



R410

Opérateur de télécom

Ismail Bennis

Ismail.bennis@uha.fr

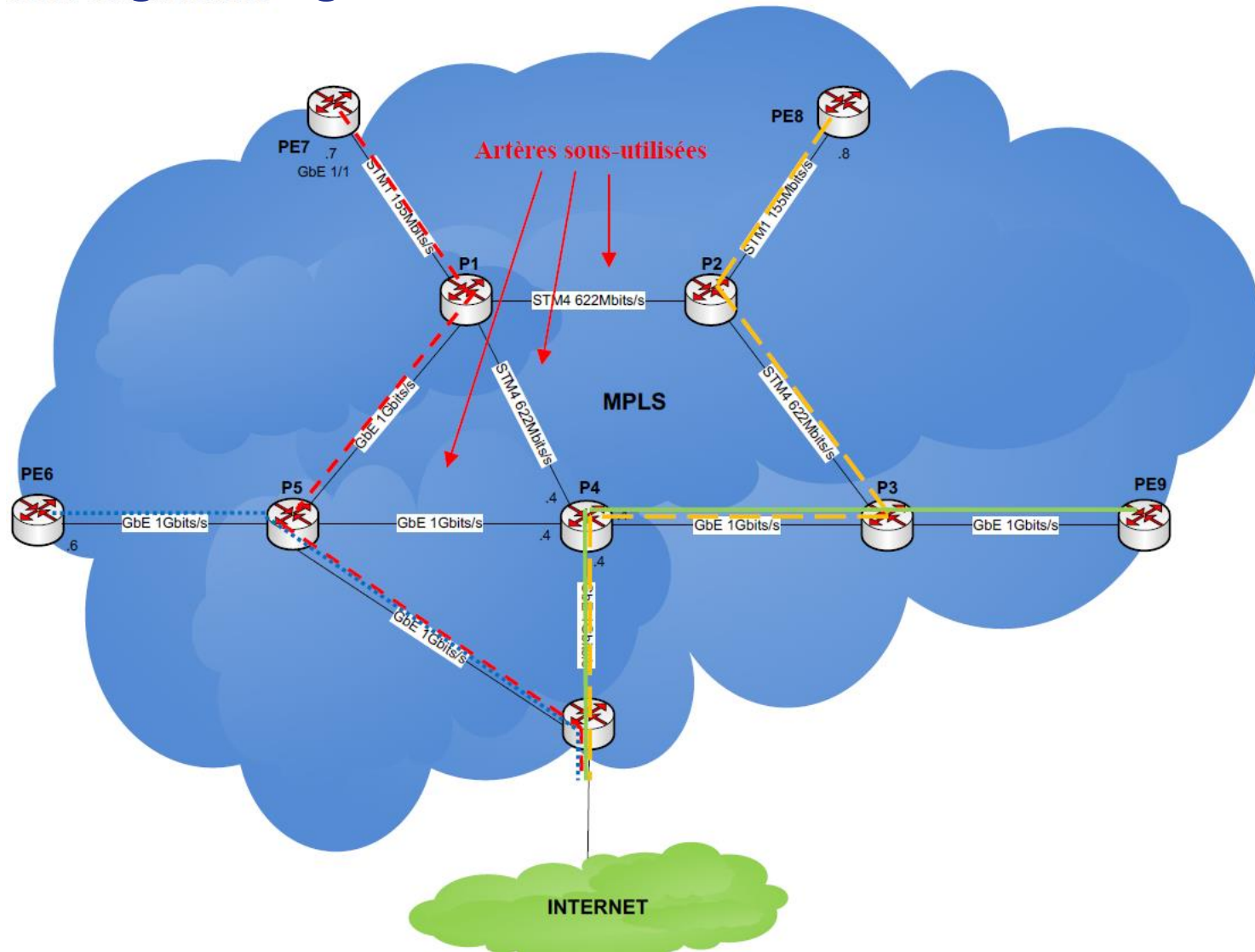
MCF, IUT de Colmar, Département Réseaux & Télécoms, bureau N°006
34 rue du Grillenbreit - 68000 Colmar Cedex



Traffic Engineering : MPLS-TE

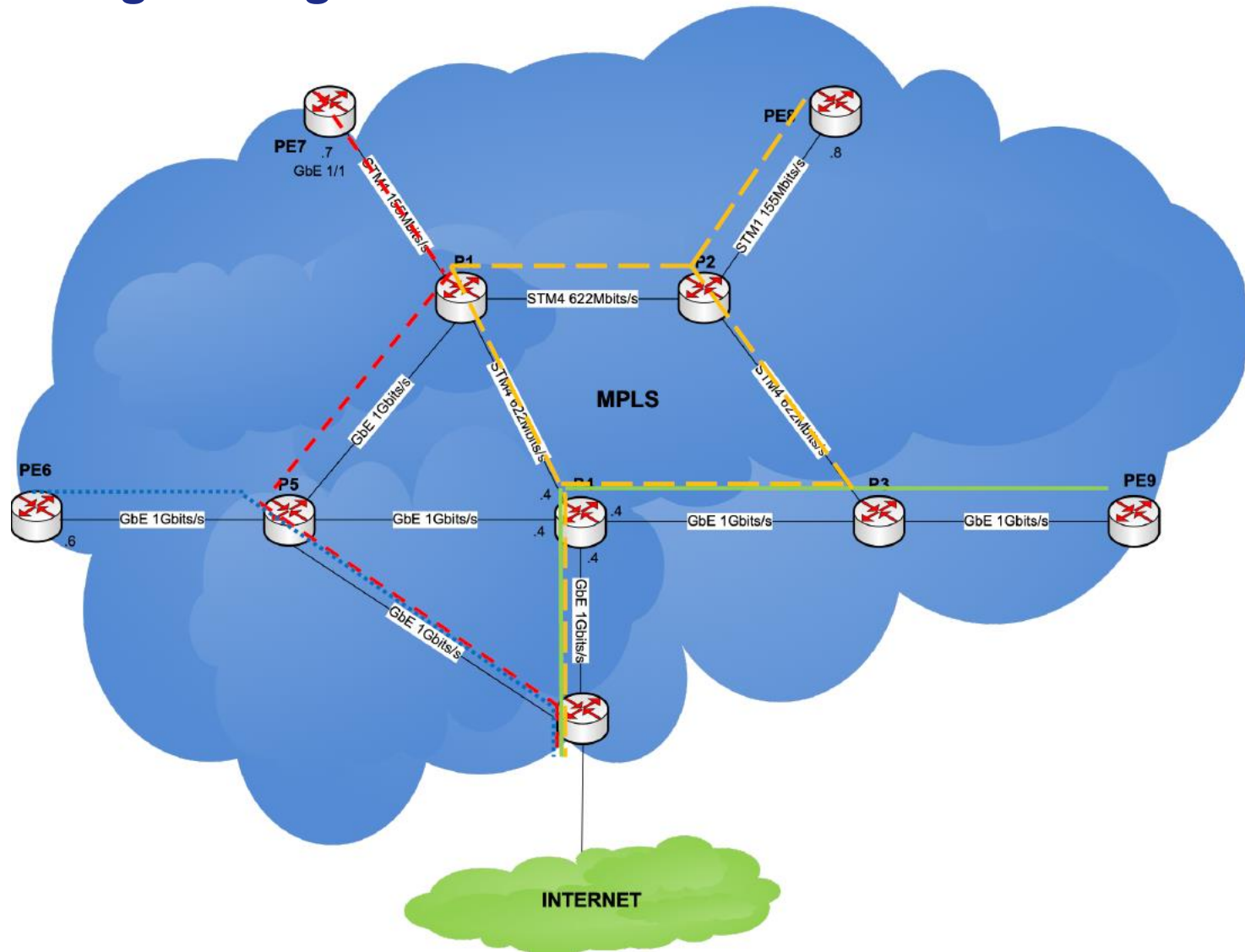
- Constat :
 - ✓ Le protocole IP est un protocole de niveau 3 fonctionnant en **mode non connecté** : la décision de routage d'un paquet est réalisée localement par chaque nœud.
 - ✓ Les réseaux des opérateurs étant basés sur IP, les protocoles de routage calculent automatiquement un chemin entre deux points du réseau.
 - ✓ Les cœurs de réseaux sont généralement fortement maillés pour garantir des chemins alternatifs en cas de panne.
 - ✓ Certaines artères du réseau se retrouvent parfois **sous utilisées** alors que d'autres sont **saturées**.
 - ✓ Une solution pour résoudre ce problème consiste à passer en **mode connecté** en effectuant un routage explicite : spécifier pour certains paquets, les IP par lesquels ils doivent passer, indépendamment des routes créées par le protocole de routage.
- ➔ **L'ingénierie de trafic** regroupe l'ensemble des méthodes de contrôle du routage permettant d'optimiser l'utilisation des ressources, tout en garantissant la qualité de service (bande passante, délai...).

Traffic Engineering : MPLS-TE



➔ Les artères P3P4 et P2P3 sont très chargées

Traffic Engineering : MPLS-TE

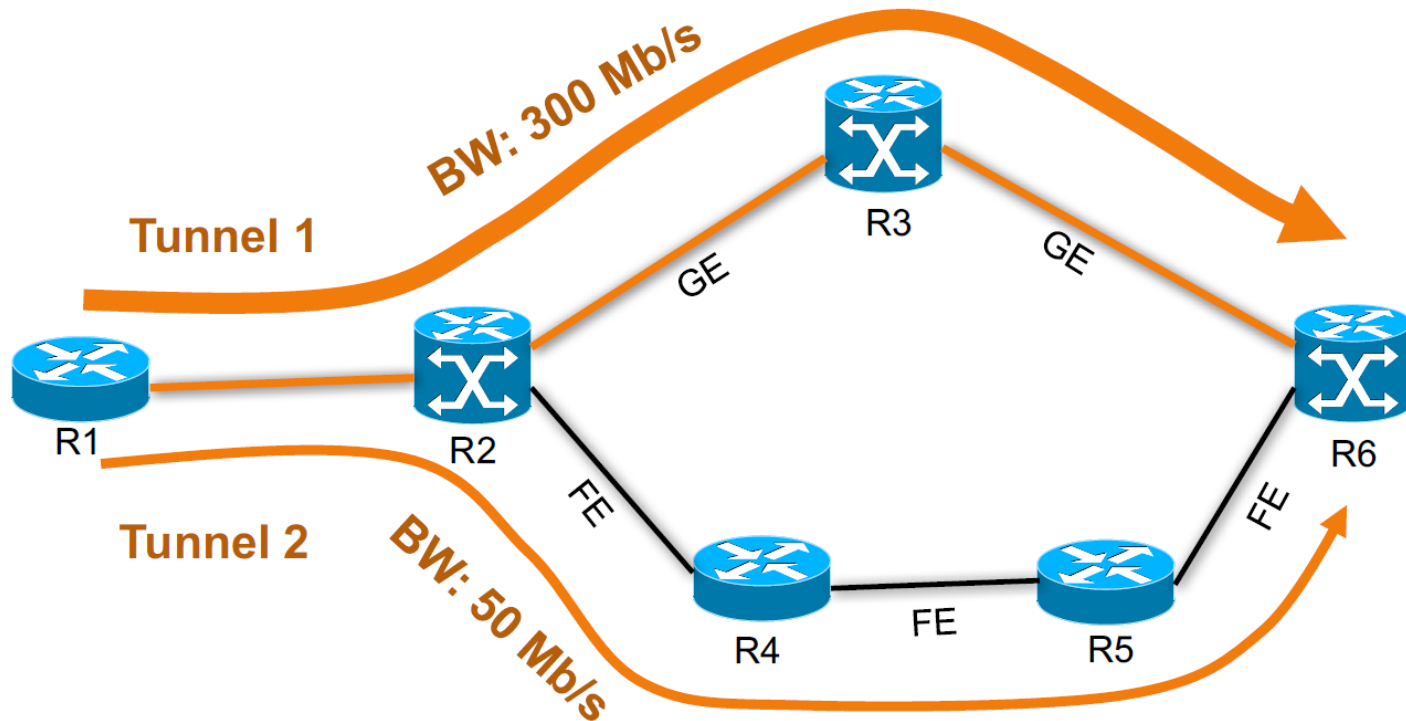


➔ router une partie du trafic en provenance de PE8 et à destination d'Internet par P2-P1-P4 par routage explicite.

Traffic Engineering : MPLS-TE

- **MPLS-TE** permet ainsi :
 - La gestion des congestions imprévues
 - Une meilleure utilisation de la bande passante disponible
 - Contourner les liens / nœuds défectueux
 - Une meilleure capacité de planification
- **MPLS-TE** permet de créer des chemins LSP routés de façon explicite (**mode connecté**) en prenant en compte les contraintes de trafic (bande passante, etc.) et les ressources disponibles dans le réseau.
- Ces LSP sont appelés « **tunnels MPLS-TE** »
- La technologie de routage par contrainte **MPLS-TE** nécessite:
 - Une fonction de découverte de la topologie et des ressources disponibles
 - Une fonction de calcul de route avec contrainte
 - Une fonction de signalisation de LSP et de réservation de ressources le long de la route calculée

IP-TE VS MPLS-TE



IP TE

Le plus court chemin

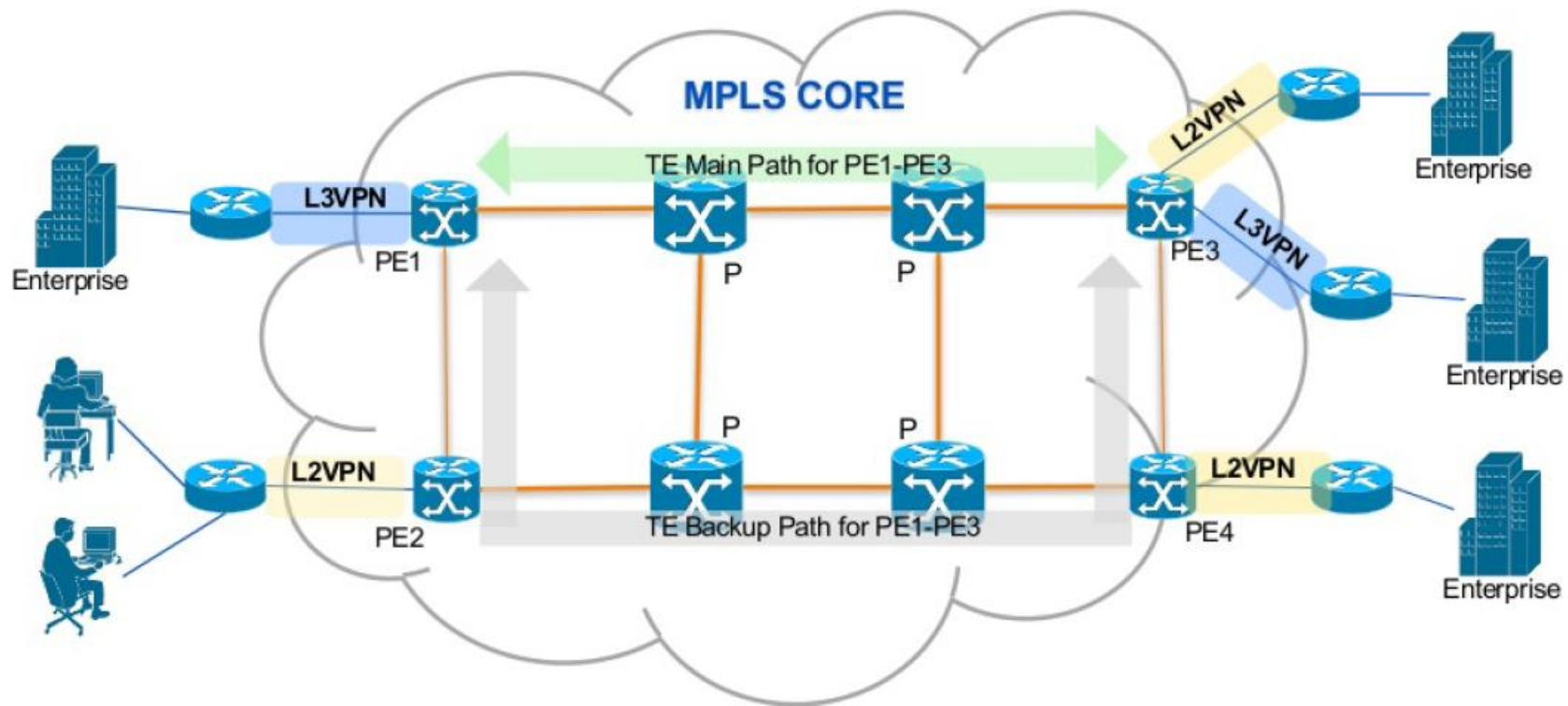
Équilibrage de charge à coût égal

MPLS-TE

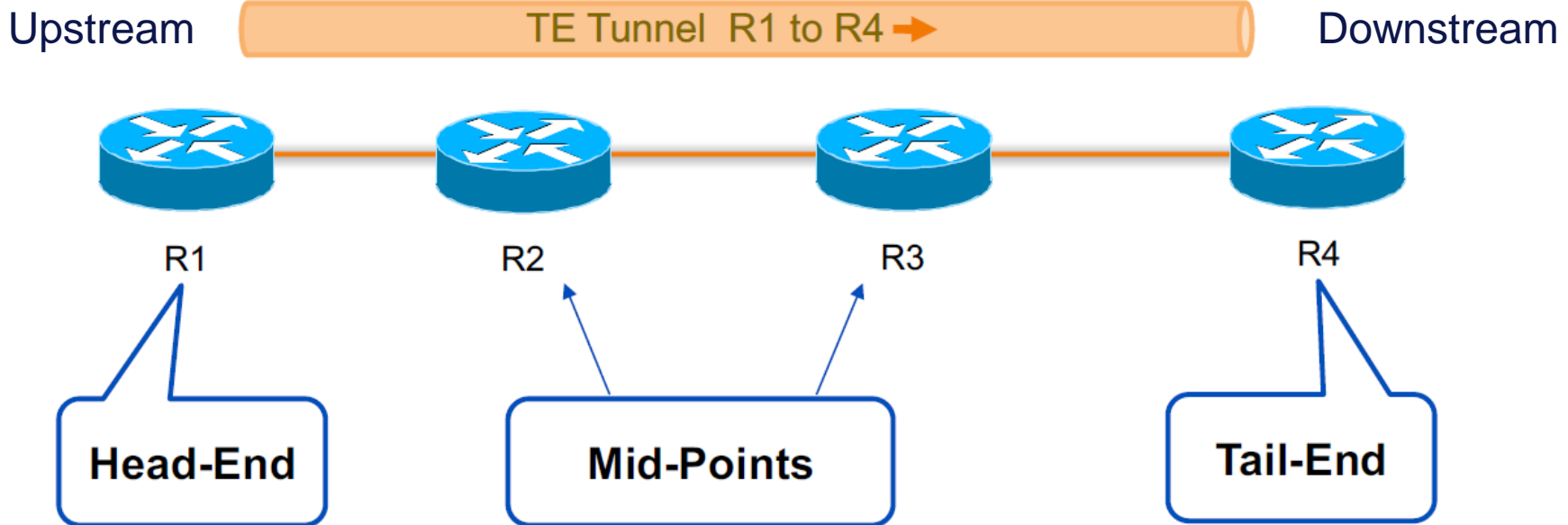
Détermine le chemin à la source en fonction de paramètres supplémentaires (ressources et contraintes disponibles, etc.)

Possibilité de partager la charge sur des chemins d'une manière inégale

MPLS-TE – scénario d'application



Terminologie MPLS-TE



- Le tunnel est **unidirectionnel**
- Sur le **Head-end** on déclare le tunnel et sur les autres on réserve les ressources
- Si on veut que R4 envoie des données vers R1 dans les mêmes conditions alors il faut créer le tunnel R4-R1

Les composants de la solution MPLS-TE

- Il y a 4 étapes / composants pour la mise en œuvre de la solution MPLS-TE :

Distribution des informations



Calcul du chemin



Mise en place du chemin



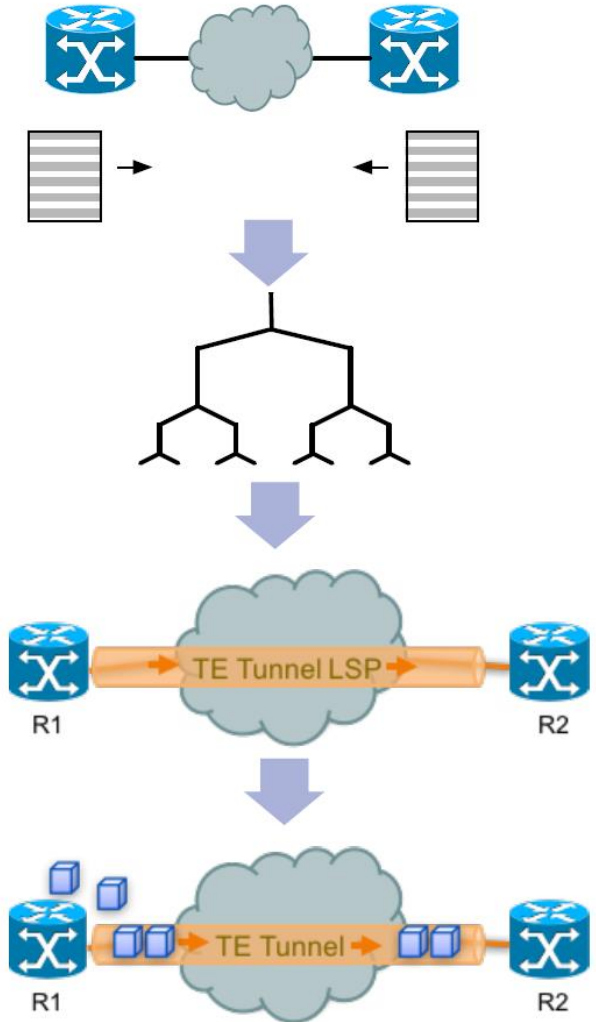
Transférer le flux via le tunnel

Quelle information à récupérer ?

- Dynamique (état de lien)
- Manuel

- RSVP-TE
- (CR-LDP)

- Autoroute
- Static
- Policy



MPLS-TE : principe de fonctionnement

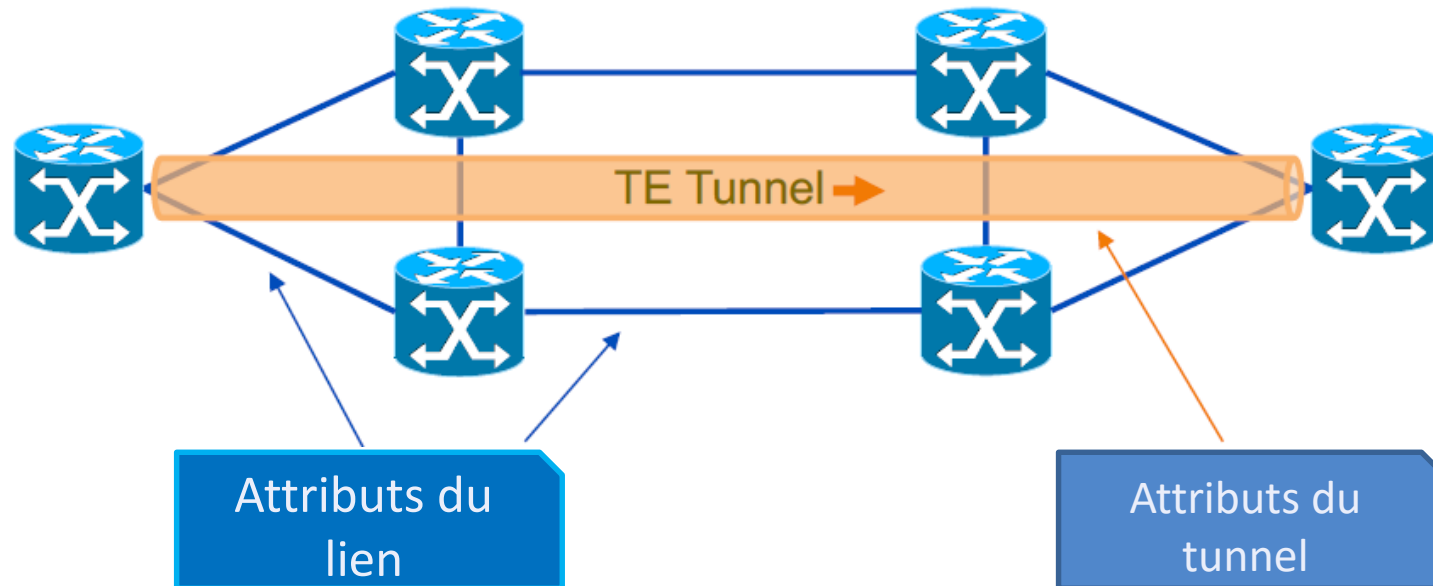
- Le réseau MPLS est considéré comme un graphe étendu intégrant des paramètres de trafic engineering des liens :
 - Bande passante maximale réservable (**BMR**) par un ensemble de tunnels MPLS-TE sur le lien;
 - Bande passante disponible du lien: il s'agit de la bande passante résiduelle sur le lien;
 - Métrique TE : en complémentarité avec la métrique IGP, elle permet d'utiliser pour le placement des tunnels MPLS-TE une topologie avec une pondération différente de la topologie IP
- Ces informations d'ingénierie de trafic configurée par l'administrateur sont transmises à tous les routeurs dans les **LSA type 10 OSPF** dédiés aux informations d'ingénierie de trafic MPLS. Le routeur enregistre ces LSA pour former sa **base de données** indiquant la **topologie TE**.
- Sur le routeur 'tête de tunnel' l'administrateur va configurer un tunnel **LSP** MPLS-TE qui comprend un ensemble de LSP avec une certaine bande passante et éventuellement un routage explicite sous forme d'une suite d'adresses IP.



MPLS-TE : principe de fonctionnement

- Connaissant la topologie TE, ce routeur vérifie avec l'algorithme **CSPF** « Constraint Shortest Path First » que ce chemin est valide. Si tel est le cas, il envoie un message **RSVP PATH** pour effectuer la réservation de ce chemin et reçoit un message **RSVP RESV** lui indiquant le **label MPLS** à utiliser pour ce LSP.
- Le routeur de tête de tunnel enregistre ces informations du plan de contrôle dans la **FIB**: ID du routeur de tête du tunnel, ID du tunnel, ID du LSP, label sortant, interface de sortie et NH.
- Les autres routeurs enregistrent ces informations du plan de contrôle dans la **LFIB** : ID du routeur de tête du tunnel, ID du tunnel, ID du LSP, label entrant, label sortant, interface de sortie et NH.
- Il ne reste plus qu'à définir sur le routeur de tête de tunnel quels seront les paquets à router dans le tunnel.
- Il est important de noter que la notion de lien est ici **unidirectionnelle**. Chaque sens du lien peut avoir des valeurs de paramètres TE différentes

Échange d'information : les attributs



- Bande passante disponible
- Attribute flags (Link Affinity)
- Poids administratif (TE-specific link metric)

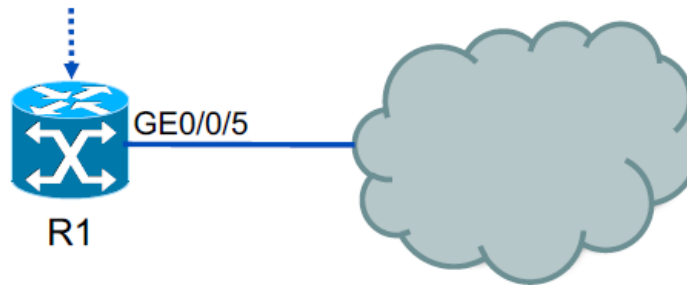
- Bande passante requise pour le tunnel
- Tunnel Affinity & mask
- Priorité

Échange d'information : les attributs

- La quantité de **bande passante réservable** sur une liaison physique

```
R1(Config)# interface gigabitethernet 0/0/5  
R1(config-if)# mpls traffic-eng tunnels  
R1(config-if)# ip rsvp bandwidth 512
```

→ La bande passante réservée est de 512 kbps



- Bande passante requise** par le tunnel

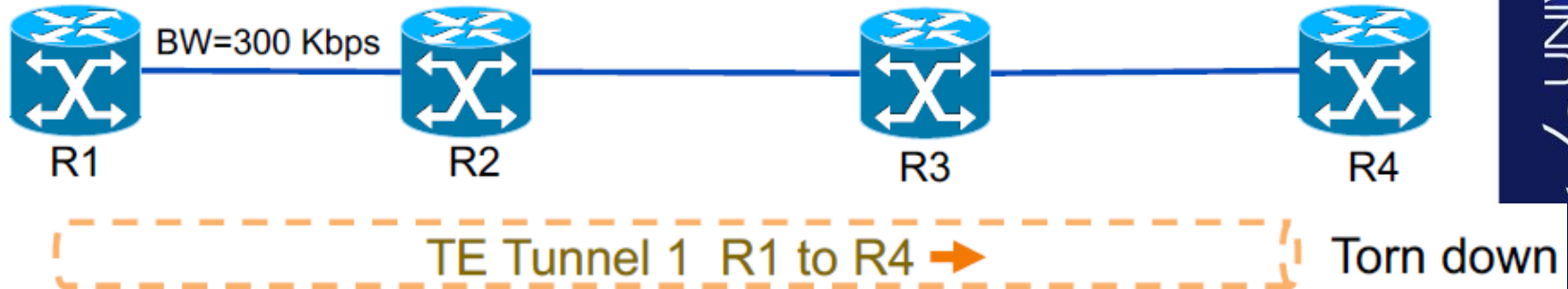
```
R1(config)# interface tunnel 1  
R1(config-if)# tunnel mpls traffic-eng bandwidth 100
```

→ Le tunnel T1 est déclaré sur R1 en précisant qu'il va falloir 100 Kbps



Échange d'information : les attributs

- **Priorité** : chaque tunnel a deux priorités:
 - Priorité de configuration (**Setup priority**)
 - Priorité du maintien (**Holding priority**)
- Valeur: [0, 7] avec 0 = priorité la plus élevée, 7 = la plus basse priorité (par défaut).



BW=200 kbps Priority: $S_1=3$ $H_1=3$

→ On veut ajouter T2 de R1 à R3 avec :

TE Tunnel 2 R1 to R3 → Set up

$S_2 < H_1$
T2 récupère la BW et T1 est arrêté

BW=200 kbps Priority: $S_2=2$ $H_2=2$

→ T1 et T2 ne peuvent pas coexister ! Un tunnel doit être down

Échange d'information : les attributs

- **Poids administratif** (TE metric) :
- Deux coûts sont associés à un lien
 - Le coût TE (Administrative weight)
 - Le coût IGP
- Le coût TE par défaut sur un lien est le même que le coût IGP.
- Nous pouvons également configurer comme suit:

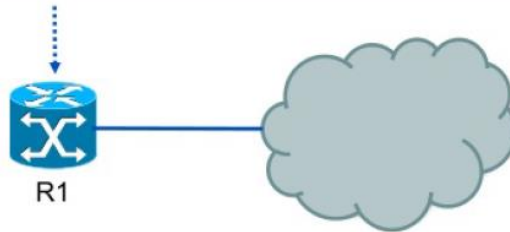
```
Router(config)# interface ethernet 0/1  
Router(config-if)# mpls traffic-eng administrative-weight 20
```



Échange d'information : les attributs

- **Attribute flags** : est un bitmap de 32 bits sur un lien qui indique l'existence de jusqu'à 32 propriétés distinctes sur ce lien, également appelée affinité de lien.

```
R1(config)# interface ethernet 0/1  
R1(config-if)# mpls traffic-eng attribute-flags 0x8
```



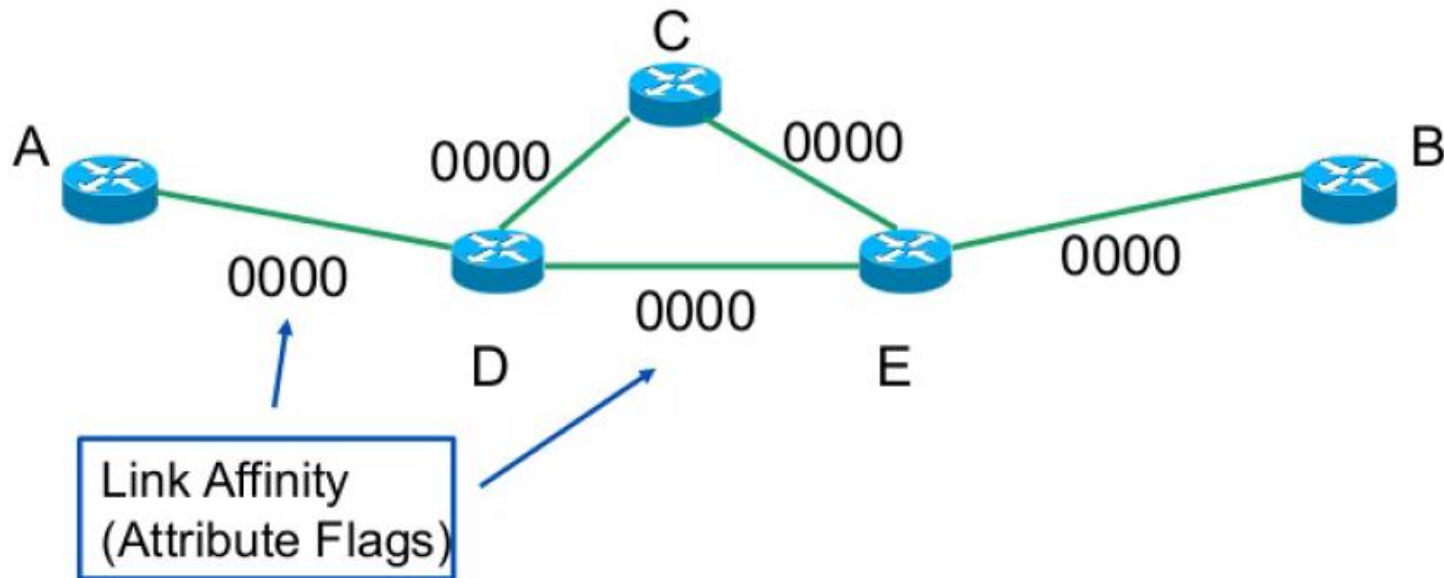
- **Tunnel Affinity** : aide à sélectionner quels tunnels passeront sur quels liens
- tunnel ne peut passer par un lien que si :
 - ✓ $\text{tunnel mask} \& \text{attribute flags} == \text{tunnel affinity}$

```
R1(config)# interface tunnel 1  
R1(config-if)# tunnel mpls traffic-eng affinity 0x80 mask 0x80
```



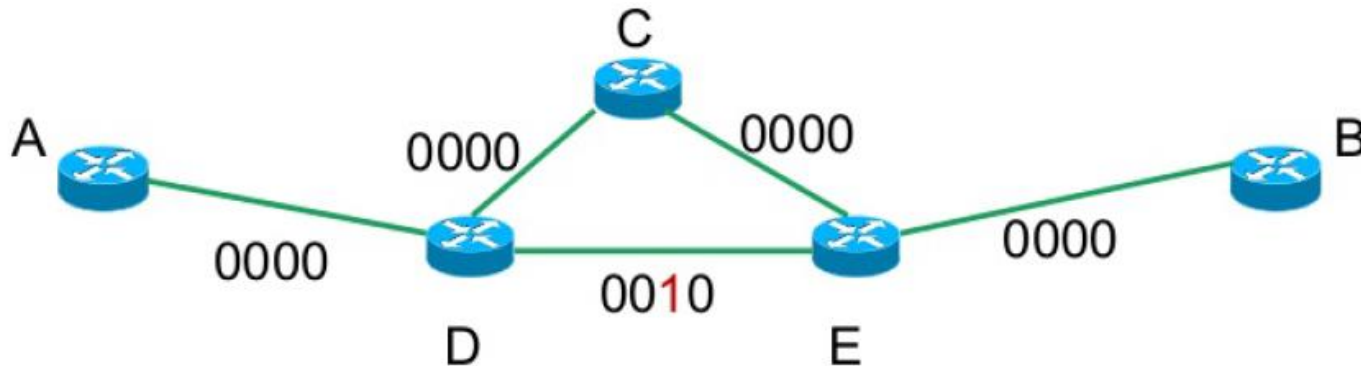
Exemple : Tunnel Affinity & mask

- Le nombre de bit de comparaison par défaut est 4
- trafic de A à B : tunnel affinity = **0000**, t-mask = **0011**
- Les chemins ADEB et ADCEB sont possibles



Exemple : Tunnel Affinity & mask

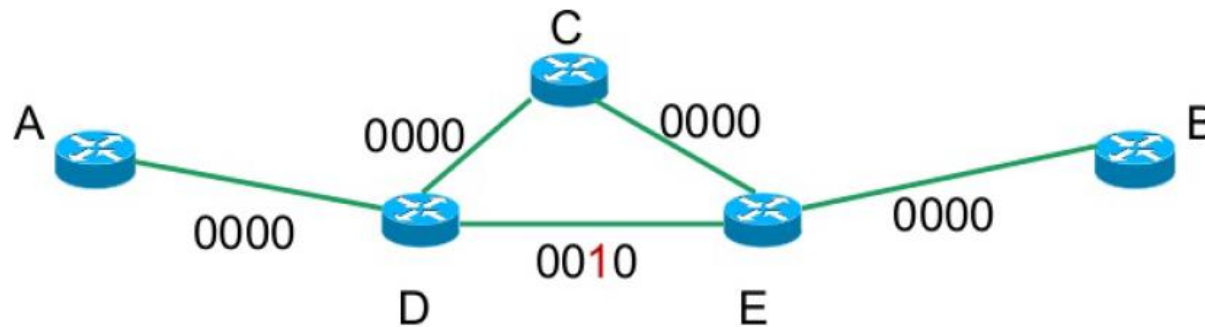
- La modification du 'attribute flags' d'un lien entraîne une modification des chemins qui seront conformes à la configuration souhaitée :



- trafic de A à B : tunnel affinity = **0000**, t-mask = **0011**
- Seulement le chemin ADCEB est possible

Exemple : Tunnel Affinity & mask

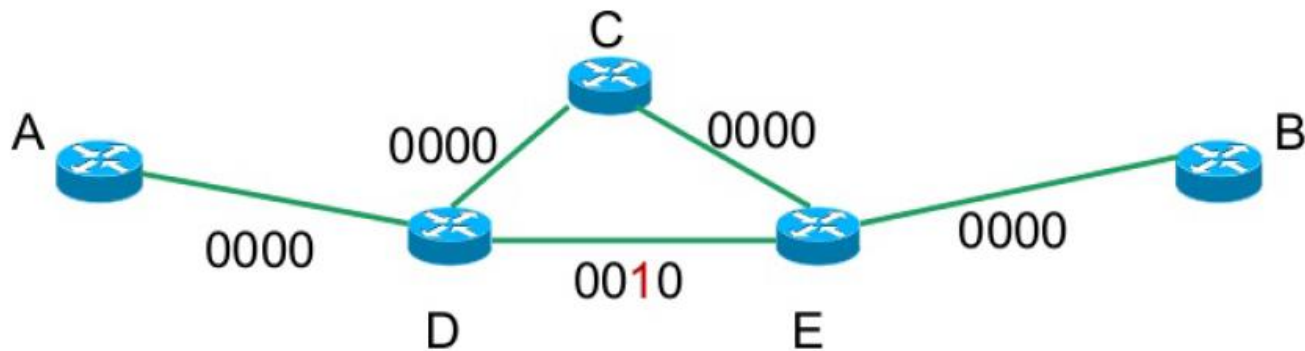
- Un tunnel spécifique peut aussi être configuré pour autoriser de tels liens en modifiant l'attribut affinity mask :



- trafic de A à B : tunnel affinity = **0000**, t-mask = **0001**
- Les chemins possibles sont ADCEB et ADEB

Exemple : Tunnel Affinity & mask

- Un tunnel spécifique peut être limité à de tels liens uniquement :

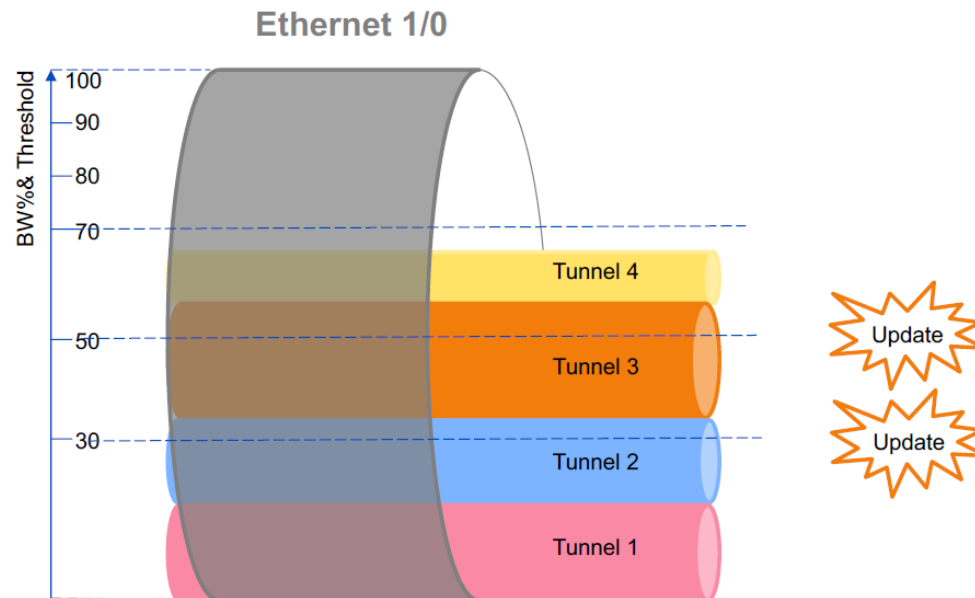


- trafic de A à B : tunnel affinity = **0010**, t-mask = **0011**
- Aucun chemin n'est possible

Échange d'information : les attributs

- Pour échanger ces nouveaux attributs en plus des autres informations il y a eu une extension de deux protocoles : OSPF (RFC 3630 **OSPF TE**) et IS-IS (RFC 5305 **IS-IS TE**)
- Quand envoyer les informations ?
 - Lorsqu'un lien change de statut (up/down)
 - Lors de la modification de la configuration d'un lien
 - Renvoi régulier des informations IGP du routeur
 - Lorsque la bande passante de la liaison change de manière significative

➔ Par exemple : chaque fois qu'un seuil est franchi, un message de mise à jour est envoyé



OSPF - Extensions

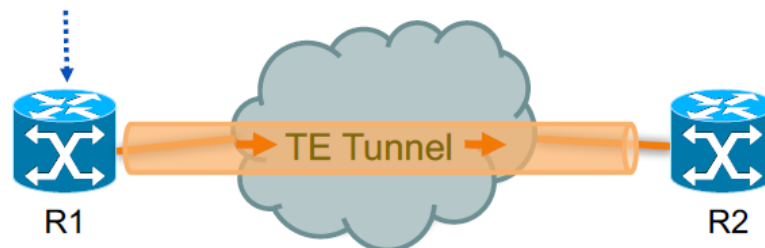
- Utilisation des messages du type 10 (Opaque Area-Local) LSAs
- Pour activer OSPF - TE :

```
Router(config)# router ospf 100  
Router(config-router)# mpls traffic-eng router-id loopback 0  
Router(config-router)# mpls traffic-eng area 0
```


Calcul du chemin – CSPF (Constrained SPF)

- Un chemin est une séquence d'adresse IP de prochain saut (physique ou loopback) qui mène vers une destination.
- Deux possibilités pour le calculer :
 - **Dynamique** : les routeurs calculent le chemin en utilisant la **base de données topologique TE**. Le meilleur chemin sera celui qui répond aux contraintes (BW, priorité, ..)

```
R1(config)# interface tunnel 1  
R1(config-if)# tunnel mpls traffic-eng path-option 10 dynamic
```

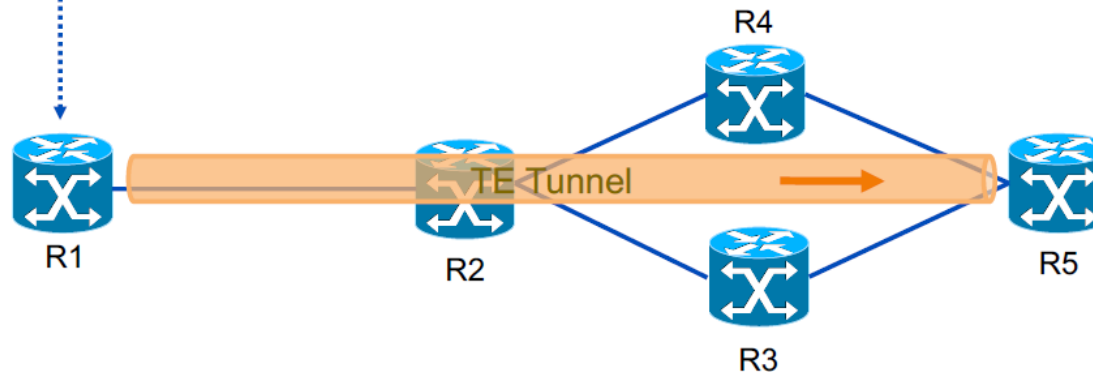


- **Explicite** : chemin spécifié manuellement

Calcul du chemin – CSPF (Constrained SPF)

- Chemin explicite :

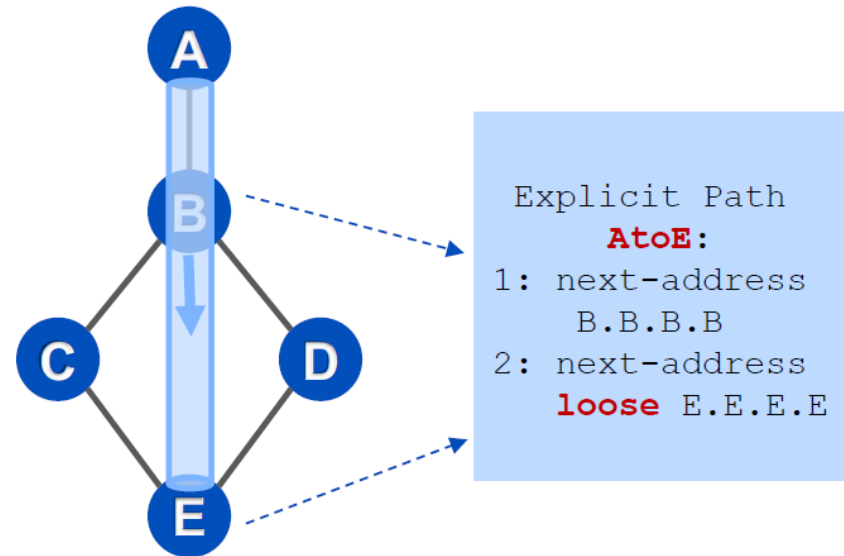
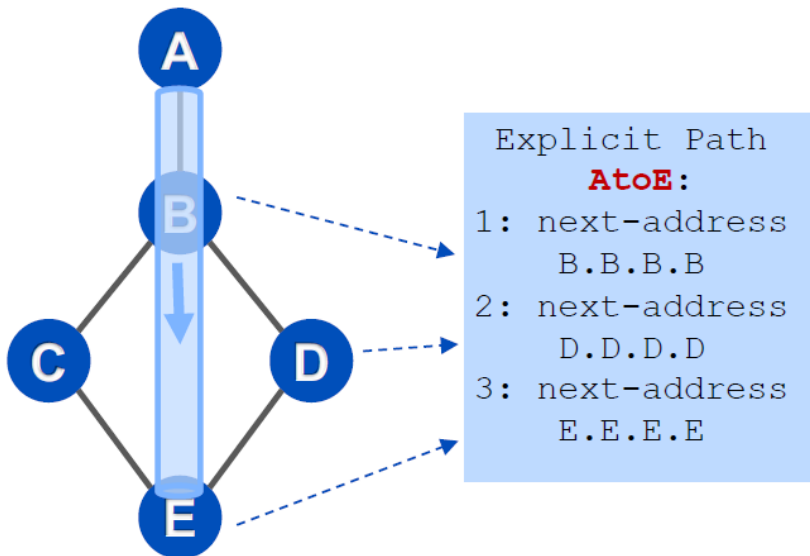
```
R1(config)# interface tunnel 1  
R1(config-if)# tunnel mpls traffic-eng path-option 10 explicit  
name R1toR5
```



- Le numéro après '**path-option**' précise la priorité de l'option dans le cas où en on définit plusieurs. L'option avec la priorité la plus faible passe en premier.

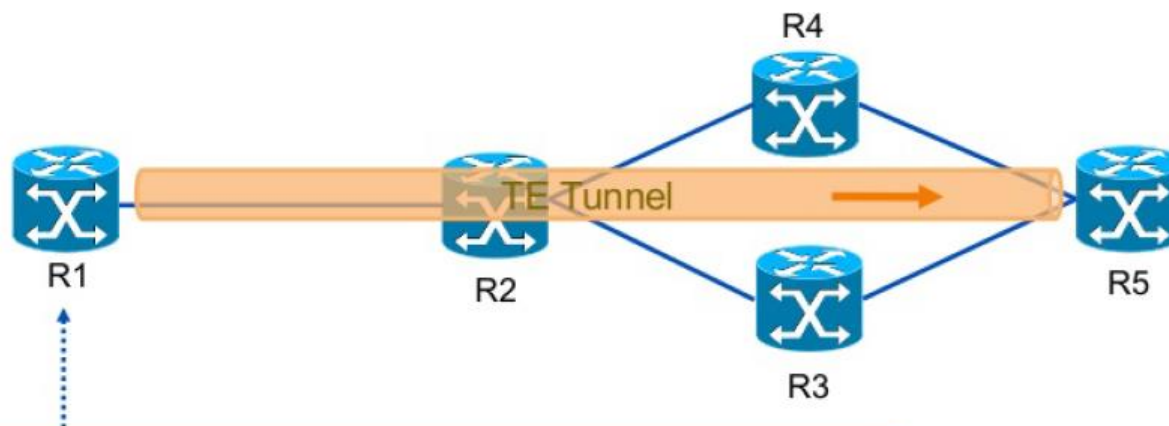
Calcul du chemin – CSPF (Constrained SPF)

- Chemin explicite : chaque saut est une interface physique ou de loopback
- Deux options :
 - ✓ **Strict path** : Un nœud de réseau et son nœud précédent dans le chemin doivent être adjacents et directement connectés.
 - ✓ **Loose Path** : Un nœud de réseau doit être dans le chemin mais n'est pas tenu d'être directement connecté à son nœud précédent.



Calcul du chemin – CSPF (Constrained SPF)

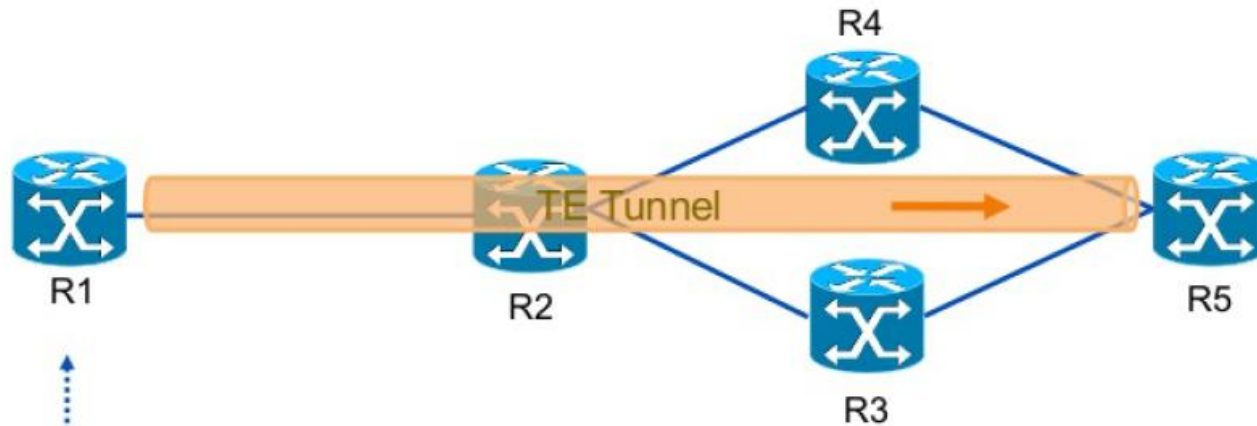
- Chemin explicite : configuration avec strict path



```
R1(config)# ip explicit-path name R1toR5
R1(cfg-ip-expl-path)# next-address strict 2.2.2.2
Explicit Path name R1toR5:
  1: next-address 2.2.2.2
R1(cfg-ip-expl-path)# next-address strict 4.4.4.4
Explicit Path name R1toR5:
  1: next-address 2.2.2.2
  2: next-address 4.4.4.4
R1(cfg-ip-expl-path)# next-address strict 5.5.5.5
Explicit Path name R1toR5:
  1: next-address 2.2.2.2
  2: next-address 4.4.4.4
  3: next-address 5.5.5.5
```

Calcul du chemin – CSPF (Constrained SPF)

- Chemin explicite : configuration avec loose path

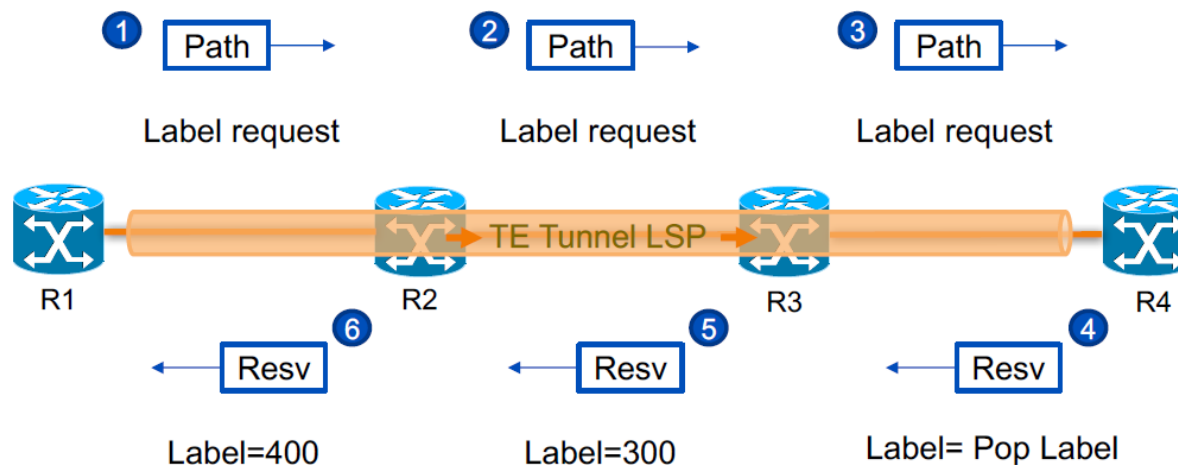


```
R1(config)# ip explicit-path name R1toR5
R1(cfg-ip-expl-path)# next-address 2.2.2.2
Explicit Path name R1toR5:
  1: next-address 2.2.2.2
R1(cfg-ip-expl-path)# next-address loose 5.5.5.5
Explicit Path name R1toR5:
  1: next-address 2.2.2.2
  2: next-address loose 5.5.5.5
```

By default, it is strict.

Mise en place du chemin - RSVP-TE

- Après avoir calculé le chemin, le tunnel sera mis en place en utilisant le protocole **RSVP-TE**.
- **RSVP** est un protocole permettant de réserver des ressources dans un routeur afin d'introduire de la **QoS** dans le réseau.
- **RSVP-TE** est une extension de RSVP qui permet en plus de la distribution de labels, d'établir des tunnels suivants des contraintes de QoS.
- **RSVP** a trois fonctions de base:
 - Installation et maintenance du chemin
 - Arrêter le chemin
 - Signaler les erreurs

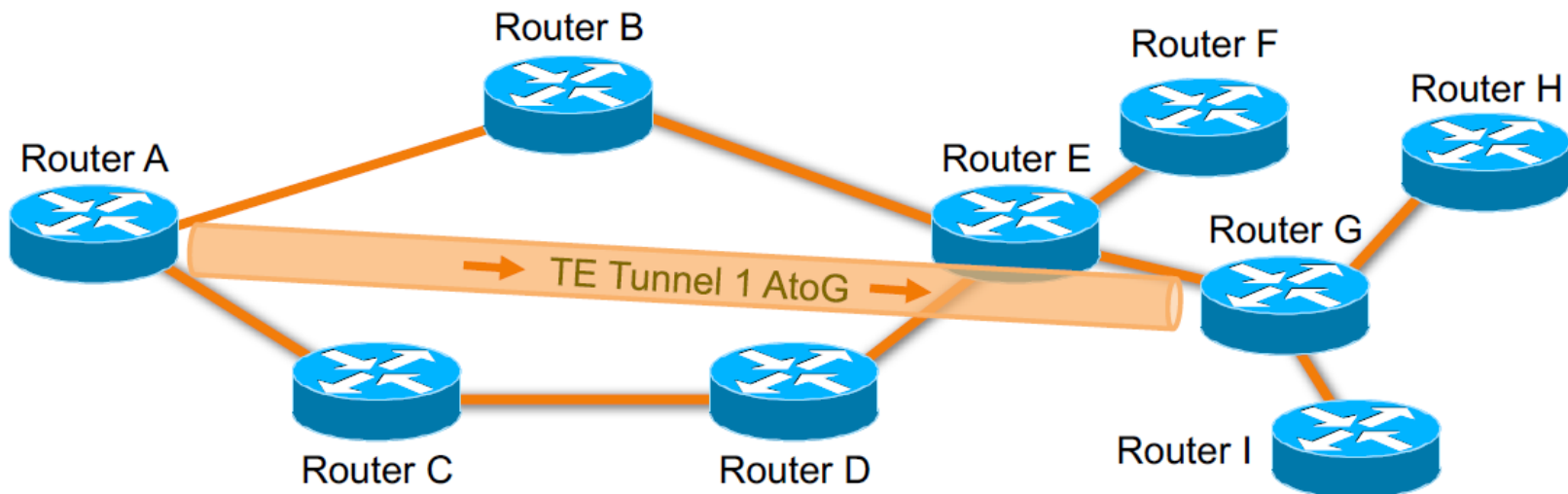


Transfert du flux via le tunnel

- Une fois le tunnel établi et opérationnel, il est prêt à transférer le trafic de données.
- Cependant, aucun trafic n'entrera dans le tunnel à moins que les tables de routage IP et les tables FIB ne soient modifiées.
- Pour cela il y a trois solutions :
 - **Static route**
 - **Auto route**
 - **Policy routing**

Transfert du flux via le tunnel - Static route

- Dans la topologie suivante, le coût est 10 pour chaque lien.
- Le tunnel 1 a été créé sur le routeur A vers G



- Pour la route statique :

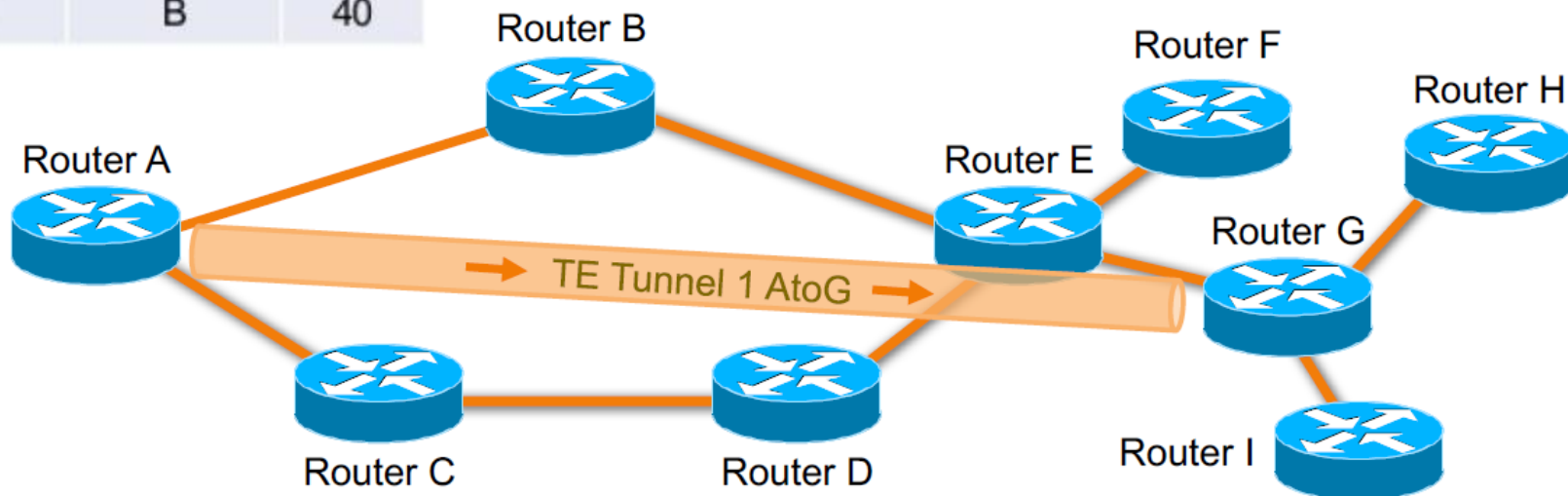
```
RtrA(config)# ip route H.H.H.H 255.255.255.255 Tunnel1
```

Transfert du flux via le tunnel - Static route

Routing Table of RouterA

Node	Next-Hop	Cost
B	B	10
C	C	10
D	C	20
E	B	20
F	B	30
G	B	30
H	Tunnel1	40
I	B	40

- Le routeur H est accessible via le tunnel.
- Pour aller au routeur G, on passe par B et non pas par le tunnel !



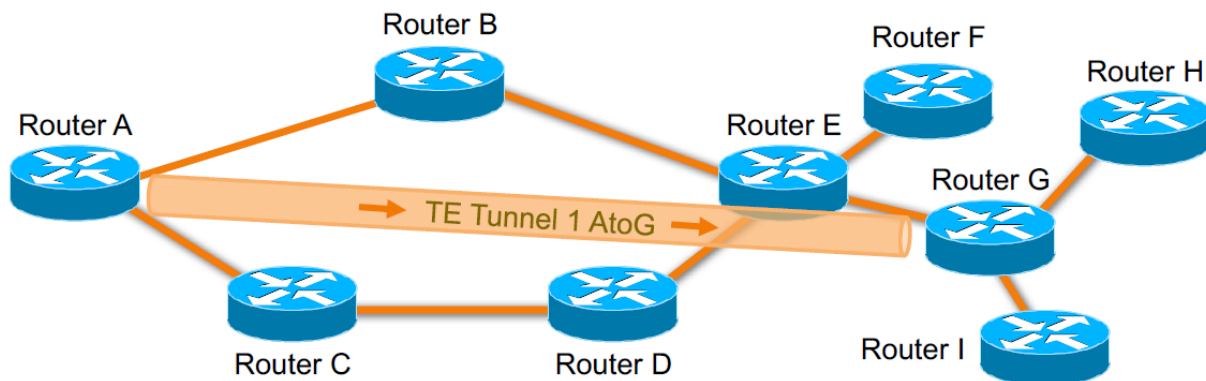
Transfert du flux via le tunnel - Auto route

- **Auto route** permet à l'interface tunnel TE de participer au calcul du chemin IGP en tant que lien logique. L'interface de tunnel est utilisée comme interface sortante (outbound)
- Deux variantes :
 - **IGP Shortcut** : permet d'inclure l'interface tunnel TE dans le calcul SPF uniquement au niveau du routeur **Head-end**.

```
RtrA(config)# interface Tunnel1
RtrA(config-if)# tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
```

Routing Table of RouterA

Node	Next-Hop	Cost
B	B	10
C	C	10
D	C	20
E	B	20
F	B	30
G	Tunnel1	30
H	Tunnel1	40
I	Tunnel1	40

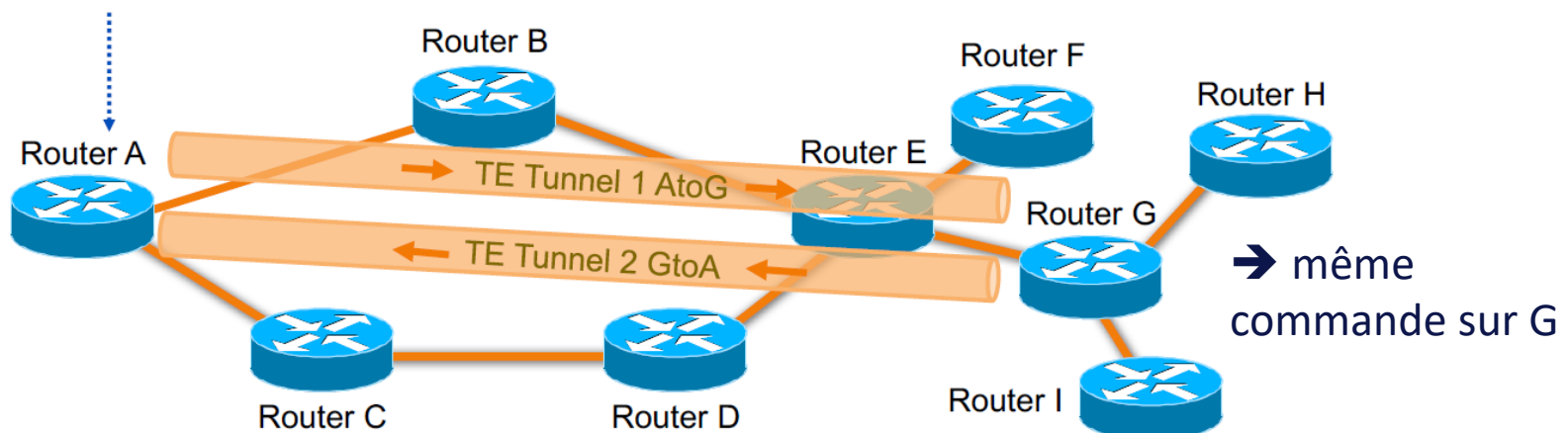


➔ Tout ce qui se trouve après le tunnel est routé via le tunnel

Transfert du flux via le tunnel - Auto route

- **Auto route** permet à l'interface tunnel TE de participer au calcul du chemin IGP en tant que lien logique. L'interface de tunnel est utilisée comme interface sortante (outbound)
- Deux variantes :
 - **Forwarding adjacency (FA)** : permet à tous les routeurs dans le domaine IGP de prendre en considération l'interface tunnel TE et l'inclure dans les calculs SPF

```
RtrA(config)# interface Tunnell  
RtrA(config-if)# tunnel mpls traffic-eng forwarding-adjacency  
RtrA(config-if)# ip ospf cost 5
```

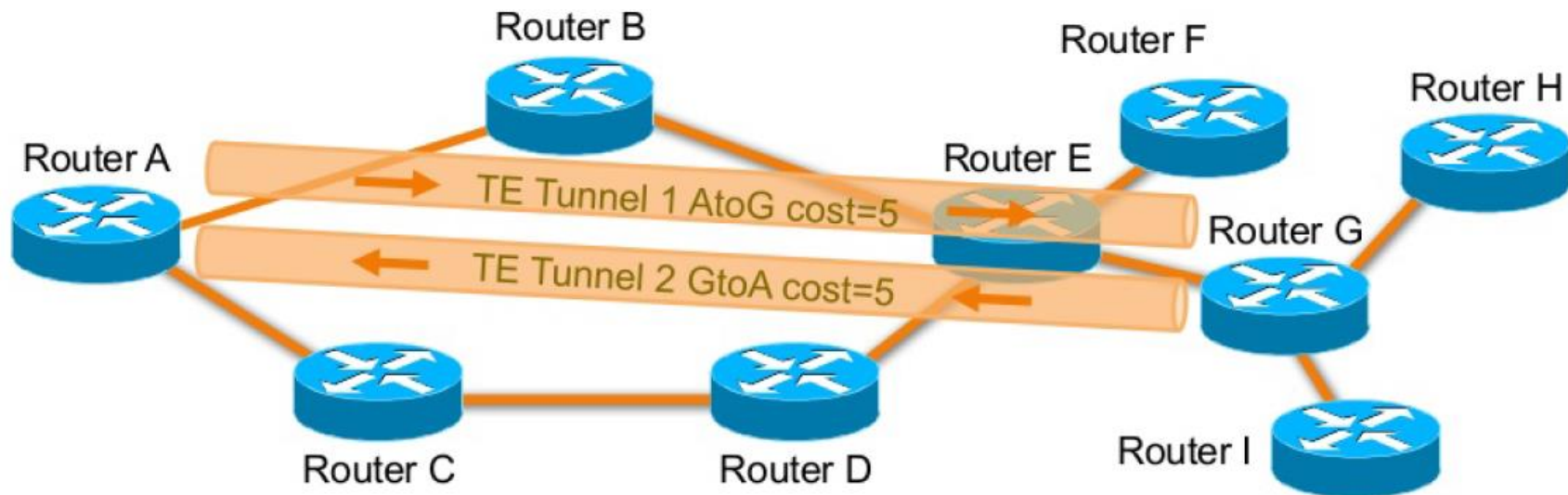


Transfert du flux via le tunnel - Auto route

- Avant la configuration du FA, le routeur H n'inclut pas le tunnel TE dans son calcul SFP :

Routing Table of RouterH

Node	Next-Hop	Cost
A	G	40
...



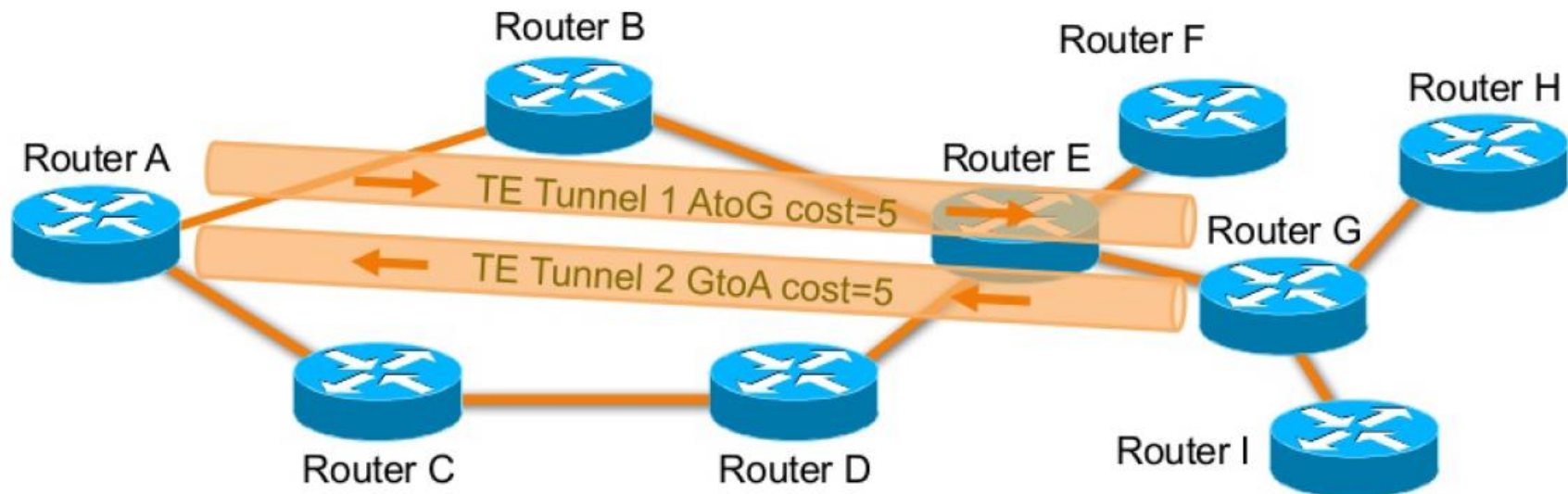
➔ On suppose que le coût du tunnel est 5

Transfert du flux via le tunnel - Auto route

- Après la configuration du FA, le routeur G est annoncé comme un lien dans le réseau IGP avec le coût associé à cette liaisons directe au routeur A
- Le routeur H peut voir le tunnel TE et l'utiliser dans son calcul SFP :

Routing Table of RouterH

Node	Next-Hop	Cost
A	G	15
...

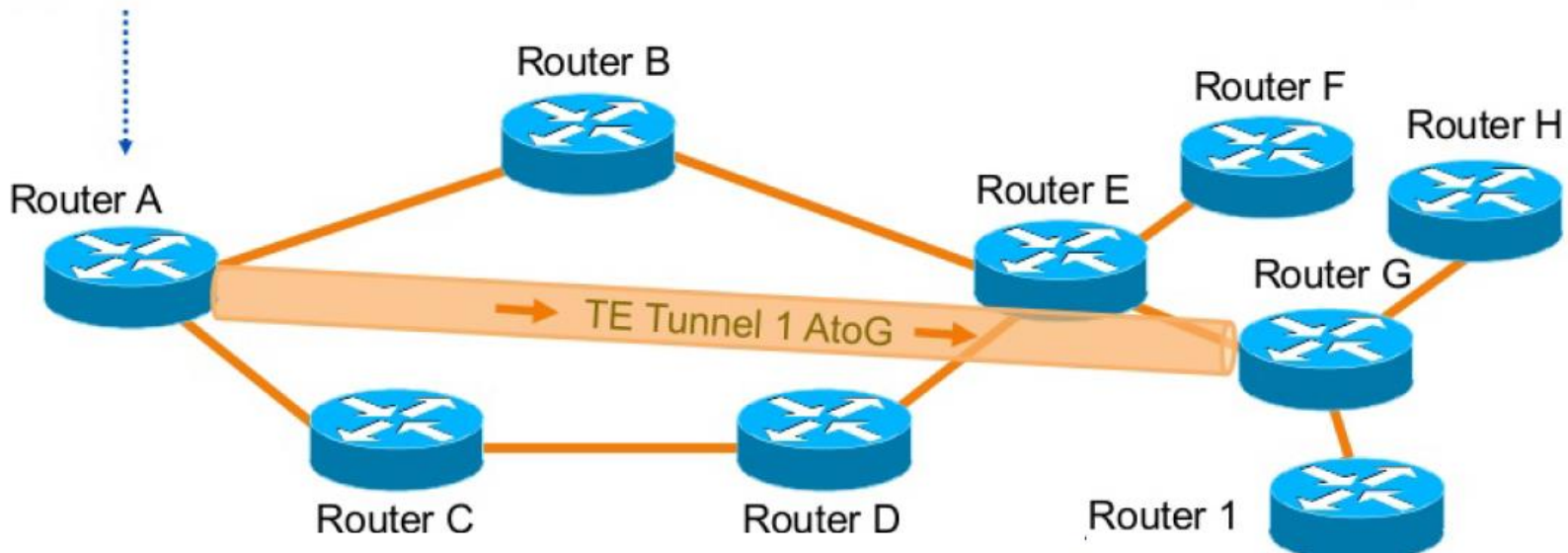


➔ On suppose que le cout du tunnel est 5

Transfert du flux via le tunnel - Policy routing

- Appliquer une politique de routage permet de choisir d'une manière plus fine les flux concernés par un transfert via le tunnel TE

```
RtrA(config)# interface ethernet 1/0  
RtrA(config-if)# ip policy route-map set-tunnel  
RtrA(config)# route-map set-tunnel  
RtrA(config-route-map)# match ip address 101  
RtrA(config-route-map)# set interface Tunnel1
```

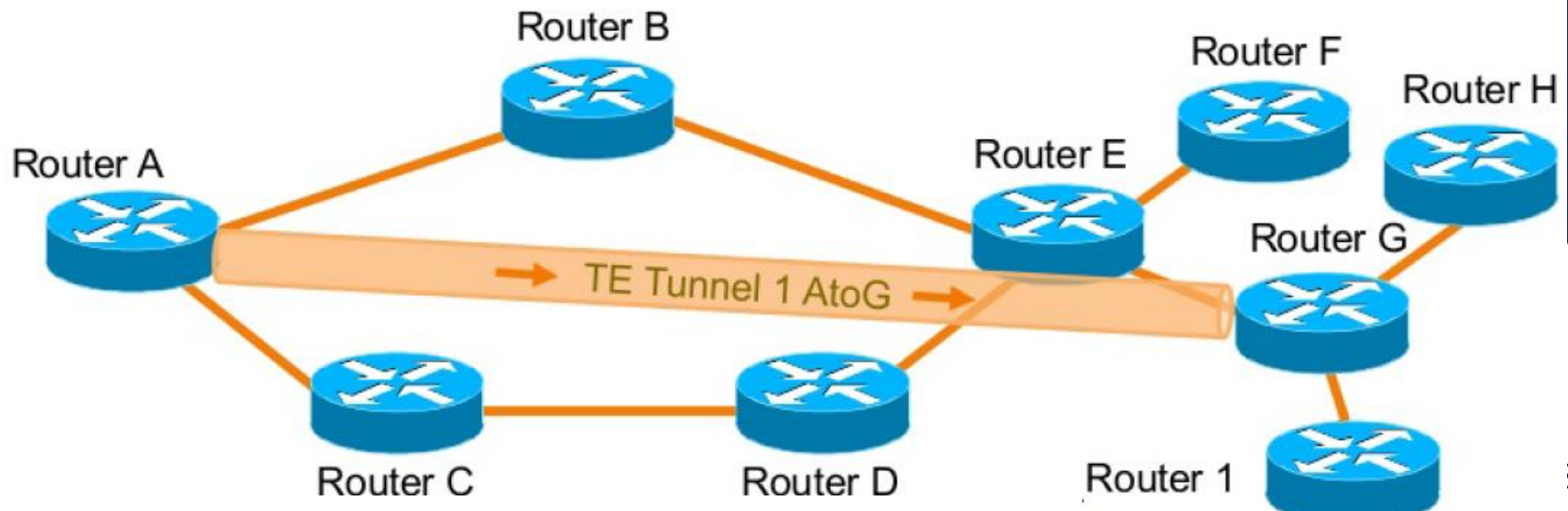


Transfert du flux via le tunnel - Policy routing

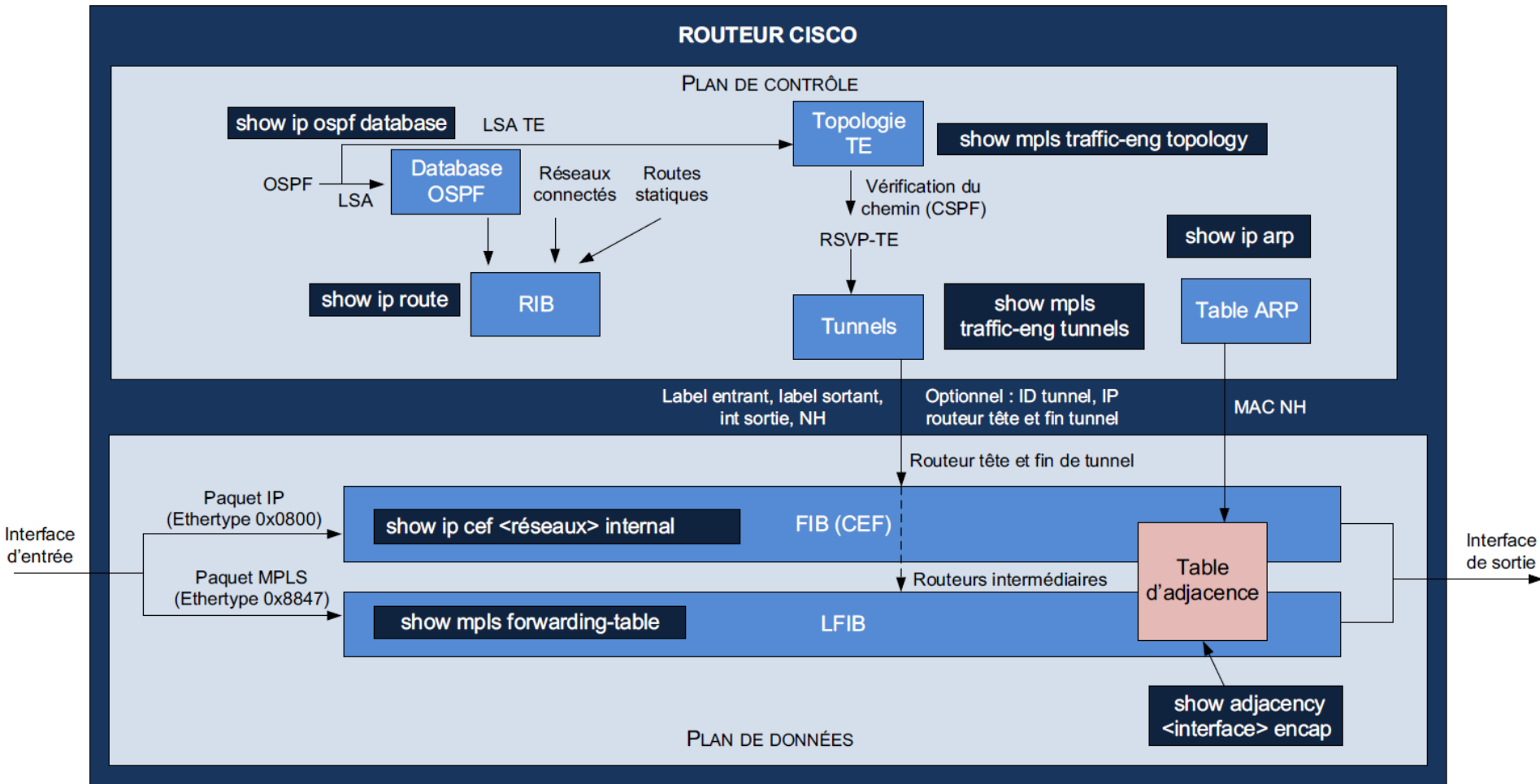
Routing Table of RouterA

Node	Next-Hop	Cost
B	B	10
C	C	10
D	C	20
E	B	20
F	B	30
G	B	30
H	B	40
I	B	40

→ La table de routage n'est pas affecté par la politique appliquée

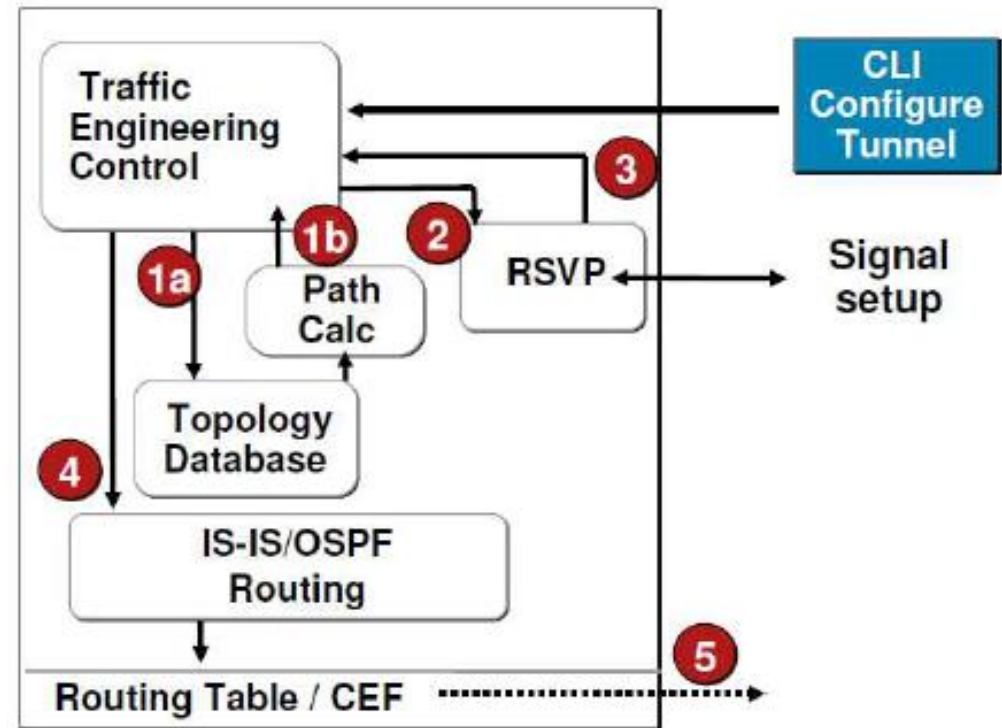
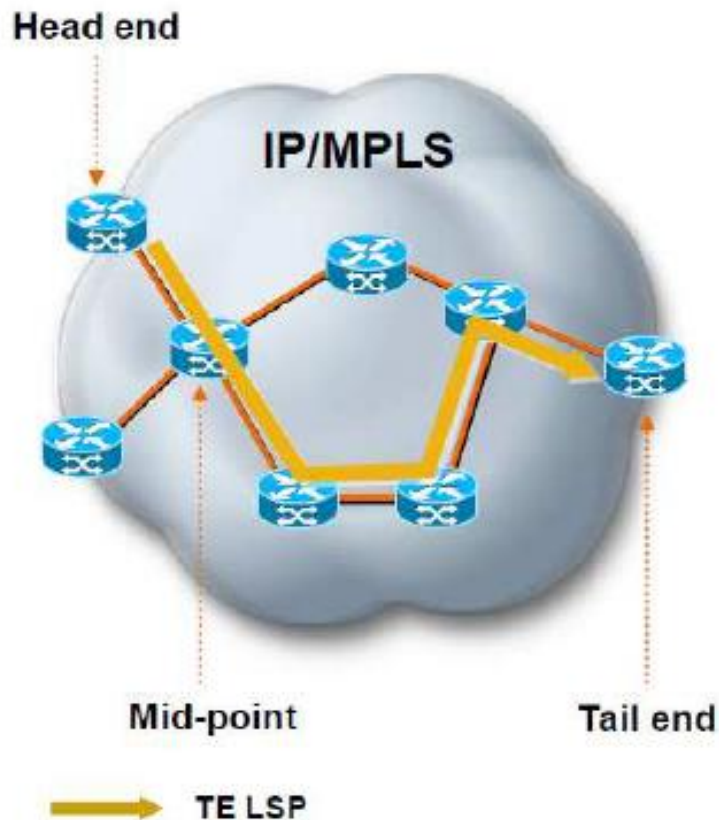


Modélisation du fonctionnement sur un routeur Cisco



MODÉLISATION DU FONCTIONNEMENT D'UN ROUTEUR MPLS CISCO AVEC RSVP-TE

MPLS-TE : méthode de configuration



MPLS-TE : méthode de configuration

1. Activation du TE et configuration des paramètres de TE sur les liens

L'activation globale de l'ingénierie de trafic sur un routeur Cisco est réalisée avec la commande « **mpls traffic-eng tunnels** » en mode config. On doit ensuite activer l'ingénierie de trafic sur les interfaces qui vont participer à la topologie TE en :

- Activant le protocole RSVP-TE sur l'interface avec la commande « **mpls traffic-eng tunnels** »
- Définissant la **métrique TE** avec la commande « **mpls traffic-eng administrative-weight** <valeur métrique> »
- Définissant la **bande passante maximale réservable** sur l'interface avec la commande « **ip rsvp bandwidth** <débit en Kbits/s> »

```
mpls traffic-eng tunnels
!  
interface FastEthernet 0/0  
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0  
mpls traffic-eng tunnels  
mpls traffic-eng administrative-weight 2  
ip rsvp bandwidth 10000
```

MPLS-TE : méthode de configuration

2. Envoie des LSA de TE dans OSPF

- Dans le cas de l'utilisation d'OSPF comme IGP, on doit spécifier au routeur d'ajouter les LSA TE dans les annonces OSPF pour une aire donnée : **mpls traffic-eng area** <numéro aire>
- On doit de plus indiquer l'IP qui servira d'identifiant de routeur dans les messages RSVP-TE : **mpls traffic-eng router-id** <interface>. Cette adresse sera utilisée comme adresse IP source dans les messages RSVP-TE et il faut donc que cette IP soit connue des autres routeurs du réseau et annoncée dans OSPF

```
interface loopback 0
ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
!
router ospf 1
network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
network 1.1.1.1 0.0.0.0 area 0
mpls traffic-eng area 0
mpls traffic-eng router-id loopback 0
```

- Après cette étape, tous les routeurs ont une vision complète de la topologie TE du réseau.

MPLS-TE : méthode de configuration

3. Configuration des tunnels MPLS-TE

Sur un routeur Cisco ça consiste à créer une interface tunnel en spécifiant les paramètres de ce tunnel :

- Qu'il s'agit d'un tunnel MPLS avec la commande « **tunnel mode mpls traffic-eng** »
- L'**adresse du routeur destination** « **tunnel destination** <IP de destination> ». L'IP de destination doit correspondre à l'identifiant TE du routeur distant (l'adresse IP de loopback annoncée par OSPF dans les LSA de TE)
- Les **priorités de préemption** « **mpls traffic-eng priority** <valeur priorité setup> <valeur priorité hold> »
- La **bande passante à réserver pour le tunnel** : « **tunnel mpls traffic-eng bandwidth** <débit Kbits/s> »
- Le ou les différents chemins possibles pour le tunnel avec la commande « **tunnel mpls trafficeng path-option** <numéro de préf. du chemin> <dynamic | explicit {name pathname}> » avec :
 - **Numéro de préf. du chemin** : indique la préférence du LSP. Le routeur essaye d'activer le chemin avec le numéro le plus faible, et si ce chemin n'est pas possible compte tenu de la topologie, essaye d'activer le chemin suivant
 - **Dynamic** : le LSP est établi de manière dynamique par CSPF
 - **Explicit** : le LSP est spécifié par un chemin total ou partiel défini par une suite d'IP.

MPLS-TE : méthode de configuration

3. Configuration des tunnels MPLS-TE

- La **métrique à utiliser** pour le tunnel en cas de chemin partiel « **tunnel mpls traffic-eng pathselection metric < igp | te> »**. Par défaut on utilise la métrique TE.
- La **suite d'IP à suivre dans le cas d'un chemin explicite** avec la commande « **ip explicit-path <nom du chemin> [enable | disable]** ». Les commandes « **next-address [loose / strict] ipaddress** » donnent la suite d'IP à traverser.

```
interface Tunnel1
ip unnumbered Loopback0
tunnel destination 7.7.7.7
tunnel mode mpls traffic-eng
tunnel mpls traffic-eng priority 4 4
tunnel mpls traffic-eng bandwidth 6000
tunnel mpls traffic-eng path-option 1 explicit name parP2
tunnel mpls traffic-eng path-option 2 explicit name parP1
tunnel mpls traffic-eng path-option 3 dynamic
no shut
!
ip explicit-path name parP2 enable
next-address strict 2.2.2.2
next-address loose 3.3.3.3
!
ip explicit-path name parP1 enable
next-address loose 1.1.1.1
```



MPLS-TE : méthode de configuration

- **Remarque sur l'adressage IP de l'interface tunnel :**
 - L'interface tunnel n'est pas une interface IP classique c'est une interface connectée à un réseau IP et avec une IP dans ce réseau.
 - Son objectif est d'indiquer au routeur d'encapsuler les données à envoyer dans le tunnel, c'est-à-dire ici dans la couche MPLS avec le label négocié par RSVP-TE. Ceci dans le but que les données arrivent à la destination du tunnel en passant par le chemin spécifié.
 - **Une interface tunnel n'a donc pas à avoir d'adresse IP.**
 - Cependant si le routeur veut émettre lui-même un paquet qui doit être envoyé dans le tunnel, il doit bien remplir la couche IP source du paquet et on doit donc lui spécifier l'IP à utiliser. C'est le rôle de la commande « **ip unnumbered Loopback 0** » qui indique au routeur d'utiliser dans ce cas l'IP de la loopback 0.

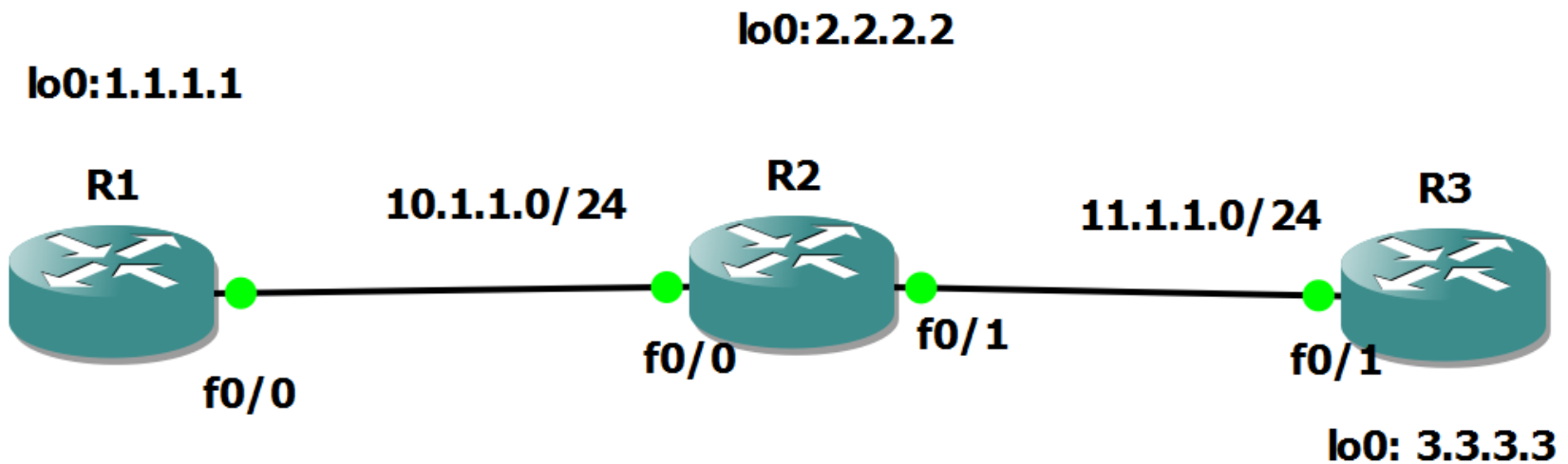
MPLS-TE : méthode de configuration

4. Routage des paquets dans les tunnels

Une fois l'interface tunnel configurée, on doit spécifier au routeur quel sont les données à envoyer dans le tunnel c-à-d à encapsuler dans la couche MPLS avec le label négocié par RSVP-TE. Le routage des paquets vers un tunnel peut être réalisé de manière :

- **Statique :**
 - ✓ **Routage statique** (donc en fonction de l'adresse de destination). On route dans le tunnel MPLS-TE tous les paquets à destination d'un réseau spécifique.
- **Dynamique :**
 - ✓ **Autoroute (IGP Shortcut)** : la commande « **tunnel mpls traffic-eng autoroute announce** » indique à l'IGP d'utiliser le tunnel MPLS TE comme prochain saut pour atteindre le routeur de destination du tunnel et les réseaux aval. L'IGP du routeur ne crée pas de relation de voisinage avec le routeur de fin de tunnel (sauf bien évidemment si c'est un voisin).
 - ✓ **Forwarding Adjacencies** : Même fonction que « autoroute » mais l'IGP crée une relation de voisinage avec le routeur de fin de tunnel et installe la route dans la RIB. La route n'est sélectionnée que si c'est celle de plus court chemin.
- Avec une politique spécifique (**Policy routing**)

MPLS-TE : Exemple de configuration



```
router ospf 1
 log-adjacency-changes
 network 1.1.1.1 0.0.0.0 area 0
 network 10.1.1.0 0.0.0.255 area 0
 mpls ldp autoconfig area 0
 mpls traffic-eng router-id Loopback0
 mpls traffic-eng area 0
```

MPLS-TE : Exemple de configuration

```
interface FastEthernet0/0
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 ip ospf hello-interval 1
 ip ospf 1 area 0
 speed auto
 duplex auto
 mpls ip
 mpls traffic-eng tunnels
 ip rsvp bandwidth 750000
 ip rsvp resource-provider none
!
```

→ Réserve des
ressources

```
interface Loopback0
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
!
```

```
interface Tunnel0
 ip unnumbered Loopback0
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel destination 11.1.1.2
 tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
 tunnel mpls traffic-eng priority 1 1
 tunnel mpls traffic-eng bandwidth 256
 tunnel mpls traffic-eng path-option 1 dynamic
```

→ IGP Shortcut

→ S=1 H=1

→ BW requise

→ Calcul du chemin

MPLS-TE : Exemple de configuration

```
show mpls te
```

```
R1#sh mpls forwarding-table
```

Local Label	Outgoing Label	Prefix or Tunnel Id	Bytes Switched	Outgoing interface	Next Hop
16	[T] No Label	3.3.3.3/32	0	Tu0	point2point
17	Pop Label	11.1.1.0/24	0	Fa0/0	10.1.1.2
18	Pop Label	2.2.2.2/32	0	Fa0/0	10.1.1.2

[T] Forwarding through a LSP tunnel.
View additional labelling info with the 'detail' option

MPLS-TE : Exemple de vérification

- Vérification des interfaces configurées avec MPLS :

```
P1#show mpls interfaces
```

Interface	IP	Tunnel	BGP	Static	Operational
Ethernet1/1	Yes (ldp)	Yes	No	No	Yes
Ethernet1/0	Yes (ldp)	Yes	No	No	Yes

- Vérification de l'état de la bande passante réservée avec RSVP :

```
PE1#show ip rsvp interface
```

interface	rsvp	allocated	i/f max	flow max	sub max	VRF
Et1/0	ena	500K	2000K	2000K	0	

MPLS-TE : Exemple de vérification

- Vérification des interfaces sur le routeur tête de tunnel :

```
PE1#show ip interface brief
```

Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
Ethernet1/0	10.12.0.1	YES	NVRAM	up	up
Tunnel10	10.0.0.1	YES	TFTP	up	up

```
PE1#show mpls traffic-eng tunnels brief
```

Signalling Summary:

```

LSP Tunnels Process:      running
Passive LSP Listener:     running
RSVP Process:             running
Forwarding:               enabled
Periodic reoptimization:  every 3600 seconds, next in 7 seconds
Periodic FRR Promotion:   Not Running
Periodic auto-bw collection: disabled

```

P2P TUNNELS/LSPs:

TUNNEL NAME	DESTINATION	UP IF	DOWN IF	STATE/PROT
Router1_t10	10.0.0.4	-	Et1/0	up/up
Router4_t10	10.0.0.1	Et1/0	-	up/up

Displayed 1 (of 1) heads, 0 (of 0) midpoints, 1 (of 1) tails

MPLS-TE : Exemple de vérification

- Vérification de la table de routage :

```
PE1#show ip route
C      10.0.0.1/32 is directly connected, Loopback0
O      10.0.0.2/32 [110/11] via 10.12.0.2, 1d08h, Ethernet1/0
O      10.0.0.3/32 [110/21] via 10.12.0.2, 09:08:57, Ethernet1/0
O      10.0.0.4/32 [110/31] via 10.0.0.4, 00:15:34, Tunnel10
```

- Vérification des labels :

```
PE1#traceroute mpls traffic-eng tunnel 10
Tracing MPLS TE Label Switched Path on Tunnel10, timeout is 2 seconds
Type escape sequence to abort.
 0 10.12.0.1 MRU 1500 [Labels: 16 Exp: 0]
L 1 10.12.0.2 MRU 1500 [Labels: 16 Exp: 0] 16 ms
L 2 10.23.0.2 MRU 1504 [Labels: implicit-null Exp: 0] 20 ms
! 3 10.34.0.2 20 ms
```

Références

- Ressources CISCO (www.cisco.com)
- Présentation MPLS-TE de Jessica Bei Wei, APNIC (www.apnic.net)
- Cours Reseaux operateurs : technologie mpls de Willy GUILLEMIN, UVSQ
- <https://networklessons.com/>