



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

Y.1281

(09/2003)

SÉRIE Y: INFRASTRUCTURE MONDIALE DE
L'INFORMATION, PROTOCOLE INTERNET ET
RÉSEAUX DE NOUVELLE GÉNÉRATION

Aspects relatifs au protocole Internet – Architecture,
accès, capacités de réseau et gestion des ressources

Services mobiles IP sur réseau MPLS

Recommandation UIT-T Y.1281

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE Y
INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION, PROTOCOLE INTERNET ET RÉSEAUX DE NOUVELLE GÉNÉRATION

INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION	
Généralités	Y.100–Y.199
Services, applications et intergiciels	Y.200–Y.299
Aspects réseau	Y.300–Y.399
Interfaces et protocoles	Y.400–Y.499
Numérotage, adressage et dénomination	Y.500–Y.599
Gestion, exploitation et maintenance	Y.600–Y.699
Sécurité	Y.700–Y.799
Performances	Y.800–Y.899
ASPECTS RELATIFS AU PROTOCOLE INTERNET	
Généralités	Y.1000–Y.1099
Services et applications	Y.1100–Y.1199
Architecture, accès, capacités de réseau et gestion des ressources	Y.1200–Y.1299
Transport	Y.1300–Y.1399
Interfonctionnement	Y.1400–Y.1499
Qualité de service et performances de réseau	Y.1500–Y.1599
Signalisation	Y.1600–Y.1699
Gestion, exploitation et maintenance	Y.1700–Y.1799
Taxation	Y.1800–Y.1899
RÉSEAUX DE LA PROCHAINE GÉNÉRATION	
Cadre général et modèles architecturaux fonctionnels	Y.2000–Y.2099
Qualité de service et performances	Y.2100–Y.2199
Aspects relatifs aux services: capacités et architecture des services	Y.2200–Y.2249
Aspects relatifs aux services: interopérabilité des services et réseaux dans les réseaux de nouvelle génération	Y.2250–Y.2299
Numérotage, nommage et adressage	Y.2300–Y.2399
Gestion de réseau	Y.2400–Y.2499
Architectures et protocoles de commande de réseau	Y.2500–Y.2599
Sécurité	Y.2700–Y.2799
Mobilité généralisée	Y.2800–Y.2899

Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.

Recommandation UIT-T Y.1281

Services mobiles IP sur réseau MPLS

Résumé

La présente Recommandation définit le service et les exigences correspondantes qui permettent de prendre en charge les services mobiles en protocole IP au moyen du réseau à commutation MPLS. Il décrit également l'architecture du service et les procédures d'application permettant de fournir le service de mobilité sur le réseau à commutation MPLS.

Source

La Recommandation Y.1281 de l'UIT-T a été approuvée le 13 septembre 2003 par la Commission d'études 13 (2001-2004) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

Mots clés

Agent étranger (FA), agent nominal (HA), commutation MPLS, conduit commuté par étiquette (LSP), optimisation de route, protocole LDP, protocole CR-LDP, protocole RSVP-TE, qualité de service (QS), réseau privé virtuel (VPN), routeur périphérique d'étiquettes (LER), routeur à commutation d'étiquettes (LSR), transfert transparent, tunnel IP dans IP, version IPv4 du service mobile, version IPv6 du service mobile

AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un Membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2004

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1	Domaine d'application 1
2	Références..... 1
2.1	Références normatives..... 1
2.2	Références informatives 2
3	Termes et Définitions 3
4	Abréviations..... 6
5	Définitions et exigences du service 8
5.1	Définitions du service..... 8
5.2	Exigences de service..... 9
6	Architecture du service 10
6.1	Aperçu général..... 10
6.2	Architecture de référence 12
6.3	Scénarios de mise en tunnel dans un conduit LSP 13
7	Procédures d'application pour la prise en charge de la mobilité..... 17
7.1	Hypothèses générales 17
7.2	Procédures de mise en tunnel de conduits LSP 18
7.3	Découverte d'agent 25
7.4	Procédures de reroutage de conduits LSP pendant le transfert 25
8	Considérations relatives à la qualité de service (QS) 30
9	Aspects relatifs à la gestion 31
10	Aspects relatifs à la sécurité 31
11	Aspects relatifs au routage..... 32
12	Considérations relatives à la modularité..... 33
13	Considérations relatives à la migration de la version IPv4 à la version IPv6 du service mobile par commutation MPLS 33
14	Interfonctionnement avec les réseaux mobiles IP 33
Appendice I – Architectures de référence pour les versions IPv4 et IPv6 des réseaux mobiles..... 34	
I.1	Architecture de référence de la version IPv4 du service réseau mobile..... 34
I.2	Architecture de référence de la version IPv6 du service réseau mobile..... 35

Introduction

La présente Recommandation définit le service et les exigences correspondantes qui permettent de prendre en charge les services mobiles en protocole IP au moyen du réseau à commutation MPLS. Il décrit également l'architecture du service et les procédures d'application permettant de fournir le service de mobilité sur le réseau à commutation MPLS.

Dans le réseau IP mobile, une adresse IP de nœud désigne de façon unique le point de rattachement du nœud. Donc, un nœud du service mobile doit toujours être situé sur le réseau indiqué par son adresse IP afin de recevoir les paquets qui lui sont destinés. Sinon, les paquets destinés au nœud mobile seraient impossibles à remettre. Afin de ne pas perdre sa capacité de communiquer chaque fois qu'il change son point de rattachement, le nœud mobile doit toujours changer son adresse IP. L'adresse IP du nœud mobile doit toujours être signalée à l'intérieur de tout le réseau Internet afin de recevoir les paquets chaque fois que ce nœud se déplace. La liaison par laquelle un nœud mobile est directement rattaché au réseau Internet peut souvent être une liaison sans fil [7].

Le service mobile IP vise à permettre aux nœuds de se déplacer d'un sous-réseau IP à un autre. Cela rend le service mobile IP approprié à la mobilité entre des médias hétérogènes. Si le nœud mobile se déplace d'un segment de réseau local (LAN, *local area network*) à un autre (par exemple, un réseau local sans fil), l'adresse IP de ce nœud du service mobile reste la même après un tel mouvement afin de recevoir des paquets issus d'autres nœuds. En fait, un nœud mobile reçoit une adresse IP à long terme sur un réseau nominal de rattachement: l'adresse "nominale". Cette adresse nominale est administrée de la même façon qu'une adresse IP "permanente" fournie à une extrémité fixe.

Quand le nœud du service mobile se trouve à distance de son réseau nominal de rattachement, une "adresse d'entretien" est associée à ce nœud mobile: cette adresse reflète le point actuel de rattachement du nœud mobile. Quand il se trouve à distance de son point de rattachement nominal, le service mobile IP utilise la mise en tunnel des protocoles afin de cacher l'adresse nominale du nœud mobile aux routeurs situés entre son réseau nominal de rattachement et sa position actuelle. Le tunnel aboutit à l'adresse d'entretien du nœud mobile [8]. L'adresse d'entretien doit toujours être telle que les paquets puissent être acheminés par routage IP conventionnel. Au point de l'adresse d'entretien, le paquet original est extrait du tunnel et acheminé jusqu'au nœud mobile.

Dans le protocole de base de la version IPv4 du service mobile, il n'y a pas de routage direct entre un quelconque nœud de correspondant et un quelconque nœud mobile. Les paquets doivent passer par le réseau nominal de rattachement du nœud mobile et être réacheminés par son agent nominal, ce qui est appelé "le problème du routage triangulaire". Afin de résoudre ce problème, la capacité d'optimisation de route permet un routage direct entre tout nœud de correspondant et tout nœud mobile [19]. Dans un réseau en version IPv6, un nœud IPv6 met en antémémoire l'association d'une adresse nominale du nœud mobile avec son adresse d'entretien, puis envoie tous les paquets destinés au nœud mobile directement à cette adresse d'entretien. Afin de prendre en charge cette opération, la version IPv6 du service mobile définit un protocole IPv6 et une option de destination [29]. Tous les nœuds IPv6, qu'ils soient du service mobile ou du service fixe, prennent en charge les communications avec les nœuds du service mobile.

Du point de vue du fournisseur du réseau, les futurs réseaux seront conçus de façon à prendre en charge l'exploitation et la maintenance du réseau en garantissant des niveaux acceptables de qualité de service (QS) et en satisfaisant à diverses conventions sur le niveau de service (SLA, *service level agreement*) négociées avec les clients. Le réseau IP doit être remis à niveau afin de prendre en charge de futurs modèles commerciaux et les exigences posées par les applications en temps réel et à médias multiples. Il offrira alors diverses caractéristiques telles que la tolérance de panne, l'affectation de priorités au trafic et les classes de qualité de service. Afin de satisfaire ces exigences dans les futurs services mobiles, premièrement la performance de bout en bout serait gérable et prévisible sans considération de la question de savoir si les utilisateurs finals sont en déplacement ou non. Deuxièmement, pour le service mobile IP, les fonctions d'agent nominal et d'agent étranger

sont mises en place après considération des conséquences architecturales. Troisièmement, les techniques de transport existantes et futures, y compris la fibre optique, seront en mesure de prendre en charge le futur service mobile mondial.

Dans le réseau à commutation MPLS, une fois qu'un paquet est classifié en fonction de la qualité de service, aucune autre analyse d'en-tête n'est effectuée par les routeurs subséquents: tous les réacheminements sont commandés par les étiquettes. Cela présente un certain nombre d'avantages par rapport au réacheminement conventionnel en couche IP. Le réacheminement par commutation MPLS peut être effectué par des commutateurs qui sont capables d'exécuter la recherche et la position des étiquettes à une vitesse et à un niveau de qualité QS adéquats. Il n'est pas nécessaire d'analyser les en-têtes de couche IP. Il est parfois souhaitable de forcer un paquet à suivre une route particulière, qui est explicitement choisie au moment ou avant le moment où le paquet entre dans le réseau, au lieu qu'il soit choisi par l'algorithme normal de routage dynamique lorsque le paquet transite par le réseau. Cette opération peut être effectuée au titre d'une politique, ou à l'appui de l'ingénierie du trafic par commutation MPLS, dans laquelle une étiquette peut servir à représenter cette route explicite, qui est appelée *tunnel ouvert par le trafic*.

Pour le service mobile IP, l'agent nominal intercepte les paquets sur la liaison de rattachement nominal destinée à l'adresse nominale du nœud mobile IP, encapsule ces paquets et les canalise vers l'adresse d'entretien enregistrée du nœud mobile au moyen de l'agent étranger, qui décapsule et remet les paquets au nœud mobile IP.

En combinant les fonctions de mise en tunnel d'un agent nominal et d'un agent étranger dans le paradigme de réacheminement par commutation MPLS, le nœud MPLS peut avoir la capacité de traiter le nœud mobile IP en attribuant des étiquettes à un tunnel établi entre un agent nominal et un agent étranger. Dans ce cas, l'agent nominal et l'agent étranger peuvent être situés ou rattachés à un nœud de commutation MPLS, la mise en tunnel entre l'agent nominal et l'agent étranger étant assurée dans la couche de commutation MPLS. Afin d'éviter le problème de routage triangulaire, les nœuds MPLS peuvent autoriser, par attribution d'une étiquette entre tout nœud de correspondant et tout nœud mobile IP, une association directe qui est la même que l'optimisation de routage de couche IP.

En ce qui concerne la prise en charge du réseau à commutation MPLS, celui-ci peut fournir des tunnels à qualité de service activée et fiable pour le service mobile IP dans les diverses classes d'exigences de service. Les capacités de mise en tunnel par commutation MPLS peuvent être implémentées au niveau de la couche 2 plutôt qu'au niveau de la couche 3 contenant le protocole du service mobile IP, réalisant ainsi un débit utile plus élevé et un surdébit moins élevé pendant l'opération de mise en tunnel. Plus précisément, le réseau à commutation MPLS établi à l'appui des services mobiles en protocole IP possède les caractéristiques suivantes:

- le concept de flux de réseau à commutation MPLS offrira la capacité de circuits virtuels en mode connexion virtuel avec des niveaux acceptables de qualité de service (QS) en termes de temps de transfert et de perte de paquets;
- un tunnel direct peut être établi par transmission directe entre le nœud mobile et le nœud de correspondant alors que la version IPv4 du protocole de service mobile ne le prend pas en charge. Cela peut réduire la consommation globale de ressources ainsi que le surdébit de traitement d'agent nominal;
- les informations contenues dans l'antémémoire d'association de la version IPv6 du protocole de service mobile peuvent être mappées individuellement (application bijective) dans la table d'informations sur les étiquettes de commutation MPLS contenue dans chaque nœud de commutation MPLS, sans nécessiter un quelconque dispositif d'interfonctionnement complexe;

- si les agents nominaux et/ou les agents étrangers peuvent être situés dans le nœud MPLS, les tunnels de couche 3 entre les agents nominaux et les agents étrangers peuvent être insérés dans les tunnels de couche 2 de la couche de commutation MPLS;
- les agents du service mobile et le nœud mobile n'ont aucun besoin d'être informés du réseau infrastructurel à commutation MPLS. C'est-à-dire que les nœuds conformes aux versions IPv4 et IPv6 du service mobile n'ont pas besoin de modifier leurs procédures de mise en tunnel dans le réseau infrastructurel à commutation MPLS;
- le réseau à commutation MPLS peut offrir une connexité transparente de bout en bout sans aucune dégradation de qualité pendant les opérations de transfert de communication (transfert transparent).

Recommandation UIT-T Y.1281

Services mobiles IP sur réseau MPLS

1 Domaine d'application

Le domaine d'application de la présente Recommandation couvre ce qui suit:

- exigences et définitions du service pour les versions IPv4 et IPv6 des services mobiles par commutation multiprotocolaire par étiquetage entre protocoles multiples (MPLS, *multiprotocol label switching*);
- architecture du service afin de prendre en charge le service mobile IP par commutation MPLS;
- scénarios de mise en tunnel de conduits LSP afin de prendre en charge les services mobiles IP par commutation MPLS;
- procédures d'application afin de prendre en charge le service mobile IP par commutation MPLS.

Cependant, ce qui suit est hors du domaine d'application de la présente Recommandation:

- les détails du protocole de signalisation et des formats de paquet pour l'établissement d'un tunnel;
- les détails des procédures d'interfonctionnement entre le réseau mobile IP externe et le réseau à commutation MPLS y compris les paramètres de trafic et de QS;
- les procédures d'insertion et de conversion entre les tunnels IP dans IP situés à l'intérieur du réseau IP mobile et les tunnels de conduit LSP du réseau à commutation MPLS;
- prise en compte de plus d'un seul domaine administratif en protocole MPLS;
- procédures de négociation de la qualité de service entre le nœud mobile IP et le réseau à commutation MPLS;
- algorithmes de routage de réseau à commutation MPLS avec prise en charge de la mobilité.

2 Références

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

2.1 Références normatives

UIT-T

- [1] Recommandation UIT-T Y.1310 (2000), *Transport des services IP sur des connexions ATM dans les réseaux publics*.
- [2] Recommandation UIT-T Y.1311 (2002), *Réseaux virtuels privés fournis par le réseau – Architecture générique et prescriptions de service*.
- [3] Recommandation UIT-T Y.1311.1 (2001), *Réseau privé virtuel IP sur réseau utilisant l'architecture MPLS*.

- [4] Recommandation UIT-T Y.1241 (2001), *Prise en charge des services de type IP utilisant les capacités de transfert IP*.
- [5] Recommandation UIT-T Y.1401 (2000), *Prescriptions générales d'interfonctionnement avec les réseaux à protocole Internet*.
- [6] Recommandation UIT-T Y.1540 (2002), *Service de communication de données par protocole Internet – Paramètres de performance pour le transfert de paquets IP et la disponibilité de ce service*.
- [7] Recommandation UIT-T Y.1541 (2002), *Objectifs de qualité de fonctionnement pour les services en mode IP*.

Groupe IETF

- [8] L. Andersson, et. al., "*LDP Specification*", (Spécification du protocole LDP), RFC 3036, janvier 2001.
- [9] C. Perkins, "*IP Mobility Support for IPv4*", (Prise en charge de la mobilité IP pour IPv4), RFC 3344, août 2002.
- [10] C. Perkins, "*IP Encapsulation within IP*", (Encapsulation de paquets IP dans des paquets IP), RFC 2003, octobre 1996.
- [11] C. Perkins, "*Minimal Encapsulation within IP*", (Encapsulation minimale dans les paquets IP), RFC 2004, octobre 1996.
- [12] E. Rosen, et. al., "*Multiprotocol Label Switching Architecture*", (Architecture de commutation par étiquettes entre protocoles multiples), RFC 3031, janvier 2001.
- [13] D. Awduche, et. al., "*RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels*" (Protocole RSVP-TE: Extensions du protocole RSVP pour tunnels de conduits LSP), RFC 3209, décembre 2001.
- [14] B. Jamoussie, et. al., "*Constraint-Based LSP Setup using LDP*", (Etablissement de conduits LSP en fonction des contraintes au moyen du protocole LDP), RFC 3212, janvier 2002.
- [15] S. Kent et R. Atkinson, "*Security Architecture for the Internet Protocol*", (Architecture de sécurité pour le protocole Internet), RFC 2401, novembre 1998.
- [16] Thomas Narten, Erik Nordmark, "*Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6)*", (Découverte du voisinage pour la version 6 du protocole IP (IPv6)), RFC 2461, décembre 1998.
- [17] F. Le Faucheur, et. al., "*Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Support of Differentiated Services*", (Prise en charge de services différentiels par commutation entre protocoles multiples par étiquettes (MPLS)), RFC 3270, mai 2002.
- [18] P. Ashwood-Smith, et. al., "*Generalized MPLS Signaling – CR-LDP Extensions*", (Signalisation généralisée de la commutation MPLS), RFC 3472, janvier 2003.
- [19] L. Berger, et. al., "*Generalized MPLS Signaling – RSVP-TE Extensions*", (Signalisation généralisée de la commutation MPLS – Extensions du protocole RSVP-TE), RFC 3473, janvier 2003.

2.2 Références informatives

- [20] W. Simpson, "*IP in IP Tunneling*", (Mise en tunnel de paquets IP dans des paquets IP), RFC 1853, octobre 1995.
- [21] S. Hanks, et. al., "*Generic Routing Encapsulation*", (Encapsulation générique du routage (GRE)), RFC 1701, octobre 1994.

- [22] S. Deering, et. al., "*ICMP Router Discovery Messages*", (Messages de découverte de routeur en protocole ICMP), RFC 1256, septembre 1991.
- [23] E. Crawley, et. al., "*A Framework for QS-based Routing in the Internet*", (Cadre de routage en fonction de la qualité de service en protocole IP), RFC 2386, août 1998.
- [24] S. Blake, et. al., "*An Architecture for Differentiated Service*", (Architecture de service différentiel), RFC 2475, décembre 1998.
- [25] C. De Laat, et. al., "*Generic AAA Architecture*", (Architecture générique de serveur AAA), RFC 2903, août 2000.
- [26] S. Glass, et. al., "*Mobile IP Authentication, Authorization, and Accounting Requirements*", (Exigences d'authentification, d'autorisation et de comptabilisation (AAA) dans le service mobile IP), RFC 2977, octobre 2000.
- [27] P. Ferguson and D. Senie, "*Network Ingress Filtering: Defeating Denial of Service Attacks which employ IP Source Address Spoofing*", (Rejet des attaques par déni de service faisant appel à une imitation d'adresse IP d'origine), RFC 2267, janvier 1998.
- [28] C. Perkins and Pat R. Calhoun, "*AAA Registration Keys for Mobile IP*", (Clés d'enregistrement de serveur AAA pour services mobiles IP), <draft-ietf-mobileip-aaa-key-13.txt>, juin 2003.
- [29] David B. Johnson, et. al., "*Mobility Support in IPv6*", (Prise en charge de la mobilité dans la version IPv6), <draft-ietf-mobileip-ipv6-22.txt>, juin 2003.
- [30] Thomas D. Nadeau, et. al., "*Multiprotocol Label Switching (MPLS) Management Overview*", (Vue d'ensemble de la gestion en commutation d'étiquettes entre protocoles multiples), <draft-ietf-mpls-mgmt-overview-06.txt> juin 2003.
- [31] G. Tsirtsis, "*Fast Handovers for Mobile IPv6*", (Transferts rapides pour services mobiles IPv6), <draft-ietf-mobileip-agents FAt-mipv6-06.txt>, mars 2003.
- [32] E. Gustafsson, et. al., "*Mobile IPv4 Regional Registration*", <draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-07.txt> (Enregistrement régional des services mobiles en IPv4), octobre 2002.
- [33] Pat R. Calhoun, et. al., "*Diameter Base Protocol*", (Protocole au niveau d'un diamètre de serveur), <draft-ietf-aaa-diameter-17.txt>, décembre 2002.
- [34] Pat R. Calhoun, et. al., "*Diameter Mobile Version IPv4 Application*", (Application de services mobiles IPv4 dans un diamètre de serveur), <draft-ietf-aaa-diameter-mobileip-14.txt>, avril 2002.

3 Termes et Définitions

En relation avec la version IPv4 du service mobile, la version IPv6 du service mobile et les nœuds MPLS, la présente Recommandation définit les termes suivants:

3.1 découverte d'agent: signalement possible de la disponibilité des agents nominaux et des agents étrangers (par un signalement d'agent) sur chaque liaison à laquelle ils fournissent un service. Un nœud mobile récemment arrivé peut envoyer une sollicitation (d'agent) [9] sur la liaison afin de savoir si des agents potentiels sont présents.

3.2 nœud d'ancrage: nœud de commutation MPLS capable de modifier le trajet de routage quand un meilleur prochain bond devient disponible à un routeur LSR dans le conduit LSP pendant la durée de transfert du nœud mobile. Le nœud d'ancrage offre le point de transition de l'ancien conduit LSP au nouveau conduit LSP entre le nœud de correspondant et la position du nouveau nœud mobile.

- 3.3 acquittement d'association:** message d'acquiescement d'association servant à accuser réception d'un message de mise à jour d'association [29].
- 3.4 antémémoire d'association:** antémémoire d'associations de mobilité entre nœuds mobiles, tenue à jour par un nœud pour utilisation dans des paquets de mise en tunnel vers ces nœuds mobiles [29].
- 3.5 mise à jour d'association:** message indiquant une association de mobilité actuelle d'un nœud mobile et en particulier son adresse d'entretien [22].
- 3.6 nœud de correspondant (CN):** homologue avec lequel un nœud mobile est en train de communiquer. Un nœud de correspondant peut être mobile ou stationnaire [9].
- 3.7 adresse d'entretien (CoA):** extrémité d'un tunnel allant vers un nœud mobile, pour des paquets réacheminés au nœud mobile alors que celui-ci est à distance de son point de rattachement nominal. Le protocole peut utiliser deux types différents d'adresse d'entretien: une "adresse d'entretien d'agent étranger" est une adresse d'agent étranger avec laquelle le nœud mobile est enregistré et une "adresse d'entretien copositionnée" est une adresse locale obtenue de l'extérieur, que le nœud mobile a associée à une de ses propres interfaces avec le réseau [9]. Dans la version IPv6, parmi les multiples adresses d'entretien qu'un nœud mobile peut avoir à tout moment donné (par exemple avec différents préfixes de sous-réseau), celle qui a été enregistrée avec l'agent nominal du nœud mobile est appelée son "*adresse d'entretien primaire*" [29].
- 3.8 agent étranger (FA):** routeur placé dans le réseau étranger d'un nœud mobile, qui offre des services de routage à ce nœud mobile tant que celui-ci est enregistré. L'agent étranger extrait des paquets qui ont été mis en tunnel par l'agent nominal du nœud mobile [9] et les remet à ce nœud mobile.
- 3.9 classe d'équivalence de réacheminement (FEC):** groupe de paquets IP qui sont réacheminés de la même façon (par exemple, sur le même conduit, avec le même traitement de réacheminement) [12].
- 3.10 agent-passerelle étranger (GFA):** agent étranger qui possède une adresse IP pouvant être routée par le public [32].
- 3.11 routeur/agent nominal-passerelle:** un ou plusieurs routeur(s) LER/agent(s) HA chargé(s) d'un domaine administratif spécifique (défini par l'opérateur du réseau), dans lequel les nœuds mobiles enregistrent leur adresse d'entretien actuelle.
- 3.12 routeur/agent à l'étranger-passerelle:** un ou plusieurs routeur(s) LER/agent(s) FA chargé(s) d'un domaine administratif spécifique (défini par l'opérateur du réseau).
- 3.13 adresse nominale:** adresse IP attribuée à un nœud mobile, utilisée comme adresse permanente du nœud mobile. Cette adresse est située à l'intérieur de la liaison de rattachement nominal du nœud mobile. Des mécanismes normalisés de routage IP achemineront jusqu'à leur liaison de rattachement nominal [29] les paquets destinés à une adresse nominale du nœud mobile.
- 3.14 agent nominal (HA):** routeur placé dans une liaison de rattachement nominal d'un nœud mobile, auprès duquel le nœud mobile a enregistré son adresse d'entretien actuelle. Lorsque le nœud mobile est à distance de son point de rattachement nominal, l'agent nominal intercepte sur la liaison de rattachement nominal les paquets destinés à l'adresse nominale du nœud mobile, les encapsule et les met en tunnel vers l'adresse d'entretien enregistrée du nœud mobile [29].
- 3.15 encapsulation IP dans IP:** insertion d'un en-tête IP extérieur avant l'en-tête IP existant dans un datagramme IP, de façon à l'encapsuler [10], [11].
- 3.16 couche 2 (L2):** couche protocolaire située au-dessous de la couche 3 (qui offre donc les services utilisés par la couche 3). Quand il est effectué par la commutation de brèves étiquettes de longueur fixe, le réacheminement se produit dans la couche 2 sans considération de la question de

savoir si l'étiquette examinée est un identificateur VPI/VCI du mode ATM, un identificateur DLCI de relais de trame, ou une étiquette de commutation MPLS [12].

3.17 couche 3 (L3): couche protocolaire dans laquelle le protocole IP et ses protocoles de routage associés exploitent une couche Liaison de données analogue à la couche 2 [12].

3.18 routeur périphérique d'étiquettes (LER): nœud de commutation MPLS qui connecte un domaine de commutation MPLS à un nœud qui est à l'extérieur de ce domaine, parce qu'il n'exploite pas le protocole MPLS et/ou parce qu'il est dans un domaine différent [12].

3.19 routeur périphérique d'étiquettes/agent étranger (LER/FA): nœud périphérique de commutation MPLS ayant des fonctions d'agent étranger. Noter qu'il n'est pas nécessaire d'avoir un agent étranger dans la version IPv6 [routeur LER dans la version IPv6].

3.20 routeur périphérique d'étiquettes/agent nominal (LER/HA): nœud périphérique de commutation MPLS ayant des fonctions d'agent nominal.

3.21 conduit commuté par étiquette (LSP): conduit passant par un ou plusieurs routeurs LER/LSR à un même niveau hiérarchique, suivi par des paquets d'une classe FEC particulière [12].

3.22 routeur à commutation par étiquette (LSR): nœud de commutation MPLS qui est capable de réacheminer des paquets issus de la couche 3 [12].

3.23 agent de mobilité: agent nominal ou agent étranger [9].

3.24 association de mobilité: association d'une adresse nominale et d'une adresse d'entretien, assortie de la durée de vie restante de cette association [9].

3.25 domaine de commutation MPLS: ensemble de nœuds contigus qui exploitent le routage et le réacheminement par commutation MPLS et qui sont également dans un même domaine de routage ou dans un même domaine administratif [12].

3.26 nœud mobile (MN): nœud qui peut changer son point de rattachement d'une liaison à une autre tout en restant atteignable au moyen de son adresse nominale [29].

3.27 nœud MPLS de sortie ou routeur LER de sortie: nœud périphérique de commutation MPLS dont le rôle est de traiter le trafic lorsque celui-ci quitte un domaine de commutation MPLS [12].

3.28 nœud MPLS d'entrée ou routeur LER d'entrée: nœud périphérique de commutation MPLS dont le rôle est de traiter le trafic lorsque celui-ci entre dans un domaine de commutation MPLS [12].

3.29 nœud de commutation MPLS: nœud qui exploite le protocole MPLS (par exemple, routeurs LER et LSR). Un nœud de commutation MPLS sera informé des protocoles de commande de commutation MPLS, exploitera un ou plusieurs protocoles de routage dans la couche 3 et sera capable de réacheminer des paquets sur la base d'étiquettes. Un nœud de commutation MPLS peut (en option) être également capable de réacheminer des paquets issus de la couche 3 [12].

3.30 extension de conduit: quand un nœud mobile se déplace et s'enregistre auprès d'un nouvel agent étranger, les datagrammes IP destinés à l'ancien agent étranger sont mis en tunnel vers la nouvelle adresse d'entretien du nœud mobile [29].

3.31 agent étranger régional (RFA): agent étranger qui peut être la cible d'une demande d'enregistrement régional [32].

3.32 optimisation de route: moyen permettant à tout nœud de conserver la connexité directe des conduits jusqu'au nœud de destination du service mobile. Lors de l'envoi d'un datagramme IP à un nœud mobile, si l'expéditeur possède une entrée dans l'antémémoire d'associations pour ce nœud mobile, cet expéditeur peut mettre en tunnel le datagramme directement vers l'adresse d'entretien [29].

3.33 enregistrement régional: exécution par un nœud mobile d'un enregistrement local dans le domaine étranger par envoi d'une demande d'enregistrement régional à un agent RFA/GFA et réception d'une réponse d'enregistrement régional en retour [32].

3.34 association de sécurité: "connexion" à l'alternat qui offre des services de sécurité au trafic qu'elle transporte. Les services de sécurité sont fournis à une association de sécurité au moyen des protocoles d'authentification [29].

3.35 transfert transparent: quand un nœud mobile se déplace d'une ancienne adresse d'entretien à une nouvelle adresse d'entretien et s'enregistre auprès d'un agent étranger, les datagrammes IP interceptés par l'agent nominal après le nouvel enregistrement sont mis en tunnel vers la nouvelle adresse d'entretien du nœud mobile. Mais les datagrammes en chemin qui ont déjà été interceptés par l'agent nominal et mis en tunnel vers l'ancienne adresse d'entretien pendant le déplacement du nœud mobile sont habituellement destinés à être perdus et sont censés être réexpédiés par des protocoles de couche supérieure, au besoin. L'ancien agent étranger supprime finalement son entrée dans la liste des visiteurs pour le nœud mobile dès l'expiration de la durée de vie de l'enregistrement. La capacité de transfert transparent permet à l'ancien agent étranger du nœud mobile de recevoir une notification fiable de la nouvelle association de mobilité du nœud mobile, ce qui permet de réacheminer vers leur nouvelle adresse d'entretien les datagrammes en chemin de transport vers l'ancienne adresse du nœud mobile d'entretien [29].

3.36 routage triangulaire: situation dans laquelle les paquets d'un nœud de correspondant destinés à un nœud mobile suivent un conduit qui est plus long que le conduit optimal parce que ces paquets doivent toujours être réacheminés vers le nœud mobile au moyen un agent nominal [29].

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

AP	point d'accès (<i>access point</i>)
ARP	protocole de résolution d'adresse (<i>address resolution protocol</i>)
BA	agrégat comportemental (<i>behaviour aggregate</i>)
CN	nœud de correspondant (<i>correspondent node</i>)
CoA	adresse d'entretien (<i>care-of address</i>)
CR-LDP	protocole de distribution par étiquettes en fonction des contraintes (<i>constraint-based label distribution protocol</i>)
DHCP	protocole de configuration de serveur dynamique (<i>dynamic host configuration protocol</i>)
DiffServ	service différentiel (<i>differential service</i>)
DLCI	identificateur de connexion de liaison de données (<i>data link connection identifier</i>)
DNS	service de nom de domaine (<i>domain name service</i>)
DSCP	point de code des services différenciés (<i>diffserv code point</i>)
FA	agent (de rattachement) étranger (<i>foreign agent</i>)
FEC	classe d'équivalence de réacheminement (<i>forwarding equivalence class</i>)
FIB	base de données de réexpédition (<i>forwarding information base</i>)
GFA	agent-passerelle étranger (<i>gateway foreign agent</i>)
HA	agent nominal (<i>home agent</i>)
ICMP	protocole de messagerie de commande Internet (<i>Internet control message protocol</i>)

IPv4	version 4 du protocole Internet (<i>Internet protocol version 4</i>)
IPv6	version 6 du protocole Internet (<i>Internet protocol version 6</i>)
L2	couche 2 (<i>layer 2</i>)
L3	couche 3 (<i>layer 3</i>)
LAN	réseau local (<i>local area network</i>)
LDP	protocole de distribution avec étiquette (<i>label distribution protocol</i>)
LER	routeur périphérique utilisant des étiquettes (<i>label edge router</i>)
LER/FA	routeur périphérique utilisant des étiquettes/agent (de rattachement) étranger (<i>label edge router/foreign agent</i>)
LER/HA	routeur périphérique utilisant des étiquettes/agent nominal (<i>label edge router/home agent</i>)
LIB	base de données d'étiquettes (<i>label information base</i>)
LSP	chemin commuté avec étiquette (<i>label switched path</i>)
LSR	routeur à commutation par étiquette (<i>label switching router</i>)
MIPv4oMPLS	version IPv4 du service mobile par réseau à commutation MPLS (<i>mobile IPv4 over MPLS</i>)
MIPv6oMPLS	version IPv6 du service mobile par réseau à commutation MPLS (<i>mobile IPv6 over MPLS</i>)
MN	nœud mobile (<i>mobile node</i>)
MPLS	commutation multiprotocolaire par étiquetage (<i>multiprotocol label switching</i>)
NNI	interface de nœud de réseau (<i>network node interface</i>)
PHB	comportement par saut (<i>per hop behaviour</i>)
QS	qualité de service
Resv	réservé
RFA	agent étranger régional (<i>regional foreign agent</i>)
RSVP-TE	protocole de réservation de ressource – ingénierie du trafic (<i>resource reservation protocol – traffic engineering</i>)
SLA	convention sur le niveau de service (<i>service level agreement</i>)
SNMP	protocole simple de gestion de réseau (<i>simple network management protocol</i>)
TCP	protocole de commande de transmission (<i>transmission control protocol</i>)
TLV	type, longueur et valeur (<i>type, length and value</i>)
UDP	protocole datagramme d'utilisateur (<i>user datagram protocol</i>)
UNI	interface utilisateur-réseau (<i>user network interface</i>)
VPI/VCI	identificateur de conduit/voie virtuelle (<i>virtual path identifier/virtual channel identifier</i>)
VPN	réseau privé virtuel (<i>virtual private network</i>)

5 Définitions et exigences du service

5.1 Définitions du service

5.1.1 Service MIPv4 par commutation MPLS (MIPv4oMPLS)

Un nœud mobile exploitant le protocole IPv4 doit toujours être capable de communiquer avec d'autres nœuds connectés aux autres parties de son rattachement au réseau à commutation MPLS et de modifier le point de rattachement de sa couche Liaison de données dans le réseau à commutation MPLS sans modifier son adresse IP. Chaque fois qu'il modifie son point de rattachement, un nœud mobile ne perd pas sa capacité de communiquer avec d'autres nœuds.

Un service utilisant la version IPv4 du service mobile par commutation MPLS vise à permettre à des nœuds de se déplacer d'un domaine de commutation MPLS à un autre. Il est donc approprié à la mobilité entre divers domaines de commutation MPLS. Concernant la gestion des transferts de communication entre les domaines de commutation MPLS, du moment que le déplacement du nœud ne se produit pas entre des points de rattachement à différents domaines de commutation MPLS, des mécanismes de mobilité dans la couche 2 (c'est-à-dire un transfert dans la couche Liaison de données) peuvent offrir une convergence plus rapide et un surdébit moindre que par le service mobile IP. Le service mobile selon la version IPv4 par commutation MPLS peut fournir les conduits LSP entre différents sous-réseaux IP du service mobile.

Dans les applications de commutation MPLS associées à l'ingénierie du trafic, il est souhaitable d'établir un conduit explicitement routé, du routeur LER d'entrée au routeur LER de sortie. Il est également souhaitable d'appliquer des réservations de ressource sur le parcours de ce conduit LSP.

5.1.2 Service MIPv6 par commutation MPLS (MIPv6oMPLS)

Dans la version IPv6 du service mobile, l'optimisation du routage est intégrée dans le protocole en tant que partie fondamentale. La capacité d'optimisation du routage permet un routage direct de tout nœud de correspondant à tout nœud mobile sans qu'il soit nécessaire de passer par le réseau nominal de rattachement du nœud mobile afin d'effectuer un réacheminement par son agent nominal, ce qui élimine le problème du "routage triangulaire" présent dans la version IPv4 du protocole de service mobile. La fonction d'enregistrement et l'optimisation de fonction de routage sont effectuées par un seul protocole plutôt que par deux protocoles distincts dans version IPv4 du service mobile. Ces fonctions peuvent remettre les paquets sûrement et efficacement à travers le réseau à commutation MPLS. Deux conduits LSP du nœud mobile peuvent être établis respectivement au niveau de l'agent nominal (pour enregistrement) et à celui du nœud de correspondant (pour optimisation de route).

Pendant qu'un nœud mobile est à distance de son point de rattachement nominal, son agent nominal intercepte tous les paquets qui arrivent au réseau nominal de rattachement du nœud mobile, au moyen de la découverte du voisinage selon la version IPv6 comme celle qui est utilisée dans la version IPv4 du service mobile. L'utilisation de la découverte du voisinage améliore la robustesse du protocole de service mobile IP et dissocie le service mobile IP de toute couche Liaison de données particulière, contrairement au protocole IPv4 (par utilisation du protocole de résolution d'adresse ARP).

Pendant qu'il est à distance de son point de rattachement nominal, un nœud mobile inscrit ses adresses d'entretien auprès de son agent nominal. La relation établie entre adresse nominale et adresse d'entretien est dénommée "association" pour le nœud mobile. Celui-ci effectue cet enregistrement d'association par envoi d'un message de "mise à jour d'association" à l'agent nominal. La procédure de mise à jour d'association permet de vérifier qu'un nœud mobile est atteignable à son adresse nominale et à son adresse d'entretien. Lors de l'envoi d'un paquet à une destination IPv6, un nœud vérifie l'antémémoire de ses associations afin de détecter une entrée contenant l'adresse de destination de ce paquet. Si une association antémémorisée pour cette adresse de destination est trouvée, le nœud utilise un nouveau type d'en-tête de routage IPv6. Le conduit

LSP entre le nœud de correspondant et l'adresse d'entretien du nœud mobile assortie de son association antémémorisée peut être établi avec réservation de largeur de bande appropriée.

5.2 Exigences de service

5.2.1 Exigences générales

Afin de prendre en charge les versions IPv4 et IPv6 des services mobiles, le réseau à commutation MPLS satisfait aux exigences générales suivantes:

- la position des nœuds mobiles est enregistrée auprès du routeur/agent nominal-passerelle;
- le routeur LER ou LER/FA conserve les informations des nœuds mobiles à l'extrémité des tunnels de conduit LSP, dans laquelle l'encapsulation ou la décapsulation des paquets est effectuée au moyen des informations d'en-tête d'étiquette;
- par sécurité, une fonction de filtrage peut être ajoutée au routeur LER d'entrée [27];
- un conduit commuté par étiquette ayant le niveau de qualité de service demandé, le cas échéant, est fourni entre le routeur LER d'entrée et le routeur LER de sortie;
- une interruption de service minimisée est requise au moment du transfert. Le niveau de qualité de service négocié devrait être tenu à jour pendant le transfert.

5.2.2 Exigences relatives au service MIPv4oMPLS

- *Exigences relatives à la connexité*

Un nœud mobile doit toujours être capable de communiquer avec d'autres nœuds après avoir modifié son point de rattachement dans la couche Liaison de données au réseau à commutation MPLS, mais sans modifier son adresse nominale IP. Pendant le transfert, la connexité transparente est fournie par l'obtention de l'adresse d'entretien du nœud mobile à la position étrangère.

- *Exigences relatives à la découverte d'agent*

Les agents de mobilité (c'est-à-dire les agents étrangers et les agents nominaux) signalent leur présence par des messages de signalement d'agent. Un nœud mobile peut (à titre d'option) solliciter le signalement de tout agent de mobilité ayant un rattachement local.

- *Exigences relatives à la gestion des positions et à l'enregistrement*

Quand un nœud mobile détecte qu'il est situé à une position étrangère, il obtient une adresse d'entretien et exploite les services de mobilité par enregistrement auprès de son agent nominal. Quand il revient à sa position de rattachement nominal, le nœud mobile se désinscrit auprès de son agent nominal. Le nœud MPLS met à jour en conséquence la table des étiquettes de correspondant antémémorisées.

- *Exigences relatives au routage*

Aucune exigence de routage additionnelle n'est imposée au réseau à commutation MPLS. Quand un nœud mobile est à distance de la position de son point de rattachement nominal, l'optimisation de route au moyen d'un conduit LSP à transmission directe entre le nœud mobile et le nœud de correspondant peut servir à éviter le routage triangulaire.

- *Exigences relatives à la sécurité*

L'environnement d'un réseau mobile peut être très différent de celui du réseau fixe. Très souvent, les nœuds mobiles seront connectés au réseau par des liaisons sans fil. Les conduits LSP par liaisons sans fil sont particulièrement exposés aux attaques par interception passive, par réexécution active et autres attaques délibérées.

Les agents nominaux et les nœuds mobiles doivent toujours être capables d'exécuter l'authentification.

5.2.3 Exigences relatives au service MIPv6oMPLS

- *Exigences relatives à la version IPv6 du protocole de service mobile*

Pendant qu'il est à distance de son point de rattachement nominal, un nœud mobile IPv6 est associé à une adresse d'entretien copositionnée, qui fournira des informations sur la position actuelle du nœud mobile. Les paquets IPv6 destinés à une adresse nominale du nœud mobile sont routés en transparence vers son adresse d'entretien copositionnée.

- *Exigences relatives à l'optimisation de route (ou à la mise à jour d'association)*

La version IPv6 du protocole de service mobile permet aux nœuds IPv6 d'antémémoriser l'association d'une adresse nominale du nœud mobile avec son adresse d'entretien, puis d'envoyer tout paquet destiné au nœud mobile directement à celui-ci par cette adresse d'entretien. Les conduits LSP sont directement établis entre le nœud mobile et le nœud de correspondant avec les informations relatives aux associations antémémorisées.

6 Architecture du service

6.1 Aperçu général

6.1.1 Introduction

Le réseau infrastructurel à commutation MPLS peut construire le réseau IP mobile à grande échelle. Un nœud mobile peut communiquer avec tout autre nœud fixe ou mobile au moyen du routeur périphérique utilisant des étiquettes (LER, *label edge router*). Le routeur LER est capable de réacheminer des paquets IP en les encapsulant. Le paquet muni d'une étiquette codée parcourt une route particulière dans le réseau à commutation MPLS étant donné qu'une étiquette sert à représenter la route explicite et est codée selon la classe de qualité de service (QS) demandée. Il définit la signalisation normalisée de commutation MPLS (par exemple, le protocole de distribution d'étiquettes) afin de prendre en charge l'interfonctionnement entre vendeurs multiples. De cette façon, le réseau à commutation MPLS apporte des avantages notables à un réseau IP en mode connexion.

La logique de réacheminement par protocole MPLS est fondée sur l'algorithme de commutation d'étiquettes. L'en-tête MPLS permet à tout protocole exploitant la couche Liaison de données de transporter une étiquette de commutation MPLS de façon qu'elle puisse bénéficier de la commutation d'étiquettes dans un conduit LSP.

A la différence des routeurs normaux, les routeurs LSR du protocole MPLS établissent un conduit entre les extrémités d'une connexion dans un réseau et envoient les paquets dans ce conduit. Ce conduit LSP reste une connexion virtuelle, qui partage la largeur de bande du circuit physique. Contrairement au routage sans connexion, les routeurs LSR peuvent définir les paramètres de la connexion virtuelle, y compris la vitesse et la priorité admissibles. Cet aspect est essentiel afin que le routeur LSR puisse gérer la largeur de bande et la qualité de service. L'en-tête MPLS réalise les objectifs fondamentaux de l'identification des flux. Le protocole MPLS permet de déduire de l'étiquette, complètement ou partiellement, la préséance ou la classe de service. Dans ce cas, l'on peut en conclure que l'étiquette représente la combinaison d'une classe FEC, d'une préséance et/ou d'une classe de service.

Dans un domaine de service différentiel (DiffServ) tous les paquets IP traversant une liaison et nécessitant le même comportement de service différentiel sont considérés comme constituant un agrégat comportemental (BA). Au nœud d'entrée du domaine DiffServ, les paquets sont classifiés et marqués avec un point de code des services différenciés (DSCP, *differentiated services code point*), ce qui correspond à leur agrégat comportemental. A chaque nœud de transit, le point DSCP sert à sélectionner le comportement par saut (PHB, *per hop behaviour*) qui détermine le traitement de planification et, parfois, la probabilité d'abandon de chaque paquet. Cela permet au réseau à commutation MPLS de sélectionner la façon dont les agrégats comportementaux de service

différentié (BA) sont insérés dans des chemins commutés avec étiquette (LSP, *label switched path*) de façon qu'ils puissent concorder avec les objectifs relatifs aux services différentiels, à l'ingénierie du trafic et à la protection dans un réseau particulier.

Afin de prendre en charge le service mobile, le réseau à commutation MPLS doit intégrer l'agent étranger et l'agent nominal. Par combinaison ou union des fonctions de l'agent nominal et de l'agent étranger dans le nœud MPLS, le réseau à commutation MPLS peut avoir la capacité de gérer le nœud mobile. L'agent nominal et/ou l'agent étranger peuvent être situés dans les nœuds MPLS qui sont appelés LER/HA et LER/FA. Les paquets interceptés par les routeurs LER/HA sont encapsulés dans ce cas au moyen d'une étiquette et sont mis en tunnel à la position actuelle du nœud mobile au moyen d'un routeur LER/FA. Le conduit LSP entre l'agent nominal et l'agent étranger sert de tunnel avec la qualité de service. Les deux protocoles de signalisation MPLS, CR-LDP et RSVP-TE, peuvent servir à établir le tunnel LSP entre les agents du service mobile (c'est-à-dire l'agent étranger et l'agent nominal) au moyen du réseau à commutation MPLS. Les tunnels IP dans IP entre l'agent nominal et l'agent étranger sont fusionnés en un ou plusieurs conduits LSP au moyen du réseau à commutation MPLS [10], [11]. Afin d'éviter le problème de routage triangulaire posé habituellement par la version originale IPv4 du protocole de service mobile, un conduit LSP direct peut être établi entre tout nœud de correspondant et tout nœud mobile. Quand un nœud mobile se déplace vers une région voisine, les conduits LSP existants sont prolongés sans interruption de service parce que le transfert transparent peut être appliqué. Les procédures de reroutage de conduit peuvent être également utilisées afin d'éviter le routage triangulaire et fournir le conduit direct.

Afin d'établir les conduits LSP entre nœud de correspondant et nœud mobile, quatre types de scénarios de mise en tunnel de conduits LSP peuvent intervenir, comme suit:

- le scénario 1 (de mise en tunnel dans la version IPv4 du service mobile par commutation MPLS) applique les services mobiles IPv4 de base sur le réseau à commutation MPLS par établissement du conduit LSP entre le nœud de correspondant et le nœud mobile. C'est une extension naturelle de la version IPv4 existante du protocole de service mobile au moyen d'un agent nominal. Le routeur LER d'entrée intercepte les paquets entrants à réacheminer vers le nœud mobile au moyen aussi bien du routeur LER/HA que du routeur LER/FA de sortie. Dans ce scénario, deux conduits LSP sont respectivement requis entre le routeur LER d'entrée et le routeur LER/HA et entre celui-ci et le routeur LER/FA de sortie;
- le scénario 2 (d'optimisation de route dans la version IPv4 du service mobile par commutation MPLS) applique l'optimisation de route sur le réseau à commutation MPLS afin d'éviter le problème de routage triangulaire posé par la version IPv4 du protocole de service mobile. Un conduit LSP de transmission directe entre routeur LER d'entrée et routeur LER/FA de sortie est utilisé sans routage au moyen de l'agent nominal;
- le scénario 3 (de mise à jour d'association dans la version IPv6 du service mobile par commutation MPLS) applique la procédure de mise à jour d'association selon la version IPv6 du protocole de service mobile afin d'antémémoriser les informations d'association d'une adresse nominale du nœud mobile avec son adresse d'entretien. Il n'est pas besoin d'agents étrangers comme dans la version IPv4 du service mobile. Les conduits LSP entre routeur LER d'entrée et routeur LER de sortie remettent en transparence les paquets au nœud mobile;
- le scénario 4 (de mise en tunnel dans le service mobile IP en commutation MPLS hiérarchique) applique la version IPv4 hiérarchisée du service mobile ou le protocole IPv6 par réseau à commutation MPLS. Les agents du service mobile pertinents sont situés dans les nœuds MPLS hiérarchiques. Ce scénario effectue l'enregistrement régional localement, par exemple auprès d'un agent FA régional et d'un agent FA passerelle. En cas de transfert, ces agents FA jouent un rôle de nœud d'ancrage afin d'effectuer le reroutage de conduits LSP vers une zone étrangère.

De plus amples détails sont fournis dans le § 6.3.

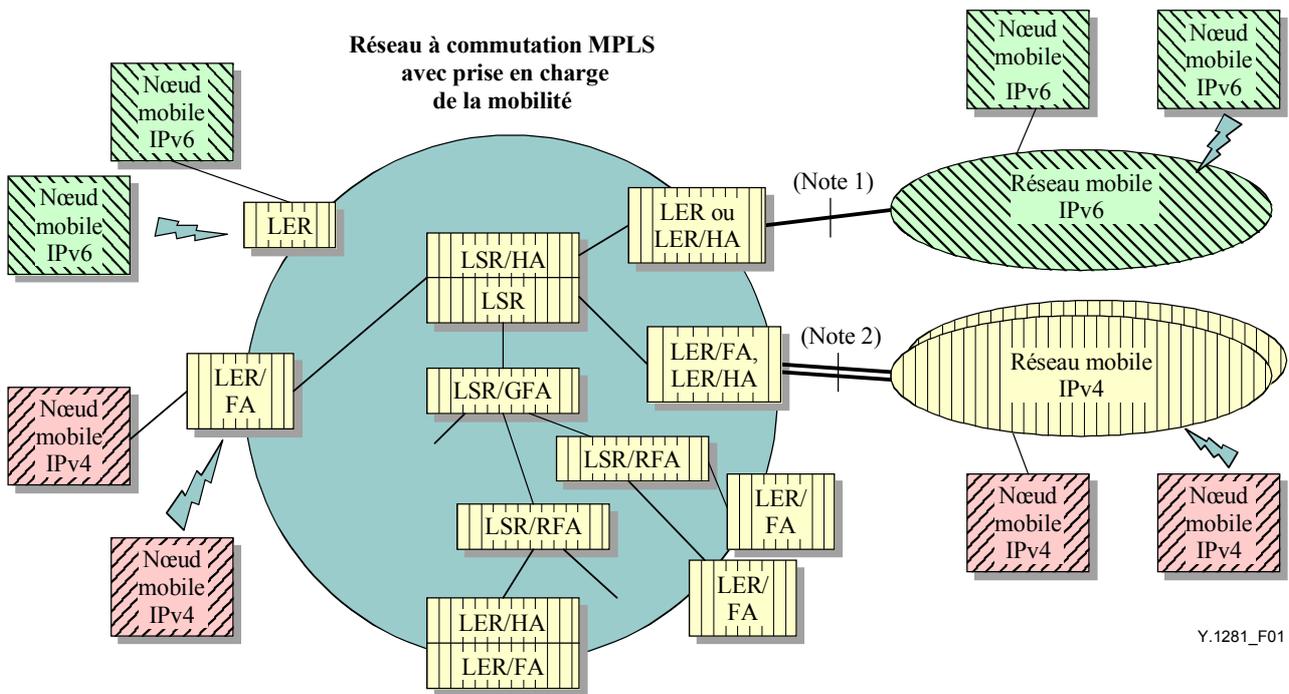
6.1.2 Hypothèses

- Un seul domaine administratif en protocole MPLS est concerné. Les réseaux MPLS interdomaniaux entre différents opérateurs de réseau sont hors du domaine d'application.
- Il n'y a pas d'exigences additionnelles concernant le réseau à commutation MPLS afin de prendre en charge des caractéristiques des versions IPv4 et IPv6 du protocole de service mobile telles que la découverte d'agent et la gestion des positions.
- Tous les nœuds mobiles sont directement connectés à des routeurs LER/agents FA. Si un ou plusieurs réseaux IP mobiles sont rattachés à un routeur LER/FA, où un certain nombre d'agents HA et FA composent un seul réseau IP mobile, les liaisons avec ce routeur LER/FA sont émulées comme une interface directe avec un nœud mobile. Dans ce cas, le routeur LER/FA peut être un routeur-passerelle externe du réseau IP mobile rattaché permettant de communiquer avec le monde extérieur.
- Les routeurs LER ont un rôle d'agent étranger afin d'identifier les nœuds mobiles visiteurs. Dans la version IPv6 du service mobile par commutation MPLS, le routeur LER peut avoir également une fonction de filtrage du trafic entrant. L'agent nominal peut être situé dans les nœuds de routeur LER ou LSR selon la prise en compte d'une adresse nominale du service mobile IP.
- Le processus de réacheminement sur le réseau à commutation MPLS est déduit du trafic de datagrammes IP (c'est-à-dire le trafic en protocole UDP) ainsi que le trafic IP de type flux (c'est-à-dire le trafic TCP).
- Les routeurs LER/HA et LER/FA doivent toujours prendre en charge les associations de sécurité.

6.2 Architecture de référence

La Figure 1 présente le modèle de référence de réseau à commutation MPLS afin de prendre en charge les versions IPv4 et IPv6 des services mobiles.

Dans cette figure, l'agent HA est situé au routeur LER ou LSR. L'agent FA n'est situé que dans le routeur LER. Les agents GFA et RFA du réseau hiérarchique à commutation MPLS sont situés dans le routeur LSR mais il n'y a pas d'agent FA pour le réseau en version IPv6.



NOTE 1 – Cette interface émule les nœuds mobiles IPv6. Le routeur LER, en tant que routeur-passerelle périphérique, est chargé du réseau mobile IPv6 rattaché.

NOTE 2 – Cette interface émule les nœuds mobiles IPv4. Le routeur LER, en tant que routeur-passerelle périphérique, est chargé du réseau mobile IPv4 rattaché.

**Figure 1/Y.1281 – Architecture de référence de réseau à commutation MPLS
avec prise en charge de la mobilité**

NOTE – L'interfonctionnement entre réseaux IP mobiles et le réseau à commutation MPLS est hors du domaine d'application de la présente Recommandation. L'architecture de références pour les versions IPv4 et IPv6 du service mobile est fournie dans l'Appendice I.

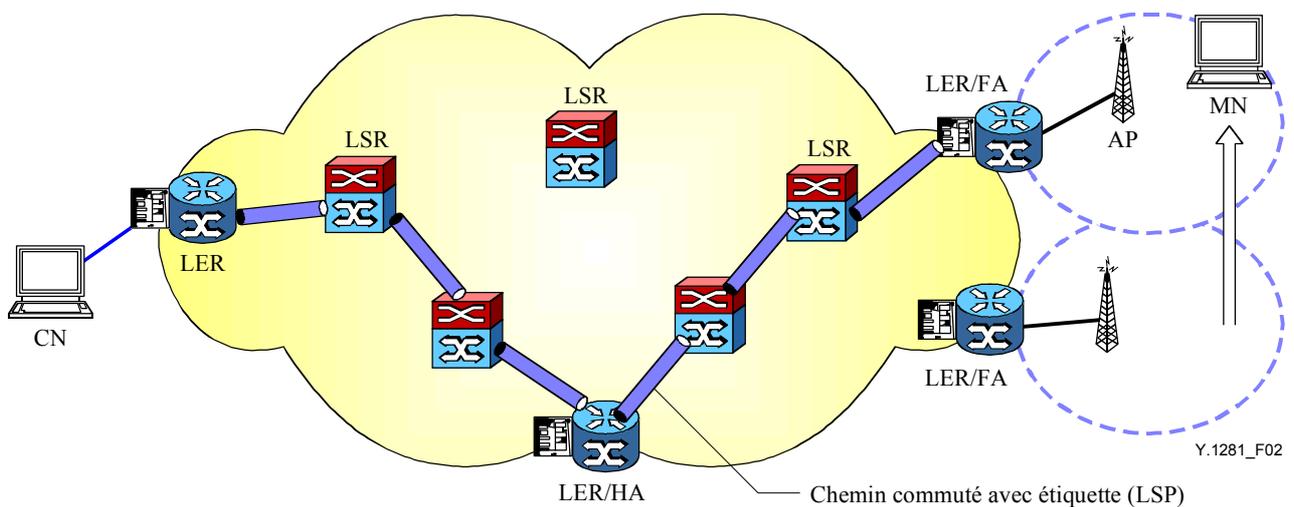
6.3 Scénarios de mise en tunnel dans un conduit LSP

6.3.1 Scénario de mise en tunnel dans la version IPv4 du service mobile par commutation MPLS

Ce scénario décrit les mécanismes de mise en tunnel MPLS afin de prendre en charge la version IPv4 du service mobile. Alors que le nœud mobile se déplace vers une zone étrangère, le routeur LER/HA intercepte les paquets possédant une adresse nominale IP de nœud mobile et les réexpédie au routeur LER/FA chargé de la zone de visite temporaire du nœud mobile. Le conduit LSP offre des tunnels de couche 2 sans encapsulation IP dans IP [10], [11]. Noter que le tunnel IP dans IP utilise la capacité de réacheminement dans la couche 3. Le routeur LER d'entrée réexpédie les paquets IP au routeur LER/FA de sortie du nœud mobile étranger, à destination finale de l'agent de rattachement nominal. L'ensemble du processus de réacheminement est effectué dans la couche de commutation MPLS.

Etant donné que l'en-tête d'étiquette est beaucoup plus petit que l'en-tête d'encapsulation IP, le surdébit dû à la mise en tunnel de l'agent nominal à l'agent étranger est également réduit. En outre, un conduit LSP satisfaisant aux exigences de qualité de service (QS) et d'ingénierie du trafic pourra être établi par protocole CR-LDP ou RSVP-TE.

La Figure 2 montre le scénario de mise en tunnel dans la version IPv4 du service mobile par commutation MPLS. Dans ce scénario, un routeur LER/HA intercepte les paquets et les réexpédie au nœud mobile.



LER routeur périphérique utilisant des étiquettes
 LSR routeur à commutation utilisant des étiquettes
 HA agent nominal
 FA agent étranger
 MN nœud mobile
 AP point d'accès
 CN nœud de correspondant

Figure 2/Y.1281 – Scénario de mise en tunnel dans la version IPv4 du service mobile par commutation MPLS

Dans ce scénario, tous les agents nominaux et les agents étrangers peuvent être situés dans les routeurs LER. Les chemins LSP peuvent être établis de la même façon que des "tunnels" sont établis entre l'agent nominal et l'agent étranger. Dans la version IPv4 du service mobile, en outre, il peut s'agir des conduits IP à qualité de service activée au moyen du routage et de la signalisation en fonction des contraintes.

6.3.2 Scénario d'optimisation de route dans la version IPv4 du service mobile par commutation MPLS

Dans ce scénario, les conduits de réacheminement de données entre le routeur LER d'entrée et le routeur LER de sortie sont recalculés après la procédure de découverte. Si le trajet de routage est notablement plus long que le conduit optimal après le transfert, la procédure d'optimisation de route est appliquée mais seulement à l'intérieur du réseau à commutation MPLS, dans lequel les extrémités de tunnel sont le routeur LER d'entrée et le routeur LER/FA de sortie. Les entrées d'étiquette d'acheminement sont mises à jour aussi bien au routeur LER d'entrée qu'au routeur LER de sortie après exécution de la procédure d'optimisation de route. Il n'est pas nécessaire de mettre à jour l'antémémoire d'associations du nœud de correspondant. Les conduits de réacheminement issus du routeur LER d'entrée sont mis en transmission directe avec le routeur LER/FA de sortie, ce qui peut résoudre le problème du routage triangulaire. Le routeur LER d'entrée découvre le conduit de réacheminement par un processus d'exploration afin de trouver les extrémités du tunnel de destination, c'est-à-dire le routeur LER/FA de destination. Les paquets entrant dans le routeur LER d'entrée recherchent le chemin LSP sortant dans la table d'informations sur les étiquettes contenue dans le routeur LER: quand l'entrée appropriée de réacheminement d'étiquette est trouvée, les paquets sont envoyés au routeur LER de sortie par le conduit explicitement routé. Si aucune entrée n'est trouvée, les paquets sont envoyés à l'agent nominal par un conduit routé saut par saut.

La Figure 3 montre le scénario d'optimisation de route dans la version IPv4 du service mobile par commutation MPLS.

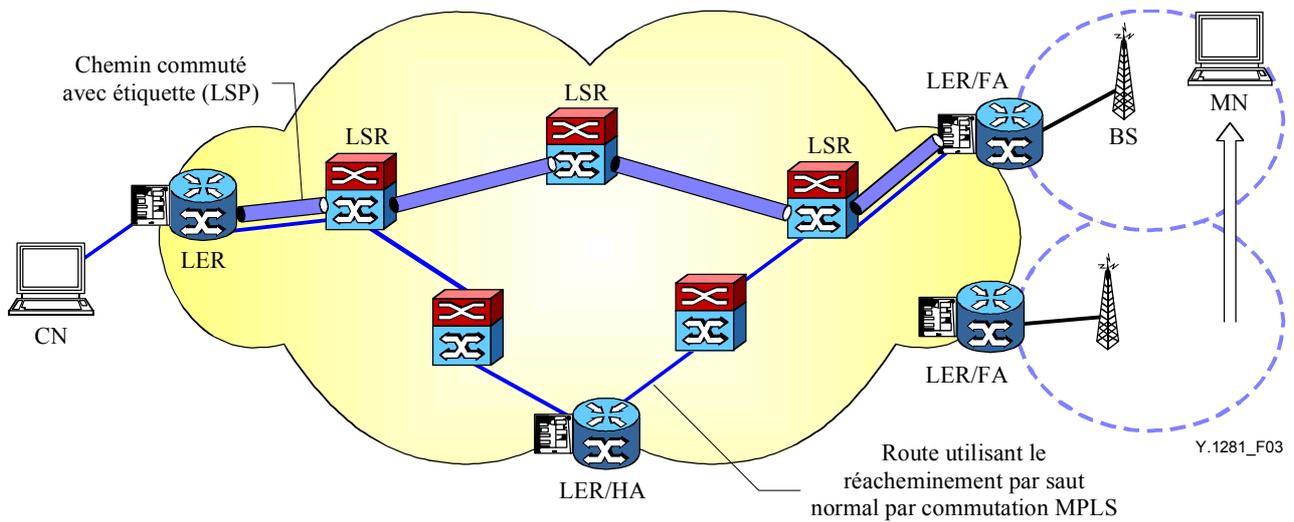


Figure 3/Y.1281 – Scénario d'optimisation de route dans la version IPv4 du service mobile par commutation MPLS

6.3.3 Scénario de mise à jour d'association dans la version IPv6 du service mobile par commutation MPLS

Dans ce scénario, le conduit direct de réacheminement allant du routeur LER d'entrée au routeur LER de sortie est construit après la procédure IPv6 de mise à jour d'association, ce qui est semblable au scénario d'optimisation de routage dans la version IPv4 du service mobile. La différence avec la version IPv4 du service mobile est d'abord que la procédure de mise à jour d'association de la version IPv6 du service mobile est une partie essentielle du fonctionnement du protocole alors que l'optimisation de route est, dans la version IPv4 du service mobile, un ensemble facultatif d'extensions à cette version. Dans la version IPv6 du service mobile, la procédure d'enregistrement et la procédure d'optimisation de route sont appliquées par une seule entité de protocole. En deuxième lieu, il n'y a pas de routeur LER/FA dans la version IPv6 étant donné que les nœuds mobiles de cette version n'utilisent que l'adresse d'entretien copositionnée. En revanche, le routeur LER exécute le filtrage du trafic entrant [27]. Un nœud mobile IPv6 utilise son adresse d'entretien en tant qu'adresse d'origine dans l'en-tête IP des paquets qu'il envoie, ce qui permet à ces paquets de traverser les routeurs de filtrage du trafic entrant. L'utilisation de l'adresse d'entretien en tant qu'adresse d'origine dans chaque en-tête IPv6 simplifie le routage afin d'établir des chemins commutés avec étiquettes vers un nœud mobile.

La Figure 4 montre le scénario de mise à jour d'association dans la version IPv6 du service mobile par commutation MPLS.

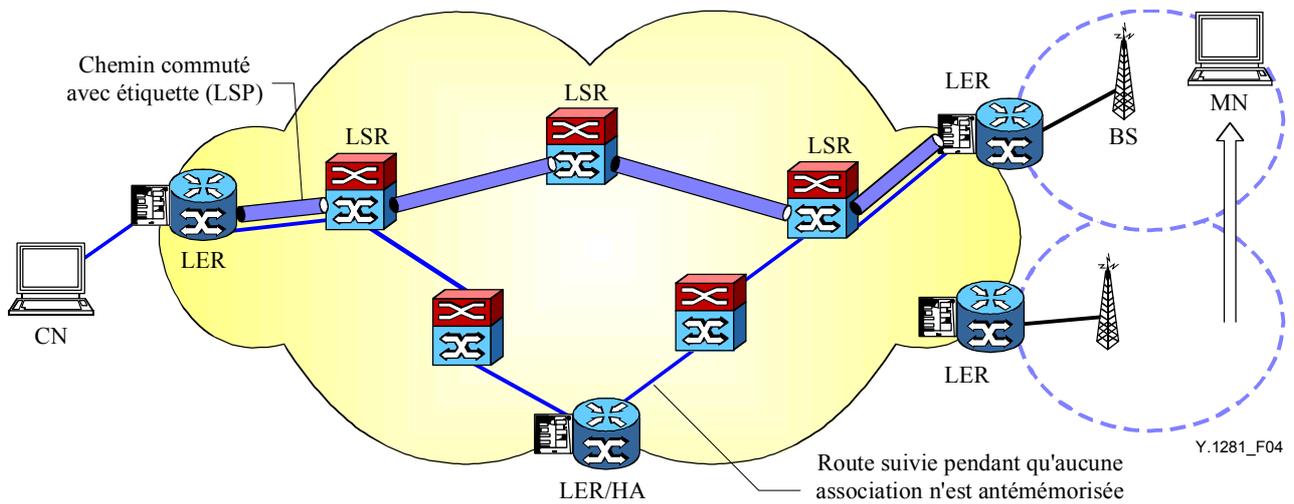


Figure 4/Y.1281 – Scénario de mise à jour d'association dans la version IPv6 du service mobile par commutation MPLS

6.3.4 Scénario de mise en tunnel dans le service mobile IP en commutation MPLS hiérarchique

Dans ce scénario, l'on considère les services mobiles en version IPv4 ou IPv6 sur le réseau hiérarchique à commutation MPLS. L'on suppose qu'il y a un certain nombre d'agents étrangers tels que l'agent-passerelle étranger (GFA, *gateway foreign agent*) et l'agent étranger régional (RFA, *regional foreign agent*), qui peuvent être disposés de façon hiérarchique dans les routeurs LER ou LSR. De tels agents étrangers prennent en charge l'enregistrement régional auprès des associations de sécurité. Noter que, chaque fois que le nœud mobile se déplace vers un sous-réseau adjacent, la position du nœud mobile devrait être mise à jour chez l'agent nominal. Les chemins commutés avec étiquettes de l'agent nominal sont établis ou prolongés jusqu'au nouvel agent étranger.

Lorsque l'échelle du réseau augmente, la latence de transfert peut être notable. Le scénario hiérarchique de mise en tunnel du service mobile permet à un nœud mobile d'exécuter son enregistrement localement afin d'éliminer un certain nombre de messages d'enregistrement envoyés à l'agent nominal. Ce scénario diminue le délai de signalisation quand un nœud mobile se déplace vers le nouvel agent étranger et donc, améliore la qualité de transmission pendant la durée de transfert.

Dans cette architecture de réseau, les agents de mobilité hiérarchique permettent d'effectuer des opérations de gestion transparente des positions tout en conservant les sessions en chemin et maximisant le débit de données. Les agents étrangers gèrent les mouvements locaux des nœuds mobiles dans le domaine.

Le scénario de mise en tunnel par commutation multiprotocolaire par étiquetage (MPLS) du service mobile IP hiérarchisé est représenté dans la Figure 5.

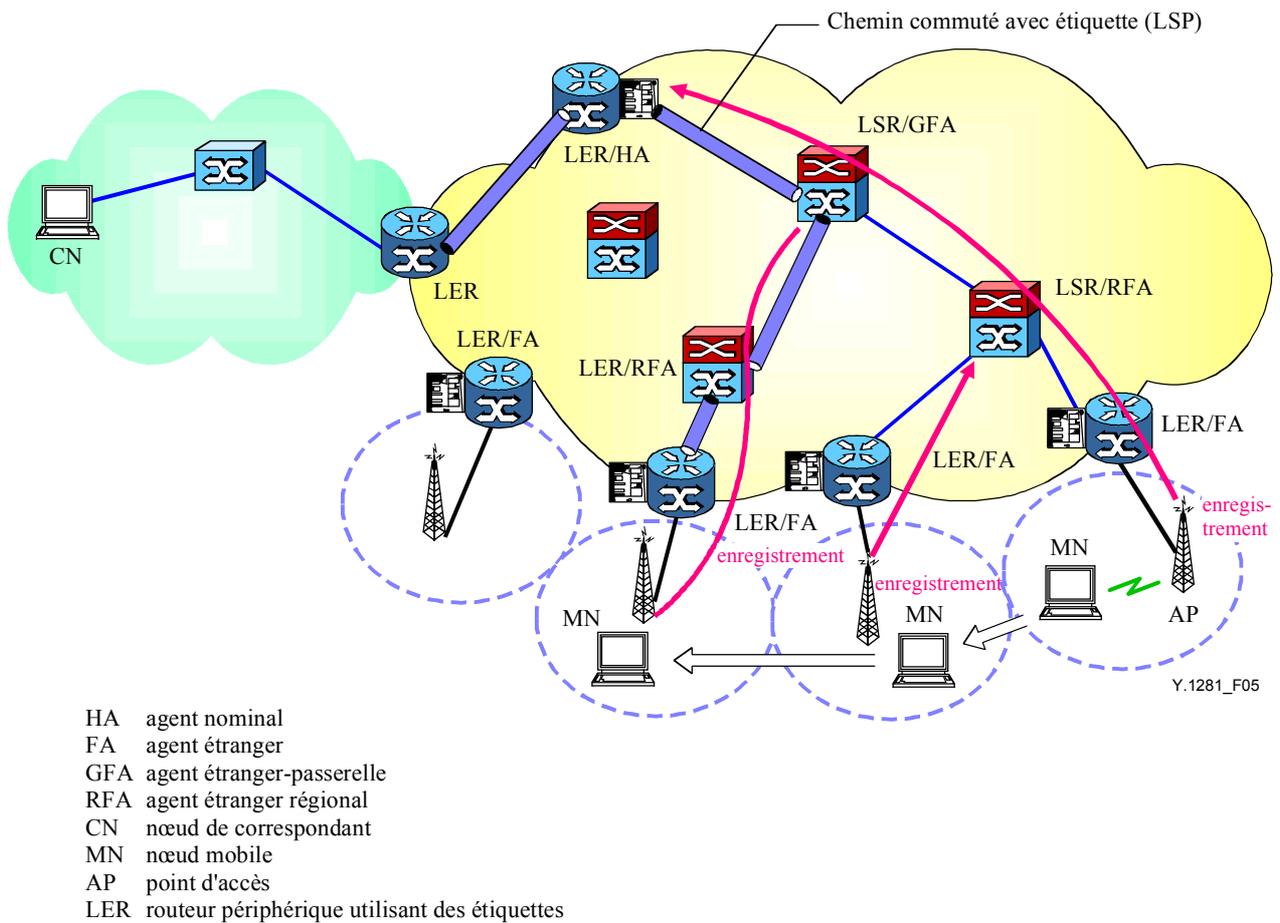


Figure 5/Y.1281 – Scénario de mise en tunnel du service mobile IP en commutation MPLS hiérarchique

7 Procédures d'application pour la prise en charge de la mobilité

7.1 Hypothèses générales

Dans le réseau à commutation MPLS, la prise en charge de la mobilité est centrée sur les procédures de commande telles que l'enregistrement, l'établissement de conduits LSP et la prolongation de conduits LSP pour le transfert, etc.

Des tunnels de conduit LSP sont requis afin d'envoyer les paquets IP du service mobile dans le réseau à commutation MPLS. Les protocoles CR-LDP ou RSVP-TE de signalisation en commutation MPLS servent à établir des tunnels de conduit LSP avec les niveaux appropriés de qualité de service. Les positions des agents nominaux et des agents étrangers sont trouvées avec les procédures d'enregistrement et de découverte d'agent du protocole de service mobile IP.

Les chemins commutés avec étiquettes entre routeurs LER d'entrée et routeurs LER de sortie sont établis par signalisation CR-LDP ou RSVP-TE.

Selon les applications, les conduits LSP dans les deux sens présentent certains avantages en termes de moindre latence d'établissement et de moindre nombre de messages requis pendant l'établissement.

7.2 Procédures de mise en tunnel de conduits LSP

7.2.1 Procédures de la version IPv4 du service mobile par commutation MPLS

Dans ce scénario, il peut y avoir des tunnels de conduit LSP:

- entre le routeur LER d'entrée et l'agent nominal;
- entre l'agent nominal et le routeur LER/FA de sortie.

La Figure 6 montre les procédures pour le scénario de mise en tunnel dans la version IPv4 du service mobile par commutation MPLS.

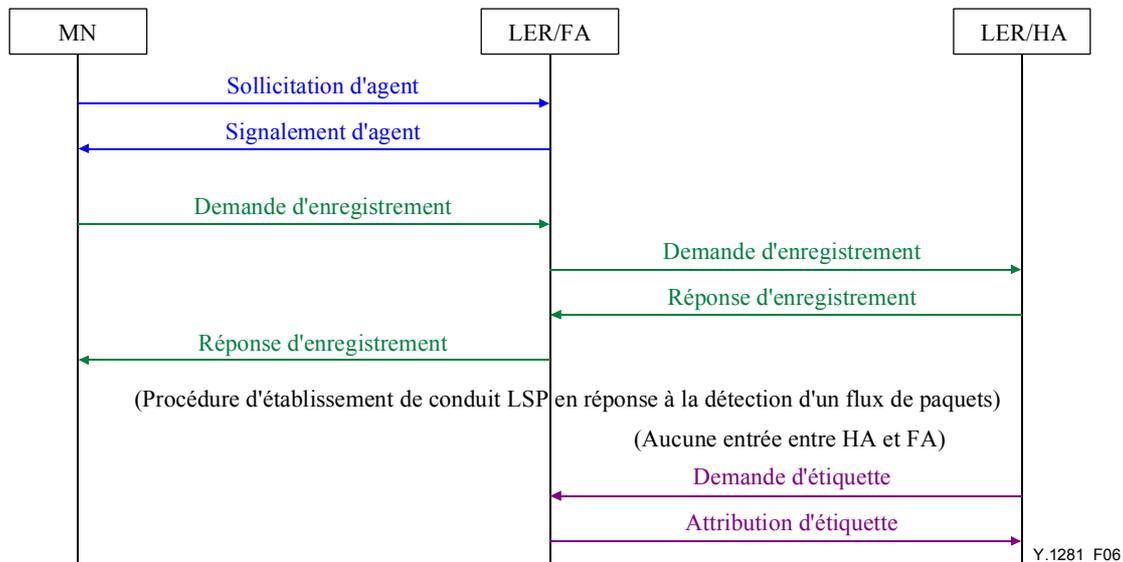


Figure 6/Y.1281 – Procédures pour le scénario de mise en tunnel dans la version IPv4 du service mobile par commutation MPLS

Dans ce scénario, le nœud mobile détermine s'il est en position nominale ou étrangère quand il reçoit un message de signalement d'agent diffusé par les agents de mobilité. Si le nœud mobile détermine qu'il est en position étrangère, le nœud mobile obtient une adresse d'entretien temporaire de l'agent étranger. Etant donné que celui-ci se trouve dans un routeur LER périphérique, il analysera le message entrant de demande d'enregistrement et mettra à jour sa table d'informations d'étiquetage avec la valeur de l'adresse nominale du nœud mobile. Sur la base de cette table, l'agent étranger réexpédie le message de demande d'enregistrement allant vers l'agent nominal.

Le message de demande d'enregistrement est réacheminé vers l'agent nominal par routage saut par saut. Quand l'agent nominal obtient le message de demande d'enregistrement et découvre l'adresse d'entretien du nœud mobile, il envoie un message de réponse d'enregistrement au nœud mobile au moyen de l'agent étranger. L'agent nominal envoie donc un message de demande d'étiquette/de conduit à l'agent étranger s'il n'y a pas de conduit LSP entre l'agent nominal et l'agent étranger (aucune action n'est requise si un conduit LSP existe déjà). L'agent étranger répond par message de mappage/réservation d'étiquette à l'agent nominal. Quand le message de mappage/réservation d'étiquette arrive à l'agent nominal, le conduit LSP est établi. De cette façon, l'agent nominal peut réexpédier les paquets destinés à l'adresse nominale du nœud mobile jusqu'à sa position actuelle dans le réseau étranger.

Quand un agent étranger reçoit des paquets sur le conduit LSP, il enregistre le numéro de l'accès entrant, la valeur d'étiquette et l'adresse IP du nœud de correspondant figurant dans ces paquets. L'agent étranger envoie donc les paquets d'utilisateur au moyen du conduit LSP allant du nœud mobile au nœud de correspondant.

Les paquets allant d'un nœud de correspondant au nœud mobile sont envoyés à l'adresse nominale du nœud mobile. Si celui-ci est situé dans un réseau étranger, les paquets sont interceptés par l'agent nominal. Celui-ci utilise la valeur entrante d'étiquette en tant qu'index afin d'explorer sa table d'informations sur les étiquettes. Il insère la valeur d'étiquette dans la table d'informations d'étiquetage indiquée dans le paquet et l'expédie au moyen de l'accès indiqué dans la table. Si un nœud mobile est encore dans le réseau nominal de rattachement, aucune entrée n'est donc disponible dans la table.

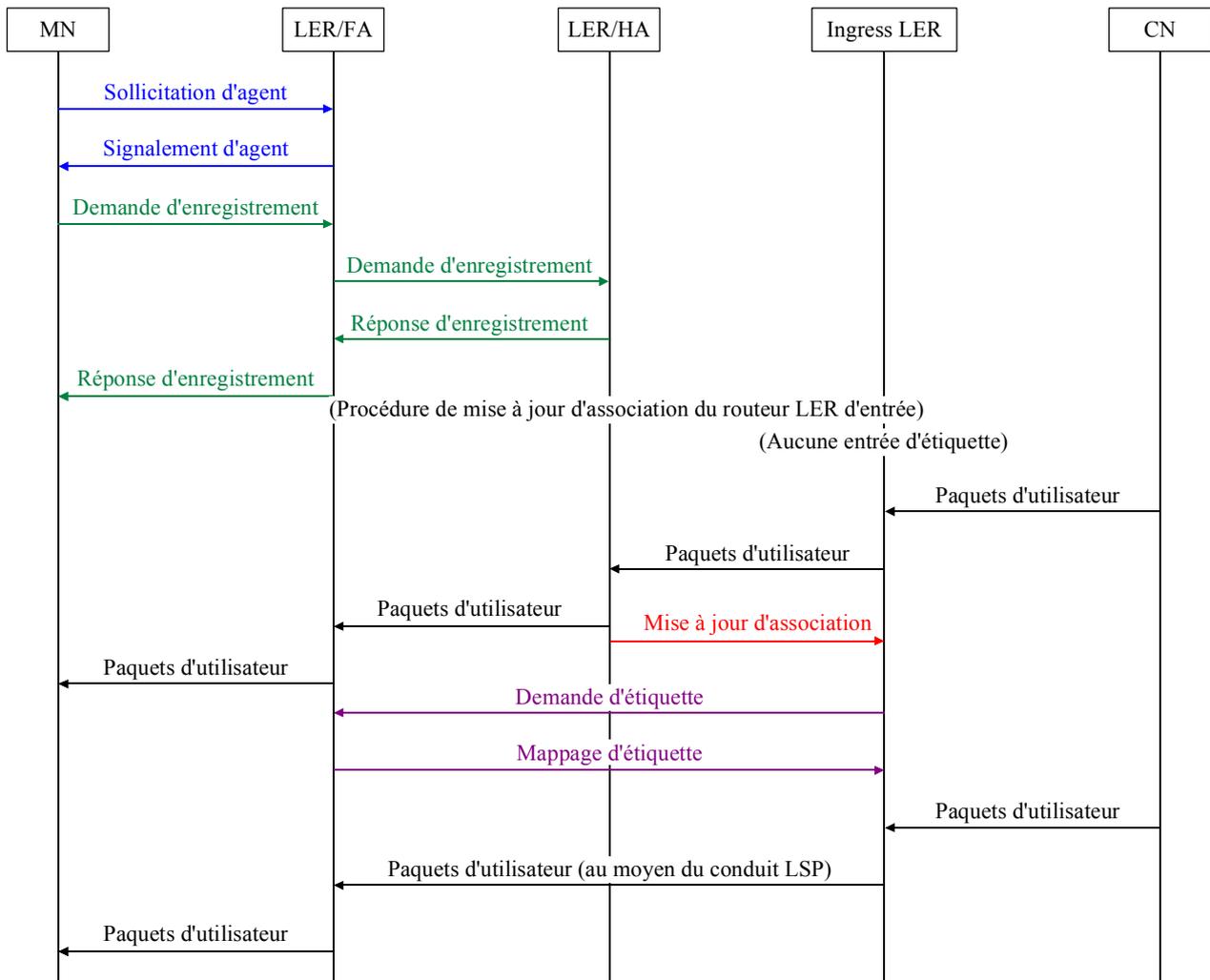
7.2.2 Procédures d'optimisation de route dans la version IPv4 du service mobile par commutation MPLS

Ce scénario sert à résoudre le problème du routage triangulaire dans la version IPv4 du service mobile sur tous les trajets de routage au moyen de l'agent nominal. Le conduit de réacheminement du routeur LER d'entrée est mis en transmission directe à partir du routeur LER/FA de sortie sans visiter l'agent nominal. Dans ce scénario, les conduits de réacheminement de données, du routeur LER d'entrée au routeur LER de sortie, sont recalculés au moyen de la procédure de découverte de routeur. L'optimisation de route n'est appliquée qu'à l'intérieur du réseau à commutation MPLS, les extrémités de tunnel étant le routeur LER d'entrée et le routeur LER/FA de sortie. Quand un nœud de correspondant envoie des paquets à un nœud mobile situé dans la zone étrangère, le routeur LER d'entrée doit décider du conduit approprié de réacheminement en fonction des informations de routage.

Dans ce scénario, il peut y avoir des tunnels de conduit LSP:

- entre le routeur LER d'entrée et le routeur LER/FA de sortie;
- entre ancien agent étranger et nouvel agent étranger (seulement pour le cas de la prolongation de conduits LSP).

La Figure 7 montre les procédures d'optimisation de route pour le scénario de mise en tunnel dans la version IPv4 du service mobile par commutation MPLS.



Y.1281_F07

Figure 7/Y.1281 – Procédures d'optimisation de route pour le scénario de mise en tunnel dans la version IPv4 du service mobile par commutation MPLS

Quand un agent nominal de nœud mobile intercepte un paquet du réseau nominal de rattachement et le met en tunnel vers le nœud mobile, cet agent nominal envoie un message de mise à jour d'association au routeur LER d'entrée du nœud de correspondant, l'informant de l'association de mobilité actuelle du nœud mobile. La procédure de mise à jour d'association pour la version IPv4 du service mobile peut être définie comme dans la version IPv6 du service mobile décrite dans la référence [29]. Comme dans le cas d'un message de mise à jour d'association envoyé par l'agent nominal du nœud mobile, le routeur LER d'entrée conserve une antémémoire d'associations afin d'optimiser la communication du nœud mobile avec les nœuds de correspondant. Un routeur LER d'entrée ne peut créer ou mettre à jour une entrée dans l'antémémoire d'associations pour un nœud mobile que quand il a reçu et authentifié l'association de mobilité de ce nœud mobile. Chaque association contenue dans l'entrée antémémorisée est associée à une durée de vie qui est spécifiée dans le message de mise à jour d'association de mobilité: à l'expiration de cette période, l'association est supprimée de l'antémémoire.

Quand l'agent étranger reçoit un paquet, s'il dispose d'une entrée dans l'antémémoire d'associations pour le nœud de destination du service mobile et ne dispose d'aucune entrée dans la liste des visiteurs pour ce nœud mobile, cet agent étranger en déduit que l'entrée de l'antémémoire d'associations pour ce nœud mobile a expiré. Dans ce cas, l'agent étranger envoie un message d'avertissement d'association à l'agent nominal de nœud mobile, lui conseillant d'envoyer un message de mise à jour d'association au routeur LER d'entrée qui a mis en tunnel ce paquet.

7.2.3 Procédure de mise à jour d'associations dans la version IPv6 du service mobile par commutation MPLS

Ce scénario est presque le même que la procédure susmentionnée d'optimisation de routage dans la version IPv4 du service mobile. La seule différence est que la version IPv6 du service mobile n'utilise pas "les agents étrangers" étant donné que certaines caractéristiques IPv6, telles que la découverte du voisinage et l'autoconfiguration d'adresse, servent à identifier le nœud mobile à la position du visiteur. La procédure de mise à jour d'association est appliquée aux nœuds IPv6 afin d'antémémoriser l'association d'une adresse nominale du nœud mobile avec son adresse d'entretien. Le routeur LER d'entrée possède une capacité de filtrage du trafic entrant conforme à la version IPv6 du service mobile et construit le conduit LSP entre le routeur LER d'entrée et le routeur LER de sortie afin de remettre en transparence les paquets au nœud mobile [27].

Quand le nœud mobile envoie des paquets à tout autre nœud de correspondant, il envoie ces paquets directement à la destination. Le nœud mobile met l'adresse d'origine de ce paquet à l'adresse d'entretien et inclut une option de destination de type "adresse nominale". Le nœud de correspondant doit donc toujours traiter l'option d'adresse nominale lors de l'envoi de paquets au moyen de la valeur d'adresse nominale contenue dans l'option d'adresse nominale des paquets reçus.

Afin d'éviter le routage triangulaire, un nœud mobile envoie à un nœud de correspondant un message de mise à jour d'association avec un objet de qualité de service. Le routeur LER recevant le message de mise à jour d'association de mobilité détermine s'il convient de créer Message de demande/de conduit. Le nouveau conduit LSP établi offrira aux paquets un tunnel à traverser. Le nœud de correspondant IPv6 recevant le message de mise à jour d'association de mobilité est donc capable d'envoyer directement des paquets au nœud mobile.

Dans ce scénario, il peut y avoir des tunnels de conduit LSP:

- entre le routeur LER d'entrée et le routeur LER de sortie.

La Figure 8 montre les procédures pour le scénario de mise en tunnel dans la version IPv6 du service mobile par commutation MPLS.

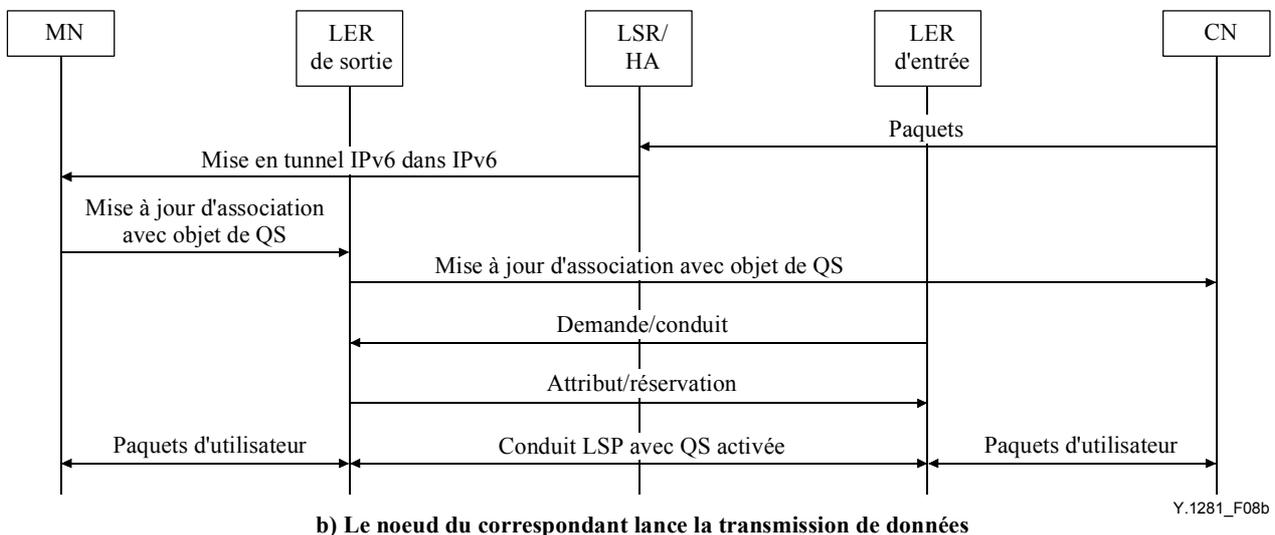
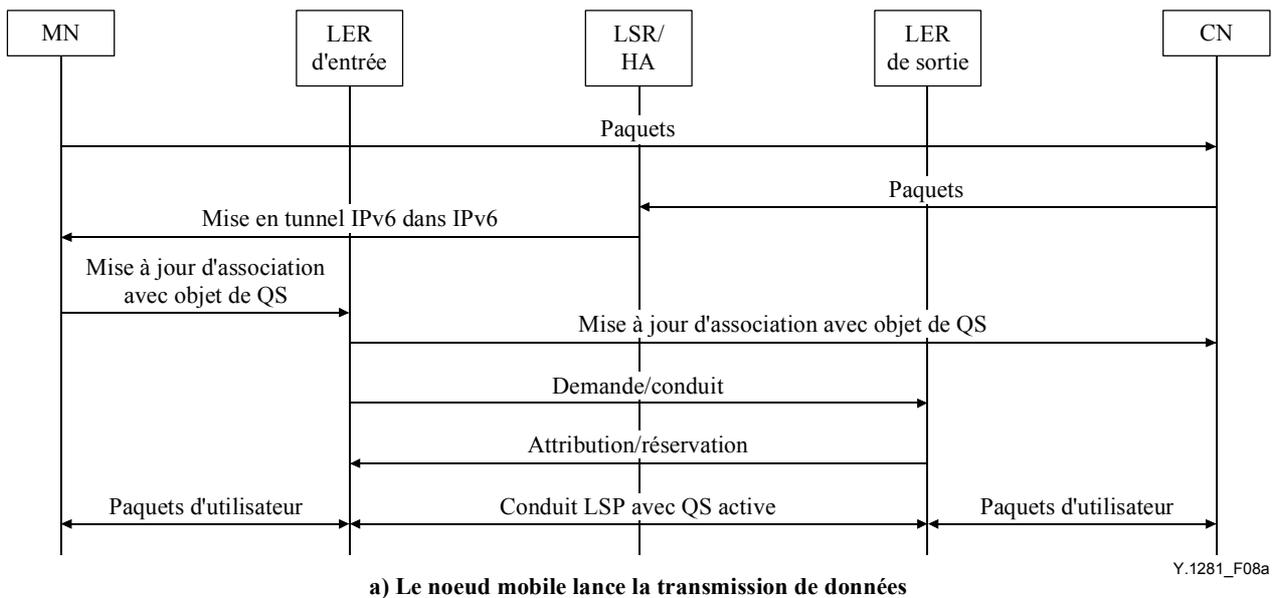


Figure 8/Y.1281 – Procédures pour le scénario de mise en tunnel dans la version IPv6 du service mobile par commutation MPLS

Dans ce scénario, l'on suppose qu'un nœud mobile a déjà effectué la découverte de routeur par défaut, l'autoconfiguration d'adresse et l'enregistrement comme défini dans les procédures de la version IPv6 du service mobile. Avant qu'un nœud de correspondant envoie un paquet quelconque au nœud mobile, le nœud de correspondant devrait examiner son antémémoire d'association afin de rechercher une entrée dans la table d'adresses de destination (c'est-à-dire l'adresse nominale de nœud mobile) du paquet. Si le nœud de correspondant a une entrée dans l'antémémoire d'associations pour cette adresse, il utilise un en-tête de routage afin de router le paquet vers le nœud mobile au moyen de l'adresse d'entretien de cette entrée dans l'antémémoire d'association. Si un nœud de correspondant ne possède aucune entrée dans l'antémémoire d'association, le paquet sera intercepté par l'agent nominal du nœud mobile et mis en tunnel (par encapsulation IPv6 dans IPv6) jusqu'à l'adresse d'entretien actuelle du nœud mobile. Quand le nœud mobile obtient les paquets avec encapsulation IPv6 dans IPv6, il envoie le message de mise à jour d'association. S'il se trouve être le routeur LER de sortie recevant le message de mise à jour d'association du nœud mobile, celui-ci lance la procédure de signalisation afin d'établir le conduit LSP entre routeur LER d'entrée et routeur LER de sortie.

7.2.4 Procédures du service mobile IP en commutation MPLS hiérarchique

Ce scénario traite des procédures du scénario de mise en tunnel des services mobiles en version IPv4 ou IPv6 par commutation MPLS hiérarchique, dans lequel un certain nombre d'agents étrangers, tels que l'agent-passerelle étranger (GFA) et l'agent étranger régional (RFA), sont répartis dans le réseau à commutation MPLS de façon hiérarchique. Les positions des agents GFA et RFA sont identifiées au moyen de la procédure d'enregistrement auprès de l'agent nominal.

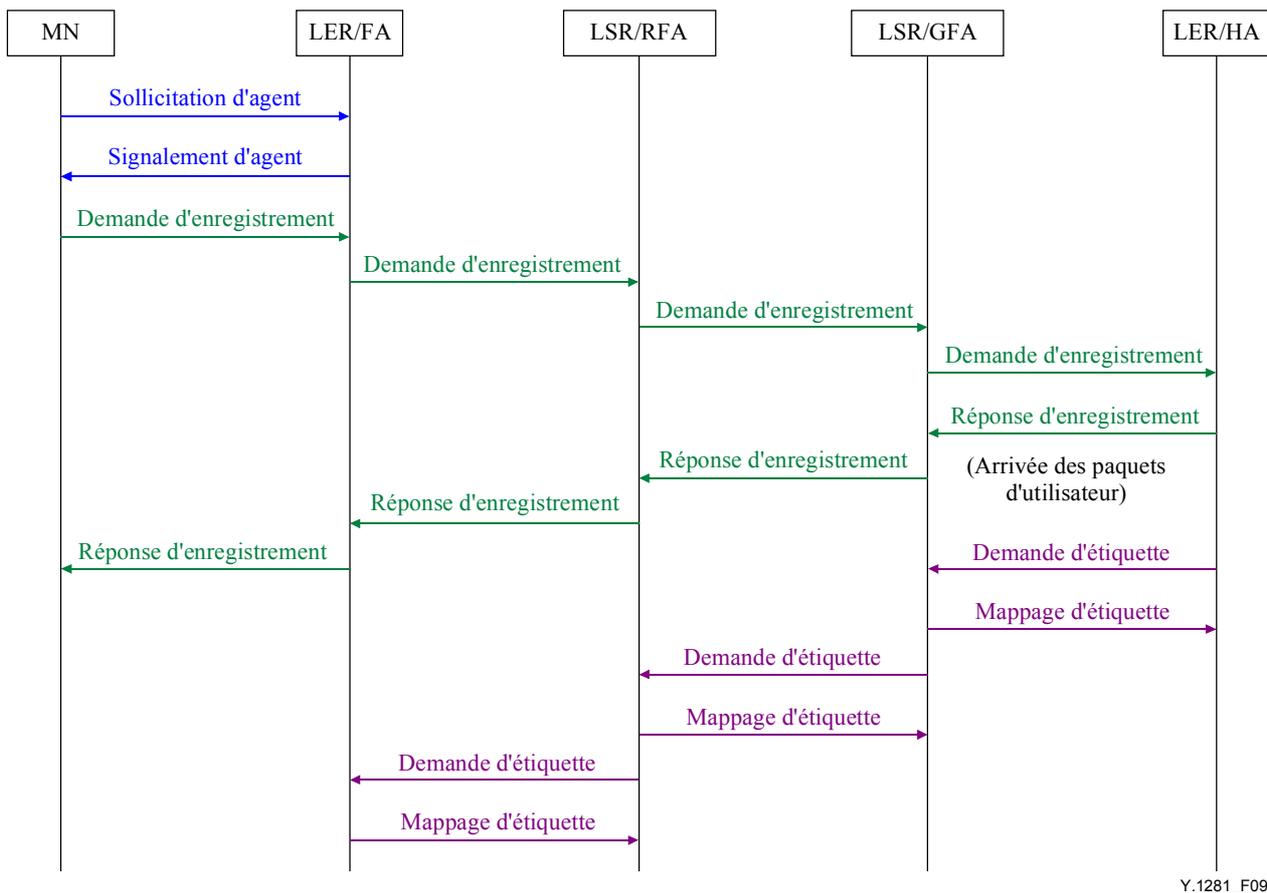
Dans ce scénario, il peut y avoir des tunnels de conduit LSP:

- entre le routeur LER d'entrée et l'agent nominal;
- entre l'agent nominal et l'agent GFA;
- entre agents GFA et RFA;
- entre agent RFA et routeur LER/FA de sortie.

Le routeur LER/FA de sortie signale, en ordre hiérarchique dans le message de signalement d'agent, les positions des agents étrangers hiérarchiques situés entre sa propre adresse (en premier) et l'adresse de l'agent GFA (en dernier). Si le nœud mobile détermine qu'il est en position étrangère, le nœud mobile envoie un message de demande d'enregistrement. Quand le routeur LER/FA le plus proche du nœud mobile reçoit l'enregistrement, il analyse le message entrant de demande d'enregistrement puis réexpédie le message de demande d'enregistrement au prochain routeur LSR/RFA dans l'ordre hiérarchique vers le routeur LSR/GFA. Quand le prochain routeur LSR/RFA reçoit le message de demande d'enregistrement, il insère une entrée dans la liste des visiteurs avec l'adresse nominale du nœud mobile et l'adresse d'entretien contenues dans le message de demande d'enregistrement. Cette procédure est répétée jusqu'au routeur LSR/GFA. Quand celui-ci reçoit le message de demande d'enregistrement, il antémémorise dans l'ordre hiérarchique les informations sur le routeur LSR/RFA du niveau inférieur le plus proche. Le routeur LSR/GFA réexpédie donc le message de demande d'enregistrement auprès de l'agent nominal. Pour chaque enregistrement en instance ou actuel, le routeur LSR/GFA conserve une entrée dans la liste des visiteurs. Le message de demande d'enregistrement est réacheminé vers l'agent nominal saut par saut au moyen du routage IP normal.

Quand l'agent nominal obtient le message de demande d'enregistrement et découvre l'adresse d'entretien de l'agent GFA dans le paquet, cet agent nominal envoie une réponse d'enregistrement à l'agent GFA. Quand celui-ci reçoit le message de réponse d'enregistrement, il peut reconnaître que le message de réponse d'enregistrement provient spécifiquement du nœud mobile enregistré. L'agent GFA peut connaître le routeur LER/FA de sortie du nœud mobile en lisant les informations de l'entrée de nœud mobile correspondant au message reçu de réponse d'enregistrement. L'agent GFA envoie donc un message de réponse d'enregistrement à l'agent RFA. Cette procédure est répétée dans chaque agent FA de la hiérarchie, jusqu'à ce que le message de réponse d'enregistrement atteigne le routeur LER/FA de sortie. Quand celui-ci reçoit le message de réponse d'enregistrement, il vérifie ses informations antémémorisées et réexpédie le message de réponse d'enregistrement au nœud mobile.

La Figure 9 montre les procédures du scénario de mise en tunnel du service mobile selon la version IPv4 ou IPv6 par commutation MPLS hiérarchique.



Y.1281_F09

Figure 9/Y.1281 – Procédures du scénario de mise en tunnel du service mobile selon la version IPv4 ou IPv6 par commutation MPLS hiérarchique

Quand un agent nominal envoie des paquets au nœud mobile, il envoie un message de demande d'étiquette/de conduit à l'agent GFA avec l'adresse d'entretien de ce nœud mobile. L'agent GFA répond à l'agent nominal par un message de mappage/réservation d'étiquette. L'agent GFA attribue les étiquettes et conserve l'adresse nominale du nœud mobile et l'association d'étiquette correspondante pour tous les nœuds mobiles enregistrés. Quand ce message de mappage/réservation d'étiquette arrive à l'agent nominal, le conduit LSP est établi. La Figure 9 montre les procédures d'enregistrement et d'établissement de conduits LSP. L'agent nominal met donc à jour sa table d'informations d'étiquetage qui contient l'adresse nominale et l'adresse d'entretien du nœud mobile et détermine les entrées d'étiquette sortante et d'accès sortant. De cette façon, l'agent nominal peut réexpédier les paquets destinés à l'adresse nominale du nœud mobile à son agent GFA dans le réseau étranger. Finalement, l'agent nominal envoie les paquets à l'agent GFA dans le conduit LSP entre l'agent nominal et le GFA.

Quand l'agent GFA reçoit les paquets étiquetés, il peut reconnaître que la réponse d'enregistrement provient du nœud mobile spécifique qui est enregistré. L'agent GFA peut connaître l'agent RFA de niveau inférieur d'un nœud mobile enregistré en lisant les informations de l'entrée de nœud mobile correspondant aux paquets reçus. L'agent LSR/GFA envoie un message de demande d'étiquette/de conduit au prochain routeur LSR/RFA (dans la hiérarchie) avec l'adresse d'entretien du nœud mobile. Ce routeur LSR/RFA répond par un message de mappage/réservation d'étiquette à l'agent nominal puis met à jour la table d'informations d'association et attribue une étiquette à tous les nœuds mobiles enregistrés. Quand le message de mappage/réservation d'étiquette arrive dans le routeur LSR/GFA, le conduit LSP a été établi.

7.3 Découverte d'agent

La procédure de découverte d'agent comprend aussi bien le signalement d'agent que la sollicitation d'agent. Les mêmes procédures de découverte du service mobile IP sont utilisées dans le réseau à commutation MPLS étant donné que les agents du service mobile sont situés dans les nœuds MPLS. Les agents du service mobile signalent leur présence au moyen de messages de signalement d'agent. Un nœud mobile peut (à titre d'option) solliciter de tout agent de mobilité à rattachement local un message de signalement d'agent par envoi d'un message de sollicitation d'agent. Quand un nœud mobile reçoit un signalement d'agent, il détermine s'il se trouve à son point de rattachement nominal ou à une position étrangère.

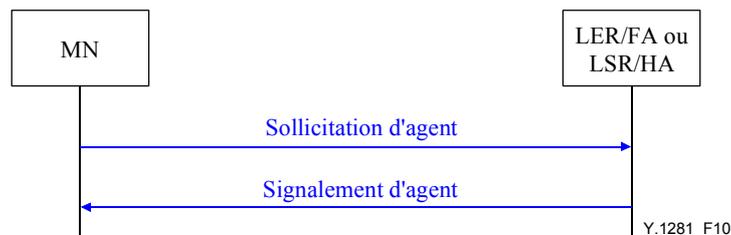


Figure 10/Y.1281 – Découverte d'agent de nœud mobile sur le réseau à commutation MPLS

7.4 Procédures de reroutage de conduits LSP pendant le transfert

Quand un nœud mobile se déplace d'une position étrangère à une autre, la procédure d'enregistrement est répétée entre l'agent nominal et le nouvel agent étranger. Les conduits LSP existants sont réorientés vers le nouvel agent étranger. Les procédures suivantes de reroutage de conduits LSP (optimisation de route) peuvent intervenir sur le réseau à commutation MPLS:

- prolongation de conduits LSP;
- optimisation de conduits LSP.

Il y a deux objectifs à viser afin de déterminer la procédure de reroutage pendant le transfert:

- a) réduire la latence ou l'interruption due au transfert;
- b) réduire le surdébit sémaphore. L'utilisation de plus d'une seule adresse d'entretien par un nœud mobile peut servir à obtenir un "transfert transparent" quand le nœud mobile se déplace d'une position étrangère à un autre. Le conduit LSP peut prendre en charge la capacité de transfert permanent et offre une solution au problème d'obtenir un conduit à qualité de service activée pour l'adresse d'entretien du nœud mobile.

La grande majorité des abonnés ne sont, la plupart du temps, pas en conversation active. Mais l'on peut supposer que des connexions IP sans fil sont constamment établies par commutation, prêtes au service et atteignables par le protocole Internet sans fil. Fondamentalement, le nœud mobile est en état de repos, mais toujours connecté au réseau infrastructurel. La procédure d'établissement de conduit LSP ne rend actifs que les canaux qui sont supposés passer par des conduits LSP à QS garantie, ce qui réduit le taux d'utilisation de la largeur de bande des conduits LSP. Un conduit LSP n'est donc établi qu'entre routeurs LER d'entrée et routeurs LER de sortie. C'est un procédé efficace afin d'économiser la largeur de bande dans le réseau à commutation MPLS et de réduire le temps de propagation de bout en bout.

7.4.1 Prolongation de conduits LSP

Quand un nœud mobile se déplace vers une autre position étrangère, les nouveaux paquets IP interceptés par l'agent nominal sont mis en tunnel vers le nouvel agent étranger du nœud mobile (c'est-à-dire le nouveau routeur LER de sortie), mais les paquets en chemin, déjà interceptés par l'agent nominal et mis en tunnel vers l'ancien agent étranger (c'est-à-dire l'ancien routeur LER de

sortie) sont susceptibles d'être perdus. L'optimisation de route permet au précédent agent étranger du nœud mobile de recevoir la notification fiable des nouvelles informations de mise à jour d'association du nœud mobile et donc de réacheminer vers le nouvel agent étranger de celui-ci les paquets en chemin vers son précédent agent étranger.

Quand un ancien agent étranger reçoit un message de mise à jour d'association en provenance du nouvel agent étranger afin de signaler la nouvelle position du nœud mobile, il explore sa base d'informations de réacheminement (FIB, *forwarding information base*) afin de trouver une étiquette indiquant la position du nouveau nœud mobile. Si une base FIB a une étiquette pour ce nœud mobile, alors l'ancien agent étranger établit un conduit LSP vers le nouvel agent étranger. Le conduit LSP existant du routeur LER d'entrée vers l'ancien agent étranger est ainsi prolongé jusqu'au nouvel agent étranger.

Après les échanges de signalisation entre l'ancien agent étranger et le nouvel agent étranger, les conduits LSP existants peuvent être prolongés jusqu'au nouvel agent étranger. Pendant ce temps, l'ancien agent étranger peut mettre en tampon tous les paquets à destination ou en provenance du nœud mobile. Une fois que le conduit LSP est établi, les paquets sont envoyés dans le nouveau conduit jusqu'au nœud mobile. Tout paquet destiné au nœud mobile arrivant à l'ancien agent étranger peut donc être remis en tunnel vers le nouvel agent étranger du nœud mobile au moyen du conduit LSP prolongé. Si aucune étiquette n'est disponible afin d'atteindre la position du nouveau nœud mobile, les paquets seront envoyés au nouvel agent étranger par routage saut par saut.

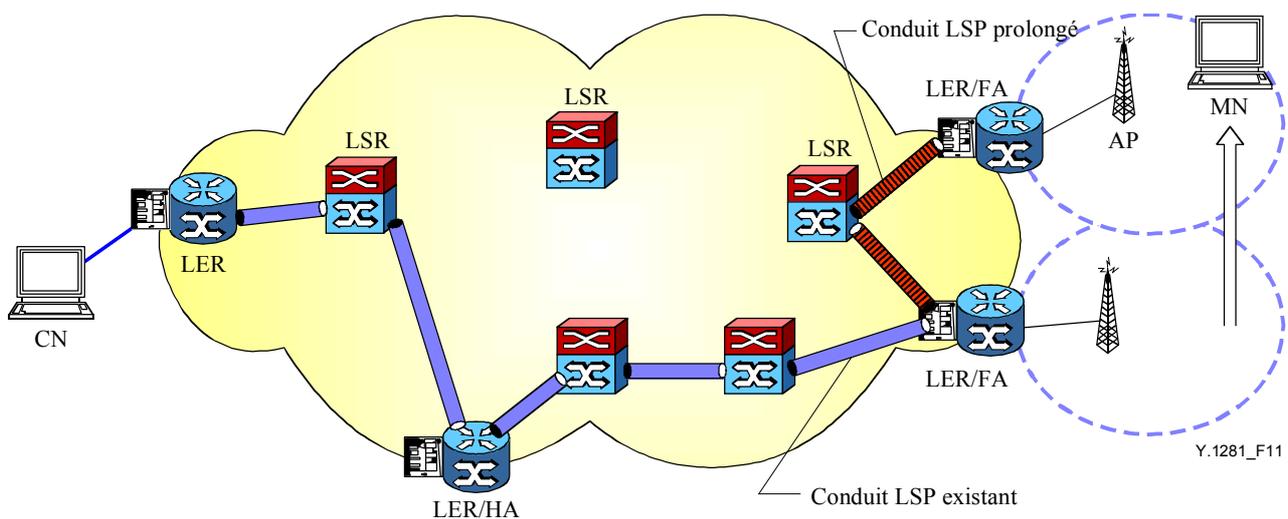
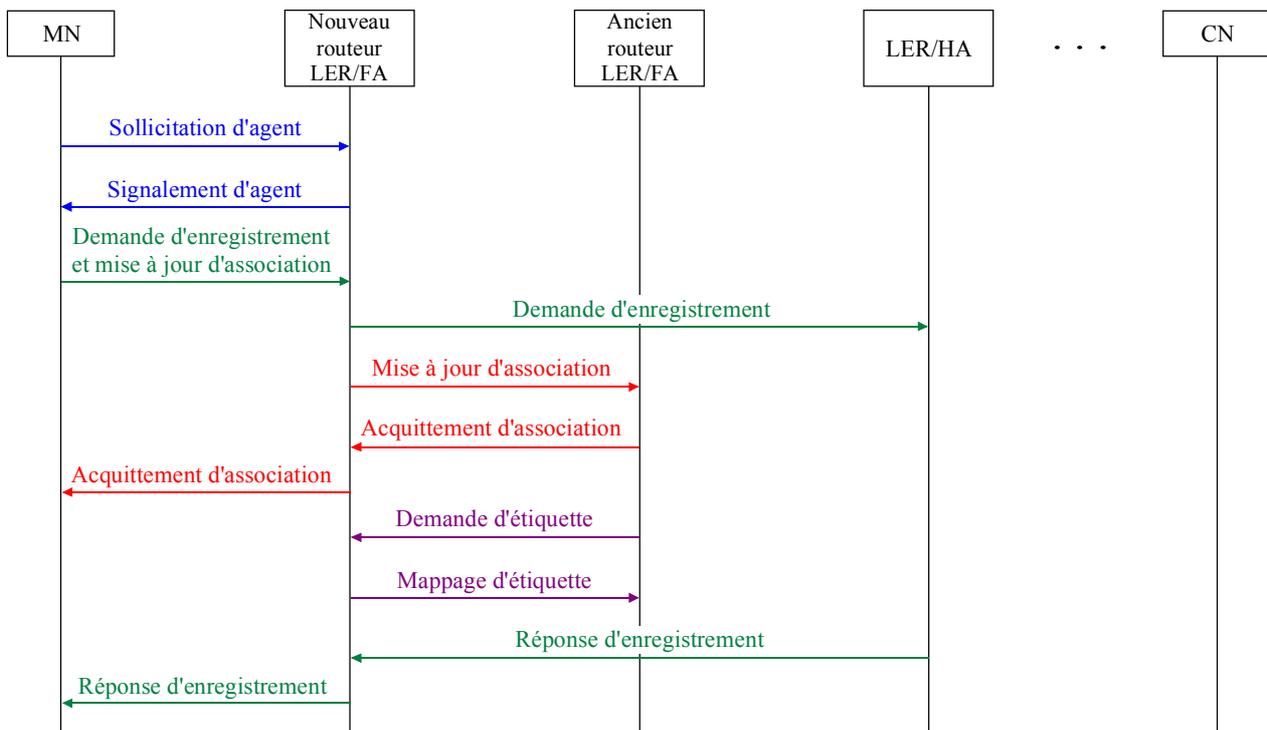


Figure 11/Y.1281 – Prolongation de conduits LSP pour le service mobile IP pendant la durée de transfert

Chaque fois qu'un nœud mobile se déplace vers un sous-réseau adjacent, le conduit LSP existant entre le routeur LER d'entrée et l'ancien agent étranger est prolongé jusqu'au nouvel agent étranger. Quand le routeur LER d'entrée reçoit un message de mise à jour d'association dans une réponse à un message d'avertissement d'association ou de demande d'association, le routeur LER d'entrée reconnaît qu'un nœud de destination du service mobile se déplace vers le nouvel agent étranger. Cependant, chaque fois qu'un nœud de destination du service mobile se déplace, le routeur LER d'entrée n'établit pas de nouveau conduit LSP jusqu'au nouvel agent étranger. La prolongation de conduit LSP sera effectuée entre l'ancien agent étranger et le nouvel agent étranger sans intervention du routeur LER d'entrée.



Y.1281_F12

Figure 12/Y.1281 – Organigramme séquentiel de messages pour la prolongation de conduits LSP

Les procédures de prolongation de conduits LSP indiquées dans la Figure 12 sont les suivantes:

- un nœud mobile se déplace vers un nouvel agent étranger et lui envoie un message de demande d'enregistrement et un message de mise à jour d'association;
- le nouvel agent étranger envoie un message de demande d'enregistrement à l'agent nominal et un message de mise à jour d'association à l'ancien agent étranger;
- quand l'ancien agent étranger reçoit le message de mise à jour d'association de mobilité, il répond au nœud mobile par un message d'acquittement d'association au moyen du nouvel agent étranger. L'ancien agent étranger peut alors envoyer au nouvel agent étranger un message de demande d'étiquette;
- un conduit LSP est établi entre l'ancien agent étranger et le nouvel agent étranger quand l'ancien agent étranger reçoit un message de mappage/réserve d'étiquette;
- l'agent nominal envoie ensuite un message de réponse d'enregistrement dans sa réponse à la précédente demande d'enregistrement.

7.4.2 Optimisation de conduit LSP

Pendant ou après le transfert, l'optimisation de conduit LSP peut être demandée par le nœud mobile ou par le routeur LER/FA. L'optimisation de route est lancée par certains facteurs tels que la dégradation de qualité ou l'optimisation des ressources. La politique décisionnelle quant à l'optimisation de conduit LSP est hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

Quand la qualité de transmission d'un tunnel de conduit LSP est temporairement dégradée après le transfert, le rétablissement de ce conduit LSP est déclenché par les routeurs LER d'entrée ou de sortie. Après rétablissement du conduit LSP, la route entre le routeur LER d'entrée et le nouvel agent étranger peut être optimisée. L'ancien conduit LSP est détruit et un nouveau conduit est construit. Si des dégradations de qualité sont détectées, le message de rétablissement de conduit LSP est lancé par les routeurs LER d'entrée ou de sortie. Le détail du procédé de mesurage et d'évaluation de la dégradation de qualité fera l'objet d'une étude complémentaire.

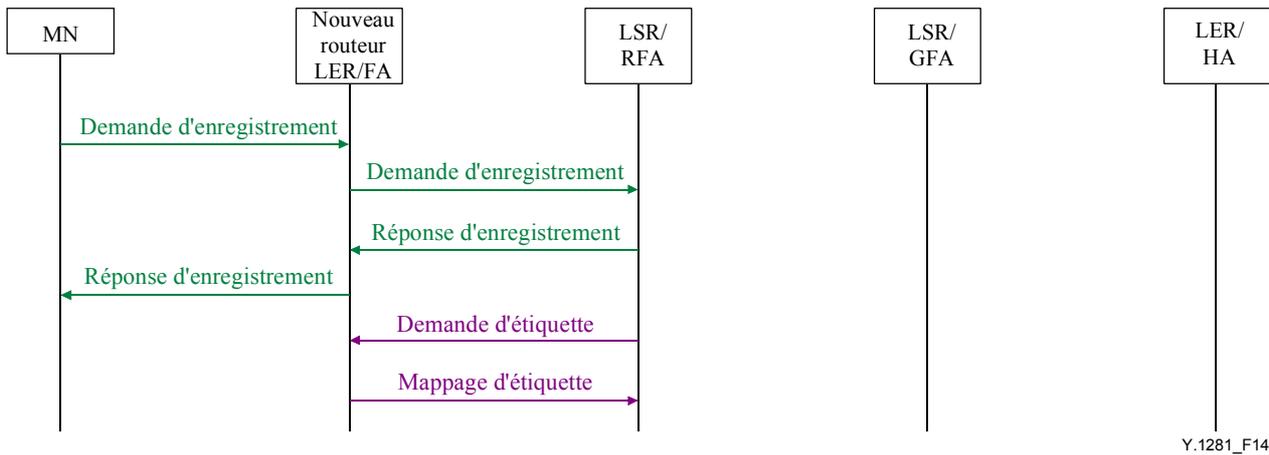
visiteurs afin de déterminer si le nœud mobile est déjà enregistré auprès de lui. S'il ne l'est pas, le routeur LSR/RFA réexpédie le message au routeur LSR/RFA du niveau supérieur le plus proche dans la hiérarchie allant vers le routeur LSR/GFA. Ce processus est répété dans chaque routeur LSR/RFA de la hiérarchie jusqu'à ce qu'un routeur LSR/RFA reconnaisse le nœud mobile. Si celui-ci est enregistré auprès du routeur LSR/RFA approprié, il transmet la réponse d'enregistrement au routeur LSR/RFA de niveau inférieur. Si le nœud mobile est déjà enregistré auprès de ce routeur LSR/RFA, il transmet le message de réponse d'enregistrement au routeur LSR/RFA de niveau inférieur. Quand le routeur LSR/RFA de niveau inférieur reçoit le message de réponse d'enregistrement, ce routeur est capable de désigner le message reçu de réponse d'enregistrement de façon que le paquet soit associé à ce nœud mobile. Le routeur LSR/RFA lit les informations de position concernant l'entrée de nœud mobile qui sont équivalentes au message de réponse d'enregistrement reçu et reconnaît le nœud mobile comme étant le nœud inférieur enregistré. Le routeur LSR/RFA enverra le message de réponse d'enregistrement au routeur LSR/RFA inférieur. La séquence ci-dessus est répétée jusqu'au nouveau routeur LER/FA vers lequel le nœud mobile est déplacé.

S'il existe un conduit LSP établi sur le nœud mobile vers le routeur LSR/RFA d'ancrage, ce nœud envoie un message de demande d'étiquette/de conduit au routeur LSR/RFA du niveau inférieur le plus proche dans la hiérarchie. Celui-ci répond par un message de mappage/réservation d'étiquette au niveau supérieur. Les agents étrangers devraient conserver les informations de la table d'associations d'une étiquette et l'adresse nominale d'un nœud mobile. Globalement, pour les nœuds mobiles enregistrés auprès d'un agent étranger, il est nécessaire d'attribuer une étiquette et de tenir à jour la table d'associations de l'adresse nominale et de l'étiquette de nœud mobile. Quand un message de mappage/réservation d'étiquette de routeur LSR/RFA de niveau inférieur arrive à un routeur LSR/RFA de niveau supérieur, le conduit LSP a été établi. Après que le routeur LSR/RFA a reçu l'étiquette du routeur de niveau inférieur, il est nécessaire de modifier l'entrée d'étiquette du nœud mobile associé dans la table d'informations sur les étiquettes. La valeur entrante de l'entrée d'étiquette reste inchangée car la valeur d'étiquette reçue constitue le routeur LSR/RFA de niveau supérieur et la valeur d'étiquette sortante est modifiée de façon à acquérir une nouvelle valeur d'étiquette issue du nouveau routeur LSR/RFA de niveau inférieur, au moyen de la procédure d'enregistrement régional. Puis le routeur LSR/RFA enverra un message de demande d'étiquette/de conduit au prochain routeur LSR/RFA avec l'adresse d'entretien du nœud mobile. Quand ce message de mappage/réservation d'étiquette arrive dans le routeur LSR/RFA, le conduit LSP a été établi.

La séquence ci-dessus est répétée jusqu'au nouvel agent étranger de réseau vers lequel le nœud mobile est déplacé. De cette façon, le conduit LSP est récemment établi de l'agent étranger d'ancrage au nouvel agent étranger. Dans cette méthode de rétablissement partiel de conduit LSP, étant donné que le conduit LSP est tenu à jour de l'agent nominal à l'agent étranger d'ancrage et qu'un nouveau conduit LSP est établi de l'agent étranger d'ancrage au nouvel agent étranger, la durée d'établissement de conduit LSP peut être réduite.

Chaque paquet est acheminé de l'agent nominal à un nouvel agent étranger dans le conduit LSP par commutation d'étiquette. Un nouvel agent étranger reçoit le paquet et explore sa table d'informations sur les étiquettes. Etant donné qu'il est le point d'émission du conduit LSP de l'agent nominal vers un nouvel agent étranger, celui-ci supprime l'en-tête d'ajustement d'étiquette et envoie les paquets à la couche IP. Finalement, un nouvel agent étranger jouant le rôle de routeur-passerelle périphérique dans le domaine du correspondant local réexpédie le paquet au nœud mobile sur la base de la table de routage récemment ajoutée. Un nœud mobile reçoit les paquets envoyés par le nœud de correspondant.

La Figure 14 montre un exemple de procédure d'enregistrement régional et d'optimisation de conduit LSP pour le service mobile IP par commutation MPLS hiérarchique quand le nœud mobile se déplace vers le nouveau routeur LER/FA.



Y.1281_F14

Figure 14/Y.1281 – Procédure d'optimisation de conduit LSP pendant le transfert du service mobile IP par commutation MPLS hiérarchique

Dans le réseau mobile IPv4 par commutation MPLS hiérarchique, il est également nécessaire de supprimer les informations d'enregistrement concernant l'ancien agent étranger et le routeur LSR/RFA de niveau supérieur et de libérer le conduit LSP. Si les anciennes positions ne sont pas désenregistrées, il est possible que des tunnels ne soient pas correctement réacheminés quand un nœud mobile se déplace afin de revenir à un précédent agent étranger. Afin d'éviter des situations transitoires inutiles pendant la libération de l'ancien conduit LSP, l'on peut recommander l'application de préférences de routage aux conduits LSP de correspondant dans l'agent étranger d'ancrage.

Le routeur LSR/RFA d'ancrage envoie, à la précédente adresse d'entretien qu'il a enregistré pour le nœud mobile, un message de mise à jour d'association de durée de vie nulle et un message de libération d'étiquette. Chaque agent étranger recevant le message de mise à jour d'association de mobilité supprime le nœud mobile de ses listes de visiteurs et le conduit LSP qui est attribué entre les agents étrangers de niveau supérieur est libéré. Le message de mise à jour d'association de mobilité et le message de libération d'étiquette sont redescendus respectivement au nouvel agent étranger et à l'ancien agent étranger. Les anciens agents étrangers de la hiérarchie qui reçoivent cette notification suppriment le nœud mobile de leur liste de visiteurs. Un conduit LSP qui est établi vers un ancien agent étranger est libéré dès réception des messages de libération d'étiquette.

8 Considérations relatives à la qualité de service (QS)

Dégradation de la qualité de service

Au moment du transfert, la dégradation de la qualité de service pourra se produire si les paquets à destination ou en provenance du nœud mobile arrivent au nœud intermédiaire sans les informations sur leur exigence en terme de réacheminement de la qualité de service. Une telle dégradation de la qualité de service doit toujours être minimisée.

Deux procédés permettant de minimiser la dégradation de la qualité de service sont considérés. Le premier utilise les conduits LSP multidiffusés: dans cette méthode, un nœud d'ancrage établit les conduits LSP vers le routeur LER/FA actuel et vers tous les routeurs LER/agents FA situés dans le voisinage du routeur LER/FA desservant. Quand les paquets destinés à ce nœud mobile arrivent au nœud d'ancrage, celui-ci multidiffuse les paquets vers tout le groupe multidiffusé du nœud mobile. Si celui-ci se déplace vers une des positions voisines, les paquets sont immédiatement disponibles.

Le deuxième procédé est la méthode faisant appel à un tunnel de conduit LSP dans les deux sens entre le nouveau routeur LER/FA et l'ancien routeur LER/FA. Dans ce procédé, le routeur LER/FA préétablit avant le transfert un conduit LSP dans les deux sens vers le routeur LER/FA voisin. Si le

nœud mobile se déplace vers le sous-réseau voisin, les paquets adressés au nœud mobile peuvent être envoyés au moyen du tunnel de conduit LSP dans les deux sens entre les routeurs LER/FA.

Attribution de la qualité de service au réseau à commutation MPLS

Dans un réseau à commutation MPLS, un conduit commuté par étiquette (LSP) peut être établi au moyen de protocoles de signalisation appropriés. Dans le routeur LER d'entrée, une étiquette est attribuée à chaque paquet, qui est transmis en aval. Dans tous les routeurs LER ou LSR traversés par le conduit LSP, cette étiquette sert à réacheminer le paquet jusqu'au prochain bond qui peut assurer la meilleure correspondance avec les exigences de service différentiel (DiffServ) et d'ingénierie du trafic.

Dans le domaine de service différentiel (DiffServ), tous les paquets sont classifiés et marqués avec un point de code des services différenciés (DSCP). A chaque routeur LSR, le point DSCP sert à sélectionner le comportement par saut (PHB). L'en-tête d'ajustement du protocole MPLS peut transporter les informations du comportement PHB [17]. Pour un établissement de conduit LSP avec réservation de largeur de bande, les routeurs LSR exécutent un contrôle d'admission du conduit LSP signalé concernant les ressources en services différenciés qui ont été installées (par exemple, par configuration, par protocole SNMP ou par protocoles de politique). Les routeurs LSR effectuent également un ajustement des ressources en services différenciés associées aux classes de service appropriées.

Les Recommandations UIT-T Y.1540 [6] et Y.1541 [7] définissent des classes de qualité de service d'un réseau et spécifient des objectifs provisoires de qualité de transmission IP en termes de paramètres de qualité de transmission du réseau. Ces classes sont destinées à constituer la base de conventions sur le niveau de service (SLA) conclues entre fournisseurs de réseau et entre utilisateurs finals et leurs fournisseurs de réseau. Les objectifs de qualité de service et de qualité de transmission pour le réseau à commutation MPLS ne sont pas encore définis. Les détails de l'attribution de la qualité de service entre qualité de service IP et qualité de service MPLS sont hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

9 Aspects relatifs à la gestion

La prise en charge des informations de gestion suivantes est considérée:

- informations d'enregistrement de l'adresse nominale et de l'adresse d'entretien;
- informations de cohérence et de vérification d'enregistrement dans les agents HA et FA y compris GFA et RFA;
- informations pour ajout, suppression et modification de conduit LSP;
- informations sur la qualité de transmission et statistiques sur les conduits LSP y compris l'état des transferts;
- informations sur la dégradation du service pendant la durée de transfert;
- informations sur les classes de service et les paramètres de QS;
- informations concernant les dérangements, la configuration, la comptabilisation, la sécurité, etc.

10 Aspects relatifs à la sécurité

Les problèmes de sécurité décrits dans le présent paragraphe ne sont centrés que sur le réseau à commutation MPLS. Au nœud récepteur de commutation MPLS, la sécurité au niveau du réseau est appliquée au filtrage d'accès, particulièrement pour l'authentification.

Dans un environnement mobile, les nœuds mobiles sont connectés au réseau au moyen de liaisons sans fil. Les conduits LSP connectés à de telles liaisons sont particulièrement exposés aux attaques.

Les agents nominaux doivent toujours être capables d'exécuter l'authentification d'un nœud mobile. Les procédures d'authentification appropriées peuvent être prises en charge dans les versions IPv4 et IPv6 du protocole de service mobile [9], [29].

Les nœuds mobiles, les agents nominaux, les agents étrangers et les nœuds de correspondant peuvent fonctionner fiablement avec les associations de sécurité appropriées établies entre eux. Les procédures détaillées concernant l'association de sécurité sont hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

Dans le réseau à commutation MPLS, les conduits LSP devraient être tenus à jour avec prise en charge de la sécurité, particulièrement pendant la durée de transfert (prolongation ou optimisation de conduits LSP). La Figure 15 montre un exemple d'associations de sécurité entre nœud mobile, agent FA, agent HA et nœud de correspondant pendant le transfert en cas de prolongation de conduit LSP (le tunnel commuté par étiquette de reroutage peut être fiablement associé dans les deux scénarios de prolongation et d'optimisation de conduit LSP). Dans ce scénario, trois associations de sécurité (SA) sont requises en plus des associations SA entre le nœud de correspondant et le routeur LER/HA. Ces associations de sécurité au niveau du réseau sont parfois combinées avec le protocole IPsec dans la couche Application entre le nœud de correspondant et le nœud mobile. Elles sont également combinées avec l'option IPv6 de données d'autorisation d'association, dans les scénarios en version IPv6. L'usage des associations de sécurité pour la signalisation par commutation MPLS (par exemple, dans les protocoles LDP/CR-LDP ou RSVP-TE) est pour étude complémentaire.

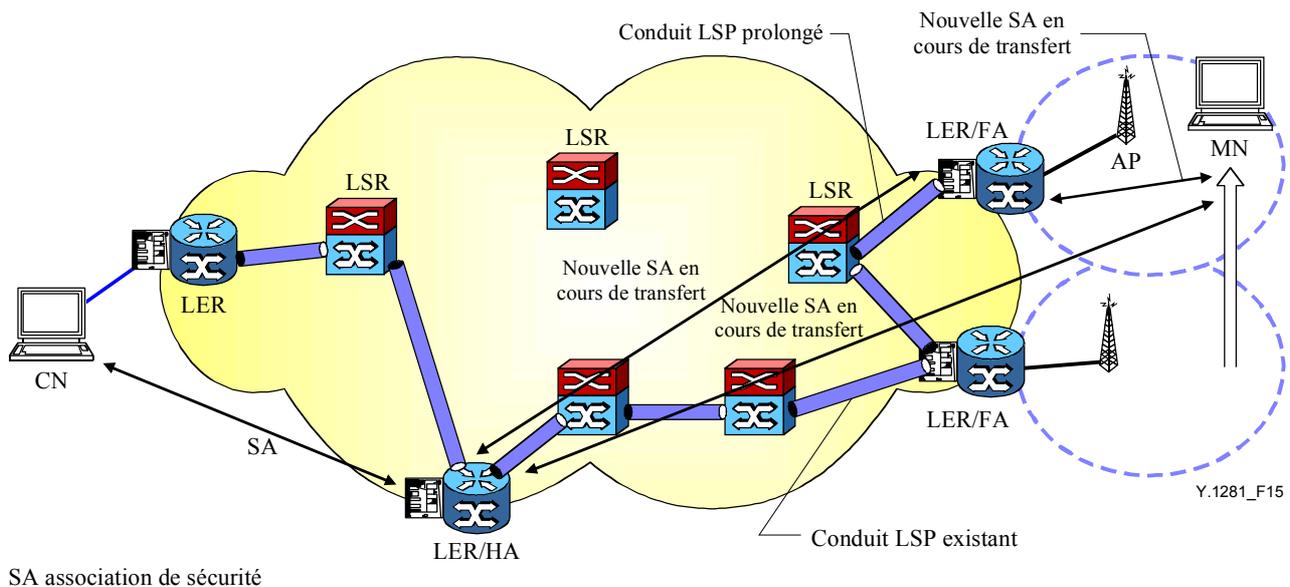


Figure 15/Y.1281 – Exemple d'associations de sécurité pour le service mobile IP par commutation MPLS pendant le transfert avec prolongation de conduit LSP

Des structures de sécurité pour réseau privé virtuel (VPN, *virtual private network*) pourront être également appliquées aux services mobiles IP par commutation MPLS. D'autres aspects relatifs à la sécurité, par exemple propres à l'application ou au protocole de service mobile IP, sont hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

11 Aspects relatifs au routage

Le routage sur le réseau à commutation MPLS dépend des positions de l'agent nominal et de l'agent étranger ainsi que des positions des routeurs LER et LSR.

Dans le réseau à commutation MPLS, le conduit de réacheminement de chaque flux peut avoir différents niveaux de service en fonction de la classification des flux (le trajet de routage est calculé en fonction de la classe d'équivalence de réacheminement (FEC)). Un conduit LSP devrait satisfaire les diverses exigences relatives aux flux de qualité de service.

Le détail des algorithmes de routage du réseau à commutation MPLS avec prise en charge de la mobilité fera l'objet d'un complément d'étude.

Selon l'action de routage, les paquets sont acheminés jusqu'au nœud de destination du service mobile au moyen de conduits routés saut par saut ou de conduits routés explicitement.

12 Considérations relatives à la modularité

Généralement, le niveau de modularité des services mobiles IP par commutation MPLS est directement fonction de la modularité du réseau à commutation MPLS proprement dit. La prise en compte d'un seul routeur LER (avec agent(s) HA et/ou FA) dépend de la prise en compte des réseaux mobiles IP rattachés à titre individuel ou collectif.

Des améliorations de modularité peuvent être réalisées au moment où les étiquettes pour tunnels entre le nœud mobile et les agents mobiles sont réparties dans le réseau à commutation MPLS. La flexibilité d'attribution des étiquettes peut être obtenue par commutation, empilement, fusion et agrégation d'étiquettes.

L'optimisation de route entre tous les nœuds mobiles et de correspondant peut être déployée sur un domaine de commutation MPLS entier. L'architecture du réseau hiérarchique à commutation MPLS peut prendre en charge l'optimisation de route à grande échelle en réduisant le surdébit sémaphore pour la gestion de la mobilité.

13 Considérations relatives à la migration de la version IPv4 à la version IPv6 du service mobile par commutation MPLS

En fait, le réseau à commutation MPLS réexpédie les paquets sur la base d'étiquettes plutôt que de l'en-tête IP proprement dit. Au point de vue du transfert de données, le réseau à commutation MPLS peut acheminer simultanément des paquets en version IPv4 paquets et en version IPv6 sans remplacement d'éléments de réseau. La transparence des informations peut être réalisée dans la couche de commutation MPLS quels que soient les protocoles de couche 3 protocoles (c'est-à-dire IPv4 ou IPv6).

Cependant, du point de vue de la commande et de la gestion, la signalisation MPLS actuelle au moyen de la version IPv4 doit évoluer vers la signalisation MPLS en version IPv6 ou interfonctionner avec elle. Les fonctions de routage et de gestion du réseau à commutation MPLS exploitant le protocole IPv4 (par exemple, ICMP, DNS et DHCP, etc.) doivent également migrer vers les fonctions exploitant le protocole IPv6.

14 Interfonctionnement avec les réseaux mobiles IP

Les routeurs LER/FA et LER/HA connectés à un certain réseau IP mobile ont un rôle de routeur-passerelle périphérique dans le domaine du service mobile IP du correspondant étant donné qu'ils remplissent les fonctions d'agent nominal et d'agent étranger.

S'il y a un certain nombre d'agents HA et FA dans le réseau IP mobile, la mise en tunnel IP dans IP peut être requise entre le nœud mobile et le ou les routeurs LER du correspondant. Si le routeur LER/FA (HA) est l'unique agent FA (HA) pour le domaine de service mobile IP considéré, il n'est pas besoin d'un tunnel IP dans IP à l'intérieur de ce domaine de service mobile IP.

Il est noté que les scénarios de mise en tunnel au moyen de conduits LSP ne sont appliqués qu'à l'intérieur du réseau à commutation MPLS. Ces scénarios ne nécessitent aucune modification des protocoles existants de service mobile IP.

Des procédures d'interfonctionnement appropriées devraient être définies si la mise en tunnel IP dans IP est convertie en conduit LSP approprié traversant le réseau à commutation MPLS. L'attribution de la qualité de service aux flux spécifiques du service mobile et la fourniture de leur largeur de bande doivent également être prises en charge.

Le détail des fonctions et procédures d'interfonctionnement est hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

Appendice I

Architectures de référence pour les versions IPv4 et IPv6 des réseaux mobiles

NOTE – Les détails des spécifications d'interface pour les points de référence UNIW, UNIX, UNIY, UNIZ, NNIX et NNIIY feront l'objet d'une étude complémentaire. Ils ne font référence à aucune Recommandation UIT-T existante qui soit citée dans le présent appendice.

I.1 Architecture de référence de la version IPv4 du service réseau mobile

L'on part du principe que l'architecture de référence de la version IPv4 du service réseau mobile sera considérée du point de vue du réseau public. Dans cette optique, le réseau des locaux client peut être superposé à la prise en compte du réseau public. La Figure I.1 montre l'architecture de référence pour la version IPv4 du service réseau mobile. Les points de référence UNIW, UNIX, UNIY et UNIZ peuvent être définis comme étant les interfaces avec l'utilisateur. Les points de référence NNIX et NNIIY peuvent être définis comme étant les interfaces entre les nœuds du réseau. Afin d'assurer la prise en charge de la mobilité, les fonctions des interfaces NNI de référence peuvent être décomposées en fonctions du plan d'utilisateur (plan U), du plan de commande (plan C) et du plan de gestion (plan M).

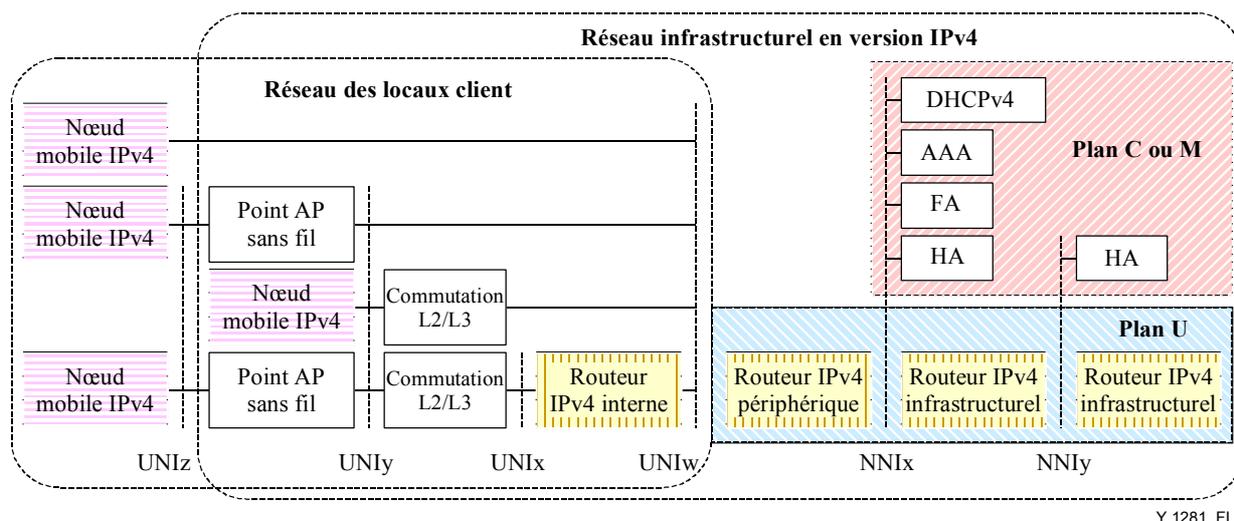


Figure I.1/Y.1281 – Architecture de référence de la version IPv4 du service réseau mobile

I.2 Architecture de référence de la version IPv6 du service réseau mobile

Le modèle de référence de la version IPv6 du service réseau mobile est semblable à celui de la version IPv4. Il n'y a pas de fonction d'agent FA à l'interface NNI (plan C ou M).

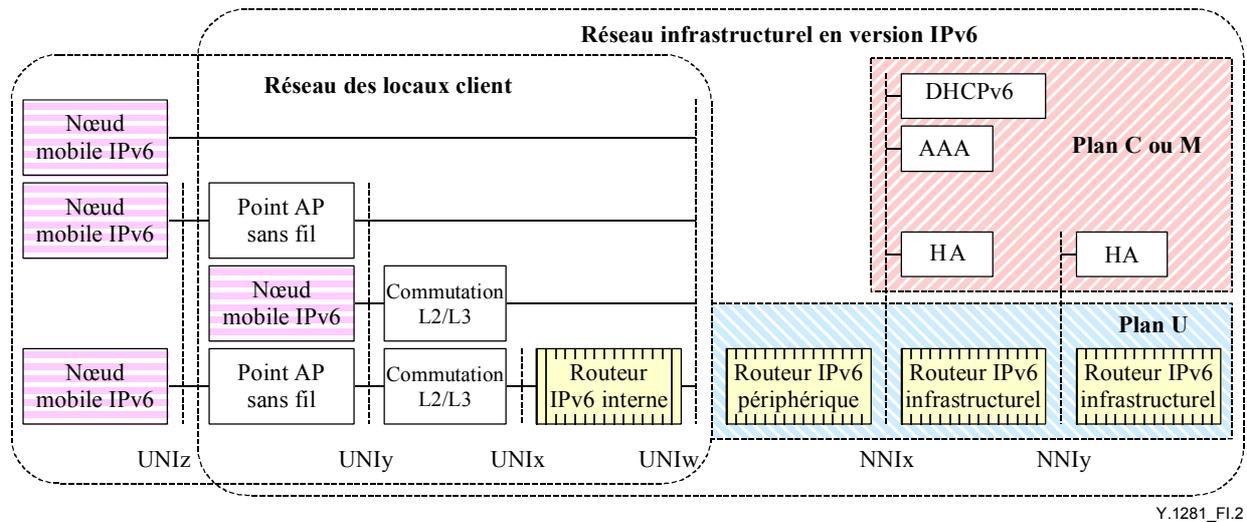


Figure I.2/Y.1281 – Architecture de référence de la version IPv6 du service réseau mobile

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, circuits téléphoniques, télégraphie, télécopie et circuits loués internationaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet et réseaux de nouvelle génération
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication