

IPv6

Damien Gros

19 octobre 2023

Plan du cours

Rappels IP

- Un peu d'histoire

- Unicast

- Multicast

ICMPv6

Auto-Configuration

Paquet IPv6

- En-tête

- Paquet IPv6

Sécurité

Gestion de la mobilité

Conclusion

Plan du cours

Rappels IP

- Un peu d'histoire

- Unicast

- Multicast

ICMPv6

Auto-Configuration

Paquet IPv6

- En-tête

- Paquet IPv6

Sécurité

Gestion de la mobilité

Conclusion

Plan du cours

Rappels IP

- Un peu d'histoire

- Unicast

- Multicast

ICMPv6

Auto-Configuration

Paquet IPv6

- En-tête

- Paquet IPv6

Sécurité

Gestion de la mobilité

Conclusion

Les limites d'IPv4

- ▶ Rappel : IPv4 Septembre 1981 [RFC 791] l'Internet d'aujourd'hui n'a plus rien à voir avec celui du début des années 90
- ▶ 2 problèmes parmi d'autres :
 - ▶ Épuisement des adresses IPv4 et mauvaise répartition ;
 - ▶ L'université de Stanford possède autant d'adresses IP que la CHINE ;
 - ▶ Explosion de la taille des tables de routage 130 000 entrées (année 2006) en IPV4 pour des routeurs de niveau 2 (données Cisco) 400 entrées prévues pour IPV6

Les palliatifs d'IPv4

- ▶ NAT : Network Address Translator, RFC 1631, 1994 problème disparition de la connectivité de bout en bout
- ▶ SUBNETTING : [RFC 950] 1985
 - ▶ CIDR : Classeless Inter-Domain Routing [RFC 1519] 1993 les préfixes des sous réseaux font entre 13 et 27 bits ce qui permet de réaliser l'agrégation de réseaux.
 - ▶ 195.221.38.0/24 FR FR-ENSIB ENSIB École Nationale Supérieure d'Ingenieurs de Bourges
 - ▶ 195.221.36.0/24 FR FR-INRA-NANTES INRA de NANTES
 - ▶ 195.221.34.0/24 FR FR-INRA-RENNES-LERHEU INRA - Centre de Recherches de Rennes 35650 Le Rheu, France

Pourquoi IPv6 ?

Quelques trucs en plus...

- ▶ Pour pallier aux limites d'IPv4
- ▶ Pour s'adapter aux nouveaux besoins d'Internet et du e-business
- ▶ L'auto configuration
- ▶ Sécurité
- ▶ Qualité de service
- ▶ Support en temps réel (multimédia)
- ▶ Simplification du routage et des en-têtes
- ▶ Mobilité

Quand IPv6 à large échelle ?

- ▶ Free/Iliad anticipe le basculement de son réseau de l'IPv4 à l'IPv6.
- ▶ Free aurait déployé une solution IPv6 ready à grande échelle, reposant sur la technologie 6rd...
- ▶ Face à la pénurie prochaine des adresses IPv4 (prévue pour 2012, arrivée en 2014, réelle en 2015)
- ▶ La solution de Cisco, baptisée Cisco® Carrier-Grade IPv6 Solution, lui permet de déployer une des technologies de transition rapide vers l'IPv6, le 6rd, sur l'ensemble de son réseau.

Les organismes

- ▶ IETF : Internet Engineering Task Force
- ▶ Organisme de standardisation des protocoles de l'Internet
- ▶ IESG : Internet Engineering Steering Group a en charge l'approbation des standards définis par l'IETF
- ▶ IAB : Internet Architecture Board vérifie les objectifs adoptés par l'IESG
- ▶ IANA : Internet Assigned Numbers Authority assigne les adresses IP

L'historique d'IPv6

- ▶ IETF s'attelle depuis 1992 à la standardisation d'IPv6
- ▶ Le livre blanc [RFC 1550] White Paper Solicitation. Décembre 1993 définit les fonctionnalités du nouvel IP
- ▶ Ipng (new generation) a été recommandé par l'IETF lors du meeting de Toranto (Canada) le 25/07/94 approuvé par l'IESG 17/11/94 (statut de Proposed Standard)
- ▶ Les critères techniques pour choisir le nouvel IP [RFC 1726] Décembre 1994 (Technical Criteria for Choosing IP The Next Generation)
- ▶ 3 propositions retenues sur 21 finalement : la proposition SIPP (Simple Internet Protocol Plus) est retenue
- ▶ The Recommendation for IP the Next Generation [RFC1752] 7 Janvier 1999 document de référence

La mise en développement

- ▶ En 1996 un réseau expérimental est mis en place, il s'agit du 6bone qui englobe l'Amérique, l'Asie, l'Europe et l'Australie.
- ▶ Les adresses utilisées sur ce réseau, ont eu comme préfixe **3ffe**.
- ▶ Depuis début 2004 ce réseau est opérationnel et on obtient des adresses définitives débutant par le préfixe **2001**.
- ▶ Le réseau 6bone cessa de fonctionner le 6 juin 2006 (La phase d'expérimentation est terminée).

IPv6

- ▶ Adressage sur 128 bits, 16 octets (espace d'adressage plus large qu'avec IPv4)
- ▶ Risque de pénurie d'adresse est écarté : 2^{128} adresses possibles
- ▶ Principaux changements :
 - ▶ En-tête IP simplifié
 - ▶ Fonctions multicast améliorées (il n'y a plus d'adresse broadcast)
 - ▶ Qualité de service (via le flow label)
 - ▶ Support amélioré pour les options
 - ▶ Aucune fragmentation pour les routeurs
 - ▶ ICMP, IGMP (Internet Group Message Protocol) et ARP remplacé par ICMPv6 ...
 - ▶ IPSec en natif

IPv6

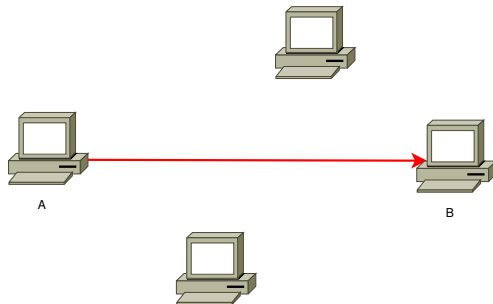
Le potentiel est donc de 2^{128} adresses différentes soit environ $3,4 * 10^{38}$; à titre indicatif, ce potentiel d'adresses rapporté à la superficie totale de la planète terre permettrait de disposer de $667 * 10^{21}$ adresses par m^2 , ou $227 * 10^{22}$ adresses par m^2 de surface terrestre.

Types d'adresses

- ▶ Unicast : désigne une interface
- ▶ Multicast : désigne un groupe d'interface
- ▶ Anycast : elles sont allouées dans le même espace d'adressage que les unicast et ont les mêmes formats désigne un groupe d'interface mais le paquet est routé à un seul élément du groupe et non à tous [RFC 2373]
- ▶ Une interface peut avoir plusieurs adresses IPV6
- ▶ Pas d'adresse de broadcast elles sont remplacées par des adresses multicast

Les différentes adresses

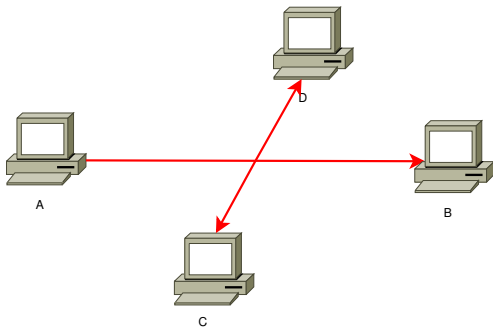
► UNICAST : $A \Rightarrow B$



Les différentes adresses

Suppression de l'adresse de broadcast

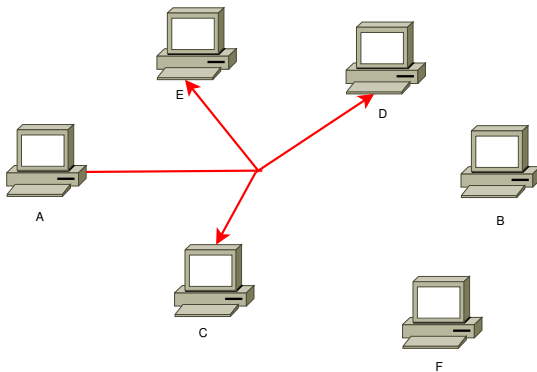
► BROADCAST : $A \Rightarrow \text{All}$



Les différentes adresses

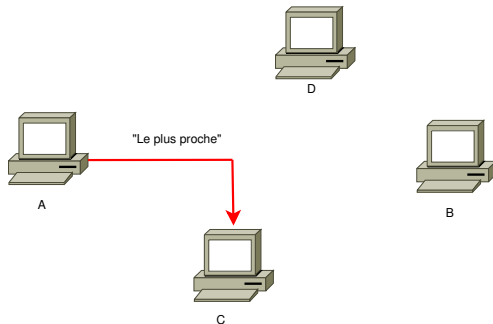
Broadcast remplacé par multicast

- MULTICAST : $A \Rightarrow \{\text{Ensemble de destinataires}\}$



Les différentes adresses

- ▶ ANYCAST : $A \Rightarrow$ Le plus proche



Plan du cours

Rappels IP

Un peu d'histoire

Unicast

Multicast

ICMPv6

Auto-Configuration

Paquet IPv6

En-tête

Paquet IPv6

Sécurité

Gestion de la mobilité

Conclusion

Premiers exemples

```
damien@debian :4A/cours_reseau_2015_2016/cours_ipv6% ifconfig lo
lo                Link encap:Boucle locale
                  inet adr :127.0.0.1  Masque :255.0.0.0
                  adr inet6 : ::1/128  Scope :Hôte

damien@debian :4A/cours_reseau_2015_2016/cours_ipv6% ifconfig eth0
eth0              Link encap:Ethernet  HWaddr 00:0f:fe:dc:b5:15
                  inet adr :192.168.3.47  Bcast :192.168.3.255  Masque :255.255.255.0
                  adr inet6 : 2a01:e35:243c:f80:20f:feff:fedc:b515/64  Scope:Global
                  adr inet6 : fe80::20f:feff:fedc:b515/64  Scope:Lien
```

Portée des adresses

- ▶ Les adresses assignées à une interface ont des portées différentes (scope) et ont une durée de vie
- ▶ Hôte : boucle local `::1/128`.
- ▶ Lien : adressage commun aux machines d'un même lien physique reliées entre elles sans routeur intermédiaire. Ces adresses ont comme préfixe `fe80 ::/64`. Cette adresse est obtenue par autoconfiguration "sans état".
- ▶ Site-local : adressage commun des machines d'un même site. Une adresse site local a comme préfixe `fec0 ::/48` suivi d'un champ de 16 bits permettant de définir des sous-réseaux.
- ▶ Globale : ce sont des adresses dont le routage est effectué sans restriction. Leur préfixe est `2000 ::/3`, ce qui signifie qu'elles commencent par 001 en binaire. Concrètement, on utilise `2xxx` ou `3xxx`.

L'adressage dans IPv6

- ▶ Une adresse IPv6 est un mot de 128 bits
 - ▶ 8 mots de 16 bits x :x :x :x :x :x :x :x
 - ▶ chacun d'entre eux représenté en hexadécimal séparé par le caractère « : »
- ▶ exemple FEDC :0000 :0000 :0000 :0400 :A987 :0043 :210F
- ▶ pas nécessaire d'écrire les zéros placés en tête
- ▶ les champs nuls consécutifs peuvent être remplacés par « :: »
- ▶ « :: » ne peut être représenté qu'une fois au plus dans 1 adresse
 - ▶ exemple FEDC ::400 :A987 :43 :210F
 - ▶ adresse-IPv6 / longueur-du-préfixe-en-bits (Notation CIDR)
 - ▶ 3EDC :BA98 :7654 :3210 :945 :1321 :ABA8 :F4E2/64

L'adresse « IPv4 » sous IPv6

- ▶ Permet la communication entre les machines IPv4 et IPv6
- ▶ Utilisée comme système de transistion
- ▶ `x :x :x :x :x :x :d.d.d.d`
 - ▶ `x` : les 6 mots de 16 bits de poids fort (en hexadécimal)
 - ▶ `d` : les 4 mots de 8 bits de poids faible (en décimal)
- ▶ adresse compatible IPv4 `::129.144.52.38`
- ▶ adresse IPv4 mappée `::FFFF :129.144.52.38`
- ▶ pour représenter les adresses des nœuds qui ne supportent qu'IPv4
- ▶ Attention la (RFC 3513) remplace la RFC 2374 obsolète.

Préfixes de bases niveau IANA

37

IPv6 Prefix 	Allocation 	Reference 	Notes 
0000::/8	Reserved by IETF	[RFC4291]	[1] [2] [3] [4] [5]
0100::/8	Reserved by IETF	[RFC4291]	0100::/64 reserved for Discard-Only Address Block [RFC6666] . Complete registration details are found in [IANA registry iana-registry] .
0200::/7	Reserved by IETF	[RFC4048]	Deprecated as of December 2004 [RFC4048] . Formerly an OSI NSAP-mapped prefix set [RFC4548] .
0400::/6	Reserved by IETF	[RFC4291]	
0800::/5	Reserved by IETF	[RFC4291]	
1000::/4	Reserved by IETF	[RFC4291]	
2000::/3	Global Unicast	[RFC4291]	The IPv6 Unicast space encompasses the entire IPv6 address range with the exception of ff00::/8, per [RFC4291] . IANA unicast assignments are currently limited to the IPv6 unicast address range of 2000::/3. IANA assignments from this block are registered in [IANA registry ipv6-unicast-address-assignments] . [6] [7] [8] [9] [10] [11]
4000::/3	Reserved by IETF	[RFC4291]	
6000::/3	Reserved by IETF	[RFC4291]	
8000::/3	Reserved by IETF	[RFC4291]	
a000::/3	Reserved by IETF	[RFC4291]	
c000::/3	Reserved by IETF	[RFC4291]	
e000::/4	Reserved by IETF	[RFC4291]	
f000::/5	Reserved by IETF	[RFC4291]	
f800::/6	Reserved by IETF	[RFC4291]	
fc00::/7	Unique Local Unicast	[RFC4193]	For complete registration details, see [IANA registry iana-ipv6-special-registry] .
fe00::/9	Reserved by IETF	[RFC4291]	
fe80::/10	Link-Scoped Unicast	[RFC4291]	Reserved by protocol. For authoritative registration, see [IANA registry iana-ipv6-special-registry] .
fec0::/10	Reserved by IETF	[RFC3879]	Deprecated by [RFC3879] in September 2004. Formerly a Site-Local scoped address prefix.
ff00::/8	Multicast	[RFC4291]	IANA assignments from this block are registered in [IANA registry ipv6-multicast-addresses] .

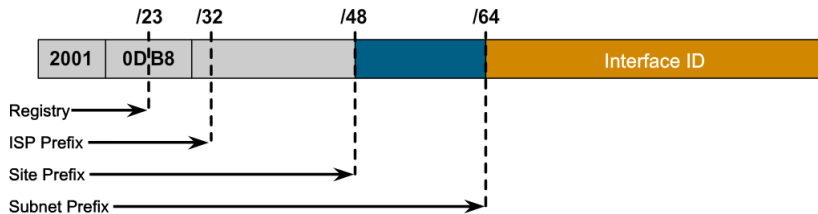
Les adresses IPv6 (RFC 3513)

- ▶ Les adresses unicast peuvent se distinguer selon leur type, par la valeur des octets de poids fort
 - ▶ Non spécifié `::/128`
 - ▶ loopback `::1/128`
 - ▶ Multicast `FF00 ::/8`
 - ▶ Lien local unicast `FE80 ::/10` pas routée
 - ▶ Global unicast 2000 `:.../3`
 - ▶ Global unicast Renater 2001 `:0660 ::/32`
- ▶ les adresses anycast sont prises dans l'espace des adresses unicast
 - ▶ elles ne sont pas syntaxiquement distinctes des unicast

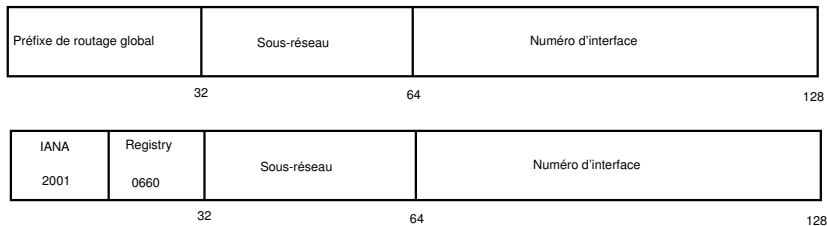
Types d'adresses, exemples

- ▶ Adresse non spécifiée : 0 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :0 (ou en abrégé ::)
 - ▶ utilisée par 1 machine pendant son initialisation avant d'acquérir 1 adresse
- ▶ Adresse de bouclage : (loopback address) 0 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :1 (ou ::1)
 - ▶ équivalent de l'adresse 127.0.0.1 d'IPv4
- ▶ Adresses lien-local : (link-local Adresses)
 - ▶ la portée est restreinte à un lien (sans routeur intermédiaire)
 - ▶ FE80 ::/64 + 64 bits de l'identificateur d'interface

Adresses globales unicast



Adresses globales unicast



Les registries :

- ▶ IANA (Internet Assigned Numbers Authority)
- ▶ 5 RIR (11/11/06) (Regional Internet Registry)
- ▶ APNIC (Asia/Pacific Region)
- ▶ ARIN (North America and Sub-Sahara Africa*)
- ▶ RIPE NCC (Europe, the Middle East, Central Asia, and African countries located north of the equator*)
- ▶ LACNIC (Latin America and some Caribbean Islands)

Les adresses IPv6 assignments

► Global Unicast Prefix Assignment

- 2001 :0000 ::/23 IANA 01 Jul 99
- 2001 :0200 ::/23 APNIC 01 Jul 99
- 2001 :0400 ::/23 ARIN 01 Jul 99
- 2001 :0600 ::/23 RIPE NCC 01 Jul 99
- 2001 :0800 ::/23 RIPE NCC 01 May 02
- 2001 :0A00 ::/23 RIPE NCC 02 Nov 02
- 2001 :0C00 ::/23 APNIC 01 May 02
- 2001 :0E00 ::/23 APNIC 01 Jan 03
- 2001 :1200 ::/23 LACNIC 01 Nov 02
- 2001 :1800 ::/23 ARIN 01 Apr 03
- 2001 :1A00 ::/23 RIPE NCC 01 Jan 04
- 2001 :1C00 ::/22 RIPE NCC 01 May 04
- 2001 :4200 ::/23 AfriNIC 01 Jun 04

Adresses globales unicast : Site

IANA 2001	Registry 0660	Sous-réseau		Numéro d'interface
32		64		128

IANA 2001	Registry 0660	Site 7301	Sous-réseau 1	Numéro d'interface
32		48	64	128

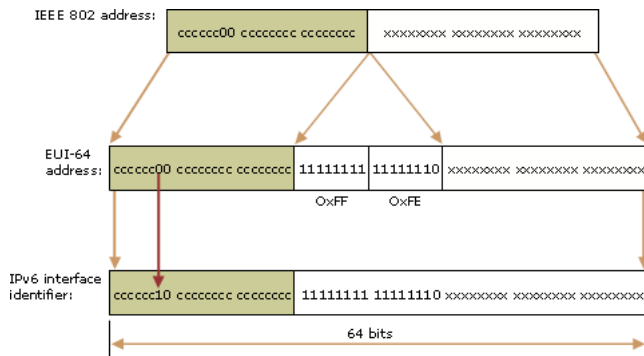
Adresses globales unicast : Site

- ▶ Exemple
 - ▶ 2001 : adresse unicast global attribuée par les autorités
 - ▶ 0660 : attribué par RIPE-CC au réseau RENATER
 - ▶ 7301 : attribué par RENATER à ENST-Bretagne
 - ▶ 1 : numéro du sous-réseau
- ▶ On obtient donc : 2001 :0660 :7301 ::/48

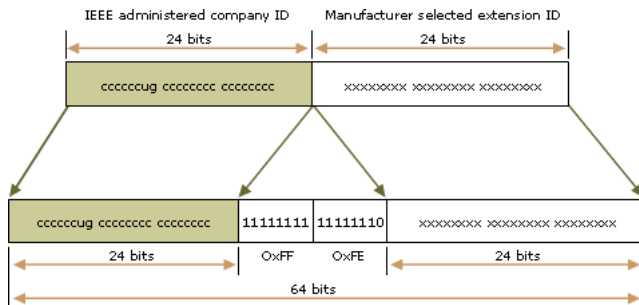
Interface ID

- ▶ Partie numéro d'interface ou interface identifier
- ▶ Méthode la plus classique IEEE EUI-64, mais pas la seule.
- ▶ Longueur de 64 bits permet la compatibilité avec IEEE 1394 , Firewire
- ▶ Pour une adresse Ethernet, on encapsule l'adresse MAC
- ▶ IEEE 802 (48bits), ajout de FFFE au milieu et inversion du 7ème bit pour respecter la norme IEEE EUI-64 (identifiant d'interface globalement unique).
- ▶ Exemple :
 - ▶ Adresse physique : 00-04-23-57-9B-6A
 - ▶ Adresse IP : fe80 ::204 :23ff :fe57 :9b6a

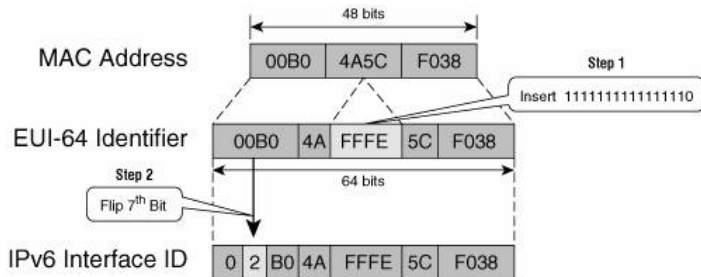
Interface ID



Interface ID



Interface ID



Adresses globales unicast : complète

IANA 2001	Registry 0660	Sous-réseau		Numéro d'interface
32		64		128

IANA 2001	Registry 0660	Site 7301	Sous-réseau 1	20f:feff:fedc:b515
32		48	64	128

HWaddr : 00:0f:fe:dc:b5:15

Plan du cours

Rappels IP

Un peu d'histoire

Unicast

Multicast

ICMPv6

Auto-Configuration

Paquet IPv6

En-tête

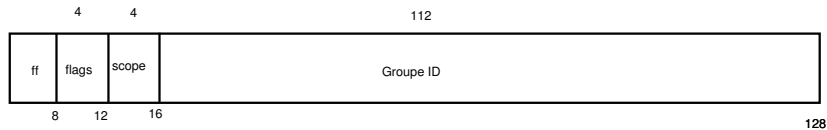
Paquet IPv6

Sécurité

Gestion de la mobilité

Conclusion

Adresses multicast



Adresse Multicast

- ▶ FF identifie 1 adresse multicast
- ▶ flags : 0 R P T
 - ▶ R : 1 point de rendez-vous
 - ▶ P : 1 dérivée du préfixe unicast (RFC 3306)
- ▶ T : 0 adresse permanente(IANA)
- ▶ T : 1 adresse temporaire

Adresse Multicast

- ▶ scope : indique la portée de diffusion
 - ▶ 0 : réservé
 - ▶ 1 : nœud
 - ▶ 2 : lien
 - ▶ 4 : administration
 - ▶ 5 : site
 - ▶ 8 : organisation
 - ▶ E : global
 - ▶ F : réservé

Adresses Multicast exemple de portée de diffusion sur RENATER

Dans RENATER, les portées (SCOPE) sont définies de la façon suivante :

- ▶ 0..4 - Les scopes en dessous de 5 sont réservés pour l'intérieur des établissements.
- ▶ 5 - Etablissements (ayant reçu un agrément de RENATER)
 - ▶ Exemple : INSA de Lyon, CEA Saclay
- ▶ 8 - Organisation (ensemble d'établissements, regroupés au sein d'une même organisation et interconnectés par des VPN)
 - ▶ Exemple : Groupement de tous les INSA en France, CEA, CNRS
- ▶ A - RENATER : Diffusion limitée au backbone RENATER et à ses usagers.
- ▶ E - Portée globale (Aucune limite sur la portée de la diffusion)

Exemples d'adresses Multicast

Adresses multicast prédéfinies :

- ▶ FF02 ::1 => tous les nœuds IPv6 sur le même lien local
- ▶ FF02 ::2 => tous les routeurs du lien
- ▶ FF05 ::2 => tous les routeurs IPv6 du site
- ▶ FF02 ::101 : tous les serveurs NTP du lien (Network Time Protocol)
- ▶ FF05 ::101 : tous les serveurs NTP du site
- ▶ FF0E ::101 => tous les serveurs NTP sur l'Internet

Valeurs assignées sur le site :

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

Adresses de services Multicast

- ▶ Il existe 2 modèles de diffusion multicast :
 - ▶ ASM (Any Source Multicast) - Modèle où les clients s'abonnent à un groupe et reçoivent le trafic venant de toutes les sources émettant dans ce groupe. Une visioconférence avec de nombreux utilisateurs correspond au modèle ASM.
 - ▶ SSM (Source Specific Multicast) - Modèle où les clients s'abonnent à un ou plusieurs canaux. Un canal est spécifié par un groupe et une source à l'utilisateur. Ce modèle correspond à des applications où la source du groupe est connue, comme par exemple la diffusion de la télévision ou la radio.
 - ▶ Le protocole PIM-SMv2, supportant des adresses IPv6, permet d'assurer ces 2 services. En fonction des adresses de groupe utilisées, le mode ASM ou SSM est utilisé.

Services Multicast ASM

- ▶ Pour le service ASM, l'inter domaine IPv6 est complètement différent de ce qui est fait pour IPv4. Le protocole MSDP « Multicast Source Discovery Protocol » n'existe pas.
- ▶ La solution pour gérer l'inter domaine ASM IPv6 est "embedded-RP" (RFC 3956). Ce protocole consiste à insérer l'adresse du point de rendez-vous dans l'adresse multicast.

RP : Rendez-vous Point

Documentations : www.renater.fr/ Pour l'allocation d'adresses multicast dérivées de l'unicast :

<http://www.renater.fr/IMG/pdf/Alloc-adresses.pdf>

Adresses Anycast

- ▶ Elles sont prises dans l'espace d'adressage des adresses Unicast
- ▶ Elles ne sont pas syntaxiquement distinguables des adresses Unicast
- ▶ Quand une adresse unicast est assignée à plus d'une interface elle devient une adresse anycast
- ▶ Elle ne peut pas être adresse source d'un paquet IPv6
- ▶ exemple : Adresse anycast pour les routeurs des sous-réseaux

Plan du cours

Rappels IP

- Un peu d'histoire

- Unicast

- Multicast

ICMPv6

Auto-Configuration

Paquet IPv6

- En-tête

- Paquet IPv6

Sécurité

Gestion de la mobilité

Conclusion

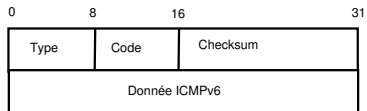
ICMPv6

- ▶ Internet Control Message Protocol version 6 [RFC 2463]
- ▶ Garde les mêmes fonctions (améliorées) qu'avec IPv4
- ▶ De plus, grâce au sous protocole MLD (Multicast Listener Discovery) [RFC 2710] ICMPv6 intègre les fonctions effectuées par IGMPv2 (Internet Group Management Protocol version 2)
- ▶ ICMPv6 reprend les fonctions ARP utilisées par IPv4

IGMP

- ▶ Internet Group Management Protocol
- ▶ Utilisé par IPv4 "pour faire du multicast"
- ▶ Streaming, VisoConf, etc.
- ▶ Regroupe un certain nombres de machines dans un but précis.

ICMPv6



Format paquet ICMPv6

- ▶ type : code la nature du message ICMPv6
 - ▶ valeurs < 127 destinées aux messages d'erreurs
 - ▶ les autres réservées aux messages d'informations
- ▶ code : précise la cause du message ICMPv6
- ▶ checksum : vérifie l'intégrité du message

Plan du cours

Rappels IP

- Un peu d'histoire

- Unicast

- Multicast

ICMPv6

Auto-Configuration

Paquet IPv6

- En-tête

- Paquet IPv6

Sécurité

Gestion de la mobilité

Conclusion

Auto-configuration d'adresses IPv6

- ▶ l'acquisition d'une adresse :
 - ▶ quand une machine est attachée à un réseau
 - ▶ suite à la renumérotation des machines du site
- ▶ Neighbor Discovery [RFC 2461] (protocole de découverte des voisins)
- ▶ L'auto-configuration sans état : (stateless autoconfiguration) [RFC 2462]
 - ▶ chaque machine (pas les routeurs) du site construit sa propre adresse IPv6
 - ▶ grâce aux protocoles ICMPv6
- ▶ l'auto-configuration avec état : (stateful autoconfiguration)
 - ▶ gestion stricte de l'attribution des adresses
 - ▶ serveur DHCPv6 (Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6)

Auto-configuration d'adresses IPv6

- ▶ En IPv6 seuls les routeurs utilisent des protocoles de routage pour définir leurs tables de routage.
- ▶ Le routage des autres machines repose sur la notion de route par défaut.
- ▶ Comme avec IPv4, l'envoi de messages de redirection est utilisé pour installer de meilleures routes.
- ▶ Périodiquement les routeurs envoient des « Annonces du routeur » qui permettent aux machines sur le câble de choisir un routeur par défaut, et aussi de calculer leur adresse (dans le mode d'autoconfiguration sans état stateless).

Auto-configuration d'adresses IPv6

- ▶ Au démarrage d'une machine la première étape consiste à créer l'adresse lien-local.
- ▶ Une fois l'unicité de cette adresse vérifiée, la machine est en mesure de communiquer avec les autres machines du lien.
- ▶ S'il y a un routeur sur le lien, qui annonce un préfixe, la machine doit appliquer la méthode indiquée par le message d'annonce de routeurs, à savoir :
 - ▶ l'autoconfiguration sans état,
 - ▶ l'autoconfiguration avec état DHCPv6.

Plan du cours

Rappels IP

- Un peu d'histoire

- Unicast

- Multicast

ICMPv6

Auto-Configuration

Paquet IPv6

- En-tête

- Paquet IPv6

Sécurité

Gestion de la mobilité

Conclusion

Plan du cours

Rappels IP

Un peu d'histoire

Unicast

Multicast

ICMPv6

Auto-Configuration

Paquet IPv6

En-tête

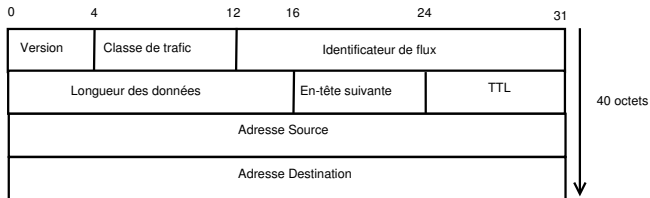
Paquet IPv6

Sécurité

Gestion de la mobilité

Conclusion

En-tête IPv6



Les champs de l'en-tête IPv6

- ▶ Version : numéro de version, sa valeur est 6 (sur 4 bits)
- ▶ Classe de trafic (Traffic Class) : priorité sur 8 bits [RFC 2474] (champ TOS d'IPv4)
- ▶ Identificateur de flux (Flow Label) : qualité de service (sur 20 bits).
Notion de flux au niveau IP sur l'exemple de TCP
- ▶ Longueur de données (Payload Length) : longueur du paquet (sur 16 bits) sans prendre en compte la longueur des 40 octets de l'en-tête
- ▶ En-tête suivant (Next Header) : type de l'en-tête suivant (sur 8 bits) protocole de niveau supérieur ou extension appelé protocole dans IPv4
- ▶ Nombre de sauts (Hop Limit) : TTL (sur 8 bits)
- ▶ Adresse source : sur 128 bits
- ▶ Adresse destination : sur 128 bits peut être différente de l'adresse de destination si l'option « Routing Header » est présente

En-tête IPv4

32 bits

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

Comparaison entête IPv4/IPv6

- ▶ 8 champs dans IPv6 contre 14 champs dans IPv4
- ▶ Format de l'en-tête est simplifié et permet aux routeurs de meilleures performances dans leurs traitements
- ▶ L'en-tête ne contient plus de champ checksum (simplifie la tâche des routeurs)
- ▶ Les options ont été retirées de l'en-tête et remplacées par des en-têtes d'extensions
- ▶ La fonction de fragmentation a été retirée des routeurs. Les champs qui s'y rapportent (identification, drapeau, place du fragment) ont été supprimés
- ▶ Le champ version est le seul champ qui occupe la même place

Plan du cours

Rappels IP

- Un peu d'histoire

- Unicast

- Multicast

ICMPv6

Auto-Configuration

Paquet IPv6

- En-tête

- Paquet IPv6

Sécurité

Gestion de la mobilité

Conclusion

Paquet IPv6

En-tête IPv6	Obligatoire
Saut par saut	
Routage	
Fragmentation	
Authentification	
Sécurité	
Options destinations	
En-tête TCP	
Données	

Les en-têtes d'extensions

- ▶ En-tête des options saut-par-saut (Hop-by-Hop Header) [RFC 2460]
 - ▶ transport d'information qui doit être examinée sur chaque nœud suivi par le datagramme IP on parle de TLV « Type Length Value »
 - ▶ Exemples : le datagramme contient un message "Multicast ListenerDiscovery", le datagramme contient un message "ReSerVation Protocol"
- ▶ En-tête de routage (Routing Header) [RFC 2460]
 - ▶ Liste 1 ou plusieurs nœud à «visiter» au cours de l'acheminement. Indications pour MCLD (Multi Cast Listener Discovery) ou RSVP (ReSerVation Protocol)
- ▶ En-tête de fragmentation (Fragment Header) [RFC 2460]
 - ▶ dans IPv6, la fragmentation n'est réalisé que par la source

Les en-têtes d'extensions

- ▶ En-tête d'authentification (Authentication Header) [RFC 2402]
- ▶ En-tête d'encapsulation et de sécurité (Privacy Header) [RFC 2406]
- ▶ En-tête de destination (End-to-end Header) [RFC 2460]
 - ▶ transport d'information qui n'est à examiner que par le destinataire du datagramme

Les en-têtes d'extensions

- ▶ A part les extensions de proche en proche et entête de routage traitées par tous les routeurs intermédiaires, les autres extensions ne sont prises en compte que par les équipements destinataires du paquet.
- ▶ Extensions ont une longueur multiple de 8 octets.
- ▶ Elles commencent par un champ « en-tête suivant », d'un octet de long, qui définit le type de données qui suit l'extension.

0 Proche en proche || 6 TCP

43 Routage || 17 UDP

44 Fragmentation || 41 IPv6

50 Confidentialité || 58 ICMPv6

51 Authentification || 59 Fin des entêtes

60 Destination

Plan du cours

Rappels IP

- Un peu d'histoire

- Unicast

- Multicast

ICMPv6

Auto-Configuration

Paquet IPv6

- En-tête

- Paquet IPv6

Sécurité

Gestion de la mobilité

Conclusion

IPSec (IP Sécurité)

- ▶ Authentification de l'émetteur d'un paquet IPv6 par l'en-tête
 - ▶ AH : Authentication Header
- ▶ Confidentialité des données
 - ▶ ESP : Encapsulating Security Payload, chiffrement des données
- ▶ Gestion des clés
 - ▶ Simple Key Management for Internet Protocols
- ▶ Authentification des requêtes et réponses DNS
 - ▶ DNSSEC

Plan du cours

Rappels IP

- Un peu d'histoire

- Unicast

- Multicast

ICMPv6

Auto-Configuration

Paquet IPv6

- En-tête

- Paquet IPv6

Sécurité

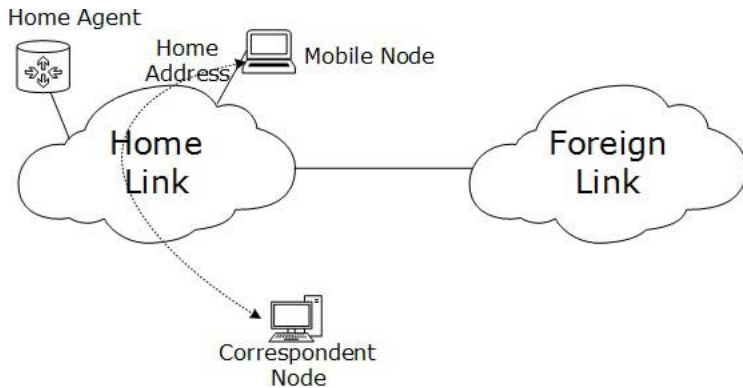
Gestion de la mobilité

Conclusion

Gestion de la mobilité

- ▶ Gestion de la mobilité sur IPv6 : RFC 6275
- ▶ Mobile IPv6 : permettre à un nœud de changer de réseau tout en gardant d'une façon transparente ses connections déjà établies.
- ▶ Fonctionnement (résumé)
 - ▶ Chaque nœud conserve sa propre adresse IP d'origine.
 - ▶ Un agent (**Home Agent**) intercepte les paquets destinés au nœud mobile ;
 - ▶ Envoie les paquets au nœud mobile (**Mobile Node**).
- ▶ Ce mécanisme est complètement transparent pour les couches supérieures ;
- ▶ Ainsi un nœud conserve son adresse IP d'origine dans les entrées DNS.

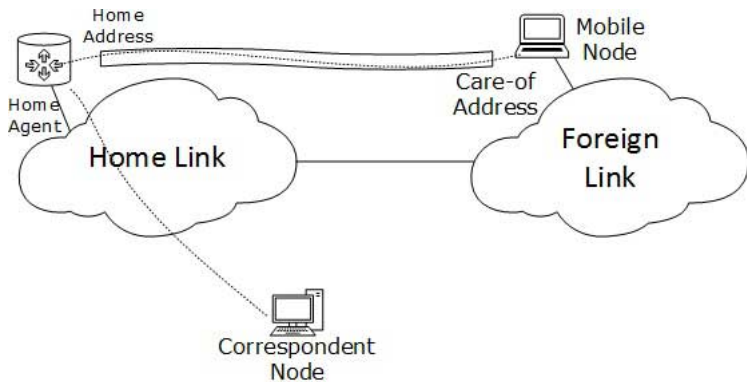
Moibilité : home agent



Renvoi des paquets

- ▶ Le Home Agent redirige les paquets vers le Mobile Agent ;
- ▶ Nécessité de connaître l'adresse IP du Mobile Agent :
care-of-adress : adresse sur laquelle est connecté le nœud mobile.
- ▶ Le nœud informe par un message spécial son Home Agent qu'il a changé d'emplacement en lui fournissant cette nouvelle adresse.

Moibilité : mobile agent



Messages utilisés

▶ **Binding update (BU)**

- ▶ Cette option est utilisée par tout nœud mobile afin d'informer son Home Agent ou tout autre nœud avec lequel une communication est établie (correspondent node) de sa nouvelle adresse IP (care-of-address).

▶ **Binding Acknowledgement (BAck)**

- ▶ Cette option est utilisée par le destinataire d'un BU pour acquitter la bonne réception.

▶ **Binding Request**

- ▶ Cette option est utilisée par tout nœud afin de demander au nœud mobile de lui envoyer un BU avec son care-of-address actuel.

▶ **Home Address**

- ▶ Cette option est incluse dans un paquet envoyé par un nœud mobile lorsqu'il est hors de son réseau d'origine afin d'informer la destination de son adresse d'origine.
- ▶ Un nœud mobile utilise comme adresse source dans ses paquets une de ses adresses de care-of-address. Ainsi le nœud destinataire est capable de substituer l'adresse de care-of-address par l'adresse d'origine et rendre ainsi la mobilité transparente aux couches supérieures.

Mise en œuvre

1. Un nœud se situe sur un nouveau réseau
2. Il fait appel à ICMPv6 qui procède à l'auto configuration d'une nouvelle adresse IP ;
3. Cette nouvelle adresse est l'adresse de care-of-address.
4. Il envoie à son Home Agent un BU contenant cette nouvelle adresse
5. Le Home Agent répond par un BAcK.

Routage depuis le Home Agent

- ▶ Le travail du Home Agent consiste alors à intercepter les paquets destinés au nœud mobile.
- ▶ Cela est possible par la procédure suivante
 - ▶ Envoi par le Home Agent d'un message ICMPv6 (Neighbor Advertisement) sur le réseau Home, lui permettant d'associer son adresse MAC avec l'adresse IP d'origine du nœud mobile
 - ▶ Tout paquet destiné au nœud est ainsi reçu par le Home Agent qui se charge d'envoyer ce paquet au nœud mobile en utilisant le mécanisme d'encapsulation IPv6.
- ▶ Le nœud mobile envoie ses paquets directement au correspondant en utilisant comme adresse source son care-of-address,
- ▶ Tout en incluant l'option Home Address afin de garantir la transparence de la mobilité.

Plan du cours

Rappels IP

- Un peu d'histoire

- Unicast

- Multicast

ICMPv6

Auto-Configuration

Paquet IPv6

- En-tête

- Paquet IPv6

Sécurité

Gestion de la mobilité

Conclusion

Conclusion

- ▶ Le retard dans la migration d'IPv6 s'explique par l'efficacité des palliatifs
- ▶ IPv6 a perdu certains de ses atouts
 - ▶ la sécurité : IPsec dans IPv4
 - ▶ l'auto configuration : DHCP (dans IPv4)
- ▶ IPv6 attend des applications
- ▶ Le support éventuel d'IPv6 à travers UMTS (réseau mobile) favoriserait une migration
- ▶ IPv6 devra cohabiter longtemps avec IPv4