

Filtrage réseau avec netfilter/nftables

Philippe Latu

philippe.latu(at)inetdoc.net

<https://www.inetdoc.net>

Résumé

Ce support de travaux pratiques est une introduction au filtrage réseau. Il reprend la topologie Hub & Spoke du support précédent de la série. Les questions débutent par l'identification des outils et passent à l'application des règles de filtrage avec et sans suivi de communication (stateful vs stateless inspection). On introduit aussi les fonctions de traduction d'adresses (NAT).

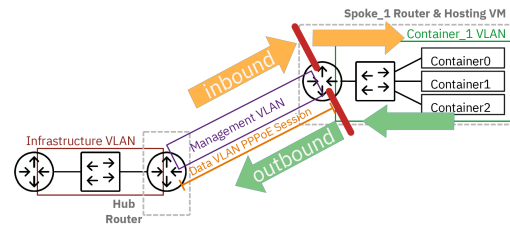


Table des matières

1. Copyright et Licence	1
2. Architecture réseau étudiée et filtrage existant	1
2.1. Routage et traduction d'adresses sources (situation de départ)	2
2.2. Lecture des règles de traduction d'adresses sources	3
2.3. Comptage des paquets et enregistrements des transactions	4
3. Protection de base des routeurs Hub et Spoke	7
3.1. Protection contre l'usurpation d'adresse source	7
3.2. Protection contre les dénis de service ICMP	10
3.3. Protection contre les robots de connexion au service SSH	12
4. Filtrage des flux réseaux traversant les routeurs Spoke	17
5. Traduction d'adresses destination sur le routeur Hub	22
6. Pour conclure...	30
7. Documents de référence	30

1. Copyright et Licence

Copyright (c) 2000,2024 Philippe Latu.
Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

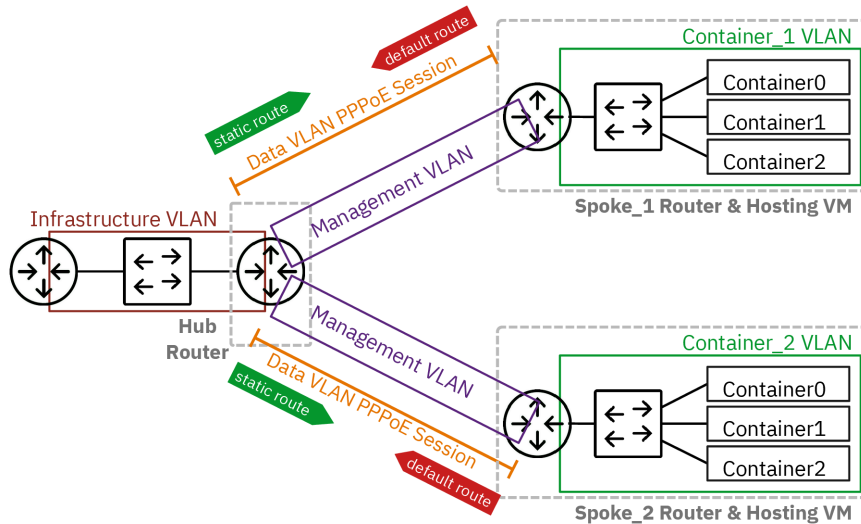
Copyright (c) 2000,2024 Philippe Latu.
Permission est accordée de copier, distribuer et/ou modifier ce document selon les termes de la Licence de Documentation Libre GNU (GNU Free Documentation License), version 1.3 ou toute version ultérieure publiée par la Free Software Foundation ; sans Sections Invariables ; sans Texte de Première de Couverture, et sans Texte de Quatrième de Couverture. Une copie de la présente Licence est incluse dans la section intitulée « Licence de Documentation Libre GNU ».

Méta-information

Cet article est écrit avec [DocBook XML](#) sur un système [Debian GNU/Linux](#). Il est disponible en version imprimable au format PDF : [netfilter.pdf](#).

2. Architecture réseau étudiée et filtrage existant

Les manipulations sur le système de filtrage réseau présentées ici s'appuient sur la topologie Hub and Spoke étudiée dans le support précédent de la série : [Topologie Hub & Spoke avec le protocole PPPoE](#). La topologie étudiée associe trois routeurs qui ont deux rôles distincts.



Topologie entre deux routeurs Hub et Spoke avec PPPoE

Hub

Traduit mot à mot, le rôle Hub correspond à un concentrateur. Il concentre tous les flux réseau des routeurs qui ont le rôle Spoke. En effet, les échanges entre deux routeurs Spoke doivent passer par le routeur Hub.

On lui attribue aussi la fonction de Broadband Remote Access Server ou BRAS. Dans notre contexte, cette fonction se caractérise par le fait que ce routeur détient le plan d'adressage. C'est lui qui a la responsabilité de délivrer les adresses IP lors de l'initiation de la session PPP.

Spoke

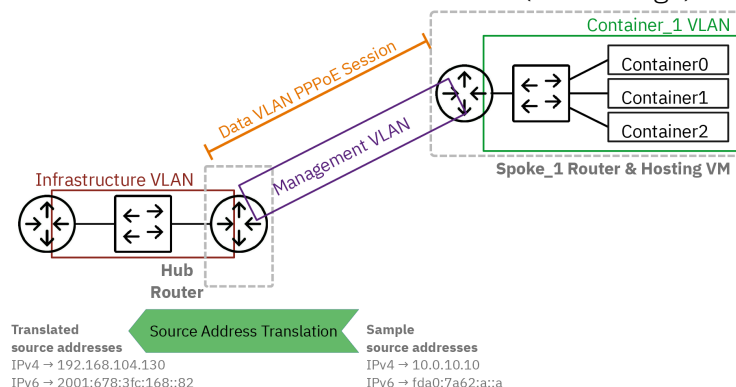
Le rôle Spoke correspond à un réseau d'extrémité au delà duquel on ne trouve aucune interconnexion. Le routeur Spoke doit s'adresser au routeur Hub dès qu'il veut acheminer un flux réseau. Il s'agit bien d'un routeur d'extrémité qui ne dispose d'aucun chemin alternatif pour joindre l'Internet.

Dans les réseaux domestiques, la «box» correspond bien au rôle Spoke dans la mesure où elle se voit attribuer des adresses IPv4 et IPv6 publiques par le fournisseur d'accès Internet. Les seules informations qu'elle détient sont les authentifiants du client de l'opérateur.

Pour commencer, on s'intéresse à l'installation des outils et à la lecture des informations sur le filtrage déjà en place sur le routeur Hub.

2.1. Routage et traduction d'adresses sources (situation de départ)

La situation de départ des manipulations suppose que la topologie Hub & Spoke est en place et fonctionnelle. On s'appuie sur le support précédent de la série : la **Topologie Hub & Spoke avec le protocole PPPoE** qui comprend déjà un premier niveau de filtrage avec la traduction d'adresses sources de tous les paquets qui sortent vers le réseau d'infrastructure (VLAN rouge).



Traduction d'adresses sources pour les flux sortants du routeur Hub.

- Q1. Quel est le nom de l'outil de gestion des règles de filtrage réseau ? À quel paquet appartient-il ? Reprendre la section sur la configuration du routeur Hub dans le document [Topologie Hub & Spoke avec le protocole PPPoE](#).

Il s'agit de la commande nft fournie avec le paquet nftables.

```
apt show nftables
```

```
dpkg -L nftables
```

- Q2. Quel est l'état du service systemd associé ? Reprendre la section sur la configuration du routeur Hub dans le document [Topologie Hub & Spoke avec le protocole PPPoE](#) dans laquelle le service a été activé.

On affiche l'état du service systemd fourni avec le paquet nftables et on vérifie qu'il est activé (enabled).

```
systemctl status nftables
```

- Q3. Dans quel fichier sont enregistrés les jeux de règles à appliquer au lancement du système ? Rechercher dans les informations affichées à la question précédente, la syntaxe de la commande lancée par le service systemd.

On identifie le fichier /etc/nftables qui sert à stocker les jeux de règles activés lors de l'initialisation du système.

- Q4. Comment afficher la liste des règles de filtrage actives ? Rechercher dans les pages de manuels de la commande nftables l'option qui permet d'afficher la liste du jeu de règles en cours de traitement.

La lecture des pages de manuels conduit à l'option list suivie de ruleset.

```
sudo nft list ruleset
```

```
table inet nat {
    chain postrouting {
        type nat hook postrouting priority srcnat; policy accept;
        oifname "enp0s1.360" counter packets 89 bytes 7400 masquerade
    }
}
```

2.2. Lecture des règles de traduction d'adresses sources

Dans cette partie, on s'intéresse à l'identification des éléments qui composent le jeu de règles de traduction d'adresses sources appliqué sur le routeur Hub de la topologie étudiée.

Comme le jeu de règles est déjà présent et actif, il faut comparer les champs des règles du fichier /etc/nftables.conf avec la représentation graphique générale [Packet Flow in Netfilter](#).

- Q5. Quelle est la **table** utilisée dans les deux jeux de règles de filtrage appliquées sur le routeur Hub ?

Il s'agit de la table nat que l'on repère en couche liaison de la représentation graphique [Packet Flow in Netfilter](#)

- Q6. Quelle est la **chaîne** utilisée dans les deux jeux de règles de filtrage appliquées sur le routeur Hub ?

Il s'agit de la chaîne postrouting que l'on repère en couche liaison à droite de la représentation graphique [Packet Flow in Netfilter](#)

Comme son nom l'indique, cette chaîne traite les paquets après que la décision de routage ait été prise.

- Q7. Comment l'interface réseau sur laquelle les traitements sont appliqués est-elle identifiée ?

Repérer le mot clé placé avant la chaîne de caractère qui contient le nom de l'interface.

La clé placée avant le nom d'interface est `oifname`. Cette clé correspond à output interface name.

La traduction d'adresses sources a lieu en sortie sur l'interface réseau raccordée au réseau d'infrastructure (VLAN rouge).

- Q8. Quel est le nom de la **cible** utilisée dans les deux jeux de règles de filtrage appliquées sur le routeur Hub ?

Identifier le mot clé placé à droite en bout de chaîne de traitement après les compteurs.

Le nom utilisé est **masquerade**. Il caractérise le fait que l'adresse source de tous les paquets sortants par l'interface `enp0s1.360` est remplacée par celle de cette interface, aussi bien avec IPv4 qu'avec IPv6.

2.3. Comptage des paquets et enregistrements des transactions

La traduction d'adresse source entre dans la catégorie du filtrage Stateful. Il est nécessaire de conserver un enregistrement de la traduction faite sur un paquet sortant pour réaliser l'opération inverse lors de l'arrivée du paquet retour relatif au paquet sortant.

Dans cette partie, on cherche à afficher la liste des enregistrements en cours dans le routeur Hub pour des flux initiés depuis un conteneur hébergé sur un routeur Spoke.

- Q9. Comment caractériser l'utilisation des jeux de règles de filtrage en l'état actuel de la configuration ?

Rechercher dans les résultats de l'affichage des règles en cours sur le routeur Hub, les informations sur le comptage des flux.

La sortie de la commande d'affichage fait apparaître le compte des paquets traités par la chaîne `postrouting` avec l'indication `counter packets`.

```
sudo nft list ruleset
```

```
table inet nat {
  chain postrouting {
    type nat hook postrouting priority srcnat; policy accept;
    oifname "enp0s1.360" counter packets 89 bytes 7400 masquerade
  }
}
```

- Q10. Est-ce que les valeurs de comptage affichées correspondent au volume de trafic vu sur l'interface ?

Rechercher, dans les options de la commande `ip`, le moyen d'afficher les statistiques de l'interface de sortie sur le réseau d'infrastructure (VLAN rouge). Comparer les valeurs obtenues avec celles de l'affichage des règles de filtrage.

C'est l'option `-s` de la commande `ip` qui donne les informations sur le volume de trafic qui a transité par une interface.

```
ip -s -h addr ls dev enp0s1.360
4: enp0s1.360@enp0s1: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc noqueue state UP group def
  link/ether b8:ad:ca:fe:00:05 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
  inet 192.168.104.130/29 brd 192.168.104.135 scope global enp0s1.360
    valid_lft forever preferred_lft forever
  inet6 2001:678:3fc:168:baad:caff:fefe:5/64 scope global dynamic mngtmpaddr noprefixroute
    valid_lft 2591974sec preferred_lft 604774sec
  inet6 2001:678:3fc:168::82/64 scope global
    valid_lft forever preferred_lft forever
  inet6 fe80::baad:caff:fefe:5/64 scope link proto kernel_ll
    valid_lft forever preferred_lft forever
RX: bytes packets errors dropped missed mcast
    227M 38.1k 0 0 0 137
TX: bytes packets errors dropped carrier collsns
    5.26M 71.8k 0 0 0 0
```


3. Protection de base des routeurs Hub et Spoke

Du point de vue conception, cette partie est consacrée au filtrage réseau sans état. Les trois sections proposent des règles qui demandent un traitement le plus rapide possible et le moins coûteux possible en ressources.

Le but de cette partie est de mettre en place les fonctions de filtrage de base communes à tous les routeurs de la topologie. Ceci implique que le paquet `nftables` soit installé et que le service `systemd` soit activé sur tous routeurs Spoke

```
sudo apt -y install nftables
```

```
sudo systemctl enable --now nftables
```

Voici une description des fonctions à mettre en œuvre dans cette section.

Protection contre l'usurpation des adresses sources

Pour bloquer tous les paquets provenant d'un réseau *extérieur* avec des adresses IP sources appartenant à un réseau *intérieur*, on implante une chaîne `rpfilter` dans la table `raw` qui assure un filtrage sans état. Voir [Network Ingress Filtering: Defeating Denial of Service Attacks which employ IP Source Address Spoofing](#).

Les tests de validation de ces mécanismes sont faciles à réaliser sur les routeurs Spoke. Tout paquet qui arrive via l'interface PPP et dont l'adresse source IPv4 ou IPv6 appartient au réseau d'hébergement (VLAN vert) doit être jeté. On protège ainsi les routeurs contre les dénis de services.

Protection contre les dénis de services ICMP

Les routeurs doivent s'assurer que le volume de trafic qui est présenté en entrée est compatible avec un fonctionnement nominal des services.

Protection contre les robots de connexion au service SSH

Les routeurs ont besoin d'un accès d'administration à distance via SSH. Pour autant, cet accès doit être protégé contre les tentatives d'intrusion par dictionnaire de couples d'authentifiants.

L'outil `fail2ban` fourni avec le paquet du même nom introduit une chaîne de filtrage dédiée à ces tentatives d'intrusion.

3.1. Protection contre l'usurpation d'adresse source

Voici le jeu de règles à implanter dans le fichier `/etc/nftables.conf` sur les deux routeurs Spoke pour activer la protection contre l'usurpation d'adresses réseau source.

```
#!/usr/sbin/nft -f

flush ruleset

table inet raw {
    chain rpfilter {
        type filter hook prerouting priority raw; policy accept;
        iifname "ppp0" fib saddr . iif oif 0 counter packets 0 bytes 0 drop
    }
}
```



Important

Dans le but de faciliter les tests de validation, le trafic “malveillant” est émis depuis le routeur Hub. Sur ce routeur, nous avons la possibilité d'installer tous les outils et de faire toutes les manipulations possibles pour falsifier les adresses sources. De plus, on contrôle le plan d'adressage. Si ce n'était pas le cas, il faudrait utiliser une autre machine virtuelle et les erreurs auraient des conséquences plus beaucoup plus graves.

Q13. Comment définir le rôle de la table `raw` dans le système de filtrage du noyau Linux ?

Rechercher la présentation de cette table dans la documentation `netfilter`.

La table `raw` du système de filtrage Linux `netfilter` est principalement utilisée pour marquer les paquets qui doivent éviter le suivi des connexions. Elle intervient au tout début du traitement des paquets, ce qui permet de traiter certains flux réseau en évitant des opérations qui consomment beaucoup de ressources, comme le suivi des connexions.

- Q14. Comment expliquer l'utilisation de la correspondance `fib` dans la règle de filtrage des paquets entrant par l'interface `ppp0` ?

Rechercher le mot clé `fib` dans les pages de manuels de la commande `nft`.

La règle `fib saddr . iif oif missing` vérifie si l'adresse source correspond à l'interface entrante selon la FIB (Forwarding Information Base). Cette règle met en œuvre le filtrage du chemin inverse.

- Q15. Comment afficher la liste des règles de filtrage de la table `raw` dédiée au filtrage sans état (stateless) ?

Rechercher dans les pages de manuels de la commande `nft` les options relatives aux listes.

C'est l'option `list` qui permet l'affichage des règles implantées dans les différentes tables.

Voici un exemple dans le contexte de la maquette sur un routeur Spoke. Un jeu de règles a déjà été inséré dans la table `raw`. Elle permet de visualiser les compteurs de correspondance qui montrent que la règle a bien été utilisée.

```
sudo nft list table inet raw

table inet raw {
  chain rpfiler {
    type filter hook prerouting priority raw; policy accept;
    iifname "ppp0" fib saddr . iif oif 0 counter packets 10 bytes 280 drop
  }
}
```



Avertissement

Si aucune règle n'a été implantée dans une table, le résultat de la commande produit une erreur.

- Q16. Comment valider la fonction de blocage des tentatives d'usurpation d'adresses entre le routeur Hub et les routeurs Spoke ?

Pour falsifier les adresses réseau source, nous devons distinguer les deux protocoles.

- Pour IPv4, on installe le paquet `hping3`.

Rechercher dans les pages de manuels de la commande `hping3` les options qui permettent de générer du trafic ICMP avec des adresses source aléatoires à destination d'un conteneur hébergé sur un routeur Spoke.

- Pour IPv6, on doit créer une interface réseau de type `dummy` à laquelle on attribue une adresse du réseau d'hébergement de conteneur.

Rechercher les instructions de création d'une interface `dummy`.

On débute les tests avec le protocole IPv4 et la commande `hping3`.

Voici un exemple de test effectué sur le routeur Hub dans lequel l'option `-a` désigne l'adresse IPv4 source usurpée tandis que l'adresse en bout de ligne désigne la destination. Ici, on cherche à contacter un conteneur avec l'adresse source d'un conteneur voisin en étant placé "à l'extérieur" du VLAN vert.

```
sudo hping3 -1 -a 10.0.10.12 --fast -c 10 10.0.10.10
```



```
HPING 10.0.10.10 (ppp0 10.0.10.10): icmp mode set, 28 headers + 0 data bytes

--- 10.0.10.10 hping statistic ---
10 packets transmitted, 0 packets received, 100% packet loss
round-trip min/avg/max = 0.0/0.0/0.0 ms
```

Côté routeur Hub, on constate qu'aucune réponse n'a été reçue.

Côté routeur Spoke, on affiche le jeu des règles de filtrage actif et on relève les valeurs des compteurs de paquets jetés.

```
sudo nft list table inet raw
```

```
table inet raw {
  chain ipfilter {
    type filter hook prerouting priority raw; policy accept;
    iifname "ppp0" fib saddr . iif oif 0 counter packets 20 bytes 560 drop
  }
}
```

Dans l'exemple ci-dessus, 20 paquets ont été jetés.

Pour le protocole IPv6, il n'existe pas de solution équivalente à l'utilisation de la commande hping3. De plus, le fait d'utiliser une session PPP pour acheminer le trafic ne facilite pas les tests.

C'est la raison pour laquelle on utilise un autre artifice : une interface de type dummy. Cette interface est factice et nous permet d'émettre des requêtes ICMP6 avec son adresse IPv6.

Voici comment créer une interface et lui ajouter une adresse. On commence par charger le module dummy en précisant que nous avons besoin d'une seule interface.

```
sudo modprobe -v dummy numdummies=1
```

```
sudo ip link set dev dummy0 up
```

On peut maintenant ajouter une adresse IPv6 appartenant au réseau d'hébergement situé au-delà du routeur Spoke à cette interface.

```
sudo ip -6 addr add fda0:7a62:a::e/64 dev dummy0
```

On modifie la table de routage pour s'assurer que les paquets partiront en direction de la session PPP.

```
sudo ip -6 route del fda0:7a62:a::/64 dev dummy0
sudo ip -6 route add fda0:7a62:a::/64 dev dummy0 metric 2048
```

On vérifie la solution d'acheminement du trafic à destination du réseau d'hébergement des conteneurs.

```
ip -6 route get fda0:7a62:a::a
fda0:7a62:a::a from :: dev ppp0 src fda0:7a62:a::e metric 1024 pref medium
```

Il ne reste plus qu'à lancer des requêtes ICMP6 avec cette adresse source.

```
sudo ping6 -c 10 fda0:7a62:a::a
```

```
PING fda0:7a62:a::a (fda0:7a62:a::a) from fda0:7a62:a::e dummy0: 56 data bytes

--- fda0:7a62:a::a ping statistics ---
10 packets transmitted, 0 received, 100% packet loss, time 9210ms
```

Là encore, aucune réponse n'est revenue et c'est heureux !

Si on relève le compte des paquets jetés côté routeur Spoke, on voit que toutes les requêtes sont tombées dans la règle de la table `raw`.

```
sudo nft list table inet raw
```

```
table inet raw {
    chain rpfilter {
        type filter hook prerouting priority raw; policy accept;
        iifname "ppp0" fib saddr . iif oif 0 counter packets 40 bytes 4160 drop
    }
}
```



Attention

N'oubliez pas de supprimer l'interface dummy après les tests.

```
sudo ip link set dev dummy0 down
sudo modprobe -r dummy
```

Q17. Comment utiliser la fonction `rp_filter` du sous-système réseau du noyau Linux pour le protocole IPv4 ?

Rechercher la clé `rp_filter` dans la documentation du noyau Linux : [Kernel IP sysctl](#)

Il existe un réglage du sous-système réseau du noyau avec la clé `rp_filter`. Voici un extrait de la documentation du noyau.

```
rp_filter - INTEGER
0 - No source validation.
1 - Strict mode as defined in RFC3704 Strict Reverse Path
  Each incoming packet is tested against the FIB and if the interface
  is not the best reverse path the packet check will fail.
  By default failed packets are discarded.
2 - Loose mode as defined in RFC3704 Loose Reverse Path
  Each incoming packet's source address is also tested against the FIB
  and if the source address is not reachable via any interface
  the packet check will fail.
```

Current recommended practice in RFC3704 is to enable strict mode to prevent IP spoofing from DDos attacks. If using asymmetric routing or other complicated routing, then loose mode is recommended.

The max value from `conf/{all,interface}/rp_filter` is used when doing source validation on the `{interface}`.

Default value is 0. Note that some distributions enable it in startup scripts.

On peut fixer la clé à 1 et lancer un test avec une série d'adresses IPv4 source aléatoires.

```
sudo sysctl -w net.ipv4.conf.all.rp_filter=1
```

Voici un exemple de commande qui provoquera un nombre de blocages aléatoire en fonction des correspondances.

```
sudo hping3 -1 --rand-source --fast -c 100 10.0.10.10
```

Dans ce cas, c'est la fonction de protection du noyau qui a détecté des paquets "martiens" pour lesquels il n'existe aucune solution de routage.

```
journalctl -n 500 -f --grep martian
```

```
spoke1 kernel: IPv4: martian source 10.0.10.10 from 239.9.60.83, on dev ppp0
spoke1 kernel: IPv4: martian source 10.0.10.10 from 225.61.235.216, on dev ppp0
spoke1 kernel: IPv4: martian source 10.0.10.10 from 234.137.124.42, on dev ppp0
spoke1 kernel: IPv4: martian source 10.0.10.10 from 225.151.17.117, on dev ppp0
spoke1 kernel: IPv4: martian source 10.0.10.10 from 227.163.239.170, on dev ppp0
spoke1 kernel: IPv4: martian source 10.0.10.10 from 227.27.22.34, on dev ppp0
spoke1 kernel: IPv4: martian source 10.0.10.10 from 233.200.216.31, on dev ppp0
```

3.2. Protection contre les dénis de service ICMP

Dans cette section, on reprend le jeu de règles précédentes et on le complète avec la limitation du nombre de requêtes ICMP entrantes.

Le trafic “malveillant” est toujours généré sur le routeur Hub à destination des conteneurs des réseaux d'hébergement des sites distants.

Voici une nouvelle copie du fichier `/etc/nftables.conf` qui contient le jeu de règles à ajouter sur les deux routeurs Spoke pour assurer la protection contre les dénis de service par saturation de requêtes ICMP.

```
#!/usr/sbin/nft -f

flush ruleset

table inet raw {
    # BCP38 Rules
    chain rpfILTER {
        type filter hook prerouting priority raw; policy accept;
        iifname "ppp0" fib saddr . iif oif 0 counter packets 0 bytes 0 drop
    }

    # ICMP Rate Limiting Rules
    chain icmpfilter {
        type filter hook prerouting priority raw; policy accept;
        icmp type echo-request limit rate 10/second burst 5 packets counter accept
        icmp type echo-request counter drop
    }
}
```

Q18. À quelle chaîne prédéfinie de la table `raw` font appels les chaînes personnalisées appelées `icmpfilter` ?

Consulter la représentation graphique [Packet Flow in Netfilter](#) et repérer les chaînes prédéfinies de la table `raw`.

Il s'agit de la chaîne `prerouting` qui traite les flux réseau “au plus tôt”, avant qu'une décision de routage soit prise.

Q19. Comment qualifier le fonctionnement des règles de limitation du nombre de nouvelles requêtes ICMP avec IPv4 ?

Rechercher les options de la commande `hping3` qui permettent de générer un envoi de requêtes ICMP en grand nombre.

Voici un exemple d'envoi de requêtes ICMP en nombre à destination du deuxième conteneur hébergé sur le premier routeur Spoke.

```
sudo hping3 -1 --flood -c 10 10.0.10.11
```

Si le temps d'exécution de ces émissions paraît trop long, il ne faut pas hésiter à interrompre l'émission avec `Ctrl+C`.

```
HPING 10.0.10.11 (ppp0 10.0.10.11): icmp mode set, 28 headers + 0 data bytes
hping in flood mode, no replies will be shown

--- 10.0.10.11 hping statistic ---
61492309 packets transmitted, 0 packets received, 100% packet loss
round-trip min/avg/max = 0.0/0.0/0.0 ms
```

Les résultats de cette commande montrent que le mécanisme de protection a bien fonctionné. On doit aussi vérifier qu'une émission “raisonnable” de requêtes ICMP donne des résultats corrects.

```
ping -qc 10 10.0.10.11
```

```
PING 10.0.10.11 (10.0.10.11) 56(84) bytes of data.

--- 10.0.10.11 ping statistics ---
10 packets transmitted, 10 received, 0% packet loss, time 9013ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.056/1.279/2.034/0.268 ms
```

Côté routeur Spoke “cible”, on peut relever les compteurs des règles de traitement ICMP et constater qu'un grand nombre de paquets ont été jetés.

```
sudo nft list table inet raw
```

```
table inet raw {
  chain rpfilter {
    type filter hook prerouting priority raw; policy accept;
    iifname "ppp0" fib saddr . iif oif 0 counter packets 0 bytes 0 drop
  }

  chain icmpfilter {
    type filter hook prerouting priority raw; policy accept;
    icmp type echo-request limit rate 10/second burst 5 packets counter packets 5378 bytes 15
    icmp type echo-request counter packets 90460174 bytes 2532884872 drop
  }
}
```

Q20. Comment qualifier le fonctionnement des règles de limitation du nombre de nouvelles requêtes ICMP avec IPv6 ?

Rechercher les options de la commande ping qui permettent de générer un flux de saturation ICMPv6.

On s'intéresse plus particulièrement aux options -f et -i.

Voici un exemple de tentative de saturation à destination du deuxième conteneur du réseau d'hébergement du premier routeur Spoke.

```
sudo ping -6 -c100 -i 0.0005 -f fda0:7a62:a::b
```

En réponse à cette commande, on voit que le taux de perte de paquets est important.

```
PING fda0:7a62:a::b (fda0:7a62:a::b) 56 data bytes
.....
--- fda0:7a62:a::b ping statistics ---
100 packets transmitted, 18 received, 82% packet loss, time 1315ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.316/0.845/2.057/0.334 ms, ipg/ewma 13.281/0.931 ms
```

Côte routeur "cible", on relève à nouveau un grand nombre de paquets jetés.

```
sudo nft list table inet raw
```

```
table inet raw {
  chain rpfilter {
    type filter hook prerouting priority raw; policy accept;
    iifname "ppp0" fib saddr . iif oif 0 counter packets 0 bytes 0 drop
  }

  chain icmpfilter {
    type filter hook prerouting priority raw; policy accept;
    icmpv6 type echo-request limit rate 10/second burst 5 packets counter packets 93
    icmpv6 type echo-request counter packets 485 bytes 50440 drop
  }
}
```

Comme on l'a fait pour le protocole IPv4, on vérifie qu'on obtient un retour correct suite à des requêtes émises "à un rythme normal".

```
ping -qc10 fda0:7a62:a::b
```

```
PING fda0:7a62:a::b (fda0:7a62:a::b) 56 data bytes
--- fda0:7a62:a::b ping statistics ---
10 packets transmitted, 10 received, 0% packet loss, time 9018ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.839/1.055/1.191/0.097 ms
```

3.3. Protection contre les robots de connexion au service SSH

Comme dans les deux sections précédentes, l'évaluation du mécanisme de protection se joue entre le routeur Hub et un routeur Spoke. On verra que le cas d'une protection contre les robots SSH, celle-ci doit s'appliquer sur tous les systèmes qui autorisent une connexion par mot de passe.

Le sujet de ce document étant l'étude du filtrage réseau, on s'intéresse ici à la génération automatique de règles suite à la violation des critères définis dans l'application de gestion des tentatives de connexion : fail2ban.

Q21. Quel est la fonction de fail2ban ?

Afficher la description du paquet fail2ban après l'avoir installé.

```
sudo apt -y install fail2ban
```

```
apt show fail2ban | grep Description
```

```
Description : ban hosts that cause multiple authentication errors Fail2ban
```

Fail2ban est un outil de sécurité qui analyse les journaux système pour détecter et empêcher les attaques par force brute sur les serveurs. Il bloque automatiquement les adresses IP suspectes après plusieurs tentatives de connexion infructueuses au cours d'une période donnée en mettant à jour les règles du pare-feu. Cette application prend en charge différents services, dont SSH, et offre des paramètres personnalisables pour améliorer la protection des serveurs contre les attaques automatisées.

Q22. Quel est le numéro de port utilisé par le service SSH sur les routeurs ?

Il est important de connaître les caractéristiques du service qui doit être surveillé par fail2ban. Rechercher dans la liste des ports réseau ouverts celui qui concerne le service SSH.

Dans le contexte de la maquette, le service SSH a été paramétré pour utiliser le port numéro 2222. On obtient la liste des ports en écoute avec les commandes lsof ou ss.

```
sudo lsof -i tcp:2222 -sTCP:listen
```

```
COMMAND PID USER  FD  TYPE DEVICE SIZE/OFF NODE NAME
sshd     672 root   7u  IPv4  7601      0t0  TCP *:2222 (LISTEN)
sshd     672 root   8u  IPv6  7603      0t0  TCP *:2222 (LISTEN)
```

```
ss -tapl '( sport = :2222 )' | fmt -t -w80
```

```
State Recv-Q Send-Q Local Address:Port Peer Address:PortProcess
LISTEN 0      128      0.0.0.0:2222 0.0.0.0:*
LISTEN 0      128      [::]:2222  [::]:*
```

Ce sont donc les tentatives de connexion au service SSH sur le port numéro 2222 que le service fail2ban doit surveiller.

Q23. Comment créer un fichier de configuration des paramètres de gestion du service SSH ?

Rechercher dans la documentation de fail2ban les paramètres de réglage suivants.

- Le numéro de port
- Le service à filtrer
- La règle à appliquer en cas de violation du nombre de tentatives de connexion autorisées
- Le nombre de tentatives de connexion autorisées
- La durée de mise en quarantaine de l'adresse IPv4 ou IPv6
- La durée pendant laquelle on comptabilise les tentatives de connexion

Pour traiter la demande, on crée un fichier spécifique dans le répertoire dédié : /etc/fail2ban/jail.d/custom-sshd.conf qui contient tous les paramètres utiles.

```
cat << EOF | sudo tee /etc/fail2ban/jail.d/custom-sshd.conf
[sshd]
enabled = true
port = 2222
filter = sshd
backend = systemd
banaction = nftables-multiport
maxretry = 3
bantime = 1h
findtime = 10m
EOF
```

De manière classique, il convient de redémarrer le service pour que le nouveau fichier de configuration soit pris en compte.

```
sudo systemctl restart fail2ban
```

Q24. Quels sont les outils qui permettent de connaître l'état du service et le fonctionnement du nouveau filtrage des tentatives de connexion ?

Relever l'état du service pour commencer. Ensuite, rechercher dans les outils fournis avec le paquet fail2ban, celui qui affiche les informations sur le filtrage SSH.

L'affichage de l'état du service n'a rien de spécifique à fail2ban, mais c'est le point de départ obligatoire.

```
systemctl status fail2ban.service
```

Les mots clé recherchés sont : enabled et active (running).

Pour la partie plus spécifique à fail2ban, on liste les fichiers contenus dans le paquet du même nom.

```
dpkg -L fail2ban | grep bin
```

```
/usr/bin
/usr/bin/fail2ban-client
/usr/bin/fail2ban-regex
/usr/bin/fail2ban-server
/usr/bin/fail2ban-testcases
/usr/bin/fail2ban-python
```

C'est la commande fail2ban-client qui nous intéresse. La recherche du mot clé status dans les pages de manuels donne le mode opératoire pour accéder au statut des services traités.

```
sudo fail2ban-client status
```

```
Status
|- Number of jail:      1
`- Jail list:  sshd
```

```
sudo fail2ban-client status sshd
```

```
Status for the jail: sshd
|- Filter
| |- Currently failed: 0
| |- Total failed:    0
| `-- Journal matches: _SYSTEMD_UNIT=ssh.service + _COMM=sshd
`- Actions
  |- Currently banned: 0
  |- Total banned:    0
  `-- Banned IP list:
```

Q25. Comment caractériser le fonctionnement du service fail2ban ?

Si le service a été installé et configuré sur un routeur Spoke, il est possible de lancer plusieurs tentatives de connexion SSH depuis le routeur Hub en se trompant de mot de passe.

On peut alors afficher les règles de filtrage nftables et obtenir la liste des adresses bannies par fail2ban.

On commence par lancer plusieurs tentatives (au moins 3) de connexion SSH à partir du routeur Hub.

```
ssh -p 2222 etu@10.44.1.2
etu@10.44.1.2's password:
Permission denied, please try again.
etu@10.44.1.2's password:
Permission denied, please try again.
etu@10.44.1.2's password:
etu@10.44.1.2: Permission denied (publickey,password)
```

Une fois le mécanisme de blocage activé, il est impossible de tenter une nouvelle connexion.

```
ssh -p 2222 etu@10.44.1.2
ssh: connect to host 10.44.1.2 port 2222: Connection refused
```

On relève ensuite les résultats côté routeur Spoke.

L'état de la quarantaine montre que l'adresse IPv4 du routeur Hub sur le lien PPP est en quarantaine.

```
sudo fail2ban-client status sshd
```

```
Status for the jail: sshd
|- Filter
| |- Currently failed: 0
| |- Total failed:    3
| `-- Journal matches: _SYSTEMD_UNIT=ssh.service + _COMM=sshd
`-- Actions
   |- Currently banned: 1
   |- Total banned:    1
   `-- Banned IP list:  10.44.1.1
```

La liste des règles de filtrage montre qu'une nouvelle chaîne a été ajoutée. Dans cette chaîne, on reconnaît l'adresse IPv4 du lien PPP côté Hub.

```
sudo nft list ruleset
```

En limitant l'affichage à la table ajoutée par le service fail2ban, on obtient le jeu de règles suivant.

```
sudo nft list table inet f2b-table
```

```
table inet f2b-table {
    set addr-set-sshd {
        type ipv4_addr
        elements = { 10.44.1.1 }
    }

    chain f2b-chain {
        type filter hook input priority filter - 1; policy accept;
        tcp dport 2222 ip saddr @addr-set-sshd reject with icmp port-unreachable
    }
}
```

Enfin, on répète l'opération avec l'adresse IPv6 du routeur Spoke sur le lien PPP.

```
ssh -p 2222 etu@fe80::c59:5d57:7476:13cc%ppp0
etu@fe80::c59:5d57:7476:13cc%ppp0's password:
Permission denied, please try again.
etu@fe80::c59:5d57:7476:13cc%ppp0's password:
Permission denied, please try again.
etu@fe80::c59:5d57:7476:13cc%ppp0's password:
etu@fe80::c59:5d57:7476:13cc%ppp0: Permission denied (publickey,password).
```

```
ssh -p 2222 etu@fe80::c59:5d57:7476:13cc%ppp0
ssh: connect to host fe80::c59:5d57:7476:13cc%ppp0 port 2222: Connection refused
```

On voit apparaître une nouvelle adresse dans la liste sur le routeur Spoke.

```
sudo fail2ban-client status sshd
```

```
Status for the jail: sshd
|- Filter
| |- Currently failed: 0
| |- Total failed: 6
| `-- Journal matches: _SYSTEMD_UNIT=ssh.service + _COMM=sshd
`-- Actions
   |- Currently banned: 2
   |- Total banned: 2
   `-- Banned IP list: 10.44.1.1 fe80::f153:4881:c7c4:f371
```

Les règles de filtrage pour le protocole IPv6 ont aussi été complétées.

```
sudo nft list table inet f2b-table
```

```
table inet f2b-table {
  set addr-set-sshd {
    type ipv4_addr
    elements = { 10.44.1.1 }
  }

  set addr6-set-sshd {
    type ipv6_addr
    elements = { fe80::f153:4881:c7c4:f371 }
  }

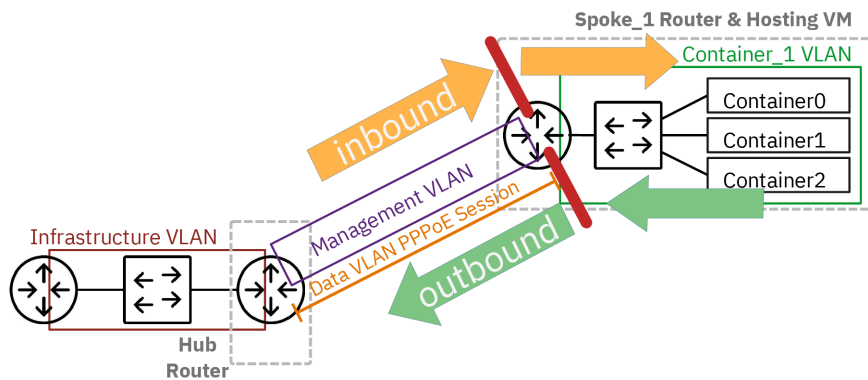
  chain f2b-chain {
    type filter hook input priority filter - 1; policy accept;
    tcp dport 2222 ip saddr @addr-set-sshd reject with icmp port-unreachable
    tcp dport 2222 ip6 saddr @addr6-set-sshd reject with icmpv6 port-unreachable
  }
}
```

En appliquant cette configuration du service fail2ban sur les trois routeurs, on dispose d'une base de protection contre les attaques de type brute force sur l'authentification au service SSH.

4. Filtrage des flux réseaux traversant les routeurs Spoke

Pour rappel, la mise en place du filtrage réseau sur les équipements doit répondre à deux principes.

- On considère que les équipements d'interconnexion mis en œuvre dans ces travaux pratiques délimitent des périmètres de dimension moyenne. Par conséquent, on a une connaissance exhaustive des flux réseaux sur le système. On adopte donc la règle suivante : *tout trafic réseau non autorisé est interdit.*
- Le filtrage est basé sur le suivi de communication (stateful inspection). On cherche donc à écrire des règles qui *décrivent le plus précisément possible le premier paquet qui doit être enregistré dans la table de suivi de communication.* Ces règles de description du premier paquet doivent être placées après celles qui laissent passer le trafic correspondant ou relatif à une communication déjà enregistrée dans les tables.
- Afin de simplifier l'étude du filtrage, on fait le choix d'autoriser tous les flux sortants émis par les routeurs Hub et Spoke.



Caractérisation des flux réseau traversant un routeur Spoke avec identification du sens entrant ou sortant

On commence par afficher les règles actives sur un routeur Spoke à l'issue des questions de la section précédente : [Section 3, « Protection de base des routeurs Hub et Spoke »](#).



Attention

Les noms d'interfaces correspondent à la maquette de test.

```
sudo nft list ruleset
```

```

table inet raw {
    chain ipfilter {
        type filter hook prerouting priority raw; policy accept;
        iifname "ppp0" fib saddr . iif oif 0 counter packets 0 bytes 0 drop
    }

    chain icmpfilter {
        type filter hook prerouting priority raw; policy accept;
        icmp type echo-request limit rate 10/second burst 5 packets counter packets 6821 bytes
        icmp type echo-request counter packets 116414622 bytes 3259609416 drop
    }
}
table inet f2b-table {
    set addr-set-sshd {
        type ipv4_addr
        elements = { 10.44.1.1 }
    }

    set addr6-set-sshd {
        type ipv6_addr
        elements = { fe80::f153:4881:c7c4:f371 }
    }

    chain f2b-chain {
        type filter hook input priority filter - 1; policy accept;
        tcp dport 2222 ip saddr @addr-set-sshd reject with icmp port-unreachable
        tcp dport 2222 ip6 saddr @addr6-set-sshd reject with icmpv6 port-unreachable
    }
}

```

Q26. Quel est le nom de la table du système `netfilter` utilisée par défaut pour le traitement des flux traversant un routeur ?

Consulter la représentation graphique [Packet Flow in Netfilter](#) et repérer le nom des tables concernées par le transfert des flux réseau.

On commence par identifier la colonne FORWARD PATH au centre de la représentation.

Dans cette colonne, on trouve les tables `mangle` et `filter`.

Une recherche sur les différences entre ces deux tables nous donne les indications suivantes.

Table filter

Cette table est principalement utilisée pour filtrer les paquets et prendre des décisions concernant l'autorisation ou le blocage du trafic. Elle sert à contrôler quels paquets sont autorisés à entrer dans le système, à le quitter ou à le traverser.

Table mangle

La table d'altération est utilisée pour la modification de paquets. Les altérations principales portent sur les en-têtes, les métadonnées et le marquage, pour permettre un traitement ultérieur par d'autres tables ou les outils de gestion de la qualité de service.

Q27. Quel est le nom de la chaîne de traitement des flux traversant les routeurs ?

Consulter la représentation graphique [Packet Flow in Netfilter](#) et repérer les noms des chaînes de la table `filter`.

Comme on se concentre sur la colonne FORWARD PATH de la représentation graphique, on repère facilement la chaîne `forward`.

Voici une proposition de jeu de règles de filtrage à implanter dans la chaîne `forward` de la table `filter` des routeurs Spoke.

```

table inet filter {
  chain forward {
    type filter hook forward priority 0; policy drop;

    # Allow outbound new connections
    oifname "ppp0" ct state new counter accept

    # Allow established and related connections
    ct state established,related accept

    # Allow specific inbound traffic
    # ICMP IPv4 + IPv6
    iifname "ppp0" meta l4proto {icmp, ipv6-icmp} ct state new counter accept
    # SSH
    iifname "ppp0" tcp dport 2222 ct state new counter accept
    # HTTP(S)
    iifname "ppp0" meta l4proto {tcp, udp} th dport {80, 443} ct state new counter accept

    # Count dropped packets
    counter comment "count dropped packets"
  }
}

```

Q28. Quelle est la politique par défaut appliquée par ce nouveau jeu de règles?

Rechercher le mot clé `policy` dans la copie ci-dessus.

La politique appliquée à tous les paquets qui passent par la chaîne `forward` est `drop`.

Tous les flux qui ne sont pas explicitement autorisés dans les règles de la chaîne `forward` sont jetés.

Q29. Comment identifier le sens du flux qui traverse le routeur dans le jeu de règles proposées ?

Rechercher les mots clé associés à l'interface réseau qui raccorde le routeur Spoke au Hub

Dans la topologie étudiée, c'est l'interface `ppp0` du site distant qui donne accès à tous les autres réseaux. Dans les règles proposées, cette interface est précédées des clés `iifname` ou `oifname`.

iifname

La clé se lit Input InterFace NAME et désigne les flux entrants par l'interface `ppp0`. Vue du routeur, on emploie l'expression `inbound traffic` en anglais.

oifname

La clé se lit Output InterFace NAME et désigne les flux sortants par l'interface `ppp0`. Vue du routeur, on emploie l'expression `outbound traffic` en anglais.

Q30. Comment est géré l'enregistrement des états de flux sortants ?

Rechercher les règles dans lesquelles les états `new`, `established` et `related` apparaissent.

Dans le cas des flux sortants, on voit que tous les nouveaux paquets sont autorisés à passer par l'interface `ppp0` en sortie. La règle associe l'état `new` à l'autorisation `accept`.

```
oifname "ppp0" ct state new counter accept
```

Q31. Comment est géré l'enregistrement des états de flux entrants ?

Rechercher à nouveau les règles dans lesquelles l'état `new` est associé à la clé `iifname`.

Dans le cas des flux entrants, on voit qu'une liste fermée de protocoles sont acceptés. Tous les nouveaux flux qui ne correspondent pas à l'une des règles avec la décision `accept` sont jetés.

Prenons l'exemple du protocole HTTP, une règle autorise l'accès aux ports 80 et 443.

```
iifname "ppp0" meta l4proto {tcp, udp} th dport {80, 443} ct state new counter accept
```



```
table inet filter {
    chain forward {
        type filter hook forward priority filter; policy drop;
        oifname "ppp0" ct state new counter packets 41 bytes 3078 accept
        ct state established,related accept
        iifname "ppp0" meta l4proto { icmp, ipv6-icmp } ct state new counter packets 2 by
        iifname "ppp0" tcp dport 2222 ct state new counter packets 0 bytes 0 accept
        iifname "ppp0" meta l4proto { tcp, udp } th dport { 80, 443 } ct state new counte
        counter packets 0 bytes 0 comment "count dropped packets"
    }
}
```

Q35. Comment tester les règles relatives aux flux entrants ?

Il suffit de reprendre les séquences de tests présentées à la fin du support de travaux pratiques précédent : [Topologie Hub & Spoke avec le protocole PPPoE](#) à la question 21.

On reprend l'accès aux pages Web depuis le routeur Hub.

```
for addr in {10..12}
do
    wget -O /dev/null http://10.0.10.$addr 2>&1 | grep "HTTP "
done
```

```
for addr in {10..12}
do
    wget -O /dev/null http://[fda0:7a62:a::$(printf "%x" $addr)] 2>&1 | grep "HTTP "
done
```

Ensuite, on vérifie la nouvelle valeur de comptage sur la règle de filtrage concernée.

```
sudo nft list table inet filter
```

```
table inet filter {
    chain forward {
        type filter hook forward priority filter; policy drop;
        oifname "ppp0" ct state new counter packets 0 bytes 0 accept
        ct state established,related counter packets 81 bytes 13581 accept
        iifname "ppp0" meta l4proto { icmp, ipv6-icmp } ct state new counter packets 0 by
        iifname "ppp0" tcp dport 2222 ct state new counter packets 0 bytes 0 accept
        iifname "ppp0" meta l4proto { tcp, udp } th dport { 80, 443 } ct state new counte
        counter packets 0 bytes 0 comment "count dropped packets"
    }
}
```

Une fois ces règles basiques en place, on peut aborder les filtrages réseau spécifiques à la topologie de travaux pratiques.

5. Traduction d'adresses destination sur le routeur Hub

Dans cette partie, on doit compléter les règles de filtrage sur le routeur Hub en appliquant la même politique que sur les routeurs Spoke pour les flux traversants : tout ce qui n'est pas autorisé est interdit. En complément à cette politique par défaut, on doit aussi répondre à deux objectifs :

- Autoriser le trafic provenant des routeurs Spoke vers l'Internet.
- Autoriser l'accès aux services Web hébergés sur les conteneurs des réseaux d'hébergement des sites distants à l'aide de la traduction des adresses destination.

Voici un exemple de correspondances de numéros de ports pour l'accès aux différents services web.

Tableau 1. Correspondance entre numéro de port et service Web

numéros de port Hub : http,https	conteneur
8010,8453	10.0.10.10 fda0:7a62:a::a
8011,8454	10.0.10.11 fda0:7a62:a::b
8012,8455	10.0.10.12 fda0:7a62:a::c
8020,8463	10.0.20.10 fda0:7a62:14::a
8021,8464	10.0.20.11 fda0:7a62:14::b
8022,8465	10.0.20.12 fda0:7a62:14::c

Avant d'aborder les questions, on commence par afficher l'état courant du jeu de règles de filtrage sur le routeur Hub.

```
#!/usr/sbin/nft -f

flush ruleset

# Outbound interface
define RED_VLAN = enp0s1.360

table inet nat {
    chain postrouting {
        type nat hook postrouting priority 100;
        oifname $RED_VLAN counter masquerade
    }
}

table inet raw {
    chain rpfiler {
        type filter hook prerouting priority raw; policy accept;
        iifname $RED_VLAN fib saddr . iif oif 0 counter packets 0 bytes 0 drop
    }

    # ICMP Rate Limiting Rules
    chain icmpfilter {
        type filter hook prerouting priority raw; policy accept;
        icmp type echo-request limit rate 10/second burst 5 packets counter accept
        icmp type echo-request counter drop
    }
}

table inet filter {
    chain forward {
        type filter hook forward priority 0; policy drop;

        # Allow outbound new connections
        iifname "ppp*" ct state new counter accept

        # Allow established and related connections
        ct state established,related counter accept

        # Count dropped packets
        counter comment "count dropped packets"
    }
}
```

Q36. Comment appliquer la politique par défaut, autoriser et enregistrer dans le mécanisme de suivi des états les flux traversants depuis les routeurs Spoke ?

Reprendre le jeu de règles de la [Section 4, « Filtrage des flux réseaux traversant les routeurs Spoke »](#) et adapter ce jeu au contexte du routeur Hub.

Il faut notamment choisir sur quelle(s) interface(s) la règle doit s'appliquer pour ne pas bloquer les flux entre routeurs Spoke.

Voici un exemple de règles basées sur l'utilisation des interfaces de raccordement des routeurs Spoke.

```
table inet filter {
    chain forward {
        type filter hook forward priority filter; policy drop;
        iifname "ppp*" ct state new counter packets 6 bytes 504 accept
        ct state established,related counter packets 18 bytes 1512 accept
        counter packets 0 bytes 0 comment "count dropped packets"
    }
}
```

Dans ce cas de figure le trafic entrant par les interfaces PPP est autorisé à traverser le routeur Hub.

Q37. Comment valider l'utilisation de ces nouvelles règles à partir d'un routeur Spoke ?


```

table inet nat {
  chain postrouting {
    type nat hook postrouting priority 100;
    oifname $RED_VLAN counter masquerade
  }

  chain prerouting {
    type nat hook prerouting priority dstnat; policy accept;
    # Spoke1
    iifname $RED_VLAN meta l4proto { tcp, udp } th dport { 8010, 8453 } \
      dnat ip to 10.0.10.10
    iifname $RED_VLAN meta l4proto { tcp, udp } th dport { 8010, 8453 } \
      dnat ip6 to fda0:7a62:a::a
    iifname $RED_VLAN meta l4proto { tcp, udp } th dport { 8011, 8454 } \
      dnat ip to 10.0.10.11
    iifname $RED_VLAN meta l4proto { tcp, udp } th dport { 8011, 8454 } \
      dnat ip6 to fda0:7a62:a::b
    iifname $RED_VLAN meta l4proto { tcp, udp } th dport { 8012, 8455 } \
      dnat ip to 10.0.10.12
    iifname $RED_VLAN meta l4proto { tcp, udp } th dport { 8012, 8455 } \
      dnat ip6 to fda0:7a62:a::c
    # Spoke2
    iifname $RED_VLAN meta l4proto { tcp, udp } th dport { 8020, 8463 } \
      dnat ip to 10.0.20.10
    iifname $RED_VLAN meta l4proto { tcp, udp } th dport { 8020, 8463 } \
      dnat ip6 to fda0:7a62:14::a
    iifname $RED_VLAN meta l4proto { tcp, udp } th dport { 8021, 8464 } \
      dnat ip to 10.0.20.11
    iifname $RED_VLAN meta l4proto { tcp, udp } th dport { 8021, 8464 } \
      dnat ip6 to fda0:7a62:14::b
    iifname $RED_VLAN meta l4proto { tcp, udp } th dport { 8022, 8465 } \
      dnat ip to 10.0.20.12
    iifname $RED_VLAN meta l4proto { tcp, udp } th dport { 8022, 8465 } \
      dnat ip6 to fda0:7a62:14::c
  }
}

```

Relativement à l'unique règle de la chaîne `postrouting`, il est nécessaire d'ajouter deux règles par destination en distinguant les protocoles IPv4 et IPv6. Dans le contexte de la maquette, il y a trois conteneurs hébergés sur chaque routeur Spoke. On doit donc ajouter 6 règles pour chacun d'eux.

Les règles de traduction d'adresses de la chaîne `prerouting` sont structurées de la façon suivante :

- Une même règle traite les protocoles de couche transport TCP et UDP.
- Les numéros de ports sont aussi regroupés. Par exemple : { 8010, 8453 }.
- Relativement aux règles des autres parties du document, les protocoles IPv4 et IPv6 sont séparés et les adresses destination sont explicitement définies pour chaque routeur Spoke.

Q39. Comment tester ces nouvelles règles de traduction d'adresse destination sur le routeur Hub ?

Comme il s'agit de flux réseau entrants sur le routeur Hub, il faut nécessairement lancer les tests depuis le réseau d'infrastructure, c'est-à-dire le VLAN rouge.

La connexion au Shell de l'hyperviseur nous permet de lancer nos tests à destination de l'adresse du routeur Hub dans le réseau d'infrastructure, c'est-à-dire le VLAN rouge. Voici un exemple avec l'adresse définie dans le plan d'adressage de la maquette utilisée pour ce document.

```

wget http://192.168.104.130:8010
--2024-10-13 15:47:25-- http://192.168.104.130:8010/
Connexion à 192.168.104.130:8010...

```

Si l'adresse IPv4 et le numéro de port utilisés pour ce test sont corrects, cela ne suffit toutefois pas.

Q40. Comment autoriser les flux de la traduction d'adresse destination à traverser le routeur Hub ?

Rechercher à nouveau le nom de la chaîne présente par défaut qui traite les flux réseau qui traversent le routeur Hub.

Une fois la chaîne identifiée, rechercher la syntaxe des règles qui admettent les premiers paquets de traitement de la traduction d'adresse destination dans le mécanisme de suivi des communications du système de filtrage.

C'est la chaîne `forward` qui nous intéresse ici. On a déjà créé des règles dans cette chaîne qui traitent les flux sortants du routeur Hub provenant des routeurs Spoke.

Voici un exemple de jeu de règles pour la chaîne `forward` adapté au plan d'adressage de la maquette.

```
table inet filter {
  chain forward {
    type filter hook forward priority 0; policy drop;

    # Allow outbound new connections
    iifname "ppp*" ct state new counter accept

    # Allow inbound new connections to the web services hosted on spoke routers
    # Spoke1
    iifname $RED_VLAN ip daddr 10.0.10.10 meta l4proto { tcp, udp } \
      th dport { 8010, 8453 } ct state new counter accept
    iifname $RED_VLAN ip6 daddr fda0:7a62:a::a meta l4proto { tcp, udp } \
      th dport { 8010, 8453 } ct state new counter accept
    iifname $RED_VLAN ip daddr 10.0.10.11 meta l4proto { tcp, udp } \
      th dport { 8011, 8454 } ct state new counter accept
    iifname $RED_VLAN ip6 daddr fda0:7a62:a::b meta l4proto { tcp, udp } \
      th dport { 8011, 8454 } ct state new counter accept
    iifname $RED_VLAN ip daddr 10.0.10.12 meta l4proto { tcp, udp } \
      th dport { 8012, 8455 } ct state new counter accept
    iifname $RED_VLAN ip6 daddr fda0:7a62:a::c meta l4proto { tcp, udp } \
      th dport { 8012, 8455 } ct state new counter accept
    # Spoke2
    iifname $RED_VLAN ip daddr 10.0.20.10 meta l4proto { tcp, udp } \
      th dport { 8020, 8463 } ct state new counter accept
    iifname $RED_VLAN ip6 daddr fda0:7a62:14::a meta l4proto { tcp, udp } \
      th dport { 8020, 8463 } ct state new counter accept
    iifname $RED_VLAN ip daddr 10.0.20.11 meta l4proto { tcp, udp } \
      th dport { 8021, 8464 } ct state new counter accept
    iifname $RED_VLAN ip6 daddr fda0:7a62:14::b meta l4proto { tcp, udp } \
      th dport { 8021, 8464 } ct state new counter accept
    iifname $RED_VLAN ip daddr 10.0.20.12 meta l4proto { tcp, udp } \
      th dport { 8022, 8465 } ct state new counter accept
    iifname $RED_VLAN ip6 daddr fda0:7a62:14::c meta l4proto { tcp, udp } \
      th dport { 8022, 8465 } ct state new counter accept

    # Allow established and related connections
    ct state established,related counter accept

    # Count dropped packets
    counter comment "count dropped packets"
  }
}
```

Comme dans le cas de la chaîne `pre-routing`, il est nécessaire de décrire le plus finement possible le premier flux autorisé à entrer dans le mécanisme de suivi des communication. Cela engendre un nombre important de règles même si on parvient à regrouper les deux protocoles de la couches transport et les numéros de ports.

Une fois ce jeu de règles implanté, ce n'est toujours pas suffisant pour accéder aux site web de chaque conteneur du réseau d'hébergement. On peut tout de même qualifier les règles à l'aide des compteurs et de l'affichage des enregistrements du suivi des communications. Voici un exemple.

On commence par lancer une requête qui ne parvient pas à charger la page web du service nginx.


```

table inet filter {
  chain forward {
    type filter hook forward priority 0; policy drop;

    # Allow outbound new connections
    oifname "ppp0" ct state new counter accept

    # Allow established and related connections
    ct state established,related counter accept

    # Allow specific inbound traffic
    # ICMP IPv4 + IPv6
    iifname "ppp0" meta l4proto {icmp, ipv6-icmp} ct state new counter accept
    # SSH
    iifname "ppp0" tcp dport 2222 ct state new counter accept
    # HTTP(S)
    iifname "ppp0" meta l4proto {tcp, udp} th dport \
      {80, 443, 8010, 8011, 8012, 8453, 8454, 8455} ct state new counter accept

    # Count dropped packets
    counter comment "count dropped packets"
  }
}

```

Pour terminer, les tests d'accès depuis l'hyperviseur sont maintenant concluants pour les protocoles IPv4 et IPv6.

```

for p in {0..2}
do
  wget -O /dev/null http://192.168.104.130:${(8010 + $p)}
done

```

```

--2024-10-13 19:24:24-- http://192.168.104.130:8010/
Connexion à 192.168.104.130:8010... connecté.
requête HTTP transmise, en attente de la réponse... 200 OK
Taille : 615 [text/html]
Sauvegarde en : « /dev/null »

/dev/null 100%[=====>] 615 --.-KB/s ds 0s
2024-10-13 19:24:24 (33,6 MB/s) - « /dev/null » sauvegardé [615/615]

--2024-10-13 19:24:24-- http://192.168.104.130:8011/
Connexion à 192.168.104.130:8011... connecté.
requête HTTP transmise, en attente de la réponse... 200 OK
Taille : 615 [text/html]
Sauvegarde en : « /dev/null »

/dev/null 100%[=====>] 615 --.-KB/s ds 0s
2024-10-13 19:24:24 (34,4 MB/s) - « /dev/null » sauvegardé [615/615]

--2024-10-13 19:24:24-- http://192.168.104.130:8012/
Connexion à 192.168.104.130:8012... connecté.
requête HTTP transmise, en attente de la réponse... 200 OK
Taille : 615 [text/html]
Sauvegarde en : « /dev/null »

/dev/null 100%[=====>] 615 --.-KB/s ds 0s
2024-10-13 19:24:24 (36,3 MB/s) - « /dev/null » sauvegardé [615/615]

```

```

for p in {0..2}
do
  wget -O /dev/null http://[2001:678:3fc:168::82]:${(8010 + $p)}
done

```

```
--2024-10-13 19:50:30-- http://[2001:678:3fc:168::82]:8010/
Connexion à [2001:678:3fc:168::82]:8010... connecté.
requête HTTP transmise, en attente de la réponse... 200 OK
Taille : 615 [text/html]
Sauvegarde en : « /dev/null »

/dev/null 100%[=====>] 615 --.-KB/s ds 0s
2024-10-13 19:50:30 (33,5 MB/s) - « /dev/null » sauvegardé [615/615]

--2024-10-13 19:50:30-- http://[2001:678:3fc:168::82]:8011/
Connexion à [2001:678:3fc:168::82]:8011... connecté.
requête HTTP transmise, en attente de la réponse... 200 OK
Taille : 615 [text/html]
Sauvegarde en : « /dev/null »

/dev/null 100%[=====>] 615 --.-KB/s ds 0s
2024-10-13 19:50:30 (39,0 MB/s) - « /dev/null » sauvegardé [615/615]

--2024-10-13 19:50:30-- http://[2001:678:3fc:168::82]:8012/
Connexion à [2001:678:3fc:168::82]:8012... connecté.
requête HTTP transmise, en attente de la réponse... 200 OK
Taille : 615 [text/html]
Sauvegarde en : « /dev/null »

/dev/null 100%[=====>] 615 --.-KB/s ds 0s
2024-10-13 19:50:30 (42,4 MB/s) - « /dev/null » sauvegardé [615/615]
```

C'est gagné ! La traduction d'adresse destination au niveau du routeur Hub est validée.

6. Pour conclure...

Ce document a présenté les concepts fondamentaux du filtrage réseau avec `netfilter/nftables` sur Linux. Il a couvert la configuration de base des règles de filtrage, la protection contre les attaques courantes, et la mise en place de traductions d'adresses sur une topologie Hub & Spoke.

Les travaux pratiques ont permis d'explorer concrètement l'implémentation des règles de filtrage stateful et stateless. Les étudiants ont pu configurer et tester des règles pour sécuriser les routeurs, contrôler le trafic traversant, et mettre en place de la traduction d'adresse source puis destination.

Ce support fournit une base solide pour comprendre et mettre en œuvre le filtrage réseau avec les outils de filtrage des systèmes Linux. Les compétences acquises permettront aux étudiants de concevoir et déployer des politiques de sécurité réseau efficaces dans des environnements réels.

7. Documents de référence

IETF & IANA

[Network Ingress Filtering: Defeating Denial of Service Attacks which employ IP Source Address Spoofing](#)[BCP 38](#)[rp_filter](#)

Le document standard [RFC2827 Network Ingress Filtering: Defeating Denial of Service Attacks which employ IP Source Address Spoofing](#) est un guide de bonnes pratiques pour se protéger contre l'usurpation des adresses sources. Dans le monde GNU/Linux, la fonction clé est appelée `rp_filter` pour Reverse Path Filtering.

Distribution Debian GNU/Linux

[Manuel de référence Debian](#)

[Manuel de référence Debian : configuration du réseau](#) : chapitre du manuel de référence Debian consacré à la configuration réseau.

Site inetdoc.net

[Configuration d'une interface de réseau local](#)

[Configuration d'une interface de réseau local](#) : identification du type d'interface, de ses caractéristiques et manipulations des paramètres. Ce support fournit une méthodologie de dépannage simple d'une connexion réseau.

[Didacticiel sur Iptables](#)

[Tutoriel iptables](#) : guide très complet sur le fonctionnement du filtrage réseau avec les noyaux Linux.

[Guide Pratique du NAT](#)

[Guide Pratique du NAT](#) : Ce document décrit comment réaliser du camouflage d'adresse IP, un serveur mandataire transparent, de la redirection de ports ou d'autres formes de Traduction d'adresse réseau (Network Address Translation ou NAT) avec le noyau Linux 2.4.