



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

X.84

(03/2004)

SÉRIE X: RÉSEAUX DE DONNÉES ET
COMMUNICATION ENTRE SYSTÈMES OUVERTS

Réseaux publics de données – Transmission, signalisation
et commutation

**Prise en charge des services à relais de trames
sur les réseaux noyau MPLS**

Recommandation UIT-T X.84

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE X
RÉSEAUX DE DONNÉES ET COMMUNICATION ENTRE SYSTÈMES OUVERTS

RÉSEAUX PUBLICS DE DONNÉES	
Services et fonctionnalités	X.1–X.19
Interfaces	X.20–X.49
Transmission, signalisation et commutation	X.50–X.89
Aspects réseau	X.90–X.149
Maintenance	X.150–X.179
Dispositions administratives	X.180–X.199
INTERCONNEXION DES SYSTÈMES OUVERTS	
Modèle et notation	X.200–X.209
Définitions des services	X.210–X.219
Spécifications des protocoles en mode connexion	X.220–X.229
Spécifications des protocoles en mode sans connexion	X.230–X.239
Formulaires PICS	X.240–X.259
Identification des protocoles	X.260–X.269
Protocoles de sécurité	X.270–X.279
Objets gérés des couches	X.280–X.289
Tests de conformité	X.290–X.299
INTERFONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX	
Généralités	X.300–X.349
Systèmes de transmission de données par satellite	X.350–X.369
Réseaux à protocole Internet	X.370–X.399
SYSTÈMES DE MESSAGERIE	X.400–X.499
ANNUAIRE	X.500–X.599
RÉSEAUTAGE OSI ET ASPECTS SYSTÈMES	
Réseautage	X.600–X.629
Efficacité	X.630–X.639
Qualité de service	X.640–X.649
Dénomination, adressage et enregistrement	X.650–X.679
Notation de syntaxe abstraite numéro un (ASN.1)	X.680–X.699
GESTION OSI	
Cadre général et architecture de la gestion-systèmes	X.700–X.709
Service et protocole de communication de gestion	X.710–X.719
Structure de l'information de gestion	X.720–X.729
Fonctions de gestion et fonctions ODMA	X.730–X.799
SÉCURITÉ	X.800–X.849
APPLICATIONS OSI	
Engagement, concomitance et rétablissement	X.850–X.859
Traitement transactionnel	X.860–X.879
Opérations distantes	X.880–X.899
TRAITEMENT RÉPARTI OUVERT	X.900–X.999

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

Recommandation UIT-T X.84

Prise en charge des services à relais de trames sur les réseaux noyau MPLS

Résumé

Grâce à la commutation MPLS, les réseaux noyau et les services, par exemple les services en mode relais de trames, peuvent s'appuyer sur une seule et même infrastructure centrale commune. La présente Recommandation définit l'architecture applicable au relais de trames sur réseau central MPLS, le transfert des informations de commande et des données d'utilisateur en mode relais de trames sur le réseau central MPLS ainsi que la pile de protocoles du plan d'utilisateur utilisée aux bords du réseau central MPLS. Deux modes de mappage pour le relais de trames sur MPLS sont définis: "de un à un" et "de plusieurs à un". Le plan de signalisation et le plan de gestion sortent du cadre de la présente Recommandation.

Source

La Recommandation X.84 de l'UIT-T a été approuvée le 19 mars 2004 par la Commission d'études 17 (2001-2004) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

NOTE

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

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

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

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

© UIT 2004

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

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1	Domaine d'application 1
2	Références normatives..... 1
3	Définitions 2
4	Abréviations et acronymes 2
5	Conventions 3
6	Architecture 3
6.1	Généralités..... 3
6.2	Conduits LSP tunnels MPLS et conduits LSP VC MPLS 4
6.3	Relation entre connexion virtuelle en mode relais de trames et conduits LSP VC MPLS..... 5
6.4	Modes de mappage pour le relais de trames sur MPLS 7
7	Conditions à remplir pour le relais de trames sur MPLS 7
8	Pile de protocoles et format de trame 8
8.1	Pile de protocoles pour le transfert de données 8
8.2	Format de paquet FR-MPLS pour le mode de mappage de un à un..... 8
9	Traitement des paquets FR-MPLS pour le mode de mappage de un à un..... 11
9.1	Production des paquets FR-MPLS 11
9.2	Réception des paquets FR-MPLS..... 13
9.3	Traitement des conditions d'erreur 14
9.4	Procédures facultatives de fragmentation et de réassemblage 14
10	Configuration des connexions PVC en mode relais de trames..... 16
11	Aspects relatifs à la gestion du trafic..... 17
12	Mode de mappage de plusieurs à un en mode relais de trames..... 17
12.1	Généralités..... 17
12.2	Format de paquet pour le mode de mappage de plusieurs à un..... 19
12.3	Traitement dans le mode de plusieurs à un 20
	Appendice I – Exemple de fragmentation dans le mode de mappage de un à un..... 21
	BIBLIOGRAPHIE 22

Recommandation UIT-T X.84

Prise en charge des services à relais de trames sur les réseaux noyau MPLS

1 Domaine d'application

Grâce à la commutation MPLS, les réseaux noyau et les services, par exemple les services en mode relais de trames, peuvent s'appuyer sur une seule et même infrastructure centrale commune. La présente Recommandation définit l'architecture applicable au relais de trames sur réseau noyau MPLS, le transfert des informations de commande et des données d'utilisateur en mode relais de trames ainsi que la pile de protocoles du plan d'utilisateur utilisée aux bords du réseau noyau MPLS.

La présente Recommandation définit deux modes de mappage pour la fourniture de services en mode relais de trames sur MPLS. L'un est le mode de un à un, caractérisé par une relation de un à un entre une connexion virtuelle en mode relais de trames et une paire de conduits LSP MPLS unidirectionnels. L'autre est le mode de plusieurs à un, dans lequel toutes les connexions virtuelles en mode relais de trames comprises entre deux dispositifs en mode relais de trames (bords clients (CE, *customer edge*)) commandées par un même canal de signalisation en mode relais de trames peuvent être transportées de manière transparente dans une seule paire de conduits LSP MPLS.

NOTE – La présente Recommandation ne traite pas de la signalisation de connexion SVC et de connexion PVC reconfigurable entre bords fournisseurs (PE, *provider edge*). Le protocole de commande à utiliser pour contrôler l'état des connexions PVC nécessite un complément d'étude. Le plan de signalisation et le plan de gestion sortent du cadre de la présente Recommandation.

2 Références normatives

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

- Recommandation UIT-T X.36 (2003), *Interface entre ETTD et ETCD destinée aux réseaux publics de données assurant le service de transmission de données en mode relais de trames au moyen de circuits spécialisés.*
- Recommandation UIT-T X.76 (2003), *Interface réseau-réseau entre réseaux publics assurant un service de transmission de données en mode relais de trames sur circuits virtuels commutés ou permanents.*
- Recommandation UIT-T X.146 (2000), *Objectifs de performance et classes de qualité de service applicables aux services en mode relais de trames.*
- IETF RFC 3031 (2001), *Multiprotocol Label Switching Architecture.*
- IETF RFC 3032 (2001), *MPLS Label Stack Encoding.*
- IETF RFC 3270 (2002), *Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Support of Differentiated Services.*

3 Définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

3.1 bord client (CE, *customer edge*): dispositif de client raccordé à un dispositif de bord fournisseur. Egalement appelé ETDD en mode relais de trames.

3.2 bord fournisseur de sortie: bord fournisseur recevant les paquets FR-MPLS.

3.3 paquet FR-MPLS: paquet échangé entre un bord fournisseur d'entrée et un bord fournisseur de sortie.

3.4 bord fournisseur d'entrée: bord fournisseur émettant des paquets FR-MPLS.

3.5 bord fournisseur (PE, *provider edge*): dispositif de bord de réseau assurant un service en mode relais de trames sur un réseau MPLS.

3.6 chemin commuté avec étiquette (LSP, *label switched path*): conduit passant par un ou plusieurs nœuds MPLS à un niveau donné de la hiérarchie et sur lequel sont transmis des paquets appartenant à une classe d'équivalence de retransmission particulière.

3.7 nœud MPLS: dispositif qui est compatible avec les protocoles de commande MPLS, qui prend en charge un ou plusieurs protocoles de routage de couche trois et qui est capable de retransmettre les paquets sur la base des étiquettes de conduit LSP MPLS.

3.8 suppression à l'avant-dernier saut: dans l'architecture MPLS, mécanisme selon lequel l'avant-dernier nœud (le nœud situé immédiatement avant le nœud de sortie) supprime l'étiquette du haut de la pile d'étiquettes avant de retransmettre le paquet au nœud de sortie. La suppression d'étiquette par l'avant-dernier nœud permet au nœud de sortie de traiter de manière optimale les paquets.

4 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

B _c	longueur garantie des rafales (<i>committed burst size</i>)
B _e	longueur excédentaire des rafales (<i>excess burst size</i>)
BECN	notification explicite d'encombrement vers l'arrière (<i>backward explicit congestion notification</i>)
C/R	indicateur de commande/réponse (<i>command/response indicator</i>)
CE	bord client (<i>customer edge</i>)
CIR	débit d'information garanti (<i>committed information rate</i>)
DE	priorité de rejet (<i>discard eligibility</i>)
DLCI	identificateur de connexion de liaison de données (<i>data link connection identifier</i>)
ETCD	équipement de terminaison de circuit de données
ETDD	équipement terminal de traitement de données
FCS	séquence de contrôle de trame (<i>frame check sequence</i>)
FECN	notification explicite d'encombrement vers l'avant (<i>forward explicit congestion notification</i>)
FR	relais de trames (<i>frame relay</i>)
FRS	service en mode relais de trames (<i>frame relay service</i>)
HDLC	commande de liaison de données à haut niveau (<i>high-level data link control</i>)

IETF	Groupe de travail d'ingénierie Internet (<i>Internet engineering task force</i>)
LSP	chemin commuté avec étiquette (<i>label switched path</i>)
MPLS	commutation multiprotocolaire par étiquetage (<i>multi-protocol label switching</i>)
MTU	unité de transmission maximale (<i>maximum transmission unit</i>)
NNI	interface réseau-réseau (<i>network-to-network interface</i>)
PDU	unité de données protocolaire (<i>protocol data unit</i>)
PE	bord fournisseur (<i>provider edge</i>)
PHB	comportement par saut (<i>per hop behaviour</i>)
PHP	Avant-dernier saut produit (<i>penultimate hop popping</i>)
PVC	connexion virtuelle permanente (<i>permanent virtual connection</i>)
QS	qualité de service
RFC	demande de commentaires (<i>request for comments</i>)
SVC	connexion virtuelle commutée (<i>switched virtual connection</i>)
UNI	interface utilisateur-réseau (<i>user-to-network interface</i>)
VC	connexion virtuelle/circuit virtuel (<i>virtual circuit/virtual connection</i>)

5 Conventions

Format d'unité PDU: dans la présente Recommandation, l'en-tête d'unité PDU est composé de quatre octets dont les bits sont numérotés de 0 à 31 à partir de la gauche.

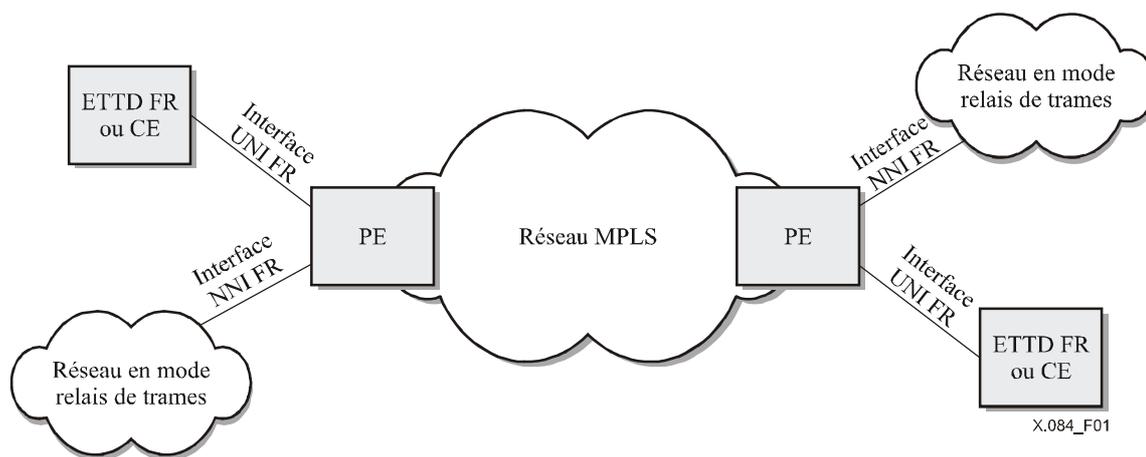
Ordre des bits dans un champ à un seul octet et dans un champ à plusieurs octets: dans un champ à un seul octet, le bit le plus à gauche de l'octet est le bit de plus fort poids. De même, dans un champ à plusieurs octets, le bit le plus à gauche de l'ensemble du champ est le bit de plus fort poids.

6 Architecture

6.1 Généralités

Le modèle de référence pour les services en mode relais de trames sur un réseau central MPLS est représenté sur la Figure 1. Il comprend les éléments suivants:

- un réseau noyau MPLS;
- des dispositifs de bord fournisseur (PE, *provider edge*) assurant des fonctions d'interfonctionnement entre relais de trames (FR, *frame relay*) et MPLS. Ces dispositifs peuvent prendre en charge des interfaces UNI et/ou NNI en mode relais de trames (interface UNI FR ou NNI FR);
- des dispositifs en mode relais de trames (ETTD/CE) et des réseaux en mode relais de trames (ETCD) raccordés aux bords fournisseurs (PE) par le biais d'interfaces UNI et/ou NNI en mode relais de trames.



NOTE – Le bord fournisseur (PE) inclut des fonctions d'interfonctionnement FR-MPLS.

Figure 1/X.84 – Modèle de référence pour le relais de trames sur réseau noyau MPLS

L'architecture applicable au relais de trames sur réseau central MPLS permet d'interconnecter des réseaux en mode relais de trames (ETCD) et/ou des dispositifs en mode relais de trames (ETTD) par le biais d'un réseau MPLS. Dans cette architecture, les ETTD et les réseaux en mode relais de trames jouent le rôle de dispositifs de bord client raccordés aux dispositifs de bord fournisseur (PE) du réseau MPLS comme illustré sur la Figure 1. Le service en mode relais de trames est d'abord fourni entre chaque ETTD ou ETCD en mode relais de trames et le dispositif de bord fournisseur correspondant. Un chemin commuté avec étiquette affecté à la connexion virtuelle (conduit LSP VC) est ensuite établi entre les deux bords fournisseurs pour terminer la connexion virtuelle en mode relais de trames.

L'utilisation du réseau MPLS par deux réseaux et/ou dispositifs en mode relais de trames est transparente pour les utilisateurs finals. Les piles de protocoles des utilisateurs finals restent inchangées. Chaque bord fournisseur remplit toutes les fonctions de mappage et d'encapsulation nécessaires pour faire en sorte que le service fourni aux réseaux et/ou dispositifs en mode relais de trames ne soit pas modifié par la présence d'un réseau de transport MPLS.

6.2 Conduits LSP tunnels MPLS et conduits LSP VC MPLS

Les chemins commutés avec étiquette tunnels MPLS ("conduits LSP tunnels") servent à raccorder deux bords fournisseurs (PE). Plusieurs conduits LSP affectés à des connexions virtuelles ("conduits LSP VC") peuvent être imbriqués dans un même conduit LSP tunnel (voir la Figure 2). Chaque conduit LSP VC achemine le trafic d'une connexion virtuelle permanente (PVC) ou d'une connexion virtuelle commutée (SVC) en mode relais de trames dans un sens. Comme les conduits LSP sont unidirectionnels, deux conduits LSP VC acheminant chacun le trafic dans un sens seront généralement requis pour chaque connexion PVC ou SVC en mode relais de trames.

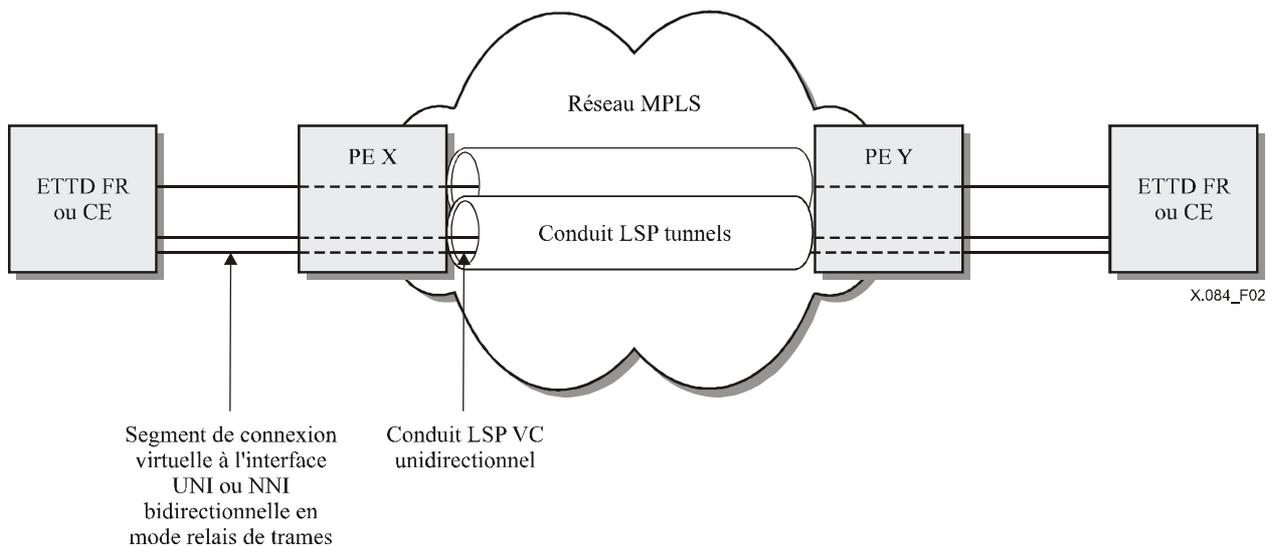


Figure 2/X.84 – Conduits LSP tunnels et conduits LSP VC

Dans le cas de deux conduits LSP tunnels, l'un transporte par exemple les paquets FR-MPLS du bord fournisseur X (PE X) au bord fournisseur Y (PE Y) et l'autre transporte les paquets FR-MPLS dans l'autre sens. L'étiquette de tunnel correspondante n'indique pas au bord fournisseur Y de connexion virtuelle en mode relais de trames particulière. En cas d'utilisation de l'avant-dernier saut produit (PHP, *penultimate hop popping*) conformément au Document RFC 3031, le bord fournisseur Y ne verra jamais l'étiquette de tunnel. Si le bord fournisseur X constitue l'avant-dernier saut, aucune étiquette de tunnel ne sera insérée. Dans cet exemple, le bord fournisseur X est le bord fournisseur d'entrée et le bord fournisseur Y est le bord fournisseur de sortie.

Lorsque le bord fournisseur X doit envoyer une trame en mode relais de trames au bord fournisseur Y, il insère d'abord une étiquette de connexion virtuelle sur sa pile d'étiquettes puis une étiquette de tunnel. L'étiquette de connexion virtuelle n'est pas regardée tant que le paquet FR-MPLS n'a pas atteint le bord fournisseur Y, qui retransmet alors le paquet sur la base de cette étiquette. "L'étiquette de connexion virtuelle" identifie la connexion virtuelle en mode relais de trames.

D'une manière générale, l'étiquette de connexion virtuelle doit toujours se trouver en bas de la pile d'étiquettes et l'étiquette de tunnel, si elle est présente, doit se trouver immédiatement au-dessus. Lors du transport du paquet dans le réseau MPLS, d'autres étiquettes peuvent être insérées (puis supprimées) en fonction des besoins. Si le bord fournisseur X et le bord fournisseur Y sont des nœuds MPLS directement adjacents, il n'est alors absolument pas nécessaire d'utiliser d'étiquette de tunnel.

6.3 Relation entre connexion virtuelle en mode relais de trames et conduits LSP VC MPLS

Les connexions virtuelles (VC) en mode relais de trames sont considérées comme des objets bidirectionnels essentiellement en raison de la manière dont elles sont créées et identifiées. Un seul identificateur de connexion de liaison de données (DLCI, *data link connection identifier*) en mode relais de trames se rapporte aux deux sens d'une connexion virtuelle en mode relais de trames. La signalisation en mode relais de trames établit les deux sens simultanément. Mais en général, chaque sens d'une connexion virtuelle en mode relais de trames peut avoir des caractéristiques de trafic et de qualité de service différentes. La gestion des ressources d'une implémentation en mode relais de trames traite chaque sens séparément et indépendamment l'un de l'autre. En revanche, les conduits LSP MPLS sont unidirectionnels et sont établis séparément. Le conduit LSP VC dans chaque sens

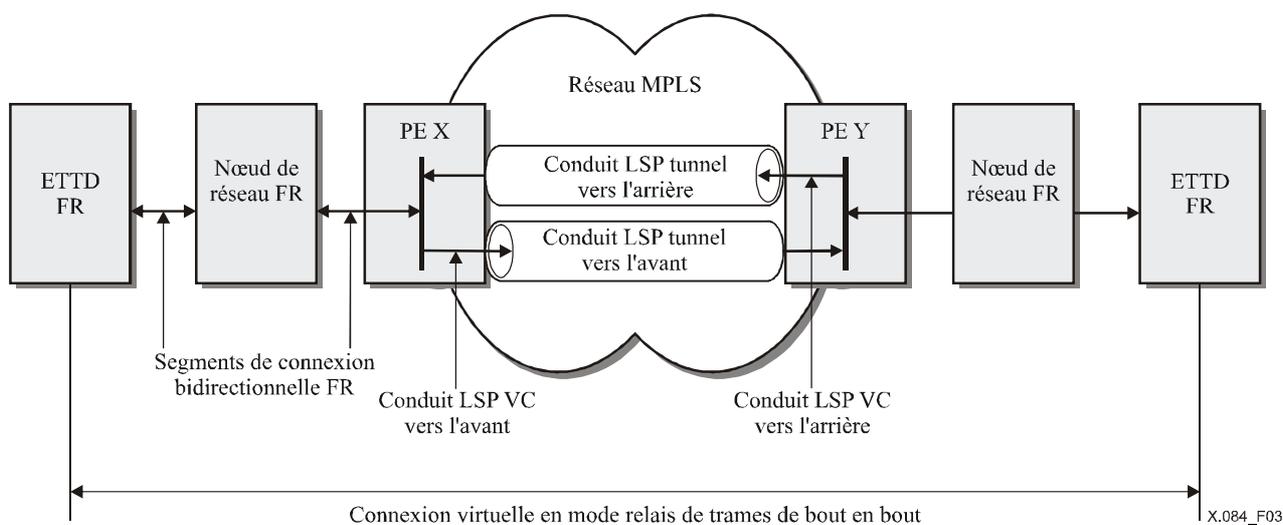
doit être conforme aux caractéristiques du sens correspondant de la connexion virtuelle en mode relais de trames. L'interfonctionnement relais de trames-MPLS (FR-MPLS) nécessite un interfonctionnement entre les segments de la connexion virtuelle en mode relais de trames et la paire de conduits LSP MPLS.

En général, une connexion virtuelle (VC) en mode relais de trames comprend plusieurs segments: un à chaque interface UNI, un ou plusieurs segments à l'intérieur d'un réseau en mode relais de trames ou entre réseaux en mode relais de trames et, dans le cas de l'interfonctionnement FR-MPLS, il existe une paire de conduits LSP VC entre bords fournisseurs.

Pendant la création d'une connexion virtuelle (VC) en mode relais de trames, une paire de conduits LSP VC doit être établie entre deux bords fournisseurs. La Figure 3 illustre la relation qui existe entre conduit LSP tunnel, conduit LSP VC et connexion virtuelle en mode relais de trames. Pour une connexion virtuelle en mode relais de trames de bout en bout, il existe deux conduits LSP VC: le conduit de X à Y transporte le trafic du bord fournisseur X (PE X) au bord fournisseur Y (PE Y) et le conduit de Y à X transporte le trafic dans l'autre sens. Plusieurs conduits LSP VC peuvent être imbriqués à l'intérieur d'un même conduit LSP tunnel.

Le conduit LSP VC de X à Y est le conduit d'émission pour le bord fournisseur X et le conduit de réception pour le bord fournisseur Y. De même, le conduit LSP VC de Y à X est le conduit d'émission pour Y et le conduit de réception pour X.

Dans le domaine en mode relais de trames, un identificateur DLCI identifie la connexion virtuelle en mode relais de trames et dans le domaine MPLS, deux étiquettes de conduit LSP VC avec éventuellement des valeurs différentes identifient la paire de conduits LSP VC, une valeur d'étiquette pour chaque conduit LSP.



NOTE – Les bords fournisseurs (PE) contiennent des fonctions d'interfonctionnement relais de trames-MPLS.

Figure 3/X.84 – Connexion virtuelle en mode relais de trames de bout en bout et conduits LSP MPLS

Dans le sens allant du bord fournisseur X au bord fournisseur Y, un conduit LSP tunnel transporte les paquets FR-MPLS du bord fournisseur X au bord fournisseur Y et l'étiquette de tunnel correspondante n'est liée à aucune connexion virtuelle en mode relais de trames particulière.

6.4 Modes de mappage pour le relais de trames sur MPLS

Deux modes de mappage sont définis pour le relais de trames sur réseau MPLS:

- 1) le premier est appelé mode de mappage "de un à un". Dans ce mode, pour chaque connexion virtuelle en mode relais de trames, une paire de conduits LSP MPLS (un pour chaque sens de trafic) est établie entre deux bords fournisseurs, comme décrit dans le paragraphe précédent;
- 2) le second est appelé mode de mappage "de plusieurs à un". Dans ce mode, plusieurs connexions virtuelles en mode relais de trames entre deux dispositifs en mode relais de trames (CE) commandées par la même connexion virtuelle de signalisation en mode relais de trames sont affectées à une même paire de conduits LSP MPLS. Dans ce mode, toutes les connexions virtuelles en mode relais de trames (y compris le canal de signalisation dont l'identificateur DLCI est égal à 0) sont transportées de manière transparente entre les bords fournisseurs.

Comme spécifié au § 8, au § 9 et au § 12, l'encapsulation des informations en mode relais de trames est différente pour les deux modes de mappage.

7 Conditions à remplir pour le relais de trames sur MPLS

Le présent paragraphe énumère les conditions que doit remplir une configuration de type relais de trames sur réseau MPLS.

- 1) Transport de trame: capacité obligatoire d'acheminer aussi bien des trames de données d'utilisateur que des trames de gestion de réseau (par exemple OAM) sur le même conduit LSP VC.
- 2) Longueur de trame: transport obligatoire de trames en mode relais de trames de longueur variable sans que la longueur de l'unité de transmission maximale (MTU, *maximum transmission unit*) du réseau MPLS n'impose de limite.
- 3) Mappage des connexions virtuelles: prise en charge obligatoire d'une correspondance 1:2 entre un segment de connexion virtuelle en mode relais de trames et une paire de conduits LSP VC car les connexions virtuelles en mode relais de trames sont des entités bidirectionnelles et les conduits LSP MPLS sont des entités unidirectionnelles.
- 4) Ordre des trames: remise obligatoire des trames en mode relais de trames dans l'ordre dans lequel elles ont été émises. Pour cela, on peut utiliser soit des numéros de séquence, soit un autre moyen.
- 5) Bits de commande: prise en charge obligatoire du transport des bits de priorité de rejet (DE, *discard eligibility*), de notification explicite d'encombrement vers l'avant (FECN, *forward explicit congestion notification*), de notification explicite d'encombrement vers l'arrière (BECN, *backward explicit congestion notification*) et d'indication de commande/réponse (C/R, *command/response indicator*).
- 6) Signalisation d'état de connexion PVC: prise en charge obligatoire du mappage et du transport des indications de connexion PVC active ou inactive. La prise en charge du contrôle de continuité devrait être assurée. Il est à noter que la signalisation d'état de connexion PVC appelle un complément d'étude.
- 7) Gestion de trafic: capacité recommandée de mapper les paramètres suivants de gestion de trafic en mode relais de trames sur des paramètres de conduit LSP VC:
 - a) débit d'information garanti (CIR, *committed information rate*);
 - b) longueur garantie des rafales (B_c , *committed burst size*);
 - c) longueur excédentaire des rafales (B_e , *excess burst size*);
 - d) longueur maximale de trame.

Prise en charge obligatoire des caractéristiques de service en mode relais de trames telles que définies par les paramètres de trafic en mode relais de trames grâce à l'établissement de conduits LSP tunnels bien conçus.

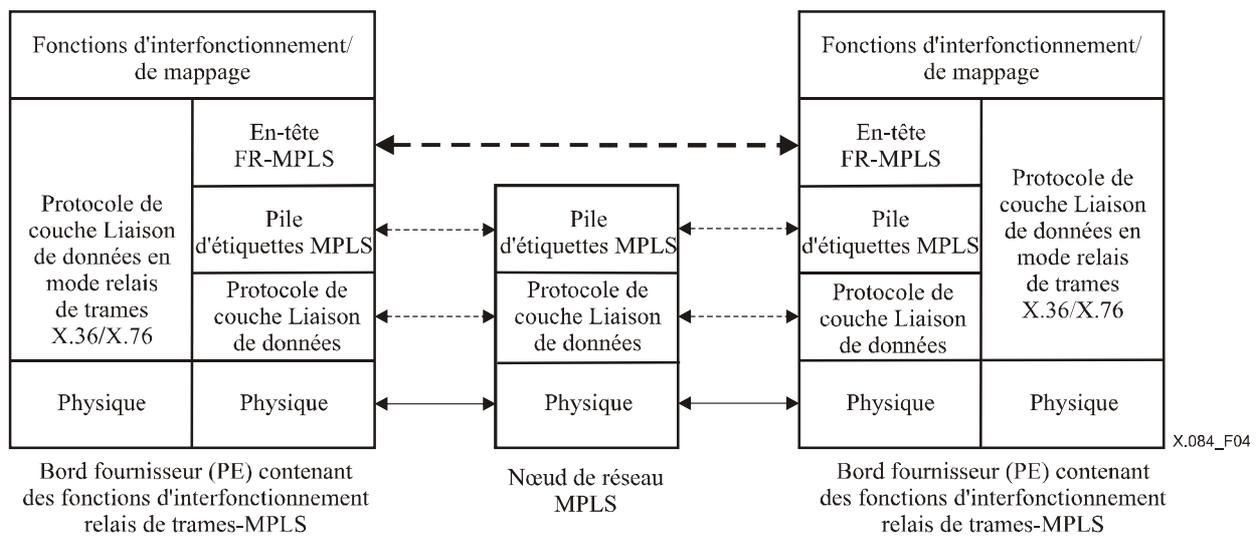
- 8) Priorité et qualité de service: prise en charge recommandée de la capacité de mapper différentes priorités ou classes de qualité de service en mode relais de trames sur des conduits LSP tunnels et des conduits LSP VC bien conçus.

8 Pile de protocoles et format de trame

8.1 Pile de protocoles pour le transfert de données

Le côté MPLS d'un bord fournisseur comprend plusieurs couches de protocole, comme illustré sur la Figure 4. Au-dessus de la couche Physique se trouve le protocole de couche Liaison de données. Au-dessus de la couche Liaison de données se trouve la couche d'encapsulation et de traitement d'en-tête MPLS exécutant des fonctions MPLS (par exemple le traitement des piles d'étiquettes tel que défini dans le Document RFC 3032, la gestion du trafic et la mise en file d'attente). La couche de traitement MPLS interagit avec le réseau MPLS. L'en-tête FR-MPLS est échangé entre deux bords fournisseurs.

Le côté relais de trames d'un bord fournisseur comprend la couche Physique et le protocole de couche Liaison de données en mode relais de trames. La prise en charge des interfaces UNI et NNI en mode relais de trames est conforme aux spécifications des Recommandations UIT-T X.36 et X.76. Les fonctions d'interfonctionnement et de mappage exécutent les actions nécessaires au transfert de trames du côté relais de trames au côté MPLS et inversement.



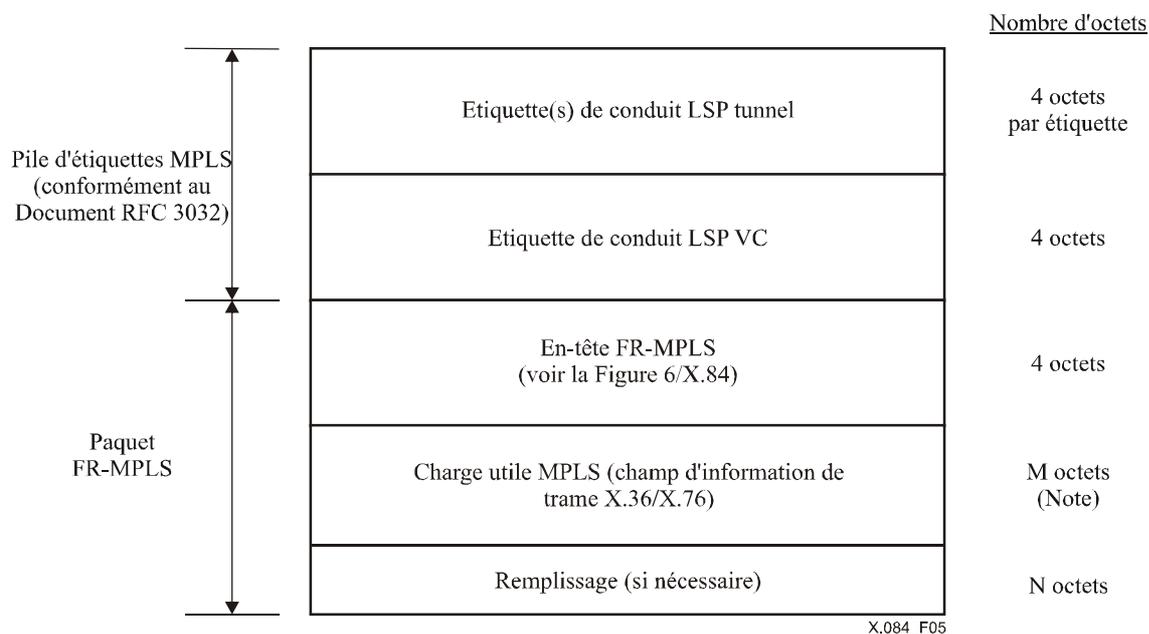
NOTE – Les Recommandations UIT-T X.36 et X.76 remplacent la Rec. UIT-T Q.922 et contiennent le même protocole de couche Liaison de données en mode relais de trames que celui qui est défini dans le service central de liaison de données de la Rec. UIT-T Q.922.

Figure 4/X.84 – Piles de protocoles pour le transfert de données

8.2 Format de paquet FR-MPLS pour le mode de mappage de un à un

La Figure 5 représente le format de paquet FR-MPLS pour le mode de mappage de un à un. Le paquet FR-MPLS comprend un en-tête FR-MPLS suivi du champ de charge utile et d'un champ de remplissage si nécessaire. La charge utile peut contenir des données d'utilisateur ou de réseau. Dans le cas de données d'utilisateur, le champ de charge utile contient le champ d'information en mode relais de trames. Une pile d'étiquettes de conduit LSP MPLS telle que définie dans le Document RFC 3032 précède le paquet FR-MPLS. La pile d'étiquettes MPLS et le paquet FR-MPLS sont

encapsulés dans une trame de couche Liaison de données. La spécification du protocole de couche Liaison de données sort du cadre de la présente Recommandation. Il peut s'agir de n'importe quelle couche Liaison de données utilisée entre un bord fournisseur et le réseau MPLS.



NOTE – La longueur par défaut du champ de charge utile (uniquement le champ d'information en mode relais de trames X.36/X.76) est défini dans les Recommandations UIT-T X.36 et X.76. Si elle est supérieure à la longueur de l'unité MTU, on peut recourir à la fragmentation.

Figure 5/X.84 – Format de paquet FR-MPLS pour le mode de mappage de un à un

La signification des champs du paquet FR-MPLS (Figure 5) pour le mode de mappage de un à un est le suivant:

8.2.1 Etiquette(s) de conduit LSP tunnel

Une ou plusieurs étiquettes de conduit LSP tunnel sont utilisées par les nœuds de réseau MPLS pour retransmettre un paquet FR-MPLS d'un bord fournisseur à l'autre. Comme les conduits LSP MPLS sont unidirectionnels, deux conduits LSP tunnels acheminant chacun le trafic dans un sens sont nécessaires pour créer un transport bidirectionnel. Une étiquette de conduit LSP tunnel est une étiquette MPLS standard telle que définie dans le Document RFC 3032. Il peut y avoir plusieurs conduits LSP tunnels car le réseau MPLS peut utiliser plusieurs tunnels conformément au Document RFC 3031.

Le bit S sera mis à 0 pour indiquer qu'il ne s'agit pas du bas de la pile d'étiquettes.

Le positionnement des champs EXP et TTL des étiquettes de tunnel sort du cadre de la présente Recommandation.

8.2.2 Etiquette de conduit LSP VC

L'étiquette de conduit LSP VC identifie un seul conduit LSP affecté à une connexion virtuelle en mode relais de trames dans un sens. La ou les étiquettes de conduit LSP tunnel et l'étiquette de conduit LSP VC forment ensemble une pile d'étiquettes MPLS. Plusieurs conduits LSP VC peuvent être pris en charge par un même conduit LSP tunnel MPLS. Une étiquette de conduit LSP VC est une étiquette MPLS standard telle que définie dans le Document RFC 3032.

Comme le conduit LSP MPLS est unidirectionnel, dans le cas de connexions virtuelles en mode relais de trames bidirectionnelles, il y aura deux conduits LSP VC différents, un pour chaque sens de la connexion. Ces conduits pourront avoir des valeurs d'étiquette différentes.

Le bit S sera mis à 1 pour indiquer qu'il s'agit du bas de la pile.

La valeur TTL de l'étiquette de connexion virtuelle et le positionnement des bits EXP appellent un complément d'étude.

8.2.3 En-tête FR-MPLS

L'en-tête FR-MPLS contient des informations de commande de protocole. Sa structure est représentée sur la Figure 6.

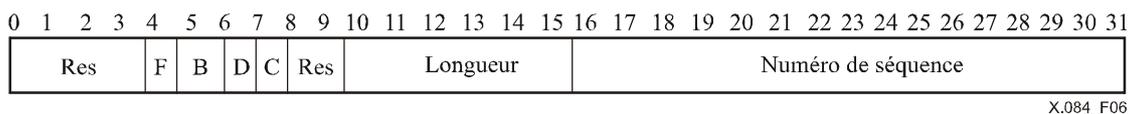


Figure 6/X.84 – Structure de l'en-tête FR-MPLS pour le mode de un à un

La signification des champs de l'en-tête de paquet FR-MPLS (Figure 6) est la suivante:

Res (bits 0 à 3)

Bits réservés. Ils sont mis à zéro à l'émission et ignorés à la réception.

F (bit 4)

Bit de notification explicite d'encombrement vers l'avant (FECN) en mode relais de trames.

B (bit 5)

Bit de notification explicite d'encombrement vers l'arrière (BECN) en mode relais de trames.

D (bit 6)

Bit de priorité de rejet (DE) en mode relais de trames.

C (bit 7)

Bit d'indication de commande/réponse (C/R) de trame en mode relais de trames.

Res (bits 8 et 9)

Réservés pour les procédures facultatives de fragmentation et de réassemblage. Lorsque ces procédures ne sont pas prises en charge, ces bits sont mis à zéro à l'émission et ignorés à la réception.

Longueur (bits 10 à 15)

Le champ de longueur est utilisé conjointement avec le remplissage dans le cas de paquets FR-MPLS courts lorsque le protocole de couche Liaison de données (par exemple Ethernet) nécessite une longueur de trame minimale.

Si la longueur totale d'un paquet FR-MPLS est inférieure à 64 octets, un remplissage doit être opéré.

Dans le cas où un remplissage est opéré, le champ de longueur est la somme des longueurs du champ d'en-tête FR-MPLS et du champ de charge utile du paquet FR-MPLS (Figure 5), exprimées en octets. Dans le cas contraire, le champ de longueur doit être mis à zéro. Si la valeur du champ de longueur est différente de zéro, elle sert à supprimer les caractères de remplissage insérés par le bord fournisseur d'entrée.

Numéro de séquence (bits 16 à 31)

Les numéros de séquence constituent un mécanisme possible permettant de faire en sorte que les paquets FR-MPLS soient remis dans le bon ordre. Le champ de numéro de séquence spécifie le numéro de séquence d'un paquet FR-MPLS. On utilise une liste circulaire de numéros de séquence, avec des valeurs comprises entre 1 et 65535 ($2^{16} - 1$). Les numéros de séquence successifs sont obtenus par l'ajout de 1 au numéro de séquence précédent, jusqu'à une valeur maximale de 65535. Le numéro de séquence qui suit 65535 est 1. La valeur zéro indique que le champ de numéro de séquence n'est pas utilisé.

NOTE – L'utilisation de numéros de séquence ne sera pas nécessaire si le réseau proprement dit garantit une remise dans le bon ordre des paquets FR-MPLS.

8.2.4 Charge utile

Le champ de charge utile correspond au champ d'information de trame en mode relais de trames tel que défini dans les Recommandations UIT-T X.36 et X.76, les bits/octets de bourrage étant supprimés. La longueur par défaut du champ d'information est de 262 octets. Les Recommandations UIT-T X.36 et X.76 recommandent la prise en charge d'une longueur d'au moins 1600 octets. La longueur maximale du champ de charge utile devrait être convenue par les deux bords fournisseurs lors de l'établissement du conduit LSP VC.

NOTE – Les drapeaux d'ouverture et de fermeture de trame en mode relais de trames et les champs d'adresse et FCS ne sont pas inclus dans la charge utile.

8.2.5 Remplissage

Le champ de remplissage est composé de zéro, un ou plusieurs caractères afin de porter la longueur du paquet FR-MPLS à la longueur minimale requise par le protocole de couche Liaison de données sous-jacent, en particulier IEEE 802.3/Ethernet. Tout caractère de 8 bits dont la valeur décimale est comprise entre 0 et 255 peut être utilisé comme caractère de remplissage.

NOTE – La longueur minimale de paquet de 64 octets au-dessous de laquelle un remplissage est nécessaire correspond à la longueur minimale de la trame Ethernet.

9 Traitement des paquets FR-MPLS pour le mode de mappage de un à un

9.1 Production des paquets FR-MPLS

Le processus de production d'un paquet FR-MPLS est lancé lorsqu'un bord fournisseur reçoit une trame en mode relais de trames (trame FR) en provenance de l'une de ses interfaces UNI ou NNI en mode relais de trames. Le bord fournisseur exécute les actions suivantes (pas nécessairement dans l'ordre indiqué):

- il produit les champs suivants de l'en-tête FR-MPLS à partir des champs correspondants de la trame FR comme suit:
 - bit d'indication de commande/réponse (C/R ou C): le bit C est copié sans modification dans l'en-tête FR-MPLS;
 - bit de priorité de rejet (DE ou D): le bit D est positionné comme suit dans l'en-tête FR-MPLS. Si ce bit est utilisé, il est mis à 1 pour indiquer qu'il est demandé de rejeter la trame considérée de préférence aux autres trames en cas d'encombrement.
 - Le positionnement du bit D par un bord fournisseur est facultatif. Toutefois, aucun bord fournisseur ne doit mettre ce bit à 0 si ce bit avait la valeur 1 au moment où le bord fournisseur l'a reçu. Un bord fournisseur qui ne prend pas en charge la notification de priorité de rejet doit transmettre ce bit sans modification. Les réseaux ne sont pas contraints de ne rejeter que les trames avec $D = 1$ en cas d'encombrement.

- Bit de notification explicite d'encombrement vers l'avant (FECN ou F): le bit FECN peut être positionné par un bord fournisseur encombré pour notifier à l'utilisateur que des procédures d'évitement des encombrements devraient être lancées lorsque c'est possible concernant le trafic dans le sens du paquet FR-MPLS acheminant le bit FECN.
 - Le bit F est mis à 1 pour indiquer à la destination que les trames qu'elle reçoit sont passées par des ressources encombrées. Ce bit peut être utilisé par une destination pour ajuster son débit de transmission.
 - Le positionnement du bit F par un bord fournisseur est facultatif, mais aucun bord fournisseur ne doit mettre ce bit à 0 si ce bit avait la valeur 1 au moment où le bord fournisseur l'a reçu. Les bords fournisseurs qui ne prennent pas en charge la notification FECN doivent transmettre ce bit sans modification.
- Bit de notification explicite d'encombrement vers l'arrière (BECN ou B): les règles de traitement à utiliser pour la notification BECN sont identiques à celles utilisées pour la notification FECN, sauf qu'elles s'appliquent dans l'autre sens.
- Longueur: si la longueur du paquet (définie comme la longueur du champ d'information de trame FR plus la longueur de l'en-tête FR-MPLS) est inférieure à 64 octets, le champ de longueur DOIT être positionné sur la longueur du paquet. Dans le cas contraire, le champ de longueur DOIT être mis à zéro. Si la valeur du champ de longueur est différente de zéro, elle sert à supprimer les caractères de remplissage (voir § 8.2.5).
- Numéro de séquence: voir § 9.1.1.
 - Il traite les champs de charge utile et de remplissage comme suit. La charge utile du paquet FR-MPLS correspond au contenu du champ d'information de trame FR auquel on a retiré les éventuels bits ou octets de bourrage. Le champ FCS est supprimé avant l'encapsulation MPLS. Des caractères de remplissage peuvent suivre le champ de charge utile si le protocole de couche Liaison de données l'exige afin de porter le paquet FR-MPLS à une longueur minimale.

Un traitement supplémentaire est effectué par les couches de protocole inférieures pour pouvoir transmettre le paquet FR-MPLS à sa destination suivante.

9.1.1 Positionnement du numéro de séquence

Le positionnement du champ de numéro de séquence dépend de la question de savoir si le numéro de séquence est utilisé ou non.

Si le bord fournisseur d'entrée prend en charge la capacité de numéro de séquence, les paquets FR-MPLS sont numérotés conformément à la procédure suivante:

- le premier paquet FR-MPLS qui est émis DOIT utiliser le numéro de séquence 1;
- pour les trames suivantes, le numéro de séquence correspond au numéro de séquence de la trame précédente incrémenté de 1 jusqu'à la valeur maximale de 65535;
- lorsque le numéro de séquence atteint la valeur maximale de 16 bits (65535), le numéro de séquence suivant revient à 1 (la valeur 0 est sautée).

Si les bords fournisseurs ne prennent pas en charge le traitement des numéros de séquence, le champ de numéro de séquence doit être mis à 0.

9.2 Réception des paquets FR-MPLS

Lorsqu'un bord fournisseur de sortie reçoit un paquet FR-MPLS, il traite les différents champs de l'en-tête FR-MPLS afin de synthétiser une nouvelle trame en mode relais de trames (trame FR) à transmettre à un bord client sur une interface UNI ou NNI en mode relais de trames. Le bord fournisseur exécute les actions suivantes (pas nécessairement dans l'ordre indiqué):

- il produit les champs d'en-tête de la trame FR à partir des champs correspondants du paquet FR-MPLS comme suit:
 - Le bit C/R est copié sans modification dans l'en-tête de la trame FR.
 - Le bit D est copié comme suit dans le bit DE de l'en-tête de la trame FR. S'il était mis à 1 dans le paquet FR-MPLS entrant, il doit être copié sans modification ou, suivant la politique de trafic appliquée par le bord fournisseur et son état d'encombrement, le paquet FR-MPLS peut être éliminé.
Si, au contraire, le bit D était mis à 0, il peut être mis à 0 ou 1, suivant la politique de trafic appliquée par le bord fournisseur. Le positionnement de ce bit par un bord fournisseur est facultatif.
 - Le bit F est copié comme suit dans le bit FECN de l'en-tête de la trame FR. S'il était mis à 1 dans le paquet FR-MPLS entrant, il doit être copié sans modification.
Si, au contraire, il était mis à 0, il peut être mis à 0 ou 1, suivant l'état d'encombrement du bord fournisseur dans le sens vers l'avant. Le positionnement de ce bit par un bord fournisseur est facultatif. Si le bord fournisseur ne prend pas en charge la notification FECN, il doit transmettre ce bit sans modification.
 - Les règles de traitement à utiliser pour la notification BECN sont identiques à celles utilisées pour la notification FECN, sauf qu'elles s'appliquent dans l'autre sens.
 - Il traite les champs de longueur et de numéro de séquence, les détails étant fournis dans les paragraphes qui suivent.
- Il régénère le champ d'information en mode relais de trames à partir du contenu de la charge utile du paquet FR-MPLS après avoir supprimé les éventuels caractères de remplissage et extrait l'identificateur DLCI approprié.

Une fois que les champs ci-dessus de la trame FR ont été produits, la séquence FCS doit être calculée, les drapeaux HDLC doivent être ajoutés et les éventuels bits ou octets de bourrage doivent être ajoutés. La trame FR est mise en file d'attente avant d'être transmise sur l'interface UNI ou NNI en mode relais de trames choisie.

9.2.1 Vérification du numéro de séquence par le bord fournisseur de sortie

Lorsqu'un paquet FR-MPLS est reçu, le numéro de séquence est traité comme suit:

- si le numéro de séquence du paquet vaut 0, la vérification du numéro de séquence est terminée.
NOTE 1 – Un numéro de séquence égal à 0 signifie qu'on n'utilise pas de numéro de séquence. Par le biais de la gestion ou de la signalisation, les deux bords fournisseurs déterminent si des numéros de séquence sont utilisés ou non.
- Autrement, si le numéro de séquence du paquet est \geq au numéro de séquence attendu et que le numéro de séquence du paquet – le numéro de séquence attendu est < 32768 , le paquet est reçu dans le bon ordre.
- Autrement, si le numéro de séquence du paquet est $<$ au numéro de séquence attendu et que le numéro de séquence attendu – le numéro de séquence du paquet est ≥ 32768 , le paquet est reçu dans le bon ordre.
- Autrement, le paquet n'est pas reçu dans le bon ordre.

Si le paquet est reçu dans le bon ordre, la vérification du numéro de séquence est terminée et le numéro de séquence attendu est positionné conformément à l'affectation suivante:

numéro_de_séquence_attendu := numéro_de_séquence_du_paquet + 1, jusqu'à une valeur maximale de 65535, puis retour à 1, la valeur 0 étant sautée;

si (numéro_de_séquence_attendu = 0) alors numéro_de_séquence_attendu := 1.

Les paquets FR-MPLS qui ne sont pas reçus dans le bon ordre devraient être éliminés à moins qu'ils ne puissent être réordonnés correctement sans engendrer un grand retard.

Si un bord fournisseur de sortie reçoit un nombre excessif de paquets FR-MPLS hors séquence, il devrait en informer le plan de gestion responsable de la fonction d'interfonctionnement FR-MPLS dans le bord fournisseur et prendre les mesures qui s'imposent. Le seuil à partir duquel on déclare que le nombre de paquets FR-MPLS hors séquence est excessif n'est pas défini dans la présente Recommandation.

NOTE 2 – Un nombre excessif de paquets FR-MPLS hors séquence a un effet analogue à une perte excessive de paquets sur une connexion en mode relais de trames.

9.2.2 Traitement du champ de longueur par le récepteur

Tous les éventuels caractères de remplissage présents après le champ de charge utile d'un paquet FR-MPLS reçu doivent être supprimés avant que les données ne soient retransmises à la destination suivante.

On utilise la procédure décrite ici pour supprimer les caractères de remplissage.

Si le champ de longueur est mis à 0, aucun caractère de remplissage n'est présent après le champ de charge utile.

Dans le cas contraire, des caractères de remplissage sont présents et la longueur du champ de remplissage est calculée comme suit:

la longueur du paquet FR-MPLS inclut l'en-tête FR-MPLS et la charge utile. Mais elle n'inclut pas la pile d'étiquettes MPLS. La longueur du champ de remplissage est donc égale à la longueur du paquet FR-MPLS moins la longueur donnée par le champ de longueur.

Une fois la longueur du champ de remplissage calculée, les caractères de remplissage sont supprimés à partir de la fin du paquet FR-MPLS.

9.3 Traitement des conditions d'erreur

Si un bord fournisseur reçoit un paquet FR-MPLS avec un en-tête comportant un contenu non valable, ce paquet doit être rejeté. Quelques exemples de contenu non valable sont donnés ci-après:

- une étiquette de tunnel ou de connexion virtuelle non valable ou non affectée;
- une valeur différente de zéro pour les quatre premiers bits de l'en-tête FR-MPLS;
- un champ de longueur dont la valeur est supérieure ou égale à 64;
- en l'absence d'utilisation de la fragmentation, une valeur différente de zéro pour les deux bits réservés à la fragmentation (bits 8 et 9 de l'en-tête FR-MPLS).

NOTE – La présente Recommandation ne porte pas sur les erreurs de la couche Liaison de données.

9.4 Procédures facultatives de fragmentation et de réassemblage

Une charge utile de paquet FR-MPLS est normalement transmise dans un conduit LSP VC sous la forme d'une seule unité PDU. Toutefois, il peut arriver que la somme des longueurs de la charge utile et de l'en-tête associé dépasse la longueur de l'unité maximale de transmission (MTU, *maximum transmission unit*) du conduit de réseau. Lorsque la longueur d'un paquet dépasse la longueur de l'unité MTU d'un réseau donné, la fragmentation et le réassemblage permettront au paquet de traverser le réseau et d'atteindre sa destination voulue.

Les procédures de fragmentation pour le mode de un à un sont facultatives et peuvent être négociées entre le bord fournisseur local et le bord fournisseur distant par le biais de la signalisation ou peuvent être configurées au niveau des deux bords fournisseurs. Ces procédures ne s'appliquent pas au mode de plusieurs à un.

La fragmentation et le réassemblage dans un équipement de réseau nécessitent généralement beaucoup plus de ressources que l'envoi d'un paquet sous la forme d'une seule unité. Il convient donc d'éviter toute fragmentation et tout réassemblage chaque fois que c'est possible. Pour éviter la fragmentation, on peut par exemple adopter les solutions suivantes:

- configuration et gestion appropriées des longueurs d'unité MTU entre le bord client, le bord fournisseur et le réseau MPLS;
- mesures adaptatives visant à faire en sorte que le bord client d'origine réduise la longueur des paquets à la source (voir les Documents RFC 1191 et 1981).

9.4.1 Mode de mappage de un à un avec fragmentation

La procédure de fragmentation pour le mode de mappage de un à un utilise le numéro de séquence existant et deux bits réservés (bits 8 et 9) avant le champ de longueur comme bits de commande.

La Figure 7 représente la structure de l'en-tête FR-MPLS pour le mode de mappage de un à un avec fragmentation. Les bits de commande pour la segmentation (bits 8 et 9 avant le champ de longueur) sont décrits ci-après:

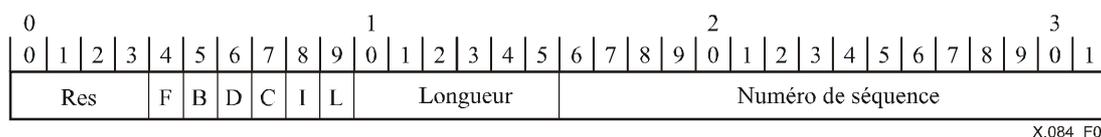


Figure 7/X.84 – Structure de l'en-tête FR-MPLS avec fragmentation

Bit de premier fragment (I)

Ce bit est mis à 0 pour le premier fragment obtenu à partir d'une trame en mode relais de trames (trame FR) et à 1 pour tous les autres fragments obtenus à partir de la même trame.

Bit de dernier fragment (L)

Ce bit est mis à 0 pour le dernier fragment et à 1 pour tous les autres fragments.

Les bits I et L d'un paquet contenant une trame FR complète non fragmentée sont tous les deux mis à 0. Les bords fournisseurs qui ne prennent pas en charge la fonctionnalité de fragmentation devraient mettre à 0 les deux bits I et L.

Numéro de séquence

Les bords fournisseurs qui prennent en charge la fragmentation dans le mode de un à un prennent en charge les numéros de séquence comme décrit au § 9.1.1 et au § 9.2.1. Les numéros de séquence permettent au bord fournisseur de sortie de détecter les fragments qui ne sont pas reçus dans le bon ordre ou qui sont perdus.

Comme la valeur zéro indique que les numéros de séquence ne sont pas utilisés, cette signification s'applique aussi dans le cas de la fragmentation. Ainsi, lorsque, au cours du processus d'incrément, le numéro de séquence atteint la valeur 65535, il revient ensuite à 1 (la valeur 0 est sautée).

La fragmentation a lieu dans le bord fournisseur d'entrée et le réassemblage a lieu dans le bord fournisseur de sortie après la réception d'un fragment de paquet FR-MPLS.

La fragmentation d'une charge utile en mode relais de trames (champ d'information) crée un ensemble de fragments de données, qui doivent être transmis dans l'ordre dans lequel ils se trouvaient dans la trame avant d'être fragmentés.

Chaque fragment de l'ensemble contient les bits d'encombrement en mode relais de trames (F, B, D) et le bit C dans les bits de commande de l'en-tête FR-MPLS.

Le numéro de séquence du premier fragment envoyé sur une connexion virtuelle (après l'activation de cette connexion) peut être mis à n'importe quelle valeur (autre que 0) et le numéro de séquence doit ensuite être incrémenté de 1 pour chaque fragment envoyé.

Un bord fournisseur prenant en charge la fragmentation devrait prendre en charge les procédures suivantes.

- Pour le paquet FR-MPLS acheminant le premier fragment d'une trame FR, le bit de premier fragment (I) sera mis à 0. Pour les fragments suivants, le bit (I) sera mis à 1.
- Pour le paquet FR-MPLS acheminant le dernier fragment d'une trame FR, le bit de dernier fragment (L) sera mis à 0. Pour les paquets acheminant les autres fragments de la même trame FR, le bit L sera mis à 1.
- Pour les paquets FR-MPLS acheminant une trame FR complète non fragmentée, les deux bits I et L seront mis à 0.
- Pour les paquets FR-MPLS n'acheminant ni le premier fragment ni le dernier fragment, les deux bits I et L seront mis à 1.

9.4.2 Procédures de réassemblage

Pour chaque conduit LSP VC, le récepteur doit garder une trace des numéros de séquence entrants et conserver le dernier numéro de séquence qu'il a reçu. Le récepteur détecte la fin d'une trame réassemblée lorsqu'il reçoit un fragment dont le bit L (dernier fragment) est mis à "0". Le réassemblage de la trame est complet si tous les numéros de séquence jusqu'à celui de ce fragment ont été reçus.

Il est à noter que les bits d'encombrement en mode relais de trames (F, B, D) doivent être soumis à une opération OU logique pour tous les fragments et les résultats doivent être inclus dans la trame réassemblée.

Le récepteur détecte une perte de fragments lorsqu'un ou plusieurs numéros de séquence sont sautés. Lorsque la perte d'un ou de plusieurs fragments est détectée sur une connexion virtuelle, le récepteur doit rejeter les fragments non assemblés qu'il a déjà reçus et les fragments qu'il va recevoir pour cette connexion virtuelle jusqu'à ce qu'il reçoive un premier fragment dont le bit I (premier fragment) est mis à "0". Ce fragment est alors utilisé pour commencer à accumuler une nouvelle trame.

En cas d'erreur (par exemple un ou plusieurs fragments perdus en raison d'une erreur de transmission ou dépassement de la capacité du tampon de réassemblage), les fragments qui ne peuvent pas être reconstitués dans la trame d'origine doivent être ignorés par le récepteur.

10 Configuration des connexions PVC en mode relais de trames

Pour configurer des connexions PVC en mode relais de trames (FR), les actions suivantes sont nécessaires. Les bords fournisseurs et les bords clients sont configurés de manière indépendante pour chaque segment de connexion PVC UNI ou NNI FR. Les paramètres de configuration de connexion PVC FR peuvent notamment inclure les paramètres suivants:

- débits sortant et entrant (CIR);
- longueurs garanties des rafales sortantes et des rafales entrantes (B_c);
- longueurs excédentaires des rafales sortantes et des rafales entrantes (B_e);

- longueurs maximales de trame sortante et de trame entrante;
- identificateur DLCI affecté à la connexion PVC FR localement;
- en cas d'utilisation, classe de priorité de transfert ou de rejet FR ou classe de service FR affectée à la connexion virtuelle FR.

L'établissement d'une connexion virtuelle en mode relais de trames dans un réseau MPLS nécessite qu'une paire de conduits LSP VC soit établie entre les deux bords fournisseurs, comme décrit au § 6.3. La capacité de trafic des conduits LSP VC doit satisfaire aux prescriptions de trafic et de qualité de service de la connexion PVC FR, telles qu'elles sont définies par les paramètres de configuration de la connexion PVC FR.

11 Aspects relatifs à la gestion du trafic

Les Recommandations UIT-T X.36 et X.146 définissent un certain nombre de paramètres de trafic et de classes de qualité de service.

Lorsqu'on utilise un conduit LSP tunnel pour acheminer plusieurs connexions virtuelles en mode relais de trames avec différentes combinaisons de paramètres de trafic et de classes de qualité de service, le conduit LSP tunnel doit être capable d'offrir la qualité de service requise pour toutes les connexions virtuelles en mode relais de trames. Dans un réseau MPLS qui ne prend pas en charge des qualités de service différentes pour chaque paquet, le conduit LSP tunnel doit satisfaire aux prescriptions de qualité de service les plus strictes des connexions virtuelles en mode relais de trames qu'il achemine.

Utilisation de services différenciés pour le relais de trames sur MPLS

Si le réseau MPLS prend en charge les agrégats de comportements de services différenciés (*DiffServ, differentiated services*) définis dans les Documents d'information RFC 2475 et 3260, les paquets MPLS peuvent être traités avec des priorités différentes dans le cadre d'un comportement par saut (PHB, *per hop behaviour*). Dans ce cas, deux types différents de conduit LSP, définis dans le Document RFC 3270, peuvent être utilisés pour le conduit LSP tunnel:

- conduit LSP avec classe PSC déduite uniquement de l'étiquette (L-LSP, *label-only-inferred-PSC LSP*);
- conduit LSP avec classe PSC déduite du champ EXP (E-LSP, *EXP-inferred-PSC LSP*).

Si on utilise un conduit L-LSP comme conduit LSP tunnel, la classe de programmation du comportement PHB (PSC) de chaque paquet est déduite uniquement de l'étiquette, aucune autre information n'est prise en compte (la valeur du champ EXP, par exemple, n'est pas prise en compte). Dans ce cas, le conduit LSP doit satisfaire aux prescriptions de qualité de service les plus strictes des connexions virtuelles en mode relais de trames qu'il achemine.

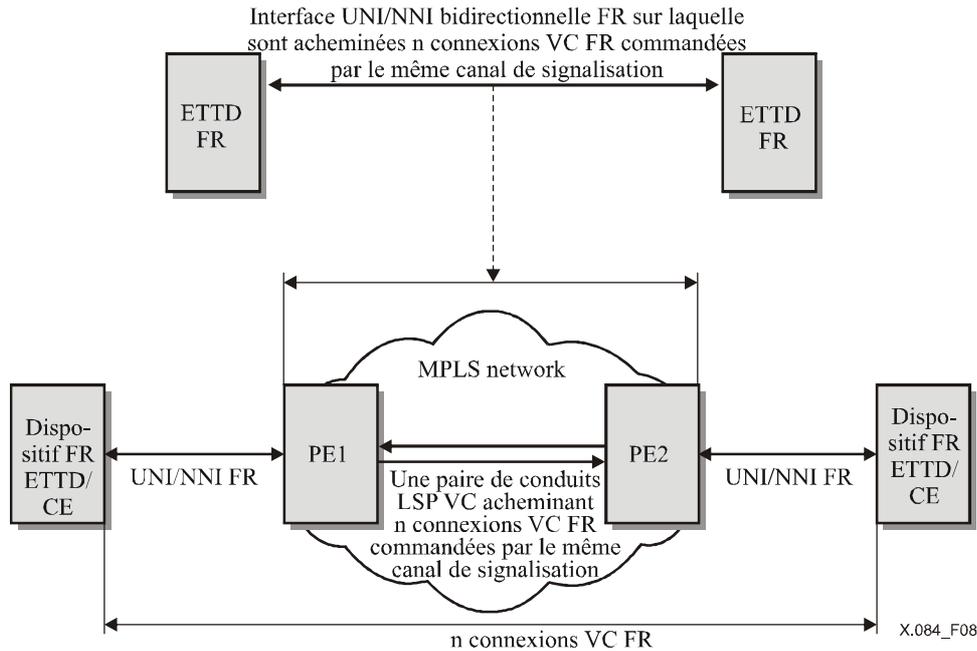
Si on utilise un conduit E-LSP comme conduit LSP tunnel, le champ EXP de l'étiquette de tunnel sert à déterminer le comportement PHB à appliquer à chaque paquet, autrement dit, chaque paquet d'un même conduit LSP peut recevoir une qualité de service différente. Le champ EXP de 3 bits de l'étiquette de tunnel peut représenter huit combinaisons différentes de niveaux de priorité au rejet et de comportement par saut (PHB). Le mappage entre le comportement PHB et le champ EXP est signalé explicitement au moment de l'établissement de l'étiquette ou repose sur un mappage préalablement configuré.

12 Mode de mappage de plusieurs à un en mode relais de trames

12.1 Généralités

Le mode de mappage de plusieurs à un en mode relais de trames constitue une option de réseau.

La Figure 8 illustre le concept de ce mode de mappage.



NOTE 1 – Les n connexions virtuelles en mode relais de trames (VC FR) entre les deux dispositifs en mode relais de trames (bords clients), agrégées sur la même paire de conduits LSP VC MPLS, sont commandées par le même canal de signalisation.

NOTE 2 – Les fonctions de traitement des numéros de séquence et d'interfonctionnement sont situées dans les bords fournisseurs.

Figure 8/X.84 – Concept du mode de mappage de plusieurs à un en mode relais de trames

La partie supérieure de la Figure 8 montre deux dispositifs en mode relais de trames raccordés par le biais d'une interface UNI ou NNI en mode relais de trames. Entre ces deux dispositifs, n connexions virtuelles en mode relais de trames sont configurées. Elles sont commandées par le même canal de signalisation utilisant l'identificateur DLCI = 0.

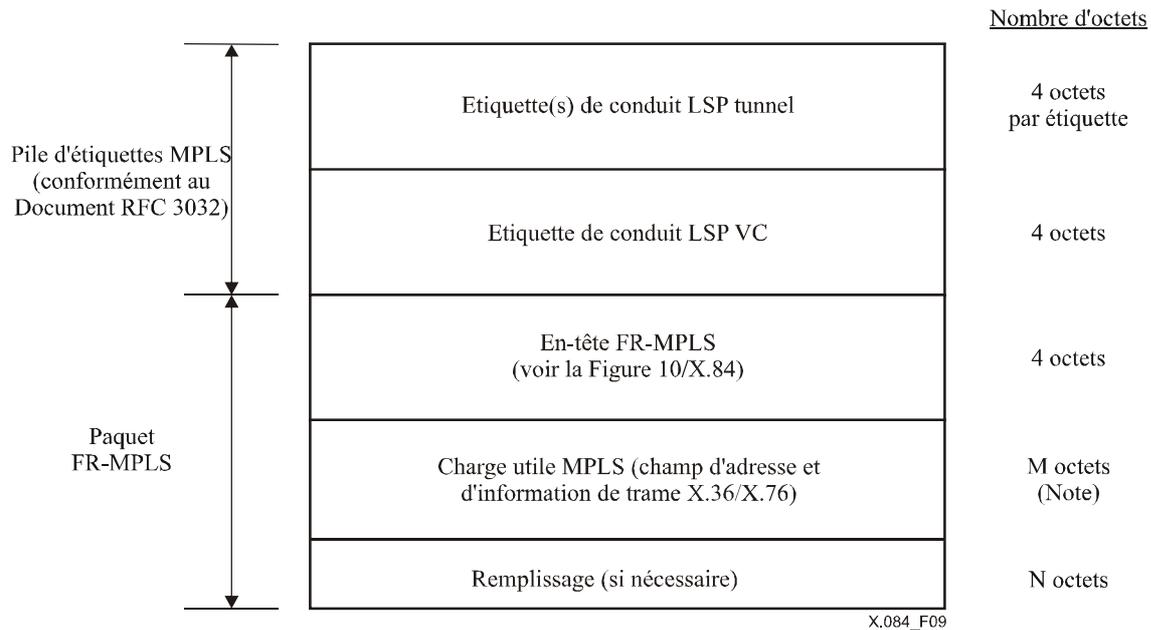
La partie inférieure de la Figure 8 montre le remplacement de l'interface physique en mode relais de trames (FR) par une paire de bords fournisseurs (PE) et une paire de conduits LSP VC (un conduit LSP VC pour chaque sens de trafic entre PE1 et PE2). L'interface entre un dispositif FR et un bord fournisseur est une interface UNI ou NNI FR. Les n connexions VC FR qui sont commandées par le même canal de signalisation utilisant l'identificateur DLCI = 0 entre les deux bords fournisseurs sont mappées sur une seule paire de conduits LSP VC. Dans le mode de mappage de plusieurs à un, les connexions VC FR ne sont pas visibles individuellement par les bords fournisseurs, il n'existe pas de configuration de connexion VC FR individuelle dans les bords fournisseurs. Les bords fournisseurs traitent l'ensemble des connexions VC FR sous la forme d'un agrégat. Les paramètres de trafic et de qualité de service FR énumérés au § 10 et au § 11 sont affectés au trafic agrégé circulant sur une interface entre un bord client et un bord fournisseur et non à chaque connexion VC FR individuelle et les règles politiques peuvent être appliquées à l'agrégat.

Le mode de plusieurs à un FR permet d'assurer le transport entre deux bords fournisseurs d'une trame FR complète, les drapeaux d'ouverture et de fermeture et la séquence de contrôle de trame (FCS, *frame check sequence*) étant exclus et les bits ou octets de bourrage étant supprimés.

NOTE – Le mode de mappage de plusieurs à un FR-MPLS et dans une certaine mesure, analogue à une connexion de conduit virtuel de réseau ATM qui inclut le canal de signalisation. Les nœuds MPLS intermédiaires ne manipulent aucune fonction de surveillance d'état FR.

12.2 Format de paquet pour le mode de mappage de plusieurs à un

Le format de paquet pour le mode de mappage de plusieurs à un est illustré sur la Figure 9.



NOTE – Le champ de charge utile comprend les champs d'adresse et d'information en mode relais de trames X.36/X.76 (y compris les champs d'identificateur DLCI et de commande).

Figure 9/X.84 – Format de paquet FR-MPLS pour le mode de mappage de plusieurs à un

La signification des champs du paquet FR-MPLS (Figure 9) pour le mode de plusieurs à un est la suivante:

Etiquette(s) de conduit LSP tunnel

Voir § 8.2.1.

Etiquette de conduit LSP VC

L'étiquette de conduit LSP VC identifie un seul conduit LSP affecté à un ensemble de connexions VC FR commandées par le même canal de signalisation en mode relais de trames. Il existe deux conduits LSP VC, un pour chaque sens du trafic. Voir § 8.2.2.

En-tête FR-MPLS

L'en-tête FR-MPLS contient des informations de commande de protocole. Sa structure est illustrée sur la Figure 10. Pour le mode de plusieurs à un, les bits de commande en mode relais de trames (F, B, D et C) ne sont pas codés dans cet en-tête et les bits 4 à 7 sont donc mis à 0.

L'utilisation des champs de longueur et de numéro de séquence est la même que pour le mode de un à un, aux exceptions près suivantes:

Il existe un seul compteur de numéro de séquence pour l'ensemble des connexions VC FR et non pas un compteur pour chaque connexion VC FR individuelle. Pour calculer la longueur du paquet FR-MPLS afin de déterminer si un remplissage est nécessaire ou pas, on utilise la longueur de la trame FR.

Charge utile MPLS

La charge utile comprend le champ d'adresse (y compris l'identificateur DLCI et les bits de commande) et le champ d'information d'une trame FR, les drapeaux d'ouverture et de fermeture, les bits ou octets de bourrage et la séquence FCS étant supprimés.

Remplissage

Le champ de remplissage comprend zéro, un ou plusieurs caractères afin de porter la longueur du paquet FR-MPLS à la longueur minimale requise par le protocole de couche Liaison de données, en particulier IEEE 802.3/Ethernet. Tout caractère de 8 bits dont la valeur décimale est comprise entre 0 et 255 peut être utilisé comme caractère de remplissage.

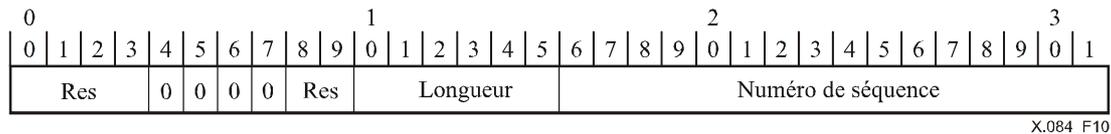


Figure 10/X.84 – Structure de l'en-tête FR-MPLS dans le mode de plusieurs à un

Les deux bords fournisseurs homologues doivent configurer la longueur maximale de trame FR de manière à ce que cette longueur soit compatible avec la longueur de l'unité MTU de conduit LSP.

12.3 Traitement dans le mode de plusieurs à un

Lorsqu'un bord fournisseur reçoit une trame FR en provenance d'un dispositif FR (ETTD FR ou bord client), il supprime les drapeaux, retire les bits ou octets de bourrage et vérifie le champ FCS pour déterminer si des erreurs de transmission se sont produites ou pas. Si des erreurs de transmission se sont produites, la trame est rejetée. Dans le cas contraire, la trame FR est encapsulée sous forme de charge utile MPLS à retransmettre au bord fournisseur distant. La séquence FCS et les drapeaux sont supprimés avant l'encapsulation MPLS. Un bord fournisseur ne doit modifier aucun des champs de la trame FR, il doit les retransmettre au bord fournisseur distant tels qu'il les a reçus en provenance du dispositif FR.

Le traitement des champs de longueur et de numéro de séquence est analogue à celui qui est présenté au § 9.1 et au § 9.2, à la différence près suivante. Il existe un seul compteur de numéro de séquence pour l'ensemble des connexions FR VC et non pas un compteur pour chaque connexion VC FR individuelle. Les numéros de séquence servent uniquement à vérifier que les paquets FR-MPLS appartenant aux connexions VC FR agrégées sont reçus dans le bon ordre.

Si un bord fournisseur de sortie reçoit un nombre excessif de paquets FR-MPLS hors séquence, il devrait informer le plan de gestion responsable de la fonction d'interfonctionnement FR-MPLS dans le bord fournisseur et prendre les mesures qui s'imposent. Le seuil à utiliser pour déclarer que le nombre de paquets FR-MPLS hors séquence est excessif n'est pas défini dans la présente Recommandation.

Dès qu'il reçoit un paquet FR-MPLS, le bord fournisseur distant extrait le champ de charge utile et encapsule le résultat dans une trame FR (en y ajoutant les drapeaux et la séquence FCS) en vue de sa transmission au dispositif FR local.

Appendice I

Exemple de fragmentation dans le mode de mappage de un à un

Un exemple de procédure de fragmentation dans le mode de un à un est représenté sur la Figure I.1. Les octets en blanc correspondent à la partie de la trame initiale qui est subdivisée en fragments (trois fragments dans l'exemple). Dans cet exemple, la valeur 42 du numéro de séquence de départ a été choisie aléatoirement.

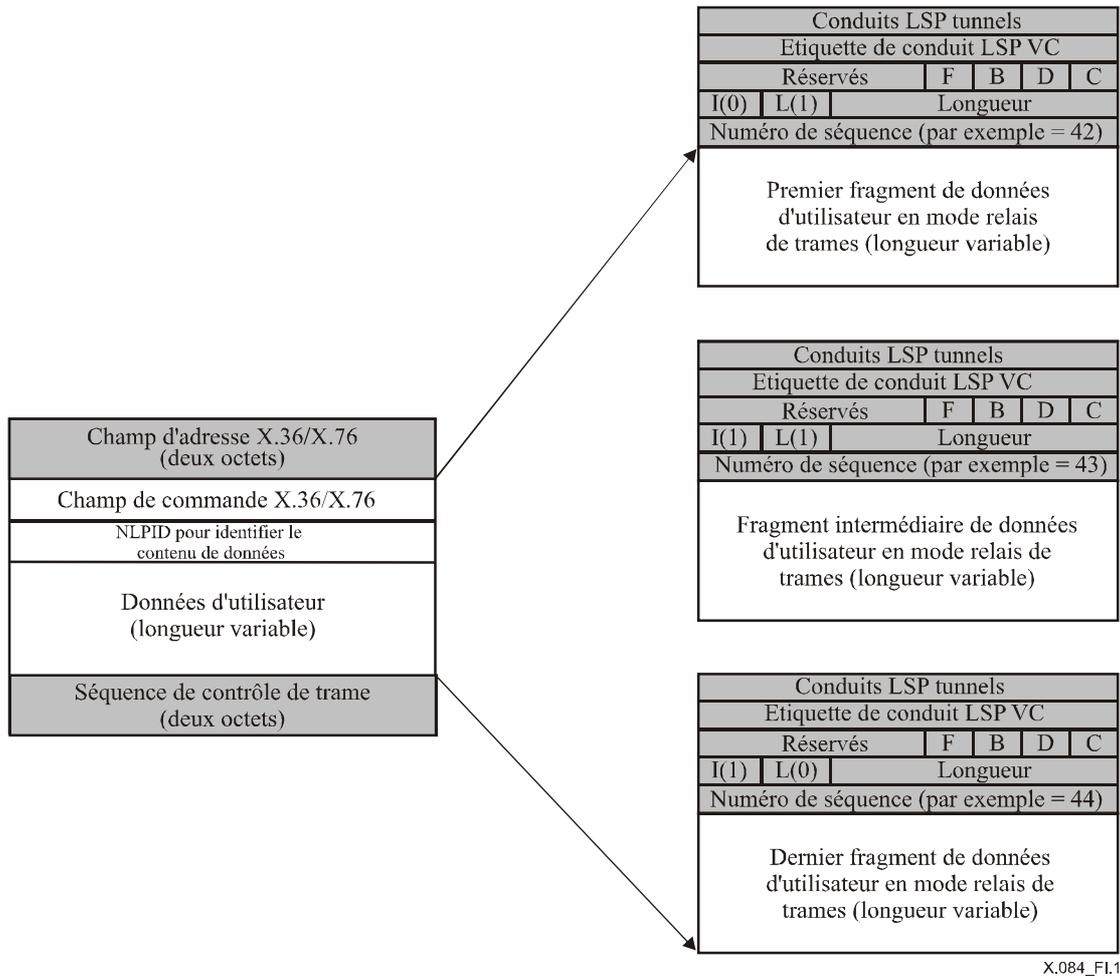


Figure I.1/X.84 – Exemple de fragmentation dans le mode de mappage de un à un

BIBLIOGRAPHIE

- IETF RFC 1191: *Path MTU Discovery*, novembre 1990.
- IETF RFC 1981: *Path MTU Discovery for IP version 6*, août 1996.
- RFC 2475: *An architecture for Differentiated Services*, décembre 1998.
- RFC 3260: *New Terminology and Clarifications for Diffserv*, avril 2002.
- Recommandation UIT-T G.805 (2000), *Architecture fonctionnelle générique des réseaux de transport*.
- Recommandation UIT-T M.20 (1992), *Philosophie de maintenance pour les réseaux de télécommunication*.
- Recommandation UIT-T Y.1710 (2002), *Prescriptions relatives à la fonctionnalité d'exploitation et de maintenance pour les réseaux MPLS*.
- Recommandation UIT-T Y.1711 (2004), *Mécanisme d'exploitation et de maintenance pour les réseaux MPLS*.
- Recommandation UIT-T Y.1720 (2003), *Commutation de protection pour les réseaux MPLS*.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

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