

Groupe de travail Réseau
Request for Comments : 5129
 Catégorie : Sur la voie de la normalisation
 Traduction Claude Brière de L'Isle

B. Davie, Cisco Systems, Inc.
 B. Briscoe, BT Research
 J. Tay, BT Research
 janvier 2008

Marquage explicite d'encombrement dans MPLS

Statut du présent mémoire

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

Résumé

La RFC 3270 définit comment prendre en charge l'architecture Diffserv dans les réseaux MPLS, y compris la façon de coder les codets Diffserv (DSCP, *Diffserv Code Point*) dans un en-tête MPLS. Les DSCP peuvent être codés dans le champ EXP, bien que d'autres utilisations de ce champ ne soient pas interdites. La RFC 3270 ne fait pas d'hypothèse sur la façon dont le marquage de notification explicite d'encombrement (ECN, *Explicit Congestion Notification*) pourrait être codé dans l'en-tête MPLS. Le présent document définit comment un opérateur pourrait définir certains des codets EXP pour la notification explicite d'encombrement, sans empêcher d'autres utilisations.

Table des Matières

1. Introduction.....	2
1.1 Fondements.....	2
1.2 Intention.....	2
1.3 Terminologie.....	2
2. Utilisation du champ MPLS EXP pour ECN.....	3
3. Vérification ECT par domaine.....	4
4. Domaine MPLS à capacité ECN.....	4
4.1 Pousser (ajouter) une ou plusieurs étiquettes sur un paquet IP.....	5
4.2 Pousser une ou plusieurs étiquettes sur un paquet étiqueté MPLS.....	5
4.3 Encombrement rencontré dans un nœud MPLS intérieur.....	5
4.4 Franchissement d'une frontière de domaine Diffserv.....	5
4.5 Saut d'une étiquette MPLS (pas à la fin de la pile).....	5
4.6 Saut de la dernière étiquette MPLS dans la pile.....	5
4.7 Modèles de tunnelage Diffserv.....	6
5. Domaine MPLS sans capacité ECN.....	6
6. Utilisation de plus de codets avec les E-LSP et les L-LSP.....	6
7. Relations avec le comportement de tunnel de la RFC 3168.....	6
8. Considérations de déploiement	7
8.1 Marquage des paquets sans capacité ECN.....	7
8.2 Routeurs sans capacité ECN dans un domaine MPLS.....	7
9. Exemples d'utilisation.....	7
9.1 ECN de style RFC 3168.....	7
9.2 Coexistence d'ECN avec des E-LSP Diffserv.....	7
9.3 Ingénierie du trafic fondée sur des rétroactions d'encombrement.....	8
9.4 Contrôle d'admission de flux et terminaison de flux PCN.....	8
10. Considérations sur la sécurité.....	9
11. Remerciements.....	9
Appendice A. Extension à la notification pré encombrement.....	9
A.1 Poussée d'étiquette sur un paquet IP.....	9
A.2 Poussée d'étiquettes MPLS supplémentaires.....	9
A.3 Contrôle d'admission ou marquage de terminaison de flux dans le domaine MPLS.....	10
A.4 Saut d'une étiquette MPLS (pas en fin de pile).....	10
A.5 Saut de la dernière étiquette MPLS pour exposer l'en-tête IP.....	10
Références normatives.....	10
Références pour information.....	11
Adresse des auteurs.....	11
Déclaration complète de droits de reproduction.....	11

1. Introduction

1.1 Fondements

La [RFC3168] définit la notification explicite d'encombrement (ECN, *Explicit Congestion Notification*) pour IP. Le but principal de ECN est de permettre de signaler l'encombrement dans éliminer de paquets.

La [RFC3270] définit comment prendre en charge l'architecture Diffserv dans les réseaux MPLS, y compris comment coder les codets Diffserv (DSCP, *Diffserv Code Point*) dans un en-tête MPLS. Les DSCP peuvent être codés dans le champ EXP, mais d'autres utilisations de ce champ ne sont pas interdites. La RFC 3270 ne fait pas d'hypothèse sur la façon dont le marquage de notification explicite d'encombrement (ECN) pourrait être codé dans l'en-tête MPLS.

Le présent document définit comment un opérateur pourrait définir certains des codets EXP pour la notification explicite d'encombrement, sans empêcher d'autres utilisations. En parallèle à l'activité de définition de l'ajout de ECN à IP [RFC3168], deux propositions ont été faites d'ajouter ECN à MPLS [Floyd], [Shayman]. Ces propositions ont cependant été laissées de côté. Avec ECN pour IP qui est maintenant une proposition de norme, et le développement de l'intérêt pour l'utilisation d'une notification de pré encombrement (PCN, *Pre-Congestion Notification*) pour le contrôle d'admission et la terminaison de flux [RFC5559], il y a un intérêt constant à la capacité de prendre en charge ECN à travers les réseaux IP consistant en domaines à capacité MPLS. Donc, il est nécessaire de spécifier le protocole pour inclure ECN dans l'en-tête d'ajustement MPLS et le comportement de protocole des nœuds MPLS de bordure.

On note que dans la [RFC3168], quatre codets sont utilisés pour le marquage ECN, qui sont codés en utilisant deux bits de l'en-tête IP. Le champ EXP MPLS est l'endroit logique pour coder les codets ECN, mais avec seulement 3 bits (8 codets) disponibles, et avec le même champ qui est utilisé pour porter aussi les informations de DSCP, il y a une claire incitation à conserver le nombre de codets consommés pour les besoins d'ECN. Une utilisation efficace du champ EXP a été l'objet de l'attention de documents antérieurs [Floyd], [Shayman], et on s'appuie aussi sur ces efforts dans le présent document.

On note aussi que la [RFC3168] définit une utilisation par défaut du champ ECN, mais elle permet la possibilité que certains comportements par bond (PHB, *Per Hop Behavior*) Diffserv puissent inclure des spécifications différentes de la façon dont le champ ECN est utilisé. Le présent document cherche à préserver cette capacité.

1.2 Intention

Notre intention est de spécifier comment l'en-tête d'ajustement MPLS [RFC3032] devrait noter le marquage ECN et comment les nœuds MPLS devraient comprendre si le transport pour un paquet va être à capacité ECN. On propose cela comme bloc de construction à partir duquel édifier différents systèmes de notification d'encombrement. On n'a pas l'intention de spécifier comment la notification d'encombrement résultante est renvoyée à un nœud en amont qui peut atténuer l'encombrement. Par exemple, à la différence de [Shayman], on ne spécifie pas de rétroaction de bord à bord de domaine MPLS, mais on ne l'empêche pas non plus. Néanmoins, on spécifie bien comment le nœud de sortie d'un domaine MPLS devrait copier la notification d'encombrement de l'en-tête d'ajustement MPLS dans l'en-tête IP encapsulé si l'ECN doit être porté jusqu'au receveur IP; mais on **n'oblige pas** que la notification d'encombrement MPLS soit copiée dans l'en-tête IP pour la transmission vers l'aval. Le présent document vise à être générique pour toute utilisation de la notification d'encombrement dans MPLS. La prise en charge de la [RFC3168] est le motif principal ; des applications supplémentaires potentielles qui illustrent la souplesse de notre approche sont décrites à la Section 9. En particulier, on vise à prendre en charge de possibles futurs schémas qui pourraient utiliser plus d'un niveau de marquage d'encombrement.

1.3 Terminologie

Le présent document emprunte librement la terminologie de ECN [RFC3168] et MPLS [RFC3031]. Pour faciliter la référence, on a inclus ici certaines des définitions, mais on renvoie le lecteur aux références ci-dessus pour les spécifications complètes des technologies pertinentes :

CE (*Congestion Experienced*) : encombrement rencontré. Un des états auxquels un paquet peut être marqué dans un réseau qui prend en charge ECN. Un paquet est marqué dans cet état par un routeur à capacité ECN pour indiquer que ce routeur a rencontré de l'encombrement au moment de l'arrivée du paquet.

ECT (*ECN-capable Transport*) : transport à capacité ECN. Un des états ECN dans lesquels un paquet peut être quand il est envoyé par un système d'extrémité. Un système d'extrémité marque un paquet avec un codet ECT pour indiquer que les

points d'extrémité du protocole de transport sont à capacité ECN. Un routeur ne peut pas marquer un paquet comme CE si le paquet n'a pas été marqué ECT quand il est arrivé.

Not-ECT (*Not ECN-capable Transport*) : transport sans capacité ECN. Un système d'extrémité marque un paquet avec ce code pour indiquer que les points d'extrémité du protocole de transport n'ont pas la capacité ECN. Un routeur encombré ne peut pas marquer de tels paquets comme CE, et donc il peut seulement les éliminer pour indiquer l'encombrement.

champ EXP : champ de 3 bits dans l'en-tête d'étiquette MPLS [RFC3032] qui peut être utilisée pour porter les informations Diffserv (et est aussi utilisé dans le présent document pour porter les informations d'ECN).

PHP (*Penultimate Hop Popping*) : saut de l'avant dernier bond. Opération MPLS dans laquelle l'avant dernier routeur de commutation d'étiquettes (LSR, *Label Switching Router*) sur un chemin de commutation d'étiquettes (LSP, *Label Switched Path*) supprime l'étiquette supérieure du paquet avant de transmettre le paquet au LSR final sur le LSP.

Langage des exigences :

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

2. Utilisation du champ MPLS EXP pour ECN

On propose que les LSR configurés pour la notification explicite d'encombrement utilisent le champ EXP dans l'en-tête d'ajustement MPLS. Cependant, la [RFC3270] définit déjà l'utilisation des codets dans le champ EXP pour les services différenciés. Bien que cela n'empêche pas d'autres utilisations compatibles du champ EXP, cela semble clairement limiter l'espace disponible pour ECN, étant donné que le champ fait seulement 3 bits (8 codets).

La [RFC3270] définit deux approches possibles pour demander un traitement de service différencié à un LSR :

- o Dans l'approche du LSP à PSC déduite par EXP (E-LSP, *EXP-Inferred-PSC LSP*) différents codets du champ EXP dans l'en-tête d'ajustement MPLS sont utilisés pour indiquer le comportement par bond (PHB) du paquet.
- o Dans l'approche du LSP à PSC déduite seulement de l'étiquette (L-LSP, *Label-Only-Inferred-PSC LSP*) une étiquette MPLS est allouée à chaque classe de programmation de PHB (PSC, *PHB Scheduling Class*) comme définit dans la [RFC3260], afin qu'un LSR détermine son comportement de transmission et de programmation à partir de l'étiquette.

Si un domaine MPLS utilise l'approche L-LSP, il va probablement y avoir de l'espace dans le champ EXP pour le ou les codets ECN. Lorsque l'approche E-LSP est utilisée, l'espace de codets dans le champ EXP va probablement être réduit. Le présent document se concentre sur l'interfonctionnement du marquage ECN avec l'approche E-LSP, car c'est ce qui pose le plus de problèmes. Par conséquent, la même approche peut aussi être appliquée avec les L-LSP.

On recommande que la notification explicite d'encombrement dans MPLS devrait utiliser des codets plutôt que des bits dans le champ EXP. Comme tous les PHB n'exigent pas nécessairement un codet ECN associé, ce serait du gâchis d'allouer un bit dédié pour ECN. (Il peut aussi y avoir des cas où un PHB donné pourrait avoir besoin de plus d'un codet de style ECN ; voir un exemple au paragraphe 9.4).

Pour chaque PHB qui utilise le marquage ECN, on suppose qu'un codet EXP va être défini comme marque de non encombrement (non CM) et au moins un autre codet va être défini comme marque d'encombrement (CM). Donc, chaque PHB qui utilise le marquage ECN va consommer au moins deux codets EXP, mais les PHB qui n'utilisent pas le marquage ECN vont en consommer un seul.

De plus, on souhaite utiliser un espace minimal dans l'en-tête d'ajustement MPLS pour dire aux LSR intérieurs si chaque paquet va être reçu par un transport à capacité ECN (ECT, *ECN-capable transport*). Néanmoins, on doit s'assurer qu'un point d'extrémité qui ne comprend pas une marque ECN ne va pas en recevoir, autrement il ne va pas être capable de répondre à l'encombrement comme il devrait. Dans le passé, trois solutions ont été proposées à ce problème :

- o Une approche possible est que les LSR encombrés marquent le champ ECN dans l'en-tête IP sous-jacent à la base de la pile d'étiquettes. Bien que de nombreux LSR commerciaux accèdent habituellement à l'en-tête IP pour d'autres raisons (plusieurs chemins de coût égal (ECMP, *equal cost multi-path*)) il y a de nombreux inconvénients à tenter de trouver un en-tête IP en dessous d'une pile d'étiquettes MPLS. Notamment, il y a le défi de détecter l'absence d'un en-tête IP quand des paquets non IP sont portés sur un LSP. Donc, on ne va pas pousser plus loin l'analyse de cette approche.

- o Dans le schéma suggéré par [Floyd], ECT et CE sont surchargés dans un seul bit, où 0 signifie ECT tandis que 1 peut signifier soit non ECT soit CE. Un paquet marqué comme ayant rencontré de l'encombrement en amont, et est ensuite pris pour marquage à un second LSR encombré, va être éliminé par le second LSR car il ne peut pas déterminer si le paquet a rencontré de l'encombrement antérieurement ou si ECN n'est pas pris en charge par le transport.

Bien qu'une telle approche semble potentiellement agréable, on ne la recommande pas pour les raisons suivantes. Dans certains cas, on souhaite être capable d'utiliser le marquage ECN bien avant l'encombrement réel (par exemple, notification de pré-encombrement). Dans ces circonstances, les taux de marquage à chaque LSR pourraient être non négligeables la plupart du temps, de sorte que les chances qu'un paquet marqué précédemment rencontre un LSR qui veut le marquer à nouveau vont aussi être non négligeables. Dans le cas où CE et non ECT ne sont pas distingués par les routeurs du cœur de réseau, un tel scénario pourrait conduire à des taux d'élimination inacceptables. Si le taux de marquage normal à chaque routeur ou LSR est p , et le diamètre normal du réseau de LSR est d , alors la probabilité qu'un paquet marqué soit choisi pour être marqué plus d'une fois est $1 - [\text{Pr}(\text{jamais marqué}) + \text{Pr}(\text{marqué à exactement un bond})] = 1 - [(1-p)^d + dp(1-p)^{(d-1)}]$. Par exemple, avec 6 LSR dans un rang, chaque ECN marqueur avec 1 % de probabilité, les chances d'un paquet déjà marqué d'être choisi pour un second marquage sont de 0,15 %. Le schéma de surcharge de bit introduirait donc un taux d'élimination de 0,15 % sans nécessité. Étant donné que la plupart des cœurs de réseau modernes sont dimensionnés pour introduire une élimination de paquet proche de zéro, il peut être inacceptable d'éliminer plus d'un paquet sur mille sans nécessité.

- o Une troisième approche possible a été suggérée par [Shayman]. Dans ce schéma, les LSR intérieurs supposent que les points d'extrémité sont à capacité ECN, mais cette hypothèse est battue en brèche quand l'étiquette finale est sautée. Si un LSR intérieur a marqué l'ECN dans le champ EXP de l'en-tête d'ajustement, mais que l'en-tête IP dit que les points d'extrémité n'ont pas la capacité ECN, le routeur de bordure (ou l'avant dernier routeur, si on utilise le saut de l'avant dernier bond) élimine le paquet. On recommande ce schéma, qu'on appelle "vérification d'ECT par domaine", et on le définit plus précisément au paragraphe suivant. Son principal inconvénient est il peut causer la transmission de paquets après avoir rencontré de l'encombrement seulement pour être éliminés à la sortie du domaine MPLS. La raison de cette décision est donnée au paragraphe 8.1.

3. Vérification ECT par domaine

Pour les besoins de cette discussion, on définit les nœuds de sortie d'un domaine MPLS comme les nœuds qui sautent la dernière étiquette MPLS de la pile d'étiquettes, exposant l'en-tête IP (ou, potentiellement non IP). Noter qu'un tel nœud peut être le dernier ou avant dernier bond d'un LSP, selon que le saut de l'avant dernier bond (PHP, *penultimate hop popping*) est employé ou non.

Dans l'approche de la vérification d'ECT par domaine, les nœuds de sortie prennent la responsabilité de vérifier si le transport est à capacité ECN. Le présent document ne spécifie pas comment ces nœuds devraient passer la notification d'encombrement parce que des approches différentes sont probables dans des scénarios différents. Cependant, si la notification d'encombrement dans l'en-tête MPLS est copiée dans l'en-tête IP, la procédure DOIT être conforme à la présente spécification.

Si la notification d'encombrement est passée au transport sans être d'abord passée dans l'en-tête IP, l'approche utilisée doit également veiller à vérifier que le transport est à capacité ECN avant de passer ses marquages ECN. Précisément, si le transport pour un paquet MPLS particulier marqué comme encombrement se trouve n'être pas à capacité ECN, le paquet DOIT être éliminé à ce nœud de sortie.

Dans l'approche de la vérification d'ECT par domaine, seuls les nœuds de sortie vérifient si un paquet IP est destiné à un transport à capacité ECN. Donc, un LSR seul au sein d'un domaine MPLS NE DOIT PAS être configuré à activer le marquage ECN sauf si tous les LSR de sortie qui l'entourent sont déjà configurés à traiter le marquage ECN.

On appelle un domaine entouré de LSR de sortie à capacité ECN un domaine MPLS à capacité ECN. Ce terme implique seulement que tous les LSR de sortie sont à capacité ECN ; certains LSR intérieurs peuvent ne pas être à capacité ECN. Par exemple, il serait possible d'utiliser des LSR traditionnels incapables de prendre en charge ECN à l'intérieur d'un domaine MPLS, pour autant que tous les LSR de sortie soient à capacité ECN. Noter que si le PHP est utilisé, les routeurs "d'avant dernier bond" qui effectuent l'opération de saut ont besoin d'être à capacité ECN car ils agissent dans ce contexte comme des LSR de sortie.

4. Domaine MPLS à capacité ECN

Dans les paragraphes qui suivent, on décrit diverses opérations qui affectent le marquage ECN d'un paquet qui peut être effectué aux LSR de bordure et du cœur de MPLS.

4.1 Pousser (ajouter) une ou plusieurs étiquettes sur un paquet IP

À l'encapsulation d'un paquet IP avec une pile d'étiquettes MPLS, le champ ECN doit être traduit du paquet IP en le champ EXP MPLS. L'état non CM (non marqué encombrement) est établi dans le champ EXP MPLS si l'état ECN du paquet IP est non ECT ou ECT(1) ou ECT(0). L'état CM est établi si l'état ECN du paquet IP est CE. Si plus d'une étiquette est poussée à la fois, la même valeur devrait être placée dans la valeur d'EXP de toutes les entrées de la pile d'étiquettes.

4.2 Pousser une ou plusieurs étiquettes sur un paquet étiqueté MPLS

Le champ EXP est copié directement de l'étiquette supérieure avant la poussée de l'étiquette extérieure nouvellement ajoutée. Si plus d'une étiquette est poussée, la même valeur d'EXP est copiée sur toutes les entrées de la pile d'étiquettes.

4.3 Encombrement rencontré dans un nœud MPLS intérieur

Si le codet EXP du paquet se transpose en un PHB qui utilise le marquage ECN, et si l'algorithme de marquage exige que le paquet soit marqué, l'état CM est établi (sans considérer si il est déjà dans l'état CM).

Si la mémoire tampon est pleine, un paquet est éliminé.

4.4 Franchissement d'une frontière de domaine Diffserv

Si un paquet encapsulé dans MPLS franchit une limite de domaine Diffserv, il se peut que les deux domaines utilisent des codages différents du même PHB dans le champ EXP. Dans ce cas, le champ EXP doit être réécrit à la limite du domaine. Si le PHB est de ceux qui prennent en charge ECN, alors le marquage ECN approprié devrait aussi être préservé quand le champ EXP est transposé à la frontière.

Si un paquet encapsulé dans MPLS qui est dans l'état CM traverse d'un domaine à capacité ECN (comme défini à la Section 3) à un domaine sans capacité ECN, il est alors nécessaire d'effectuer les procédures de vérification de sortie au LSR de sortie du domaine à capacité ECN. Cela signifie que si le paquet encapsulé n'est pas à capacité ECN, le paquet DOIT être éliminé. Noter que cela implique que le LSR de sortie doit être capable de regarder derrière l'en-tête MPLS sans sauter la pile d'étiquettes.

Le problème en rapport du modèle de tunnel Diffserv est discuté au paragraphe 4.7.

4.5 Saut d'une étiquette MPLS (pas à la fin de la pile)

Quand un paquet a plus d'une étiquette MPLS dans la pile et que l'étiquette du sommet est sautée, une autre étiquette MPLS est exposée. Dans ce cas, les informations d'ECN devraient être transférées du champ EXP externe à l'étiquette MPLS interne de la façon suivante. Si le champ EXP interne est non CM, le champ EXP interne est réglé au même état CM ou non CM que le champ EXP externe. Si le champ EXP interne est CM, il reste inchangé quel que soit le champ EXP externe. Noter qu'une valeur interne de CM et une valeur externe de non CM devrait être considéré comme une anomalie, et DEVRAIT être enregistré d'une certaine façon par le LSR.

4.6 Saut de la dernière étiquette MPLS dans la pile

Quand la dernière étiquette MPLS est sautée du paquet, sa charge utile est exposée. Si ce paquet n'est pas IP, et n'a aucune capacité équivalente à ECT, il est suppose non ECT, et est traité comme tel. Cela signifie que si la valeur d'EXP de l'en-tête MPLS est CM, le paquet DOIT être éliminé.

En supposant qu'un paquet IP est exposé, on doit examiner si ce paquet est ECT ou non. Un paquet non ECT DOIT être éliminé si le champ EXP est CM.

Dans la suite de ce paragraphe, on décrit le comportement requis si les informations d'ECN sont à transférer de l'en-tête MPLS dans l'en-tête IP exposé pour sa transmission plus loin. Comme noté au paragraphe 1.2, un tel comportement n'est pas rendu obligatoire par le présent document, mais peut être choisi par un opérateur.

Si le paquet IP interne est non ECT, son champ ECN reste inchangé si le champ EXP est non CM. Si le champ ECN du paquet interne est réglé à ECT(0), ECT(1), ou CE, le champ ECN reste inchangé si le champ EXP est réglé à non CM. Le champ ECN est réglé à CE si le champ EXP est CM. Noter que la valeur interne de CE et la valeur externe de non CM devrait être considéré comme une anomalie, et DEVRAIT être enregistré d'une certaine façon par le LSR.

4.7 Modèles de tunnelage Diffserv

La [RFC3270] décrit trois modèles de tunnelage pour la prise en charge de Diffserv à travers des domaines MPLS, appelés respectivement les modèles "uniforme", "à tuyau court", et "à tuyau". Les différences entre ces modèles résident dans la question de savoir si le traitement Diffserv qui s'applique à un paquet dans son voyage le long d'un LSP particulier est porté à l'entrée du dernier bond, à la sortie du dernier bond, ou au-delà du dernier bond. Selon le mode qui est préféré par un opérateur, la valeur d'EXP ou la valeur de DSCP d'un en-tête exposé suite au saut d'une étiquette peut ou non dépendre de la valeur d'EXP de l'étiquette qui est retirée par l'opération de saut. On estime que, dans le cas du marquage ECN, l'utilisation de ces modèles devrait seulement s'appliquer au codage de la PHB Diffserv dans la valeur d'EXP, et que le choix du codet pour ECN devrait toujours être fait sur la base des procédures décrites ci-dessus, indépendamment du modèle de tunnelage.

5. Domaine MPLS sans capacité ECN

Si ECN n'est pas activé sur tous les LSR de sortie d'un domaine, ECN NE DOIT être activé sur aucun LSR à travers le domaine. Si de l'encombrement est rencontré sur un LSR dans un domaine MPLS sans capacité d'ECN, les paquets DOIVENT être éliminés ; ils NE DOIVENT PAS être marqués. L'algorithme exact pour décider quand éliminer les paquets durant l'encombrement (par exemple, élimination en queue, RED, etc.) est une affaire locale pour l'opérateur du domaine.

6. Utilisation de plus de codets avec les E-LSP et les L-LSP

La [RFC3270] donne différentes options avec les E-LSP et L-LSP, et certaines d'entre elles pourraient fournir des codets EXP pour ECN. Cependant, déployer des L-LSP plutôt que des E-LSP a de nombreuses implications, comme la plateforme de prise en charge et la complexité de fonctionnement. La solution MPLS d'ECN ci-dessus devrait donner une certaine souplesse. Si l'opérateur a déployé un L-LSP par classe de programmation de PHB, l'espace d'EXP ne va pas poser de problème, et il pourrait être utilisé pour réaliser un comportement d'ECN plus sophistiqué si nécessaire. Si l'opérateur veut coller aux E-LSP et utiliser une poignée de codets EXP pour Diffserv, il peut être souhaitable d'opérer avec un nombre minimum de codets ECN supplémentaires, même si cela amène des compromis sur l'ECN optimal. Voir à la Section 9 la discussion sur des scénarios de déploiement possibles.

On note que dans un réseau où des L-LSP sont utilisés, le marquage ECN NE DEVRAIT PAS causer l'envoi de paquets provenant du même microflux, mais avec des marquages ECN différents, sur des LSP différents. Comme discuté dans la [RFC3270], les paquets d'un seul microflux devraient toujours voyager sur le même LSP pour éviter de possibles déclassements. Donc, le marquage ECN de paquets sur des L-LSP DEVRAIT seulement affecter la valeur d'EXP des paquets.

7. Relations avec le comportement de tunnel de la RFC 3168

La [RFC3168] définit deux modes d'encapsulation des paquets IP marqués ECN à l'intérieur des en-têtes IP supplémentaires quand des tunnels sont utilisés. Les deux modes sont le "mode de pleine fonctionnalité" et le "mode de fonctionnalité limitée". Dans le mode de pleine fonctionnalité, les informations d'ECT provenant de l'en-tête interne sont copiées de l'en-tête externe à la sortie du tunnel, mais les informations de CE ne le sont pas. Dans le mode de fonctionnalité limitée, ni les informations d'ECT ni celles de CE ne sont copiées sur l'en-tête externe, et donc ECN ne peut pas être appliqué au paquet encapsulé.

Le comportement qui est spécifié à la Section 4 du présent document ressemble au mode de "pleine fonctionnalité" dans le sens où il porte certaines des informations de l'en-tête interne à l'en-tête externe, et dans le sens où il permet la prise en charge complète de ECN le long du LSP MPLS (qui est analogue à un tunnel IP dans ce contexte). Cependant il en diffère

par un aspect, qui est que les informations de CE sont portées de l'en-tête interne à l'en-tête externe. La première raison de ce choix de conception différent était de donner aux routeurs intérieurs et aux LSR plus d'informations sur le marquage en amont dans les cas de multi embouteillages. Par exemple, le mécanisme de marquage de terminaison de flux proposé pour PCN fonctionne en prenant seulement en compte pour le marquage les paquets qui n'ont pas été déjà marqués en amont. Sauf si le marquage de terminaison de flux existant est copié de l'en-tête interne à l'en-tête externe à l'entrée du tunnel, le mécanisme ne termine pas assez de trafic dans les cas où des événements anormaux frappent plusieurs domaines à la fois. La [RFC3168] ne donne aucune raison pour ne pas transporter les informations de CE de l'en-tête interne à l'en-tête externe dans le mode de "pleine fonctionnalité". De plus, la [RFC4301] spécifie que le marquage ECN devrait être copié de l'en-tête interne à l'en-tête externe dans les tunnels IPsec, en cohérence avec l'approche définie ici. [BRISCOE-ECN] discute ce problème plus en détails. En résumé, l'approche décrite à la Section 4 apparaît être un choix technique à la fois valable et cohérent avec l'état actuel des idées qui ont cours dans l'IETF.

8. Considérations de déploiement

8.1 Marquage des paquets sans capacité ECN

Quelles sont les conséquences du marquage d'un paquet qui n'est pas à capacité ECN ? Même si il va être éliminé avant de quitter le domaine, cela ne consomme t-il pas inutilement des ressources ?

Le problème ne se pose que si il y a de l'encombrement en aval d'une file d'attente antérieurement encombrée dans le même domaine MPLS. Les LSR encombrés en aval peuvent transmettre des paquets déjà marqués, même si ils vont être éliminés ultérieurement quand l'en-tête IP interne se trouve être non ECT au désencapsulage. De tels paquets pourraient être cause que les LSR en aval marquent (ou éliminent) d'autres paquets qui autrement n'auraient pas dû l'être.

On s'attend à ce que l'encombrement soit normalement rare dans les réseaux MPLS, mais cela pourrait n'être pas le cas. La charge inutile supplémentaire sur les LSR en aval ne va pas être de plus d'une fraction des paquets marqués par les LSR en amont, même dans le pire des cas où aucun transport n'est à capacité ECN. Donc, la quantité de marquage (ou éliminations inutiles sur un LSR ne va pas être de plus que le produit de son taux de marquage local et du taux de marquage dû aux LSR en amont dans le même domaine -- normalement, le produit de deux petites (souvent zéro) probabilités.

C'est pourquoi on a décidé d'utiliser l'approche de la vérification ECT par domaine -- parce que l'effet le plus probable va être une très légère augmentation du taux de marquage, qui pourrait résulter en des éliminations très légèrement supérieures seulement pour les transports non à capacité ECN. On a choisit de ne pas utiliser la solution de [Floyd], qui introduisait un niveau faible mais persistant d'élimination de paquet inutile tout le temps, même pour les transports à capacité ECN. Bien que ce schéma ne porte pas le trafic à la bordure du domaine MPLS seulement pour être éliminé à la désencapsulation, on estime que notre inefficacité mineure est un faible prix à payer ; et il serait encore plus petit si le déploiement de ECN s'élargissait.

Une solution partielle serait d'éliminer de préférence les paquets déjà marqués qui arrivent à un routeur encombré. Il n'y a pas de solution au problème du marquage d'un paquet quand l'encombrement est causé par un autre paquet qui aurait dû avoir été éliminé. Cependant, les chances d'une telle occurrence sont très faibles, et ses conséquences ne sont pas significatives. Cela cause simplement le ralentissement très occasionnel par une application de son taux alors qu'elle n'aurait pas à le faire.

8.2 Routeurs sans capacité ECN dans un domaine MPLS

Ques se passe t-il si un domaine MPLS veut utiliser ECN, mais qu'aucun routeur traditionnel n'est capable de le prendre en charge ?

Si le ou les routeurs traditionnels sont utilisés en intérieur, il n'y a pas de problème. Il vont simplement devoir éliminer les paquets si ils sont encombrés, plutôt que de les marquer, ce qui est le comportement standard pour les routeurs IP qui sont sans capacité ECN.

Si le routeur traditionnel était utilisé comme routeur de sortie, il ne serait pas capable de vérifier correctement la capacité ECN du transport. Un opérateur dans cette position ne serait pas capable d'utiliser cette solution et donc NE DOIT PAS activer ECN sauf si tous les routeurs de sortie sont à capacité ECN.

9. Exemples d'utilisation

9.1 ECN de style RFC 3168

La [RFC3168] propose l'utilisation de ECN dans TCP, et elle introduit l'utilisation des fanions Écho-ECN et Fenêtre d'encombrement réduite (*CWR, Congestion Window Reduced*) dans l'en-tête TCP pour l'initialisation. L'expéditeur TCP répond en conséquence (comme de ne pas augmenter la fenêtre d'encombrement) quand il reçoit un paquet ACK Écho-ECN (ECE) (c'est-à-dire, un paquet d'accusé de réception avec le fanion Écho-ECN établi dans l'en-tête TCP) alors l'expéditeur sait que de l'encombrement a été rencontré dans le réseau sur le chemin de l'expéditeur au receveur.

Il serait possible d'activer ECN dans un domaine MPLS pour des PHB Diffserv comme AF et au mieux qui sont supposés être utilisés par TCP et des transports similaires (par exemple, DCCP [RFC4340]). Ensuite, le contrôle d'encombrement de bout en bout dans les transports capables de comprendre ECN serait capable de répondre à un encombrement à l'approche sur des LSR sans avoir à s'appuyer sur une élimination de paquet pour signaler l'encombrement.

9.2 Coexistence d'ECN avec des E-LSP Diffserv

De nombreux opérateurs ont déployé aujourd'hui Diffserv en utilisant l'approche E-LSP de la [RFC3270]. Dans de nombreux cas, le nombre de PHB utilisés est de moins de 8, et donc trois codets restent disponibles dans l'espace EXP. Si un opérateur souhaite prendre en charge ECN pour un seul PHB, cela pourrait être accompli en allouant simplement un second codet au PHB pour l'état CM de ce PHB et en conservant le vieux codet pour l'état non CM. Un opérateur avec seulement quatre PHB déployés pourrait, bien sûr, activer le marquage ECN sur tous ces PHB. Il est facile d'imaginer des cas où certains PHB pourraient bénéficier plus que d'autres de ECN -- par exemple, un opérateur pourrait utiliser ECN sur un service de données privilégié mais pas sur un PHB utilisé pour du trafic Internet au mieux.

Pour illustrer par un exemple comment le champ EXP pourrait être utilisé dans ce cas, considérons un opérateur qui utilise les classes de service agrégées proposées dans la [RFC5127]. Il peut choisir de prendre en charge ECN seulement pour le traitement agrégé élastique assuré, en utilisant le codet EXP 010 pour l'état non CM et 011 pour l'état CM. Tous les autres codets pourraient être les mêmes que dans la [RFC5127]. Bien sûr, toute autre combinaison de valeurs de EXP peut être utilisée en accord avec l'ensemble spécifique de PHB et de conventions de marquage utilisées dans le réseau de cet opérateur.

9.3 Ingénierie du trafic fondée sur des rétroactions d'encombrement

L'ingénierie du trafic de [Shayman] présente un autre exemple d'application de rétroactions d'ECN dans un domaine MPLS. Shayman proposait d'utiliser ECN par un LSR de sortie qui renvoie des rétroactions d'encombrement à un LSR d'entrée pour atténuer l'encombrement en employant des techniques dynamiques d'ingénierie du trafic, comme le glissement de flux sur un chemin de remplacement. Il proposait un nouveau message du protocole de réservation de ressources (RSVP, *Resource Reservation Protocol*) qui était envoyé par le LSR de sortie au LSR d'entrée (et ignoré par les LSR de transit) pour indiquer de l'encombrement le long du chemin. Donc, plutôt que de fournir le même style de notification d'encombrement aux points d'extrémité comme défini dans la [RFC3168], [Shayman] limite sa portée au seul domaine MPLS. Cette application de ECN dans un domaine MPLS pourrait utiliser le codage ECN dans l'en-tête MPLS qui est défini dans le présent document.

9.4 Contrôle d'admission de flux et terminaison de flux PCN

La [RFC5559] propose d'utiliser une notification de pré-encombrement (PCN) sur les routeurs avec une région Diffserv de bord à bord pour contrôler l'admission de nouveaux flux à la région et, si nécessaire, de terminer des flux existants en réponse à des désastres et autres événements d'acheminement anormaux. Dans cette approche, le niveau courant de marquage de PCN est pris par la signalisation utilisée pour initier chaque flux afin d'informer de la décision de contrôle d'admission en une seule fois pour toute la région. Par exemple, des extensions à RSVP [LEFAUCHEUR] et des prochaines étapes de signalisation (NSIS, *Next Steps in Signaling*) [RFC5977], [ARUMAITHURAI] ont été proposées.

Si les LSR sont capables de marquer les paquets pour signifier l'encombrement dans MPLS, le marquage de PCN pourrait être utilisé pour le contrôle d'admission et la terminaison de flux à travers une région Diffserv, sans considérer si elle contenait de purs routeurs IP, des LSR MPLS, ou les deux. Bien sûr, la solution pourrait être un peu plus efficace à mettre en œuvre si les agrégats pouvaient s'identifier par leur étiquette MPLS. L'Appendice A décrit les mécanismes par lesquels les marquages nécessaires pour PCN pourraient être portés dans l'en-tête MPLS.

10. Considérations sur la sécurité

On estime qu'aucune nouvelle vulnérabilité n'est introduite par le présent document.

On a considéré si des sources malveillantes pourraient être capables d'exploiter le fait que des LSR intérieurs marquent des paquets qui sont non-ECT, en s'appuyant sur leur LSR de sortie pour les éliminer. Bien que cela puisse permettre à des sources de créer une situation où plus de trafic est porté à travers un domaine MPLS qu'il ne devrait y en avoir, on estime que même si on n'avait pas introduit cette caractéristique, ces sources auraient été capables d'empêcher ces LSR d'éliminer du trafic de toutes façons, simplement en rétablissant d'abord ECT.

Un expéditeur ECN peut utiliser le nom occasionnel ECN [RFC3540] pour détecter un receveur qui se conduit mal. Le nom occasionnel ECN fonctionne correctement à travers un domaine MPLS sans exiger de prise en charge spécifique de la proposition du présent document. Le nom occasionnel n'a pas besoin d'être présent dans l'en-tête d'ajustement MPLS pour détecter un receveur qui se conduit mal. Tant que le nom occasionnel est présent dans l'en-tête IP quand les informations d'ECN sont copiées du dernier en-tête d'ajustement MPLS, il va être écrasé si de l'encombrement a été rencontré par un LSR. C'est tout ce qui est nécessaire pour que l'expéditeur détecte un receveur qui se conduit mal. Si il est besoin d'un nom occasionnel ECN dans l'en-tête d'ajustement MPLS (par exemple, pour détecter si un LSR a écrasé les marquages d'un LSR en amont dans le même domaine) on estime que cette proposition n'empêche pas l'ajout ultérieur d'une capacité de nom occasionnel ECN pour des DSCP spécifiques, tout comme elle n'empêche pas d'autres utilisations des codets EXP.

11. Remerciements

Merci à K.K. Ramakrishnan et Sally Floyd pour avoir amené nos réflexions sur ce sujet et pour la fourniture de conseils sur le tunnelage des paquets ECN, et à Sally Floyd, Joe Babiary, Ben Niven-Jenkins, Phil Eardley, Ruediger Geib, et Magnus Westerlund pour leurs commentaires sur ce document.

Appendice A. Extension à la notification de pré encombrement

Cet appendice décrit comment les mécanismes exposés dans le corps du document peuvent être étendus pour prendre en charge la PCN [RFC5559]. Notre intention ici est de montrer comment les mécanismes sont directement étendus à des scénarios plus complexes que ECN, en particulier dans le cas où plus de codes sont nécessaires, mais cet appendice peut être ignoré en toute sécurité si on est seulement intéressé par la prise en charge de ECN. Noter que les spécifications de PCN sont encore largement en cours de développement au moment de la rédaction du présent document ; donc, les détails précis contenus dans cet appendice pourraient être changés, et on souligne que cet appendice est seulement à des fins d'illustration.

Les aspects pertinents de PCN pour cette discussion sont :

- o PCN utilise trois états plutôt que 2 pour ECN -- ils sont appelés admission marquée (AM), terminaison marquée (TM), et non marqué (NM). (Voir au paragraphe 9.4 la discussion de PCN et la possibilité d'utiliser moins de codets).
- o Un paquet peut aller de NM à AM, de NM à TM, ou de AM à TM, mais aucune autre transition n'est possible.
- o La détermination de si un paquet est soumis à PCN se fonde sur le PHB du paquet.

Donc, pour prendre en charge pleinement PCN dans un domaine MPLS pour un PHB particulier, un total de 3 codes doit être alloué pour ce PHB. Ces 3 codets représentent les états admission marquée (AM), terminaison marquée (TM), et non marqué (NM). Les procédures décrites à la Section 4 ci-dessus doivent être légèrement modifiées pour prendre en charge ce scénario. Les procédures qui suivent sont invoquées quand le DSCP supérieur ou valeur d'EXP indique un PHB qui prend en charge PCN.

A.1 Poussée d'étiquette sur un paquet IP

Si l'en-tête de paquet IP indique AM, régler la valeur d'EXP de toutes les entrées de la pile d'étiquettes à AM. Si l'en-tête de paquet IP indique TM, régler la valeur d'EXP de toutes les entrées de la pile d'étiquettes à TM. Pour tous les autres marquages de l'en-tête IP, régler la valeur d'EXP de toutes les entrées de la pile d'étiquettes à NM.

A.2 Poussée d'étiquettes MPLS supplémentaires

Les procédures du paragraphe 4.2 s'appliquent.

A.3. Admission Control ou Flow Termination Marking Inside MPLS Domain

La valeur d'EXP peut être réglée à AM ou TM selon les mêmes procédures que décrit dans [BRISCOE-CL]. Pour les besoins du présent document, il n'importe pas exactement quels algorithmes sont utilisés pour décider quand régler à AM ou TM ; tout ce qui importe est que si un routeur a marqué AM (ou TM) dans l'en-tête IP, il devrait régler la valeur d'EXP dans l'en-tête MPLS au codet AM (ou TM).

A.4 Sauter une étiquette MPLS (pas en fin de pile)

Quand le saut d'une étiquette MPLS expose une autre étiquette MPLS, le marquage AM ou TM devrait être transféré au champ EXP exposé de la manière suivante :

- o Si la valeur d'EXP interne est NM, alors il devrait être réglé au même état de marquage que la valeur d'EXP de l'entrée de pile d'étiquettes sautée.
- o Si la valeur d'EXP interne est AM, il devrait être inchangé si la valeur d'EXP sautée était AM, et il devrait être réglé à TM si la valeur d'EXP sautée était TM. Si la valeur d'EXP sautée était NM, cela devrait être enregistré d'une façon quelconque et la valeur d'EXP interne devrait être inchangée.
- o Si la valeur d'EXP interne est TM, il devrait être inchangé quelle qu'ait été la valeur d'EXP sautée, mais toute valeur d'EXP autre que TM devrait faire l'objet d'un enregistrement.

A.5 Saut de la dernière étiquette MPLS pour exposer l'en-tête IP

Lorsque le saut de la dernière étiquette MPLS expose l'en-tête IP, il y a deux cas à considérer :

- o Le LSR qui saute *n'est pas* le routeur de sortie de la région PCN, dans ce cas le marquage AM ou TM devrait être transféré au champ d'en-tête IP exposé ; ou
- o le LSR qui saute *est* le routeur de sortie de la région PCN.

Dans ce dernier cas, le comportement du LSR de sortie est défini dans la [RFC5559] et sort du domaine d'application de ce document. Dans le premier cas, le marquage devrait être transféré de l'en-tête MPLS sauté à l'en-tête IP exposé comme suit :

- o Si la valeur de l'en-tête IP interne n'est ni AM ni TM, et si la valeur d'EXP était NM, alors l'en-tête IP devrait être inchangé. Pour toute autre valeur d'EXP, l'en-tête IP devrait être réglé au même état de marquage que la valeur d'EXP de l'entrée de pile d'étiquettes sautée.
- o Si la valeur de l'en-tête IP interne est AM, il devrait être inchangé si la valeur d'EXP sautée était AM, et il devrait être réglé à TM si la valeur d'EXP sautée était TM. Si la valeur d'EXP sautée était NM, cela devrait être enregistré d'une façon quelconque et la valeur de l'en-tête IP interne devrait être inchangée.
- o Si la valeur d'en-tête IP est TM, il devrait être inchangé quelle qu'ait été la valeur d'EXP sautée, mais toute valeur d'EXP autre que TM devrait être enregistrée.

Références normatives

- [RFC2119] S. Bradner, "[Mots clés à utiliser](#) dans les RFC pour indiquer les niveaux d'exigence", BCP 14, mars 1997. (MàJ par [RFC8174](#))
- [RFC3031] E. Rosen, A. Viswanathan, R. Callon, "Architecture de [commutation d'étiquettes multi protocoles](#)", janvier 2001. (P.S.) (MàJ par la [RFC6790](#))
- [RFC3032] E. Rosen et autres, "[Codage de pile d'étiquettes MPLS](#)", janvier 2001. (Info. ; MàJ par [RFC9017](#))
- [RFC3168] K. Ramakrishnan et autres, "Ajout de la [notification explicite d'encombrement](#) (ECN) à IP", septembre 2001. (P.S. ; MàJ par [RFC8311](#))
- [RFC3270] F. Le Faucheur et autres, "Prise en charge des [services différenciés par la commutation d'étiquettes](#) multi-protocoles (MPLS)", mai 2002. (P.S.)
- [RFC4301] S. Kent et K. Seo, "[Architecture de sécurité](#) pour le protocole Internet", décembre 2005. (P.S.) (Remplace la [RFC2401](#))

Références pour information

- [ARUMAITHURAI] Arumathurai, M., "NSIS PCN-QoSM: A Quality of Service Model for Pre-Congestion Notification (PCN)", Travail en cours, septembre 2007.
- [BRISCOE-CL] Briscoe, B., "Pre-Congestion Notification Marking", Travail en cours, octobre 2006.
- [BRISCOE-ECN] Briscoe, B., "Layered Encapsulation of Congestion Notification", Travail en cours, juillet 2007.
- [Floyd] Ramakrishnan, K., Floyd, S., B. Davie, "A Proposal to Incorporate ECN in MPLS", Travail en cours, juin 1999.
- [LEFAUCHEUR] Le Faucheur, F., Charny, A., Briscoe, B., Eardley, P., Barbiaz, J., K. Chan, "RSVP Extensions for Admission Control over Diffserv using Pre-Congestion Notification (PCN)", Travail en cours, juin 2006.
- [RFC3260] D. Grossman, "Nouvelle [terminologie et précisions pour Diffserv](#)", avril 2002. (*Information*)
- [RFC3540] N. Spring, D. Wetherall, D. Ely, "Signalisation de notification robuste d'encombrement explicite (ECN) avec des noms occasionnels", juin 2003. (*Expérimentale*)
- [RFC4340] E. Kohler et autres, "[Protocole de contrôle d'encombrement](#) de datagrammes (DCCP)", mars 2006. (*P.S.*) (MàJ par [6773](#))
- [RFC5127] K. Chan, J. Babiarz, F. Baker, "Agrégation de classes de service DiffServ", février 2008. (*Information*)
- [RFC5559] P. Eardley, éd., "Architecture de notification de pré-encombrement (PCN)", juin 2009. (*Information*)
- [RFC5977] A. Bader, L. Westberg, G. Karagiannis, C. Kappler, T. Phelan, "RMD-QOSM : Modèle NSIS de qualité de service pour la gestion de ressources dans Diffserv", octobre 2010. (*Expérimentale*)
- [Shayman] Shayman, M. and R. Jaeger, "Using ECN to Signal Congestion Within an MPLS Domain", Travail en cours, novembre 2000.

Adresse des auteurs

Bruce Davie
Cisco Systems, Inc.
1414 Mass. Ave.
Boxborough, MA 01719
USA
mél : bsd@cisco.com

Bob Briscoe
BT Research
B54/77, Sirius House
Ipswich
Suffolk IP5 3RE
United Kingdom
mél : bob.briscoe@bt.com

June Tay
BT Research
B54/77, Sirius House
Ipswich
Suffolk IP5 3RE
United Kingdom
mél : june.tay@bt.com

Déclaration complète de droits de reproduction

Copyright (C) The IETF Trust (2008).

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 encloses ne viole aucun droit ou aucune garantie implicite de commercialisation ou d'aptitude à un objet particulier.

Propriété intellectuelle

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

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

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