

Groupe de travail Réseau  
**Request for Comments : 5152**  
 Catégorie : Sur la voie de la normalisation  
 Traduction Claude Brière de L'Isle

JP. Vasseur, éditeur, Old Dog Consulting  
 A. Ayyangar, éditeur, Juniper Networks  
 R. Zhang, BT  
 février 2008

# Méthode de calcul de chemin par domaine pour établir des chemins de commutation d'étiquettes (LSP) à ingénierie du trafic inter domaine

## Statut du présent mémoire

Le présent document spécifie un protocole Internet sur la voie de la normalisation pour la communauté de l'Internet, et appelle à des discussions et suggestions pour son amélioration. Prière de se référer à l'édition en cours des "Normes officielles des protocoles de l'Internet" (STD 1) pour connaître l'état de la normalisation et le statut de ce protocole. La distribution du présent mémoire n'est soumise à aucune restriction.

## Résumé

Le présent document spécifie une technique de calcul de chemin par domaine pour établir des chemins à commutation d'étiquette (LSP, *Label Switched Path*) de protocole de commutation d'étiquette multi protocoles (MPLS, *Multiprotocol Label Switching*) inter domaines à ingénierie du trafic (TE, *Traffic Engineering*) et de MPLS généralisé (GMPLS, *Generalized MPLS*). Dans le présent document, un domaine se réfère à une collection d'éléments de réseau au sein d'une sphère commune de gestion d'adresses ou de responsabilité de calcul de chemin comme des zones de protocole de passerelle intérieure (IGP, *Interior Gateway Protocol*) et des systèmes autonomes (AS, *Autonomous System*).

Le calcul par domaine s'applique lorsque le chemin complet d'un LSP TE inter domaines ne peut pas être, ou n'est pas déterminé au nœud d'entrée du LSP TE, et n'est pas signalé à travers les frontières de domaine. Ceci va très probablement se produire à cause de limitations de la visibilité TE. Le message de signalisation indique la destination et les nœuds jusqu'à la prochaine frontière de domaine. Il peut aussi indiquer d'autres frontières ou identifiants de domaine. Le chemin à travers chaque domaine, incluant éventuellement le choix du point de sortie du domaine, doit être déterminé au sein du domaine.

## Table des Matières

1. Introduction.....	1
2. Terminologie.....	2
2.1 Spécification des exigences.....	3
3. Hypothèses générales.....	3
3.1 Hypothèses communes.....	3
3.2 Exemple de topologie pour TE inter zones.....	4
3.3 Exemple de topologie de TE inter AS.....	4
4. Procédures de calcul de chemin par domaine.....	5
4.1 Exemple d'un LSP TE inter zones.....	7
4.2 Exemple avec un LSP TE inter AS.....	8
5. Optimalité/diversité de chemin.....	8
6. Réoptimisation d'un LSP TE inter domaines.....	9
6.1 LSP TE contigus.....	9
6.2 LSP TE raccordés ou incorporés (non contigus).....	9
6.3 Caractéristiques de chemins après réoptimisation.....	10
7. Considérations sur la sécurité.....	10
8. Remerciements.....	10
9. Références.....	11
9.1 Références normatives.....	11
9.2 Références pour information.....	11
Adresse des auteurs.....	12
Déclaration complète de droits de reproduction.....	12

## 1. Introduction

Les exigences pour l'ingénierie de trafic inter domaines (inter zones et inter AS TE) ont été développées par le groupe de travail Ingénierie du trafic et ont été établies dans les [RFC4105] et [RFC4216]. Le cadre de l'ingénierie du trafic inter domaines MPLS est fourni dans la [RFC4726].

Certains des mécanismes utilisés pour établir et maintenir des LSP TE inter domaines sont spécifiés dans les [RFC5151] et [RFC5150].

Le présent document se concentre exclusivement sur les aspects de calcul de chemin et définit une méthode pour établir des LSP TE inter domaines où chaque nœud chargé de calculer une section d'un LSP TE inter domaines est toujours le long du chemin d'un tel LSP TE.

Quand la visibilité d'un chemin complet de bout en bout s'étendant sur plusieurs domaines n'est pas disponible au LSR d'extrémité de tête (le LSR qui a initié le LSP TE) une approche décrite dans le présent document consiste à utiliser une technique de calcul de chemin par domaine durant l'établissement du LSP pour déterminer le LSP TE inter domaines lorsque il traverse plusieurs domaines.

Les mécanismes proposés dans le présent document sont aussi applicables aux domaines MPLS TE autres que des zones IGP et des AS.

La solution décrite dans le présent document ne tente pas de traiter toutes les exigences spécifiées dans les [RFC4105] et [RFC4216]. Ceci est acceptable en accord avec la [RFC4216], qui indique qu'une solution peut être développée pour traiter un scénario de développement particulier et pourrait donc ne pas satisfaire toutes les exigences pour d'autres scénarios de déploiement.

On souligne que la technique de calcul de chemin inter domaines proposée dans le présent document est une parmi d'autres. Le choix de la technique appropriée doit être soumis à l'ensemble d'exigences pour les attributs de chemin et l'applicabilité à une technique particulière par rapport au scénario de déploiement. Par exemple, si l'exigence est d'obtenir le plus court chemin de bout en bout fondé sur des contraintes à travers plusieurs domaines, un mécanisme utilisant un ou plusieurs PCE répartis pourrait être utilisé pour calculer le plus court chemin à travers différents domaines (voir la [RFC4655]). D'autres mécanismes hors ligne pour le calcul de chemin ne sont pas exclus. Noter aussi qu'un fournisseur de services peut choisir d'utiliser des techniques de calcul de chemin inter domaines différentes pour des types de LSP TE différents.

## 2. Terminologie

Terminologie utilisée dans le présent document :

AS (*Autonomous System*) : système autonome.

ABR (*Area Border Router*) : routeur de zone frontière. Routeur utilisé pour connecter deux zones IGP (zones en OSPF ou niveaux dans le protocole de système intermédiaire à système intermédiaire (IS-IS, *Intermediate System to Intermediate System*)).

ASBR (*Autonomous System Border Router*) : routeur de frontière de système autonome. Routeur utilisé pour connecter des AS de fournisseurs de services différents ou du même fournisseur de services via une ou plusieurs liaisons inter AS.

LSR frontière : un LSR frontière est soit un ABR dans le contexte de TE inter zones, soit un ASBR dans le contexte de TE inter AS.

ERO (*Explicit Route Object*) : objet Chemin explicite.

IGP (*Interior Gateway Protocol*) : protocole de passerelle intérieure.

LSP TE inter AS : LSP TE qui franchit une frontière d'AS.

LSP TE inter zones : LSP TE qui franchit une zone IGP.

LSR (*Label Switching Router*) : routeur de commutation d'étiquettes.

LSP (*Label Switched Path*) : chemin de commutation d'étiquettes.

LSP TE (*Traffic Engineering Label Switched Path*) : chemin de commutation d'étiquettes à ingénierie du trafic.

PCE (*Path Computation Element*) : élément de calcul de chemin. Entité (composant, application, ou nœud de réseau) qui est capable de calculer un chemin réseau ou route sur la base d'un graphe de réseau et qui applique des contraintes de calcul.

TED (*Traffic Engineering Database*) : base de données d'ingénierie du trafic.

Les notions de LSP TE contigu, raccordé, et incorporé sont définies dans la [RFC4726] et ne sont pas répétées ici.

## 2.1 Spécification des exigences

Les mots clés "DOIT", "NE DOIT PAS", "EXIGE", "DEVRA", "NE DEVRA PAS", "DEVRAIT", "NE DEVRAIT PAS", "RECOMMANDE", "PEUT", et "FACULTATIF" en majuscules dans ce document sont à interpréter comme décrit dans le BCP 14, [RFC2119].

## 3. Hypothèses générales

### 3.1 Hypothèses communes

- Dans tous les exemples ci-dessous, chaque domaine est supposé être capable de faire de l'ingénierie du trafic (c'est-à-dire, de faire fonctionner OSPF-TE ou ISIS-TE et RSVP-TE (protocole de réservation de ressource à ingénierie du trafic)). Un domaine peut lui-même comprendre plusieurs autres domaines, par exemple, un AS peut être lui-même composé de plusieurs autres sous AS (confédérations BGP) ou de niveaux de zones. Dans ce cas, la technique de calcul de chemin décrite pour l'ingénierie du trafic MPLS inter zones et inter AS s'applique de façon récurrente.
- Les LSP TE inter domaines sont signalés en utilisant RSVP-TE ([RFC3209] et [RFC3473]).
- Le chemin (spécifié par un ERO dans un message Path RSVP-TE) pour un LSP TE inter domaines peut être signalé comme un ensemble de bonds (lâches et/ou stricts).
- Les bonds peuvent identifier :
  - \* le chemin complet strict de bout en bout à travers différents domaines;
  - \* le chemin complet strict dans le domaine source suivi par les LSR de frontière (ou les identifiants de domaines, par exemple, les numéros d'AS)
  - \* la liste complète des LSR de frontière le long du chemin,
  - \* le LSR frontière actuel et le LSP de destination.

L'ensemble de bonds (lâches ou stricts) peut être configuré de façon statique sur le LSR d'extrémité de tête ou calculé de façon dynamique. Une méthode de calcul de chemin par domaine est définie dans le présent document avec un mécanisme d'auto découverte facultatif (par exemple, fondé sur IGP, BGP, des informations de politique d'acheminement) donnant le nœud frontière du prochain bond (point de sortie du domaine, comme un routeur de frontière de zone (ABR, *Area Border Router*) ou un routeur de frontière de système autonome (ASBR, *Autonomous System Border Router*)) le long du chemin lorsque le LSP TE est signalé, ainsi que de potentiels mécanismes de retour en arrière. Autrement, les points de sortie du domaine peuvent être configurés de façon statique sur le LSR d'extrémité de tête, et dans ce cas l'auto découverte du nœud frontière de prochain bond ne sera pas nécessaire.

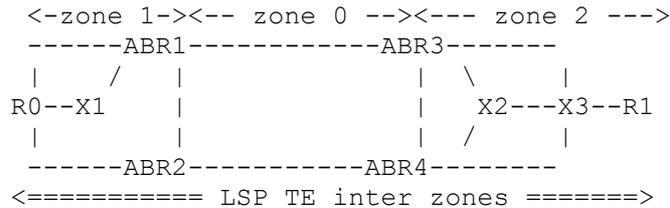
- Les LSR de frontière sont supposés être capables d'effectuer le calcul de chemin local pour l'expansion d'un prochain bond lâche dans le ERO signalé si le chemin n'est pas signalé par le LSR d'extrémité de tête comme un ensemble de bonds stricts ou si le bond strict est un nœud abstrait (par exemple, un AS). Dans tous les cas, aucune information de topologie ou de ressources n'a besoin d'être distribuée entre les domaines (comme obligé par les [RFC4105] et [RFC4216]) ce qui est critique pour préserver l'adaptabilité IGP/BGP et la confidentialité dans le cas de LSP TE s'étendant sur plusieurs domaines d'acheminement.
- Les chemins pour le LSP intra domaine hiérarchique (H-LSP) ou le LSP raccordé (S-LSP) ou pour un LSP TE contigu au sein du domaine peuvent être pré-configurés ou calculés de façon dynamique sur la base des arrivées de demandes d'établissement de LSP inter domaines (selon les exigences du domaine de transit). Noter que cette capacité est explicitement spécifiée comme une exigence dans la [RFC4216]. Quand les chemins pour le H-LSP/S-LSP sont pré-configurés, les contraintes ainsi que les autres paramètres comme un schéma de protection locale pour le H-LSP/S-LSP intra domaine sont aussi pré-configurés.
- Bien que certaines contraintes comme la bande passante puissent être utilisées à travers différents domaines, certaines autres contraintes de TE comme l'affinité de ressources, la nuance, la métrique, etc. dont la liste figure dans la

[RFC2702] peuvent devoir être traduites aux frontières de domaine. Si nécessaire, on suppose que, au LSR de frontière de domaine, il va exister une sorte de transposition locale fondée sur un accord de politique afin de traduire ces contraintes à travers les frontières de domaine. On suppose qu'une telle hypothèse s'applique particulièrement au TE inter AS : par exemple, la transposition locale va être similaire aux politiques d'application d'accord de TE inter AS déclarées dans la [RFC4216].

- Les procédures définies dans le présent document sont applicables à tout nœud (pas seulement un nœud frontière) qui reçoit un message Path avec un ERO qui contraint un bond lâche ou un nœud abstrait qui n'est pas un simple nœud abstrait (c'est-à-dire, un nœud abstrait qui identifie plus d'un LSR).

### 3.2 Exemple de topologie pour TE inter zones

L'exemple suivant va être utilisé pour le cas de TE inter zones dans le présent document.



**Figure 1 - Exemple de topologie pour TE inter zones**

Description de la Figure 1 :

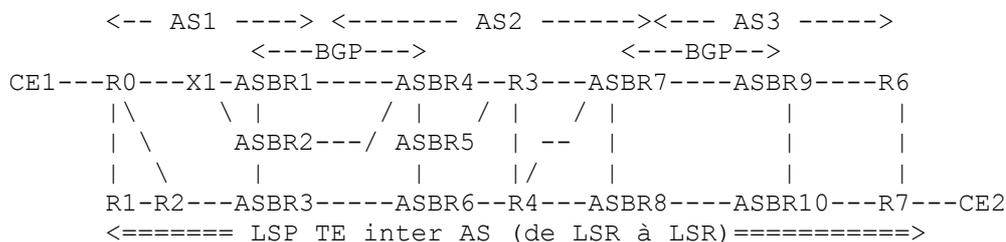
- ABR1, ABR2, ABR3, et ABR4 sont des ABR.
- X1 est un LSR dans la zone 1.
- X2 et X3 sont des LSR dans la zone 2.
- un LSP TE inter zone T0 a son origine à R0 dans la zone 1 et se termine à R1 dans la zone 2.

Notes :

- La terminologie utilisée dans l'exemple ci-dessus correspond à OSPF, mais la technique de calcul de chemin proposée dans le présent document s'applique également au cas d'un réseau IS-IS multi niveaux.
- Seuls quelques routeurs dans chaque zone sont décrits dans le diagramme par souci de simplicité.
- L'exemple décrit à la Figure 1 montre le cas où les zones d'extrémité de tête et d'extrémité de queue sont connectées au moyen de la zone 0. Le cas d'un LSP TE inter zones entre deux zones IGP qui ne transitent pas à travers la zone 0 n'est pas exclu.

### 3.3 Exemple de topologie de TE inter AS

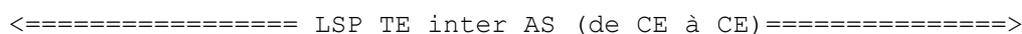
On considère le cas général suivant, construit sur un sur-ensemble des divers scénarios définis dans la [RFC4216] :



ou



ou



**Figure 2 - Exemple de topologie pour le cas TE inter AS**

Le diagramme de la Figure 2 couvre tous les cas de déploiement de TE inter AS décrits dans la [RFC4216].

Description de la Figure 2 :

- Trois AS interconnectés, respectivement AS1, AS2, et AS3. Noter que dans certains scénarios décrits dans la [RFC4216] AS1=AS3.
- Les ASBR dans les différents AS sont des homologues BGP. Il n'y a généralement pas d'IGP fonctionnant sur les liaisons à un seul bond qui interconnectent les ASBR et sont aussi appelées des liaisons inter ASBR.
- Chaque AS utilise un IGP (IS-IS ou OSPF) avec les extensions d'IGP TE requises (voir les [RFC3630], [RFC3784], [RFC4203] et [RFC4205]). En d'autres termes, les AS sont à capacité TE.
- CE (*Customer Edge*) : routeur de bord consommateur.
- Chaque AS peut être constitué de plusieurs zones IGP. La technique de calcul de chemin décrite dans le présent document s'applique au cas d'un seul AS constitué de plusieurs zones IGP, plusieurs AS constitués d'une seule zone IGP, ou de toutes leurs combinaisons. Dans un souci de simplicité, chaque domaine d'acheminement va être considéré comme une seule zone dans le présent document. Le cas d'un LSP TE inter AS s'étendant sur plusieurs AS où certains de ces AS sont eux-mêmes constitués de plusieurs zones IGP peut être facilement déduit des exemples ci-dessus : la technique de calcul de chemin par domaine décrite dans le présent document est appliquée de façon récurrente dans ce cas.
- Un LSP TE inter AS T1 a son origine en R0 dans l'AS1 et se termine en R6 à l'AS3.

#### 4. Procédures de calcul de chemin par domaine

Le mécanisme pour le calcul de LSP TE inter domaines comme décrit dans le présent document peut être utilisé sans considération de la nature du LSP TE inter domaines (contigu, raccordé, ou incorporé).

Noter que tout chemin peut être défini comme un ensemble de bonds lâches et stricts. En d'autres termes, dans certains cas, il peut être souhaitable de s'appuyer sur le calcul dynamique de chemin dans certains domaines, et d'exercer un contrôle strict sur le chemin dans d'autres domaines (de définir des bonds stricts).

Quand un LSR qui est un nœud frontière comme un ABR/ASBR reçoit un message Path avec un ERO qui contient un nœud, les procédures spécifiées dans la [RFC3209] s'appliquent et aucune autre action n'est nécessaire.

Quand un LSR qui est un nœud frontière comme un ABR/ASBR reçoit un message Path avec un ERO qui contient un bond lâche ou un nœud abstrait qui n'est pas un simple nœud abstrait (c'est-à-dire, un nœud abstrait qui identifie plus d'un LSR) il DOIT alors suivre les procédures décrites dans la [RFC5151].

De plus, les étapes suivantes décrivent les procédures de calcul de chemin qui DEVRAIENT être effectuées sur le LSR :

- 1) Si le prochain bond n'est pas présent dans la TED, les deux conditions suivantes DOIVENT être vérifiées :
  - o si l'adresse IP du LSR frontière de prochain bond est en-dehors du domaine courant,
  - o si le domaine du prochain bond est capable de commutation de paquet (PSC, *Packet Switch Capable*) et utilise un canal de contrôle dans la bande.

Si les deux conditions ci-dessus sont satisfaites, alors le LSR frontière DEVRAIT vérifier si le prochain bond a l'accessibilité IP (via IGP ou BGP). Si le prochain bond n'est pas accessible, alors une défaillance de signalisation s'est produite et le LSR DEVRAIT renvoyer un message RSVP PathErr en amont avec le code d'erreur 24 ("Problème d'acheminement") et le sous code d'erreur décrit au paragraphe 4.3.4 de la [RFC3209]. Si les informations d'acheminement disponibles indiquent que le prochain bond est accessible, le chemin choisi va être supposé passer à travers une frontière de domaine via un LSR frontière de domaine. La détermination d'un point de frontière de domaine sur la base des informations d'acheminement est ce qu'on appelle "auto découverte" dans le présent document. En l'absence d'un tel mécanisme d'auto découverte, a) l'ABR dans le cas de TE inter zones ou l'ASBR dans l'AS de prochain bond dans le cas d'un AS TE inter AS devrait être le prochain bond lâche signalé dans l'ERO et donc devrait être accessible via la TED, ou b) il doit y avoir un schéma de remplacement qui fournit les points de sortie du domaine. Autrement, le calcul de chemin pour le LSP TE inter domaines va échouer.

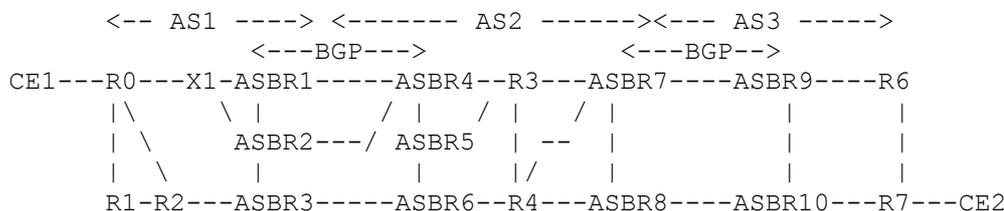
Une mise en œuvre PEUT prendre en charge la capacité de désactiver une telle option de replis sur l'accessibilité IP si le LSR frontière de prochain n'était pas présent dans la TED. En d'autres termes, une mise en œuvre PEUT prendre en

charge la possibilité de déclencher une défaillance de signalisation chaque fois que le prochain bond n'est pas présent dans la TED.

- 2) Une fois que le LSR frontière de prochain bond a été déterminé (en accord avec la procédure décrite en 1)) ou si la frontière de prochain bond est présente dans la TED :
  - o Cas d'un LSP TE contigu. Sauf si c'est interdit par la politique, le LSR frontière qui traite l'ERO DEVRAIT effectuer une expansion d'ERO (processus consistant à calculer le chemin contraint jusqu'au prochain bond lâche et à ajouter la liste des bonds comme nœuds stricts dans l'ERO). Si aucun chemin satisfaisant l'ensemble de contraintes ne peut être trouvé, ceci est alors traité comme un calcul de chemin et une défaillance de signalisation, et un message RSVP PathErr DEVRAIT être envoyé pour le LSP TE inter domaines sur la base du paragraphe 4.3.4 de la [RFC3209].
  - o Cas d'un LSP TE raccordé ou incorporé.
    - \* Si le LSR frontière est un LSR candidat pour l'établissement d'un H-LSP/S-LSP intra zone (la frontière a une politique locale pour l'incorporation ou le raccordement) le LSP TE est un candidat à la hiérarchie/incorporation (le bit "LSP contigu" défini dans la [RFC5151] n'est pas établi) et si il n'y a pas de H-LSP/S-LSP provenant de ce LSR au LSR frontière de prochain bond qui satisfasse les contraintes, il DEVRAIT signaler un H-LSP/S-LSP au LSR frontière de prochain bond. Si un ou des H-LSP ou S-LSP préconfigurés existent déjà, il va alors essayer de choisir parmi ces LSP intra domaine. Selon la politique locale, il PEUT signaler un nouveau H-LSP/S-LSP si ce choix échoue. Si le H-LSP/S-LSP est signalé ou choisi avec succès, il propage le message Path inter domaines au prochain bond suivant les procédures décrites dans la [RFC5151]. Si pour une raison quelconque l'établissement dynamique de H-LSP/S-LSP au LSR frontière de prochain bond échoue, alors cela DEVRAIT être traité comme un calcul de chemin et une défaillance de signalisation, et un message RSVP PathErr DEVRAIT être envoyé en amont pour le LSP inter domaines. De même, si le choix d'un H-LSP/S-LSP préconfiguré échoue et si la politique locale empêche un H-LSP/S-LSP dynamique, cela DEVRAIT être traité comme un calcul de chemin et une défaillance de signalisation, et un message RSVP PathErr DEVRAIT être envoyé en amont pour le LSP TE inter domaines. Dans ces deux cas, les procédures décrites au paragraphe 4.3.4 de la [RFC3209] DEVRAIENT être suivies pour traiter la défaillance.
    - \* Si, cependant, le LSR frontière n'est pas un candidat pour H-LSP/S-LSP intra domaine (le LSR frontière n'a pas de politique locale pour l'incorporation ou le raccordement) ou si le LSP TE n'est pas candidat à la hiérarchie/incorporation (le bit "LSP contigu" défini dans la [RFC5151] est établi) alors il DEVRAIT appliquer la même procédure que pour le cas contigu.

Le ERO d'un LSP TE inter domaines peut comporter des nœuds abstraits comme des AS. Dans ce cas, à réception du ERO dont le prochain bond est un AS, le LSR frontière doit déterminer le LSR frontière de prochain bond, qui peut être déterminé sur la base du processus d'auto découverte mentionné plus haut. Si plusieurs ASBR candidats existent, le LSR frontière peut appliquer des politiques fondées sur des contrats d'échange de trafic qui peuvent avoir été pré-négociés. Une fois que le LSR frontière de prochain bond a été déterminé, une procédure similaire à celle décrite ci-dessus est suivie.

Noter le cas suivant relatif à TE inter AS : en termes de calcul d'un chemin de LSP TE inter AS, une technique intéressante d'optimisation consiste à permettre aux ASBR d'arroser les informations de TE relatives à la ou aux liaisons inter ASBR bien qu'aucun IGP TE ne soit activé sur ces liaisons (et donc qu'il n'y a pas d'adjacence IGP sur les liaisons inter ASBR). Ceci implique bien sûr que les liaisons inter ASBR soient à capacité TE bien qu'aucun IGP ne fonctionne sur ces liaisons.



**Figure 3 - Arrosage des informations de TE pour les liaisons inter ASBR**

Dans la Figure 3, ASBR1 par exemple va annoncer dans son état de liaison (LSA, *Link State Advertisement*) de LSP OSPF/IS-IS les TLV d'ingénierie de trafic relatifs à la liaison ASBR1-ASBR4.

Cela permet à un LSR (qui pourrait être l'ASBR d'entrée) dans l'AS précédent de faire un choix de chemin plus approprié jusqu'à l'ASBR d'entrée dans l'AS immédiatement en aval en prenant en compte les contraintes associées aux liaisons inter ASBR. Cela réduit le risque d'échec d'établissement d'appel dû à des liaisons inter ASBR qui ne satisfieraient pas l'ensemble de contraintes de LSP TE inter AS. Noter que les informations de TE se rapportent seulement aux liaisons inter ASBR : le

LSA/LSP TE arrosé par l'ASBR inclut non seulement les liaisons à capacité TE contenues dans l'AS mais aussi les liaisons inter ASBR.

Noter qu'il n'y a pas de fuite d'informations de TE entre les AS, ce qui est conforme aux exigences des [RFC4105] et [RFC4216].

Par exemple, considérons le diagramme de la Figure 2 : quand ASBR1 arrose son LSA/LSP IGP TE (LSA opaque pour OSPF, TLV 22 pour IS-IS) dans son domaine d'acheminement, il reflète les états de réservation et les propriétés de TE des liaisons suivantes : X1-ASBR1, ASBR1-ASBR2, et ASBR1-ASBR4.

Grâce à une telle optimisation, les informations de liaison TE inter ASBR correspondant aux liaisons originaires de l'ASBR sont rendues disponibles dans la TED des autres LSR dans le même domaine que celui auquel appartient l'ASBR. Par conséquent, le calcul de chemin pour un chemin de LSP TE inter AS peut aussi tenir compte de la ou des liaisons inter ASBR. Cela va améliorer les chances d'une signalisation réussie le long du prochain AS en cas de pénurie de ressources ou de contraintes non satisfaites sur les liaisons inter ASBR, et réduit potentiellement un niveau de retour arrière. Noter qu'aucune information de topologie n'est arrosée, et ces liaisons ne sont pas utilisées dans les calculs de SPF IGP. Seules les informations de TE pour les liaisons sortantes directement connectées à l'ASBR sont annoncées.

Noter qu'un opérateur peut décider de faire fonctionner un segment raccordé ou un LSP hiérarchique à un bond pour la liaison inter ASBR.

#### 4.1 Exemple d'un LSP TE inter zones

L'exemple suivant utilise la Figure 1 comme référence.

##### 4.1.1 Cas 1 : T0 est un LSP TE contigu

Le LSR d'extrémité de tête (R0) détermine d'abord l'ABR de prochain bond (qui pourrait être configuré manuellement par l'utilisateur ou déterminé de façon dynamique en utilisant le mécanisme d'auto découverte). R0 calcule alors le chemin pour atteindre l'ABR de prochain bond choisi (ABR1) et signale le message Path. Quand le message Path atteint ABR1, il détermine d'abord l'ABR de prochain bond de sa zone 0 le long du LSP (disons, ABR3) soit directement à partir de l'ERO (si par exemple l'ABR de prochain bond est spécifié comme bond lâche dans l'ERO) ou en utilisant le mécanisme d'auto découverte spécifié plus haut.

- Exemple 1 (ensemble de bonds lâches) : R0-ABR1(lâche)-ABR3(lâche)-R1(lâche)

- Exemple 2 (mélange de bonds stricts et lâches) : R0-X1-ABR1-ABR3(lâche)-X2-X3-R1

Noter qu'un ensemble de chemins peut être configuré sur le LSR d'extrémité de tête, ordonnés par leur priorité. Chaque priorité de chemin peut être associée à un ensemble différent de contraintes. Il peut être souhaitable d'avoir systématiquement une option de dernier recours sans contrainte pour s'assurer que le LSP TE inter zones va toujours pouvoir être établi si au moins un chemin TE existe entre la source de LSP TE inter zones et la destination. En cas de défaillance d'établissement ou quand un RSVP PathErr est reçu indiquant que le LSP TE a subi une défaillance, une mise en œuvre pourrait prendre en charge la possibilité de réessayer une option de chemin particulier un nombre de fois configurable (facultativement avec des intervalles croissants entre chaque essai) avant d'essayer une option de chemin de priorité inférieure.

Une fois qu'il a calculé le chemin jusqu'à l'ABR de prochain bond (ABR3) ABR1 envoie le message Path le long du chemin calculé. À réception du message Path, ABR3 répète alors une procédure similaire. Si ABR3 ne peut pas trouver un chemin respectant l'ensemble de contraintes pour le LSP TE inter zones, le processus de signalisation s'arrête et ABR3 envoie un message PathErr à ABR1. Ensuite ABR1 peut à son tour déclencher un nouveau calcul de chemin en choisissant un autre LSR frontière de sortie (ABR4 dans l'exemple ci-dessus) si le retour arrière est permis pour ce LSP TE inter zones (voir la [RFC4920]). Si le retour arrière n'est pas permis pour ce LSP TE inter zones ou si ABR1 a été configuré à ne pas effectuer le retour arrière, alors ABR1 DOIT arrêter le processus de signalisation et DOIT transmettre un PathErr jusqu'au LSR d'extrémité de tête (R0) sans essayer de choisir un autre ABR.

##### 4.1.2 Cas 2 : T0 est un LSP TE raccordé ou incorporé

Le LSR d'extrémité de tête (R0) détermine d'abord l'ABR de prochain bond (qui pourrait être configuré manuellement par l'utilisateur ou déterminé de façon dynamique en utilisant le mécanisme d'auto découverte). R0 calcule alors le chemin pour atteindre l'ABR de prochain bond choisi et signale le message Path. Quand le message Path atteint ABR1, il détermine

d'abord l'ABR de prochain bond à partir de sa zone 0 le long du LSP (disons ABR3) soit directement de l'ERO (si par exemple l'ABR de prochain bond est spécifié comme bond lâche dans l'ERO) soit en utilisant un mécanisme d'auto découverte, comme spécifié précédemment.

ABR1 vérifie alors si il a un H-LSP ou S-LSP pour ABR3 qui satisfasse les contraintes portées dans le message Path du LSP TE inter zones. Sinon, ABR1 calcule le chemin pour un H-LSP ou S-LSP de ABR1 à ABR3 satisfaisant la contrainte et l'établit en conséquence. Noter que le H-LSP ou S-LSP pourrait aussi avoir été préconfiguré.

Une fois que ABR1 a choisi le H-LSP/S-LSP pour le LSP inter zones, en utilisant les procédures de signalisation décrites dans la [RFC5151], ABR1 envoie le message Path pour le LSP TE inter zones à ABR3. Noter que sans considérer si ABR1 fait une incorporation ou un raccordement, le message Path pour le LSP TE inter zones est toujours transmis à ABR3. ABR3 répète alors exactement la même procédure. Si ABR3 ne peut pas trouver un chemin respectant l'ensemble de contraintes pour le LSP TE inter zones, ABR3 envoie un message PathErr à ABR1. Ensuite ABR1 peut à son tour soit choisir un autre H-LSP/S-LSP pour ABR3 si un tel LSP existe, soit choisir un autre LSR frontière de sortie (ABR4 dans l'exemple ci-dessus) si le retour arrière est permis pour ce LSP TE inter zones (voir la [RFC4920]). Si le retour arrière n'est pas permis pour ce LSP TE inter zones ou si ABR1 a été configuré à ne pas effectuer de retour arrière, alors ABR1 transmet le PathErr jusqu'au LSR inter zones d'extrémité de tête (R0) sans essayer de choisir un autre LSR de sortie.

## 4.2 Exemple avec un LSP TE inter AS

L'exemple suivant utilise la Figure 2 comme référence.

La procédure de calcul de chemin pour établir un LSP TE inter AS est très similaire à celle d'un LSP TE inter zones décrite ci-dessus. La principale différence réside dans la présence de liaisons inter ASBR.

### 4.2.1 Cas 1 : T1 est un LSP TE contigu

Le chemin TE inter AS peut être configuré sur le LSR d'extrémité de tête comme un ensemble de bonds stricts, de bonds lâches, ou une combinaison des deux.

- Exemple 1 (ensemble de bonds lâches) : ASBR4(lâche)-ASBR9(lâche)-R6(lâche)

- Exemple 2 (mélange de bonds stricts et lâches) : R2-ASBR3-ASBR2-ASBR1-ASBR4-ASBR10(lâche)-ASBR9-R6

Dans l'exemple 1 ci-dessus, un calcul de chemin par AS est effectué, respectivement sur R0 pour AS1, ASBR4 pour AS2, et ASBR9 pour AS3. Noter que quand un LSR doit effectuer une expansion d'ERO, le prochain bond doit appartenir au même AS ou doit être l'ASBR directement connecté à l'AS de prochain bond. Dans ce dernier cas, l'accessibilité de l'ASBR est annoncée dans le LSA/LSP TE IGP généré par son ASBR voisin. Dans l'exemple 1, le chemin de LSP TE est défini comme : ASBR4(lâche)-ASBR9(lâche)-R6(lâche). Cela implique que R0 doit calculer le chemin de R0 à ASBR4, donc R0 a besoin d'obtenir l'état de réservation TE relatif à la liaison ASBR1-ASBR4 (arrosé dans AS1 par ASBR1). De plus, ASBR1 doit aussi annoncer l'adresse IP de ASBR4 spécifiée dans la configuration de chemin de T1.

Une fois qu'il a calculé le chemin jusqu'à l'ASBR de prochain bond, ASBR1 envoie le message Path pour le LSP TE inter zones à l'ASBR4 (en supposant que ASBR4 est l'ASBR de prochain bond choisi). L'ASBR4 répète alors exactement la même procédure. Si ASBR4 ne peut pas trouver un chemin respectant l'ensemble de contraintes pour le LSP TE inter AS, alors ASBR4 envoie un message PathErr à ASBR1. Ensuite ASBR1 peut à son tour soit choisir un autre ASBR (ASBR5 dans l'exemple ci-dessus) si le retour arrière est permis pour ce LSP TE inter AS (voir la [RFC4920]), soit si le retour arrière n'est pas permis pour ce LSP TE inter AS ou si ASBR1 a été configuré à ne pas effectuer de retour arrière, ABR1 arrête le processus de signalisation et transmet un PathErr jusqu'au LSR d'extrémité de tête (R0) sans essayer de choisir un autre LSR de sortie. Dans ce cas, le LSR d'extrémité de tête peut à son tour choisir une autre séquence de bonds lâches, si il est ainsi configuré. Autrement, le LSR d'extrémité de tête peut décider de réessayer le même chemin ; cela peut être utile en cas d'échec de l'établissement causé par une base de données TE IGP périmée dans un AS en aval. Une solution de remplacement pourrait aussi être que le LSR d'extrémité de tête réessaye la même séquence de bonds lâches après avoir relâché certaines contraintes.

### 4.2.2 Cas 2 : T1 est un LSP TE raccordé ou incorporé

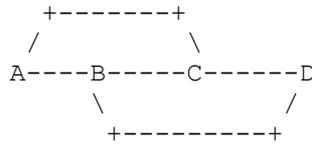
Les procédures de calcul de chemin sont très similaires à celles du cas d'établissement de LSP inter zones décrit précédemment. Dans ce cas, les H-LSP ou S-LSP sont générés par les ASBR à l'entrée de l'AS.

## 5. Optimalité/diversité de chemin

Comme le LSP TE inter domaines est calculé sur la base du domaine (zone, AS) on ne peut pas garantir que le chemin inter domaines optimal puisse être trouvé.

De plus, calculer deux chemins différents en utilisant une approche de calcul de chemin par domaine peut n'être pas possible dans certaines topologies (à cause du problème bien connu de "piégeage").

Par exemple, considérons la simple topologie suivante :



**Figure 4 - Exemple du problème de "piégeage"**

Dans la topologie simple décrite par la Figure 4, avec une approche de série utilisant la technique de calcul de chemin par domaine spécifiée dans le présent document, un premier LSP TE peut être calculé suivant le chemin A-B-C-D, auquel cas aucun autre chemin ne pourrait être trouvé bien que deux chemins différents existent en fait : A-C-D et A-B-D. Le but de ce simple exemple qui peut facilement être étendu au cas inter domaines est d'illustrer le problème potentiel de n'être pas capable de trouver des chemins divers en utilisant l'approche du calcul de chemin par domaine quand des chemins différents existent.

Comme déjà souligné, la méthode de calcul de chemin requise peut être choisie par le fournisseur de service sur la base du LSP.

Si la technique de calcul de chemin par domaine ne satisfait pas l'ensemble des exigences pour un LSP TE particulier (par exemple, optimalité du chemin, les exigences pour un ensemble de LSP TE à acheminement diversifié) d'autres techniques comme celle du calcul de chemin fondé sur le PCE peuvent être utilisées (voir la [RFC4655]).

## 6. Réoptimisation d'un LSP TE inter domaines

Comme déclaré dans les [RFC4216] et [RFC4105], la capacité de réoptimiser un LSP TE inter domaines déjà établi constitue une exigence. Le processus de réoptimisation diffère significativement selon la nature du LSP TE et le mécanisme utilisé pour le calcul du LSP TE.

Les mécanismes suivants peuvent être utilisés pour la réoptimisation et dépendent de la nature du LSP TE inter domaines.

### 6.1 LSP TE contigus

Après l'établissement d'un LSP TE inter domaines, un meilleur chemin pourrait apparaître au sein d'un domaine traversé. Dans ce cas il est souhaitable d'avoir la capacité de réacheminer un LSP TE inter domaines de façon non interruptive (en faisant usage de la procédure dite "faire avant de couper") pour suivre un meilleur chemin. C'est ce qui est appelé la procédure de réoptimisation de LSP TE.

La [RFC4736] propose un mécanisme qui permet au LSR d'extrémité de tête d'avoir notification de l'existence d'un chemin plus optimal dans un domaine en aval. Le LSR d'extrémité de tête peut alors décider de réacheminer en douceur le LSP TE en utilisant la procédure de "faire avant de couper". Dans le cas d'un LSP contigu, le processus de réoptimisation est strictement contrôlé par le LSR d'extrémité de tête qui déclenche la procédure de "faire avant de couper" comme défini dans la [RFC3209], sans considération de localisation du meilleur chemin.

### 6.2 LSP TE raccordés ou incorporés (non contigus)

Dans le cas d'un LSP TE inter domaines raccordé ou incorporé, le processus de réoptimisation est traité comme une affaire locale de tout domaine. La principale raison en est que le LSP TE inter domaines est un LSP différent (et donc une session RSVP différente) du S-LSP ou H-LSP intra domaine dans une zone ou un AS. Donc, la réoptimisation dans un domaine est faite en réoptimisant localement le H-LSP ou S-LSP intra domaine. Comme les LSP TE inter domaines sont transportés en

utilisant un S-LSP ou H-LSP à travers chaque domaine, l'optimum pour un LSP TE inter domaines dans un domaine dépend de l'optimum du S-LSP ou H-LSP correspondant. Si après l'établissement d'un LSP inter domaines, un chemin plus optimal est disponible au sein d'un domaine, le S-LSP ou H-LSP va être réoptimisé en utilisant les techniques de "faire avant de couper" discutées dans la [RFC3209]. La réoptimisation de H-LSP ou S-LSP réoptimise automatiquement les LSP TE inter domaines que transporte le H-LSP ou S-LSP. Les paramètres de réoptimisation comme la fréquence de réoptimisation, les critères de réoptimisation comme la métrique ou la disponibilité de bande passante, etc., peuvent varier d'un domaine à un autre et peuvent être configurés comme nécessaire, par S-LSP ou H-LSP TE intra domaine si ils sont pré-configurés ou sur la base d'une politique globale au sein du domaine.

Donc, dans ce schéma, comme chaque domaine prend soin de réoptimiser ses propres S-LSP ou H-LSP, et donc les LSP TE inter domaines correspondants, le "faire avant de couper" peut se produire en local et n'est pas déclenché par le LSR d'extrémité de tête pour le LSP inter domaines. Donc, aucune signalisation RSVP supplémentaire n'est requise pour la réoptimisation de LSP, et la réoptimisation est transparente au LSR d'extrémité de tête du LSP TE inter domaines.

Si, cependant, un opérateur désire déclencher manuellement la réoptimisation au LSR d'extrémité de tête pour le LSP TE inter domaines, alors cette solution ne l'empêche pas. Un déclenchement manuel de la réoptimisation au LSR d'extrémité de tête DEVRAIT forcer une réoptimisation qui signale un "nouveau" chemin pour le même LSP (le long du chemin plus optimal) en faisant usage de la procédure de "faire avant de couper". En réponse à cette nouvelle demande d'établissement, le LSR frontière peut initier un nouvel établissement de S-LSP, au cas où le LSP TE inter domaines est raccordé au S-LSP intra domaine, ou il peut choisir un H-LSP existant ou nouveau, en cas d'incorporation. Quand l'établissement de LSP est achevé le long du chemin courant, le LSR d'extrémité de tête devrait commuter le trafic sur ce chemin, et l'ancien chemin être éventuellement supprimé. Noter que le LSR d'extrémité de tête ne sait pas à priori si un chemin plus optimal existe. Un tel déclenchement manuel à partir du LSR d'extrémité de tête du LSP TE inter domaines n'est cependant pas considéré comme étant de fréquente occurrence.

Les procédures décrites dans la [RFC4736] DOIVENT être utilisées si l'opérateur ne désire pas la réoptimisation locale de certains LSP inter domaines. Dans ce cas, tout événement de réoptimisation dans le domaine DOIT être rapporté au nœud d'extrémité de tête. Ce DEVRAIT être une politique configurable.

### 6.3 Caractéristiques de chemins après réoptimisation

Noter que dans le cas de réoptimisation de bonds lâches de LSP TE inter domaines contigus ou de réoptimisation locale de S-LSP raccordés/incorporés où les LSR de frontière sont spécifiés comme des bonds lâches, le LSP TE peut suivre un chemin préférable au sein d'un ou plusieurs domaines mais va quand même traverser le même ensemble de LSR de frontière. À l'opposé, dans le cas de techniques de calcul de chemin fondées sur le PCE, à cause du calcul de chemin optimal de bout en bout, le processus de réoptimisation peut conduire à suivre un chemin inter domaine complètement différent (incluant un ensemble différent de LSR de frontière).

## 7. Considérations sur la sécurité

La signalisation des LSP TE inter domaines soulève des problèmes de sécurité (discutés à la Section 7 de la [RFC5151]).

La [RFC4726] donne une vue d'ensemble des exigences de sécurité dans un environnement multi domaines MPLS-TE ou GMPLS. En particulier, quand il signale un LSP TE RSVP inter domaines, un opérateur peut faire usage des caractéristiques de sécurité déjà définies pour RSVP-TE ([RFC3209]). Cela peut exiger une certaine coordination entre les domaines pour partager les clés (voir les [RFC2747] et [RFC3097]) et il faut faire attention à s'assurer que les clés sont changées suffisamment fréquemment. Noter que cela peut impliquer plus de synchronisation, si les nœuds de bordure de domaine devaient être protégés par le réacheminement rapide [RFC4090], car le point de fusion (MP, *Merge Point*) et le point de réparation local (PLR, *Point of Local Repair*) devraient aussi partager la clé. Pour un LSP TE inter domaines, en particulier quand il traverse différents domaines administratifs ou de confiance, les mécanismes suivants DEVRAIENT être fournis à un opérateur (voir aussi la [RFC4216]) :

- 1) Une façon d'appliquer les politiques et les filtres aux frontières de domaine pour traiter les demande entrantes d'établissement de LSP TE inter domaines (messages Path) sur la base d'un certain niveau/contrat de confiance et de service accepté entre domaines. Divers attributs de LSP comme la bande passante, la priorité, etc. pourraient faire partie d'un tel contrat.
- 2) Une façon pour l'opérateur de limiter le débit de demandes d'établissement de LSP ou de notifications d'erreurs provenant d'un domaine particulier.

- 3) Un mécanisme pour permettre le traitement de message RSVP sortant sur la base de la politique au nœud de bordure de domaine, qui peut impliquer le filtrage ou la modification de certaines adresses dans les objets et messages RSVP.

Le présent document se rapporte au calcul de chemin inter domaines. On doit noter que le processus d'établissement des chemins décrit dans le présent document n'augmente pas les informations échangées entre les AS et préserve la confidentialité de la topologie, conformément aux [RFC4105] et [RFC4216]. Ceci dit, la signalisation de LSP TE inter domaines en accord avec les procédures définies dans le présent document exige un calcul de chemin sur les nœuds frontière qui peut être exposé à diverses attaques. Donc, il est RECOMMANDÉ de prendre en charge les décisions de politique de rejeter l'expansion d'ERO d'un LSP TE inter domaines si elle n'est pas permise.

## 8. Remerciements

Nous tenons à remercier de leurs apports et de leurs utiles commentaires Adrian Farrel, Jean-Louis Le Roux, Dimitri Papadimitriou, et Faisal Aslam.

## 9. Références

### 9.1 Références normatives

- [RFC2119] S. Bradner, "[Mots clés à utiliser](#) dans les RFC pour indiquer les niveaux d'exigence", BCP 14, mars 1997. (MàJ par [RFC8174](#))
- [RFC3209] D. Awduche, et autres, "[RSVP-TE : Extensions à RSVP pour les tunnels LSP](#)", décembre 2001. (Mise à jour par [RFC3936](#), [RFC4420](#), [RFC4874](#), [RFC5151](#), [RFC5420](#), [RFC6790](#))
- [RFC3473] L. Berger, "[Extensions d'ingénierie de protocole](#) - trafic de signalisation de réservation de ressource (RSVP-TE) de commutation d'étiquettes multi-protocoles généralisée (GMPLS)", janvier 2003. (P.S., MàJ par 4003, 4201, 4420, 4783, 4784, 4873, 4974, 5063, 5151, [8359](#))

### 9.2 Références pour information

- [RFC2702] D. Awduche et autres, "Exigences d'[ingénierie du trafic sur MPLS](#)", septembre 1999. (Information)
- [RFC2747] F. Baker, B. Lindell, M. Talwar, "[Authentification cryptographique RSVP](#)", janvier 2000. (MàJ par [RFC3097](#)) (P.S.)
- [RFC3097] R. Braden, L. Zhang, "[Authentification cryptographique RSVP](#) – mise à jour de la valeur de type de message", avril 2001. (P.S.)
- [RFC3630] D. Katz, K. Kompella et D. Yeung, "[Extensions d'ingénierie de trafic](#) à OSPF version 2", septembre 2003.
- [RFC3784] H. Smit, T. Li, "Extensions de système intermédiaire à système intermédiaire (IS-IS) pour l'ingénierie du trafic (TE)", juin 2004. (Obsolète, voir [RFC5305](#)) (MàJ par [RFC4205](#)) (Information)
- [RFC4090] P. Pan et autres, "[Extensions de réacheminement rapide à RSVP-TE](#) pour les tunnels de LSP", mai 2005. (P.S. ; MàJ par [RFC8271](#), [RFC8537](#), [RFC8796](#))
- [RFC4105] J.-L. Le Roux, J.-P. Vasseur et J. Boyle, "Exigences pour l'ingénierie de trafic MPLS interzones", juin 2005.
- [RFC4203] K. Kompella et autres, "[Extensions OSPF](#) pour la prise en charge de la commutation généralisée d'étiquettes multi-protocoles (GMPLS)", octobre 2005. (MàJ [RFC3630](#)) (P.S.)
- [RFC4205] K. Kompella et Y. Rekhter, éd., "Extensions de système intermédiaire à système intermédiaire (IS-IS) pour la prise en charge de la commutation généralisée d'étiquettes multi protocoles (GMPLS)", octobre 2005. (Obsolète, voir [RFC5307](#)) (MàJ [RFC3784](#))
- [RFC4216] R. Zhang et J.-P. Vasseur, "Exigences pour l'ingénierie de trafic MPLS entre systèmes autonomes (AS)", novembre 2005. (Information)

- [RFC4655] A. Farrel, J.-P. Vasseur et J. Ash, "[Architecture fondée sur l'élément de calcul de chemin](#) (PCE)", août 2006.
- [RFC4726] A. Farrel et autres, "Cadre pour l'ingénierie de trafic inter domaine de commutation d'étiquettes multi protocoles", novembre 2006. (*Information*)
- [RFC4736] JP. Vasseur et autres, "Ré optimisation de chemin de commutation d'étiquettes (LSP) à acheminement lâche pour l'ingénierie du trafic de la commutation d'étiquettes multi protocoles (MPLS)", novembre 2006. (*Information*)
- [RFC4920] A. Farrel et autres, "[Extensions de signalisation](#) de retour arrière pour RSVP-TE MPLS et GMPLS", juillet 2007. (*P.S.*)
- [RFC5150] A. Ayyangar et autres, "[Raccordement de chemin à commutation](#) d'étiquette avec la commutation généralisée d'étiquettes multiprotocoles à ingénierie de trafic (GMPLS-TE)", février 2008. (*P.S.*)
- [RFC5151] A. Farrel et autres, "[MPLS inter-domaine et GMPLS](#) à ingénierie du trafic – extensions du protocole de réservation de ressource à ingénierie du trafic (RSVP-TE)", février 2008. (*MàJ* [RFC3209](#), [RFC3473](#)) (*P.S.*)

## Adresse des auteurs

Arthi Ayyangar  
Juniper Networks  
1194 N. Mathilda Avenue  
Sunnyvale, CA 94089  
mél : [arthi@juniper.net](mailto:arthi@juniper.net)

Raymond Zhang  
BT  
2160 E. Grand Ave.  
El Segundo, CA 90025  
mél : [raymond.zhang@bt.com](mailto:raymond.zhang@bt.com)

JP Vasseur  
Cisco Systems, Inc.  
300 Beaver Brook Road  
Boxborough, MA 01719  
mél : [jpv@cisco.com](mailto:jpv@cisco.com)

## Déclaration complète de droits de reproduction

Copyright (C) The IETF Trust (2007).

Le présent document est soumis aux droits, licences et restrictions contenus dans le BCP 78, et à [www.rfc-editor.org](http://www.rfc-editor.org), et sauf pour ce qui est mentionné ci-après, les auteurs conservent tous leurs droits.

Le présent document et les informations contenues sont fournis sur une base "EN L'ÉTAT" et le contributeur, l'organisation qu'il ou elle représente ou qui le/la finance (s'il en est), la INTERNET SOCIETY et la INTERNET ENGINEERING TASK FORCE déclinent toutes garanties, exprimées ou implicites, y compris mais non limitées à toute garantie que l'utilisation des informations encloses ne viole aucun droit ou aucune garantie implicite de commercialisation ou d'aptitude à un objet particulier.

### Propriété intellectuelle

L'IETF ne prend pas position sur la validité et la portée de tout droit de propriété intellectuelle ou autres droits qui pourraient être revendiqués au titre de la mise en œuvre ou l'utilisation de la technologie décrite dans le présent document ou sur la mesure dans laquelle toute licence sur de tels droits pourrait être ou n'être pas disponible ; pas plus qu'elle ne prétend avoir accompli aucun effort pour identifier de tels droits. Les informations sur les procédures de l'ISOC au sujet des droits dans les documents de l'ISOC figurent dans les BCP 78 et BCP 79.

Des copies des dépôts d'IPR faites au secrétariat de l'IETF et toutes assurances de disponibilité de licences, ou le résultat de tentatives faites pour obtenir une licence ou permission générale d'utilisation de tels droits de propriété par ceux qui mettent en œuvre ou utilisent la présente spécification peuvent être obtenues sur le répertoire en ligne des IPR de l'IETF à <http://www.ietf.org/ipr>.

L'IETF invite toute partie intéressée à porter son attention sur tous copyrights, licences ou applications de licence, ou autres droits de propriété qui pourraient couvrir les technologies qui peuvent être nécessaires pour mettre en œuvre la présente norme. Prière d'adresser les informations à l'IETF à [ietf-ipr@ietf.org](mailto:ietf-ipr@ietf.org).