

IPv6

a- Questions générales :

1- Pourquoi IPv6 ?

Actuellement, on vit dans un monde réseauté, où presque tout est connecté autour d'IP. Par conséquent, on aura recours à l'utilisation d'un nombre infini d'adresses IP pour identifier chaque équipement connecté, d'où la naissance du protocole IPv4. Ce dernier n'a pas pu remédier à tous ces challenges, puisque d'une part toutes les adresses ipv4 ont été vendues au monde, et d'autre part, ce protocole engendre plusieurs inconvénients :

- Le nombre d'adresses ipv4 gaspillées à cause de la classification,
- Le réseau n'était pas interconnecté en temps réel,
- La taille croissante et importante des tables de routages qui stockent ces adresses,
- La négligence de la sécurité, puisque l'application elle-même est responsable de cette propriété...
- Epuisement des adresses ipv4.

Comme solution standard apportée pour résoudre ces points négatifs, une nouvelle version ipv6 était proposée afin d'éviter les problèmes d'IPv4, et résoudre les autres challenges futurs à long terme.

2- Différence entre IPv4 et IPv6 :

IPv4	IPv6
Control des entêtes des paquets ipv4 par chaque routeur	Les entêtes ipv6 ne sont ni examinés, ni contrôlés par les routeurs intermédiaires
Codé sur 32 bits (8 bytes)	Codé sur 128 bits (64 bytes)
Format d'entête ipv4 long	Format d'entête ipv6 simplifié et réduit

3- Structure d'une adresse ipv6 :

Une adresse ipv6 est codée sur 128 bits et écrite en format hexadécimale. Elle est composée de 8 groupes de 16 bits chacun, séparés par ' : '.

4- Le préfixe :

La partie réseau d'une adresse ipv6 est délimitée en utilisant le préfixe, et la longueur typique est /64 bits.

5- ICMPv6 :

Cette nouvelle version a presque les mêmes fonctionnalités que ceux du protocole icmpv4. Le principal but est de rapporter les erreurs détectées au niveau des datagrammes ipv6, et d'ajouter le transport des messages, véhiculés principalement par icmpv6, de découverte ou d'administration des voisins.

6- Les nouveaux protocoles utilisés par ipv6 :

- o ICMPv6
- o DNSv6
- o DHCPv6
- o Neighbor Discovery

a- Quelques manipulations :

- 1- Ifconfig -a : pour voir si ipv6 existe sur la machine actuelle, qui est le cas : (inet6...)

```

fad@fad:~/Desktop$ ifconfig -a
enp0s3: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 10.0.2.15 netmask 255.255.255.0 broadcast 10.0.2.255
    inet6 fe80::9a98:188d:5904:361e prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether 08:00:27:aa:68:6a txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 1 bytes 590 (590.0 B)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 58 bytes 6696 (6.6 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING> mtu 65536
    inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0
    inet6 ::1 prefixlen 128 scopeid 0x10<host>
    loop txqueuelen 1000 (Local Loopback)
    RX packets 574 bytes 42966 (42.9 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 574 bytes 42966 (42.9 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

```

- 2- Avec la commande `dmesg |grep ipv6`, on va vérifier si le système Linux prend en charge le protocole ipv6:

```

fad@fad:~/Desktop$ dmesg |grep IPv6
[ 9.261929] Segment Routing with IPv6
[ 41.400775] IPv6: ADDRCONF(NETDEV_CHANGE): enp0s3: link becomes ready

```

- 3- On passe au chargement des modules d'ipv6 :

```

fad@fad:~/Desktop$ modprobe ipv6
fad@fad:~/Desktop$

```

- 4- On vérifie par la suite si ces modules sont chargés :

```

fad@fad:~/Desktop$ lsmod | grep ipv6
fad@fad:~/Desktop$

```

- 5- Le contenu du fichier `/etc/protocols` :

```

# Internet (IP) protocols
#
# Updated from http://www.iana.org/assignments/protocol-numbers and other
# sources.
# New protocols will be added on request if they have been officially
# assigned by IANA and are not historical.
# If you need a huge list of used numbers please install the nmap package.

ip      0      IP          # internet protocol, pseudo protocol number
hopopt  0      HOPOPT      # IPv6 Hop-by-Hop Option [RFC1883]
icmp    1      ICMP        # internet control message protocol
igmp    2      IGMP        # Internet Group Management
ggp     3      GGP         # gateway-gateway protocol
ipencap 4      IP-ENCAP    # IP encapsulated in IP (officially ``IP'')
st      5      ST          # ST datagram mode
tcp     6      TCP         # transmission control protocol
egp     8      EGP         # exterior gateway protocol
igrp    9      IGP         # any private interior gateway (Cisco)
pup     12     PUP         # PARC universal packet protocol
udp     17     UDP         # user datagram protocol
hmp     20     HMP         # host monitoring protocol
xns-idp 22     XNS-IDP     # Xerox NS IDP
rdp     27     RDP         # "reliable datagram" protocol
iso-tp4 29     ISO-TP4     # ISO Transport Protocol class 4 [RFC905]
dccp    33     DCCP        # Datagram Congestion Control Prot. [RFC4340]
xtp     36     XTP         # Xpress Transfer Protocol
ddp     37     DDP         # Datagram Delivery Protocol
idpr-cmt 38    IDPR-CMTP   # IDPR Control Message Transport
/etc/protocols" [readonly] 64 lines, 2932 characters

```

- 6- Visualisation des adresses ipv6 de l'interface réseau :
(inet9 f280::9a98 :188d :5904 :361 e et l'adresse loopback inet6 ::1 prefixlen 128)

```

fad@fad:~/Desktop$ ifconfig
enp0s3: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 10.0.2.15 netmask 255.255.255.0 broadcast 10.0.2.255
    inet6 fe80::9a98:188d:5904:361e prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether 08:00:27:aa:68:6a txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 1 bytes 590 (590.0 B)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 64 bytes 7278 (7.2 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING> mtu 65536
    inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0
    inet6 ::1 prefixlen 128 scopeid 0x10<host>
    loop txqueuelen 1000 (Local Loopback)
    RX packets 1809 bytes 131033 (131.0 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 1809 bytes 131033 (131.0 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

```

7- Test du ping6 vers l'adresse loopback ::1 de l'interface locale :

```

fad@fad:~/Desktop$ ping6 ::1
PING ::1(::1) 56 data bytes
64 bytes from ::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.039 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.045 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.063 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.159 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.080 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.145 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.075 ms

```

8- La commande usuelle netstat va nous permettre d'afficher les statistiques des interfaces actives dans le réseau, et le résultat est le suivant :

```

fad@fad:~/Desktop$ netstat -i
Kernel Interface table

```

Iface	MTU	RX-OK	RX-ERR	RX-DRP	RX-OVR	TX-OK	TX-ERR	TX-DRP	TX-OVR	Flg
enp0s3	1500	1	0	0	0	64	0	0	0	BMRU
lo	65536	2223	0	0	0	2223	0	0	0	LRU

9- L'ajout manuel de l'adresse globale 2001 ::1/64 :

```

fad@fad:~/Desktop$ sudo ifconfig enp0s3 inet6 add 2001::1/64

```

10- Après avoir exécuté la commande ifconfig, on remarque que l'adresse est ajoutée correctement au réseau (ligne 4) :

```

fad@fad:~/Desktop$ ifconfig
enp0s3: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 10.0.2.15 netmask 255.255.255.0 broadcast 10.0.2.255
    inet6 fe80::9a98:188d:5904:361e prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    inet6 2001::1 prefixlen 64 scopeid 0x0<global>
    ether 08:00:27:aa:68:6a txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 1 bytes 590 (590.0 B)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 80 bytes 9611 (9.6 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING> mtu 65536
    inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0
    inet6 ::1 prefixlen 128 scopeid 0x10<host>
    loop txqueuelen 1000 (Local Loopback)
    RX packets 2583 bytes 186633 (186.6 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 2583 bytes 186633 (186.6 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

```

11- Le test du ping vers l'adresse globale ajoutée précédemment :

```

fad@fad:~/Desktop$ ping6 2001::1
PING 2001::1(2001::1) 56 data bytes
64 bytes from 2001::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.038 ms
64 bytes from 2001::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.064 ms
64 bytes from 2001::1: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.060 ms
64 bytes from 2001::1: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.064 ms
64 bytes from 2001::1: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.069 ms
64 bytes from 2001::1: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.074 ms
64 bytes from 2001::1: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.070 ms
64 bytes from 2001::1: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.073 ms
64 bytes from 2001::1: icmp_seq=9 ttl=64 time=0.067 ms
64 bytes from 2001::1: icmp_seq=10 ttl=64 time=0.092 ms
64 bytes from 2001::1: icmp_seq=11 ttl=64 time=0.072 ms
64 bytes from 2001::1: icmp_seq=12 ttl=64 time=0.058 ms
64 bytes from 2001::1: icmp_seq=13 ttl=64 time=0.073 ms

```

12- Affichage du contenu de la table du routage avec la commande ip route :

```

fad@fad:~/Desktop$ ip route
default via 10.0.2.2 dev enp0s3 proto dhcp metric 20100
10.0.2.0/24 dev enp0s3 proto kernel scope link src 10.0.2.15 metric 100
169.254.0.0/16 dev enp0s3 scope link metric 1000

```

13- Test du ping vers ::1 :

```

fad@fad:~/Desktop$ ping6 ::1
PING ::1(::1) 56 data bytes
64 bytes from ::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.030 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.051 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.051 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.065 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.077 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.060 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.057 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.070 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=9 ttl=64 time=0.079 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=10 ttl=64 time=0.043 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=11 ttl=64 time=0.078 ms
^C
--- ::1 ping statistics ---
11 packets transmitted, 11 received, 0% packet loss, time 10228ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.030/0.060/0.079/0.014 ms

```

14- Test du ping6 -I lo ::1 (vers l'adresse loopback) :

```

fad@fad:~/Desktop$ ping6 -I lo ::1
PING ::1(::1) from ::1 lo: 56 data bytes
64 bytes from ::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.025 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.050 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.051 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.064 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.053 ms
64 bytes from ::1: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.053 ms
^C
--- ::1 ping statistics ---
6 packets transmitted, 6 received, 0% packet loss, time 5113ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.025/0.049/0.064/0.011 ms

```

15- Test de la connexion vers les stations distantes : (!! Test échoué)

```

fad@fad:~/Desktop$ ping6 2001::2
PING 2001::2(2001::2) 56 data bytes
From 2001::1 icmp_seq=1 Destination unreachable: Address unreachable
From 2001::1 icmp_seq=2 Destination unreachable: Address unreachable
From 2001::1 icmp_seq=3 Destination unreachable: Address unreachable
From 2001::1 icmp_seq=4 Destination unreachable: Address unreachable
From 2001::1 icmp_seq=5 Destination unreachable: Address unreachable
From 2001::1 icmp_seq=6 Destination unreachable: Address unreachable
^C
--- 2001::2 ping statistics ---
8 packets transmitted, 0 received, +6 errors, 100% packet loss, time 7144ms

```

16- L'utilisation de tcpdump pour sniffer les paquets traversant le réseau :

```
(socket: operation not permitted)
fad@fad:~/Desktop$ sudo tcpdump -i enp0s3 -n
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on enp0s3, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
```

17- Vérification des routes ipv6 existantes :

```
fad@fad:~/Desktop$ route -A inet6
Kernel IPv6 routing table
Destination                Next Hop                    Flag Met Ref Use If
ip6-localhost/128          [::]                        U    256 1   0 lo
fe80::/64                  [::]                        U    100 1   0 enp0
s3
[::]/0                      [::]                        !n   -1  1   0 lo
ip6-localhost/128          [::]                        Un   0   3   0 lo
fad/128                    [::]                        Un   0   3   0 enp0
s3
ip6-mcastprefix/8          [::]                        U    256 3   0 enp0
s3
[::]/0                      [::]                        !n   -1  1   0 lo
fad@fad:~/Desktop$
```

18- L'ajout d'une nouvelle route ipv6 traversant la passerelle :

```
fad@fad:~/Desktop$ sudo /sbin/route -A inet6 add 2022::1/64 dev enp0s3
```

19- Vérification des routes de l'interface enp0s3 :

```
fad@fad:~/Desktop$ sudo /sbin/route -A inet6 |grep -w "enp0s3"
2022::/64                  [::]                        U     1   1   0 enp0
s3
fe80::/64                  [::]                        U    100 1   0 enp0
s3
fad/128                    [::]                        Un   0   3   0 enp0
s3
ip6-mcastprefix/8          [::]                        U    256 3   0 enp0
s3
```

20- L'affichage de la nouvelle route 2022 ::/64 ajoutée :

```
fad@fad:~/Desktop$ ip -6 route
::1 dev lo proto kernel metric 256 pref medium
2022::/64 dev enp0s3 metric 1 pref medium
fe80::/64 dev enp0s3 proto kernel metric 100 pref medium
```

b- Observations des paquets ipv6 :

1- Le protocole ipv6 a un format plus simple que celui d'ipv4.

En-tête	En-tête d'extension	En-tête d'extension	En-tête d'extension	Payload
---------	---------------------	---------------------	---------------------	---------

L'entête ipv6 contient 8 champs, et sa taille est 40 bytes :

- La version : du protocole ip,
- La classe de trafic : pour identifier les classes et les priorités des paquets ipv6,
- L'identificateur du flux :
- Le payload : la taille du contenu du message,
- Le header suivant : le protocole de la couche supérieure,
- Le nombre de sauts maximum : le nombre de sauts (routeurs) maximal à respecter pour éviter l'expiration du paquet transporté,
- L'@ ip source :
- L'@ ip destination :

Version	Classe de trafic	Identificateur de flux
Longueur des données (payload)	En-tête suivant	Sauts maximum
Adresse IP source		
Adresse IP destination		

- 2- Les paquets ICMP dans IPv6 suivent tous les en-têtes d'extension et sont la dernière information dans le paquet IPv6. Dans les paquets ICMP IPv6, les champs Type ICMPv6 (0 -> erreur, else -> message d'information), et Code ICMPv6, et Checksum (# erreurs internes dans le message) identifient les spécificités des paquets ICMP IPv6, telles que le type de message ICMP.

Les messages ICMP sont les mêmes qu'ipv4 :

- Destination unreachable,
- Packet too big,
- Time exceeded,
- Parameter problem.
- Router advertisement,
- Redirect...

c- RADVD : auto-configuration sans état (stateless)

L'auto-configuration sans état, un nœud est capable de paramétrer son adresse ip automatiquement selon les informations envoyées par le routeur ipv6 qui est dans ce cas le démon radvd.

RADVD (router advertisement daemon) est utilisé dans les LANS pour auto-configurer les clients. Une fois configuré, (fichier /etc/radvd.conf), le démon envoie des avertissements à travers les interfaces configurées dans ce dernier, afin que les clients puissent recevoir le préfixe et s'auto-configurer.

- 1- Activation des options du routage sur notre routage :

```
root@fad:~# echo 1 > /proc/sys/net/ipv6/conf/all/forwarding
root@fad:~# echo 1 > /proc/sys/net/ipv6/conf/enp0s3/accept_redirect
bash: /proc/sys/net/ipv6/conf/enp0s3/accept_redirect: No such file or directory
root@fad:~# echo 1 > /proc/sys/net/ipv6/conf/enp0s3/accept_redirects
```

- 2- Installation de radvd :

```
fad@fad:~/Desktop$ sudo apt-get install radvd
[sudo] password for fad:
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following NEW packages will be installed:
  radvd
0 upgraded, 1 newly installed, 0 to remove and 181 not upgraded.
Need to get 59.0 kB of archives.
After this operation, 164 kB of additional disk space will be used.
Get:1 http://ma.archive.ubuntu.com/ubuntu focal/main amd64 radvd amd64 1:2.17-2 [59.0 kB]
Fetched 59.0 kB in 1s (69.4 kB/s)
Selecting previously unselected package radvd.
(Reading database ... 185063 files and directories currently installed.)
Preparing to unpack .../radvd_1%3a2.17-2_amd64.deb ...
Unpacking radvd (1:2.17-2) ...
Setting up radvd (1:2.17-2) ...
```

```
root@fad:/etc# apt-get install radvd
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
radvd is already the newest version (1:2.17-2).
0 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 181 not upgraded.
root@fad:/etc#
```

- 3- L'ajout du préfixe à l'interface enp0s3 :

```
root@fad:~# ip -6 addr add 2001:470:1f01:1908::/64 dev enp0s3
root@fad:~# apt-get install radvd
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
radvd is already the newest version (1:2.17-2).
0 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 181 not upgraded.
```

- 4- Configuration du radvd : l'interface du client dans ce cas est « enp0s3 » est le préfixe qu'on souhaite lui envoyer est le suivant :

```
Interface enp0s3 {
    AdvSendAdvert on;

    prefix 2001:470:1F01:1908::/64
    {
        AdvOnLink on;
        AdvAutonomous on;
        AdvRouterAddr on;
    };
};
```

- ### 5- Redémarrage du service radvd :

```
root@fad:~# /etc/init.d/radvd restart
Restarting radvd (via systemctl): radvd.service.
root@fad:~#
```

- ## 6- Configuration des postes clients :

```
root@fad:~# echo 1 > /proc/sys/net/ipv6/conf/enp0s3/autoconf
root@fad:~# echo 1 > /proc/sys/net/ipv6/conf/enp0s3/accept_ra
root@fad:~# echo 1 > /proc/sys/net/ipv6/conf/enp0s3/accept_redirects
root@fad:~#
```

- 7- L'exécution de la commande dhclient pour qu'on puisse demander des adresses :

```
fad@fad:~$ sudo dhclient enp0s3
RTNETLINK answers: File exists
fad@fad:~$
```

- 8- Pour capturer les paquets traversant le réseau sur l'interface enp0s3, on lance la commande tcpdump :

```
root@fad:~# tcpdump
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on enp0s3, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
22:22:55.401444 IP6 fad > ip6-allnodes: ICMP6, router advertisement, length 56
22:22:55.412615 IP 10.0.2.4.60457 > 192.168.1.1.domain: 32411+ PTR? a.6.d.f.a.c
.f.a.9.0.1.0.1.4.2.3.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.8.e.f.ip6.arpa. (90)
22:22:55.413912 IP6 fad > ff02::16: HBH ICMP6, multicast listener report v2, 9
group record(s), length 188
```

- 9- Et pour vérifier que le client a bien reçu l'adresse transférée par le service radvd, on exécute la commande ifconfig : (ligne 4 correspond à l'@ envoyée par le routeur)

```

enp0s3: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 10.0.2.15 netmask 255.255.255.0 broadcast 10.0.2.255
    inet6 fe80::9a98:188d:5904:361e prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    inet6 2001:470:1f01:1908:70a5:e5c0:b176:f29f prefixlen 64 scopeid 0x
<global>
    inet6 2001:db8:1111:0:38d7:9cb9:f66f:1baa prefixlen 128 scopeid 0x0<
lobal>
    inet6 2001:db8:1111:0:38d7:9cb9:f66f:1baa prefixlen 128 scopeid 0x0<

```

d- Dibbler server :

Dibbler est un serveur dhcp. DHCPv6 est un protocole d'auto configuration avec état, qui nécessite la présence d'un serveur distributeur d'adresses.

- 1- Installation du serveur dibbler sur la machine serveur :


```
fad@fad:~/Desktop$ sudo apt-get install -y dibbler-server
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following additional packages will be installed:
  dibbler-doc
Suggested packages:
  dibbler-client dibbler-relay
The following NEW packages will be installed:
  dibbler-doc dibbler-server
0 upgraded, 2 newly installed, 0 to remove and 181 not upgraded.
Need to get 1,593 kB of archives.
After this operation, 2,452 kB of additional disk space will be used.
Get:1 http://ma.archive.ubuntu.com/ubuntu focal/universe amd64 dibbler-doc all
1.0.1-1build2 [1,187 kB]
Get:2 http://ma.archive.ubuntu.com/ubuntu focal/universe amd64 dibbler-server a
md64 1.0.1-1build2 [407 kB]
Fetched 1,593 kB in 5s (342 kB/s)
Preconfiguring packages ...
Selecting previously unselected package dibbler-doc.
(Reading database ... 90%
```

2- Rôle du serveur dibbler :



3- Configuration du fichier server.conf :

```
# Uncomment this line to call script every time a response is sent
#script "/var/lib/dibbler/server-notify.sh"

# set preference of this server to 0 (higher = more preferred)
preference 0

iface "enp0s3" {

    // also ranges can be defines, instead of exact values
    t1 1800-2000
    t2 2700-3000
    preferred-lifetime 3600
    valid-lifetime 7200

    # assign addresses from this pool
    class {
        pool 2001:db8:1111::/64
    }
}
```

4- Le serveur est à l'écoute aux demandes des autres clients :

```
27:07 Server Info      My DUID is 00:01:00:01:29:6a:cb:fe:08:00:27:c4:92:f4.
27:07 Server Info      Loading old address database (server-AddrMgr.xml), using
built-in routines.
27:07 Server Info      DB timestamp:1641589106, now()=1641590827, db is 1721 se
cond(s) old.
27:07 Server Debug     Auth: Replay detection value loaded 0
27:07 Server Debug     Loaded IA from a file: t1=2000, t2=3000, laid=1, iface=en
p0s3/2
27:07 Server Debug     Parsed addr=2001:db8:1111:0:38d7:9cb9:f66f:1baa, pref=36
00, valid=7200, ts=1641588588
27:07 Server Debug     Client 00:01:00:01:29:6a:cf:61:08:00:27:aa:68:6a loaded
from disk successfully (1/0/0 ia/pd/ta).
27:07 Server Debug     Cache:server-cache.xml file: parsing started, expecting
1 entries.
27:07 Server Debug     Cache: Address 2001:db8:1111:0:38d7:9cb9:f66f:1baa added
for client (DUID=00:01:00:01:29:6a:cf:61:08:00:27:aa:68:6a).
27:07 Server Notice    Creating multicast (ff02::1:2) socket on enp0s3/2 (enp0s
3/2) interface.
27:07 Server Notice    Creating link-local (fe80::3241:109:afca:fd6a) socket on
enp0s3/2 interface.
27:07 Server Info      Reconfigure support was not enabled.
27:07 Server Debug     Cache: size set to 1048576 bytes, 1 cache entry size is
147 bytes, so maximum
7133 address-client pair(s) may be cached.
27:07 Server Debug     Increased pools usage: currently 1 address(es) and 0 pre
fix(es) are leased.
27:07 Server Notice    Server begins operation.
27:07 Server Notice    Accepting connections. Next event in 4961 second(s).
```

5- La capture des paquets au niveau du client :


```

22:28:45.359918 ARP, Request who-has 10.0.2.1 tell 10.0.2.4, length 46
22:28:45.359948 ARP, Reply 10.0.2.1 is-at 52:54:00:12:35:00 (oui Unknown), length 46
22:29:38.168275 IP 10.0.2.4.bootpc > 10.0.2.3.bootps: BOOTP/DHCP, Request from 08:00:27:c4:92:f4 (oui Unknown), length 281
22:29:38.169070 IP 10.0.2.15.bootpc > 10.0.2.3.bootps: BOOTP/DHCP, Request from 08:00:27:aa:68:6a (oui Unknown), length 281
22:29:38.180188 IP 10.0.2.3.bootps > 10.0.2.4.bootpc: BOOTP/DHCP, Reply, length 548
22:29:38.193257 IP 10.0.2.3.bootps > 10.0.2.15.bootpc: BOOTP/DHCP, Reply, length 548

```

- 6- La dernière adresse dans l'image contient le préfixe configuré par le serveur Dribbler :

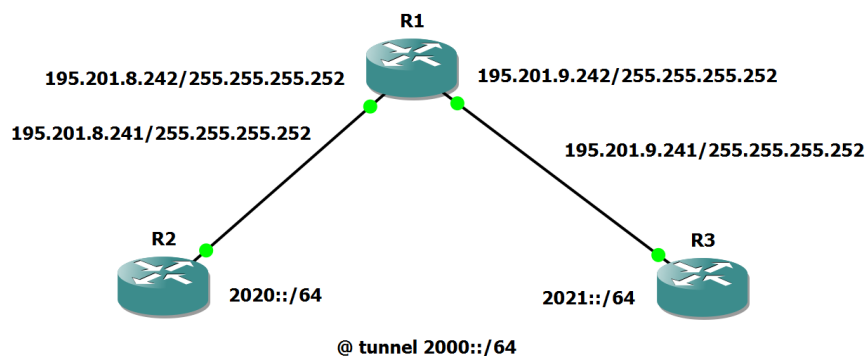
```

root@fad:~# ifconfig
enp0s3: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 10.0.2.15 netmask 255.255.255.0 broadcast 10.0.2.255
    inet6 fe80::9a98:188d:5904:361e prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    inet6 2001:470:1f01:1908:70a5:e5c0:b176:f29f prefixlen 64 scopeid 0x0
<global>
    inet6 fd17:625c:f037:2:a00:27ff:feaa:686a prefixlen 64 scopeid 0x0<global>
    inet6 2001:db8:1111:0:38d7:9cb9:f66f:1baa prefixlen 128 scopeid 0x0<global>

```

e- Tunnel V4 :

La topologie du réseau du tunnel v4 est la suivante :



Ce réseau est principalement composé de trois routeurs. On trouve le routeur R1 dont ses deux interfaces sont configurées en utilisant l'ipv4, et les routeurs R2 et R3, qui sont directement connectés à R1 dans un réseau ipv4, avec respectivement deux interfaces loopback définies en ipv6.

1- Configuration du routeur R1 :

```

R1#
R1#enable
R1#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#int fa0/0
R1(config-if)#ip address 195.201.8.242 255.255.255.252
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#
*Mar 1 00:02:30.715: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed state to up
*Mar 1 00:02:31.715: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to up
R1(config)#int fa1/0
R1(config-if)#ip address 195.201.9.242 255.255.255.252
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
*Mar 1 00:03:20.135: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet1/0, changed state to up
*Mar 1 00:03:21.135: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet1/0, changed state to up
R1(config-if)#exit

```

2- Configuration du routeur R2 :

```

R2#enable
R2#confi t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#int fa0/0
R2(config-if)#ip address 195.201.8.241 255.255.255.252
R2(config-if)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 fa0/0
R2(config)#no shutdown
% Incomplete command.

R2(config)#int fa0/0
R2(config-if)#ip address 195.201.8.241 255.255.255.252
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#exit
R2(config)#
*Mar 1 00:06:28.139: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed state to up
*Mar 1 00:06:29.139: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to up
R2(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 fa0/0
R2(config)#

```

3- Configuration du routeur R3 :

```

R3#
R3#ENABLE
R3#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R3(config)#int fa0/0
R3(config-if)#ip address 195.201.9.241 255.255.255.252
R3(config-if)#no shutdown
R3(config-if)#exit
R3(config)#i
*Mar 1 00:07:56.891: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed state to up
*Mar 1 00:07:57.891: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to up
R3(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 fa0/0
R3(config)#

```

4- Checking the ping between routers :

i. R2->R3:

```

R2#ping 195.201.9.241

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 195.201.9.241, timeout is 2 seconds:
....!!
Success rate is 40 percent (2/5), round-trip min/avg/max = 64/64/64 ms
R2#

```

j. R3->R2 :

```

R3#ping 195.201.8.241

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 195.201.8.241, timeout is 2 seconds:
!!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 60/69/76 ms
R3#

```

5- Configuration du routage dynamique sur R2 en utilisant le protocole ospfv3:

```

R2(config)#ipv6 unicast-routing
R2(config)#int loopback 0
R2(config-if)#
*Mar 1 00:11:19.343: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Loopback0, changed state to up
R2(config-if)#ipv6 address 2021::/64
% 2021::/64 should not be configured on Loopback0, a subnet router anycast
R2(config-if)#ipv6 address 2021::/64 eui-64
R2(config-if)#exit
R2(config)#ipv6 unicast-routing
R2(config)#router-id 1.1.1.1
^
% Invalid input detected at '^' marker.

R2(config)#ipv6 router ospf 1
R2(config-rtr)#router-id 1.1.1.1
R2(config-rtr)#int loopback 0
R2(config-if)#ipv6 ospf 1 area 0
R2(config-if)#

```

6- Configuration du routage dynamique R3 de la même manière:

```

R3(config)#int loopback 0
R3(config-if)#ipv6
*Mar 1 00:11:59.855: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Loopback0,
changed state to up
R3(config-if)#ipv6 address 2022::/64 eui-64
R3(config-if)#ipv6 router ospf 1
% IPv6 routing not enabled
R3(config)#exit
R3#
*Mar 1 00:12:53.871: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R3#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R3(config)#ipv6 router ospf 1
% IPv6 routing not enabled
R3(config)#ipv6 unicast-routing
R3(config)#ipv6 router ospf 1
R3(config-rtr)#router-id 2.2.2.2
R3(config-rtr)#

```

7- Configuration du tunnel sur R2 en trois étapes principales :

- i. La définition de l'interface source,
- ii. La définition de l'adresse ip destination,
- iii. La définition du mode du tunnel, qui est dans ce cas 6to4 :

```

R2(config-if)#ipv6 ospf 1 area 0
R2(config-if)#int tunnel 0
R2(config-if)#tunn
*Mar 1 00:18:55.255: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Tunnel0, c
hanged state to down
R2(config-if)#tunnel destination 195.201.9.241
R2(config-if)#tunnel source fa0/0
R2(config-if)#
*Mar 1 00:19:23.731: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Tunnel0, c
hanged state to up
R2(config-if)#tunnel mode ipv6ip
R2(config-if)#ipv6 address 2000::/64 eui-64
R2(config-if)#ipv6 ospf 1 area 0
R2(config-if)#

```

8- Configuration du même tunnel sur R3 :

```

R3(config-rtr)#int loopback 0
R3(config-if)#ipv6 ospf 1 area 0
R3(config-if)#int tunnel 0
R3(config-if)#
*Mar 1 00:17:08.603: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Tunnel0, c
hanged state to down
R3(config-if)#tunnel destination 195.201.8.24
R3(config-if)#tunnel source fa0/0
R3(config-if)#tunnel
*Mar 1 00:17:33.971: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Tunnel0, c
hanged state to up
R3(config-if)#tunnel mode ipv6ip
R3(config-if)#ipv6 address 2000::/64 eui-64
R3(config-if)#ipv6 ospf 1 area 0
R3(config-if)#

```

9- Détails sur R2 :

- a. On remarque que notre tunnel est configuré correctement, et que l'adresse attribuée à ce routeur dans le tunnel est 2000::C3C9:8F1:

```

R2(config-if)#do show ipv6 int br
FastEthernet0/0      [up/up]
FastEthernet1/0      [administratively down/down]
Serial2/0            [administratively down/down]
Serial2/1            [administratively down/down]
Serial2/2            [administratively down/down]
Serial2/3            [administratively down/down]
Loopback0            [up/up]
                     FE80::CE02:BFF:FEFC:0
                     2021::
                     2021::CE02:BFF:FEFC:0
Tunnel0              [up/up]
                     FE80::C3C9:8F1
                     2000::C3C9:8F1
R2(config-if)#

```

10- Détails sur R3 :

- a. l'adresse attribuée à ce routeur dans le tunnel est 2000::C3C9:9F1:

b.

```
R3(config-if)#do show ipv6 int br
FastEthernet0/0      [up/up]
FastEthernet1/0      [administratively down/down]
Serial2/0            [administratively down/down]
Serial2/1            [administratively down/down]
Serial2/2            [administratively down/down]
Serial2/3            [administratively down/down]
Loopback0            [up/up]
    FE80::CE03:47FF:FEB8:0
    2022::CE03:47FF:FEB8:0
Tunnel0              [up/up]
    FE80::C3C9:9F1
    2000::C3C9:9F1
R3(config-if)#
```

11- Ping de R2 vers R3 sur le tunnel, pour tester la communication entre les deux routeurs sur le tunnel v4 :

```
R2(config-if)#do ping 2000::C3C9:9F1

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 2000::C3C9:9F1, timeout is 2 seconds:
.....
Success rate is 0 percent (0/5)
```

12- Ping de R3 vers R2 sur le tunnel :

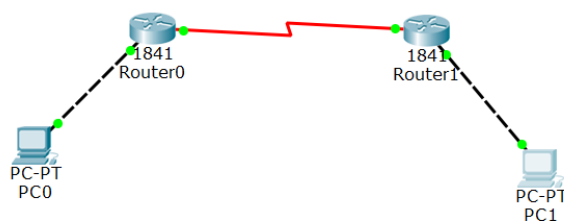
```
R3(config-if)#do ping 2000::C3C9:8F1

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 2000::C3C9:8F1, timeout is 2 seconds:
.....
Success rate is 0 percent (0/5)
R3(config-if)#
```

f- OspfV3

Ospf (Open shortest path first) est un protocole de routage dynamique (link state). Pour le configurer sur un routeur, on commence par créer le processus en attribuant un `process_id` dans la commande `ipv6 router ospf process_id` (1 par exemple). Et après avoir attribué un identifiant au routeur, on ajoute les interfaces du routeur au processus ospfv3 créé.

1- Topologie du réseau :



2- Configuration de PC0 :

IPv6 Configuration	
<input type="radio"/> DHCP	<input type="radio"/> Auto Config
<input checked="" type="radio"/> Static	
IPv6 Address	2000::10 /0
Link Local Address	FE80::201:C9FF:FEA7:A477
IPv6 Gateway	2000::1
IPv6 DNS Server	

3- Configuration de PC1 :

IPv6 Configuration

☐ DHCP ☐ Auto Config ☒ Static

IPv6 Address

Link Local Address

IPv6 Gateway

IPv6 DNS Server

4- Configuration du routeur 0 :

```
Router(config)#ipv6 unicast-routing
Router(config)#int fa0/0
Router(config-if)#ipv6 address 2000::1/64
Router(config-if)#no shu

Router(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed state
to up

Router(config-if)#exit
Router(config)#int se0/1/0
Router(config-if)#ipv6 address 2001::1/64
Router(config-if)#no shutdown
```

5- Configuration du routeur 1 :

```
Router(config)#ipv6 unicast-routing
Router(config)#int se0/1/0
Router(config-if)#ipv6 address 2001::2/64
Router(config-if)#no shu

Router(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/1/0, changed state to
up

Router(config-if)#exit
Router(config)#int fa
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface
Serial0/1/0, changed state
Router(config)#int fa0/0
Router(config-if)#ipv6 address 2002::1/64
Router(config-if)#no shu

Router(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed state
to up
```

6- Configuration d'OSPF dans le routeur 0 :

```
Router(config)#ipv6 router ospf 1
%OSPFv3-4-NORTRID: OSPFv3 process 1 could not pick a
router-id, please configure manually
Router(config-rtr)#router-id 1.1.1.1
Router(config-rtr)#ipv6 ospf 1 area 0

% Invalid input detected at '^' marker.

Router(config-rtr)#int Fa0/0
Router(config-if)#ipv6 ospf 1 area 0
Router(config-if)#int Se0/1/0
Router(config-if)#ipv6 ospf 1 area 0
```





7- Configuration d'OSPF dans le routeur 1 :

```
Router(config)#ipv6 router ospf 1
%OSPFv3-4-NORTRID: OSPFv3 process 1 could not pick a
router-id, please configure manually
Router(config-rtr)#router-id 2.2.2.2
Router(config-rtr)#exit
Router(config)#int Fa0/0
Router(config-if)#ipv6 ospf 1 area 0
Router(config-if)#int Se0/1/0
Router(config-if)#ipv6 ospf 1 area 0
```

8- Table de routage du routeur 0 :

```
Router(config)#do show ipv6 route
IPv6 Routing Table - 6 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B -
BGP
       U - Per-user Static route, M - MIPv6
       I1 - ISIS l1, I2 - ISIS l2, IA - ISIS interarea,
IS - ISIS summary
       O - OSPF intra, OI - OSPF inter, OE1 - OSPF ext 1,
OE2 - OSPF ext 2
       ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
       D - EIGRP, EX - EIGRP external
O      2000::/64 [110/65]
    via FE80::201:97FF:FE74:5C01, Serial0/1/0
C      2001::/64 [0/0]
    via ::, Serial0/1/0
L      2001::2/128 [0/0]
    via ::, Serial0/1/0
C      2002::/64 [0/0]
    via ::, FastEthernet0/0
L      2002::1/128 [0/0]
    via ::, FastEthernet0/0
L      FF00::/8 [0/0]
    via ::, Null0
Router(config)#
```

9- Ping avec ospfv3 comme protocole de routage dynamique :

Fire	Last Statu	Sourc	Destinatio	Type	Color	Time(sec)	Periodic	Num	Edit	Delete
	Successful	PC0	PC1	ICMPv6		0.000	N	0	(edit)	(delete)
	Successful	PC1	PC0	ICMPv6		0.000	N	1	(edit)	(delete)

Le ping marche :

```
Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ping 2002::10

Pinging 2002::10 with 32 bytes of data:

Reply from 2002::10: bytes=32 time=3ms TTL=126
Reply from 2002::10: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 2002::10: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 2002::10: bytes=32 time=13ms TTL=126

Ping statistics for 2002::10:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 13ms, Average = 4ms

PC>
```