

# NE430 : IPv6 Introduction

## Problème lié à IPv4

- Le problème qui justifie le passage à IPv6 le plus critique (et anticipé de longue date) est la pénurie d'@ Ipv4.
  - La première solution envisagée est de faire du NAT (rfc 1918)
  - Cependant le NAT rompt le paradigme d'IP qui est un service de communication de bout en bout, puisque les routeurs interceptent/modifient les paquets et leur champ d'adresse...et rompt aussi la bidirectionnalité des communications. (en effet le NAT 1 pour N ou PAT, rend les communications asymétriques A peut parler avec B, mais B ne peut pas initier une connexion vers A)

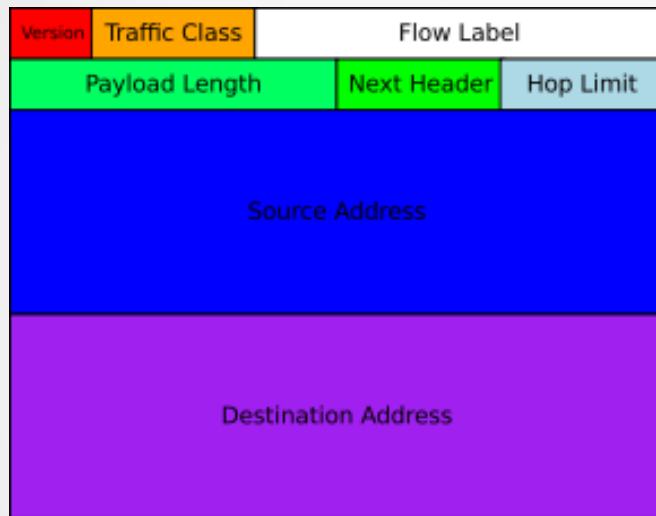
# NE430 : IPv6 Introduction

## Problème lié à IPv4

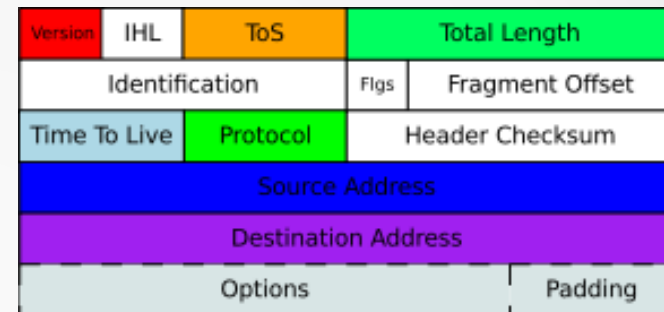
- Le deuxième problème est que les entêtes IPv4 ne sont pas/plus optimum... (taille variable, checksum, etc..) compte tenu des progrès des technologies sous-jacentes.
- Ensuite, avec IPv4 les routeurs peuvent fragmenter les paquets le long du chemin...par les routeurs intermédiaires. Si cette fonctionnalité est présente dans IPv4, elle à un coût en terme de performance des routeurs intermédiaires.
- La fragmentation n'aura lieu en IPv6 qu'entre l'émetteur et le récepteur en découvrant le MTU du chemin.

# NE430 : IPv6 Format des paquets

- Entêtes IPv6 (rfc 2460) et IPv4



Source wikipedia



# NE430 : IPv6 Format des paquets

- **Version** : (4 bits) vaut 6
- **Traffic Class** : (8 bits) Champ qui remplace le ToS d'IPv4, facilite la prise en charge de données qui nécessitent un traitement particulier (QoS) (Cf RFC2474 DS field)
- **Flow Label** : (20 bits) Identifie un flux (groupe de paquets qui nécessitent un même traitement) (usage expérimental voir rfc6294)
- **Payload Length** : (16 bits) La longueur totale des données y compris les entêtes d'extension IPv6 mais pas l'entête initial
- **Next Header** : (8 bits) Identifie le type de données qui suivent l'entête IPv6 (peut être un protocole de niveau supérieur UDP/TCP) ou un entête d'extension IPv6

# NE430 : IPv6 Format des paquets

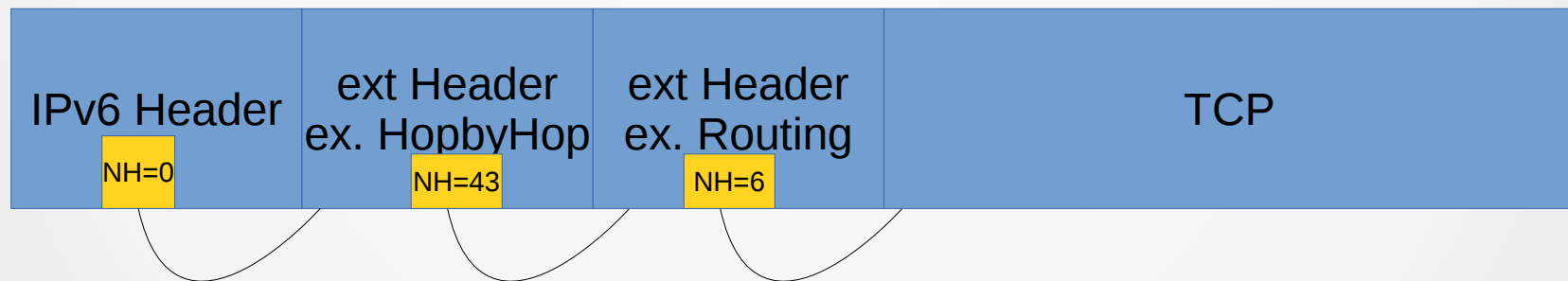
- **Hop limit** : (8 bits) Analogue au TTL IPv4
- **Source Address** : (128 bits)
- **Destination Address** : (128 bits)

Des suppressions importantes dans les entêtes IPv6 :

- Fragmentation : Puisque la fragmentation n'est gérée qu'entre l'émetteur et le récepteur, les routeurs intermédiaires n'ont pas besoin de ces informations → extension header
- CRC :
  - Considérée comme redondante avec la vérification faite dans les couches inférieures/supérieures
  - Ralentissait les traitements sur les nœuds intermédiaires
  - Rendu obligatoire dans la couche supérieure.

# NE430 : IPv6 Format des paquets

- Chaînage des entêtes d'extension IPv6
  - Plutôt que l'utilisation d'un champ option comme avec Ipv4, les concepteurs d'Ipv6 ont privilégié l'utilisation d'entêtes d'extension par chaînage



Les entêtes d'extension ne sont examinés que par la station identifiée dans le champ destination address !!

- sauf pour les entêtes de type Hop-by-Hop

Dans le cas d'une adresse multicast ces entêtes sont examinés par toutes les stations appartenant au groupe.

# NE430 : IPv6 Format des paquets

- Afin de minimiser le temps de prise en compte de l'extension hop-by-hop doit être le premier de la liste.
- Les entêtes d'extension sont alignés sur 8 octets
- Chaque entête d'extension contient un champ Next Header.
- Un entête particulier (Le destination option header) est examiné différemment selon sa position dans la chaine
  - Si avant routing header
    - Examiné par les stations identifiées par le champ destination address et toutes les destination dans routing header
  - Si après routing header
    - Examiné que par la station identifiée comme la destination finale

# NE430 : IPv6 Format des paquets

- L'ordre des entêtes est donc important
  - IPv6 Header
  - Hop-by-Hop Header
  - Destination Header
  - Routing Header
  - Fragment Header
  - Authentication Header
  - Encapsulating Security Payload Header
  - Destination Header
  - Upper layer Header



# NE430 : IPv6 Format des paquets

- Hop-by-Hop Header
  - Inclut un champ option type qui indique au routeur intermédiaire comment réagir s'il ne comprend pas un de ces entêtes, il peut :
    - Ignorer
    - Rejeter silencieusement le paquet
    - Rejeter le paquet et envoyer à la source un ICMP Parameter Problem (code 2)
  - Exemple :
    - router alert (alerte les routeurs intermédiaires qu'une attention particulière est nécessaire ex : MLD ou RSVP)
    - Jumbogram (spécifique pour des MTU > 65535)  
RFC2675

# NE430 : IPv6 Format des paquets

- Routing Header
  - Est utilisé pour donner la liste de un ou plusieurs nœuds intermédiaires à traverser
  - Analogue à IPv4 loose source routing

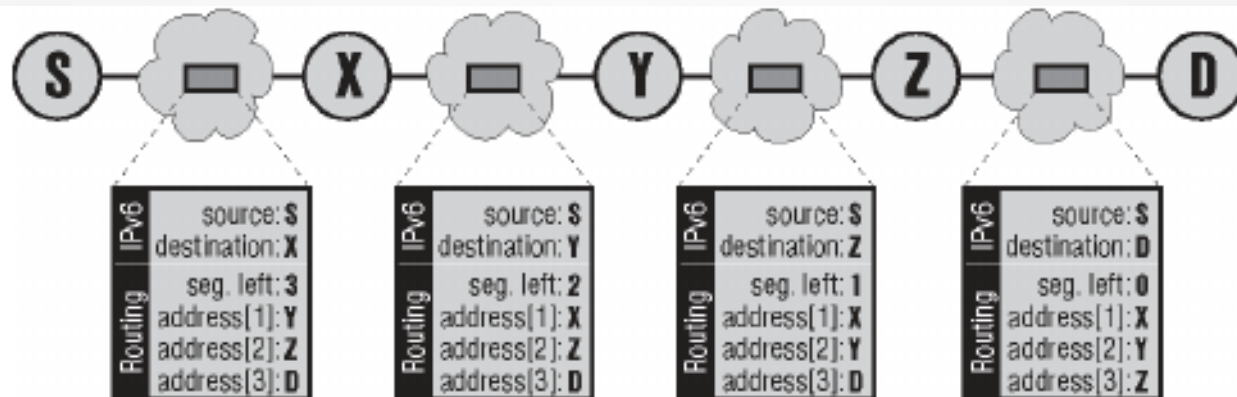


Figure 2-4 Changes in the Routing Header During Datagram Transport

Source IPv6 deployment guide.

# NE430 : IPv6 Format des paquets

- Fragment Header
  - Très semblable aux champs IPv4...
  - Contient :
    - Un offset (13 bits) par rapport au début du paquet (en unité unité 8 octets)
    - Un flag (1 bit) more fragment
    - Un champ réservé (2 bits)
    - Un champ identifiant (4 octets)

# NE430 : IPv6 Format des paquets

- Fragmentation
  - N'est plus fait par les nœuds intermédiaires,
  - Dans un premier temps la station émettrice se base sur son propre MTU.
  - Que se passe t-il dans le cas où le MTU sur le chemin est plus petit que le MTU du réseau local de la station émettrice ?

La station source doit mettre en œuvre l'algorithme suivant

- Si destination appartient au lien local
  - Taille du paquet = MTU
- Sinon
  - Taille du paquet = PMTUD(destination)

PMTUD pour IPv6 devient obligatoire (RFC 1981)

# NE410 : IPv6 Format des adresses

## Adresse IPv6

- 128 bits, soit 16 octets.
- Beaucoup plus difficile à retenir
- Utilisation d'une représentation hexadécimale, exemple :
  - 2001:2345:dead:cafe:babe:7829:1232:1d3f
- Quelques optimisations de représentation :
  - :0000:
    - :0:
  - 2001:0000:0000:dead:beef:1234:0000:1292
    - 2001::dead:beef:1234:0:1292
    - (sous quelques conditions)

# NE410 : IPv6 Format des adresses

## Adresse IPv6

### – Allocation de l'espace d'adressage géré par l'IANA :

- <http://www.iana.org/assignments/ipv6-address-space/ipv6-address-space.xhtml>
- Exemple :

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].	
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]	
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].	

# NE410 : IPv6 Format des adresses

## Plusieurs types d'adresses IPv6

- Unicast :
  - Identifie une seule interface réseau (un PC, serveur, imprimante, interface routeur, etc...)
- Multicast :
  - Identifie un groupe d'interface réseau (les données doivent être délivrées à tous les membres du groupe)
- Anycast :
  - Identifie un groupe d'interface réseau (les données doivent être délivrées à un seul membre du groupe, généralement le plus proche)

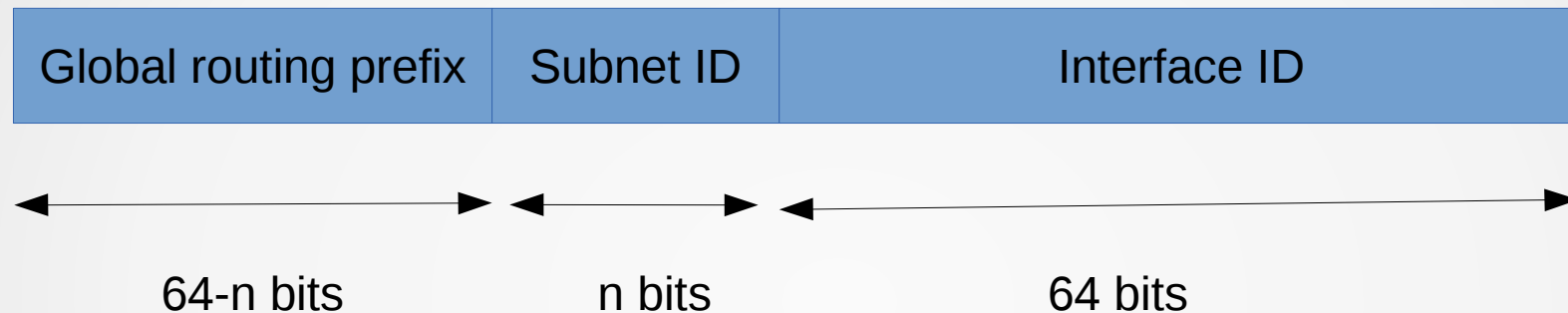
# NE410 : IPv6 Format des adresses

- Interface ID
  - Est une adresse IEEE EUI-64
  - Généralement formée à partir d'une adresse MAC 48 bits.  
En insérant FFFE entre l'OUI et l'identifiant et en inversant le bit u.
  - Ex :
    - A0:00:23:12:BE:EF devient
    - A2:00:23:FF:FE:12:BE:EF
  - Pose des problèmes, car on peut ainsi tracer un hôte IPv6
    - RFC3041 & 4941 —> Pv6 SLAAC Privacy Extensions



# NE410 : IPv6 Format des adresses

Unicast Address : Global Unicast Address



Généralement  $n=16$

Global routing prefix :

range d'adresses attribué à un « site »

Subnet ID :

un subnet dans un site

Interface ID :

une interface dans un subnet

# NE410 : IPv6 Format des adresses

Unicast Address : Link local unicast Address



L'adresse link local est une adresse propre à chaque interface de scope link, et supposée unique sur le lien.

Cette adresse link local est assignée par défaut lors de l'autoconfiguration

N'est pas routée, ne doit pas être intégrée au DNS....

# NE410 : IPv6 Format des adresses

Unicast Address : Site local unicast Address

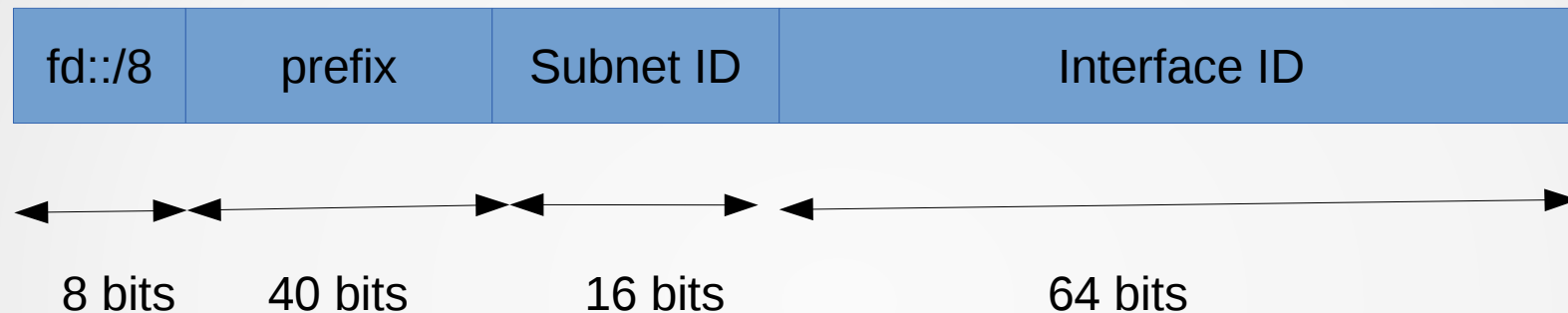


L'adresse site local est une adresse propre à chaque interface de scope site, et supposée unique sur ce site.

Déprécie par la RFC3879 faute de consensus sur la notion de « site »

# NE410 : IPv6 Format des adresses

Unicast Address : Unique Local Address



Utilisé dans le sens des adresses IPv4 privées (RFC1918)  
Un routeur « public » ne routera pas ces adresses.  
Pas de garantie (mais une très forte probabilité) d'unicité !

prefix :

La RFC 4193 propose une méthode pour la génération  
« aléatoire » du prefix de 40 bits

Interface ID :

une interface dans un subnet

# NE410 : IPv6 Format des adresses

## Multicast Address



Flags : 0000

Scope :

Interface local (node local) : 1

Link local : 2

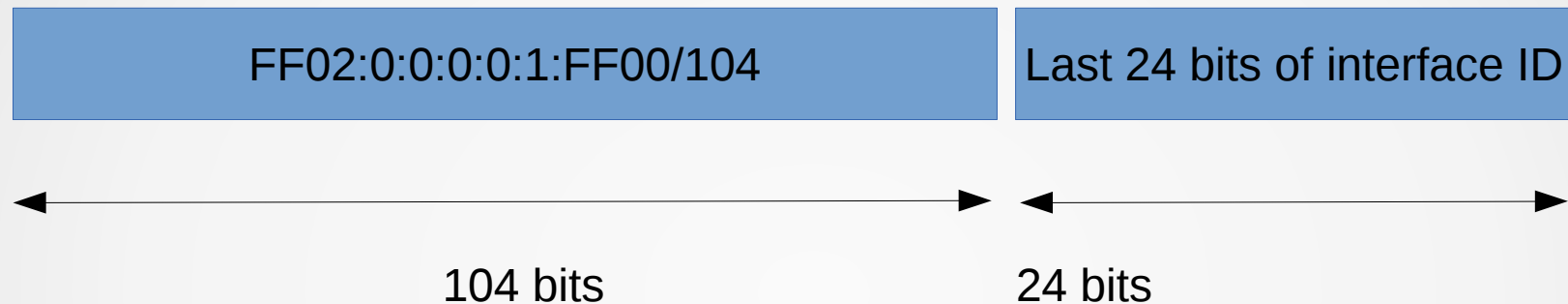
Site local : 5 (déprécié)

Global Scope : E

Les autres sont réservés pour un usage futur.

# NE410 : IPv6 Format des adresses

## Multicast Address : Solicited Node



L'Adresse Solicited Node multicast correspond à un groupe multicast que chaque interface réseau doit rejoindre, elle est utilisée pour le Neighbor discovery ou Duplicate Address Detection.

# NE410 : IPv6 Format des adresses

- Conclusion :

Alors que généralement une interface n'a qu'une adresse IPv4, pour IPv6 cette interface peut avoir

- Une adresse unicast link local
  - FE80::A2:00:23:FF:FE:12:BE:EF/64
- Une adresse unicast global
  - 2001:1000::1234:A2:00:23:FF:FE:12:BE:EF/64
- Et être membre de (au moins)
  - FF01::1
  - FF02::1
  - FF02::1:FFxx:xx:xx

# NE410 : IPv6 Format des adresses

- A consulter :
  - <http://www.iana.org/assignments/ipv6-address-space/ipv6-address-space.xhtml>
  - <http://www.iana.org/assignments/ipv6-unicast-address-assignments/ipv6-unicast-address-assignments.xhtml>
  - <http://www.iana.org/assignments/ipv6-multicast-addresses/ipv6-multicast-addresses.xhtml>
  - <https://www.ripe.net/participate/readability/ipv6/>



# NE410 : IPv6 Principe

- Quelques changements entre IPv4 et IPv6

IPv6 n'utilise plus de broadcast → utilisation exclusive de multicast

IPv6 n'utilise plus ARP basé sur les broadcast, mais le protocole Neighbor Discovery (basé sur ICMPv6) [RFC2461]

IPv6 inclut par défaut un mécanisme d'autoconfiguration

# NE410 : IPv6 Principe

- Neighbor Discovery
  - ARP est remplacé par ICMPv6 neighbor solicitation/advertisement (type 135/136)

The image shows a Wireshark network traffic capture. The filter is set to 'ipv6'. The packet list shows several ICMPv6 Neighbor Solicitation (type 135) and Neighbor Advertisement (type 136) packets. The selected packet (Frame 35) is an ICMPv6 Neighbor Solicitation packet. The packet details pane shows the following information:

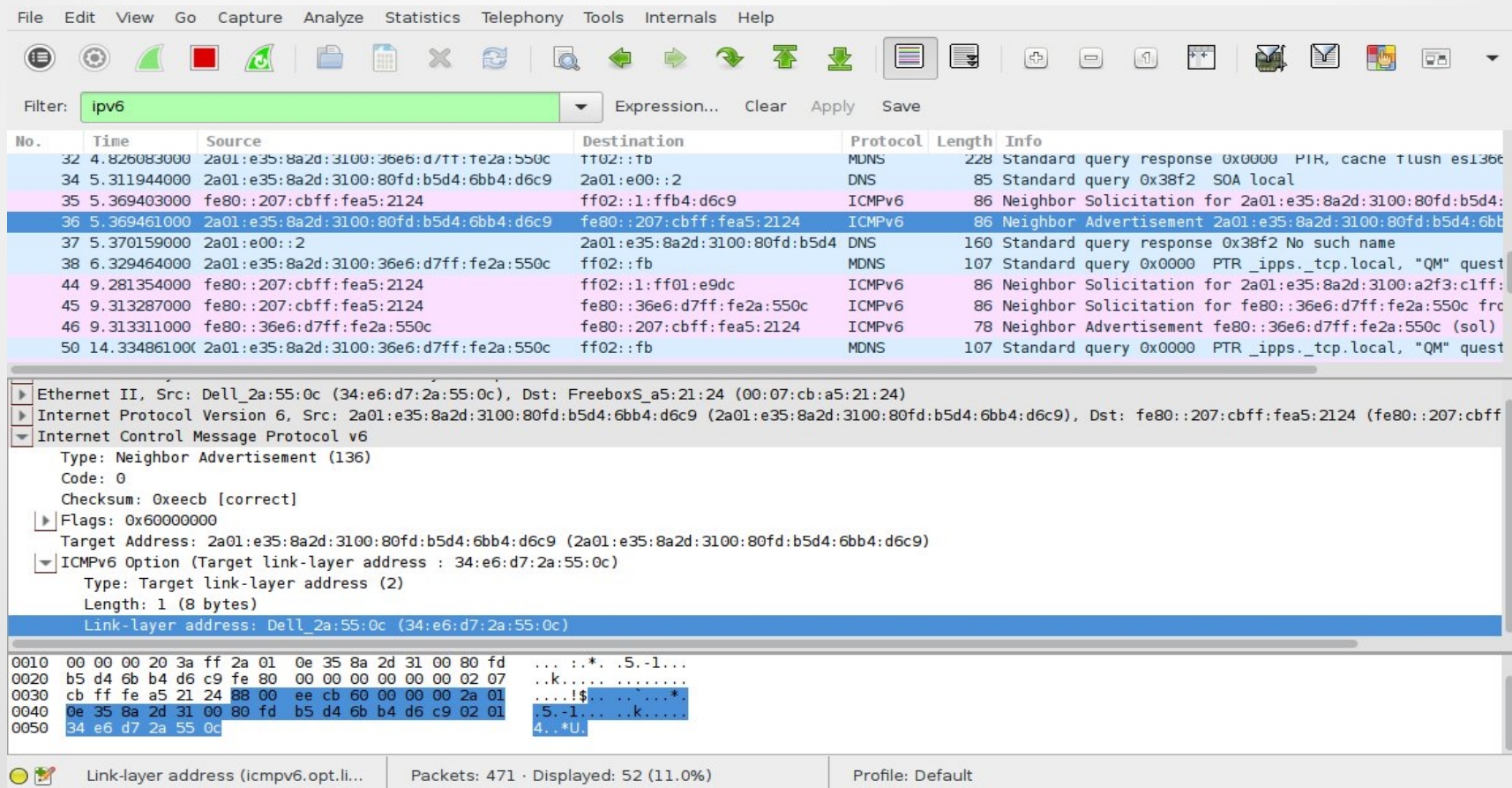
- Frame 35: 86 bytes on wire (688 bits), 86 bytes captured (688 bits) on interface 0
- Ethernet II, Src: FreeboxS\_a5:21:24 (00:07:cb:a5:21:24), Dst: IPv6mcast\_ff:b4:d6:c9 (33:33:ff:b4:d6:c9)
- Internet Protocol Version 6, Src: fe80::207:cbff:fea5:2124 (fe80::207:cbff:fea5:2124), Dst: ff02::1:ffb4:d6c9 (ff02::1:ffb4:d6c9)
- Internet Control Message Protocol v6
  - Type: Neighbor Solicitation (135)
  - Code: 0
  - Checksum: 0x5c4a [correct]
  - Reserved: 00000000
  - Target Address: 2a01:e35:8a2d:3100:80fd:b5d4:6bb4:d6c9 (2a01:e35:8a2d:3100:80fd:b5d4:6bb4:d6c9)
  - ICMPv6 Option (Source link-layer address : 00:07:cb:a5:21:24)
    - Type: Source link-layer address (1)
    - Length: 1 (8 bytes)
    - Link-layer address: FreeboxS\_a5:21:24 (00:07:cb:a5:21:24)

The packet bytes pane shows the raw data of the packet, with the link-layer address option highlighted in blue.

The status bar at the bottom indicates: The length (in units of 8 bytes) o..., Packets: 266 · Displayed: 45 (16.9%), Profile: Default

# NE410 : IPv6 Principe

- Neighbor Discovery
  - ARP est remplacé par ICMPv6 neighbor solicitation/advertisement (type 135/136).



The image shows a Wireshark network traffic capture. The top toolbar includes menus like File, Edit, View, Go, Capture, Analyze, Statistics, Telephony, Tools, Internals, and Help. A filter bar shows 'Filter: ipv6'. Below this is a packet list table with columns: No., Time, Source, Destination, Protocol, Length, and Info. Packet 36 is highlighted, showing an ICMPv6 Neighbor Advertisement from 2a01:e35:8a2d:3100:80fd:b5d4:6bb4:d6c9 to fe80::207:cbff:fea5:2124. The packet details pane below shows the structure of the Neighbor Advertisement (Type 136), including the target address and the link-layer address of the sender (Dell\_2a:55:0c). The packet bytes pane at the bottom shows the raw data in hexadecimal and ASCII.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
32	4.826083000	2a01:e35:8a2d:3100:36e6:d7ff:fe2a:550c	ff02::1b	MDNS	228	Standard query response 0x0000 PTR, cache flush es136c
34	5.311944000	2a01:e35:8a2d:3100:80fd:b5d4:6bb4:d6c9	2a01:e00::2	DNS	85	Standard query 0x38f2 SOA local
35	5.369403000	fe80::207:cbff:fea5:2124	ff02::1:ffb4:d6c9	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2a01:e35:8a2d:3100:80fd:b5d4:6bb4:d6c9
36	5.369461000	2a01:e35:8a2d:3100:80fd:b5d4:6bb4:d6c9	fe80::207:cbff:fea5:2124	ICMPv6	86	Neighbor Advertisement 2a01:e35:8a2d:3100:80fd:b5d4:6bb4:d6c9
37	5.370159000	2a01:e00::2	2a01:e35:8a2d:3100:80fd:b5d4:6bb4:d6c9	DNS	160	Standard query response 0x38f2 No such name
38	6.329464000	2a01:e35:8a2d:3100:36e6:d7ff:fe2a:550c	ff02::fb	MDNS	107	Standard query 0x0000 PTR _ipps._tcp.local, "QM" quest
44	9.281354000	fe80::207:cbff:fea5:2124	ff02::1:ff01:e9dc	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2a01:e35:8a2d:3100:a2f3:c1ff:fe80::207:cbff:fea5:2124
45	9.313287000	fe80::207:cbff:fea5:2124	fe80::36e6:d7ff:fe2a:550c	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::36e6:d7ff:fe2a:550c from 2a01:e35:8a2d:3100:80fd:b5d4:6bb4:d6c9
46	9.313311000	fe80::36e6:d7ff:fe2a:550c	fe80::207:cbff:fea5:2124	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement fe80::36e6:d7ff:fe2a:550c (sol)
50	14.334861000	2a01:e35:8a2d:3100:36e6:d7ff:fe2a:550c	ff02::fb	MDNS	107	Standard query 0x0000 PTR _ipps._tcp.local, "QM" quest

Packet 36 details:

- Ethernet II, Src: Dell\_2a:55:0c (34:e6:d7:2a:55:0c), Dst: FreeboxS\_a5:21:24 (00:07:cb:a5:21:24)
- Internet Protocol Version 6, Src: 2a01:e35:8a2d:3100:80fd:b5d4:6bb4:d6c9 (2a01:e35:8a2d:3100:80fd:b5d4:6bb4:d6c9), Dst: fe80::207:cbff:fea5:2124 (fe80::207:cbff:fea5:2124)
- Internet Control Message Protocol v6
  - Type: Neighbor Advertisement (136)
  - Code: 0
  - Checksum: 0xeeeb [correct]
  - Flags: 0x60000000
  - Target Address: 2a01:e35:8a2d:3100:80fd:b5d4:6bb4:d6c9 (2a01:e35:8a2d:3100:80fd:b5d4:6bb4:d6c9)
  - ICMPv6 Option (Target link-layer address : 34:e6:d7:2a:55:0c)
    - Type: Target link-layer address (2)
    - Length: 1 (8 bytes)
    - Link-layer address: Dell\_2a:55:0c (34:e6:d7:2a:55:0c)

Packet bytes:

```
0010  00 00 00 20 3a ff 2a 01 0e 35 8a 2d 31 00 80 fd  ...*..S.-1...
0020  b5 d4 6b b4 d6 c9 fe 80 00 00 00 00 00 02 07  ...k.....
0030  cb ff fe a5 21 24 88 00 ee cb 60 00 00 00 2a 01  ....!$.....*
0040  0e 35 8a 2d 31 00 80 fd b5 d4 6b b4 d6 c9 02 01  .S.-1.....k...
0050  34 e6 d7 2a 55 0c 4..*U.
```

Link-layer address (icmpv6.opt.li... | Packets: 471 · Displayed: 52 (11.0%) | Profile: Default

# NE410 : IPv6 Principe

- Autoconfiguration
  - Fonctionnalité qui permet à un nœud de se configurer sans intervention manuelle :
    - Stateless : ne nécessite pas de serveur particulier (DHCP) pour l'attribution des adresses IPv6 (link et global) d'une interface.
      - Duplicate address detection
      - Router solicitation/advertisement (type 133/134)
    - Statefull : analogue à DHCPv4