

Groupe de travail Réseau
Request for Comments : 3963
 Catégorie : En cours de normalisation
 Traduction Claude Brière de L'Isle

V. Devarapalli, Nokia
 R. Wakikawa, Keio University
 A. Petrescu, Motorola
 P. Thubert, Cisco Systems
 janvier 2005

Protocole de base de prise en charge de la mobilité sur le réseau (NEMO)

Statut de ce mémoire

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

Notice de copyright

Copyright (C) The Internet Society (2005).

Résumé

Le présent document décrit le protocole de base de prise en charge de la mobilité sur le réseau (NEMO, *Network Mobility*) pour se rattacher en différents points dans l'Internet. Le protocole est une extension de IPv6 mobile et permet la continuité de session pour chaque nœud dans le réseau mobile lorsque le réseau se déplace. Il permet aussi à chaque nœud dans le réseau mobile d'être accessible tout en se déplaçant. Le routeur mobile, qui connecte le réseau à l'Internet, utilise le protocole de prise en charge de base NEMO avec son agent de rattachement. Le protocole est conçu de façon que la mobilité du réseau soit transparente pour les nœuds à l'intérieur du réseau mobile.

Table des Matières

1. Introduction.....	2
2. Terminologie.....	2
3. Vue d'ensemble du protocole NEMO.....	3
4. Formats de message.....	4
4.1 Mise à jour de lien.....	4
4.2 Accusé de réception de lien.....	4
4.3 Option Préfixe de réseau mobile.....	5
5. Fonctionnement du routeur mobile.....	6
5.1 Structures de données.....	6
5.2 Envoi de mise à jour de liens.....	6
5.3 Réception d'accusé de réception de lien.....	7
5.4 Traitement des erreurs.....	7
5.5 Établissement de tunnel bidirectionnel.....	8
5.6 Découverte de voisin pour le routeur mobile.....	8
5.7 Groupes de diffusion groupée pour routeur mobile.....	8
5.8 Retour à la liaison de rattachement.....	8
6. Fonctionnement de l'agent de rattachement.....	9
6.1 Structures de données.....	9
6.2 Enregistrement de préfixe de réseau mobile.....	9
6.3 Annonce de l'accessibilité de réseau mobile.....	10
6.4 Établissement de tunnel bidirectionnel.....	11
6.5 Transmission des paquets.....	11
6.6 Envoi des accusés de réception de lien.....	11
6.7 Désenregistrement de préfixe de réseau mobile.....	11
7. Modifications à la découverte dynamique d'adresse d'agent de rattachement.....	12
7.1 Demande modifiée d'adresse de découverte dynamique d'agent de rattachement.....	12
7.2 Réponse modifiée d'adresse de découverte dynamique d'agent de rattachement.....	12
7.3 Option modifiée d'informations d'agent de rattachement.....	13
8. Prise en charge des protocoles d'acheminement dynamique.....	13
9. Considérations sur la sécurité.....	14
10. Considérations relatives à l'IANA.....	15
11. Contributeurs.....	15

12. Remerciements.....	15
13. Références.....	15
13.2 Références normatives.....	15
13.2 Références pour information.....	16
Appendice A. Exemples de fonctionnement de base de NEMO.....	16
Appendice B. Protocole d'acheminement d'état de liaison avec prise en charge de NEMO de base.....	18
B.1 Considérations d'interface de tunnel.....	18
B.2 Considérations de zone OSPF.....	18
Adresse des auteurs.....	18
Déclaration complète de droits de reproduction.....	19

1. Introduction

Le présent document décrit des extensions de protocole à IPv6 mobile (MIPv6) [RFC3775] pour permettre la prise en charge de la mobilité de réseau. Les extensions sont rétro compatibles avec IPv6 mobile. En particulier, un agent de rattachement conforme à NEMO peut fonctionner comme agent de rattachement IPv6 mobile. La solution décrite ici satisfait les objectifs et exigences identifiés dans la [RFC4886] pour la mobilité de réseau.

La prise en charge basique de NEMO assure la continuité de session pour tous les nœuds dans le réseau mobile, même lorsque le routeur mobile change son point de rattachement à l'Internet. Elle fournit aussi la connectivité et l'accessibilité pour tous les nœuds dans le réseau mobile lorsque il se déplace. La solution prend en charge les nœuds mobiles et les hôtes qui ne prennent pas en charge la mobilité dans le réseau mobile.

Dans le contexte du présent document, la définition d'un routeur mobile étend celle d'un nœud mobile IPv6 [RFC3775] en ajoutant des capacités d'acheminement entre son point de rattachement (adresse d'entretien) et un sous réseau qui se déplace avec le routeur mobile.

La solution décrite dans ce document propose un tunnel bidirectionnel entre le routeur mobile et son agent de rattachement. Ce tunnel est établi quand le routeur mobile envoie avec succès une mise à jour de lien (*Binding Update*) à son agent de rattachement, l'informant de son point de rattachement actuel.

Tout le trafic entre les nœuds dans le réseau mobile et les nœuds correspondants passe à travers l'agent de rattachement. Le présent document ne décrit pas l'optimisation de chemin de ce trafic.

Le document de terminologie [RFC4885] décrit la mobilité incorporée comme un scénario où un routeur mobile permet à un autre routeur mobile de se rattacher à son réseau mobile. Il pourrait y avoir des niveaux arbitraires de mobilité incorporée. Le fonctionnement de chaque routeur mobile reste le même, que le routeur mobile se rattache à un autre routeur mobile ou à un routeur d'accès fixe sur l'Internet. La solution décrite ici ne fait aucune restriction au nombre de niveaux de la mobilité incorporée. Mais noter que ceci pourrait introduire une surcharge significative sur les paquets de données car chaque niveau d'incorporation introduit une autre encapsulation d'en-tête IPv6.

Le présent document ne discute pas du rattachement multiple des routeurs mobiles.

2. Terminologie

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

Mobilité réseau : la terminologie qui s'y rapporte est définie dans les [RFC3753] et [RFC4885]. Le présent document définit en plus les termes suivants.

Préfixe de réseau mobile : préfixe IPv6 délégué à un routeur mobile et annoncé dans le réseau mobile. Plus d'un préfixe de réseau mobile peut être annoncé dans un réseau mobile.

Tableau de préfixes : liste de préfixes de réseau mobile indexés par l'adresse de rattachement d'un routeur mobile. L'agent de rattachement gère et utilise le tableau de préfixes pour déterminer quels préfixes de réseau mobile appartiennent à un certain routeur mobile.

3. Vue d'ensemble du protocole NEMO

Un réseau mobile est un segment de réseau ou de sous réseau qui peut se déplacer et se rattacher à des points arbitraires dans l'infrastructure d'acheminement. Un réseau mobile ne peut être accédé que via des passerelles spécifiques appelées des routeurs mobiles qui gèrent ses mouvements. Les réseaux mobiles ont au moins un routeur mobile qui les dessert. Un routeur mobile ne distribue pas les chemins de réseau mobile à l'infrastructure à son point de rattachement (c'est-à-dire, dans le réseau visité). À la place, il entretient un tunnel bidirectionnel avec un agent de rattachement qui annonce une agrégation de réseaux mobiles à l'infrastructure. Le routeur mobile est aussi la passerelle par défaut pour le réseau mobile.

Un réseau mobile peut aussi comporter plusieurs sous réseaux incorporés. Un routeur sans prise en charge de la mobilité peut être rattaché de façon permanente à un réseau mobile pour la distribution locale. Aussi, les routeurs mobiles peuvent être rattachés à des réseaux mobiles qui appartiennent à des routeurs mobiles différents et peuvent former un graphe. En particulier, avec la prise en charge de NEMO basique, chaque routeur mobile est rattaché à un autre réseau mobile par une seule interface. Si les boucles sont évitées, le graphe est une arborescence.

Un routeur mobile a une adresse de rattachement unique à travers laquelle il est accessible lorsque il est enregistré auprès de son agent de rattachement. L'adresse de rattachement est configurée à partir d'un préfixe agrégé et annoncé par son agent de rattachement. Le préfixe peut être soit le préfixe annoncé sur la liaison de rattachement, soit le préfixe délégué au routeur mobile. Le routeur mobile peut avoir plus d'une adresse de rattachement si il y a plusieurs préfixes dans la liaison de rattachement. Le routeur mobile annonce aussi un ou plusieurs préfixes dans le réseau mobile qui lui est rattaché. Le mécanisme réel pour allouer ces préfixes à un certain routeur mobile sort du domaine d'application de la présente spécification.

Lorsque le routeur mobile se déplace hors de la liaison de rattachement et se rattache à un nouveau routeur d'accès, il acquiert une adresse d'entretien (*care-of address*) de la liaison visitée. Le routeur mobile peut à tout moment agir soit comme hôte mobile, soit comme routeur mobile. Il agit comme un hôte mobile comme défini dans la [RFC3775] pour les sessions qu'il génère et dont il fournit la connexité au réseau mobile. Aussitôt que le routeur mobile acquiert une adresse d'entretien, il envoie immédiatement une mise à jour de lien (BU, *Binding Update*) à son agent de rattachement comme décrit dans la [RFC3775]. Lorsque l'agent de rattachement reçoit cette mise à jour de lien, il crée une entrée d'antémémoire qui lie l'adresse de rattachement du routeur mobile à son adresse d'entretien au point de rattachement actuel.

Si le routeur mobile cherche à agir comme un routeur mobile et fournit la connexité aux nœuds dans le réseau mobile, il l'indique à l'agent de rattachement en établissant un fanion (R) dans la mise à jour de lien. Il PEUT aussi inclure des informations sur le préfixe de réseau mobile dans la mise à jour de lien en utilisant un des modes décrits au paragraphe 5.2, afin que l'agent de rattachement puisse transmettre des paquets destinés aux nœuds dans le réseau mobile au routeur mobile. Une nouvelle option d'en-tête de mobilité pour porter les informations de préfixes est décrite au paragraphe 4.3. Si le réseau mobile a plus d'un préfixe IPv6 et veut que l'agent de rattachement établisse la transmission pour tous ces préfixes, il inclut plusieurs options d'informations de préfixes dans une seule mise à jour de lien. L'agent de rattachement établit la transmission pour chacun de ces préfixes à l'adresse d'entretien du routeur mobile. Dans certains scénarios, l'agent de rattachement va déjà savoir quels préfixes appartiennent à un routeur mobile par un autre mécanisme comme la configuration statique. Dans ces scénarios, le routeur mobile n'inclut aucune information de préfixe dans la mise à jour de lien. L'agent de rattachement établit la transmission pour tous les préfixes possédés par le routeur mobile quand il reçoit une mise à jour de lien du routeur mobile avec le fanion de routeur mobile (R) établi.

L'agent de rattachement accuse réception de la mise à jour de lien en envoyant un accusé de réception de lien (*Binding Acknowledgement*) au routeur mobile. Un accusé de réception positif avec le fanion de routeur mobile (R) établi signifie que l'agent de rattachement a établi la transmission pour le réseau mobile. Une fois que le processus de lien est terminé, un tunnel bidirectionnel est établi entre l'agent de rattachement et le routeur mobile. Les points d'extrémité du tunnel sont l'adresse d'entretien du routeur mobile et l'adresse de l'agent de rattachement. Si un paquet avec une adresse de source appartenant au préfixe du réseau mobile est reçu du réseau mobile, le routeur mobile inverse le tunnel du paquet pour l'agent de rattachement à travers ce tunnel. Cette inversion de tunnelage est faite en utilisant l'encapsulation IP dans IP [RFC2473]. L'agent de rattachement désencapsule ce paquet et le transmet au nœud correspondant. Pour le trafic généré par lui-même, le routeur mobile peut utiliser le tunnelage inverse ou l'optimisation de chemin, comme spécifié dans la [RFC3775].

Lorsque un nœud correspondant envoie un paquet de données à un nœud dans le réseau mobile, le paquet est acheminé à l'agent de rattachement qui a actuellement le lien pour le routeur mobile. Le préfixe de réseau du routeur mobile sera agrégé à l'agent de rattachement, qui va annoncer l'agrégation résultante. Autrement, l'agent de rattachement peut recevoir les paquets de données destinés au réseau mobile en annonçant les chemins au préfixe de réseau mobile. Le mécanisme réel par lequel des chemins sont annoncés sort du domaine d'application du présent document. Quand l'agent de rattachement

reçoit un paquet de données destiné à un nœud dans le réseau mobile, il tunnelle le paquet à l'adresse d'entretien actuelle du routeur mobile. Le routeur mobile désencapsule le paquet et le transmet sur l'interface sur laquelle le réseau mobile est connecté. Avant de désencapsuler le paquet tunnelé, le routeur mobile doit vérifier si l'adresse de source sur l'en-tête IPv6 externe est l'adresse de l'agent de rattachement. Cette vérification n'est pas nécessaire si le paquet est protégé par IPsec en mode tunnel. Le routeur mobile a aussi à s'assurer que l'adresse de destination sur l'en-tête IPv6 interne appartient à un préfixe utilisé dans le réseau mobile avant de transmettre le paquet au réseau mobile. Si ce n'est pas le cas, le routeur mobile devrait éliminer le paquet.

Le réseau mobile pourrait inclure des nœuds qui ne prennent pas en charge la mobilité et des nœuds qui le font. Un nœud dans le réseau mobile peut aussi être un routeur fixe ou mobile. Le protocole décrit ici assure une complète transparence de la mobilité réseau pour les nœuds dans le réseau mobile. Les nœuds mobiles qui se rattachent au réseau mobile le traitent comme un réseau d'accès IPv6 normal et appliquent le protocole IPv6 mobile.

Le routeur mobile et l'agent de rattachement peuvent appliquer un protocole d'acheminement à travers le tunnel bidirectionnel. Dans ce cas, le routeur mobile n'a pas besoin d'inclure des informations de préfixes dans la mise à jour de lien. L'agent de rattachement utilise plutôt les mises à jour de protocole d'acheminement pour établir la transmission pour le réseau mobile. Lorsque le protocole d'acheminement fonctionne, le tunnel bidirectionnel doit être traité comme une interface de tunnel. L'interface de tunnel est incluse dans la liste des interfaces sur lesquelles le protocole d'acheminement est actif. Le routeur mobile devrait être configuré à ne pas envoyer de message de protocole d'acheminement sur son interface de sortie quand il n'est pas sur la liaison de rattachement et est connecté à une liaison visitée.

Finalement, l'agent de rattachement peut être configuré avec des chemins statiques au préfixe de réseau mobile via l'adresse de rattachement du routeur mobile. Dans ce cas, les chemins sont établis indépendamment des flux de lien et du retour au réseau de rattachement d'un routeur mobile. L'avantage est qu'un tel mouvement n'induit pas de signalisation supplémentaire sous la forme de mises à jour d'acheminement dans le réseau de rattachement. L'inconvénient est que les chemins sont présents même si les routeurs mobiles mentionnés ne sont pas accessibles (au réseau de rattachement ou en visite) à un certain moment.

4. Formats de message

4.1 Mise à jour de lien

Un nouveau fanion (R) est inclus dans la mise à jour de lien pour indiquer à l'agent de rattachement si la mise à jour de lien vient d'un routeur mobile et non d'un nœud mobile. Le reste du format de la mise à jour de lien reste le même que défini dans la [RFC3775].

```

0           1           2           3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
                                +-----+
                                |         N° de séquence         |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|A|H|L|K|M|R|   Réserve   |         Durée de vie         |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|
|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

Fanion routeur mobile (R) : il est établi pour indiquer à l'agent de rattachement que la mise à jour de lien vient d'un routeur mobile. Si le fanion est à 0, l'agent de rattachement suppose que le routeur mobile se comporte comme nœud mobile, et il NE DOIT PAS transmettre au routeur mobile les paquets destinés au réseau mobile.

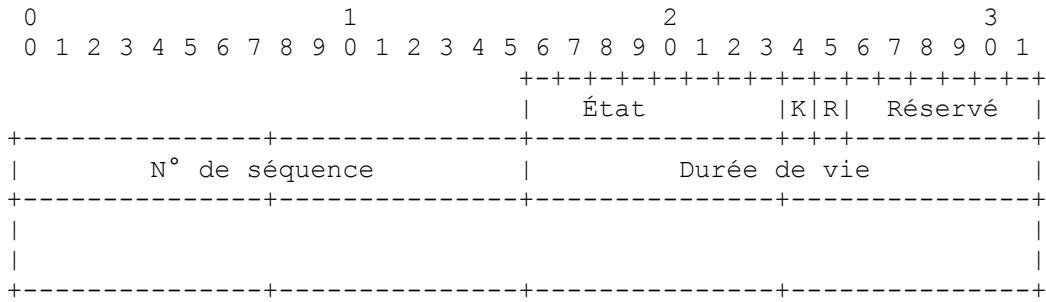
Options de mobilité : champ de longueur variable qui peut inclure zéro, une ou plusieurs options de mobilité. Le présent document définit une nouvelle option de mobilité en plus de ce qui est défini dans la [RFC3775].

Pour les descriptions des autres champs dans le message, voir la [RFC3775].

4.2 Accusé de réception de lien

Un nouveau fanion (R) est inclus dans l'accusé de réception de lien pour indiquer que l'agent de rattachement qui a traité la mise à jour de lien correspondante prend en charge les routeurs mobiles. Le fanion n'est établi que si la mise à jour de lien correspondante avait le fanion Routeur mobile (R) réglé à 1. Le reste du format d'accusé de réception de lien est le même

que défini dans la [RFC3775].



Fanion Routeur mobile (R) : il est établi pour indiquer que l'agent de rattachement qui a traité la mise à jour de lien prend en charge les routeurs mobiles. Il n'est réglé à 1 que si la mise à jour de lien correspondante avait le fanion Routeur mobile réglé à 1. Pour les descriptions des autres champs du message, voir la [RFC3775].

Le présent document introduit aussi les nouvelles valeurs d'état d'accusé de réception de lien suivantes. Les valeurs indiquées ci-dessous sont en décimal.

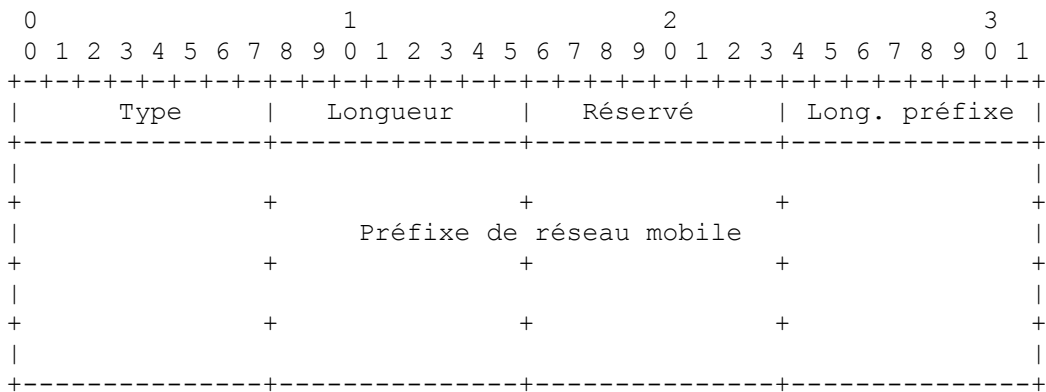
- 140 : fonctionnement de routeur mobile non permis
- 141 : préfixe invalide
- 142 : non autorisé comme préfixe
- 143 : échec de l'établissement de la transmission (préfixes manquants)

Les valeurs d'état inférieures à 128 indiquent que la mise à jour de lien a été traitée avec succès par les nœuds receveurs. Les valeurs supérieures à 128 indiquent que la mise à jour de lien a été rejetée par l'agent de rattachement.

4.3 Option Préfixe de réseau mobile

L'option Préfixe de réseau mobile est incluse dans la mise à jour de lien pour indiquer les informations de préfixe pour le réseau mobile à l'agent de rattachement. Il pourrait y avoir plusieurs options de préfixe de réseau mobile si le routeur mobile avait plus d'un préfixe IPv6 dans le réseau mobile et voulait que l'agent de rattachement transmette les paquets pour chacun de ces préfixes à la localisation actuelle du routeur mobile.

L'option Préfixe de réseau mobile a une exigence d'alignement de 8n+4. Son format est le suivant.



Type : 6

Longueur : Entier non signé de huit bits qui indique la longueur en octets de l'option, excluant les champs Type et Longueur. Réglé à 18.

Réservé : Ce champ n'est pas utilisé actuellement. La valeur DOIT être initialisée à 0 par l'envoyeur et DOIT être ignorée à réception.

Longueur de préfixe : Entier non signé de huit bits indiquant la longueur du préfixe IPv6 contenu dans l'option.

Préfixe de réseau mobile : Champ de seize octets contenant le préfixe de réseau mobile

5. Fonctionnement du routeur mobile

Le fonctionnement du routeur mobile est déduit largement des comportements combinés d'un hôte, d'un routeur [RFC2460], et d'un nœud mobile [RFC3775].

Un nœud mobile peut agir de deux façons : (1) comme un hôte mobile, auquel cas l'agent de rattachement ne conserve aucune information de préfixe relative à l'adresse de rattachement de l'hôte mobile mais conserve une entrée d'antémémoire de liens relative à l'adresse de rattachement de l'hôte mobile, et (2) comme routeur mobile, auquel cas, en plus de conserver l'entrée d'antémémoire de lien correspondant à l'adresse de rattachement de l'hôte mobile, l'agent de rattachement conserve les informations de transmission relatives aux préfixes alloués au réseau mobile. La distinction entre les deux modes est représentée par la valeur du fanion Routeur mobile (R).

Un routeur mobile DOIT mettre en œuvre toutes les exigences pour les nœuds mobiles IPv6 comme décrit au paragraphe 8.5 de la [RFC3775].

5.1 Structures de données

Comme un hôte mobile, un routeur mobile conserve aussi une liste de mises à jour de liens, décrite au paragraphe 11.1 de la spécification IPv6 mobile [RFC3775]. La liste de mises à jour de liens est une structure de données conceptuelle qui enregistre les informations envoyées dans la mise à jour de liens. Il y a une entrée pour chaque destination à laquelle le routeur mobile envoie actuellement des mises à jour de liens.

Le présent document introduit un nouveau champ Informations de préfixe dans la structure de liste de mises à jour de liens. Ce champ est utilisé pour mémoriser toutes les informations de préfixes que le routeur mobile inclut dans la mise à jour de lien. Si le routeur mobile établit le fanion Routeur mobile (R) dans la mise à jour de lien mais n'inclut dedans aucune information de préfixe, ce champ est à zéro. Le routeur mobile n'inclut pas d'informations de préfixe dans la mise à jour de lien dans le mode implicite ou lorsque il a un protocole d'acheminement dynamique avec cet agent de rattachement.

Comme le fait un hôte mobile, un routeur mobile mémorise les informations concernant l'état des fanions de la mise à jour de lien dans l'entrée correspondante de liste de mises à jour de liens. Le présent document introduit un nouveau fanion Routeur mobile (R) pour cette entrée. L'état de ce fanion est mémorisé dans la liste de mises à jour de liens chaque fois que une mise à jour de lien est envoyée.

Un routeur mobile conserve aussi une liste d'agents de rattachement remplie conformément aux mêmes procédures qu'un hôte mobile.

5.2 Envoi de mise à jour de liens

Un routeur mobile envoie des mises à jour de lien à son agent de rattachement, comme décrit dans la [RFC3775]. Si le routeur mobile ne fait pas fonctionner un protocole d'acheminement comme décrit à la Section 8, il utilise un des modes suivants pour dire à l'agent de rattachement de déterminer quels préfixes appartiennent au routeur mobile. Dans les deux modes, le routeur mobile établit le fanion Routeur mobile (R).

Implicite : dans ce mode, le routeur mobile n'inclut pas d'option Préfixe de réseau dans la mise à jour de lien. L'agent de rattachement peut utiliser tout mécanisme (non défini dans le présent document) pour déterminer le ou les préfixes de réseau mobile possédés par le routeur mobile et établir la transmission pour le réseau mobile. Un exemple serait une configuration manuelle chez l'agent de rattachement transposant l'adresse de rattachement du routeur mobile en les informations requises pour établir la transmission pour le réseau mobile.

Explicite : dans ce mode, le routeur mobile inclut une ou plusieurs options Préfixe de réseau mobile dans la mise à jour de lien. Ces options contiennent les informations sur le ou les préfixes de réseau mobile configurés sur le réseau mobile.

Un routeur mobile DOIT mettre en œuvre au moins un mode et PEUT mettre en œuvre les deux. Dans ce dernier cas, la configuration locale du routeur mobile décide quel mode utiliser. Ceci sort du domaine d'application de ce document.

Si le fanion Routeur mobile est établi, le fanion Enregistrement de rattachement (H) DOIT être établi.

Si le routeur mobile a une entrée d'antémémoire de lien valide avec l'agent de rattachement, les mises à jour de liens

suyvantes pour la même adresse de rattachement devraient avoir la même valeur que celle de l'antémémoire de lien pour le fanion Routeur mobile (R). En mode explicite, le routeur mobile DOIT inclure les informations de préfixe dans toutes les mises à jour de liens, incluant celles envoyées pour rafraîchir les entrées d'antémémoire de liens existantes, si il veut activer la transmission pour les préfixes de réseau mobile correspondants.

5.3 Réception d'accusé de réception de lien

Le routeur mobile reçoit des accusés de réception de lien de l'agent de rattachement correspondant à la mise à jour de liens qu'il a envoyée. Si l'état de l'accusé de réception de lien est réglé à 0 (mise à jour de lien acceptée) et si le fanion Routeur mobile (R) est réglé à 1, le routeur mobile suppose que l'agent de rattachement a réussi à traiter la mise à jour de lien et a établi la transmission pour le réseau mobile. Le routeur mobile peut alors commencer à utiliser le tunnel bidirectionnel pour inverser le tunnel de trafic provenant du réseau mobile. Si le fanion Routeur mobile (R) n'est pas établi, le routeur mobile conclut alors que son agent de rattachement actuel ne prend pas en charge les routeurs mobiles et il effectue à nouveau une découverte dynamique d'adresse d'agent de rattachement pour découvrir des agents de rattachement qui le font. Le routeur mobile DOIT aussi se désenregistrer de l'agent de rattachement qui ne le prenait pas en charge avant de tenter de s'enregistrer auprès d'un autre.

5.4 Traitement des erreurs

Si l'état de l'accusé de réception de lien est réglé à une valeur entre 128 et 139, le routeur mobile prend les actions nécessaires comme décrit dans la spécification IPv6 mobile [RFC3775]. Pour les valeurs d'état d'accusé de réception de lien définies dans le présent document, les paragraphes qui suivent expliquent le comportement du routeur mobile.

5.4.1 Mode implicite

En mode implicite, le routeur mobile interprète seulement les états d'erreur 140 (Fonctionnement de routeur mobile interdit) et 143 (Échec de l'établissement de la transmission). Le routeur mobile DOIT traiter les accusés de réception de lien avec les états '141' et '142' comme des erreurs fatales, car elles ne devraient pas être envoyées par l'agent de rattachement en mode implicite.

Si l'accusé de réception de lien provenant de l'agent de rattachement a l'état 140, le routeur mobile DEVRAIT envoyer une mise à jour de lien à un autre agent de rattachement sur la même liaison de rattachement. Si aucun agent de rattachement ne répond positivement, le routeur mobile DOIT s'interdire d'envoyer une mise à jour de liens avec le fanion Routeur mobile établi à tout agent de rattachement sur la liaison de rattachement, et il doit enregistrer l'information.

Si l'accusé de réception de lien a l'état 143, le routeur mobile DEVRAIT envoyer une mise à jour de lien à un autre agent de rattachement sur la même liaison de rattachement. Si aucun agent de rattachement ne répond positivement, le routeur mobile DEVRAIT s'interdire d'envoyer cette mise à jour de lien à tout agent de rattachement sur la liaison de rattachement, et PEUT envoyer une mise à jour de lien en mode explicite à un agent de rattachement sur la même liaison de rattachement.

5.4.2 Mode explicite

Si le routeur mobile a envoyé une mise à jour de lien à l'agent de rattachement en mode explicite, le routeur mobile interprète alors seulement les états d'erreur 140 (Fonctionnement de routeur mobile interdit), 141 (Préfixe invalide), et 142 (Non autorisé pour un préfixe). Le routeur mobile DOIT traiter les accusés de réception de lien avec l'état '143' comme une erreur fatale, car il ne devrait pas être envoyé par l'agent de rattachement en mode explicite.

Si l'accusé de réception de lien provenant de l'agent de rattachement a l'état 140, le routeur mobile DEVRAIT envoyer une mise à jour de lien à un autre agent de rattachement sur la même liaison de rattachement. Si aucun agent de rattachement ne répond positivement, le routeur mobile DOIT alors s'interdire d'envoyer des mises à jour de lien avec le fanion Routeur mobile établi à tout agent de rattachement sur la liaison de rattachement, et il doit enregistrer cette information.

Si l'accusé de réception de lien a l'état 141 ou 142, le routeur mobile DEVRAIT envoyer une mise à jour de lien à un autre agent de rattachement sur la même liaison de rattachement. Si aucun agent de rattachement ne répond positivement, le routeur mobile DEVRAIT alors s'interdire d'envoyer des mises à jour de lien à tout agent de rattachement sur la liaison de rattachement. Le routeur mobile DOIT aussi arrêter d'annoncer le préfixe dans le réseau mobile et essayer d'obtenir de nouvelles informations de préfixe IPv6 pour le réseau mobile. Il fera cela par les mêmes moyens que ceux par lesquels il a initialement obtenu l'allocation du présent préfixe de réseau mobile. Autrement, le routeur mobile PEUT envoyer une mise à jour de lien en mode implicite à un agent de rattachement sur la même liaison de rattachement.

Si à la fin de cette procédure de traitement d'erreur, comme décrit aux paragraphes 5.4.1 et 5.4.2, le routeur mobile a essayé

tous les modes disponibles et n'a toujours pas reçu d'accusé de réception de lien positif, le routeur mobile DOIT arrêter d'envoyer des mises à jour de liens avec le fanion Routeur mobile établi pour cette adresse de rattachement et il doit enregistrer cette information.

Dans tous les cas ci-dessus, le routeur mobile DOIT conclure que l'agent de rattachement n'a pas créé d'entrée d'antémémoire de lien pour l'adresse de rattachement du routeur mobile.

5.5 Établissement de tunnel bidirectionnel

Lorsque un accusé de réception de lien réussi est reçu, le routeur mobile établit son point d'extrémité du tunnel bidirectionnel.

Le tunnel bidirectionnel entre le routeur mobile et l'agent de rattachement permet aux paquets de s'écouler dans les deux directions, tandis que le routeur mobile est connecté à une liaison visitée. Le tunnel bidirectionnel est créé en fusionnant deux canaux unidirectionnels, comme décrit dans la [RFC2473]. Le tunnel du routeur mobile à l'agent de rattachement a l'adresse d'entretien du routeur mobile comme point d'entrée du tunnel et l'adresse de l'agent de rattachement comme point de sortie du tunnel. Le tunnel de l'agent de rattachement au routeur mobile a l'adresse de l'agent de rattachement et l'adresse d'entretien du routeur mobile respectivement comme point d'entrée du tunnel et comme point de sortie. Tout le trafic IPv6 de et vers le réseau mobile est envoyé à travers ce tunnel bidirectionnel.

Un routeur mobile utilise la limite de bond de tunnel normalement allouée aux routeurs (pas aux hôtes). Se reporter à la [RFC2473] pour les détails.

5.6 Découverte de voisin pour le routeur mobile

Lorsque un routeur mobile est chez lui, il PEUT être configuré à envoyer des annonces de routeur et à répondre aux sollicitations de routeur sur l'interface rattachée à la liaison de rattachement. La valeur du champ Durée de vie de routeur DEVRAIT être réglée à 0 pour empêcher les autres nœuds de configurer le routeur mobile comme routeur par défaut.

Un routeur mobile NE DEVRAIT PAS envoyer d'annonces de routeur non sollicitées et NE DEVRAIT PAS répondre aux sollicitations de routeur sur une interface de sortie lorsque cette interface est rattachée à une liaison visitée. Cependant, le routeur mobile DEVRAIT répondre par des annonces de voisin aux sollicitations de voisin reçues sur l'interface de sortie, pour les adresses valides sur la liaison visitée.

Un routeur ignore normalement les annonces de routeur envoyées par les autres routeurs sur une liaison. Cependant, un routeur mobile NE DOIT PAS ignorer les annonces de routeur reçues sur l'interface de sortie. Les annonces de routeur reçues PEUVENT être utilisées pour la configuration d'adresse, le choix du routeur par défaut, ou la détection de mouvement.

5.7 Groupes de diffusion groupée pour routeur mobile

Lorsque il est chez lui, le routeur mobile accède à l'adresse du groupe de diffusion groupée "Tous les routeurs" avec les portées 1 "interface locale" (sur l'interface d'annonce locales) et 2 "liaison locale", sur une de ses interfaces de sortie. Lorsque il est dans un réseau visité, le routeur mobile NE DOIT PAS se joindre aux groupes de diffusion groupée ci-dessus sur l'interface correspondante.

5.8 Retour à la liaison de rattachement

Lorsque le routeur mobile détecte qu'il est retourné à sa liaison de rattachement, il DOIT se désenregistrer de son agent de rattachement. Le routeur mobile DOIT mettre en œuvre et suivre les procédures de retour au réseau de rattachement définies pour un nœud mobile dans la [RFC3775]. De plus, le routeur mobile PEUT commencer à se comporter comme un routeur sur son interface de sortie, en particulier comme suit :

- Le routeur mobile PEUT envoyer des annonces de routeur sur ses interfaces de sortie, mais la durée de vie du routeur DEVRAIT être réglée à 0 afin que les hôtes sur la liaison de rattachement ne prennent pas le routeur mobile comme routeur par défaut.
- Le routeur mobile PEUT se joindre au groupe de diffusion groupée à l'adresse Tous les routeurs sur la liaison de rattachement.
- Le routeur mobile PEUT envoyer des messages de protocole d'acheminement sur son interface de sortie si il est configuré à faire fonctionner un protocole d'acheminement dynamique.

Lorsque le routeur mobile envoie une mise à jour de lien de désenregistrement en mode explicite, il NE DEVRAIT PAS inclure d'option de préfixe de réseau mobile dans la mise à jour de lien. Lorsque l'agent de rattachement supprime une entrée d'antémémoire de lien, il supprime tous les chemins de préfixe de réseau mobile associés.

6. Fonctionnement de l'agent de rattachement

Pour qu'un routeur mobile fonctionne correctement, l'agent de rattachement DOIT satisfaire à toutes les exigences mentionnées au paragraphe 8.4 de la [RFC3775]. L'agent de rattachement DOIT mettre en œuvre les deux modes décrits au paragraphe 5.2 du présent document.

6.1 Structures de données

6.1.1 Antémémoire de liens

L'agent de rattachement conserve des entrées d'antémémoire de lien pour chaque routeur mobile actuellement enregistré auprès de l'agent de rattachement. L'antémémoire de liens est une structure de données conceptuelle décrite en détails dans la [RFC3775].

L'agent de rattachement peut avoir besoin de mémoriser les préfixes de réseaux mobiles associés à un routeur mobile dans l'entrée correspondante d'antémémoire de lien. C'est exigé si la mise à jour de lien qui a créé l'entrée d'antémémoire de lien contenait des informations de préfixes explicites. Ces informations peuvent être utilisées ultérieurement pour nettoyer les chemins installés en mode explicite, lorsque l'entrée d'antémémoire de lien est supprimée, et pour maintenir le tableau d'acheminements, par exemple, si les chemins devaient être supprimés manuellement.

L'agent de rattachement mémorise aussi l'état du fanion Routeur mobile (R) dans l'entrée d'antémémoire de liens.

6.1.2 Tableau des préfixes

L'agent de rattachement DEVRAIT être capable d'empêcher un routeur mobile de réclamer des préfixes de réseaux mobiles appartenant à un autre routeur mobile. L'agent de rattachement peut empêcher de telles attaques si il tient un tableau des préfixes et vérifie les informations de préfixes fournies par le routeur mobile par rapport aux entrées du tableau des préfixes. Le tableau des préfixes DEVRAIT être utilisé par l'agent de rattachement lorsque il traite une mise à jour de lien en mode explicite. Il n'est pas exigé quand fonctionne un protocole d'acheminement dynamique entre le routeur mobile et l'agent de rattachement.

Chaque entrée dans le tableau des préfixes contient les champs suivants :

- L'adresse de rattachement du routeur mobile. Ce champ est utilisé comme clé pour chercher le tableau préconfiguré de préfixes.
- Le préfixe de réseau mobile du routeur mobile associé à l'adresse de rattachement.

6.2 Enregistrement de préfixe de réseau mobile

L'agent de rattachement traite la mise à jour de lien comme décrit au paragraphe 10.3.1 de la spécification IPv6 mobile [RFC3775]. Ce paragraphe décrit le traitement de la mise à jour de lien si le fanion routeur mobile (R) est établi. L'agent de rattachement effectue les vérifications suivantes.

- Le fanion Enregistrement de rattachement (H) DOIT être établi. Si il ne l'est pas, l'agent de rattachement DOIT rejeter la mise à jour de lien et envoyer un accusé de réception de lien avec l'état réglé à 140. Note : la prise en charge de base ne permet pas l'envoi d'une mise à jour de lien pour un préfixe de réseau mobile aux nœuds correspondants (pour l'optimisation de chemin).
- La spécification IPv6 mobile [RFC3775] exige que l'adresse de rattachement dans la mise à jour de lien soit configurée à partir d'un préfixe annoncé sur la liaison de rattachement. Autrement, la mise à jour de lien est rejetée avec la valeur d'état de 132 [RFC3775]. La présente spécification assouplit cette exigence de sorte que l'agent de rattachement rejette la mise à jour de lien seulement si l'adresse de rattachement n'appartient pas au préfixe que l'agent de rattachement est configuré à desservir.

Si l'agent de rattachement a une entrée valide d'antémémoire de lien pour le routeur mobile, et si la mise à jour de lien a le fanion Routeur mobile (R) établi à une valeur différente de celle de l'entrée d'antémémoire de lien existante, l'agent de

rattachement DOIT alors rejeter la mise à jour de lien et envoyer un accusé de réception de lien avec l'état réglé à 139 (Changement de type d'enregistrement interdit). Cependant, si la mise à jour de lien est un désenregistrement de mise à jour de lien, l'agent de rattachement ignore la valeur du fanion Routeur mobile (R).

Si la durée de vie spécifiée dans la mise à jour de lien est 0 ou si l'adresse d'entretien spécifiée correspond à l'adresse de rattachement dans la mise à jour de lien, c'est alors une demande de suppression du lien en antémémoire pour l'adresse de rattachement et les préfixes de réseaux mobiles spécifiés. La mise à jour de lien est traitée comme décrit au paragraphe 6.7.

Si l'agent de rattachement ne rejette pas la mise à jour de lien comme invalide, et si un protocole d'acheminement dynamique ne fonctionne pas entre l'agent de rattachement et le routeur mobile comme décrit à la Section 8, l'agent de rattachement restitue alors les informations de préfixe de réseau mobile comme décrit ci-dessous.

- Si une option Préfixe de réseau mobile est présent dans la mise à jour de lien, les informations de préfixe pour le préfixe de réseau mobile sont restituées à partir du champ Préfixe de réseau mobile et du champ Longueur de préfixe de l'option. Si la mise à jour de lien contient plus d'une option, l'agent de rattachement DOIT établir la transmission pour tous les préfixes de réseau mobile. Si l'agent de rattachement échoue à établir la transmission pour tous les préfixes mentionnés dans la mise à jour de lien, il NE DOIT alors transmettre de trafic pour aucun des préfixes. De plus, il DOIT rejeter la mise à jour de lien et envoyer un accusé de réception de lien avec l'état réglé à 141 (Préfixe invalide).

Si l'agent de rattachement vérifie les informations de préfixe avec le tableau des préfixes et si la vérification échoue, l'agent de rattachement DOIT éliminer la mise à jour de lien et envoyer un accusé de réception de lien avec l'état réglé à 142 (Non autorisé pour le préfixe).

- Si il n'y a pas d'option dans la mise à jour de lien portant les informations de préfixe, l'agent de rattachement utilise des informations préconfigurées manuellement pour déterminer les préfixes alloués au routeur mobile et pour établir la transmission pour le réseau mobile. Si il n'y a pas d'informations que l'agent de rattachement puisse utiliser, il DOIT rejeter la mise à jour de lien et envoyer un accusé de réception de lien avec l'état réglé à 143 (Échec d'établissement de transmission).

Si l'agent de rattachement a une entrée valide d'antémémoire de lien pour le routeur mobile, il devrait comparer la liste des préfixes dans la mise à jour de lien aux préfixes mémorisés dans l'entrée d'antémémoire de liens. Si l'entrée d'antémémoire de liens contient des préfixes qui n'apparaissent pas dans la mise à jour de lien, l'agent de rattachement DOIT désactiver la transmission pour ces préfixes de réseau mobile.

Si toutes les vérifications ont réussi, l'agent de rattachement crée une entrée d'antémémoire de lien pour l'adresse de rattachement du routeur mobile ou met à jour l'entrée si elle existe déjà. Autrement, l'agent de rattachement NE DOIT PAS enregistrer le lien de l'adresse de rattachement du routeur mobile.

L'agent de rattachement défend l'adresse de rattachement du routeur mobile au moyen de la découverte de voisin mandataire en envoyant en diffusion groupée un message Annonce de voisin sur la liaison de rattachement au nom du routeur mobile. Tous les champs dans le message Annonce de voisin mandataire devraient être réglés de la même façon qu'ils le seraient par le routeur mobile si c'était lui qui envoyait cette annonce de voisin si il était chez lui, comme décrit dans la [RFC2461]. Il y a une exception : si le fanion Routeur mobile (R) a été établi dans la mise à jour de lien, le bit Routeur (R) dans l'annonce DOIT être établi.

L'agent de rattachement crée aussi un tunnel bidirectionnel au routeur mobile pour le préfixe de réseau mobile demandé ou met à jour un tunnel bidirectionnel existant comme décrit au paragraphe 6.4.

6.3 Annonce de l'accessibilité de réseau mobile

Pour recevoir des paquets destinés au réseau mobile, l'agent de rattachement annonce l'accessibilité au réseau mobile. Si la liaison de rattachement est configurée avec un préfixe agrégé et si le préfixe de réseau mobile est agrégé sous ce préfixe, les changements d'acheminement relatifs au réseau mobile peuvent alors être restreints à la liaison de rattachement. Si l'agent de rattachement est le seul routeur par défaut sur la liaison de rattachement, les chemins pour le préfixe de réseau mobile sont agrégés naturellement sous l'agent de rattachement, qui n'a rien de particulier à faire.

Si l'agent de rattachement reçoit des mises à jour d'acheminement à travers un protocole d'acheminement dynamique provenant du routeur mobile, il peut être configuré à propager ces chemins sur les interfaces pertinentes.

6.4 Établissement de tunnel bidirectionnel

La mise en œuvre des tunnels bidirectionnels et du mécanisme pour les rattacher à la pile IP sortent du domaine d'application de la présente spécification. Cependant, les mises en œuvre DOIVENT être capables de faire les opérations suivantes :

- L'agent de rattachement peut tunneler les paquets destinés au préfixe du réseau mobile à la localisation actuelle du routeur mobile, l'adresse d'entretien.
- L'agent de rattachement peut accepter les paquets tunnelés par le routeur mobile avec l'adresse de source de l'en-tête IPv6 externe réglée à l'adresse d'entretien du routeur mobile.

6.5 Transmission des paquets

Lorsque l'agent de rattachement reçoit un paquet de données destiné au réseau mobile, il DOIT transmettre le paquet au routeur mobile à travers le tunnel bidirectionnel. L'agent de rattachement utilise soit le tableau d'acheminement, soit l'antémémoire de liens, soit une combinaison des deux pour acheminer les paquets au réseau mobile. Ceci est spécifique de la mise en œuvre. On en donne deux exemples :

1. L'agent de rattachement maintient un chemin pour le préfixe de réseau mobile avec le prochain bond réglé à l'adresse de rattachement du routeur mobile. Lorsque l'agent de rattachement essaye de transmettre le paquet au prochain bond, il trouve une entrée d'antémémoire de lien pour l'adresse de rattachement. L'agent de rattachement extrait alors l'adresse d'entretien du routeur mobile et tunnelle le paquet à l'adresse d'entretien.
2. L'agent de rattachement maintient un chemin pour le préfixe de réseau mobile avec l'interface sortante réglée à l'interface de tunnel bidirectionnel entre l'agent de rattachement et le routeur mobile. À cette fin, l'agent de rattachement DOIT traiter ce tunnel comme une interface de tunnel. Lorsque les paquets sont transmis à travers l'interface de tunnel, ils sont encapsulés automatiquement, avec les adresses de source et de destination réglées dans l'en-tête IPv6 externe respectivement à l'adresse de l'agent de rattachement et à l'adresse d'entretien du routeur mobile.

6.6 Envoi des accusés de réception de lien

Un agent de rattachement qui dessert un routeur mobile envoie des accusés de réception de lien avec les mêmes règles que celles qu'il utilise pour envoyer des accusés de réception de lien aux hôtes mobiles [RFC3775], avec les améliorations suivantes.

L'agent de rattachement règle le code d'état dans l'accusé de réception de lien à 0 (mise à jour de lien acceptée) pour indiquer au routeur mobile qu'il a traité avec succès la mise à jour de lien. Il établit aussi le fanion Routeur mobile (R) pour indiquer au routeur mobile qu'il a établi la transmission pour le réseau mobile.

Si l'agent de rattachement n'est pas configuré à prendre en charge les routeurs mobiles, il règle le code d'état dans l'accusé de réception de lien à 140 (Fonctionnement de routeur mobile interdit).

Si un ou plusieurs préfixes reçus dans la mise à jour de lien sont invalides et si l'agent de rattachement ne peut pas établir la transmission pour les préfixes, l'agent de rattachement règle le code d'état dans l'accusé de réception de lien à 141 (Préfixe invalide) pour l'indiquer au routeur mobile.

Si le routeur mobile n'est pas autorisé à utiliser cette adresse de rattachement pour transmettre des paquets pour un ou plusieurs préfixes présents dans la mise à jour de lien, l'agent de rattachement règle le code d'état dans l'accusé de réception de lien à 142 (Non autorisé pour ce préfixe) pour l'indiquer.

L'agent de rattachement règle le code d'état à 143 (Échec de l'établissement de transmission) si il n'est pas capable de déterminer les informations nécessaires pour établir la transmission pour le réseau mobile. Ceci est utilisé en mode implicite, dans lequel le routeur mobile n'inclut aucune information de préfixe dans la mise à jour de lien.

6.7 Désenregistrement de préfixe de réseau mobile

Lorsque un agent de rattachement réussit à traiter une mise à jour de lien de désenregistrement, il supprime l'entrée d'antémémoire de lien pour l'adresse de rattachement du routeur mobile et arrête de mandater l'adresse de rattachement. Ceci est décrit en détails dans la spécification IPv6 mobile [RFC3775].

De plus, l'agent de rattachement supprime le tunnel bidirectionnel et arrête de transmettre les paquets au réseau mobile. L'agent de rattachement devrait conserver toutes les informations nécessaires pour nettoyer tous les chemins qu'il a installé,

qu'il viennent d'une source implicite ou explicite.

En mode explicite, l'agent de rattachement DOIT ignorer toute option Préfixe de réseau mobile présente dans la mise à jour de lien de désenregistrement.

7. Modifications à la découverte dynamique d'adresse d'agent de rattachement

Le présent document étend la découverte dynamique d'adresse d'agent de rattachement (DHAAD, *Dynamic Home Agent Address Discovery*) définie dans la [RFC3775] afin que les routeurs mobiles ne tentent l'enregistrement qu'avec les agents de rattachement qui le prennent en charge.

7.1 Demande modifiée d'adresse de découverte dynamique d'agent de rattachement

Un nouveau fanion (R) (Prise en charge des routeurs mobiles) est introduit dans le message Demande DHAAD, défini dans la [RFC3775]. Le routeur mobile établit ce fanion pour indiquer qu'il veut découvrir les agents de rattachements qui prennent en charge les routeurs mobiles.

```

0                               1                               2                               3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|   Type   |   Code   |   Somme de contrôle   |
+-----+-----+-----+-----+
|   Identifiant   |R|   Réserve   |
+-----+-----+-----+-----+

```

Fanion de prise en charge de routeur mobile (R) : fanion d'un bit qui lorsque il est établi (à 1) indique que le routeur mobile veut découvrir les agents de rattachements qui prennent en charge les routeurs mobiles.

Pour la description des autres champs du message, voir la [RFC3775].

7.2 Réponse modifiée d'adresse de découverte dynamique d'agent de rattachement

Un nouveau fanion (R) (Prise en charge des routeurs mobiles) est introduit dans le message Réponse DHAAD, défini dans la [RFC3775]. Si un agent de rattachement reçoit un message de demande de découverte dynamique d'agent de rattachement avec le fanion Prise en charge de routeur mobile établi, il DOIT répondre par une liste d'agents de rattachement qui prennent en charge les routeurs mobiles. Le fanion Prise en charge de routeur mobile DOIT être établi si il y a au moins un agent de rattachement qui prend en charge les routeurs mobiles. Si aucun des agents de rattachement ne prend en charge les routeurs mobiles, l'agent de rattachement PEUT répondre par une liste d'agents de rattachement qui ne prennent en charge que les nœuds mobiles IPv6 mobile. Dans ce cas, le fanion Prise en charge de routeur mobile DOIT être réglé à 0.

Le format de message modifié est le suivant :

```

0                               1                               2                               3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|   Type   |   Code   |   Somme de contrôle   |
+-----+-----+-----+-----+
|   Identifiant   |R|   Réserve   |
+-----+-----+-----+-----+
|
+
+
|
+-----+-----+-----+-----+

```

Fanion Prise en charge de routeur mobile (R) : fanion d'un bit qui lorsque il est établi indique que les agents de rattachement énumérés dans ce message prennent en charge les routeurs mobiles.

Pour une description des autres champs du message, voir la[RFC3775].

7.3 Option modifiée d'informations d'agent de rattachement

Un nouveau fanion (R) (Prise en charge des routeurs mobiles) est introduit dans l'option Informations d'agent de rattachement définie dans la [RFC3775]. Si un agent de rattachement prend en charge les routeurs mobiles, il DEVRAIT établir le fanion.

```

0           1           2           3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|      Type      |      Longueur      |R|      Réservé      |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Préf. d'agent de rattachement | Durée de vie d'agent de ratta. |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

Fanion Prise en charge de routeur mobile (R) : fanion d'un bit qui lorsque il est établi indique que l'agent de rattachement prend en charge les routeurs mobiles.

Pour une description des autres champs du message, voir la[RFC3775].

8. Prise en charge des protocoles d'acheminement dynamique

Dans la solution décrite jusqu'à maintenant, la transmission au réseau mobile à l'agent de rattachement est établie lorsque l'agent de rattachement reçoit une mise à jour de lien provenant du routeur mobile. Une solution de remplacement est que l'agent de rattachement et le routeur mobile fassent fonctionner un protocole d'acheminement intra domaine, tel que RIPng [RFC2080] et OSPF [RFC2740] à travers le tunnel bidirectionnel. Le routeur mobile peut continuer de faire fonctionner le même protocole d'acheminement que quand il était rattaché à la liaison de rattachement.

La prise en charge du fonctionnement d'un protocole d'acheminement intra domaine est facultative et est gouvernée par la configuration sur le routeur mobile et l'agent de rattachement.

Cette disposition est très utile lorsque le réseau mobile est vaste avec plusieurs sous réseaux contenant des préfixes IPv6 différents. Les changements d'acheminement dans le réseau mobile sont vite propagés à l'agent de rattachement. Les changements d'acheminement de la liaison de rattachement sont vite propagés au routeur mobile.

Lorsque le routeur mobile est rattaché à la liaison de rattachement, il fait fonctionner un protocole d'acheminement en envoyant des mises à jour d'acheminement à travers son interface de sortie. Lorsque le routeur mobile se déplace et se rattache à un réseau visité, il devrait arrêter d'envoyer des mises à jour d'acheminement sur l'interface par laquelle il se rattache à la liaison visitée. Cela réduit les chances que des préfixes spécifiques du réseau mobile s'échappent dans le réseau visité si l'authentification du protocole d'acheminement n'est pas activée dans le réseau visité et dans le réseau mobile. On s'attend à ce que les pratiques normales de déploiement incluent les mécanismes d'authentification appropriés pour empêcher les annonces de chemin non autorisé sur les deux réseaux de rattachement et visité. Le routeur mobile commence alors à envoyer les messages du protocole d'acheminement à travers le tunnel bidirectionnel vers l'agent de rattachement. La plupart des protocoles d'acheminement utilisent des adresses de liaison locale comme adresses de source pour les messages d'informations d'acheminement. Il est permis au routeur mobile d'utiliser des adresses de liaison locale pour l'en-tête IPv6 interne d'un paquet encapsulé. Mais celles-ci NE DOIVENT PAS être transmises à une autre liaison par le routeur mobile ou l'agent de rattachement.

Lorsque l'agent de rattachement reçoit le paquet interne, il traite les messages de protocole d'acheminement encapsulés et met à jour en conséquence son tableau d'acheminement. Au titre du fonctionnement normal du protocole d'acheminement, les informations de prochain bond dans ces entrées d'acheminement sont remplies avec l'adresse de liaison locale du routeur mobile, avec l'interface sortante réglée au tunnel bidirectionnel.

De même, l'agent de rattachement envoie des mises à jour d'acheminement au routeur mobile à travers le tunnel bidirectionnel. Le routeur mobile traite ces messages de protocole d'acheminement et met à jour son tableau d'acheminement. Pour tous les chemins annoncés par l'agent de rattachement, le routeur mobile règle l'interface sortante au tunnel bidirectionnel avec l'agent de rattachement.

Lorsque le routeur mobile et l'agent de rattachement échangent des chemins à travers un protocole d'acheminement dynamique, le routeur mobile NE DEVRAIT PAS inclure de préfixe de réseau mobile dans la mise à jour de lien à l'agent

de rattachement. Selon sa configuration, l'agent de rattachement peut ne pas ajouter les chemins sur la base des informations de préfixe dans les mises à jour de liens et pourrait n'utiliser que les mises à jour de protocole d'acheminement. De plus, inclure des informations de préfixes à la fois dans les mises à jour de liens et les mises à jour de protocole d'acheminement est redondant.

Comme les messages de protocole d'acheminement de l'agent de rattachement au routeur mobile pourraient éventuellement contenir des informations sur la structure d'acheminement interne du réseau de rattachement, ces messages requièrent une authentification et la protection de la confidentialité. Des mécanismes appropriés d'authentification et de protection de la confidentialité, définis dans la [RFC4552], DOIVENT être utilisés. Pour protéger les messages de protocole d'acheminement en utilisant IPsec ESP [RFC2406], le tunnel bidirectionnel entre le routeur mobile et l'agent de rattachement devrait être traité comme l'interface sortante, avec les adresses de l'agent de rattachement et du routeur mobile comme adresses de source et de destination pour les messages encapsulés internes.

Si un protocole d'acheminement d'état de liaison tel que OSPFv3 est utilisé par le routeur mobile et l'agent de rattachement, on devrait suivre les recommandations de l'Appendice B.

9. Considérations sur la sécurité

Tous les messages de signalisation entre le routeur mobile et l'agent de rattachement DOIVENT être authentifiés par IPsec [RFC2401]. L'utilisation d'IPsec pour protéger les messages de signalisation IPv6 est décrite en détails dans la spécification IPsec HA-MN [RFC3776]. Les messages de signalisation décrits dans le présent document s'étendent aux messages IPv6 mobile et n'exigent aucun changement à ce qui est décrit dans la [RFC3776].

Le routeur mobile doit effectuer un filtrage d'entrée sur les paquets reçus du réseau mobile pour s'assurer que les nœuds dans le réseau mobile n'utilisent pas un tunnel bidirectionnel pour lancer des attaques d'espionnage IP. En particulier, le routeur mobile DEVRAIT vérifier que les adresses IP de source dans les paquets reçus appartiennent au préfixe de réseau mobile et ne sont pas les mêmes qu'une des adresses utilisées par le routeur mobile. Si le routeur mobile reçoit un paquet tunnelé IP dans IP d'un nœud dans le réseau mobile et qu'il doit transmettre le paquet désencapsulé, il DEVRAIT effectuer les vérifications sus-mentionnées sur l'adresse de source du paquet interne.

L'agent de rattachement doit vérifier que les paquets reçus à travers le tunnel bidirectionnel appartiennent au réseau mobile. Cette vérification est nécessaire pour empêcher les nœuds d'utiliser les agents de rattachement pour lancer des attaques qui auraient autrement été empêchées par le filtrage d'entrée. L'adresse de source de l'en-tête IPv6 externe DOIT être réglée à l'adresse d'entretien actuelle du routeur mobile. L'adresse de source de l'en-tête IPv6 interne DOIT être topologiquement correcte par rapport aux préfixes IPv6 utilisés dans le réseau mobile.

Si le routeur mobile envoie une mise à jour de lien avec une ou plusieurs options Préfixe de réseau mobile, l'agent de rattachement DOIT être capable de vérifier que le routeur mobile est autorisé pour ces préfixes avant d'établir la transmission pour les préfixes.

Lorsque le routeur mobile utilise un protocole d'acheminement dynamique comme décrit à la Section 8, il injecte des messages de mise à jour d'acheminement dans la liaison de rattachement. Comme le message de protocole d'acheminement pourrait contenir des informations sur la structure d'acheminement interne du réseau de rattachement, ces messages exigent une protection de confidentialité. Le routeur mobile DEVRAIT utiliser la protection de confidentialité par IPsec ESP comme décrit dans la [RFC4552]. Si le tunnel bidirectionnel entre le routeur mobile et l'agent de rattachement est protégé par ESP, en mode tunnel pour tout le trafic IP, aucune protection de confidentialité supplémentaire spécifique du protocole d'acheminement n'est requise.

Les agents de rattachement et les routeurs mobiles peuvent utiliser IPsec ESP pour protéger les paquets de charge utile tunnelés entre eux-mêmes. Ceci est utile pour protéger les communications contre des attaques sur le chemin du tunnel.

Se référer à la spécification IPv6 mobile [RFC3775] pour les considérations sur la sécurité lorsque le routeur mobile fonctionne comme un hôte mobile.

10. Considérations relatives à l'IANA

Le présent document définit une nouvelle option d'en-tête de mobilité, l'option Préfixe de réseau mobile comme décrit au paragraphe 4.3. La valeur du type de cette option DOIT être allouée à partir du même espace qu'utilisé par les options de mobilité définies dans la [RFC3775].

Le présent document définit aussi les nouvelles valeurs d'état d'accusé de réception de lien suivantes. Ces valeurs d'état sont définies au paragraphe 4.2 et DOIVENT être allouées à partir du même espace qu'utilisé pour les valeurs d'état d'accusé de réception de lien dans la [RFC3775].

- Fonctionnement de routeur mobile interdit
- Préfixe invalide
- Pas autorisé pour le préfixe
- Échec de l'établissement de transmission (préfixes manquants)

11. Contributeurs

Nous tenons à remercier Ludovic Bellier, Claude Castelluccia, Thierry Ernst [Ernst], Miguel Catalina-Gallego, Christophe Janneteau, T.J. Kniveton, Hong-Yon Lach, Jari T. Malinen, Koshiro Mitsuya, Alexis Olivereau, Charles E. Perkins, et Keisuke Uehara de leur travail sur les propositions antérieures pour la mobilité de réseau. Le présent document a hérité de beaucoup des idées de ces propositions.

12. Remerciements

Merci à tous les membres du groupe de travail NEMO, et au groupe de réflexion MONET qui l'a précédé, pour les discussions productives sur la liste de diffusion et dans les réunions de l'IETF.

Merci à Kent Leung, Marco Molteni, et Patrick Wetterwald pour leur travail sur la nobilité réseau dans IPv4 et IPv6.

Merci à Tim Leinmueller pour ses nombreuses remarques pertinentes et pour la Section 7.

Merci à Jari Arkko, James Kempf, Chan-Wah Ng, et Erik Nordmark pour leur relecture attentive et leurs commentaires.

Merci à Souhwan Jung, Fan Zhao, S. Felix Wu, HyunGon Kim, et SungWon Sohn qui ont identifier les menaces en rapport avec le tunnelage entre le réseau mobile et l'agent de rattachement.

13. Références

13.2 Références normatives

[RFC2119] S. Bradner, "[Mots clés à utiliser](#) dans les RFC pour indiquer les niveaux d'exigence", BCP 14, mars 1997.

[RFC2406] S. Kent et R. Atkinson, "Encapsulation de [charge utile de sécurité IP \(ESP\)](#)", novembre 1998. (*Obsolète, voir RFC4303*)

[RFC2460] S. Deering et R. Hinden, "Spécification du [protocole Internet, version 6 \(IPv6\)](#)", décembre 1998. (*MàJ par 5095, 6564 ; D.S*)

[RFC2461] T. Narten, E. Nordmark, W. Simpson, "[Découverte de voisins pour IP version 6 \(IPv6\)](#)", décembre 1998. (*Obsolète, voir RFC4861*) (*D.S.*)

[RFC2473] A. Conta, S. Deering, "Spécification du [tunnelage générique de paquet](#) dans IPv6", décembre 1998. (*P.S.*)

[RFC3775] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko, "Prise en charge de la mobilité dans IPv6", juin 2004. (*P.S.*) (*Obsolète, voir RFC6275*)

[RFC3776] J. Arkko, V. Devarapalli, F. Dupont, "[Utilisation de IPsec pour la protection de la signalisation IPv6 mobile](#) entre nœuds mobiles et agents nominaux", juin 2004. (*MàJ par RFC4877*) (*P.S.*)

13.2 Références pour information

- [Ernst] Ernst, T., "Network Mobility Support in IPv6", Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble, France. octobre 2001.
- [RFC1793] J. Moy, "Extension d'OSPF pour la [prise en charge de circuits à la demande](#)", avril 1995. (MàJ par [RFC3883](#)) (P.S.)
- [RFC2080] G. Malkin, R. Minnear, "[RIPng pour IPv6](#)", janvier 1997. (P.S.)
- [RFC2401] S. Kent et R. Atkinson, "[Architecture de sécurité](#) pour le protocole Internet", novembre 1998. (Obsolète, voir [RFC4301](#))
- [RFC2740] R. Coltun, D. Ferguson, J. Moy, "OSPF pour IPv6", décembre 1999. (Obsolète, voir [RFC5340](#)) (P.S.)
- [RFC3753] J. Manner et M. Kojo, éd., "[Terminologie de la mobilité](#)", juin 2004. (Information)
- [RFC4552] M. Gupta, N. Melam, "Authentification/confidentialité pour OSPFv3", juin 2006. (P.S.)
- [RFC4885] T. Ernst, H-Y. Lach, "Terminologie pour la prise en charge de la mobilité sur le réseau", juillet 2007. (Information)
- [RFC4886] T. Ernst, "Objectifs et exigences de la prise en charge de la mobilité sur le réseau", juillet 2007. (Information)
- [RFC4887] P. Thubert et autres, "Modèles de réseau de rattachement pour la mobilité sur le réseau", juillet 2007. (Information)

Appendice A. Exemples de fonctionnement de base de NEMO

Cet appendice tente d'illustrer le protocole NEMO en utilisant un routeur mobile et un nœud mobile appartenant à des domaines administratifs différents. Le réseau mobile du routeur mobile consiste en un nœud local fixe (LFN) et un routeur local fixe (LFR) [RFC4885]. Le LFR a une liaison d'accès par laquelle les autres nœuds mobiles ou routeurs mobiles pourraient se rattacher.

La Figure 1 dépeint le scénario où le routeur mobile (MR) et le nœud mobile (MN) sont tous deux à la maison.

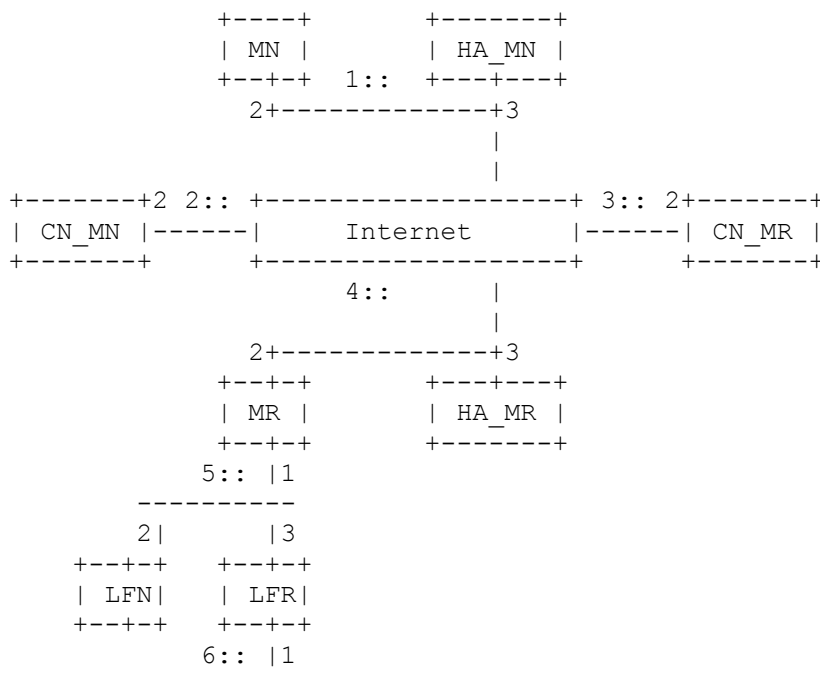


Figure 1 : Routeur mobile et nœud mobile au réseau de rattachement

Le routeur mobile quitte ensuite la liaison de rattachement et se rattache à une liaison visitée. C'est ce qu'on montre à la Figure 2. Le routeur mobile envoie une mise à jour de lien à HA_MR lorsque il se rattache à une liaison visitée et configure une adresse d'entretien. HA_MR crée une entrée d'antémémoire de lien pour l'adresse de rattachement du routeur mobile et établit aussi la transmission pour les préfixes sur le réseau mobile.

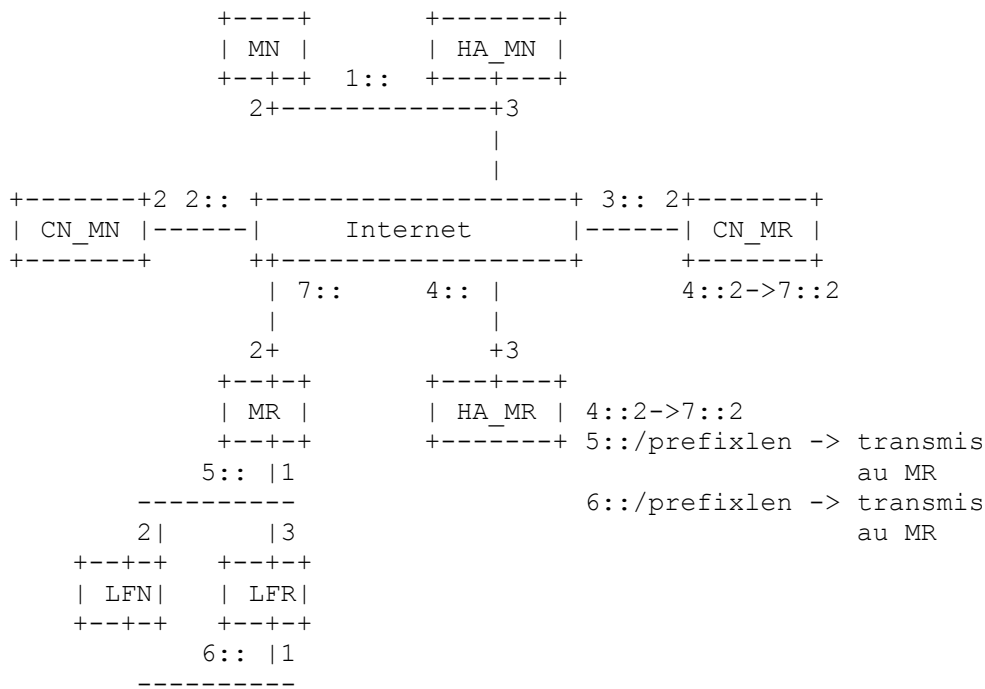


Figure 2 : Routeur mobile sur une liaison visitée

La Figure 3 montre le nœud mobile qui quitte sa liaison de rattachement et se rattache au routeur mobile. Le nœud mobile configure une adresse d'entretien à partir du préfixe annoncé sur le réseau mobile et envoie une mise à jour de lien à son agent de rattachement (HA_MN) et à son nœud correspondant (CN_MN). HA_MN et CN_MN créent tous deux des entrées d'antémémoire de lien pour l'adresse de rattachement du nœud mobile.

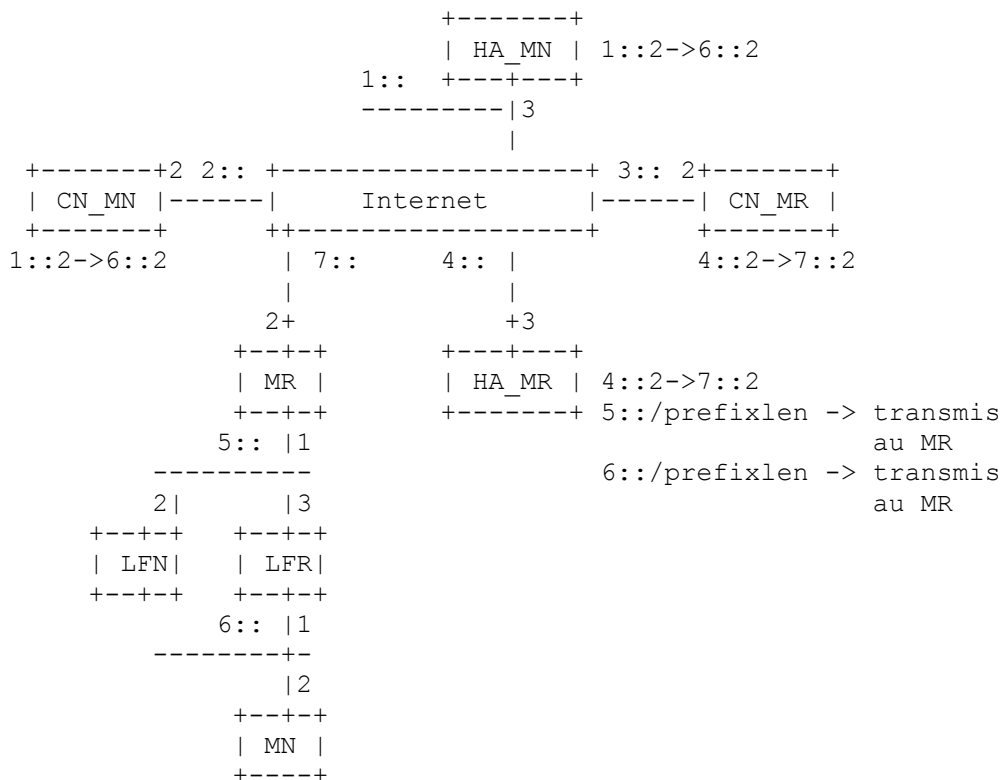


Figure 3 : Nœud mobile rattaché à un routeur mobile sur une liaison visitée

Appendice B. Protocole d'acheminement d'état de liaison avec prise en charge de NEMO de base

Le tunnel bidirectionnel entre le routeur mobile et l'agent de rattachement est utilisé comme interface virtuelle sur laquelle les messages de protocole d'acheminement sont échangés. Lorsque un protocole d'acheminement d'état de liaison est lancé, les recommandations ci-après devraient être suivies.

B.1 Considérations d'interface de tunnel

Si l'interface de tunnel s'active et se désactive à chaque fois que le routeur mobile se déplace sur un nouveau réseau visité avec un fort niveau de mobilité et un nombre suffisant de routeurs mobiles, la quantité de changements d'état d'interface va avoir un effet négatif sur les performances de l'agent de rattachement. Cela introduit aussi un fort niveau d'instabilité dans le réseau de rattachement. Pour éviter cela, on devrait tenir compte de ce qui suit pour la mise en œuvre du tunnel bidirectionnel :

- Une interface de tunnel est allouée logiquement à chaque routeur mobile, pour autant qu'il ait une entrée d'antémémoire de lien valide chez l'agent de rattachement.
- Chaque fois que le routeur mobile se déplace et met à jour l'entrée d'antémémoire de lien, le tunnel bidirectionnel ne devrait pas être supprimé et rétabli. Les points d'extrémité de tunnel devraient être mis à jour de façon dynamique avec l'adresse d'entretien actuelle du routeur mobile.
- Avec un grand nombre d'interfaces, le traitement de paquet Hello peut devenir une charge. Donc, l'interface de tunnel devrait être traitée comme des circuits à la demande pour OSPF [RFC1793].

B.2 Considérations de zone OSPF

On devrait prendre en compte ce qui suit lorsque le réseau de rattachement est configuré pour faire fonctionner OSPF :

- Le domaine de rattachement entier NE DEVRAIT PAS être configuré comme une seule zone si un agent de rattachement prend en charge les routeurs mobiles. Le réseau de rattachement devrait au moins être configuré comme une zone séparée.
- Les interfaces de tunnel bidirectionnel avec les routeurs mobiles ne devraient jamais être incluses dans la même zone que les liaisons de cœur de réseau.

Une discussion plus détaillée sur la configuration d'un réseau de rattachement pour la prise en charge de NEMO de base se trouve dans la [RFC4887].

Un des inconvénients de l'utilisation d'OSPFv3 avec la prise en charge de NEMO de base est la possibilité que les réseaux mobiles soient renseignés sur la topologie du réseau de rattachement entier, incluant tous les routeurs fixes et mobiles. La seule chose dont les routeurs mobiles pourraient réellement avoir besoin est un chemin par défaut à travers l'agent de rattachement.

Pour réduire la quantité de messages de protocole d'acheminement reçue par un routeur mobile, on peut configurer chaque tunnel bidirectionnel avec un routeur mobile comme une zone séparée. Mais cela exige que l'agent de rattachement prenne en charge un grand nombre de zones OSPF si il prend en charge un grand nombre de routeurs mobiles, et ceci n'est pas forcément possible avec la plupart des mises en œuvre de routeurs.

Une autre option est de configurer plusieurs zones sur la liaison de rattachement et de grouper un certain nombre de routeurs mobiles dans chaque zone. Cela réduit le nombre de zones qu'un agent de rattachement a besoin de prendre en charge, mais aussi réduit la quantité de trafic de protocole d'acheminement que reçoit un routeur mobile.

Adresse des auteurs

Vijay Devarapalli
Nokia Research Center
313 Fairchild Drive
Mountain View, CA 94043
USA
mél : vijay.devarapalli@nokia.com

Ryuji Wakikawa
Keio University et WIDE
5322 Endo Fujisawa Kanagawa
252-8520
Japan
mél : ryuji@sfc.wide.ad.jp

Alexandru Petrescu
Motorola Labs
Parc les Algorithmes Saint Aubin
Gif-sur-Yvette 91193
France
mél : Alexandru.Petrescu@motorola.com

Pascal Thubert
Cisco Systems Technology Center
Village d'Entreprises Green Side
400, Avenue Roumanille
Biot - Sophia Antipolis 06410
France
mél : pthubert@cisco.com

Déclaration complète de droits de reproduction

Copyright (C) The Internet Society (2005).

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

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

Propriété intellectuelle

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

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

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

Remerciement

Le financement de la fonction d'édition des RFC est actuellement fourni par l'Internet Society