

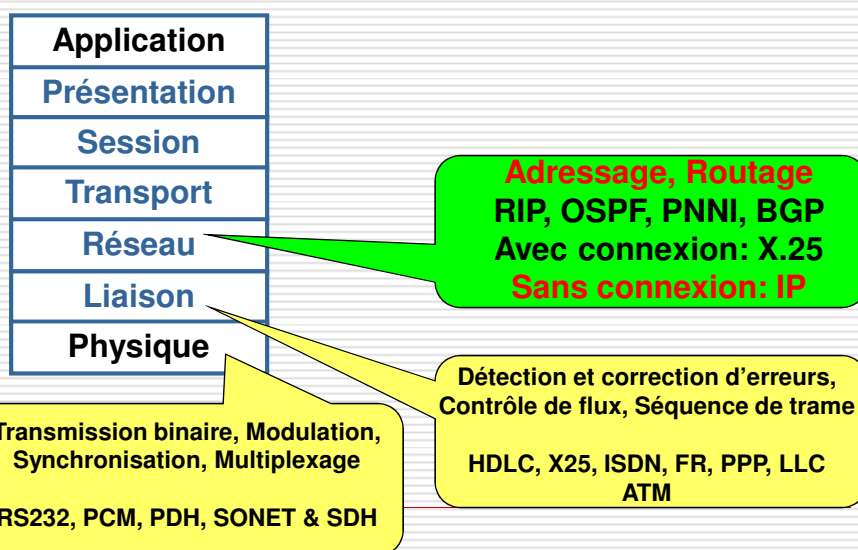
## Introduction au protocole IP

### MGR-816

Professeur: Zbigniew Dziong

Département de génie électrique

## Définition des couches



2

## En-tête d'un paquet IP v.4

Version 4-bits	Header length 4-bits	Type de service 1 octet	Longueur du paquet (en octets) 2 octets	
Identification 2 octets			Flag 3 bits	Fragment offset 13 bits
Time To Live 1 octet		Protocole 1 octet	Header checksum 2 octets	
Adresse IP de source (4 octets)				
Adresse IP de destination (4 octets)				
Option				
Données				

- Les champs *Identification*, *Flag* et *Fragment offset* sont utilisés pour la segmentation.

3

## Adresses IPv4

- Les adresses IP sont composées de 4 octets (32 bits)

Le point sépare les octets (dotted decimal)

Exemple : 128.83.12.14

- Elles doivent être uniques au monde (sauf réseaux privés)

Configurable par logiciel et associée à chaque interface

4

## Type de routage IP

- Routage saut-par-saut (hop-by-hop routing) – la base.
  - Chaque nœud connaît le nœud voisin qui se trouve sur le chemin le plus court à la destination.
  - Le datagramme est acheminé vers le nœud voisin qui se trouve sur le chemin le plus court à la destination.
- Routage de source (source routing) - option
  - Le chemin est choisi dans le nœud de source de la connexion.
  - L'adresse du chemin est mise dans le champ d'option.

5

## Champ Option

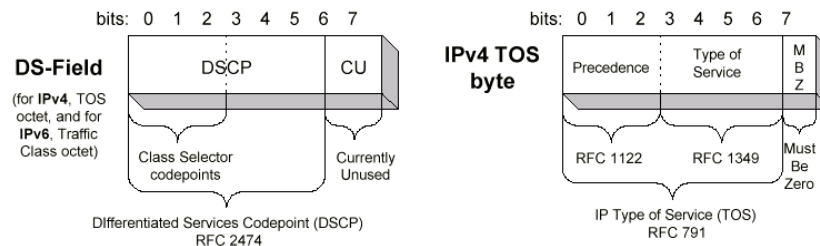
- Le champ *Option* est de longueur variable et peut être nul (max 40 octets). Le champ option doit avoir des valeurs multiples de mots de 32 bits, sinon on remplit avec des zéros (padding).
- Les options IP sont les suivantes :
  - Sécurité et restrictions de manipulation (RFC 1108)
  - Record route (route enregistrée dans le champ *option*)
  - Loose source routing (route du paquet contrôlée, cependant le chemin entre deux adresses IP successives dans la liste peut passer par un nombre quelconque de routeurs)
  - Strict source routing (route du paquet contrôlée exactement)
- Ces options sont rarement utilisées, et certains équipements ne peuvent supporter toutes ces options.

6

## Type de service

### ❑ DiffServ Code Point (DSCP)

- 64 classes de service maximum
- Remplace le champ IP TOS
- Ordonnancement basé sur la valeur de DSCP



Source: QoS Forum

7

## Time To Live TTL

- ⇒ Le *TTL* est le temps pendant lequel le paquet peut exister.
- ⇒ Il se décrémente de 1 chaque fois qu'il passe par un routeur ou un hôte.
- ⇒ Lorsque le *TTL* est à 0, le datagramme est détruit et le transmetteur en est avisé avec un message ICMP.
- ⇒ Le *TTL* impose une limite sur le nombre de routeurs que le datagramme peut visiter. Il limite la vie du datagramme.
- ⇒ C'est le transmetteur qui initialise le *TTL* (typiquement 32 ou 64) avant de transmettre le datagramme.
- ⇒ Ceci évite aux datagrammes la possibilité d'être pris dans des boucles infinies.

8

# Multiprotocol Label Switching MPLS Commutation par Étiquettes

## MGR-816

Professeur: Zbigniew Dziong

Département de génie électrique

## Définition des couches

Application
Présentation
Session
Transport
Réseau
Liaison
Physique

Adressage, Routage  
RIP, OSPF, PNNI, BGP  
Avec connexion: X.25  
Sans connexion: IP

**MPLS**  
Génie de trafic, QoS  
VPN (Virtual Private Networks)

Shim Label

Détection et correction d'erreurs,  
Contrôle de flux, Séquence de trame  
HDLC, X25, ISDN, FR, PPP, LLC  
ATM

Transmission binaire, Modulation,  
Synchronisation, Multiplexage  
RS232, PCM, PDH, SONET & SDH

10

## Plan - MPLS

### □ Introduction

- **Qu'est-ce que c'est? Pourquoi?**
- Encapsulation d'étiquettes

### □ Protocoles de distribution d'étiquettes et de génie de trafic

- LDP, RSVP, CR-LDP, RSVP-TE
- MPLS-TE
- MPLS-DiffServ-TE

### □ MPLS => VPN (virtual private networks)

- Layer 2 MPLS-VPN
- Layer 3 MPLS-VPN

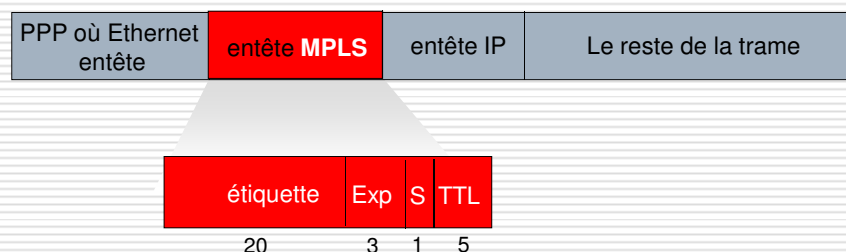
11

## Origine de MPLS

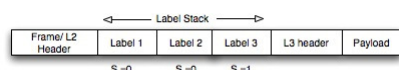
- La commutation d'étiquettes est utilisée dans les technologies de réseaux orientée connexion (ATM, Frame Relay). Cette étiquette est utilisée par les noeuds relais du réseau pour définir le circuit virtuel auquel appartient le paquet.
- L'ajout d'une étiquette aux paquets IP permet de transporter ceux-ci sur un circuit virtuel préalablement défini. Les premières initiatives de commutation multi-couches (*multi-layer switching*) furent :
  - IP Switching (Ipsilon/Nokia), Tag Switching (Cisco), IP Navigator (Cascade/Ascend/Lucent), ARIS (IBM)
- Au printemps 1997 l'IETF agréé le MPLS *Working Group*
  - Améliorer la performance de l'acheminement IP (désuet, le matériel permet maintenant d'obtenir une performance équivalente avec ou sans étiquette)
  - Permettre le routage explicite (*explicit routing*) et l'ingénierie de trafic (*traffic engineering*). Capacité de configurer le chemin que vont emprunter les flux.
  - Séparer le plan de contrôle (ex:routage) du plan de commutation (mécanismes d'acheminement) afin que ceux-ci puissent être modifiés indépendamment.

12

## Entête MPLS

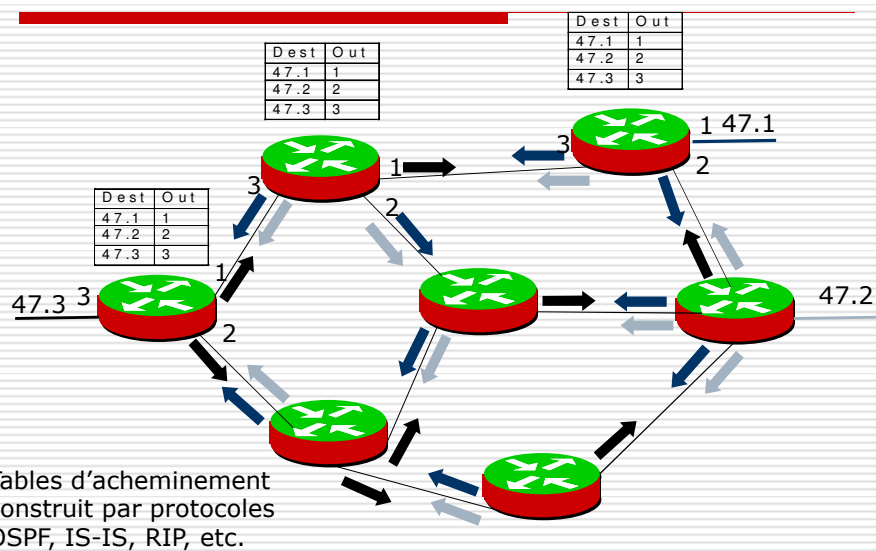


- ❑ Étiquette: 20 bits
- ❑ Exp.: Experimental, 3 bits
- ❑ S: Bottom of Stack, 1 bit (1 = last entry in label stack)
- ❑ TTL: Time to Live, 8 bits



13

## MPLS de base utilise le standard IP



14

Basé sur: MPLS Tutorial par Peter Ashwood-Smith et Bilel N. Jamoussi

### IP: acheminement saut-par-saut

Dest	Out
47.1	1
47.2	2
47.3	3

Dest	Out
47.1	1
47.2	2
47.3	3

Dest	Out
47.1	1
47.2	2
47.3	3

Basé sur: MPLS Tutorial par Peter Ashwood-Smith et Bilel N. Jamoussi

15

### Distribution des étiquettes MPLS

Intf In	Label In	Dest	Intf Out	Label Out
3	0.50	47.1	1	0.40

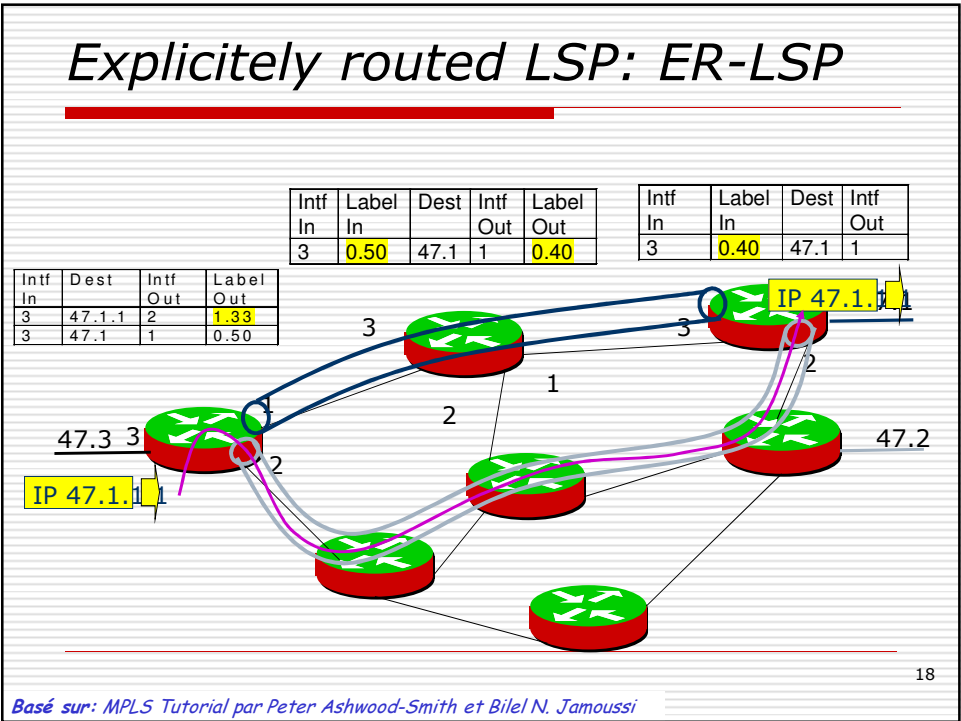
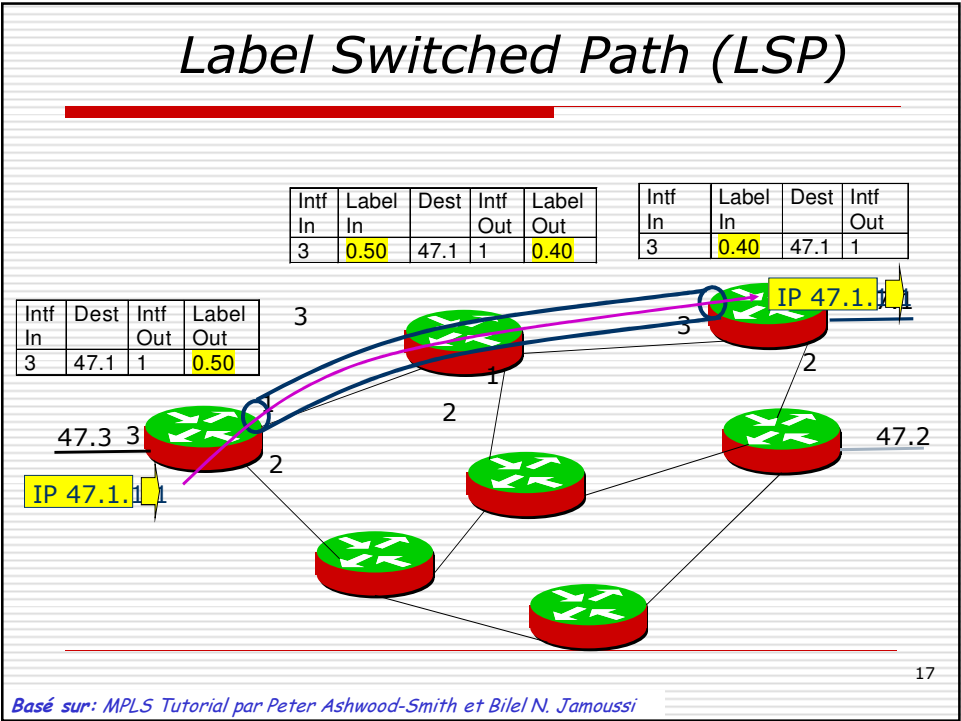
Intf In	Label In	Dest	Intf Out
3	0.40	47.1	1

Intf In	Dest	Intf Out	Label Out
3	47.1	1	0.50

Basé sur: MPLS Tutorial par Peter Ashwood-Smith et Bilel N. Jamoussi

16





## ER LSP - avantages

---

- Donne la flexibilité dans le choix de routage (basé sur une politique ou basé sur QoS)
- On peut utiliser les chemins différents du chemin le plus court.
- On peut calculer les chemins se basant sur les contraintes comme dans le cas de ATM (traffic engineering).

19

## Plan - MPLS

---

### ☐ Introduction

- Qu'est-ce que c'est? Pourquoi?
- **Encapsulation d'étiquettes**

### ☐ Protocoles de distribution d'étiquettes et de génie de trafic

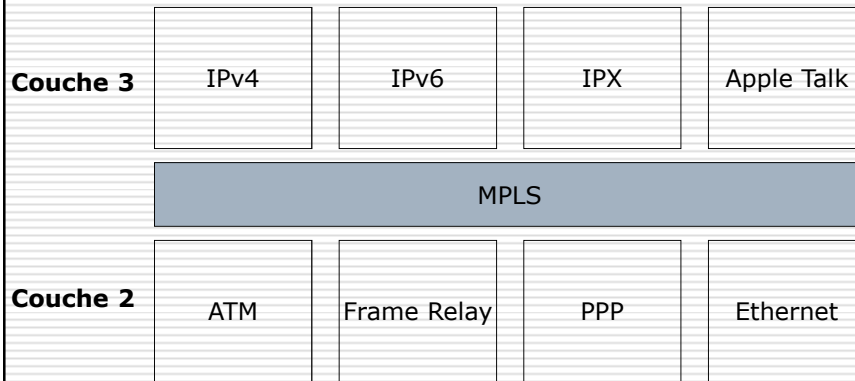
- LDP, RSVP, CR-LDP, RSVP-TE
- MPLS-TE
- MPLS-DiffServ-TE

### ☐ MPLS => VPN (virtual private networks)

- Layer 2 MPLS-VPN
- Layer 3 MPLS-VPN

20

## Pourquoi « Multiprotocol »



MPLS se situe entre la couche 2 et la couche 3

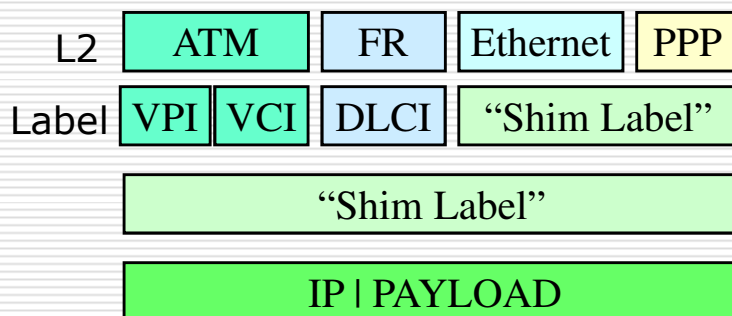
21

## Couches liaison et MPLS

- ☐ MPLS est prévu pour être au dessus de multiples couches liaison
- ☐ Des spécifications existent actuellement pour les couches liaison suivantes :
  - **ATM:** label contenu dans le champ **VCI/VPI** de l'en-tête ATM
  - **Frame Relay:** label contenu dans le champ **DLCI** de l'en-tête FR
  - **PPP/LAN:** utilise un en-tête 'shim' inséré entre les en-têtes de L2 et L3
- ☐ La translation entre différents types de couches liaison doit être supportée

22

## Encapsulation MPLS



L'encapsulation MPLS est spécifiée pour plusieurs types de media. Certains utilisent le format existant, d'autres utilisent un nouveau format "shim" label.

23

Basé sur: MPLS Tutorial par Peter Ashwood-Smith et Bilel N. Jamoussi

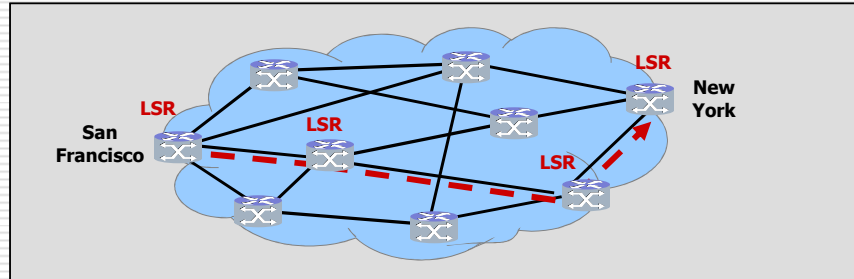
## Terminologie de MPLS

- *LDP: Label Distribution Protocol*
- *LSP: Label Switched Path*
- *FEC: Forwarding Equivalence Class*
- *LSR: Label Switching Router*
- *LER: Label Edge Router*

24

MPLS Tutorial par Peter Ashwood-Smith et Bilel N. Jamoussi

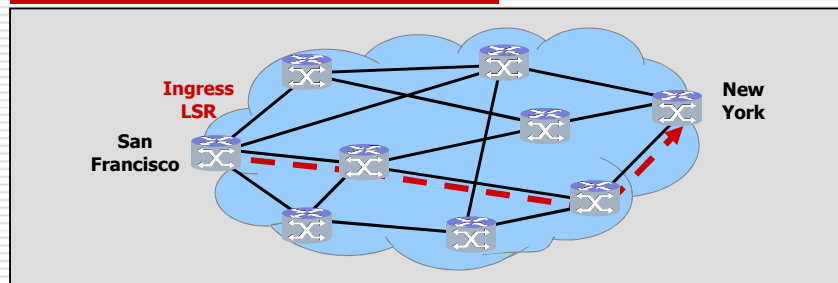
## Label Switched Router (LSR)



- Achemine les paquets MPLS en utilisant la commutation d'étiquette
- Capable d'acheminer les paquets IP natifs
- Exécute un ou plusieurs protocoles de routage IP
- Participe aux protocoles de contrôle MPLS

## Label Edge Router (LER)

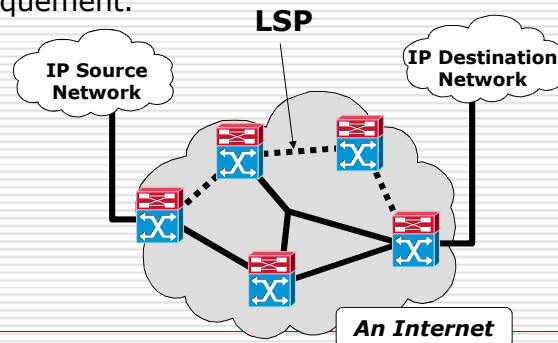
Interface entre le domaine MPLS et l'extérieur



- Ingress LSR
  - Examine les paquets IP entrant
  - Classifie le paquet dans une FEC
  - Génère l'en-tête MPLS et lui assigne l'étiquette d'origine
- Egress LSR
  - Supprime l'en-tête MPLS

## Label Switch Path (LSP)

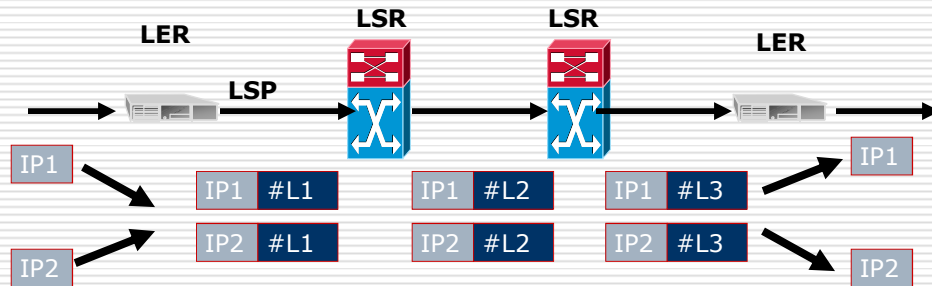
- ❑ Chemin établi au travers du domaine MPLS. Les paquets associés à un FEC par le *Ingress LER* suivront ce chemin jusqu'au *Egress LER*. (Concept de circuit virtuel)
- ❑ Ces chemins peuvent être établis statiquement ou dynamiquement.



## Forwarding Equivalency Class (FEC)

- ❑ Flots de paquets IP:
  - ❑ Acheminer sur le même chemin
  - ❑ Traiter de la même façon
  - ❑ Auquel la même valeur d'étiquette est attribué
- ❑ Mécanisme s'association FEC/étiquette
  - ❑ La FEC permet de déterminer quels paquets seront associés à un LSP
  - ❑ Présentement, une FEC établie une association basée sur l'adresse IP de destination. Ex : Pour tous les paquets ayant comme destination le réseau B.0 mettre étiquette 50.
  - ❑ Une FEC peut également établir une association en se basant sur un autre champ ou sur une combinaison de champs. Ex : Pour tous les paquets ayant pour destination le réseau B.0, dont le champ ToS = 6, dont le port TCP de destination est 503 et provenant de l'interface d'entrée 2, mettre étiquette 60.
  - ❑ L'association est réalisée par le *Ingress LER*

## Forwarding Equivalency Classes



Basé sur: MPLS Tutorial par Peter Ashwood-Smith et Bilel N. Jamoussi

29

## Plan - MPLS

### □ Introduction

- Qu'est-ce que c'est? Pourquoi?
- Encapsulation d'étiquettes

### □ **Protocoles de distribution d'étiquettes et de génie de trafic**

- LDP, RSVP, CR-LDP, RSVP-TE
- MPLS-TE

### □ MPLS => VPN (virtual private networks)

- Layer 2 MPLS-VPN
- Layer 3 MPLS-VPN

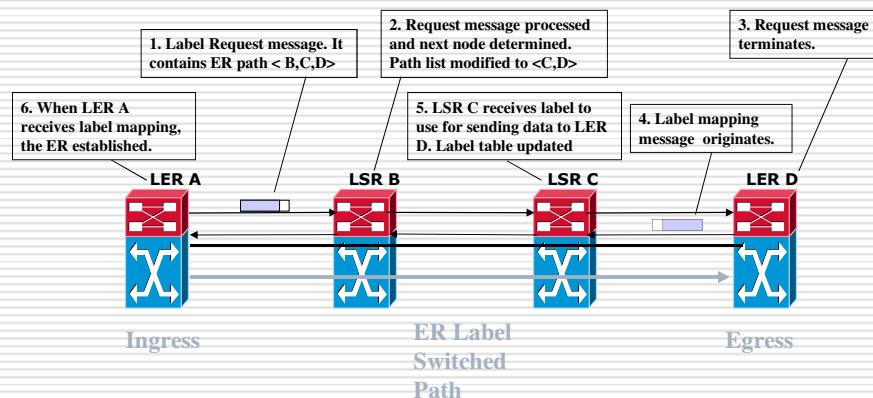
30

## Protocoles de distribution des étiquettes

- ❑ LDP : *Label Distribution Protocol* définit un ensemble de procédures et messages par lesquels un LSR en informe un autre du label attribué à un FEC. Les LSR utilisent ce protocole pour établir le LSP à travers le réseau en se basant sur les tables de routage.
- ❑ CR-LDP : *Constraint-based Routed-LDP* étend le protocole LDP pour construire les LSPs avec certaines contraintes de trafic ou de QoS. Certains champs sont ajoutés au protocole LDP décrivant les caractéristiques de la connexion : *Peak, Comitted, Excess*.
- ❑ RSVP-TE : Le protocole *Resource ReSerVation Protocol* RSVP a été modifié pour supporter des fonctionnalités de gestion de QoS au sein d'un réseau MPLS. Avec RSVP-TE, le destinataire réclame un chemin vers la source avec des conditions de trafic propres.
- ❑ BGP4-TE : BGP est un protocole de routage habituellement utilisé entre deux domaines IP afin de transmettre les routes d'un domaine à un autre à l'aide d'une connexion TCP. BGP4-TE est une extension de ce protocole permettant le transport des étiquettes et des routes associés à un service de VPN offert sur une dorsale MPLS.

31

## CR-LDP

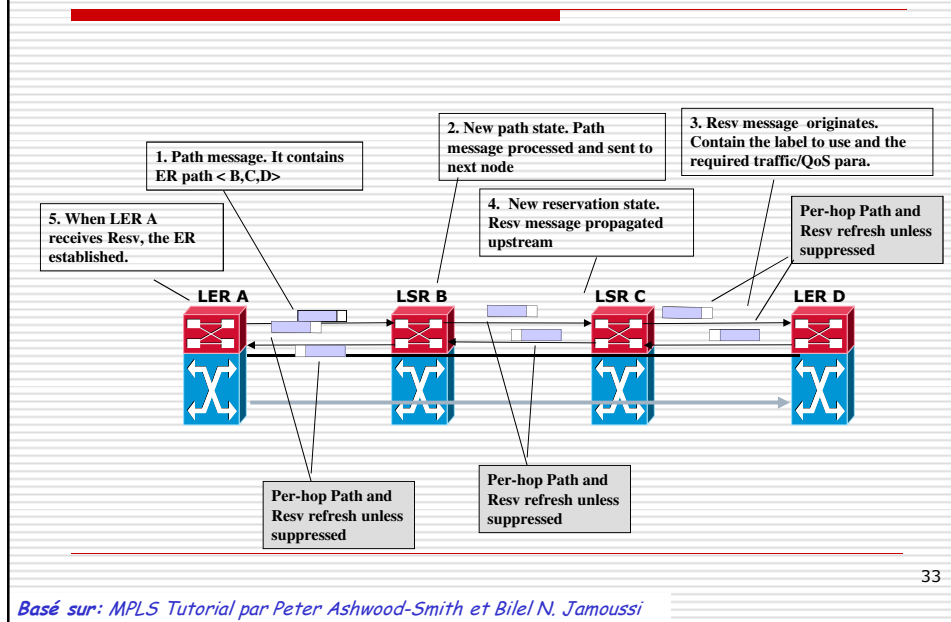


32

Basé sur: MPLS Tutorial par Peter Ashwood-Smith et Bilel N. Jamoussi

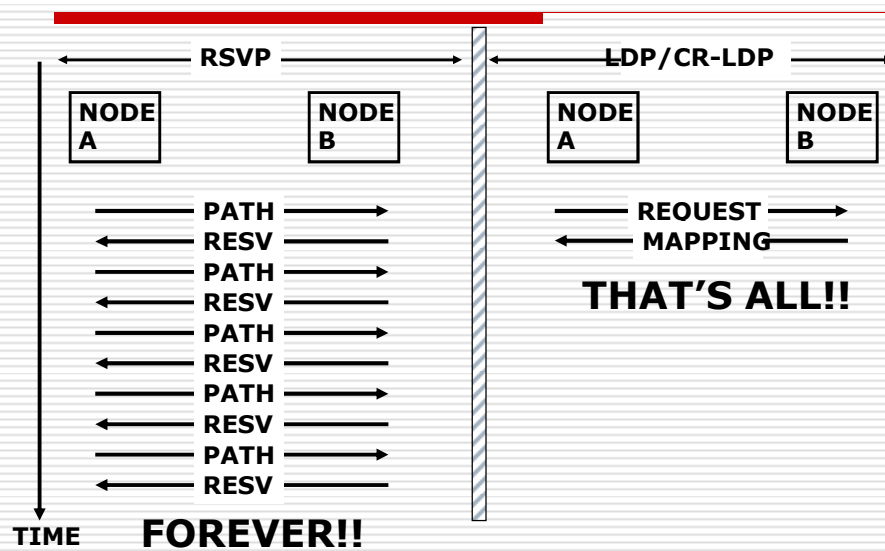


## RSVP-TE



33

## RSVP vs LDP



34

MPLS Tutorial par Peter Ashwood-Smith et Bilel N. Jamoussi

## Plan - MPLS

### □ Introduction

- Qu'est-ce que c'est? Pourquoi?
- Encapsulation d'étiquettes

### □ **Protocoles de distribution d'étiquettes et de génie de trafic**

- LDP, RSVP, CR-LDP, RSVP-TE
- **MPLS-TE**
- MPLS-DiffServ-TE

### □ MPLS => VPN (virtual private networks)

- Layer 2 MPLS-VPN
- Layer 3 MPLS-VPN

35

## CR-LDP Traffic Parameters

U	F	Traf. Param. TLV	Length	
Flags		Frequency	Reserved	Weight
Peak Data Rate (PDR)				
Peak Burst Size (PBS)				
Committed Data Rate (CDR)				
Committed Burst Size (CBS)				
Excess Burst Size (EBS)				

32 bit fields are short IEEE floating point numbers

Any parameter may be used or not used by selecting appropriate values

Flags control "negotiability" of parameters

Frequency constrains the variable delay that may be introduced

Weight of the CRLSP in the "relative share"

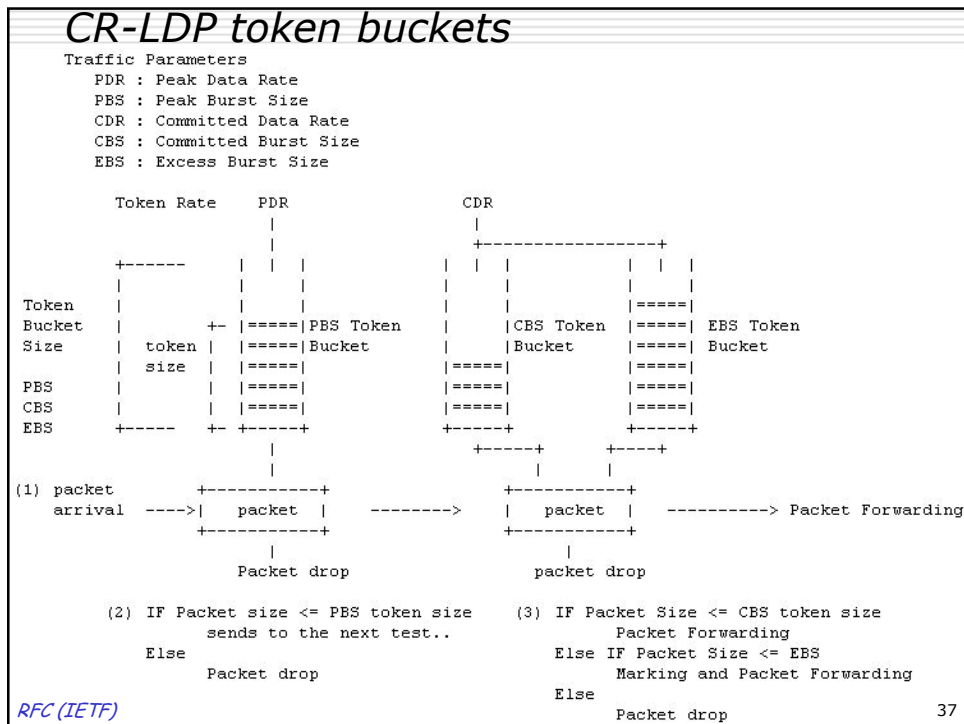
Peak rate (PDR+PBS) maximum rate at which traffic should be sent to the CRLSP

Committed rate (CDR+CBS) the rate that the MPLS domain commits to be available to the CRLSP

Excess Burst Size (EBS) to measure the extent by which the traffic sent on a CRLSP exceeds the committed rate

36

MPLS Tutorial par Peter Ashwood-Smith et Bilel N. Jamoussi



## Peak rate – taux maximal

- ☐ Taux maximal pour le trafic envoyé par CR-LSP
- ☐ Défini par les paramètres de *token bucket*:
  - *Peak data rate* (PDR) - taux maximal de transfert
  - *Peak burst size* (PBS) – taille de rafale maximale
- ☐ PBS définit la tolérance pour la variabilité du taux maximal
- ☐ Utilisé pour allocation de ressources

## Committed rate - taux engagé

- ❑ Définit la largeur de bande moyenne qui devrait être réservée pour CR-LSP
- ❑ Défini par les paramètres de *token bucket*:
  - Committed data rate (CDR) – taux moyen engagé pour le transfert
  - Committed burst size (CBS) – taille de rafale engagée pour le transfert
- ❑ CBS définit la tolérance pour la variabilité du taux de transfert.
- ❑ Utilisé pour allocation de ressources

39

## Excess burst size – taille d'excès de rafale

- ❑ EBS définit la tolérance supplémentaire pour la variabilité du taux de transfert sur CR-LSP
- ❑ Les paquets qui utilisent cette tolérance supplémentaire ont la priorité plus basse (marquage)
- ❑ EBS n'influence pas de la largeur de bande moyenne qui devrait être réservée pour CR-LSP

40

## *Frequency - fréquence*

---

- ❑ Spécifie la fréquence de transfert des paquets de la fille d'attend (associé avec CR-LSP) de système d'ordonancement (par exemple WFQ) au lien.
- ❑ Limite la variabilité de délais (gigue) introduit par le réseau
- ❑ Limite la taille du tampon utilisé par le système d'ordonancement
- ❑ Valeurs:
  - Très fréquente : maximum un paquet peut être dans le tampon
  - Fréquente : maximum quelques paquets peuvent être dans le tampon
  - Pas spécifié : pas de limite

41

## *Weight - poids*

---

- ❑ Spécifie le poids du CR-LSP dans le "relative share algorithm"
- ❑ Interprétation possible:
  - CR-LSP avec le poids plus grand obtient plus grande portions du "excess bandwidth" (largeur de bande qui reste après service des flux selon engagement).
- ❑ Valeurs:
  - 0 — le poids n'est pas spécifié
  - 1-255 — les poids;

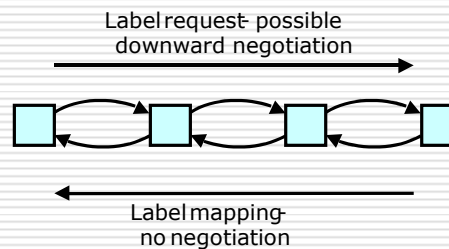
42

## Negotiation flags – indicateurs de négociation

Res	F6	F5	F4	F3	F2	F1
-----	----	----	----	----	----	----

Weight Negotiation Flag  
EBS Negotiation Flag  
CBS Negotiation Flag  
CDR Negotiation Flag  
PBS Negotiation Flag  
PDR Negotiation Flag

Si le paramètre est indiqué comme négociable, le LSR peut réduire la valeur du paramètre dans le message de la réservation.



43

Basé sur: MPLS Tutorial par Peter Ashwood-Smith et Bilel N. Jamoussi

## MPLS-TE (Traffic Engineering)

L'ingénierie de trafic est employée pour atteindre des objectifs de performance tels que l'optimisation des ressources de réseau et le placement du trafic sur des liens particuliers. D'un point de vue pratique, ceci signifie calculer un chemin de la source à la destination qui est sujette à un ensemble de contraintes, et d'expédition de trafic le long de ce chemin.

Certaines de ces contraintes sont :

- ☐ la largeur de bande demandée pour un LSP particulier (par exemple, 10Mbps de source X à destination y),
- ☐ les attributs administratifs (« couleurs ») des liens que le trafic est permis de croiser (par exemple, aucun lien avec latence importante),
- ☐ le nombre de sauts qu'on permet au trafic de croiser,
- ☐ la priorité de ce LSP une fois comparée à l'autre LSPs.

D'autres contraintes sont également possibles.

© Juniper Networks, Inc. - White paper  
``MPLS DiffServ-aware Traffic Engineering``

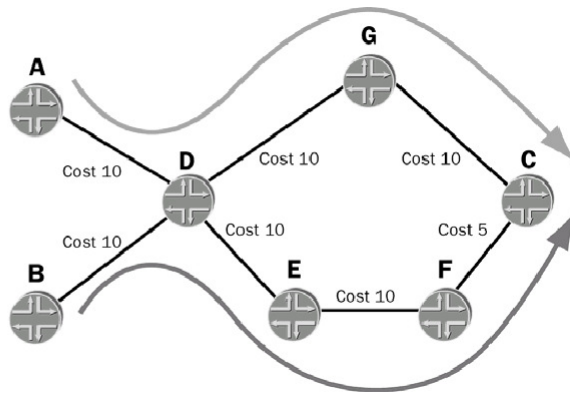
44

## MPLS-TE; exemple

All links are 150 Mbps

The LSP A-C reserves  
100 Mbps

The LSP B-C requires  
100 Mbps and establishes  
on the non-optimal  
path because of lack  
of resources



© Juniper Networks, Inc. - White paper  
``MPLS DiffServ-aware Traffic Engineering``

45

## MPLS-TE; priorités de LSP

Le but des priorités est de marquer un certain LSPs comme plus important que d'autres et de leur permettre de confisquer des ressources de LSPs moins important. Faire ceci garantit cela :

- en l'absence de LSPs important, des ressources peuvent être réservées par LSPs moins important,
- un LSP important s'établit toujours le long du chemin le plus optimal (le plus court), indépendamment des réservations existantes,
- et quand il y a besoin de rerouter LSPs (par exemple, suivant une panne de lien) LSPs importants ont une meilleure possibilité de trouver une voie de déroutement.

MPLS-TE définit huit niveaux de priorité (0 - meilleure valeur). Un LSP a deux priorités liées à lui : une priorité d'installation et une priorité de prise. Au temps d'installation de LSP, si les ressources insuffisantes sont disponibles, la priorité d'installation du nouveau LSP est comparée à la priorité de prise du LSPs utilisant les ressources, afin de déterminer si le nouveau LSP peut acquérir les ressources de LSPs existant (préemption).

© Juniper Networks, Inc. - White paper  
``MPLS DiffServ-aware Traffic Engineering``

46

## Préemption de CR-LSP (I)

Un CR-LSP porte une priorité de LSP. Cette priorité peut être employée pour permettre à nouveau LSPs de cogner LSPs existant avec une priorité plus basse afin de voler leurs ressources.

C'est particulièrement utile pendant des périodes de panne et permet de ranger LSPs de façon que les plus importants obtiennent des ressources avant LSPs moins important.

Celles-ci s'appellent le *setupPriority* et le *holdingPriority* et 8 niveaux sont définis.

47

## Préemption de CR-LSP (II)

Quand un LSP est établi, son *setupPriority* est comparé au *holdingPriority* de LSPs existant. LSPs existant avec le *holdingPriority* inférieur peut être cogné pour obtenir leurs ressources.

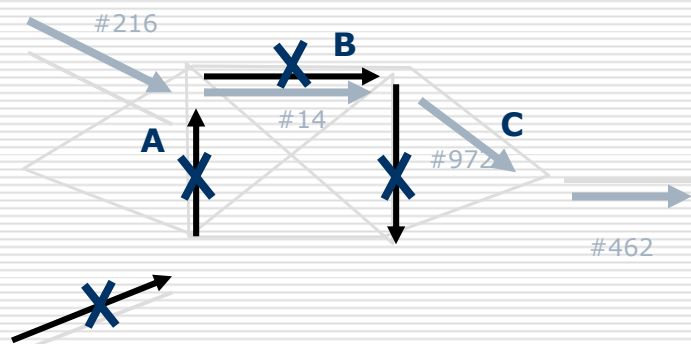
Ce processus peut être continué d'une mode de domino jusqu'au moment quand les plus bas *holdingPriority* LSPs sont enlevés ou se trouvent sur les plus mauvais chemins.

48



## Exemple de préemption (bumping)

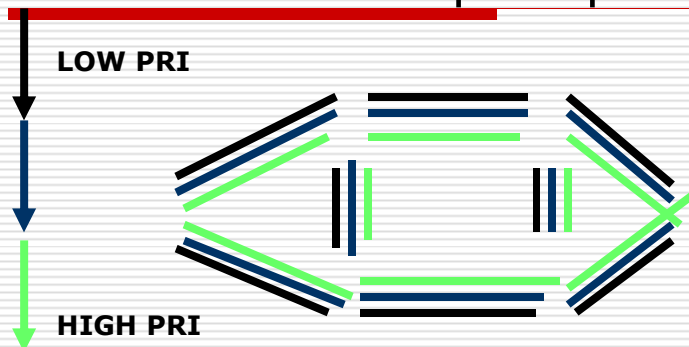
Route=  
{A,B,C}



49

Basé sur: MPLS Tutorial par Peter Ashwood-Smith et Bilel N. Jamoussi

## Base de données pour préemption



La base de données de topologie voit 8 niveaux de largeur de bande. Selon la priorité d'installation du LSP, un sous-ensemble de cette largeur de bande est vu comme disponible. La priorité la plus élevée voit toute la largeur de bande utilisée et disponible aux niveaux plus bas que lui, etc. à la priorité la plus basse qui voit seulement la largeur de bande inutilisée.

50

Basé sur: MPLS Tutorial par Peter Ashwood-Smith et Bilel N. Jamoussi

## MPLS-TE et DiffServ

Le défi restant est que MPLS-TE fonctionne au niveau global à travers toutes les classes de service de DiffServ et en conséquence il ne peut pas donner des garanties de largeur de bande per DiffServ classe. (En d'autres termes, quand LSP est installé le DSCPs ne sont pas pris en considération)

Issue : Limitation de la proportion du trafic d'une classe particulière sur un lien

Solution : MPLS-DiffServ-TE

© Juniper Networks, Inc. - White paper  
``MPLS DiffServ-aware Traffic Engineering``

51

## Plan - MPLS

### □ Introduction

- Qu'est-ce que c'est? Pourquoi?
- Encapsulation d'étiquettes

### □ **Protocoles de distribution d'étiquettes et de génie de trafic**

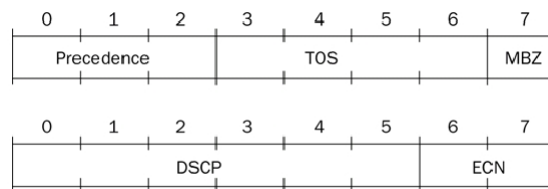
- LDP, RSVP, CR-LDP, RSVP-TE
- MPLS-TE
- **MPLS-DiffServ-TE**

### □ MPLS => VPN (virtual private networks)

- Layer 2 MPLS-VPN
- Layer 3 MPLS-VPN

52

## Points de code de DiffServ dans l'en-tête d'IP



Le DSCP détermine le comportement de QoS d'un paquet à un noeud particulier dans le réseau. Ceci s'appelle *per-hop behavior* (PHB) et est exprimé en termes de l'ordonnancement et du seuil de tomber de ce paquet dans la file d'attend.

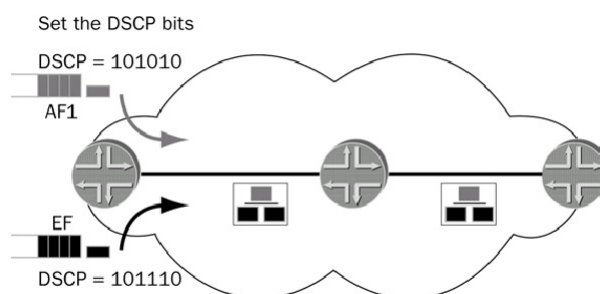
PHB définit :

- la file d'attente de paquets utilisée pour l'expédition,
- la probabilité de tomber le paquet au cas où la file d'attente dépasserait une certaine limite,
- les ressources (mémoire et largeur de bande) allouées à chaque file d'attente,
- la fréquence à laquelle une file d'attente est entretenue.

© Juniper Networks, Inc. - White paper  
``MPLS DiffServ-aware Traffic Engineering``

53

## Domaine de DiffServ

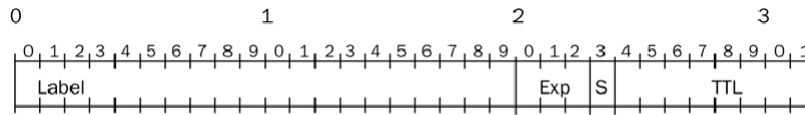


DiffServ ne peut pas garantir QoS si le chemin suivi par le flux n'a pas assez de ressources pour répondre aux exigences de QoS.

© Juniper Networks, Inc. - White paper  
``MPLS DiffServ-aware Traffic Engineering``

54

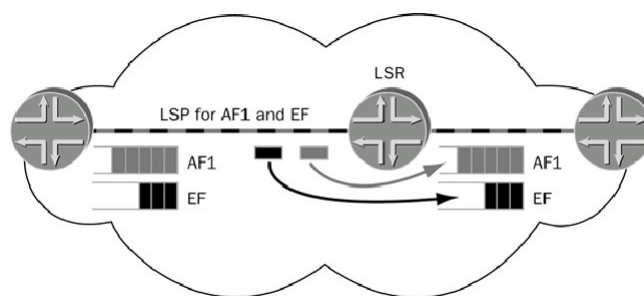
## MPLS DiffServ



The MPLS header

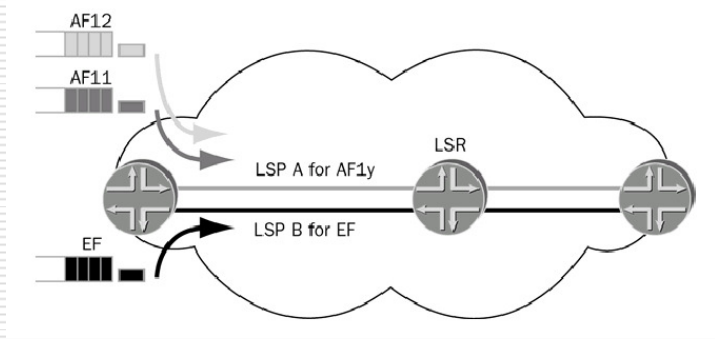
Comment on peut encoder des valeurs de DSCP (exprimées dans un domaine de 6 bits qui peut coder jusqu'à 64 valeurs) dans un champ d'EXP de 3 bits qui peut porter seulement huit valeurs distinctes ?

## E-LSP



E-LSPs (où E représente « EXP-inferred ») peut porter des paquets avec jusqu'à huit comportements distincts de PHB dans un LSP.

# L-LSP (Label-LSP)



L'étiquette détermine où expédier le paquet et l'ordonnancement du paquet, par contre les bits d'EXP donnent l'information concernant la priorité de tomber du paquet.

© Juniper Networks, Inc. - White paper  
``MPLS DiffServ-aware Traffic Engineering``

# E-LSP vs. L-LSP

E-LSP	L-LSP
PHB is determined by the EXP bits	PHB is determined by the label or by the label and EXP bits together
Can carry traffic with up to 8 distinct PHBs in a single LSP	A single PHB per LSP or several PHBs with the same scheduling regimen and different drop priorities
Conservative label usage and state maintenance, because the label is used only for conveying path information	Uses more labels and keeps more state, because the label conveys information about both the path and the scheduling behavior
No signaling is required to convey the PHB information	The PHB information needs to be signaled when the LSP is established
Up to 8 PHBs can be supported in the network when only E-LSPs are used. E-LSPs can be used in conjunction with L-LSPs when more PHBs are required	Any number of PHBs can be supported in the network

© Juniper Networks, Inc. - White paper  
``MPLS DiffServ-aware Traffic Engineering``

## MPLS-DiffServ-TE

L'exigence fondamentale de DiffServ-TE est de pouvoir faire des réservations séparées de largeur de bande pour différentes classes du trafic (CTs, *class types*). Ceci implique garder l'état de largeur de bande disponible pour chaque type de trafic à un moment donné dans tous les routeurs.

Type de classe (CT) de trafic:

L'IETF exige le support pour jusqu'à huit CTs désignés sous le nom de CT0 par CT7. LSPs qui garantissent la largeur de bande d'un CT particulier sont désignés sous le nom de DiffServ-TE LSPs. Dans le modèle courant d'IETF, un DiffServ-TE LSP peut seulement porter le trafic d'un CT. LSPs qui transportent le trafic des mêmes CT peut employer la même ou les différentes priorités de préemption. Par convention, le trafic de *best-effort* est tracé à CT0.

© Juniper Networks, Inc. - White paper  
``MPLS DiffServ-aware Traffic Engineering``

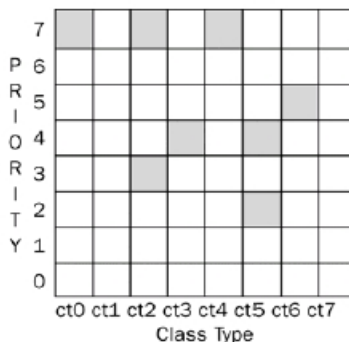
59

## MPLS-DiffServ-TE; TE-class

TE-classe est définie comme combinaison de (CT, priorité de LSP). DiffServ-TE soutient un maximum de huit TE-classes, TE0 à TE7, qui peut être choisi parmi les 64 combinaisons possibles de CT-priorité (par l'intermédiaire de la configuration).

The TE-classes are:

TE0 (ct0, 7),  
TE1 (ct2, 7),  
TE2 (ct4, 7),  
TE3 (ct6, 5),  
TE4 (ct3, 4),  
TE5 (ct5, 4),  
TE6 (ct2, 3),  
TE7 (ct5, 2)

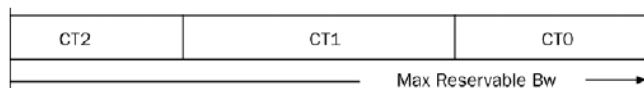


© Juniper Networks, Inc. - White paper  
``MPLS DiffServ-aware Traffic Engineering``

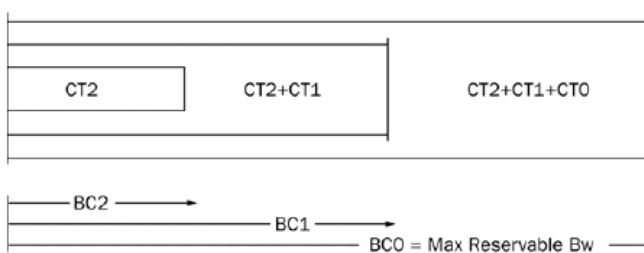
60

## MPLS-DiffServ-TE; Modèles d'attributions de largeur de bande

- a) Modèle d'attribution maximum  
- *Maximum Allocation Model (MAM)*



- b) Modèle de poupées russes  
- *Russian Dolls Model (RDM)*



© Juniper Networks, Inc. - White paper  
``MPLS DiffServ-aware Traffic Engineering``

61

## MPLS-DiffServ-TE

MAM	RDM
Maps one BC to one CT; easy to understand and manage	Maps one BC to one or more CTs, less intuitive
Achieves isolation between CTs and guaranteed bandwidth to CTs without the need for preemption	No isolation between CTs; requires preemption to guarantee bandwidth to CTs other than the premium
Bandwidth may be wasted	Efficient use of bandwidth
Useful in networks where preemption is precluded	Not recommended in networks where preemption is precluded

© Juniper Networks, Inc. - White paper  
``MPLS DiffServ-aware Traffic Engineering``

62

## Plan - MPLS

### □ Introduction

- qu'est-ce que c'est? Pourquoi?
- Encapsulation d'étiquettes

### □ Protocoles de distribution d'étiquettes et de génie de trafic

- LDP, RSVP, CR-LDP, RSVP-TE
- MPLS-TE
- MPLS-DiffServ-TE

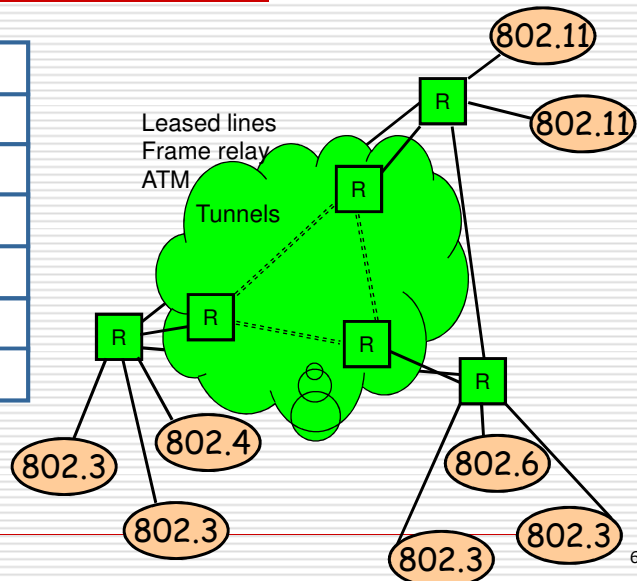
### □ **MPLS => VPN (virtual private networks)**

- **Layer 3 MPLS-VPN**
- Layer 2 MPLS-VPN

63

## Définition des couches

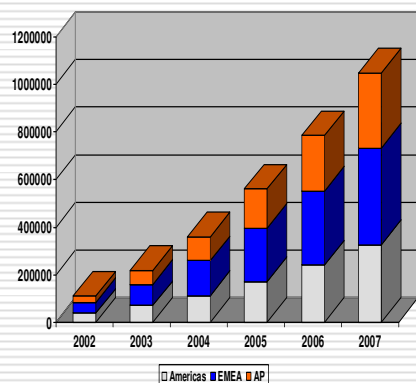
Application
Présentation
Session
Transport
Réseau
Liaison
Physique





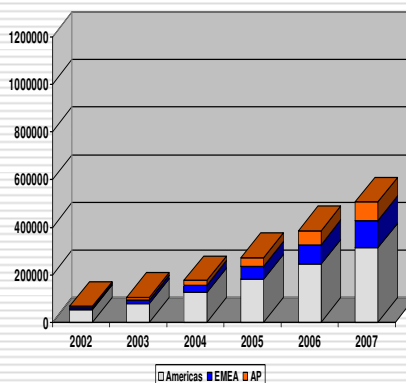
## IP VPN: croissance de service

Nombre de sites - technologie employé - vue régionale



IP VPN basé sur MPLS

Network Based VPN



IP VPN basé sur IPsec

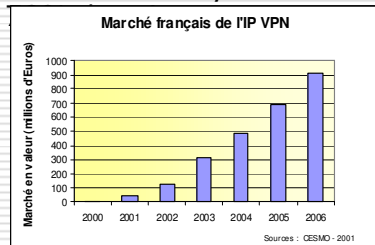
Premises Based VPN

Ovum, 2002

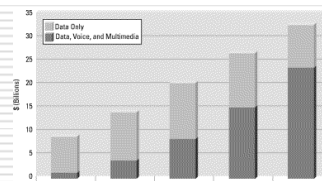
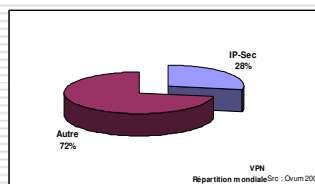
65

## VPN IP : Tendances

### □ Croissance moyenne de



- 310 millions d'euros en 2003 → 910 millions d'euros en 2006
- Source : Cesmo



• usage des VPN, Src Ovum

- Le VPN-IP s'impose en interconnexion de sites : **70% des appels d'offres (Cesmo)**
- Les VPNs de type MPLS et Ipsec coexistent sur le marché
- Le VPN doit s'adapter aux applicatifs métiers et à l'évolution des services (MPLS, CoS)

66

## MPLS-VPN pour la couche 3

---

### Présentation de MPLS Forum / Frame Relay Forum:

- |  |       |         |
|--|-------|---------|
| ❑ <b>Introduction, acétates</b>                              | 8-12  | (3-7)   |
| ❑ <b>VPN L3 vs VPN L2, acétates</b>                          | 15-17 | (8-10)  |
| ❑ <b>BGP pour MPLS-VPN, acétates</b>                         | 19-25 | (12-18) |
| ❑ <b>Routage, adressage, acétates</b>                        | 26-38 | (19-31) |
| ❑ <b>Distribution d'étiquettes et acheminement, acétates</b> | 39-45 | (32-38) |
| ❑ <b>L'échelle de BGP/MPLS VPN,</b>                          | 46-48 | (39-41) |

67

## MPLS-VPN pour la couche 2

---

### Présentation de MPLS Forum / Frame Relay Forum:

- |  |       |         |
|--|-------|---------|
| ❑ <b>Point-à-point, acétates</b>             | 56-59 | (42-45) |
| ❑ <b>Encapsulation: Ethernet, ATM, FR ,</b>  | 64-73 | (46-55) |
| ❑ <b>VPLS – Virtual Private LAN Service,</b> | 75-84 | (57-66) |
| ❑ <b>L'échelle de VPLS, acétates</b>         | 85-94 | (67-76) |

68

## Sommaire - MPLS

---

### ☐ Introduction

- Qu'est-ce que c'est? Pourquoi?
- Encapsulation d'étiquettes

### ☐ Protocoles de distribution d'étiquettes et de génie de trafic

- LDP, RSVP, CR-LDP, RSVP-TE
- MPLS-TE
- MPLS-DiffServ-TE

### ☐ MPLS => VPN (virtual private networks)

- Layer 3 MPLS-VPN
- Layer 2 MPLS-VPN

69