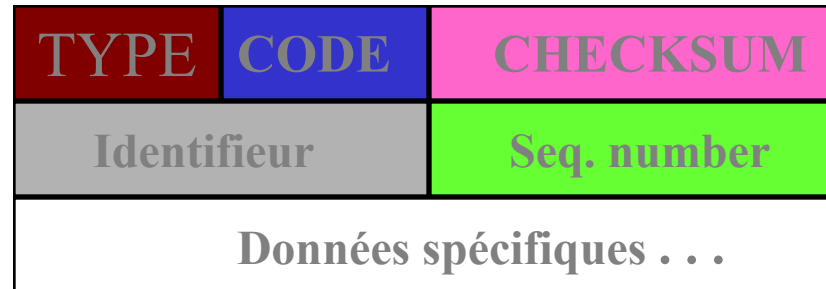
➤ ICMP rapporte les messages d'erreur à l'émetteur initial.

- Beaucoup d'erreurs sont causées par l'émetteur, mais d'autres sont dues à des problèmes d'interconnexions rencontrées sur l'Internet :

ex:machine destination déconnectée,
durée de vie du datagramme expirée,
congestion de passerelles intermédiaires ... etc

➤ ICMP est utilisable par un programmeur en reprenant des bibliothèques (sans réécrire toute la pile tcp/ip!!!!!!)

ICMP : format des messages



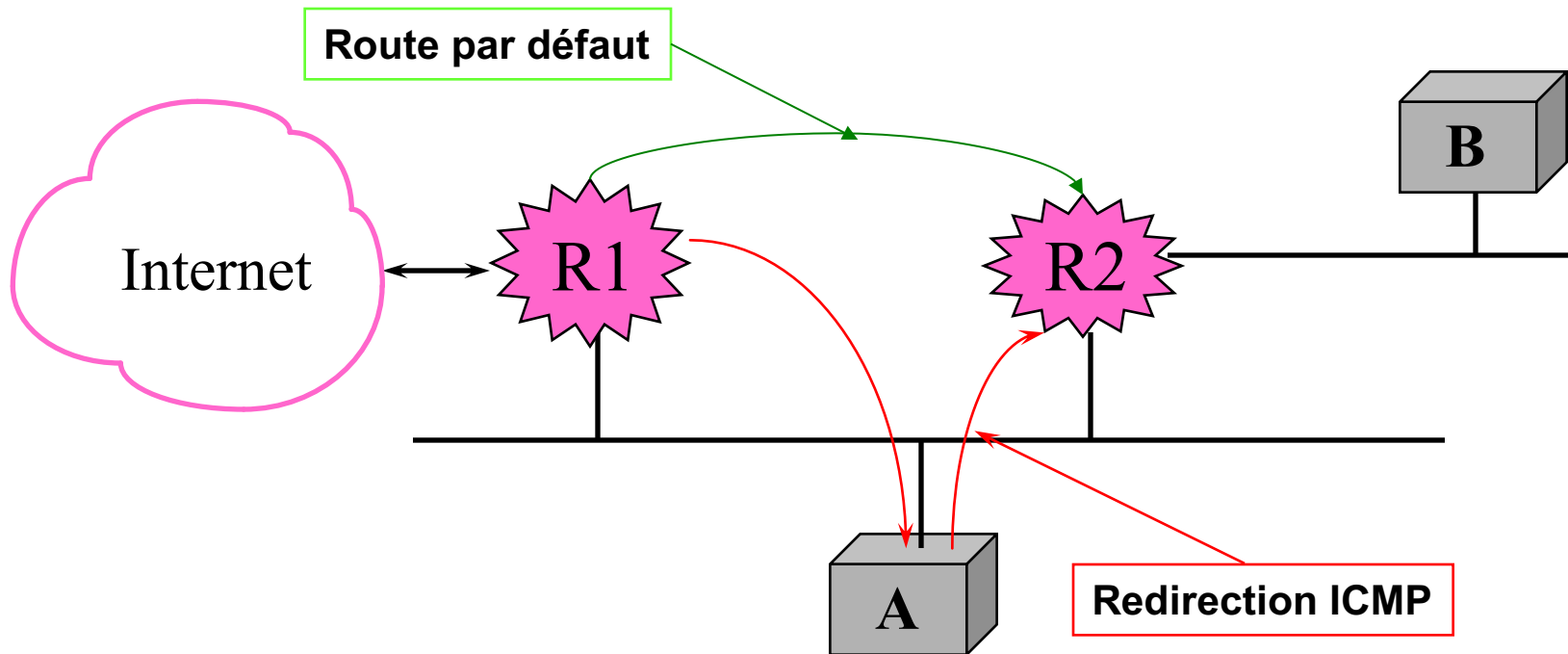
TYPE	8 bits; type de message
CODE	8 bits; informations complémentaires
CHECKSUM	16 bits; champ de contrôle
HEAD-DATA	en-tête datagramme + 64 premiers bits des données.

Exemple de Message ICMP:

type=0	Echo Reply (réponse ping)
type=8	Echo Request (requête ping)

ICMP : modification de route

Une station peut transmettre un message ICMP de redirection de route vers une autre station reliée au même réseau:



Une fois la redirection effectuée, les datagrammes seront acheminés vers la passerelle appropriée.

IPv6

IPv6 fonctionnalités

- **L'espace d'adressage**

extension de l'espace d'adressage de 32 bits à 128 bits

=> adresser un espace beaucoup plus grand (10 E+9 réseaux au minimum)

- **La simplification des accès**

espace d'adressage IPv6 ouvre un champ nouveau qui simplifie l'accès à tout type

de terminal. Mécanismes de type NAT (Translation d'Adresses) n'ont plus lieu d'être.

- **La simplification de la configuration des réseaux**

IPv6 est « plug and play ». IPv6 intègre un mécanisme d'autoconfiguration sans serveur, permettant à un terminal de construire simplement son adresse à partir d'un préfixe diffusé par le routeur local. Il n'est donc plus utile d'installer, ni de maintenir un serveur DHCP.

IPv6 fonctionnalités

- **La gestion de la mobilité**

localiser le terminal, acheminer les informations vers la nouvelle destination, sans modifier la connexion en cours.

- **La sécurisation des échanges**

améliorations réalisées pour sécuriser IPv4 (IPSec, proxy, firewall) sont mises en oeuvre de façon analogue sur IPv6.

IPv6 apporte une solution immédiate à la sécurisation des flux de bout en bout (IPSec de bout en bout), qui n'est pas possible à travers d'architectures IPv4 basées sur des NAT.

- **Routage plus efficace**

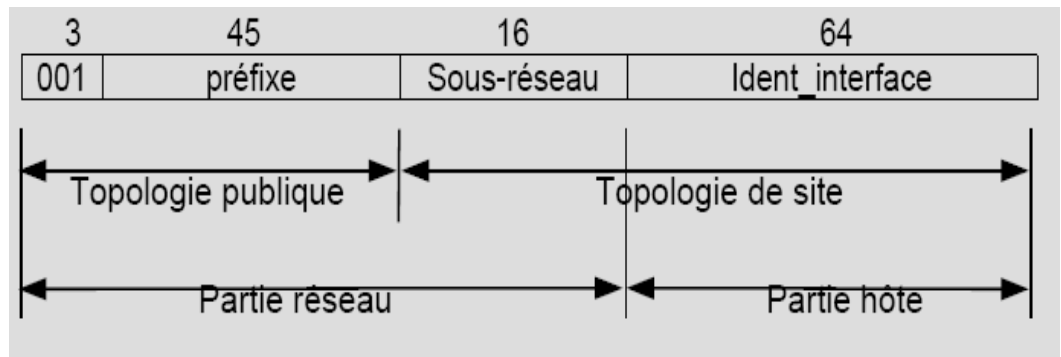
Réduire les entêtes, créer des chainages d'entête optionnelles,
Pas de checksum à calculer, pas de champs longueur sur l'entête

IPv6 fonctionnalités

- IPv6, RFC 1883
- Date de 1995
- Mais depuis, de nombreuses modifications et extensions supplémentaires
- 340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456 adresses possibles en théorie
- Plan d'adressage:
 - Sur 128 bits: 8 mots de 16 bits séparés par des « : »
 - Ex: 3201:001A:12FF:0000:0000:0000:FFFE:8ABC

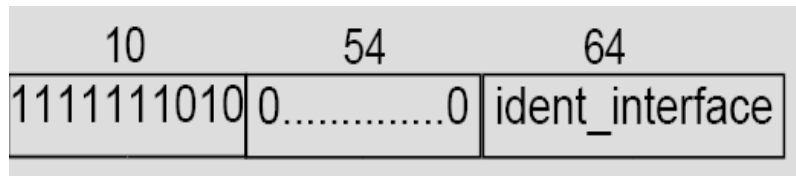
Plusieurs plans d'adressage, RFC3587=>

Adresse unicast
(cas classique)

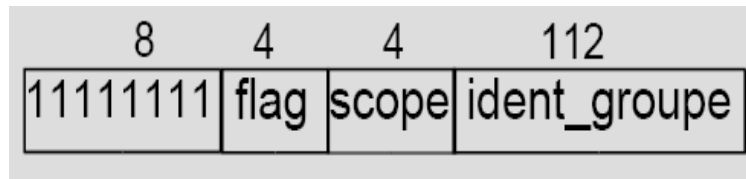


IPv6 fonctionnalités

- Adresse locale (non routables) du type suivant
- $FEC0::IDSousRéseau:IDInterface$ = adresse privée d'intranet (en ipv4 192.168.X.Y)
- $FE80::IDInterface$ => utilisées pour configuration automatique (recherche d'une adresse utilisable sur internet via un routeur)



- Adresse multicast (adresse représentant un groupe):



- Adresse anycast: ens. Adresse représentant un ens. De stations. Paquet remis à la station la plus proche suivant paramètres de routage

IPv6 fonctionnalités

- **Forme abrégée des adresses:**

Règles:

1. Premier 0 dans un groupe peut être omis
2. un ou plusieurs groupes de 4 zéros consécutifs => ::
3. La séquence "::" ne peut apparaître qu'une seule fois dans une adresse
4. Certains 0 évidents peut être enlevés (0000=> 0, 0001=>1)

- **Particularité URL (pb des deux points)**

Ex: [http://\[2002:400:2A41:378::34A2:36\]:8080](http://[2002:400:2A41:378::34A2:36]:8080)

IPv6 datagramme

4	12	16	24	31
version	Classe de trafic	Identificateur de flux		
Longueur des données		En-tête suivant	Nombre de sauts	
		Adresse de la source		
		Adresse de la destination		

- Entête IPv6 en 2 parties, une fixe (40o) et une variable
- 6 champs IPv4 supprimés sur 12
⇒ Messages plus courts, un traitement de routage réduit, une + grande liberté dans les options
- Pas de somme de contrôle, évite le recalcul lors d'un routage,

IPv6 datagramme

- **Classe de trafic** : (codé sur 8 bits) utilisé pour distinguer les sources qui doivent bénéficier du contrôle de flux des autres.
Les priorités de 0 à 7 sont affectées aux sources capables de ralentir leur débit en cas de congestion.
Les valeurs 8 à 15 sont assignées au trafic temps réel (les données audio et vidéo en font partie) dont le débit est constant.
Cette distinction des flux permet aux routeurs de mieux réagir en cas de congestion.
- **Identificateur de flux** : numéro unique pour repérage de flux par les routeurs, identificateur global sur le chemin ou ... identificateur local aux routeurs.
- **Longueur des données** : entête IPv6 non incluse.
- **Nombre de sauts** : identique à la durée de vie IPv4.
- **Un type d'entête suivante** :
protocole transporté (udp, tcp,...) ou une extension si il y en a (option)

IPv6 datagramme

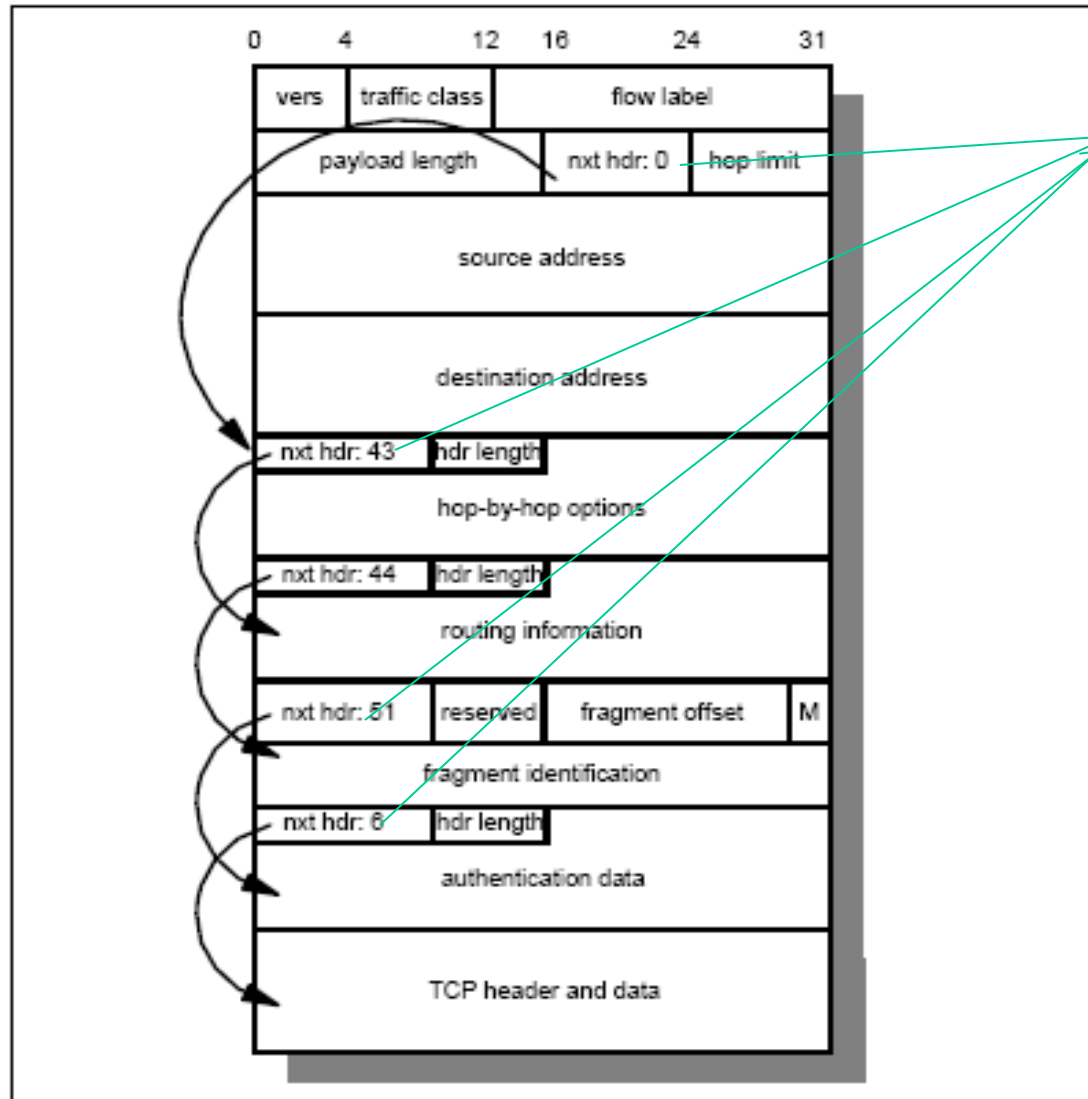
- Les Extension d'entête:

évitent d'avoir des options qui retardent le traitement du paquet dans les routeurs

- Les extensions sont collées à l'entête IPv6 et font parties du payload (données)

- Toujours un multiple de 8 octets

IPv6 datagramme



Type du prochain entete

IPv6 datagramme

- Les Extension d'entête:

- Les extensions définies dans l'ordre ou elles peuvent apparaître:

Proche en proche (options pour chaque nœuds, ex: répondre avec un paquet icmp si une erreur survient)

Routage (compter les routeurs traversés, restants, pour créer des routes,...)

Fragmentation (de type IPv4, place du fragment, bit de dernier fragment,...)

Destination (option comme de proche en proche mais pour la destination uniquement)

Authentification (assure que le destinataire est le bon, vérifier que personne n'a modifié le message. Obtenu par système de clés)

Cryptage (toutes les données après l'extension sont cryptées)

IPv6 datagramme

- Gestion de flux:
 - IPv6 permet de gérer des flux de paquets qui seront gérés de façon identique par les routeurs (temps réels, vod,...)
 - Un flux est identifié si tous les paquets du flux ont la même adresse ip source, destination et le même identificateur de flux
 - La reconnaissance du flux est faite par les routeurs (configuration en amont)
 - Une étiquette \Leftrightarrow adresses+ identificateur
 - Le routeur reçoit le 1^{er} paquet décide ou envoyer le flux puis les autres paquets suivent sans examiner leurs entêtes

Protocoles autour d'IPv6

- ICMPv6 (rfc 4443): gestion d'ipv6

Autoconfiguration

Découverte de voisins

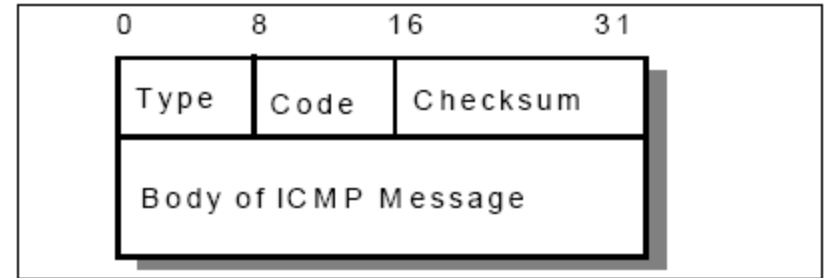
Déterminer les parametres du lien (mtu,...)

Trouver les routeurs

Duplication d'adresse

Redirections

Résolution d'adresse (remplace arp)



- MAJ des DNS (nouveaux types d'enregistrement, nouvelles branches pour les requêtes inversées)

Protocoles autour d'IPv6

- IPv6 mobile

- gestion de tunnels

- authentification

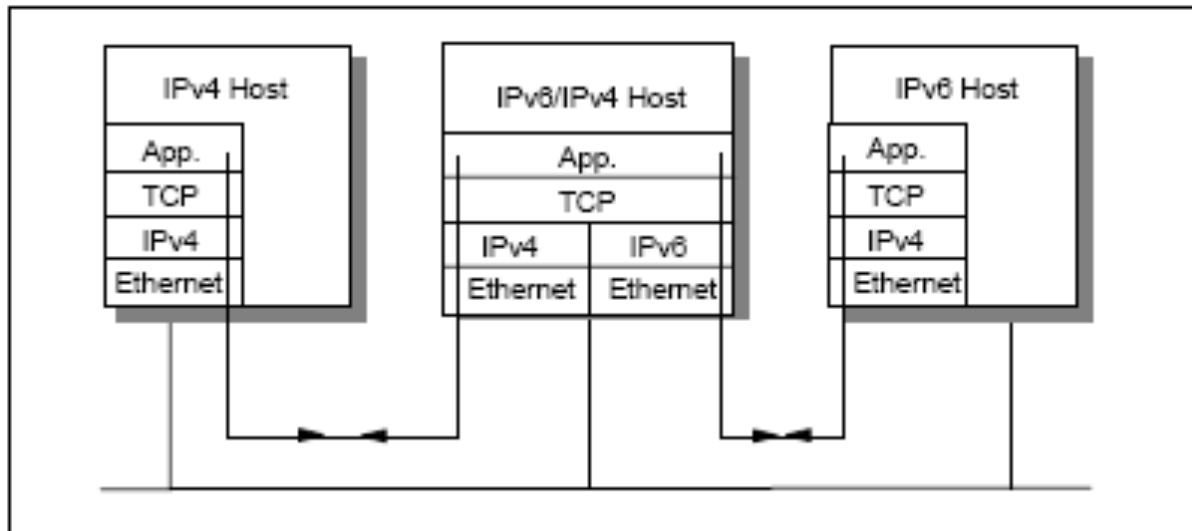
- attribution d'adresses temporaires par des fournisseurs d'accès

- gestion des routes optimisée

evolution IPV4 IPV6

- L'hôte à deux piles tcp/ip et 2 adresses

Choix de l'adresse et de la pile suivant le destinataire et les réseaux traversé



- L'adresse IPV4 peut aussi être intégrée à l'adresse IPV6

- Translations d'entête IPV4 IPV6

evolution IPV4 IPV6

- Tunneling

Si un paquet IPV6 doit traversé un réseau IPV4, le paquet IPV6 est encapsulé dans un paquet IPv4 d'une manière automatique (translation d'adresse V6 V4 connue) ou configuré manuellement

- Interconnexion IPV6 aujourd'hui ?

France: renater 3, VTHD,
Europe: Geant, Euro6ix,
mondial: 6bone

la plupart des équipements prêts, donc ?

evolution IPV4 IPV6

