

Les Réseaux Haut Débit

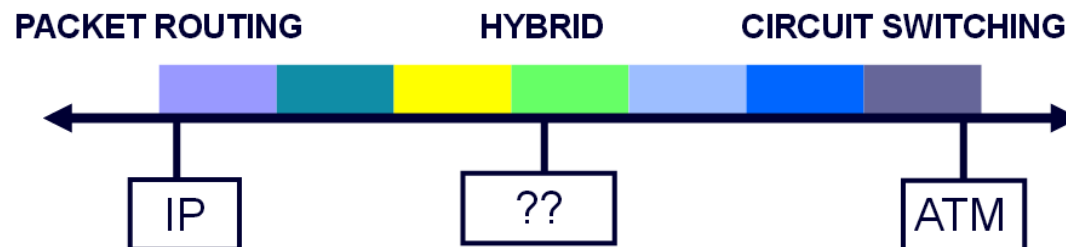
Dr. Tarek Nadour

Réseaux de Transport de 2^{ème} génération

MPLS, GMPLS, gestion de la QoS

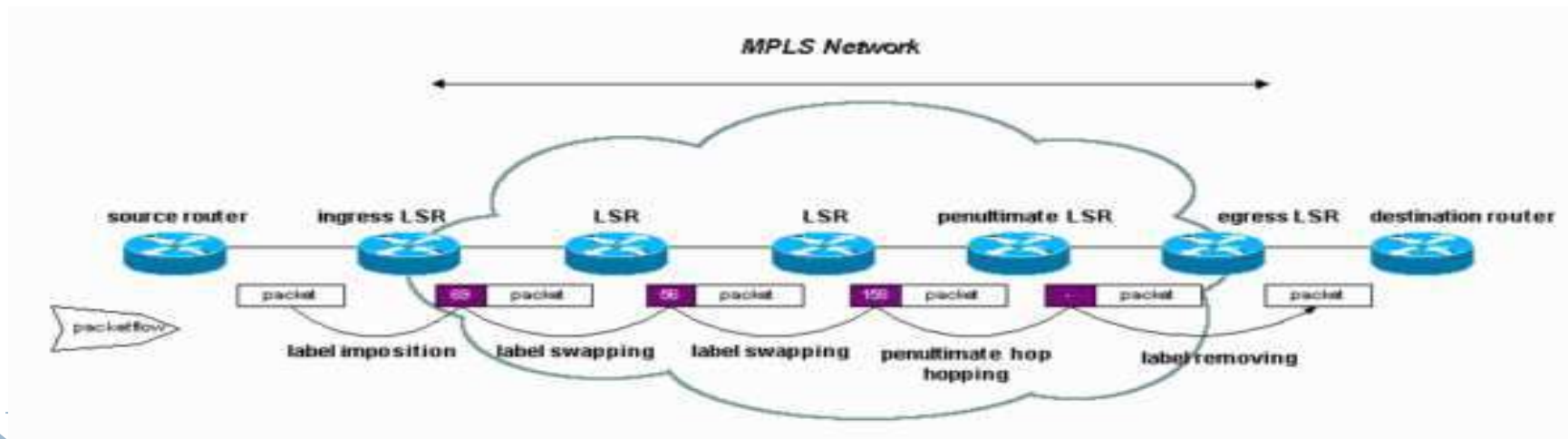
Pourquoi MPLS ?

- ▶ ATM
 - ▶ Avantages
 - ▶ Haut débit (20millions cellules/s)
 - ▶ Mode connecté – support de la QoS
 - ▶ Integration des différents types de flux
 - ▶ Inconvénients
 - ▶ Complexe
 - ▶ Coût élevé
 - ▶ Besoin de signalisation au cœur des switch ATM (Q2931 + PNNI)
 - ▶ Déploiement limité
- ▶ Idée: combiner la technique de commutation ATM avec la souplesse du routage IP



MPLS

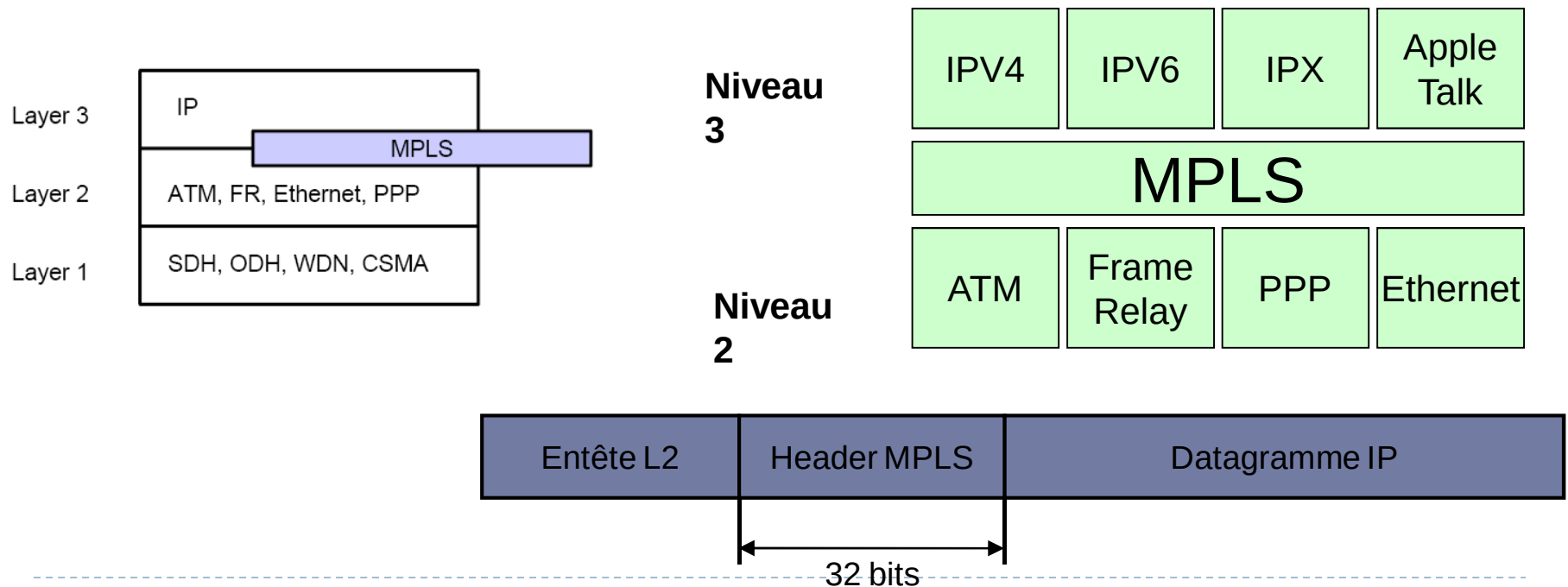
- ▶ Multiprotocol labels switching
- ▶ Les petites cellules d'ATM avaient pour motivation le temps de transfert d'un gros paquet. Avec les débits des artères optiques cela devient inutile.
 - ▶ La motivation initiale de MPLS est d'avoir des commutateurs simples et flexible
- ▶ Internet à la plus grosse croissance de trafic
 - ▶ MPLS sera dans le « monde » IP
- ▶ Chaque commutateur MPLS met des labels (tags) sur les paquets à transmettre. On peut avoir une pile (stack) de labels sur un paquet.
- ▶ On a deux types de commutateurs :
 - ▶ commutateur d'accès (LER label edge router)
 - Les paquets entrants dans le réseau sont dits ingress, les sortants egress
 - ▶ commutateur de transit (LSR label switching router)
- ▶ Un chemin MPLS est unidirectionnel



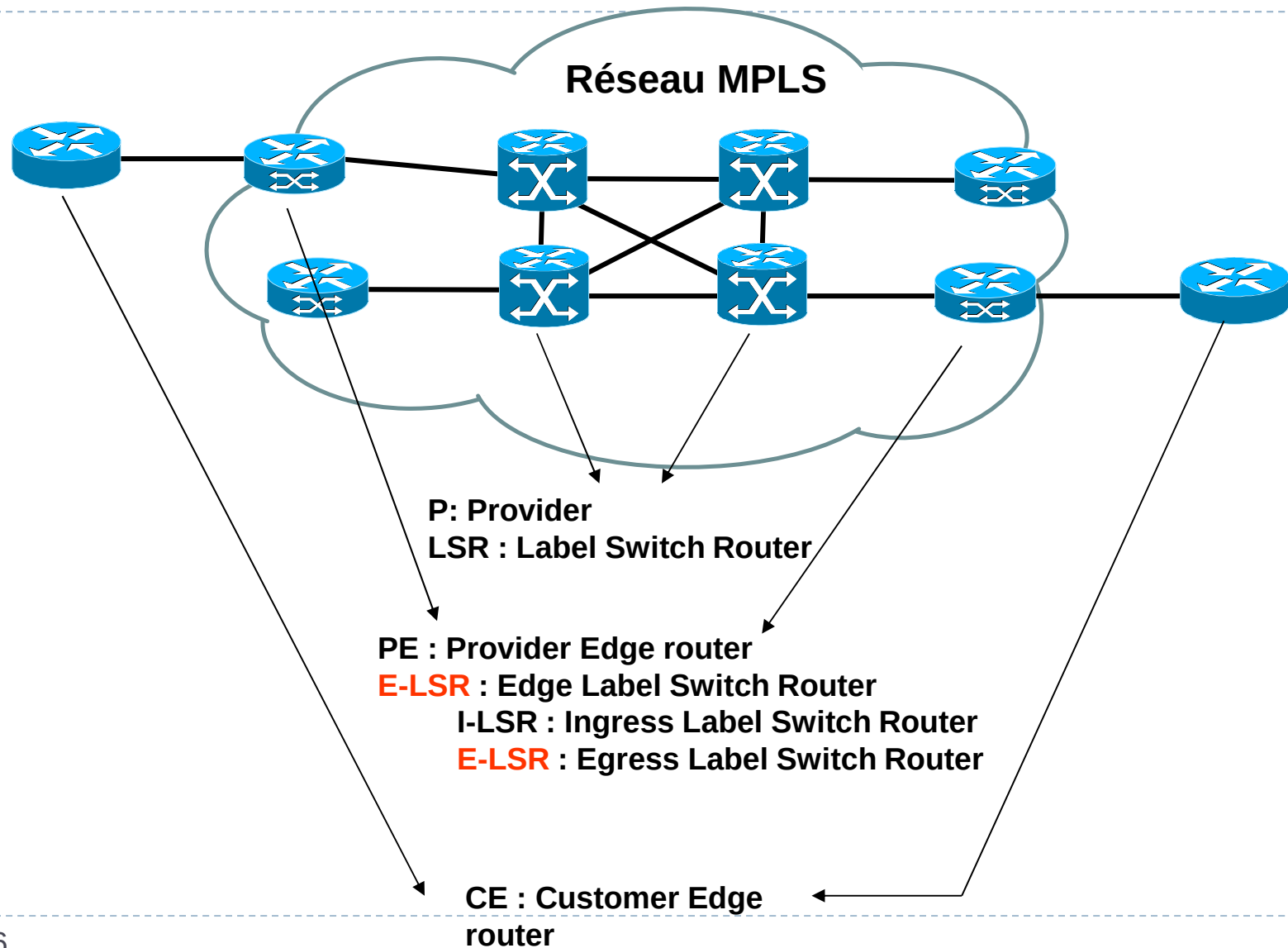
Avantages

► Associer

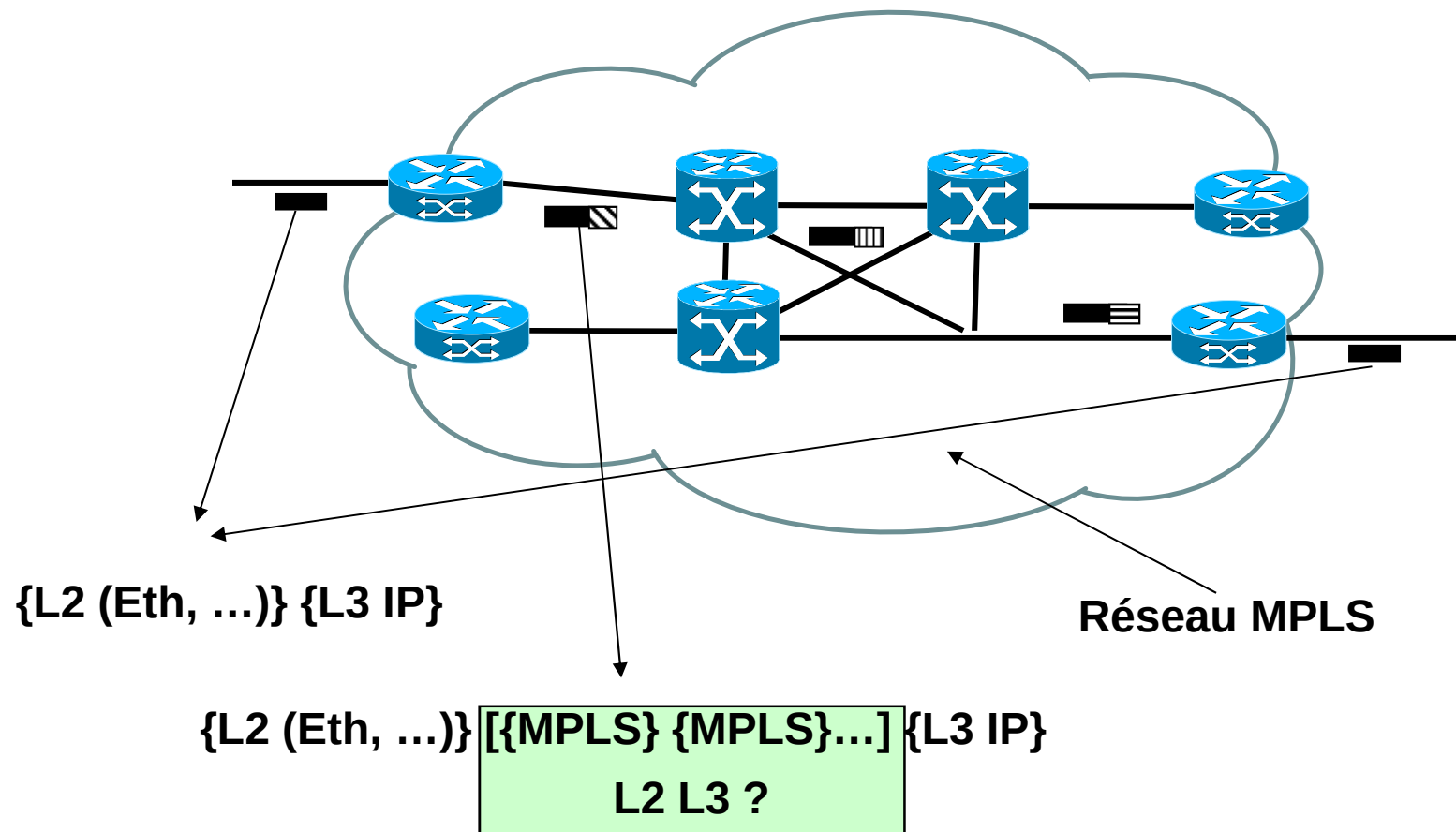
- La puissance de commutation du niveau 2
- La simplicité et la flexibilité du routage de niveau 3
- L'intelligence se trouve aux extrémités du réseau



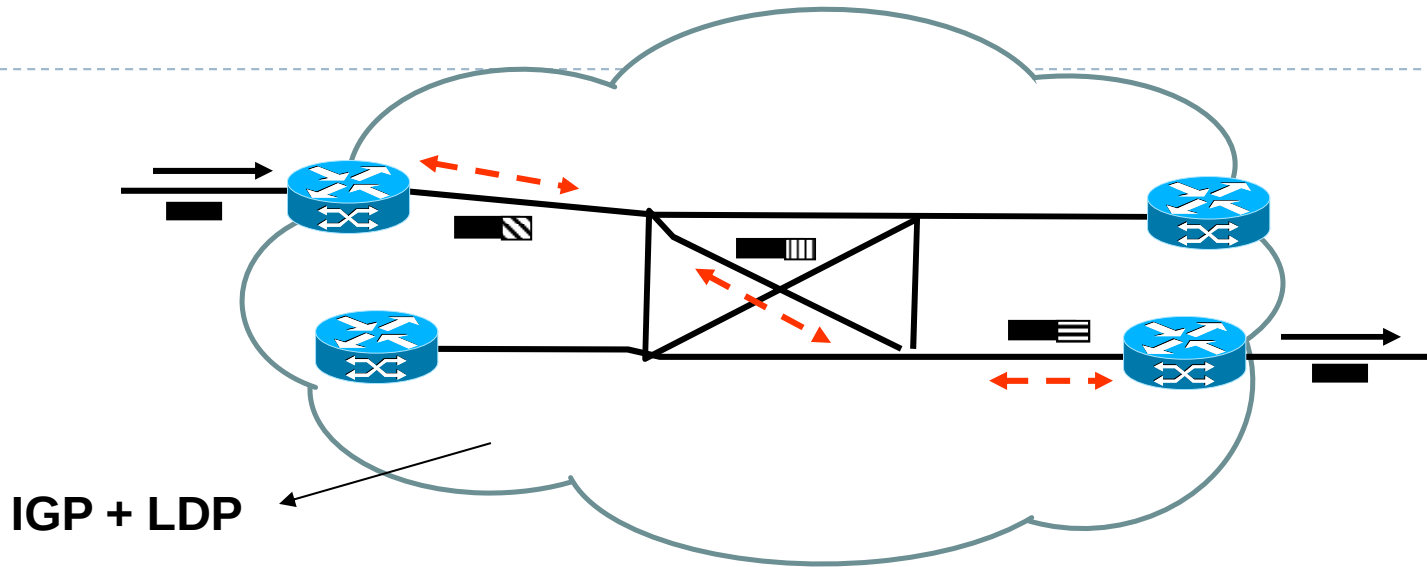
Vocabulaire



Comment ça marche ?

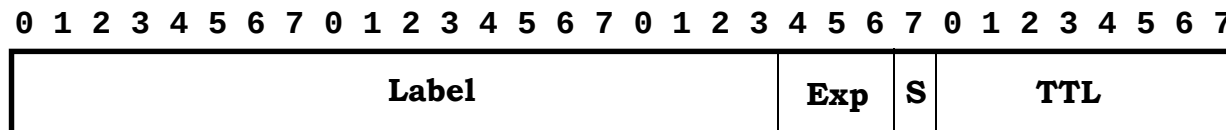


Comment ça marche ?



- Un protocole de routage IP dans le domaine de l'opérateur IGP : OSPF, EIGP,
- Un protocole de distribution de Labels pour distribuer les correspondances Adresse/Label entre voisins adjacents : LDP
- Le LSR d'entrée (Ingress LSR) reçoit les paquets, les route, affecte un label et achemine le paquet labellisé dans le réseau MPLS
- Les LSR de coeur de réseau commutent les paquets sur la base des Labels
- Le LSR de sortie (Egress LSR) retire le Label et route le paquet IP hors du réseau MPLS

Comment ça marche ?



Label = 20 bits

> 10^6 labels

Exp = Experimental, 3 bits Class Of Service

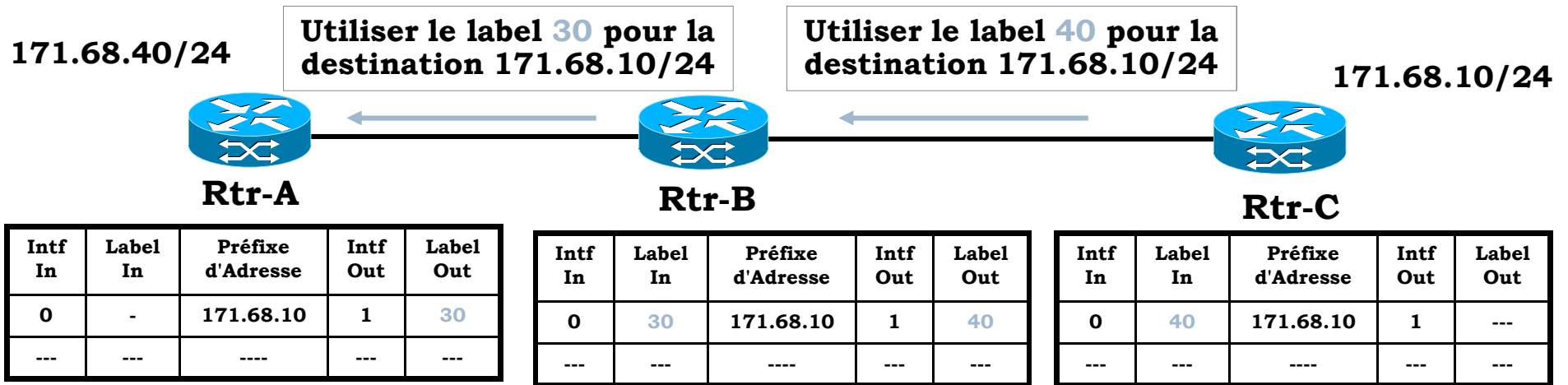
S = Stack, 1bit

MPLS dans MPLS

TTL = Time to live, 8 bits

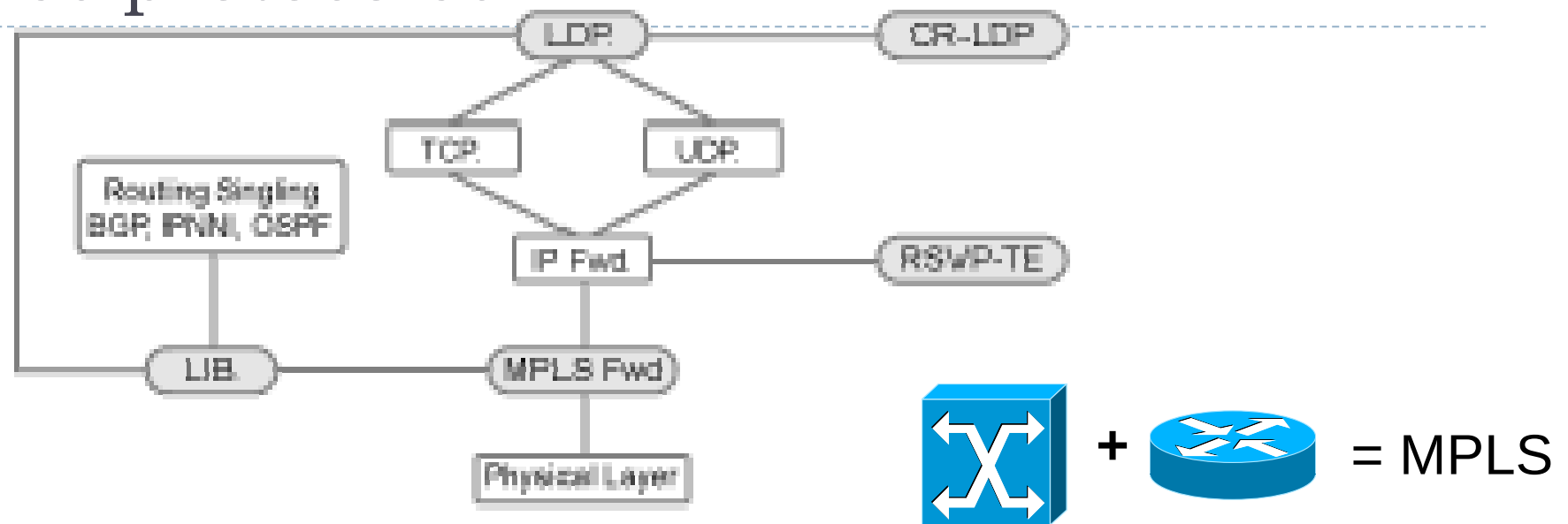
- Les LSRs MPLS acheminent toujours les paquets sur la base du Label placé en haut de la pile

Comment ça marche ?



- Le chemin imposé par les labels (LSP : Label Switched Path) est dérivés de l'IGP
- Il peut y avoir une différence entre le chemin proposé par l'IGP et le LSP : tunnel LSP, routage explicite (ingénierie de trafic)

Les protocoles



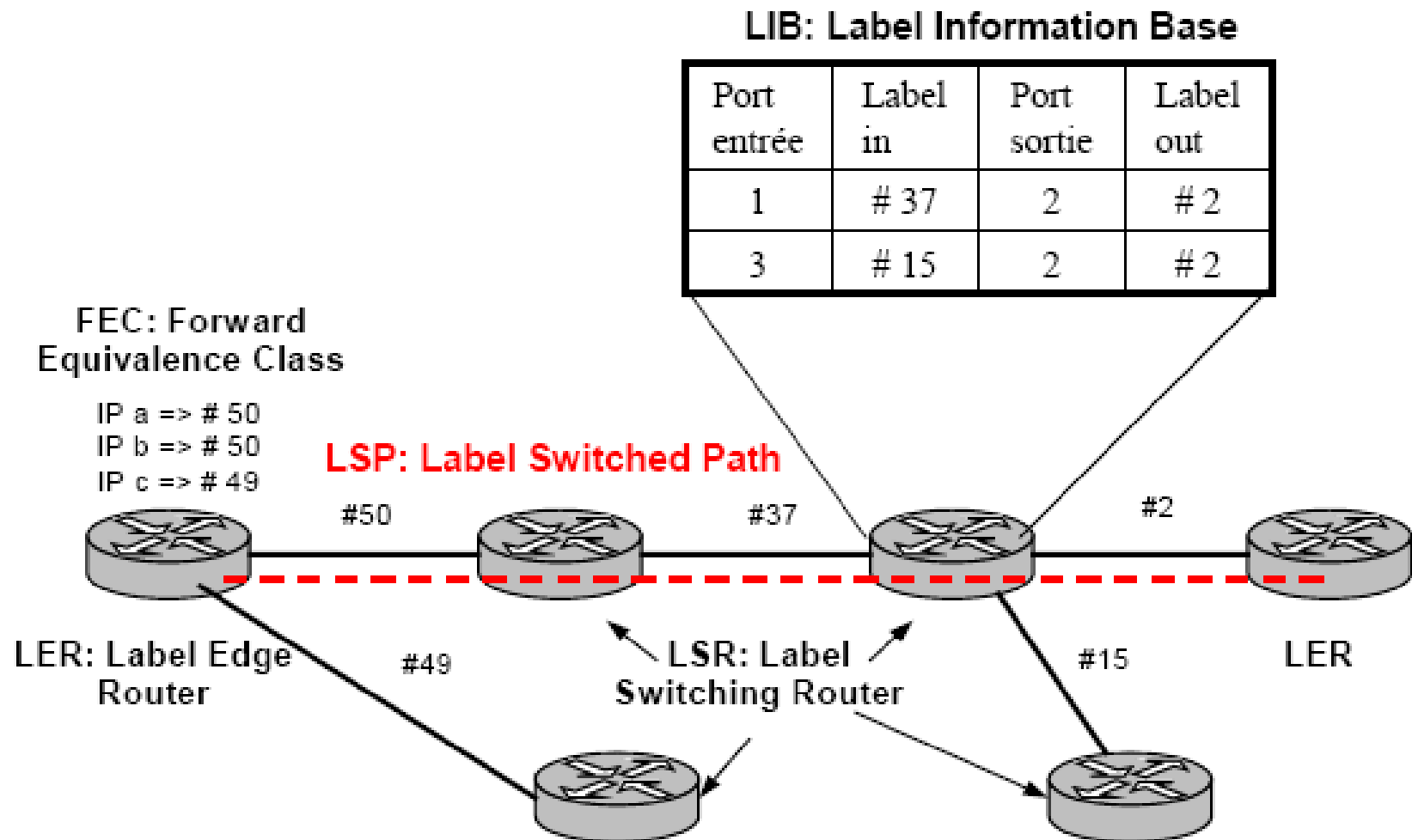
- ▶ MPLS: Multi Protocol Label Switching architecture
- ▶ Les protocoles de routage BGP, IS-IS, OSPF etc.
- ▶ LDP: Label Distribution Protocol
- ▶ Les protocoles de routage QoS OSPF-TE
- ▶ CR-LDP: Constraint-Based LDP extension de LDP
- ▶ RSVP-TE: Resource Reservation Protocol – gestion de trafic

MPLS :LSP

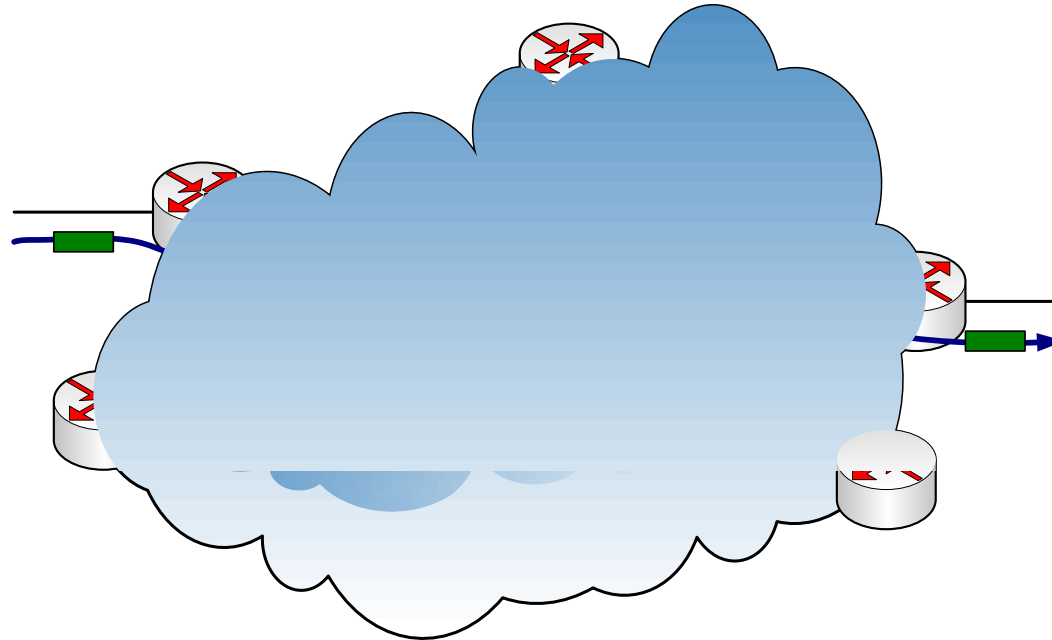
- ▶ Un commutateur construit une table de FEC (forwarding equivalence class) c'est à dire un ensemble de paquet devant être traités de la même façon (subnet de destination identique, type de paquet, type de service,...)
 - ▶ Quand un paquet arrive il doit déterminer à quelle FEC il appartient
 - ▶ Regarder dans la table des FEC vers quel nœud suivant il doit l'envoyer
- ▶ Dans un routeur IP classique l'identification de la FEC à laquelle appartient un paquet se fait par l'analyse de l'entête. L'algorithme regarde le mapping le plus large de masque de sous réseau dans la table de routage puis le cas échéant regarde le TOS (type of service) pour déterminer le chemin correct
- ▶ L'analyse est faite par chaque commutateur du réseau
- ▶ L'idée de MPLS est d'associer à chaque FEC un label simple
- ▶ Chaque commutateur n'a plus qu'à se préoccuper que du label
- ▶ Un commutateur à une table de routage
 - ▶ Label d'entrée, Interface de sortie, Label de sortie



MPLS :exemple



Comment ça marche ?



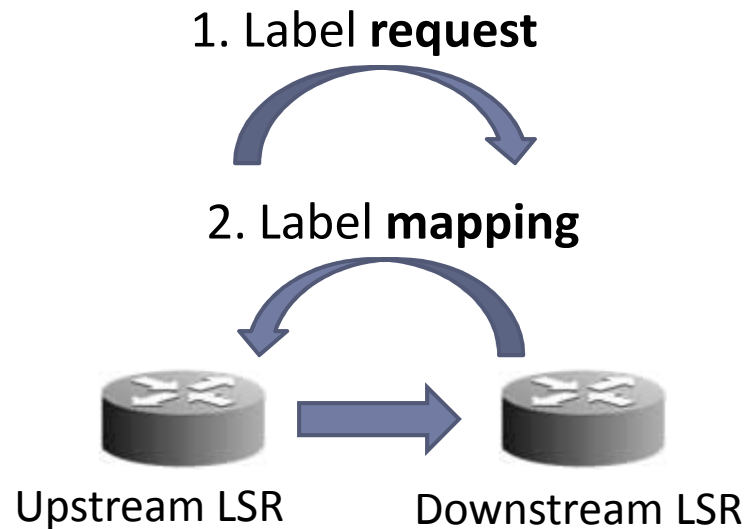
1. L'IGP calcule le chemin le plus court à travers le réseau (OSPF)
 2. LDP fait correspondre un label à chaque destination IP (résumées)
 3. L'E-LSR d'entrée reçoit les paquets, les route classiquement et les encapsule dans MPLS avec le bon label
 4. Les LSR acheminent le paquet par commutation des labels
 5. Le dernier (ou l'avant dernier) équipement enlève le label et route classiquement
-

Les FEC

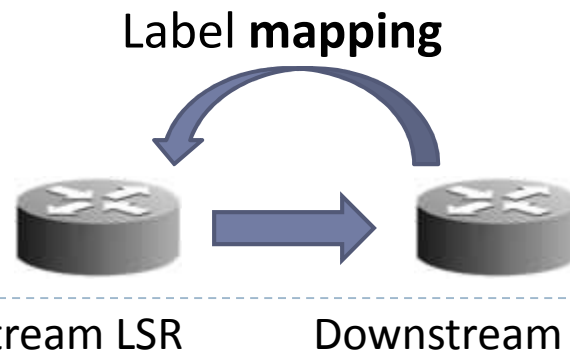
- Comment attribuer un label à un paquet IP ?
 - A l'entrée dans le réseau : classer les paquets dans des **FEC**
 - Classement par **Forwarding Equivalent Class** suivant :
 - Adresse IP source
 - Adresse IP destination
 - Paramètres de QoS
 - Choix d'une FEC s'appuie sur l'IGP et sur le protocole de distribution de label
 - Une FEC est associé à un **LABEL** local dans chaque LSR

Distribution des labels

- Mode « **Downstream On Demand** »



- Mode « **Unsolicited Downstream** »

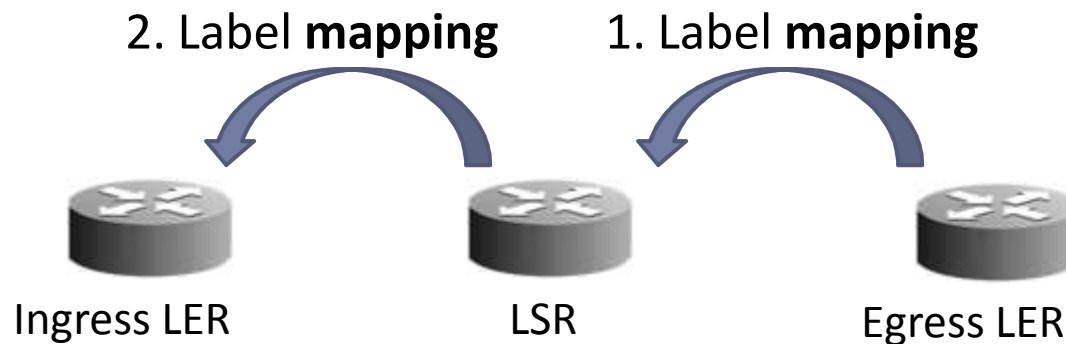


Rétention des labels

- Mode « **Liberal** »
 - Un LSR conserve tous les labels annoncés, même ceux non utilisés
 - Convergence rapide
 - Consommateur en mémoire
 - Utilisé en le mode « Downstream Unsolicited »
- Mode « **Conservative** »
 - Les LSR conservent seulement les labels reçus des next-hop pour chaque FEC
 - Convergence plus lente
 - Peu de consommation mémoire
 - Utilisé en mode « Downstream On Demand »

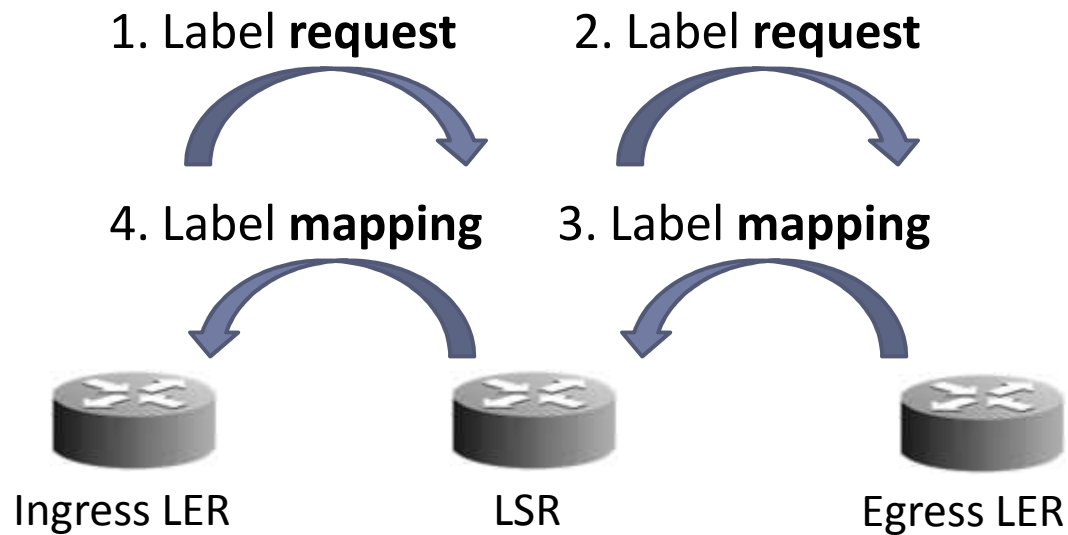
Etablissement du LSP (1/2)

- Un LSR lie un label à une FEC
 - Si il est le Egress LER
 - S'il a déjà reçu une association Label/FEC du prochain saut pour cette FEC
- Création d'un LSP en mode « **Unsolicited Downstream** »



Etablissement du LSP (2/2)

- Création d'un LSP en mode « **Downstream On Demand** »



- RSVP-TE distribue les labels et établit les LSP de cette façon

Dans ce qui vient d'être dit, les labels correspondent à des routes IP

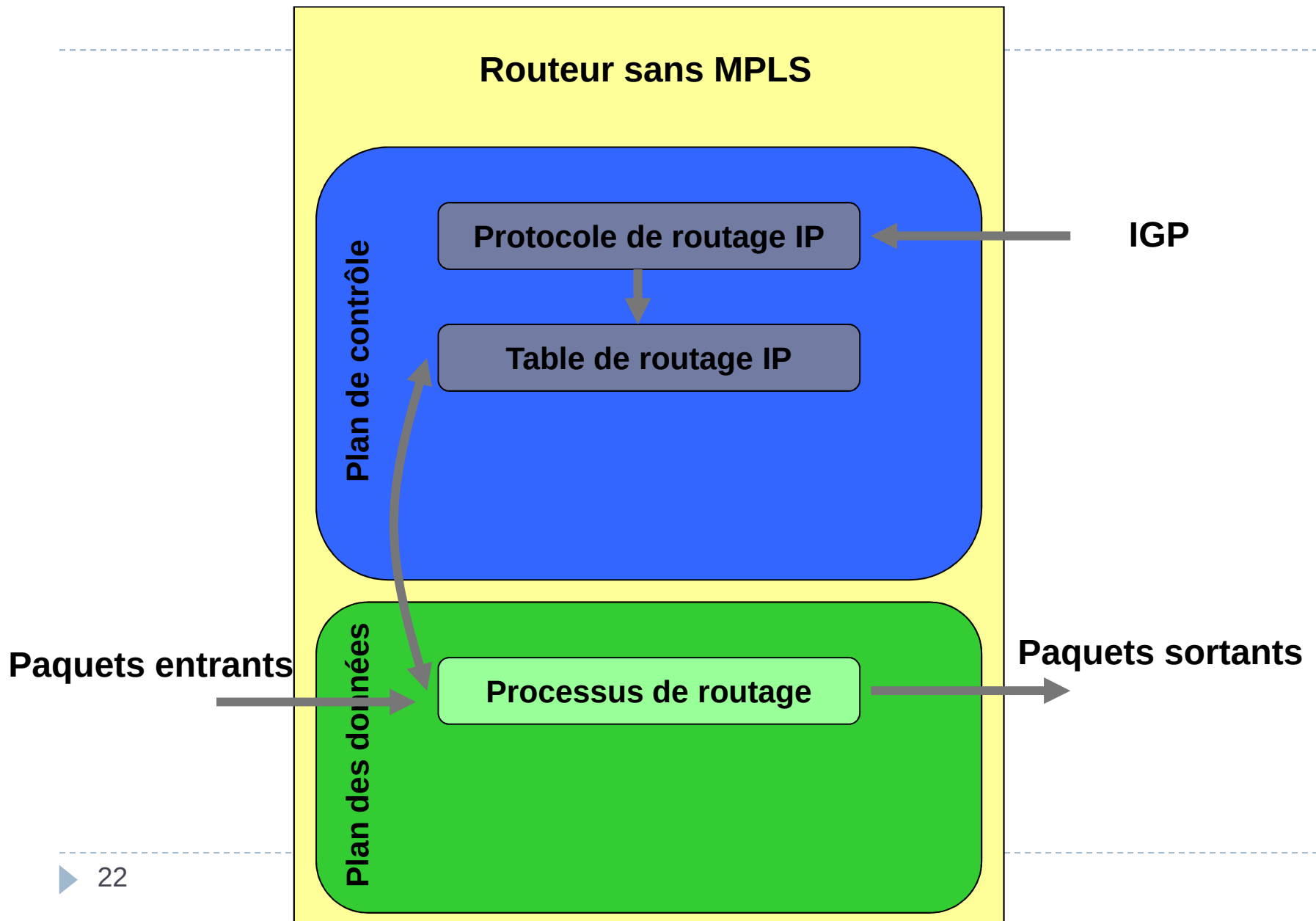
Pourquoi ne pas commuter sur les adresses IP directement ?

- c'est ce que fait MPLS dans les exemples qui précèdent
- on peut très bien construire des LSP sur d'autres critères :
 - routage sur adresse source
 - classe de service
 - Ingenierie de trafic
 - etc...
- C'est la notion de FEC : Forwarding Equivalence Class

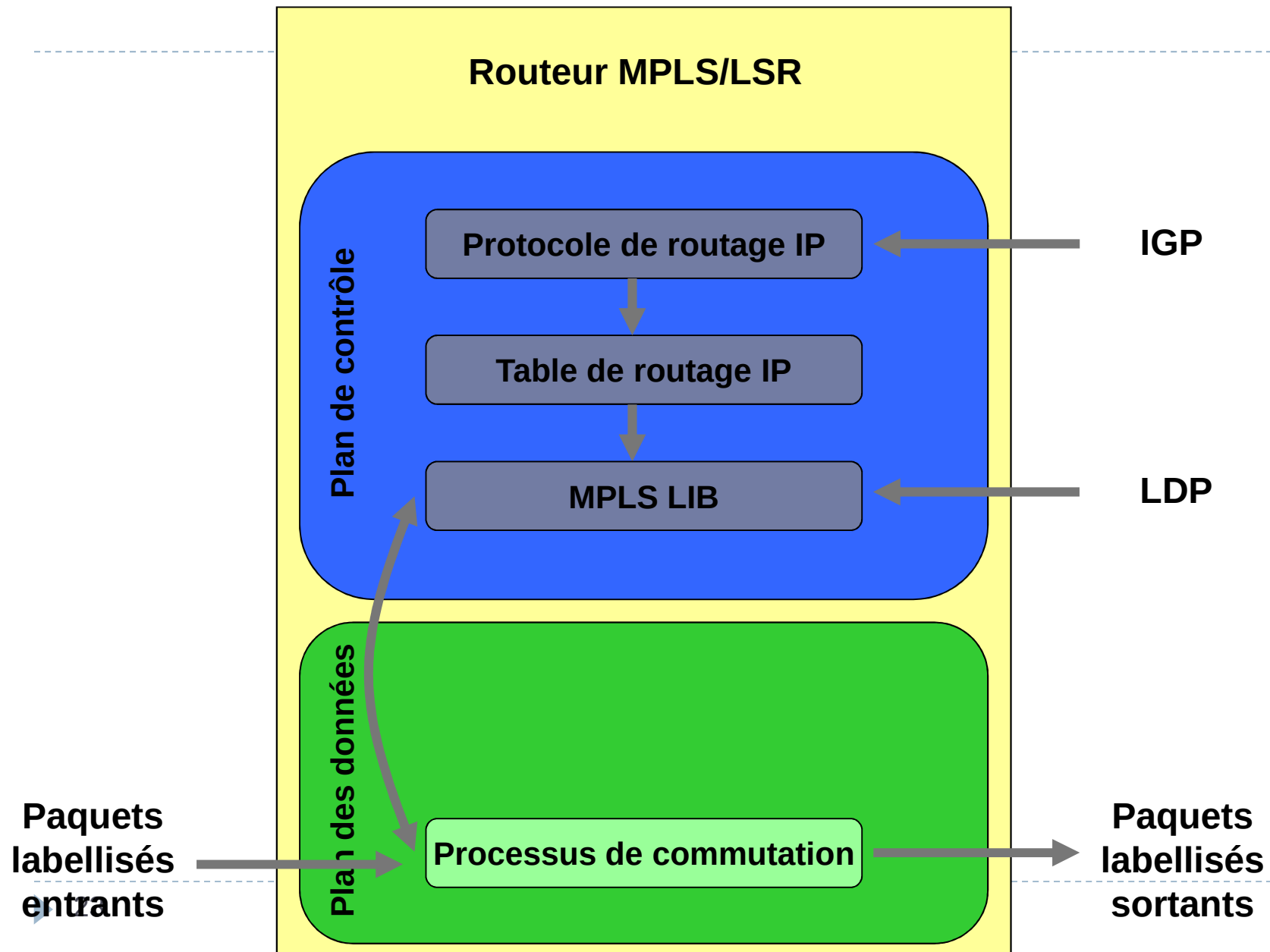
Comment ça marche ?

- MPLS est une technique d'identification de flux
- Les critères de définition des flux sont variés :
 - routage IP
 - service
 - QoS
 - client
 - ...
- Une fois indentifiés les flux sont commutés dans le réseau
- Cette communtation doit être faite selon une stratégie motivée

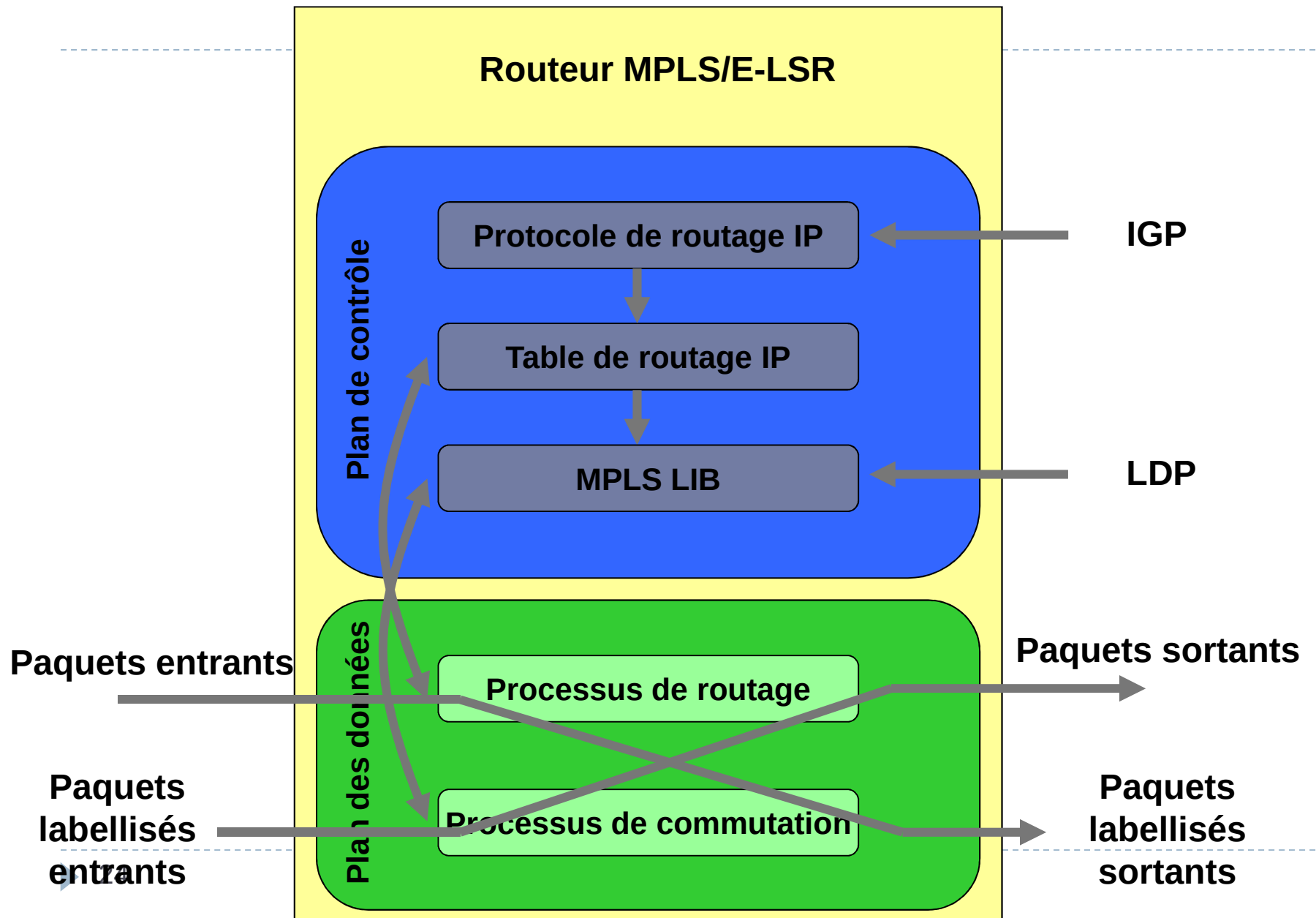
Architecture du Routeur MPLS



Architecture du Routeur MPLS



Architecture du Routeur MPLS



La gestion de la QoS IP

- ▶ Deux types d'approche pour la QoS IP :
 - ▶ Integrated Services (IntServ)
 - ▶ Differential Services (DiffServ)
- ▶ IntServ suppose que pour chaque flux demandant de la QoS, les ressources nécessaires sont réservées à chaque bond entre l'émetteur et le récepteur. IntServ requiert une signalisation de bout en bout, assurée par RSVP, et doit maintenir l'état de chaque flux (messages RSVP, classification, policing et scheduling par flux de niveau 4). IntServ permet donc une forte granularité de QoS par flux et pour cette raison, est plutôt destiné à être implémenté à l'accès.
- ▶ DiffServ est davantage destiné à être appliqué en coeur de réseau opérateur. Les différents flux, classifiés selon des règles prédéfinies, sont agrégés selon un nombre limité de classes de services, ce qui permet de minimiser la signalisation. DiffServ ne peut pas offrir de QoS de bout en bout et a un comportement " Hop By Hop ".

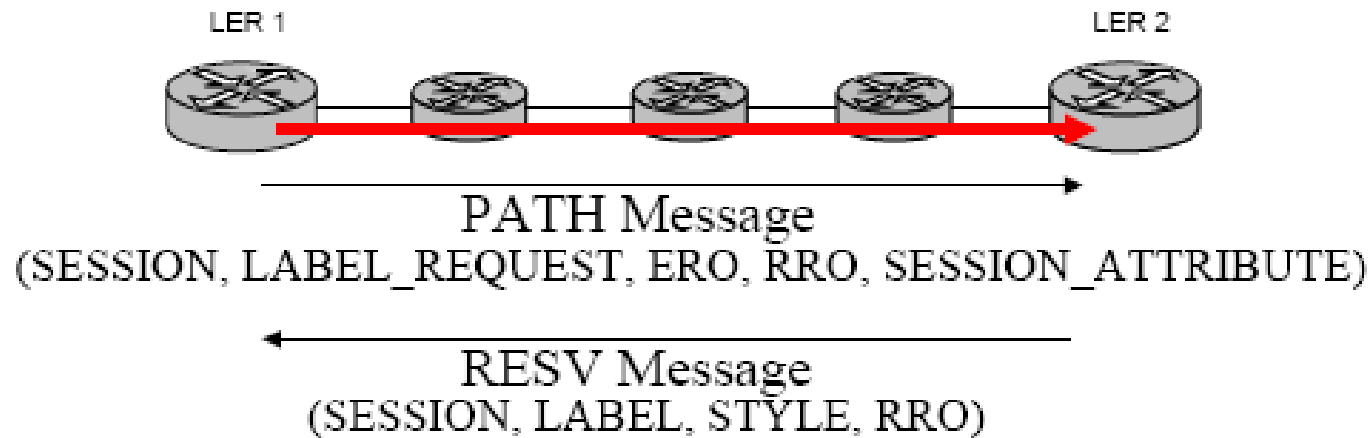


IntServ (Integrated Service)

- ▶ Fournir une QoS par flux
- ▶ Un flux = @IP source, @IP destination, numéro de Port
- ▶ 2 fonctions principales
 - ▶ Réservation de ressources
 - ▶ Chaque routeur doit avoir un état de ces ressources (disponibles vs. réservées)
 - ▶ Ressources = capacité des liens (bande passante), buffers
 - ▶ Etablissement de session/d'appel
 - ▶ Un flux nécessitant une QoS doit être capable de réserver les ressources suffisante au niveau de chaque routeur
 - ▶ Les protocoles d'établissement de session IntServ: RSVP, RSVP-TE, CR-LDP
- ▶ Les classes de services
 - ▶ Best Effort service (service au mieux)
 - ▶ Controlled Load service
 - ▶ Équivalent à la QoS quand le réseau n'est pas chargé
 - ▶ QoS dégradée quand le réseau est chargé
 - ▶ Guaranteed Service [RFC2212]
 - ▶ Fournie un service garanti (délais dans les fils d'attente, débit) par routeur.
 - ▶ **A source's traffic characterization is given by a leaky bucket with parameters (r,b) and requested service is characterized by transmission rate, R. This characterization is requiring a forwarding rate R at each router and a bound on maximum queuing via the leaky bucket parameters.?????????**



RSVP



ERO: explicit route (chemin prédéterminé)

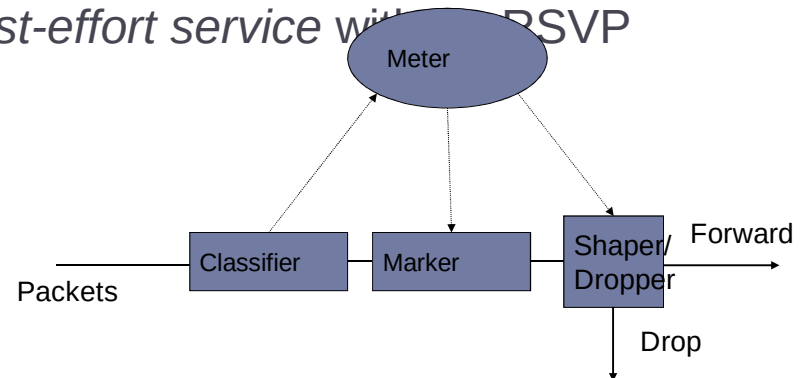
RRO: record route (liste des LSR traversés)

Session_attribute: définition de la priorité du setup



DiffServ (Differentiated Service)

- ▶ Les flux sont agrégés dans des classes de services
- ▶ Fourni une QoS par classe de service. Les flux appartenant à la même classe reçoivent le même « traitement »
- ▶ Les opérations complexes (de classifications, de contrôle d'accès) sont poussées aux extrémités du réseau. Les routeurs cœur vont se concentrer sur le transport des paquets.
- ▶ Avantages:
 - ▶ scalability, flexibility, and *better-than-best-effort service* with RSVP signaling.
- ▶ Les composants DiffServ
 - ▶ Edge router
 - ▶ packet classification
 - ▶ packet marking
 - ▶ traffic conditioning
 - ▶ core router
 - ▶ forwarding based on per-hop behavior (PHB) associated with packet's class



Les fonction d'une Edge DiffServ

- ▶ classification

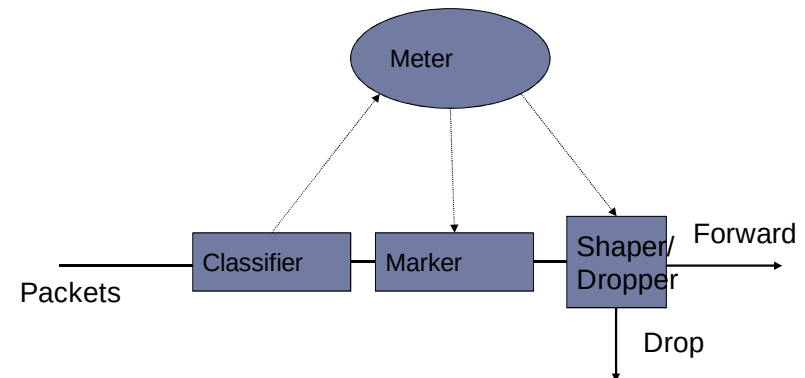
- ▶ Selection des paquets basé sur les info du header IPv4 ou IPv6 (@IP, port, interface, etc.)
 - ▶ Administrator par exemple

- ▶ marking

- ▶ Le champs DSCP est positionné

- ▶ metering

- ▶ Compare/calcul le débit d'arrivée avec la QoS accordée. Cette fonction implique une autre fonction :traffic shaper/dropper .



Les classes de Service DiffServ

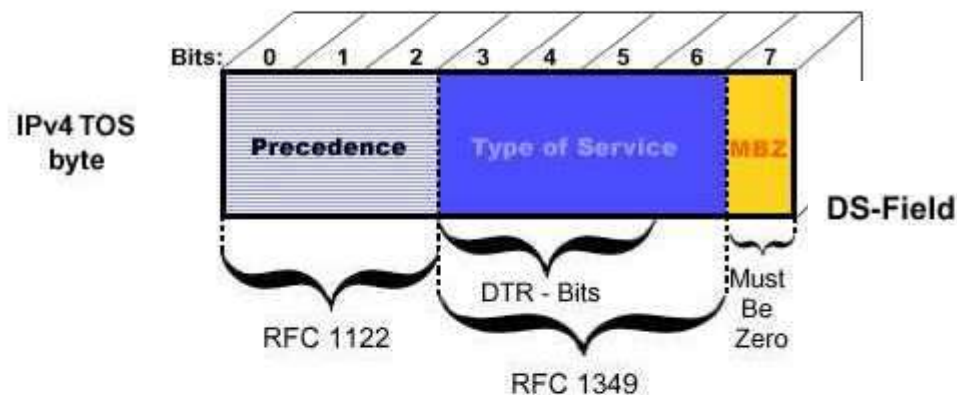
- ▶ DiffServ définit des comportements hop-by-hop (Per Hop Behaviour PHB)
- ▶ Les PHB définissent les classes de services
- ▶ Une relation de priorité est définie entre les classes
- ▶ Classes
 - ▶ Expedited Forwarding (EF) PHB
 - ▶ Les flux appartenant à cette classe ont la priorité absolue. Le routeur s'assure que le débit demandé par cette classe de service est toujours disponible quelque soit l'état du trafic (ex. Voix). DSCP = 101110
 - ▶ Assured Forwarding (AF) PHB
 - ▶ Le routeur s'assure que la QoS de ces flux n'excède pas la QoS configurée sur le routeur pour cette classe
 - ▶ 4 classes de services sont définies: classe 1/2/3/4 (priorité aux classes supérieures)
 - ▶ Default PHB: service au mieux (DSCP = 00000)

Assured Forwarding (AF) Behavior Group

	Class 1 (lowest)	Class 2	Class 3	Class 4 (highest)
Low Drop	AF11 (DSCP 10)	AF21 (DSCP 18)	AF31 (DSCP 26)	AF41 (DSCP 34)
Med Drop	AF12 (DSCP 12)	AF22 (DSCP 20)	AF32 (DSCP 28)	AF42 (DSCP 36)
High Drop	AF13 (DSCP 14)	AF23 (DSCP 22)	AF33 (DSCP 30)	AF43 (DSCP 38)

DiffServ

- ▶ DiffServ utilise les 6 premiers bits du champ TOS de l'entête IP afin de classer le trafic dans des classes ou contrats au niveau de l'Ingress-LSR. Ce champ s'appelle DS-Field dans DiffServ.
- ▶ Au niveau des routeurs d'entrée/LSR, DiffServ définit des PHB (Per Hop Behaviors) afin de construire ses LSPs. On peut utiliser pour cela 3 bits du champ EXP.

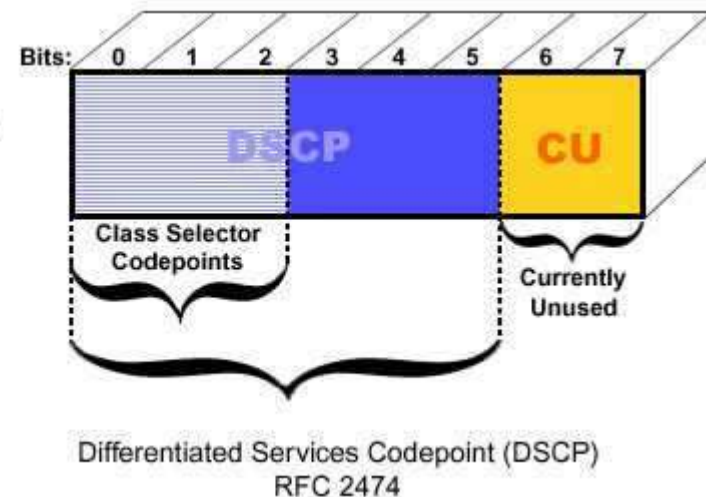


Bits (0-2): IP- Precedence Defined

111 - Network Control
110 - Internetwork Control
101 - CRITIC/ECP
100 - Flash Override
011 - Flash
010 - Immediate
001 - Priority
000 - Routine

Bits (3-6): The Type of Service D

0000 (all normal)
1000 (minimize delay)
0100 (maximize throughput)
0010 (maximize reliability)
0001 (minimize monetary cost)



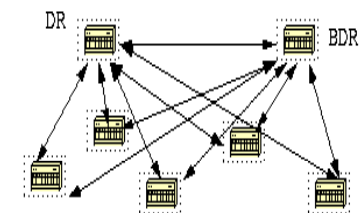
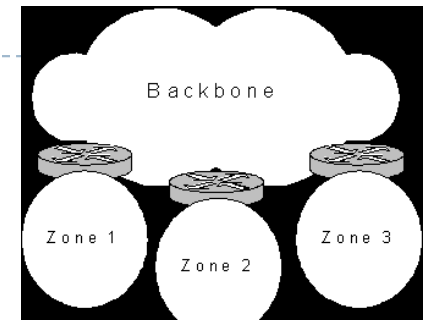
QoS IP/MPLS

- ▶ Les protocoles de routage avec QoS IP (OSPF-TE) détermine le chemin le plus court afin de satisfaire les demande en QoS d'une classe de service
- ▶ Le chemin trouve est utilisé par la couche MPLS pour réserver les ressources (CR-LDP ou RSVP-TE)



Routage OSPF (TE)

- ▶ Un système autonome est divisé en zones (area) reliées à un backbone.
 - ▶ Le routage est hiérarchique
- ▶ Un routeur envoie aux autres routeurs de sa zone l'état de ses liaisons avec sa métrique (généralement l'inverse de sa bande passante)
 - NB : Il n'envoie que des informations le concernant, pas le nb de sauts comme RIP
- ▶ Pour éviter un trop gros trafic on désigne un routeur (DR) et un routeur de secours (BDR)
- ▶ C'est ce routeur maître auquel les autres envoient leurs informations qu'il rediffuse aux autres routeurs
- ▶ Trois types de message
 - ▶ Hello
 - ▶ Échange
 - ▶ Inondation
- ▶ On utilise l'algorithme de Dijkstra pour calculer le plus court chemin
- ▶ Les routeurs MPLS commencent par calculer leur tables de routage avec OSPF



▶ <http://www.cisco.com/warp/public/104/1.html>

RSVP-TE

- ▶ Les routeurs doivent réserver des ressources pour un flot de données en mémorisant des informations d'état
- ▶ RSVP maintient la Qos en créant un contexte temporaire pour un chemin dans le reseau
- ▶ C'est le modèle Intserv de Qos
- ▶ RSVP fonctionne comme un protocole de transport sur IP
 - ▶ Une commande comprend un entête de type un CRC un TTL et une série d'objets
- ▶ Principe de l'établissement de liaison
 - ▶ C'est l'egress qui va reserver les ressources
 - ▶ L'ingress émet un message Path (LSP setup) qui va se propager de nœud en nœud jusqu'à l'egress
 - ▶ Flowspec :caractéristiques de réservation (VBR,ABR,UBR)
 - ▶ Filterspec :pour qui, par émetteur, pour tous les émetteurs))
 - ▶ L'egress répond par Resv (LSP accept) avec le label qu'il utilisera et le message se propage de noeud en noeud
 - ▶ Le lien est maintenu par échange de messages périodique (soft state)
 - ▶ Les autres commandes sont :ResvConf, PathErr: ResvErr,PathTear, ResvTear (fin de session)
- ▶ En cas de changement de LSP on applique une politique « make before break »
 - ▶ La problème est sur les liens communs à l'ancien et au nouveau LSP sur lesquels il ne faut pas réserver de nouvelles ressources. Le protocole signale que l'ancien et le nouveau LSP sont « shared explicit »



RSVP-TE

- Extension du protocole RSVP pour :
 - Etablir des Constraint-path LSP :
 - Contraintes de : débit, explicit routing.
 - Nécessite un protocole de routage CSPF
 - ISIS-TE
 - OSPF-TE
 - Introduction de QoS et Traffic Engineering
 - Réservation des ressources dans les LSR composant le LSP
 - Détection des « nodes failure »
 - Fast Rerouting
 - Fonctionne en mode de distribution « Downstream On Demand »
 - Utilise UDP pour échanger les messages RSVP-TE

CR-LDP

- ▶ C'est une modification de LDP pour transmettre des informations de caractéristiques au delà du problème de routage
 - ▶ Descripteurs de trafic (peak rate, committed rate), priorité
 - ▶ La route explicite est contenue dans la demande de label
 - ▶ CRLDP= downstream on demand + ordered label distribution + conservative retention mode
- ▶ Protocole hard state (RSVP soft state)





Technologies optiques et GMPLS



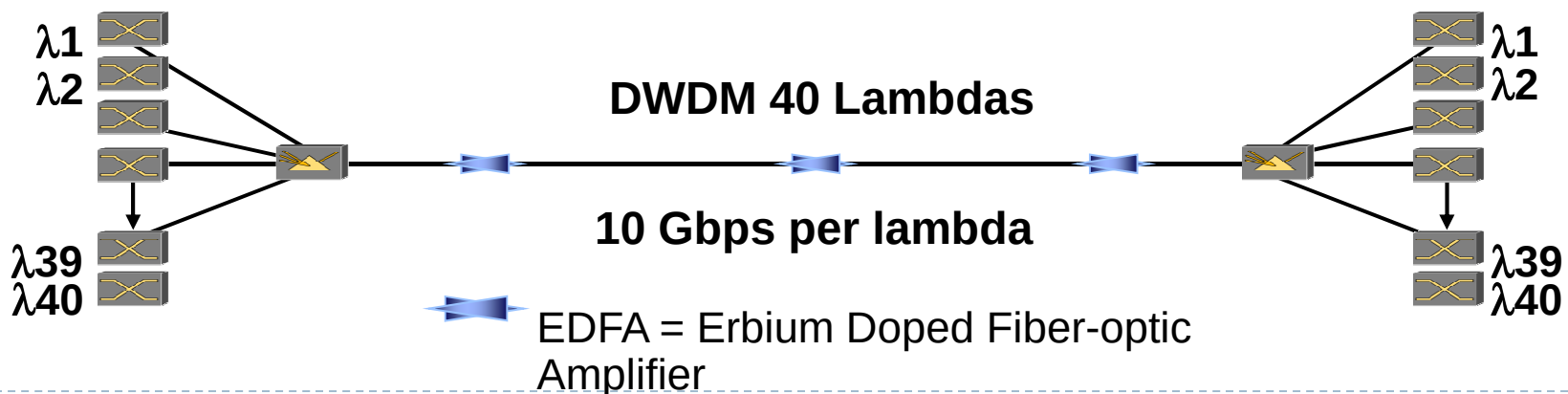
Technologies optiques

- ▶ Les débits des artères optiques ont beaucoup augmenté et suivent la hiérarchie SDH G709
 - ▶ OC3 - 155 Mbs (65 E1s)
 - ▶ OC12 - 622 Mbs (4 OC3s)
 - ▶ OC48 - 2.5 Gbs(4 OC12s)
 - ▶ OC192 - 9.6 Gbs (4 OC48s)
 - ▶ Nb :OC pour optical carrier, le nombre est celui des canaux Sonet transportables (donc pour STM il faut diviser par 3)



WDM

- ▶ Au lieu d'une technique de multiplexage en temps, comme SONET, WDM propose de multiplexer sur différentes longueurs d'onde dans la fibre .
- ▶ WDM a trois techniques
 - ▶ Hyperfine WDM (en développement) 4000 canaux!
 - ▶ Dense WDM avec plus de 8 longueurs d'onde par fibre
 - ▶ Coarse WDM Au moins deux canaux dans la bande 1310 nm-1610nm (dans l'infrarouge). Moins cher bien sur



GMPLS

- ▶ Generalized MPLS
- ▶ On peut généraliser la notion de label en les affectant à n'importe quel type de commutation
 - ▶ des paquets ou des trames (FR,ether,PPP,...)
 - ▶ des slots de temps (TDM)
 - ▶ des longueurs d'onde (WDM)
 - ▶ des fibres
- ▶ Dans le cas paquet ou trame le label est transporté in band, dans les autres cas il s'agit de signalisation out band
 - ▶ Séparation de la signalisation et des données
- ▶ RSVP-TE seulement CR-LDP abandonné
- ▶ On ajoute un protocole de gestion de liens LMP (link management protocol)
- ▶ Un seul plan de contrôle pour toutes les communications
- ▶ Rè-utilisation
 - ▶ Commutation de label
 - ▶ Réservation de ressources
 - ▶ Routage et adressage IP



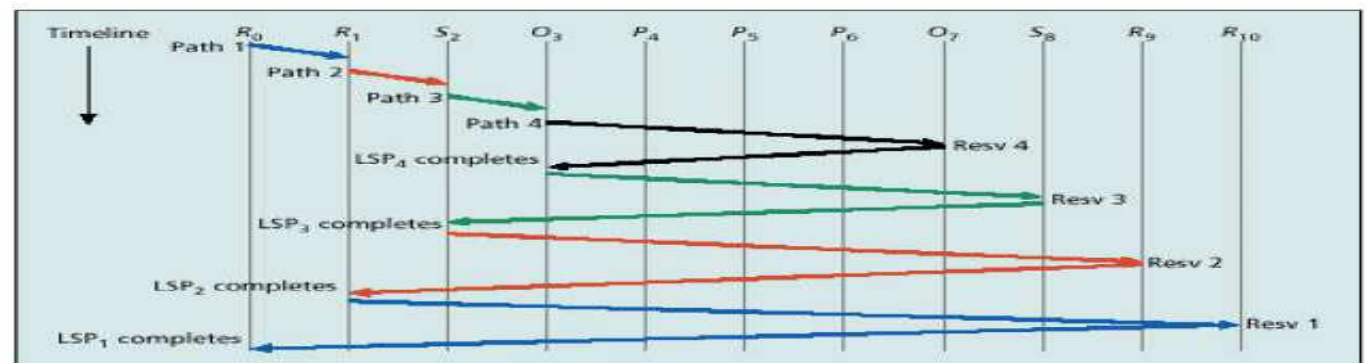
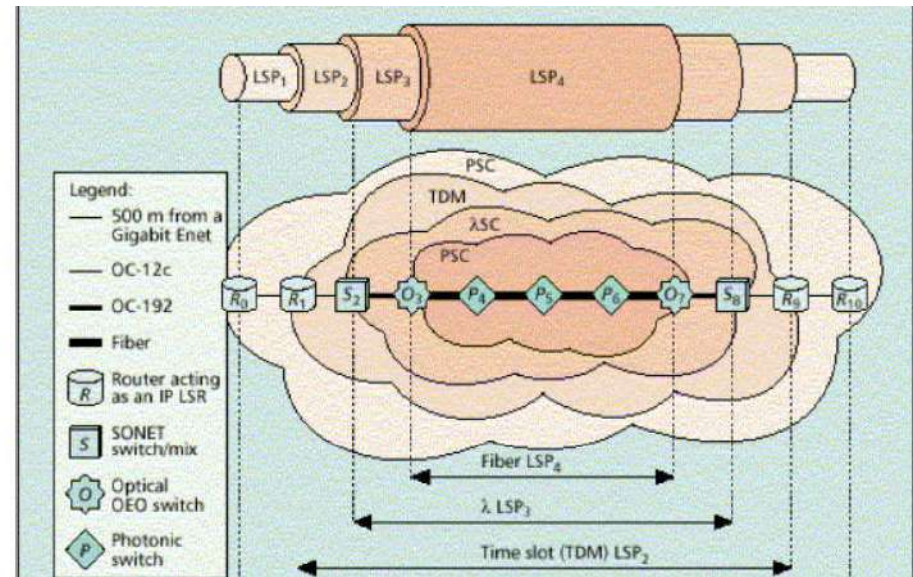
Le plan de contrôle

- ▶ En GMPLS données et contrôle peuvent suivre des chemins différents.
 - ▶ Le fait que les données et le contrôle suivaient le même chemin a un gros avantage : un problème ne peut pas ne pas être détecté.
- ▶ Le plan de contrôle doit réaliser 3 fonctions essentielles
 - ▶ Signalisation
 - ▶ RSVP TE
 - ▶ Routage
 - ▶ Purement IP (OPSF avec des informations de TE incluses dans un opaque Link state advertisement (LSA) diffusés par inondation) ou parfois IS-IS (iso)
 - ▶ Calcul de chemin (LSP)
 - ▶ A partir de l'information de routage « enrichie » on doit calculer un chemin généralement par CSPF



GMPLS

- ▶ Les LSR ne vont plus seulement marquer des paquets
- ▶ Un LSR peut être un slot TDM
- ▶ Un LSR peut être une longueur d'onde
- ▶ Un LSR peut être une fibre
- ▶ Comment attribuer une adresse à chaque lien ?



- Bande de lambdas:

Id. défini par configuration ou par un protocole comme LMP

- Id. de la bande de λ
- Id. du λ le plus petit
- Id. du λ le plus grand



LMP

- ▶ Link management protocole assurant la gestion des liens GMPLS
- ▶ **le management des canaux de contrôle (Control Channel Management)**
 - ▶ Maintenir la connectivité entre nœud adjacents
 - Une fois que le canal de contrôle est configuré entre deux noeuds adjacents, c'est le protocole " Hello " qui va être utilisé pour établir et maintenir la connectivité entre ces deux noeuds et pour détecter les problèmes. Cela se déroule en deux phases : une phase de négociation et une phase " keep-alive ".
- ▶ **la vérification de la connectivité des liens (Link Connectivity Verification)**
 - La vérification de la connectivité des liens est une procédure qui est utilisée pour vérifier la connectivité physique des liens de données (c'est à dire, les " components links " d'un bundle) et pour échanger les identifiants sur ces " Component Links ".
- ▶ **la corrélation de la propriété des liens (Link Property Correlation)**
 - Un mécanisme d'échange des propriétés d'un lien permet de regrouper plusieurs " Component Links " dans un seul et même " Bundled Link " ou d'ajouter un " Component Link " à un " Bundled Link ". Cette fonctionnalité permet aussi de modifier dynamiquement certaines caractéristiques du lien, comme par exemple, changer les mécanismes de protection d'un lien ou changer les identifiants de ports.
- ▶ **le management d'incident (Fault Management)**
 - Détection localisation et notification d'incident

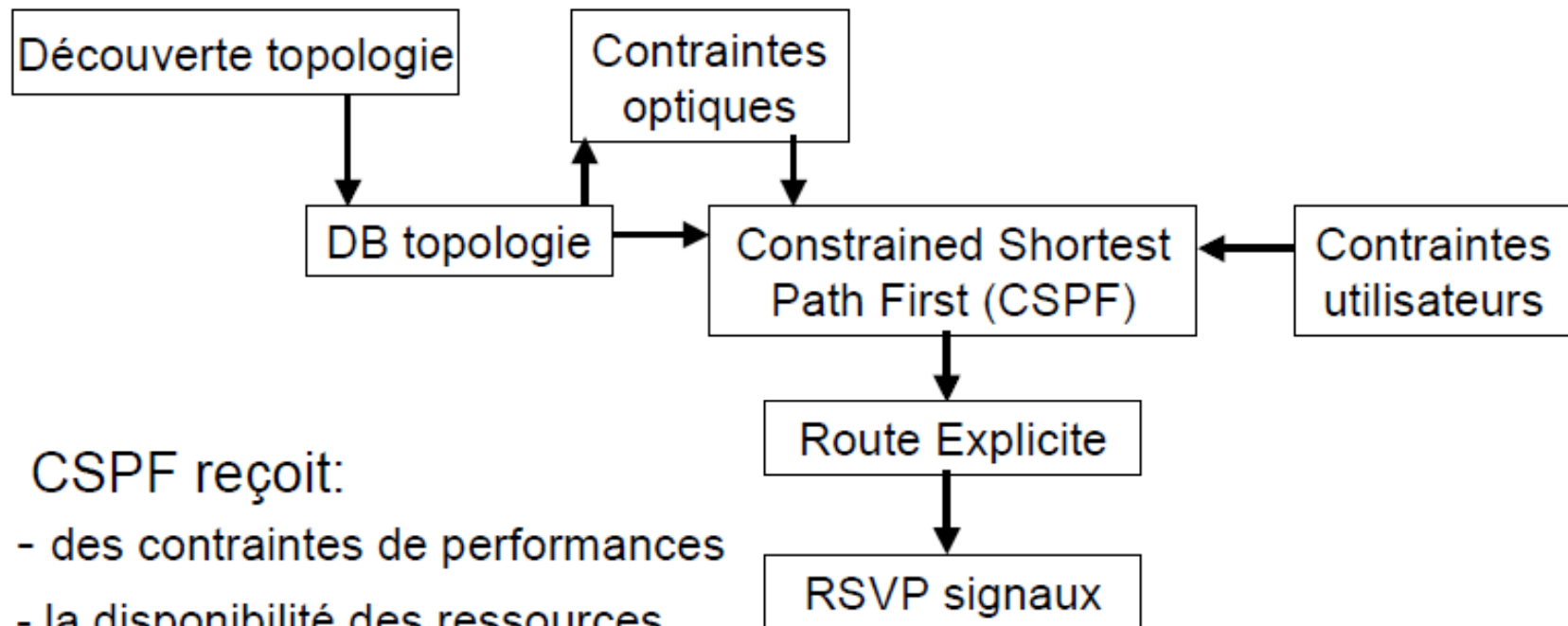


Les classes d'interfaces GMPLS

- ▶ **Packet-Switch Capable (PSC):** interfaces capables d'interpréter des headers de paquets IP et des shim
- ▶ **Layer-2 Switch Capable (L2SC):** interfaces commutant des trames ou cellules.
- ▶ **Time-Division Multiplex Capable (TDM):** interfaces de Cross-Connect SDH/SONET.
- ▶ **Lambda-Switch Capable (LSC):** interfaces d'OXC sachant commuter des signaux en fonction de leur longueur d'onde, interfaces G.709.
- ▶ **Fiber-Switch Capable (FSC):** interfaces d'OXC sachant effectuer des opérations de commutation au niveau d'une fibre.



Le mécanisme GMPLS



CSPF reçoit:

- des contraintes de performances
- la disponibilité des ressources
- des informations de topologie (FA incl.)



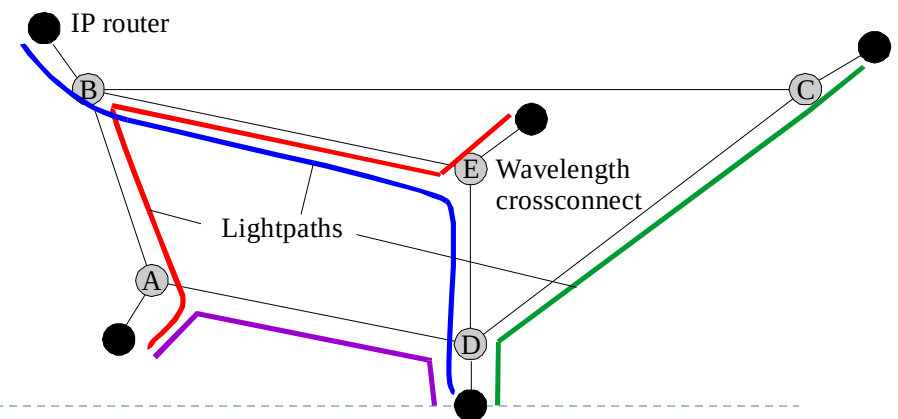
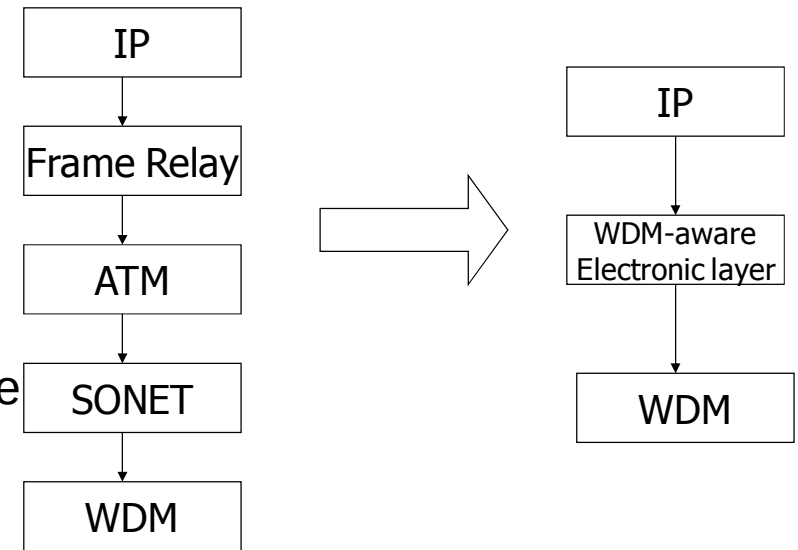
IP sur WDM

- ▶ On perd beaucoup de bande passante à cause des en-têtes des différentes couches
- ▶ Chaque couche fonctionne à son rythme! Les équipements non performants ne peuvent pas utiliser la bande passante optique
- ▶ Quand une erreur/problemème est détecté, chaque couche applique son propre mécanisme de protection...à son rythme !
 - ▶ La couche optique : detection immédiate, restauration : 2 μ s à 60ms
 - ▶ Couche SONET: detection en 2.3–100 μ s, restauration en 60 ms

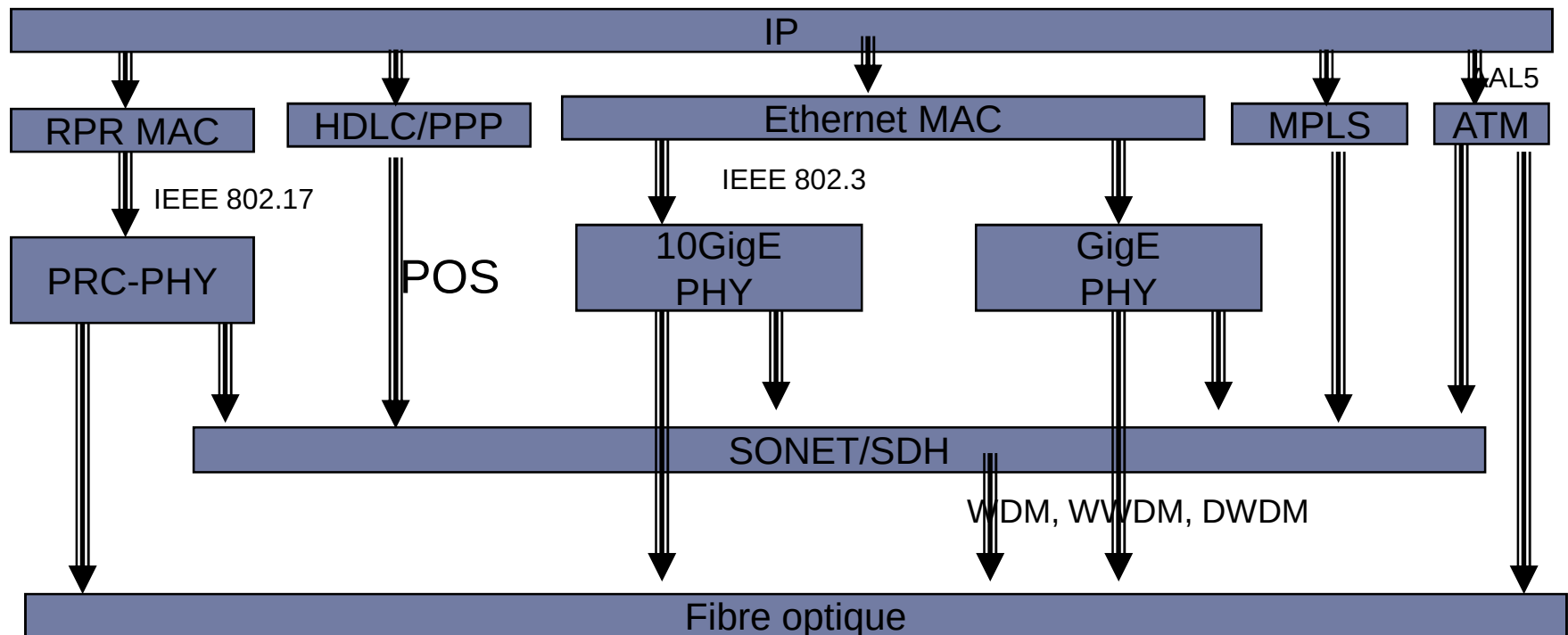
WDM-aware Electronic Layer:

→ IP sur WDM !

- ▶ [ITU-T G.709/Y.1331](#)
- ▶ ITU-T G.975.1



Transport IP sur fibre



RPR: Resilient Packet Ring 802.17
POS: Packet over SONET

WDM: Wavelength Division Multiplexing
WWDM: Wide WDM
DWDM: Dense WDM

bibliographie

- ▶ • RFC 3945: GMPLS architecture
- ▶ • RFC 3471: GMPLS Signalling



Exemple d'application n°1: VPN

- ▶ Un réseau privé est dit virtuel (VPN) s'il partage une infrastructure commune à d'autres trafics
- ▶ L1,L2,L3

[illegible]

VPN L2

On peut avoir un réseau niveau 2 (L2 VPN)

- ▶ C'est alors essentiellement un WAN ethernet privé.
- ▶ On peut avoir des accès 10/100/1000 Mbs, avec éventuellement des souscriptions de débit inférieures
- ▶ Ce peut être du MPLS L2 VPN ou de l'éthernet switché QINQ
- ▶ On peut choisir d'avoir des liaisons ethernet sur un réseau MPLS d'un fournisseur mais cela implique souvent un réseau en étoile.

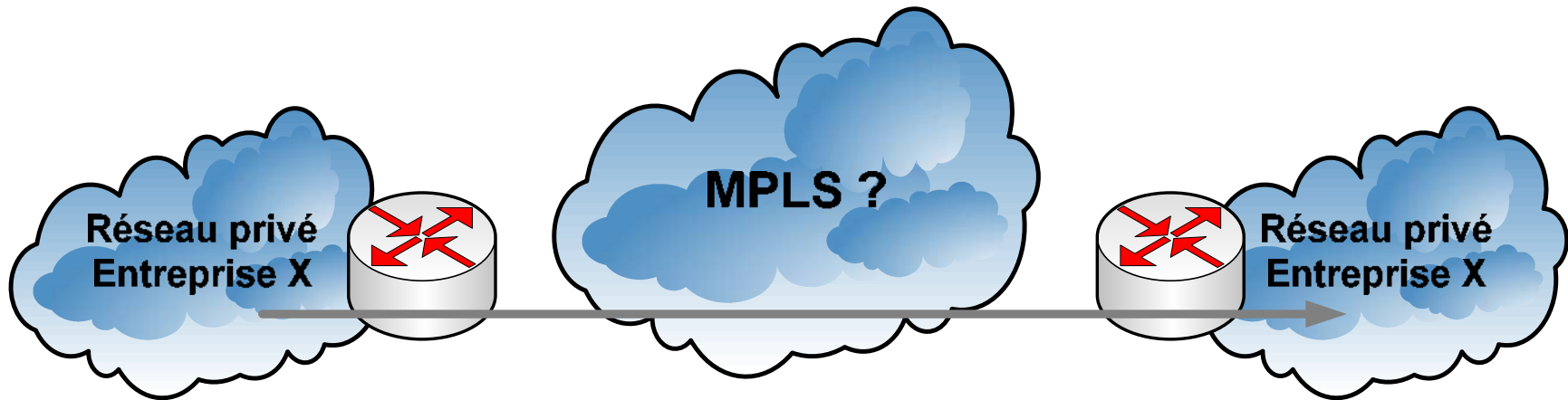


VPN L3

- ▶ Si on veut un réseau maillé le plus simple est d'avoir IP sur MPLS (MPLS L3 VPN)
- ▶ Les entreprises utilisent de plus en plus les classes d'adresses privées. Il n'y a donc pas d'unicité d'adresse sur le réseau MPLS .
- ▶ Sur le réseau du fournisseur on ajoute à l'adresse IP un « distingueur » portant l'adresse à 64 bits, bien entendu le routage du réseau du fournisseur doit supporter ce type d'adresse.
- ▶ C'est le Fournisseur qui donne les informations de routage (MP-BGP)
 - ▶ Gros changement !
- ▶ L'accès peut être une ligne louée, IPSec, du FR,ATM.
- ▶ Tout doit être IP



Exemple d'application 1: VPN MPLS

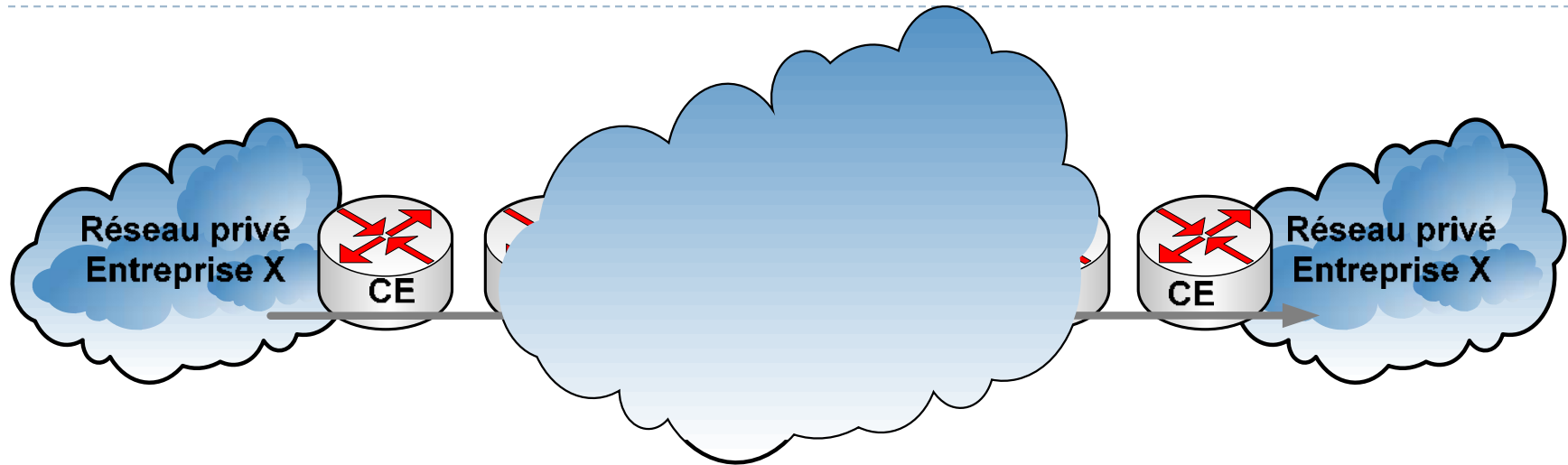


Prérequis

Fonctionnement de base de MPLS :

- principe des labels
- LDP
- nécessité d'utiliser un IGP
- récursivité de MPLS
- PE (E-LSR) qui fait le routage P (LSR) qui commute
- Notion de VFR : Virtual Routing & Forwarding
- Fusion de routes : passages de routes d'un Protocole de routage à un autre

Exemple d'application : VPN MPLS



Les CE doivent connaître les réseaux l'un de l'autre pour que le routage au sein du réseau privé, entre les deux sites puisse se faire

Passage de la connaissance des réseaux **privés** de g à d et inv, il faut donc assurer :

- le passage de CE à PE et inversement
- le passage entre PE

Exemple d'application : VPN MPLS

Passage des annonces de routage entre PE :

- ces annonces contiennent des chemins vers des réseaux privés
- elles doivent être confinées au sein de chaque VRF
- les outils pour le faire sont :
 - le nom de chaque VRF
 - le « route distinguisher » associé à chaque VRF
- Le seul protocole de routage qui permet de propager ce genre d'info c'est MP BGP
- ces annonces ne concernent en rien l'IGP de l'opérateur et seront encapsulées dans un label MPLS
- MP BGP fonctionne de PE à PE sur TCP

Exemple d'application : VPN MPLS

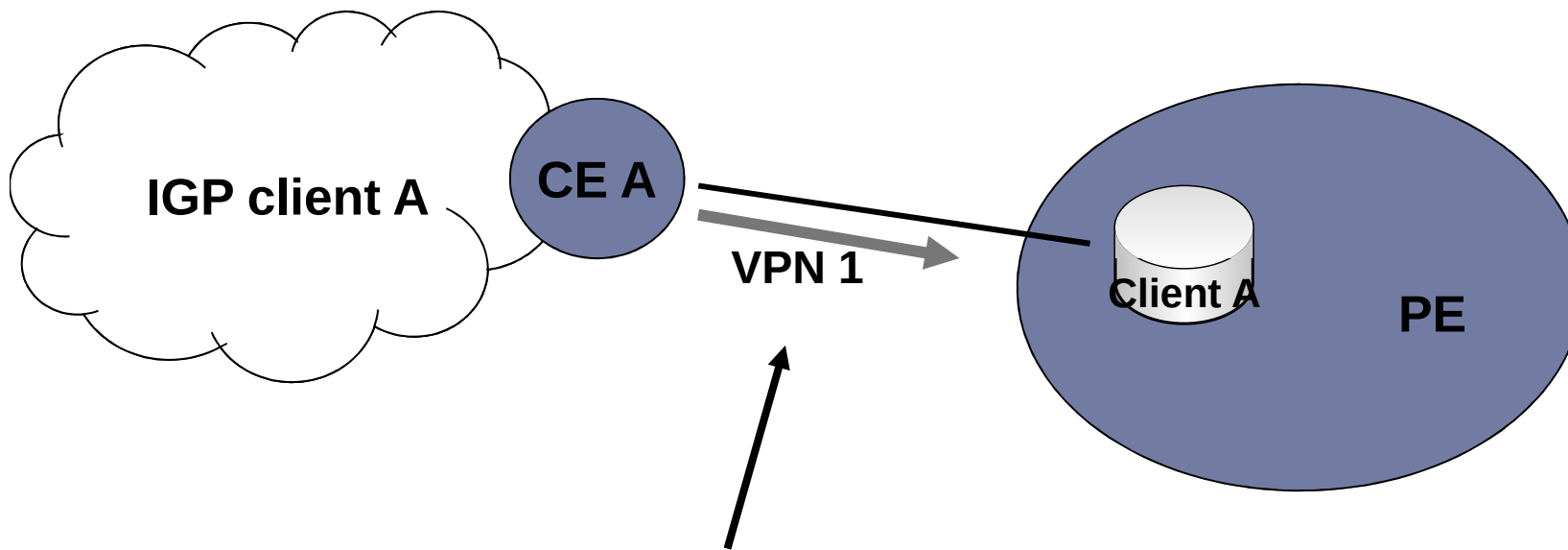
Passage des annonces de routage entre CE et PE :

- **Il y a 3 solutions :**
 - **routage statique**
 - **routage dynamique différent de celui du client**
 - **routage dynamique intégré à celui du client**

Exemple d'application : VPN MPLS

Passage des annonces de routage entre CE et PE :

- routage statique
- routage dynamique différent de celui du client

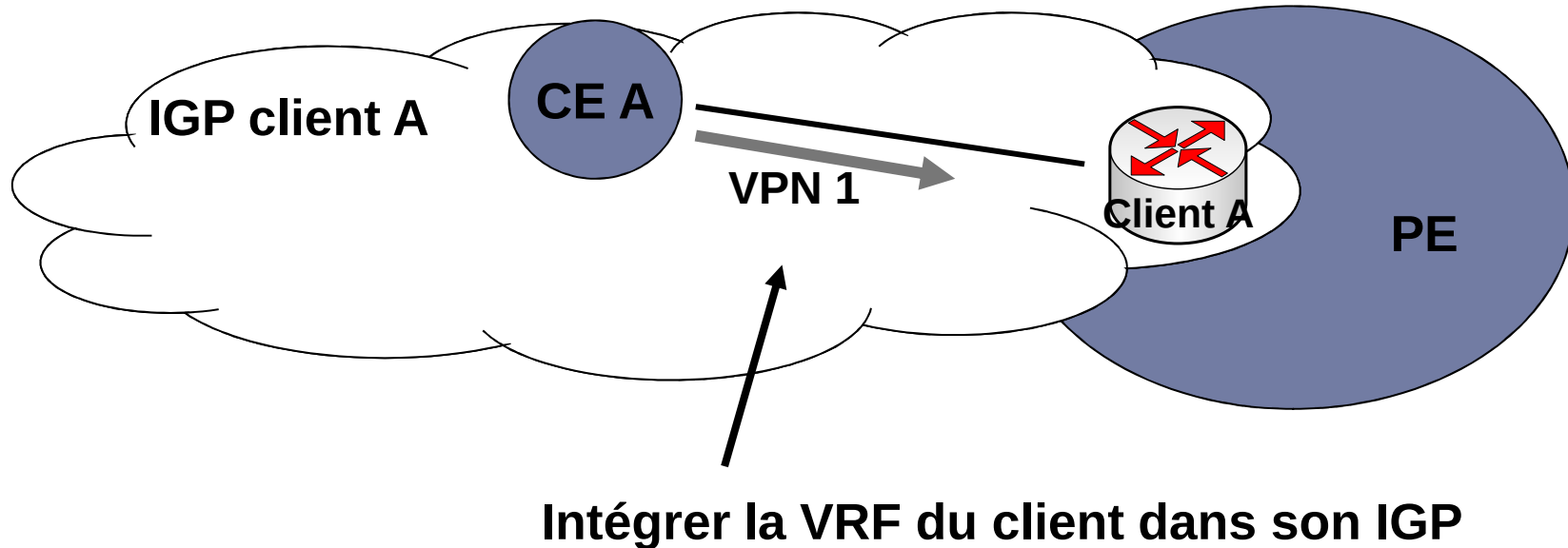


Installer un IGP dans le réseau d'interconnexion
ou
Mettre des routes statiques dans le CE et sa VRF

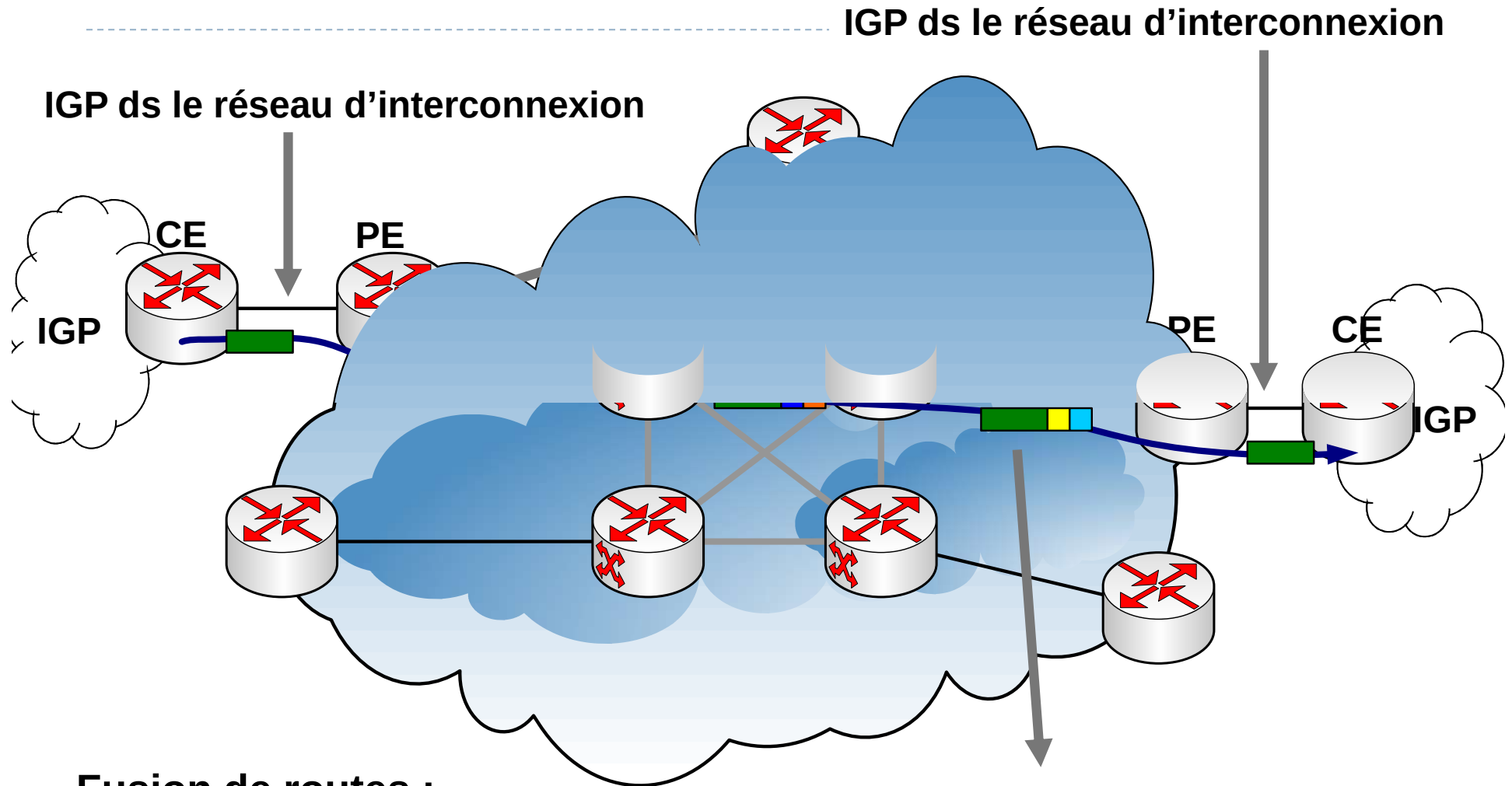
Exemple d'application : VPN MPLS

Passage des annonces de routage entre CE et PE :

- routage dynamique intégré à celui du client



Exemple d'application : VPN MPLS



Fusion de routes :

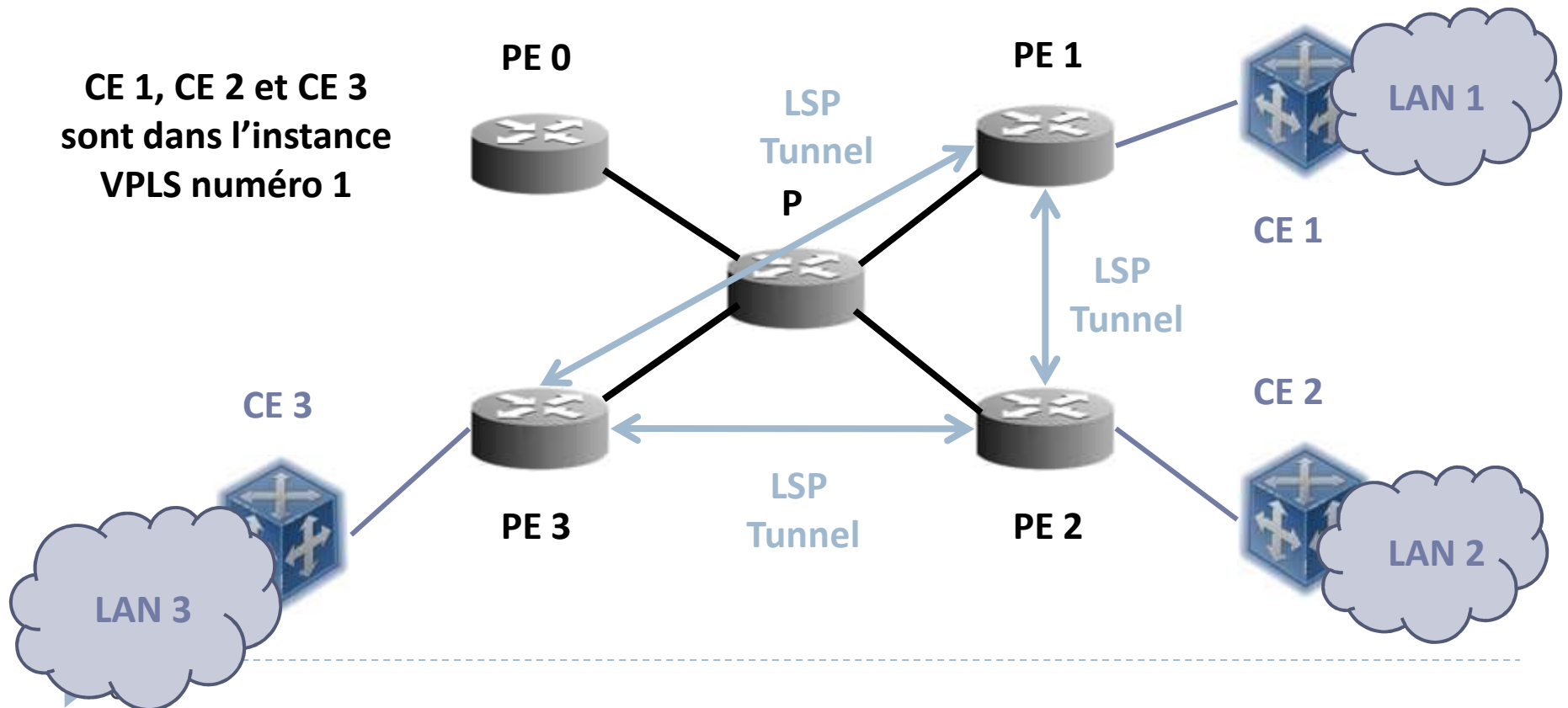
- IGP client avec IGP interco
- IGP interco avec MPBGP

1 label pour identifier la VRF

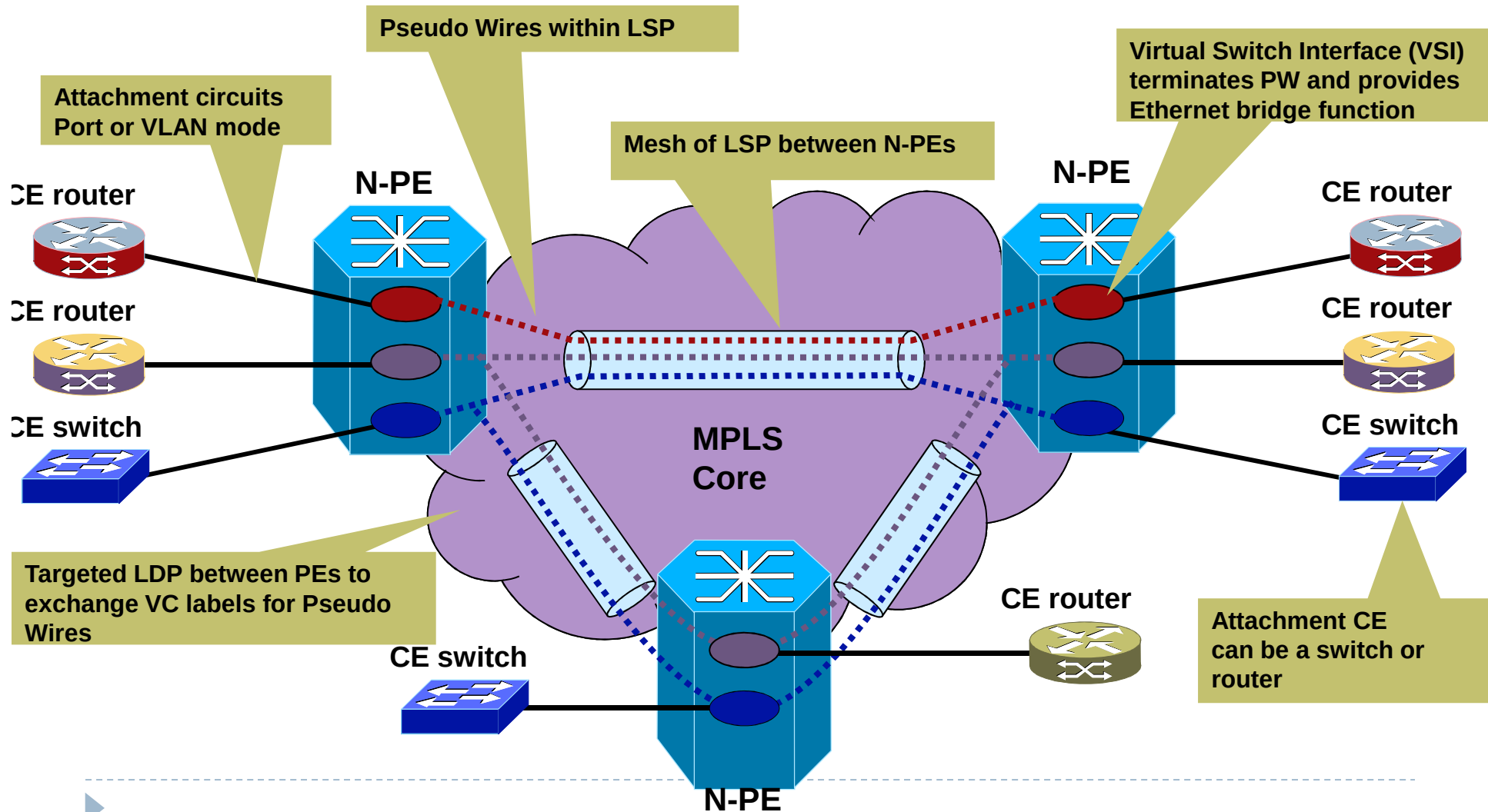
1 label pour identifier le VPN dans la VRF

Exemple d'application n°2: VPLS

- **Virtual Private Lan Services** : VPN de niveau 2
- Interconnecte plusieurs sites clients en émulant un LAN Ethernet à travers le backbone MPLS



Les Composants VPLS



Bibliographie

- RFC 3031 - MPLS Architecture
- RFC 3209 - Extensions to RSVP for LSP Tunnels
- RFC 2210 - The Use of RSVP with IETF Integrated Services
- RFC 4762 - Virtual Private LAN Service (VPLS)
- RFC 4448 - Encapsulation Methods for Transport of Ethernet over MPLS Networks