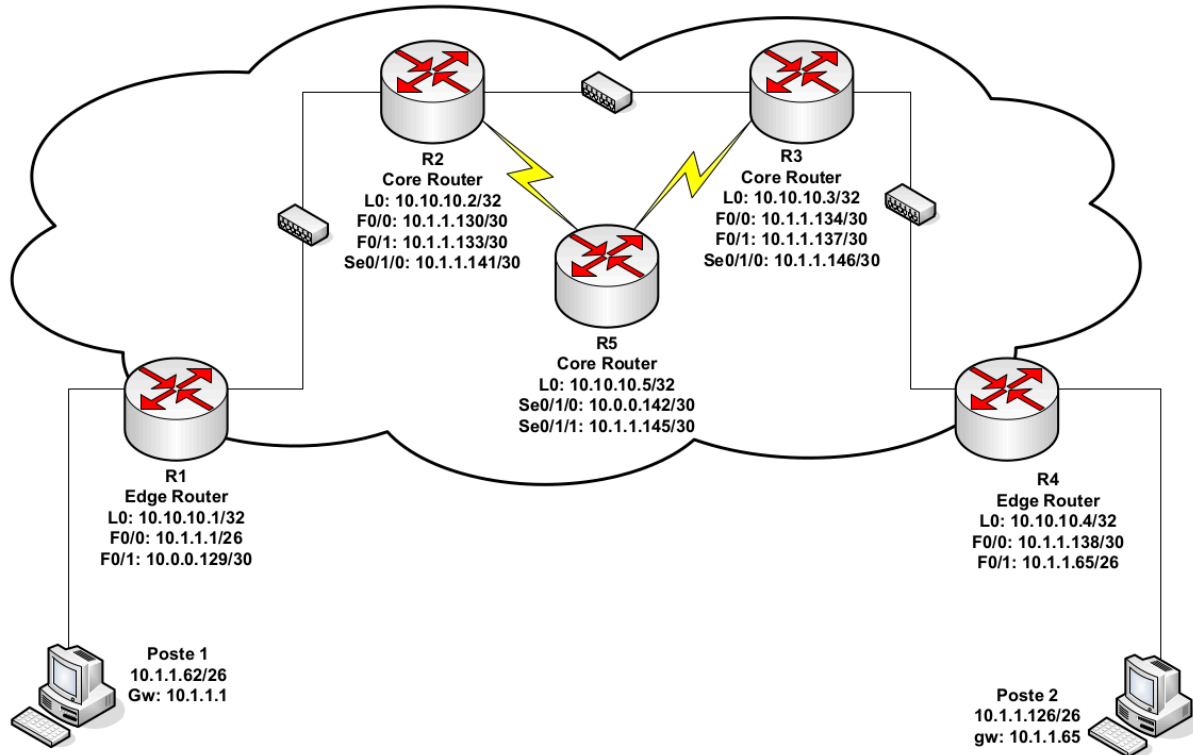


TP R3.02 Routage MPLS



SOMMAIRE

2. Configuration de base sans MPLS	6
2.1. À quoi correspond le process switching (no ip route cache).	6
2.2. Lister les tables de routage et justifier les coûts OSPF. Il doit y avoir 12 réseaux visibles dans chaque table de routage.	6
2.3. Test de connectivité avec mesure de délai du ping (évaluer les temps de traitement et les temps de transport).	9
3. Configuration avec MPLS	10
3.1. Test de connectivité et mesure de délai. La différence avec le "packet forwarding" est-elle sensible ? Pourquoi ?	10
3.2. Lister et commenter la table de commutation MPLS (Router#show mpls forwarding-table).	10
3.3. Montrer comment est pris en compte par MPLS le partage de charge entre 2 routes de même métrique OSPF.	12
3.4. Déterminer le trajet d'un paquet et les différents labels qui lui sont affectés sur chaque liaison.	13
3.5. Application : quels sont les labels successifs sur les différents tronçons empruntés par un paquet émis de Poste 1, puis de R5 à destination de 10.1.1.126 (poste 2) sur le réseau 10.1.1.64/26.	14
3.6. Analyser les en-têtes Ethernet, LDP et IP des paquets de données commutés dans le réseau.	15
3.7. Quel est le type Ethernet des paquets présentant un en-tête mpls ?	16
3.8. Comment est géré le champ TTL des paquets IP dans les routeurs LSR ?	16
4. Distribution des labels (Label Distribution Protocol : LDP)	17
4.1. Lancer une capture sur la liaison R1-R2. Quels paquets sont émis par R1 après démarrage de ce dernier ?	17
4.2. Allumez maintenant R2 et lancez une capture entre R2 et R3. Quelles sont les tables de routage de R1 et R2 ?	17
4.3. Montrer que les échanges LDP ont lieu une fois que le protocole de routage interne OSPF a convergé.	18
Combien de connexions TCP sont établies entre R2 et R3 ? Quel routeur a initié cette connexion ?	19
4.4. Représenter sur un diagramme le dialogue LDP entre R1 et R2 et faire la corrélation avec la table des labels.	19
4.5. Lister et commenter la table de commutation MPLS de chaque routeur (Router#show mpls forwarding-table). Expliquer comment cette table est déduite à partir de la table de routage OSPF (show ip route) et de la table des labels (show mpls ldp bindings).	20
4.6. Lister les voisins MPLS de chaque routeur (Router#show mpls ldp neighbor). Quelle est la méthode de distribution des labels utilisée ?	23
4.7. Lancer maintenant R3, puis R5 et enfin R4.	25
4.8. À chaque étape, lister les différentes tables (table de routage, table des labels MPLS, table de commutation MPLS, table des voisins, table des connexions TCP). Mettre en évidence le processus de construction de la table de commutation MPLS.	27
4.9. Montrer qu'un label n'a de signification que locale.	27

Plan d'adressage

Voici les tableaux concernant notre plan d'adressage :

Réseaux	Adresse IP
PC1 - R1(G0/0/0)	10.1.1.0/26
R1(G0/0/1) - R2(F0/0)	10.1.1.128/30
R2(Se0/0/1) - R5(Se0/1/0)	10.1.1.140/30
R2(F0/1) - R3(F0/0)	10.1.1.132/30
R5(Se0/1/1) - R3(Se0/1/0)	10.1.1.144/30
R3(F0/1) - R4(F0/0)	10.1.1.136/30
R4(F0/1) - PC2	10.1.1.64/26

Équipements	Port	Adresse IP
R1	G0/0/0	10.1.1.1/26
	G0/0/1	10.1.1.129/30
	Loopback 0	10.10.10.1/32
R2	F0/0	10.1.1.130/30
	F0/1	10.1.1.133/30
	Loopback 0	10.10.10.2/32
	S0/1/0	10.1.1.141/30
R3	F0/0	10.1.1.134/30
	F0/1	10.1.1.137/30
	Loopback 0	10.10.10.3/32
	S0/1/0	10.1.1.146/30
R4	G0/0/0	10.1.1.138/30
	G0/0/1	10.1.1.65/26
	Loopback 0	10.10.10.4/32
R5	S0/0/1	10.1.1.142/30
	S0/1/0	10.1.1.145/30
	Loopback 0	10.10.10.5/32

2. Configuration de base sans MPLS

2.1. À quoi correspond le process switching (no ip route cache).

Le process switching est une méthode de routage où chaque paquet est traité individuellement par le processeur du routeur pour déterminer la meilleure route à suivre vers sa destination.

2.2. Lister les tables de routage et justifier les coûts OSPF. Il doit y avoir 12 réseaux visibles dans chaque table de routage.

R1

```
R1#sh ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, m - OMP
       n - NAT, Ni - NAT inside, No - NAT outside, Nd - NAT DIA
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       H - NHRP, G - NHRP registered, g - NHRP registration summary
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, l - LISP
       a - application route
       + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PfR
       & - replicated local route overrides by connected

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 13 subnets, 3 masks
C    10.1.1.0/26 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
L    10.1.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
O    10.1.1.64/26 [110/4] via 10.1.1.130, 00:01:45, GigabitEthernet0/0/1
C    10.1.1.128/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
L    10.1.1.129/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
O    10.1.1.132/30 [110/2] via 10.1.1.130, 00:01:58, GigabitEthernet0/0/1
O    10.1.1.136/30 [110/3] via 10.1.1.130, 00:01:45, GigabitEthernet0/0/1
O    10.1.1.140/30
    [110/102] via 10.1.1.130, 00:01:45, GigabitEthernet0/0/1
O    10.1.1.144/30 [110/52] via 10.1.1.130, 00:01:45, GigabitEthernet0/0/1
C    10.10.10.1/32 is directly connected, Loopback0
O    10.10.10.3/32 [110/3] via 10.1.1.130, 00:01:45, GigabitEthernet0/0/1
O    10.10.10.4/32 [110/4] via 10.1.1.130, 00:01:45, GigabitEthernet0/0/1
O    10.10.10.5/32 [110/53] via 10.1.1.130, 00:01:45, GigabitEthernet0/0/1
```

R2

```

R2>sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
        ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
        o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 11 subnets, 3 masks
C       10.10.10.2/32 is directly connected, Loopback0
O       10.10.10.3/32 [110/831] via 10.1.1.142, 00:01:12, Serial0/0/1
O       10.1.1.0/26 [110/2] via 10.1.1.129, 00:01:12, FastEthernet0/0
O       10.10.10.4/32 [110/832] via 10.1.1.142, 00:01:12, Serial0/0/1
O       10.10.10.5/32 [110/782] via 10.1.1.142, 00:01:12, Serial0/0/1
O       10.1.1.64/26 [110/832] via 10.1.1.142, 00:01:12, Serial0/0/1
O       10.1.1.136/30 [110/831] via 10.1.1.142, 00:01:12, Serial0/0/1
C       10.1.1.140/30 is directly connected, Serial0/0/1
C       10.1.1.128/30 is directly connected, FastEthernet0/0
C       10.1.1.132/30 is directly connected, FastEthernet0/1
O       10.1.1.144/30 [110/830] via 10.1.1.142, 00:01:12, Serial0/0/1

```

R3

```

R3#sh ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, m - OMP
        n - NAT, Ni - NAT inside, No - NAT outside, Nd - NAT DIA
        i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
        ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
        H - NHRP, G - NHRP registered, g - NHRP registration summary
        o - ODR, P - periodic downloaded static route, l - LISP
        a - application route
        + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PfR
        & - replicated local route overrides by connected

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 13 subnets, 3 masks
O       10.1.1.0/26 [110/102] via 10.1.1.145, 00:04:20, Serial0/1/0
O       10.1.1.64/26 [110/2] via 10.1.1.138, 00:01:30, GigabitEthernet0/0/1
O       10.1.1.128/30 [110/101] via 10.1.1.145, 00:04:20, Serial0/1/0
C       10.1.1.132/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
L       10.1.1.134/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
C       10.1.1.136/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
L       10.1.1.137/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
O       10.1.1.140/30 [110/100] via 10.1.1.145, 00:19:47, Serial0/1/0
C       10.1.1.144/30 is directly connected, Serial0/1/0
L       10.1.1.146/32 is directly connected, Serial0/1/0
C       10.10.10.3/32 is directly connected, Loopback0
O       10.10.10.4/32 [110/2] via 10.1.1.138, 00:01:30, GigabitEthernet0/0/1
O       10.10.10.5/32 [110/51] via 10.1.1.145, 00:19:47, Serial0/1/0

```

R4

```

R4#sh ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
       a - application route
       + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PfR

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 12 subnets, 3 masks
O       10.1.1.0/26 [110/4] via 10.1.1.137, 00:02:40, GigabitEthernet0/0/0
C       10.1.1.64/26 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
L       10.1.1.65/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
O       10.1.1.128/30 [110/3] via 10.1.1.137, 00:02:40, GigabitEthernet0/0/0
O       10.1.1.132/30 [110/2] via 10.1.1.137, 00:02:40, GigabitEthernet0/0/0
C       10.1.1.136/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
L       10.1.1.138/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
O       10.1.1.140/30
        [110/101] via 10.1.1.137, 00:10:47, GigabitEthernet0/0/0
O       10.1.1.144/30 [110/51] via 10.1.1.137, 00:10:47, GigabitEthernet0/0/0
O       10.10.10.3/32 [110/2] via 10.1.1.137, 00:10:47, GigabitEthernet0/0/0
C       10.10.10.4/32 is directly connected, Loopback0
C       10.10.10.5/32 [110/52] via 10.1.1.137, 00:10:47, GigabitEthernet0/0/0

```

R5

```

R5#sh ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
       a - application route
       + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PfR

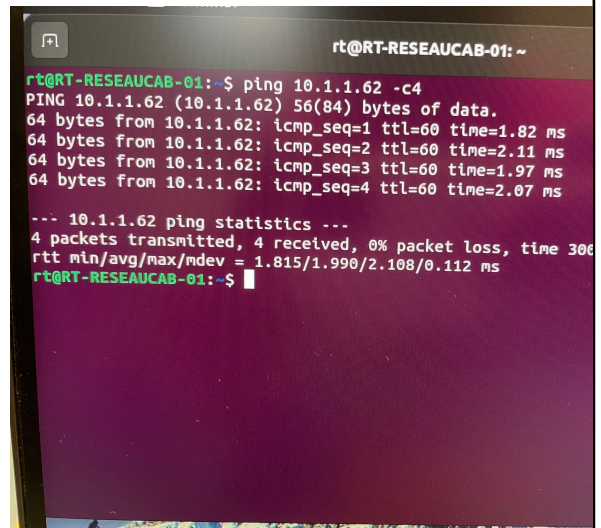
Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 12 subnets, 3 masks
O       10.1.1.0/26 [110/52] via 10.1.1.146, 00:03:25, Serial0/1/1
        [110/52] via 10.1.1.141, 00:03:25, Serial0/1/0
O       10.1.1.64/26 [110/51] via 10.1.1.146, 00:11:22, Serial0/1/1
O       10.1.1.128/30 [110/51] via 10.1.1.146, 00:03:25, Serial0/1/1
        [110/51] via 10.1.1.141, 00:13:21, Serial0/1/0
O       10.1.1.132/30 [110/50] via 10.1.1.146, 00:03:25, Serial0/1/1
O       10.1.1.136/30 [110/50] via 10.1.1.146, 00:34:50, Serial0/1/1
C       10.1.1.140/30 is directly connected, Serial0/1/0
L       10.1.1.142/32 is directly connected, Serial0/1/0
C       10.1.1.144/30 is directly connected, Serial0/1/1
L       10.1.1.145/32 is directly connected, Serial0/1/1
O       10.10.10.3/32 [110/50] via 10.1.1.146, 00:34:31, Serial0/1/1
O       10.10.10.4/32 [110/51] via 10.1.1.146, 00:11:22, Serial0/1/1
C       10.10.10.5/32 is directly connected, Loopback0

```

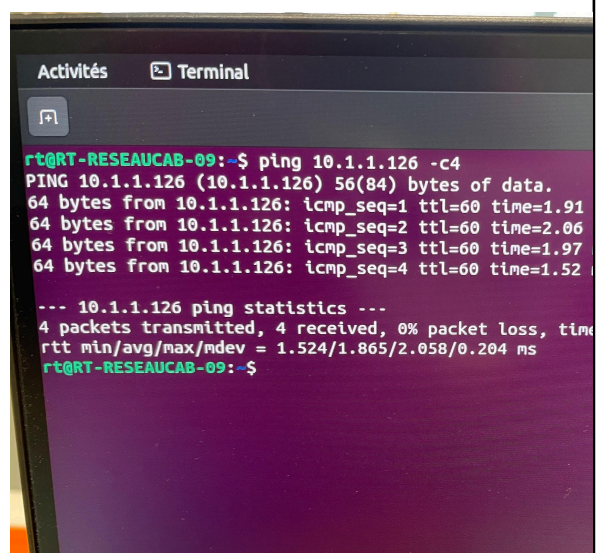

2.3. Test de connectivité avec mesure de délai du ping (évaluer les temps de traitement et les temps de transport).

P1 → P2



```
rt@RT-RESEAU CAB-01: ~  
rt@RT-RESEAU CAB-01:~$ ping 10.1.1.62 -c4  
PING 10.1.1.62 (10.1.1.62) 56(84) bytes of data.  
64 bytes from 10.1.1.62: icmp_seq=1 ttl=60 time=1.82 ms  
64 bytes from 10.1.1.62: icmp_seq=2 ttl=60 time=2.11 ms  
64 bytes from 10.1.1.62: icmp_seq=3 ttl=60 time=1.97 ms  
64 bytes from 10.1.1.62: icmp_seq=4 ttl=60 time=2.07 ms  
  
--- 10.1.1.62 ping statistics ---  
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 306  
rtt min/avg/max/mdev = 1.815/1.990/2.108/0.112 ms  
rt@RT-RESEAU CAB-01:~$
```

P2 → P1



```
Activités Terminal  
rt@RT-RESEAU CAB-09:~$ ping 10.1.1.126 -c4  
PING 10.1.1.126 (10.1.1.126) 56(84) bytes of data.  
64 bytes from 10.1.1.126: icmp_seq=1 ttl=60 time=1.91 ms  
64 bytes from 10.1.1.126: icmp_seq=2 ttl=60 time=2.06 ms  
64 bytes from 10.1.1.126: icmp_seq=3 ttl=60 time=1.97 ms  
64 bytes from 10.1.1.126: icmp_seq=4 ttl=60 time=1.52 ms  
  
--- 10.1.1.126 ping statistics ---  
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time  
rtt min/avg/max/mdev = 1.524/1.865/2.058/0.204 ms  
rt@RT-RESEAU CAB-09:~$
```


3. Configuration avec MPLS

mpls des routeurs edge => juste sur l'int qui est dans le nuage

3.1. Test de connectivité et mesure de délai. La différence avec le "packet forwarding" est-elle sensible ? Pourquoi ?

P1 → P2	<pre>PC1> ping 10.1.1.126 84 bytes from 10.1.1.126 icmp_seq=1 ttl=60 time=3.010 ms 84 bytes from 10.1.1.126 icmp_seq=2 ttl=60 time=1.464 ms 84 bytes from 10.1.1.126 icmp_seq=3 ttl=60 time=1.454 ms 84 bytes from 10.1.1.126 icmp_seq=4 ttl=60 time=1.271 ms</pre>
P2 → P1	<pre>PC2> ping 10.1.1.62 84 bytes from 10.1.1.62 icmp_seq=1 ttl=60 time=1.554 ms 84 bytes from 10.1.1.62 icmp_seq=2 ttl=60 time=1.294 ms 84 bytes from 10.1.1.62 icmp_seq=3 ttl=60 time=1.662 ms</pre>

Le **MPLS** introduit une couche de commutation basée sur des étiquettes (labels) entre les routeurs. Lorsque vous activez **MPLS**, le traitement des paquets peut être plus efficace, car les routeurs n'ont pas besoin d'effectuer une recherche dans une table de routage **IP** traditionnelle. La différence de performance dépend de nombreux facteurs, notamment la charge du réseau, la taille des tables de routage, etc. Dans de nombreux cas, **MPLS** peut réduire la latence et améliorer la vitesse de transfert des paquets, en particulier pour les réseaux de grande envergure.

3.2. Lister et commenter la table de commutation MPLS (Router#show mpls forwarding-table).

R1	<pre>R1#show mpls forwarding-table Local Outgoing Prefix Bytes Label Outgoing Next Hop Label Label or Tunnel Id Switched interface 16 17 10.1.1.64/26 0 Gi0/1 10.1.1.130 17 Pop Label 10.1.1.132/30 0 Gi0/1 10.1.1.130 18 18 10.1.1.136/30 0 Gi0/1 10.1.1.130 19 Pop Label 10.1.1.140/30 0 Gi0/1 10.1.1.130 20 19 10.1.1.144/30 0 Gi0/1 10.1.1.130 21 Pop Label 10.10.10.2/32 0 Gi0/1 10.1.1.130 22 21 10.10.10.4/32 0 Gi0/1 10.1.1.130 23 22 10.10.10.5/32 0 Gi0/1 10.1.1.130</pre>
R2	<pre>R2#show mpls forwarding-table Local Outgoing Prefix Bytes Label Outgoing Next Hop Label Label or Tunnel Id Switched interface 16 Pop Label 10.1.1.0/26 1372 Gi0/0 10.1.1.129 17 17 10.1.1.64/26 1428 Gi0/3 10.1.1.134 18 Pop Label 10.1.1.136/30 0 Gi0/3 10.1.1.134 19 Pop Label 10.1.1.144/30 0 Gi0/3 10.1.1.134 20 Pop Label 10.10.10.1/32 0 Gi0/0 10.1.1.129 21 22 10.10.10.4/32 0 Gi0/3 10.1.1.134 22 23 10.10.10.5/32 0 Gi0/3 10.1.1.134</pre>

R3	<pre> R3#show mpls forwarding-table Local Outgoing Prefix Bytes Label Outgoing Next Hop Label Label or Tunnel Id Switched interface 16 16 10.1.1.0/26 714 Gi0/3 10.1.1.133 17 Pop Label 10.1.1.64/26 1372 Gi0/1 10.1.1.138 18 Pop Label 10.1.1.128/30 0 Gi0/3 10.1.1.133 19 Pop Label 10.1.1.140/30 0 Gi0/0 10.1.1.145 20 20 10.10.10.1/32 0 Gi0/3 10.1.1.133 21 Pop Label 10.10.10.2/32 1494 Gi0/3 10.1.1.133 22 Pop Label 10.10.10.4/32 0 Gi0/1 10.1.1.138 23 Pop Label 10.10.10.5/32 4294 Gi0/0 10.1.1.145 </pre>
R4	<pre> R4#show mpls forwarding-table Local Outgoing Prefix Bytes Label Outgoing Next Hop Label Label or Tunnel Id Switched interface 16 16 10.1.1.0/26 0 Gi0/0 10.1.1.137 17 18 10.1.1.128/30 0 Gi0/0 10.1.1.137 18 Pop Label 10.1.1.132/30 0 Gi0/0 10.1.1.137 19 19 10.1.1.140/30 0 Gi0/0 10.1.1.137 20 Pop Label 10.1.1.144/30 0 Gi0/0 10.1.1.137 21 20 10.10.10.1/32 0 Gi0/0 10.1.1.137 22 21 10.10.10.2/32 0 Gi0/0 10.1.1.137 23 23 10.10.10.5/32 0 Gi0/0 10.1.1.137 </pre>
R5	<pre> R5#show mpls forwarding-table Local Outgoing Prefix Bytes Label Outgoing Next Hop Label Label or Tunnel Id Switched interface 16 16 10.1.1.0/26 0 Gi0/1 10.1.1.146 17 17 10.1.1.64/26 0 Gi0/1 10.1.1.146 18 18 10.1.1.128/30 0 Gi0/1 10.1.1.146 19 Pop Label 10.1.1.132/30 0 Gi0/1 10.1.1.146 20 Pop Label 10.1.1.136/30 0 Gi0/1 10.1.1.146 21 20 10.10.10.1/32 0 Gi0/1 10.1.1.146 22 21 10.10.10.2/32 0 Gi0/1 10.1.1.146 23 22 10.10.10.4/32 0 Gi0/1 10.1.1.146 </pre>

Cette commande affiche la table de commutation **MPLS**, qui répertorie les labels et les interfaces de sortie correspondants pour les paquets **MPLS**. Cette table est utilisée pour déterminer comment les paquets sont commutés en fonction de leurs labels **MPLS**.

3.3. Montrer comment est pris en compte par MPLS le partage de charge entre 2 routes de même métrique OSPF.

Nous allons essayer de démontrer comment le protocole **MPLS** est configuré sur les routeurs **R2** et **R3** de notre réseau pour prendre en charge le partage de charge entre deux routes **OSPF** de même métrique. Voici ce que nous essayons de prouver :

Premièrement, nous avons attribué un label range de **100 à 199** à **R2** et de **200 à 299** à **R3** pour les interfaces **MPLS**. Ensuite, nous avons configuré **MPLS** sur l'interface **GigabitEthernet0/3** de **R2** et sur l'interface **GigabitEthernet0/3** de **R3**.

Table de commutation MPLS de R2 :

R2	R2#show mpls forwarding-table					
	Local Label	Outgoing Label	Prefix or Tunnel Id	Bytes Label Switched	Outgoing interface	Next Hop
	16	Pop Label	10.1.1.0/26	1372	Gi0/0	10.1.1.129
	17	17	10.1.1.64/26	1428	Gi0/3	10.1.1.134
	18	Pop Label	10.1.1.136/30	0	Gi0/3	10.1.1.134
	19	Pop Label	10.1.1.144/30	0	Gi0/3	10.1.1.134
	20	Pop Label	10.10.10.1/32	0	Gi0/0	10.1.1.129
	21	22	10.10.10.4/32	0	Gi0/3	10.1.1.134
	22	23	10.10.10.5/32	0	Gi0/3	10.1.1.134

De manière similaire, nous avons configuré **MPLS** sur l'interface **GigabitEthernet0/3** de **R3** en utilisant les commandes **mpls label protocol ldp** et **mpls label range 200 299** pour attribuer un label range de **200 à 299** aux interfaces **MPLS** de **R3**.

La table de commutation **MPLS** de **R3** présente également les préfixes et les labels associés aux interfaces **MPLS** de **R3**.

Table de commutation MPLS de R3 :

R3	R3#show mpls forwarding-table					
	Local Label	Outgoing Label	Prefix or Tunnel Id	Bytes Label Switched	Outgoing interface	Next Hop
	16	16	10.1.1.0/26	714	Gi0/3	10.1.1.133
	17	Pop Label	10.1.1.64/26	1372	Gi0/1	10.1.1.138
	18	Pop Label	10.1.1.128/30	0	Gi0/3	10.1.1.133
	19	Pop Label	10.1.1.140/30	0	Gi0/0	10.1.1.145
	20	20	10.10.10.1/32	0	Gi0/3	10.1.1.133
	21	Pop Label	10.10.10.2/32	13608	Gi0/3	10.1.1.133
	22	Pop Label	10.10.10.4/32	0	Gi0/1	10.1.1.138
	23	Pop Label	10.10.10.5/32	16372	Gi0/0	10.1.1.145

En examinant ces tables de commutation **MPLS**, nous constatons que les deux routeurs, **R2** et **R3**, ont attribué des labels distincts aux préfixes qui leur sont connectés. Par exemple, le préfixe **10.1.1.64/26** a le label **17** sur **R3** et le label **17** sur **R2**. Cependant, il est important de noter que ce sont des labels distincts, car ils sont associés à des chemins **OSPF** distincts.

Cette configuration **MPLS** nous permet d'assurer le partage de charge entre les deux routes **OSPF** de même métrique. **MPLS** achemine le trafic en utilisant les labels distincts, ce qui permet aux routeurs de router le trafic via des interfaces différentes en fonction de ces labels.

3.4. Déterminer le trajet d'un paquet et les différents labels qui lui sont affectés sur chaque liaison.

P1 → P2	PC1> trace 10.1.1.126					
	trace to 10.1.1.126, 8 hops max, press Ctrl+C to stop					
	1	10.1.1.1	0.646 ms	0.469 ms	0.438 ms	
	2	10.1.1.130	1.449 ms	1.727 ms	1.495 ms	
	3	10.1.1.134	1.359 ms	1.246 ms	1.234 ms	
	4	10.1.1.138	1.896 ms	1.640 ms	2.011 ms	
	5	*10.1.1.126	1.597 ms	(ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)		

Après avoir regardé les tables de labels, nous pouvons voir que les labels pour le trajet d'un paquet entre P1 et P2 changent dans cet ordre : 16 → 17 → 18 → 18.

3.5. Application : quels sont les labels successifs sur les différents tronçons empruntés par un paquet émis de Poste 1, puis de R5 à destination de 10.1.1.126 (poste 2) sur le réseau 10.1.1.64/26.

Nous avons configuré le routeur R2 pour prendre en charge le MPLS afin d'examiner le chemin suivi par un paquet MPLS et les différents labels qui lui sont associés à chaque liaison.

Configuration de R2 :

Nous avons activé le débogage des paquets MPLS sur R2 à l'aide de la commande suivante :

R2# debug mpls packet

Cette commande nous a permis de suivre le trajet des paquets MPLS à travers le routeur R2.

Après avoir activé le débogage, nous avons envoyé un paquet depuis le Poste 1 (PC1) vers la destination 10.1.1.65.

PC1 - PC2

```
R2#debug mpls packet
Packet debugging is on
R2#
*Oct 7 14:04:04.220: MPLS les: Gi0/0: rx: Len 102 Stack {104 0 63} - ipv4 data s:10.1.1.62 d:10.1.1.65 ttl:63 tos:0 prot:1
*Oct 7 14:04:04.220: MPLS les: Gi0/3: tx: Len 102 Stack {203 0 62} - ipv4 data s:10.1.1.62 d:10.1.1.65 ttl:63 tos:0 prot:1
*Oct 7 14:04:04.223: MPLS les: Gi0/3: rx: Len 102 Stack {101 0 254} - ipv4 data s:10.1.1.65 d:10.1.1.62 ttl:255 tos:0 prot:1
R2#
*Oct 7 14:04:05.226: MPLS les: Gi0/0: rx: Len 102 Stack {104 0 63} - ipv4 data s:10.1.1.62 d:10.1.1.65 ttl:63 tos:0 prot:1
*Oct 7 14:04:05.226: MPLS les: Gi0/3: tx: Len 102 Stack {203 0 62} - ipv4 data s:10.1.1.62 d:10.1.1.65 ttl:63 tos:0 prot:1
*Oct 7 14:04:05.228: MPLS les: Gi0/3: rx: Len 102 Stack {101 0 254} - ipv4 data s:10.1.1.65 d:10.1.1.62 ttl:255 tos:0 prot:1
```

Nous avons pu observer les messages de débogage qui indiquent le chemin du paquet MPLS à travers le routeur R2.

R2

```
PC1> ping 10.1.1.65

84 bytes from 10.1.1.65 icmp_seq=1 ttl=252 time=4.292 ms
84 bytes from 10.1.1.65 icmp_seq=2 ttl=252 time=3.185 ms
84 bytes from 10.1.1.65 icmp_seq=3 ttl=252 time=3.016 ms
84 bytes from 10.1.1.65 icmp_seq=4 ttl=252 time=2.960 ms
84 bytes from 10.1.1.65 icmp_seq=5 ttl=252 time=2.695 ms
```

Voici un résumé des informations importantes :

- Le paquet MPLS a été reçu sur l'interface Gi0/0 de R2 avec un label entrant de 106.
- Ensuite, le paquet a été transmis depuis l'interface Gi0/3 de R2 avec un nouveau label de 203.
- Enfin, le paquet a été reçu à nouveau sur l'interface Gi0/3 de R2 avec un label entrant de 102.

3.6. Analyser les en-têtes Ethernet, LDP et IP des paquets de données commutés dans le réseau.

Pour réaliser cette analyse, nous avons utilisé un outil de capture de paquets tel que Wireshark pour examiner les messages LDP échangés entre les routeurs MPLS. Nous avons configuré la capture de paquets sur l'interface appropriée des routeurs et avons collecté des données sur les échanges LDP.

Résultats :

Les résultats de notre analyse des messages LDP sont présentés ci-dessous :

Note : Les colonnes "No.", "Time", "Source", "Destination", "Protocol", "Length", "Time to Live", et "Info" correspondent à des informations fournies par l'outil de capture de paquets.

No.	Source	Destination	Protocol	Length	Time to Live
1	10.1.1.130	224.0.0.2	LDP	76	1 Hello Msg
2	10.1.1.129	224.0.0.2	LDP	76	1 Hello Msg
4	10.1.1.130	224.0.0.2	LDP	76	7
7	10.1.1.129	224.0.0.2	LDP	76	8
8	10.10.10.2	10.10.10.1	LDP	72	11
11	10.1.1.130	224.0.0.2	LDP	76	12
12	10.1.1.129	224.0.0.2	LDP	76	1 Hello Msg
13	10.1.1.130	224.0.0.2	LDP	76	1 Hello Msg
16	10.1.1.129	224.0.0.2	LDP	76	1 Hello Msg

Analyse :

- Les messages LDP sont échangés entre les adresses IP des routeurs (source et destination) sur le groupe multicast 224.0.0.2, ce qui est typique des messages LDP.
- La plupart des messages LDP observés sont des "Hello Messages" (messages de découverte) utilisés pour établir et maintenir les adjacences LDP. Ces messages sont destinés à découvrir d'autres routeurs LDP voisins dans le réseau.
- Le champ "Protocol" indique que ces messages sont des messages LDP.
- Les valeurs de "Time to Live" varient, ce qui est attendu car les messages LDP peuvent avoir différentes durées de vie.

3.7. Quel est le type Ethernet des paquets présentant un en-tête mpls ?

Les paquets qui présentent un en-tête MPLS conservent généralement le type Ethernet standard dans l'en-tête Ethernet. Le type Ethernet standard pour les paquets IPv4 est 0x0800. Cela signifie que l'en-tête Ethernet des paquets MPLS ressemble à l'en-tête Ethernet d'un paquet IP ordinaire.

L'en-tête MPLS est encapsulé sous l'en-tête Ethernet et est utilisé pour router le paquet au sein du réseau MPLS. L'en-tête Ethernet est nécessaire pour que le paquet puisse être acheminé correctement sur le réseau Ethernet sous-jacent.

3.8. Comment est géré le champ TTL des paquets IP dans les routeurs LSR ?

Le champ TTL des paquets IP est géré de manière similaire dans les routeurs LSR par rapport aux routeurs IP classiques. Le champ TTL est utilisé pour éviter que les paquets ne circulent indéfiniment dans le réseau en spécifiant un nombre maximal de sauts autorisés avant que le paquet ne soit jeté.

Voici comment le champ TTL est géré dans les routeurs LSR :

- À chaque saut, le routeur LSR décrémente le champ TTL du paquet de 1.
- Si le champ TTL atteint zéro après le décrémentation, le routeur LSR supprime le paquet et génère éventuellement un message ICMP "Time Exceeded" pour indiquer que le TTL a expiré.
- Si le champ TTL n'atteint pas zéro après le décrémentation, le routeur LSR traite normalement le paquet et le transmet au prochain saut.

4. Distribution des labels (Label Distribution Protocol : LDP)

Sauvegarder la configuration des 5 routeurs (Router#copy run start) et les éteindre.

4.1. Lancer une capture sur la liaison R1-R2. Quels paquets sont émis par R1 après démarrage de ce dernier ?

Après le démarrage de R1, on peut voir des paquets ARP, LDP (Hello message), CDP (Cisco Discovery Protocol) principalement utilisé pour communiquer les adresses de protocole et les capacités des périphériques, OSPF (Hello) qui permet de découvrir les voisins OSPF

4.2. Allumez maintenant R2 et lancez une capture entre R2 et R3. Quelles sont les tables de routage de R1 et R2?

R1	<pre> R1#sh ip route Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2 E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2 i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2 ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP a - application route + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PfR Gateway of last resort is not set 10.0.0.0/8 is variably subnetted, 7 subnets, 3 masks C 10.1.1.0/26 is directly connected, GigabitEthernet0/0 L 10.1.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0 C 10.1.1.128/30 is directly connected, GigabitEthernet0/1 L 10.1.1.129/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1 O 10.1.1.132/30 [110/2] via 10.1.1.130, 00:00:57, GigabitEthernet0/1 C 10.10.10.1/32 is directly connected, Loopback0 O 10.10.10.2/32 [110/2] via 10.1.1.130, 00:00:57, GigabitEthernet0/1 </pre>
R2	<pre> R2#sh ip route Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2 E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2 i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2 ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP a - application route + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PfR Gateway of last resort is not set 10.0.0.0/8 is variably subnetted, 9 subnets, 3 masks O 10.1.1.0/26 [110/2] via 10.1.1.129, 00:01:00, GigabitEthernet0/0 C 10.1.1.128/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0 L 10.1.1.130/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0 C 10.1.1.132/30 is directly connected, GigabitEthernet0/3 L 10.1.1.133/32 is directly connected, GigabitEthernet0/3 C 10.1.1.140/30 is directly connected, GigabitEthernet0/1 L 10.1.1.141/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1 O 10.10.10.1/32 [110/2] via 10.1.1.129, 00:01:00, GigabitEthernet0/0 C 10.10.10.2/32 is directly connected, Loopback0 </pre>

4.3. Montrer que les échanges LDP ont lieu une fois que le protocole de routage interne OSPF a convergé.

On peut voir sur les trames ci-dessous, nous avons la fin de la convergence de l'OSPF.

23	10.212804	10.1.1.130	10.1.1.129	OSPF	78 DB Description
24	10.213102	10.1.1.130	10.1.1.129	OSPF	94 Hello Packet
25	10.214152	10.1.1.129	10.1.1.130	OSPF	78 DB Description
26	10.214715	10.1.1.129	10.1.1.130	OSPF	98 DB Description
27	10.471438	10.1.1.130	10.1.1.129	OSPF	98 DB Description
28	10.472739	10.1.1.129	10.1.1.130	OSPF	70 LS Request
29	10.473103	10.1.1.129	10.1.1.130	OSPF	78 DB Description
30	10.673422	0c:5d:86:a7:00:00	CDP/VTP/DTP/PAgP/UD...	CDP	356 Device ID: R2 Port ID: GigabitEthernet0/0
31	10.675364	10.1.1.130	10.1.1.129	OSPF	110 LS Update
32	10.675805	10.1.1.130	10.1.1.129	OSPF	70 LS Request
33	10.678029	10.1.1.129	10.1.1.130	OSPF	122 LS Update
34	10.714659	10.1.1.129	224.0.0.5	OSPF	122 LS Update
35	10.876982	10.1.1.130	224.0.0.2	LDP	76 Hello Message
36	11.053074	0c:f9:8d:d6:00:01	CDP/VTP/DTP/PAgP/UD...	CDP	356 Device ID: R1 Port ID: GigabitEthernet0/1
37	11.144416	10.1.1.130	224.0.0.5	OSPF	122 LS Update
38	11.149755	0c:5d:86:a7:00:00	0c:5d:86:a7:00:00	LOOP	60 Reply
39	11.179424	10.1.1.129	224.0.0.5	OSPF	94 LS Update
40	11.759928	0c:5d:86:a7:00:00	CDP/VTP/DTP/PAgP/UD...	CDP	356 Device ID: R2 Port ID: GigabitEthernet0/0
41	12.768009	0c:5d:86:a7:00:00	CDP/VTP/DTP/PAgP/UD...	CDP	356 Device ID: R2 Port ID: GigabitEthernet0/0
42	13.177524	10.1.1.129	224.0.0.5	OSPF	98 LS Acknowledge
43	13.568897	10.1.1.130	224.0.0.5	OSPF	118 LS Acknowledge

Une fois que le protocole a fini de converger, on voit des échanges LDP entre les routeurs.

52	20.077818	10.1.1.130	224.0.0.5	OSPF	122 LS Update
53	21.146513	10.1.1.130	224.0.0.2	LDP	76 Hello Message
54	21.147492	10.10.10.2	10.10.10.1	TCP	60 11772 → 646 [SYN] Seq=0 Win=4128 Len=0 MSS=536
55	21.148547	10.10.10.1	10.10.10.2	TCP	60 646 → 11772 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=4128 Len=0 MSS=536
56	21.149371	10.10.10.2	10.10.10.1	TCP	60 11772 → 646 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=4128 Len=0
57	21.150192	0c:5d:86:a7:00:00	0c:5d:86:a7:00:00	LOOP	60 Reply
58	21.159306	10.10.10.2	10.10.10.1	LDP	100 Initialization Message
59	21.159893	10.10.10.1	10.10.10.2	TCP	60 646 → 11772 [ACK] Seq=1 Ack=47 Win=4082 Len=0
60	21.170865	10.10.10.1	10.10.10.2	LDP	108 Initialization Message Keep Alive Message
61	21.183756	10.10.10.2	10.10.10.1	LDP	280 Address Message Label Mapping Message Label Mapping Mes
62	21.195814	10.10.10.1	10.10.10.2	LDP	230 Address Message Label Mapping Message Label Mapping Mes
63	21.396854	10.10.10.2	10.10.10.1	TCP	60 11772 → 646 [ACK] Seq=273 Ack=231 Win=3898 Len=0
64	22.578719	10.1.1.129	224.0.0.5	OSPF	78 LS Acknowledge

Combien de connexions TCP sont établies entre R2 et R3 ? Quel routeur a initié cette connexion ?

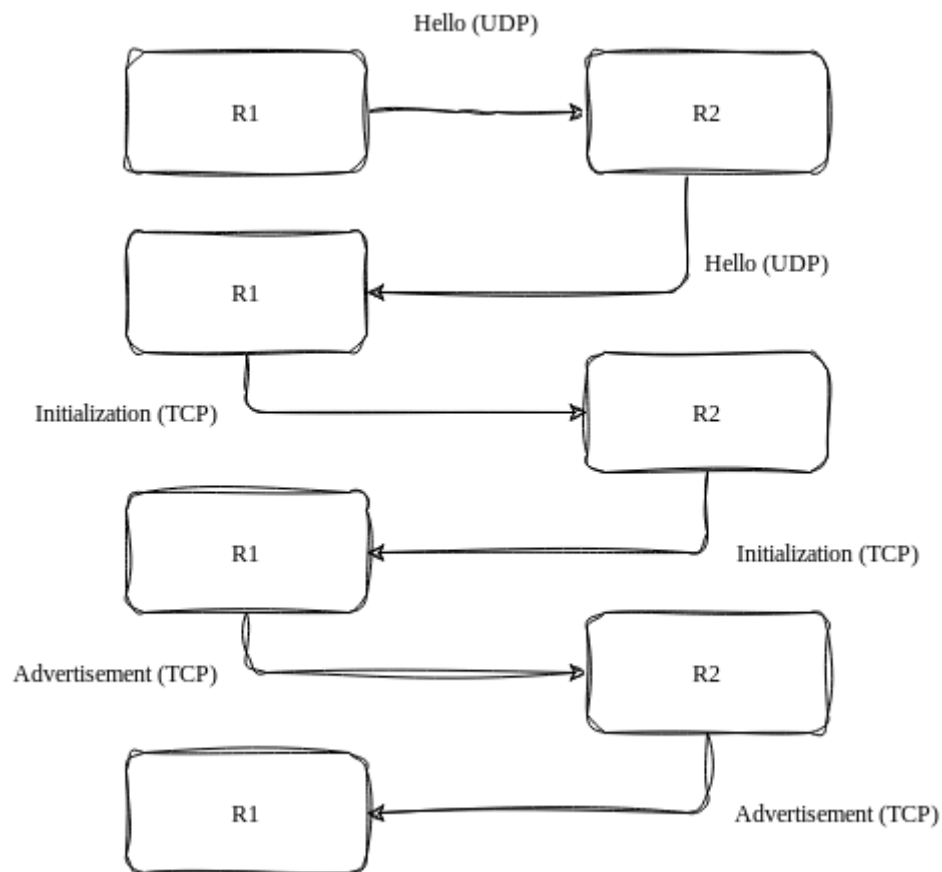
On peut voir que le routeur R2 initie la connexion.

62	32.823971	10.10.10.2	10.1.1.146	TCP	60 60990 → 646 [SYN] Seq=0 Win=4128 Len=0 MSS=536
63	32.824786	10.1.1.133	224.0.0.2	LDP	76 Hello Message
64	32.825877	10.1.1.146	10.10.10.2	TCP	60 646 → 60990 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=4128 Len=0 MSS=536

On peut voir 4 connexions TCP entre les routeurs.

64	32.825877	10.1.1.146	10.10.10.2	TCP	60 646 → 60990 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=4128 Len=0 MSS=536
65	32.826434	10.10.10.2	10.1.1.146	TCP	60 60990 → 646 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=4128 Len=0
66	32.837026	10.10.10.2	10.1.1.146	LDP	100 Initialization Message
67	32.837679	10.1.1.146	10.10.10.2	TCP	60 646 → 60990 [ACK] Seq=1 Ack=47 Win=4082 Len=0
68	32.849222	10.1.1.146	10.10.10.2	LDP	108 Initialization Message Keep Alive Message
69	32.861502	10.10.10.2	10.1.1.146	LDP	336 Address Message Label Mapping Message Label Mapping Mes
70	32.873873	10.1.1.146	10.10.10.2	LDP	286 Address Message Label Mapping Message Label Mapping Mes
71	33.073971	10.10.10.2	10.1.1.146	TCP	60 60990 → 646 [ACK] Seq=329 Ack=287 Win=3842 Len=0
72	33.704118	10.1.1.134	224.0.0.5	OSPF	94 Hello Packet

4.4. Représenter sur un diagramme le dialogue LDP entre R1 et R2 et faire la corrélation avec la table des labels.



On peut voir une communication entre les 2 routeurs, leur permettant ainsi d'échanger leurs labels permettant de construire des tables de labels.

4.5. Lister et commenter la table de commutation MPLS de chaque routeur (Router#show mpls forwarding-table). Expliquer comment cette table est déduite à partir de la table de routage OSPF (show ip route) et de la table des labels (show mpls ldp bindings).

show mpls forwarding-table

R1		R1#show mpls forwarding-table				
Local Label	Outgoing Label	Prefix or Tunnel Id	Bytes Label Switched	Outgoing interface	Next Hop	
16	Pop Label	10.10.10.2/32	0	Gi0/1	10.1.1.130	
17	Pop Label	10.1.1.132/30	0	Gi0/1	10.1.1.130	
18	102	10.1.1.144/30	0	Gi0/1	10.1.1.130	
19	103	10.1.1.136/30	0	Gi0/1	10.1.1.130	

R2	<pre> R2#show mpls forwarding-table Local Outgoing Prefix Bytes Label Outgoing Next Hop Label Label or Tunnel Id Switched interface 100 Pop Label 10.10.10.1/32 0 Gi0/0 10.1.1.129 101 Pop Label 10.1.1.0/26 0 Gi0/0 10.1.1.129 102 Pop Label 10.1.1.144/30 0 Gi0/3 10.1.1.134 103 Pop Label 10.1.1.136/30 0 Gi0/3 10.1.1.134 </pre>
R3	<pre> R3#show mpls forwarding-table Local Outgoing Prefix Bytes Label Outgoing Next Hop Label Label or Tunnel Id Switched interface 200 Pop Label 10.10.10.2/32 0 Gi0/3 10.1.1.133 201 100 10.10.10.1/32 0 Gi0/3 10.1.1.133 202 101 10.1.1.0/26 0 Gi0/3 10.1.1.133 203 Pop Label 10.1.1.128/30 0 Gi0/3 10.1.1.133 </pre>

show ip route

R1	<pre> R1#sh ip route Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2 E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2 i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2 ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP a - application route + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PfR Gateway of last resort is not set 10.0.0.0/8 is variably subnetted, 9 subnets, 3 masks C 10.1.1.0/26 is directly connected, GigabitEthernet0/0 L 10.1.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0 C 10.1.1.128/30 is directly connected, GigabitEthernet0/1 L 10.1.1.129/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1 O 10.1.1.132/30 [110/2] via 10.1.1.130, 00:22:35, GigabitEthernet0/1 O 10.1.1.136/30 [110/3] via 10.1.1.130, 00:22:35, GigabitEthernet0/1 O 10.1.1.144/30 [110/3] via 10.1.1.130, 00:22:35, GigabitEthernet0/1 C 10.10.10.1/32 is directly connected, Loopback0 O 10.10.10.2/32 [110/2] via 10.1.1.130, 00:22:45, GigabitEthernet0/1 </pre>
R2	<pre> R2#sh ip route Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2 E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2 i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2 ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP a - application route + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PfR Gateway of last resort is not set 10.0.0.0/8 is variably subnetted, 11 subnets, 3 masks O 10.1.1.0/26 [110/2] via 10.1.1.129, 00:22:58, GigabitEthernet0/0 C 10.1.1.128/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0 L 10.1.1.130/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0 C 10.1.1.132/30 is directly connected, GigabitEthernet0/3 L 10.1.1.133/32 is directly connected, GigabitEthernet0/3 O 10.1.1.136/30 [110/2] via 10.1.1.134, 00:22:48, GigabitEthernet0/3 C 10.1.1.140/30 is directly connected, GigabitEthernet0/1 L 10.1.1.141/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1 O 10.1.1.144/30 [110/2] via 10.1.1.134, 00:22:48, GigabitEthernet0/3 O 10.10.10.1/32 [110/2] via 10.1.1.129, 00:22:58, GigabitEthernet0/0 C 10.10.10.2/32 is directly connected, Loopback0 </pre>

R3

```

R3#sh ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
       a - application route
       + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PfR

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 10 subnets, 3 masks
O       10.1.1.0/26 [110/3] via 10.1.1.133, 00:23:17, GigabitEthernet0/3
O       10.1.1.128/30 [110/2] via 10.1.1.133, 00:23:17, GigabitEthernet0/3
C       10.1.1.132/30 is directly connected, GigabitEthernet0/3
L       10.1.1.134/32 is directly connected, GigabitEthernet0/3
C       10.1.1.136/30 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L       10.1.1.137/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
C       10.1.1.144/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L       10.1.1.146/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
O       10.10.10.1/32 [110/3] via 10.1.1.133, 00:23:17, GigabitEthernet0/3
O       10.10.10.2/32 [110/2] via 10.1.1.133, 00:23:17, GigabitEthernet0/3

```

show mpls ldp bindings

R1

```

R1#show mpls ldp bindings
lib entry: 10.1.1.0/26, rev 2
    local binding: label: imp-null
    remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 101
lib entry: 10.1.1.128/30, rev 4
    local binding: label: imp-null
    remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null
lib entry: 10.1.1.132/30, rev 10
    local binding: label: 17
    remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null
lib entry: 10.1.1.136/30, rev 15
    local binding: label: 19
    remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 103
lib entry: 10.1.1.140/30, rev 11
    remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null
lib entry: 10.1.1.144/30, rev 13
    local binding: label: 18
    remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 102
lib entry: 10.10.10.1/32, rev 6
    local binding: label: imp-null
    remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 100
lib entry: 10.10.10.2/32, rev 8
    local binding: label: 16
    remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null

```

R2

```

R2#show mpls ldp bindings
lib entry: 10.1.1.0/26, rev 12
  local binding: label: 101
  remote binding: lsr: 10.10.10.1:0, label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 202
lib entry: 10.1.1.128/30, rev 2
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.1:0, label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 203
lib entry: 10.1.1.132/30, rev 6
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.1:0, label: 17
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: imp-null
lib entry: 10.1.1.136/30, rev 16
  local binding: label: 103
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.1:0, label: 19
lib entry: 10.1.1.140/30, rev 4
  local binding: label: imp-null
lib entry: 10.1.1.144/30, rev 14
  local binding: label: 102
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.1:0, label: 18
lib entry: 10.10.10.1/32, rev 10
  local binding: label: 100
  remote binding: lsr: 10.10.10.1:0, label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 201
lib entry: 10.10.10.2/32, rev 8
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.1:0, label: 16
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 200

```

R3

```

R3#show mpls ldp bindings
lib entry: 10.1.1.0/26, rev 12
  local binding: label: 202
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 101
lib entry: 10.1.1.128/30, rev 14
  local binding: label: 203
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null
lib entry: 10.1.1.132/30, rev 6
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null
lib entry: 10.1.1.136/30, rev 4
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 103
lib entry: 10.1.1.140/30, rev 15
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null
lib entry: 10.1.1.144/30, rev 2
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 102
lib entry: 10.10.10.1/32, rev 10
  local binding: label: 201
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 100
lib entry: 10.10.10.2/32, rev 8
  local binding: label: 200
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null

```

4.6. Lister les voisins MPLS de chaque routeur (Router#show mpls ldp neighbor). Quelle est la méthode de distribution des labels utilisée ?

Dans le cadre de notre projet de déploiement MPLS au sein de notre réseau, nous avons mené une analyse visant à répertorier les voisins MPLS de chaque routeur et à déterminer la méthode de distribution des labels employés.

Pour réaliser cette analyse, nous avons utilisé la commande "show mpls ldp neighbor" sur chaque routeur de notre réseau MPLS. Cette commande nous a fourni une liste de voisins MPLS pour chaque routeur, ainsi que des informations sur l'état de la connexion et les adresses liées à chaque pair.

show mpls ldp neighbor

R3	<pre> R2# *Oct 7 14:36:55.247: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console R2#show mpls ldp neigh R2#show mpls ldp neighbor Peer LDP Ident: 10.10.10.1:0; Local LDP Ident 10.10.10.2:0 TCP connection: 10.10.10.1.646 - 10.10.10.2.13440 State: Oper; Msgs sent/rcvd: 76/76; Downstream Up time: 00:54:57 LDP discovery sources: GigabitEthernet0/0, Src IP addr: 10.1.1.129 Addresses bound to peer LDP Ident: 10.1.1.1 10.1.1.129 10.10.10.1 Peer LDP Ident: 10.10.10.5:0; Local LDP Ident 10.10.10.2:0 TCP connection: 10.10.10.5.11840 - 10.10.10.2.646 State: Oper; Msgs sent/rcvd: 76/75; Downstream Up time: 00:54:46 LDP discovery sources: GigabitEthernet0/1, Src IP addr: 10.1.1.142 Addresses bound to peer LDP Ident: 10.1.1.142 10.10.10.5 10.1.1.145 Peer LDP Ident: 10.1.1.146:0; Local LDP Ident 10.10.10.2:0 TCP connection: 10.1.1.146.646 - 10.10.10.2.27863 State: Oper; Msgs sent/rcvd: 76/76; Downstream Up time: 00:54:45 LDP discovery sources: GigabitEthernet0/3, Src IP addr: 10.1.1.134 Addresses bound to peer LDP Ident: 10.1.1.146 10.1.1.137 10.1.1.134 </pre>
----	---

En général, il existe deux méthodes principales de distribution des labels MPLS :

- **Downstream on Demand (En aval à la demande)** : Dans cette méthode, les labels MPLS sont distribués lorsque cela est nécessaire, c'est-à-dire lorsqu'un routeur en aval demande un label pour une route spécifique. Cela réduit la surcharge liée à la distribution de labels pour toutes les routes possibles.
- **Independent (Indépendante)** : Dans cette méthode, les labels sont distribués de manière indépendante pour toutes les routes, qu'elles soient demandées ou non. Cette méthode peut entraîner une utilisation plus intensive des ressources, mais elle peut être utile dans certaines situations.

4.7. Lancer maintenant R3, puis R5 et enfin R4.

R1	<pre> R1#show mpls ldp bindings lib entry: 10.1.1.0/26, rev 2 local binding: label: imp-null remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 101 lib entry: 10.1.1.64/26, rev 19 local binding: label: 21 remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 105 lib entry: 10.1.1.128/30, rev 4 local binding: label: imp-null remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null lib entry: 10.1.1.132/30, rev 10 local binding: label: 17 remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null lib entry: 10.1.1.136/30, rev 15 local binding: label: 19 remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 103 lib entry: 10.1.1.140/30, rev 11 remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null lib entry: 10.1.1.144/30, rev 13 local binding: label: 18 remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 102 lib entry: 10.10.10.1/32, rev 6 local binding: label: imp-null remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 100 lib entry: 10.10.10.2/32, rev 8 local binding: label: 16 remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null lib entry: 10.10.10.4/32, rev 17 local binding: label: 20 remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 104 </pre>
R2	<pre> R2#show mpls ldp bindings lib entry: 10.1.1.0/26, rev 12 local binding: label: 101 remote binding: lsr: 10.10.10.1:0, label: imp-null remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 202 lib entry: 10.1.1.64/26, rev 20 local binding: label: 105 remote binding: lsr: 10.10.10.1:0, label: 21 remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 205 lib entry: 10.1.1.128/30, rev 2 local binding: label: imp-null remote binding: lsr: 10.10.10.1:0, label: imp-null remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 203 lib entry: 10.1.1.132/30, rev 6 local binding: label: imp-null remote binding: lsr: 10.10.10.1:0, label: 17 remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: imp-null lib entry: 10.1.1.136/30, rev 16 local binding: label: 103 remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: imp-null remote binding: lsr: 10.10.10.1:0, label: 19 lib entry: 10.1.1.140/30, rev 4 local binding: label: imp-null lib entry: 10.1.1.144/30, rev 14 local binding: label: 102 remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: imp-null remote binding: lsr: 10.10.10.1:0, label: 18 lib entry: 10.10.10.1/32, rev 10 local binding: label: 100 --More-- *Oct 7 13:18:29.209: %LDP-5-NBRCHG: LDP Neighbor 10.10.10.5:0 (3) is UP remote binding: lsr: 10.10.10.1:0, label: imp-null remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 201 lib entry: 10.10.10.2/32, rev 8 local binding: label: imp-null remote binding: lsr: 10.10.10.1:0, label: 16 remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 200 lib entry: 10.10.10.4/32, rev 18 local binding: label: 104 remote binding: lsr: 10.10.10.1:0, label: 20 remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 204 </pre>

R3

```

R3#show mpls ldp bindings
lib entry: 10.1.1.0/26, rev 12
  local binding: label: 202
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 191
  remote binding: lsr: 10.10.10.4:0, label: 19
  remote binding: lsr: 10.10.10.5:0, label: 20
lib entry: 10.1.1.64/26, rev 19
  local binding: label: 205
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 195
  remote binding: lsr: 10.10.10.4:0, label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.5:0, label: 19
lib entry: 10.1.1.128/30, rev 14
  local binding: label: 203
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.4:0, label: 20
  remote binding: lsr: 10.10.10.5:0, label: 21
lib entry: 10.1.1.132/30, rev 6
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.4:0, label: 21
  remote binding: lsr: 10.10.10.5:0, label: 22
lib entry: 10.1.1.136/30, rev 4
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 103
  remote binding: lsr: 10.10.10.4:0, label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.5:0, label: 23
lib entry: 10.1.1.140/30, rev 22
  local binding: label: 207
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.5:0, label: imp-null
lib entry: 10.1.1.144/30, rev 2
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 102
  remote binding: lsr: 10.10.10.4:0, label: 18
  remote binding: lsr: 10.10.10.5:0, label: imp-null
lib entry: 10.10.10.1/32, rev 10
  local binding: label: 201
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 190
  remote binding: lsr: 10.10.10.4:0, label: 17
  remote binding: lsr: 10.10.10.5:0, label: 18
lib entry: 10.10.10.2/32, rev 8
  local binding: label: 200
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.4:0, label: 16
  remote binding: lsr: 10.10.10.5:0, label: 17
lib entry: 10.10.10.4/32, rev 17
  local binding: label: 204
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 104
  remote binding: lsr: 10.10.10.4:0, label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.5:0, label: 16
lib entry: 10.10.10.5/32, rev 21
  local binding: label: 206
  remote binding: lsr: 10.10.10.5:0, label: imp-null

```

R4

```

R4#show mpls ldp bindings
lib entry: 10.1.1.0/26, rev 14
  local binding: label: 19
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 202
lib entry: 10.1.1.64/26, rev 4
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 205
lib entry: 10.1.1.128/30, rev 16
  local binding: label: 20
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 203
lib entry: 10.1.1.132/30, rev 18
  local binding: label: 21
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: imp-null
lib entry: 10.1.1.136/30, rev 2
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: imp-null
lib entry: 10.1.1.140/30, rev 22
  local binding: label: 23
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 207
lib entry: 10.1.1.144/30, rev 12
  local binding: label: 18
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: imp-null
lib entry: 10.10.10.1/32, rev 10
  local binding: label: 17
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 201
lib entry: 10.10.10.2/32, rev 8
  local binding: label: 16
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 200
lib entry: 10.10.10.4/32, rev 6
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 204
lib entry: 10.10.10.5/32, rev 21
  local binding: label: 22
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 206

```

R5

```

R5#show mpls ldp bindings
lib entry: 10.1.1.0/26, rev 16
  local binding: label: 20
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 202
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 101
lib entry: 10.1.1.64/26, rev 14
  local binding: label: 19
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 205
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 105
lib entry: 10.1.1.128/30, rev 18
  local binding: label: 21
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 203
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null
lib entry: 10.1.1.132/30, rev 20
  local binding: label: 22
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null
lib entry: 10.1.1.136/30, rev 22
  local binding: label: 23
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 103
lib entry: 10.1.1.140/30, rev 2
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 207
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null
lib entry: 10.1.1.144/30, rev 4
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 102
lib entry: 10.10.10.1/32, rev 12
  local binding: label: 18
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 201
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 100
lib entry: 10.10.10.2/32, rev 10
  local binding: label: 17
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 200
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: imp-null
lib entry: 10.10.10.4/32, rev 8
  local binding: label: 16
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 204
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 104
lib entry: 10.10.10.5/32, rev 6
  local binding: label: imp-null
  remote binding: lsr: 10.1.1.146:0, label: 206
  remote binding: lsr: 10.10.10.2:0, label: 106

```

4.8. À chaque étape, lister les différentes tables (table de routage, table des labels MPLS, table de commutation MPLS, table des voisins, table des connexions TCP). Mettre en évidence le processus de construction de la table de commutation MPLS.

Pour construire leurs tables de commutation MPLS, les routeurs vont tout d'abord échanger une trame LDP "Hello" pour indiquer aux autres routeurs qu'ils attendent une connexion LDP? une fois ce paquet reçu par les autres routeurs, une connexion LDP est initiée afin de leur permettre d'échanger leurs labels.

4.9. Montrer qu'un label n'a de signification que locale.

Les labels ont une signification locale aux réseaux MPLS, car une fois que le paquet traverse un routeur de bordure, le label MPLS est effacé.

On a effectué deux captures entre R3 et R4 et entre R4 et PC2

On la présence du MPLS entre R3 et R4 sur la capture ci-dessous

```
> Frame 27: 102 bytes on wire (816 bits), 102 bytes captured (816 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: 0c:2e:66:31:00:00 (0c:2e:66:31:00:00), Dst: 0c:2e:66:31:00:00 (0c:2e:66:31:00:00)
▼ MultiProtocol Label Switching Header, Label: 206, Exp: 0, S: 1,
    0000 0000 0000 1100 1110 .... .... = MPLS Label: 206 (0xc0)
    .... .... 000. .... = MPLS Experimental Bit
    .... .... ...1 .... = MPLS Bottom Of Label Stack
    .... .... 0011 1111 = MPLS TTL: 63
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.1.126, Dst: 10.1.1.62
> Internet Control Message Protocol
```

Tandis qu'entre R4 et PC2 ou le MPLS n'est pas activé, on ne remarque pas de MPLS

```
> Frame 11: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: Private_66:68:01 (00:50:79:66:68:01), Dst: 0c:2e:66:31:00:00 (0c:2e:66:31:00:00)
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.1.126, Dst: 10.1.1.62
> Internet Control Message Protocol
```