

## Module M3102 – TP 4

### MPLS : mode non connecté avec LDP

#### Introduction:

L'initiative MPLS (Multi Protocol Label Switching) est née au milieu des années 90 par un groupe de travail de l'IETF. Networks. Au début cette technologie était conçue pour ne fonctionner que sur ATM ce qui réduit le périmètre de son déploiement. Par la suite Cisco Systems lève cette limitation et généralise l'usage de MPLS en créant le « Tag Switching », qui sera ensuite appelé « Label Switching » lors de la standardisation de MPLS à l'IETF.

A l'origine, l'objectif de MPLS était de router plus rapidement les paquets en augmentant la puissance de commutation/routage des routeurs IP, en basant la décision de routage sur une information de label se situant entre le niveau 2 et le niveau 3 du modèle OSI. En parallèle d'autres techniques de commutation rapide (CEF : Cisco Express Forwarding et ASIC : Application Specific Interface Circuits) se développaient et remplissaient largement cet objectif au même titre que MPLS.

Actuellement, le déploiement massif de MPLS dans les cœurs des réseaux d'opérateurs et dans les réseaux de collecte n'a pas été motivé par la vitesse de commutation mais plutôt par les services proposés aux opérateurs :

- Amélioration de l'ingénierie de trafic « **Traffic Engineering (TE)** »
- Les réseaux privés virtuels « **VPN** » qui ne sont pas réalisables sur des infrastructures IP traditionnelles.
- Des opérations de type **OAM** « **Operational Administration and Maintenance** »

#### Terminologie et principe :

- Dans MPLS, les équipements de cœur de réseau qui réalisent la commutation de labels sont appelés **LSR** « **Label Switch Router** ».
- Les routeurs en bordure des réseaux MPLS sont appelés **LER** « **Label Edge Router** » et ils sont responsables d'insérer les labels « **Ingress LSR** » ou de les retirer « **Egress LSR** ».
- Les paquets sont tagués avec FEC « **Forwarding Equivalent Class** » par l'**Ingress** router à l'entrée du réseau. Ainsi tous les paquets ayant le même tag FEC emprunteront le chemin MPLS appelé **LSP** « **Label Switch Path** ».
- Le dernier routeur LSR sur le chemin LSP supprime les informations MPLS (label, tag...)

D'une manière générale on utilise les deux termes suivants pour les routeurs MPLS : **PE** « **Provider Edge** » pour les routeurs de bordure et **P** « **Provider** » pour les routeurs dans le cœur de réseau.

### Objectif du TP:

- Emuler un réseau MPLS et la commutation de labels sur les routeurs.
- Comprendre le fonctionnement de signalisation LDP
- Maîtriser les principales commandes « Cisco » pour configurer le protocole MPLS.

## 1. Configuration de base des routeurs LSR

Soit le réseau donné par le diagramme ci-dessous. La topologie comprend deux routeurs Provider Edge PE, deux routeurs provider P et quatre routeurs clients CE (Customer Edge). Le protocole IGP\* utilisé est OSPF avec des coûts égaux à 1 (Interface 100 Mbits/s) :

- Les routeurs providers sont notés  $P_i$  avec  $i = [1,2]$
- Les deux routeurs de bordures sont notés PE11 et PE12
- Les 4 routeurs clients sont notés  $CE_k$  avec  $k = [1,2,3,4]$
- Adresses IP des loopback des  $P_i$  est  $i.i.i.i/32$
- Adresses IP des loopback des  $PE_{ij}$  est  $ij.ij.ij/32$
- Les adresses loopback des routeurs LSR MPLS (PE et P) sont utilisées comme des « router-ID » pour OSPF et pour la signalisation MPLS.
- Adresses IP des  $CE_k$  est  $192.168.k.k/24$
- Les routeurs PE, P et CE utilisent la version IOS «**c7200-jk9s-mz.124-13b.bin**» supportant ainsi la technologie MPLS.

Démarrez **GNS3** et créez un nouveau projet nommé **TP4** dans le Project Directory de GNS3, **C:\GNS3\Projects\TP4**.

/!\ La première opération à effectuer pour utiliser MPLS consiste à d'activer CEF (Cisco Express Forwarding) comme méthode de commutation sur tous les routeurs du backbone (composant le nuage MPLS dans notre cas les routeurs P1, P2, PE11 PE12). En effet, CEF est la seule méthode de routage capable d'utiliser les tables de labels pour commuter les paquets. En cas d'oubli, MPLS ne sera pas fonctionnel. CEF se configure avec la commande globale **ip cef**.

Pour configurer les routeurs LSRs de notre nuage MPLS, il suffit sur chaque routeur d'activer **cef** et :

- D'activer la commutation de labels avec la commande **mpls ip**
- De spécifier que le protocole de signalisation utilisé est **LDP** « **Label Distribution Protocol** », en utilisant la commande « **mpls label protocol ldp** »
- De spécifier, en mode interface, sur quelles interfaces cette commutation sera active en réutilisant la commande **mpls ip**

\* Le protocole de signalisation d'attribution des labels LDP se base sur un protocole de type IGP pour l'annonce des labels => il faut donc configurer un IGP dans les réseaux MPLS.

## Diagramme de topologie

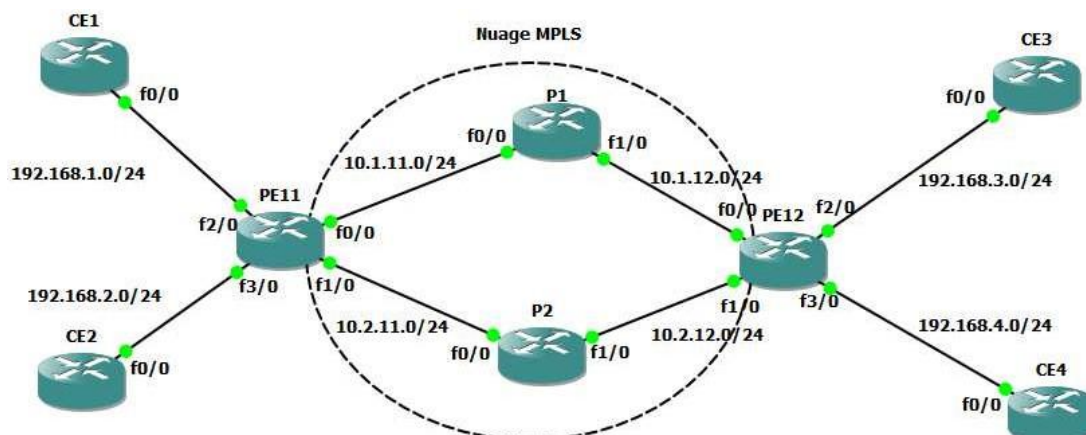


Table d'adressage

Périphérique	Interface	Adresse IP	Masque de sous-réseau
CE1	Fa0/0	192.168.1.1	255.255.255.0
CE2	Fa0/0	192.168.2.2	255.255.255.0
CE3	Fa0/0	192.168.3.3	255.255.255.0
CE4	Fa0/0	192.168.4.4	255.255.255.0
PE11	Fa0/0	10.1.11.11	255.255.255.0
	Fa1/0	10.2.11.11	255.255.255.0
	Fa2/0	192.168.1.11	255.255.255.0
	Fa3/0	192.168.2.11	255.255.255.0
	Loopback0	11.11.11.11	255.255.255.255
PE12	Fa0/0	10.1.12.12	255.255.255.0
	Fa1/0	10.2.12.12	255.255.255.0
	Fa2/0	192.168.3.12	255.255.255.0
	Fa3/0	192.168.4.12	255.255.255.0
	Loopback0	12.12.12.12	255.255.255.255
P1	Fa0/0	10.1.11.1	255.255.255.0
	Fa1/0	10.1.12.1	255.255.255.0
	Loopback0	1.1.1.1	255.255.255.255
P2	Fa0/0	10.2.11.2	255.255.255.0
	Fa1/0	10.2.12.2	255.255.255.0
	Loopback0	2.2.2.2	255.255.255.255

## Questions:

- Vérifiez la bonne configuration de votre topologie en s'assurant que toutes les interfaces sont bien actives sur chaque routeur (**show ip interface brief**). Appeler l'enseignant pour vérifier
- Copiez l'état des interfaces pour le routeur PE11
- Vérifiez que les pings suivants s'effectuent avec succès : la liaison PE11 avec PE12, P2 avec P12. Enumérez les 2 commandes PING pour les deux connexions.

MPLS peut fonctionner en mode connecté ou en mode non connecté. En mode non connecté, en se basant sur le protocole de signalisation **LDP**, chaque routeur LSR doit maintenir une table de routage apprise par un protocole IGP (exemple OSPF). En exploitant les tables de routage IGP, les sous-réseaux du domaine MPLS sont construits, dans lesquels les voisins s'échangent via des messages LDP les labels pour atteindre ces sous-réseaux. A partir de ces informations, les tables de commutations des labels sont construites et les paquets sont ensuite commutés en fonction des labels et non plus en fonction de la table de routage.

L'attribution des labels MPLS via LDP comporte 4 étapes : 1) **découverte des voisins** 2) négociation des paramètres LDP 3) **Attribution des labels MPLS** 4) **Maintien de la relation de voisinage**. Dans la suite du TP nous allons émuler ces quatre étapes sur notre topologie de réseau.

## 2. Découverte des voisins et connexion LDP

Les routeurs LSRs envoient des messages multicast **LDP** de type « Hello » sur leurs interfaces où MPLS est activé. Ces messages sont transportés sur UDP (non connecté). La principale information contenue dans ces messages est l'identifiant LDP du routeur LSR qui est codé sur 6 octets. **LSR-ID** sur 4 octets et 2 octets pour identifier l'espace des labels « **Label Space ID** »

Nous allons activer la signalisation LDP uniquement sur les interfaces qui auront à effectuer du Label-Switching, il s'agit généralement des interfaces qui se trouvent dans le nuage MPLS. La procédure est très simple en utilisant la commande **mpls ip**. Cette commande est à répéter sur les interfaces des routeurs qui se situent dans le réseau MPLS. Ceci permettra aux routeurs LSR d'établir une adjacence LDP avec les voisins sur les interfaces concernées. On définira aussi sur le coût OSPF (fixé à 1) de ces interfaces via la commande **ip ospf cost 1**.

On prend l'exemple du routeur P1: Les deux interfaces F0/0 et F1/0 appartiennent au nuage MPLS:

```
P1(config)#interface FastEthernet 0/0
P1(config-if)#mpls ip
P1(config-if)#ip ospf cost 1
P1(config-if)#no sh
```

Utilisez ces commandes pour configurer le MPLS sur les routeurs qui du nuage MPLS: P1, P2, PE11 et PE12.

### Questions:

- Copiez ci-dessous les commandes correspondantes aux routeurs P1, P2, PE11 et PE12.
- Faites un clic droit sur le lien entre P1 et PE11 puis capturez le trafic tout en démarrant Wireshark
- Visualisez sur Wireshark les messages LDP **Hello** sur les interfaces où MPLS est activé. Quel est le numéro de port UDP et l'adresse multicast utilisés dans l'échange des messages Hello?
- Relevez les identifiants LDP (LSR ID et Label Space ID) pour P1 et PE11, à quelles adresses correspondent-ils ?
- Appelez l'enseignant pour vérifier
- Assurez-vous du bon établissement de l'adjacence LDP en utilisant la commande **show tag-switching tdp discovery**. Dans LDP, chaque voisin LSR doit être marqué « xmit/recv » c'est à dire (émission / réception) pour que l'échange des labels puisse se réaliser.

Copiez le résultat de cette commande pour les routeurs P1 et PE12:

**Négociation des paramètres LDP:** Le routeur avec le LSR ID le plus grand initiera alors une connexion TCP sur le port 646, qui va permettre de négocier les paramètres de la session LDP. Les adresses IP sources et destination de cette connexion de négociation correspondent aux LSR ID de LDP (adresses loopback 0 dans notre TP). On ne détaillera pas dans ce TP les différentes options proposées lors de la négociation LDP mais on trouvera entre autres dans les messages LDP « **initialization message** » des informations sur :

- La capacité des routeurs LSR en termes d'agrégation, gestion des timers TTL, ...
- Le type d'encapsulation souhaité (ATM/AAL5, Frame Relay, Ethernet,...)
- Modes de fonctionnement de LDP (mode de distribution, ...)

L'adjacence LDP étant mise en place, nous devons maintenant s'assurer que chaque routeur LSR de notre réseau établisse et maintienne bien une table de routage OSPF (OSPF étant le routage IGP choisi dans notre TP).

Pour configurer OSPF sur les routeurs LSRs, on utilise 0 comme ID de la zone et on annonce les réseaux via la commande **network**. On n'annonce via OSPF que les réseaux connectés aux interfaces du nuage MPLS y compris les adresses **loopback0**. Sur les autres interfaces OSPF doit être désactivé, pour cela on utilise la commande : **passive-interface Nom\_Interface**.

### Questions:

- Indiquez ci-dessous les commandes utilisées pour les routeurs P1, P2, PE11 et PE12.
- Quel est le coût OSPF pour atteindre le réseau 192.168.4.0/24 à partir de P1 ? via quelle interface ? et quel est le next hop ?
- Copiez ci-dessous la table de routage de P1. Appelez l'enseignant pour vérifier
- Faites un clic droit sur le lien entre P2 et PE12 puis capturez le trafic tout en démarrant Wireshark
- Visualisez sur Wireshark les messages LDP **Keep Alive** et les messages **OSPF Hello Packet**. Appelez l'enseignant pour vérifier
- Quel est le protocole utilisé pour transporter les messages LDP keep Alive? A quoi servent ces messages ?

- Quelle est l'adresse multicast utilisée pour la diffusion des messages OSPF Hello?

Une fois l'adjacence établie et la convergence du routage OSPF atteinte, la phase d'attribution des labels MPLS peut commencer. Le mode d'attribution le plus courant se base sur les FEC où des paquets appartenant à une même FEC suivront le même chemin et auront la même méthode de forwarding. Typiquement, les FEC sont des préfixes IP appris par l'IGP tournant sur le backbone MPLS, mais peuvent aussi être définies par des informations de QoS ou de l'ingénierie de trafic.

### 3. Vérification des labels

Les routeurs LSR utilisent la table FIB « **Forwarding Information Base** » pour commuter des paquets IP sans label MPLS et la table LFIB « **Label FIB** » pour la commutation des paquets avec un en-tête MPLS

On s'intéresse maintenant à l'analyse des labels utilisés par les LSR pour joindre l'ensemble des adresses des routeurs du nuage MPLS. Pour cela on exécute la commande **show mpls ip binding** qui établit la correspondance IP/Label apprise par le protocole LDP (**LIB : Label Information Base**).

Le champ **lsr** permet de renseigner l'interface de sortie. Ainsi le routeur enlève le label entrant « **in label** », impose le label sortant « **out label** » puis transmet le message vers l'interface de sortie. Les labels sortants tagués « **inuse** » seront utilisés dans la table **MPLS Forwarding (LFIB)**.

**Imp-null** : Lorsqu'un LSR est le dernier routeur MPLS traversé avant la destination finale, alors il se charge d'enlever l'entête MPLS.

Question :

- Visualisez les labels émis par les voisins de P1.
- Combien de lignes contient la table LIB de P1 ? donnez les labels pour atteindre 2.2.2.2 (P2)
- Les informations de routages obtenues par les tables RIB (commande : **Show ip route**) et LFIB (commande: **show mpls forwarding-table**) concordent-elles avec celles obtenues par LIB pour atteindre le même routeur P2 (2.2.2.2) à partir toujours de P1 ?

### 4. Analyse de la commutation

Nous allons analyser dans cette partie la commutation de paquets en utilisant les labels dans le nuage MPLS. Pour cela nous allons suivre la commutation entre les routeurs LSR en utilisant les deux commandes **Show ip cef @network** et **Show mpls forwarding-table** en mode utilisateur. La commande **Show ip cef @network** affiche les entrées de la table FIB pour le réseau donné en paramètre.

Question :

- Visualisez les informations de commutation d'un paquet émis par PE12 et à destination de CE1 192.168.1.1 en exécutant la commande **show ip cef**. Copiez le résultat de la commande et commentez le déroulement de cette commutation

- Poursuivez le déroulement de la commutation vers CE1 192.168.1.1 en consultant la table FIB du next-hop (obtenu dans la précédente question). Copiez le résultat de la commande et commentez en repérant le next-hop et le label à ce niveau.
- Que se passe au niveau du dernier LSR (next-hop trouvé à la question précédente) pour la commutation vers CE1 192.168.1.1. Appliquez pour ça la **commande show ip cef @network**