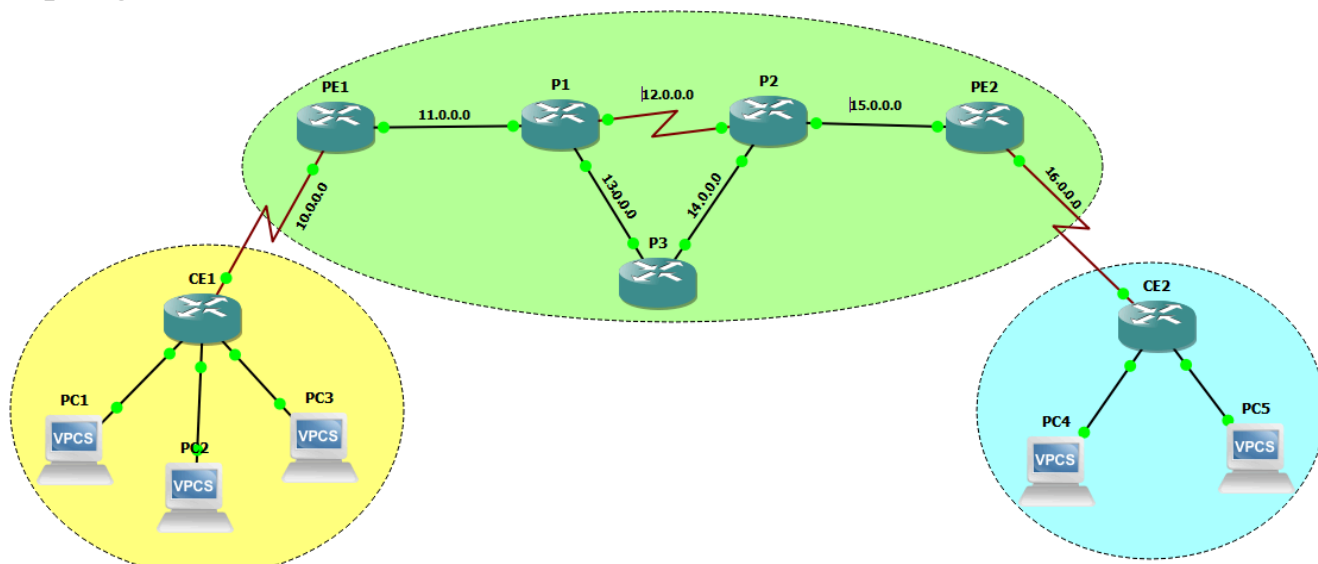


TP4 : La commutation MPLS

Objectifs :

1. Comprendre le principe de fonctionnement de MPLS.
2. Comprendre la distribution des Labels MPLS avec LDP.

Topologie



Tables d'adressage

| Périphérique | Interface avec | Adresse IPv4 | Masque de sous-réseau |
|--------------|----------------|--------------|-----------------------|
| CE1 | PE1 | 10.0.0.1 | 255.255.255.252 |
| | PC1 | 192.168.1.1 | 255.255.255.0 |
| | PC2 | 192.168.2.1 | 255.255.255.0 |
| | PC3 | 192.168.3.1 | 255.255.255.0 |
| PE1 | CE1 | 10.0.0.2 | 255.255.255.252 |
| | P1 | 11.0.0.1 | 255.255.255.252 |
| P1 | PE1 | 11.0.0.2 | 255.255.255.252 |
| | P2 | 12.0.0.1 | 255.255.255.252 |
| | P3 | 13.0.0.1 | 255.255.255.252 |
| R2 | P1 | 12.0.0.2 | 255.255.255.252 |
| | P3 | 14.0.0.2 | 255.255.255.252 |
| | PE2 | 15.0.0.1 | 255.255.255.252 |
| P3 | P1 | 13.0.0.2 | 255.255.255.252 |
| | P2 | 14.0.0.1 | 255.255.255.252 |
| | PE2 | 15.0.0.2 | 255.255.255.252 |
| PE2 | P2 | 15.0.0.2 | 255.255.255.252 |
| | CE2 | 16.0.0.1 | 255.255.255.252 |
| | CE2 | 16.0.0.2 | 255.255.255.252 |
| CE2 | PE2 | 16.0.0.2 | 255.255.255.252 |
| | PC4 | 192.168.4.1 | 255.255.255.0 |
| | PC5 | 192.168.5.1 | 255.255.255.0 |
| PC1 | NIC | 192.168.1.10 | 255.255.255.0 |
| PC2 | NIC | 192.168.2.10 | 255.255.255.0 |
| PC3 | NIC | 192.168.3.10 | 255.255.255.0 |
| PC4 | NIC | 192.168.4.10 | 255.255.255.0 |
| PC5 | NIC | 192.168.5.10 | 255.255.255.0 |

1- Mise en place de MPLS au niveau du réseau de l'opérateur

1. Vérifier le contenu des tables de routage des routeurs.
2. Expliquer brièvement la ou les techniques de routage utilisées dans la topologie.*

Les protocoles de routage en place sont OSPF et RIP.

Les routeurs CE1 et CE2 utilisent le protocole RIP, tandis que les autres routeurs (P1, P2, P3, PE1, PE2) fonctionnent avec OSPF dans une zone unique.

Les routes OSPF sont redistribuées vers les routeurs RIP, et les routes RIP sont redistribuées vers les routeurs OSPF.

3. Assurez vous que le PC1 communique avec le PC4

La connexion entre PC1 et PC4 a été établie avec succès.

```
PC1> ping 192.168.4.10
192.168.4.10 icmp_seq=1 timeout
192.168.4.10 icmp_seq=2 timeout
192.168.4.10 icmp_seq=3 timeout
192.168.4.10 icmp_seq=4 timeout
192.168.4.10 icmp_seq=5 timeout
```

4. Mise en place de MPLS sur le routeur PE1 :
 - a) En mode de configuration global exécuter les commandes suivantes pour activer MPLS

```
# ip cef      ! (cef : Cisco Express Forwarding)
```

- b) Activer l'utilisation du protocole LDP :

```
# mpls label protocol ldp
```

- c) Au niveau de chaque interface de PE1 interne au réseau de l'opérateur, activer le MPLS (en mode de configuration de l'interface) :

```
# mpls ip
```

5. Lancer une capture Wireshark sur le lien PE1-P1 (utiliser le filtre ldp).

6. Expliquer les messages échangés ?

Le routeur PE1 émet des messages Hello vers les routeurs LSR du réseau toutes les 5 secondes pour signaler sa présence, mais il ne reçoit aucune réponse, car le protocole MPLS n'est pas activé sur le routeur P1.

| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|-----|-----------|----------|-------------|----------|--------|---------------|
| 3 | 1.040486 | 11.0.0.1 | 224.0.0.2 | LDP | 76 | Hello Message |
| 6 | 5.323581 | 11.0.0.1 | 224.0.0.2 | LDP | 76 | Hello Message |
| 8 | 9.594258 | 11.0.0.1 | 224.0.0.2 | LDP | 76 | Hello Message |
| 12 | 13.731036 | 11.0.0.1 | 224.0.0.2 | LDP | 76 | Hello Message |
| 14 | 18.210609 | 11.0.0.1 | 224.0.0.2 | LDP | 76 | Hello Message |
| 18 | 22.362744 | 11.0.0.1 | 224.0.0.2 | LDP | 76 | Hello Message |
| 19 | 26.174033 | 11.0.0.1 | 224.0.0.2 | LDP | 76 | Hello Message |
| 23 | 30.312283 | 11.0.0.1 | 224.0.0.2 | LDP | 76 | Hello Message |
| 25 | 34.567511 | 11.0.0.1 | 224.0.0.2 | LDP | 76 | Hello Message |
| 27 | 38.435929 | 11.0.0.1 | 224.0.0.2 | LDP | 76 | Hello Message |
| 31 | 42.582855 | 11.0.0.1 | 224.0.0.2 | LDP | 76 | Hello Message |
| 33 | 46.964483 | 11.0.0.1 | 224.0.0.2 | LDP | 76 | Hello Message |
| 36 | 50.744169 | 11.0.0.1 | 224.0.0.2 | LDP | 76 | Hello Message |
| 39 | 54.697781 | 11.0.0.1 | 224.0.0.2 | LDP | 76 | Hello Message |
| 42 | 59.491402 | 11.0.0.1 | 224.0.0.2 | LDP | 76 | Hello Message |
| 47 | 64.108351 | 11.0.0.1 | 224.0.0.2 | LDP | 76 | Hello Message |

7. Visualiser la table de commutation MPLS de PE1 et expliquer le contenu (utiliser la commande `#show mpls forwarding-table`)

Le MPLS est activé uniquement au sein du réseau interne, tandis que les interfaces externes du réseau de l'opérateur sont configurées en mode point à point.

Toutefois, dans les réseaux internes utilisant MPLS, les labels de sortie ne sont pas attribués, car le routeur P1 n'a pas été configuré pour prendre en charge MPLS. En conséquence, le routeur PE1 ne dispose que de labels d'entrée pour le traitement des paquets.

```
PE1#show mpls forwarding-table
```

| Local Label | Outgoing Label | Prefix or Tunnel Id | Bytes Label Switched | Outgoing interface | Next Hop |
|-------------|----------------|---------------------|----------------------|--------------------|-------------|
| 16 | No Label | 12.0.0.0/30 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |
| 17 | No Label | 13.0.0.0/30 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |
| 18 | No Label | 14.0.0.0/30 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |
| 19 | No Label | 15.0.0.0/30 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |
| 20 | No Label | 16.0.0.0/30 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |
| 21 | No Label | 192.168.1.0/24 | 0 | Se2/0 | point2point |
| 22 | No Label | 192.168.2.0/24 | 0 | Se2/0 | point2point |
| 23 | No Label | 192.168.3.0/24 | 0 | Se2/0 | point2point |
| 24 | No Label | 192.168.4.0/24 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |

8. Activer MPLS sur le routeur P1 .

```

P1#config
Configuring from terminal, memory, or network [terminal]?
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
P1(config)#ip cef
P1(config)#mpls label protocol ldp
P1(config)#interface serial 2/0
P1(config-if)#mpls ip
P1(config-if)#exit
P1(config)#interface fastethernet 0/0
P1(config-if)#mpls ip
P1(config-if)#exit
P1(config)#
*Dec  1 13:34:24.703: %LDP-5-NBRCHG: LDP Neighbor 11.0.0.1:0 (1) is UP
P1(config)#interface fastethernet 0/1
P1(config-if)#mpls ip
P1(config-if)#exit

```

9. Vérifier le contenu des tables de commutation de PE1 et P1, et interpréter le résultat

Les deux routeurs ont échangé des labels pour les routes connues. PE1 attribue des labels pour les réseaux accessibles via P1, et P1 fait de même pour les réseaux accessibles via PE1.

PE1 :

```

PE1#show mpls forwarding-table

```

| Local Label | Outgoing Label | Prefix or Tunnel Id | Bytes Label Switched | Outgoing interface | Next Hop |
|-------------|----------------|---------------------|----------------------|--------------------|-------------|
| 16 | Pop Label | 12.0.0.0/30 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |
| 17 | Pop Label | 13.0.0.0/30 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |
| 18 | 17 | 14.0.0.0/30 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |
| 19 | 18 | 15.0.0.0/30 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |
| 20 | 19 | 16.0.0.0/30 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |
| 21 | No Label | 192.168.1.0/24 | 0 | Se2/0 | point2point |
| 22 | No Label | 192.168.2.0/24 | 0 | Se2/0 | point2point |
| 23 | No Label | 192.168.3.0/24 | 0 | Se2/0 | point2point |
| 24 | 23 | 192.168.4.0/24 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |

P1 :

```

P1#show mpls forwarding-table

```

| Local Label | Outgoing Label | Prefix or Tunnel Id | Bytes Label Switched | Outgoing interface | Next Hop |
|-------------|----------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|
| 16 | Pop Label | 10.0.0.0/30 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.1 |
| 17 | No Label | 14.0.0.0/30 | 0 | Fa0/1 | 13.0.0.2 |
| 18 | No Label | 15.0.0.0/30 | 0 | Fa0/1 | 13.0.0.2 |
| 19 | No Label | 16.0.0.0/30 | 0 | Fa0/1 | 13.0.0.2 |
| 20 | 21 | 192.168.1.0/24 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.1 |
| 21 | 22 | 192.168.2.0/24 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.1 |
| 22 | 23 | 192.168.3.0/24 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.1 |
| 23 | No Label | 192.168.4.0/24 | 0 | Fa0/1 | 13.0.0.2 |

10. Exécuter la commande `#show mpls ldp bindings` et expliquer le résultat.

Cette commande montre les réseaux connus par le routeur, avec leurs labels d'entrée et de sortie vers le prochain LSR, ainsi que leurs adresses.

Certains labels de sortie sont vides, cela signifie qu'ils pointent vers un routeur sans MPLS configuré.

11. Confirmer les résultats avec Wireshark.

On observe **l'initialisation de la connexion** entre P1 et PE1, suivie des messages **Keep Alive** pour garder la session active, puis **les échanges de labels**. Une fois MPLS configuré sur le routeur P1, les labels des routes communes ont été partagés.

| | | | | | |
|-----|------------|----------|----------|-----|--|
| 379 | 544.044152 | 13.0.0.1 | 11.0.0.1 | LDP | 118 Initialization Message |
| 380 | 544.106436 | 11.0.0.1 | 13.0.0.1 | LDP | 126 Initialization Message Keep Alive Message |
| 381 | 544.152789 | 13.0.0.1 | 11.0.0.1 | LDP | 72 Keep Alive Message |
| 382 | 544.168218 | 13.0.0.1 | 11.0.0.1 | LDP | 394 Address Message Label Mapping Message Label Mapping... |
| 383 | 544.214664 | 11.0.0.1 | 13.0.0.1 | LDP | 390 Address Message Label Mapping Message Label Mapping... |

Activité 1 : Analyse des chemin LSP

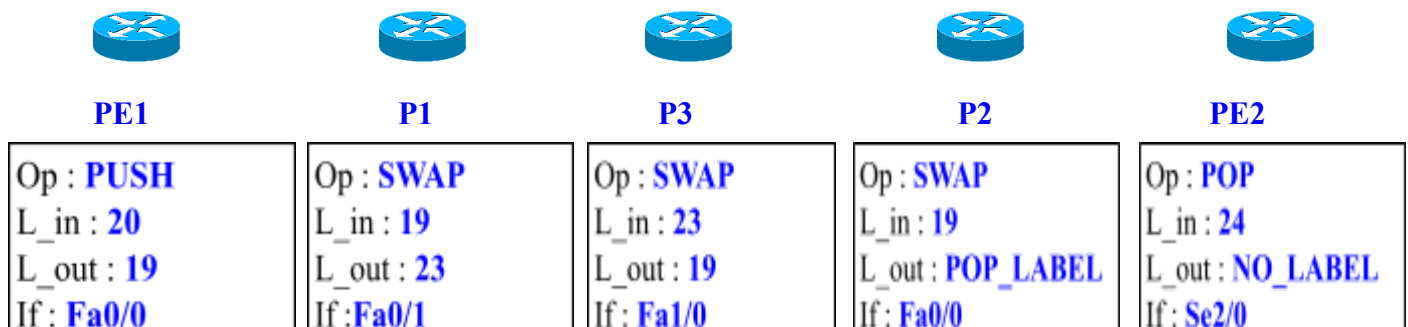
1. Activer le MPLS sur le reste des routeurs (P2, P3 et PE2)
2. Visualiser et commenter le contenu de la table de commutation de PE1.

Tous les réseaux ont obtenu un label de sortie, sauf les réseaux connus par CE1.

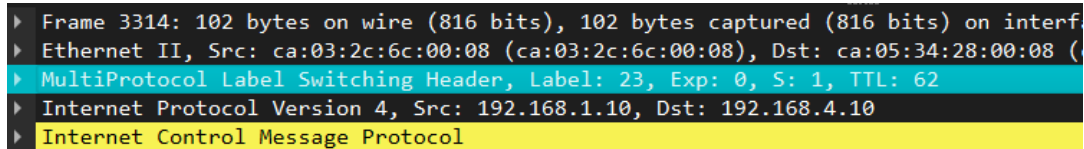
```
PE1#show mpls forwarding-table
```

| Local Label | Outgoing Label | Prefix or Tunnel Id | Bytes Switched | Outgoing interface | Next Hop |
|-------------|----------------|---------------------|----------------|--------------------|-------------|
| 16 | Pop Label | 12.0.0.0/30 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |
| 17 | Pop Label | 13.0.0.0/30 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |
| 18 | 17 | 14.0.0.0/30 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |
| 19 | 18 | 15.0.0.0/30 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |
| 20 | 19 | 16.0.0.0/30 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |
| 21 | No Label | 192.168.1.0/24 | 0 | Se2/0 | point2point |
| 22 | No Label | 192.168.2.0/24 | 0 | Se2/0 | point2point |
| 23 | No Label | 192.168.3.0/24 | 0 | Se2/0 | point2point |
| 24 | 23 | 192.168.4.0/24 | 0 | Fa0/0 | 11.0.0.2 |

3. Selon le contenu des tables de commutation/routage donner les labels des paquets changés de PC1 à PC4 Compléter le schéma suivant :



4. Vérifier le résultat avec Wireshark : Lancer des captures Wireshark tout au long du chemin emprunté par les paquets, puis exécuter un ping de PC1 à PC4. Filtrer ICMP et consulter le champ du label MPLS (entre les couches du modèle OSI 2 et 3)
Garder les résultats Wireshark pour la question 10.



5. Confirmer le résultat avec traceroute depuis le routeur CE1 vers PC4 et noter le chemin LSP (la chaînes des label)

```

1 10.0.0.2 20 msec 24 msec 28 msec
2 11.0.0.2 [MPLS: Label 23 Exp 0] 176 msec 176 msec 164 msec
3 13.0.0.2 [MPLS: Label 24 Exp 0] 184 msec 176 msec 176 msec
4 14.0.0.2 [MPLS: Label 23 Exp 0] 172 msec 192 msec 176 msec
5 15.0.0.2 [MPLS: Label 24 Exp 0] 140 msec 132 msec 180 msec
6 16.0.0.2 168 msec 168 msec 188 msec
7 192.168.4.10 192 msec 200 msec 224 msec

```

Chemin LSP : 23 > 24 > 23 > 24

6. Effectuer un traceroute depuis le routeur CE2 vers PC1 et noter le chemin LSP.

```

1 16.0.0.1 76 msec 28 msec 28 msec
2 15.0.0.1 [MPLS: Label 20 Exp 0] 156 msec 192 msec 188 msec
3 14.0.0.1 [MPLS: Label 21 Exp 0] 160 msec 184 msec 184 msec
4 13.0.0.1 [MPLS: Label 20 Exp 0] 196 msec 196 msec 172 msec
5 11.0.0.1 [MPLS: Label 21 Exp 0] 144 msec 156 msec 136 msec
6 10.0.0.1 200 msec 176 msec 172 msec
7 192.168.1.10 188 msec 228 msec 172 msec

```

Chemin LSP : 20 > 21 > 20 > 21

7. Donner votre interprétation par rapport aux deux chemins LSP.

Les deux chemins LSP suivent des routes distinctes dans le réseau MPLS.

LSP est unidirectionnel, ce qui signifie que chaque chemin est créé pour une direction spécifique.

Bien que les routeurs traversés soient les mêmes, les labels différents représentent des trajets unidirectionnels distincts empruntés par le trafic pour atteindre les destinations.

Les labels sont attribués pour diriger efficacement le trafic.

8. Tout au long du chemin entre PC1 et PC4 inspecter le champ TTL de l'en-tête IP et le champ TTL de la partie MPLS (remplir le tableau).

| Lien | PC1-CE1 | CE1-PE1 | PE1-P1 | P1-P3 | P3-P2 | P2-PE2 | PE2-CE2 | CE2-PC4 |
|----------|---------|---------|--------|-------|-------|--------|---------|---------|
| TTL – IP | 64 | 63 | 62 | 62 | 62 | 59 | 58 | 57 |
| TTL-MPLS | - | - | 62 | 61 | 60 | 59 | - | - |

9. Donner votre interprétation sur l'utilisation du champ TTL dans un domaine MPLS.

Dans un réseau MPLS, le champ TTL sert à limiter le nombre de sauts qu'un paquet peut effectuer. À chaque passage par un routeur, sa valeur diminue. Si elle atteint zéro, le paquet est supprimé, empêchant ainsi qu'il tourne en boucle dans le réseau.

Activité 2 : Les échanges LDP consécutifs de la modification de la topologie.

- Avant de commencer cette partie exécuter la commande `show mpls ldp binding` et sauvegarder le résultat dans un fichier texte.
- Désactiver le lien P1-P3 (désactiver juste une des deux interfaces réseau).
- Vérifier le nouveau contenu des tables de commutation. Commenter et faire la liaison avec la table du routage

```
P1#show mpls forwarding-table
Local      Outgoing Prefix          Bytes Label  Outgoing  Next Hop
Label      Label      or Tunnel Id    Switched     interface
16         Pop Label  10.0.0.0/30     5208         Fa0/0      11.0.0.1
17         Pop Label  14.0.0.0/30     0            Se2/0      point2point
18         Pop Label  15.0.0.0/30     0            Se2/0      point2point
19         19         16.0.0.0/30     0            Se2/0      point2point
20         21         192.168.1.0/24  3060         Fa0/0      11.0.0.1
21         22         192.168.2.0/24  0            Fa0/0      11.0.0.1
22         23         192.168.3.0/24  0            Fa0/0      11.0.0.1
23         23         192.168.4.0/24  0            Se2/0      point2point
```

Les paquets entre les réseaux 11.0.0.0 et 15.0.0.0 passent maintenant par le routeur P2. Cependant, le routeur P3 ne peut plus atteindre le réseau 11.0.0.0, car le label d'entrée et le label de sortie sont identiques, bloquant le routage.

- Consulter les échanges LDP et constater la différence avec les échanges sauvegardés (Q1).

```
1 10.0.0.2 48 msec 28 msec 24 msec
2 11.0.0.2 [MPLS: Label 23 Exp 0] 148 msec 152 msec 148 msec
3 12.0.0.2 [MPLS: Label 23 Exp 0] 116 msec 140 msec 184 msec
4 15.0.0.2 [MPLS: Label 24 Exp 0] 112 msec 124 msec 116 msec
5 16.0.0.2 120 msec 172 msec 140 msec
6 192.168.4.10 176 msec 160 msec 168 msec
```

Chemin LSP : 23 > 23 > 24

Entre P1 et P2, la connexion est de type point à point, avec le même label utilisé en entrée et en sortie. Sur le reste du chemin, le routage s'effectue via MPLS.

5. Déclarer le réseau 192.168.5.0 avec RIP au niveau du routeur CE2.

```
CE2#config
Configuring from terminal, memory, or network [terminal]?
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
CE2(config)#router rip
CE2(config-router)#version 2
CE2(config-router)#network 192.168.5.0
CE2(config-router)#exit
```

6. Vérifier l'existence du réseau 192.168.5.0 dans la table de routage de CE1.

Le routeur CE1 possède une route RIP vers le réseau 192.168.5.0 dans sa table de routage.

```
C
  192.168.5.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
L
  192.168.3.1/32 is directly connected, FastEthernet1/0
R
  192.168.4.0/24 [120/15] via 10.0.0.2, 00:00:09, Serial2/0
R
  192.168.5.0/24 [120/15] via 10.0.0.2, 00:00:09, Serial2/0
```

7. Décrire les échanges LDP entre les routeurs P2 et PE2.

```
P2#show mpls forwarding-table
```

| Local Label | Outgoing Label | Prefix or Tunnel Id | Bytes Label Switched | Outgoing interface | Next Hop |
|-------------|----------------|---------------------|----------------------|--------------------|-------------|
| 16 | 16 | 10.0.0.0/30 | 1968 | Se2/0 | point2point |
| 17 | Pop Label | 11.0.0.0/30 | 0 | Se2/0 | point2point |
| 18 | Pop Label | 13.0.0.0/30 | 44 | Se2/0 | point2point |
| 19 | Pop Label | 16.0.0.0/30 | 5208 | Fa0/0 | 15.0.0.2 |
| 20 | 20 | 192.168.1.0/24 | 920 | Se2/0 | point2point |
| 21 | 21 | 192.168.2.0/24 | 0 | Se2/0 | point2point |
| 22 | 22 | 192.168.3.0/24 | 0 | Se2/0 | point2point |
| 23 | 24 | 192.168.4.0/24 | 5052 | Fa0/0 | 15.0.0.2 |
| 24 | 25 | 192.168.5.0/24 | 0 | Fa0/0 | 15.0.0.2 |

Selon la table de commutation de P2, des labels MPLS sont utilisés pour diriger le trafic vers PE2 sur le réseau 15.0.0.0. Les labels spécifiques correspondent à certains réseaux, et le label "Pop Label" indique que PE2 est le dernier routeur avant la destination finale.