

UIT-T

G.8110/Y.1370

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

(01/2005)

SÉRIE G: SYSTÈMES ET SUPPORTS DE
TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX
NUMÉRIQUES

Aspects relatifs au protocole Ethernet sur couche
Transport – Aspects relatifs au protocole MPLS sur
couche Transport

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

Aspects relatifs au protocole Internet – Transport

Architecture du réseau de couche MPLS

Recommandation UIT-T G.8110/Y.1370

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE G
SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX NUMÉRIQUES

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIODÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
QUALITÉ DE SERVICE ET DE TRANSMISSION – ASPECTS GÉNÉRIQUES ET ASPECTS LIÉS À L'UTILISATEUR	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
DONNÉES SUR COUCHE TRANSPORT – ASPECTS GÉNÉRIQUES	G.7000–G.7999
ASPECTS RELATIFS AU PROTOCOLE ETHERNET SUR COUCHE TRANSPORT	G.8000–G.8999
Généralités	G.8000–G.8099
Aspects relatifs au protocole MPLS sur couche Transport	G.8100–G.8199
Objectifs de qualité et de disponibilité	G.8200–G.8299
RÉSEAUX D'ACCÈS	G.9000–G.9999

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

Recommandation UIT-T G.8110/Y.1370

Architecture du réseau de couche MPLS

Résumé

La présente Recommandation décrit l'architecture fonctionnelle des réseaux MPLS au moyen de la méthode de modélisation décrite dans les Recommandations UIT-T G.805 et G.809. La fonctionnalité de réseau MPLS est décrite du point de vue du réseau, compte tenu de la décomposition en couches du réseau MPLS, de la définition de l'information caractéristique, des associations client/serveur, de la topologie de réseautage et de la fonctionnalité de réseau de couche. L'architecture fonctionnelle des réseaux serveurs utilisés par le réseau MPLS sort du cadre de la présente Recommandation. Elle est décrite dans d'autres Recommandations de l'UIT-T ou dans des Documents RFC de l'IETF.

La présente Recommandation est fondée sur les Documents RFC 3031, 3032, 3270 et 3443 de l'IETF.

Source

La Recommandation UIT-T G.8110/Y.1370 a été approuvée le 13 janvier 2005 par la Commission d'études 15 (2005-2008) 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 2005

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..... 4
5	Conventions 5
6	Architecture fonctionnelle de transport des réseaux MPLS 5
6.1	Généralités..... 5
6.2	Structure en couches du réseau MPLS 5
7	Description de l'architecture fonctionnelle avec en-tête de calage MPLS fondée sur le modèle de la Rec. UIT-T G.809 7
7.1	Réseau de couche MPLS 7
7.2	Subdivision du réseau de couche MPLS 13
7.3	Comportement associé à l'étiquette MPLS..... 15
7.4	Suppression à l'avant-dernier saut (PHP) 20
7.5	Tunnels LSP 24
8	Description de l'architecture fonctionnelle avec en-tête de calage MPLS fondée sur le modèle de la Rec. UIT-T G.805 26
8.1	Réseau de couche MPLS 26
8.2	Subdivision du réseau de couche MPLS 31
8.3	Comportement de sous-réseau MPLS 31
8.4	Suppression à l'avant-dernier saut (PHP, <i>penultimate hop popping</i>) 32
8.5	Tunnels LSP 32
9	Hiérarchies MPLS 32
9.1	Hiérarchies MPLS G.809 32
9.2	Hiérarchies MPLS G.805 33
9.3	Hiérarchies MPLS hétérogènes 34
10	Associations serveur/client 37
10.1	Adaptation MPLS/client..... 38
10.2	Adaptation serveur non MPLS/MPLS..... 39
11	Commande de réseau MPLS 39
12	Techniques de capacité de survie MPLS 39
12.1	Techniques de protection..... 39
12.2	Rétablissement de réseau..... 39
13	MPLS et prise en charge de l'architecture Diff-Serv 39
13.1	Diagrammes de référence pour les modèles uniforme, tuyau et tuyau court..... 41
13.2	Comportement associé au champ TTL MPLS 44

	Page
13.3 Comportement associé au champ EXP MPLS	48
13.4 Fusion de conduits LSP et prise en charge du mécanisme Diff-Serv.....	53
Annexe A – Modèle fonctionnel de fragmentation des paquets dans un réseau MPLS	54
Annexe B – Traitement des étiquettes réservées	55
Annexe C – Equivalence entre entités G.809 et entités G.805	58
Annexe D – Multiplexage MPLS et IP	59
Appendice I – Modèle fonctionnel utilisé pour décrire l'utilisation du mécanisme ECMP dans les réseaux MPLS.....	60

Recommandation UIT-T G.8110/Y.1370

Architecture du réseau de couche MPLS

1 Domaine d'application

La présente Recommandation décrit l'architecture fonctionnelle des réseaux de plan support MPLS au moyen de la méthode de modélisation décrite dans les Recommandations UIT-T G.805 et G.809. La fonctionnalité de réseau MPLS est décrite du point de vue du réseau, compte tenu d'une structure stratifiée du réseau MPLS, de l'information caractéristique client, des associations client/serveur, de la topologie de réseautage et de la fonctionnalité de réseau de couche assurant la transmission des signaux MPLS, le multiplexage, la supervision, la performance et la capacité de survie.

Cette première version de la présente Recommandation est fondée sur les spécifications MPLS figurant dans les Documents RFC 3031, RFC 3032, RFC 3270 et RFC 3443 de l'IETF.

Les spécifications de la fonctionnalité OAM pour les réseaux MPLS figurant dans les Recommandations UIT-T Y.1711, Y.1712 et Y.1713 ne sont pas décrites dans cette version. Elles seront décrites dans la prochaine version de la présente Recommandation, conjointement avec les spécifications de la fonctionnalité OAM pour les réseaux MPLS en cours d'élaboration à l'IETF.

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 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 G.805 (2000), *Architecture fonctionnelle générique des réseaux de transport*.
- Recommandation UIT-T G.809 (2003), *Architecture fonctionnelle des réseaux de couche sans connexion*.
- Recommandation UIT-T Y.1711 (2004), *Mécanisme d'exploitation et de maintenance pour les réseaux MPLS*.
- Recommandation UIT-T Y.1712 (2004), *Fonctionnalité d'exploitation et de maintenance pour l'interfonctionnement des réseaux ATM et MPLS*.
- Recommandation UIT-T Y.1713 (2004), *Détection de mauvais branchements dans les réseaux MPLS*.
- 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*.
- IETF RFC 3443 (2003), *Time To Live (TTL) Processing in Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Networks*.

3 Définitions

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis dans la Rec. UIT-T G.805:

- 3.1** point d'accès
- 3.2** information adaptée
- 3.3** information caractéristique
- 3.4** relation client/serveur
- 3.5** connexion
- 3.6** point de connexion
- 3.7** réseau de couche
- 3.8** liaison
- 3.9** connexion de liaison
- 3.10** matrice
- 3.11** réseau
- 3.12** connexion de réseau
- 3.13** port
- 3.14** point de référence
- 3.15** sous-réseau
- 3.16** connexion de sous-réseau
- 3.17** point de connexion de terminaison
- 3.18** chemin
- 3.19** terminaison de chemin
- 3.20** transport
- 3.21** entité de transport
- 3.22** fonction de traitement de transport
- 3.23** connexion unidirectionnelle
- 3.24** chemin unidirectionnel

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis dans la Rec. UIT-T G.809:

- 3.25** point d'accès
- 3.26** information adaptée
- 3.27** information caractéristique
- 3.28** relation client/serveur
- 3.29** chemin sans connexion
- 3.30** flux
- 3.31** domaine de flux
- 3.32** flux de domaine de flux
- 3.33** point de flux
- 3.34** pool de points de flux

- 3.35** terminaison de flux
- 3.36** collecteur de terminaison de flux
- 3.37** source de terminaison de flux
- 3.38** réseau de couche
- 3.39** flux de liaison
- 3.40** réseau
- 3.41** flux de réseau
- 3.42** port
- 3.43** point de référence
- 3.44** unité de trafic
- 3.45** transport
- 3.46** entité de transport
- 3.47** fonction de traitement de transport
- 3.48** point de flux de terminaison

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis dans la norme RFC 3031:

- 3.49** classe d'équivalence de transmission
- 3.50** étiquette
- 3.51** fusion d'étiquettes
- 3.52** paquet étiqueté
- 3.53** pile d'étiquettes
- 3.54** échange d'étiquettes
- 3.55** échange d'étiquettes
- 3.56** saut commuté par étiquette
- 3.57** conduit commuté par étiquette
- 3.58** pile d'étiquettes MPLS

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis dans la norme RFC 3032:

- 3.59** bas de pile
- 3.60** durée de vie
- 3.61** utilisation expérimentale
- 3.62** valeur d'étiquette
- 3.63** étiquette néant explicite IPv4
- 3.64** étiquette d'alerte de routeur
- 3.65** étiquette néant explicite IPv6
- 3.66** néant implicite

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis dans la norme RFC 3270:

- 3.67** comportement par saut
- 3.68** conduit LSP avec classe de programmation de comportements PHB déduite du champ EXP

3.69 conduit LSP avec classe de programmation de comportements PHB déduite d'une étiquette

La présente Recommandation définit le terme suivant:

3.70 couche Z: sous-couche utilisée pour la modélisation de la suppression à l'avant-dernier saut. Une sous-couche Z est une sous-couche fondée sur des flux. Le domaine de flux de couche Z est un domaine de flux au niveau matriciel. Un flux de réseau Z est toujours de la forme flux de liaison – flux de domaine de flux – flux de liaison.

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

AG	groupe d'accès (<i>access group</i>)
AI	information adaptée (<i>adapted information</i>)
AP	point d'accès (<i>access point</i>)
BA	agrégat comportemental (<i>behaviour aggregate</i>)
CI	information caractéristique (<i>characteristic information</i>)
CP	point de connexion (<i>connection point</i>)
DSCP	point de code des services différenciés (<i>diff-serv code point</i>)
E-LSP	conduit LSP de classe PSC déduite du champ EXP (<i>EXP-inferred-PSC LSP</i>)
EXP	utilisation expérimentale (<i>experimental use</i>)
FDF	flux de domaine de flux (<i>flow domain flow</i>)
FEC	classe d'équivalence de transmission (<i>forwarding equivalence class</i>)
FP	point de flux (<i>flow point</i>)
FPP	pool de points de flux (<i>flow point pool</i>)
FT	terminaison de flux (<i>flow termination</i>)
FTP	point de terminaison de flux (<i>flow termination point</i>)
LF	flux de liaison (<i>link flow</i>)
LSP	chemin commuté avec étiquette (<i>label switched path</i>)
L-LSP	conduit LSP de classe PSC déduite d'une étiquette uniquement (<i>label-only-inferred PSC LSP</i>)
MPLS	commutation multiprotocolaire par étiquetage (<i>multi-protocol label switching</i>)
NF	flux de réseau (<i>network flow</i>)
OA	agrégat ordonné (<i>ordered aggregate</i>)
PHB	comportement par saut (<i>per hop behaviour</i>)
PHP	suppression à l'avant-dernier saut (<i>penultimate hop popping</i>)
PSC	classe de programmation de comportement PHB (<i>PHB scheduling class</i>)
S	bas de pile (<i>bottom of stack</i>)
TCP	point de connexion de terminaison (<i>termination connection point</i>)
TFP	point de flux de terminaison (<i>termination flow point</i>)
TFPP	pool de points de flux de terminaison (<i>termination flow point pool</i>)

TTL durée de vie (*time-to-live*)

5 Conventions

La convention utilisée pour les diagrammes des réseaux de couche en mode connexion décrits dans la présente Recommandation est celle de la Rec. UIT-T G.805.

La convention utilisée pour les diagrammes des réseaux de couche en mode sans connexion décrits dans la présente Recommandation est celle de la Rec. UIT-T G.809, à l'exception des couleurs utilisées pour les symboles de fonction atomique et de port.

Dans la présente Recommandation, toutes les entités de transport sont unidirectionnelles.

6 Architecture fonctionnelle de transport des réseaux MPLS

6.1 Généralités

L'architecture fonctionnelle des réseaux de transport MPLS est décrite au moyen des techniques de modélisation définies dans les Recommandations UIT-T G.805 et G.809. Les réseaux MPLS peuvent présenter un comportement en mode connexion ou un comportement en mode sans connexion, l'architecture fonctionnelle fondée sur le modèle de flux G.809 et sur le modèle de connexion G.805 est suffisante pour modéliser l'architecture MPLS. La présente Recommandation porte sur les aspects spécifiques concernant l'information caractéristique, les associations client/serveur, la topologie et la subdivision des réseaux de transport MPLS. Elle utilise la terminologie, l'architecture fonctionnelle et les conventions pour les diagrammes définies dans les Recommandations UIT-T G.805 et G.809.

La description de l'architecture MPLS est organisée comme suit:

- architecture fonctionnelle MPLS fondée sur des en-têtes MPLS spécifiques (en-tête de calage MPLS):
 - l'architecture fonctionnelle des réseaux MPLS qui prennent en charge des propriétés de flux (par exemple flux multipoint à point sous la forme d'arbres LSP multipoint à point dans un seul réseau de couche) est décrite au § 7 à l'aide du modèle de flux de la Rec. UIT-T G.809;
 - l'architecture fonctionnelle des réseaux MPLS qui présentent un comportement en mode connexion est décrite au § 8 à l'aide du modèle de connexion de la Rec. UIT-T G.805;
 - les hiérarchies MPLS peuvent être décrites à l'aide du modèle G.805 ou du modèle G.809. En outre, pour décrire les différents niveaux d'une hiérarchie MPLS, il peut être nécessaire de recourir à la fois au modèle G.805 et au modèle G.809. Les hiérarchies MPLS sont décrites au § 9.
- architecture fonctionnelle MPLS fondée sur l'encapsulation d'étiquettes MPLS dans l'en-tête d'une autre technologie:
 - cette architecture n'est pas étudiée plus avant dans la présente version de la Recommandation.

L'utilisation de la multidiffusion fera l'objet d'une étude ultérieure.

6.2 Structure en couches du réseau MPLS

Un seul réseau de couche est défini dans l'architecture des réseaux de transport MPLS:

- réseau de couche MPLS.

Le réseau de couche MPLS est un réseau de couche conduits. Son information caractéristique peut être transportée sur des liaisons MPLS prises en charge par des chemins appartenant à d'autres réseaux de couche conduits (par exemple réseau de couche MAC Ethernet, VC-n SDH, ODUk OTH).

6.2.1 Information adaptée MPLS

L'information adaptée de réseau de couche MPLS est un flux (non) continu d'unités de trafic MPLS_AI, chacune étant constituée d'un en-tête MPLS_AI contenant le champ S de l'en-tête de calage MPLS et d'un champ de charge utile MPLS, lequel achemine l'information client adaptée.

6.2.2 Information caractéristique MPLS

L'information caractéristique de réseau de couche MPLS est un flux (non) continu d'unités de trafic MPLS_CI.

L'unité de trafic MPLS_CI est constituée d'une unité de trafic MPLS_AI plus un en-tête MPLS_CI contenant le champ TTL de l'en-tête de calage MPLS.

NOTE – L'étiquette de 20 bits et le champ EXP de 3 bits MPLS sont considérés comme faisant partie de l'en-tête MPLS (RFC 3031). Dans le modèle de réseau de couche, les deux sont associés à la liaison MPLS, et non à l'information caractéristique MPLS.

Lorsque le réseau de couche client du réseau de couche MPLS est lui-même de type MPLS, l'information de charge utile inclut l'unité de trafic MPLS_CI plus un champ EXP de 3 bits et une étiquette de 20 bits issus de l'en-tête de calage MPLS. Dans ce cas, la charge utile est équivalente à un paquet étiqueté dans la norme RFC 3031. La Figure 1 illustre les structures d'information ainsi que la relation avec les entrées de pile d'étiquettes.

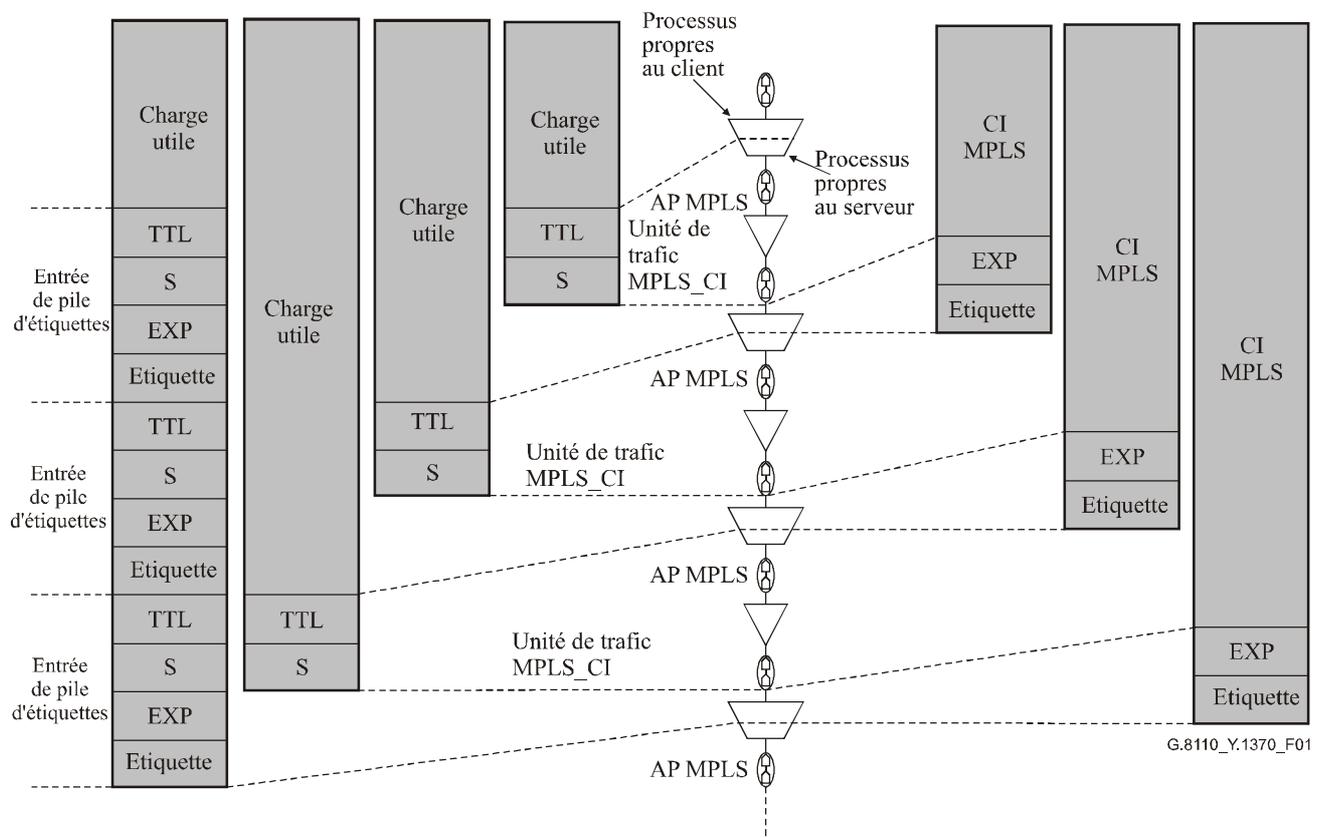
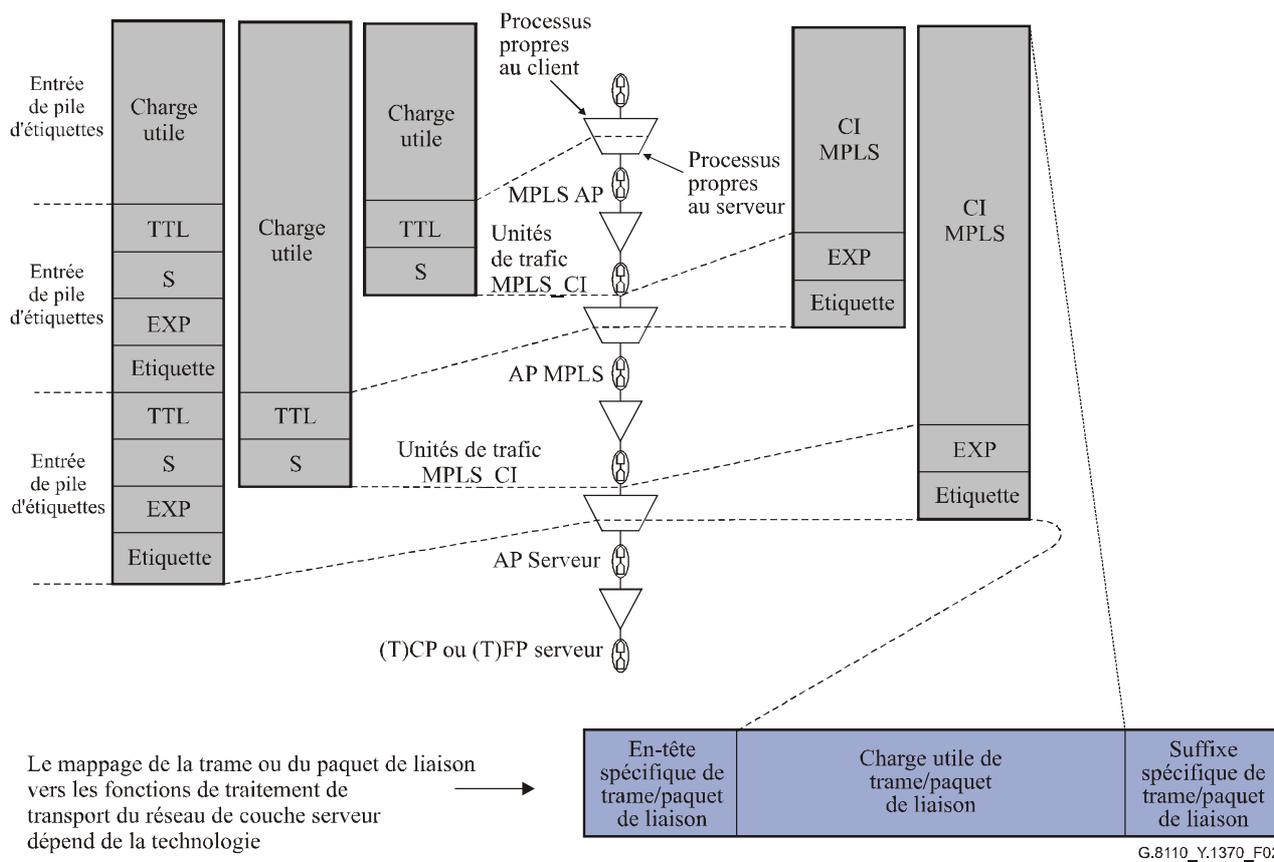


Figure 1/G.8110/Y.1370 – Exemple de comportement récurrent d'unité de trafic d'information caractéristique MPLS (MPLS_CI) dans une pile d'étiquettes MPLS

L'unité de trafic MPLS_CI est transportée sur une liaison MPLS dans une trame ou un paquet propre à la liaison. Son format générique est illustré sur la Figure 2.



(A noter que la présence ou l'absence d'un suffixe spécifique de trame/paquet de liaison dépend de la technologie.)

Figure 2/G.8110/Y.1370 – Format d'unité de trafic d'information caractéristique MPLS (MPLS_CI) et relation avec les autres entités d'information y compris la relation avec les trames/paquets de liaison encapsulants

7 Description de l'architecture fonctionnelle avec en-tête de calage MPLS fondée sur le modèle de la Rec. UIT-T G.809

7.1 Réseau de couche MPLS

Le réseau de couche MPLS assure le transport de l'information adaptée par le biais d'un chemin en mode sans connexion MPLS entre points d'accès MPLS. L'information caractéristique du réseau de couche MPLS est transportée sur un flux de réseau MPLS entre points de flux de terminaison MPLS.

Le réseau de couche MPLS contient les fonctions de traitement de transport, les entités de transport et les composants topologiques suivants (voir la Figure 3):

- chemin en mode sans connexion MPLS;
- source de terminaison de flux MPLS (MPLS_FT_So);
- collecteur de terminaison de flux MPLS (MPLS_FT_Sk);
- flux de réseau (NF) MPLS;
- flux de liaison (LF) MPLS;
- flux de domaine de flux (FDF) MPLS;

- domaine de flux (FD) MPLS;
- liaison MPLS.

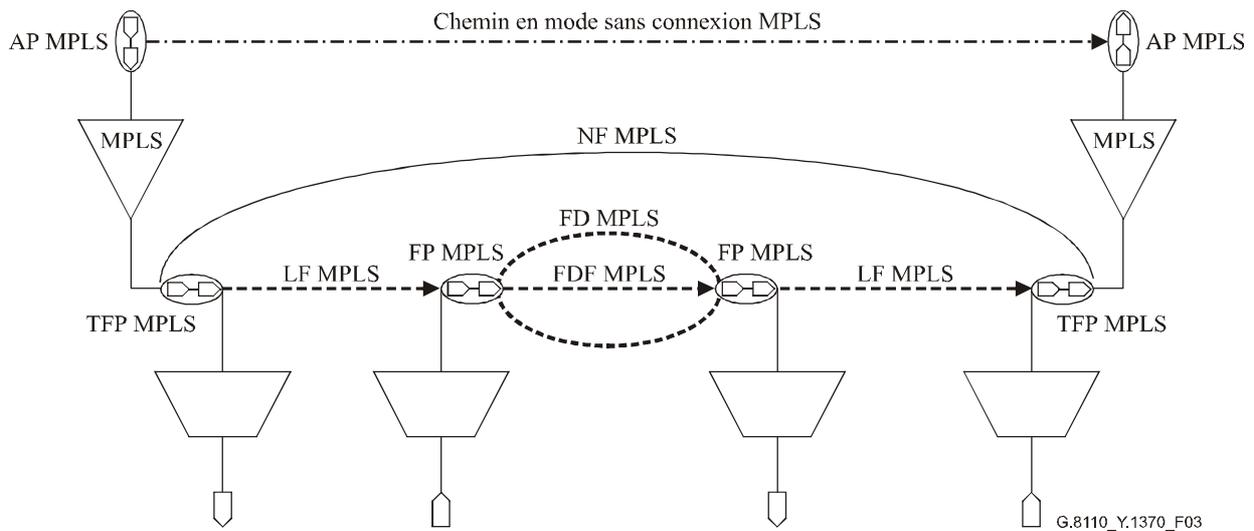
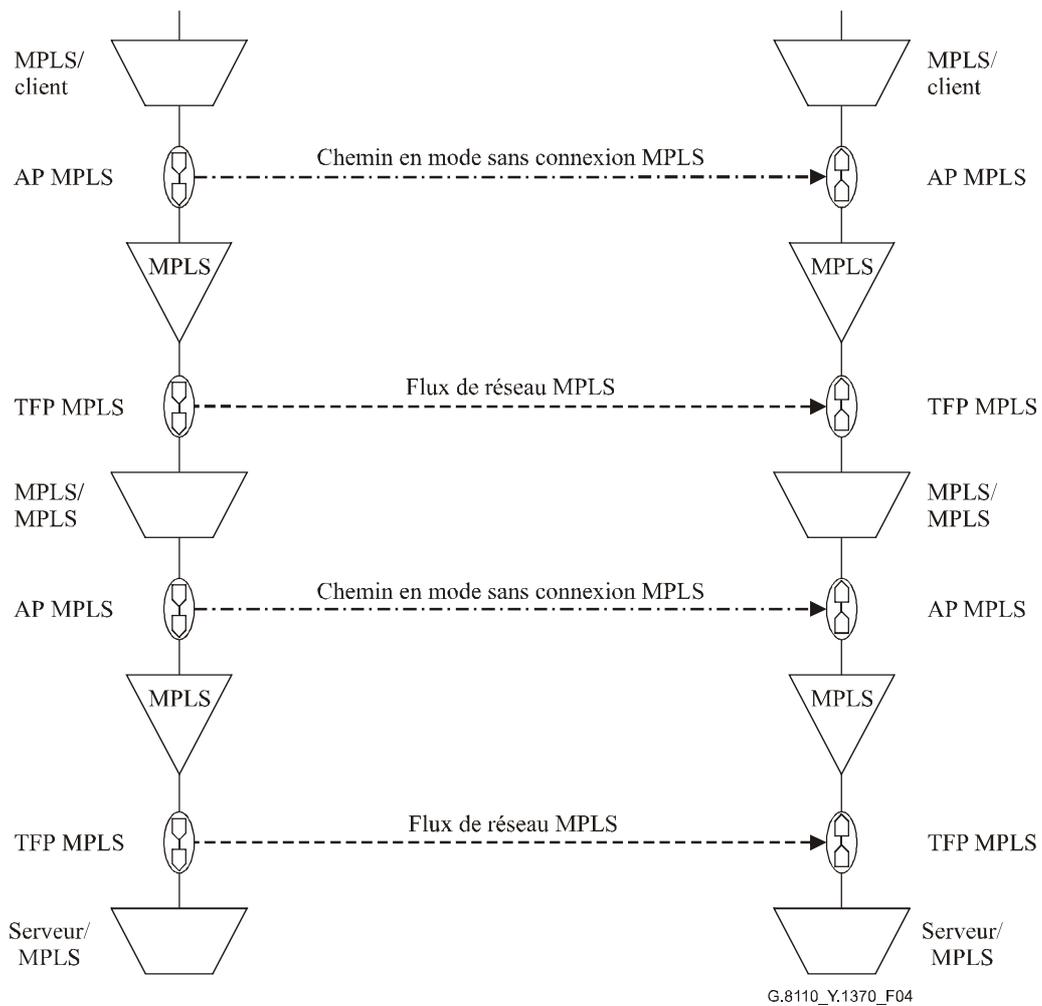


Figure 3/G.8110/Y.1370 – Exemple de réseau de couche MPLS

Le réseau de couche MPLS peut être employé de façon récurrente pour décrire une hiérarchie MPLS implémentée sous la forme d'une pile d'étiquettes. Pour la description, on utilise des sous-couches. Un réseau de transport fondé sur MPLS peut être décomposé en un certain nombre de réseaux de sous-couche de transport indépendants avec une association client/serveur entre réseaux de sous-couche adjacents. La Figure 4 illustre un exemple de sous-couches MPLS ainsi que leur structure et les fonctions d'adaptation. C'est cette convention qui est utilisée dans la présente Recommandation.

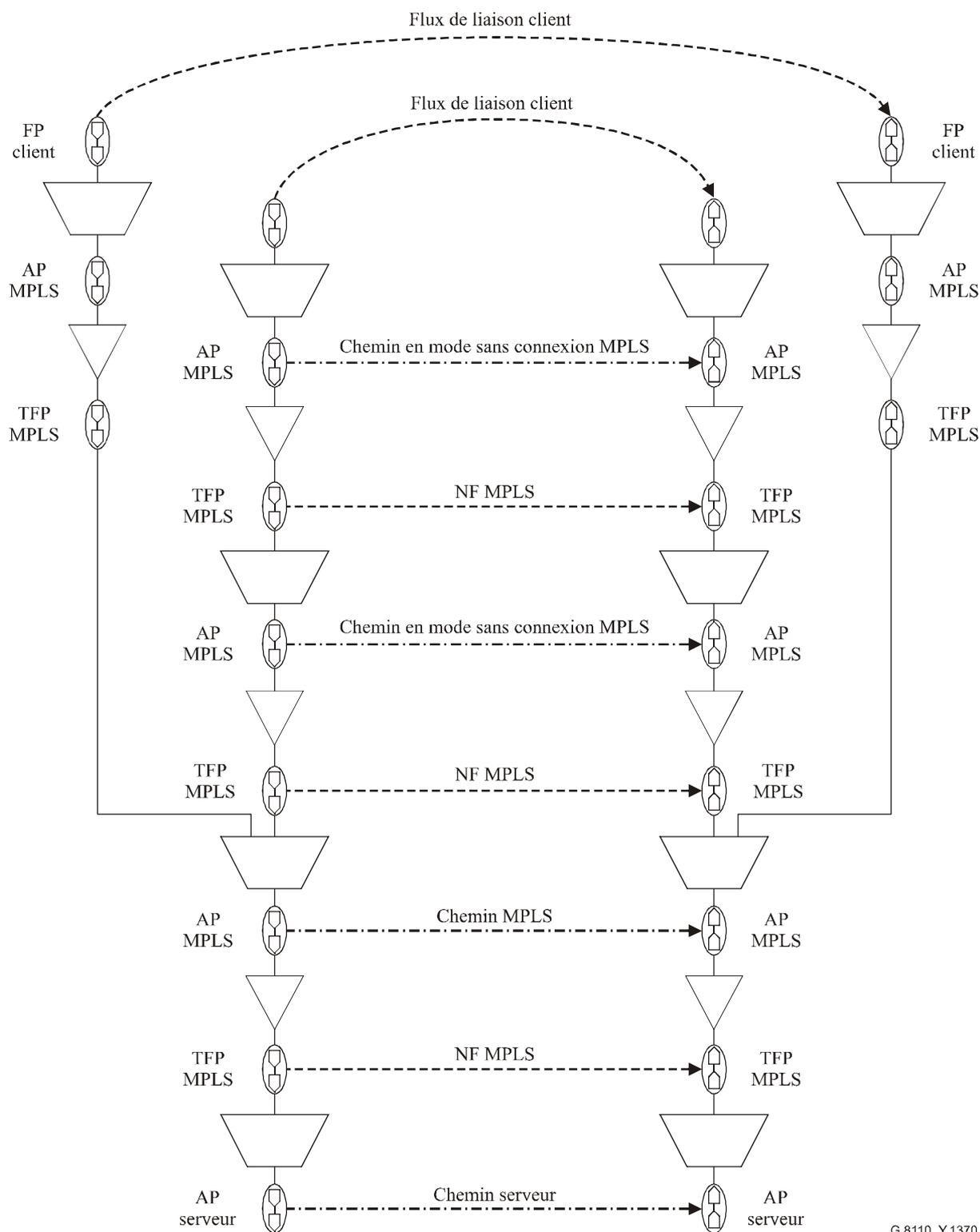
La relation entre la pile d'étiquettes et les sous-couches MPLS est telle que le bas de la pile est associé à la sous-couche MPLS se trouvant en haut du diagramme (où le client n'est pas MPLS), tandis que le haut de la pile est associé à la sous-couche MPLS se trouvant en bas du diagramme.



NOTE – Deux niveaux sont illustrés dans cet exemple. D'autres sous-couches peuvent être ajoutées en fonction des besoins. Le bas de la pile se trouve en haut du diagramme.

Figure 4/G.8110/Y.1370 – Exemple de hiérarchie MPLS illustrée à l'aide de sous-couches

La technique MPLS permet de créer une profondeur arbitraire de sous-couches ou de piles d'étiquettes. Un exemple est illustré sur la Figure 5.



G.8110_Y.1370_F05

NOTE – Le flux client extérieur est pris en charge par une hiérarchie MPLS avec une profondeur de pile de deux, tandis que le flux client intérieur est pris en charge par une pile MPLS de profondeur trois. En tant que telle, une sous-couche MPLS autre que le bas de la pile n'a pas de profondeur désignée.

Figure 5/G.8110/Y.1370 – Exemple de profondeurs de pile MPLS

7.1.1 Composants topologiques MPLS

Les composants topologiques MPLS sont les suivants:

- réseau de couche MPLS;
- domaine de flux MPLS;
- liaison MPLS;
- groupe d'accès MPLS.

Le réseau de couche MPLS est subdivisé en un certain nombre de domaines de flux MPLS interconnectés par des liaisons MPLS.

7.1.1.1 Réseau de couche MPLS

Le réseau de couche MPLS est défini par l'ensemble complet des groupes d'accès MPLS qui peuvent être associés pour le transfert de l'information. Cette information transférée, qui est caractéristique du réseau de couche MPLS, est appelée information caractéristique MPLS. Les associations des terminaisons de flux MPLS (qui forment un chemin en mode sans connexion) dans le réseau de couche MPLS sont définies sur la base de l'unité de trafic, à savoir MPLS_CI. La topologie du réseau de couche MPLS est décrite par des groupes d'accès MPLS, des domaines de flux MPLS et les liaisons entre pools de points de flux MPLS qui les relient. Les structures du réseau de couche MPLS et de ses réseaux de couche serveur et client sont décrites par les composants ci-dessous.

7.1.1.2 Domaine de flux MPLS

Un domaine de flux MPLS est défini par l'ensemble des points de flux MPLS qui sont disponibles pour le transfert de l'information. Les transferts d'unité de trafic MPLS_CI, au travers du domaine de flux MPLS, qui correspondent à une association particulière entre points de flux MPLS d'entrée et de sortie, n'ont pas besoin d'être toujours présents. D'une manière générale, les domaines de flux MPLS peuvent être subdivisés en domaines de flux plus petits interconnectés par des liaisons entre pools de points de flux MPLS. La matrice est un cas particulier de domaine de flux MPLS qui ne peut pas être subdivisé. Sauf indication contraire, les domaines de flux sont décrits au niveau matriciel dans la présente Recommandation.

7.1.1.3 Liaison entre pools de points de flux MPLS

Une liaison entre pools de points de flux MPLS est constituée d'un sous-ensemble de points de flux MPLS en périphérie d'un domaine de flux MPLS ou groupe d'accès MPLS qui sont associés à un sous-ensemble correspondant de points de flux MPLS en périphérie d'un autre domaine de flux MPLS ou groupe d'accès MPLS pour le transfert de l'information caractéristique MPLS. La liaison entre pools de points de flux (liaison FPP) MPLS représente la relation topologique et la capacité disponible entre deux domaines de flux MPLS ou entre un domaine de flux MPLS et un groupe d'accès MPLS ou encore entre deux groupes d'accès MPLS.

Plusieurs liaisons entre pools de points de flux MPLS peuvent exister entre un domaine de flux MPLS et un groupe d'accès MPLS ou entre deux domaines de flux MPLS ou entre deux groupes d'accès MPLS. Ces liaisons sont établies à l'échelle de temps du réseau de couche serveur MPLS.

7.1.1.4 Groupe d'accès MPLS

Un groupe d'accès MPLS est un groupe de fonctions de terminaison de flux MPLS colocalisées qui sont connectées au même domaine de flux MPLS ou à la même liaison entre pools de points de flux MPLS.

7.1.2 Entités de transport MPLS

Les entités de transport MPLS sont les suivantes:

- flux de liaison MPLS;
- flux de domaine de flux MPLS;
- flux de réseau MPLS;
- chemin en mode sans connexion MPLS.

7.1.3 Fonctions de traitement de transport MPLS

Les fonctions de traitement de transport MPLS sont les suivantes:

- fonction de terminaison de flux MPLS;
- fonctions d'adaptation entre réseau de couche MPLS et réseau de couche client.

7.1.3.1 Terminaison de flux MPLS

La fonction MPLS_FT_So insère le champ TTL de 8 bits dans l'unité de trafic MPLS_CI, laquelle sort via le point TFP MPLS.

La fonction MPLS_FT_Sk termine et traite le champ TTL de 8 bits comme décrit au § 13.2.

Il est à noter qu'une terminaison de flux est associée à une seule instance de conduit LSP.

7.1.3.2 Fonctions d'adaptation entre réseau de couche MPLS et réseau de couche client

Les fonctions d'adaptation MPLS/client sont décrites au § 10.

7.1.4 Points de référence MPLS

Les points de référence MPLS (Figure 3) sont les suivants:

- point d'accès (AP) MPLS;
- point de flux de terminaison (TFP) MPLS;
- point de flux (FP) MPLS;
- pool de points de flux (FPP) MPLS;
- pool de points de flux de terminaison (TFPP) MPLS.

7.1.4.1 Point d'accès MPLS

Un point d'accès MPLS (AP MPLS) représente le rattachement entre une fonction de terminaison de flux MPLS et une ou plusieurs fonctions d'adaptation MPLS/client ou MPLS/MPLS.

7.1.4.2 Point de flux de terminaison MPLS

Un point de flux de terminaison MPLS (TFP MPLS) raccorde une fonction de terminaison de flux MPLS (FT MPLS) à une liaison MPLS.

7.1.4.3 Point de flux MPLS

Une liaison MPLS est raccordée à un domaine de flux MPLS ou à une autre liaison MPLS via un point de flux MPLS. Ce point de flux est fourni par la fonction d'adaptation serveur/MPLS ou MPLS/MPLS.

7.1.4.4 Pool de points de flux MPLS

Un groupe de points de flux MPLS est appelé pool de points de flux (FPP, *flow point pool*) MPLS. Un pool FPP possède les mêmes propriétés que ses points de flux.

7.1.4.5 Pool de points de flux de terminaison MPLS

Un groupe de points de flux de terminaison MPLS est appelé pool de points de flux de terminaison (TFPP, *termination flow point pool*) MPLS. Un pool TFPP possède les mêmes propriétés que ses points de flux de terminaison.

7.2 Subdivision du réseau de couche MPLS

La subdivision du réseau de couche MPLS peut être représentée dans un même réseau de couche grâce à une translation géométrique de la hiérarchie MPLS. Voir la Figure 6. La Figure 6 a) illustre un exemple de hiérarchie MPLS – seules les fonctions de source sont représentées. Les points TFP MPLS peuvent être représentés au même niveau horizontal sur un diagramme grâce à la translation simple illustrée sur la Figure 6 b). On peut représenter de manière analogue une pile d'étiquettes de profondeur arbitraire. Le résultat de cette translation est que les points TFP MPLS, et donc les points FP, les flux de liaison, les flux de domaine de flux, les domaines de flux et les liaisons peuvent tous être représentés dans un même réseau de couche. Un exemple est illustré sur la Figure 7.

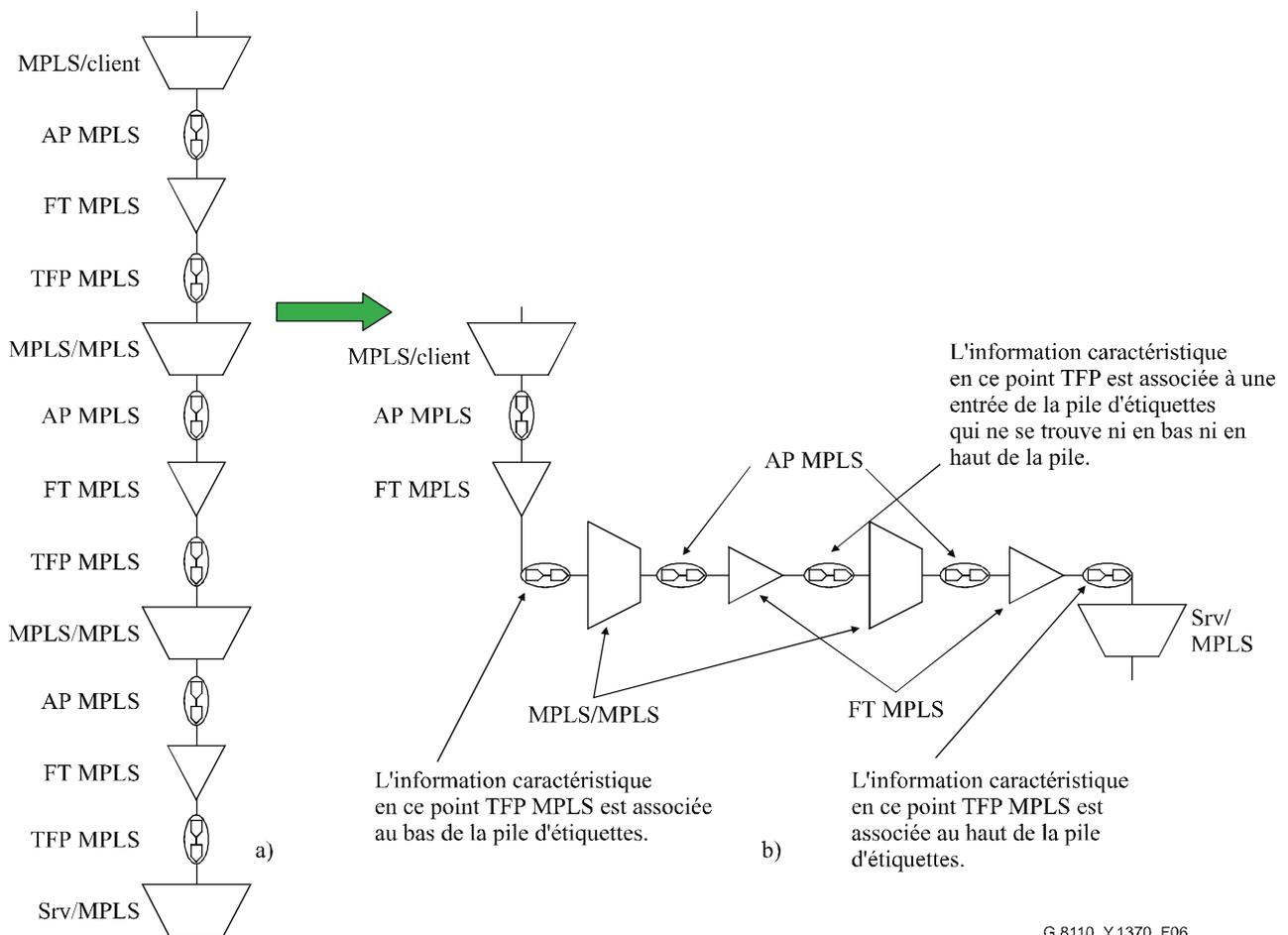


Figure 6/G.8110/Y.1370 – Translation entre le point de vue des sous-couches et le point de vue du réseau de couche (seules les fonctions de source sont représentées)

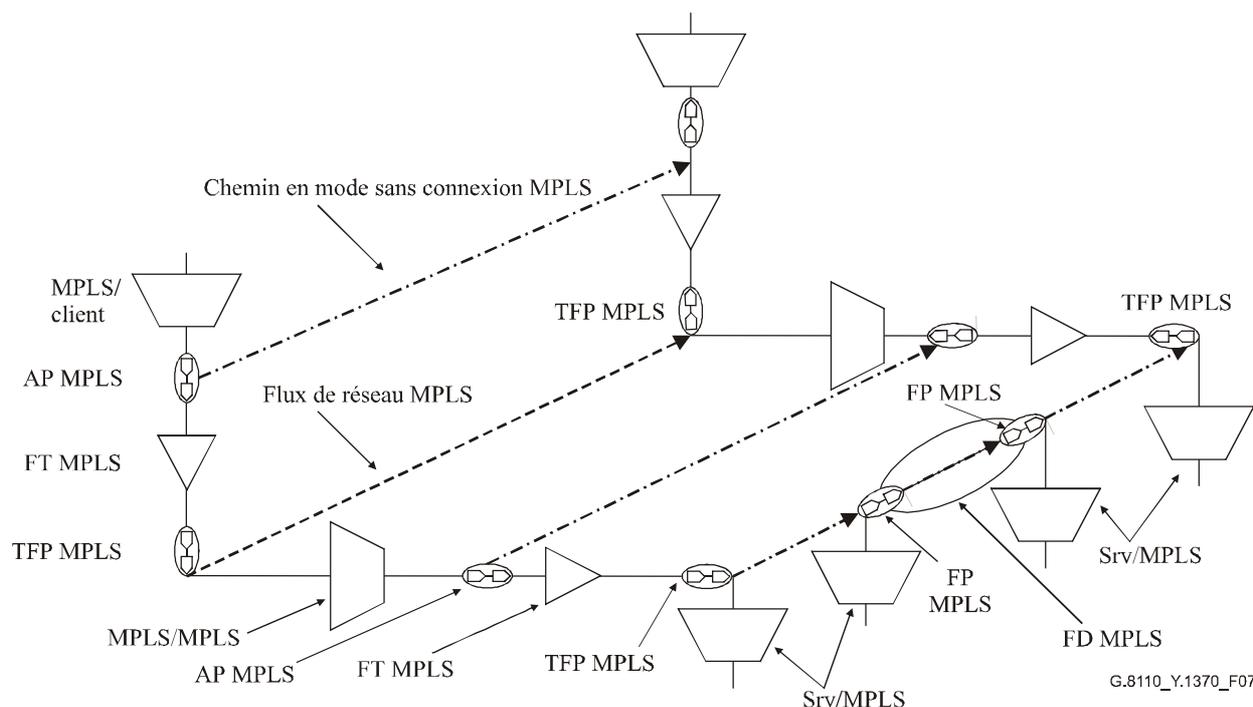


Figure 7/G.8110/Y.1370 – Représentation des flux de réseau et des chemins en mode sans connexion MPLS dans un même réseau de couche MPLS

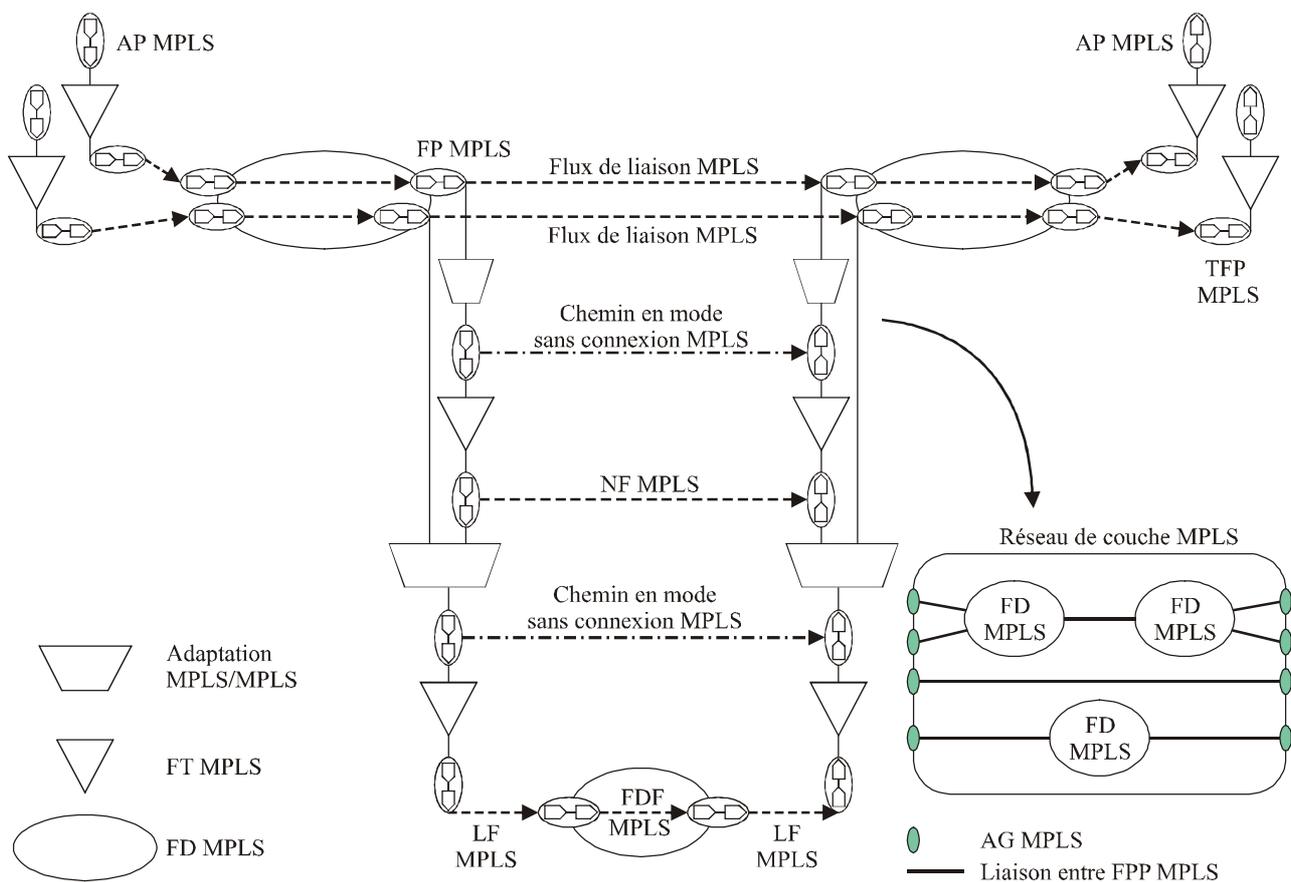
NOTE – La présente Recommandation emploie la convention suivante: la décomposition en sous-couches est utilisée pour illustrer les relations entre entités de transport (hiérarchie) tandis que le point de vue d'un seul réseau de couche est utilisé pour illustrer la topologie et la subdivision. La transformation permettant de représenter toutes les sous-couches MPLS dans un même réseau de couche n'est possible que parce que toutes les sous-couches MPLS possèdent la même information caractéristique et appartiennent au même espace d'adresses. Les points de flux (ou points de connexion) associés à différents types d'information caractéristique sont toujours représentés dans des réseaux de couche différents.

La relation entre réseau de couche MPLS et sous-couches MPLS est la suivante:

- un réseau de couche MPLS peut prendre en charge une hiérarchie composée d'une ou plusieurs sous-couches. Les sous-couches associées à un réseau de couche doivent toutes appartenir au même espace d'adresses. Le contexte de l'espace d'adresses est celui des adresses des points d'accès MPLS;
- lorsque deux sous-couches MPLS ont des espaces d'adresses différents, chaque sous-couche est associée à un réseau de couche MPLS différent.

Chaque liaison entre pools de points de flux MPLS peut comprendre des points de flux provenant de différents niveaux de la pile d'étiquettes, suivant la structure des piles d'étiquettes prenant en charge les extrémités de liaison. La Figure 8 en illustre un exemple et montre la topologie de réseau de couche résultante.

La topologie d'un réseau de couche MPLS peut être subdivisée selon les règles de subdivision décrites dans la Rec. UIT-T G.809.



G.8110_Y.1370_F08

Figure 8/G.8110/Y.1370 – Points de flux d'une liaison MPLS et leur relation au sein de la hiérarchie MPLS

7.3 Comportement associé à l'étiquette MPLS

7.3.1 Etiquettes réservées

Les valeurs d'étiquette 0 à 15 sont réservées. Quatre des valeurs d'étiquette réservées sont définies dans la norme RFC 3032 et sont décrites dans le Tableau 1. Il est à noter que la valeur d'étiquette 3 est envoyée uniquement dans le plan de commande et jamais dans le plan support. Les paquets MPLS portant les valeurs d'étiquette 0, 1 et 2 sont acheminés par une fonction de collecteur d'adaptation vers un point FTP.

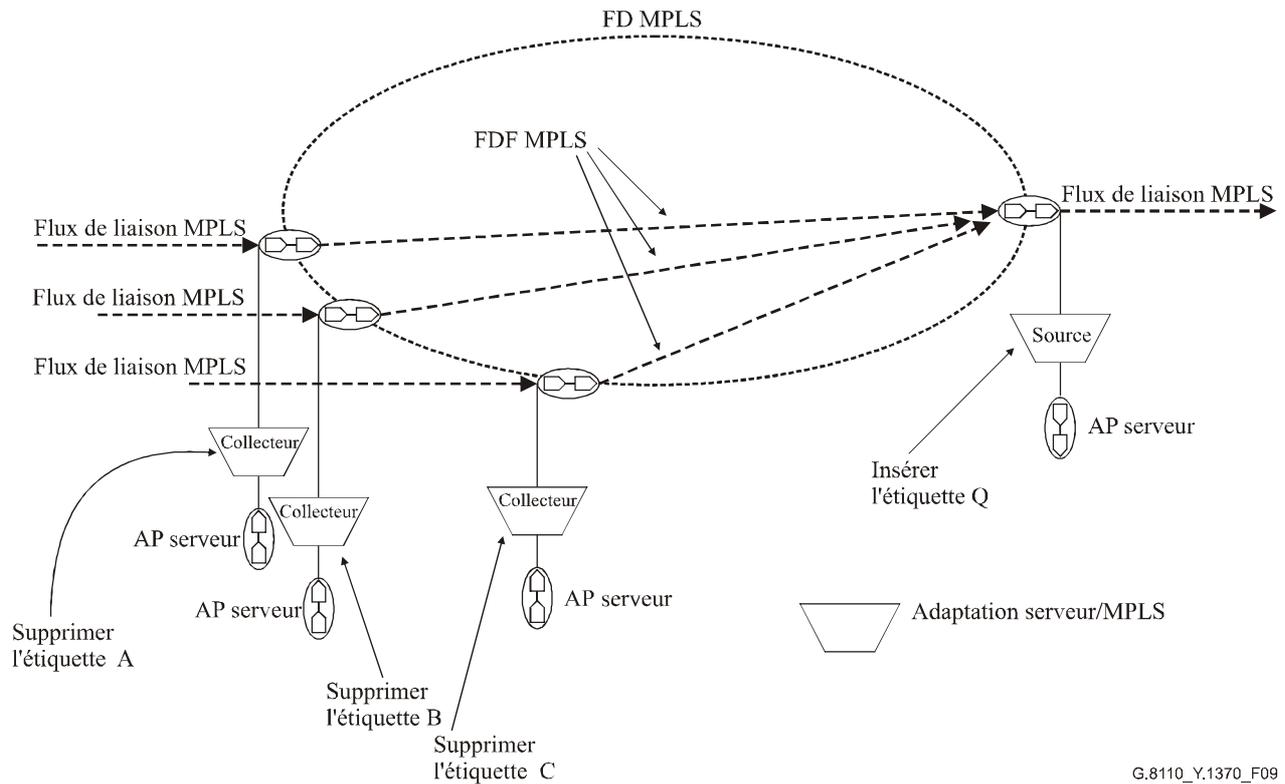
Les modèles fonctionnels applicables à chacune des étiquettes réservées sont décrits à l'Annexe B.

Tableau 1/G.8110/Y.1370 – Valeurs d'étiquette réservées

Valeur d'étiquette	Nom de l'étiquette	Description
0	Etiquette néant explicite IPv4	Cette valeur d'étiquette indique que la pile d'étiquettes doit être retirée et que la transmission de la charge utile, un paquet IPv4, doit être fondée sur l'en-tête IPv4. Elle n'est valable qu'en bas de la pile.
1	Etiquette d'alerte de routeur	Une fois reçu, le paquet est traité localement. La transmission est déterminée par l'en-tête client, mais une étiquette d'alerte de routeur doit être insérée à la sortie. Cette valeur est valable partout dans la pile d'étiquettes sauf en bas.
2	Etiquette néant explicite IPv6	Cette valeur d'étiquette indique que la pile d'étiquettes doit être retirée et que la transmission de la charge utile, un paquet IPv6, doit être fondée sur l'en-tête IPv6. Elle n'est valable qu'en bas de la pile.
3	Etiquette néant implicite	Dans le plan de commande, le dernier saut du conduit LSP annonce une valeur d'étiquette de 3 pour indiquer que l'en-tête MPLS doit être supprimé et que la transmission est fondée sur la charge utile MPLS. La valeur néant implicite n'apparaît jamais dans un en-tête MPLS.
4-13		Réservées
14	Etiquette d'alerte OAM	Etiquette pour les paquets OAM MPLS comme décrit dans la Rec. UIT-T Y.1711. Elle n'est pas utilisée dans le modèle G.809.
15		Réservée

7.3.2 Fusion d'étiquettes

Comme cela a déjà été décrit dans le modèle fonctionnel, le champ d'étiquette est associé à la liaison MPLS et non à l'information caractéristique MPLS. Il est donc possible d'utiliser des valeurs de champ d'étiquette différentes sur des liaisons différentes. On parle d'échange d'étiquettes. Il y a fusion lorsque des unités de trafic MPLS_CI arrivant dans un domaine de flux MPLS sur différentes liaisons MPLS sont acheminées vers un même point de flux MPLS sur une liaison MPLS de sortie. Toutes les unités de trafic traversant ce point de flux se voient attribuer la même étiquette de sortie par la source d'adaptation serveur/MPLS associée. Voir la Figure 9. Le flux multipoint à point créé par la fusion est également appelé arbre LSP multipoint à point.



G.8110_Y.1370_F09

NOTE – Dans cet exemple, les couches serveur sont indiquées comme n'étant pas MPLS. Il est également possible d'avoir des couches serveur MPLS, auquel cas les fonctions d'adaptation seraient MPLS/MPLS et les points d'accès seraient des AP MPLS.

Figure 9/G.8110/Y.1370 – Fusion de flux de liaison MPLS

La fusion dans le réseau de couche MPLS supprime la possibilité de différencier les sources de trafic dans ce réseau de couche. La seule façon de décomposer le flux fusionné consiste à opérer un démultiplexage vers un réseau de (sous-)couche client (autrement dit un client de la (sous-)couche qui a créé la fusion). Pour cela, il faut que la couche client:

- soit en mode sans connexion dans le sens où chaque unité d'information caractéristique contient à la fois une adresse d'origine et une adresse de destination. Dans ce cas, la résolution de la source et du collecteur est simple;
- ou assure une connectivité point à point entre chaque source et chaque collecteur. Cette connectivité est généralement opérée dans un réseau de couche client MPLS au moyen de flux de liaison MPLS point à point au-dessus de la sous-couche MPLS qui a créé la fusion. Voir la Figure 10.

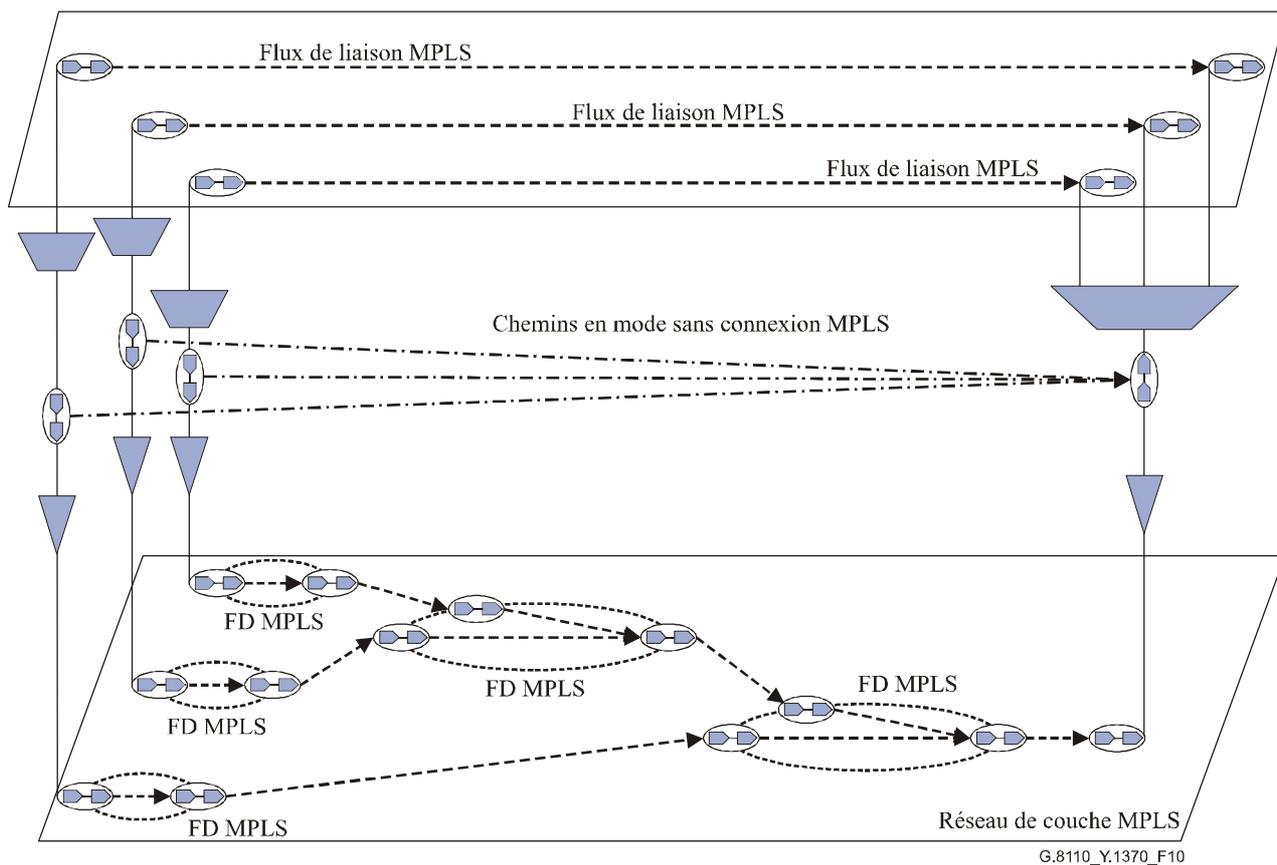
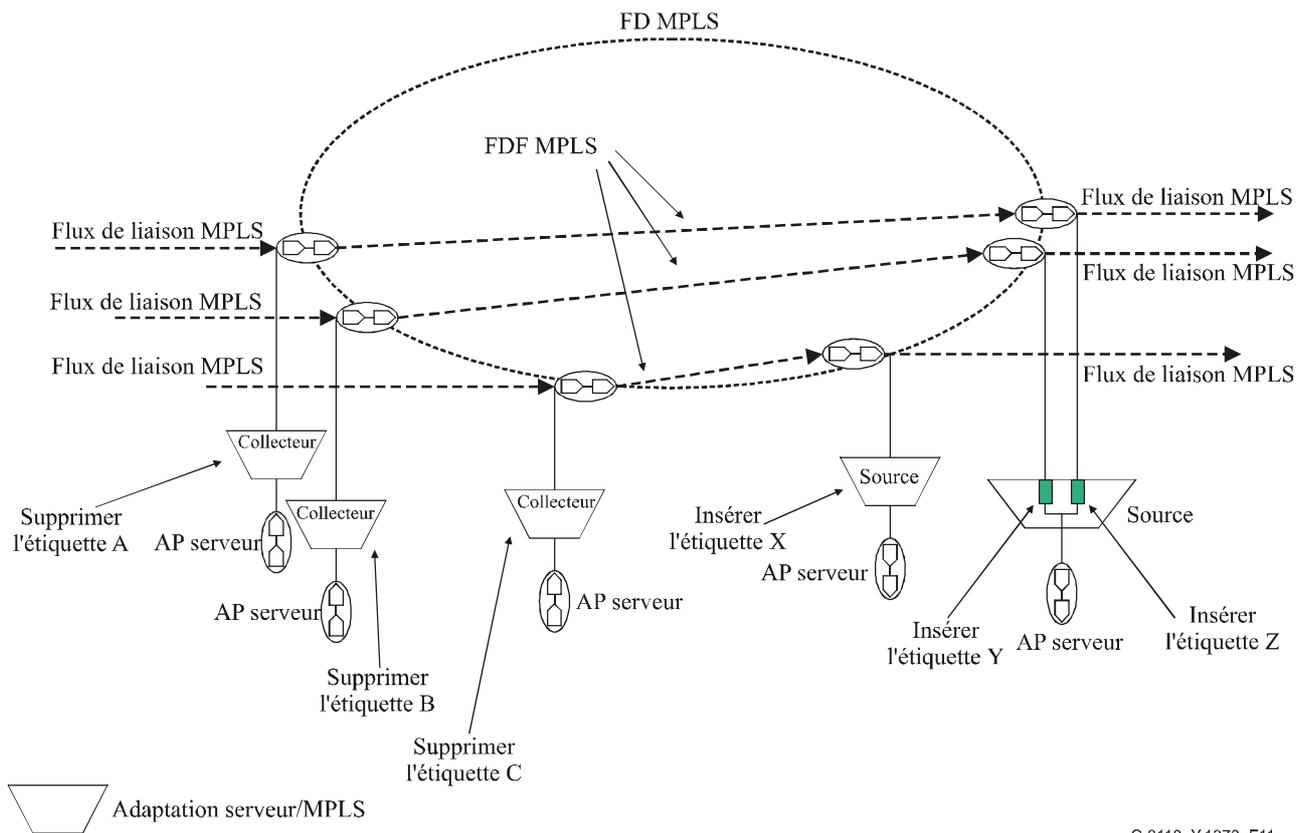


Figure 10/G.8110/Y.1370 – Fusion dans le réseau de couche serveur pour la prise en charge de plusieurs flux point à point de réseau de couche client

Lorsqu'un domaine de flux MPLS ne prend pas en charge la fusion, les unités de trafic qui arrivent dans le domaine en différents points de flux d'entrée doivent aussi sortir du domaine via différents points de flux. Les points de flux de sortie peuvent se trouver dans des liaisons MPLS différentes ou dans la même liaison. Voir la Figure 11.



G.8110_Y.1370_F11

NOTE – Dans cet exemple, les couches serveur sont indiquées comme n'étant pas MPLS. Il est également possible d'avoir des couches serveur MPLS, auquel cas les fonctions d'adaptation seraient MPLS/MPLS et les points d'accès seraient des AP MPLS.

Figure 11/G.8110/Y.1370 – Domaine de flux MPLS ne prenant pas en charge la fusion

7.3.3 Espace d'étiquettes global

Lorsque des unités de trafic d'entrée comportant la même étiquette, quelle que soit la liaison sur laquelle elles arrivent dans une matrice MPLS, sont transmises de la même manière par rapport à un point de flux de sortie (ou des points de flux lorsqu'un mécanisme ECMP est présent), on dit que l'étiquette provient de l'espace d'étiquettes global.

Sur la Figure 9 par exemple, les unités de trafic MPLS qui arrivent avec la même étiquette, quelle que soit la liaison sur laquelle elles arrivent, sont transmises de la même manière, dans ce cas vers un même point de flux de sortie. La valeur de l'étiquette Q insérée au niveau de la fonction d'adaptation de sortie n'est pas nécessairement la même que celle de l'étiquette d'entrée.

L'espace d'étiquettes global est également appelé espace d'étiquettes de plate-forme. On peut remplacer le terme "espace" par le terme "ensemble" de sorte que les expressions espace d'étiquettes global et ensemble d'étiquettes global sont interchangeables.

7.3.4 Espace d'étiquettes d'interface

Un espace d'étiquettes d'interface est un espace d'étiquettes dans lequel une valeur d'étiquette MPLS n'est unique que pour un point de flux d'une liaison. Sur la Figure 11 par exemple, les valeurs des étiquettes A, B et C sont fixées de façon indépendante et peuvent être identiques ou différentes. Les étiquettes X, Y et Z peuvent être fixées à n'importe quelle valeur valable, la seule restriction étant que Y ne doit pas être égale à Z.

7.3.5 Prise en charge de plusieurs espaces d'étiquettes

Les étiquettes présentes sur une liaison peuvent être tirées d'un espace d'étiquettes global ou d'un espace d'étiquettes d'interface. Une étiquette donnée ne peut appartenir qu'à un seul espace d'étiquettes par rapport à la liaison. Il peut y avoir plusieurs instances d'espace d'étiquettes global ou d'interface sur une liaison.

7.4 Suppression à l'avant-dernier saut (PHP)

La suppression à l'avant-dernier saut (PHP) est une fonctionnalité de traitement de pile d'étiquettes qui, lorsqu'elle est activée, "supprime" l'en-tête MPLS et transmet la charge utile sur la liaison suivante. Lorsque la suppression à l'avant-dernier saut n'est pas utilisée, le chemin commuté avec étiquette (LSP, *label switched path*) MPLS est équivalent à un flux de réseau MPLS composé de flux de liaison et de flux de domaine de flux MPLS contigus (voir la Figure 12).

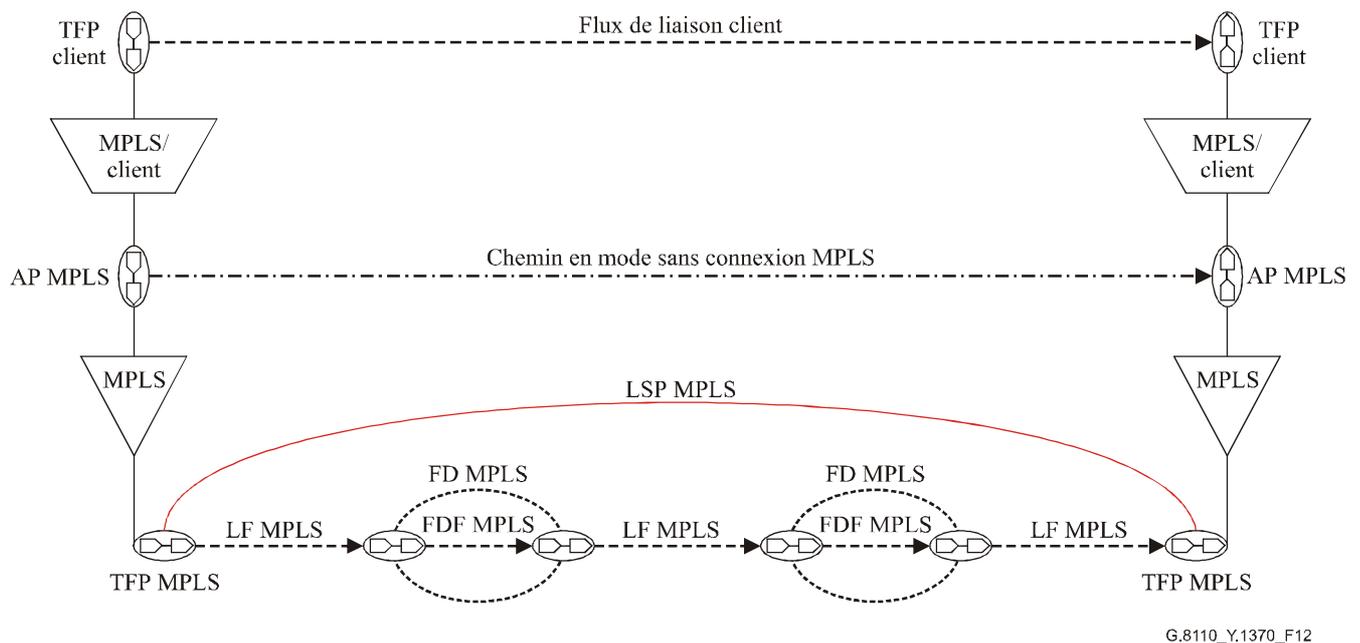


Figure 12/G.8110/Y.1370 – MPLS sans suppression à l'avant-dernier saut

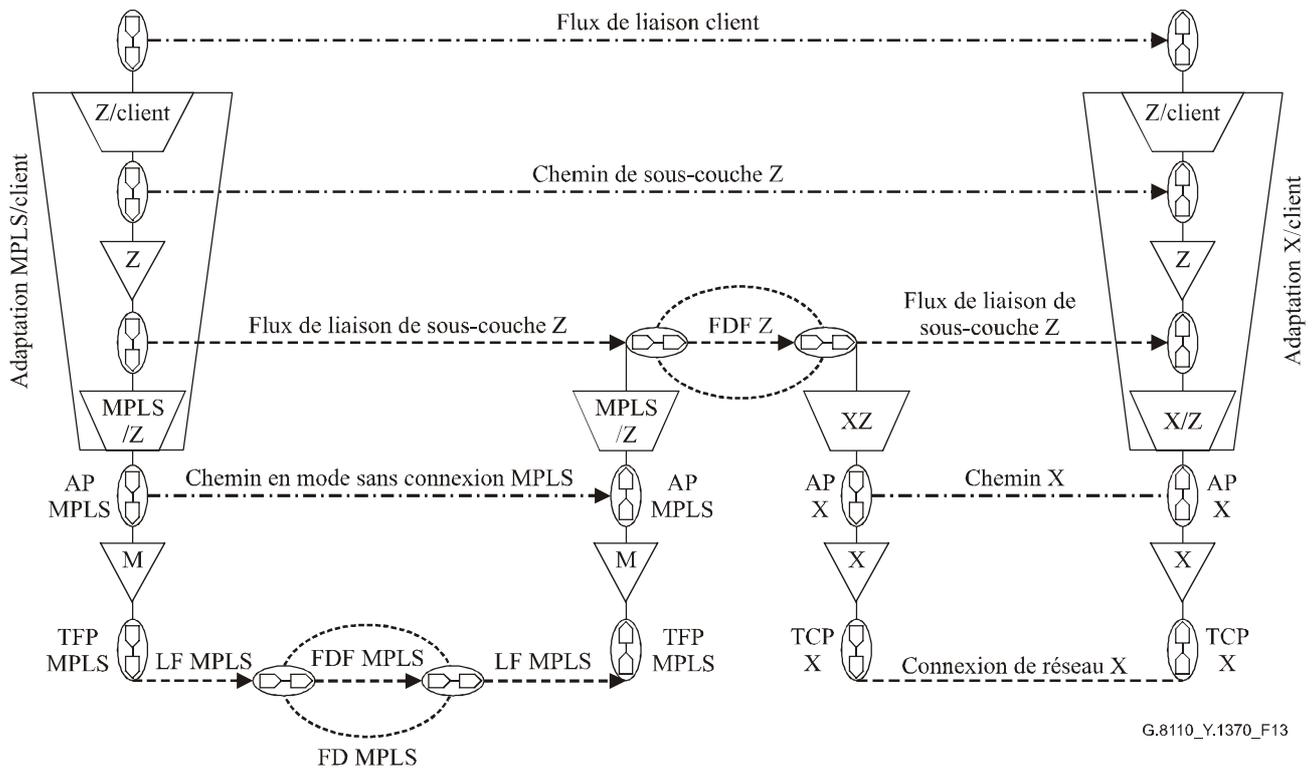
Lorsque la suppression à l'avant-dernier saut est utilisée, chacun des sauts du conduit LSP, à l'exception du dernier, est équivalent au transit d'une liaison MPLS et le dernier saut est associé à une liaison dans un autre réseau de couche. Ce réseau de couche est rendu visible par le développement de la fonction d'adaptation MPLS/client (voir la Figure 13). Ce réseau de couche résultant est désigné par Z. L'information caractéristique du réseau de couche Z est équivalente à la charge utile de la fonction d'adaptation MPLS/client non développée. Elle est composée de l'information caractéristique client plus toute information propre au client ajoutée dans le cadre de la fonction d'adaptation MPLS/client non développée. L'information caractéristique de la sous-couche Z correspond donc à une entrée de pile d'étiquettes ou à un paquet IP. La dernière liaison Z est prise en charge par une technologie non fondée sur MPLS désignée par X. Dans l'exemple de la Figure 13, il s'agit d'une technologie en mode connexion et, en tant que tel, le flux Z est pris en charge par un chemin du réseau de couche X.

La Figure 14 illustre le conduit LSP avec suppression à l'avant-dernier saut.

La Figure 15 illustre la relation entre les entrées de pile d'étiquettes du Document RFC 3032, l'information caractéristique d'unité de trafic MPLS et l'information caractéristique transférée sur la dernière liaison d'un conduit LSP lorsque la suppression à l'avant-dernier saut est utilisée.

Il est à noter que l'adaptation MPLS/client à la source du conduit LSP n'a pas connaissance de la suppression à l'avant-dernier saut et, en tant que telles, les trois fonctions de source d'adaptation Z/client, de source de terminaison de flux Z et de source d'adaptation MPLS/Z sont encapsulées dans une fonction d'adaptation MPLS/client. Elles sont représentées ici pour la modélisation mais leur comportement combiné est le même que celui de l'adaptation MPLS/client proprement dite.

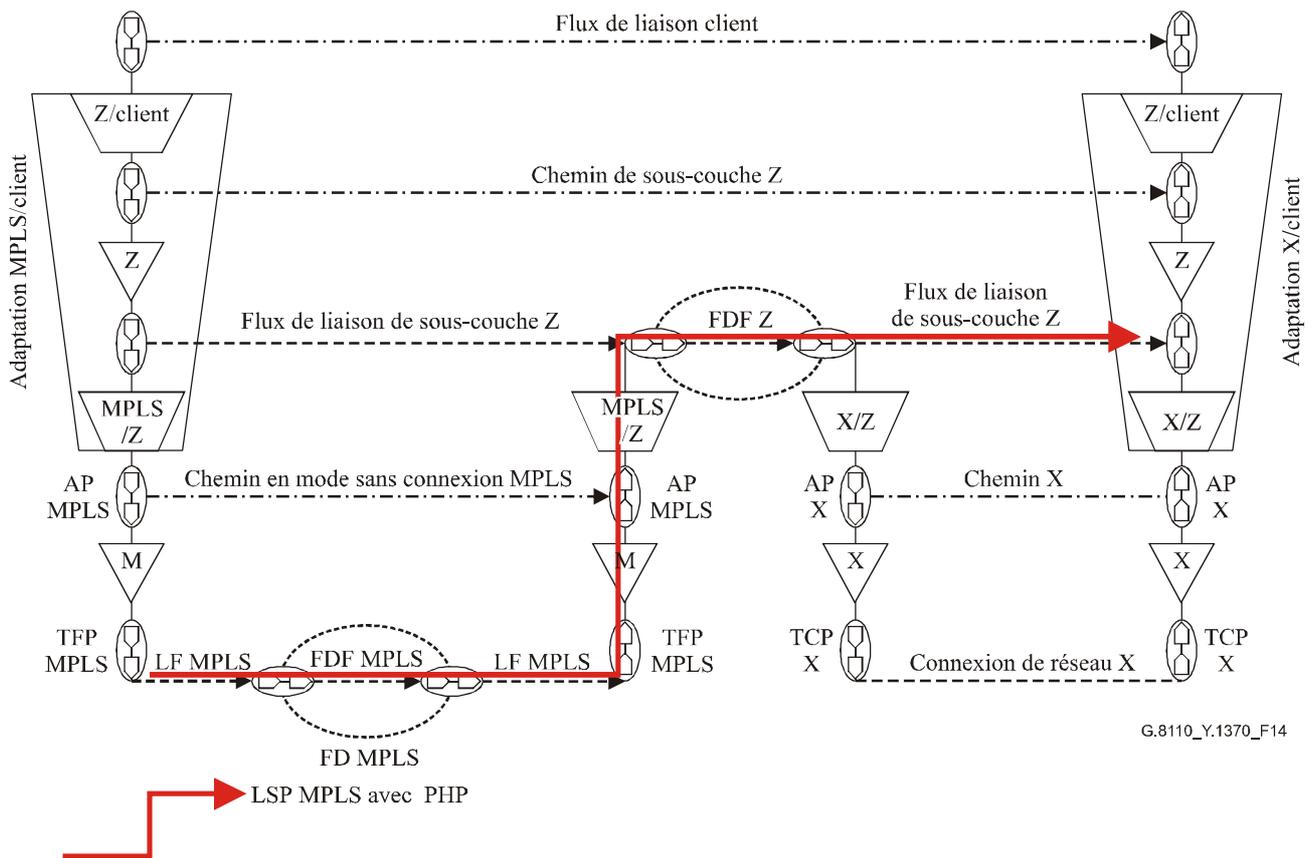
Le chemin Z n'offre aucun préfixe de chemin. L'intégrité du flux de liaison client découle donc des chemins serveur Z, lesquels sont disjoints et ne peuvent donc pas offrir un transfert d'information de bout en bout validé comme service au client.



G.8110_Y.1370_F13

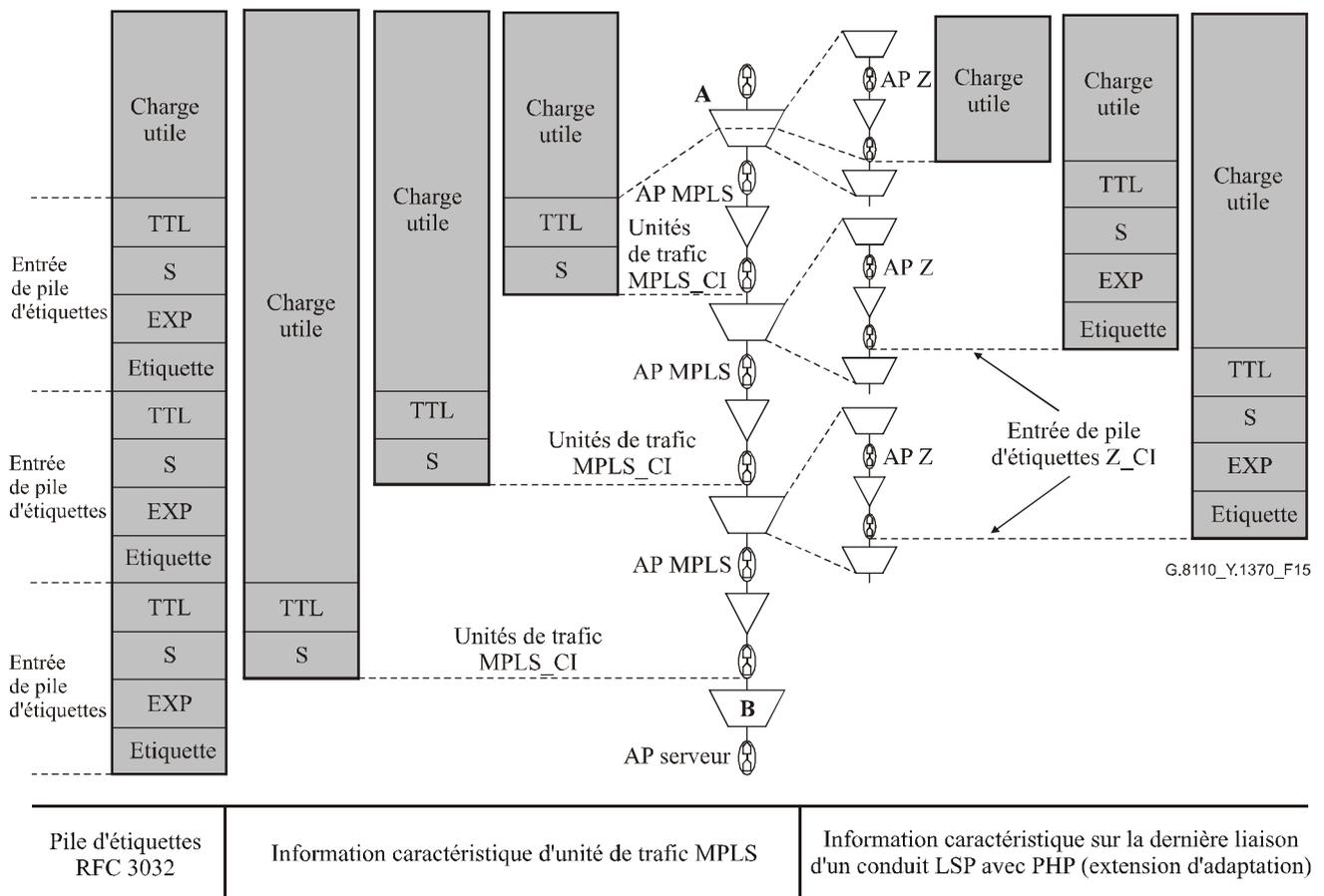
NOTE – Dans cet exemple, le flux de liaison de sous-couche Z est pris en charge par un chemin en mode connexion de technologie X.

Figure 13/G.8110/Y.1370 – Suppression à l'avant-dernier saut en commutation MPLS



G.8110_Y.1370_F14

Figure 14/G.8110/Y.1370 – Conduit LSP MPLS avec suppression à l'avant-dernier saut (à noter que le conduit LSP est représenté légèrement décalé pour des raisons de commodité)



A Client MPLS ou client IP. Adaptation étendue conformément aux processus propres au client/propres au serveur MPLS.
 B Serveur MPLS ou non MPLS. En cas de PHP à ce niveau, l'adaptation serait étendue de la même manière que pour les autres.

NOTE – Le sens du traitement de l'information est de bas en haut. A noter que l'information caractéristique présente sur la dernière liaison d'un conduit LSP avec suppression à l'avant-dernier saut correspond à une frontière de pile d'étiquettes.

Figure 15/G.8110/Y.1370 – Relation entre les entrées de pile d'étiquettes et l'information caractéristique

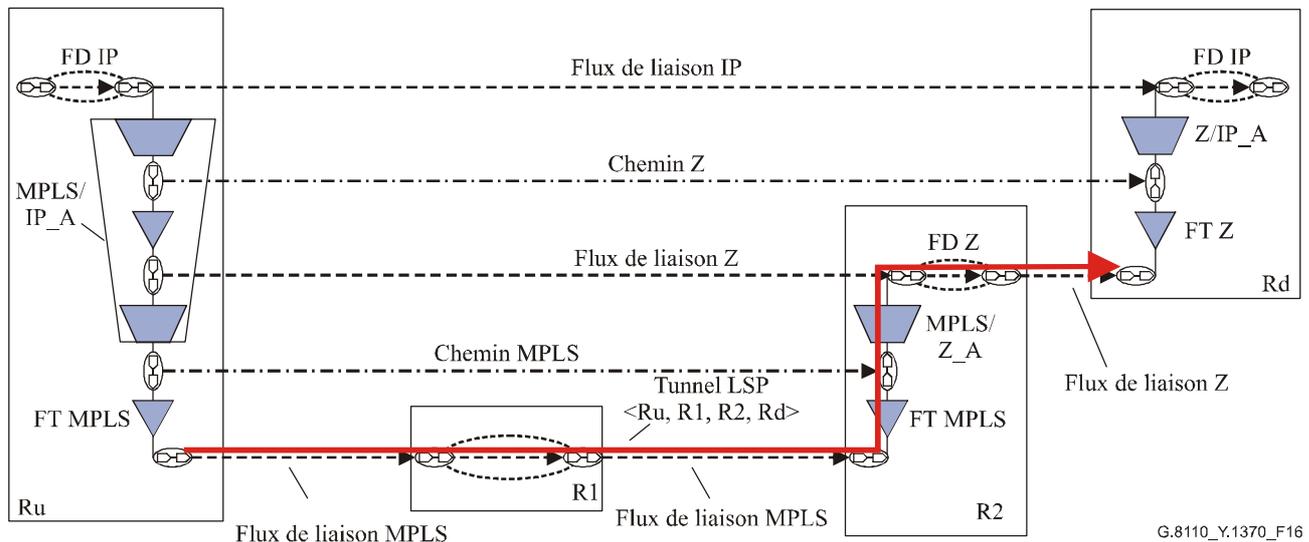
Du point de vue du réseau, seules les adaptations MPLS/Z et X/Z sont visibles à l'avant-dernier routeur LSR car toutes les autres fonctions associées au réseau de couche Z sont encapsulées dans les fonctions MPLS/client A_{So} et X/client A_{Sk}. Les processus associés aux fonctions MPLS/Z_{A_Sk} et X/Z_{A_So} sont décrits dans le Tableau 2.

Tableau 2/G.8110/Y.1370 – Processus associés aux fonctions MPLS/Z_{A_Sk} et X/Z_{A_So}

Fonction de traitement de transport	Processus
MPLS/Z _{A_Sk} L'information caractéristique client est une entrée de pile d'étiquettes MPLS	Extraire le bit S de l'en-tête de calage MPLS associé au serveur MPLS et traiter ce bit. Traiter les champs TTL et EXP conformément aux § 13.2 et 13.3 pour l'en-tête de calage MPLS associé à Z.
MPLS/Z _{A_Sk} L'information caractéristique client est un paquet IP	Extraire le bit S de l'en-tête de calage MPLS associé au serveur MPLS et traiter ce bit. Traiter les champs TTL et EXP conformément aux § 13.2 et 13.3 pour l'en-tête IP associé à Z.
X/Z _{A_So}	Mapper l'information caractéristique Z client pour créer X _{AI} . Les processus sont propres à X.

7.5 Tunnels LSP

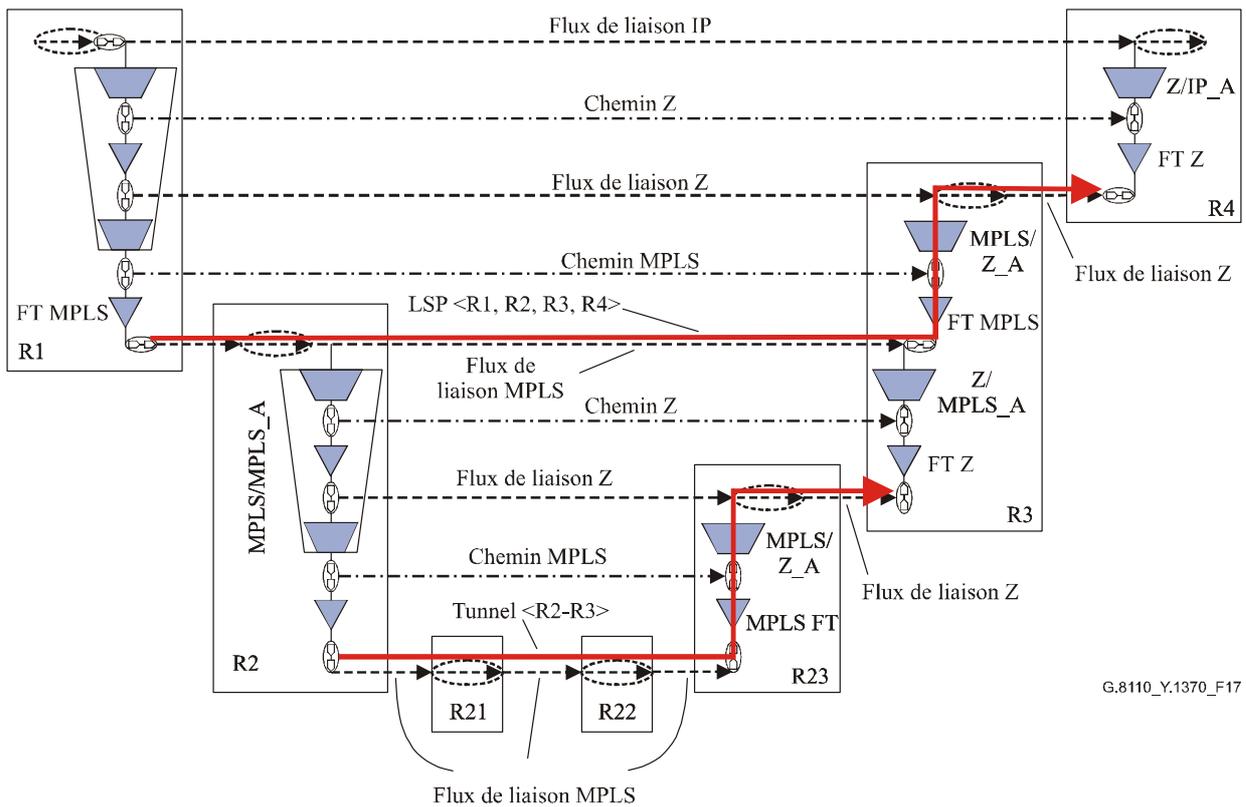
Un conduit LSP peut être utilisé pour former un tunnel entre routeurs qui ne sont pas connectés directement. La Figure 16 illustre un exemple dans lequel il existe un flux de liaison IP entre les routeurs Ru et Rd, où Rd est un routeur de transit et les routeurs sont connectés par le biais de routeurs à commutation par étiquette intermédiaires R1 et R2. Le flux IP entre les routeurs Ru et Rd est acheminé par un conduit LSP qui forme un tunnel LSP <Ru, R1, R2, Rd>, où Ru est l'extrémité émettrice du tunnel et Rd l'extrémité réceptrice. Dans cet exemple, le tunnel LSP inclut une suppression à l'avant-dernier saut en R2.



NOTE – Le tunnel est représenté légèrement décalé des flux de liaison pour des raisons de commodité.

Figure 16/G.8110/Y.1370 – Exemple de tunnel LSP

La Figure 17 illustre un conduit LSP <R1, R2, R3, R4>. Une suppression à l'avant-dernier saut est opérée en R3. Ce conduit LSP représente un tunnel entre les points d'extrémité du flux de liaison IP compris entre R1 et R4. Ce flux de liaison est pris en charge par un chemin Z, où l'information caractéristique de la couche Z représente un paquet IP.



G.8110_Y.1370_F17

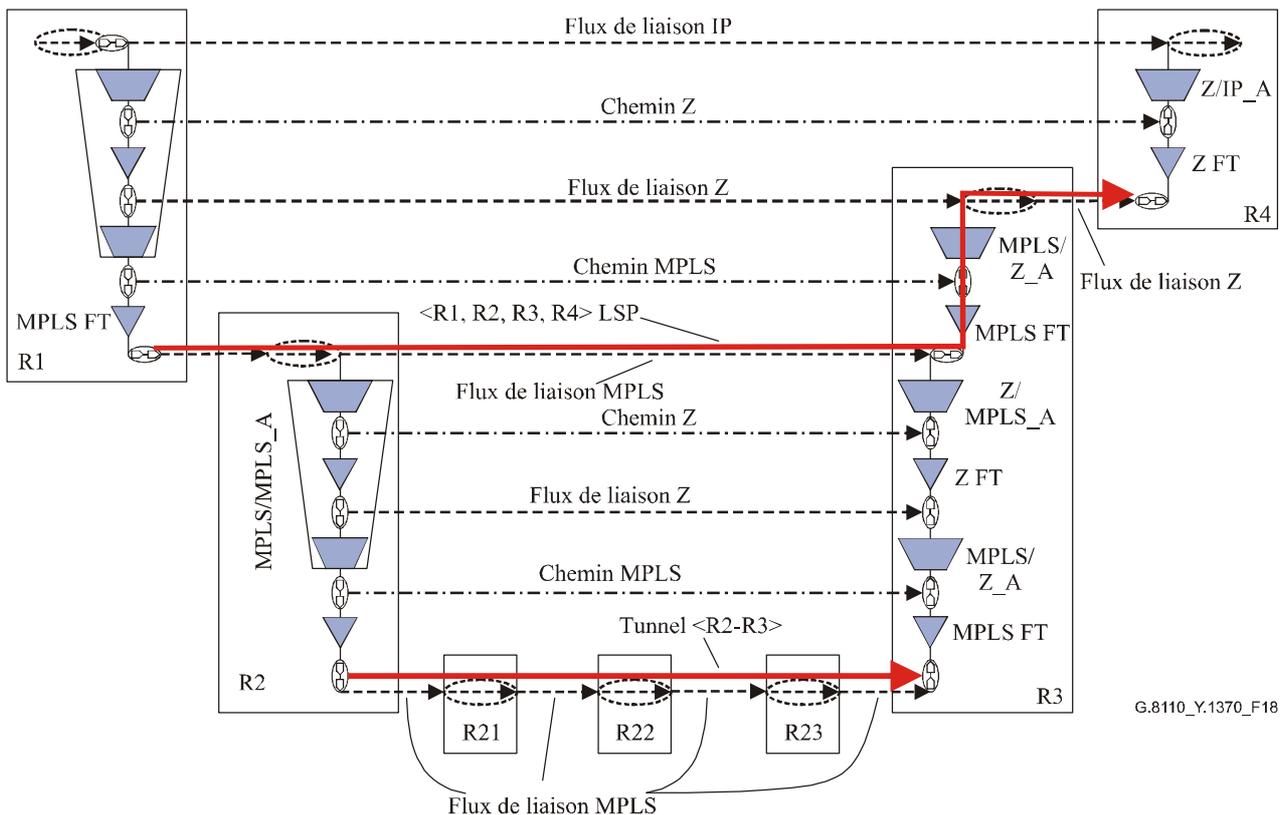
NOTE – Le tunnel est représenté légèrement décalé des flux de liaison pour des raisons de commodité.

Figure 17/G.8110/Y.1370 – Tunnel LSP dans un conduit LSP, avec PHP dans le conduit LSP de couche serveur

Les points d'extrémité du flux de liaison MPLS compris entre R2 et R3 représentent les points d'extrémités d'un tunnel LSP, R2-R3, formé par le conduit LSP <R2, R21, R22, R23, R3>. Pour ce conduit, une suppression à l'avant-dernier saut est opérée en R23. Le flux de liaison MPLS compris entre R2 et R3 est pris en charge par un chemin Z, où l'information caractéristique de la couche Z représente une entrée de pile d'étiquettes.

Il est à noter que la Figure 17 représente les points d'extrémité d'un seul flux de liaison MPLS comme étant les points d'extrémité d'un tunnel, alors qu'un tunnel peut généralement prendre en charge plusieurs flux de liaison qui sont multiplexés dans le tunnel et démultiplexés à partir du tunnel via des fonctions d'adaptation. Un tunnel peut aussi être construit à partir de n'importe quelle structure LSP valable, par exemple un conduit LSP point à point ou un arbre LSP multipoint à point.

La Figure 18 représente un conduit LSP <R1, R2, R3, R4>. Une suppression à l'avant-dernier saut est opérée en R3. Ce conduit LSP représente un tunnel entre les points d'extrémité du flux de liaison IP compris entre R1 et R4. Ce flux de liaison est pris en charge par un chemin Z, où l'information caractéristique de la couche Z représente un paquet IP.



G.8110_Y.1370_F18

NOTE – Le tunnel est représenté légèrement décalé des flux de liaison pour des raisons de commodité.

Figure 18/G.8110/Y.1370 – Tunnel LSP dans un conduit LSP, sans PHP dans le conduit LSP de couche serveur

Les points d'extrémité du flux de liaison MPLS compris entre R2 et R3 représentent les points d'extrémité d'un tunnel LSP, R2-R3, formé par le conduit LSP <R2, R21, R22, R23, R3>. Aucune suppression à l'avant-dernier saut n'est opérée dans ce conduit LSP, qui est équivalent à un flux de réseau. Le flux de liaison MPLS compris entre R2 et R3 est pris en charge par un chemin MPLS.

Le concept de tunnel LSP peut être appliqué de façon récurrente: un flux de liaison MPLS, qui fait partie d'un conduit LSP, dans une couche client peut être tunnelisé par le biais d'un conduit LSP de couche serveur.

8 Description de l'architecture fonctionnelle avec en-tête de calage MPLS fondée sur le modèle de la Rec. UIT-T G.805

8.1 Réseau de couche MPLS

Le réseau de couche MPLS assure le transport de l'information adaptée par le biais d'un chemin MPLS entre points d'accès MPLS.

L'information caractéristique du réseau de couche MPLS est transportée sur une connexion de réseau MPLS. Le réseau de couche MPLS contient les fonctions de traitement de transport, les entités de transport et les composants topologiques suivants (voir la Figure 19):

- chemin MPLS;
- source de terminaison de chemin MPLS (MPLS_TT_So);
- collecteur de terminaison de chemin MPLS (MPLS_TT_Sk);
- connexion de réseau (NC) MPLS;

- connexion de liaison (LC) MPLS;
- connexion de sous-réseau (SNC) MPLS;
- sous-réseau (SN) MPLS;
- liaison MPLS.

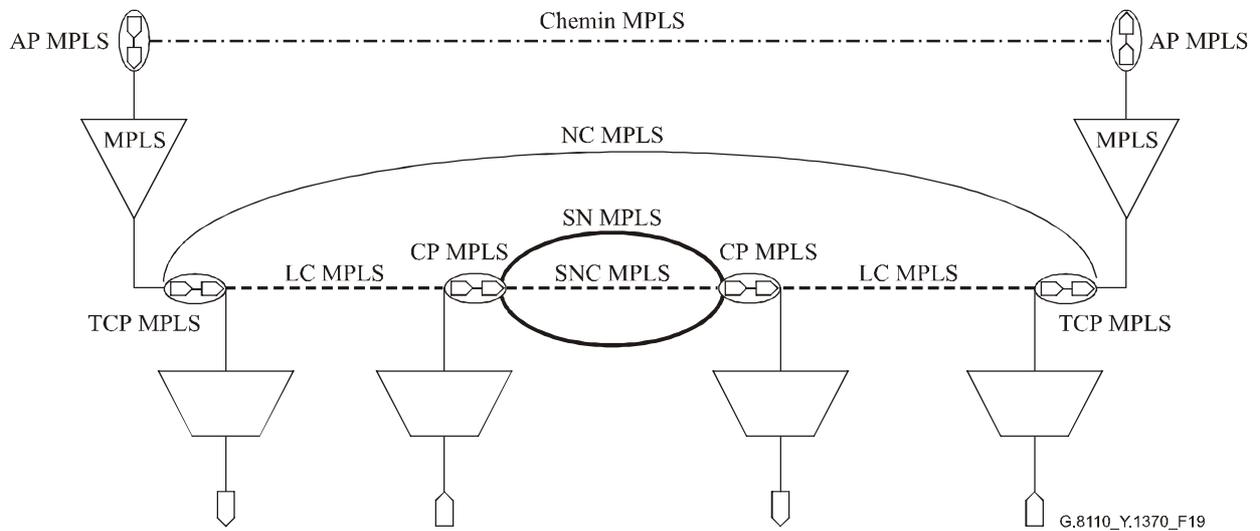
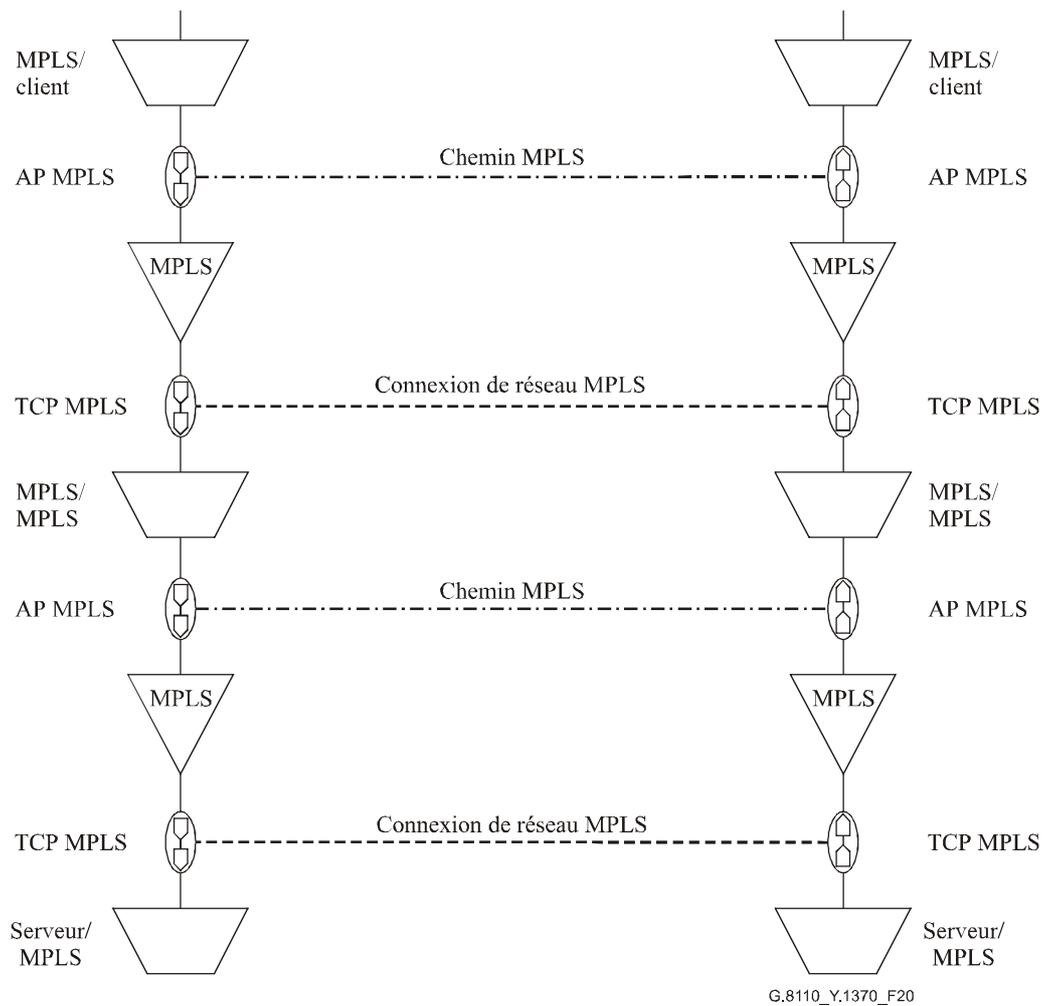


Figure 19/G.8110/Y.1370 – Exemple de réseau de couche MPLS

Le réseau de couche MPLS peut être employé de façon récurrente pour décrire une hiérarchie MPLS implémentée sous la forme d'une pile d'étiquettes. Pour la description, on utilise des sous-couches. Un réseau de transport fondé sur MPLS peut être décomposé en un certain nombre de réseaux de sous-couche de transport indépendants avec une association client/serveur entre réseaux de sous-couche adjacents. La Figure 20 illustre un exemple de sous-couches MPLS ainsi que leur structure et les fonctions d'adaptation.

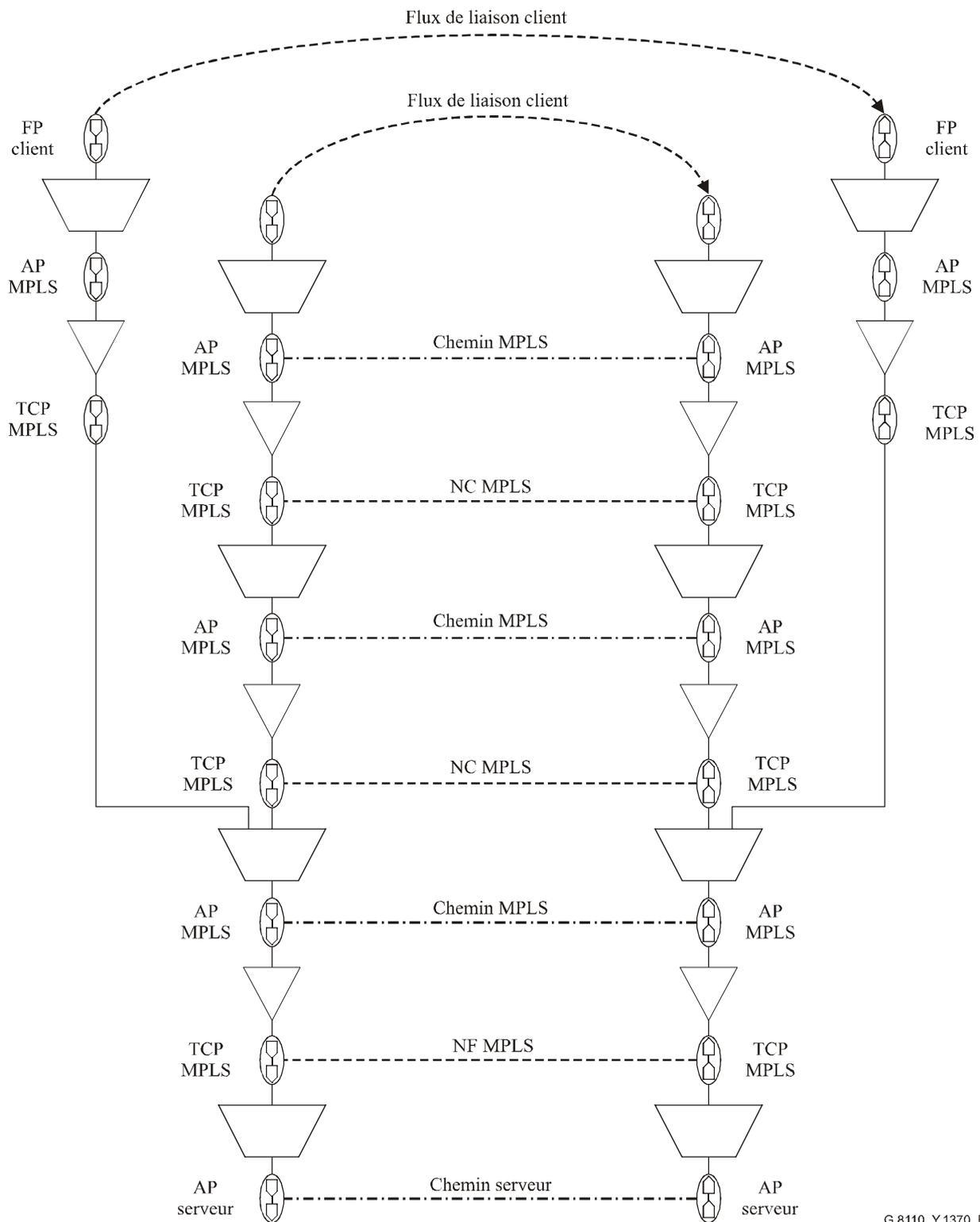
La relation entre la pile d'étiquettes et les sous-couches MPLS est telle que le bas de la pile est associé à la sous-couche MPLS se trouvant en haut du diagramme (où le client n'est pas MPLS), tandis que le haut de la pile est associé à la sous-couche MPLS se trouvant en bas du diagramme.

La technique MPLS permet de créer une profondeur arbitraire de sous-couches, formées par la pile d'étiquettes. Un exemple est illustré sur la Figure 21.



NOTE – Deux niveaux sont illustrés dans cet exemple. D'autres sous-couches peuvent être ajoutées en fonction des besoins. Le bas de la pile se trouve en haut.

Figure 20/G.8110/Y.1370 – Exemple de hiérarchie MPLS illustrée à l'aide de sous-couches



G.8110_Y.1370_F21

NOTE – La connexion client extérieure (ou flux client extérieur) est prise en charge par une hiérarchie MPLS avec une profondeur de pile de deux, tandis que la connexion client intérieure (ou flux client intérieur) est prise en charge par une pile MPLS de profondeur trois. En tant que telle, une sous-couche MPLS autre que le bas de la pile n'a pas de profondeur désignée.

Figure 21/G.8110/Y.1370 – Exemple de profondeurs de pile MPLS

8.1.1 Composants topologiques MPLS

Les composants topologiques MPLS sont les suivants:

- réseau de couche MPLS;
- sous-réseau MPLS;
- liaison MPLS;
- groupe d'accès MPLS.

Le réseau de couche MPLS est subdivisé en un ou plusieurs sous-réseaux MPLS interconnectés par des liaisons MPLS.

8.1.1.1 Réseau de couche MPLS

Le réseau de couche MPLS est défini par l'ensemble complet des groupes d'accès MPLS qui peuvent être associés pour le transfert de l'information. Cette information transférée, qui est caractéristique du réseau de couche MPLS, est appelée information caractéristique MPLS. La topologie du réseau de couche MPLS est décrite par des groupes d'accès MPLS, des sous-réseaux MPLS et les liaisons MPLS qui les relient. Les structures du réseau de couche MPLS et de ses réseaux de couche serveur et client sont décrites par les composants ci-dessous.

8.1.1.2 Sous-réseau MPLS

Un sous-réseau MPLS est défini par l'ensemble des points de connexion MPLS qui sont disponibles pour le transfert de l'information. D'une manière générale, les sous-réseaux MPLS peuvent être subdivisés en sous-réseaux plus petits interconnectés par des liaisons MPLS. La matrice est un cas particulier de sous-réseau MPLS qui ne peut pas être subdivisé.

8.1.1.3 Liaison MPLS

Une liaison MPLS est constituée d'un sous-ensemble de points de connexion MPLS en périphérie d'un sous-réseau MPLS ou groupe d'accès MPLS qui sont associés à un sous-ensemble correspondant de points de connexion MPLS en périphérie d'un autre sous-réseau MPLS ou groupe d'accès MPLS pour le transfert de l'information caractéristique MPLS. La liaison MPLS représente la relation topologique et la capacité disponible entre deux sous-réseaux MPLS ou entre un sous-réseau MPLS et un groupe d'accès MPLS ou encore entre deux groupes d'accès MPLS.

Plusieurs liaisons MPLS peuvent exister entre un sous-réseau MPLS et un groupe d'accès MPLS ou entre deux sous-réseaux MPLS ou entre deux groupes d'accès MPLS.

8.1.1.4 Groupe d'accès MPLS

Un groupe d'accès MPLS est un groupe de fonctions de terminaison de chemin MPLS colocalisées qui sont connectées au même sous-réseau MPLS ou à la même liaison MPLS.

8.1.2 Entités de transport MPLS

Les entités de transport MPLS sont les suivantes:

- connexion de liaison MPLS;
- connexion de réseau MPLS;
- connexion de sous-réseau MPLS;
- chemin MPLS.

8.1.3 Fonctions de traitement de transport MPLS

Les fonctions de traitement de transport MPLS sont les suivantes:

- fonction de terminaison de chemin MPLS;
- fonctions d'adaptation entre réseau de couche MPLS et réseau de couche client.

8.1.3.1 Terminaison de chemin MPLS

La source de terminaison de chemin MPLS (MPLS_TT_So) effectue les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- insère le champ TTL de 8 bits;
- émet l'unité MPLS_CI résultante.

Le collecteur de terminaison de chemin MPLS (MPLS_TT_Sk) effectue les fonctions suivantes entre son entrée et sa sortie:

- extrait et termine le champ TTL de 8 bits;
- émet l'unité MPLS_AI résultante.

8.1.3.2 Fonctions d'adaptation entre réseau de couche MPLS et réseau de couche client

Les fonctions d'adaptation MPLS/client sont décrites au § 10.

8.1.4 Points de référence MPLS

Les points de référence MPLS (Figure 19) sont les suivants:

- point d'accès (AP) MPLS;
- point de connexion (CP) MPLS;
- point de connexion de terminaison (TCP) MPLS.

8.1.4.1 Point d'accès MPLS

Un point d'accès MPLS (AP MPLS) représente le rattachement entre une fonction de terminaison de chemin MPLS et une ou plusieurs fonctions d'adaptation MPLS/client ou MPLS/MPLS.

8.1.4.2 Point de connexion MPLS

Une liaison MPLS est raccordée à un sous-réseau MPLS ou à une autre liaison MPLS via un point de connexion MPLS. Ce point de connexion est fourni par la fonction d'adaptation serveur/MPLS ou MPLS/MPLS.

8.1.4.3 Point de connexion de terminaison MPLS

Un point de flux de terminaison MPLS (TCP MPLS) raccorde une fonction de terminaison de chemin MPLS (MPLS_TT) à une liaison MPLS.

8.2 Subdivision du réseau de couche MPLS

La description de la subdivision du réseau de couche MPLS est identique à celle du § 7.2, à l'exception près suivante:

- les entités G.809 sont remplacées par les entités G.805 conformément au Tableau C.1.

8.3 Comportement de sous-réseau MPLS

8.3.1 Etiquettes réservées

L'espace d'étiquettes réservées est tel que décrit au § 7.3.1, à l'exception près suivante:

- lorsque le mécanisme Y.1711 est pris en charge, l'étiquette d'alerte OAM (14) est utilisée.

8.3.2 Fusion d'étiquettes

La fusion n'est pas prise en charge dans l'architecture avec en-tête de calage MPLS fondée sur le modèle de la Rec. UIT-T G.805.

8.3.3 Espace d'étiquettes global

Pour les étiquettes qui appartiennent à un espace d'étiquettes global (également appelé espace d'étiquettes de plate-forme), leur contexte n'est pas défini par la liaison sur laquelle elles sont reçues. Elles sont donc uniques pour la matrice. En mode connexion, un seul conduit LSP est associé à une valeur d'étiquette particulière issue de l'espace d'étiquettes global.

8.3.4 Espace d'étiquettes d'interface

Au lieu d'utiliser un espace d'étiquettes global, on peut utiliser un espace d'étiquettes d'interface, dans lequel une valeur d'étiquette MPLS n'est unique que pour un point de connexion d'une liaison.

8.3.5 Prise en charge de plusieurs espaces d'étiquettes

Plusieurs espaces d'étiquettes peuvent être pris en charge comme décrit au § 7.3.5.

8.4 Suppression à l'avant-dernier saut (PHP, *penultimate hop popping*)

La suppression à l'avant-dernier saut est telle que décrite au § 7.4, à l'exception près suivante:

- les entités G.809 sont remplacées par les entités G.805 conformément au Tableau C.1.

8.5 Tunnels LSP

La description des tunnels LSP est identique à celle du § 7.5, aux exceptions près suivantes:

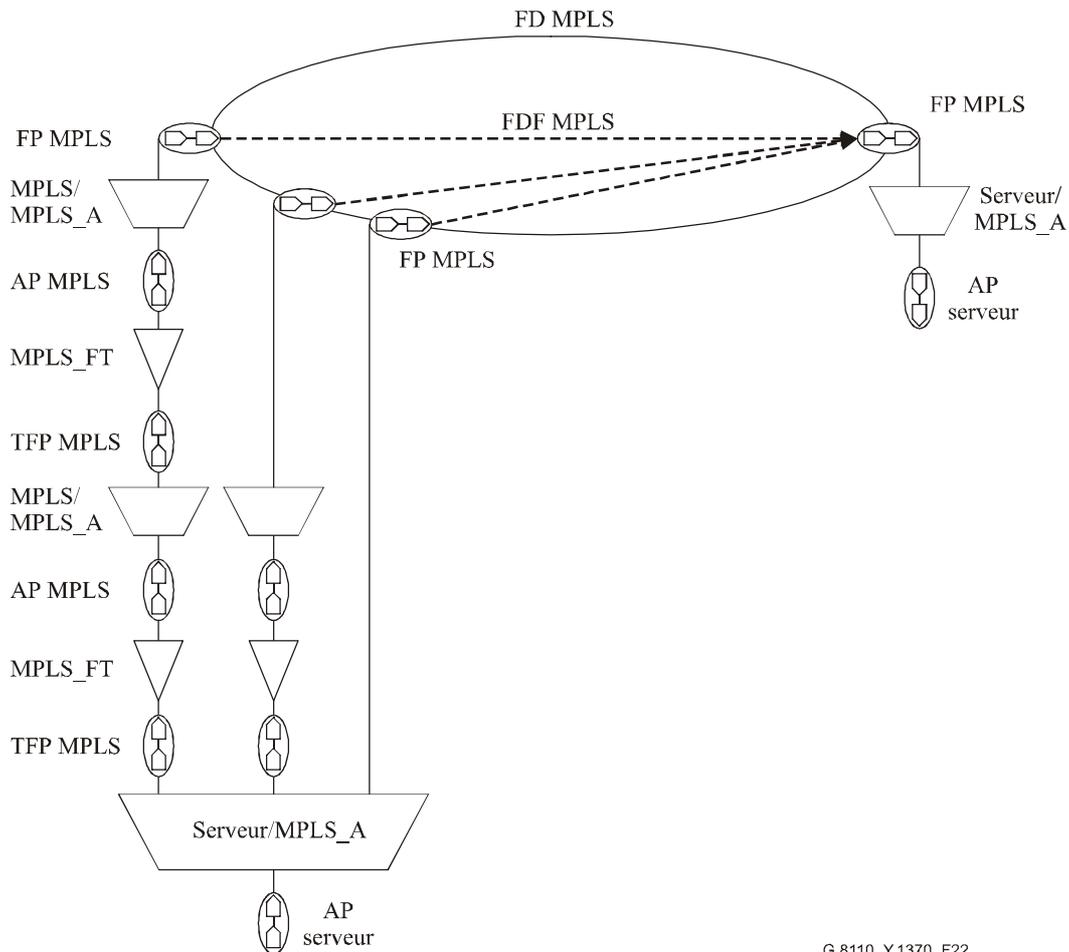
- les entités G.809 sont remplacées par les entités G.805 conformément au Tableau C.1;
- les tunnels LSP sont point à point.

9 Hiérarchies MPLS

9.1 Hiérarchies MPLS G.809

Les hiérarchies MPLS implémentées sous forme de piles d'étiquettes conformément au modèle G.809 sont décrites au § 7. L'hypothèse retenue au § 7 est que l'ensemble de la hiérarchie MPLS et donc l'ensemble des réseaux de sous-couche MPLS sont décrits à l'aide du modèle G.809.

La Figure 22 illustre un exemple de relation entre un domaine de flux MPLS et les points de flux dans une telle pile d'étiquettes. Le caractère récurrent de la décomposition en sous-couches fait que le domaine de flux est associé à des points de flux dans plusieurs sous-couches.



G.8110_Y.1370_F22

Figure 22/G.8110/Y.1370 – Relation entre un domaine de flux MPLS et les sous-couches d'une pile d'étiquettes

9.2 Hiérarchies MPLS G.805

Les hiérarchies MPLS implémentées sous forme de piles d'étiquettes conformément au modèle G.805 sont décrites au § 8. L'hypothèse retenue au § 8 est que l'ensemble de la hiérarchie MPLS et donc l'ensemble des réseaux de sous-couche MPLS sont décrits à l'aide du modèle G.805.

La Figure 23 illustre un exemple de relation entre un sous-réseau MPLS et les points de connexion dans une telle pile d'étiquettes. Le caractère récurrent de la décomposition en sous-couches fait que le sous-réseau est associé à des points de connexion dans plusieurs sous-couches.

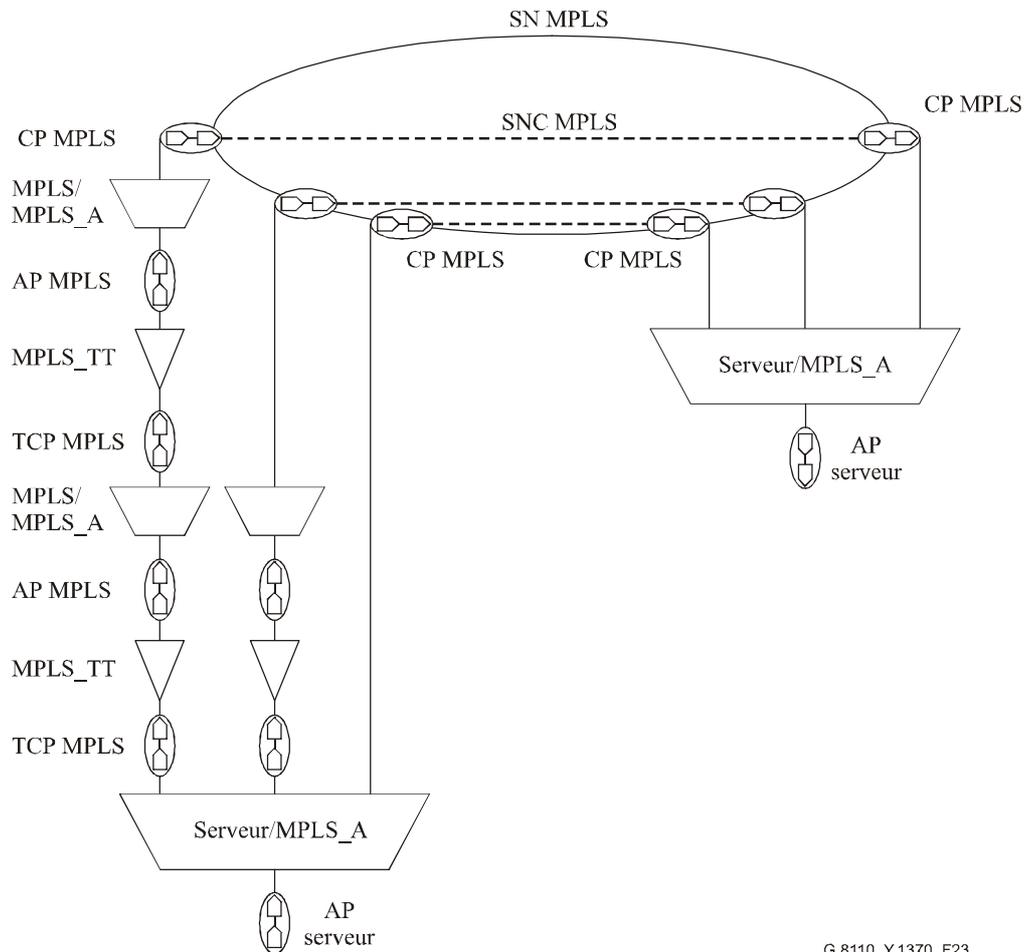


Figure 23/G.8110/Y.1370 – Relation entre un sous-réseau MPLS et les sous-couches d'une pile d'étiquettes

9.3 Hiérarchies MPLS hétérogènes

Il est également possible d'implémenter une hiérarchie MPLS dans laquelle des réseaux de sous-couche fondés sur la Rec. UIT-T G.805 et des sous-couches fondées sur la Rec. UIT-T G.809 coexistent.

Pour les sous-couches comprises entre le bas et le haut de la pile d'étiquettes, une sous-couche G.805 peut donc avoir:

- soit un client G.805;
- soit un client G.809.

De même, pour les sous-couches comprises entre le bas et le haut de la pile d'étiquettes, une sous-couche G.809 peut donc avoir:

- soit un client G.805;
- soit un client G.809.

Ces relations sont illustrées sur la Figure 24.

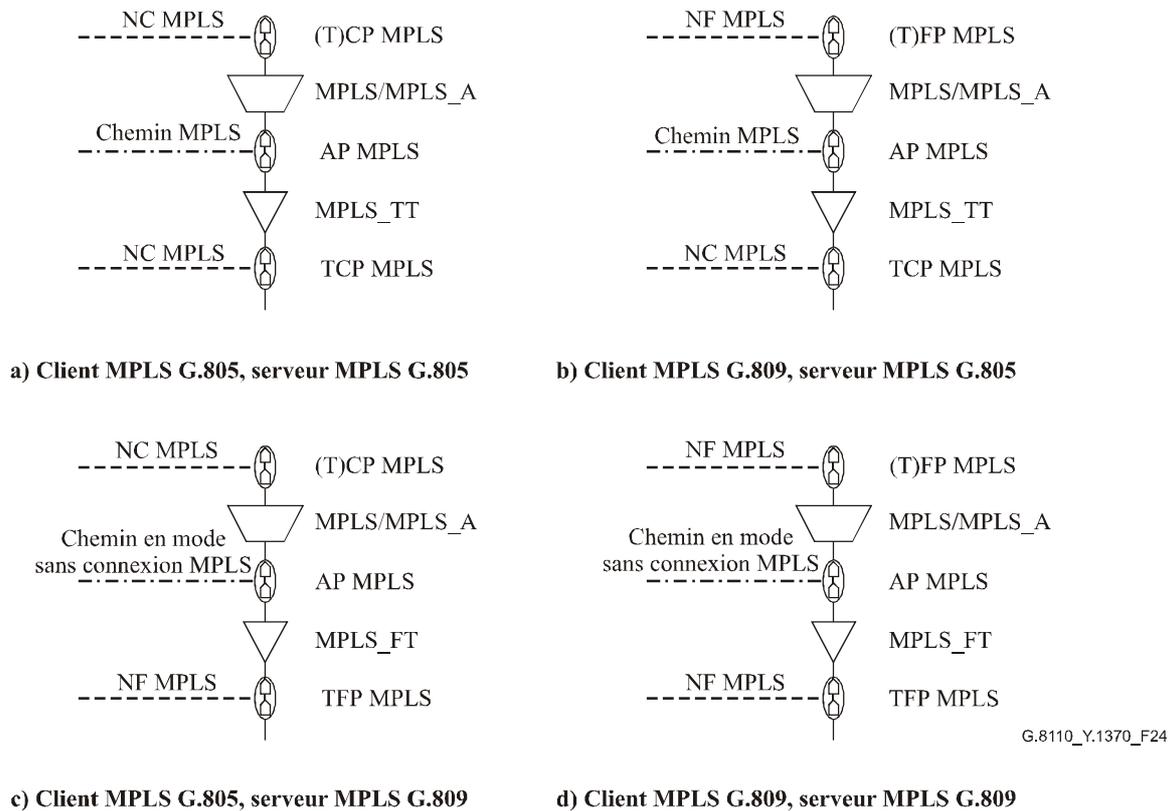


Figure 24/G.8110/Y.1370 – Relations client/serveur MPLS/MPLS

Ces relations client/serveur affectent les fonctions MPLS/MPLS_A comme suit:

- pour une sous-couche MPLS décrite selon la Rec. UIT-T G.809, les fonctions MPLS/MPLS_A vers/depuis cette sous-couche peuvent être rattachées à:
 - des points de flux de terminaison ou des points de flux comme décrit au § 7 pour un client MPLS G.809;
 - des points de connexion de terminaison ou des points de connexion pour un client G.805;
- pour une sous-couche MPLS décrite selon la Rec. UIT-T G.805, les fonctions MPLS/MPLS_A vers/depuis cette sous-couche peuvent être rattachées à:
 - des points de connexion de terminaison ou des points de connexion comme décrit au § 8 pour un client G.805;
 - des points de flux de terminaison ou des points de flux pour un client G.809.

D'une manière générale, une sous-couche MPLS, qu'elle soit fondée sur la Rec. UIT-T G.805 ou sur la Rec. UIT-T G.809, peut prendre en charge:

- des sous-couches client MPLS G.809;
- des sous-couches client MPLS G.805;
- à la fois des sous-couches client MPLS G.805 et des sous-couches client MPLS G.809.

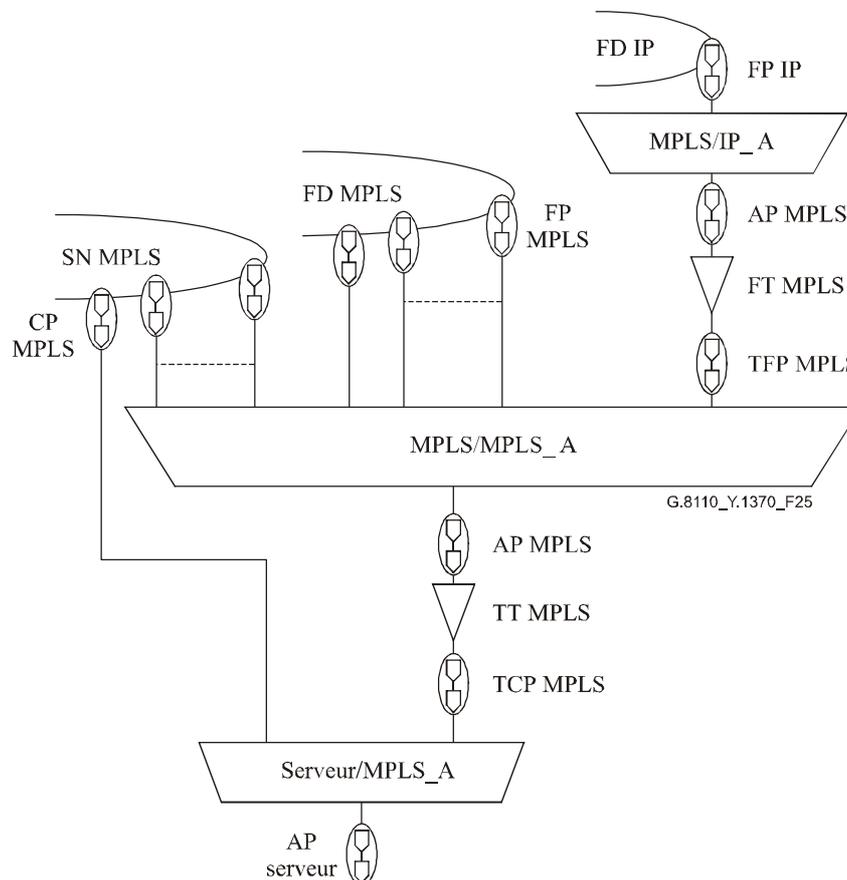
En haut de la pile d'étiquettes, une couche serveur non MPLS peut prendre en charge:

- des sous-couches client MPLS G.809;
- des sous-couches client MPLS G.805;
- à la fois des sous-couches client MPLS G.805 et des sous-couches client MPLS G.809.

En bas de la pile d'étiquettes, une couche client non MPLS peut être prise en charge par:

- des sous-couches serveur MPLS G.809;
- des sous-couches serveur MPLS G.805;
- à la fois des sous-couches serveur MPLS G.805 et des sous-couches serveur MPLS G.809.

La Figure 25 illustre un exemple de hiérarchie MPLS contenant à la fois des sous-couches G.805 et des sous-couches G.809.



NOTE – Dans cet exemple, la fonction d'adaptation est associée à la fois à des points (T)CP et à des points (T)FP.

Figure 25/G.8110/Y.1370 – Hiérarchie MPLS contenant à la fois des sous-couches G.805 et des sous-couches G.809

Les règles suivantes s'appliquent dans une hiérarchie MPLS contenant à la fois des réseaux de couche G.805 et des réseaux de couche G.809:

- les points de flux (FP) MPLS peuvent être rattachés uniquement à des domaines de flux mais jamais à des sous-réseaux;
- un domaine de flux MPLS est partagé entre toutes les sous-couches G.809 dans une couche de la hiérarchie;
- les points de flux de terminaison (TFP) MPLS peuvent être rattachés uniquement à des terminaisons de flux mais jamais à des terminaisons de chemin;
- les points de connexion (CP) MPLS peuvent uniquement être rattachés à des sous-réseaux mais jamais à des domaines de flux;
- un sous-réseau MPLS est partagé entre toutes les sous-couches G.805 dans la hiérarchie;

- les points de connexion de terminaison (TCP) MPLS peuvent uniquement être rattachés à des terminaisons de chemin mais jamais à des terminaisons de flux;
- les points (T)FP et (T)CP MPLS ne coexistent jamais dans le même réseau de couche.

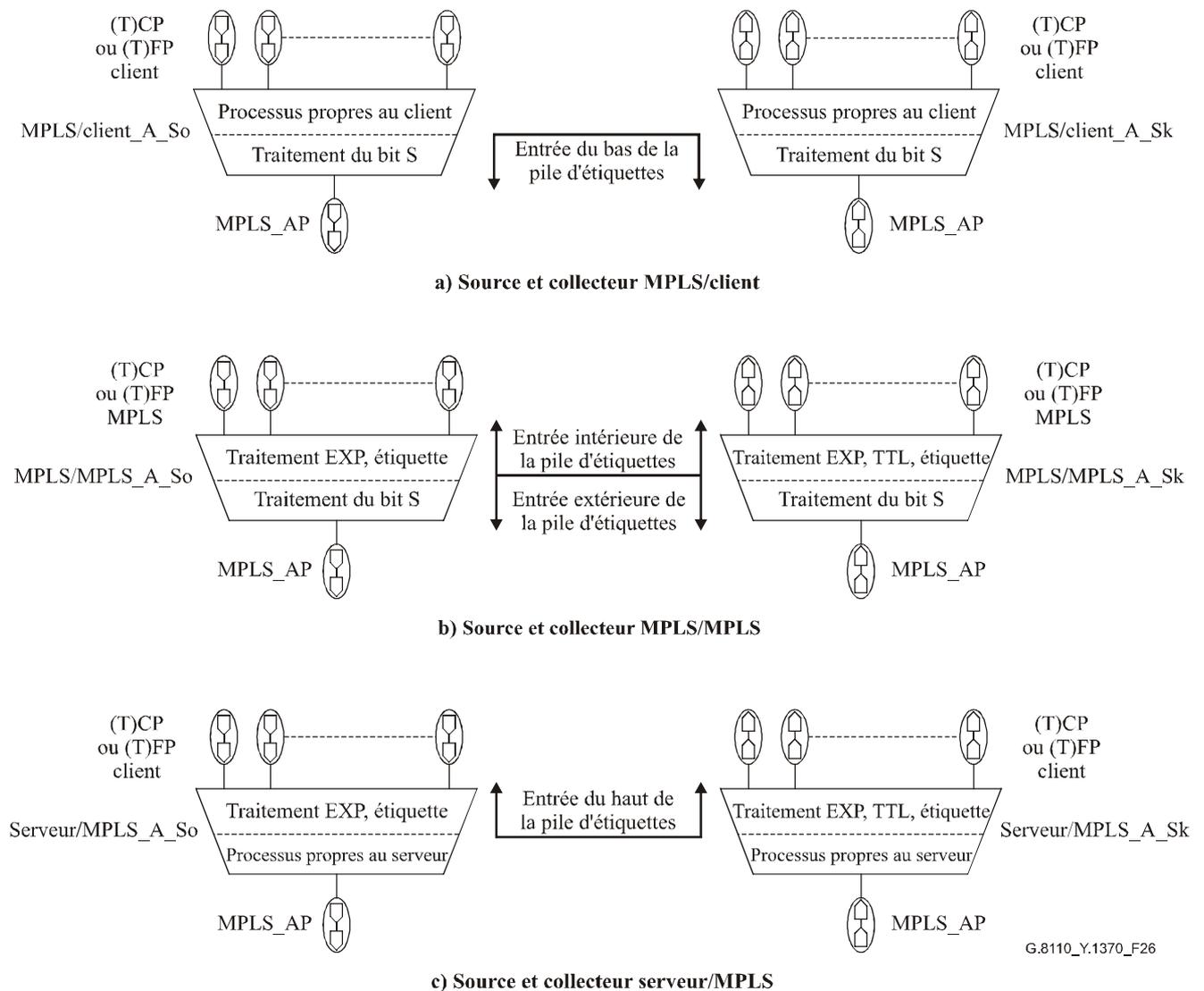
L'ensemble des points d'accès associés aux sous-couches MPLS G.805 est complètement distinct de l'ensemble des points d'accès associés aux sous-couches MPLS G.809.

10 Associations serveur/client

Trois formes de fonction d'adaptation sont considérées dans la présente Recommandation:

- Adaptation MPLS/client, où le client n'est pas MPLS. Dans ce cas, la fonction d'adaptation est associée au bas de la pile d'étiquettes.
- Adaptation MPLS/MPLS, où le client est MPLS.
- Adaptation serveur/MPLS, où le serveur n'est pas MPLS. Dans ce cas, la fonction d'adaptation est associée au haut de la pile d'étiquettes.

La Figure 26 illustre les fonctions d'adaptation et leurs principaux processus.



G.8110_Y.1370_F26

Figure 26/G.8110/Y.1370 – Associations serveur/client et principaux processus

10.1 Adaptation MPLS/client

On considère que l'adaptation MPLS/client (MPLS/Client_A) est constituée de deux types de processus: processus propres au client et processus propres au serveur. La description des processus propres au client, à l'exception: des processus liés au comportement de traitement TTL et Diff-Serv pour un client IP, comme décrit au § 13, sort du cadre de la présente Recommandation.

10.1.1 Adaptation MPLS/IP

La source d'adaptation MPLS/IP (MPLS/IP_A_So) effectue les processus propres au serveur suivants entre son entrée et sa sortie:

- mapper le paquet IP sur la charge utile du paquet MPLS;
- insérer un champ S de 1 bit mis à 1, pour indiquer que le client n'est pas MPLS;
- émettre l'unité MPLS_AI résultante.

Le collecteur d'adaptation MPLS/IP (MPLS/IP_A_Sk) effectue les processus propres au serveur suivants entre son entrée et sa sortie:

- extraire et traiter le champ S de 1 bit;
- extraire le paquet IP de la charge utile de l'unité MPLS_AI.

Il est à noter que le réseau de couche IP peut être un réseau de couche IP version 4 ou version 6. Lorsque la version n'a pas d'importance dans la description, on utilise la notation MPLS/IP. Lorsqu'il faut être plus précis, on utilise la notation MPLS/IPv4 ou MPLS/IPv6 selon le cas.

10.1.2 Adaptation MPLS/MPLS

La fonction d'adaptation MPLS/MPLS assure la fonctionnalité d'extrémité de liaison MPLS.

La source d'adaptation MPLS/MPLS (MPLS/MPLS_So) effectue les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- processus propres au client:
 - insérer la même valeur d'étiquette MPLS de 20 bits dans chaque unité de trafic MPLS_CI associée à un point de flux (de terminaison) ou à un point de connexion (de terminaison) particulier;
 - insérer un champ EXP de 3 bits conformément aux processus définis au § 13.3. L'unité MPLS_CI plus l'étiquette de 20 bits plus le champ EXP sont équivalents à une entrée de pile d'étiquettes;
 - multiplexer les paquets étiquetés MPLS;
- processus propres au serveur:
 - insérer un champ S de 1 bit mis à 0, pour indiquer que le client est MPLS et que le bas de la pile n'a donc pas été atteint;
 - mapper le paquet étiqueté MPLS sur la charge utile de l'unité de trafic MPLS_AI de la sous-couche MPLS serveur.

Le collecteur d'adaptation MPLS/MPLS (MPLS/MPLS_Sk) effectue les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- processus propres au serveur:
 - extraire et traiter le champ S de 1 bit;
 - extraire le paquet étiqueté MPLS de la sous-couche MPLS client provenant de la charge utile de l'unité MPLS_AI;
- processus propres au client:
 - démultiplexer l'unité MPLS_AI à l'aide de la valeur de l'étiquette de 20 bits;

- supprimer l'étiquette de 20 bits;
- traiter le champ EXP de 3 bits comme décrit au § 13.3;
- traiter le champ TTL conformément aux processus décrits au § 13.2. Lorsque le champ TTL est décrémenté et arrive à expiration, l'unité de trafic est éliminée;
- émettre l'unité de trafic MPLS_CI.

10.2 Adaptation serveur non MPLS/MPLS

La fonction d'adaptation serveur/MPLS assure la fonctionnalité d'extrémité de liaison MPLS.

On considère que la fonction d'adaptation serveur/MPLS est constituée de deux types de processus: processus propres au client et processus propres au serveur. Les processus propres au client sont associés aux unités de trafic MPLS_CI, qui entrent/sortent via les entités (T)FP/FPP MPLS. Les processus propres au serveur sortent du cadre de la présente Recommandation.

La source d'adaptation serveur/MPLS (Srv/MPLS_A_So) effectue les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- insérer la même valeur d'étiquette MPLS de 20 bits dans chaque unité de trafic MPLS_CI associée à un point de flux ou de connexion particulier;
- insérer le champ EXP conformément aux processus décrits au § 13.3;
- multiplexer les paquets étiquetés MPLS;
- processus spécifiques liés à la couche serveur.

Le collecteur d'adaptation serveur/MPLS (Srv/MPLS_A_Sk) effectue l'un des processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- processus spécifiques liés à la couche serveur;
- démultiplexer les paquets étiquetés MPLS à l'aide de la valeur de l'étiquette de 20 bits;
- supprimer l'étiquette de 20 bits;
- traiter le champ EXP conformément au § 13.3;
- traiter le champ TTL conformément au § 13.2. Lorsque le champ TTL est décrémenté et arrive à expiration, l'unité de trafic est éliminée.

11 Commande de réseau MPLS

A étudier.

12 Techniques de capacité de survie MPLS

12.1 Techniques de protection

A étudier.

12.2 Rétablissement de réseau

A étudier.

13 MPLS et prise en charge de l'architecture Diff-Serv

L'utilisation de la technique MPLS pour la prise en charge des services différenciés (Diff-Serv) est décrite dans le Document RFC 3270. La terminologie Diffserv porte à la fois sur le trafic et le traitement du trafic, selon une décomposition hiérarchique.

Les définitions relatives au trafic sont les suivantes:

- agrégat comportemental (BA, *behaviour aggregate*): ensemble de paquets avec un code Diff-Serv (DSCP) commun circulant sur une liaison dans un sens donné;
- agrégat ordonné (OA, *ordered aggregate*): ensemble d'ensembles comportementaux qui partagent une contrainte d'ordre.

Et les définitions associées relatives au traitement sont les suivantes:

- comportement par saut (PHB, *per-hop-behaviour*): manière dont un routeur LSR traite un agrégat comportemental;
- groupe de comportements PHB: ensemble de comportements PHB qui possèdent une contrainte commune et qui doivent donc être implémentés les uns par rapport aux autres;
- classe de programmation de comportements PHB (PSC, *PHB scheduling class*): groupe de comportements PHB avec la contrainte commune minimale qui est un ordre de microflux requis. C'est la manière dont un routeur LSR traite un agrégat ordonné.

Trois modèles de tunnellation Diff-Serv sont décrits, selon que l'information PHB est propagée entre sous-couches et selon le mode de propagation:

- le modèle uniforme, avec ou sans suppression à l'avant-dernier saut;
- le modèle tuyau, sans suppression à l'avant-dernier saut;
- le modèle tuyau court, avec ou sans suppression à l'avant-dernier saut.

Ces modèles font l'objet du § 13.3.

L'information Diff-Serv codée dans l'en-tête IP ou dans l'en-tête de calage MPLS sert à choisir le comportement par saut (PHB), comme décrit dans le Document RFC 3270, qui détermine le traitement de programmation et, le cas échéant, la priorité pour le rejet du paquet.

Deux formes de conduit LSP sont définies dans le Document RFC 3270:

- E-LSP: conduit LSP avec classe de programmation de comportements PHB (PSC) déduite du champ EXP. La classe PSC et la priorité pour le rejet sont déduites directement du champ EXP de l'en-tête de calage MPLS.
- L-LSP: conduit LSP avec classe de programmation de comportements PHB (PSC) déduite d'une étiquette uniquement. Le traitement de programmation est déduit de l'étiquette de 20 bits de l'en-tête de calage MPLS. La priorité pour le rejet à appliquer est acheminée dans le champ EXP contenu dans l'en-tête MPLS.

L'information Diff-Serv LSP contenue dans un en-tête MPLS est représentée dans le Tableau 3.

Tableau 3/G.8110/Y.1370 – Relation entre le type de conduit LSP, le comportement par saut et les champs d'en-tête MPLS

Type de conduit LSP	Comportement par saut	
	Classe PSC	Priorité pour le rejet
E-LSP	Champ EXP	
L-LSP	Etiquette	Champ EXP

La relation entre le comportement PHB et l'information Diff-Serv LSP est déterminée par des mappages qui sont établis au moyen d'un mappage préconfiguré ou au moyen d'un mappage qui est signalé explicitement au moment de l'établissement d'étiquette. Voir le Tableau 4.

Tableau 4/G.8110/Y.1370 – Mappage de la classe PSC et de la priorité pour le rejet vers le comportement PHB sous forme de fonction

Type de conduit LSP	Information Diff-Serv LSP Composante	Mappage	Mécanisme de mappage
E-LSP	Classe PSC plus priorité pour le rejet	EXP ↔ PHB	Signalé explicitement au moment de l'établissement d'étiquette OU mappage préconfiguré
L-LSP	Classe PSC	Etiquette – PSC	La classe PSC est signalée explicitement au moment de l'établissement d'étiquette
	Priorité pour le rejet	Mappage EXP ↔ PHB C'est une fonction de la classe PSC prise en charge sur le conduit LSP	Spécifié obligatoirement mappage EXP/PSC ↔ PHB

Chacun des modèles de tunnellation Diff-Serv utilise l'information Diff-Serv LSP (EXP pour E-LSP, étiquette et EXP pour L-LSP) de l'en-tête de calage MPLS de différentes façons. Le traitement Diff-Serv LSP peut être décrit par une combinaison de:

- diagrammes de référence illustrant les entités de transport et les fonctions de traitement de transport intéressantes;
- descriptions du traitement de l'information Diff-Serv LSP qui est effectué dans chaque type de fonction de traitement de transport dans les diagrammes de référence.

Les diagrammes de référence sont décrits au § 13.1, le traitement TTL pour chaque modèle de tunnellation est décrit au § 13.2, tandis que le traitement de l'information Diff-Serv LSP pour chaque modèle de tunnellation est décrit au § 13.3.

13.1 Diagrammes de référence pour les modèles uniforme, tuyau et tuyau court

On utilise deux diagrammes de référence, l'un pour les trois modèles de tunnel sans suppression à l'avant-dernier saut (PHP) et l'autre pour les modèles uniforme et tuyau court avec suppression à l'avant-dernier saut (PHP).

13.1.1 Diagramme de référence pour les modèles uniforme, tuyau et tuyau court sans PHP

Le diagramme de référence utilisé pour décrire les modèles uniforme, tuyau et tuyau court en l'absence de suppression à l'avant-dernier saut est illustré sur la Figure 27. Le tunnel considéré est représenté par le traitement associé à l'entrée de pile d'étiquettes du tunnel, tandis que l'information qui est tunnalisée (le client) est représentée par l'entrée de pile d'étiquettes ou l'en-tête IP tunnalisé. Lorsque la couche client est MPLS, l'adaptation MPLS/client est une adaptation MPLS/MPLS et le traitement est entièrement fondé sur MPLS. Lorsque le client est IP, l'adaptation MPLS/client est une adaptation MPLS/IP et le traitement inclut le traitement Diff-Serv IP.

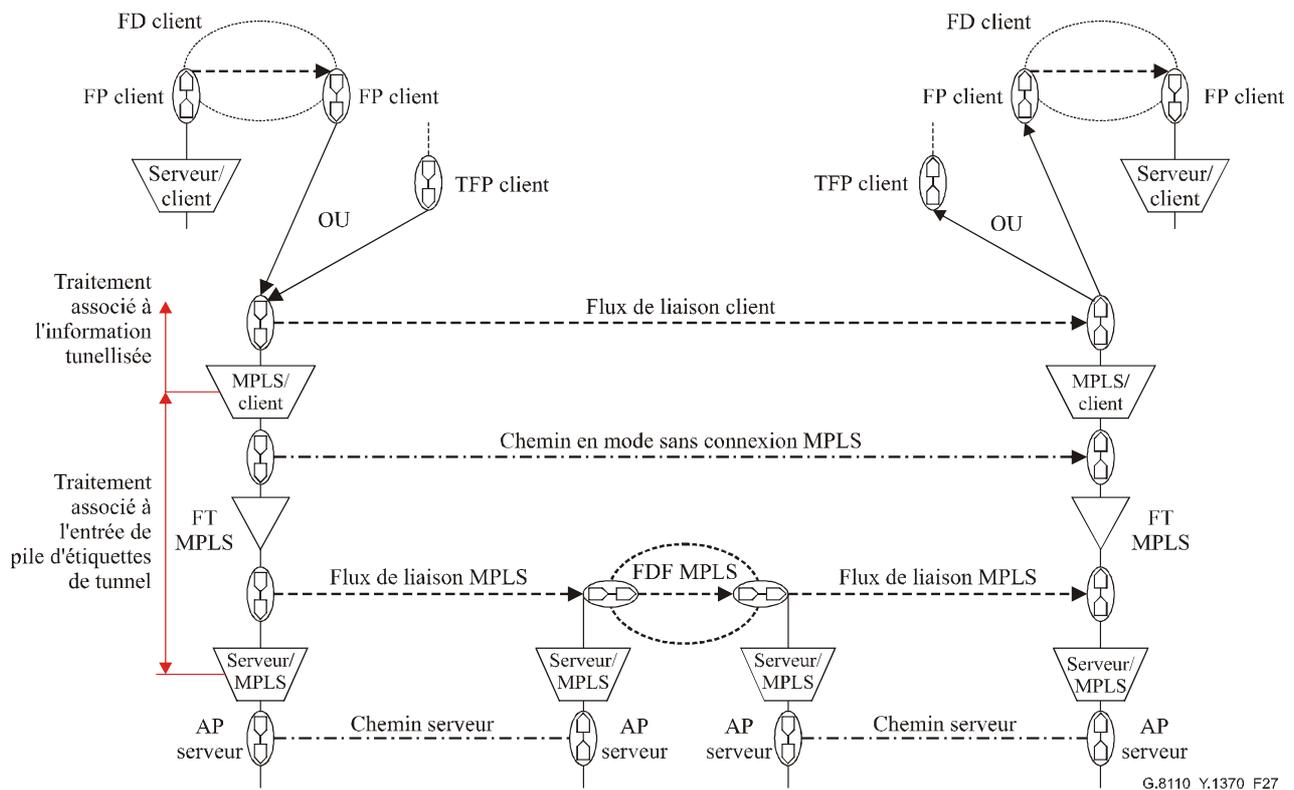


Figure 27/G.8110/Y.1370 – Diagramme de référence pour les modèles uniforme, tuyau et tuyau court sans PHP

Pour l'adaptation serveur/MPLS, les cas suivants s'appliquent:

- le réseau de couche serveur est MPLS et la fonction d'adaptation est de la forme adaptation MPLS/MPLS. Dans ce cas, les processus de la fonction de collecteur d'adaptation MPLS/MPLS dépendent de la nature du mode de tunnel du serveur MPLS. Le mécanisme de pile d'étiquettes permet de procéder à une tunnellisation à n'importe quelle profondeur. Par ailleurs, les modèles de tunnellisation n'ont pas besoin d'être compatibles d'un niveau à l'autre, de sorte que chaque tunnel peut fonctionner dans un mode de tunnellisation différent de celui de son client ou de son serveur. Il est à noter que, dans le diagramme de référence, les processus associés à la fonction de source d'adaptation MPLS/client, où le client est MPLS, dépendent du mode de tunnellisation du serveur;
- le réseau de couche serveur est IP. Ce cas n'est pas examiné plus avant dans la présente Recommandation.

Le serveur n'est ni MPLS ni IP. Ce cas est décrit pour chaque modèle de tunnel à l'aide de la notation serveur/MPLS (serveur non MPLS). Le réseau de couche serveur peut être en mode connexion ou en mode sans connexion. Dans le diagramme de référence, il est représenté en mode connexion. Les processus de la couche serveur associés à la fonction d'adaptation ne sont pas décrits.

Pour l'adaptation serveur/client, les cas suivants s'appliquent:

- le client est MPLS et le serveur est MPLS, l'adaptation est alors MPLS/MPLS_A;
- le client est IP. Le serveur peut alors être:
 - MPLS, l'adaptation est alors MPLS/IP_A;
 - de toute technologie prenant en charge IP, l'adaptation est alors serveur/IP_A.

13.1.2 Diagramme de référence pour les modèles uniforme et tuyau court avec PHP

Le diagramme de référence utilisé pour décrire les modèles uniforme et tuyau court en présence de suppression à l'avant-dernier saut est illustré sur la Figure 28. Le tunnel considéré est représenté par le traitement associé à l'entrée de pile d'étiquettes du tunnel, tandis que l'information qui est tunnelisée (le client) est représentée par l'entrée de pile d'étiquettes ou l'en-tête IP tunnelisé. Lorsque la couche client est MPLS, l'adaptation MPLS/client est une adaptation MPLS/MPLS et le traitement est entièrement fondé sur MPLS. Lorsque le client est IP, l'adaptation MPLS/client est une adaptation MPLS/IP et le traitement inclut le traitement Diff-Serv IP.

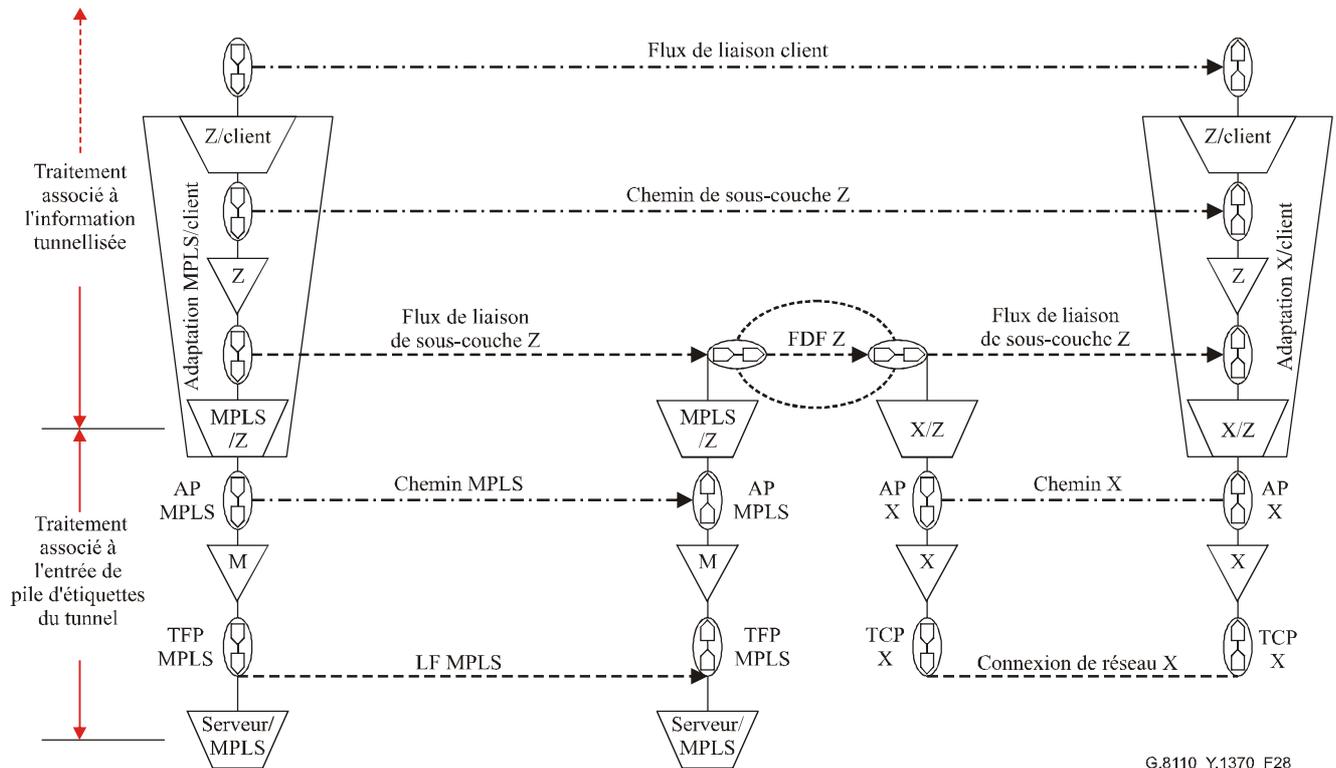


Figure 28/G.8110/Y.1370 – Diagramme de référence pour les modèles uniforme et tuyau court avec PHP

L'utilisation de la suppression à l'avant-dernier saut crée la sous-couche Z. L'information caractéristique de cette sous-couche dépend du client et du développement résultant de l'adaptation MPLS/client. Si le client est MPLS, l'information caractéristique correspond à une frontière d'entrée de pile d'étiquettes et si le client est IP, l'information caractéristique correspond à un paquet IP.

Pour l'adaptation serveur/MPLS, les cas suivants s'appliquent:

- le réseau de couche serveur est MPLS et la fonction d'adaptation est de la forme adaptation MPLS/MPLS. Dans ce cas, les processus de la fonction de collecteur d'adaptation MPLS/MPLS dépendent de la nature du mode de tunnel du serveur MPLS. Le mécanisme de pile d'étiquettes permet de procéder à une tunnelisation à n'importe quelle profondeur. Par ailleurs, les modèles de tunnelisation n'ont pas besoin d'être compatibles d'un niveau à l'autre, de sorte que chaque tunnel peut fonctionner dans un mode de tunnelisation différent de celui de son client ou de son serveur. Il est à noter que, dans le diagramme de référence, les processus associés à la fonction de source d'adaptation MPLS/client, où le client est MPLS, dépendent du mode de tunnelisation du serveur;
- le réseau de couche serveur est IP. Ce cas n'est pas examiné plus avant dans la présente Recommandation;

- le serveur n'est ni MPLS ni IP. Ce cas est décrit pour chaque modèle de tunnel à l'aide de la notation serveur/MPLS (serveur non MPLS). Le réseau de couche serveur peut être en mode connexion ou en mode sans connexion. Dans le diagramme de référence, il est représenté en mode connexion. Les processus de la couche serveur associés à la fonction d'adaptation ne sont pas décrits.

La couche serveur X est une couche serveur de n'importe quelle technologie valable dans laquelle l'information caractéristique Z peut être mappée et, en tant que telle, peut être soit en mode connexion soit en mode sans connexion. Dans le diagramme de référence, elle est représentée en mode connexion.

Les processus associés aux fonctions de traitement de transport sont les mêmes que pour les modèles uniforme et tuyau court sans PHP, sauf pour l'adaptation MPLS/Z et les fonctions de traitement de transport en aval. Il est à noter que les fonctions d'adaptation Z/client, de terminaison de flux Z et d'adaptation MPLS/Z contenues dans l'adaptation MPLS/client ne sont pas décrites car elles sont toutes encapsulées dans l'adaptation MPLS/client.

13.2 Comportement associé au champ TTL MPLS

Le champ de durée de vie (TTL, *time-to-live*) peut être traité de différentes façons suivant le type de conduit LSP comme décrit dans le Document RFC 3443.

Le comportement associé au champ TTL pour chacun des modèles de tunnellation Diff-Serv – uniforme, tuyau et tuyau court - est décrit dans le présent paragraphe à l'aide de tableaux qui décrivent le traitement du champ TTL qui est effectué dans chacune des fonctions de traitement de transport dans le diagramme de référence approprié.

Les signaux `_AI_TTLVALUE` et `_CI_TTLVALUE` sont des signaux qui contiennent une information liée aux valeurs du champ TTL et qui sont utilisés pour décrire les flux d'information entre les fonctions de traitement de transport, comme décrit dans les paragraphes qui suivent. Ces signaux sont présents entre les fonctions de traitement de transport dans les équipements mais ils ne sont pas transportés entre les équipements sur des chemins ou sur des flux. En tant que tels, ils sont décrits conjointement avec l'information caractéristique et l'information adaptée qui sont transportées sur les entités de transport. Les signaux `AI_TTLVALUE` et `CI_TTLVALUE` ne font pas partie des unités de trafic MPLS. Ils fournissent aux fonctions de traitement de transport d'un réseau de couche l'information liée à la valeur du champ TTL obtenue à partir d'un autre réseau de couche. Suivant le modèle Diff-Serv, ils peuvent être utilisés par un réseau de couche dans le cadre de son propre traitement du champ TTL, mais ce n'est pas obligatoire.

Les fonctions d'adaptation serveur/client de la Figure 27 ne sont pas décrites dans les tableaux qui suivent car elles ne sont pas nécessaires pour expliquer le comportement.

13.2.1 Modèle uniforme sans suppression à l'avant-dernier saut

Le Tableau 5 décrit les fonctions de traitement de transport et les processus dans le cas du modèle uniforme sans suppression à l'avant-dernier saut.

**Tableau 5/G.8110/Y.1370 – Fonctions de traitement de transport et traitement TTL
Diff-Serv dans le cas du modèle uniforme sans PHP**

Fonction de traitement de transport	Traitement TTL
MPLS/client_A_So (client IP)	Générer le signal MPLS_AI_TTLVALUE à partir du signal IP_CI_TTLVALUE reçu.
MPLS/client_A_So (client MPLS)	Générer le signal MPLS_AI_TTLVALUE à partir du signal MPLS_CI_TTLVALUE reçu.
MPLS_FT_So	Le signal MPLS_AI_TTLVALUE reçu est copié dans le champ TTL de l'unité de trafic MPLS_CI. Générer le signal MPLS_CI_TTLVALUE à partir du champ TTL de l'unité de trafic MPLS.
serveur/MPLS_A_So (serveur non MPLS)	Terminer le signal MPLS_CI_TTLVALUE et cesser tout traitement de ce signal.
serveur/MPLS_A_So (serveur MPLS)	Générer le signal MPLS_AI_TTLVALUE à partir du signal MPLS_CI_TTLVALUE reçu.
serveur/MPLS_A_Sk (serveur non MPLS)	Décrémenter le champ TTL de l'en-tête de calage MPLS de 1. Si $TTL \leq 0$, le paquet n'est pas transmis. Si le paquet est transmis, utiliser la valeur décrétementée du champ TTL pour générer le signal MPLS_CI_TTLVALUE.
serveur/MPLS_A_Sk (serveur MPLS)	Si la couche serveur fonctionne en mode tuyau ou tuyau court: <ul style="list-style-type: none"> – terminer le signal MPLS_AI_TTLVALUE reçu et cesser tout traitement de ce signal; – décrétement le champ TTL de l'unité de trafic MPLS_AI de 1. Si $TTL \leq 0$, le paquet n'est pas transmis; – générer le signal MPLS_CI_TTLVALUE à partir de la valeur décrétementée du champ TTL de l'unité de trafic MPLS_AI. Si la couche serveur fonctionne en mode uniforme: <ul style="list-style-type: none"> – annuler la valeur du champ TTL de l'unité de trafic MPLS_AI et la remplacer par le signal MPLS_AI_TTLVALUE reçu; – générer le signal MPLS_CI_TTLVALUE à partir du signal MPLS_AI_TTLVALUE.
MPLS_FT_Sk	Terminer le signal MPLS_CI_TTLVALUE reçu et cesser tout traitement de ce signal. Supprimer le champ TTL de l'unité de trafic MPLS_CI et générer une copie sous forme de signal MPLS_AI_TTLVALUE.
MPLS/client_A_Sk (client MPLS)	Annuler la valeur du champ TTL de l'unité de trafic MPLS_AI et la remplacer par le signal MPLS_AI_TTLVALUE reçu. Générer le signal MPLS_CI_TTLVALUE à partir du signal MPLS_AI_TTLVALUE.
MPLS/client_A_Sk (client IP)	Annuler la valeur du champ TTL de l'en-tête IP et la remplacer par le signal MPLS_AI_TTLVALUE reçu. Générer le signal IP_CI_TTLVALUE à partir du signal MPLS_AI_TTLVALUE.

13.2.2 Modèles tuyau et tuyau court sans suppression à l'avant-dernier saut

Le Tableau 6 décrit les fonctions de traitement de transport et les processus dans le cas des modèles tuyau et tuyau court sans suppression à l'avant-dernier saut.

**Tableau 6/G.8110/Y.1370 – Fonctions de traitement de transport et traitement TTL
Diff-Serv dans le cas des modèles tuyau et tuyau court sans PHP**

Fonction de traitement de transport	Traitement TTL
MPLS/client_A_So (client IP)	Générer le signal MPLS_AI_TTLVALUE à partir du signal IP_CI_TTLVALUE reçu.
MPLS/client_A_So (client MPLS)	Générer le signal MPLS_AI_TTLVALUE à partir du signal MPLS_CI_TTLVALUE reçu.
MPLS_FT_So	Terminer le signal MPLS_AI_TTLVALUE reçu et cesser tout traitement de ce signal. Le champ TTL de l'unité de trafic MPLS_CI est mis administrativement à une valeur inférieure ou égale à 255. Générer le signal MPLS_CI_TTLVALUE à partir de la valeur du champ TTL fixée administrativement.
serveur/MPLS_A_So (serveur non MPLS)	Terminer le signal MPLS_CI_TTLVALUE reçu et cesser tout traitement de ce signal.
serveur/MPLS_A_So (serveur MPLS)	Générer le signal MPLS_AI_TTLVALUE à partir du signal MPLS_CI_TTLVALUE reçu.
serveur/MPLS_A_Sk (serveur non MPLS)	Décrémenter le champ TTL de l'unité de trafic MPLS_AI de 1. Si $TTL \leq 0$, le paquet n'est pas transmis. Si le paquet est transmis, utiliser la valeur décrétementée du champ TTL pour générer le signal MPLS_CI_TTLVALUE.
serveur/MPLS_A_Sk (serveur MPLS)	Si la couche serveur fonctionne en mode tuyau ou tuyau court: <ul style="list-style-type: none"> – terminer le signal MPLS_AI_TTLVALUE reçu et cesser tout traitement de ce signal; – décrémenter le champ TTL de l'unité de trafic MPLS_AI de 1. Si $TTL \leq 0$, le paquet n'est pas transmis; – générer le signal MPLS_CI_TTLVALUE à partir de la valeur décrétementée du champ TTL de l'unité de trafic MPLS_AI. Si la couche serveur fonctionne en mode uniforme: <ul style="list-style-type: none"> – annuler la valeur du champ TTL dans l'unité de trafic MPLS_AI et la remplacer par le signal MPLS_AI_TTLVALUE reçu; – générer le signal MPLS_CI_TTLVALUE à partir du signal MPLS_AI_TTLVALUE.
MPLS_FT_Sk	Terminer le signal MPLS_CI_TTLVALUE reçu et cesser tout traitement de ce signal. Supprimer le champ TTL de l'unité de trafic MPLS_CI et générer une copie sous forme de signal MPLS_AI_TTLVALUE.
MPLS/client_A_Sk (client MPLS)	Terminer le signal MPLS_AI_TTLVALUE reçu et cesser tout traitement de ce signal. Décrémenter le champ TTL de l'unité de trafic MPLS_AI de 1. Si $TTL \leq 0$, le paquet n'est pas transmis. Générer le signal MPLS_CI_TTLVALUE à partir de la valeur décrétementée du champ TTL de l'unité de trafic MPLS.
MPLS/client_A_Sk (client IP)	Terminer le signal MPLS_AI_TTLVALUE reçu et cesser tout traitement de ce signal. Décrémenter le champ TTL de l'en-tête IP de 1. Si $TTL \leq 0$, le paquet n'est pas transmis. Générer le signal IP_CI_TTLVALUE à partir de la valeur décrétementée du champ TTL de l'en-tête IP.

13.2.3 Modèle uniforme avec suppression à l'avant-dernier saut

Le Tableau 7 décrit les fonctions de traitement de transport et les processus dans le cas du modèle uniforme avec suppression à l'avant-dernier saut.

Du point de vue du réseau, il suffit de décrire les processus associés aux fonctions d'adaptation MPLS/client et X/client, la description des processus associés aux fonctions qu'elles encapsulent n'étant pas nécessaire.

Tableau 7/G.8110/Y.1370 – Fonctions de traitement de transport et traitement TTL Diff-Serv dans le cas du modèle uniforme avec PHP

Fonction de traitement de transport	Traitement TTL
MPLS/client_A_So (client IP) MPLS/client_A_So (client MPLS) MPLS_FT_So serveur/MPLS_A_So (serveur non MPLS) serveur/MPLS_A_So (serveur MPLS) serveur/MPLS_A_Sk (serveur non MPLS) serveur/MPLS_A_Sk (serveur MPLS) MPLS_FT_Sk	Le traitement TTL dans ces fonctions est exactement le même que dans le cas du modèle uniforme sans PHP
MPLS/Z_A_Sk Z est équivalent à un paquet IP	Annuler la valeur du champ TTL de l'en-tête IP et la remplacer par le signal MPLS_AI_TTLVALUE reçu, recalculer le code CRC.
MPLS/Z_A_Sk Z est équivalent à une entrée de pile d'étiquettes MPLS	Annuler la valeur du champ TTL de l'en-tête de calage MPLS et la remplacer par le signal MPLS_AI_TTLVALUE reçu.
X/Z_A_So X_TT_So X_TT_Sk	Pas de traitement TTL
X/client_A_So (client MPLS)	Décrémenter le champ TTL de l'en-tête de calage MPLS de 1. Si $TTL \leq 0$, le paquet n'est pas transmis. Générer le signal MPLS_CI_TTLVALUE à partir de la valeur décrétementée du champ TTL de l'en-tête MPLS.
X/client_A_So (client IP)	Décrémenter le champ TTL de l'en-tête IP de 1. Si $TTL \leq 0$, le paquet n'est pas transmis. Générer le signal IP_CI_TTLVALUE à partir de la valeur décrétementée du champ TTL de l'en-tête IP.

13.2.4 Modèle tuyau court avec suppression à l'avant-dernier saut

Le Tableau 8 décrit les fonctions de traitement de transport et les processus dans le cas du modèle tuyau court avec suppression à l'avant-dernier saut.

Du point de vue du réseau, il suffit de décrire les processus associés aux fonctions d'adaptation MPLS/client et X/client, la description des processus associés aux fonctions qu'elles encapsulent n'étant pas nécessaire.

**Tableau 8/G.8110/Y.1370 – Fonctions de traitement de transport et traitement TTL
Diff-Serv dans le cas du modèle tuyau court avec PHP**

Fonction de traitement de transport	Traitement TTL
MPLS/client_A_So (client IP) MPLS/client_A_So (client MPLS) MPLS_FT_So serveur/MPLS_A_So (serveur non MPLS) serveur/MPLS_A_So (serveur MPLS) serveur/MPLS_A_Sk (serveur non MPLS) serveur/MPLS_A_Sk (serveur MPLS) MPLS_FT_Sk	Le traitement TTL dans ces fonctions est exactement le même que dans le cas du modèle tuyau court sans PHP
MPLS/Z_A_Sk Z est équivalent à un paquet IP	Terminer le signal MPLS_AI_TTLVALUE et cesser tout traitement de ce signal.
MPLS/Z_A_Sk Z est équivalent à une entrée de pile d'étiquettes MPLS	Le champ TTL de l'unité de trafic Z n'est pas modifié.
X/Z_A_So X_TT_So X_TT_Sk	Pas de traitement TTL
X/client_A_So (client MPLS)	Décrémenter le champ TTL de l'en-tête de calage MPLS de 1. Si $TTL \leq 0$, le paquet n'est pas transmis. Générer le signal MPLS_CI_TTLVALUE à partir de la valeur décrémentée du champ TTL de l'en-tête MPLS.
X/client_A_So (client IP)	Décrémenter le champ TTL de l'en-tête IP de 1. Si $TTL \leq 0$, le paquet n'est pas transmis. Générer le signal IP_CI_TTLVALUE à partir de la valeur décrémentée du champ TTL de l'en-tête IP.

13.3 Comportement associé au champ EXP MPLS

Le Document RFC 3032 décrit le champ EXP comme étant réservé pour les utilisations expérimentales. Le Document RFC 3270 décrit l'application du champ EXP pour la prise en charge du mécanisme Diff-Serv dans la technologie MPLS. Dans la présente Recommandation, on prend en considération l'utilisation du champ EXP telle que décrite dans le Document RFC 3270 et les autres applications nécessitent un complément d'étude.

Le comportement associé au champ EXP pour chacun des modèles de tunnellation Diff-Serv – uniforme, tuyau et tuyau court – est décrit dans le présent paragraphe au moyen de diagrammes qui décrivent le traitement du champ EXP qui est effectué dans chacune des fonctions de traitement de transport dans le diagramme de référence approprié.

Le marquage PHB dû aux fonctions de conditionnement du trafic nécessite un complément d'étude.

On utilise les conventions suivantes dans les diagrammes:

le comportement PHB d'entrée est noté iPHB (*incoming*) et le comportement PHB de sortie est noté oPHB (*outgoing*).

M représente l'information Diff-Serv acheminée dans l'en-tête encapsulé – "l'information Diff-Serv tunnalisée", tandis que m représente l'information Diff-Serv acheminée dans l'en-tête encapsulant – "l'information Diff-Serv LSP", comme décrit au § 2.6 du Document RFC 3270.

M_i ou (m_i) représente la syntaxe de codage de l'information Diff-Serv dans l'en-tête MPLS ou IP approprié. Dans un routeur LSR où il est possible de modifier la valeur du champ EXP (comme décrit au § 3.2.1 du Document RFC 3270), l'information Diff-Serv d'entrée est échangée avec l'information Diff-Serv de sortie M_j (M_j peut être égal à M_i , mais pas nécessairement). Lorsque la modification des bits du champ EXP n'est pas prise en charge, l'information Diff-Serv d'entrée M_i est copiée dans l'information Diff-Serv de sortie (et est égale à M_i).

Notes s'appliquant aux figures du § 13.3.1 au § 13.4:

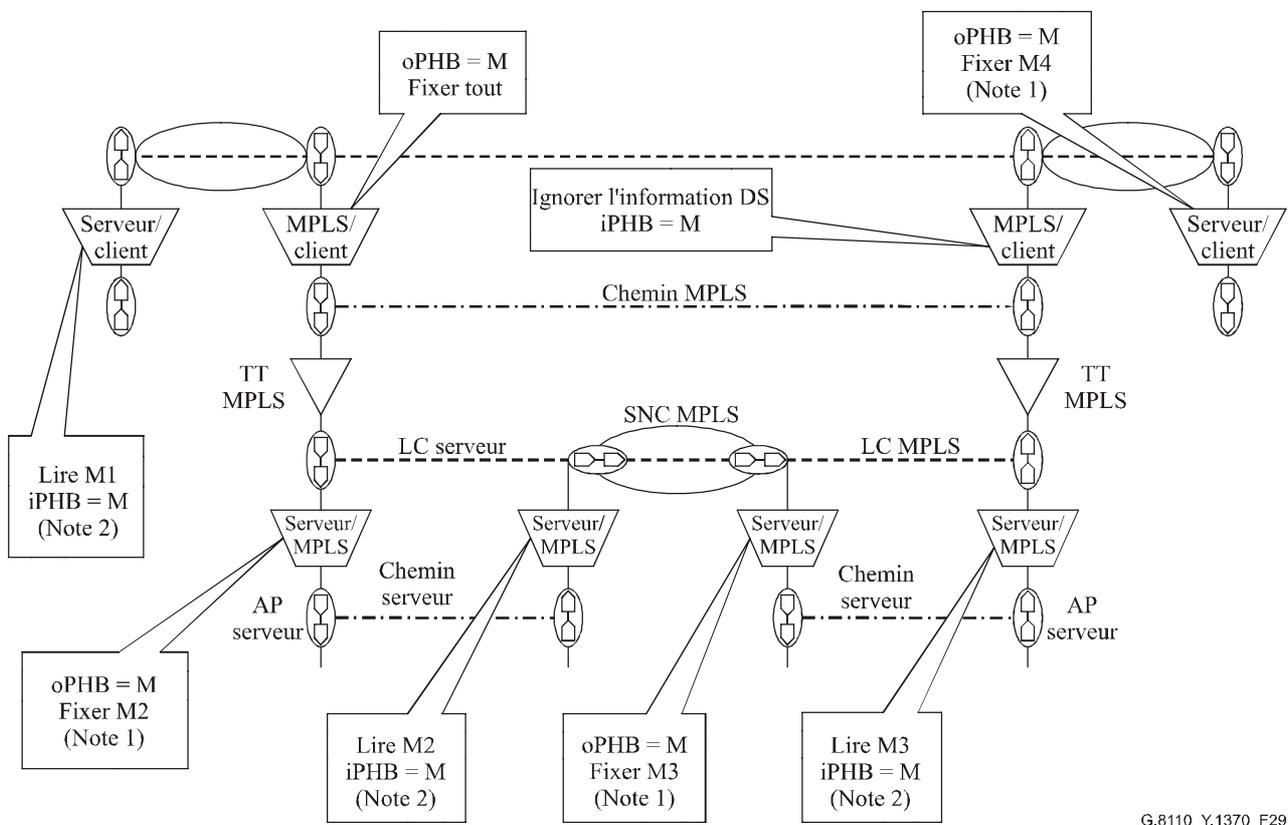
NOTE 1 – Sur les figures ci-dessous, on considère une couche serveur non MPLS pour la fonction d'adaptation de source serveur/MPLS. Lorsque la couche serveur est un tunnel MPLS, le comportement dépend du modèle de tunnel (§ 13.3.1 pour le modèle uniforme, § 13.3.2 pour le modèle tuyau et § 13.3.3 pour le modèle tuyau court) pour la fonction d'adaptation de source MPLS/client. La seule exception s'applique lorsque la couche serveur pour la fonction d'adaptation de collecteur serveur/MPLS d'entrée est un tunnel MPLS utilisant le modèle tuyau: dans ce cas, la fonction d'adaptation de source serveur/MPLS doit mettre le champ EXP à la valeur d'entrée (comme spécifié au § 13.3.2 pour la fonction d'adaptation de source serveur/client).

NOTE 2 – Sur les figures ci-dessous, on considère une couche serveur non MPLS pour la fonction d'adaptation de collecteur serveur/MPLS.

Lorsque la couche serveur est un tunnel MPLS, le comportement dépend du modèle de tunnel (§ 13.3.1 pour le modèle uniforme, § 13.3.2 pour le modèle tuyau et § 13.3.3 pour le modèle tuyau court) pour la fonction d'adaptation de source MPLS/client.

13.3.1 Modèle uniforme sans suppression à l'avant-dernier saut

La Figure 29 décrit les fonctions de traitement de transport et les processus dans le cas du modèle uniforme sans suppression à l'avant-dernier saut.

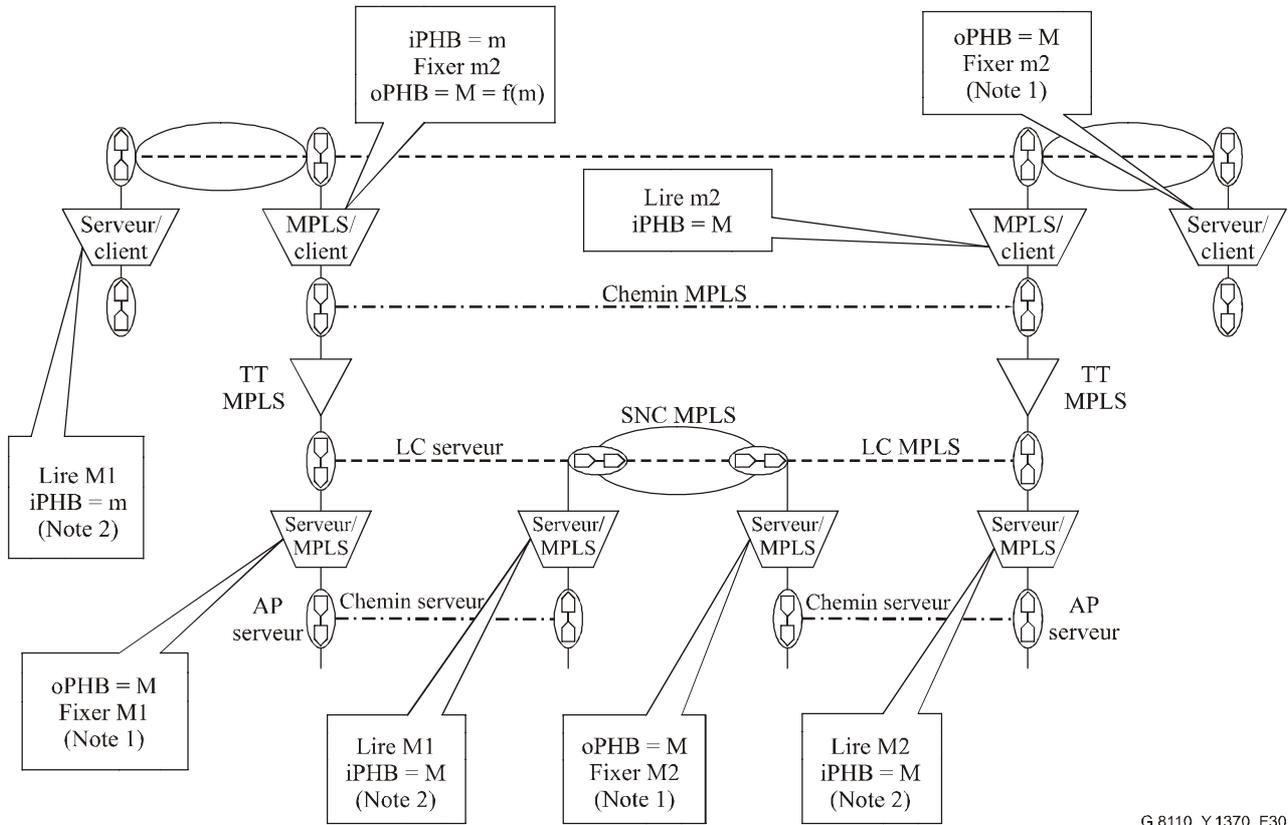


G.8110_Y.1370_F29

Figure 29/G.8110/Y.1370 – Diagramme de référence pour le modèle uniforme sans PHP

13.3.2 Modèle tuyau sans suppression à l'avant-dernier saut

La Figure 30 décrit les fonctions de traitement de transport et les processus dans le cas du modèle tuyau sans suppression à l'avant-dernier saut.



G.8110_Y.1370_F30

Figure 30/G.8110/Y.1370 – Diagramme de référence pour le modèle tuyau sans PHP

13.3.3 Modèle tuyau court sans suppression à l'avant-dernier saut

La Figure 31 décrit les fonctions de traitement de transport et les processus dans le cas du modèle tuyau court sans suppression à l'avant-dernier saut.

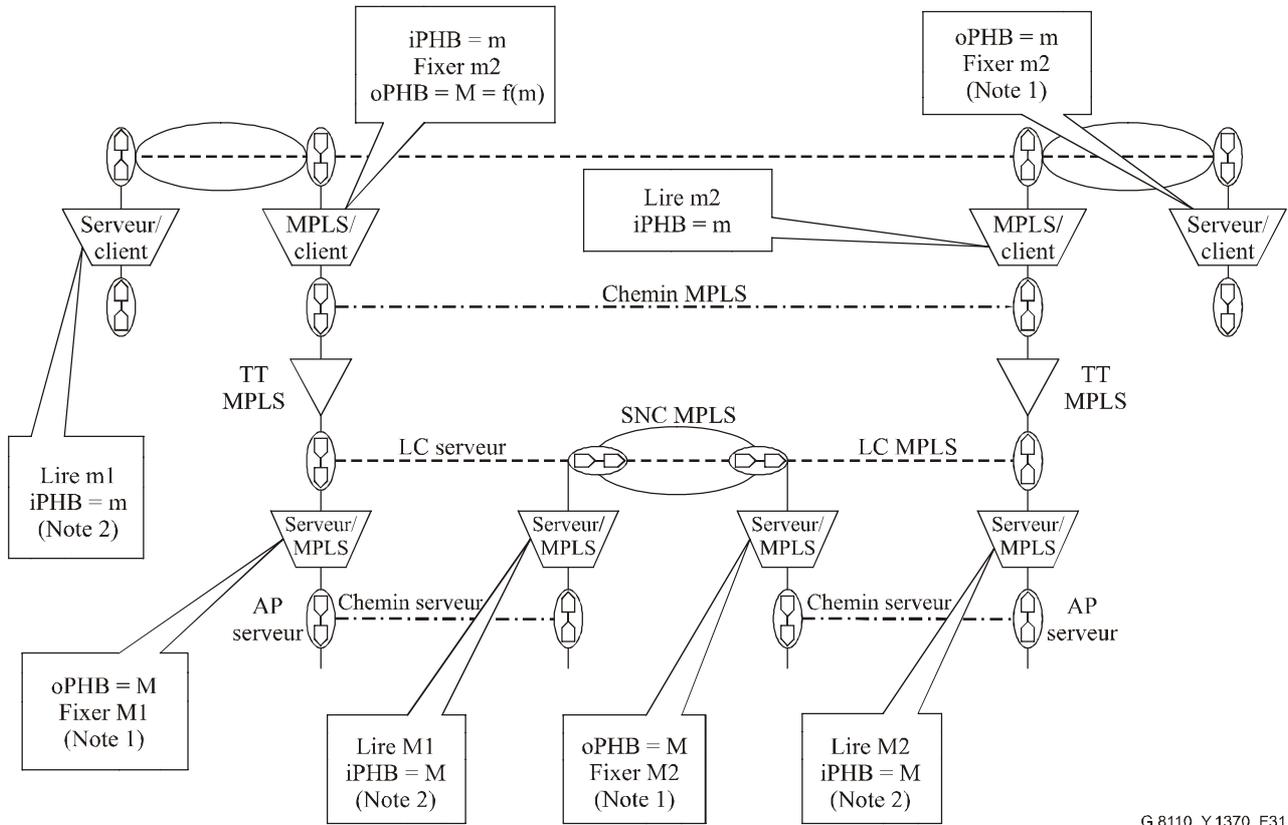
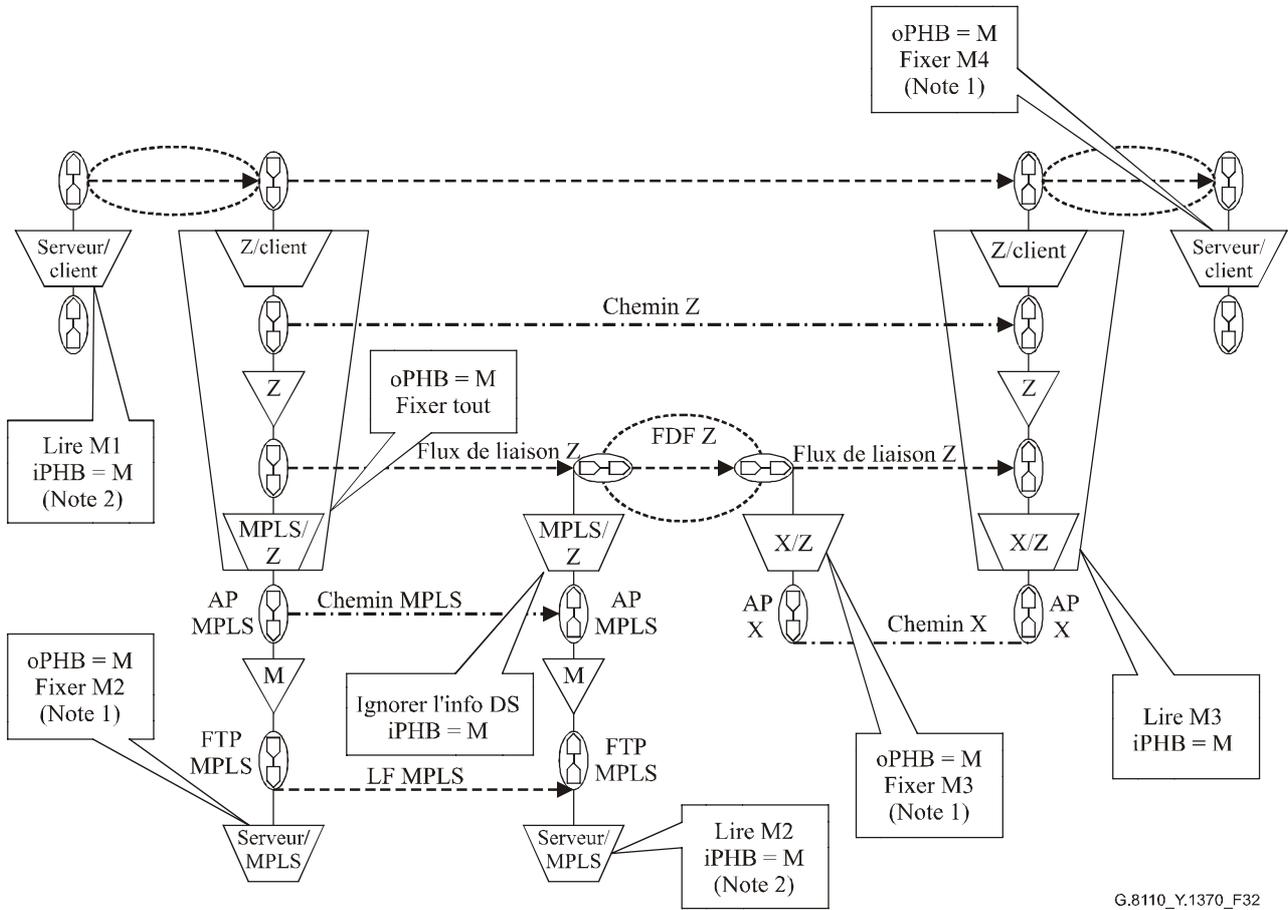


Figure 31/G.8110/Y.1370 – Diagramme de référence pour le modèle tuyau court sans PHP

13.3.4 Modèle uniforme avec suppression à l'avant-dernier saut

La Figure 32 décrit les fonctions de traitement de transport et les processus dans le cas du modèle uniforme avec suppression à l'avant-dernier saut.



G.8110_Y.1370_F32

Figure 32/G.8110/Y.1370 – Diagramme de référence pour le modèle uniforme avec PHP

13.3.5 Modèle tuyau court avec suppression à l'avant-dernier saut

La Figure 33 décrit les fonctions de traitement de transport et les processus dans le cas du modèle tuyau court avec suppression à l'avant-dernier saut.

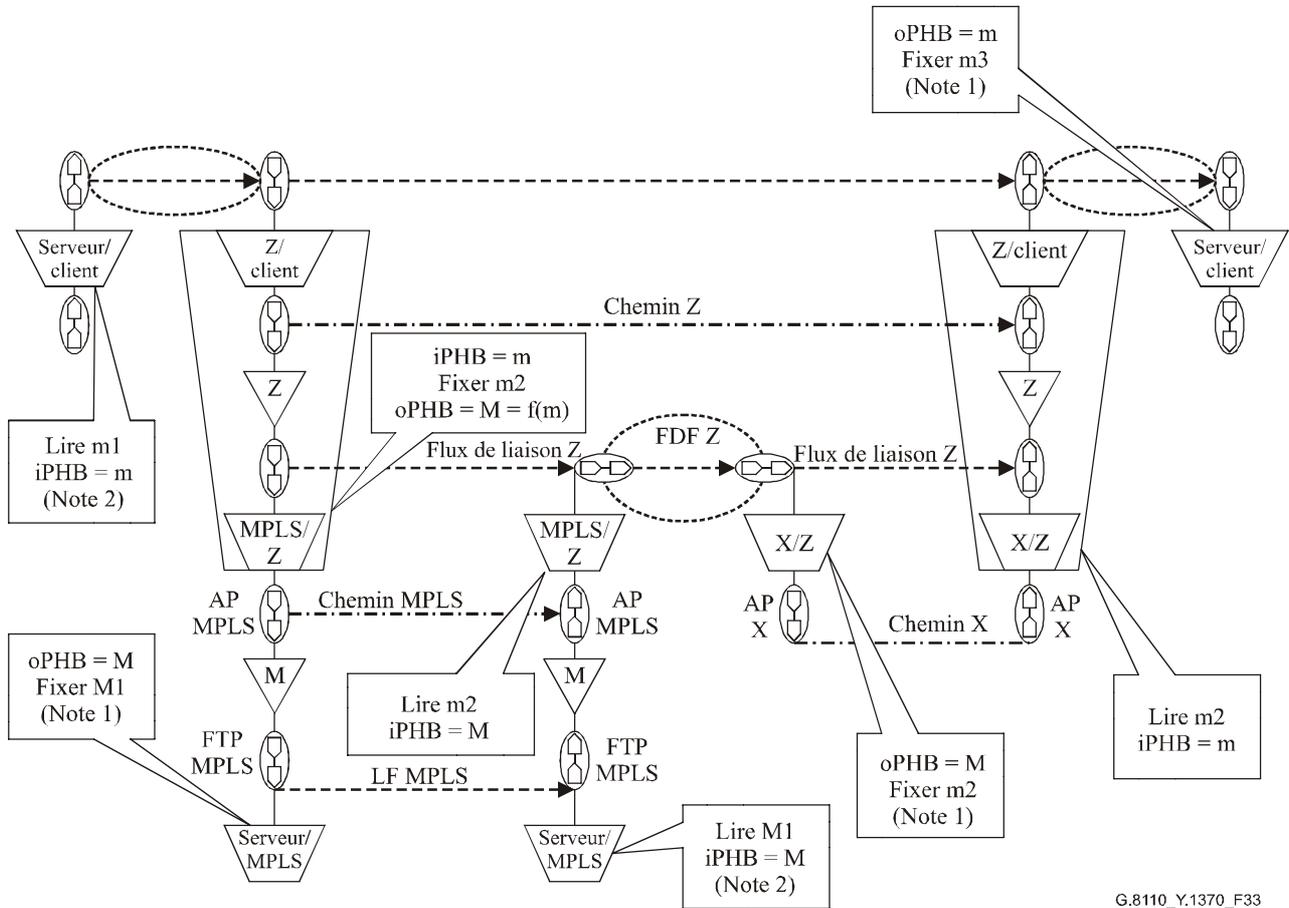


Figure 33/G.8110/Y.1370 – Diagramme de référence pour le modèle tuyau court avec PHP

13.4 Fusion de conduits LSP et prise en charge du mécanisme Diff-Serv

Dans le modèle G.809, la fusion de conduits E-LSP et la fusion de conduits L-LSP sont prises en charge moyennant les restrictions suivantes :

- des conduits E-LSP ne peuvent être fusionnés en un même conduit E-LSP que s'ils prennent en charge exactement le même ensemble d'agrégats comportementaux (BA, *behaviour aggregate*);
- des conduits L-LSP ne peuvent être fusionnés en un même conduit L-LSP que s'ils prennent en charge exactement la même classe de programmation de comportements par saut (PSC, *per hop behaviour scheduling class*).

Dans le modèle G.805, ni la fusion de conduits E-LSP ni la fusion de conduits L-LSP ne sont prises en charge.

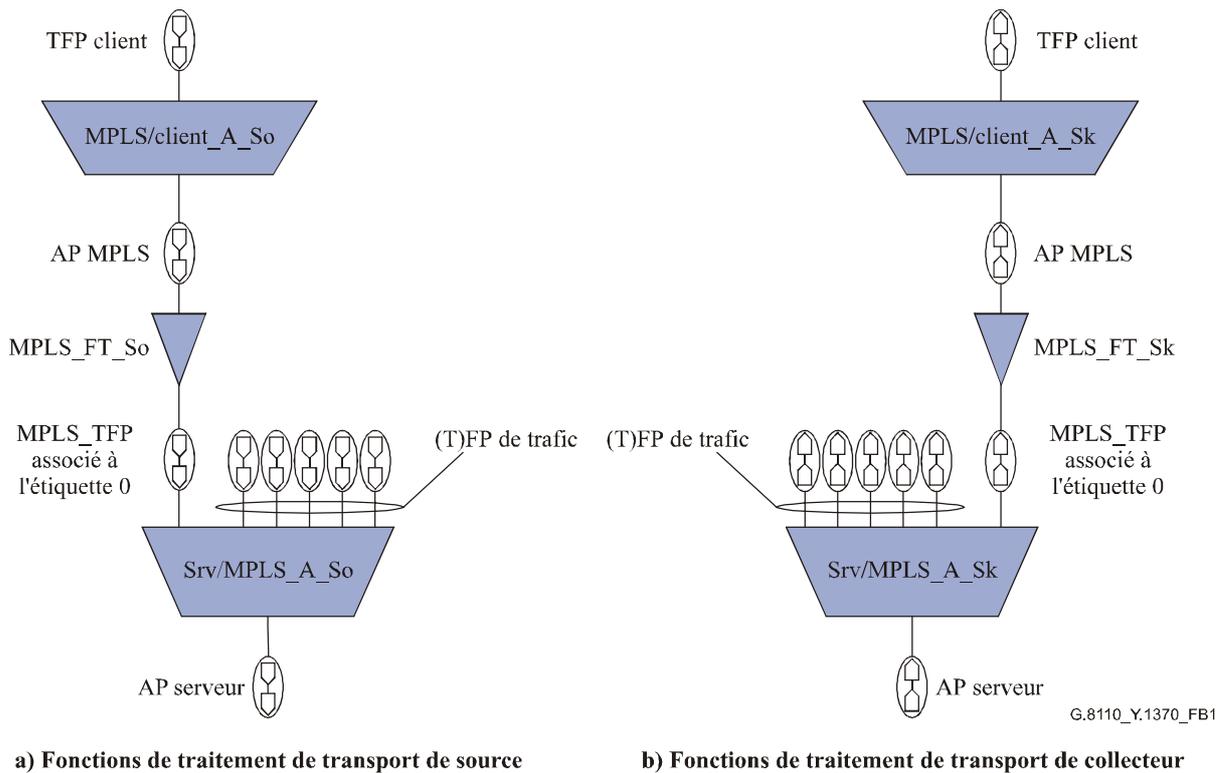
Annexe B

Traitement des étiquettes réservées

La présente annexe décrit les modèles fonctionnels associés aux étiquettes réservées MPLS.

Étiquette réservée – 0: néant explicite IPv4

La Figure B.1 illustre le traitement des unités de trafic MPLS avec une valeur d'étiquette de 0 par les fonctions de traitement de transport. Le modèle pour la description G.805 est le même, sauf que les entités (T)FP sont remplacées par des entités (T)CP, les fonctions de terminaison de flux sont remplacées par des fonctions de terminaison de chemin et les flux sont remplacés par des connexions.



NOTE – La couche serveur peut être MPLS ou non MPLS. Sur la figure, c'est une couche serveur non MPLS qui est représentée.

Figure B.1/G.8110/Y.1370 – Traitement du néant explicite IPv4

Les unités de trafic MPLS avec l'étiquette 0 sont multiplexées par la source d'adaptation serveur/MPLS via:

- un point TFP associé à l'étiquette 0 pour un réseau de couche MPLS décrit selon le modèle G.809;
- un point TCP associé à l'étiquette 0 pour un réseau de couche MPLS décrit selon le modèle G.805.

Les unités de trafic MPLS avec l'étiquette 0 sont démultiplexées par le collecteur d'adaptation serveur/MPLS et acheminées vers:

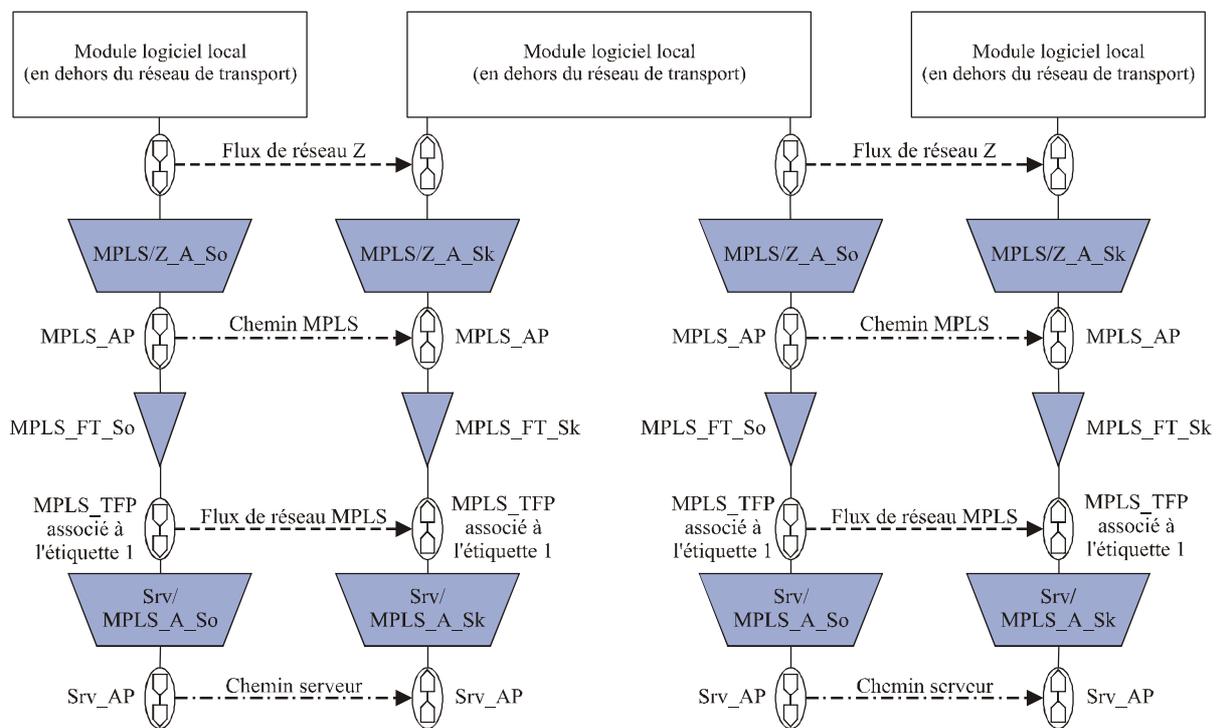
- un point TFP associé à l'étiquette 0 pour un réseau de couche MPLS décrit selon le modèle G.809;
- un point TCP associé à l'étiquette 0 pour un réseau de couche MPLS décrit selon le modèle G.805.

Si le client de la fonction MPLS/client_A_Sk est IPv4, le bit S est égal à 1 et le bas de la pile a été atteint. Le paquet est alors transmis conformément au traitement IPv4 opéré dans la fonction d'adaptation. Il s'agit d'une opération valable conformément au Document RFC 3032.

Si le client de la fonction MPLS/client_A_Sk est MPLS, le bit S est égal à 0 et le bas de la pile n'a pas été atteint. Le paquet considéré n'est pas valable conformément au Document RFC 3032.

Etiquette réservée – 1: étiquette d'alerte de routeur

La Figure B.2 illustre le traitement des unités de trafic MPLS avec une valeur d'étiquette de 1 par les fonctions de traitement de transport. Le modèle pour la description G.805 est le même, sauf que les entités (T)FP sont remplacées par des entités (T)CP, les fonctions de terminaison de flux sont remplacées par des fonctions de terminaison de chemin et les flux sont remplacés par des connexions.



G.8110_Y.1370_FB2

NOTE – L'information caractéristique du premier flux Z n'est pas nécessairement identique à celle du deuxième représenté sur la figure, cela dépend du traitement.

Figure B.2/G.8110/Y.1370 – Traitement de l'alerte de routeur

L'étiquette d'alerte de routeur permet à un module logiciel présent dans un élément de réseau de communiquer avec un module logiciel présent dans un autre élément de réseau. Le module logiciel local génère un paquet MPLS qui est présenté au réseau de transport sous la forme d'une entrée de pile d'étiquettes (correspondant à l'information caractéristique du flux de réseau Z) et d'un en-tête MPLS additionnel avec la valeur d'étiquette 1.

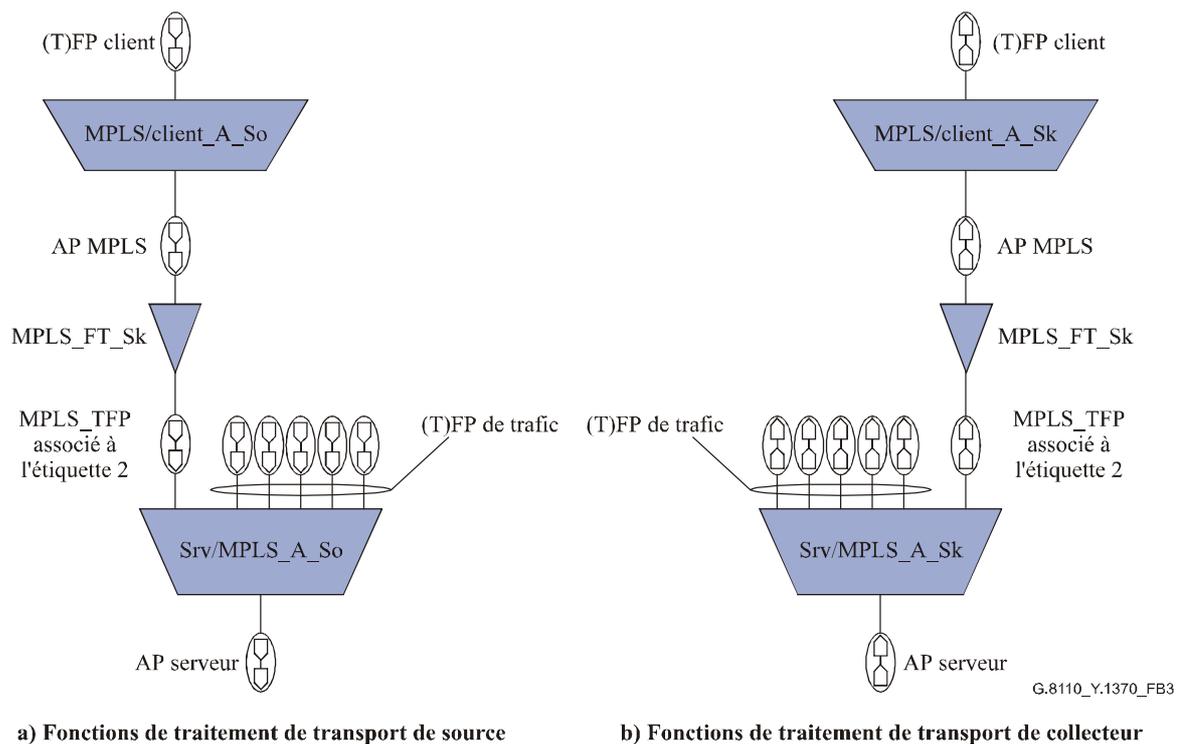
Les unités de trafic MPLS avec l'étiquette 1 sont démultiplexées par le collecteur d'adaptation serveur/MPLS et acheminées vers:

- un point TFP associé à l'étiquette 1 pour un réseau de couche MPLS décrit selon le modèle G.809;
- un point TCP associé à l'étiquette 1 pour un réseau de couche MPLS décrit selon le modèle G.805.

L'entrée de pile d'étiquettes qui sort de la fonction MPLS/Z_A_Sk est transmise pour traitement à un module logiciel local. Ce traitement est supposé être opéré en dehors du réseau de transport. Si après le traitement, le paquet doit être transmis, la transmission est déterminée à partir de l'étiquette se trouvant en haut de la pile présentée au module logiciel. Le module logiciel local présente ensuite au réseau de transport une entrée de pile d'étiquettes et un en-tête MPLS additionnel avec la valeur d'étiquette 1 est inséré.

Etiquette réservée – 2: néant explicite IPv6

La Figure B.3 illustre le traitement des unités de trafic MPLS avec une valeur d'étiquette de 2 par les fonctions de traitement de transport. Le modèle pour la description G.805 est le même, sauf que les entités (T)FP sont remplacées par des entités (T)CP, les fonctions de terminaison de flux sont remplacées par des fonctions de terminaison de chemin et les flux sont remplacés par des connexions.



NOTE – La couche serveur peut être MPLS ou non MPLS. Sur la figure, c'est une couche serveur non MPLS qui est représentée.

Figure B.3/G.8110/Y.1370 – Traitement du néant explicite IPv6

Les unités de trafic MPLS avec l'étiquette 2 sont multiplexées par la source d'adaptation serveur/MPLS via:

- un point TFP associé à l'étiquette 2 pour un réseau de couche MPLS décrit selon le modèle G.809;

- un point TCP associé à l'étiquette 2 pour un réseau de couche MPLS décrit selon le modèle G.805.

Les unités de trafic MPLS avec l'étiquette 2 sont démultiplexées par le collecteur d'adaptation serveur/MPLS et acheminées vers:

- un point TFP associé à l'étiquette 2 pour un réseau de couche MPLS décrit selon le modèle G.809;
- un point TCP associé à l'étiquette 2 pour un réseau de couche MPLS décrit selon le modèle G.805.

Si le client de la fonction MPLS/client_A_Sk est IPv6, le bit S est égal à 1 et le bas de la pile a été atteint. Le paquet est alors transmis conformément au traitement IPv6 opéré dans la fonction d'adaptation. Il s'agit d'une opération valable conformément au Document RFC 3032.

Si le client de la fonction MPLS/client_A_Sk est MPLS, le bit S est égal à 0 et le bas de la pile n'a pas été atteint. Le paquet considéré n'est pas valable conformément au Document RFC 3032.

Etiquette réservée – 3: néant implicite

Cette valeur d'étiquette apparaît uniquement dans le plan de commande et jamais dans le plan de transport.

Autres valeurs d'étiquette réservées

A étudier.

Annexe C

Equivalence entre entités G.809 et entités G.805

La description de la suppression à l'avant-dernier saut, des tunnels LSP et de la prise en charge de l'architecture Diff-Serv dans le modèle G.809 peut être appliquée dans le modèle G.805, moyennant les équivalences présentées au Tableau C.1.

Tableau C.1/G.8110/Y.1370 – Equivalence entre entités G.809 et entités G.805

Entité G.809	Entité G.805
MPLS_FT, MPLS_FT_So, MPLS_FT_Sk	MPLS_TT, MPLS_TT_So, MPLS_TT_Sk
Chemin en mode sans connexion MPLS	Chemin MPLS
Flux de liaison MPLS	Connexion de liaison MPLS
Flux de réseau MPLS	Connexion de réseau MPLS
Flux de domaine de flux MPLS	Connexion de sous-réseau MPLS
TFP MPLS	TCP MPLS
FP MPLS	TFP MPLS
Liaison entre pools FPP MPLS	Liaison MPLS
Domaine de flux MPLS	Sous-réseau MPLS

Il est à noter que pour le pool de points de flux G.809, aucun équivalent n'est défini dans la Rec. UIT-T G.805. Toutefois, un pool de points de flux est analogue à l'ensemble des points de connexion associés à une liaison G.805.

Annexe D

Multiplexage MPLS et IP

Lorsque la technologie MPLS est utilisée pour prendre en charge le trafic IP, la technologie de couche serveur qui prend en charge une hiérarchie MPLS peut aussi être utilisée pour transporter le trafic IP. La couche serveur doit donc inclure une fonction d'adaptation qui prend en charge plusieurs clients. La Figure D.1 illustre un exemple de fonction d'adaptation, sous la forme d'une fonction de source d'adaptation composée. L'information caractéristique qui est présentée à la fonction d'adaptation peut inclure une ou plusieurs des informations suivantes:

- A trafic avec suppression à l'avant-dernier saut, l'information caractéristique correspondant à un paquet IP;
- B trafic avec suppression à l'avant-dernier saut, l'information caractéristique correspondant à une entrée de pile d'étiquettes;
- C information caractéristique MPLS;
- D information caractéristique IP.

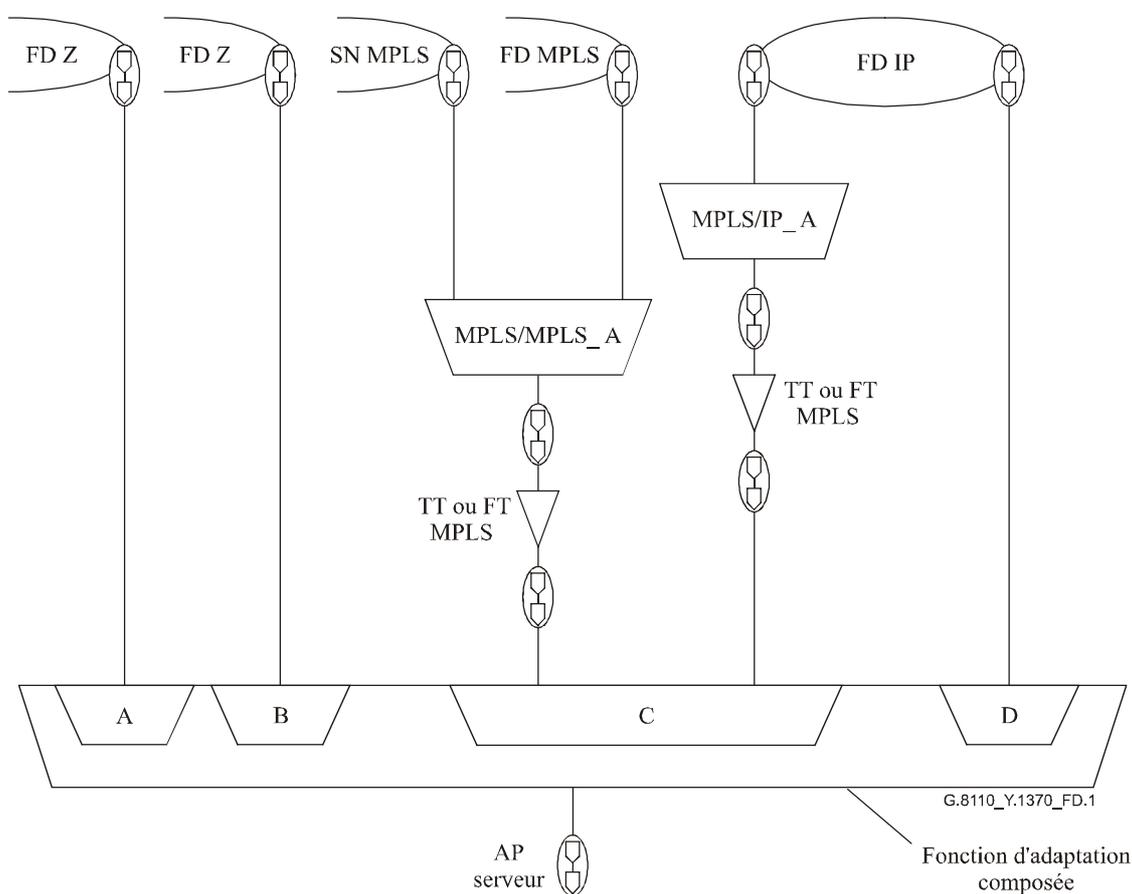


Figure D.1/G.8110/Y.1370 – Exemple de multiplexage MPLS et IP dans un serveur commun côté source

La Figure D.2 illustre un exemple de fonction d'adaptation, sous la forme d'une fonction de collecteur d'adaptation composée. L'information caractéristique qui est présentée à la fonction d'adaptation peut inclure une ou plusieurs des informations suivantes:

- C information caractéristique MPLS;

D information caractéristique IP.

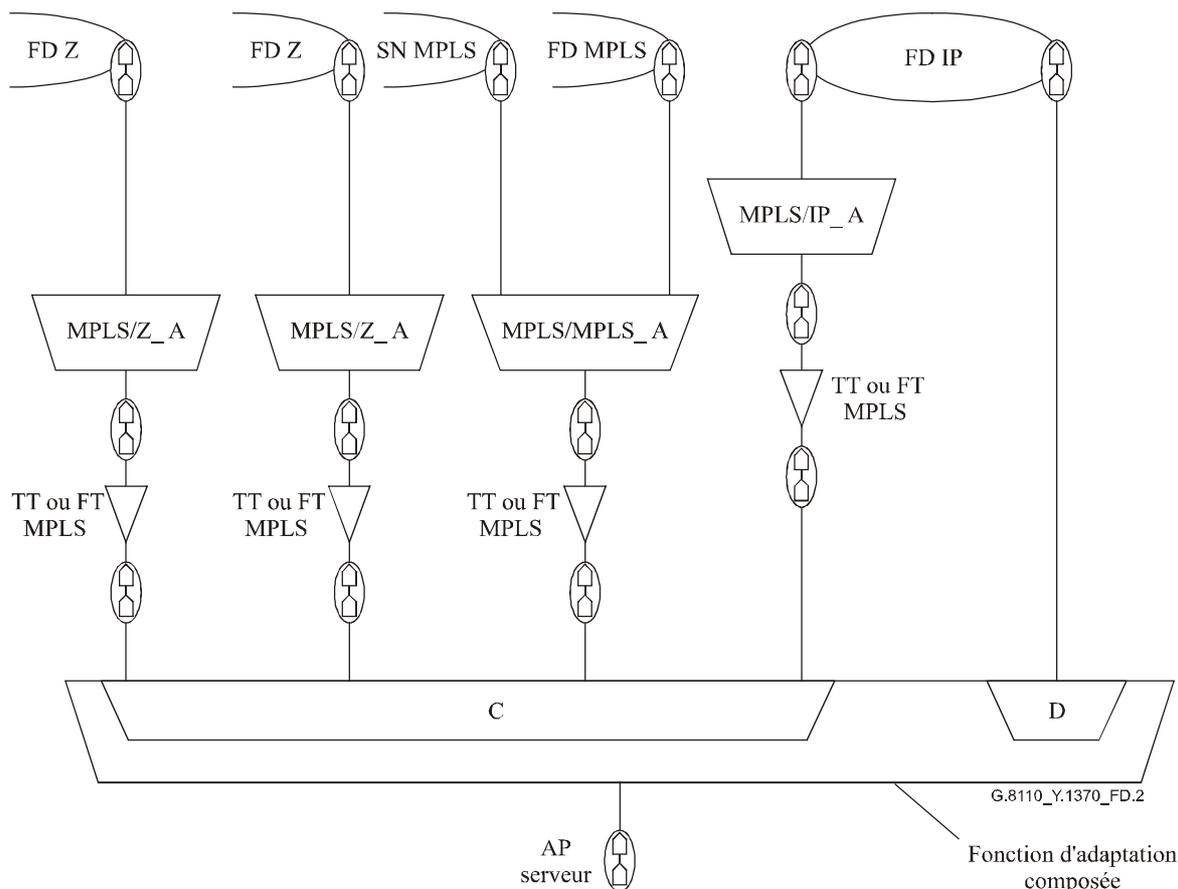


Figure D.2/G.8110/Y.1370 – Exemple de démultiplexage MPLS et IP côté collecteur

Il est à noter que, lors de l'élaboration d'un diagramme de réseau, C et D peuvent, si nécessaire, être développées pour faire apparaître la sous-structure et permettre ainsi de représenter les éventuels flux et chemins Z associés au PHP. Ce développement n'entraîne pas de modification de la fonctionnalité de C et D.

Appendice I

Modèle fonctionnel utilisé pour décrire l'utilisation du mécanisme ECMP dans les réseaux MPLS

Le mécanisme des trajets multiples de même coût (ECMP, *equal cost multi-path*) est un mécanisme non spécifié qui permet d'utiliser tous les membres d'un ensemble de trajets de même coût entre un nœud d'origine et un nœud de destination.

Ce mécanisme n'est pas normalisé mais il est généralement implémenté de l'une des façons suivantes:

- choix aléatoire d'une liaison de sortie paquet par paquet. Certains paquets peuvent alors se retrouver dans le désordre;
- choix tournant d'une liaison de sortie paquet par paquet. Certains paquets peuvent alors se retrouver dans le désordre;

- choix fondé sur le flux avec hachage des champs du paquet sous-jacent transporté en mode MPLS. L'ordre des paquets est conservé pour le flux considéré;
- choix fondé sur le flux avec hachage des étiquettes sous-jacentes à un niveau inférieur dans la pile d'étiquettes.

Les implémentations du mécanisme ECMP limitent souvent le nombre de trajets de même coût pouvant être pris en charge, ce nombre pouvant si nécessaire être fixé indépendamment du nombre de nœuds accessibles au saut suivant.

La Figure I.1 illustre un exemple. Le mécanisme ECMP en A identifie deux trajets de même coût via B et C pour atteindre G. De même, le mécanisme ECMP en B identifie deux trajets de même coût via D et E pour atteindre G. Le trafic est alors routé comme indiqué. Il est à noter que les implémentations du mécanisme ECMP limitent souvent le nombre de trajets de même coût qui peuvent être pris en charge.

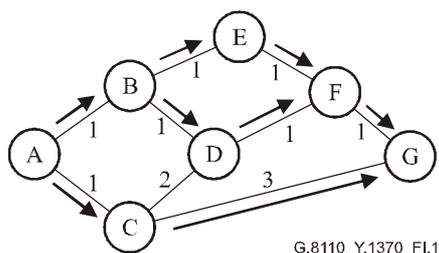


Figure I.1/G.8110/Y.1370 – Répartition de la charge avec le mécanisme ECMP

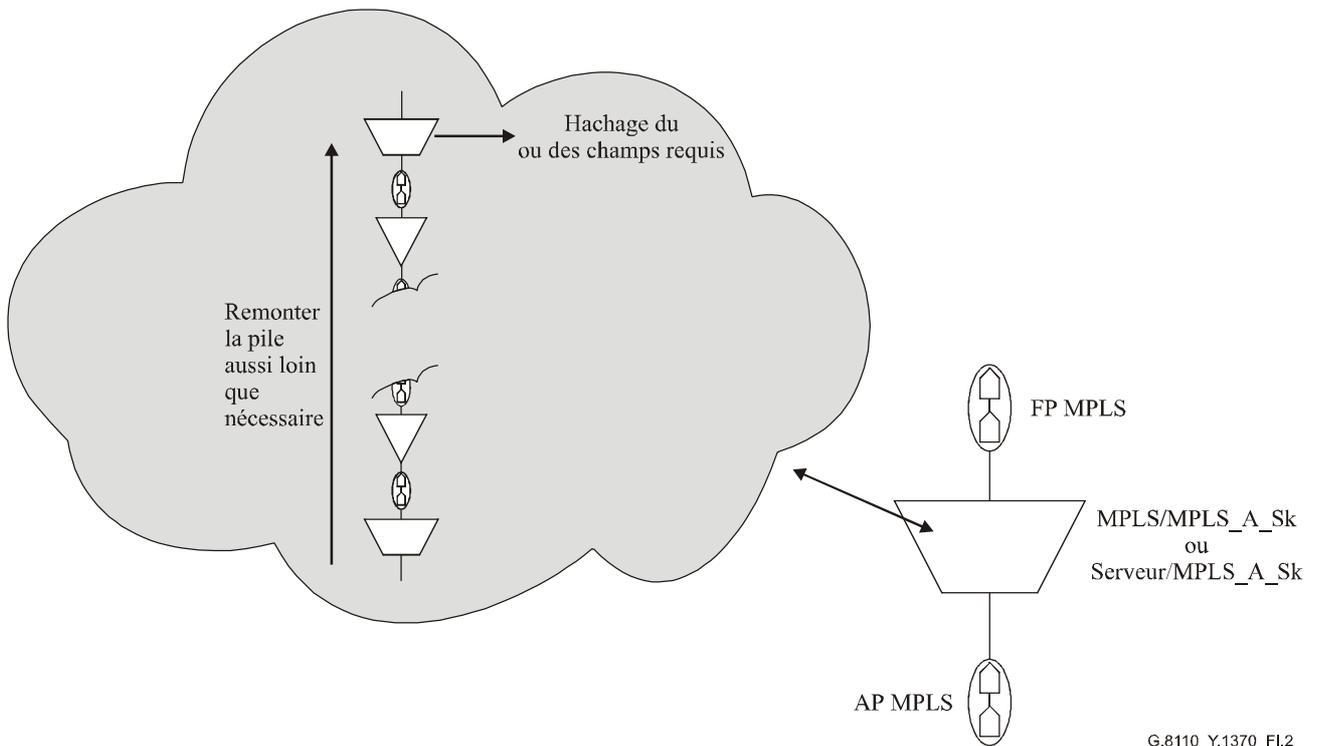
Comme le mécanisme ECMP utilise uniquement des routes de même coût, il peut être employé pour les liaisons parallèles entre deux nœuds d'un réseau.

Mécanisme ECMP en tant que processus associé à une fonction d'adaptation

La transmission tournante n'a pas besoin d'explication détaillée au niveau réseau. La liaison de sortie appropriée est choisie conformément à l'algorithme employé et le paquet considéré est transmis en conséquence.

Un processus de hachage ECMP est exécuté dans la fonction MPLS/MPLS_A_Sk ou serveur/MPLS_A_Sk. Pour cela, la fonction d'adaptation ne peut pas être transparente par rapport au contenu informationnel de ses réseaux de couche client.

Pour garantir la cohérence sémantique et syntaxique du transfert d'information, la fonction d'adaptation doit exécuter des processus qui reviennent à remonter les réseaux de couche (lecture des informations) jusqu'à la fonction d'adaptation appropriée, de manière à hacher le ou les champs appropriés. Pour cela, il faut copier le paquet étiqueté MPLS qui doit être transmis puis lire les champs du paquet copié jusqu'à ce que le point approprié soit atteint, comme illustré sur la Figure I.2. Le paquet d'origine est ensuite transmis comme requis.



G.8110_Y.1370_FI.2

Figure I.2/G.8110/Y.1370 – Traitement ECMP

La fonction de source d'adaptation serveur/MPLS ou MPLS/MPLS n'intervient pas dans le mécanisme ECMP. Elle ne fait qu'assigner l'étiquette appropriée aux paquets conformément au point de flux utilisé pour entrer dans la fonction d'adaptation.

Convention utilisée dans les diagrammes pour l'illustration du mécanisme ECMP

En l'absence de mécanisme ECMP, le flux représenté sur la Figure I.3a) est un flux point à multipoint, l'information au point de flux d'entrée étant copiée dans les deux points de flux de sortie. Les informations circulant en I1, E1 et E2 sont donc les mêmes. Il n'y a pas de répartition de charge. Pour un flux multipoint à point, comme illustré sur la Figure I.3b), les flux en I1 et I2 sont regroupés (multiplexés) en E1.

Ces flux sont représentés selon les conventions définies dans la Rec. UIT-T G.809 pour les diagrammes.

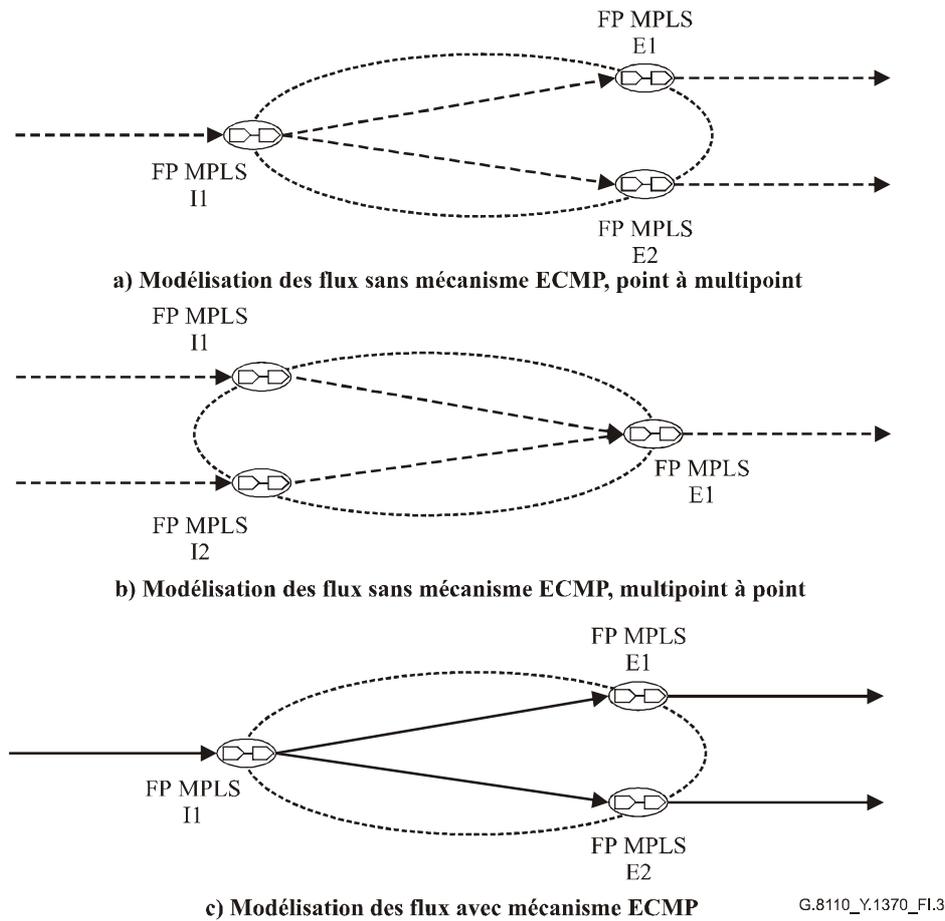


Figure I.3/G.8110/Y.1370 – Modélisation des flux

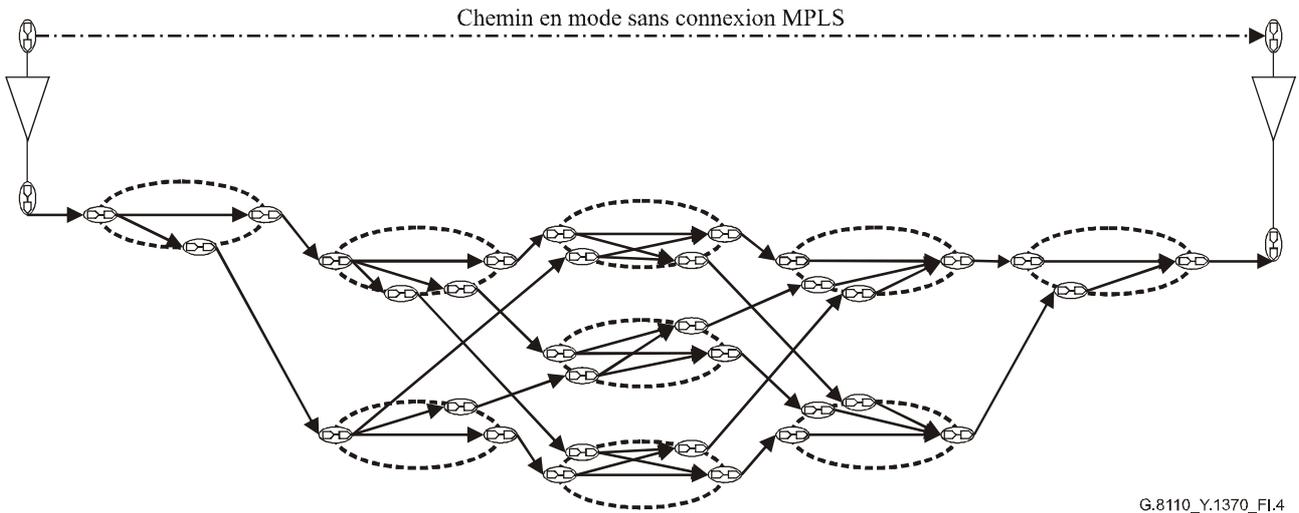
Dans un réseau en mode sans connexion, dans lequel chaque paquet possède à la fois une adresse d'origine et une adresse de destination, par exemple un réseau IP, le flux qui entre en I1 peut être décrit, ou désigné, comme un ensemble de multiplets qui incluent l'adresse d'origine et l'adresse de destination tandis que les flux I1-E1 et I1-E2 peuvent être décrits au moyen de sous-ensembles des multiplets présents à l'entrée de I1. Lorsque les paquets d'un flux sont fondés sur des étiquettes, la transmission est telle que chaque paquet qui entre dans un domaine de flux via un point de flux donné est transmis à travers le domaine de flux exactement de la même façon.

Lorsque le mécanisme ECMP est présent, les unités de trafic MPLS associées à un point de flux sont transmises sur la base d'une information autre que l'étiquette associée à la fonction d'adaptation. C'est alors que l'information circulant entre I1 et E1 sur la Figure I.3a) n'est plus la même que l'information circulant entre I1 et E2. Le flux arrivant en I1 est démultiplexé en flux plus petits sur la base du mécanisme ECMP employé.

Pour différencier les flux qui sont soumis au mécanisme ECMP de ceux qui ne le sont pas, les premiers sont représentés à l'aide de flèches pleines, comme représenté sur la Figure I.3c).

Mécanisme ECMP dans un réseau MPLS décrit selon le modèle G.809

Les réseaux de couche contenant des conduits LSP qui ont été établis au moyen du protocole de distribution d'étiquettes (LDP, *label distribution protocol*) peuvent être modélisés selon la Rec. UIT-T G.809 comme décrit au § 7. Lorsque le protocole LDP est utilisé sans mécanisme ECMP, le trafic ne sera pas partagé. Lorsque le mécanisme ECMP est utilisé avec le protocole LDP, le trafic sera partagé, comme illustré par exemple sur la Figure I.4.

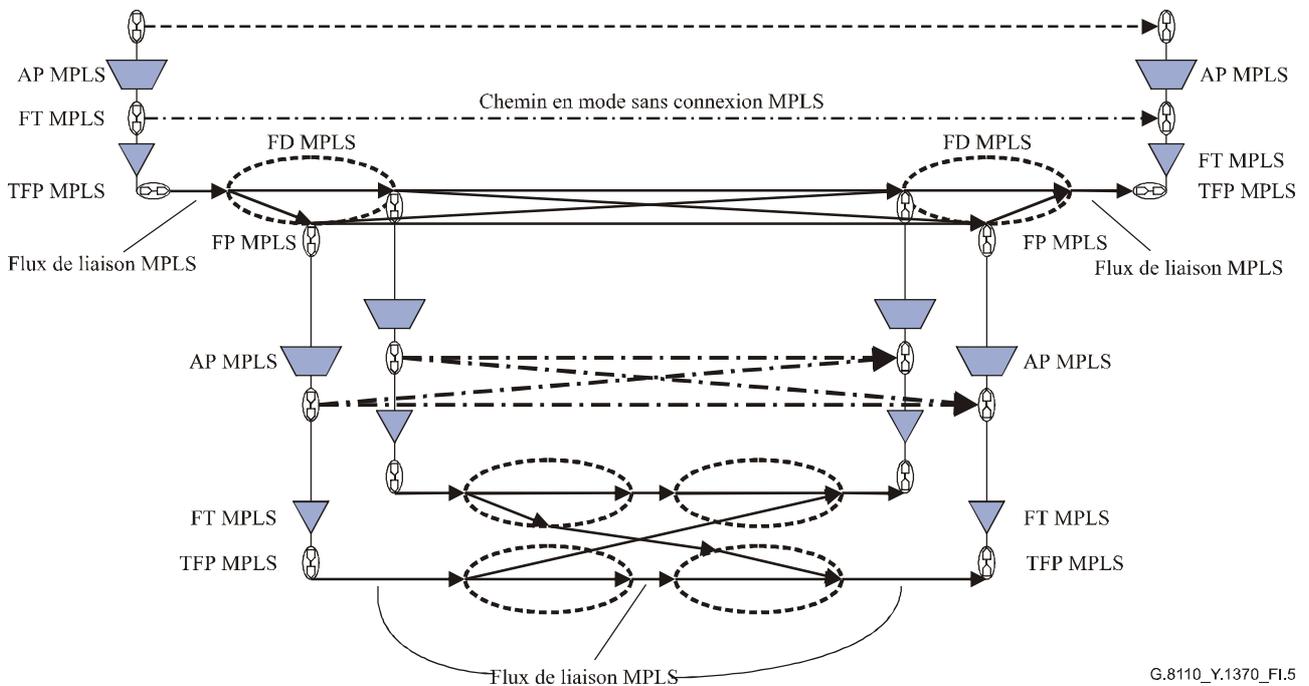


G.8110_Y.1370_FI.4

Figure I.4/G.8110/Y.1370 – Exemple de conduit LSP fondé sur le mécanisme ECMP

Il est à noter que, dans cet exemple, le mécanisme ECMP est activé dans chaque domaine de flux. L'effet du mécanisme ECMP peut être vu comme un multiplexage inverse de la liaison client.

Ce mécanisme peut être répété à l'aide de la relation client/serveur, dans laquelle un flux de liaison du client est pris en charge par un chemin en mode sans connexion du réseau de couche serveur. Toutefois, il n'est pas obligatoire qu'une couche serveur utilisant le mécanisme ECMP fournisse le trafic à un point de flux unique dans un domaine de flux de destination unique – il est également possible de prendre en charge deux points de flux distincts dans le même domaine de flux. Voir la Figure I.5. Il s'ensuit que des liaisons dynamiques sont créées pour répondre au service offert par le serveur.



G.8110_Y.1370_FI.5

Figure I.5/G.8110/Y.1370 – Exemple d'effet du mécanisme ECMP dans une hiérarchie G.809 MPLS

Pour comprendre ce comportement, on peut utiliser le fait que le chemin en mode sans connexion MPLS agit paquet par paquet. Dans la couche la plus basse, le mécanisme ECMP a pour effet de modifier la relation entre la source et le collecteur du chemin en mode sans connexion. Il existe alors deux points d'accès de collecteur possibles pour ce chemin, le choix étant opéré par le mécanisme ECMP. Chaque paquet est associé à un seul point d'accès de source et un seul point d'accès de collecteur. Tous les paquets pour lesquels la réponse du processus ECMP est la même ont une association de chemin avec la même liaison. L'association dynamique entre la source et le collecteur du chemin entraîne une réponse dynamique dans la couche client. Il s'ensuit qu'une liaison dynamique est créée entre les points de flux dans le réseau de couche client. Cette liaison est créée en réponse à un processus de couche serveur – le service offert par le chemin.

Mécanisme ECMP dans un réseau MPLS décrit selon le modèle G.805

Dans un réseau de couche MPLS dans lequel les connexions sont établies au moyen de RSVP-TE, on peut distinguer deux cas d'utilisation du mécanisme ECMP:

- absence de hiérarchie des conduits LSP. Dans ce cas, si plusieurs conduits LSP sont configurés vers la même destination avec le même coût, le mécanisme ECMP est activé avant les conduits LSP par le réseau de couche client, le trafic étant alors réparti entre les conduits LSP comme il convient. Aucun partage n'est opéré dans ces conduits LSP;
- présence d'une hiérarchie des conduits LSP. Ce cas est à étudier.

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE Y

INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION, PROTOCOLE INTERNET ET RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION

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

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

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
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	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des réseaux
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, communication entre systèmes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet et réseaux de prochaine génération
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication