

Lab MPLS, LDP, RSVP-TE et VM

Le document présente la configuration de bout en bout de ton lab **MPLS** intégrant **LDP** et **RSVP-TE**, ainsi que l'intégration de machines virtuelles (**VM**) en tant que clients. Ce guide se base sur une topologie comportant 4 routeurs (**R1, R2, R3 et R4**) interconnectés en **OSPF**, avec MPLS activé sur toutes les interfaces pertinentes. Nous aborderons également la configuration d'un **tunnel RSVP-TE** sur le chemin de **R1 à R4**, et la configuration réseau côté client sur une **VM**.

I. Topologie et Adressage

Pour simplifier, utilisons les adresses suivantes :

A. Routeurs MPLS

- **Interfaces interconnectées** (exemple, on suppose que chaque lien est en /24) :
 - **R1 – R2** :
 - R1 : f0/0 → 10.0.12.1/24
 - R2 : f0/0 → 10.0.12.2/24
 - **R2 – R3** :
 - R2 : f0/1 → 10.0.23.1/24
 - R3 : f0/0 → 10.0.23.2/24
 - **R3 – R4** :
 - R3 : f0/1 → 10.0.34.1/24
 - R4 : f0/0 → 10.0.34.2/24
- **Loopbacks** (pour l'ID MPLS et OSPF) :
 - R1 : Loopback0 → 1.1.1.1/32
 - R2 : Loopback0 → 2.2.2.2/32
 - R3 : Loopback0 → 3.3.3.3/32
 - R4 : Loopback0 → 4.4.4.4/32

B. Réseau Clients

Les clients (VM) seront placés dans un sous-réseau relié par un routeur. Par exemple, attache une VM à R1 via une interface dédiée ou via une appliance “Cloud” dans GNS3.

- **Interface VM – Routeur côté client** :
 - Supposons que l'interface du routeur reliée à la VM (R1) utilise le réseau 192.168.10.0/24

- R1 (interface client) : 192.168.10.1/24
 - VM Client : 192.168.10.2/24, passerelle par défaut : 192.168.10.1
-

II. Configuration des Routeurs MPLS

Nous allons d'abord détailler la configuration commune à tous les routeurs, puis la configuration spécifique pour LDP et RSVP-TE.

Note : Adapte les noms d'interfaces et les adresses selon ta topologie et tes interfaces physiques virtuelles dans GNS3.

A. Configuration de Base et OSPF sur chaque Routeur

Exemple pour R1

```
! Configuration de l'interface vers R2
interface FastEthernet0/0
  description Lien vers R2
  ip address 10.0.12.1 255.255.255.0
  no shutdown
  mpls ip

! Interface vers le client (pour la VM)
interface FastEthernet0/1
  description Lien client VM
  ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
  no shutdown
  ! (Pas forcément MPLS sur cette interface, sauf si tu veux faire du MPLS
  sur le client)

! Loopback (ID du routeur)
interface Loopback0
  ip address 1.1.1.1 255.255.255.255

! Configuration OSPF
router ospf 1
  router-id 1.1.1.1
  network 10.0.12.0 0.0.0.255 area 0
  network 192.168.10.0 0.0.0.255 area 0
  network 1.1.1.1 0.0.0.0 area 0
!
```

R2, R3 et R4 (Schéma similaire)

R2

```
! Interface vers R1
interface FastEthernet0/0
  description Lien vers R1
  ip address 10.0.12.2 255.255.255.0
  no shutdown
  mpls ip
```

```

! Interface vers R3
interface FastEthernet0/1
  description Lien vers R3
  ip address 10.0.23.1 255.255.255.0
  no shutdown
  mpls ip

! Loopback
interface Loopback0
  ip address 2.2.2.2 255.255.255.255

! OSPF
router ospf 1
  router-id 2.2.2.2
  network 10.0.12.0 0.0.0.255 area 0
  network 10.0.23.0 0.0.0.255 area 0
  network 2.2.2.2 0.0.0.0 area 0
!

```

R3

```

! Interface vers R2
interface FastEthernet0/0
  description Lien vers R2
  ip address 10.0.23.2 255.255.255.0
  no shutdown
  mpls ip

! Interface vers R4
interface FastEthernet0/1
  description Lien vers R4
  ip address 10.0.34.1 255.255.255.0
  no shutdown
  mpls ip

! Loopback
interface Loopback0
  ip address 3.3.3.3 255.255.255.255

! OSPF
router ospf 1
  router-id 3.3.3.3
  network 10.0.23.0 0.0.0.255 area 0
  network 10.0.34.0 0.0.0.255 area 0
  network 3.3.3.3 0.0.0.0 area 0
!

```

R4

```

! Interface vers R3
interface FastEthernet0/0
  description Lien vers R3
  ip address 10.0.34.2 255.255.255.0
  no shutdown
  mpls ip

! Loopback
interface Loopback0
  ip address 4.4.4.4 255.255.255.255

```

```
! OSPF
router ospf 1
  router-id 4.4.4.4
  network 10.0.34.0 0.0.0.255 area 0
  network 4.4.4.4 0.0.0.0 area 0
!
```

B. Activation de MPLS et LDP

Pour utiliser LDP comme protocole de distribution de labels, ajoutez ces lignes de configuration sur **tous les routeurs** (dans la configuration globale) :

```
! Activation de MPLS sur le routeur
mpls ip

! Activation de LDP et configuration du router-id à partir de la loopback
mpls label protocol ldp
mpls ldp router-id Loopback0 force
!
```

Remarque : La commande « mpls ip » doit être appliquée sur chaque interface traversée par le trafic MPLS (côté interfaces inter-routeurs).

Vérification LDP (depuis n'importe quel routeur)

```
show mpls ldp neighbor
show mpls forwarding-table
```

C. Configuration RSVP-TE (Tunnel Traffic Engineering)

Nous allons configurer un tunnel MPLS Traffic Engineering (TE) sur le chemin R1 → R2 → R3 → R4. Pour ce faire, nous allons :

1. Activer les fonctionnalités RSVP sur les routeurs.
2. Activer le trafic engineering.
3. Définir un chemin explicite.
4. Créer une interface tunnel.

1. Activation RSVP et MPLS TE

Sur **tous les routeurs participant au tunnel TE** (R1 à R4), ajoutez :

```
! Activer RSVP et définir une bande passante (exemple)
interface FastEthernet0/0
  ip rsvp bandwidth 100000 10000
!
! Activer le trafic engineering MPLS
mpls traffic-eng tunnels
```

Appliquez la commande « ip rsvp bandwidth » sur toutes les interfaces concernées par RSVP.

2. Définir un Chemin Explicite sur R1

Définir le chemin explicite (en nommant la séquence d'adresses) qui sera suivi par le tunnel.

```
! Définition d'un chemin explicite (nommé PATH1)
ip explicit-path name PATH1 enable
  next-address 2.2.2.2
  next-address 3.3.3.3
  next-address 4.4.4.4
!
```

3. Création de l'Interface Tunnel sur R1

Sur R1, créer un tunnel TE vers R4.

```
interface Tunnel0
  description Tunnel TE de R1 à R4
  ip unnumbered Loopback0
  tunnel mode mpls traffic-eng
  tunnel destination 4.4.4.4
  tunnel mpls traffic-eng bandwidth 1000
  tunnel mpls traffic-eng path-option 1 explicit name PATH1
!
```

Ici, l'interface tunnel récupère l'adresse IP depuis la loopback et le tunnel est configuré pour utiliser MPLS-TE avec le chemin explicite « PATH1 ».

La bande passante allouée (1000 Kbps) est un exemple, à ajuster en fonction de tes besoins.

4. Vérifications RSVP-TE

Pour vérifier l'état du tunnel et des voisins RSVP :

```
show mpls traffic-eng tunnels
show ip rsvp neighbor
```

III. Configuration des Machines Clients (VM)

Pour que la VM cliente se connecte au lab, on suppose que la VM utilise Linux (exemple Ubuntu). La configuration se fait par Netplan ou par modification de fichiers réseau classiques.

Exemple de Fichier de Configuration avec Netplan

Créez ou modifiez le fichier YAML (par exemple, /etc/netplan/01-netcfg.yaml) avec le contenu suivant :

```
network:
  version: 2
```

```
renderer: networkd
ethernets:
  eth0:
    addresses:
      - 192.168.10.2/24
    gateway4: 192.168.10.1
    nameservers:
      addresses:
        - 8.8.8.8
        - 8.8.4.4
```

Puis, appliquez la configuration :

```
sudo netplan apply
```

Conseil :

- Vérifiez que la machine dispose bien de la connectivité avec le routeur R1 en effectuant un ping vers 192.168.10.1.
 - En cas d'utilisation d'un autre système (Debian ou CentOS), la configuration se fera via le fichier `/etc/network/interfaces` ou le gestionnaire de réseau approprié.
-

IV. Tests et Validation du Lab

1. Vérifier la Connectivité

- Depuis la VM, effectue un « ping 192.168.10.1 » pour vérifier la liaison avec R1.
- De R1, ping vers 4.4.4.4 (loopback de R4) pour valider OSPF et MPLS.

2. Vérifier LDP et MPLS

- Sur chacun des routeurs, exécute :

```
show mpls ldp neighbor
show mpls forwarding-table
```

pour s'assurer que les voisins LDP sont bien adjacents et que les labels sont correctement attribués.

3. Vérifier le Tunnel RSVP-TE

- Sur R1, exécute :

```
show mpls traffic-eng tunnels
```

pour observer l'état du tunnel TE.

- Vérifie également les voisins RSVP avec :

```
show ip rsvp neighbor
```

4. Tests de Trafic

- Utilise des outils comme `ping`, `traceroute` ou `iperf` depuis la VM pour tester le trafic client.
 - Compare les chemins et les temps de latence pour observer la différence lorsque le tunnel TE est activé.
-

V. Scénarios Avancés et Conseils

- **Redondance et Fast Reroute (FRR)** : Dans un lab avancé, tu peux ajouter une deuxième liaison ou tunnel pour tester la rapidité de basculement en cas de défaillance.
- **Surveillance et Debug** : Active le logging et utilise des commandes de debug (par exemple, `debug mpls ldp events` ou `debug ip rsvp neighbor`) pour observer le comportement en temps réel.
- **Sécurité et Isolation** : Pense à isoler le trafic du lab de ton réseau de production en utilisant des VLANs ou des réseaux dédiés dans GNS3.

VI- Questions de Réflexion

1. Comparaison LDP vs RSVP-TE

- Quelle est la principale différence entre LDP et RSVP-TE en termes de fonctionnement et d'objectifs ?
- Dans quels cas RSVP-TE est-il préférable à LDP ?
- Pourquoi le chemin d'un tunnel RSVP-TE ne suit-il pas forcément la table de routage ?

2. Loopback et router-id

- Pourquoi utilise-t-on les interfaces loopback comme `router-id` dans les protocoles comme OSPF, LDP et RSVP ?
- Que se passe-t-il si le router-id change dynamiquement ? Est-ce une bonne pratique ?

3. MPLS et OSPF

- Pourquoi l'activation de MPLS est-elle couplée à OSPF dans ce lab ?
- Peut-on utiliser MPLS avec d'autres protocoles de routage que OSPF ? Donnez des exemples.

4. Qualité de Service (QoS)

- Comment RSVP peut-il participer à la gestion de la qualité de service (QoS) dans un réseau MPLS ?
- Quels types de services ou d'applications bénéficient d'un tunnel TE avec bande passante réservée ?

5. Scalabilité

- Selon vous, entre LDP et RSVP-TE, lequel est le plus scalable pour un backbone de plusieurs centaines de routeurs ? Pourquoi ?

VII- Tests Pratiques à Réaliser

1. Test de Connectivité

- Effectuer un ping entre la VM cliente et la loopback de R4 (4.4.4.4). Le trafic passe-t-il bien ?
- Utiliser `traceroute` depuis la VM pour observer le chemin suivi. Le tunnel RSVP est-il utilisé ?

2. Observation du Tunnel

- Sur R1, utiliser la commande :

```
bash
CopierModifier
show mpls traffic-eng tunnels
```

Que montre cette commande ? Le tunnel est-il opérationnel ? Quel est son état (up/down/admin) ?

3. Simulation de Panne

- Éteindre l'interface entre R2 et R3.
 - Que devient le tunnel RSVP-TE ?
 - Peut-on toujours atteindre la destination (R4) via un chemin alternatif ?
 - LDP permet-il de rerouter automatiquement le trafic dans ce cas ?

4. Analyse de la Table MPLS

- Afficher la **table de commutation MPLS** avec :

```
bash
CopierModifier
show mpls forwarding-table
```

- Quel label est associé à la destination 4.4.4.4 sur chaque routeur ?
- Que se passe-t-il si un label est supprimé ou erroné (test via `debug`) ?

5. Configuration Dynamique

- Modifier le chemin explicite du tunnel RSVP-TE pour contourner un routeur (par exemple, éviter R3).
 - Comment fait-on ?
 - Le tunnel est-il toujours fonctionnel ?

6. Observation du trafic

- Lancer un `iperf` entre deux VMs connectées aux extrémités du tunnel.
 - Quelle est la bande passante observée ?
 - Le tunnel respecte-t-il la bande passante réservée (si testée dans GNS3) ?

Bonus – Défi

Propose à tes étudiants ce mini-défi :

"Ajoutez un deuxième tunnel RSVP-TE parallèle au premier avec un chemin différent (par exemple via un lien $R1 \rightarrow R3 \rightarrow R4$), puis configurez une bascule manuelle entre les deux tunnels selon les besoins de trafic."