

Groupe de travail Réseau  
**Request for Comments : 4717**  
 Catégorie : Sur la voie de la normalisation

L. Martini, Cisco Systems, Inc.  
 J. Jayakumar, Cisco Systems, Inc.  
 M. Bocci, Alcatel  
 N. El-Aawar, Level 3 Communications  
 J. Brayley, ECI Telecom Inc.  
 G. Koleyni, Nortel Networks  
 décembre 2006

Traduction Claude Brière de L'Isle

## Méthodes d'encapsulation pour le transport en mode de transfert asynchrone (ATM) sur réseaux MPLS

### Statut du présent mémoire

Le présent document spécifie un protocole de l'Internet en cours de 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 "Protocoles officiels de l'Internet" (STD 1) pour voir 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 (2006).

### Résumé

Un pseudo filaire (PW, *Pseudowire*) en mode de transfert asynchrone (ATM, *Asynchronous Transfer Mode*) est utilisé pour porter des cellules ATM sur un réseau MPLS. Cela permet aux fournisseurs de services d'offrir des services ATM "émulés" sur les réseaux MPLS existants. Le présent document spécifie les méthodes pour l'encapsulation de cellules ATM au sein d'un pseudo filaire. Il spécifie aussi les procédures pour utiliser un PW pour fournir un service ATM.

### Table des matières

1. Introduction.....	2
2. Spécification des exigences.....	2
3. Déclaration d'applicabilité.....	3
4. Terminologie.....	3
5. Méthode générale d'encapsulation.....	4
5.1 Mot de contrôle.....	4
5.2. Exigences de MTU.....	6
5.3 Valeur du bit S d'ajustement MPLS.....	6
5.4 Valeurs de TTL d'ajustement MPLS.....	6
6. Applicabilité de mode d'encapsulation.....	7
6.1 Mode ATM de cellule N à un.....	7
6.2 Encapsulation de cellule ATM d'un à un.....	8
6.3 Encapsulation de trame de SDU AAL5.....	8
6.4 Encapsulation de trame de PDU AAL5.....	9
7. Prise en charge de cellule OAM ATM.....	9
7.1 Cas du VCC.....	9
7.2 Cas du VPC.....	10
7.3 Mode d'émulation de cellule OAM de SDU/PDU.....	10
7.4 Traitement des défauts.....	11
8. Mode de cellule ATM de N à un.....	11
8.1 Encapsulation de service ATM de N à un.....	11
9. Mode biunivoque de cellule ATM.....	13
9.1 Encapsulation de service ATM de un à un.....	13
9.2 Numéro de séquence.....	13
9.3 Service de transport de cellules de VCC ATM.....	14
9.4 Services de VPC ATM.....	15
10. Mode CPCS-SDU AAL5 d'ATM.....	16
10.1 Encapsulation transparente de trame SDU AAL5.....	16
11. PDU AAL5 en mode trame.....	17
11.1 Encapsulation transparente de trame de PDU AAL5.....	17

11.2 Fragmentation.....18  
 12. Transposition des classes de service ATM et PSN.....19  
 13. Prise en charge de ILMI.....19  
 14. Sous TLV de paramètres d'interface spécifiques d'ATM.....19  
 15. Contrôle d'encombrement.....20  
 16. Considérations sur la sécurité.....20  
 17. Références normatives.....20  
 18. Références pour information.....21  
 19. Contributeurs significatifs.....21  
 Adresse des auteurs.....22  
 Déclaration complète de droits de reproduction.....22

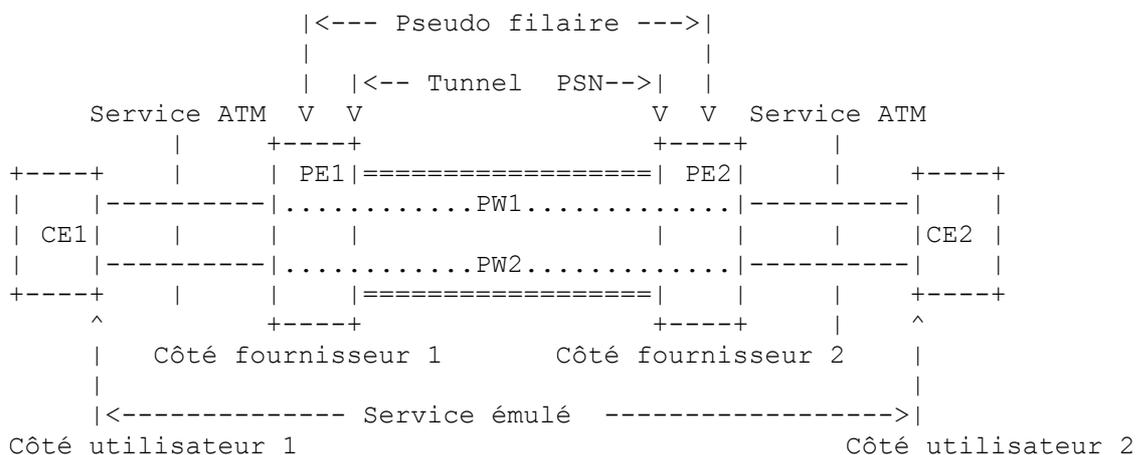
**1. Introduction**

Les réseaux de commutation de paquets (PSN, *Packet Switched Network*) ont un potentiel de réduction de la complexité d'une infrastructure de fournisseur de service en permettant que virtuellement tout service numérique existant soit pris en charge sur une seule infrastructure de réseautage. L'avantage de ce modèle pour un fournisseur de service est triple :

- i. Démultiplication des systèmes et services existants pour fournir une capacité augmentée à partir d'un cœur de commutation de paquets.
- ii. Préservation des processus et procédures opérationnelles de réseau existantes utilisées pour maintenir les services traditionnels.
- iii. Utilisation de l'infrastructure commune de réseau de commutation de paquets pour prendre en charge les exigences de capacité centrale des services existants et les exigences des nouveaux services pris en charge nativement sur le réseau de commutation de paquets.

Le présent document décrit une méthode pour porter les services ATM sur MPLS. Il fait la liste des exigences spécifiques d'ATM et donne les formats et la sémantique d'encapsulation pour connecter les réseau de bordure ATM à travers un réseau de commutation de paquets en utilisant MPLS.

La Figure 1, affiche le modèle de référence des services ATM. Ce modèle est adapté de la [RFC3985].



**Figure 1 : Modèle de référence de service ATM**

**2. Spécification des exigences**

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

### 3. Déclaration d'applicabilité

Le service ATM sur PW n'est pas destiné à émuler parfaitement un service ATM traditionnel, mais il peut être utilisé pour des applications qui ont besoin d'un service de transport ATM.

Les différences notables entre le service ATM traditionnel et le protocole décrit dans ce document sont les suivantes :

- L'ordre des cellules ATM peut être préservé en utilisant le champ de séquence FACULTATIF dans le mot de contrôle; cependant, les mises en œuvre ne sont pas obligées de prendre en charge cette caractéristique. L'utilisation de cette caractéristique peut impacter d'autres exigences ATM de qualité de service (QS).
- Le modèle de QS pour l'ATM traditionnel peut être émulé. Cependant, la spécification détaillée de l'émulation de QS ATM sort du domaine d'application du présent document. L'émulation doit être capable de fournir les exigences de QS ATM requises pour l'application de l'utilisateur final.
- Les mécanismes de contrôle de flux ATM sont transparents au réseau MPLS et ne peuvent pas refléter l'état du réseau MPLS.
- La prise en charge du plan de contrôle pour les SVC, SVP, SPVC, et SPVP ATM sort du domaine d'application de ce document.

Noter que les encapsulations décrites dans cette spécification sont identiques à celles décrites dans [Y.1411] et [Y.1412].

### 4. Terminologie

Côté CE : direction du trafic où les PDU PW sont reçues sur un PW du PSN, reconverties en le service émulé, et envoyées à un CE.

Côté PSN : direction du trafic où les informations venant d'un CE sont adaptées à un PW, et où les PDU de PW sont envoyées dans le PSN.

CTD (*Cell Transfer Delay*) : délai de transfert de cellule

Entrée : le point où le service ATM est encapsulé dans une PDU de pseudo filaire (dans la direction ATM à PSN).

Émulation bord à bord de pseudo filaire (PWE3, *Pseudowire Emulation Edge to Edge*) : mécanisme qui émule les attributs essentiels d'un service (comme une liaison louée T1 ou un relais de trame) sur un PSN.

Extrémité client (CE, *Customer Edge*) : appareil où une extrémité d'un service a son origine et/ou se termine. Le CE n'est pas informé qu'il utilise un service émulé plutôt qu'un service natif.

Extrémité fournisseur (PE, *Provider Edge*) : appareil qui fournit PWE3 à un CE.

Mode de un à un : spécifie une méthode d'encapsulation qui transpose une connexion de canal virtuel ATM (VCC, *Virtual Channel Connection*) (ou une connexion de chemin virtuel (VPC, *Virtual Path Connection*) ATM) en un pseudo filaire.

Mode de N à un ( $N \geq 1$ ) : spécifie une méthode d'encapsulation qui transpose un ou plusieurs VCC ATM (ou un ou plusieurs VPC ATM) en un pseudo filaire.

MTU (*Maximum Transmission Unit*) : unité de transmission maximale

OAM (*Operations And Maintenance*) : opérations et maintenance

PDU de pseudo-filaire : une PDU envoyée sur le PW qui contient toutes les données et informations de contrôle nécessaires pour fournir le service désiré.

Pseudo-filaire (PW, *Pseudowire*) : connexion entre deux PE portée sur un PSN. Le PE fournit l'adaptation entre le CE et le



contenu de la charge utile MPLS pour choisir le chemin ECMP, il DOIT employer un mécanisme qui empêche le dérangement des paquets." Ceci est nécessaire parce que les mises en œuvre de ECMP peuvent examiner le premier quartet après la pile d'étiquettes MPLS pour déterminer si le paquet étiqueté est ou non IP. Donc, si le VPI d'une connexion ATM porté sur le PW en utilisant l'encapsulation de mode de cellule de N à un, sans la présence d'un mot de contrôle, commence par 0x4 ou 0x6, il pourrait être confondu avec un paquet IPv4 ou IPv6. Cela pourrait, selon la configuration et la topologie du réseau MPLS, conduire à une situation où tous les paquets pour un certain PW ne suivent pas le même chemin. Cela peut augmenter les trames en désordre sur un certain PW, ou être cause que des paquets OAM suivent un chemin différent de celui du trafic réel (voir le paragraphe 4.4.3 sur l'ordre des trames).

Les caractéristiques fournies par le mot de contrôle peuvent n'être pas nécessaires pour un certain PW ATM. Par exemple, ECMP peut n'être pas présent ou actif sur un certain réseau MPLS, un strict séquençage de trames peut n'être pas exigé, etc. Si c'est le cas, et si le mot de contrôle n'est pas EXIGÉ par le mode d'encapsulation pour d'autres fonctions (comme la longueur ou le transport d'informations spécifiques du protocole ATM) le mot de contrôle apporte peu de valeur et est donc FACULTATIF. Des mises en œuvre anciennes de PW ATM ont été déployées qui n'incluent pas de mot de contrôle ou la capacité de le traiter si il en est un de présent. Pour aider à la rétro compatibilité, les futures mises en œuvre DOIVENT être capables d'envoyer et recevoir des trames sans la présence d'un mot de contrôle.

Dans tous les cas, le PE de sortie DOIT être informé de si le PE d'entrée va envoyer un mot de contrôle sur un PW spécifique. Cela peut être réalisé par la configuration des PE, ou par la signalisation, comme défini dans la [RFC4447].

Si le pseudo filaire traverse une liaison de réseau qui exige une taille minimum de trame (Ethernet est un exemple) avec une taille minimum de trame de 64 octets, alors de telles liaisons vont appliquer un bourrage à la PDU de pseudo filaire pour atteindre sa taille de trame minimum. Dans ce cas, le mot de contrôle doit inclure un champ Longueur réglé à la longueur de la PDU. Un mécanisme est exigé pour que le PE de sortie détecte et supprime ce bourrage.

### 5.1.1 Mot de contrôle générique

Ce mot de contrôle est utilisé dans les modes d'encapsulation suivants :

- Mode de cellule ATM une à une
- Mode de trame de PDU AAL5

Le document de mot de contrôle PWE3 [RFC4385] donne la structure suivante pour le mot de contrôle générique :

```

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
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|0 0 0 0|                               Spécifié par l'encapsulation de PW                               |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

La structure détaillée pour le mode de cellule ATM une à une et pour le mode de trame de PDU AAL5 est comme suit :

```

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
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|0 0 0 0|Réservé|                               Numéro de séquence                               |Spécifique ATM |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

Dans le diagramme ci-dessus, les 4 premiers bits DOIVENT être à 0 pour indiquer des données de PW. Ils DOIVENT être ignorés par le PE receveur.

Les quatre bits suivants sont réservés et DOIVENT être à 0 à l'émission et ignorés à réception.

Les 16 bits suivants donnent un numéro de séquence qui peut être utilisé pour garantir la livraison ordonnée des paquets. Le traitement du champ Numéro de séquence est FACULTATIF.

L'espace de numéro de séquence est un espace circulaire de 16 bits, non signés. La valeur de numéro de séquence 0 est utilisée pour indiquer que l'algorithme de vérification de numéro de séquence n'est pas utilisé.

Les 8 derniers bits donnent un espace pour porter des fanions spécifiques d'ATM. Ils sont définis dans les détails spécifiques du protocole décrits plus loin.

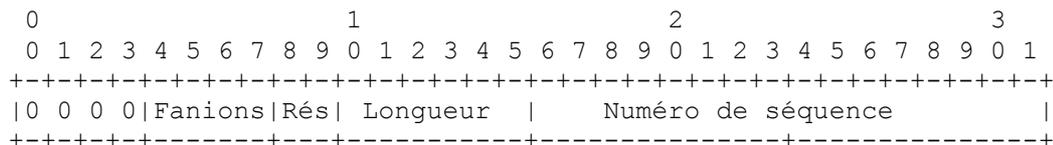
Il n'est pas exigé de champ Longueur pour les modes de cellule une à une et de trame de PDU parce que la PDU de PSN est toujours supérieure à 64 octets ; donc, aucun bourrage n'est appliqué dans les liaisons Ethernet dans le PSN.

### 5.1.2 Mot de contrôle préféré

Ce mot de contrôle est utilisé dans les modes d'encapsulation suivants :

- Mode de cellule ATM N à un
- Mode de trame SDU AAL5

Il est défini comme suit :



Dans le diagramme ci-dessus, les 4 premiers bits DOIVENT être à 0 pour indiquer des données de PW. Ils DOIVENT être ignorés par le PE receveur.

Les 4 bits suivants fournissent l'espace pour porter des fanions spécifiques du protocole. Ils sont définis plus loin dans les détails spécifiques du protocole.

Les deux bits suivants sont réservés.

Les 6 bits suivants donnent un champ de longueur, qui est utilisé comme suit : si la longueur du paquet (définie comme la longueur de la charge utile de couche 2 plus la longueur du mot de contrôle) fait moins de 64 octets, le champ Longueur DOIT être réglé à la longueur du paquet. Autrement, le champ Longueur DOIT être réglé à zéro. La valeur du champ Longueur, si elle n'est pas zéro, peut être utilisée pour supprimer tout bourrage. Quand le paquet atteint le routeur de sortie du fournisseur de services, il peut être souhaitable de supprimer la bourrage avant de transmettre le paquet. Noter que le champ Longueur n'est pas utilisé dans le mode N à un et DOIT être réglé à 0.

Les 16 derniers bits donnent un numéro de séquence qui peut être utilisé pour garantir une livraison ordonnée des paquets. Le traitement du champ Numéro de séquence est FACULTATIF.

L'espace de numéro de séquence est un espace circulaire de 16 bits, non signés. La valeur de numéro de séquence 0 est utilisée pour indiquer que l'algorithme de vérification de numéro de séquence n'est pas utilisé.

### 5.1.3 Réglage du champ Numéro de séquence dans le mot de contrôle

Ce paragraphe s'applique au champ Numéro de séquence des mots de contrôle générique et préféré.

Pour un certain VC émulé et une paire de routeurs PE1 et PE2, si PE1 prend en charge le séquençage de paquets, alors les procédures de séquençage définies dans la [RFC4385] DOIVENT être utilisées.

Les paquets qui sont reçus dans le désordre PEUVENT être éliminés ou réordonnés à la discrétion du receveur.

Une simple extension de l'algorithme de traitement de la [RFC4385] PEUT être utilisée pour détecter les paquets perdus.

Si un routeur PE a négocié de ne pas utiliser le traitement des numéros de séquence reçus, et qu'il reçoit un numéro de séquence non zéro, il DEVRAIT alors envoyer un message État de PW indiquant une faute de réception et désactiver le PW.

## 5.2. Exigences de MTU

Le réseau DOIT être configuré avec une MTU suffisante pour transporter les plus grandes trames d'encapsulation. Si MPLS est utilisé comme protocole de tunnelage, par exemple, c'est probablement supérieur de 12 octets ou plus que la plus grande taille de trame. D'autres protocoles de tunnelage peuvent avoir de plus longs en-têtes et exiger de plus grandes MTU. Si le

routeur d'entrée détermine qu'une PDU encapsulée de couche 2 excède la MTU du tunnel à travers lequel elle doit être envoyée, la PDU DOIT être éliminée. Si un routeur de sortie reçoit une PDU encapsulée de couche 2 dont la longueur de charge utile (c'est-à-dire, la longueur de la PDU elle-même sans aucun en-tête d'encapsulation) excède la MTU de l'interface de couche 2 de destination, la PDU DOIT être éliminée.

### 5.3 Valeur du bit S d'ajustement MPLS

Le routeur de commutation d'étiquettes (LSR, *Label Switching Router*) d'entrée, PE1, DOIT régler le bit S de l'étiquette de PW à la valeur de 1 pour noter que l'étiquette de VC est au bas de la pile. Pour plus d'informations sur le réglage du bit S, voir la [RFC3032].

### 5.4 Valeurs de TTL d'ajustement MPLS

Le réglage de la valeur de TTL dans l'étiquette de PW dépend de l'application. Dans tous les cas, la procédure de traitement du TTL [RFC3032], incluant le traitement des TTL expirés, DOIT être suivie.

## 6. Applicabilité de mode d'encapsulation

Le présent document définit deux méthodes d'encapsulation de cellules ATM, à savoir, mode un à un et mode N à un.

Le mode N à un ( $N \geq 1$ ) spécifie une méthode d'encapsulation qui transpose un ou plusieurs VCC ATM (ou VPC ATM) en un pseudo filaire. C'est le seul mode EXIGÉ. Un format est utilisé pour les deux transpositions de VCC ou VPC dans le tunnel. L'en-tête ATM de 4 octets n'est pas altéré dans l'encapsulation ; donc, le VPI/VCI est toujours présent. Les cellules provenant d'un ou plusieurs VCC (ou VPC) peuvent être enchaînées.

Le mode un à un spécifie une méthode d'encapsulation qui transpose un VCC ou VPC ATM en un pseudo filaire. Pour les VCC, le VPI/VCI n'est pas inclus. Pour les VPC, le VPI n'est pas inclus. Les cellules provenant d'un VCC ou VPC peuvent être enchaînées. Ce mode est FACULTATIF.

De plus, différentes encapsulations FACULTATIVES sont prises en charge pour le transport ATM AAL5 : une pour les SDU AAL5 ATM, et une autre pour les PDU AAL5 ATM.

Trois modèles de déploiement sont pris en charge par les encapsulations décrites dans ce document :

- i. Une seule connexion ATM : un PW porte les cellules d'un seul VCC ou VPC ATM. Cela prend en charge à la fois le transport d'ATM multi services et le service L2VPN sur un PSN pour tous les types AAL.
- ii. Plusieurs connexions ATM : un PW porte les cellules de plusieurs VCC et/ou VPC ATM. Cela prend aussi en charge à la fois le transport d'ATM multi services et le service L2VPN sur un PSN pour tous les types AAL.
- iii. AAL5 : un PW porte les trames AAL5 pour un seul VCC ATM. Une large proportion des données portées sur les réseaux ATM est fondée sur la trame et utilise donc AAL5. La transposition AAL5 tire parti du tracé des trames de couche supérieure dans la couche ATM pour fournir une efficacité accrue de bande passante comparée à la transposition de base de cellule. La nature du service, définie par la catégorie de service ATM [TM4.0] ou la capacité de transfert ATM [I.371], devrait être préservée.

### 6.1 Mode ATM de cellule N à une

Cette encapsulation prend en charge les deux modèles de déploiement d'une seule connexion ATM et de connexions multiples. Cette encapsulation est EXIGÉE.

L'encapsulation permet que plusieurs VCC/VPC soient portés au sein d'un seul pseudo filaire. Cependant, un fournisseur de services peut souhaiter provisionner un seul VCC à un pseudo filaire afin de satisfaire des exigences de qualité de service ou de restauration.

L'encapsulation prend aussi en charge le lien de plusieurs VCC/VPC à un seul pseudo filaire. Cette capacité est utile afin de rendre plus efficace l'utilisation de l'espace d'en-tête de démultiplexage de PW ainsi que de faciliter le provisionnement des

services de VCC/VPC.

Dans le plus simple des cas, cette encapsulation peut être utilisée pour transmettre une seule cellule ATM par PDU de PSN. Cependant, afin de fournir une meilleure efficacité de la bande passante de PSN, plusieurs cellules ATM peuvent facultativement être encapsulées dans une seule PDU de PSN. Ce processus est appelée l'enchaînement de cellules.

L'encapsulation a les attributs suivants :

- i. Prise en charge de tous les types de couche d'adaptation ATM.
- ii. Les cellules OAM/Admin non terminales sont transportées parmi les cellules d'utilisateur dans le même ordre que celui de réception. Cette exigence permet d'utilisation de diverses applications de gestion des performances et de la sécurité.
- iii. Afin de gagner en efficacité du transport sur le PSN, plusieurs cellules peuvent être encapsulées dans une seule PDU de PW. Ce processus est appelé l'enchaînement de cellules. Il appartient à la mise en œuvre de décider combien de cellules insérer ou combien de temps attendre l'arrivée de cellules avant d'envoyer une PDU de PW. L'enchaînement de cellules ajoute de la latence et une variation du délai à un service de relais de cellules.
- iv. Le bit CLP provenant de chaque cellule peut être transposé en un marquage correspondant sur la PDU de PW. Cela permet de préserver la préséance d'abandon à travers le PSN.
- v. Si le modèle de déploiement d'une seule connexion ATM est utilisé, il est alors plus simple de fournir un service de couche ATM. La nature du service, comme défini par la catégorie de service ATM [TM4.0] ou la capacité de transfert ATM [I.371], devrait être préservée.

Les limitations à l'encapsulation de cellule ATM N à un sont :

- vi. Il n'y a pas de méthode actuellement définie pour traduire l'indication explicite d'encombrement vers l'avant (EFCI, *Explicit Forward Congestion Indication*) en une fonction correspondante dans le PSN. Il n'y a pas non plus de moyen de traduire l'encombrement du PSN en EFCI lors de la transmission par le PE de sortie.
- vii. La somme de contrôle d'en-tête de cellule ATM peut détecter une erreur de 2 bits ou détecter et corriger une erreur d'un seul bit dans l'en-tête de cellule. Il n'existe pas de fonction analogue dans la plupart des PSN. Une seule erreur de bit dans une PDU de PW va très probablement causer l'élimination du paquet à cause d'un échec de séquence de vérification de trame (FCS, *Frame Check Sequence*) de couche 2.
- viii. Les cellules peuvent être enchaînées à partir de plusieurs VCC ou VPC appartenant à différentes catégories de service et exigences de qualité de service. Dans ce cas, le paquet PSN doit recevoir un traitement du PSN pour prendre en charge la meilleure qualité de service des VCC/VPC ATM portés.
- ix. L'encapsulation de cellule prend seulement en charge les chemins à commutation d'étiquettes (LSP, *Label Switched Path*) en point à point. Le multi-points à point et le point à multi-points feront l'objet d'études ultérieures.
- x. Le nombre de cellules ATM enchaînées est limité par la taille de MTU et les objectifs de délai de transfert de cellule (CTD, *Cell Transfer Delay*) et de variation de délai de cellule (CDV, *Cell Delay Variation*) des multiples connexions ATM multiplexées dans un seul PW.

## 6.2 Encapsulation de cellule ATM d'un à un

Cette encapsulation FACULTATIVE prend en charge le modèle de déploiement d'une seule connexion ATM.

Comme le mode d'encapsulation de cellule N à un, le mode un à un prend en charge l'enchaînement de cellules. L'avantage de cette encapsulation est qu'elle utilise moins de bande passante que l'encapsulation de N à un, pour un même nombre de cellules enchaînées. Comme seulement un VCC ou VPC ATM est porté sur un PW, le VCI et/ou VPI du VCC ou VPC ATM peut être déduit du contexte du PW en utilisant l'étiquette de PW. Ces champs n'ont donc pas besoin d'être encapsulés pour un VCC, et seul le VCI a besoin d'être encapsulé pour un VPC. Cette encapsulation permet donc aux fournisseurs de services d'obtenir une meilleure efficacité de bande passante sur les liaisons de PSN que l'encapsulation de N à un pour un nombre donné de cellules enchaînées.

Les limitations vi, vii, ix, et x du mode N à un s'appliquent.

## 6.3 Encapsulation de trame de SDU AAL5

Cette encapsulation FACULTATIVE prend en charge le modèle AAL5. Ce mode permet le transport des CSPA-SDU ATM AAL5 voyageant sur un PVC ATM particulier à travers le réseau vers un autre PVC ATM. Cette encapsulation est utilisée par un PW de type 0x0002 "Transport de SDU de VCC AAL5 ATM" comme alloué dans la [RFC4446].

L'encapsulation de SDU AAL5 est plus efficace pour les petites SDU AAL5 que les encapsulations de cellules de VCC. De plus elle présente une solution de remplacement plus efficace au service de relais de cellules lors du portage de PDU IP

encapsulées selon la [RFC2684] à travers un PSN.

L'encapsulation de SDU AAL5 exige la segmentation et le réassemblage sur l'interface PE-CE ATM. Cette fonction est fournie par les composants de matériel courants du commerce. Une fois ré-assemblée, la SDU AAL5 est portée via un pseudo filaire au PE de sortie. C'est un autre avantage de l'encapsulation de SDU AAL5.

Les limitations de l'encapsulation de SDU AAL5 sont :

- i. Si une cellule OAM ATM est reçue au PE d'entrée, elle est envoyée avant les cellules de la trame AAL5 environnante. Donc, un réarrangement de cellule OAM peut se produire, qui peut causer un fonctionnement incorrect de certaines applications de surveillance des performances OAM ATM et de sécurité ATM.
- ii. Si la PDU ALL5 est brouillée selon les normes de sécurité ATM, un PE ne sera pas capable d'extraire la SDU ALL5, et donc toute la PDU va être éliminée.
- iii. Le CRC de PDU AAL5 n'est pas transporté sur le PSN. Le CRC doit donc être régénéré au PE de sortie car le CRC a une signification de bout en bout dans la sécurité ATM. Cela signifie que le CRC AAL5 ne peut pas être utilisé pour vérifier avec précision les erreurs sur le VCC ATM de bout en bout.
- iv. La longueur d'une trame AAL5 peut excéder la MTU du PSN. Cela exige la fragmentation, qui peut n'être pas disponible à tous les nœuds au point d'extrémité de PW.
- v. Ce mode ne préserve pas la valeur du bit CLP pour chaque cellule ATM au sein d'une PDU AAL5. Donc, la transparence du réglage de CLP peut être violée. De plus, l'étiquetage de certaines cellules peut survenir alors que l'étiquetage n'est pas permis par la définition de conformité [TM4.0].
- vi. Ce mode ne préserve pas l'état d'EFCI pour chaque cellule ATM au sein d'une PDU AAL5. Donc, la transparence de l'état d'EFCI peut être violée.

#### 6.4 Encapsulation de trame de PDU AAL5

Cette encapsulation FACULTATIVE prend en charge le modèle AAL5.

La principale application prise en charge par l'encapsulation de PDU de trame AAL5 sur le PSN est le portage transparent des services de couche ATM qui utilisent AAL5 pour porter des trames de couche supérieure. Le principal avantage de ce mode AAL5 est qu'il est transparent aux applications OAM et de sécurité ATM.

Une importante considération est de permettre aux informations OAM d'être traitées comme dans le réseau d'origine. Ce mode d'encapsulation permet cette transparence tout en effectuant l'encapsulation de trame AAL5. Ce mode prend en charge la fragmentation, qui peut être effectuée afin de maintenir la position des cellules OAM par rapport aux cellules d'utilisateur.

La fragmentation peut aussi être effectuée pour maintenir la taille du paquet qui porte la PDU AAL5 dans la MTU de la liaison. La fragmentation donne au PE un moyen de régler la taille du paquet de PW à une valeur différente de celle de la PDU AAL5 d'origine. Cela signifie que le PE a le contrôle du délai et de la gigue fournis aux cellules ATM.

La PDU AAL5 entière est encapsulée. Dans ce cas, tous les paramètres nécessaires, comme l'indicateur de partie commune de sous-couche de convergence d'utilisateur à utilisateur (CPCS-UU, *CPCS User-to-User indicator*), l'indicateur de partie commune (CPI, *Common Part Indicator*), la longueur (longueur de la SDU de CPCS) et le contrôle de redondance cyclique (CRC, *Cyclic Redundancy Check*) sont transportés au titre de la charge utile. Noter que porter la totalité de la PDU permet aussi la simplification de l'opération de fragmentation car elle est effectuée à des limites de cellules et le CRC dans la queue de la PDU AAL5 peut être utilisé pour vérifier l'intégrité de la PDU.

Le réassemblage n'est pas exigé au PE de sortie pour la direction PSN vers ATM.

Les limitations v et vi du mode de SDU AAL5 s'appliquent aussi à ce mode.

## 7. Prise en charge de cellule OAM ATM

### 7.1 Cas du VCC

En général, lorsque ils sont configurés pour le service de VCC ATM, les deux PE DEVRAIENT agir comme un commutateur de VC, en accord avec les procédures d'OAM définies dans [I.610].

Les PE DEVRAIENT être capables de passer de façon transparente les cellules OAM suivantes :

- Signal d'indication d'alarme (AIS, *Alarm Indication Signal*) F5 (segment et de bout en bout)
- Indicateur de défaut distant (RDI, *Remote Defect Indicator*) F5 (segment et de bout en bout)
- Rebouclage F5 (segment et de bout en bout)
- Gestion de ressource
- Gestion des performances
- Vérification de continuité
- Sécurité

Cependant, si il est configuré pour être une limite de segment administratif, le PE DEVRAIT terminer et traiter les cellules OAM de segment F5.

Les cellules OAM F4 sont insérées ou extraites à la terminaison de liaison VP. Ces cellules OAM ne sont pas vues à la terminaison de liaison VC et ne sont donc pas envoyées à travers le PSN.

Quand le PE fonctionne en mode transport CPCS-SDU AAL5, si il ne prend pas en charge le transport de cellules ATM, le PE DOIT éliminer les trames MPLS entrantes sur un PW ATM qui contient une étiquette de PW avec le bit T établi.

## 7.2 Cas du VPC

Quand ils sont configurés pour un service de relais de cellules VPC, les deux PE DEVRAIENT agir comme un brasseur de VP conformément aux procédures d'OAM définies dans [I.610].

Les PE DEVRAIENT être capables de traiter et passer de façon transparente les cellules OAM suivantes conformément à [I.610] :

- AIS F4 (segment et de bout en bout)
- RDI F4 (segment et de bout en bout)
- Rebouclage F4 (segment et de bout en bout)

Cependant, si il est configuré pour être une limite administrative de segment, le PE DEVRAIT terminer et traiter les cellules OAM de segment F4.

Les cellules OAM F5 ne sont pas insérées ou extraites ici. Les PE DOIVENT être capables de passer de façon transparente les cellules OAM suivantes :

- AIS F5 (segment et de bout en bout)
- RDI F5 (segment et de bout en bout)
- Rebouclage F5 (segment et de bout en bout)
- Gestion de ressource
- Gestion des performances
- Vérification de continuité
- Sécurité

La cellule OAM PEUT être encapsulée avec d'autres cellules de données d'utilisateur si l'encapsulation de cellules multiples est utilisée.

## 7.3 Mode d'émulation de cellule OAM de SDU/PDU

Un PE opérant en mode transport de SDU ou PDU ATM qui ne prend pas en charge le transport des cellules OAM à travers un PW PEUT fournir la prise en charge OAM sur les PVC ATM en utilisant les procédures suivantes :

- Réponse de cellules de rebouclage

Si une cellule OAM F5 de bout en bout est reçue d'un VC ATM, par un des PE qui transporte ce VC ATM, avec une valeur d'indication de rebouclage de 1, et si le PE a une transposition d'étiquette pour le VC ATM, alors le PE DOIT décrémenter la valeur d'indication de rebouclage et retourner la cellule sur le VC ATM. Autrement, la cellule de rebouclage DOIT être éliminée par le PE.

- Alarme AIS

Si un PE d'entrée, PE1, reçoit une cellule OAM AIS F4/F5, il DOIT notifier l'échec au PE distant. Le PE distant, PE2, DOIT à son tour envoyer des cellules AIS F5 OAM sur les PVC respectifs. Noter que si le PE prend en charge la transmission des cellules OAM, les cellules OAM d'alarme AIS reçues DOIVENT alors être aussi transmises sur le PW.

- Défaillance d'interface

Si le PE détecte une défaillance d'interface physique, ou si l'interface est désactivée administrativement, le PE DOIT notifier au PE distant la défaillance pour tous les VC qui y sont associé.

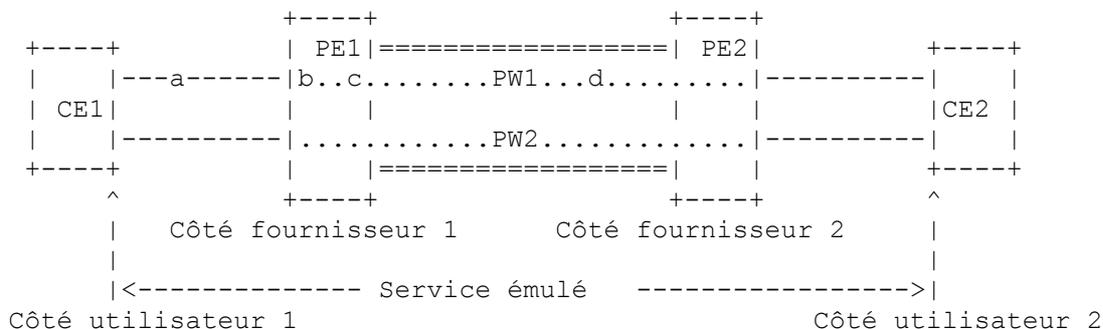
- Détection de défaillance de PSN/PW

Si le PE détecte une défaillance dans le PW, en recevant un retrait d'étiquette pour un identifiant de PW spécifique, ou si la session cible de protocole de distribution d'étiquettes (LDP, *Label Distribution Protocol*) échoue, ou si une notification de TLV État de PW est reçue, une cellule OAM AIS F5 appropriée DOIT alors être générée pour tous les PVC ATM affectés. La cellule AIS OAM va être générée sur l'accès ATM de sortie du PE qui a détecté la défaillance.

**7.4 Traitement des défauts**

La Figure 3 illustre quatre localisations possibles des défauts sur le service PWE3 :

- a) sur la connexion ATM de CE à PE
- b) sur le côté ATM du PW
- c) sur le côté PSN du PE
- d) dans le PSN



**Figure 3 : Localisations des défauts**

Pour les défaillances en (a) ou (b), dans le cas de VPC, le PE d'entrée DOIT être capable de générer une AIS F4 à réception d'un défaut de couche inférieure (comme perte de signal (LOS, *Loss of Signal*)). Dans le cas de VCC, le PE d'entrée DEVRAIT être capable de générer une AIS F5 à réception d'une AIS F4 correspondante ou d'un défaut de couche inférieure (comme LOS). Ces messages sont envoyés à travers le PSN.

Pour les défaillances en (c) ou (d), dans le cas de VCC, le PE de sortie DEVRAIT être capable de générer une AIS F5 sur la base d'une défaillance de PSN (comme une défaillance de tunnel de PSN ou LOS sur l'accès de PSN). Dans le cas de VPC, le PE de sortie DEVRAIT être capable de générer une AIS F4 fondée sur une défaillance du PSN (comme une défaillance de tunnel de PSN ou LOS sur l'accès du PSN).

Si le PE d'entrée ne peut pas prendre en charge la génération de cellules OAM, il PEUT notifier le PE de sortie en utilisant un mécanisme de maintenance spécifique du pseudo-filaire comme le message d'état de PW défini dans la [RFC4447]. Autrement, par exemple, le PE d'entrée PEUT retirer l'étiquette de pseudo filaire associée au service. À réception d'une telle notification, le PE de sortie DEVRAIT générer l'AIS F4 (pour un VPC) ou F5 (pour un VCC) appropriée.

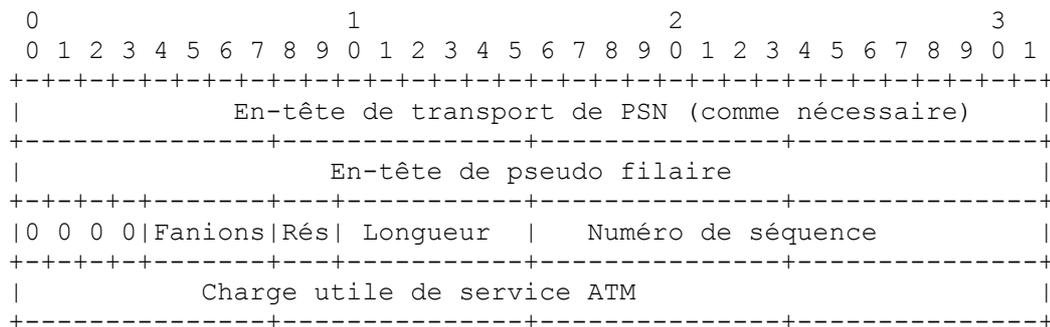
Si le PW échoue dans une direction, le service bidirectionnel complet est considéré comme défaillant.

**8. Mode de cellule ATM de N à un**

Le mode N à un ( $N \geq 1$ ) décrit dans le présent document permet à un fournisseur de services d'offrir un service ATM de PVC ou SVC à travers un réseau. L'encapsulation permet que plusieurs VCC ou VPC ATM soient portés au sein d'un seul tunnel de PSN. Un fournisseur de service peut aussi utiliser le mode N à un pour provisionner un VCC ou un VPC sur un tunnel. Cette section définit les services de VCC et VPC de relais de cellules sur un PSN et leur applicabilité.

### 8.1 Encapsulation de service ATM de N à un

Ce paragraphe décrit le format général d'encapsulation pour ATM sur des pseudo filaires de PSN.



**Figure 4 : Format général d'encapsulation ATM sur PSN**

L'en-tête de transport de PSN dépend de la technologie de tunnelage particulière utilisée. Cet en-tête est utilisé pour transporter les informations ATM encapsulées à travers le cœur de commutation de paquets.

L'en-tête de pseudo filaire identifie un service ATM particulier sur un tunnel. Des services non ATM peuvent aussi être portés sur le tunnel de PSN.

Comme montré ci-dessus dans la Figure 4, le mot de contrôle ATM est inséré avant la charge utile de service ATM. Il peut contenir un champ Longueur et un champ Numéro de séquence en plus de certains bits de contrôle nécessaires pour porter le service.

La charge utile de service ATM est spécifique du service offert via le pseudo filaire. Elle est définie ci-après.

Dans ce mode d'encapsulation, les cellules ATM sont transportées individuellement. L'encapsulation d'une seule cellule ATM est la seule encapsulation EXIGÉE pour ATM. L'encapsulation de plus d'une cellule ATM dans une trame PSN est FACULTATIVE.

L'encapsulation de cellule ATM consiste en un mot de contrôle FACULTATIF et une ou plusieurs cellules ATM, chacune consistant en un en-tête de cellule ATM de quatre octets et une charge utile de cellule ATM de 48 octets. Cet en-tête de cellule ATM est défini au paragraphe 3.1.1 de l'encapsulation FAST [FBATM], mais sans l'octet d'en-queue. La longueur de chaque trame, sans les en-têtes d'encapsulation, est un multiple de 52 octets. Le nombre maximum de cellules ATM qui peut tenir dans une trame, de cette façon, est seulement limité par la MTU du réseau et par la capacité du routeur de sortie de les traiter. Le routeur d'entrée NE DOIT PAS envoyer plus de cellules que n'en veut recevoir le routeur de sortie. Le nombre de cellules que le routeur de sortie veut recevoir peut être configuré dans le routeur d'entrée ou être signalé, par exemple en utilisant les méthodes décrites plus loin dans ce document et dans la [RFC4447]. Le nombre de cellules encapsulées dans une trame particulière peut être déduit de la longueur de trame. Le mot de contrôle est FACULTATIF. Si le mot de contrôle est utilisé, alors les bits Fanion et Longueur dans le mot de contrôle ne sont pas utilisés. Ces bits DOIVENT être mis à 0 à l'émission, et DOIVENT être ignorés à réception.

Les bits EFCI et CLP sont portés à travers le réseau dans l'en-tête de cellule ATM. Les routeurs de bordure qui mettent en œuvre le présent document PEUVENT, quand il ajoutent ou suppriment l'encapsulation décrite ici, changer le bit EFCI de zéro à un afin de refléter de l'encombrement dans le réseau qui est connu du routeur de bordure, et changer le bit CLP de zéro à un afin de refléter le marquage par la régulation de bordure du débit de cellule ATM soutenu. Les bits EFCI et CLP NE DEVRAIENT PAS être changés de un à zéro.

Le diagramme suivant illustre l'encapsulation de deux cellules ATM :



service ATM particulier au sein du tunnel de PSN créé par l'en-tête de transport de PSN.

Cet en-tête est utilisé pour transporter les informations ATM encapsulées à travers le cœur de commutation de paquet.

Le mot de contrôle générique est inséré après l'en-tête de pseudo filaire. La présence du mot de contrôle est EXIGÉE.

L'en-tête spécifique de ATM est inséré avant la charge utile de service ATM. L'en-tête spécifique de ATM contient les bits de contrôle nécessaires pour porter le service. Ceux-ci sont définis dans les descriptions de service ATM ci-dessous. La longueur de l'en-tête spécifique de ATM ne peut pas toujours être d'un octet. Cela dépend du type de service.

Le groupe d'octets de charge utile ATM est la charge utile du service qui est encapsulé.

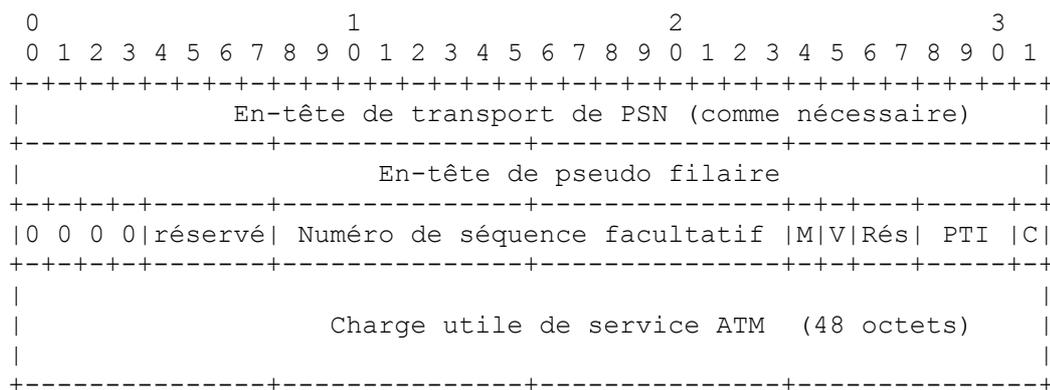
## 9.2 Numéro de séquence

Le numéro de séquence n'est pas exigé pour tous les services.

Le traitement du numéro de séquence est fait conformément au paragraphe 5.1.3.

## 9.3 Service de transport de cellules de VCC ATM

Le service de transport de cellules VCC est caractérisé par la transposition d'un seul VCC ATM (VPI/VCI) en un pseudo filaire. Ce service est pleinement transparent à la couche d'adaptation ATM. Le service de transport d'une seule cellule VCC est FACULTATIF. Ce service DOIT utiliser le format d'encapsulation suivant :

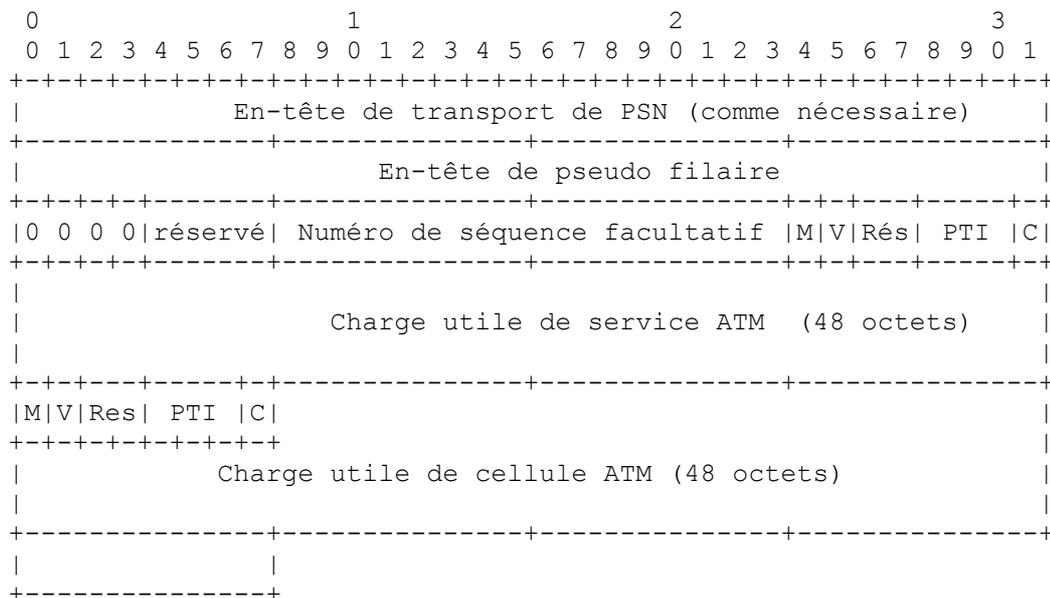


**Figure 7 : Encapsulation d'une seule cellule ATM VCC**

- \* Bit M (mode transport) : le bit de contrôle M indique si le paquet contient une cellule ATM ou une trame de charge utile. Réglé à 0, le paquet contient une cellule ATM. Réglé à 1, la PDU contient une charge utile AAL5.
- \* Bit V (VCI présent) : le bit de contrôle V indique si le champ VCI est présent dans le paquet. Réglé à 1, le champ VCI est présent pour la cellule. Réglé à 0, aucun champ VCI n'est présent. Dans le cas d'un VCC, le champ VCI n'est pas exigé. Pour un VPC, le champ VCI est requis et est transmis avec chaque cellule.
- \* Bits réservés : ils devraient être à 0 à l'émission et ignorés à réception.
- \* Bits PTI : l'identifiant de type de charge utile (PTI, *Payload Type Identifier*) de 3 bits incorpore le codage du PTI de couche ATM de la cellule. Ces bits sont réglés à la valeur du PTI de la cellule ATM encapsulée.
- \* Bit C (CLP) : le champ Priorité de perte de cellule (CLP, *Cell Loss Priority*) indique la valeur de CLP de la cellule encapsulée.

Pour augmenter l'efficacité du transport, le PE d'entrée DEVRAIT être capable d'encapsuler plusieurs cellules ATM dans une PDU de pseudo filaire. Les PE d'entrée et de sortie DOIVENT s'accorder sur le nombre maximum de cellules dans une seule PDU de pseudo filaire. Cet accord peut être réalisé via un mécanisme de signalisation spécifique du pseudo filaire ou via une configuration statique.

Quand plusieurs cellules sont encapsulées dans le même paquet de PSN, l'octet spécifique d'ATM DOIT être répété pour chaque cellule. Cela signifie que 49 octets sont utilisés pour encapsuler chaque cellule ATM de 53 octets.



**Figure 8 : Encapsulation de plusieurs cellules de VCC ATM**

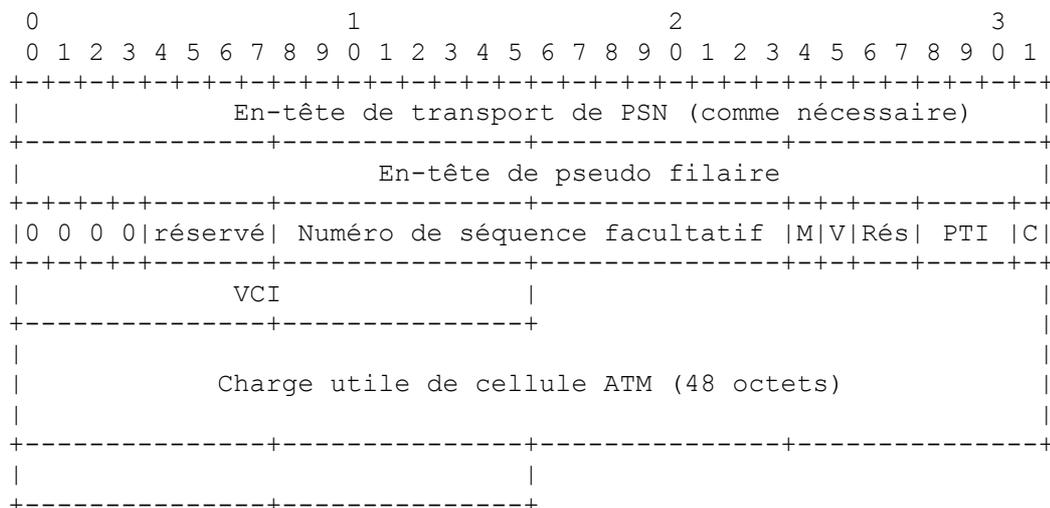
#### 9.4 Services de VPC ATM

Le service de VPC est défini par la transposition d'un seul VPC (VPI) sur un pseudo filaire. À ce titre, il émule un brasseur de chemin virtuel à travers le PSN. Tous les VCC qui appartiennent au VPC sont portés de façon transparente par le service de VPC.

Le PE de sortie peut choisir d'appliquer un VPI différent, autre que celui qui est arrivé au PE d'entrée. Le PE de sortie DOIT choisir le VPI sortant sur la seule base de l'en-tête de pseudo filaire. Comme avec le service de VPC, le PE de sortie NE DOIT PAS changer le champ VCI.

##### 9.4.1 Services de transport de cellules de VPC ATM

Un service de transport de cellule de VPC ATM est FACULTATIF.  
Ce service DOIT utiliser le mode d'encapsulation de cellules suivant :



**Figure 9 : Encapsulation d'une seule cellule de VPC**



Ce service permet bien le transport des cellules OAM et RM (*Routing Module*, module d'acheminement) mais il ne tente pas de conserver l'ordre relatif de ces cellules par rapport aux cellules qui constituent la CPCS-PDU AAL5. Toutes les cellules OAM, sans considération de leur type, qui arrivent durant le ré-assemblage d'une seule CPCS-PDU AAL5 sont envoyées immédiatement sur le pseudo filaire en utilisant l'encapsulation de cellules N à un, suivie par la charge utile AAL5. Donc, le service de VCC de charge utile AAL5 ne va pas convenir pour les applications ATM qui exigent un ordre strict des cellules OAM (comme les applications de surveillance des performances et de sécurité).

### 10.1 Encapsulation transparente de trame SDU AAL5

La CPCS-SDU AAL5 est précédée de l'en-tête suivant :

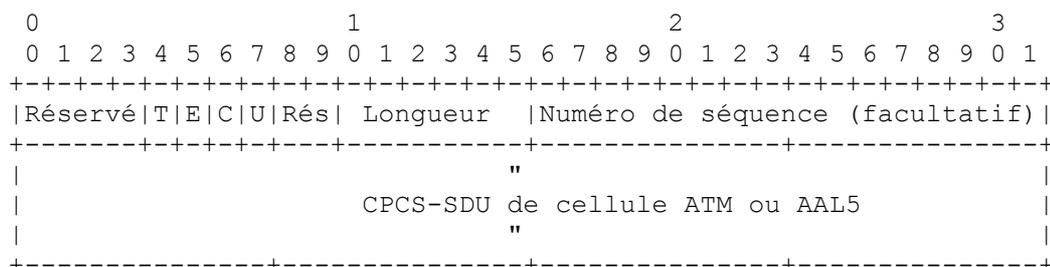


Figure 11 : Encapsulation de CPCS-SDU AAL5

L'encapsulation de service de charge utile AAL5 exige le mot de contrôle ATM. Les bits de fanions sont décrits ci-dessous.

- \* Rés (réservés) : ces bits sont réservés et DOIVENT être à 0 en émission et ignorés à réception.
- \* Bit T (type de transport) : le bit T de mot de contrôle indique si le paquet contient une cellule administrative ATM ou une charge utile AAL5. Si T = 1, le paquet contient une cellule administrative ATM, encapsulée conformément à l'encapsulation de relais de cellule N à un, Figure 4. Si il n'est pas établi, la PDU contient une charge utile AAL5. La capacité de transporter une cellule ATM dans le mode SDU AAL5 est destinée à fournir un moyen de permettre une fonctionnalité administrative sur le VCC AAL5 (bien qu'il n'entreprene pas de préserver d'ordre d'arrivée/transport de cellule d'utilisateur et de cellule administrative).
- \* Bit E (EFCI) : le routeur d'entrée, PE1, DEVRAIT régler ce bit à 1 si le bit EFCI de la cellule finale de celles qui ont transporté la CPCS-SDU AAL5 est réglé à 1, ou si le bit EFCI de la seule cellule ATM à être transportée dans le paquet est réglé à 1. Autrement, ce bit DEVRAIT être à 0. Le routeur de sortie, PE2, DEVRAIT établir le bit EFCI de toutes les cellules qui transportent la CPCS-SDU AAL5 à la valeur contenue dans ce champ.
- \* Bit C (CLP) : le routeur d'entrée, PE1, DEVRAIT régler ce bit à 1 si le bit CLP d'une des cellules ATM qui transportait la CPCS-SDU AAL5 est réglé à 1, ou si le bit CLP de la seule cellule ATM à être transportée dans le paquet est réglé à 1. Autrement, ce bit DEVRAIT être réglé à 0. Le routeur de sortie, PE2, DEVRAIT régler le bit CLP de toutes les cellules qui transportent la CPCS-SDU AAL5 à la valeur contenue dans ce champ.
- \* Bit U (Champ commande/réponse) : quand du trafic de relais de trame FRF.8.1 ou d'inter fonctionnement de service de PVC ATM [RFC3916] est transporté, le bit de moindre poids de la CPCS-UU AAL5 peut contenir le bit C/R de relais de trame. Le routeur d'entrée, PE1, DEVRAIT copier ce bit dans le bit U du mot de contrôle. Le routeur de sortie, PE2, DEVRAIT copier le bit U dans le bit de moindre poids de CPCS-UU de la CPCS PDU AAL5.

## 11. PDU AAL5 en mode trame

Le service de PDU de charge utile AAL5 est FACULTATIF.

### 11.1 Encapsulation transparente de trame de PDU AAL5

Dans ce mode, le PE d'entrée encapsule la CPCS-PDU entière incluant le bourrage et l'en-queue.

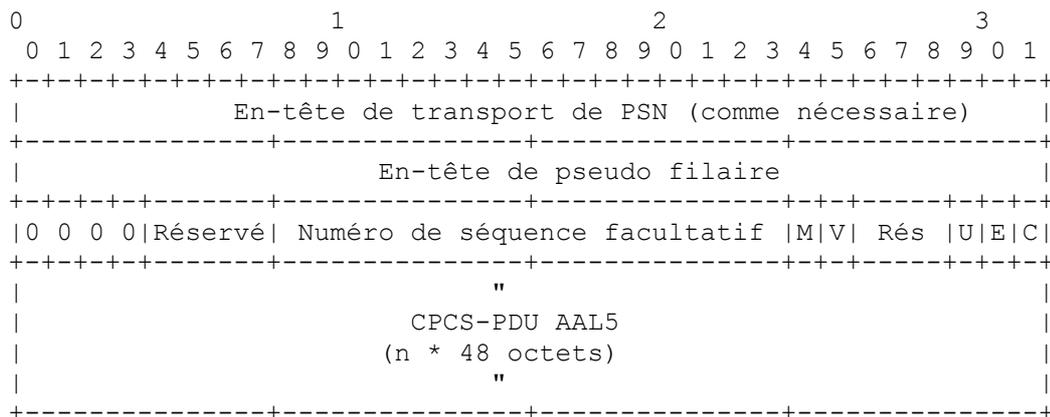
Ce mode PEUT prendre en charge les procédures de fragmentation décrites au paragraphe 11.2 "Fragmentation", afin de

conserver le séquençage de cellules OAM.

Comme dans le service de VCC de charge utile AAL5 ATM, le service de VCC AAL5 transparent est destiné à être plus efficace que le service de VCC de transport de cellules. Cependant, le service de VCC AAL5 transparent porte la CPCS-PDU AAL5 entière, incluant le bourrage et l'en-queue. Noter que la CPCS-PDU AAL5 n'est pas traitée, c'est-à-dire, une trame AAL5 avec un CRC ou un champ Longueur invalide va être transportée. Une des raisons de cela est qu'il peut y avoir un agent de sécurité qui a bousculé les charges utiles de cellules ATM qui forment la CPCS-PDU AAL5.

Ce service prend en charge tous les flux de cellules OAM en utilisant une procédure de fragmentation qui assure que les cellules OAM ne sont pas repositionnées par rapport aux cellules AAL5 composites.

Le service de VCC AAL5 transparent est FACULTATIF.



**Figure 12 : Encapsulation de service AAL5 transparent**

Le mot de contrôle générique est inséré après l'en-tête de pseudo filaire. La présence du mot de contrôle est OBLIGATOIRE.

Les bits M, V, Rés, et C sont comme défini plus tôt pour le mode de cellule de VCC un à un.

- \* Bit U : Ce champ indique si cette trame contient la dernière cellule d'une PDU AAL5 et représente la valeur du bit d'utilisateur à utilisateur ATM pour la dernière cellule ATM de la trame PSN. Noter que le bit d'utilisateur à utilisateur ATM est le bit de moindre poids du champ PTI dans l'en-tête ATM. Ce champ est utilisé pour prendre en charge la fonction de fragmentation décrite plus loin.
- \* Bit E (EFCI) : Ce champ est utilisé pour porter l'état EFCI des cellules ATM. L'état EFCI est indiqué dans le bit médian du champ PTI de chaque cellule ATM.  
 Direction ATM vers PSN (entrée) : le champ EFCI de l'octet de contrôle est réglé à l'état EFCI de la dernière cellule de la PDU AAL5 ou fragment AAL5.  
 Direction PSN vers ATM (sortie) : l'état EFCI de toutes les cellules constituant la PDU AAL5 ou le fragment AAL5 est réglé à la valeur du champ EFCI dans l'octet de contrôle.
- \* Bit C (CLP) : Ce champ est utilisé pour porter la priorité de perte de cellule des cellules ATM.  
 Direction ATM vers PSN (entrée) : le champ CLP de l'octet de contrôle est réglé à 1 si une des cellules constituante de la PDU AAL5 ou du fragment AAL5 a son bit CLP réglé à 1 ; autrement, ce champ est réglé à 0.  
 Direction PSN vers ATM (sortie) : le bit CLP de toutes les cellules constituantes pour une PDU AAL5 ou un fragment AAL5 est réglé à la valeur du champ CLP dans l'octet de contrôle. La charge utile consiste en la CPCS-PDU AAL5 ré-assemblée, incluant le bourrage et en-queue AAL5 ou le fragment AAL5.

## 11.2 Fragmentation

Le PE d'entrée ne peut pas toujours être capable de ré-assembler une trame AAL5 complète. Cela peut être parce que la PDU AAL5 excède la MTU du pseudo filaire ou parce que des cellules OAM arrivent durant le ré-assemblage de la PDU AAL5. Dans ces cas, la PDU AAL5 devra être fragmentée. De plus, la fragmentation peut être désirable pour limiter le délai de trame ATM.

Quand la fragmentation survient, les procédures décrites ci-dessous devront être suivies.

### 11.2.1 Procédures dans la direction ATM vers PSN

Les procédures suivantes devront être appliquées lors de la fragmentation des PDU AAL5 :

- La fragmentation devra toujours être faite aux limites de cellules au sein de la PDU AAL5.
- Le bit UU est réglé à la valeur du bit Utilisateur à utilisateur ATM dans l'en-tête de cellule de la cellule ATM la plus récemment reçue.
- Les bits E et C du fragment devront être réglés comme défini à la Section 9.
- Si la cellule arrivante est une cellule OAM ou RM, envoyer la trame PSN en cours et ensuite envoyer la cellule OAM ou RM en utilisant l'encapsulation une à une d'une seule cellule (VCC).

### 11.2.2 Procédures dans la direction PSN vers ATM

Les procédures suivantes devront être appliquées :

- Le champ PTI de 3 bits de chaque en-tête de cellule ATM est construit comme suit :
  - i. le bit de poids fort est réglé à 0, indiquant une cellule de données d'utilisateur.
  - ii. le bit médian est réglé à la valeur du bit E du fragment.
  - iii. le bit de moindre poids pour la dernière cellule ATM de la trame PSN est réglé à la valeur du bit UU de la Figure 12.
  - iv. le bit PTI de moindre poids est réglé à 0 pour toutes les autres cellules de la trame PSN.
- Le bit CLP de chaque en-tête de cellule ATM est réglé à la valeur du bit C de l'octet de contrôle de la Figure 12.
- Quand un fragment est reçu, chaque cellule ATM constituante est envoyée dans l'ordre correct.

## 12. Transposition des classes de service ATM et PSN

Cette Section est fournie à des fins d'information, et est purement indicative. Elle ne devrait pas être considérée comme partie de la norme proposée dans ce document.

Quand un service de PW ATM est configuré sur un PSN, la catégorie de service ATM d'une connexion DEVRAIT être transposée en une classe de service compatible dans le PSN. Une classe de service compatible conserve l'intégrité du service de bout en bout. Par exemple, la catégorie de service CBR DEVRAIT être transposée en une classe de service avec des objectifs stricts de perte et de délai. Si le PSN met en œuvre le cadre Diffserv IP, une classe de service fondée sur le comportement par bond EF est un bon candidat.

De plus, les catégories de service ATM prennent en charge plusieurs définitions de conformité [TM4.0]. Certaines sont aveugles à CLP (par exemple, CBR) ce qui signifie que les objectifs de qualité de service s'appliquent au flux agrégé de cellules conformes à CLP0+1. Certaines sont significatives pour CLP (par exemple, VBR.3) ce qui signifie que les objectifs de qualité de service s'appliquent seulement au flux de cellules conformes à CLP0.

Quand le PSN est fondé sur MPLS, une transposition entre le bit CLP et le champ EXP peut être effectuée pour donner de la visibilité sur la priorité de perte de cellule dans le réseau MPLS. La valeur réelle à marquer dans le champ EXP dépend de la catégorie de service ATM, de la définition de la conformité ATM, et du type de tunnel LSP utilisé (E-LSP ou L-LSP). Les détails de cette transposition sont en dehors du domaine d'application du présent document. Les opérateurs peuvent concevoir une transposition spécifique qui satisfasse leurs propres exigences.

Dans les deux directions ATM vers PSN et PSN vers ATM, la méthode utilisée pour transférer les informations de CLP et EFCI des cellules individuelles dans les champs ou fanions spécifiques d'ATM du paquet de PW est décrite en détails dans les sections 6 à 9 pour chaque mode d'encapsulation.

## 13. Prise en charge de ILMI

Un PE de bordure MPLS PEUT fournir une interface intégrée de gestion locale ATM (ILMI, *Integrated Local Management Interface*) au commutateur de bordure ATM. Si un PE d'entrée reçoit un message ILMI indiquant que le commutateur de bordure ATM a supprimé un VC, ou si l'interface physique est défaillante, il DOIT envoyer un message de notification d'état de PW pour tous les PW associés à la défaillance. Quand une transposition d'étiquette de PW est retirée, ou quand un

message de notification d'état de PW est reçu, le PE de sortie DOIT notifier cette défaillance à son client et supprimer le VC en utilisant ILMI.

## 14. Sous TLV de paramètres d'interface spécifiques d'ATM

La TLV Paramètre d'interface est définie dans la [RFC4447], et le registre de l'IANA avec les valeurs initiales pour les types de sous TLV de paramètres d'interface est défini dans la [RFC4446], le paramètre d'interface de PW spécifique d'ATM est spécifié comme suit :

0x02 : nombre maximum de cellules ATM enchaînées

Une valeur de deux octets qui spécifie le nombre maximum de cellules ATM enchaînées qui peuvent être traitées comme une seule PDU par le PE de sortie. Un PE d'entrée qui transmet des cellules enchaînées sur ce PW peut enchaîner un nombre de cellules allant jusqu'à la valeur de ce paramètre, mais NE DOIT PAS la dépasser. Ce paramètre est applicable seulement aux PW de type 3, 9, 0x0a, 0xc, [RFC4446], et 0xd et il est EXIGÉ pour ces types de PWC. Ce paramètre n'a pas besoin de correspondre dans les deux directions d'un PW spécifique.

## 15. Contrôle d'encombrement

Comme expliqué dans la [RFC3985], le PSN qui porte le PW peut être soumis à de l'encombrement, avec des caractéristiques d'encombrement qui dépendent du type de PSN, de l'architecture du réseau, de la configuration, et de la charge. Durant l'encombrement, le PSN peut avoir des pertes de paquets qui vont impacter le service porté par le PW ATM. De plus, comme les PW ATM portent divers services à travers le PSN, incluant sans s'y limiter de TCP/IP, ils peuvent ou non se comporter de la manière favorable à TCP prescrite par la [RFC2914]. En présence de services qui réduisent le taux de transmission, les PW ATM peuvent donc consommer plus que leur juste part et dans ce cas, ils DEVRAIENT être arrêtés.

Chaque fois que possible, les PW ATM devraient fonctionner sur des PSN à ingénierie du trafic fournissant des mécanismes d'allocation de bande passante et de contrôle d'admission. Les domaines à capacité IntServ qui fournissent le service garanti ou les domaines à capacité Diffserv en utilisant la transmission expédiée (EF, *expedited forwarding*) sont des exemples de PSN à ingénierie du trafic. De tels PSN vont minimiser la perte et le délai tout en fournissant un certain degré d'isolement des effets du PW ATM de la part des flux du voisinage.

Il devrait être noté que lors du transport d'ATM, les domaines à capacité Diffserv peuvent utiliser la transmission assurée (AF, *Assured Forwarding*) et/ou la transmission par défaut (DF, *Default Forwarding*) au lieu de EF, afin de faire porter moins de charge sur le réseau et gagner des avantages supplémentaires de multiplexage statistique. En particulier, le Tableau 1 de l'Appendice "V" dans [ATM-MPLS] contient une transposition détaillée entre classes ATM et Diffserv.

Les PE DEVRAIENT surveiller l'encombrement (en utilisant la notification explicite d'encombrement [RFC5085], ou en mesurant la perte de paquet) afin de s'assurer que le service utilisant le PW ATM peut être maintenu. Quand un PE détecte un encombrement significatif lorsque il reçoit la PDU de PW, il PEUT utiliser des cellules RM pour les connexions ABR pour le notifier au PE distant.

Si le PW a été établi en utilisant le protocole défini dans la [RFC4447], alors les procédures spécifiées dans la [RFC4447] pour la notification d'état peuvent être utilisées pour désactiver sur le PE d'entrée la transmission de paquets provenant du PE de sortie. Le PW peut être redémarré par une intervention manuelle, ou par des moyens automatiques après un temps d'attente approprié.

## 16. Considérations sur la sécurité

Le présent document spécifie seulement les encapsulations, et non les protocoles utilisés pour porter les paquets encapsulés à travers le PSN. Chacun de ces protocoles peut avoir son propre ensemble de problèmes de sécurité [RFC4447] [RFC3985], mais ces questions ne sont pas affectées par les encapsulations spécifiées ici. Noter que la sécurité du service ATM transporté ne sera pas meilleure que celle du PSN. Ce niveau de sécurité pourrait être moins rigoureux que celui d'un service ATM natif.

## 17. 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](#))
- [RFC3032] E. Rosen et autres, "[Codage de pile d'étiquettes](#) MPLS", janvier 2001.
- [RFC4385] S. Bryant et autres, "[Mot de contrôle d'émulation bord à bord](#) pseudo filaire (PWE3) à utiliser sur un PSN MPLS", février 2006. (P.S.)
- [RFC4446] L. Martini, "[Allocations de l'IANA](#) pour l'émulation de bord à bord pseudo filaire (PWE3)", avril 2006. (BCP0116)
- [RFC4447] L. Martini et autres, "Établissement et maintenance de pseudo filaires avec le protocole de distribution d'étiquettes", avril 2006. (MàJ par la RFC6723) (P.S. ; Remplacé par [RFC8077](#) STD 84)

## 18. Références pour information

- [ATM-MPLS] ATM Forum Specification af-aic-0178.001, "ATM-MPLS Network Interworking Version 2.0", août 2003.
- [FBATM] ATM Forum Specification af-fbatm-0151.000 (2000), "Frame Based ATM over SONET/SDH Transport (FAST)".
- [I.371] Recommandation UIT-T I.371, "Contrôle du trafic et contrôle de l'encombrement pour le RNIS-LB", Union Internationale des Télécommunications, Genève, 2000.
- [I.610] Recommandation UIT-T I.610, "Principes et fonctions d'opération et de maintenance du RNIS-LB", Union Internationale des Télécommunications, Genève, 1999.
- [RFC2684] D. Grossman, J. Heinanen, "[Encapsulation multiprotocole sur la couche 5](#) d'adaptation ATM", septembre 1999. (P.S.)
- [RFC2914] S. Floyd, "[Principes du contrôle d'encombrement](#)", BCP 41, septembre 2000.
- [RFC2992] C. Hopps, "Analyse d'un algorithme multi-chemins de coût égaux", novembre 2000. (*Information*)
- [RFC3916] X. Xiao, D. McPherson et P. Pate, éd., "Exigences pour l'émulation bord à bord pseudo filaire (PWE3)", septembre 2004. (*Information*)
- [RFC3985] S. Bryant et autres, "Architecture d'émulation bord à bord pseudo-filaire (PWE3)", mars 2005. (*Information*)
- [RFC4026] L. Andersson et T. Madsen, "[Terminologie des réseaux privés virtuels](#) (VPN) approvisionnés par le fournisseur", mars 2005.
- [RFC5085] T. Nadeau et C. Pignataro, éditeurs, "Vérification de connexité de circuit virtuel pseudo filaire (VCCV) : un canal de contrôle pour les pseudo filaires", décembre 2007. (MàJ par [RFC5586](#))
- [TM4.0] ATM Forum Specification af-tm-0121.000 (1999), "Traffic Management Specification Version 4.1"
- [Y.1411] Recommandation UIT-T Y.1411, "Inter fonctionnement de réseau ATM-MPLS – Inter fonctionnement de plan d'utilisateur en mode cellule", Union Internationale des Télécommunications, Genève, 2003.
- [Y.1412] Recommandation UIT-T Y.1412, "Inter fonctionnement de réseau ATM-MPLS – Inter fonctionnement de plan d'utilisateur en mode trame", Union Internationale des Télécommunications, Genève, 2003.

## 19. Contributeurs significatifs

Giles Heron, Tellabs  
 Dimitri Stratton Vlachos, Mazu Networks, Inc.  
 Dan Tappan, Cisco Systems, Inc.  
 Eric C. Rosen, Cisco Systems, Inc.  
 Steve Vogelsang, ECI Telecom  
 Gerald de Grace, ECI Telecom  
 John Shirron, ECI Telecom  
 Andrew G. Malis, Verizon Communications  
 Vinai Sirkay, Redback Networks  
 Chris Liljenstolpe, Alcatel  
 Kireeti Kompella, Juniper Networks  
 John Fischer, Alcatel  
 Mustapha Aissaoui, Alcatel  
 Tom Walsh, Lucent Technologies  
 John Rutenmiller, Marconi Networks  
 Rick Wilder, Alcatel  
 Laura Dominik, Qwest Communications, Inc.

### Adresse des auteurs

Luca Martini  
 Cisco Systems, Inc.  
 9155 East Nichols Avenue, Suite 400  
 Englewood, CO 80112  
 USA  
 mél : [lmartini@cisco.com](mailto:lmartini@cisco.com)

Jayakumar Jayakumar  
 Cisco Systems, Inc.  
 225 E. Tasman, MS-SJ3/3  
 San Jose, CA 95134  
 USA  
 mél : [jjayakum@cisco.com](mailto:jjayakum@cisco.com)

Matthew Bocci  
 Alcatel  
 Grove House, Waltham Road Rd  
 White Waltham, Berks, UK. SL6 3TN  
 mél : [matthew.bocci@alcatel.co.uk](mailto:matthew.bocci@alcatel.co.uk)

Nasser El-Aawar  
 Level 3 Communications, LLC.  
 1025 Eldorado Blvd.  
 Broomfield, CO 80021  
 mél : [nna@level3.net](mailto:nna@level3.net)

Jeremy Brayley  
 ECI Telecom Inc.  
 Omega Corporate Center  
 1300 Omega Drive  
 Pittsburgh, PA 15205  
 mél : [jeremy.brayley@ecitele.com](mailto:jeremy.brayley@ecitele.com)

Ghassem Koleyni  
 Nortel Networks  
 P O Box 3511,  
 Station C Ottawa, Ontario,  
 K1Y 4H7 Canada  
 mél : [ghassem@nortelnetworks.com](mailto:ghassem@nortelnetworks.com)

### Déclaration complète de droits de reproduction

Copyright (C) The IETF Trust (2006).

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

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

#### Propriété intellectuelle

L'IETF ne prend pas position sur la validité et la portée de tout droit de propriété intellectuelle ou autres droits qui pourrait 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 répertoire en ligne des IPR de l'IETF à <http://www.ietf.org/ipr> .

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

**Remerciement**

Le financement de la fonction d'édition des RFC est fourni par l'activité de soutien administratif (IASA) de l'IETF.