AFRINIC

IPv6 Les Bases

Mukom Akong T. | @perfexcellent

@AFRINICtraining

Suivez nous sur Twitter

#IPv6 #<ville> #<pays>

EXERCICE

Donner une phrase

à laquelle vous associerez IPv6

AGENDA

1 L'épuisement d'IPv4
et ses implications

2 Les Adresses IPv6
notation, compressions

3 Les Types d'Adr. IPv6
LLA | GUA | ULA etc

4 Configuration
hôtes et routeurs

5 IPv6 vs IPv4
comparaison des fonctions clés

6 Plan d'Adressage
FAIs, campus, entreprises

7 Neighbor Discovery
et ses usages

8 Attribution d'`Adr.
SLAAC, DHCPv6, DHCP-PD

9 Routage de base IPv6
statique & OSPFv3

10 Tech. de Transition
les scenarios

11 Tech. de Transition
dual stack, tunnels, NAT64

FIN

Les Prérequis

- Concepts fondamentaux de réseaux
  - Les modèles OSI et TCP/IP
  - Adressage IPv4, les sous-réseaux, VLSM, CIDR
  - Routage et forwarding
- Expérience de configuration et de support d'un réseau IPv4
  - Configuration d'hôte (Windows, Linux, Unix, etc)
  - L'usage d'applications TCP/IP: ping, traceroute, telnet
- Expérience d'usage des CLIs (Cisco IOS, JUNOS, Linux/Unix)

Comprendre

les Implications de l'épuisement d'IPv4

Objectifs de la Section

- Décrire la situation mondiale de l'usage des adresses IPv4
- Décrire les implications de l'épuisement d'IPv4

L'ÉPUISEMENT D'IPv4

Chronologie, Implications, Conséquences

IPv4 disponible chez IANA au 31.01.2011

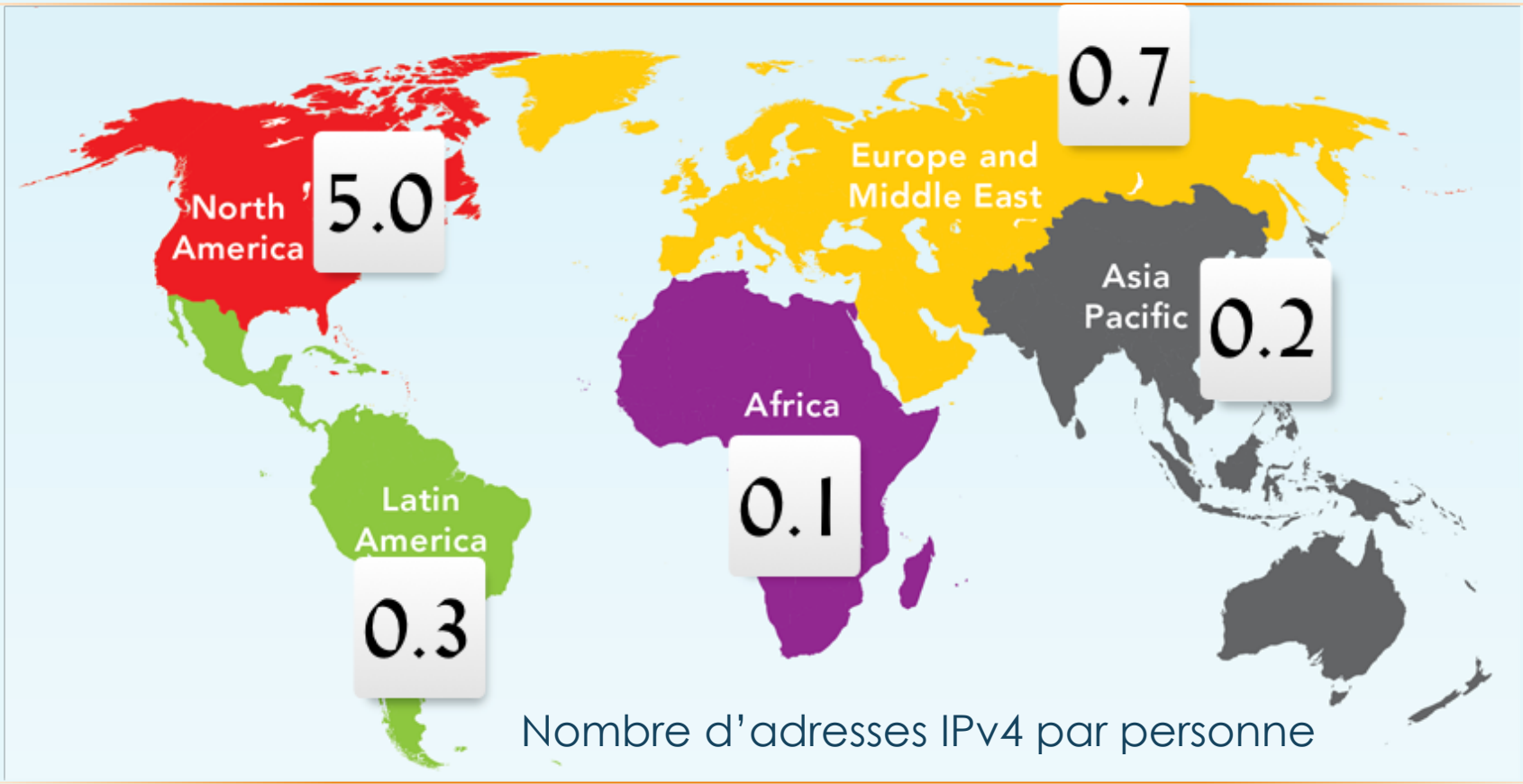
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127
128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143
144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191
192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207
208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223
224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255

Utilisé

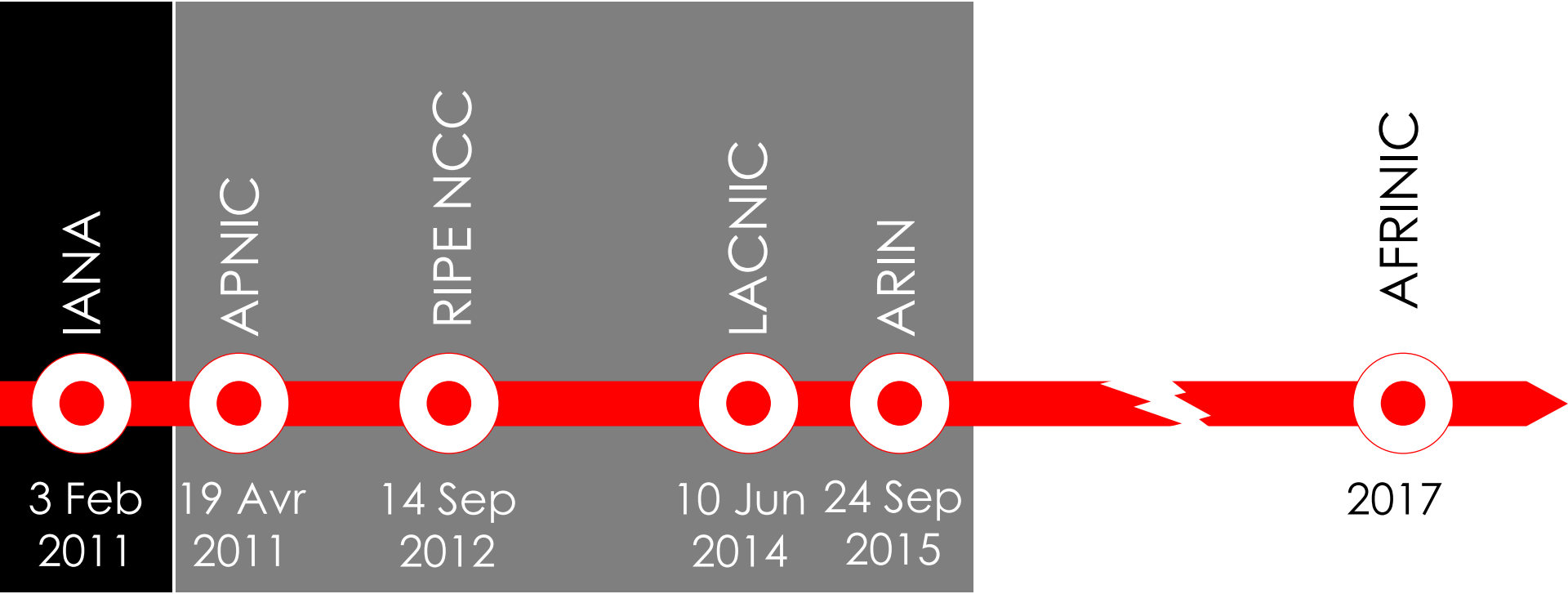
Disponible

Inutilisable

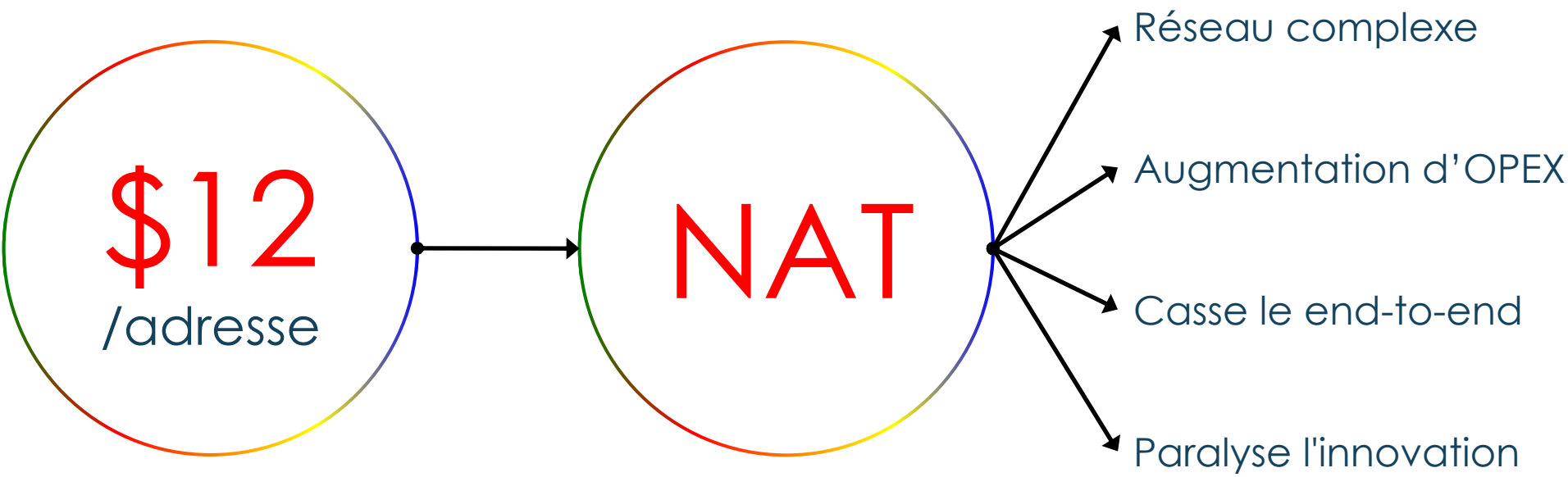
La distribution globale des adresses IPv4 est déséquilibrée



La chronologie de l'épuisement globale d'IPv4



La pénurie augmente les coûts des adresses & le NAT

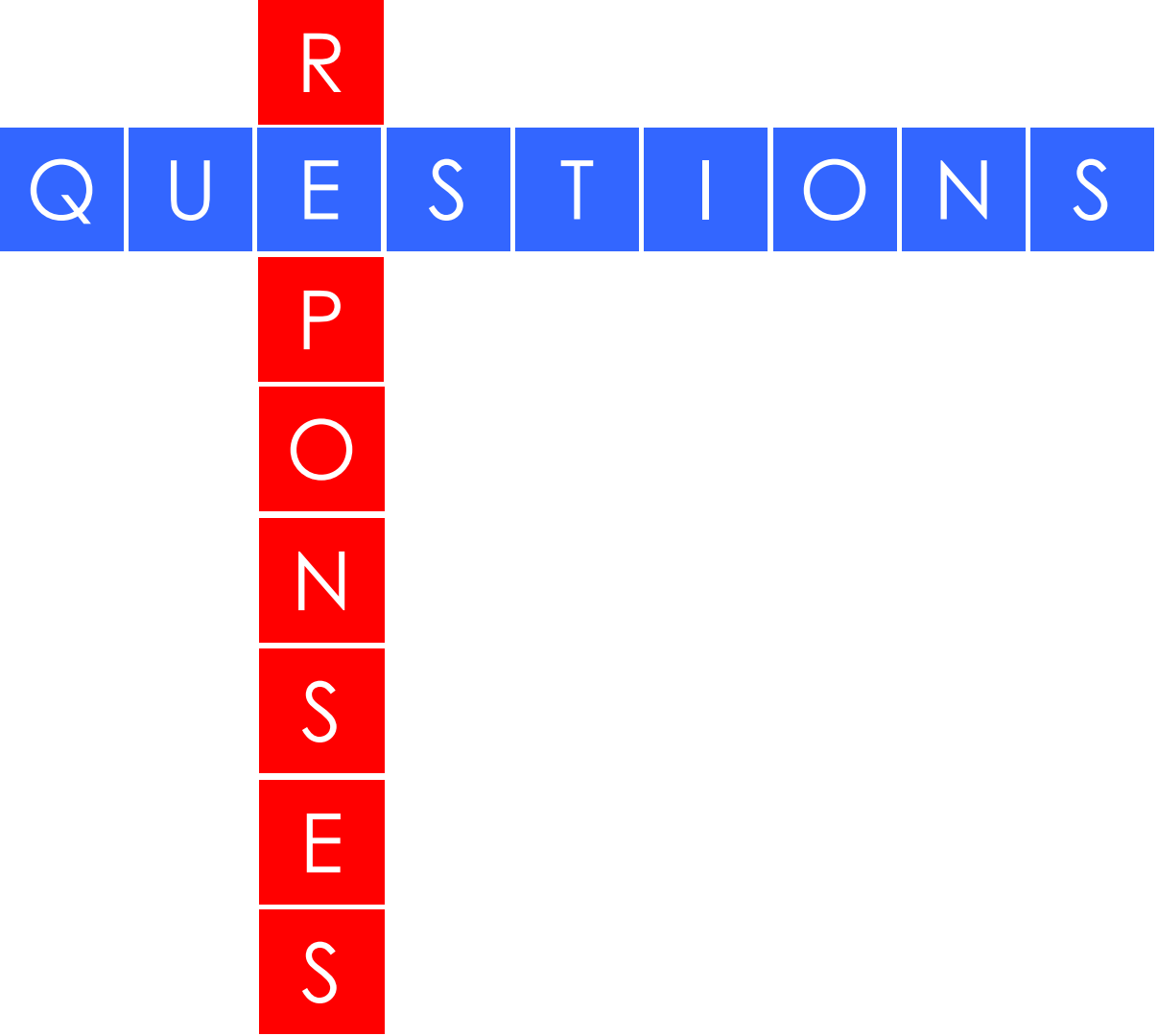


Implications pour l'Afrique: ‘Ruée vers l’Afrique’

- Les réseaux Africains sont privées d’IPv4 nécessaire pour faciliter la transition vers IPv6
- Obligation de déployer des réseaux entièrement IPv6
- Augmentation de l’usage du NAT

Comment allez-vous gérer l'épuisement d'IPv4?

IPv6 – la seule réponse durable à l'épuisement



@AFRINICtraining
@IPv6Cert

Initiation aux

Adresses IPv6

Objectifs de la Section

- Travaillez confortablement avec la notation hexadécimale d'IPv6
- Identifier, écrire et raccourcir les adresses IPv6

1 L'épuisement d'IPv4
et ses implications

2 Les Adresses IPv6
notation, compressions

3 Les Types d'Adr. IPv6
LLA | GUA | ULA etc

4 Configuration
hôtes et routeurs

Rappel: Modèle TCP/IP (IPv4 – 32 bits)

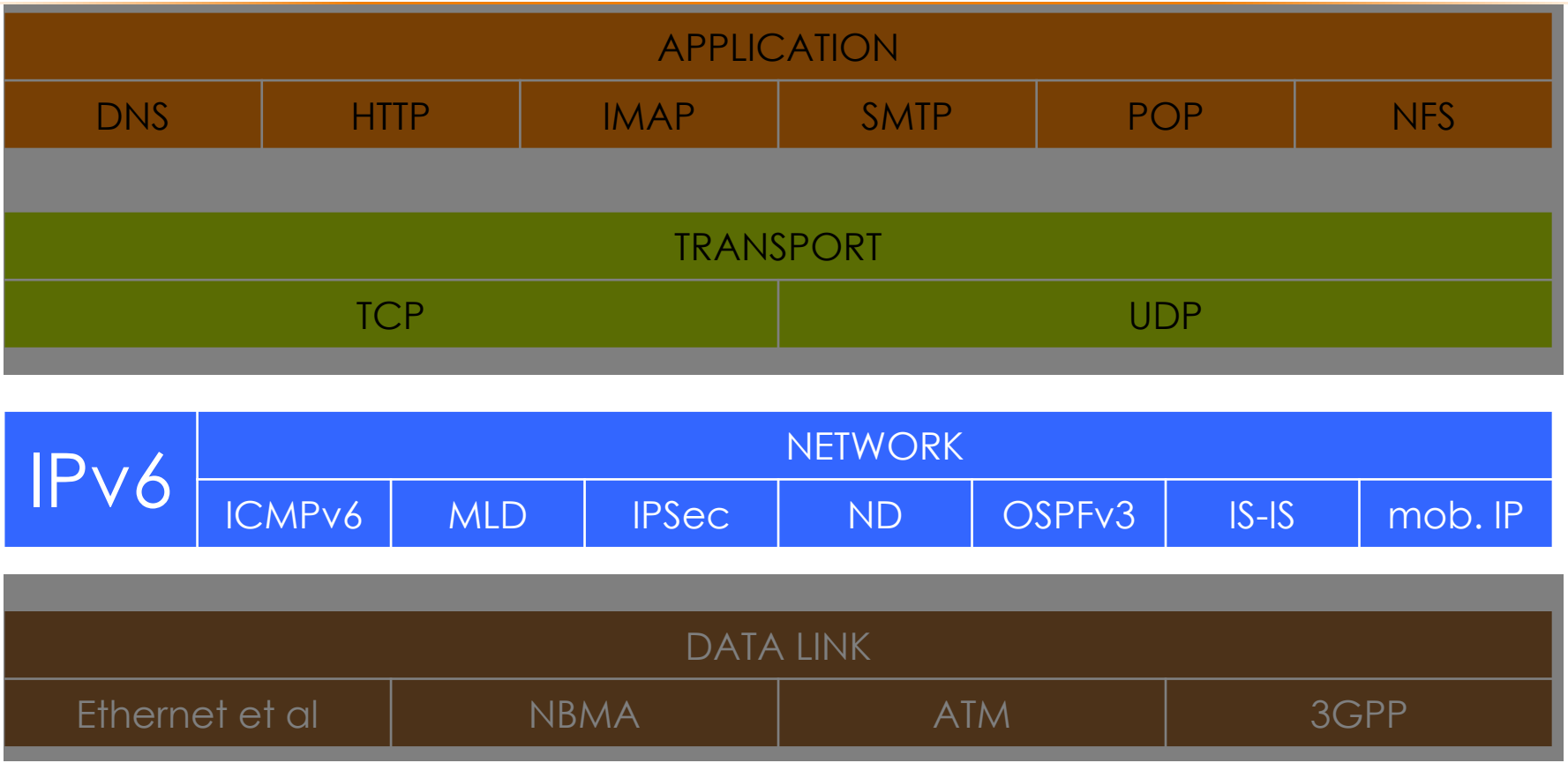
APPLICATION					
DNS	HTTP	IMAP	SMTP	POP	NFS

TRANSPORT	
TCP	UDP

IPv4	NETWORK						
	ICMP	IGMP	IPSec	NAT	OSPF	IS-IS	mob. IP

DATA LINK			
Ethernet et al	NBMA	ATM	3GPP

Modèle TCP/IP (IPv6 – 128 bits)



Comment écrire les adresses IPv6 (1/2)

0010000000000001 0100001010010000
0000000000010000 0000001001001001
1011101011101000 0101011011111111
1111111001001010 1110110011111110

128 bits

Comment écrire les adresses IPv6 (2/2)

128 bits

32 quartets

hhhh:hhhh:hhhh:hhhh:hhhh:hhhh:hhhh:hhhh/n

- h = Caractère hexadécimal (hexit) [0 – 9, a – f]
- n = taille préfixe: valeur en décimale

Exemple d'une adresse IPv6 entière

0010000000000001 0100001010010000 0000000000010000 0000001001001001

2001:4290:0010:0249:bae8:56ff:fe4a:ecfe

1011101011101000 0101011011111111 1111111001001010 1110110011111110

Les règles pour raccourcir les adresses IPv6

1 La Suppression de Zéros

Omettre tous les zéros de POIDS FORTS

2 La Compression de Zéros

Substituer des groupes CONSÉCUTIFS de zéros par '::'

Exemple: Raccourcir une adresse IPv6

2001:0000:0000:0249:0000:0000:0000:ecfe

Compression de Zero

Suppression de Zero

2001::249:0:0:0:ecfe

Exemple: Raccourcir une adresse IPv6

2001:0000:0000:0249:0000:0000:0000:ecfe

Suppression de Zero

Compression de Zero

2001:0:0:249::ecfe

MAUVAIS! raccourcissement d'une adresses IPv6

2001:0000:0000:0249:0000:0000:0000:ecfe

La règle de Compression de Zéros

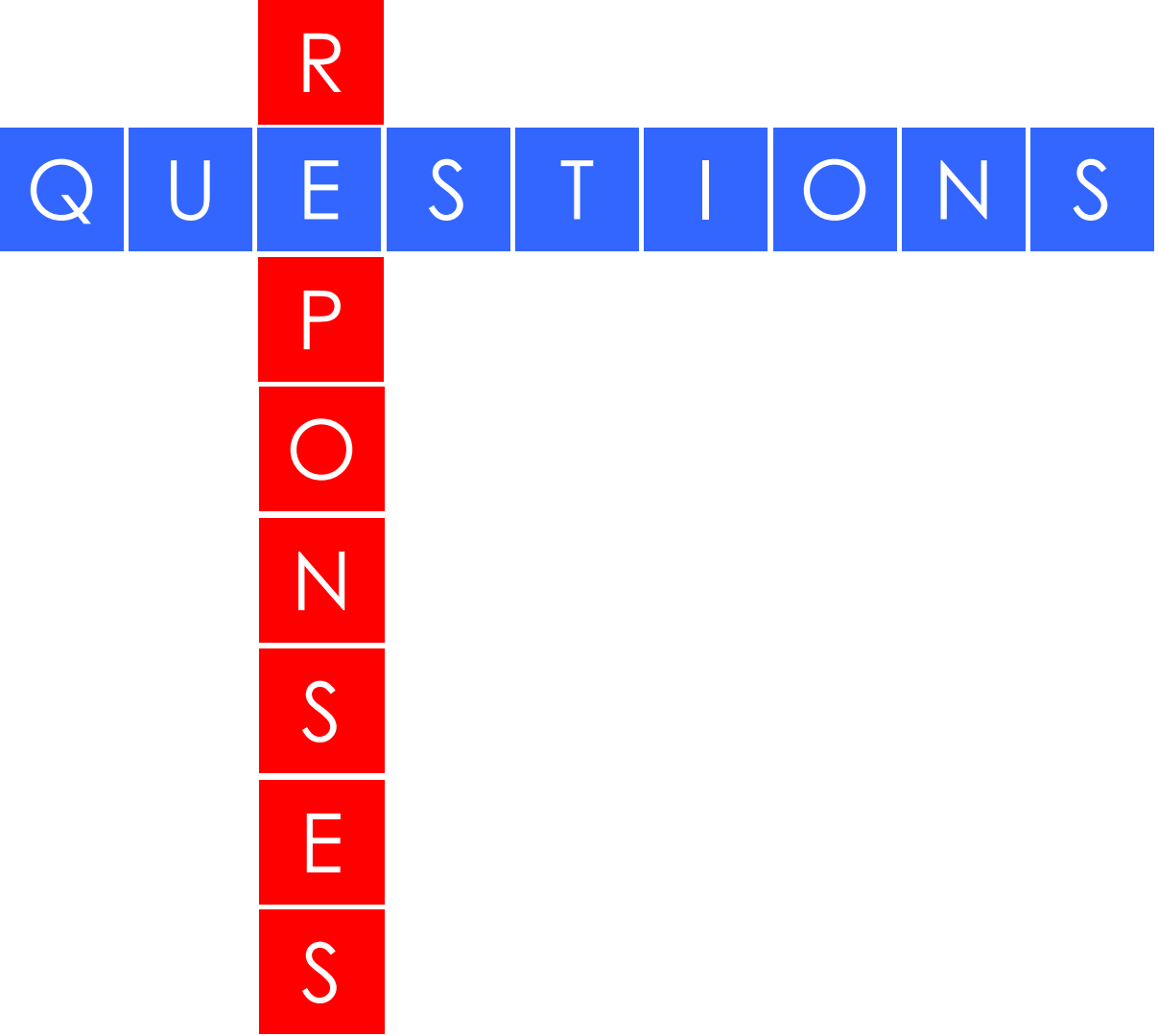
La règle de Compression de Zéros

2001::249::ecfe

QUIZ

Raccourcir ces adresses

a) 2001:0db8:0000:0000:0008:0800:200C:417a
b) ff01:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0101
c) 0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001
d) 0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000



@AFRINICtraining
@IPv6Cert

Comprendre les

Types D'Adresses IPv6

Objectifs de la Section

- Identifier les différents types d'adresses IPv6
- Décrire la structure et les scopes de ces adresses

1 L'épuisement d'IPv4
et ses implications

2 Les Adresses IPv6
notation, compressions

3 Les Types d'Adr. IPv6
LLA | GUA | ULA etc

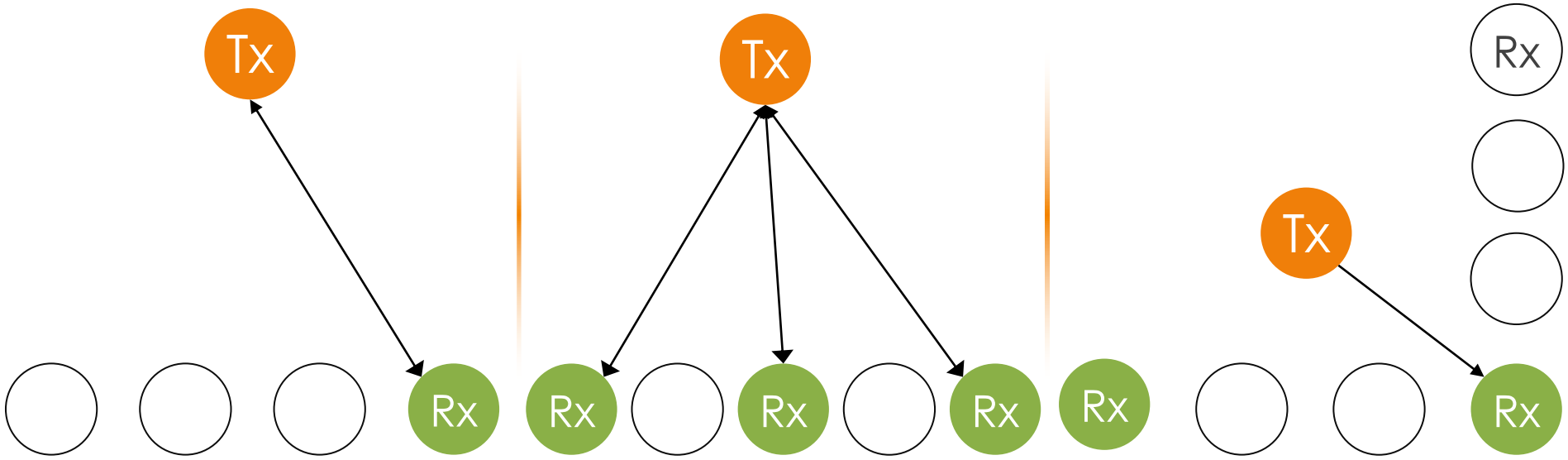
4 Configuration
hôtes et routeurs

Il existe 3 types communications IPv6

1:1
Les adresses Unicast

1:n
Les adresses Multicast

1:plus proche
Les adresses Anycast



Il n'y a pas d'adresses (ou communications) broadcast dans IPv6

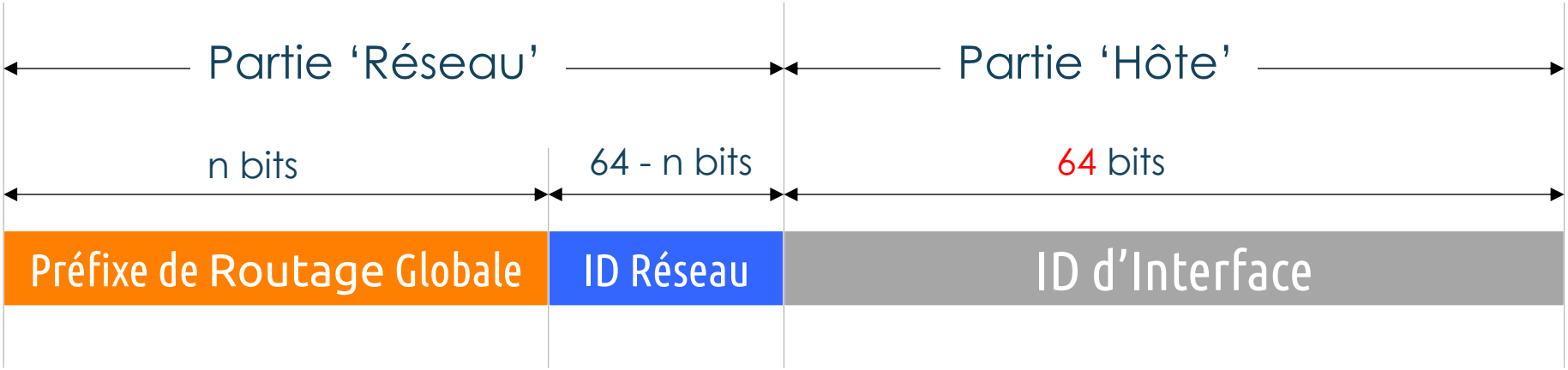
le scope d'un adresse est son domaine d'unicité

Scope global

Scope Lien-local

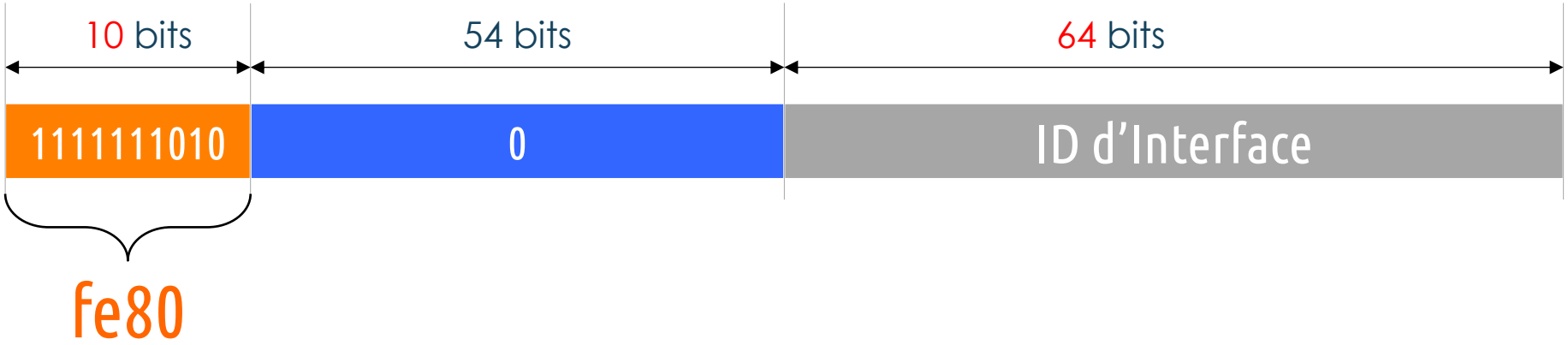
Selon le scope, une adresse peut être utilisée comme un identifiant unique d'une interface

Les Adresses Unicast Globales (GUA)



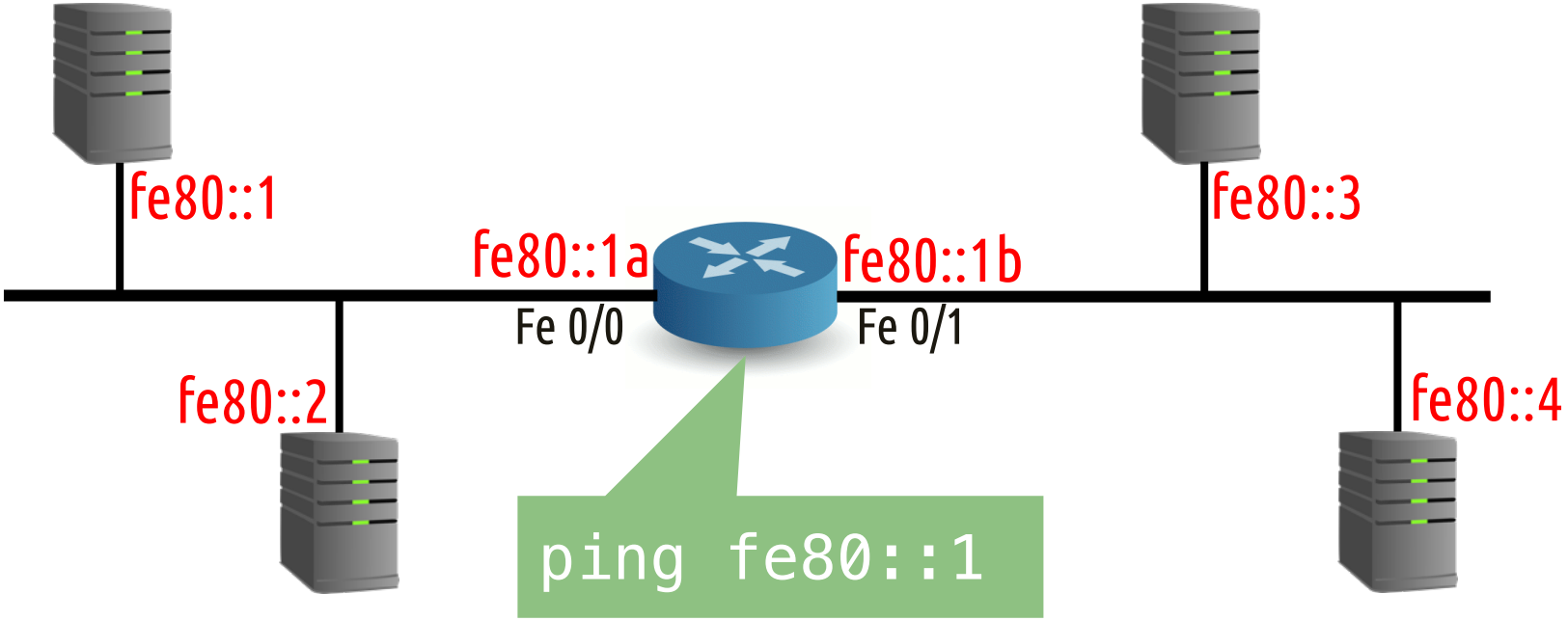
Ex: 2001:4290:10:249:bae8:56ff:fe4a:ecfe

Les adresses Link-local (LLA)



Ex: fe80:0000:0000:0000:bae8:56ff:fe4a:ecfe

L'accessibilité des adresses Lien-local et le scopeID



- Par quelle interface le routeur enverra t-il ce paquet?
- Vous devez explicitement spécifier l'interface de sortie

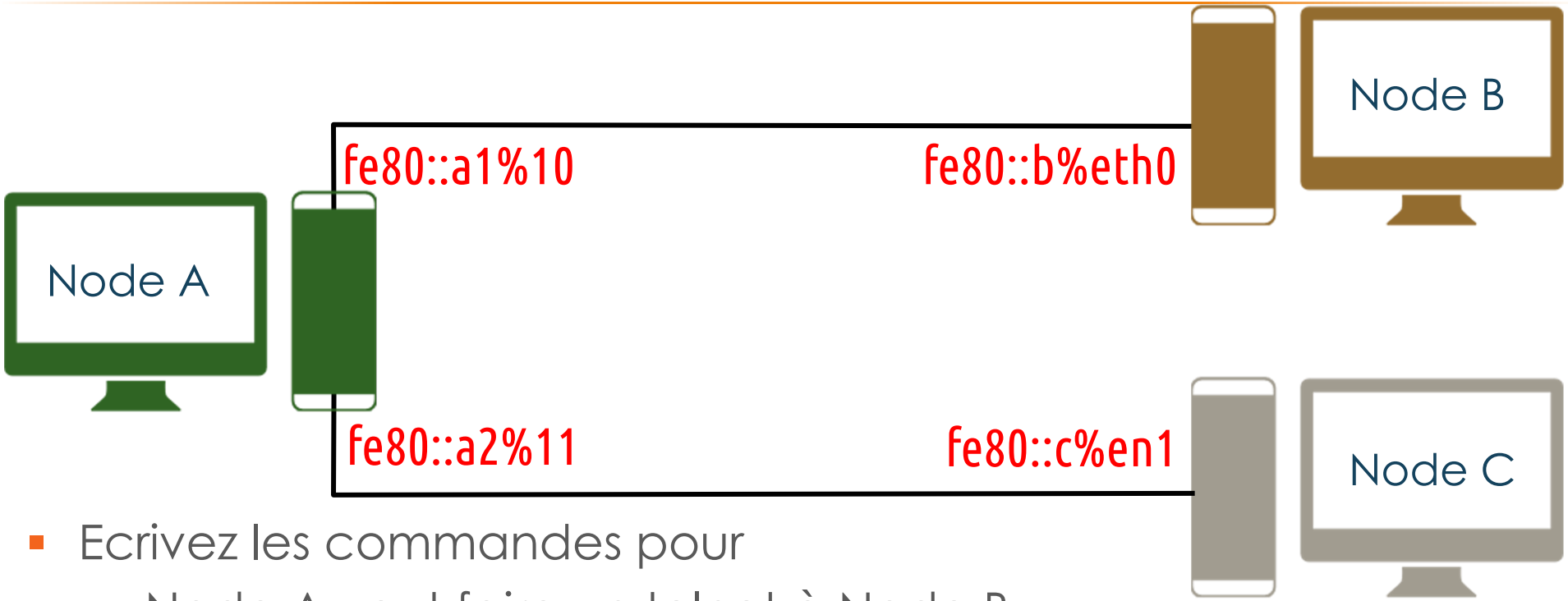
Résoudre l'ambiguïté des LLA avec les scopeIDs

Identifie le scope d'une adresse
Généré automatiquement par le SE
Typiquement, un entier ou nom de l'interface

fe80::hhhh:hhhh:hhhh:hhhh%zoneID

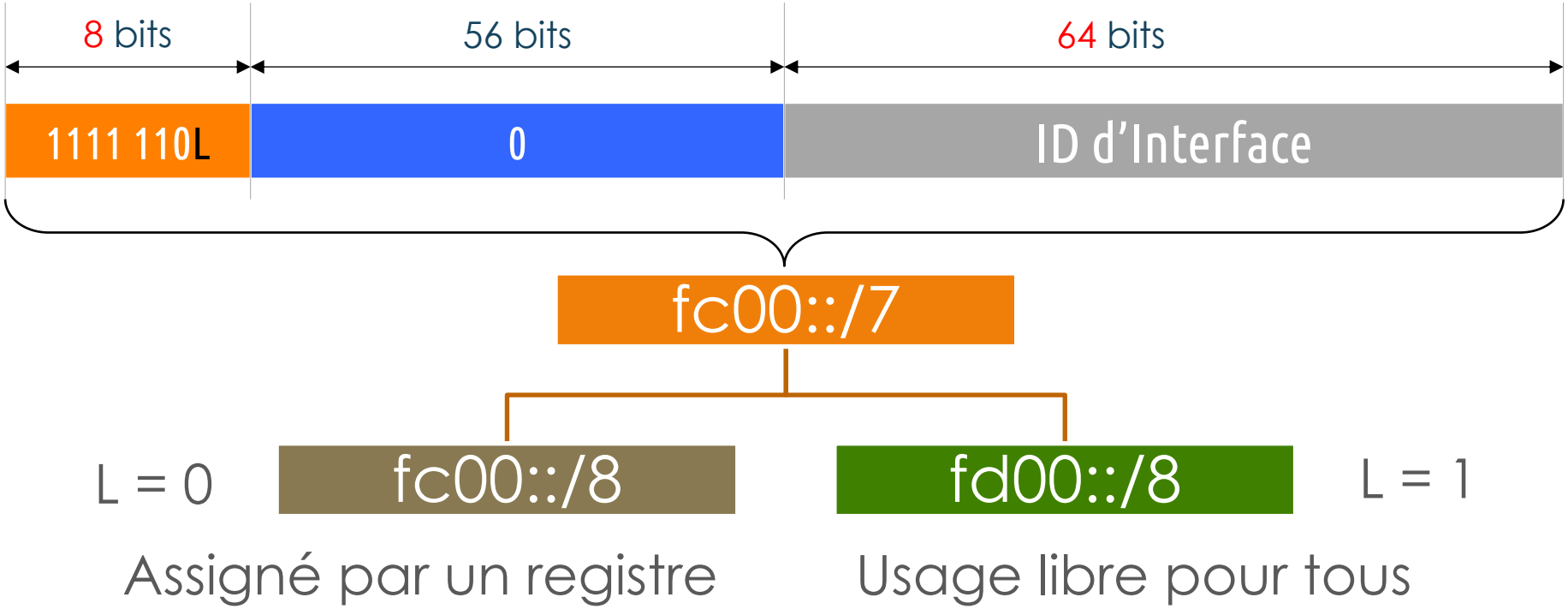
- EX. sur Mac OS X: fe80::bae8:56ff:fe4a:ecfe%en0
- EX. sur Windows: fe80::bae8:56ff:fe4a:ecfe%10

Quiz: Usage correcte des ScopeIDs

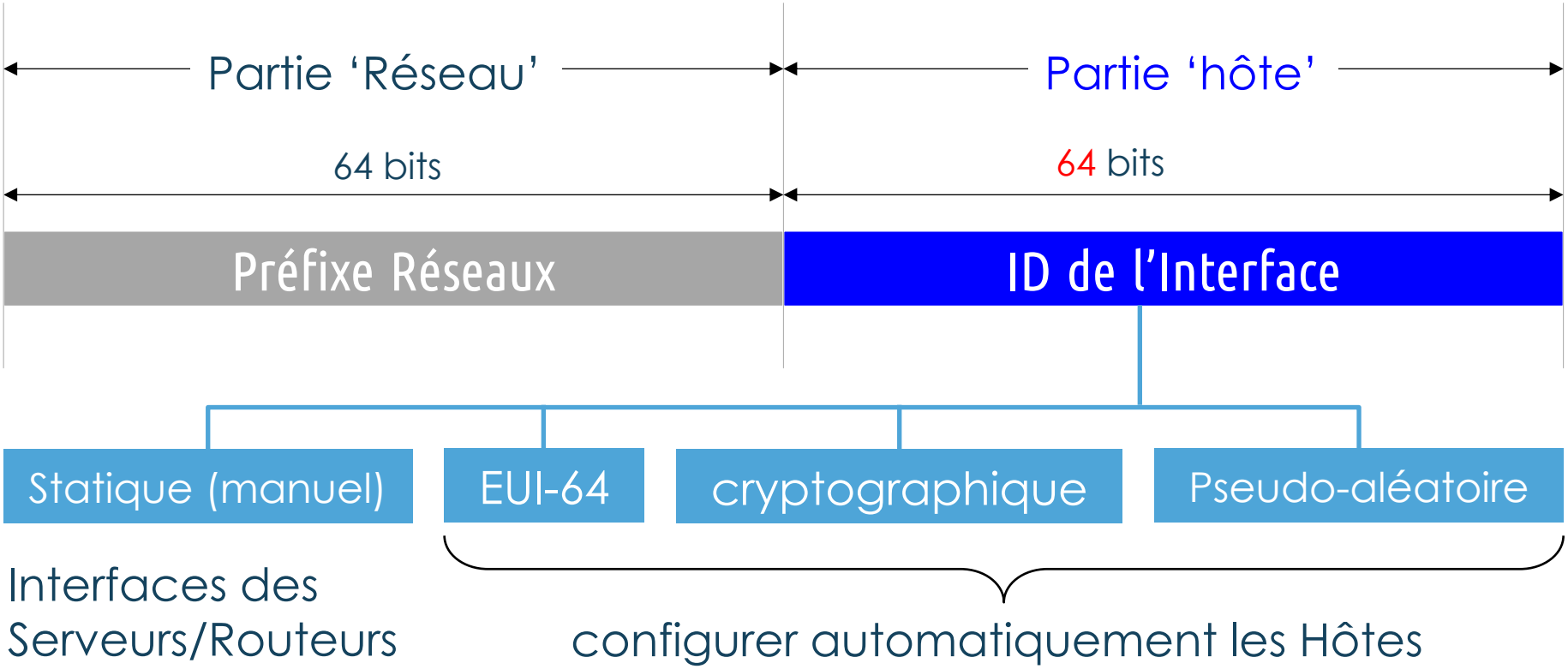


- Ecrivez les commandes pour
  - Node A veut faire un telnet à Node B
  - Node A veut faire un ping à Node C

Les adresses Unique Local (ULA)



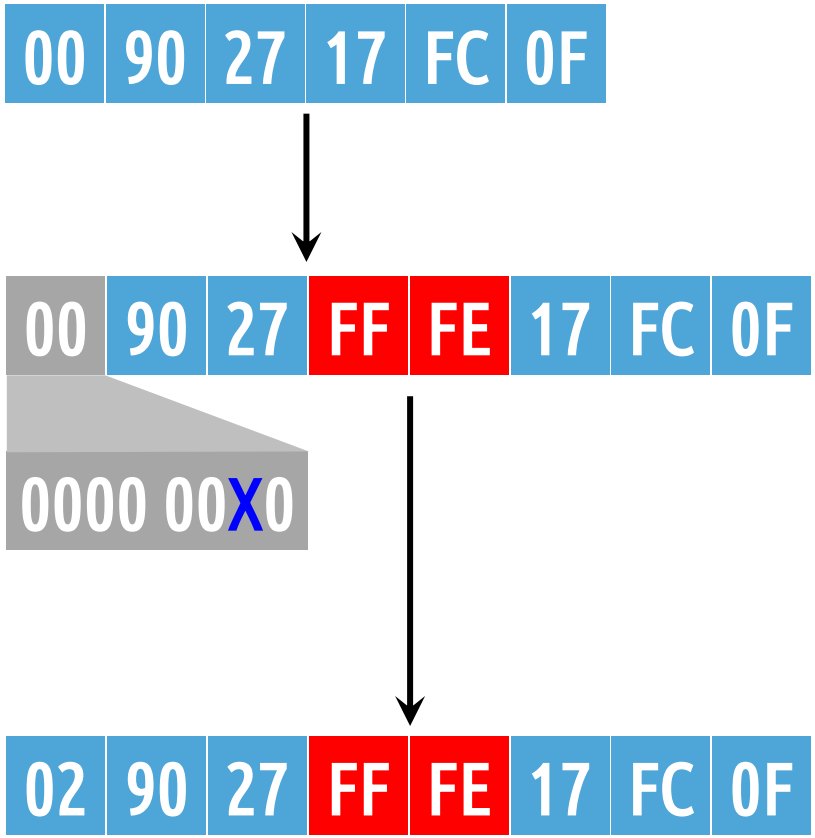
Générer l'ID de l'Interface (IID)



Les IDs Interface réservées (RFC 5453)

0000:0000:0000:0000	Routeur anycast s. res.
FDFF:FFFF:FFFF:FF80	Sous réseau anycast
FDFF:FFFF:FFFF:FFFF	

Comment les IDs d'Interfaces EUI-64 sont générés



Prendre l'adresse MAC (48 bits)

L'étendre à 64 bits (insérer "fffe")

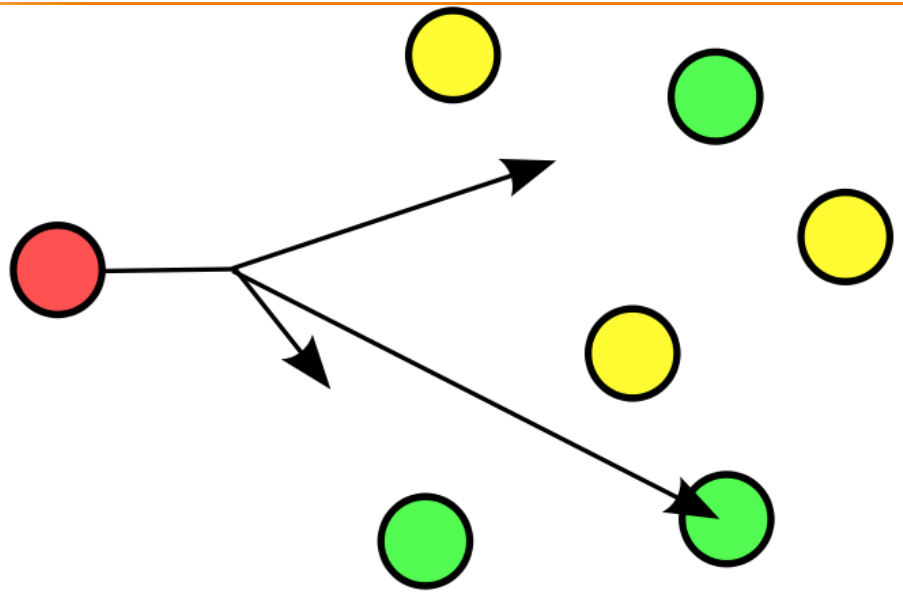
Positionner le bit U/L
X = 0 MAC unique
X = 1 pour MAC non-unique

Viola! votre InterfaceID

Des adresses connues importantes

::	• Adresse non spécifiée • Indique l'absence d'adresses IPv6 • Jamais utilisé comme adresse de destination • Le scope est Link-local
::/0	• Route par défaut
::1	• Permet de s'envoyer des paquets IPv6 • Ne doit jamais être routé hors du nœud

Les adresses anycasts

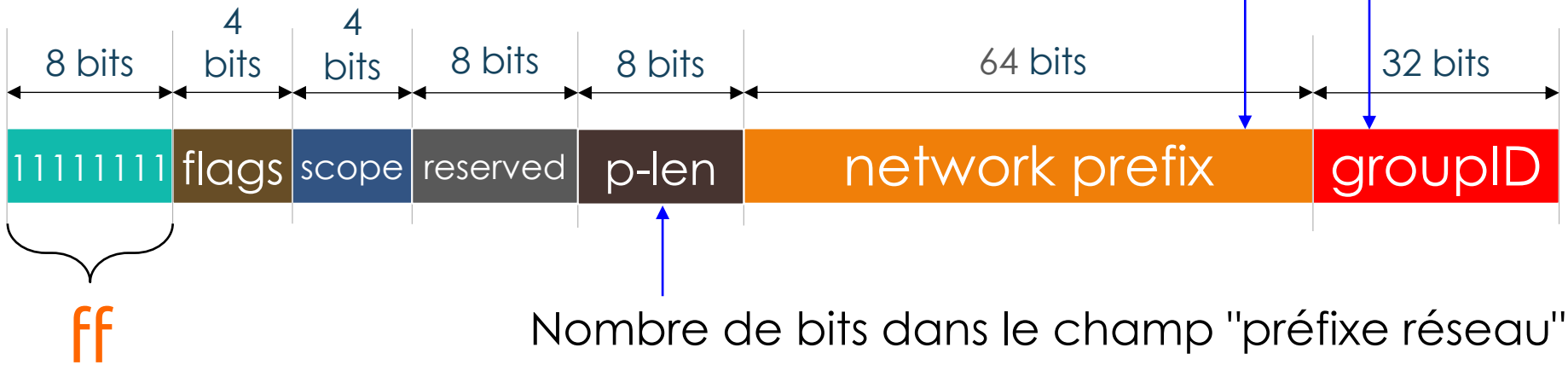


- Même adresse configurée sur plusieurs hôtes(interfaces)- jaune
- Paquets anicast sont livrés au plus proche selon la topologie
- Attribué à partir de l'espace des adresses unicast

Les adresses Multicast

L'ID d'un groupe multicast pour un scope donné

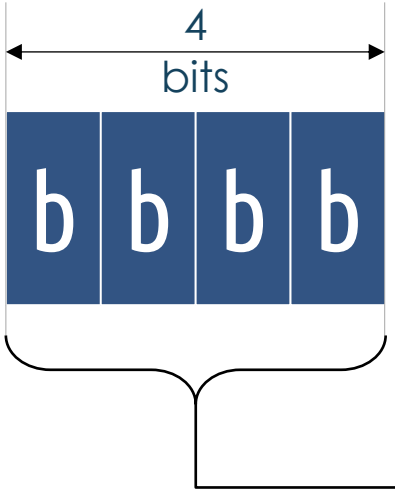
Préfixe **unicast** de sous-réseau qui possède cette adresse



Nombre de bits dans le champ "préfixe réseau"

Toutes les adresses Multicast sont de la plage ff00::/8

Des scopes multicast connus



Bits	Hex	Scope
0001	1	Interface-local
0010	2	Link-local
0100	4	Admin-local
0101	5	Site-local
1000	8	Organization-local
1110	e	Global

Exemple: Un groupID avec differents scopes

Si l'on affecte de façon permanente aux ''serveurs NTP'' le groupe multicast avec l'ID = 101

FF01::101	Tout serveur NTP sur la même interface que l'émetteur
FF02::101	Tout serveur NTP sur le même lien que l'émetteur
FF05::101	Tout serveur NTP sur le même site que l'émetteur
FF08::101	Tout serveur NTP dans la même organisation que l'émetteur
FF0e:101	Tout serveur NTP sur Internet

Quelques adresses multicast bien-connues

FF01::1	Tout nœud IPv6 sur la même interface
FF02::1	Tout nœud IPv6 sur le même lien
FF01::2	Tout routeur IPv6 sur la même interface
FF02::2	Tout routeur IPv6 sur le même lien
FF05::2	Tout routeur IPv6 sur le même site

RFC 2375 pour la liste complete

Les adresse multicast de sollicitation de nœud (SNMA)

hhhh:hhhh:hhhh:hhhh:hhhh:hhhh:hhhh:hhhh

24 bits

ff02::1:ffhh:hhhh/104

- Calculé pour chaque adresse unicast/anycast
- Les adresses ayant les mêmes 24 derniers bits auront la même SNMA

Exemple d'adresse multicast de sollicitation de nœud

4037::01:800:200e:8c6c

24 bits

ff02::1:ff0e:8c6c/104

Exemple d'adresses multicast de sollicitation de nœud

```
#show ipv6 interface g0/0
GigabitEthernet0/0 is up, line protocol is up
  IPv6 is enabled, link-local address is FE80::CA9C:1DFF:FE6B:B6A0
  Description: [Link to R1]
  Global unicast address(es):
    2001:43F8:90:C0::2, subnet is 2001:43F8:90:C0::/64
  Joined group address(es):
    FF02::1
    FF02::2
    FF02::1:FF00:2
    FF02::1:FF6B:B6A0
```

Le multicast au niveau des adresses Ethernet

ffhh:hhhh:hhhh:hhhh:hhhh:hhhh:hhhh:hhhh

32 bits

33-33-hh-hh-hh-hh

address MAC Multicast

Exemples adresses MAC Multicast

ff02::1	33-33-00-00-00-01
ff02::2	33-33-00-00-00-02
ff02::1:ff3f:21ac	33-33-ff-3f-21-ac

Par quelles adresses un routeur s'identifie t-il?

① Toutes les adresses par lesquelles les hôtes s'identifient

② Adresses multicast tous les routeurs (ff0x::2)

③ Adresse anycast Sous-réseau pour toute interface routée

④ Tout adresse anycast configurés

QUIZ

Lesquels de ces EUI-64 IIDs suivants n'auraient pas été généré à partir de cette adresse MAC adresse 00-1E-33-3B-5A-94?

a) 2001:bd8:c001::021e:33ff:fe3b:5a94/64
b) 2001:bd8:c001::021e:33fe:ff3b:5a94/64
c) 2001:bd8::021e:33ff:fe3b:5a94/64
d) 2001:021e::33ff:fe3b:5a94/64

QUIZ

Lesquels de ces EUI-64 IIDs suivants n'auraient pas été généré à partir de cette adresse MAC adresse 00:1E:33:3B:5A:94

a) 2001:bd8:c001::021e:33ff:fe3b:5a94/64
b) 2001:bd8:c001::021e:33fe:ff3b:5a94/64
c) 2001:bd8::021e:33ff:fe3b:5a94/64
d) 2001:021e::33ff:fe3b:5a94/64

Configuration

De Base D'IPv6 Sur Des Hôtes

Objectifs de la Section

- Configurer et vérifier IPv6 sur les systèmes d'exploitation Windows
- Configurer et vérifier IPv6 sur les systèmes d'exploitation Linux
- Configurer et vérifier IPv6 sur les systèmes d'exploitation MAC OS
- Configurer et vérifier IPv6 sur Cisco IOS
- Configurer et vérifier IPv6 sur Junos

1 L'épuisement d'IPv4
et ses implications

2 Les Adresses IPv6
notation, compressions

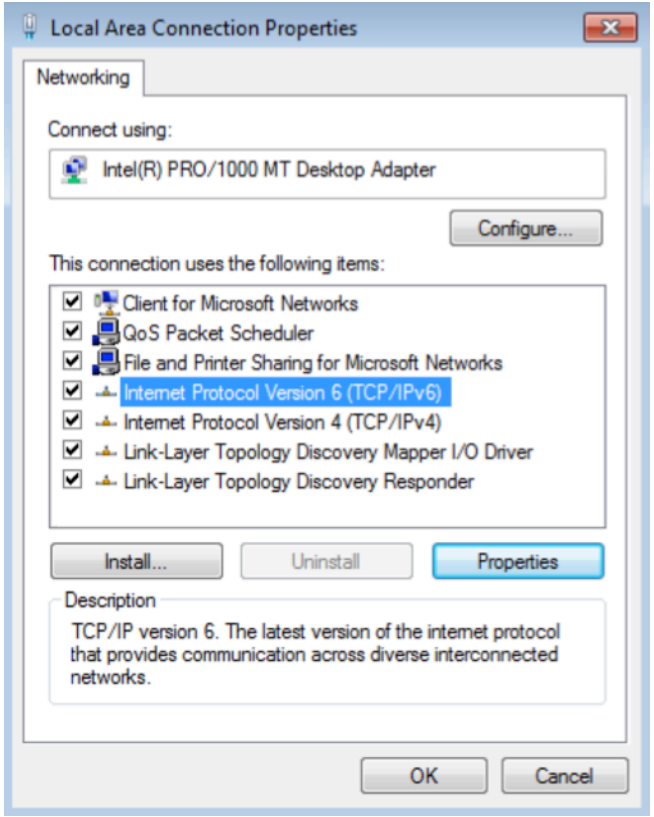
3 Les Types d'Adr. IPv6
LLA | GUA | ULA etc

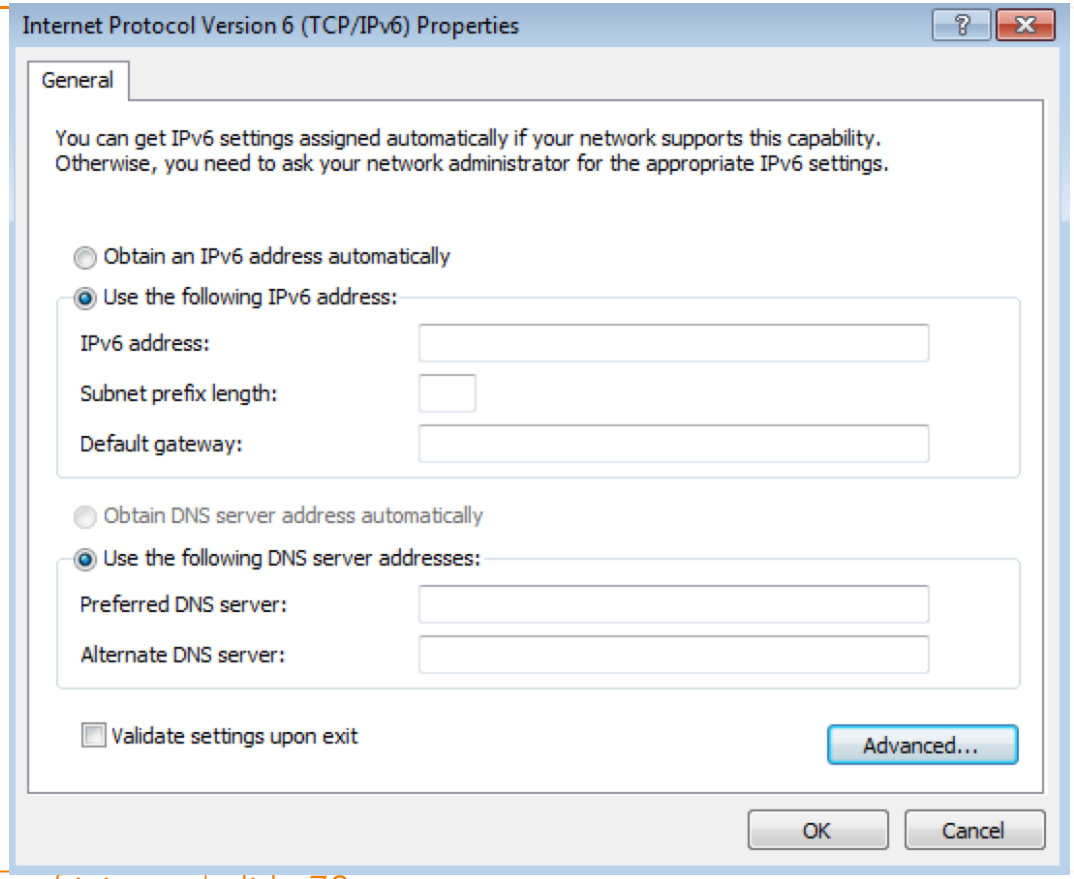
4 Configuration
hôtes et routeurs

Sur la plupart des S.E(s), IPv6 activé par défaut

http://j.mp/OSv6-support

Configuration d'hôte: Windows Vista/7





Configuration d'hôte: Mac OS X

AirPort

AirPort | TCP/IP | DNS | WINS | 802.1X | Proxies | Ethernet

Configure IPv4: Using DHCP

IPv4 Address: 196.1.0.36

Renew DHCP Lease

Subnet Mask: 255.255.255.192

DHCP Client ID:

(If required)

Router: 196.1.0.62

Configure IPv6: Manually

Router:

IPv6 Address:

Prefix Length:

(If required

Router: 196.1.0.62

Configure IPv6: Automatically

Router: fe80:0000:0000:0000:0200:24ff:fec9:2849

IPv6 Address: 2001:4290:0010:0002:0225:4bff:fe8f:40d6

Prefix Length: 64

Configuration d'hôte: Linux

(/etc/network/interfaces)

Configurer une adresse statique

```
auto eth0
  iface eth0 inet6 static
  address <v6address>/<prefix>
```

DHCPv6

```
auto eth0
  iface eth0 inet6 dhcp
```

SLAAC

```
auto eth0
  iface eth0 inet6 auto
```

Configurer resolver DNS (/etc/resolv.conf)

```
nameserver <dns_resolver_v6_address>
nameserver <dns_resolver_v6_address>
```

Configuration de base d' IPv6 sur IOS de Cisco

Activer IPv6 sur une Interface

```
(config-if)#ipv6 enable
```

Assigner une adresse IPv6 avec un interfaceID automatique

```
#ipv6 address <prefix/length>  eui-64
```

Assigner une adresse IPv6 statique

```
#ipv6 address <address/length> [link-local | anycast]
```

Activer le routage IPv6 et CEF

```
(config)#ipv6 unicast-routing
(config)#ipv6 cef
```

Configuration de base d'IPv6 sur Junos

Activer IPv6 sur une Interface

```
#edit interfaces <interfacename> unit <unit_no>
```

Assigner une adresse IPv6 avec un interfaceID automatique

```
#set family inet6 address <prefix/prefix-length>  eui-64
```

Assigner une adresse IPv6 statique

```
#set family inet6 address <ipv6address/prefix-length>
```

Quelques outils de dépannage: Linux

Ping	`ping6`	`ping`
Traceroute	`traceroute6`	`traceroute`
Info Interface	`ifconfig`	`ifconfig`
Table de Routage	`netstat -A inet6 -rn`	`netstat -A inet -rn`
Table des voisins	`ip -6 neighbor show`	`arp -an`

Quelques outils de dépannage: OS X & *BSD

Ping	`ping6`	`ping`
Traceroute	`traceroute6`	`traceroute`
Info Interface	`ifconfig`	`ifconfig`
Table de Routage	`netstat -f inet6 -rn`	`netstat -f inet -rn`
Table des voisins	`ndp -an`	`arp -an`

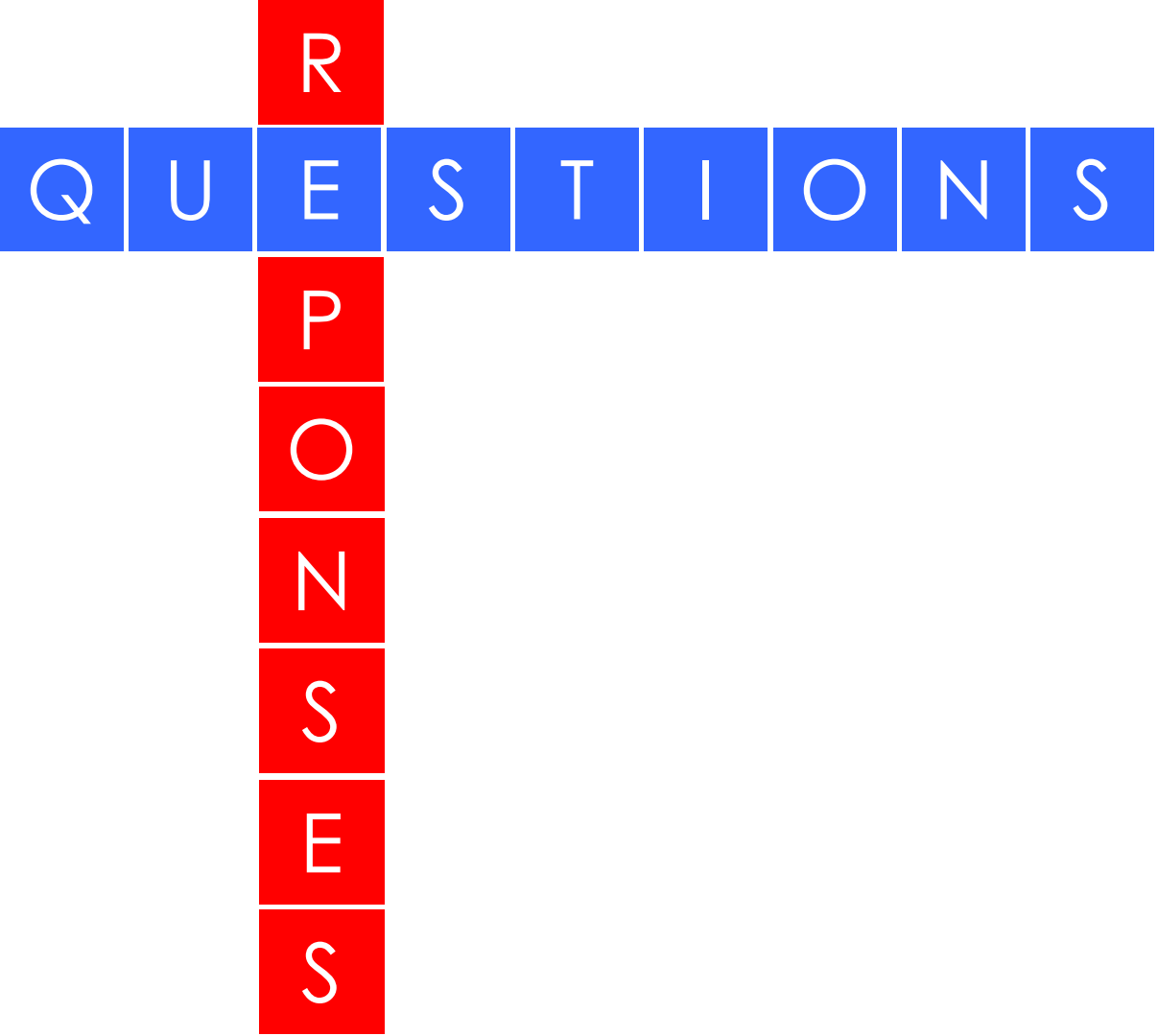
Quelques outils de dépannage: Windows Vista et plus

Ping	`ping -6`	`ping -4`
Traceroute	`tracert -6`	`tracert -4`
Info Interface	`ipconfig /all`	`ipconfig /all`
Table de Routage	`netsh interface ipv6 show route`	`netsh interface ipv4 show route`
Table des voisins	`netsh interface ipv6 show neighbors`	`arp -a`

Tester l'accessibilité de ce qui suit:

EXERCICE

1. L'adresse lien local de votre voisin
2. Tous les hôtes IPv6 sur le sous-réseau
3. Tous les routeurs IPv6 sur le sous-réseau
4. Tracer le chemin IPv6 vers certi6.io



@AFRINICtraining
@IPv6Cert

Comprendre

IPv6 Á Partir D'IPv4

Objectifs de la Section

- Décrire l'en-tête IPv6, en ressortant les différences avec celle d'IPv4
- Identifier les équivalents IPv6 des protocoles clés IPv4

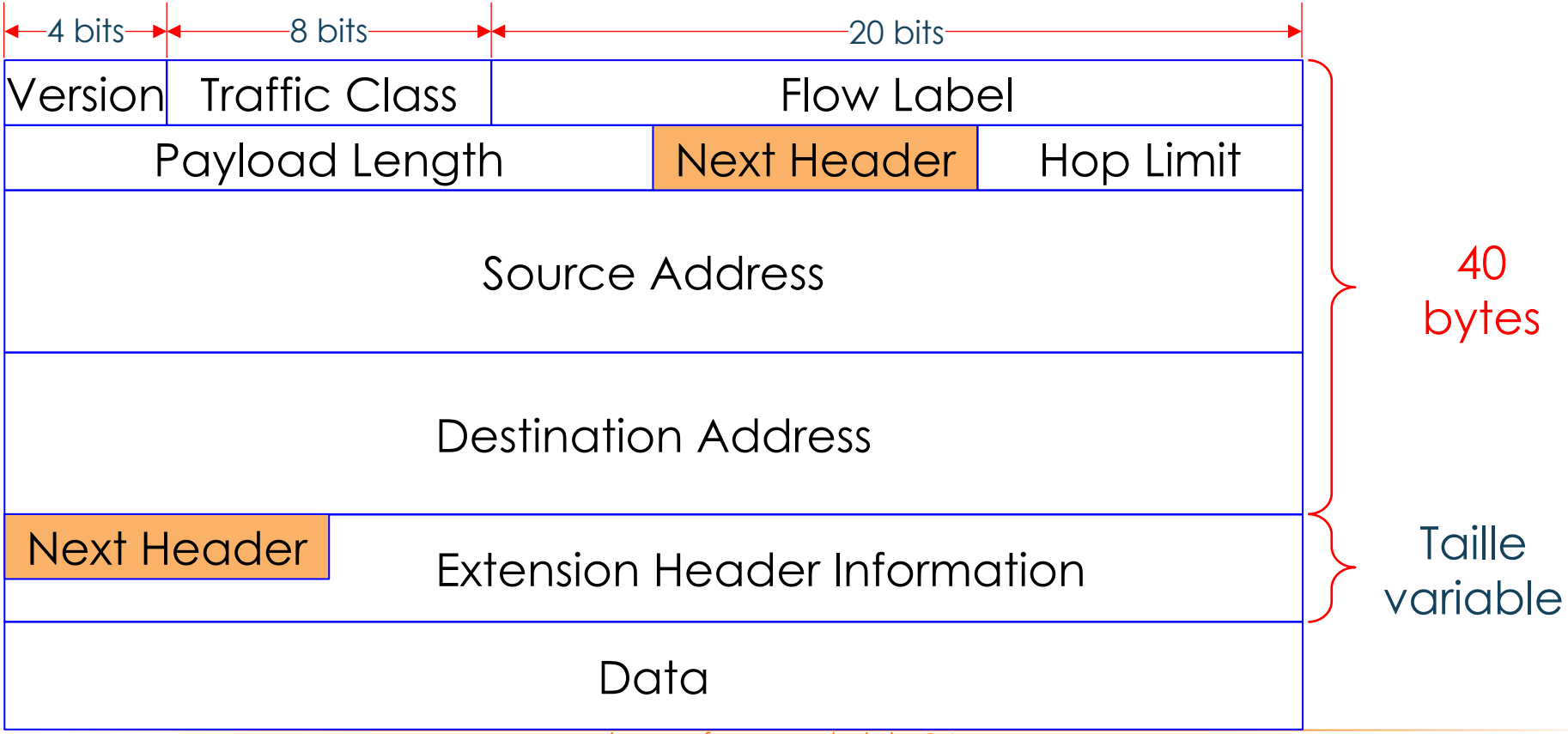
5 IPv6 vs IPv4
comparaison des fonctions clés

6 Plan d'Adressage
FAIs, campus, entreprises

7 Neighbor Discovery
et ses usages

8 Attribution d'`Adr.
SLAAC, DHCPv6, DHCP-PD

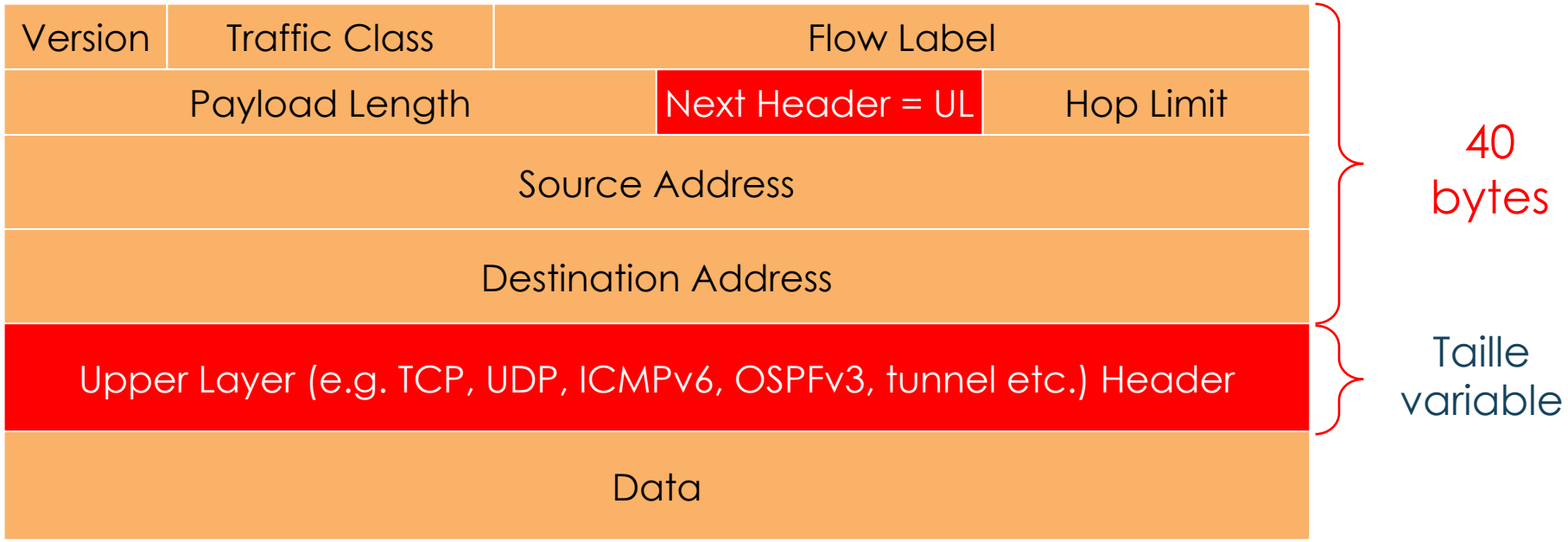
La structure d'un paquet IPv6



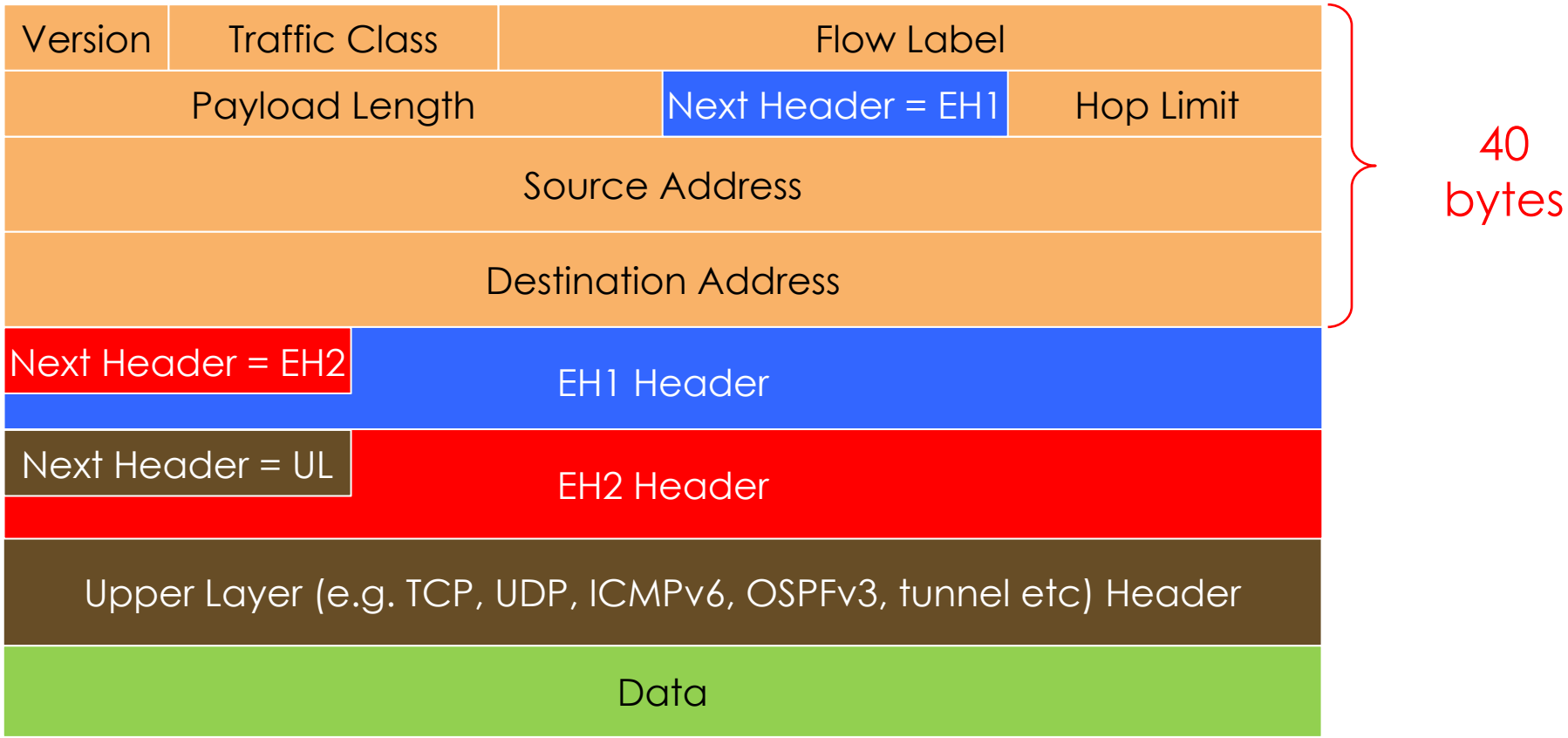
Les en-têtes d'extension IPv6

- Similaire au champ "Protocole" d'IPv4
- Coder des compléments d'informations a la couche Internet
- Entre les entête des couches base et supérieure
- Le champ "Next Header" contient une valeur unique pour chaque en-tête

Paquet IPv6 sans entête d'extension



Paquet IPv6 avec entête d'extension



Liste et ordre des entêtes d'extension IPv6

Ordre	Entête	Code	Description
1	Entête de base IPv6		
2	Hop-by-hop options	0	Examiné par tous les nœuds sur le chemin
3	Routing	43	Spécifie la route pour un datagramme (mobile v6)
4	Fragment	44	Les paramètres de fragmentation
5	Authentication (AH)	51	Vérifie l'authenticité du paquet
6	ESP	50	Cryptage des données
7	Destination options	60	Examiné seulement par le noeud de destination
8	Mobility	135	Paramètres à utiliser pour mobile IPv6

Analyser: http://j.mp/v6cap

EXERCICE

Choisir le paquet #67

a) Quelle est la valeur du Flow label?
b) Que transporte ce paquet?
c) Quelle est la taille de ce paquet?
d) Combien de routeurs enverront ce paquet?

Analyser: http://j.mp/v6rh

EXERCICE

Choisir le paquet

a) Lister les entêtes d'extension du paquet
b) Que transporte ce paquet?

Les changements structurels dans l'entête IPv4

Version	IHL	Type of Service	Total length
Identification		Flags	Fragment Offset
Time to Live	Protocol	Header Checksum	
Source Address			
Destination Address			
Options			Padding

- Champ éliminé de IPv6
- Champ rebaptisé dans IPv6
- Champ ôté de l'en-tête de base IPv6
- champ maintenu

IPv4 vs IPv6, comparaison des fonctionnalités clés

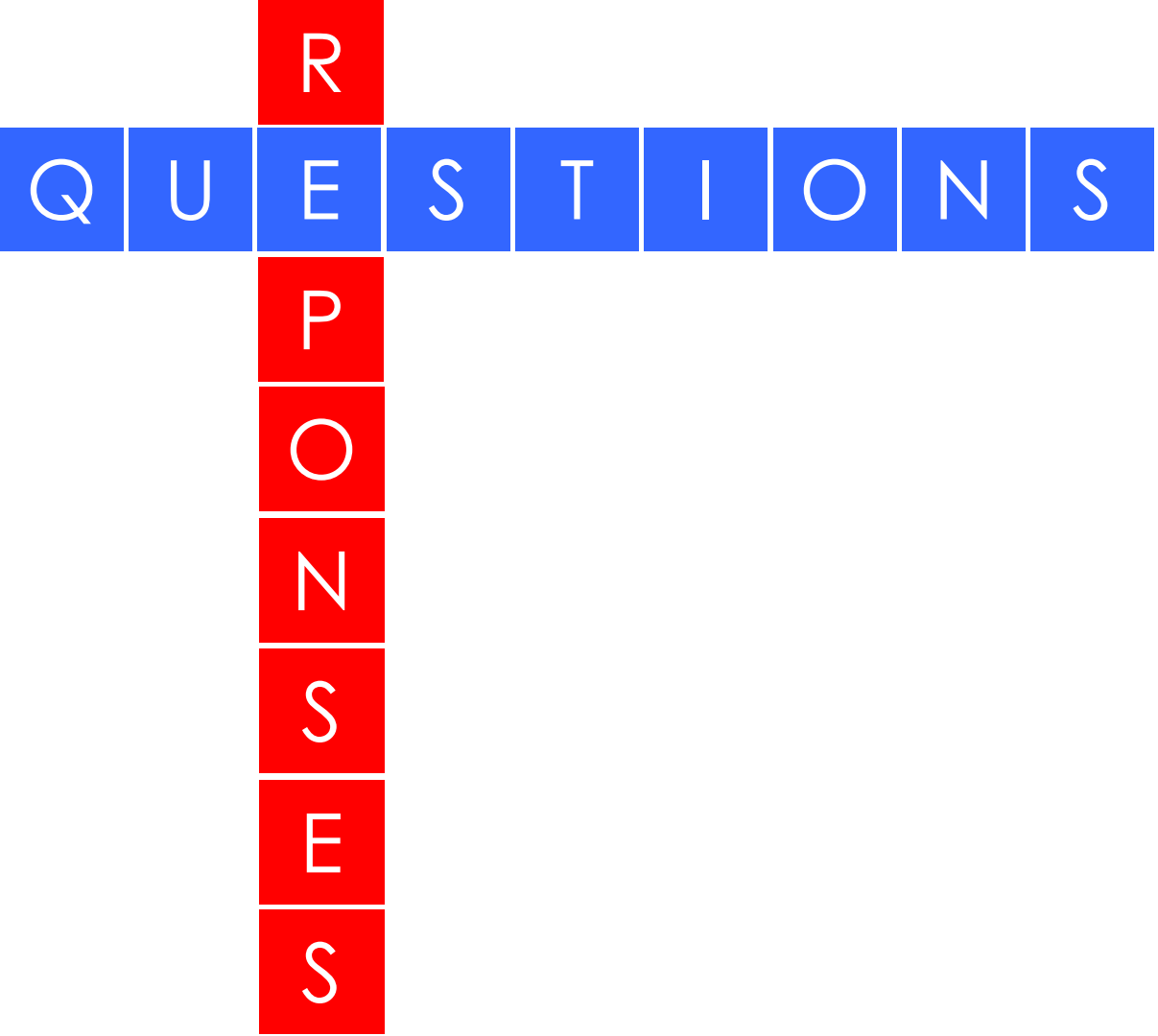
IPv4	IPv6
Méthodes de configuration automatique des hôtes et des CPEs	
▪ DHCP ▪ PPPoE	▪ DHCPv6 ▪ Stateless Address configuration ▪ PPPoE
Résolution d'adresse de la couche Réseau vers Liaison-de-données	
▪ ARP ▪ Broadcast	▪ ICMPv6 (NS, NA) ▪ Multicasts

IPv4 vs IPv6, comparaison des fonctionnalités clés

IPv4	IPv6
Des noms de domaines aux méthodes de résolution d'adresses	
▪ DNS ▪ A Enregist. de ressource ▪ in-addr-arpa Zone inverse	▪ DNS ▪ AAAA Enregist. de ressource ▪ ip6.arpa Zone inverse
Comment rejoindre un groupes multicasts	
▪ IGMPv1 and IGMPv2	▪ MLD
Attribution automatique de passerelle par défaut aux hôtes	
▪ DHCP , IRD ou Passive RIP	▪ RA (ICMPv6)

IPv4 vs IPv6, comparaison des fonctionnalités clés

IPv4	IPv6
Protocoles de routages dynamiques standards supportés	
▪ RIPv1 , RIPv2 ▪ OSPFv2, IS-IS ▪ BGPv4 (IPv4 Address Family)	▪ RIPng ▪ OSPFv3 , IS-IS ▪ BGPv4 (IPv6 Address Family)
Taille minimale du MTU	
▪ 576 octets	▪ 1280 octets
Modes de communication supportés	
▪ Unicast, multicast, broadcast	▪ Unicast, multicast



@AFRINICtraining
@IPv6Cert

EXERCICE

IPv6 Lab Manual

Exercice 2.2

Création d'un

Plan D'Adressage IPv6

Objectifs de la Section

- Découpage d'un préfixe IPv6
- Estimer les besoins d'adressage IPv6 de votre réseau
- Dimensionner et attribuer votre allocation d'adresses

5 IPv6 vs IPv4
comparaison des fonctions clés

6 Plan d'Adressage
FAIs, campus, entreprises

7 Neighbor Discovery
et ses usages

8 Attribution d'`Adr.
SLAAC, DHCPv6, DHCP-PD

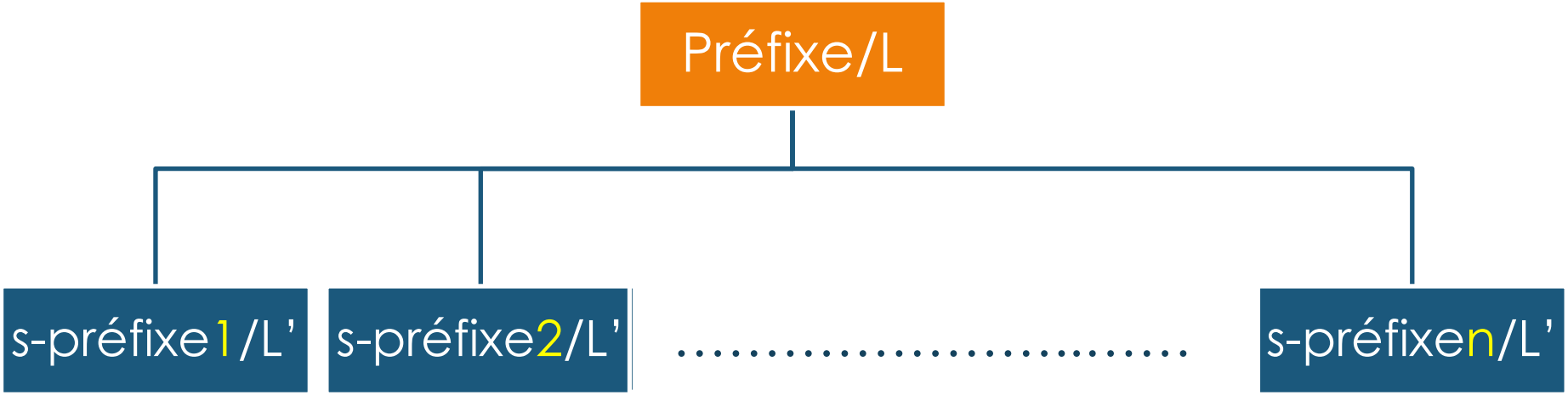
Les questions récurrentes au plan d'adressage

Découper 2001:db8:c001::/48, en 150 bloques égaux

Découper 2001:db8::/32 en /40s

Vous avez 125 sites dont chacun a besoin d'un /60, quelle taille préfixe devriez-vous réserver pour tous vos sites?

Les problèmes génériques de subnetting IPv6



- L' > L en longueur (en quantité, plus court est plus grand)
- L' = L + s (s = nombre de bits de sous-réseau)
- Le subnetting c'est trouver 's' et les valeurs s-prefix1 …n

Oublier les mauvaises habitudes de subnetting IPv4

- Les raisons du subnetting
  - IPv4: économiser l'espace d'adressage
  - IPv6: Nécessaire pour le routage ou la sécurité
- Pas de VLSM IPv6 – même longueur de préfixe par LAN
- Pensez sous-réseaux et non hôtes
- Il sera rare d'avoir un sous-réseau plus grand qu'un /64!

Procédure de subnetting IPv6

Données	Processus	Formules
Préfixe & long. L , L' OU no. de sous-res.	Find no. of subnet bits (s)	s = L'- L or s = log N/log 2
Préfixe & long. L, bit de sous-réseau s	Find subnet hexits	s / 4
Long. de sous-préf. L'	Find subnetID increment (B)	$B = 2^{16 - (L'\%16)}$
Long. de sous-préf. L'	List the subnets	Utilisez sipcalc ou tout autre outil en ligne

Etape #1: Comment trouver le bit (s) de sous-réseaux

Longueur des sous-préfixes

$$s = L' - L$$

Longueur du préfixe

No. de sous-réseaux requis

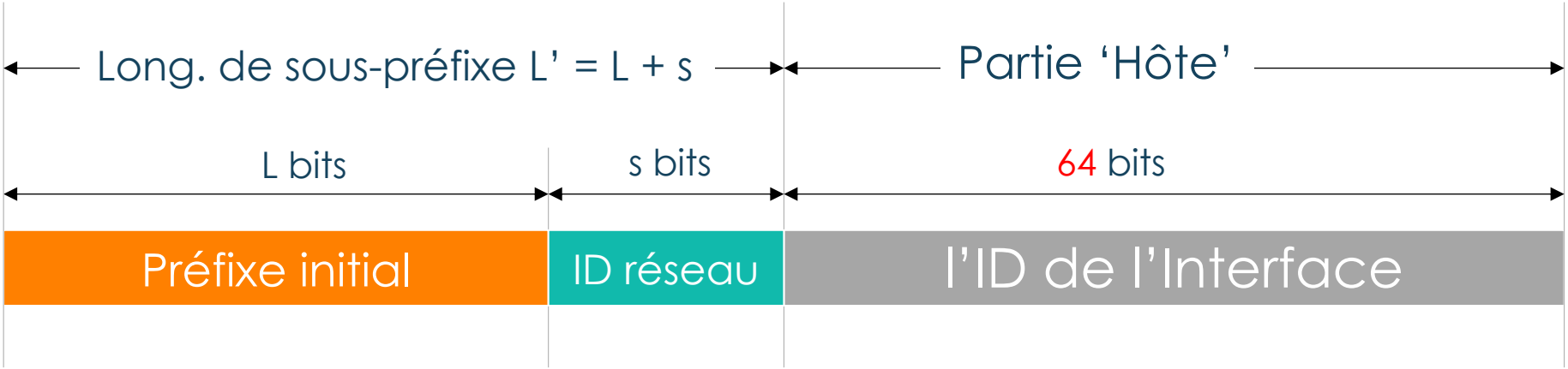
$$s = \frac{\log N}{\log 2}$$

Ex: Découper 2001:db8:c000::/36 en 700 sous-réseaux

L'on connaît le nombre de sous-réseaux N = 700

① $s = \log 700 \div \log 2 = 9.81 \approx 10$ bits

Etape #2: Comment trouver l'hexits de sous-réseaux



Le nombre d'hexits = s ÷ 4

Ex: Découper 2001:db8:c000::/36 en 700 sous-réseaux

L'on connaît le nombre de sous-réseaux N = 700

① s = log 700 ÷ log 2 = 9.81 ≈ 10 bits

② Nombre d'hexits = 10 ÷ 4 = 2.5 ≈ 3 hexits

Ainsi chaque sous-préfixes sera de la forme

2001:db8:cHHH::/46

Etape #3: Comment trouver l'increment (B)

Longueur de sous-préfixe

$$B = 2^{16} - (L'\%16)$$

Ex: Découper 2001:db8:c000::/36 en 700 sous-réseaux

L'on connaît le nombre de sous-réseaux N = 700

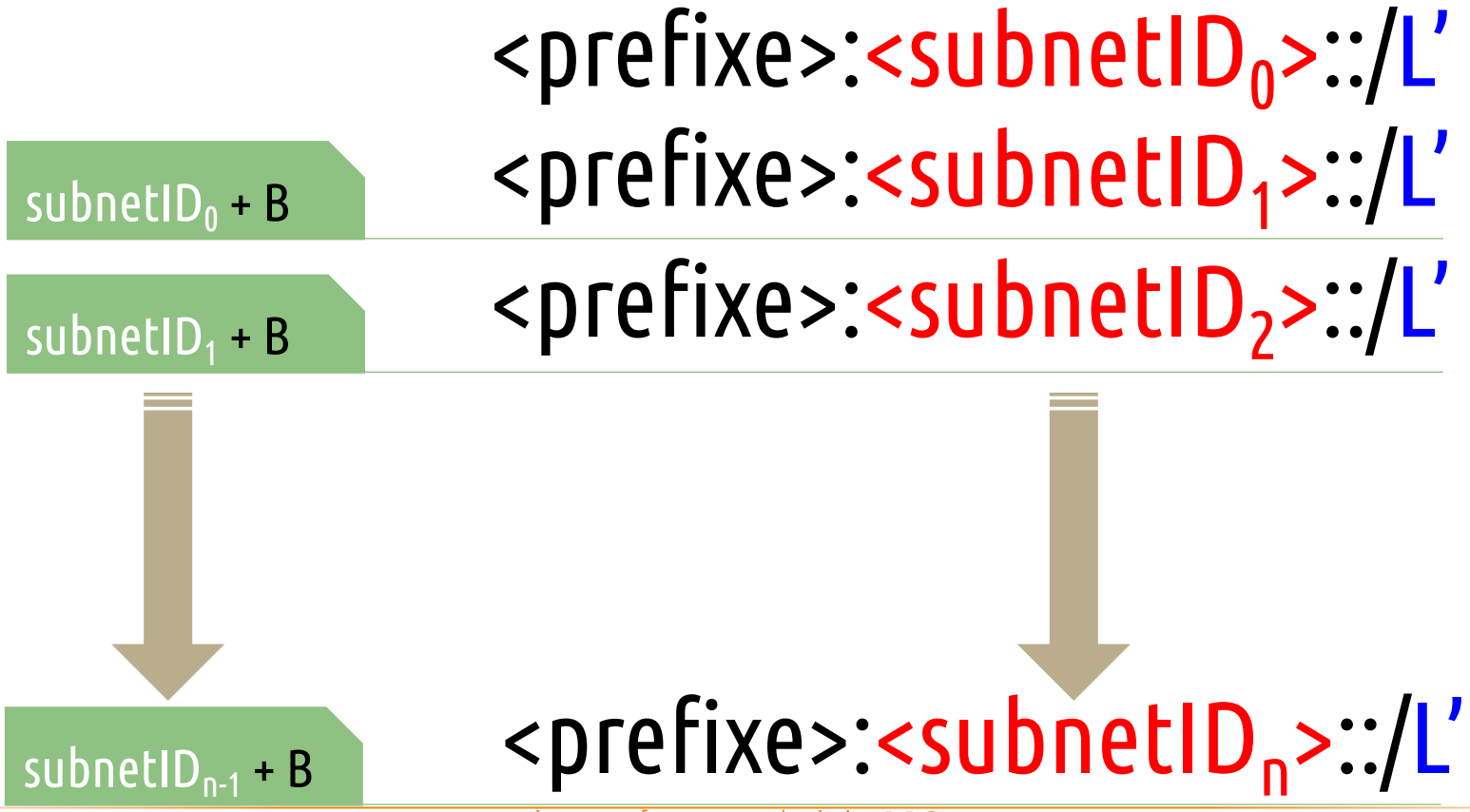
① s = log 700 ÷ log 2 = 9.81 ≈ 10 bits

② Nombre d'hexits = 10 ÷ 4 = 2.5 ≈ 3 hexits

③ Chaque sous-préfixes sera: 2001:db8:cHHH::/46

④ 'HHH' changera de B = $2^{16-(46\%16)} = 2^{16-14} = 2^2 = 4$

Etape #4: Comment énumérer les sous-réseaux



Etape #4: comment énumérer les sous-réseaux avec sipcalc

Préfixe initiale & longueur

Longueur de sous-préfixe

```
sipcalc <préfixe::/L> --v6split=<L'>
```

ou

```
sipcalc <préfixe::/L> -S <L'>
```

Ex: `sipcalc 2001:db8:c000::/36--v6split=46`

Etape #4: Comment Trouver the n^e sous-réseau avec sipcalc

Préfixe initiale & longueur

Longueur de sous-préfixe

```
sipcalc <prefix::/L> --v6split=<L'>
                | grep Network | nl | sed
                -n np
```

```
sipcalc 2001:db8:c000::/36--v6split=46 grep Network | nl |sed -n 975p
```

Exercice de subnetting

Un FAI qui opère dans 10 villes vient de recevoir une allocation 2001:db8::/32 d'AFRINIC, subdiviser ce préfixe équitablement entre ces 10 villes

Exemple d'utilisation de sipcalc

```
sipcalc 2001:db8::/32 –v6split=36 | grep Network
Network                    - 2001:0db8:0000:0000:0000:0000:0000:0000 -
Network                    - 2001:0db8:1000:0000:0000:0000:0000:0000 -
Network                    - 2001:0db8:2000:0000:0000:0000:0000:0000 -
Network                    - 2001:0db8:3000:0000:0000:0000:0000:0000 -
Network                    - 2001:0db8:4000:0000:0000:0000:0000:0000 -
Network                    - 2001:0db8:5000:0000:0000:0000:0000:0000 -
Network                    - 2001:0db8:6000:0000:0000:0000:0000:0000 -
Network                    - 2001:0db8:7000:0000:0000:0000:0000:0000 -
Network                    - 2001:0db8:8000:0000:0000:0000:0000:0000 -
Network                    - 2001:0db8:9000:0000:0000:0000:0000:0000 -
Network                    - 2001:0db8:a000:0000:0000:0000:0000:0000 -
Network                    - 2001:0db8:b000:0000:0000:0000:0000:0000 -
Network                    - 2001:0db8:c000:0000:0000:0000:0000:0000 -
Network                    - 2001:0db8:d000:0000:0000:0000:0000:0000 -
Network                    - 2001:0db8:e000:0000:0000:0000:0000:0000 -
Network                    - 2001:0db8:f000:0000:0000:0000:0000:0000 -
```

Solution á l'exercice de subnetting

- Nombre de sous-réseaux: N = 10
- Bits de sous-réseaux requis: s = log 10 ÷ log 2 = 3.322 ≈ 4
- 4 bits donnent 16 (c-a-d 2^4) sous-préfixes dont <u>6 spares</u>
- Longueur de chaque sous-préfixe L'= 36 (c-a-d 32 + 4)
- L'hexit de sous-réseaux = s/4 = 1
- L'incrément de sous-réseaux B = $2^{16-(36\%16)}$ = 4096 (0x1000)

Exemple de subnetting : les analyses

- Premier subnetID
  - a_1= 4096(1-1) = 0 (0x0) [avec a_n=(n-1)B]
  - Premier sous-réseau: 2001:db8:000::/36
- Dernier subnetID
  - a_{16} = 4096(16-1) = 61440 (0xf000)
  - Dernier sous-réseau: 2001:db8:f000::/36
- Vérifiez votre réponse à l'aide de sipcalc
  - sipcalc 2001:db8::/32 –v6split=36

Quelques précisions sur le plan d'adressages

① Ne pas se limiter aux préfixes de bases des RIRs: /32, /48

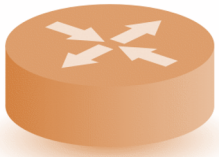
② Des longueurs de préfixe typiques

- Les hôtes sur un LAN: /64
- Lien inter-router: /127
- Adresses de loopback : /128

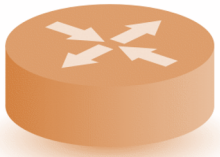
③ Planifier un schéma hiérarchique pour optimiser l'agrégation

④ S'assurer que tous les préfixes tombent sur des arrondis(4 bits)

Bonne pratique: Usage /127 pour les liens inter-routeur



<prefixe>:<subnetID>::/127



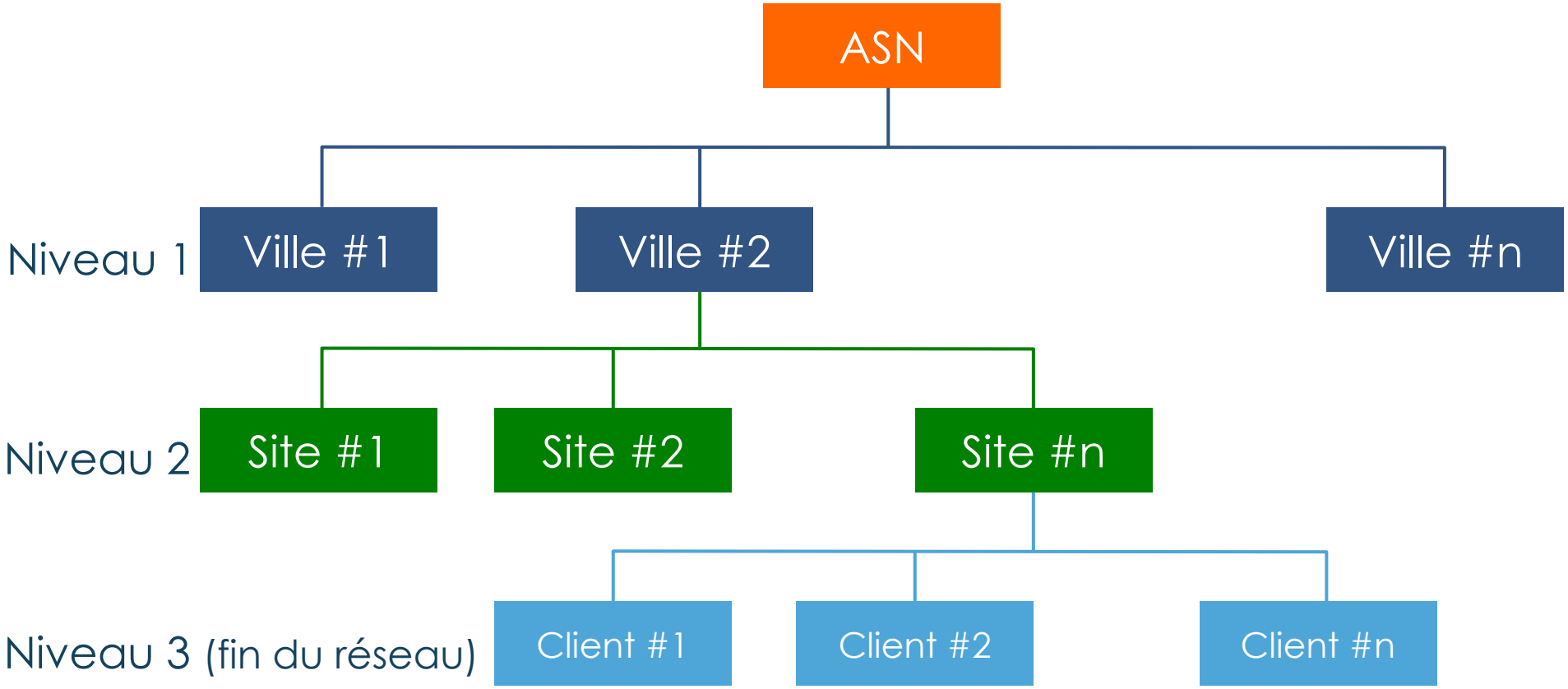
Améliore la sécurité en éliminant

- Problème de (ping pong) sur certains liens p2p
- Problème du cache des voisins IPv6

Les adresses avec les 64 bits suivants ne doivent pas être utilisés

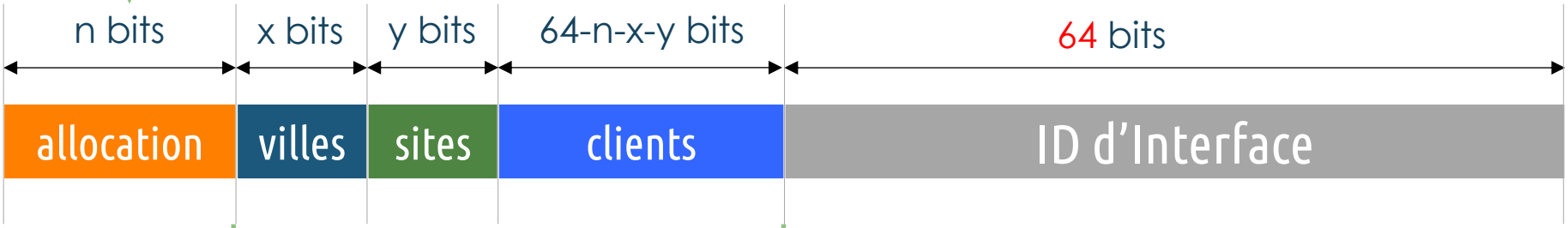
- 0000:0000:0000:0000
- ffff:ffff:ffff:ff7f ➠ :ffff

Exemple d'hiérarchie pour un réseau d'FAI dans un pays



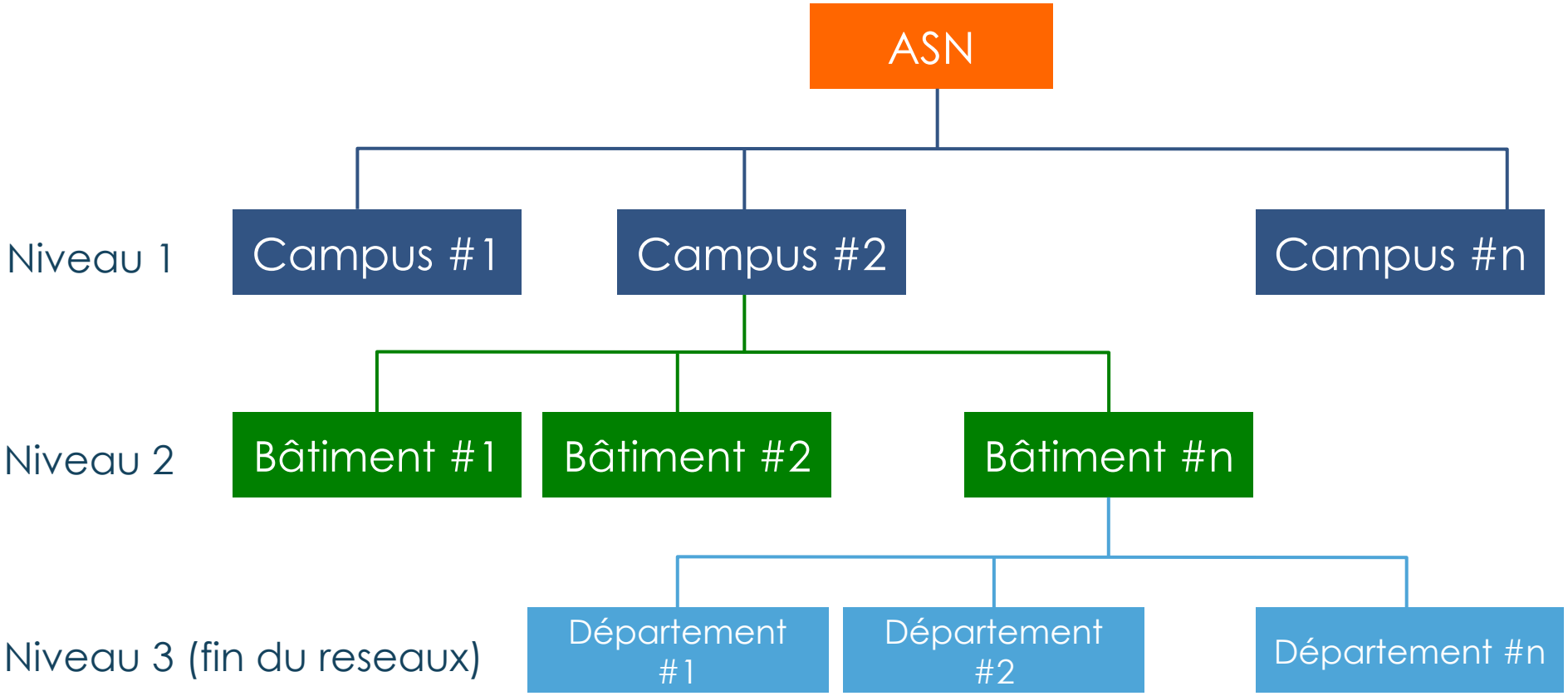
Exemple de format de préfixe | réseau d'FAI

Déterminé par l'allocation reçu de votre RIR



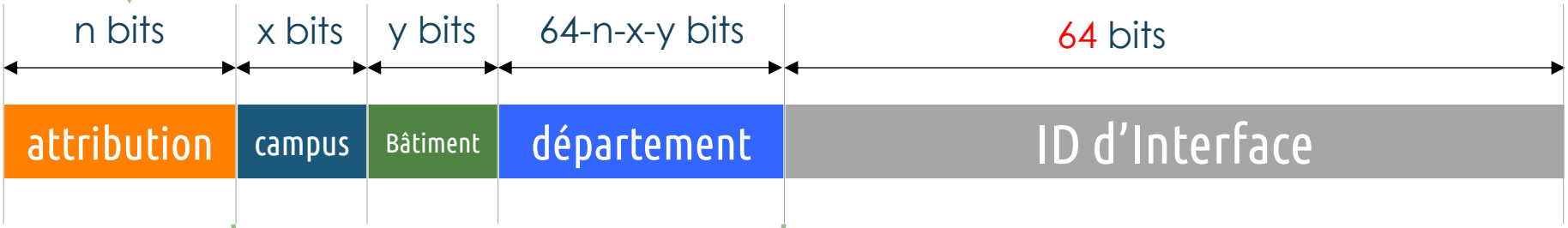
Calculé à partir de la taille de votre réseau actuel

Exemple d'hiérarchie pour réseau d'université



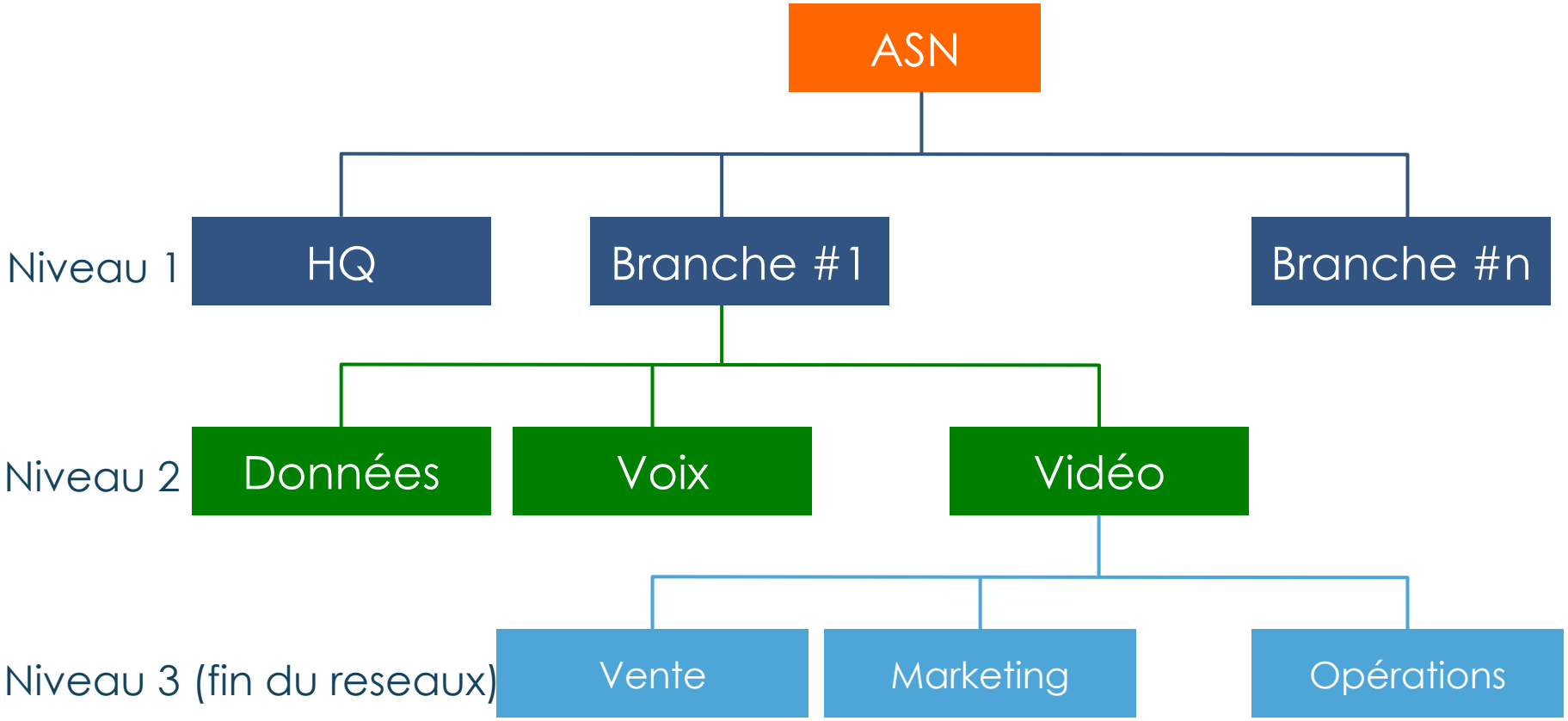
Exemple de format de préfixe | réseau d'université

Déterminé par l'allocation reçu de votre RIR



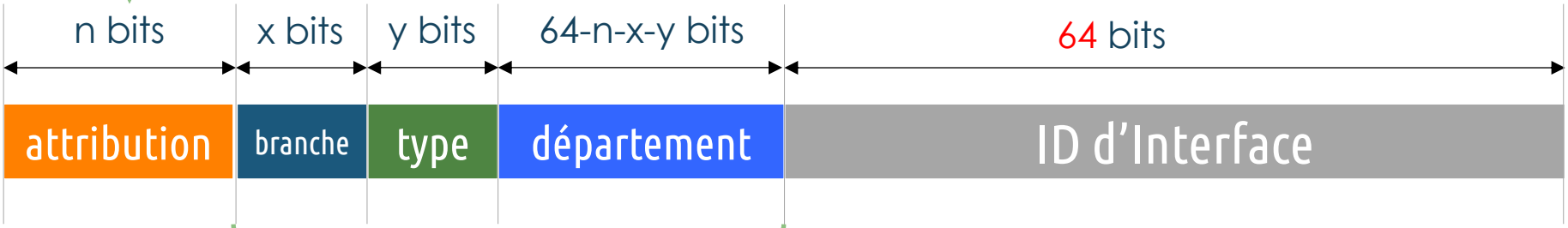
Calculé à partir de la taille de votre réseau actuel

Exemple d'hiérarchie d'un réseau d'entreprise



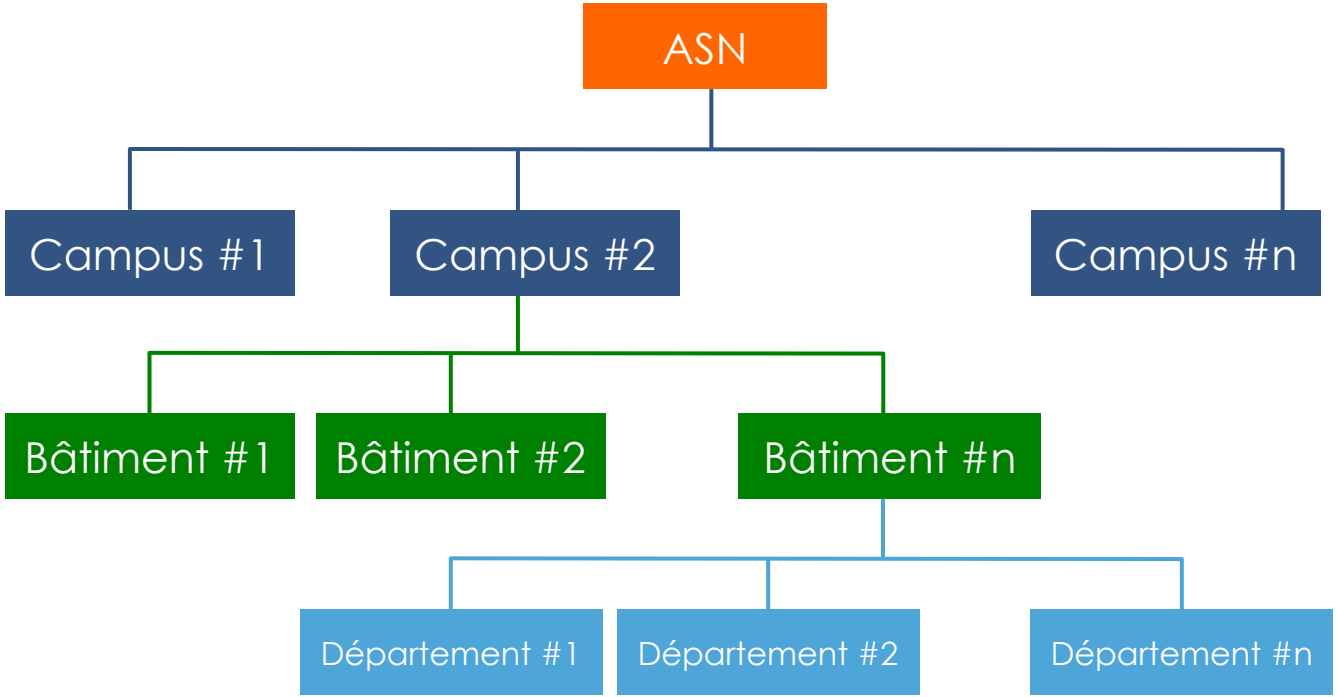
Exemple de format de préfixe | réseau d'entreprise

Déterminé par l'allocation reçu de votre RIR



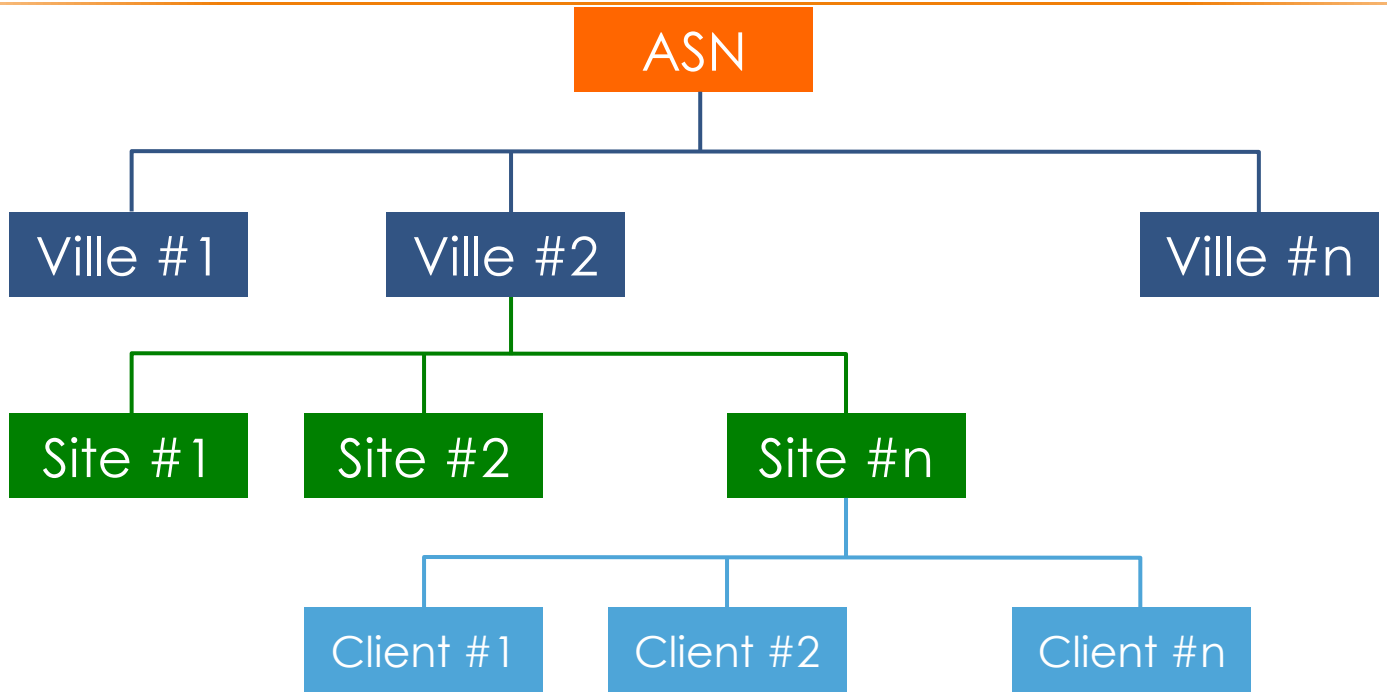
Calculé à partir de la taille de votre réseau actuel

Estimer le nombre total des préfixes nécessaires | Université



$$N = \#Campus \times \#Bâtiments \times Départements_{max}$$

Estimer le nombre total des préfixes nécessaires | FAI



$$N = \#Villes \times \#Sites \times Clients_{max}$$

Visez les arrondis

/20, /24, /28, /32, /36, /40, /44, /48, /52, /56, /60, /64

Villes
Sites
Campus
Batiments
etc

$$2^{4n} =$$

16 (2^{4x1})
256 (2^{4x2})
4096 (2^{4x3})
65536 (2^{4x4})
1048576 (2^{4x5})
16777216 (2^{4x6})
268435456 (2^{4x7})
4294967296 (2^{4x8})
68719476736 (2^{4x9})

Arrondissez vos estimations à la plus proche puissance de quatre

Les préfixes alignés sur les arrondis sont faciles a déterminer

2001:db8:3c00::/40	2001:db8:3c00::/42
2001:db8:3c00::	2001:db8:3c00::
2001:db8:3cff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff	2001:db8:3c3f:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff

Calcul de la taille de préfixe à demander

Inputs	Processus	Formule
# réseaux (N)	Trouver le no. de bits (s)	$s = \log N / \log 2$
les types de rés. des clients	Choisir le préfixe des réseaux final (s_n)	
s & s_n	Cal. de la taille de prefixe à demander au RIR	$s - s_n$

Pas d'inquiétude, il-y-a suffisamment d'adresses!

2000::/3

Population mondiale

≈
3500 X

35 trillion

9.3 milliard

/48 blocks

projections 2050

Exemple de planification d'adresses IPv6

Un FAI a des activités dans 10 villes. La plus grande ville dispose de 50 POPs, dont le plus important a environ 2700 clients. Quelle longueur de préfixe doit-il demander a AFRINIC s'il compte donner un /48 à ses clients

Exemple d'adressage IPv6 – analyse & solution

- On sait
  - #Villes = 10 [arrondi à 16]
  - #SITEs = 50 [arrondi à 256]
  - #$Clients_{max}$ = 2700 [arrondi à 4096]
- On calcule
  - Nombre total de préfixes de réseau finaux requis est N
  - N=16 x 256 x 4096 = 16,777,216
  - Nombre de bits de sous-réseau requis: s=log16,777,216/log2 = 24.
- Taille d'allocation: 48 – 24 = 24 [Soit /48s par site finaux]
- Ainsi, le FAI doit demander un /24 à AFRINIC.

Planification d'adresses pour la virtualisation

Serveurs traditionnels

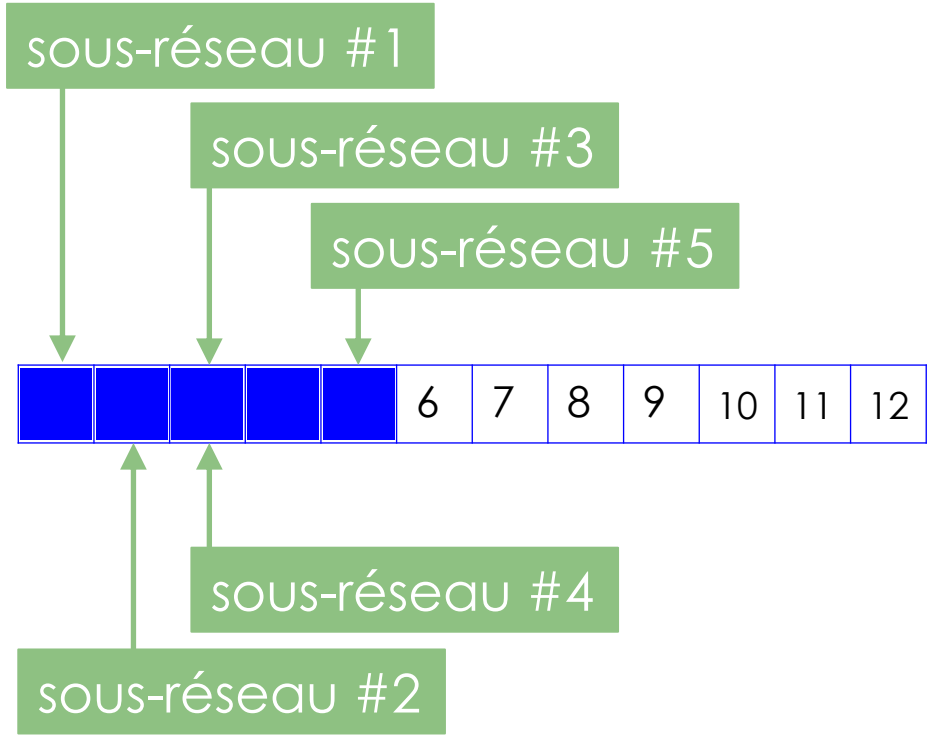
- VLAN d'administration
- VLAN de stockage
- VLAN de données
- Un sous-réseau chaque

Serveurs virtualisés

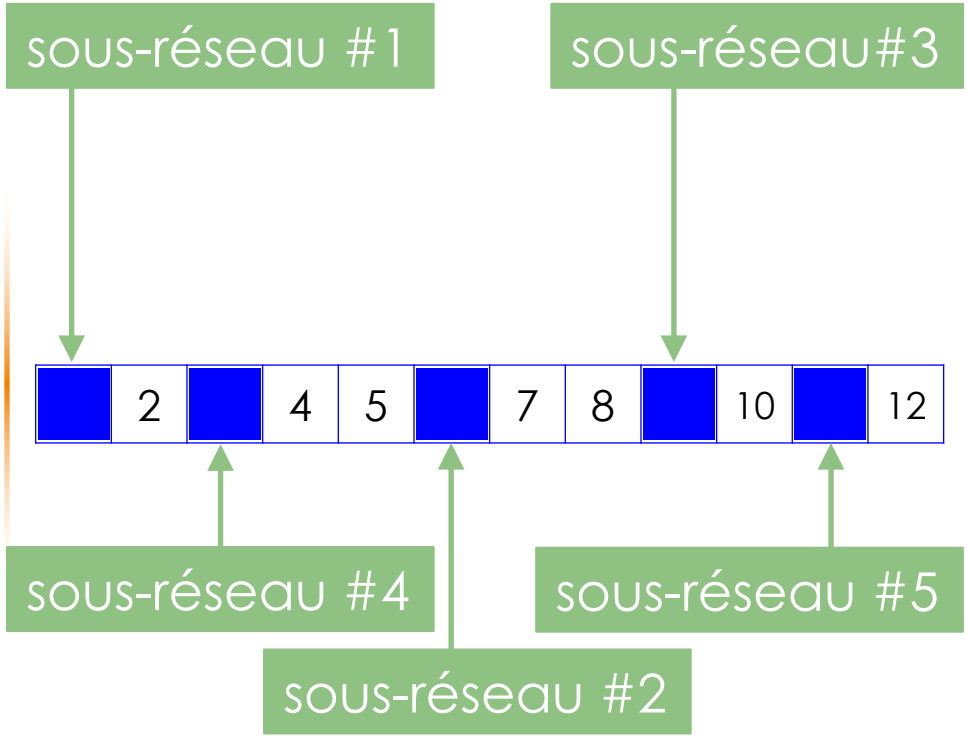
- VLAN d'administration
- VLAN de stockage
- Plusieurs VLAN de données ()
- Planifier un /64 pour chacun de vos VLAN de données

Les trois phases de la planification d'adresse IPs

Deux approches pour l'attribution des sous-préfixes



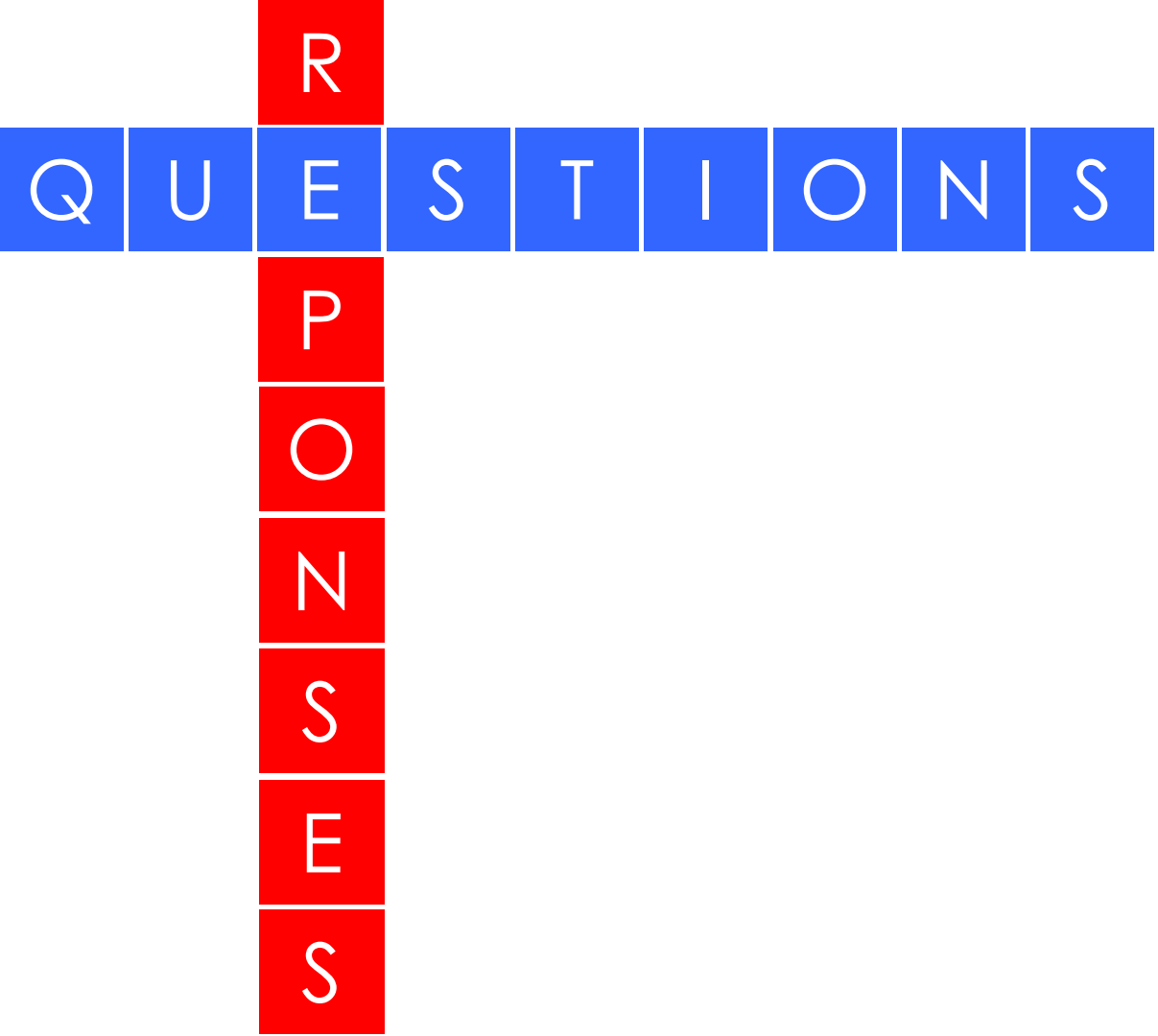
séquentiel



bissection

EXERCICE

Création d'un plan d'adressage IPv6



@AFRINICtraining
@IPv6Cert

Comprendre

Le Neighbor Discovery d'IPv6

Objectifs de la Section

- Décrire l'importance et le fonctionnement du ND d'IPv6
- Décrire comment ND est utilisé dans les fonctions clés d'IPv6

5 IPv6 vs IPv4
comparaison des fonctions clés

6 Plan d'Adressage
FAIs, campus, entreprises

7 Neighbor Discovery
et ses usages

8 Attribution d'`Adr.
SLAAC, DHCPv6, DHCP-PD

Les Fonctions du Neighbor Discovery (ND) d'IPv6

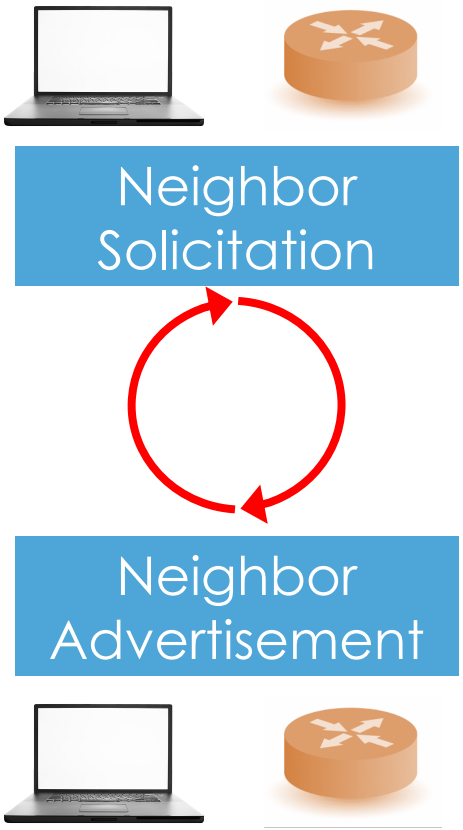
NOEUD	▪ Configuration d'adresse (SLAAC) ▪ Résolution d'adresse Mac ▪ Notification de changement d'adresse Mac ▪ NUD (détection de présence de voisins)
HOTE	▪ DiscoveryDécouverte de Routeurs ▪ Découverte de paramètre (MTU, Préfixe, hop limite…)
ROUTEUR	▪ Annonce sa présence (MTU, Préfixe, hop limite…) ▪ S'annonce sur le lien ▪ Déterminer le prochain voisin (next hope) ▪ Rédiriger un hôte vers le meilleur voisin

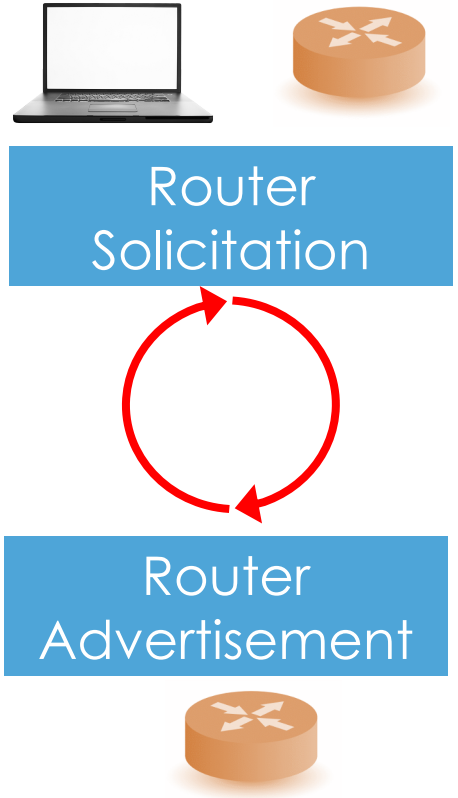
IPv4

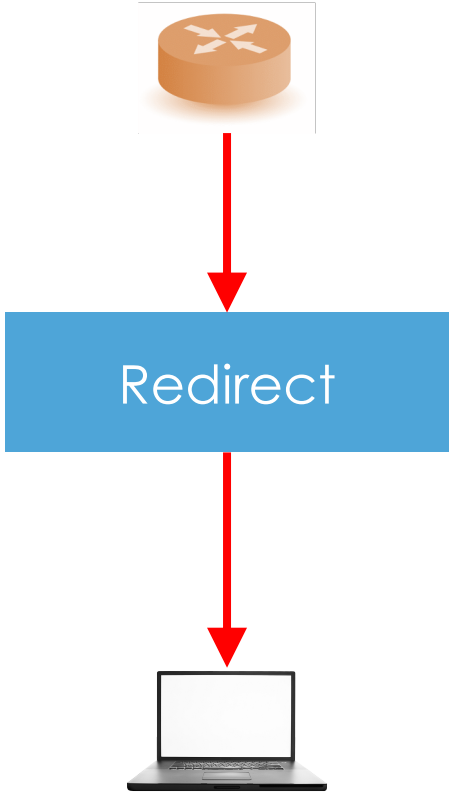
ND ≈ ARP + IRDP + Redirect + NUD

Nouveau dans IPv6

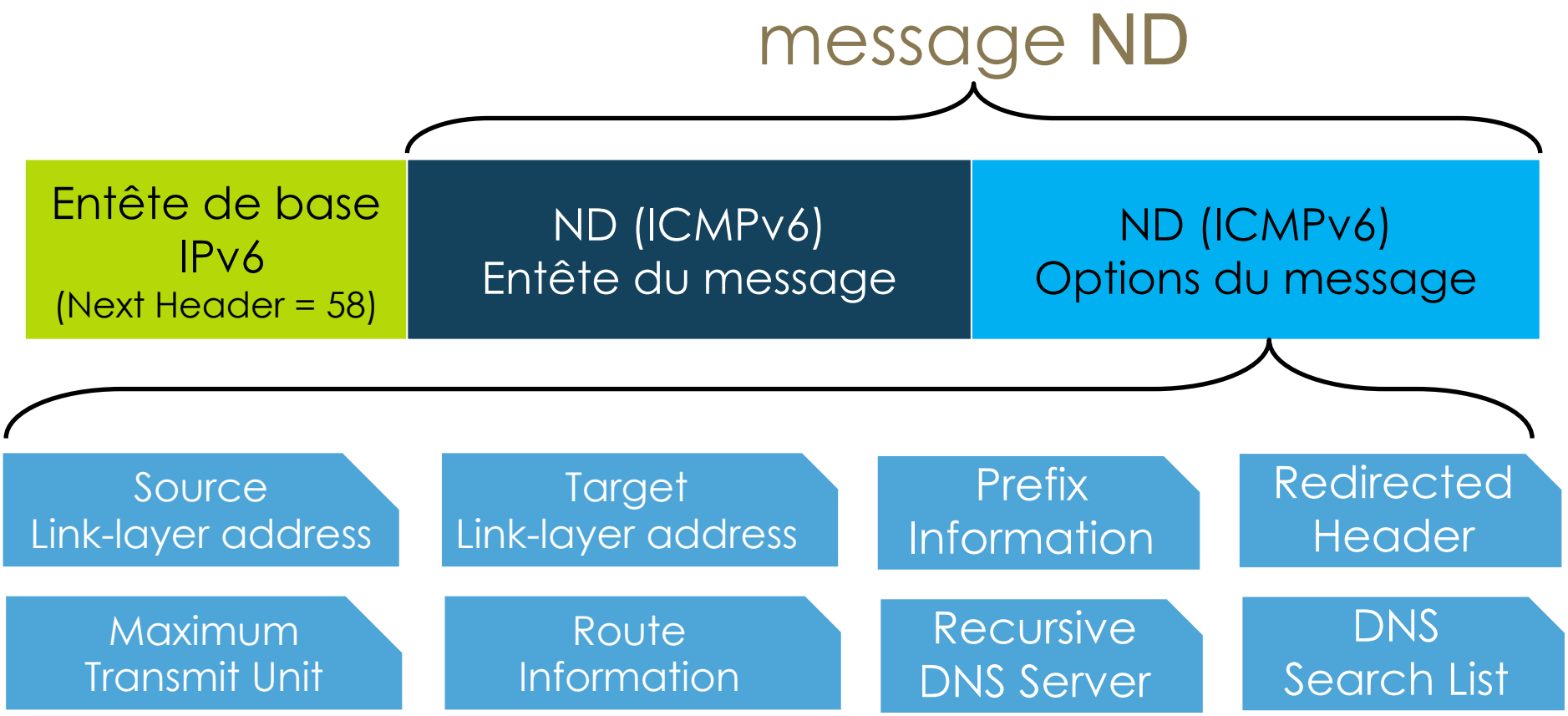
ND définit et utilise 5 messages ICMPv6







Le format général d'un message ND



Les options utilisées par les messages ND?

	RS	RA	NS	NA	Red.
Source LLA	OUI	OUI	OUI		
Target LLA				OUI	OUI
Prefix Information		OUI			
Redirected header					OUI
MTU		OUI			
Route information		OUI			
RDNS		OUI			
DNSSSL		OUI			

Le Router Solicitation (RS)

Envoyé par	Un hôte IPv6
But	Trouver les routeurs présents sur le lien en vue d'obtenir les paramètres du réseau
Adresse Source	▪IP de l'interface qui fait la requête si il en existe ▪Adresse indéterminé (::) s'il n'y a pas encore d'adresse
Adresse de Destination	FF02::2 (all-routers)
Remarques	ICMP type 133, ICMP code 0

Exemple de capture d'un paquet RS

```
▷ Ethernet II, Src: f8:1e:df:ec:22:cf (f8:1e:df:ec:22:cf), Dst: 33:33:00:00:00:02 (33:33:00:00:00:02)
▽ Internet Protocol Version 6
  ▷ 0110 .... = Version: 6
    .... 0000 0000 .... .... .... .... .... = Traffic class: 0x00000000
    .... .... .... 0000 0000 0000 0000 0000 = Flowlabel: 0x00000000
    Payload length: 16
    Next header: ICMPv6 (0x3a)
    Hop limit: 255
    Source: fe80::fa1e:dfff:feec:22cf (fe80::fa1e:dfff:feec:22cf)
    Destination: ff02::2 (ff02::2)
▽ Internet Control Message Protocol v6
    Type: 133 (Router solicitation)
    Code: 0
    Checksum: 0x8578 [correct]
  ▽ ICMPv6 Option (Source link-layer address)
      Type: Source link-layer address (1)
      Length: 8
      Link-layer address: f8:1e:df:ec:22:cf
```

Le Router Advertisement (RA)

Envoyé par	Un router IPv6
But	▪ Annoncer sa présence, les préfixes, MTU, hop limits ▪ Envoyer périodiquement ou en réponse à un RS
Adresse Source	L'adresse lien-local de l'interface qui l'envoie
Adresse de Destination	▪ [Diffusion périodique] FF02::1 ▪ [Sollicité] L'adresse source du noeud qui envoie le RS
Remarques	ICMP type 134, ICMP code 0

Exemple de capture d'un RA (1/2)

```
Ethernet II, Src: 10:8c:cf:b2:f9:d3 (10:8c:cf:b2:f9:d3), Dst: 33:33:00:00:00:01 (33:33:00:00:00:01)
Internet Protocol Version 6
▷ 0110 .... = Version: 6
  .... 1110 0000 .... .... .... .... .... = Traffic class: 0x000000e0
  .... .... .... 0000 0000 0000 0000 0000 = Flowlabel: 0x00000000
  Payload length: 64
  Next header: ICMPv6 (0x3a)
  Hop limit: 255
  Source: fe80::128c:cfff:feb2:f9d3 (fe80::128c:cfff:feb2:f9d3)
  Destination: ff02::1 (ff02::1)
Internet Control Message Protocol v6
```

capture d'un RA (2/2)

```
▽ Internet Control Message Protocol v6
    Type: 134 (Router advertisement)
    Code: 0
    Checksum: 0x3db4 [correct]
    Cur hop limit: 64
  ▷ Flags: 0x00
    Router lifetime: 1800
    Reachable time: 0
    Retrans timer: 0
  ▽ ICMPv6 Option (Source link-layer address)
      Type: Source link-layer address (1)
      Length: 8
      Link-layer address: 10:8c:cf:b2:f9:d3
  ▽ ICMPv6 Option (MTU)
      Type: MTU (5)
      Length: 8
      MTU: 1500
  ▽ ICMPv6 Option (Prefix information)
      Type: Prefix information (3)
      Length: 32
      Prefix length: 64
    ▷ Flags: 0xc0
      Valid lifetime: 2592000
      Preferred lifetime: 604800
      Prefix: 2c0f:feb8:3::
```

Le Neighbour Solicitation (NS)

Envoyé par	Un hôte IPv6
But	▪ Déterminer l'adresse L2 des voisins ▪ Duplicate address detection (DAD) ▪ Vérifier qu'un voisin est accessible
Adresse Source	▪ IP de l'interface qui fait la requête si il en existe ▪ Adresse indéterminé (::) s'il n'y a pas encore d'adresse
Adresse de Destination	▪ L'adresse du voisin si elle est connue ▪ L'adresse multicast de sollicitation de noeud de la cible sinon
Remarques	ICMP type 135, ICMP code 0

Le Neighbour Advertisement (NA)

Envoyé par	Un hôte IPv6
But	▪ Répondre à un neighbour solicitation (NS) ▪ Sinon, annoncer des mises à jour a ses voisins
Adresse Source	Toute adresse sur l'interface d'origine.
Adresse de Destination	▪ L'adresse IP du noeud qui émet le NA. ▪ FF02::1 pour des diffusions périodiques
Remarques	ICMP type 136, ICMP code 0

Exemple d'un NA sollicité par un router

```
▷ Ethernet II, Src: 10:8c:cf:b2:f9:d3 (10:8c:cf:b2:f9:d3), Dst: f8:1e:df:ec:22:cf (f8:1e:df:ec:22:cf)
▽ Internet Protocol Version 6
  ▷ 0110 .... = Version: 6
    .... 1110 0000 .... .... .... .... .... = Traffic class: 0x000000e0
    .... .... .... 0000 0000 0000 0000 0000 = Flowlabel: 0x00000000
    Payload length: 24
    Next header: ICMPv6 (0x3a)
    Hop limit: 255
    Source: fe80::128c:cfff:feb2:f9d3 (fe80::128c:cfff:feb2:f9d3)
    Destination: fe80::fa1e:dfff:feec:22cf (fe80::fa1e:dfff:feec:22cf)
▽ Internet Control Message Protocol v6
    Type: 136 (Neighbor advertisement)
    Code: 0
    Checksum: 0x0a29 [correct]
  ▽ Flags: 0xc0000000
      1... .... .... .... .... .... .... .... = Router
      .1.. .... .... .... .... .... .... .... = Solicited
      ..0. .... .... .... .... .... .... .... = Not override
    Target: fe80::128c:cfff:feb2:f9d3 (fe80::128c:cfff:feb2:f9d3)
```

Exemple d'un NA sollicité par un hôte

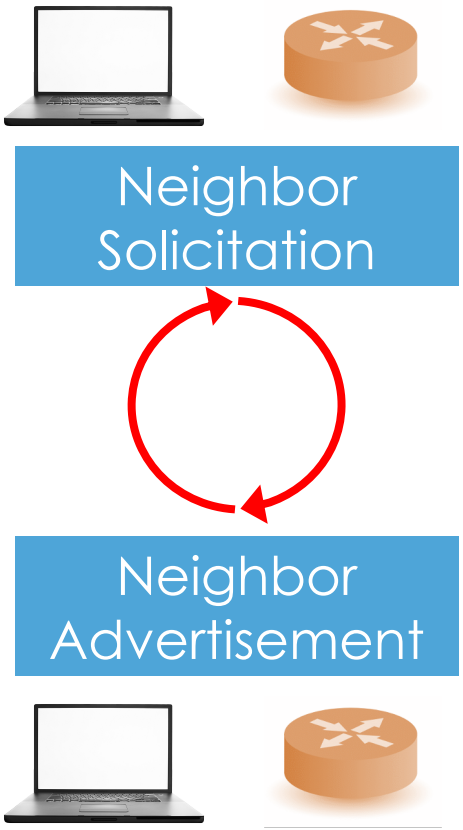
```
▷ Ethernet II, Src: f8:1e:df:ec:22:cf (f8:1e:df:ec:22:cf), Dst: 10:8c:cf:b2:f9:d3 (10:8c:cf:b2:f9:d3)
▽ Internet Protocol Version 6
  ▷ 0110 .... = Version: 6
    .... 0000 0000 .... .... .... .... .... = Traffic class: 0x00000000
    .... .... .... 0000 0000 0000 0000 0000 = Flowlabel: 0x00000000
    Payload length: 24
    Next header: ICMPv6 (0x3a)
    Hop limit: 255
    Source: fe80::fa1e:dfff:feec:22cf (fe80::fa1e:dfff:feec:22cf)
    Destination: fe80::128c:cfff:feb2:f9d3 (fe80::128c:cfff:feb2:f9d3)
▽ Internet Control Message Protocol v6
    Type: 136 (Neighbor advertisement)
    Code: 0
    Checksum: 0x3d17 [correct]
  ▽ Flags: 0x40000000
      0... .... .... .... .... .... .... .... = Not router
      .1.. .... .... .... .... .... .... .... = Solicited
      ..0. .... .... .... .... .... .... .... = Not override
    Target: MacBookPro.local (2c0f:feb8:3::fa1e:dfff:feec:22cf)
```

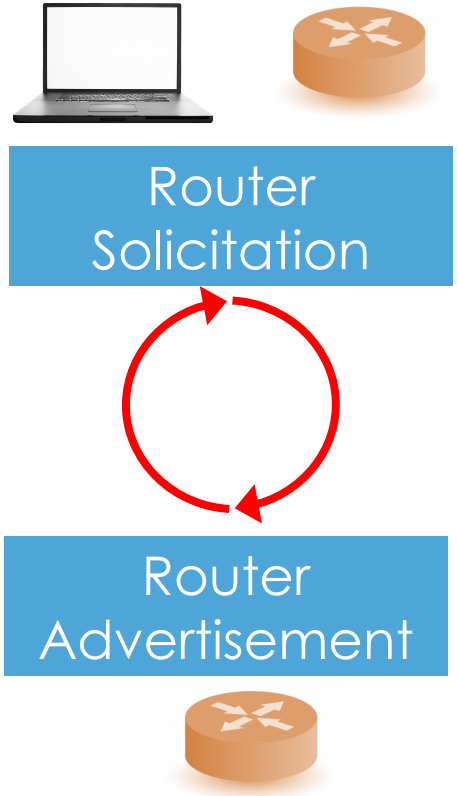
Le message redirect

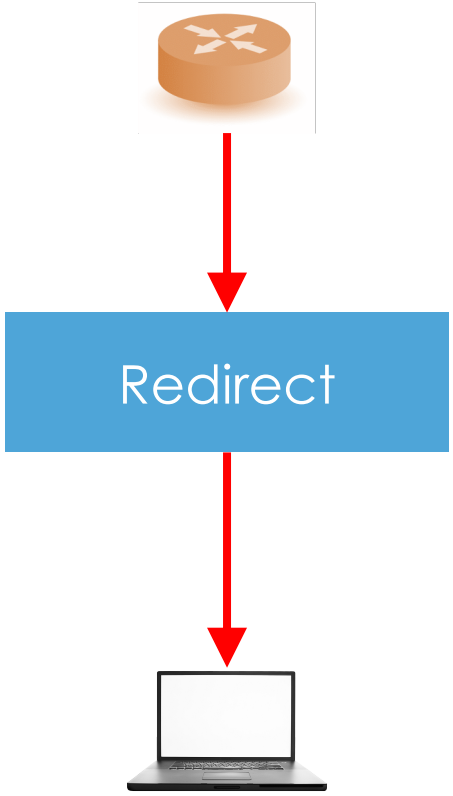
Envoyé par	Router IPv6
But	Informer un nœud du meilleur next-hop pour une destination
Adresse Source	Adresse Lien-local du routeur
Adresse de Destination	Adresse IP du nœud qui fait la requête
Remarques	ICMP type 137, ICMP code 0

Sample packet at http://j.mp/v6redirect

Rappel: comment le 5 messages interagissent

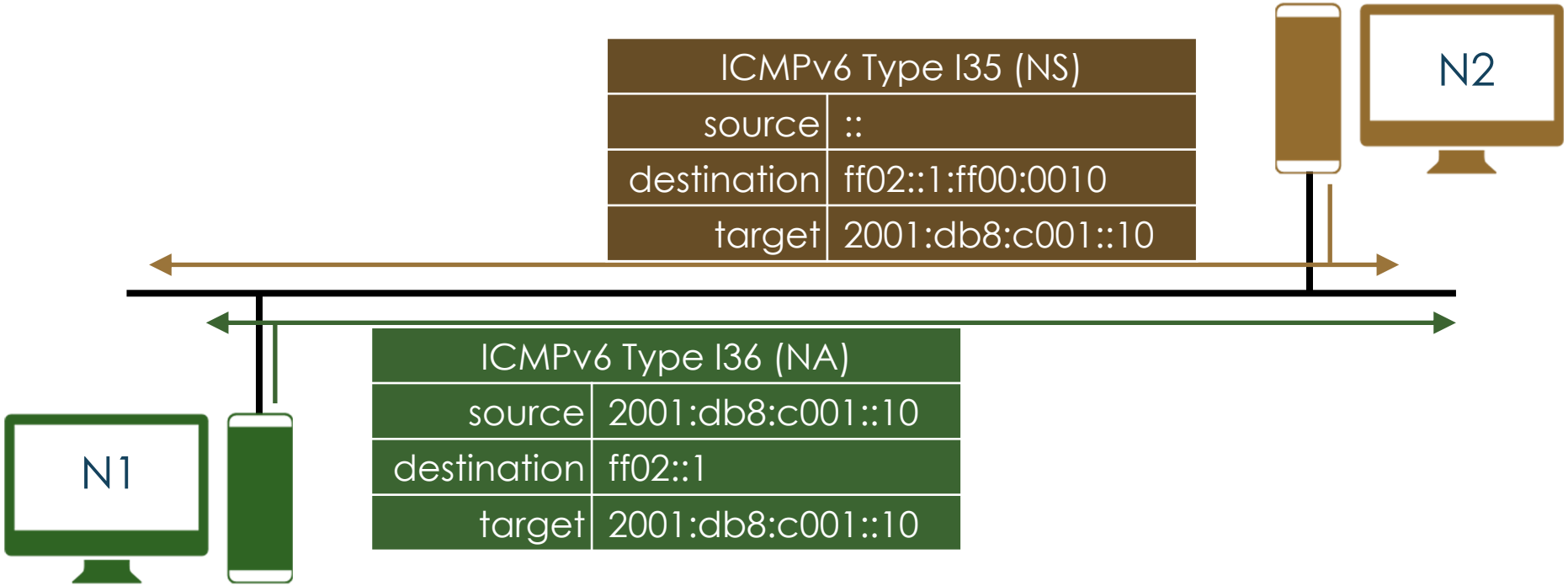






Le Duplicate Address Detection (DAD)

N2 veut configurer la même adresse → 2001:db8:c001::10



ICMPv6 Type 135 (NS)	
source	::
destination	ff02::1:ff00:0010
target	2001:db8:c001::10

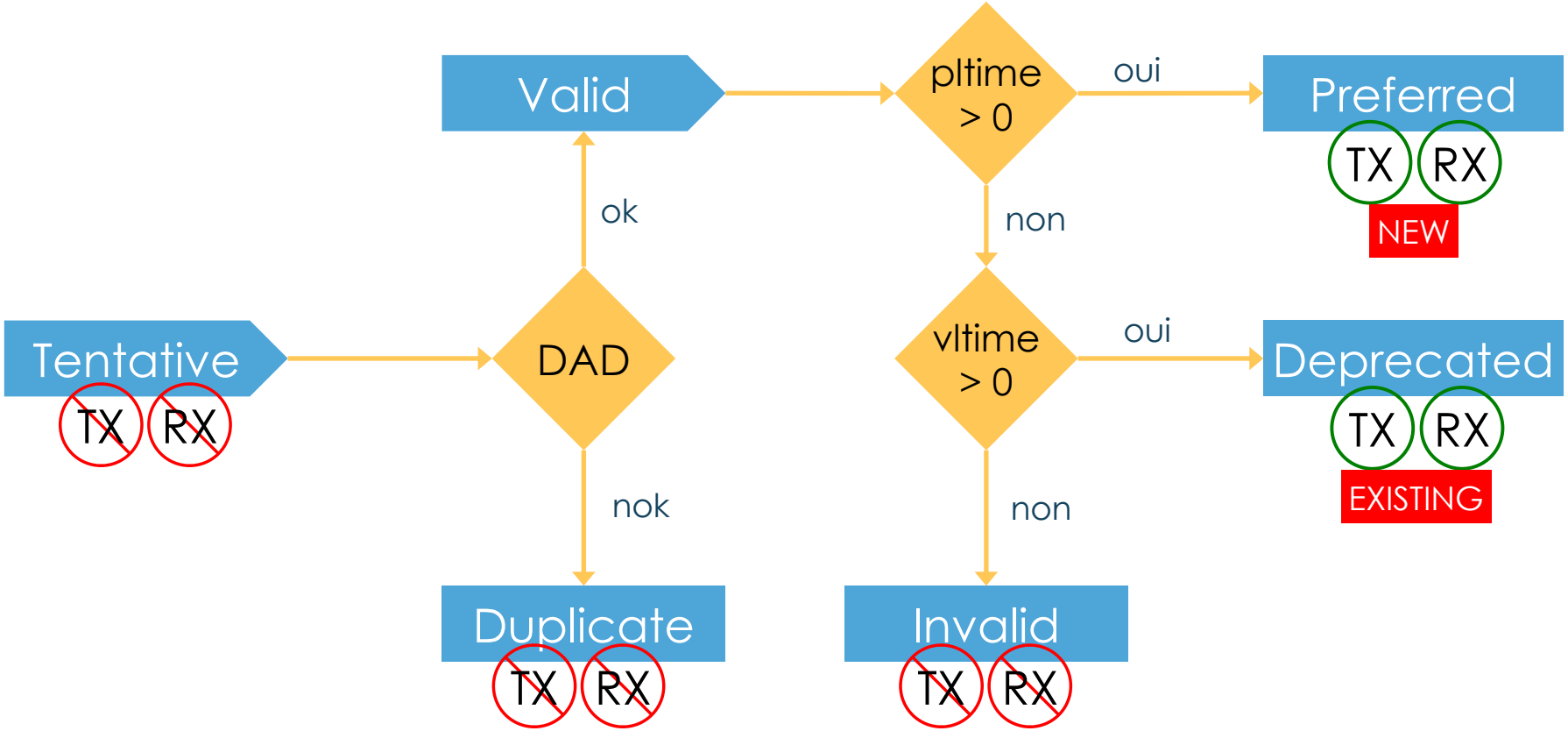
ICMPv6 Type 136 (NA)	
source	2001:db8:c001::10
destination	ff02::1
target	2001:db8:c001::10

2001:db8:c001::10 ← N1 a déjà l'adresse

Plus de détails sur le DAD

- Le DAD est effectué pour TOUT adresse unicast
- Le DAD n'est JAMAIS effectué pour:
  - Les adresses anycast
  - Des adresses spécifiques
- En cas d'échec du DAD
  - Cette adresse ne peut être assignée à une interface.
  - Tout adresse utilisant cet IID n'est donc pas unique
  - Une erreur system doit être enregistrée

Les états de toute adresse IPv6



Exemple de paquet NS pour un DAD

```
▷ Ethernet II, Src: f8:1e:df:ec:22:cf (f8:1e:df:ec:22:cf), Dst: 33:33:ff:ec:22:cf (33:33:ff:ec:22:cf)
▽ Internet Protocol Version 6
  ▷ 0110 .... = Version: 6
    .... 0000 0000 .... .... .... .... .... = Traffic class: 0x00000000
    .... .... .... 0000 0000 0000 0000 0000 = Flowlabel: 0x00000000
    Payload length: 24
    Next header: ICMPv6 (0x3a)
    Hop limit: 255
    Source: :: (::)
    Destination: ff02::1:ffec:22cf (ff02::1:ffec:22cf)
▽ Internet Control Message Protocol v6
    Type: 135 (Neighbor solicitation)
    Code: 0
    Checksum: 0x3047 [correct]
    Target: MacBookPro.local (2c0f:feb8:3::fa1e:dfff:feec:22cf)
```

Analyser http://j.mp/v6dad

EXERCICE

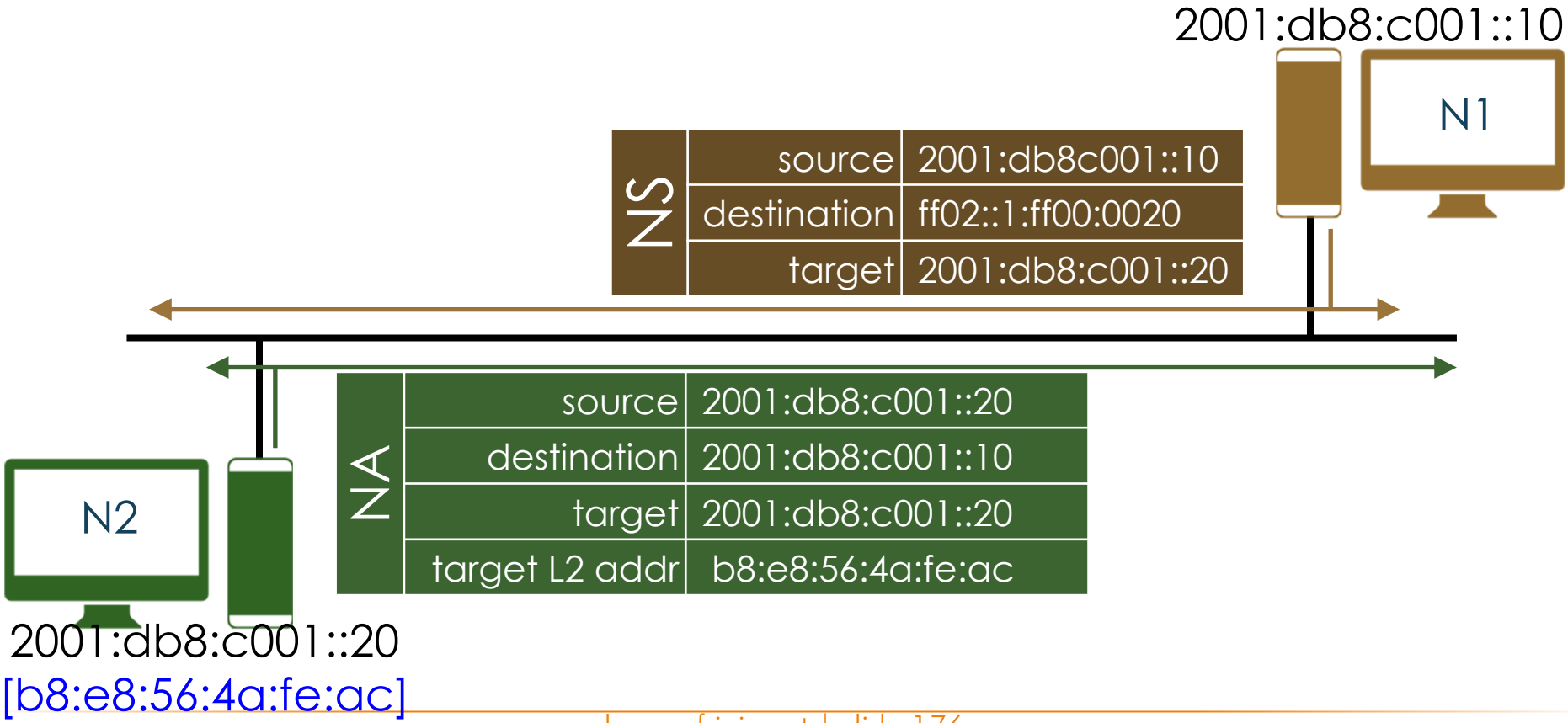
① Pour quelle adresse ce DAD est-il fait?

② Quel est le SNMA de l'adresse en question?

③ Notez les adresses MAC suivants

- L'hote qui fait le DAD
- L'hote qui possède déjà cette adresse IP

Résolution d'adresse mac du nœud N2



Analyser j.mp/v6-MAC-addr-resolv

EXERCICE

① Quelle est l'adresse IP de l'hôte dont l'adresse MAC inconnue?

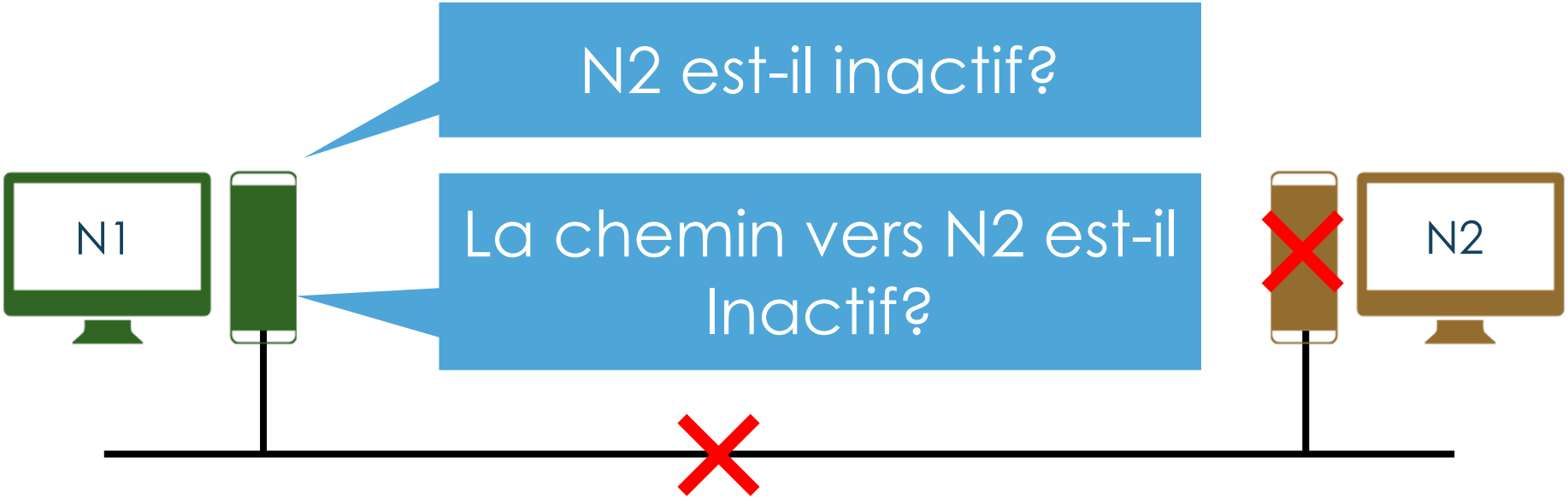
② Quel nœud (adresse IP) est à la recherche de l'adresse MAC?

③ Quelle est l'adresse de destination du paquet #1

④ Quelle est l'adresse MAC du nœud (2)?

⑤ Quelle est l'adresse MAC du noeud (1)?

Le Neighbour Unreachability Detection (NUD)



Surveille les session ACTIVE de ses voisins

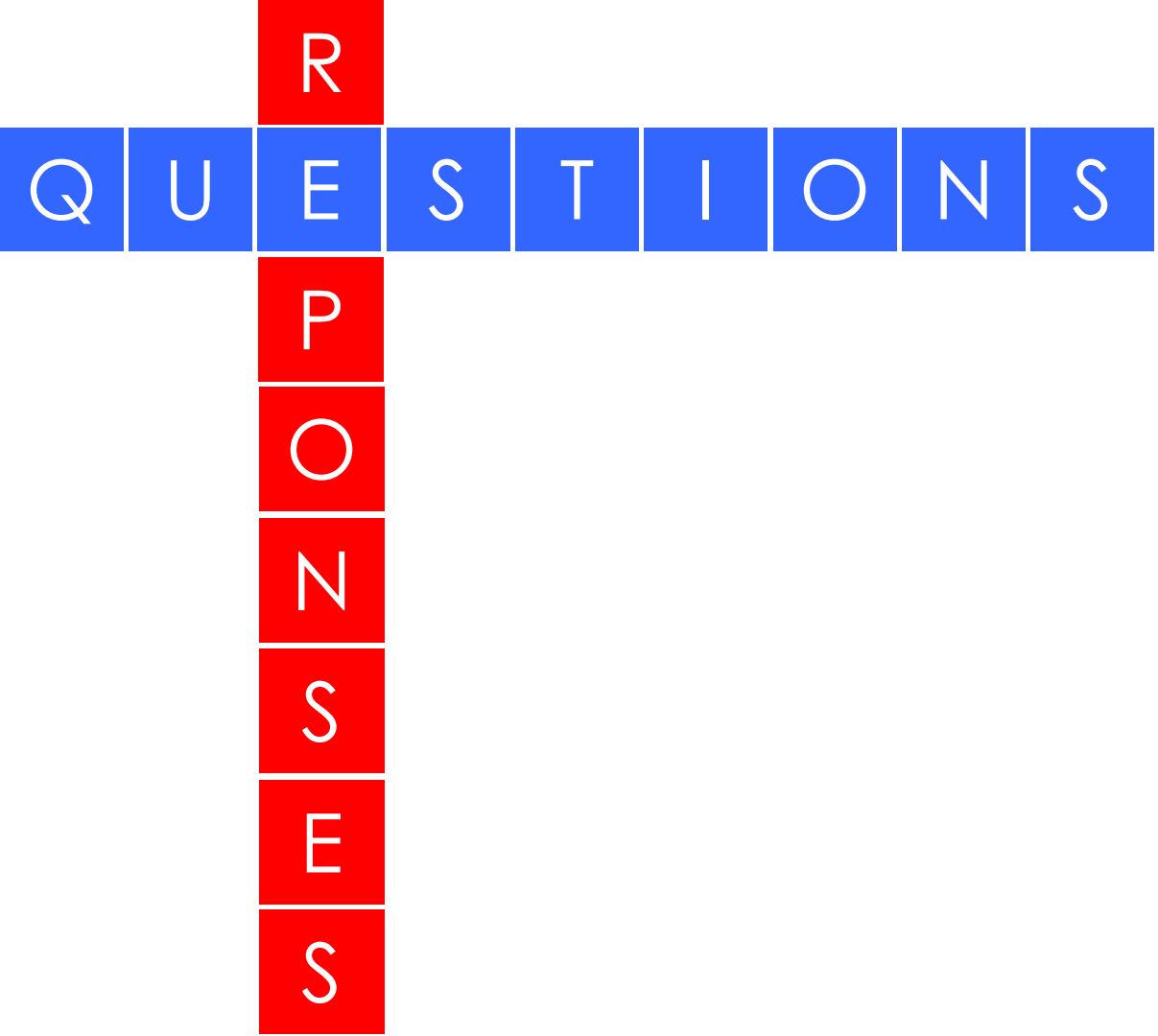
Comment le NUD surveille t-il les sessions actives

① Envoyer une sonde de niveau 4. ex: TCP ACK

② Solliciter un (NA) en utilisant une sonde unicast (NS)

Capture d'un paquet NS pour un NUD

```
▷ Ethernet II, Src: f8:1e:df:ec:22:cf (f8:1e:df:ec:22:cf), Dst: 10:8c:cf:b2:f9:d3 (10:8c:cf:b2:f9:d3)
▽ Internet Protocol Version 6
  ▷ 0110 .... = Version: 6
    .... 0000 0000 .... .... .... .... .... = Traffic class: 0x00000000
    .... .... .... 0000 0000 0000 0000 0000 = Flowlabel: 0x00000000
    Payload length: 32
    Next header: ICMPv6 (0x3a)
    Hop limit: 255
    Source: fe80::fa1e:dfff:feec:22cf (fe80::fa1e:dfff:feec:22cf)
    Destination: fe80::128c:cfff:feb2:f9d3 (fe80::128c:cfff:feb2:f9d3)
▽ Internet Control Message Protocol v6
    Type: 135 (Neighbor solicitation)
    Code: 0
    Checksum: 0xcf45 [correct]
    Target: fe80::128c:cfff:feb2:f9d3 (fe80::128c:cfff:feb2:f9d3)
  ▽ ICMPv6 Option (Source link-layer address)
      Type: Source link-layer address (1)
      Length: 8
      Link-layer address: f8:1e:df:ec:22:cf
```



@AFRINICtraining
@IPv6Cert

Attribution D'adresse Dans IPv6

Objectifs de la Section

- Décrire les options d'attribution d'adresses en IPv6
- Décrire, et vérifier comment fonctionne SLAAC
- Décrire, et vérifier comment fonctionne DHCPv6
- Décrire, et vérifier comment fonctionne DHCPv6-PD

5 IPv6 vs IPv4
comparaison des fonctions clés

6 Plan d'Adressage
FAIs, campus, entreprises

7 Neighbor Discovery
et ses usages

8 Attribution d'`Adr.
SLAAC, DHCPv6, DHCP-PD

Exigences de base pour l'attribution d'adresse

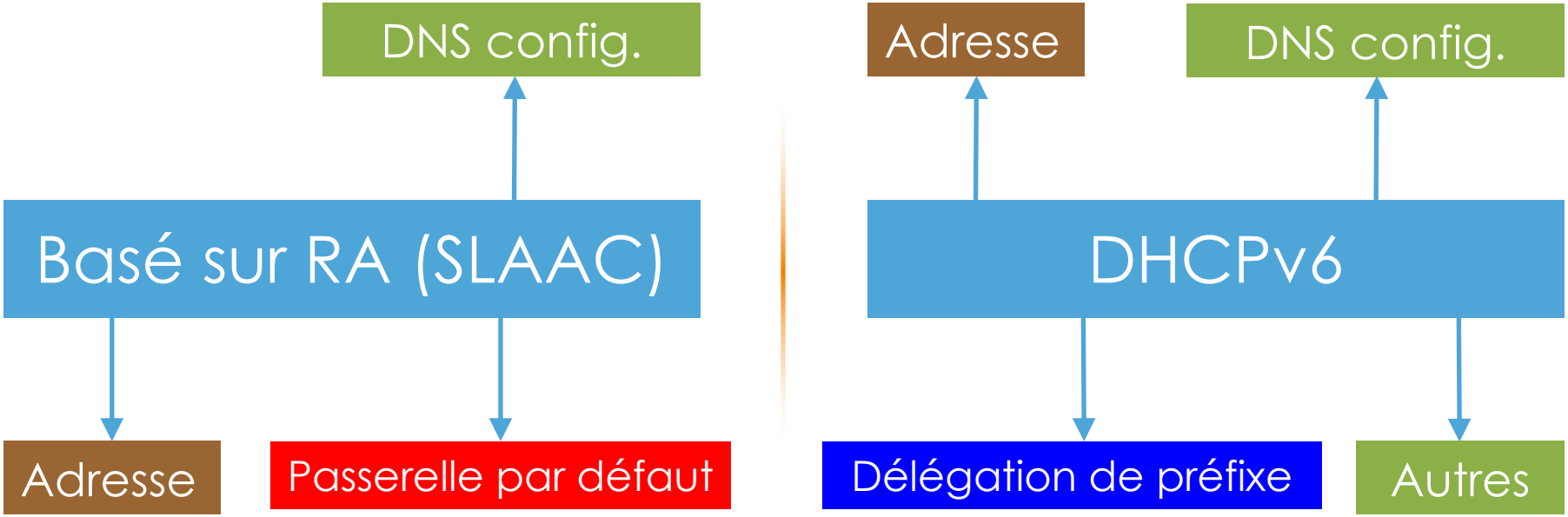
HOTE

① Adresse(s) IPv6
② Passerelles par défaut IPv6
③ Serveur(s) DNS

CPE

① Adresse(s) IPv6
② Passerelles par défaut IPv6
③ Serveur(s) DNS
④ Délégations de préfixe(s)

Il y'a 2 mécanismes d'approvisionnement clés

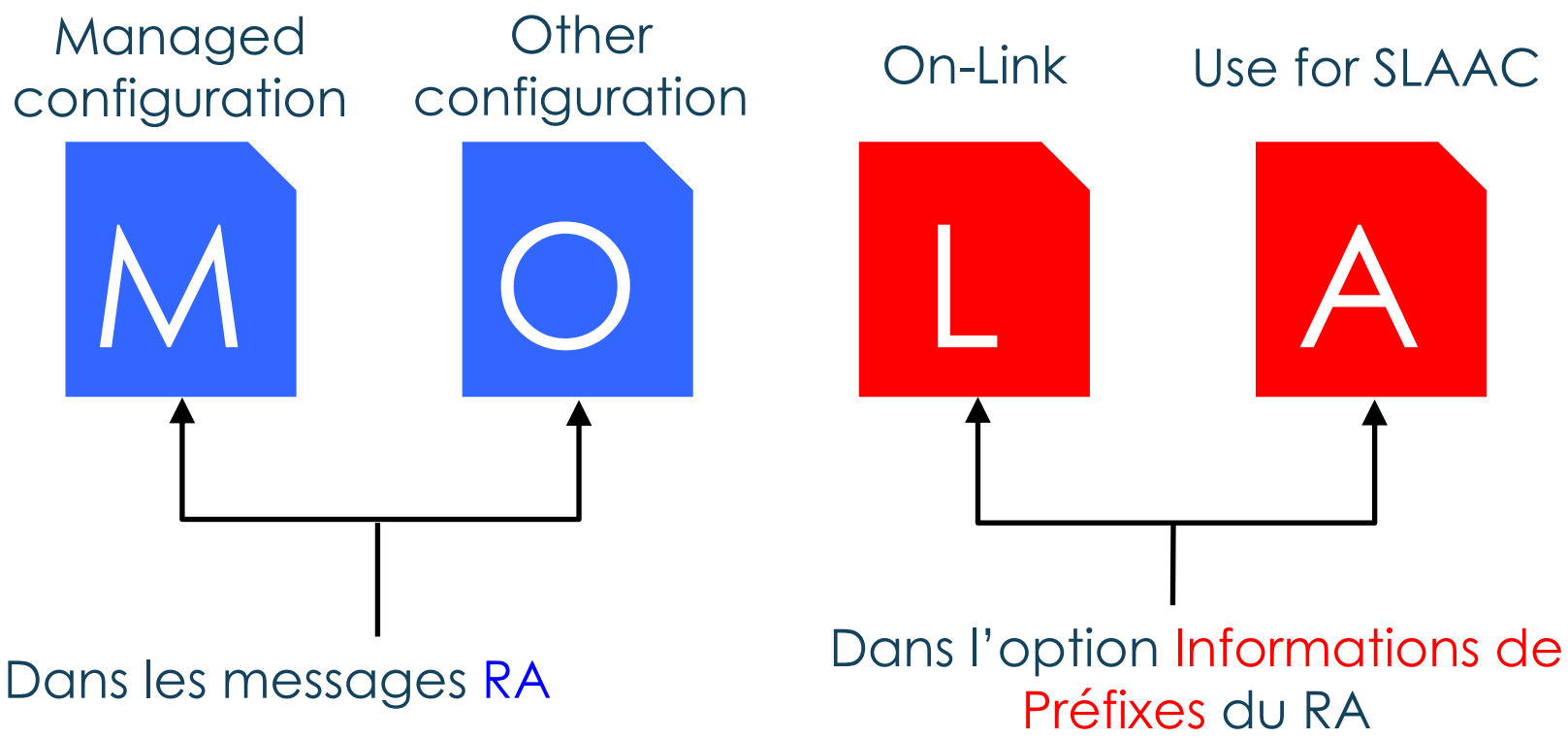


Le DNS via RA est récent, il n'y-a donc pas de support global

Comparaison les options offertes par méthodes

	Adresses	Pass. Par defaut	DNS info.	Délégation de Préfixes
SLAAC	Oui	Oui	Non	Non
Stateful DHCPv6	Oui	Non	Oui	Oui
Stateless DHCPv6	Non	Non	Oui	Non
RDNSS	Non	Non	Oui	Non

Les options (flags) des RAs

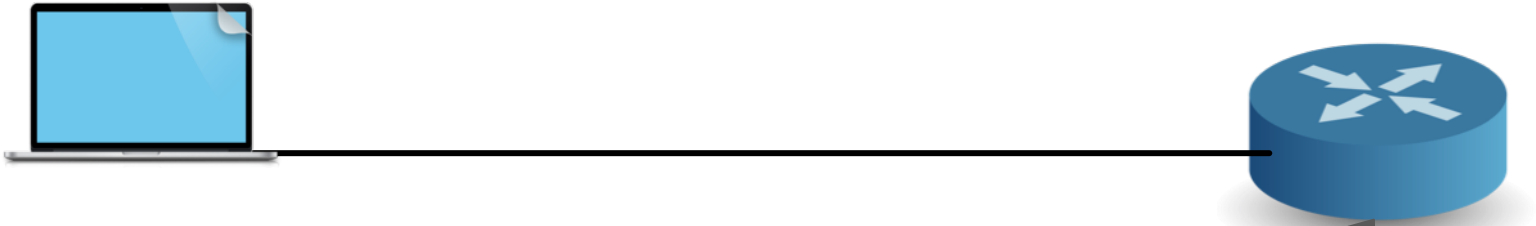


L'influence de 'M' & 'A' dans l'auto-configuration

M	A	**Adresses résultant sur l'interface de l'hôte (sur le lien)**
0	0	Aucune adresse sera configuré automatiquement
0	1	Adresse généré à partir de préfixe(s) dans un RA
1	1	Adresse généré à partir de préfixe(s) dans un RA Adresse complète à partir du serveur DHCP
1	0	Adresse complète à partir du serveur DHCP

- Les hôtes doivent être configurés pour obtenir une adresse IP automatiquement
- Tous les hôtes génèrent et utilisent toujours une adresse Lien-locale

Configurer les options M & O sur Cisco IOS



```
(config)#interface fastethernet 0/1
(config-if)#ipv6 nd managed-config-flag
(config-if)#ipv6 nd other-config-flag
```

Configurer les options M, O & A sur [JUNOS]

```
protocols {
   router-advertisement {
      interface ge-0/1/0.0 {
            managed-configuration;
            other-stateful-configuration;
            prefix 2001:db8:c001::/64 {
               no-autonomous;
            }
      }
   }
}
```

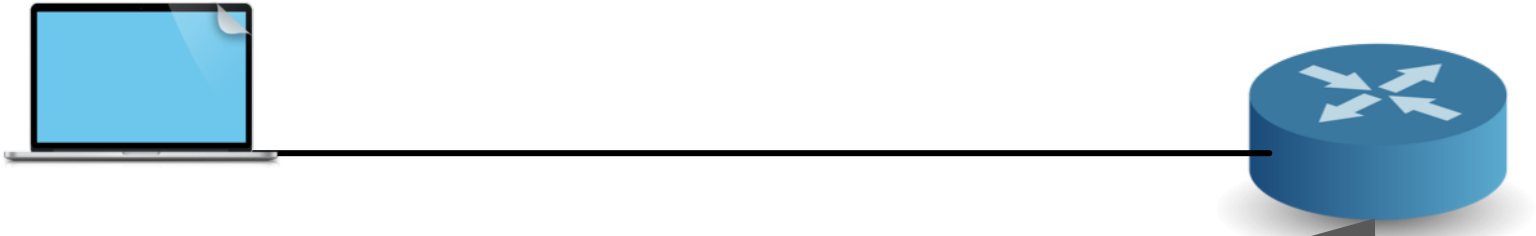
L'usage de l'option 'L' pour indiquer des voisins sur le lien

L	**Comment traiter d'autres adresses dans le préfixe**
1	On-link: transmet directement, pas besoin de routeur
0	Off-link: utiliser la passerelle par défaut pour les obtenir

- Mettre L = 0 force un comportement de PVLAN sur le sous-réseau
- Il est impossible d'indiquer le statut on-link avec DHCP
- Les hôtes n'effectuent pas de résolution d'adresse de niveau 2 pour des adresses off-link

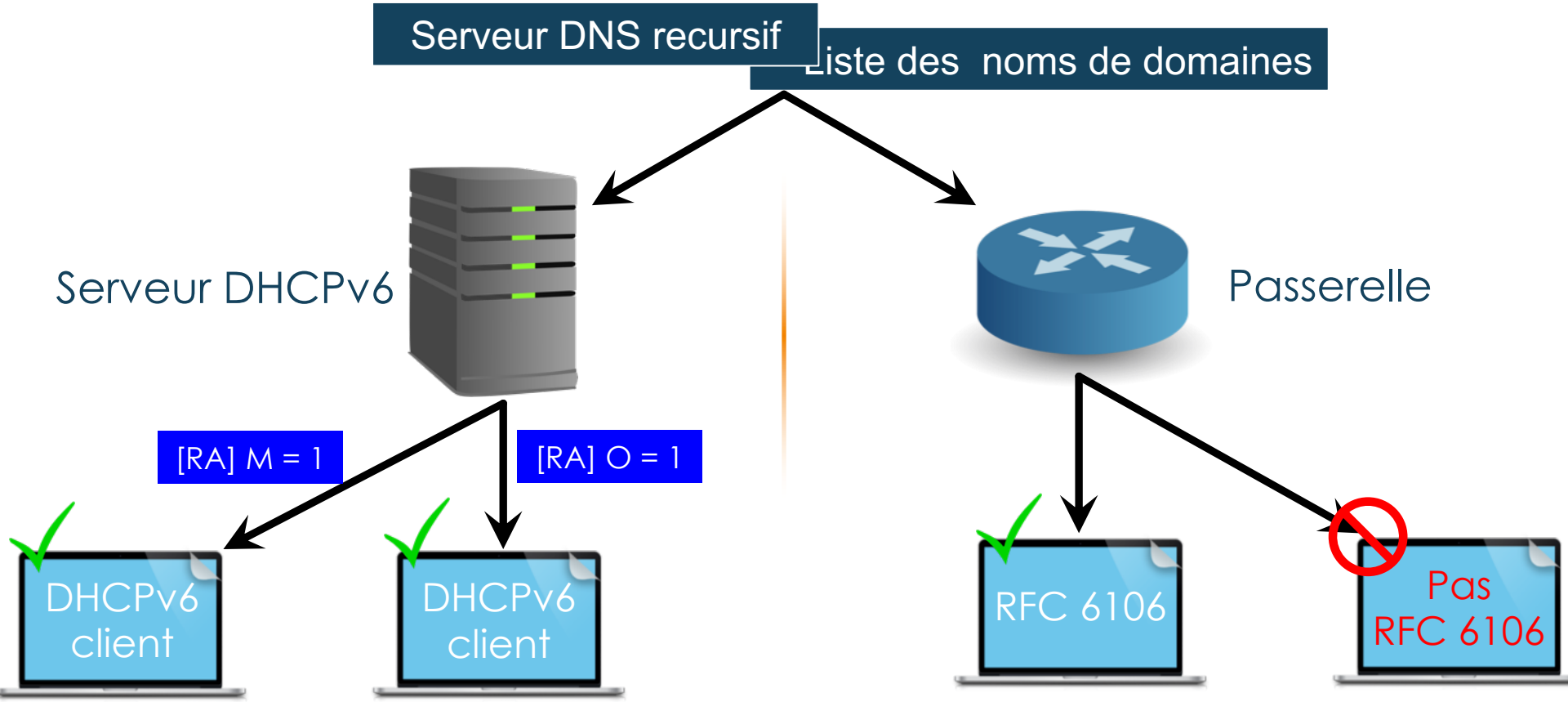
Configurer les options L & A sur Cisco

Par défaut: L = 1 & A = 1 Pour tous les préfixes annoncés

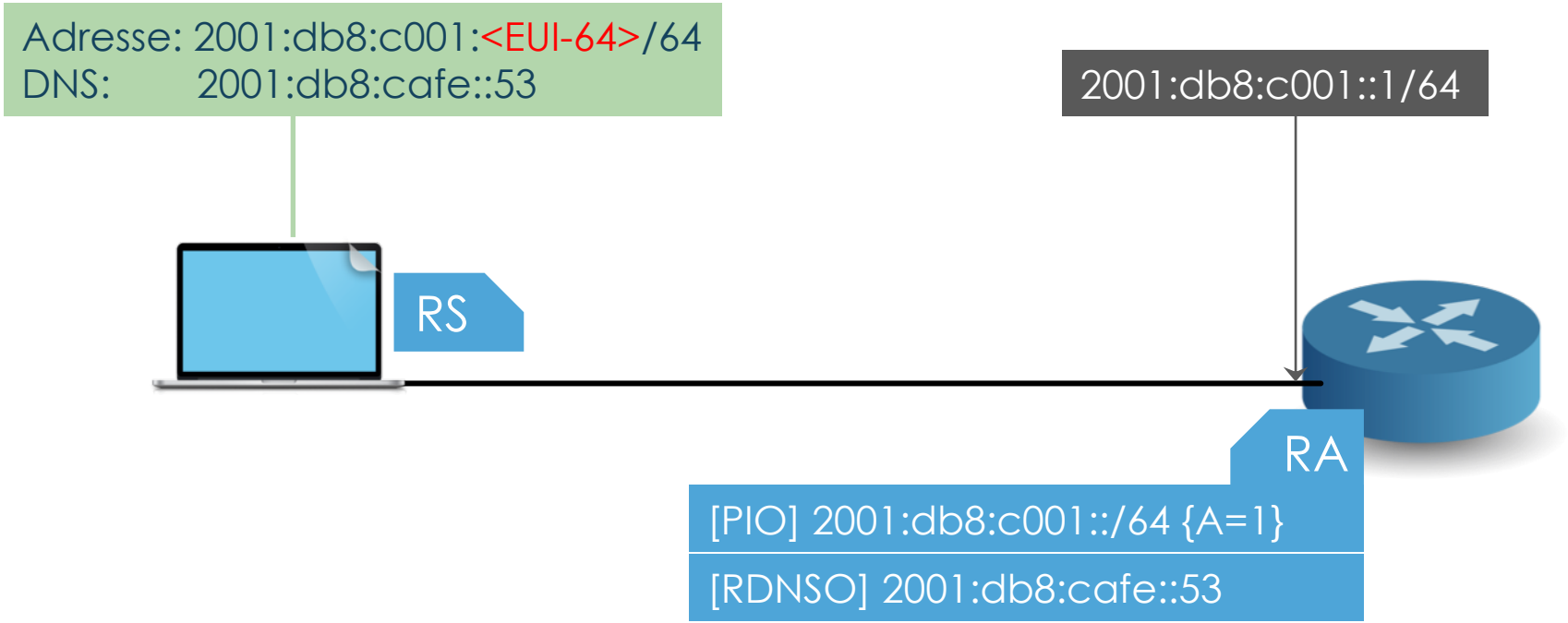


```
(config)#interface fastethernet 0/1
(config-if)#ipv6 nd prefix <prefix> no-advertise
(config-if)#ipv6 nd prefix <prefix> offlink|no-onlink
```

Donner les informations du DNS



Comment le (SLAAC) fonctionne t-il

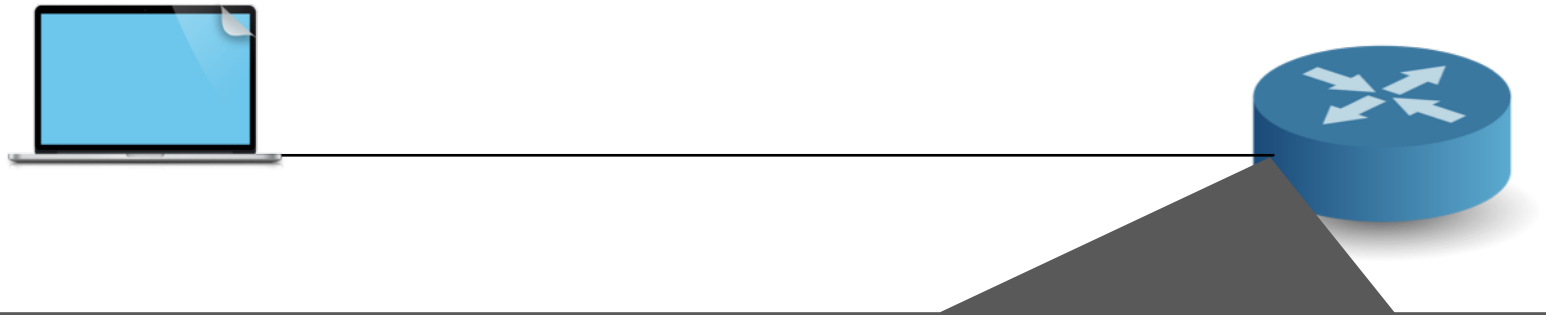


A savoir sur l'usage des options

① Configurer O lorsque M l'est, est redondant
② Certains DNS peuvent nécessiter que vous configuriez M & O
③ Un préfixe avec les options A & L non configurées, est inutiles
④ DHCPv6 ne précise pas la longueur de préfixe, donc vous aurez besoin de configurer L pour éviter un comportement de PVLAN
⑤ SLAAC ne fonctionne qu'avec /64, il n'est donc pas possible d'utiliser un préfixe plus long

TOUJOURS tester votre système d'exploitation avec différentes combinaisons d'options pour savoir ce qui ne se passe EFFECTIVEMENT

Exemple de configuration de SLAAC sur Cisco



```
(config)#ipv6 unicast-routing
(config)#interface fastethernet 0/1
(config-if)#ipv6 address 2001:db8:c001::1/64
(config-if)#no shutdown
```

Analyser j.mp/SLAAC-1

EXERCICE

① Quelle est l'adresse MAC de l'hôte qui veut une adresse?

② Quelle est l'adresse MAC du routeur qui répond?

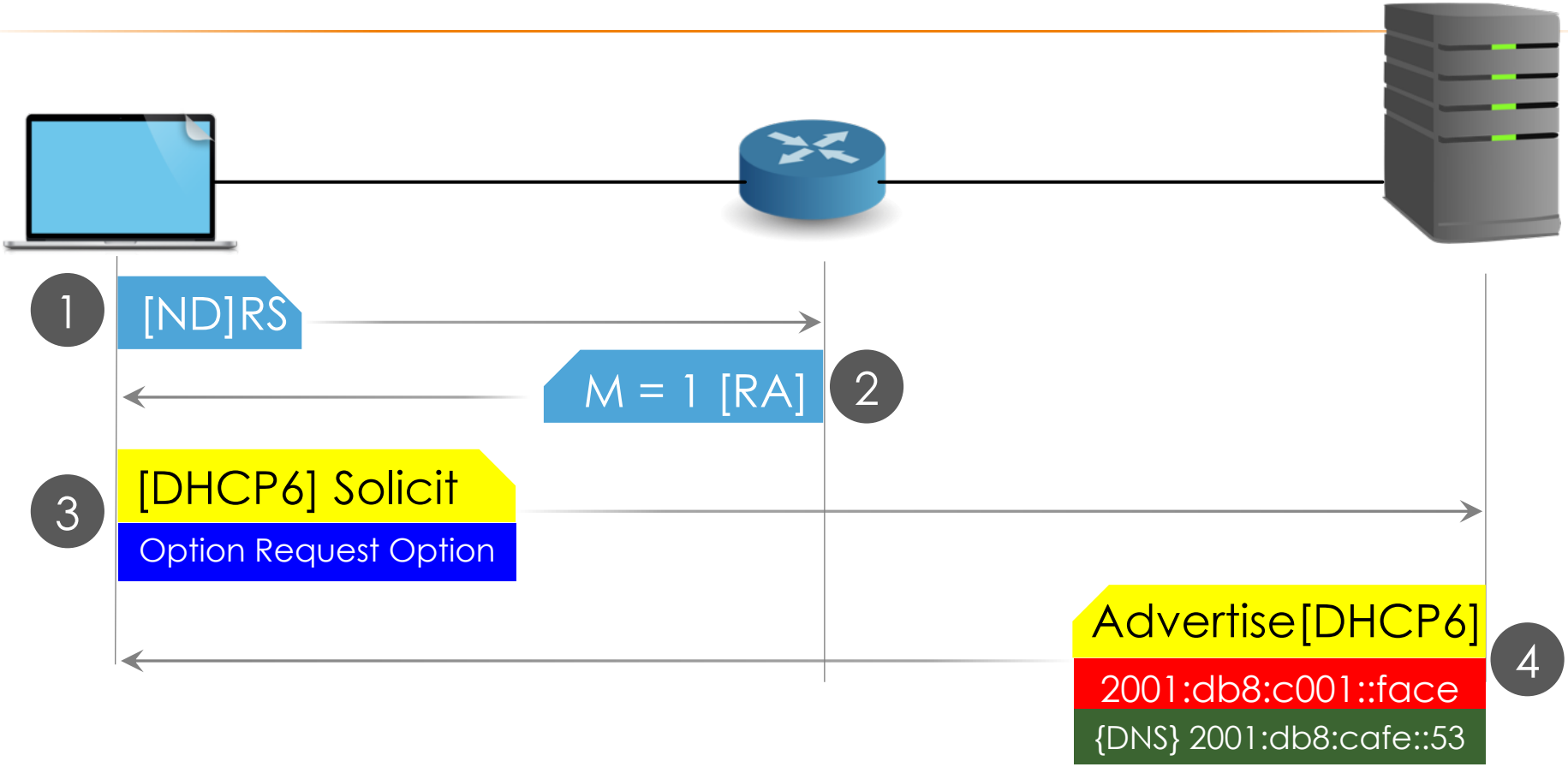
③ Quel est le préfixe IPv6 que le routeur envoie à l'hôte?

④ Quelles sont les valeurs des options M,O & L

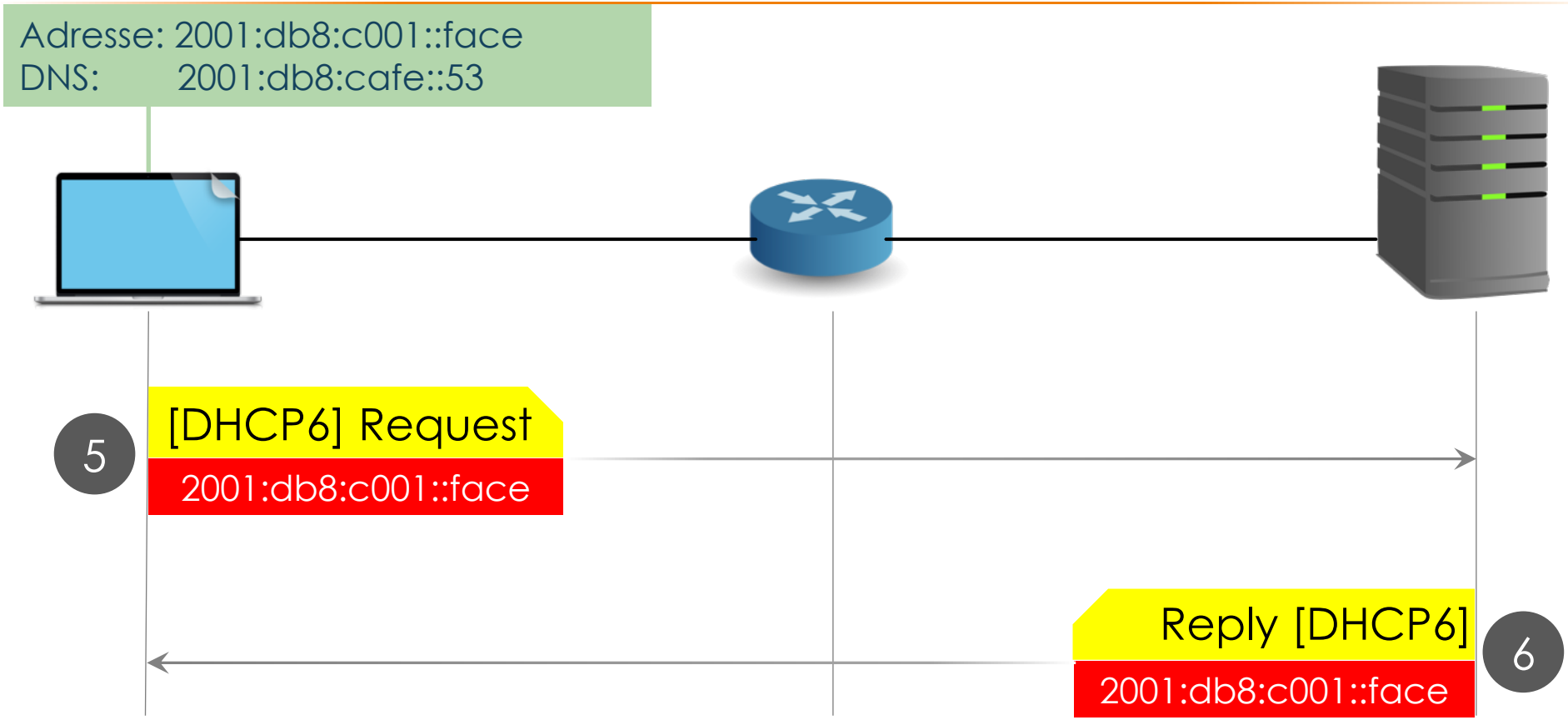
⑤ Pour combien de temps sont valident Les adresses obtenues à partir de ce préfixe?

⑥ Écrivez une adresse IPv6 que l'hôte peut avoir

Fonctionnement du stateful DHCPv6 (1/2)



Fonctionnement du stateful DHCPv6 (2/2)



Analyser j.mp/DHCPv6-1

EXERCICE

① Quelle est l'adresse IPv6 du serveur DHCPv6?

② De quel protocole et de quel port a été initié la requête?

③ Vers quel protocole et quel port a été envoyé la requête?

④ Quel est l'identificateur unique du client pour cette session?

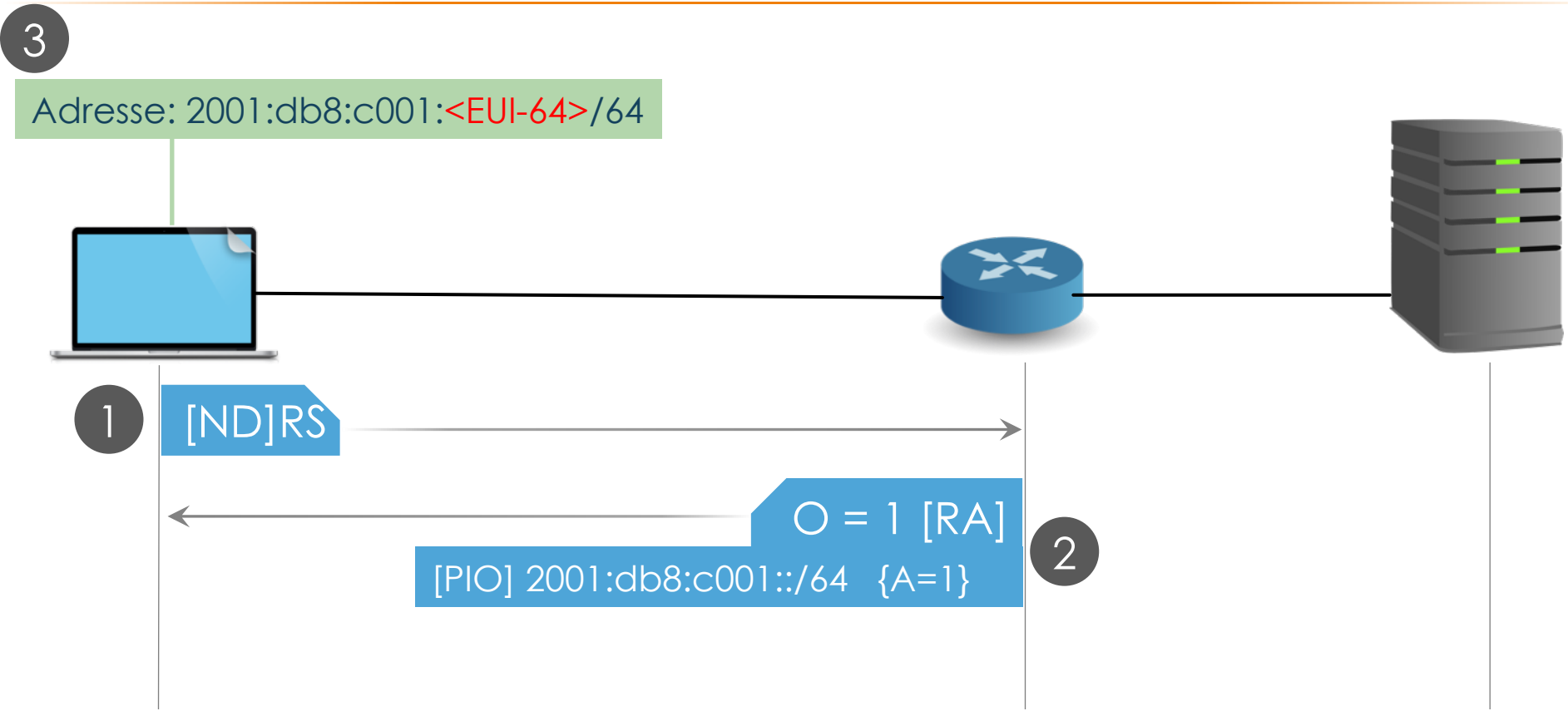
⑤ Quels sont les paramètres demandés par le client?

⑥ Quelle est l'adresse IPv6 que le routeur donne à l'hôte?

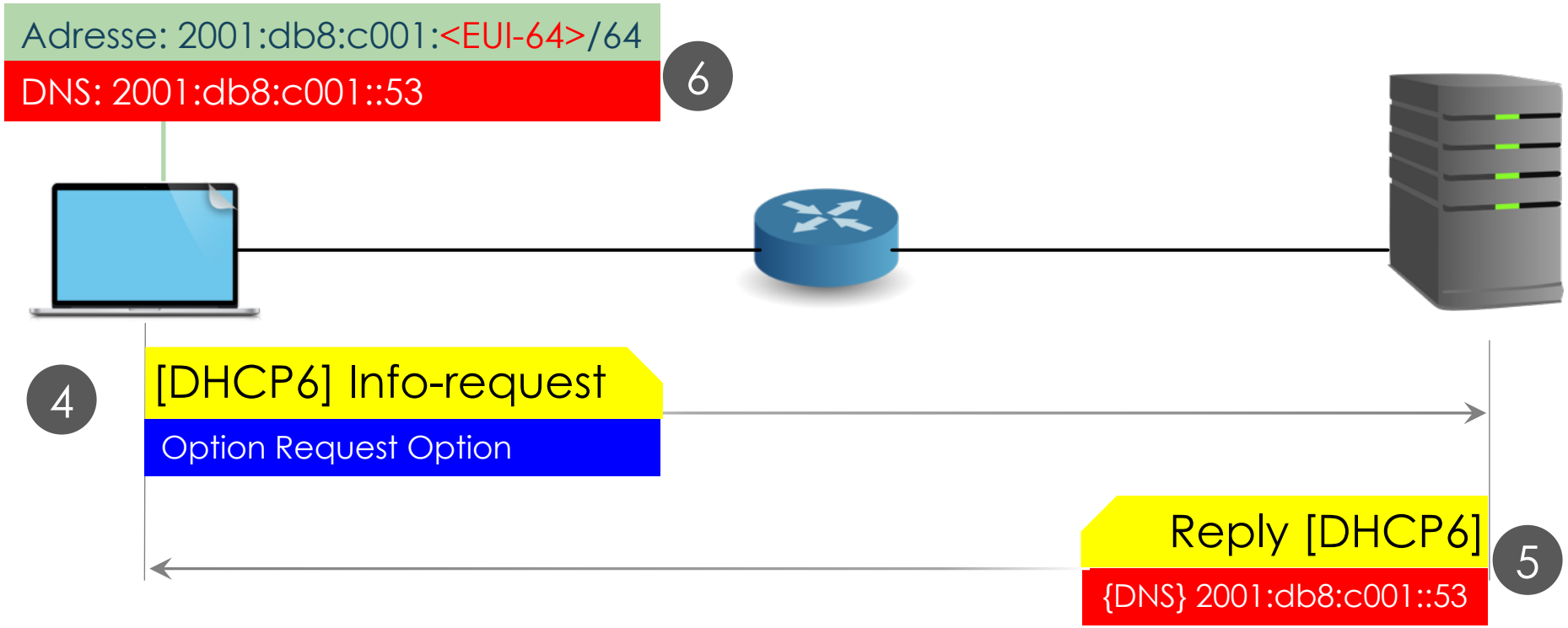
⑦ Pendant combien de temps les adresses obtenues à partir de ce préfixe sont-elles valident?

⑧ Notez tous les paramètres DNS reçus par le client

Fonctionnement du stateless DHCPv6 (1/2)



Fonctionnement stateless DHCPv6 (2/2)



Configuration de stateless DHCPv6 sur IOS

```
(config)# ipv6 dhcp pool dhcp-pool
(config-dhcp)#dns server 2001:db8:face::53
(config-dhcp)#domain-name 6lab.afrinic.net
(config-dhcp)#exit
(config-dhcp)#interface fastethernet 0/1
(config-if)#ipv6 nd other-config-flag
```

Analyser j.mp/SL-DHCPv6

EXERCICE

① Quelle est l'adresse IPv6 du serveur DHCPv6?

② Vers quel protocole de niveau 4 et quel port la requête est-elle envoyée?

③ Quel est l'identificateur unique du client pour cette session?

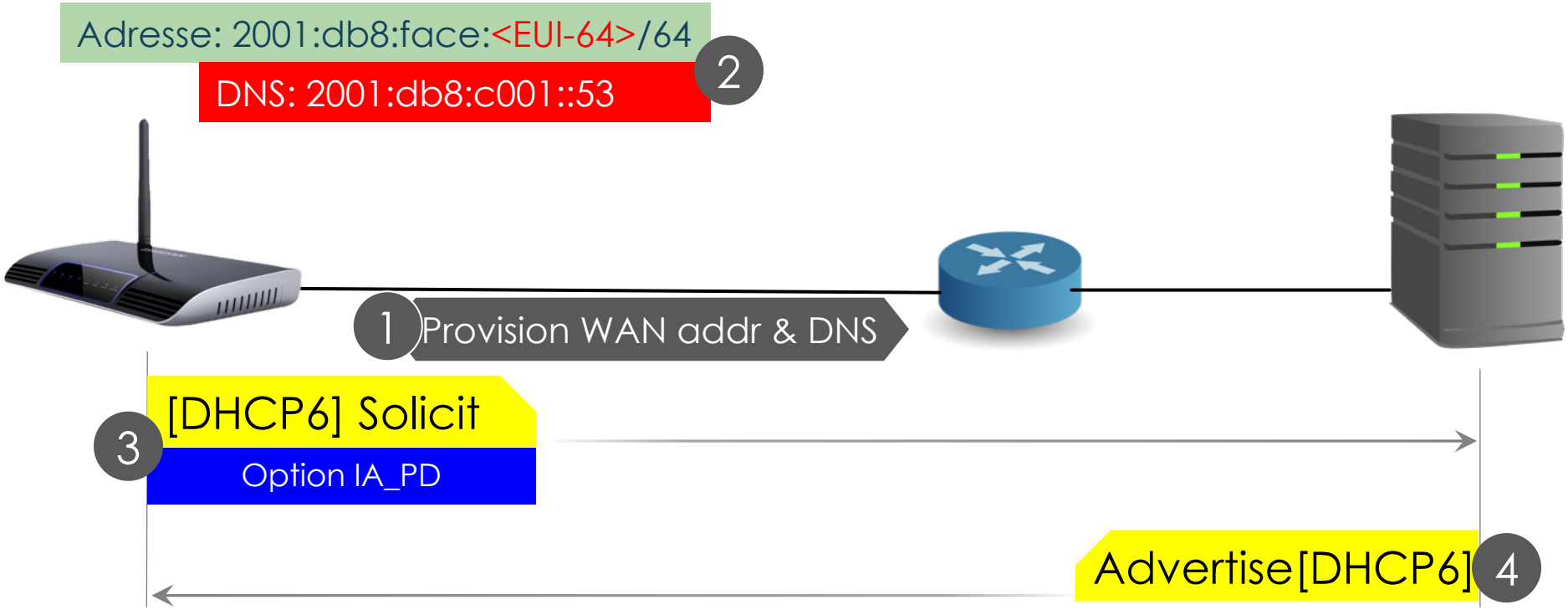
④ Quels sont les paramètres demandés par le client?

⑤ Quelle est l'adresse IPv6 que le routeur donne à l'hôte?

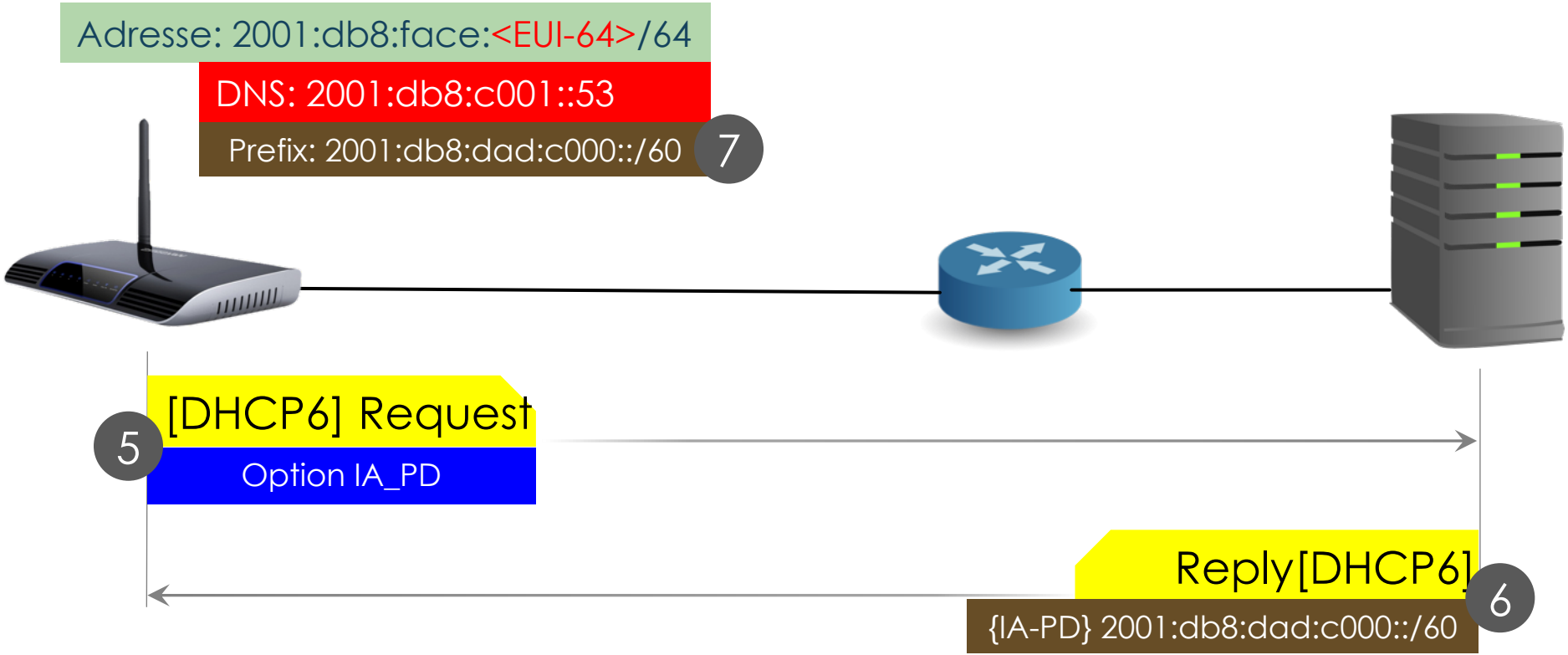
⑥ Pendant combien de temps les adresses obtenues à partir de ce préfixe sont-elles valident?

⑦ Notez tous les paramètres DNS reçus par le client

Fonctionnement du DHCPv6-PD (1/2)



Fonctionnement du DHCPv6-PD (2/2)



Exemple de configuration de DHCPv6-PD [Server]

```
(config)#ipv6 dhcp pool dhcpv6
(config-dhcp)#prefix-delegation pool v6pool lifetime 1800 600
(config-dhcp)#ipv6 local pool v6pool 2001:db8:c000::/40 48
```

```
(config-if)#ipv6 address 2001:db8:f00d::a/64
(config-if)#ipv6 dhcp server dhcpv6
```

Exemple de configuration de DHCPv6-PD[Client]

```
(config-if)#ipv6 address autoconfig default
(config-if)#ipv6 enable
(config-if)#ipv6 dhcp client pd DelegatedPrefix
```

Comparaison DHCPv4 vs DHCPv6

DHCPv4	DHCPv6
Usage de l'option 'Managed Configuration'	
Pas disponible	Utilisée par les routeurs pour contrôler la configuration des hôtes
Adresses source et de destination du message initiale DHCP	
src: 0.0.0.0 dst: broadcast	src: Adresse Lien-Local dst: ff02::1:2 (Usage plus efficace du lien)
Comment le serveur identifie les clients	
Adresses MAC	DHCP Unique Id (DUID)
Message de reconfiguration	
Pas disponible	Les serveurs peuvent demander aux clients de mettre à jour leur configuration
Association d'identité	
Pas disponible	Les clients peuvent gérer plusieurs serveurs (redondance)

Certains serveurs DHCPv6 et leurs fonctions

logiciel	Certaines options clés supportées
ISC	DNS, NTP, NIS, SIP, Lifetime, Prefix Delegation, Relay IDs, FQDN
WIDE	DNS, NTP, NIS, SIP, Lifetime, Prefix delegation
Dibbler	DNS, NTP, NIS, SIP, Lifetime, Timezone, Prefix delegation, FQDN,
Windows	DNS, NIS, SIP, NTP, Lifetime, User class
Cisco IOS	DNS, NTP, NIS, SIP, Lifetime, Relay IDs, Prefix Delegation

Source: http://ipv6int.net/software/index.html

Les attributs RADIUS pour IPv6 (rfc 3162)

NAS-IPv6-Address	L'adresse du NAS
Framed-Interface-Id	IID de l'utilisateur
Framed-IPv6-Prefix	Préfixe delegué pour l'utilisateur
Framed-IPv6-Route	Route de l'utilisateur (conf. sur le NAS)
Login-IPv6-Host	System, de connections utilisateur
Framed-IPv6-Pool	Pool, duquel les préfixes seront délégués

EXERCICE

IPv6 Lab Manual

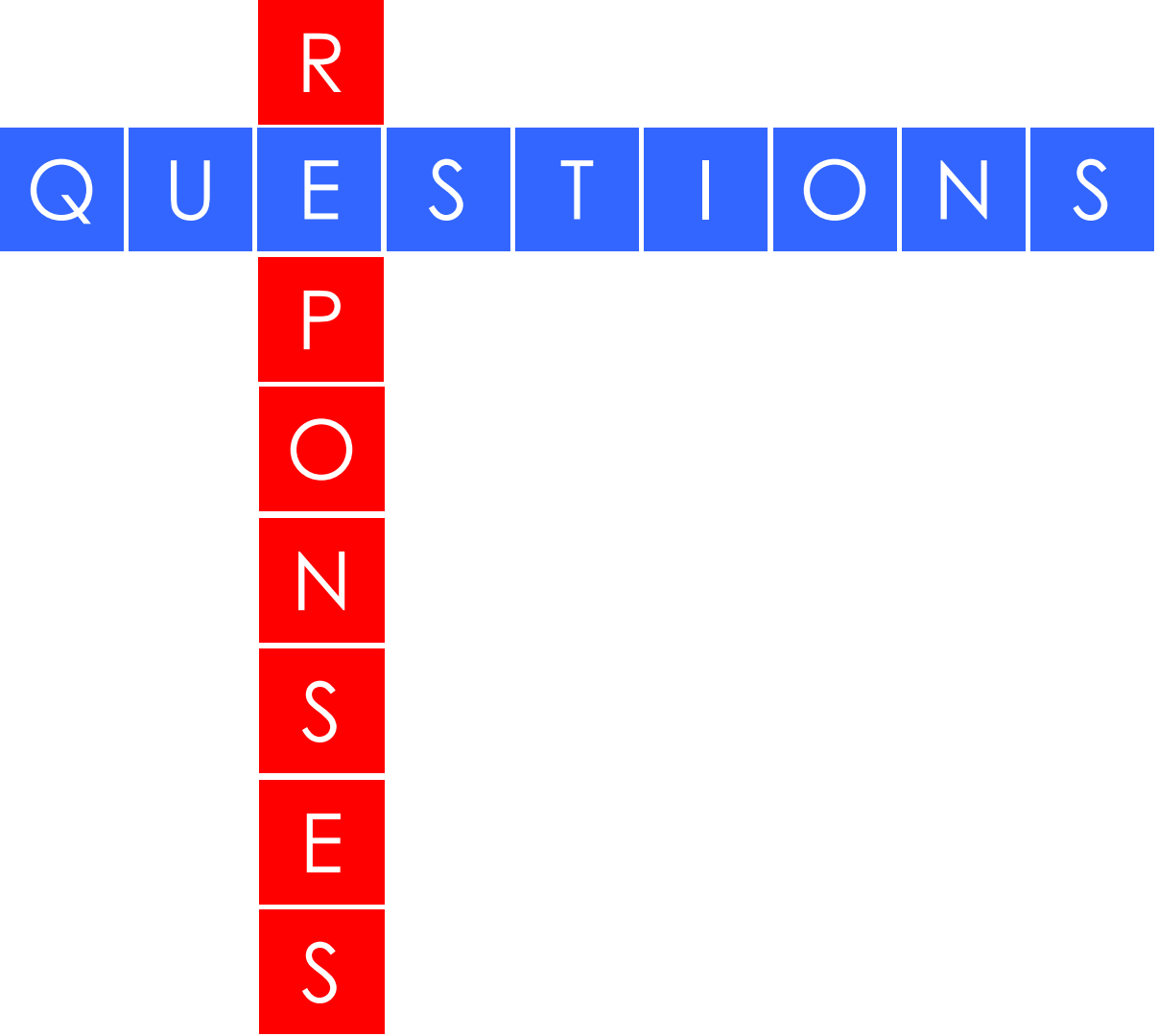
Lab 2.3: Configurer & vérifier SLAAC

Lab 2.4: Configurer & vérifier stateful DHCPv6

Lab 2.5: Configurer & vérifier DHCPv6-PD

EXERCICE

EXERCICE



@AFRINICtraining
@IPv6Cert

Routage de Base IPv6

Objectifs de la Section

- Configurer et vérifier le routage statique
- Configurer et vérifier OSPFv3
- Configurer et vérifier BGP pour IPv6

9 Routage de base IPv6
statique & OSPFv3

10 Tech. de Transition
les scenarios

11 Tech. de Transition
dual stack, tunnels, NAT64

FIN

EXERCICE

Donner

3 notions

que vous savez du routage IPv4

La plupart des meilleures pratiques s'applicables

IGPs	• Transporte les préfixes de l'infrastructure • AUCUN préfixes de clients ou d'Internet • Réduit les préfixes pour la convergence & la scalabilité
iBGP	• Transporte les préfixes Internet à travers le backbone • Transporte les préfixes des clients
eBGP	• Exchange des préfixes avec d'autres réseaux • Implémente des politiques de routage

Exemple de routage statique

```
(config)#ipv6 unicast-routing
(config)#ipv6 route 2001:db8:babe::/48 2001:db8:dead::1
```

```
(config)#ipv6 unicast-routing
(config)#ipv6 route 2001:db8:face::/48 2001:db8:dead::1
```

EXERCICE

Donner

3 notions

que vous savez d'OSPFv2 (IPv4)

OSPFv3: differences from OSPFv2

- Adresses sont transportées avec le nouveau LSA type 9
- PAS d'authentification (s'appuie sur AH et ESP)
- Fonctionne **par link , non par sous-réseau** –annonce ainsi tous les préfixes sur le lien, pas seulement le primaire.
- Supporte plusieurs instances par lien – **seul les routeurs de la même instance formeront l'adjacence.**
- Utilise les LLAs pour communications entre voisins (sauf les liens virt.)

Éléments OSPFv3 | types de LSA

Type LSA	Nom	Description	Portée
1	Router LSA	Décrit l'état des liaisons et leur coûts pour un routeur dans une aire	Aire
2	Network LSA	Généré par un DR pour décrire l'état des liens agrégés et leur coûts pour tous les routeurs dans une aire	Aire
3	Inter-Area Prefix LSA for ABRs	Émis par les ABRs pour décrire une aire à des routeurs d'autres aires	Aire
4	Inter-Area Router LSA for ASBRs	Émis par les ABRs pour annoncer l' emplacement d'un ASBR	Aire
5	AS External LSA	Émis par les ASBR pour décrire les routes redistribuées	AS

Éléments OSPFv3 | types de LSA

Type LSA	Nom	Description	Portée
8	Link LSA	Annonce l'adresse lien-local et les préfixes aux autres routeurs sur le lien	Lien
9	Intra-Area Prefix LSA	Associe une liste de préfixes IPv6 à un réseau de transit en pointant vers un Network LSA OU Associe une liste de préfixes IPv6 à un routeur en pointant vers un routeur LSA	Aire

Les commandes de configuration d'OSPFv3

Activer OSPFv3 sur une Interface

```
(config-if)#ipv6 ospf pid area area-id [instance instance-id]
```

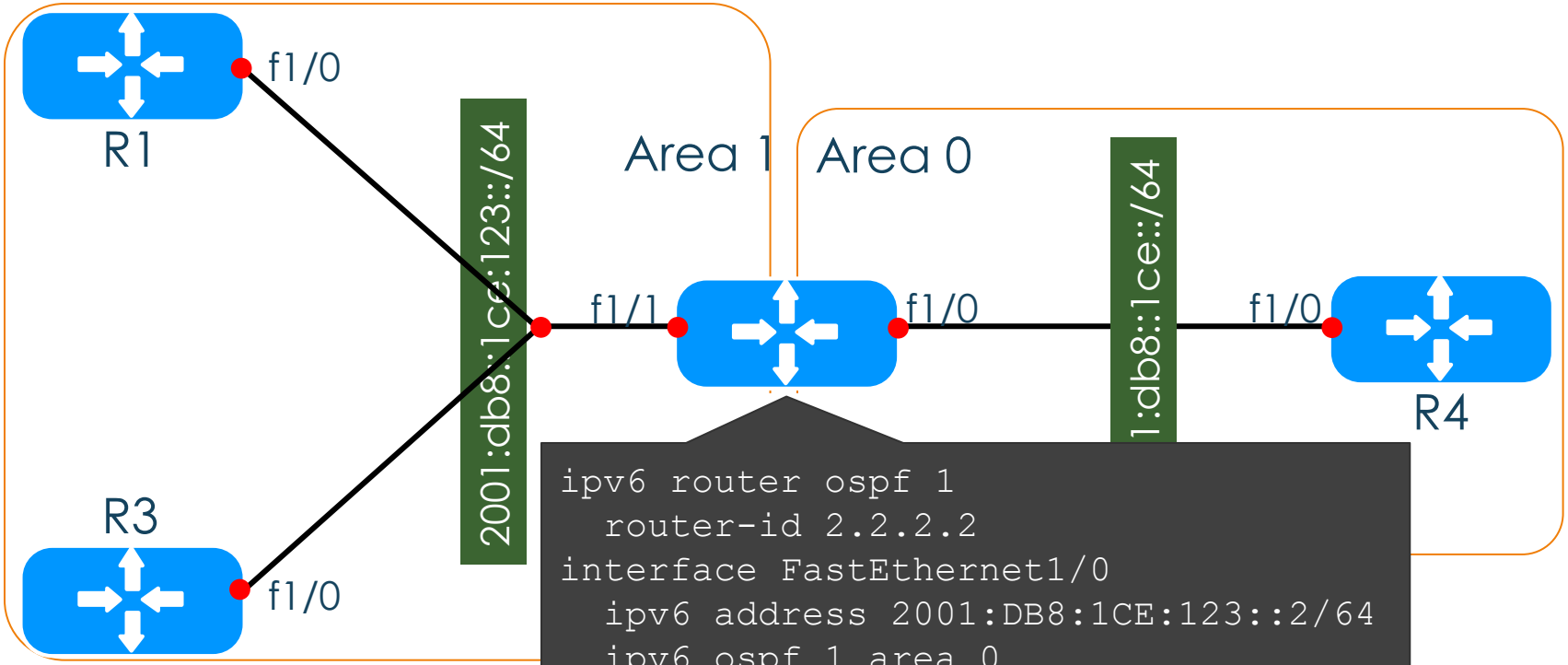
Résumer (Agréger) les routes d'une aire

```
(config)#ipv6 ospf pid
(config-router)#ipv6 area area-id range prefix/length
                [advertise | not-advertise] [cost cost]
```

Verifier OSPFv3

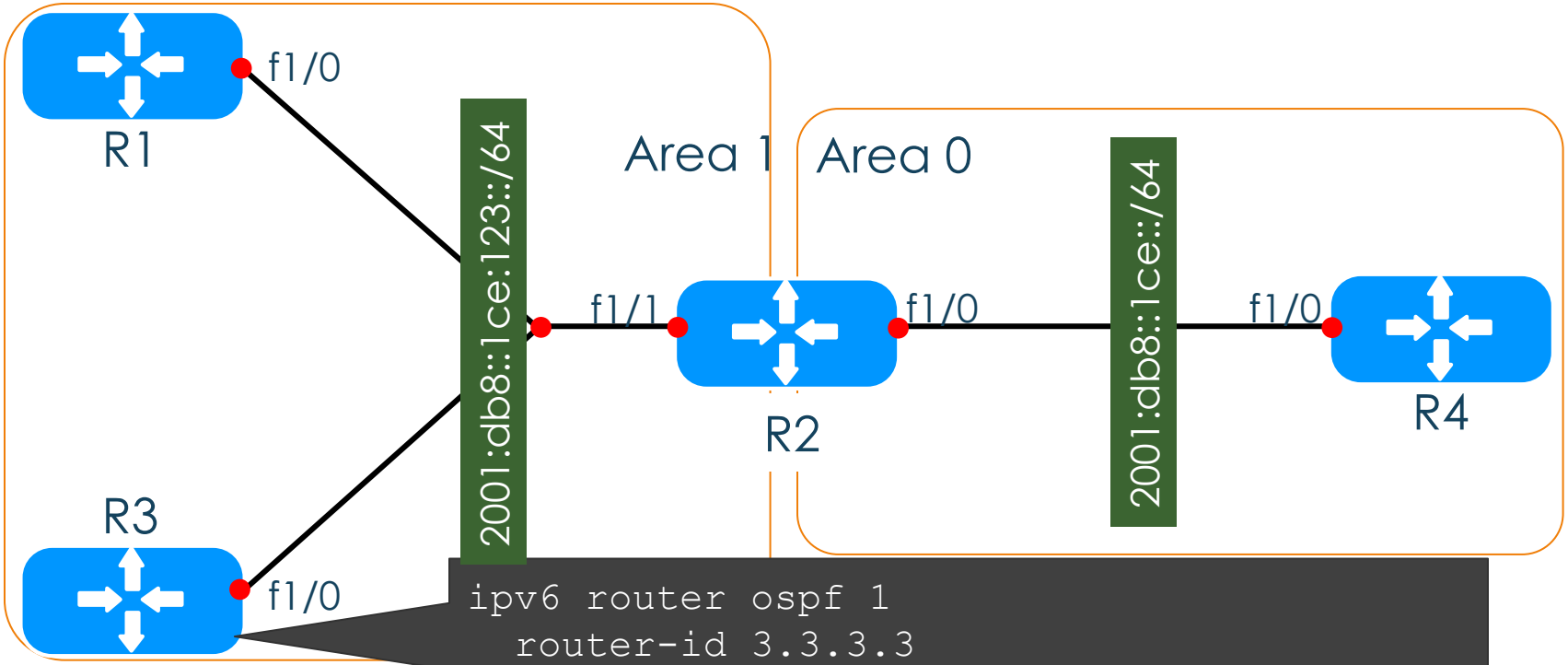
```
show ipv6 route
show ipv6 ospf neighbor
show ipv6 ospf interface
show ipv6 ospf database
```

Exemple de configuration d'OSPFv3




```
ipv6 router ospf 1
  router-id 2.2.2.2
interface FastEthernet1/0
  ipv6 address 2001:DB8:1CE:123::2/64
  ipv6 ospf 1 area 0
interface FastEthernet1/1
  ipv6 address 2001:DB8:1CE::2/64
  ipv6 ospf 1 area 1
```

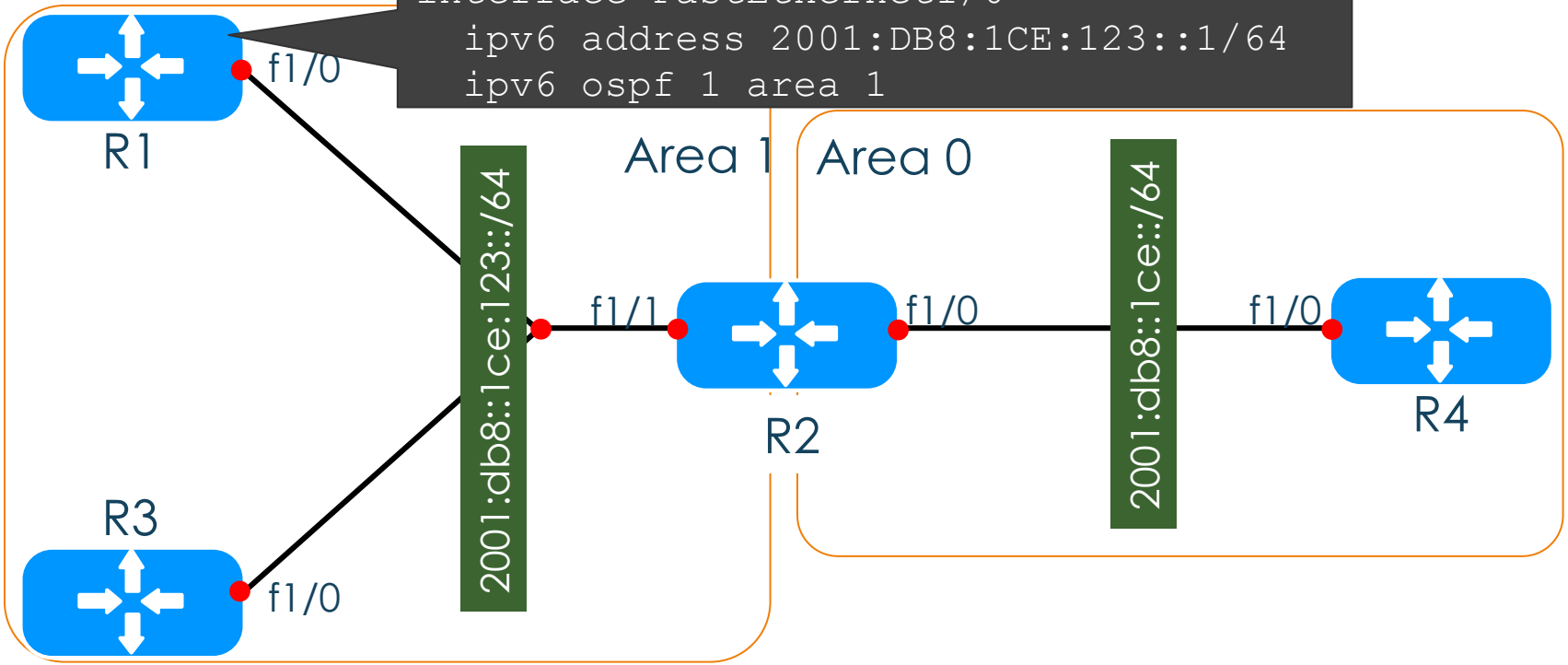
Exemple de configuration d'OSPFv3



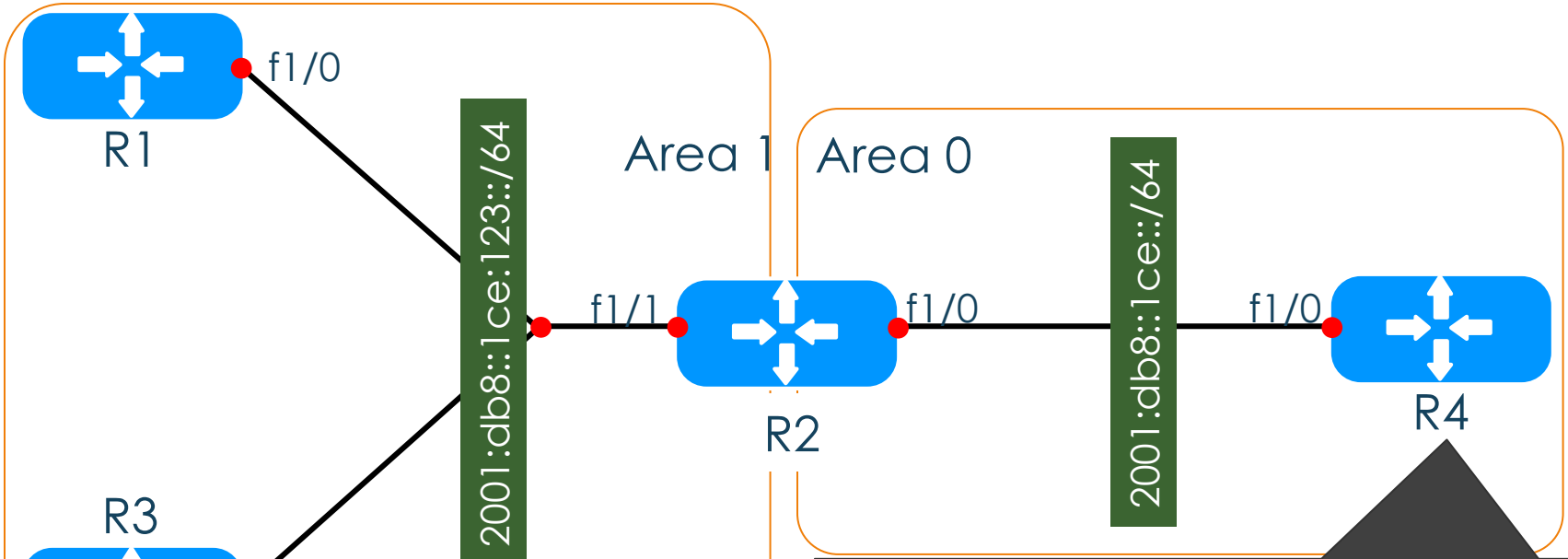

```
ipv6 router ospf 1
  router-id 3.3.3.3
interface FastEthernet1/0
  ipv6 address 2001:DB8:1CE:123::3/64
  ipv6 ospf 1 area 1
```

Exemple de configuration d'OSPFv3

```
ipv6 router ospf 1
  router-id 1.1.1.1
interface FastEthernet1/0
  ipv6 address 2001:DB8:1CE:123::1/64
  ipv6 ospf 1 area 1
```



Exemple de configuration d'OSPFv3




```
ipv6 router ospf 1
  router-id 4.4.4.4
interface FastEthernet1/0
  ipv6 address 2001:DB8:1CE::4/64
  ipv6 ospf 1 area 0
```

EXERCICE

Lab 2.7 – Configurer et verifier multi-area OSPF

EXERCICE

Donner

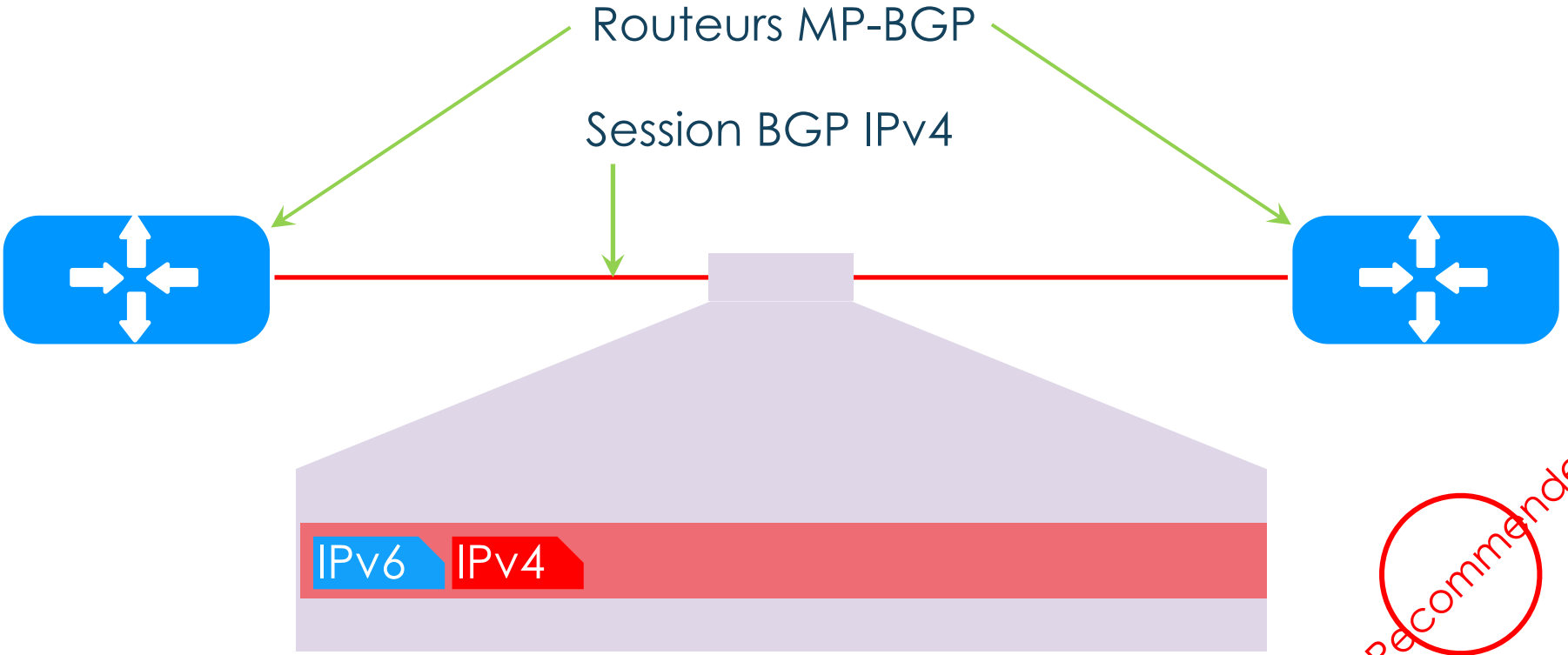
3 notions

que vous savez de BGP (IPv4)

Vue d'ensemble de BGP pour IPv6 | But

- Il n'y a pas BGPv6!!
- BGP4 a été étendu avec des familles d'adresses différentes
  - IPv4-AF : Transporte des préfixes IPv4
  - IPv6-AF : Transporte des préfixes IPv6
  - Autres: VPNv4-AF , VPNv6-AF
- IPv6 peut être à la fois la charge utile et le protocole de transport pour BGP

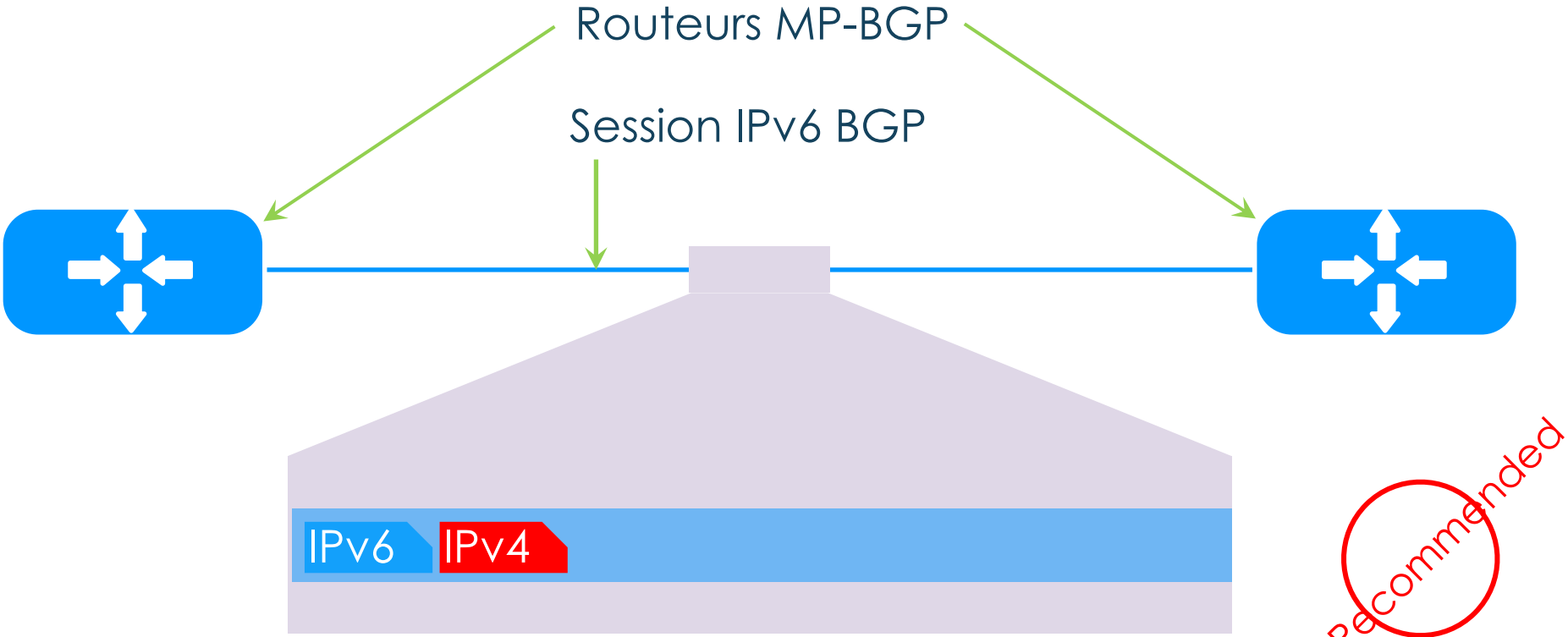
Des préfixes IPv6 et IPv4 sur un transport IPv4



Modifier le PA du NEXT_HOP pour les prefixes v6

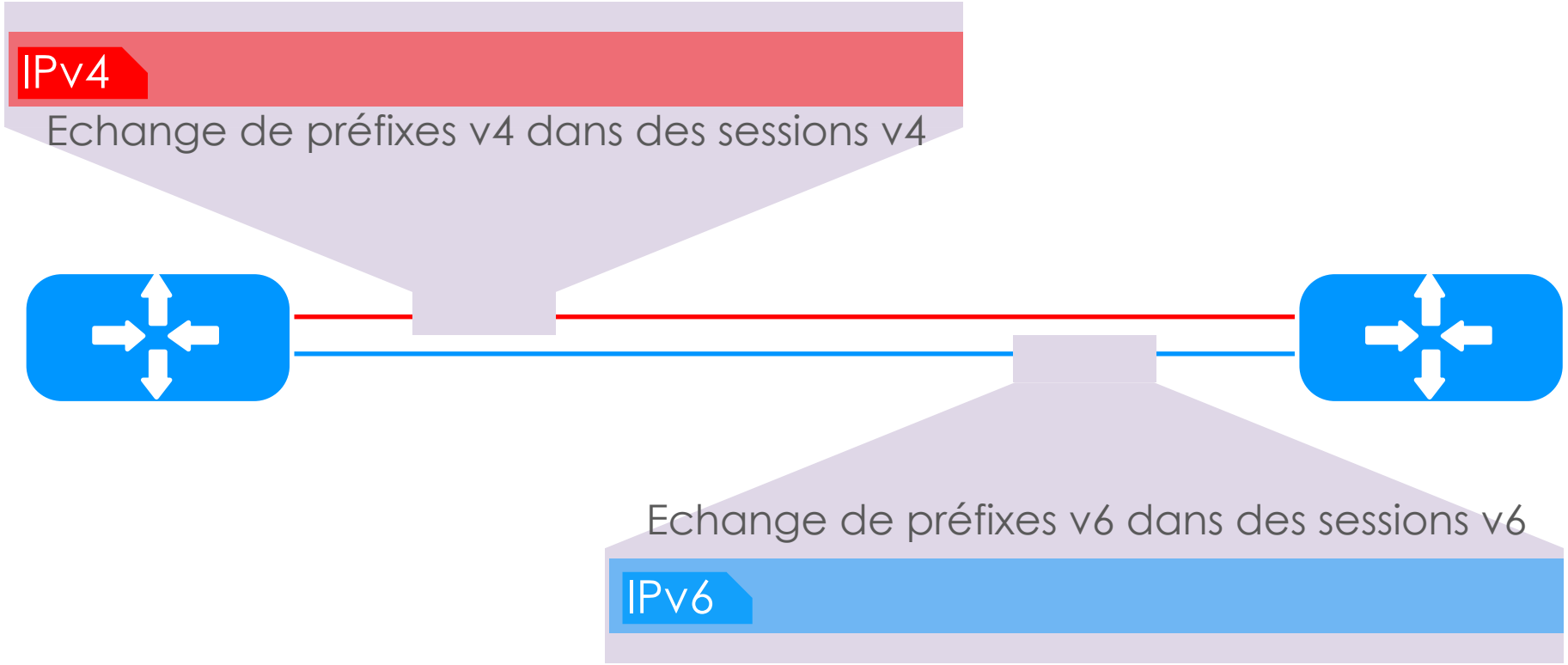
Not Recommended

Des préfixes IPv6 et IPv4 sur un transport IPv6



Modifier le PA du NEXT_HOP pour les prefixes v4

Séparer les sessions IPv4 et IPv6



Exemple de Config BGP: configurer une session

Préfixes:
203.0.113.0/24
2001:db8:dad::/48

Préfixes:
198.51.100.0/24
2001:db8:b00c::/48

```
router bgp 65000
    template peer-session Internal
        remote-as 65000
        update-source Loopback0

    no bgp default ipv4-unicast
    neighbor 192.0.2.2 inherit peer-session Internal
    neighbor 192.0.2.2 description Bamenda peer v4
    neighbor 2001:db8:1ce::2 inherit peer-session Internal
    neighbor 2001:db8:1ce::2 description Bamenda peer v6
```

Exemple de Config BGP: échange de préfixes

Préfixes:
203.0.113.0/24
2001:db8:dad::/48

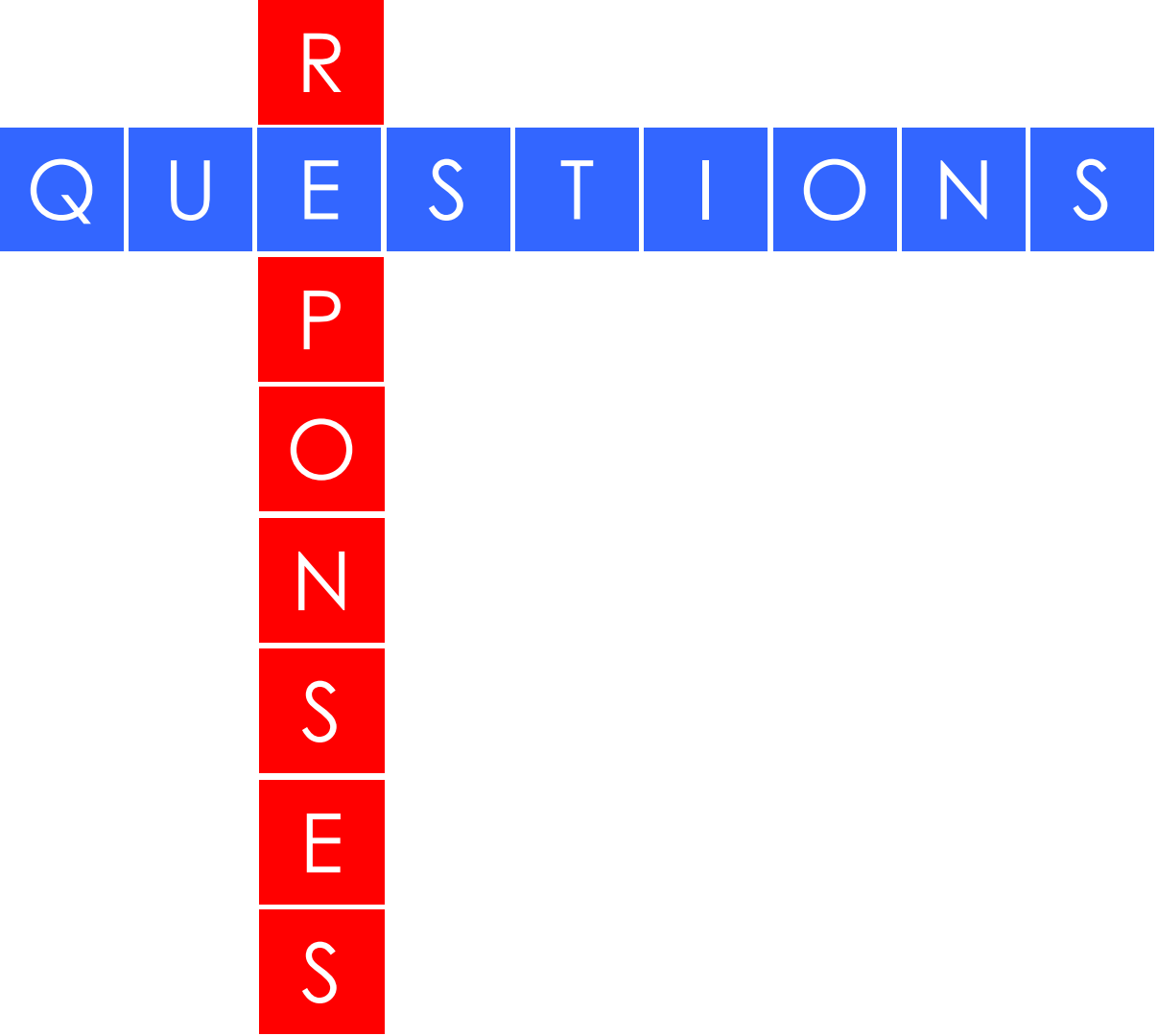
Préfixes:
198.51.100.0/24
2001:db8:b00c::/48

```
address-family ipv4
    neighbor 192.0.2.2 activate
    neighbor 192.0.2.2 inherit peer-policy Internal
    network 203.0.113.0 255.255.255.0

address-family ipv6
    neighbor 2001:db8:1ce::2 activate
    neighbor 2001:db8:1ce::2 inherit peer-policy Internal
    network 2001:db8:c001::/48
```

EXERCICE

Lab 2.8 – Configurer et verifier MP-BGP



@AFRINICtraining
@IPv6Cert

Comprendre

La nécessité des Techniques de Transition IPv6

Objectifs de la Section

- Décrire la nécessité des techniques de transition
- Identifier les problèmes de transition de différents réseaux

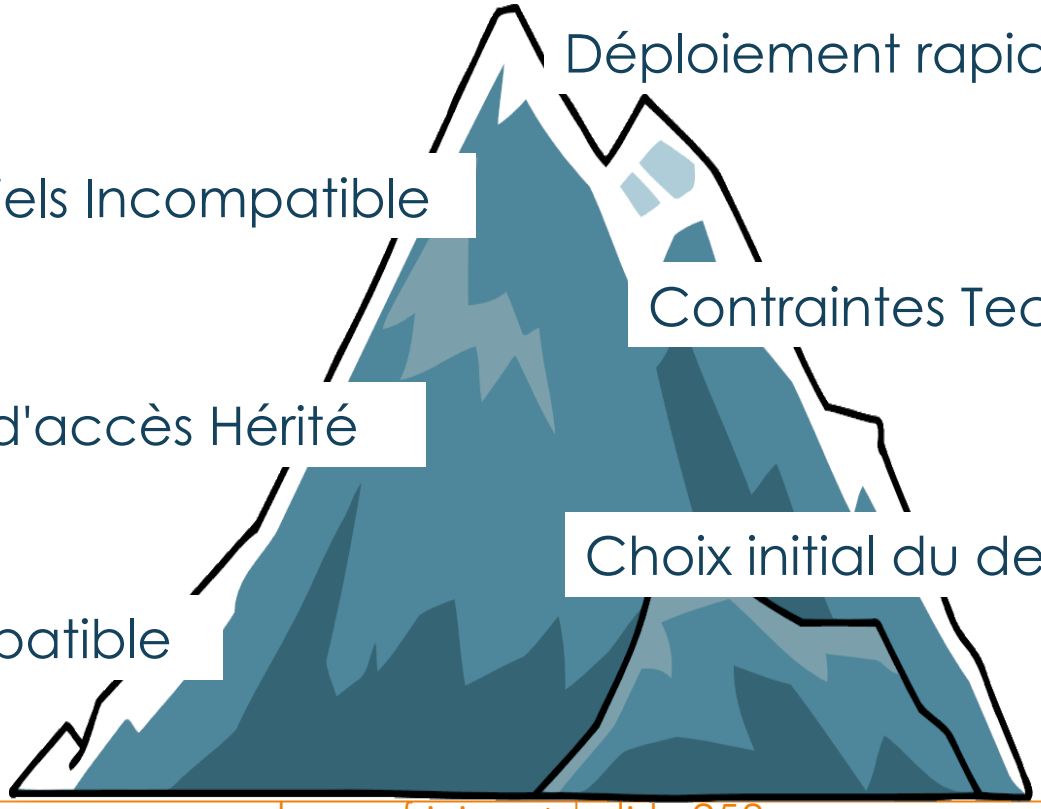
9 Routage de base IPv6
statique & OSPFv3

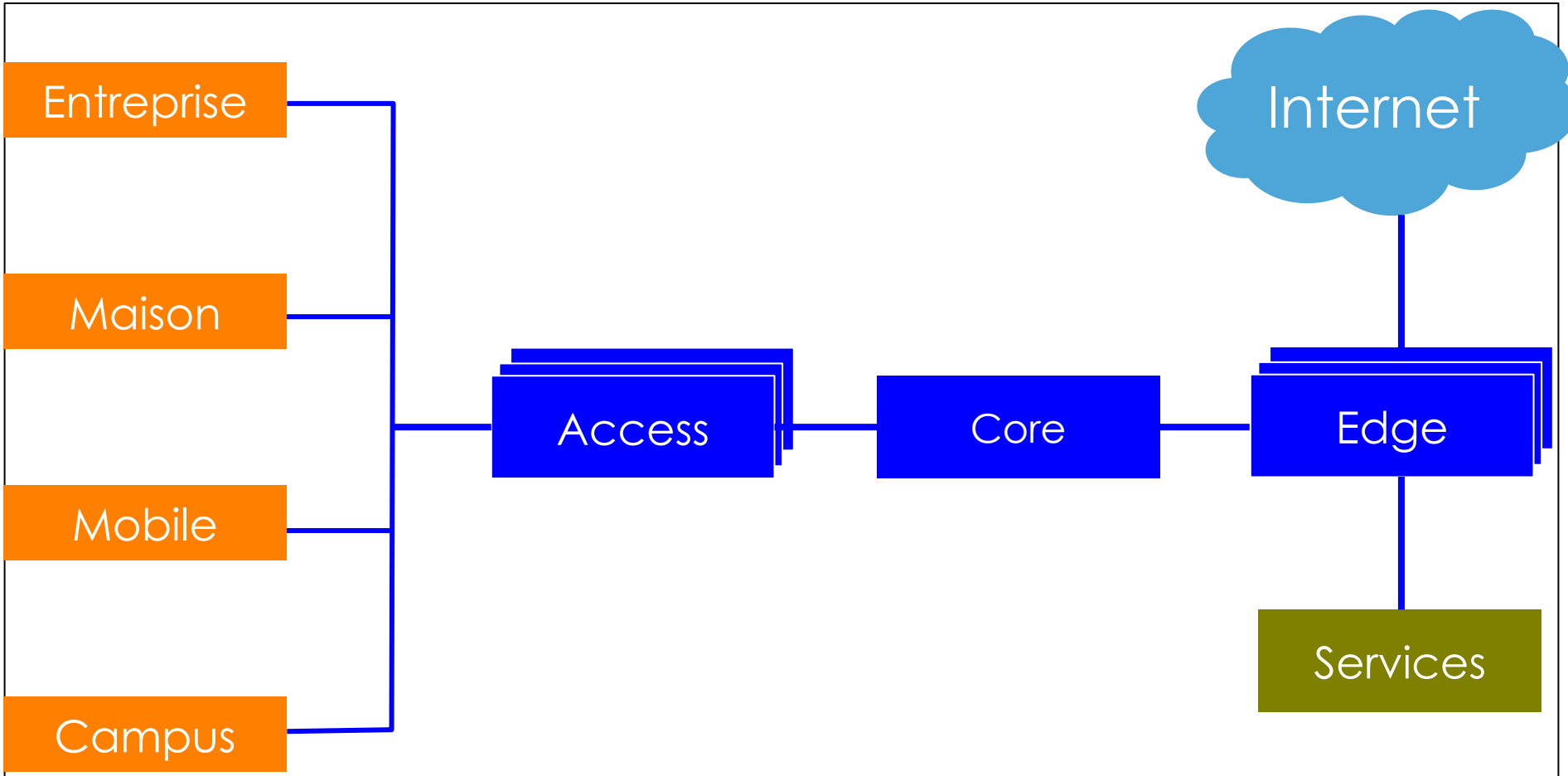
10 Tech. de Transition
les scenarios

11 Tech. de Transition
dual stack, tunnels, NAT64

FIN

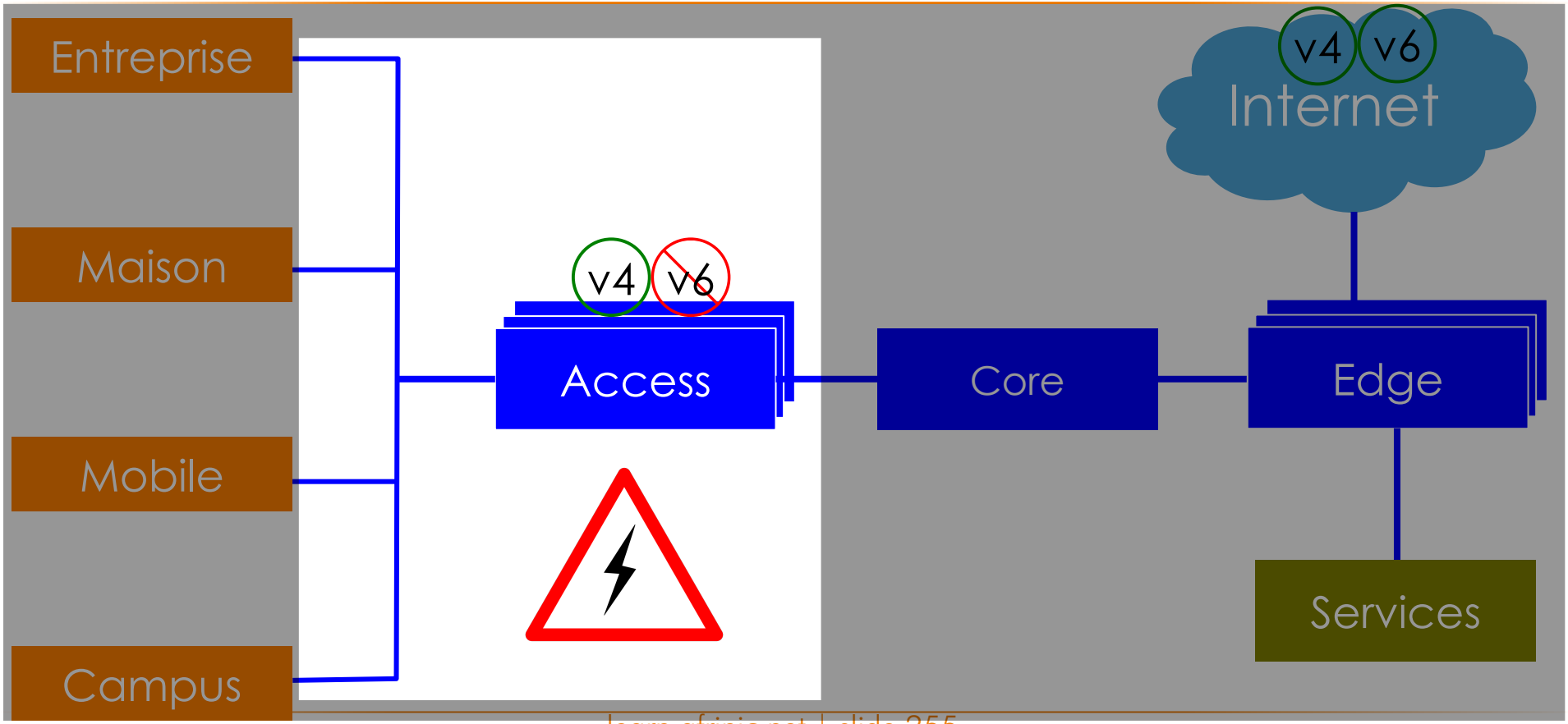
Le POURQUOI des techniques de transition



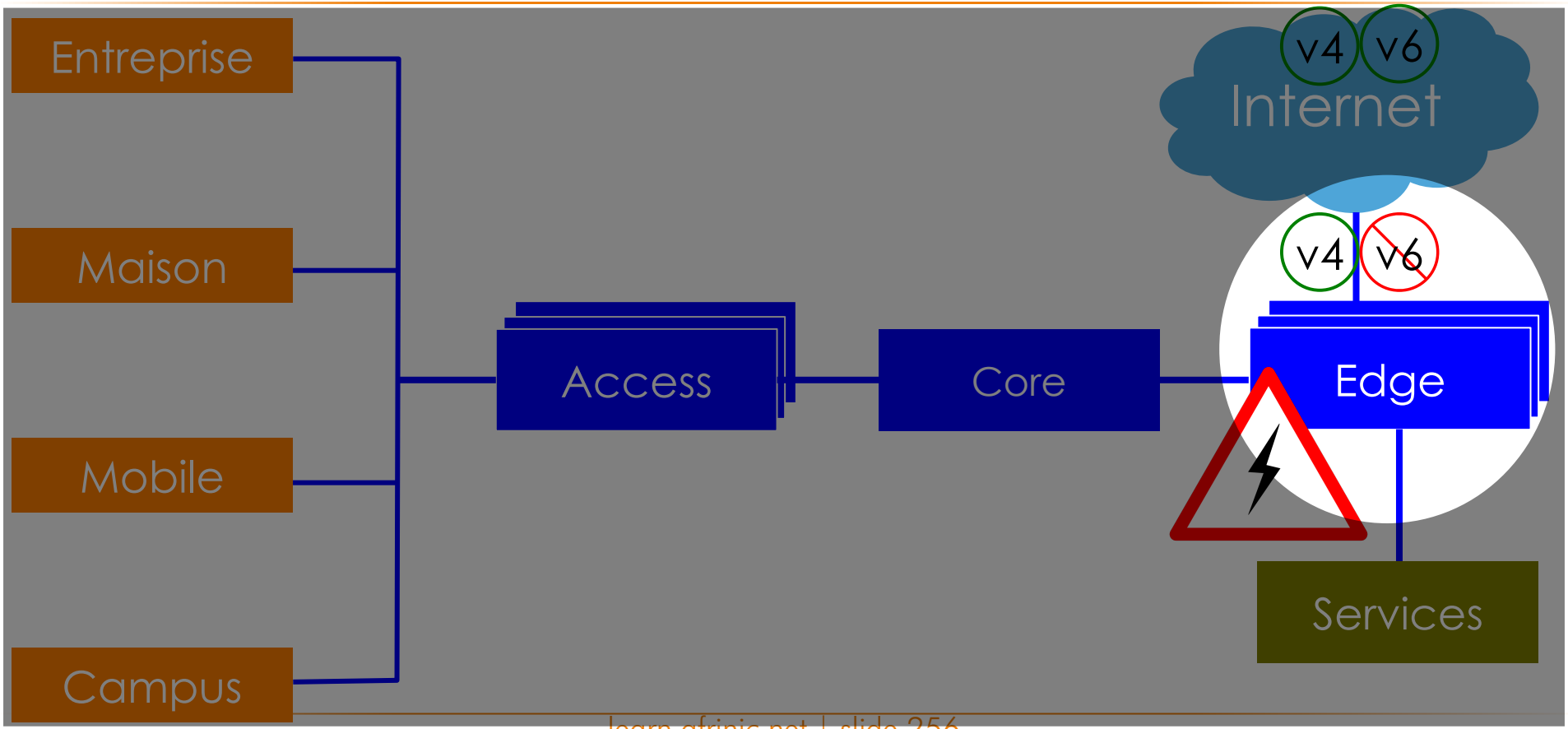


Nous avons besoin de techniques de transition si un ou plusieurs de ces blocs ne supportent pas IPv6

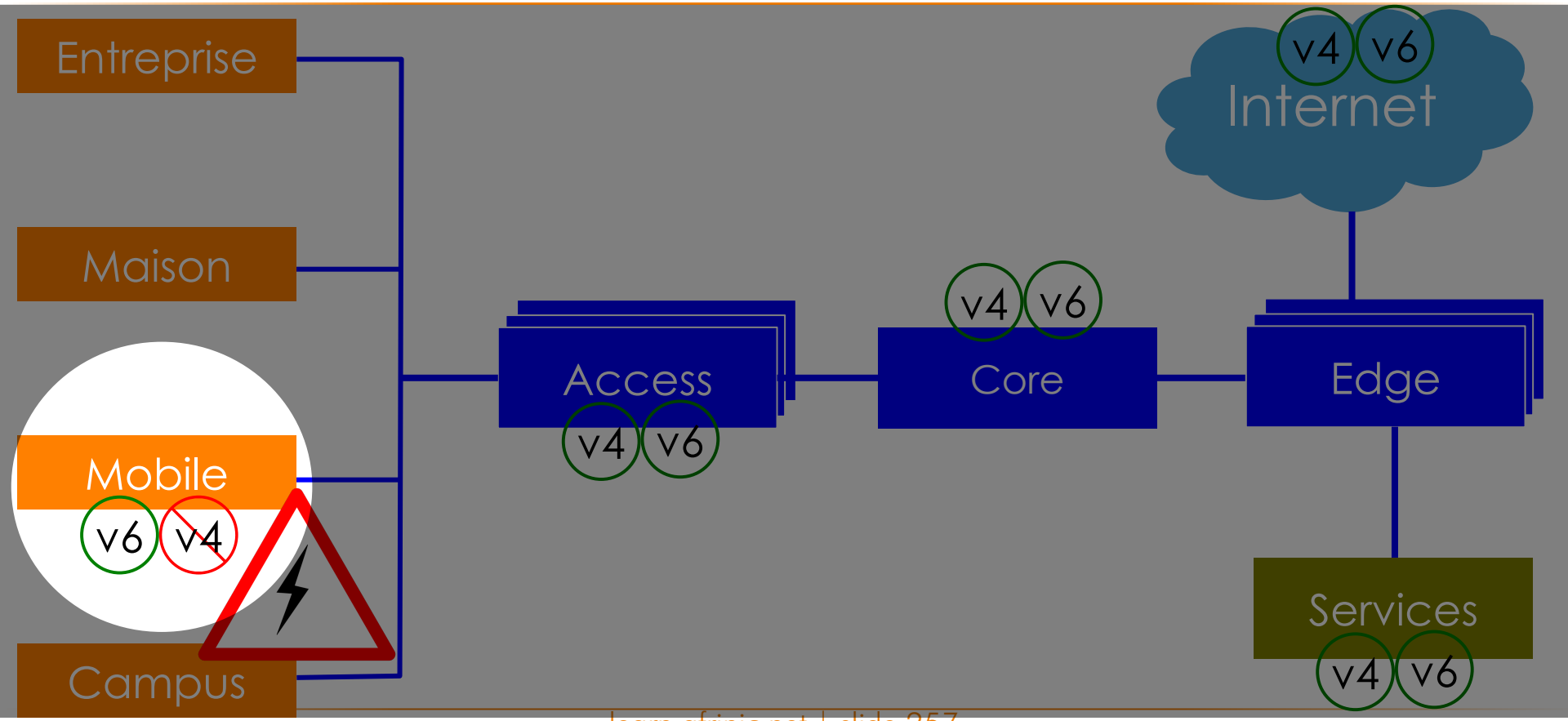
Scenario #1: Le fournisseur ne supporte pas IPv6



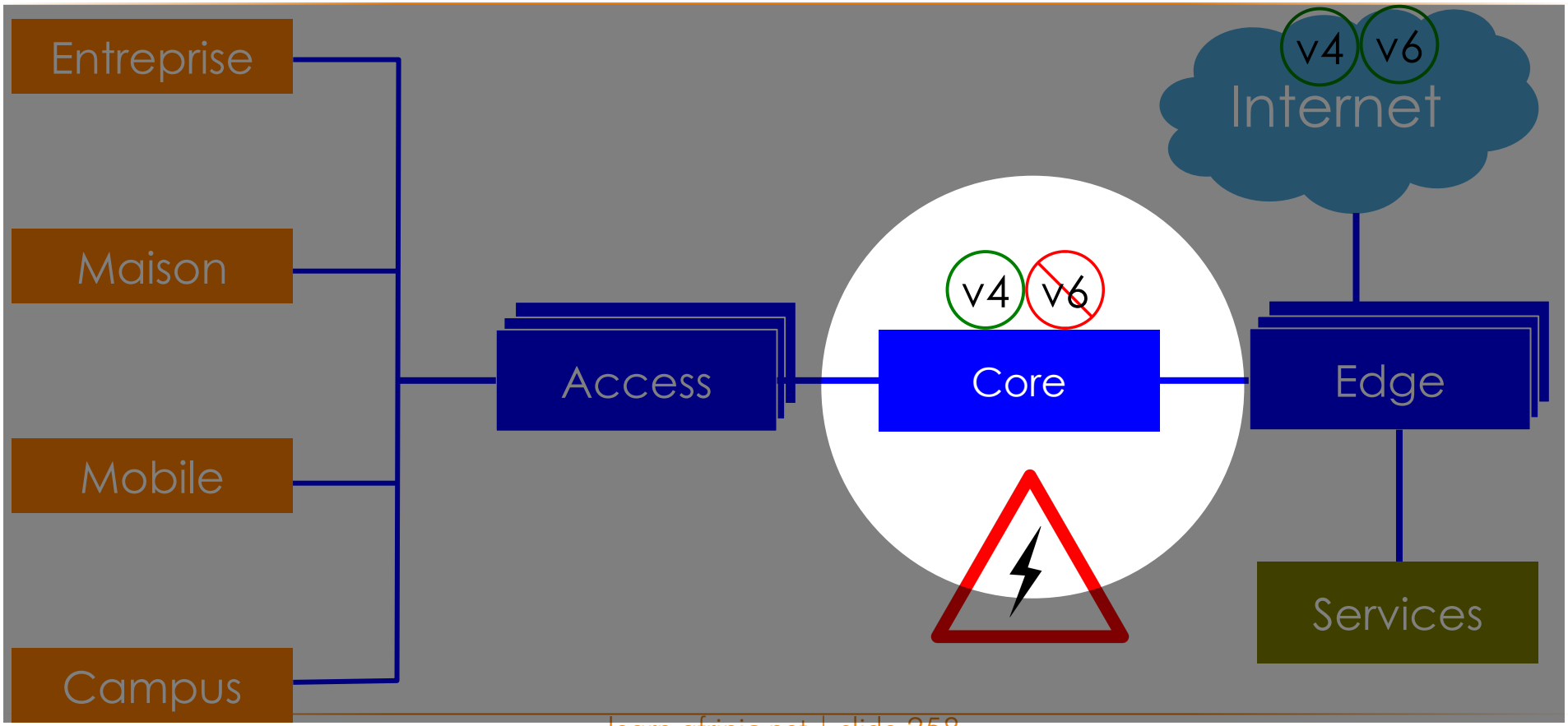
Scenario #2: Le upstream ne supports pas IPv6



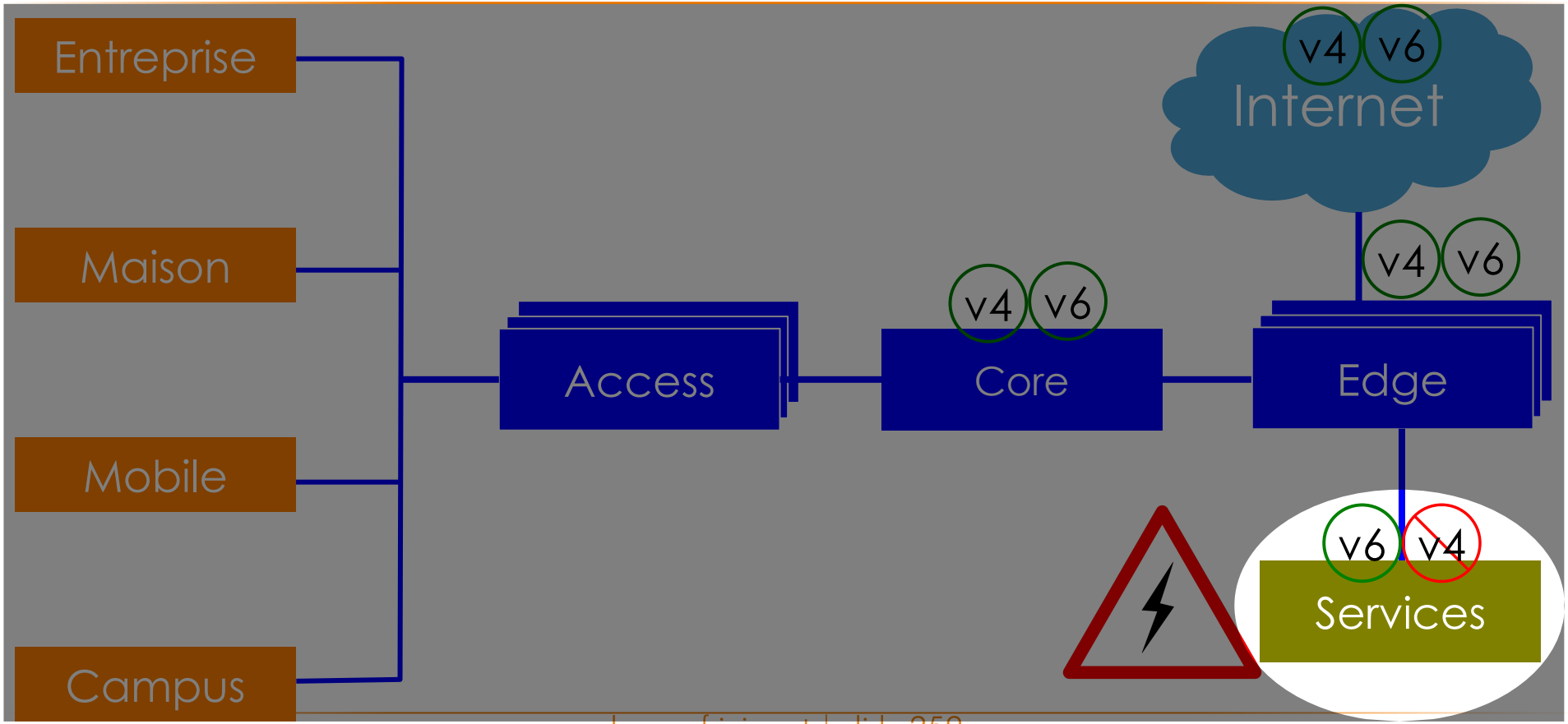
Scenario #3: Les réseaux 100% IPv6



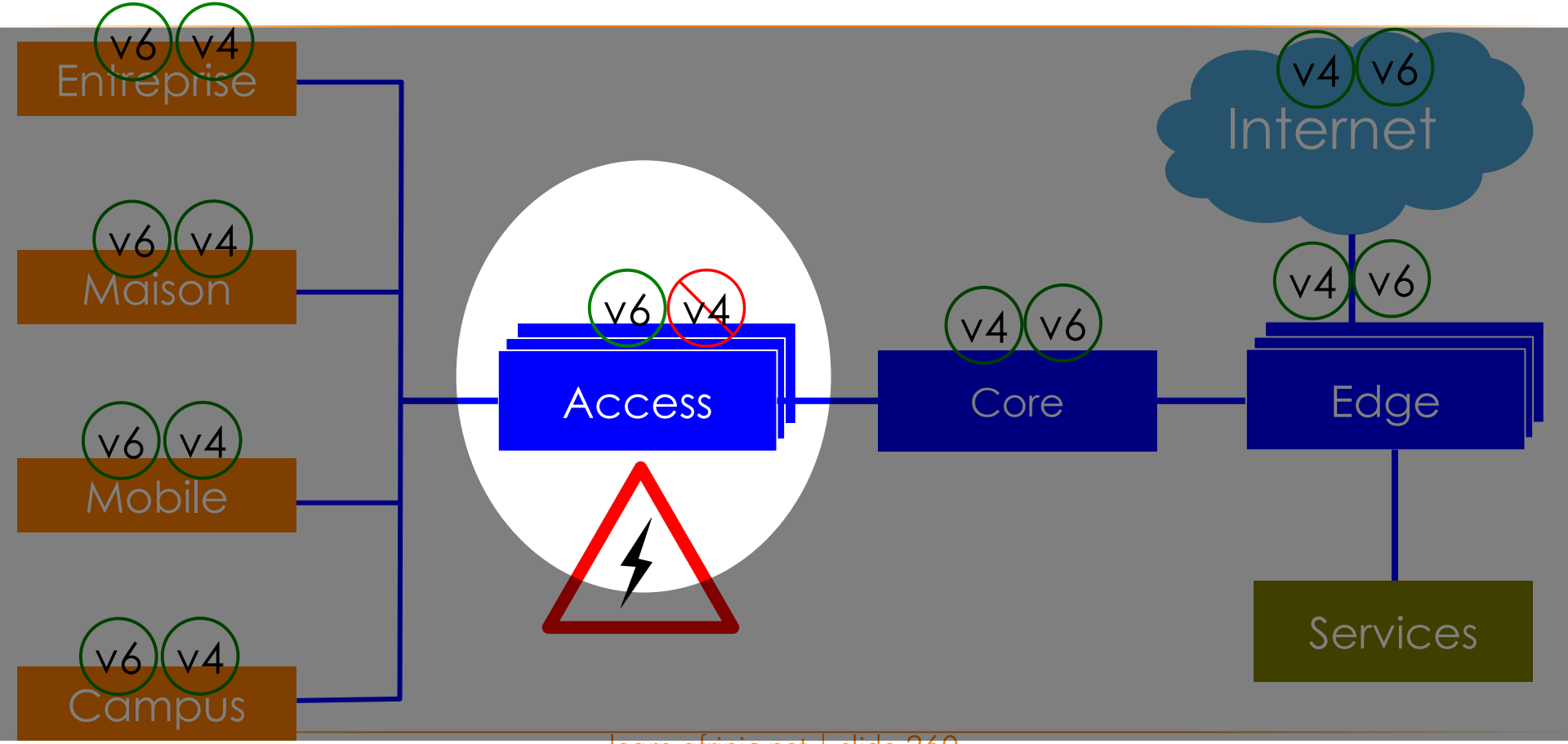
Scenario #4: Le cœur du réseau est MPLS



Scenario #5: Des services 100% IPv6



Scenario #6: Un réseau d'accès 100% IPv6



D'autres scenarios

① L'accès à Internet IPv4 avec <1 IP publique par abonné
② Réseau a besoin de plus d'IP que la RFC1918 ne fournit
③ Accès à Internet v4 à partir d'un réseau uniquement v6
④ Accès à des serveurs privés v4 depuis des réseaux v6

9 Routage de base IPv6
statique & OSPFv3

10 Tech. de Transition
les scenarios

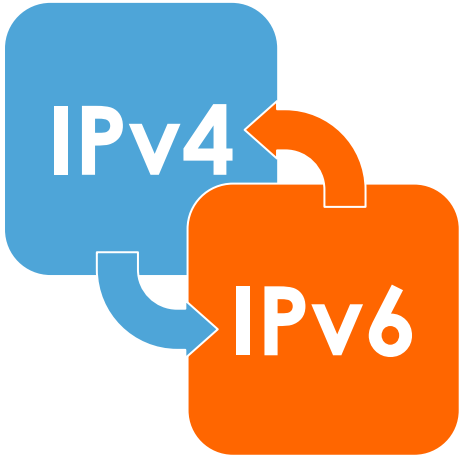
11 Tech. de Transition
dual stack, tunnels, NAT64

FIN

Il y a 3 catégories de techniques de transition

Dual stack

Tunneling



Translation

Comprendre & Implémenter

Un Tunnel Manuel

Objectifs de la Session

- Décrire les éléments d'infrastructure des Tunnels Manuels
- Décrire comment cela fonctionne
- Identifier les meilleurs scénarios pour l'utilisation des Tunnels Manuels
- Configurer et vérifier des Tunnels Manuels

Qu'est-ce qu'un tunnel?

Qu'est-ce qu'un tunnel?

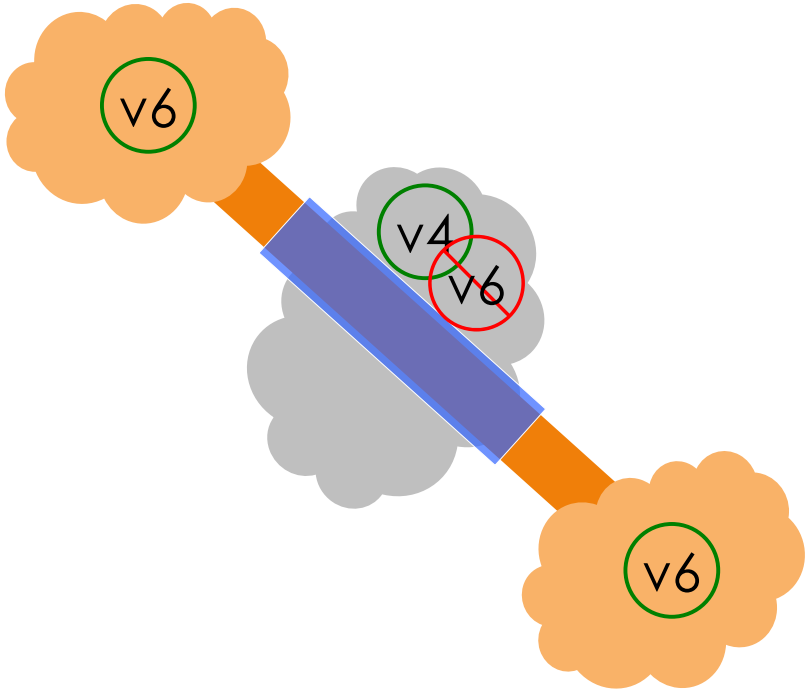
Qu'est-ce qu'un tunnel?

Protocol
Transporté (encapsulé)

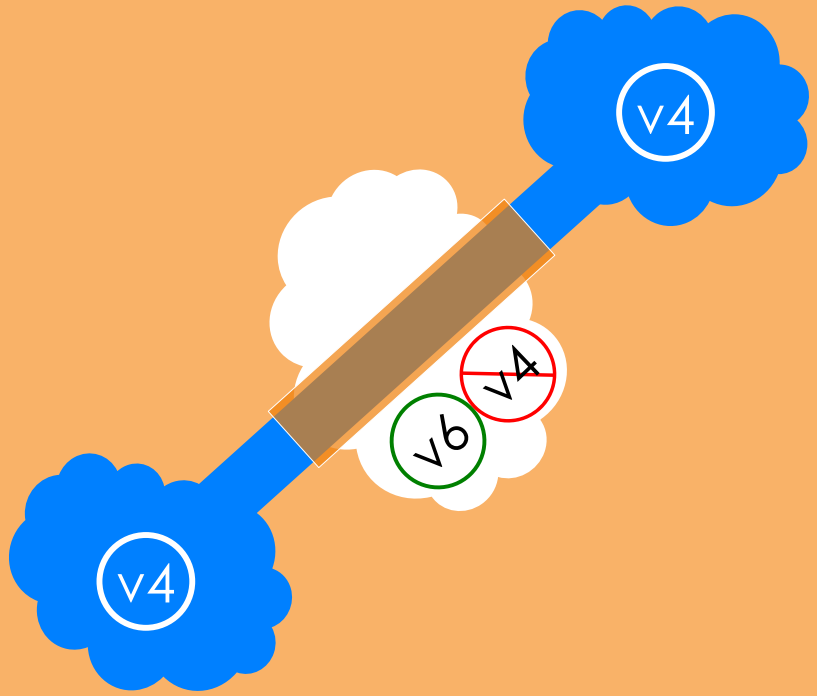
Protocol de transport

Media transmission

Encapsuler IPv6 dans IPv4



Encapsuler IPv4 dans IPv6



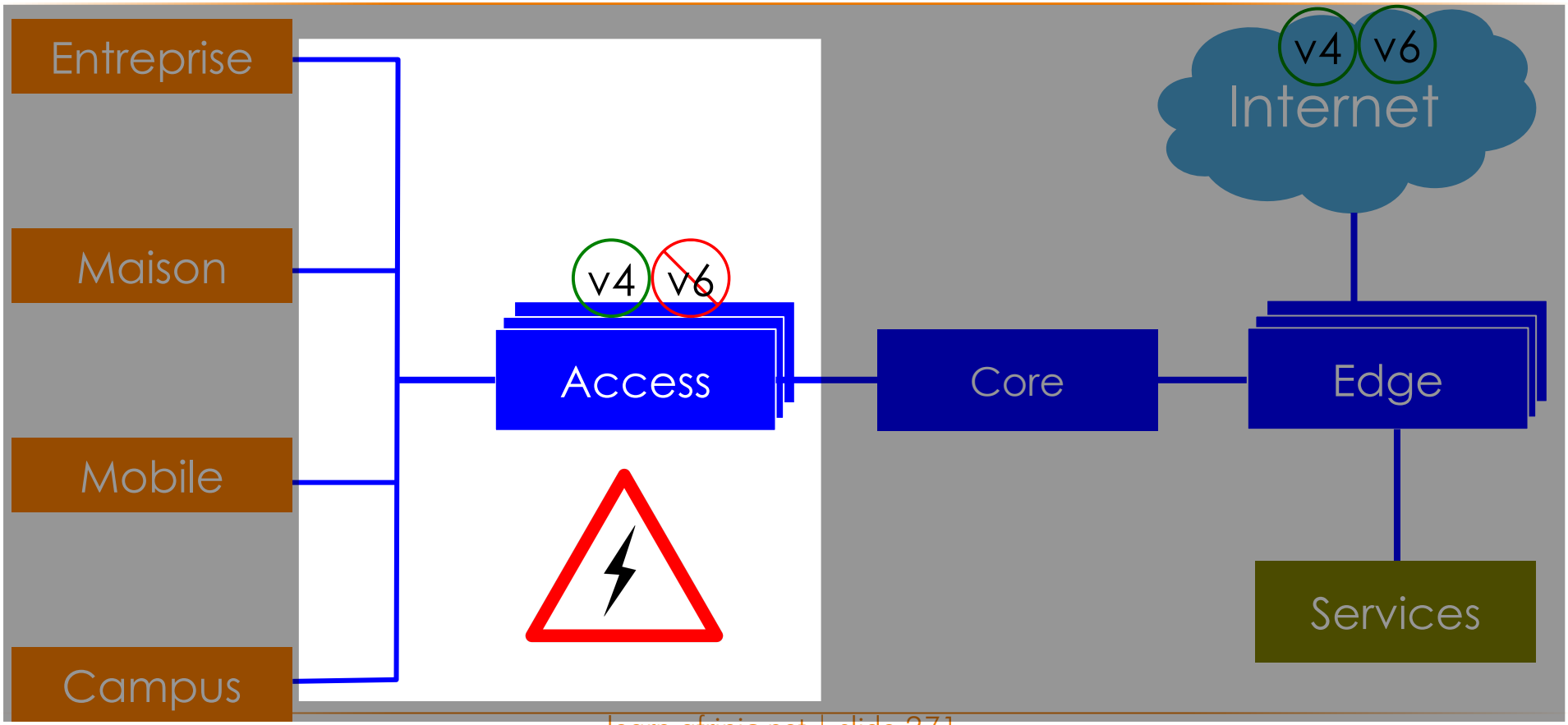
Les types de Tunnels Manuels

① Tunnel router-router : connecte 2 réseaux IPv6 á travers un réseau IPv4 ou vice-versa

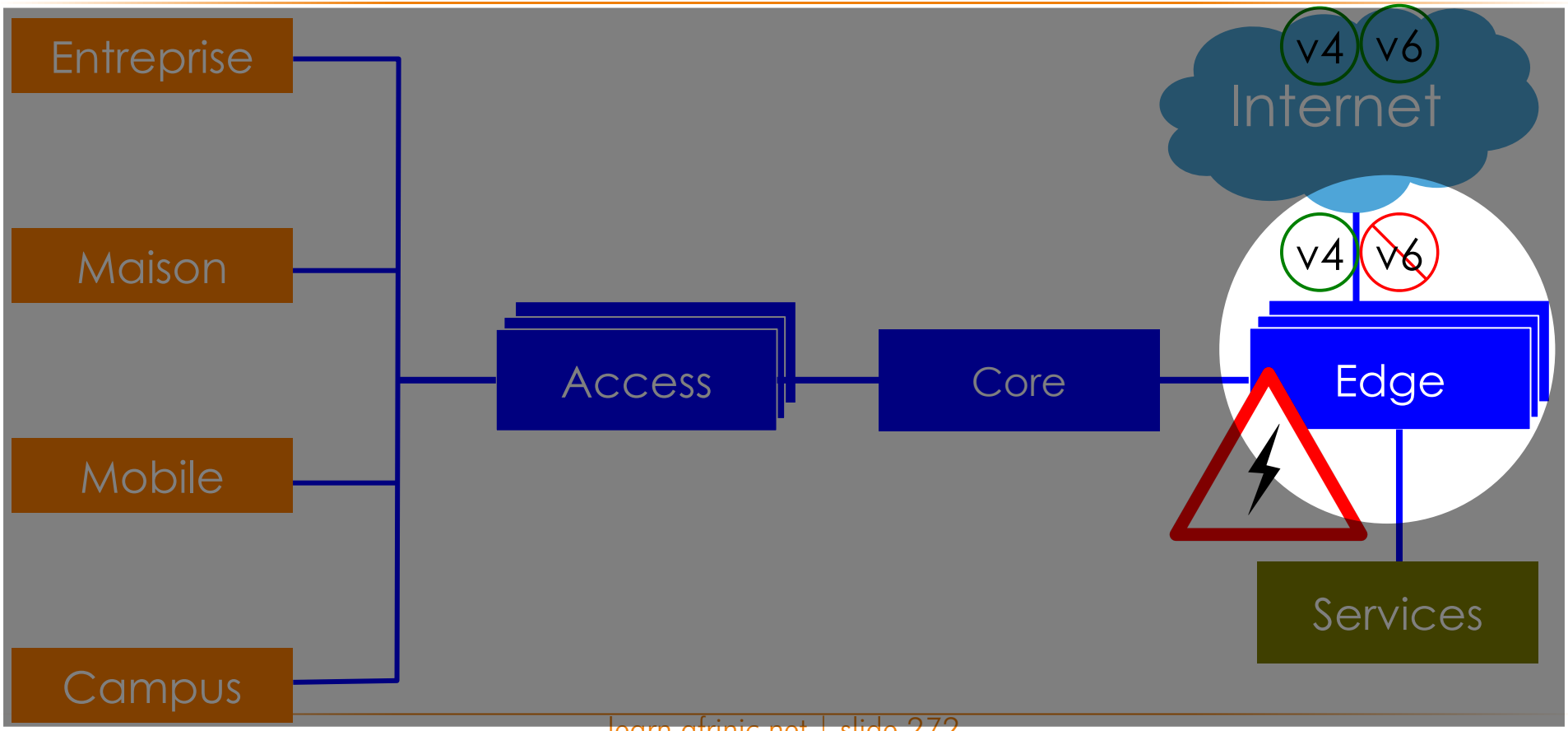
② Tunnel host-router : donne accès à IPv6 à un hôte sur un réseau IPv4

③ Tunnel host-host : relie des hôtes IPv6 á travers un réseau IPv4

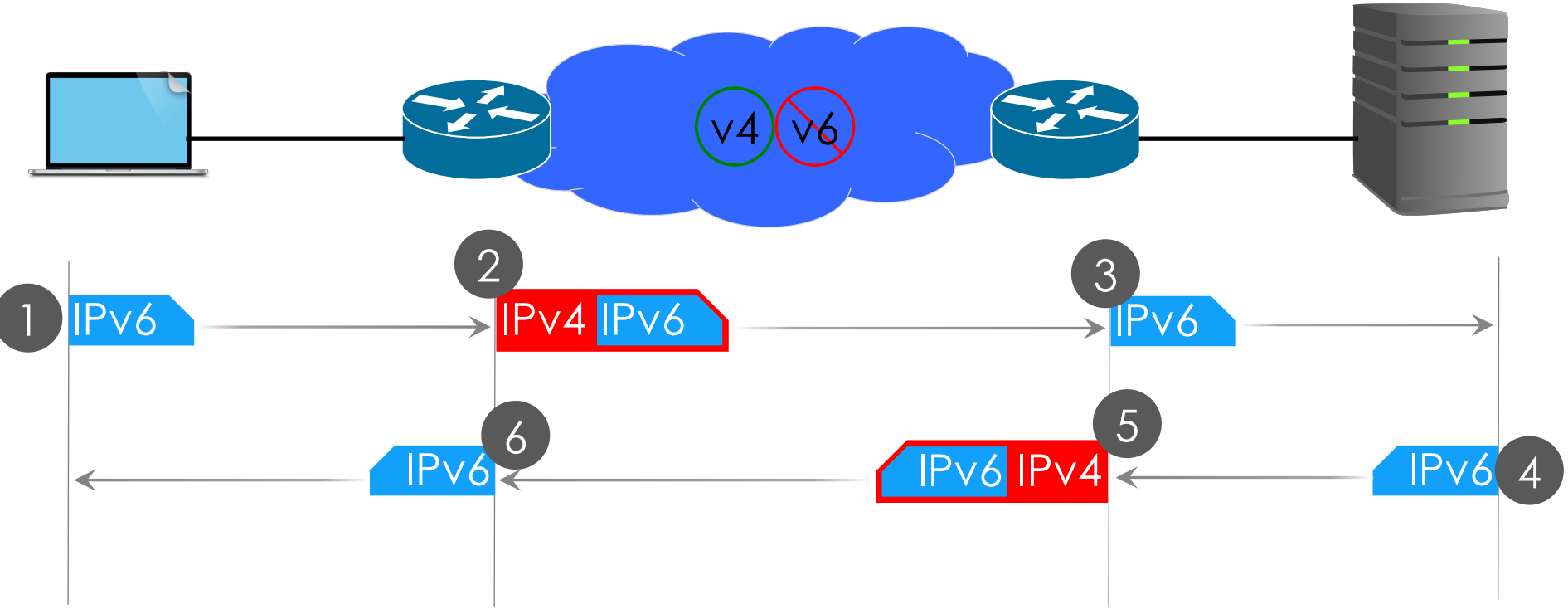
Contourner le réseau d'accès v4 du fournisseur



Le FAI pourrait faire un tunnel à travers son upstream



Comment fonctionne un tunnel

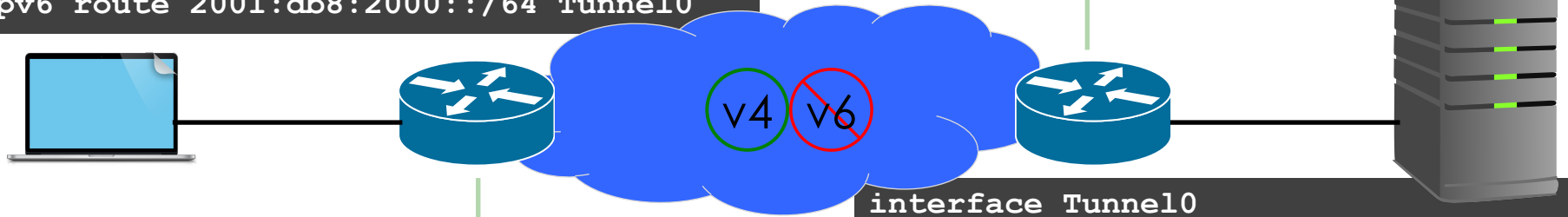


Conditions requises pour créer d'un tunnel

- ☑ Des IPs statiques représentant les extrémités du tunnel
  - adresses IPv4 pour tunnel v6 dans v4
  - adresses IPv6 pour tunnel v4 dans v6
  - configuré de préférence sur une interface de loopback
- ☑ Une connectivité standard entre les adresses d'extrémités
- ☑ Accord entre les opérateurs des différentes extrémités

Configurer un Tunnel Manuel sur Cisco IOS

```
interface Tunnel0
  no ip address
  ipv6 2001:db8:12::1/64
  tunnel source Loopback0
  tunnel destination 198.51.100.1
  tunnel mode ipv6ip
  tunnel path-mtu-discovery
ipv6 route 2001:db8:2000::/64 Tunnel0
```




```
interface Tunnel0
  no ip address
  ipv6 2001:db8:12::2/64
  tunnel source Loopback0
  tunnel destination 192.0.2.1
  tunnel mode ipv6ip
  tunnel path-mtu-discovery
ipv6 route 2001:db8:1000::/64 Tunnel0
```

Les problèmes liés aux tunnels

- Fragmentation due à la taille des paquets qui augmente
  - Pas un problème pour IPv4
  - IPv6 ne permet la fragmentation qu'á la source
- Les tunnels manuels ne sont pas évolutifs
- Le routage des paquets v6 peut être moins optimisé

Analyser j.mp/6in4-T

EXERCICE

① Quelle est l'adresse IPv6 source de ce message?

② Quelle est l'adresse IPv6 de destination?

③ Quel est la valeur du champ protocole dans l'en-tête IPv4?

④ Quelle sont les adresses IPv4 des extrémités de ce tunnel?

EXERCICE

Lab Exercise 2.9
Configurer et vérifier un tunnel manuel

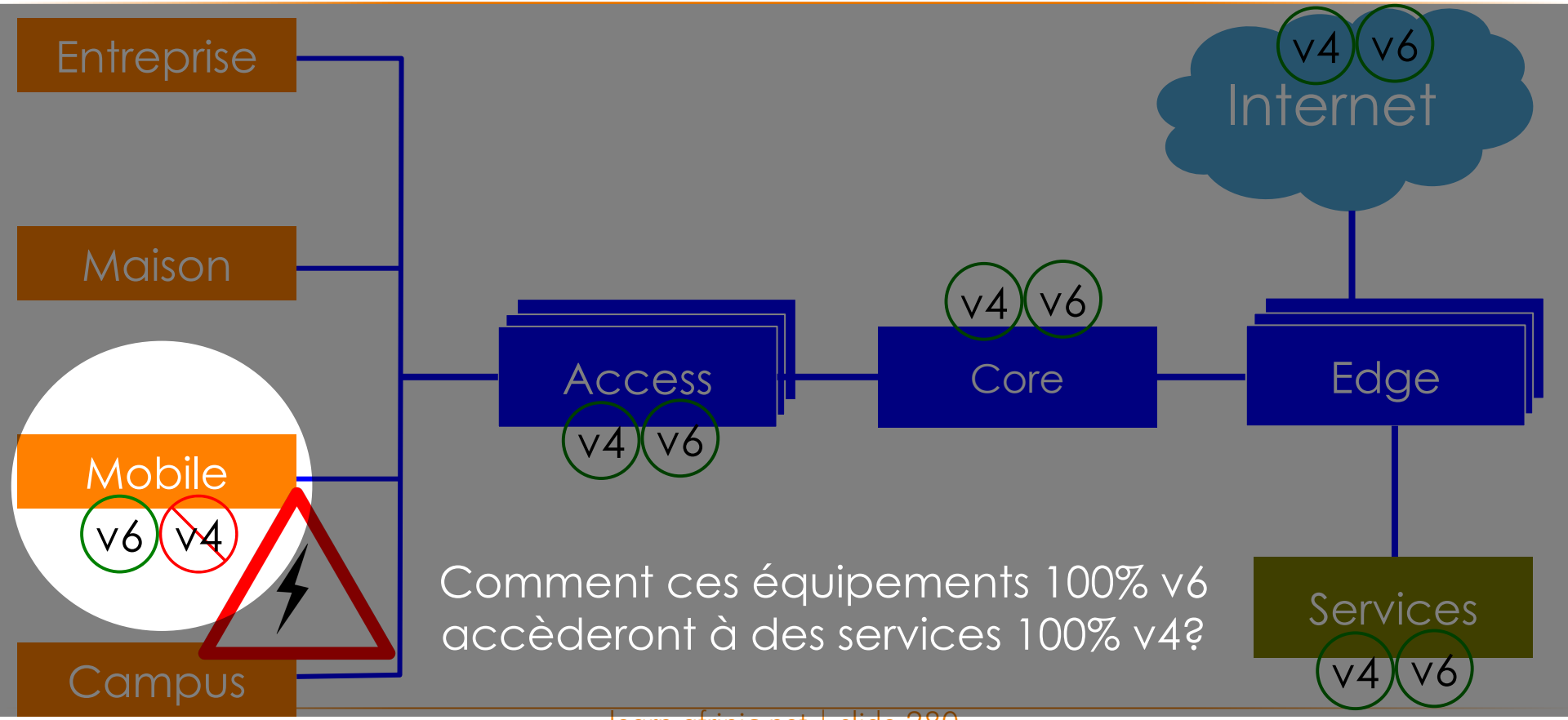
Comprendre & Implémenter

Le NAT64

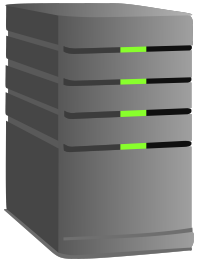
Objectifs de la Session

- Décrire les éléments d'infrastructure des Tunnels Manuels
- Décrire comment cela fonctionne
- Identifier les meilleurs scénarios pour l'utilisation du NAT64

Scenario #3: Les réseaux 100% IPv6

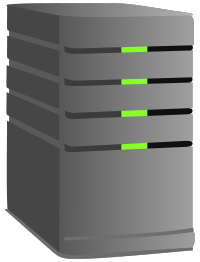


Éléments d'infrastructure du NAT64

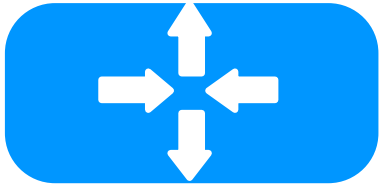


résolveur DNS64

Client 100% v6



Server 100% v4

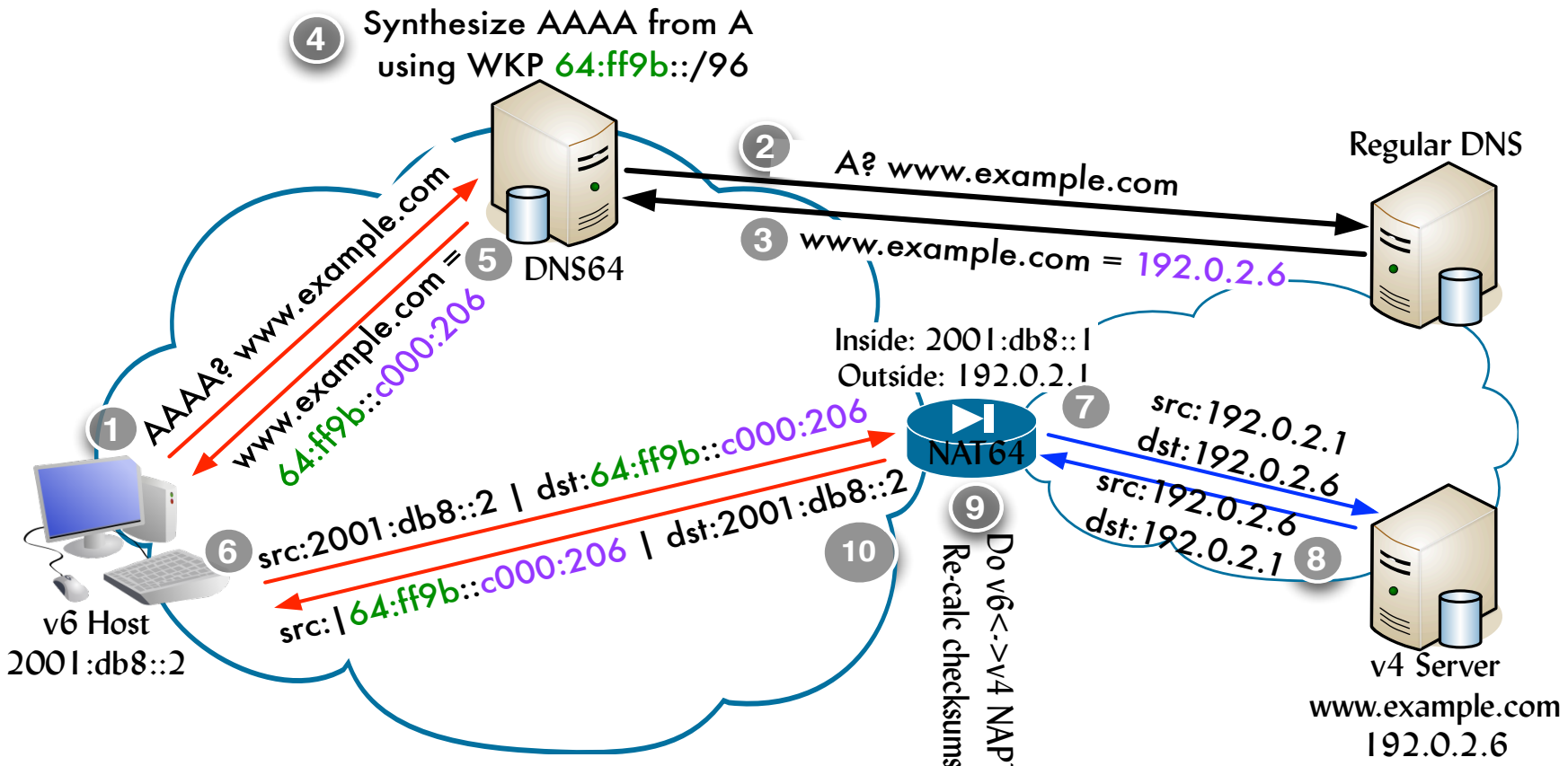


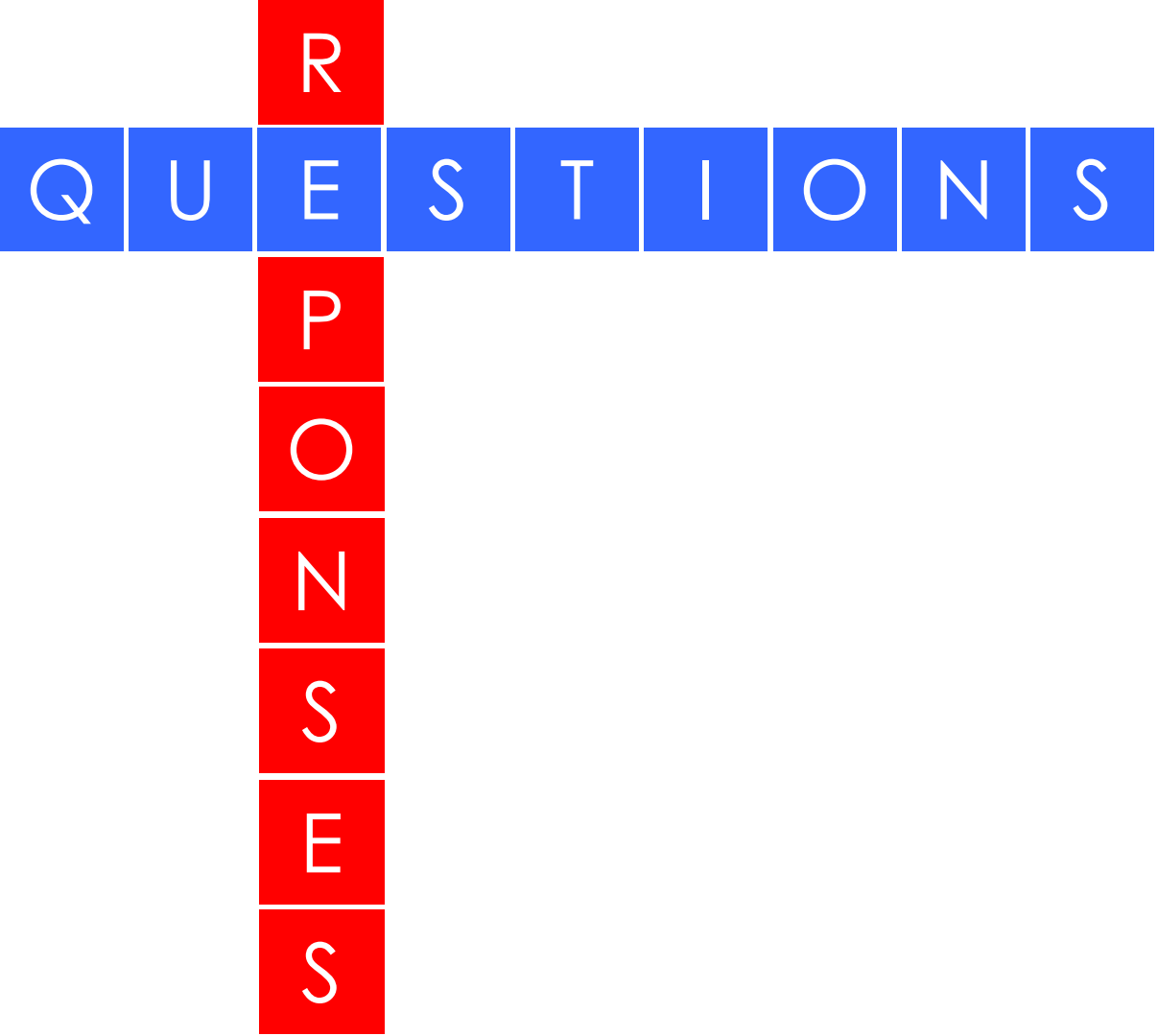
Passerelle NAT64

Éléments d'infrastructure du NAT64

- NAT64
  - Fait la translation IPv6 à IPv4
  - Doit être dual-stack
- DNS64
  - Extension d'un serveur DNS classique
  - Crée des enregistrements de type AAAA pour tout enregistrement de type A
  - Utilise un préfixe(well-known) réservé a cet effet.

Comment le NAT64 & DNS64 fonctionnent-ils





@AFRINICtraining
@IPv6Cert

Merci