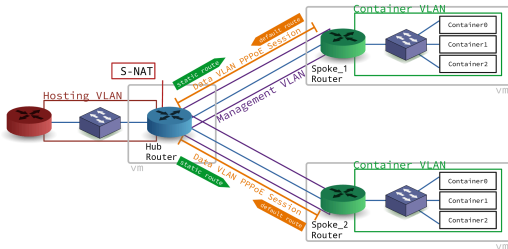


Topologie Hub & Spoke avec le protocole PPPoE

Philippe Latu
philippe.latu(at)inetdoc.net

<https://www.inetdoc.net>

Résumé



Ce support de travaux pratiques est une illustration d'une topologie réseau classique baptisée Hub & Spoke. Le Hub est un routeur qui concentre tous les flux des routeurs d'extrémités appelés Spoke. Les liaisons entre le Hub et les routeurs Spoke sont point à point et utilisent le protocole PPP. Avec la généralisation de la fibre optique dans les réseaux étendus (WAN), on doit encapsuler les trames PPP dans un VLAN Ethernet à l'aide de la technologie PPPoE.

Les manipulations proposées reprennent en grande partie celles du support **Routage inter-VLAN et protocole PPPoE "contexte Cloud"** en les adaptant à la topologie en triangle.

Table des matières

1. Copyright et Licence	1
2. Topologie Hub & Spoke - Protocole PPPoE	2
3. Routeur Hub (bleu)	4
4. Routeurs Spoke (vert)	8
5. Tests sur la topologie Hub & Spokes	13
6. Documents de référence	17

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 : [interco.pppoe.qa.pdf](#).

Toutes les commandes utilisées dans ce document ne sont pas spécifiques à une version particulière des systèmes UNIX ou GNU/Linux. C'est la distribution Debian GNU/Linux qui est utilisée pour les tests présentés. Voici une liste des paquets contenant les commandes :

- iproute2 - Outils de contrôle du trafic et du réseau
- ifupdown - High level tools to configure network interfaces

- iputils-ping - Tools to test the reachability of network hosts
- iputils-tracepath - Tools to trace the network path to a remote host
- ppp - Point-to-Point Protocol (PPP) - daemon
- pppoe - PPP over Ethernet driver

Aide à la mise au point

Afin de résoudre les problèmes de connexion et de configuration, la journalisation système constitue le principal canal d'information.

L'affichage des messages système est géré par le démon `rsyslogd` et/ou le service `systemd-journald`.

Dans le premier cas, `rsyslogd` stocke les messages dans les fichiers du répertoire `/var/log/`. Dans le cas des travaux pratiques, les informations nécessaires à la mise au point des connexions réseau se trouvent dans le fichier `/var/log/syslog`.

Pour visualiser les dernières lignes d'un journal système à la console on peut utiliser la commande `tail`.

```
tail -n 50 -f /var/log/syslog
```

Du point de vue droits sur le système de fichiers, la commande `tail` peut être utilisée au niveau utilisateur normal dès lors que celui-ci appartient au groupe `adm`. Les commandes `id` et `groups` permettent de connaître les groupes auxquels l'utilisateur courant appartient.

Dans le second cas, c'est la commande `journalctl` qui permet de visualiser les mêmes messages. Si on reprend l'exemple ci-dessus, la syntaxe est la suivante :

```
journalctl -n 50 -f
```

2. Topologie Hub & Spoke - Protocole PPPoE

Le Protocole Point à Point (PPP) est utilisé pour établir une communication directe entre deux hôtes. Il relie deux routeurs de façon logique au dessus d'une topologie de réseau physique qui peut comprendre divers composants et différentes technologies. Il permet aux deux extrémités en communication de négocier des paramètres de transmission tels que l'authentification, la compression et l'attribution d'adresses de couche réseau. Dans ce document, on utilise le protocole PPP au dessus d'un réseau Ethernet qui représente la technologie mise en œuvre par un opérateur Internet.

Comme un Ethernet est par définition un réseau de diffusion, il est nécessaire d'introduire un protocole intermédiaire appelé PPPoE qui sert à identifier les deux hôtes de la liaison logique point à point.

Ce support met en œuvre une "figure" classique appelée topologie Hub & Spoke. Voici une description des rôles des différents routeurs de cette topologie.

Hub

Traduit mot à mot, le rôle Hub correspond à un concentrateur.

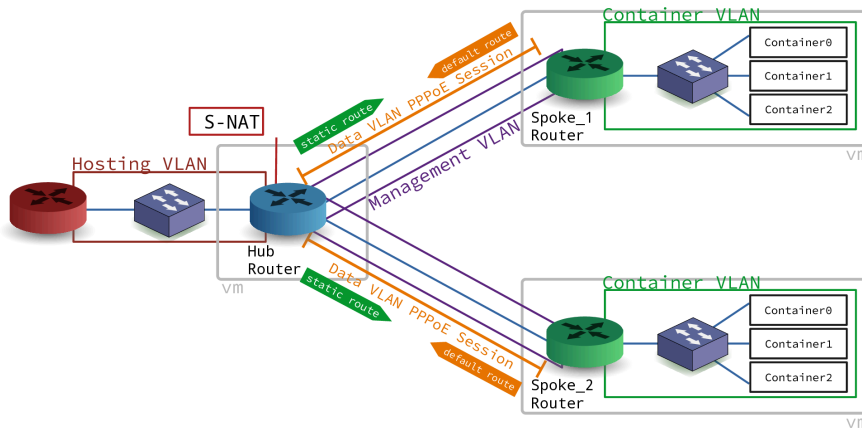
Il concentre tous les flux réseau des routeurs qui ont le rôle Spoke. En effet, les échanges entre deux routeurs Spoke doivent passer par le routeur Hub.

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.



Topologie entre deux routeurs Hub et Spoke avec PPPoE

Comme le montre le graphique ci-dessus, l'opérateur distingue 4 réseaux ou VLANs différents.

Raccordement Internet (rouge)

Ce réseau caractérise l'accès à l'Internet. Il s'agit de la dorsale de l'opérateur.

Management/Supervision (violet)

Ce réseau correspond à la gestion des équipements et à la supervision des liens en fibre optique. Il n'utilise que des adresses de lien local IPv6.

Données de l'entreprise cliente (orange)

C'est sur ce réseau que la session PPP est établie. L'entreprise cliente s'authentifie auprès du BRAS de l'opérateur et obtient en échange une adresse IPv4 et une adresse IPv6 qui permettent d'accéder à Internet.

Réseau de l'entreprise cliente (vert)

C'est le réseau des services hébergés sur son propre site par l'entreprise clients de l'opérateur. Ici, on choisit de déployer plusieurs conteneurs pour illustrer plusieurs hôtes ou serveurs dont le trafic doit transiter par la session PPP.

Voici le plan d'adressage de la maquette utilisée pour rédiger ce support de travaux pratiques.

Tableau 1. Maquette

Rôle	VLAN	Numéro	Type	Destination	Adresse/Authentification
Hub bleu	Rouge	360	Passerelle	-	192.168.104.129/29 fe80:168::1/64
	Violet	440	Lien local	Spoke1	fe80:1b8::1/64
	Orange	441	Point à point	Spoke1	10.44.1.1:10.44.1.2
	Violet	442	Lien local	Spoke2	fe80:1ba::1/64
	Orange	443	Point à point	Spoke2	10.44.3.1:10.44.3.2
Spoke1 Vert	Violet	440	Lien local	Hub	fe80:1b8::2/64
	Orange	441	Authentifiants	Hub	5p0k3_1 / 0I4ng3_1
	Vert	10	Passerelle	-	10.0.10.1/24 fda0:7a62:a::1/64
Spoke2	Violet	442	Lien local	Hub	fe80:1ba::2/64

Rôle	VLAN	Numéro	Type	Destination	Adresse/Authentification
Vert	Orange	443	Authentifiants	Hub	5p0k3_2 / 0r4ng3_2
	Vert	20	Passerelle	-	10.0.20.1/24 fda0:7a62:14::1/64

3. Routeur Hub (bleu)

Le rôle du routeur Hub est d'interconnecter un réseau de collecte opérateur (LAN) qui donne accès à l'Internet et plusieurs réseaux étendus (WAN) de raccordement de sites distants. Le routeur Hub assure aussi la fonction Broadband Remote Access Server (BRAS). C'est la raison pour laquelle il détient les adresses IPv4 et IPv6 à attribuer aux routeurs d'extrémité appelés Spoke.

Le routeur Hub doit aussi gérer l'encapsulation des trames PPP sur un réseau de diffusion Ethernet.

Cette section reprend essentiellement la partie **Routeur Hub (bleu)** du support **Routing inter-VLAN et protocole PPPoE "contexte Cloud"**. On doit cependant adapter la configuration des interfaces réseau du routeur Hub en ajoutant un second jeu d'interfaces pour le deuxième site distant.

Q1. Comment activer la fonction routage du sous-système réseau du noyau ?

Reprendre les mêmes actions que dans le support **Routing inter-VLAN et protocole PPPoE "contexte Cloud"**.

Il faut éditer le fichier `/etc/sysctl.conf` et appliquer les modifications.

```
sudo sed -i 's/#net.ipv4.ip_forward=1/net.ipv4.ip_forward=1/' /etc/sysctl.conf
sudo sed -i 's/#net.ipv6.conf.all.forwarding=1/net.ipv6.conf.all.forwarding=1/' /etc/sysctl.conf
sudo sysctl --system
```

Q2. Comment activer la traduction d'adresses sources pour tous les flux réseaux sortants sur le VLAN rouge ?

Reprendre les mêmes actions que dans le support **Routing inter-VLAN et protocole PPPoE "contexte Cloud"**.

Il faut créer une règle par protocole de couche réseau et sauvegarder ces deux règles dans les fichiers prévus pour la persistance au redémarrage.

- On débute par l'installation des paquets nécessaires au filtrage réseau et à la sauvegarde des règles.

```
sudo apt -y install iptables iptables-persistent
```

- On active la traduction des adresses source IPv4.

```
sudo iptables -t nat -A POSTROUTING -o enp0s1.360 -j MASQUERADE
sudo sh -c "iptables-save >/etc/iptables/rules.v4"
```

- On applique le même traitement pour IPv6.

```
sudo ip6tables -t nat -A POSTROUTING -o enp0s1.360 -j MASQUERADE
sudo sh -c "ip6tables-save >/etc/iptables/rules.v6"
```

Q3. Quel est le paquet qui fournit le démon de gestion du dialogue PPPoE ?

Dans un réseau de diffusion, il est nécessaire d'identifier les deux extrémités qui vont établir une session PPP.

C'est le paquet `pppoe`. Il a pour dépendance le paquet `ppp`.

```
sudo apt -y install pppoe
```

Q4. Dans quel fichier sont stockés les paramètres passés au démon `pppd` lors du lancement du serveur PPPoE ?

Consulter les pages de manuels de l'outil pppoe-server.

C'est le fichier `/etc/ppp/pppoe-server-options` qui contient la liste des paramètres utilisés lors du dialogue PPP.

Ce fichier contient tous les paramètres communs aux deux démons `pppd` qui sont lancés via `pppoe-server`. Voici comment créer le fichier.

```
cat << EOF | sudo tee /etc/ppp/pppoe-server-options
login
require-chap
nodefaultroute
ms-dns 172.16.0.2
+ipv6
EOF
```

- Q5. Comment créer les comptes utilisateurs locaux sur le routeur Hub sachant qu'ils ne sont autorisés ni à se connecter ni à avoir un répertoire personnel ?

Consulter les options de la commande `adduser`.

Voici un exemple dans le contexte de la maquette.

```
sudo adduser --gecos 'Spoke 1' --disabled-login --no-create-home --force-badname 5p0k3_1
sudo adduser --gecos 'Spoke 2' --disabled-login --no-create-home --force-badname 5p0k3_2
```

- Q6. Dans quel fichier sont stockés les paramètres d'identité et d'authentification utilisés par le protocole CHAP ?

Consulter les pages de manuels du démon `pppd` à la section AUTHENTICATION.

C'est le fichier `/etc/ppp/chap-secrets` qui contient les couples login/password utilisés lors de l'authentification.

- Q7. Comment ajouter les authentifiants des deux routeurs Spoke dans le fichier d'authentification CHAP ?

Voici une copie du fichier dans le contexte de la maquette. Seuls les noms d'utilisateur et les mots de passe comptent.

```
# Secrets for authentication using CHAP
# client server secret IP addresses
"5p0k3_1" * "0r4ng3_1" *
"5p0k3_2" * "0r4ng3_2" *
```

- Q8. Quel paramètre supplémentaire doit être ajouté à la configuration de la commande `pppoe-server` pour distinguer les échanges entre les deux routeurs Spoke ?

Relativement au support **Routage inter-VLAN et protocole PPPoE "contexte Cloud"**, il est essentiel de définir correctement les routes statiques vers les réseaux d'extrémité de chaque routeur Spoke.

Consulter les options de la commande `pppoe-server`.

L'option `-u` permet de désigner une "unité" qui sert à nommer l'interface. Par exemple, `-u 0` correspond à l'interface `ppp0`.

- Q9. Comment éditer le fichier `/etc/network/interfaces` pour ouvrir le raccordement des deux sites distants ?

Reprendre la configuration du support **Routage inter-VLAN et protocole PPPoE "contexte Cloud"** en la complétant.

- Ajouter l'option `-u` suivie du numéro de l'interface `ppp` utilisée pour la session vers un site distant donné. Ce numéro conditionne l'ajout des routes statiques vers les réseaux de conteneurs.

- Ajouter une condition spécifique à l'arrêt du processus `pppoe-server` relatif à un site distant unique. Il ne faut pas que l'arrêt d'une liaison vers un site provoque l'arrêt de toutes les liaisons.

Voici une copie du fichier de configuration réseau système dans le contexte de la maquette.

```
# This file describes the network interfaces available on your system
# and how to activate them. For more information, see interfaces(5).

source /etc/network/interfaces.d/*

# The loopback network interface
auto lo
iface lo inet loopback

# The primary network interface
auto enp0s1
iface enp0s1 inet manual
    up ip link set dev $IFACE up
    down ip link set dev $IFACE down

# ----- VLAN ROUGE -----
auto enp0s1.360
iface enp0s1.360 inet static
    address 192.168.104.130/29
    gateway 192.168.104.129
    dns-nameserver 172.16.0.2

iface enp0s1.360 inet6 static
    address 2001:678:3fc:168::2/64
    gateway fe80:168::1

# ----- VLAN VIOLET SPOKE 1 -
auto enp0s1.440
iface enp0s1.440 inet6 static
    address fe80:1b8::1/64

# ----- VLAN ORANGE SPOKE 1 -
auto enp0s1.441
iface enp0s1.441 inet manual
    up ip link set dev $IFACE up
    up pppoe-server -I $IFACE -C BRAS -L 10.44.1.1 -R 10.44.1.2 -N 1 -u 0
    down kill $(ps aux | egrep "[pppoe]-server.*$IFACE" | tr -s [:blank:] | cut -d ' ' -f 2)
    down ip link set dev $IFACE down

# ----- VLAN VIOLET SPOKE 2 -
auto enp0s1.442
iface enp0s1.442 inet6 static
    address fe80:1ba::1/64

# ----- VLAN ORANGE SPOKE 2 -
auto enp0s1.443
iface enp0s1.443 inet manual
    up ip link set dev $IFACE up
    up pppoe-server -I $IFACE -C BRAS -L 10.44.3.1 -R 10.44.3.2 -N 1 -u 1
    down kill $(ps aux | egrep "[pppoe]-server.*$IFACE" | tr -s [:blank:] | cut -d ' ' -f 2)
    down ip link set dev $IFACE down
```

Q10. Comment ajouter les routes statiques vers les réseaux locaux IPv4 et IPv6 de chaque site distant lors de l'ouverture de la session PPP propre à un site ?

- L'utilisation de l'option `-u` du démon `pppoe-server` fixe le numéro d'interface PPP et on peut l'utiliser pour traiter cette question.
- Pour IPv6, la liaison PPP n'utilise que des adresses de lien local générées dynamiquement puisqu'il s'agit d'un réseau de transit entre deux routeurs. Il est donc nécessaire d'utiliser le numéro d'interface pour appliquer la route statique vers le réseau local d'un site donné.

Voici comment créer un script exécutable `/etc/ppp/ip-up.d/staticroute` pour IPv4 qui utilise les adresses d'extrémités de la maquette.

```
cat << 'EOF' | sudo tee /etc/ppp/ip-up.d/staticroute
#!/bin/bash

if [ -z "${CONNECT_TIME}" ]; then
  case "${PPP_IFACE}" in
    "ppp0")
      ip route add 10.0.10.0/24 dev ${PPP_IFACE}
      ;;
    "ppp1")
      ip route add 10.0.20.0/24 dev ${PPP_IFACE}
      ;;
  esac
fi
EOF
```

```
sudo chmod +x /etc/ppp/ip-up.d/staticroute
```

Voici comment créer un script exécutable /etc/ppp/ipv6-up.d/staticroute pour IPv6. Cette fois-ci, on distingue bien la route statique à appliquer en fonction de la session PPP.

```
cat << 'EOF' | sudo tee /etc/ppp/ipv6-up.d/staticroute
#!/bin/bash

if [ -z "${CONNECT_TIME}" ]; then
  case "${PPP_IFACE}" in
    "ppp0")
      ip -6 route add fda0:7a62:a::/64 dev ${PPP_IFACE}
      ;;
    "ppp1")
      ip -6 route add fda0:7a62:14::/64 dev ${PPP_IFACE}
      ;;
  esac
fi
EOF
```

```
sudo chmod +x /etc/ppp/ipv6-up.d/staticroute
```

4. Routeurs Spoke (vert)

Dans le scénario défini dans la [Section 2, « Topologie Hub & Spoke - Protocole PPPoE »](#), un routeur de site d'extrémité ou Spoke ne peut accéder aux autres réseaux que via le routeur Hub. Son interface WAN joue donc le rôle de route par défaut pour le réseau local des hôtes hébergé sur un site distant.

Dans le contexte de ces manipulations, le réseau local de site est représenté par des conteneurs LXD raccordés à un commutateur virtuel.

Cette section, comme la précédente, reprend la partie [Routeur Spoke \(vert\)](#) du support [Routage inter-VLAN et protocole PPPoE "contexte Cloud"](#).

Les routeurs Spoke utilisent un démon `pppd` dans le VLAN Data (Orange) pour établir une session PPP avec le routeur Hub.

Avant d'aborder les questions ci-dessous, il faut s'assurer que :

- Le routage est activé.
- Le paquet `ppp` est installé.
- Le fichier `/etc/ppp/chap-secrets` contenant les authentifiants pour l'établissement de la session PPP est complété.
- Le fichier `/etc/ppp/peers/pppoe-provider` de définition du profil de session PPP est créé.
Attention au nom d'utilisateur qui doit correspondre à l'entrée du fichier `/etc/ppp/chap-secrets` !
Attention au numéro de VLAN de la sous-interface qui doit désigner la bon côté du triangle !
- Le fichier `/etc/network/interfaces` doit contenir une définition d'interface qui appelle le profil de session `pppoe-provider`.

Q11. Quels sont les messages des journaux système qui montrent que la session PPP a bien été établie ?

Après avoir consulté la page [Point-to-Point Protocol](#) repérer les messages relatifs aux deux sous-couches LCP et NCP du protocole PPP.

sur le routeur Spoke-1 de la maquette, on relève les messages suivants à l'aide de l'une des deux commandes suivantes :

```
grep -i ppp /var/log/syslog
```

```
journalctl /usr/sbin/pppd
```

- Lancement du démon `pppd`.

```
ifup[668]: Plugin rp-pppoe.so loaded.
Spoke-1 kernel: [ 6.973809] PPP generic driver version 2.4.2
Spoke-1 pppd[670]: pppd 2.4.9 started by root, uid 0
Spoke-1 kernel: [ 7.032091] NET: Registered PF_PPPOX protocol family
```

- Reconnaissance des extrémités de la liaison point à point avec le protocole PPPoE


```

pppd[670]: Send PPPOE Discovery V1T1 PADI session 0x0 length 12
pppd[670]: dst ff:ff:ff:ff:ff:ff src b8:ad:ca:fe:00:c9
pppd[670]: [service-name] [host-uniq 9e 02 00 00]
pppd[670]: Recv PPPOE Discovery V1T1 PADO session 0x0 length 44
pppd[670]: dst b8:ad:ca:fe:00:c9 src b8:ad:ca:fe:00:c8
pppd[670]: [AC-name BRAS] [service-name] [AC-cookie 0f 2a 7b 0a 70 6e 44 fb f5 6d 81 5f 8b 21
pppd[670]: Send PPPOE Discovery V1T1 PADR session 0x0 length 36
pppd[670]: dst b8:ad:ca:fe:00:c8 src b8:ad:ca:fe:00:c9
pppd[670]: [service-name] [host-uniq 9e 02 00 00] [AC-cookie 0f 2a 7b 0a 70 6e 44 fb f5 6d 8
pppd[670]: Recv PPPOE Discovery V1T1 PADS session 0x1 length 12
pppd[670]: dst b8:ad:ca:fe:00:c9 src b8:ad:ca:fe:00:c8
pppd[670]: [service-name] [host-uniq 9e 02 00 00]
pppd[670]: PADS: Service-Name: ''
pppd[670]: PPP session is 1
pppd[670]: Connected to b8:ad:ca:fe:00:c8 via interface enp0s1.441

```

- Négociation des paramètres et authentification dans la sous-couche LCP.

```

pppd[670]: using channel 1
pppd[670]: Using interface ppp0
pppd[670]: Connect: ppp0 <-> enp0s1.441
pppd[670]: sent [LCP ConfReq id=0x1 <mru 1492> <magic 0x4569d495>]
pppd[670]: rcvd [LCP ConfReq id=0x1 <mru 1492> <auth chap MD5> <magic 0x26452256>]
pppd[670]: sent [LCP ConfAck id=0x1 <mru 1492> <auth chap MD5> <magic 0x26452256>]
pppd[670]: sent [LCP ConfReq id=0x1 <mru 1492> <magic 0x4569d495>]
pppd[670]: rcvd [LCP ConfAck id=0x1 <mru 1492> <magic 0x4569d495>]
pppd[670]: sent [LCP EchoReq id=0x0 magic=0x4569d495]
pppd[670]: rcvd [LCP EchoReq id=0x0 magic=0x26452256]
pppd[670]: sent [LCP EchoRep id=0x0 magic=0x4569d495]
pppd[670]: rcvd [CHAP Challenge id=0xe9 <4d86c0171d670c9a2aa94a15af489c0185>, name = "Hub"]
pppd[670]: sent [CHAP Response id=0xe9 <3eb3fe9ab25da4b1536cbfa8c24583ba>, name = "5p0k3_1"]
pppd[670]: rcvd [LCP EchoRep id=0x0 magic=0x26452256]
pppd[670]: rcvd [CHAP Success id=0xe9 "Access granted"]
pppd[670]: CHAP authentication succeeded: Access granted
pppd[670]: CHAP authentication succeeded
pppd[670]: peer from calling number B8:AD:CA:FE:00:C8 authorized

```

- Attribution des adresses dans la sous-couche NCP. Ici, la lettre N est remplacée par IP pour le protocole IPv4 et IPV6 pour le protocole IPv6.

En fin de copie d'écran, on relève le statut des scripts d'application des routes par défaut vers la liaison PPP.

```

pppd[670]: sent [IPCP ConfReq id=0x1 <addr 0.0.0.0> <ms-dns1 0.0.0.0> <ms-dns2 0.0.0.0>]
pppd[670]: sent [IPV6CP ConfReq id=0x1 <addr fe80::98cd:4c17:10de:cd80>]
pppd[670]: rcvd [CCP ConfReq id=0x1 <deflate 15> <deflate(old#) 15> <bsd v1 15>]
pppd[670]: sent [CCP ConfReq id=0x1]
pppd[670]: sent [CCP ConfRej id=0x1 <deflate 15> <deflate(old#) 15> <bsd v1 15>]
pppd[670]: rcvd [IPCP ConfReq id=0x1 <compress VJ 0f 01> <addr 10.44.1.1>]
pppd[670]: sent [IPCP ConfRej id=0x1 <compress VJ 0f 01>]
pppd[670]: rcvd [IPV6CP ConfReq id=0x1 <addr fe80::6d60:51b9:d944:ff96>]
pppd[670]: sent [IPV6CP ConfAck id=0x1 <addr fe80::6d60:51b9:d944:ff96>]
pppd[670]: rcvd [IPCP ConfNak id=0x1 <addr 10.44.1.2> <ms-dns1 172.16.0.2> <ms-dns2 172.16.0.2>]
pppd[670]: sent [IPCP ConfReq id=0x2 <addr 10.44.1.2> <ms-dns1 172.16.0.2> <ms-dns2 172.16.0.2>]
pppd[670]: rcvd [IPV6CP ConfAck id=0x1 <addr fe80::98cd:4c17:10de:cd80>]
pppd[670]: local LL address fe80::98cd:4c17:10de:cd80
pppd[670]: remote LL address fe80::6d60:51b9:d944:ff96
pppd[670]: Script /etc/ppp/ipv6-up started (pid 698)
pppd[670]: rcvd [CCP ConfAck id=0x1]
pppd[670]: rcvd [CCP ConfReq id=0x2]
pppd[670]: sent [CCP ConfAck id=0x2]
pppd[670]: rcvd [IPCP ConfReq id=0x2 <addr 10.44.1.1>]
pppd[670]: sent [IPCP ConfAck id=0x2 <addr 10.44.1.1>]
pppd[670]: rcvd [IPCP ConfAck id=0x2 <addr 10.44.1.2> <ms-dns1 172.16.0.2> <ms-dns2 172.16.0.2>]
pppd[670]: Script /etc/ppp/ip-pre-up started (pid 700)
pppd[670]: Script /etc/ppp/ip-pre-up finished (pid 700), status = 0x0
pppd[670]: local IP address 10.44.1.2
pppd[670]: remote IP address 10.44.1.1
pppd[670]: primary DNS address 172.16.0.2
pppd[670]: secondary DNS address 172.16.0.2
pppd[670]: Script /etc/ppp/ip-up started (pid 703)
pppd[670]: Script /etc/ppp/ipv6-up finished (pid 698), status = 0x0
pppd[670]: Script /etc/ppp/ip-up finished (pid 703), status = 0x0

```

Q12. Comment installer et configurer le commutateur virtuel qui permet de raccorder les conteneurs dans le réseau dédié (vert) ?

Reprendre les traitements réalisés dans la section sur l'activation du commutateur virtuel du support **Routage inter-VLAN et protocole PPPoE "contexte Cloud"**.

Pour traiter cette question, il faut :

- Installer le paquet `openvswitch-switch` pour créer les commutateurs.
- Ajouter les définitions des commutateurs dans le fichier de configuration `/etc/network/interfaces`.
- Activer les nouvelles interfaces réseau SVI (Switched Virtual Interface).

On obtient les résultats suivants pour le routeur Spoke-1 avec le VLAN numéro 10.

- Configuration du commutateur virtuel `asw-host`.

```

sudo ovs-vsctl show
338deea5-c400-4250-8c2b-02d38b8138b8
    Bridge asw-host
        Port sw-vlan10
            tag: 10
            Interface sw-vlan10
                type: internal
        Port asw-host
            Interface asw-host
                type: internal
    ovs_version: "2.17.2"

```

- Table de routage IPv4.

```

ip route ls
default dev ppp0 scope link
10.0.10.0/24 dev sw-vlan10 proto kernel scope link src 10.0.10.1
10.44.1.1 dev ppp0 proto kernel scope link src 10.44.1.2

```

- Table de routage IPv6.

```
ip -6 route ls dev sw-vlan10
fda0:7a62:a::/64 proto kernel metric 256 pref medium
fe80::/64 proto kernel metric 256 pref medium
```

- Q13. Comment configurer le gestionnaire de conteneur LXD pour que tous les conteneurs soient automatiquement placés dans le bon VLAN avec un adressage IPv6 de type SLAAC et un adressage IPv4 automatisé à l'aide de scripts ?

Reprendre les traitements réalisés dans les sections sur l'installation et la configuration du gestionnaire de conteneur LXD du support **Routage inter-VLAN et protocole PPPoE "contexte Cloud"**.

Pour traiter cette question, il faut :

- Installer le paquet snapd.
- Installer le snap lxd.
- Initialiser la configuration du gestionnaire de conteneur avec la commande lxd init.
- Installer et configurer le service radvd qui assure l'adressage automatique IPv6 SLAAC.

Pour valider le résultat, on affiche le profil de configuration par défaut des conteneurs qui montre que le raccordement au commutateur se fera dans le bon VLAN.

```
lxc profile show default
config: {}
description: Default LXD profile
devices:
  eth0:
    name: eth0
    nictype: bridged
    parent: sw-vlan10
    type: nic
  root:
    path: /
    pool: default
    type: disk
name: default
used_by: []
```

Pour l'adressage automatique IPv6, on doit se contenter de l'état du service à ce stade.

```
systemctl status radvd
• radvd.service - Router advertisement daemon for IPv6
  Loaded: loaded (/lib/systemd/system/radvd.service; enabled; preset: enabled)
  Active: active (running) since Sat 2022-10-22 15:15:00 CEST; 9s ago
  Docs: man:radvd(8)
  Process: 5022 ExecStartPre=/usr/sbin/radvd --logmethod stderr_clean --configtest (code=exited)
  Process: 5023 ExecStart=/usr/sbin/radvd --logmethod stderr_clean (code=exited, status=0/SUCCESS)
  Main PID: 5024 (radvd)
  Tasks: 2 (limit: 1114)
  Memory: 516.0K
  CPU: 30ms
  CGroup: /system.slice/radvd.service
          └─5024 /usr/sbin/radvd --logmethod stderr_clean
             └─5025 /usr/sbin/radvd --logmethod stderr_clean

oct. 22 15:15:00 Spoke-1 systemd[1]: Starting Router advertisement daemon for IPv6...
oct. 22 15:15:00 Spoke-1 radvd[5022]: config file, /etc/radvd.conf, syntax ok
oct. 22 15:15:00 Spoke-1 radvd[5023]: version 2.18 started
oct. 22 15:15:00 Spoke-1 systemd[1]: Started Router advertisement daemon for IPv6.
```

- Q14. Comment lancer la création et relever les adresses utilisées par les conteneurs LXD après installation et configuration de 3 conteneurs dans le VLAN vert ?


```
>>>> from Spoke-1 c0 to Spoke-2 c0
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
>>>> from Spoke-1 c1 to Spoke-2 c1
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
>>>> from Spoke-1 c2 to Spoke-2 c2
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
```

```
for i in {0..2}
do
echo ">>>> from Spoke-1 c$i to Spoke-2 c$i"
lxc exec c$i -- wget -O /dev/null http://[fda0:7a62:14::$(printf "%x" $((i + 10)))] 2>&1 | grep
done
```

```
>>>> from Spoke-1 c0 to Spoke-2 c0
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
>>>> from Spoke-1 c1 to Spoke-2 c1
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
>>>> from Spoke-1 c2 to Spoke-2 c2
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
```

Q21. Est-il possible d'obtenir les mêmes résultats depuis un routeur extérieur au routeur Hub ?
Analyser la portée de la table de routage du routeur Hub.

La table de routage du routeur Hub sert uniquement à joindre les routeurs Spoke et à offrir une connectivité entre ces sites distants.

Comme les règles de traduction des adresses source IPv4 et IPv6 ont été implantées sur le routeur Hub, les réseaux de conteneurs ont accès à Internet mais ils ne sont pas accessibles depuis Internet.

Rendre ces services accessibles depuis l'Internet est un des objectifs du support de travaux pratiques suivant : [Filtrage réseau avec netfilter/iptables](#).

6. Documents de référence

The Point-to-Point Protocol (PPP)

RFC1661 The Point-to-Point Protocol (PPP) : Le protocole point à point PPP fournit une méthode standard de transport de datagrammes multi-protocoles sur des liaisons point à point. PPP comprend 3 composants principaux :

1. Une méthode d'encapsulation des datagrammes multi-protocoles.
2. Un protocole de contrôle de niveau liaison ou Link Control Protocol (LCP) pour établir, configurer et tester une connexion de données à ce niveau.
3. Une famille de protocoles de contrôle de niveau réseau pour établir et configurer différents protocoles de niveau réseau.

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.