

□ Résumé – MPLS (Multiprotocol Label Switching)

□ Objectifs de MPLS

- ⑩ Combiner les avantages du **routing IP** (souplesse) et de la **commutation ATM** (performance).
- ⑩ Faciliter l'**ingénierie de trafic**, la **QoS**, et la **virtualisation de réseaux (VPNs)**.
- ⑩ Fonctionne sur tout type de support (IP, ATM, Ethernet...).

□ 1. Principes de base

□ Fonctionnement général

Élément	Rôle
LSR (Label Switching Router)	Routeur MPLS qui commute les paquets via leur label
LER (Label Edge Router)	Entrée (Ingress) ou sortie (Egress) du réseau MPLS
LSP (Label Switched Path)	Chemin unidirectionnel prédéfini dans le réseau MPLS
FEC (Forwarding Equivalence Class)	Regroupe les paquets à acheminer de la même manière

□ Le label MPLS

- ⑩ Ajouté entre L2 (Ethernet) et L3 (IP)
- ⑩ Contient :
 - ⑩ Identifiant (Label)
 - ⑩ Exp bits (QoS)
 - ⑩ S (empilement de labels)
 - ⑩ TTL

□ 2. Plan de données

□ Traitement dans un LSR

Étape	Action
Ingress LER	PUSH (ajoute un label)
LSR de cœur	SWAP (remplace le label)
Egress LER	POP (retire le label)

□ Empilement des labels

- ⑩ Empilement = hiérarchie de LSP (ex : LSP pour VPN dans LSP pour TE)
- ⑩ Traitement basé sur le **label au sommet de pile**
- ⑩ Bit S = 1 marque le dernier label (bottom of stack)

□ Penultimate Hop Popping (PHP)

- ⑩ Avant le dernier routeur, **le label est dépilé**
- ⑩ Allège la charge du Egress LER
- ⑩ Labels spéciaux :
 - ⑩ **Label 3 (Implicit NULL)** : ne rien transmettre
 - ⑩ **Label 0 (Explicit NULL)** : transmettre avec TTL, pas de lookup

□ Tables internes au LSR

Table	Fonction
ILM	Associe un label entrant à une action
NHLFE	Contient l'action à effectuer : swap, push, pop
FTN	FEC ↔ label, pour décider de quel LSP utiliser

□ 3. Signalisation avec LDP

□ LDP (Label Distribution Protocol)

Étapes	Détail
Découverte des pairs	Messages Hello (UDP multicast ou unicast)
Session TCP	Échange d'infos (FEC, labels, timers...)
Distribution des labels	Spontanée (Downstream Unsolicited) ou à la demande (On Demand)
Utilise TLVs (Type Length Value)	Pour la flexibilité des messages

□ 4. Signalisation avec RSVP

□ RSVP-TE (Traffic Engineering)

- ⑩ Permet de **réserver des ressources** sur le chemin
- ⑩ Messages :
 - ⑩ **PATH** (amont → aval)
 - ⑩ **RESV** (aval → amont)
- ⑩ Gère :
 - ⑩ **QoS**
 - ⑩ **Chemins explicites**
 - ⑩ **Re-routage rapide en cas de panne**

□ Mécanismes de protection

Méthode	Description
One-to-one backup	LSP de secours par LSP principal
Facility backup	Un LSP de secours pour plusieurs LSPs

□ 5. Ingénierie de trafic (TE)

□ Objectif

- ⑩ Optimiser l'utilisation du réseau
- ⑩ Diriger le trafic en fonction :
 - ⑩ De la bande passante
 - ⑩ Des priorités
 - ⑩ De contraintes spécifiques

□ MPLS-TE (Traffic Engineering)

- ⑩ Protocole de signalisation : RSVP-TE
- ⑩ Routage avec contraintes : CSPF (Constraint Shortest Path First)
- ⑩ OSPF-TE : extensions à OSPF pour inclure les caractéristiques des liens

Info transmise par OSPF-TE

Exemples

Capacité	Débit max, réservé, non réservé
Métrique	Ajustable pour refléter la congestion
Priorité	Pour les tunnels

□ 6. VPNs avec MPLS/BGP

□ Principe

- ⑩ Chaque client a un **VPN isolé**
- ⑩ Les routeurs PE (Provider Edge) assurent :
 - ⑩ Routage séparé par VRF (VPN Routing and Forwarding)
 - ⑩ Ajout d'un **label VPN** à l'entrée
 - ⑩ Acheminement via un **LSP** dans le cœur du réseau

□ Adressage VPN-IPv4 (BGP)

- ⑩ Adresse VPN-IPv4 = RD + IPv4 (12 octets)
- ⑩ RD = Route Distinguisher → rend les préfixes uniques

□ 7. Configuration (Linux & Cisco)

□ Sous Linux

```
bash
CopierModifier
modprobe mpls_router
modprobe mpls_gso
modprobe mpls_ip_tunnel
sysctl -w net.mpls.conf.eth0.input=1
sysctl -w net.mpls.platform_labels=1048575
```

□ Routage MPLS (exemples)

```
bash
CopierModifier
```

```
ip route add 192.168.10.0/24 encap mpls 100 via inet 192.168.20.12
ip -f mpls route add 200 via inet 192.168.30.2 dev eth0
ip -f mpls route add 200 as 300 via inet 192.168.30.2 dev eth0
```

□ Cisco

c

CopierModifier

```
(config)# mpls ip
```

```
(config-if)# mpls ip
```

```
(config)# mpls label protocol ldp
```

✓ Conclusion

Forces de MPLS

Acheminement rapide et prévisible

Séparation logique des services (VPN)

Compatible avec IP, ATM, Ethernet, etc.

Limites / Complexité

Complexité de configuration

Besoin de maîtrise des protocoles de signalisation

Implémentation hétérogène selon les équipements