



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

Y.1711

(02/2004)

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

Aspects relatifs au protocole Internet – Gestion,
exploitation et maintenance

**Mécanisme d'exploitation et de maintenance
pour les réseaux MPLS**

Recommandation UIT-T Y.1711

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE Y
**INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION, PROTOCOLE INTERNET ET RÉSEAUX DE
 NOUVELLE 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 LA 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 nouvelle 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.

Recommandation UIT-T Y.1711

Mécanisme d'exploitation et de maintenance pour les réseaux MPLS

Résumé

La présente Recommandation décrit des mécanismes relatifs à la fonctionnalité OAM (exploitation et maintenance) de plan d'utilisateur dans les réseaux MPLS conformément aux conditions et principes énoncés dans la Rec. UIT-T Y.1710. La présente Recommandation est avant tout conçue pour la prise en charge des conduits LSP à routage explicite (LSP-ER) point à point ou multipoint à point, le champ d'application étant limité aux conduits LSP utilisant la suppression d'étiquette à l'avant-dernier saut (PHP).

Les mécanismes OAM définis dans la présente Recommandation assurent la transmission normale de la capacité utile des conduits LSP et des unités PDU Y.1711. Dans certains cas, cela peut ne pas être valable, par exemple lorsque la capacité utile des conduits LSP est répartie entre plusieurs conduits parallèles alors qu'ils forment toujours un chemin unique vers l'entrée et la sortie. Les routeurs LSR introduisant des variations de connectivité sont chargés de veiller à ce que le comportement de disponibilité Y.1711 par paire entrée-sortie soit préservé.

Source

La Recommandation Y.1711 de l'UIT-T a été approuvée le 12 février 2004 par la Commission d'études 13 (2001-2004) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

NOTE

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

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

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

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

© UIT 2004

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

TABLE DES MATIÈRES

| | | Page |
|---|---|-------------|
| 1 | Domaine d'application | 1 |
| 2 | Références..... | 1 |
| | 2.1 Références normatives..... | 1 |
| | 2.2 Références informatives | 2 |
| 3 | Définitions | 2 |
| 4 | Symboles et abréviations | 3 |
| 5 | Introduction | 4 |
| | 5.1 Aperçu général de la fonctionnalité..... | 6 |
| | 5.2 Identification des paquets OAM dans le trafic de plan d'utilisateur normal .. | 7 |
| | 5.3 Capacité utile OAM..... | 7 |
| | 5.4 Traitement des paquets OAM erronés..... | 7 |
| | 5.5 Considérations techniques relatives aux coûts et aux risques | 8 |
| | 5.6 Considérations de compatibilité amont | 8 |
| 6 | Mécanismes OAM..... | 8 |
| | 6.1 Éléments communs à tous les paquets OAM | 8 |
| | 6.2 Vérification de connectivité (CV) | 10 |
| | 6.3 Détection rapide de défaillance (FFD) | 11 |
| | 6.4 Indication de dérangement vers l'avant (FDI) | 11 |
| | 6.5 Indication de dérangement vers l'arrière (BDI)..... | 13 |
| | 6.6 Mécanismes OAM de diagnostic à la demande | 14 |
| | 6.7 Codes du type de dérangement..... | 14 |
| | 6.8 Critères d'entrée/sortie et actions résultantes pour différents types de dérangement | 16 |
| 7 | Traitement des états disponible et indisponible..... | 19 |
| | 7.1 Coupures brèves | 21 |
| | 7.2 Définition des états disponible et indisponible..... | 21 |
| | 7.3 Mesures de disponibilité aux extrémités proche et distante | 22 |
| | 7.4 Diagramme de traitement d'état à l'extrémité proche | 22 |
| | 7.5 Diagramme de traitement d'état à l'extrémité distante..... | 25 |
| | 7.6 Diagramme de traitement d'état à l'extrémité proche et à l'extrémité distante dans le cas d'une coupure brève et dans le cas d'un événement d'indisponibilité | 28 |
| 8 | Aspects liés à la sécurité..... | 28 |
| | Appendice I – Génération de paquets CV par la source et traitement par le puits | 30 |
| | Appendice II – Indexation de la machine à états de disponibilité de conduit LSP (ASM) | 31 |
| | Appendice III – Différents scénarios de dérangement possibles en cas d'utilisation de paquets OAM FFD | 32 |
| | BIBLIOGRAPHIE..... | 33 |

Recommandation UIT-T Y.1711

Mécanisme d'exploitation et de maintenance pour les réseaux MPLS

1 Domaine d'application

La présente Recommandation décrit des mécanismes relatifs à la fonctionnalité OAM (exploitation et maintenance) de plan d'utilisateur dans les réseaux MPLS conformément aux conditions et principes énoncés dans la Rec. UIT-T Y.1710. La présente Recommandation est avant tout conçue pour la prise en charge des conduits LSP à routage explicite (LSP-ER) point à point et multipoint à point, le champ d'application étant limité aux conduits LSP utilisant la suppression d'étiquette à l'avant-dernier saut (PHP).

Les mécanismes OAM définis dans la présente Recommandation assurent la transmission normale de la capacité utile des conduits LSP et des unités PDU Y.1711. Dans certains cas, cela peut ne pas être valable, par exemple lorsque la capacité utile des conduits LSP est répartie entre plusieurs conduits parallèles alors qu'ils forment toujours un chemin unique vers l'entrée et la sortie. Les routeurs LSR introduisant des variations de connectivité sont chargés de veiller à ce que le comportement de disponibilité Y.1711 par paire entrée-sortie soit préservé.

2 Références

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

2.1 Références normatives

- [1] Recommandation UIT-T I.610 (1999), *Principes et fonctions d'exploitation et de maintenance du RNIS à large bande.*
- [2] Recommandation UIT-T G.805 (2000), *Architecture fonctionnelle générique des réseaux de transport.*
- [3] Recommandation UIT-T M.20 (1992), *Philosophie de maintenance pour les réseaux de télécommunication.*
- [4] Recommandation UIT-T Y.1710 (2002), *Prescriptions relatives à la fonctionnalité d'exploitation et de maintenance pour les réseaux MPLS.*
- [5] IETF RFC 3031 (2001), *Multiprotocol Label Switching Architecture. Category: Standards Track.*
- [6] IETF RFC 3032 (2001), *MPLS Label Stack Encoding. Category: Standards Track.*
- [7] IETF RFC 2373 (1998), *IP Version 6 Addressing Architecture. Category: Standards Track.*
- [8] IETF RFC 3270 (2002), *Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Support of Differentiated Services. Category: Standards Track.*

- [9] IETF RFC 3209 (2001), *RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels*. Category: Standards Track.
- [10] IETF RFC 3212 (2002), *Constraint-Based LSP Setup using LDP*. Category: Standards Track.
- [11] IETF RFC 3429 (2002), *Assignment of the 'OAM Alert Label' for Multiprotocol Label Switching Architecture (MPLS) Operation and Maintenance (OAM) Functions*.
- [12] Recommandation UIT-T Y.1712 (2004), *Fonctionnalité d'exploitation et de maintenance pour l'interfonctionnement des réseaux ATM et MPLS*.

2.2 Références informatives

- [13] IETF RFC 1930 (1996), *Guidelines for creation, selection and registration of an Autonomous System (AS)*.

3 Définitions

La terminologie introduite dans la présente Recommandation, nécessaire à la description des composants de réseau fonctionnels associés à la fonctionnalité OAM, est cohérente avec la terminologie de la Rec. UIT-T G.805.

3.1 vers l'arrière: sens opposé au sens vers l'avant.

3.2 client/serveur (relation entre deux couches de réseau): [2] terme désignant le transport transparent d'une connexion de couche liaison cliente (c'est-à-dire supérieure) par un chemin de couche réseau serveuse (c'est-à-dire inférieure).

3.3 dérangement: [3] interruption de la capacité d'une entité de transport (par exemple une connexion de réseau) à transférer des informations d'utilisateur ou OAM. La présente Recommandation définit 7 types de dérangement (dont les spécifications détaillées sont données plus loin):

- **dLOCV:** perte de vérification de connectivité (CV);
- **dExcess:** fréquence de paquets CV reçus trop élevée;
- **dPeerME:** dérangement de l'entité homologue de maintenance de réseau;
- **dServer:** dérangement dans la couche serveuse; tout dérangement se produisant dans la couche serveuse au-dessous de la couche MPLS;
- **dTTSI_Mismatch:** non-concordance d'identificateurs de source de chemin;
- **dTTSI_Mismerge:** erreur d'association d'identificateurs de source de chemin;
- **dUnknown:** dérangement inconnu dans le réseau MPLS.

3.4 défaillance: [3] interruption permanente de la capacité d'une entité de transport à transférer des informations d'utilisateur ou OAM. Une défaillance peut être causée par un dérangement persistant.

3.5 vers l'avant: sens de circulation du trafic et des unités PDU OAM vers les paquets de terminaison de chemin à l'extrémité proche sur un conduit LSP.

3.6 connexion de liaison: subdivision d'un chemin de couche N entre deux points de commutation adjacents sur le plan logique dans cette couche.

3.7 sous-réseau: [2] région topologique d'un réseau délimitée par un ensemble de points d'accès périphériques et caractérisée par un routage possible dans le sous-réseau entre ces points d'accès. Un réseau correspond au plus grand sous-réseau et un nœud correspond au plus petit sous-réseau (au moins en termes physiques dans la pratique, même s'il existe des sous-réseaux plus petits à l'intérieur des nœuds).

3.8 chemin: [2] entité de transport générique de couche N, composée d'un champ capacité utile (pouvant acheminer un paquet émanant d'une entité de chemin de couche supérieure cliente N – 1) auquel un préfixe spécifique est ajouté afin de garantir l'intégrité de transmission de l'entité de transport chemin de couche N.

3.9 terminaison de chemin: [2] point (source ou puits) d'un chemin dans la couche N; c'est en ce point que le préfixe de chemin est ajouté ou retranché, selon le cas. Une terminaison de chemin doit avoir un moyen unique d'identification dans la couche.

3.10 plan d'utilisateur: désigne l'ensemble des composants de transmission de trafic acheminant le flux de trafic. Des unités PDU OAM CV (ou encore OAM FFD) sont insérées périodiquement dans ce flux de trafic afin de contrôler le bon fonctionnement de ces composants de transmission. Le plan d'utilisateur est aussi appelé parfois plan de données (notamment à l'IETF). Il est à noter que les protocoles du plan de commande (par exemple pour la signalisation ou le routage) et les protocoles du plan de gestion nécessiteront leur propre plan d'utilisateur, qui pourra être congruent (à divers degrés), mais pas nécessairement, au plan d'utilisateur prenant en charge le trafic.

4 Symboles et abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

| | |
|--------|--|
| AIS | signal d'indication d'alarme (<i>alarm indication signal</i>) |
| AS | système autonome (<i>autonomous system</i>) |
| ASM | machine à états de disponibilité (<i>availability state machine</i>) |
| BDI | indicateur de dérangement vers l'arrière (<i>backward defect indicator</i>) |
| BIP | parité avec entrelacement de bits (<i>bit interleaved parity</i>) |
| CR-LDP | protocole de distribution avec étiquette d'acheminement basé sur les contraintes (<i>constraint-based routing label distribution protocol</i>) |
| CV | vérification de connectivité (<i>connectivity verification</i>) |
| DL | localisation de dérangement (<i>defect location</i>) |
| DoS | déni de service (<i>denial of service</i>) |
| DT | type de dérangement (<i>defect type</i>) |
| E-LSP | conduit LSP de classe PSC déduite du champ EXP (<i>EXP-inferred-PSC LSP</i>) |
| FDI | indicateur de dérangement vers l'avant (<i>forward defect indicator</i>) |
| FFD | détection rapide de défaillance (<i>fast failure detection</i>) |
| FRR | réacheminement rapide (<i>fast re-route</i>) |
| LB | bouclage (<i>loopback</i>) |
| LB-Req | demande de bouclage (<i>loopback request</i>) |
| LB-Rsp | réponse de bouclage (<i>loopback response</i>) |

| | |
|-------|---|
| LSP | conduit 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>) |
| LSR | routeur à commutation par étiquettes (<i>label switching router</i>) |
| MPLS | commutation multiprotocole avec étiquette (<i>multi-protocol label switching</i>) |
| NMS | système de gestion de réseau (<i>network management system</i>) |
| OAM | exploitation et maintenance (<i>operation and maintenance</i>) |
| PHB | comportement par saut (<i>per hop behaviour</i>) |
| PHP | avant-dernier saut produit (<i>penultimate hop popping</i>) |
| PSC | classe de programmation de comportement PHB (<i>PHB scheduling class</i>) |
| RSVP | protocole de réservation de ressources (<i>resource reservation protocol</i>) |
| SDH | hiérarchie numérique synchrone (<i>synchronous digital hierarchy</i>) |
| SLA | accord de niveau de service (<i>service level agreement</i>) |
| TTL | durée de vie (<i>time to live</i>) |
| TTSI | identificateur de source de chemin (<i>trail termination source identifier</i>) |

5 Introduction

La présente Recommandation décrit des techniques OAM permettant de satisfaire aux prescriptions relatives à la fonctionnalité OAM définies dans la Rec. UIT-T Y.1710. Elle est fondée sur les paquets OAM suivants dont la définition détaillée est donnée plus loin mais qui sont décrits brièvement ci-après:

vérification de connectivité: deux sondes de vérification de connectivité sont définies, à savoir la sonde CV et la sonde FFD. La sonde CV a pour fonction de mettre en œuvre le modèle de disponibilité de conduit LSP, décrit dans le § 7. La sonde FFD, quant à elle, est employée pour des applications telles que la commutation de protection qui exige une réponse plus rapide. L'utilisation de la vérification de connectivité pour des applications exigeant des intervalles d'insertion différents fera l'objet d'un complément d'étude;

CV: un flux CV est généré par le routeur LSR situé à la source du conduit LSP avec une fréquence nominale de 1/s et aboutit au routeur situé au puits du conduit LSP. Chaque paquet CV contient un identificateur unique à l'échelle du réseau (TTSI) de manière à pouvoir détecter tous les types de dérangement;

FFD: les paquets FFD permettent la détection de défaillance pour un conduit LSP d'homologue à homologue indépendamment du modèle de disponibilité fondé sur la vérification de connectivité et de la fréquence d'insertion CV. Ils permettent en outre d'utiliser des fréquences d'insertion de 1/s ou plus rapides pour mettre en œuvre le modèle de disponibilité. L'utilisation de fréquences d'insertion plus lentes permettra certes de détecter les dérangements persistants dans la couche MPLS mais ne permettra pas de mettre correctement en œuvre le modèle de disponibilité. Une insertion plus lente correspondant à une détection plus lente aura une incidence sur les couches clientes contrôlées dans la mesure où la non-concordance temporelle pour la détection des dérangements peut déclencher des alarmes supplémentaires et éventuellement entraîner un cycle d'alarmes de nature à induire en erreur et/ou une alarme persistante dans les couches clientes. L'incidence de fréquences d'insertion plus lentes sur les critères de sortie applicables aux dérangements (en particulier aux dérangements de type non-concordance ou branchement incorrect) fera l'objet d'un complément d'étude;

L'affectation de paquets FFD à un conduit LSP permettra d'assurer la détection rapide de défaillance (par défaut, un conduit LSP n'est pas doté de paquets OAM FFD). Il est recommandé de générer les paquets FFD à l'entrée des conduits LSP à une fréquence de 20 par seconde. La détection des défaillances sur les conduits LSP se fera ainsi dans un délai de l'ordre de centaines de millisecondes. Lorsqu'un conduit LSP est doté de paquets FFD, la génération d'unités PDU CV est impossible;

Une unité PDU FFD contient les mêmes informations qu'une unité PDU CV. Le traitement PDU à la sortie pour les paquets CV et pour les paquets FFD est similaire moyennant des ajustements lorsque la fréquence de l'arrivée d'unités PDU FFD est plus élevée et lorsqu'il y a un risque de dérangement (branchement incorrect ou association incorrecte) entre les différents conduits LSP utilisant soit des paquets FFD soit des paquets CV;

Il est recommandé de n'utiliser les paquets FFD que pour la couche LSP la plus basse (niveau 1); autrement dit, de simples conduits LSP CV ne devraient jamais desservir de conduits LSP FFD. (A noter que cette recommandation est faite au cas où il existerait un conduit LSP de couche plus basse assurant une simple vérification de connectivité au-dessous d'un conduit LSP FFD. Dans ce cas, des défaillances se produisant à l'intérieur ou au-dessous du simple conduit LSP CV ne permettraient pas de transmettre l'indication FDI vers le haut au conduit LSP FFD suffisamment vite pour interrompre la détection rapide de défaillance étant donné que le dérangement réel est supposé se produire dans le conduit LSP FFD. Cela est dû au fait que le simple conduit LSP CV peut mettre jusqu'à 3 secondes pour détecter un dérangement et insérer une indication FDI (à une fréquence de 1/s), alors que le conduit LSP FFD détectera le dérangement dans un délai ≤ 150 ms et réagira ainsi plus rapidement);

FDI: un flux FDI est généré en réponse à la détection de dérangements (par exemple émanant du flux CV). Il vise principalement à supprimer les alarmes dans les couches de réseau au-dessus du niveau auquel le dérangement s'est produit. Il est généré soit:

- i) par le routeur LSR qui détecte le premier un dérangement dServer/dUnknown, soit;
- ii) par le routeur LSR de terminaison du conduit LSP pour tous les dérangements dans la couche MPLS;

BDI: un flux BDI est injecté sur un conduit de retour (par exemple sur un conduit LSP de retour) afin d'informer le routeur LSR amont (qui est la source du conduit LSP aller) de la présence d'un dérangement au niveau du routeur LSR aval. La génération de paquets BDI suit donc la génération de paquets FDI. Les paquets BDI peuvent être utiles pour les commutations de protection de type 1:1/N;

performance: un complément d'étude est nécessaire. Toutefois, le but est d'avoir une méthode permettant de déterminer à la demande la perte de paquets/d'octets sur un conduit LSP afin de faciliter la résolution des problèmes. Les paquets de performance ne sont pas destinés à être utilisés en tant que fonction OAM permanente dans le temps (à la différence des paquets CV), mais ils pourraient être utilisés de la sorte.

Il est à noter que les fonctions de trace de conduit, de contrôle de performance et de bouclage nécessitent un complément d'étude.

Les paquets BDI et les transactions de bouclage utilisent un conduit de retour, qui peut être:

- un conduit LSP de retour spécialisé;
- un conduit LSP de retour utilisé en partage par de nombreux conduits LSP aller;

- un conduit de retour non MPLS, par exemple un conduit IP hors bande. Cette solution risque de poser des problèmes du point de vue de la sécurité. Par exemple, le conduit de retour pourrait aboutir sur une interface d'un routeur LSR différent, auquel cas un utilisateur malveillant risque de générer un paquet BDI et de l'envoyer au routeur LSR d'entrée. Par conséquent, du fait que des attaques de type DoS sont possibles, des mesures de sécurité additionnelles doivent être prises. Les opérateurs devraient utiliser le champ TTSI facultatif dans les paquets BDI afin de garantir l'authentification de ces paquets de sorte que les récepteurs de paquets OAM BDI puissent vérifier que l'émetteur du paquet est valable.

Tous les paquets OAM sont identifiés dans un train de trafic de conduit LSP grâce à l'utilisation d'une valeur d'étiquette réservée et bien connue globalement (de 14). Le codage détaillé des paquets OAM est donné plus loin.

Il est vivement recommandé de générer des paquets OAM CV ou OAM FFD sur chaque conduit LSP (afin de détecter tous les dérangements et d'assurer une protection potentielle contre les fuites de trafic à la fois depuis et vers des chemins LSP). Il est également recommandé d'utiliser des paquets OAM FDI pour supprimer les avalanches d'alarmes. Les paquets BDI sont un outil utile pour le contrôle des deux sens depuis une même extrémité ainsi que dans certains cas de commutation de protection. Toutefois, il ne s'agit que de recommandations et les opérateurs peuvent choisir d'utiliser tout ou partie des paquets OAM, comme ils le jugent utile. L'Appendice I décrit plusieurs options relatives à la génération et au traitement de paquets CV.

Les techniques OAM sont appliquées conduit LSP par conduit LSP. Si un segment d'un conduit LSP donné dans la couche N doit être contrôlé pour une raison ou pour une autre (par exemple via un flux CV ou P), on peut alors créer un nouveau conduit LSP dans la couche serveuse (c'est-à-dire dans la couche N + 1) afin de tenir compte du segment dans la couche N.

5.1 Aperçu général de la fonctionnalité

La fonction de détection de dérangement OAM est fondée sur la transmission périodique de paquets CV ou FFD de l'entrée à la sortie d'un conduit LSP. La fréquence de génération des paquets CV est de 1 paquet par seconde alors que la fréquence recommandée de génération des paquets FFD est de 20 par seconde. Chaque paquet CV et FFD contient un identificateur de source de chemin (TTSI, *trail termination source identifier*) unique, composé de l'identificateur du routeur LSR source et de l'identificateur du conduit LSP.

Un conduit LSP passe à l'état de dérangement lorsque l'un des dérangements énumérés au § 3 se produit (ceux-ci sont définis en détail plus loin en termes de critères précis d'entrée/sortie et d'actions résultantes).

En plus du paquet CV, d'autres types de paquet OAM sont définis, permettant d'assurer des fonctions résultantes de traitement des anomalies ou des fonctions de contrôle de la performance. Ces définitions sont données plus loin. Le type de fonction de chaque paquet OAM est indiqué dans le premier octet de la capacité utile du paquet OAM comme suit (voir Tableau 1):

Tableau 1/Y.1711 – Codes du type de fonction OAM

| Code du type de fonction OAM (Hex) | Premier octet de la capacité utile du paquet OAM Type de fonction et objet |
|---|---|
| 00 | Réservé |
| 01 | CV (vérification de connectivité) |
| 02 | FDI (indicateur de dérangement vers l'avant) |
| 03 | BDI (indicateur de dérangement vers l'arrière) |
| 04 | Réservé pour les paquets de performance |
| 05 | Réservé pour les paquets LB-Req (demande de bouclage) |
| 06 | Réservé pour les paquets LB-Rsp (réponse de bouclage) |
| 07 | FFD (détection rapide de défaillance) |

Tous les autres codes du type de fonction OAM sont réservés en vue d'une éventuelle normalisation future.

5.2 Identification des paquets OAM dans le trafic de plan d'utilisateur normal

Selon la structure d'étiquette définie dans le document [6], l'étiquette est codée dans un champ unique de 20 bits. Certaines valeurs de ce champ sont déjà réservées pour des fonctions spéciales [6].

La présente Recommandation introduit une nouvelle valeur d'étiquette réservée globalement, désignée ici par "étiquette d'alerte OAM". Il est recommandé d'utiliser la valeur numérique 14 [11] pour cette étiquette.

5.3 Capacité utile OAM

La capacité utile d'un paquet OAM est composée du type de fonction OAM, des données spécifiques relatives au type de fonction OAM et d'un mécanisme commun de détection d'erreur BIP16.

Tous les paquets OAM doivent avoir une capacité utile d'au moins 44 octets afin de faciliter le traitement et de satisfaire aux conditions requises de longueur de paquet minimale associées aux technologies L2 actuelles (par exemple Ethernet). On complète alors le champ des données spécifiques relatives au type OAM par des zéros de remplissage lorsque c'est nécessaire. Tous les bits de remplissage sont réservés en vue d'une éventuelle normalisation future.

L'ordre de transmission est de gauche à droite, du bit de plus fort poids (MSB, *most significant bit*) au bit de plus faible poids (LSB, *least significant bit*).

5.4 Traitement des paquets OAM erronés

Chaque paquet OAM utilise un champ BIP16 (dans les deux derniers octets de la capacité utile OAM) pour détecter les erreurs. Le reste BIP16 est calculé sur l'ensemble des champs de la capacité utile OAM, y compris les positions binaires du type de fonction et du BIP16 (qui sont toutes mises préalablement à zéro pour le calcul initial).

Le polynôme générateur du BIP16 est $G(x) = x^{16} + 1$.

Le mécanisme du BIP16 doit être appliqué à tous les paquets OAM avant de pouvoir transmettre en toute fiabilité la capacité utile de ces paquets pour traitement ultérieur. Il convient d'ignorer tous les paquets OAM reçus pour lesquels il y a transgression du BIP16.

Dans le cas du flux de paquets CV ou FFD, des transgressions persistantes du BIP16 entraîneront une perte de vérification de connectivité (dLOCV, *loss of connectivity verification*). Ce comportement est cohérent avec la nature du dérangement qui se produit effectivement. Toutefois, il est recommandé que l'équipement local envoie une notification au système de gestion de réseau pour lui indiquer quand des paquets sont ignorés du fait d'une transgression de BIP16, en particulier si cela entraîne un dérangement dLOCV associé.

Dans le cas des autres types de paquet OAM, à savoir FDI, BDI et P, il est aussi recommandé que l'équipement local envoie une notification au système de gestion de réseau pour lui indiquer que des paquets ont été ignorés du fait d'une transgression de BIP16. Le seuil à utiliser pour l'enregistrement et la notification de ces éliminations de paquets OAM devrait être programmable, mais cela n'entre pas dans le cadre de la présente Recommandation.

5.5 Considérations techniques relatives aux coûts et aux risques

Les opérateurs doivent examiner l'incidence des fonctions OAM sur les ressources de traitement des nœuds et sur le surplus de trafic dans le réseau vis-à-vis de la capacité à détecter toutes les défaillances de plan d'utilisateur MPLS.

Dans le cas du paquet OAM CV ou FFD, qui sert de base à la détection des dérangements, on peut faire une nette distinction entre ce qu'implique la génération par la source et ce qu'implique le traitement par le puits. Cet aspect est examiné plus avant dans l'Appendice I.

5.6 Considérations de compatibilité amont

Les routeurs LSR qui ne prennent pas en charge la fonctionnalité OAM rejettent les paquets OAM (car l'étiquette d'alerte OAM n'est pas reconnue) et n'auront donc pas d'incidence négative sur le trafic dans le plan d'utilisateur.

6 Mécanismes OAM

6.1 Éléments communs à tous les paquets OAM

Le traitement de certains champs de l'en-tête de paquet OAM est commun à tous les paquets OAM. Ces champs sont précisés ci-dessous.

6.1.1 Codage de pile

On distingue les paquets OAM du trafic de plan d'utilisateur normal par une incrémentation de un de la profondeur de pile d'étiquettes à un niveau donné de conduit LSP auquel ces paquets sont insérés. Cette différence de un (par rapport au trafic de plan d'utilisateur normal) est donc maintenue à mesure que les paquets OAM traversent des conduits LSP de couche serveuse inférieure.

Étiquette

L'en-tête avec étiquette d'alerte OAM est ajouté avant (à savoir au-dessous de) l'en-tête avec étiquette de transmission de plan d'utilisateur normal au niveau de la source de chemin du conduit LSP.

EXP

Les paquets OAM peuvent être utilisés à la fois sur des conduits E-LSP et sur des conduits L-LSP. Le champ EXP devrait avoir pour valeur zéro dans l'en-tête avec étiquette d'alerte OAM et la valeur correspondant au comportement PHB avec probabilité de perte minimale dans l'en-tête de transmission de plan d'utilisateur normal précédent pour ce conduit LSP. On cherche ainsi à faire en sorte que les paquets OAM aient un comportement PHB garantissant la plus faible probabilité de rejet [5]. Les capacités OAM qui seront définies dans l'avenir pourront nécessiter un codage différent du champ EXP.

Bit S

Le bit S n'est positionné que dans l'en-tête avec étiquette d'alerte OAM.

TTL

Le champ TTL devrait être mis à 1 dans l'en-tête avec étiquette d'alerte OAM. Les raisons en sont les suivantes:

- les paquets OAM ne devraient jamais être acheminés au-delà du puits de chemin du conduit LSP au niveau duquel ils ont été générés au départ (tout en notant qu'ils ne sont pas examinés par les routeurs LSR intermédiaires à changement d'étiquette mais qu'ils sont uniquement observés par le puits de chemin du conduit LSP);
- le champ TTL figurant dans l'en-tête de transmission de plan d'utilisateur normal immédiatement précédent sert à atténuer les dommages causés par le bouclage de paquets.

6.1.2 Traitement au niveau des routeurs LSR intermédiaires et de l'avant-dernier routeur LSR

Les paquets OAM sont transparents pour les routeurs LSR intermédiaires, y compris pour l'avant-dernier routeur LSR.

6.1.3 Relations serveur/client

Les paquets OAM acheminés sur un conduit LSP donné ne sont pas synchrones avec les paquets OAM acheminés sur n'importe quel autre conduit LSP (y compris tous les conduits LSP imbriqués, et les paquets OAM provenant de l'extrémité distante d'un conduit LSP au niveau N et circulant dans l'autre sens lorsque des conduits LSP bidirectionnels au niveau N sont utilisés).

6.1.4 Structure de l'identificateur de source de chemin (TTSI)

La structure de l'identificateur de source de chemin (TTSI) de conduit LSP est définie par une adresse IPv6 de 16 octets identifiant un routeur LSR suivie par un identificateur de conduit LSP de 4 octets. Il est à noter que les 2 premiers octets (octets MSB) du champ d'identification de conduit LSP sont actuellement remplis de 0, ce qui permettra de procéder à de futures extensions dans ce champ.

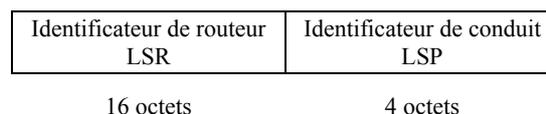


Figure 1/Y.1711 – Structure de l'identificateur TTSI

Pour les nœuds qui ne prennent pas en charge l'adressage IPv6, on peut utiliser, pour l'identificateur de routeur LSR, une adresse IPv4 dont le format est tel que décrit dans la norme RFC 2373 [7]. Autrement dit:

| | | |
|----------------------|----------------------|--------------|
| Remplissage de 00Hex | Remplissage de FFHex | Adresse IPv4 |
| 10 octets | 2 octets | 4 octets |

Figure 2/Y.1711 – Structure de l'identificateur de routeur LSR utilisant une adresse IPv4

L'identificateur TTSI désigne l'identificateur de point d'accès unique d'un conduit LSP à l'échelle du réseau. Il appartient au plan de données de trafic, et doit être cohérent et indépendant du type d'application utilisant le conduit LSP et/ou de la manière dont ce conduit a été instancié, par exemple, par la gestion, la configuration ou la signalisation.

6.1.5 Mise à disposition et signalisation d'identificateurs TTSI attendus au niveau des puits de conduit LSP

A l'établissement d'un conduit LSP, le puits de chemin de conduit LSP devrait être configuré avec l'identificateur TTSI attendu. Même si la configuration peut être manuelle, idéalement elle devrait être faite automatiquement via une signalisation au moment de l'établissement de conduit LSP (par exemple via un mécanisme de plan de commande CR-LDP ou RSVP). L'identificateur de source de chemin (TTSI) forme un identificateur de point d'accès unique à l'échelle du réseau, qui est conçu à partir de l'identificateur de routeur LSR source et de l'identificateur de conduit LSP. Les mécanismes de signalisation/configuration automatique de l'identificateur TTSI pour le contrôle à l'extrémité proche des paquets CV et FFD feront l'objet d'un complément d'étude.

NOTE – L'attention est attirée sur le fait que l'activation/la désactivation de la fonctionnalité CV/FFD/FDI/BDI doit être étroitement liée à l'établissement/la suppression délibérés de conduits LSP. Cela est nécessaire pour garantir que les actions résultantes (notamment les alarmes) sont activées et désactivées comme il convient. Par exemple, il est évident que le traitement de paquets CV ou FFD devrait être activé (désactivé) après (avant) qu'un conduit LSP est établi (supprimé).

6.2 Vérification de connectivité (CV)

La fonction de vérification de connectivité (CV, *connectivity verification*) sert à détecter/diagnostiquer tous les types de dérangements liés à la connectivité de conduit LSP (provenant de la couche MPLS ou de couches inférieures).

Structure de la capacité utile

| | | | | |
|--------------------------|------------------------|---|----------------------------|----------|
| Type de fonction (01Hex) | Réservé (tout à 00Hex) | Identificateur de source de chemin de conduit LSP | Remplissage (tout à 00Hex) | BIP16 |
| 1 octet | 3 octets | 20 octets | 18 octets | 2 octets |

Figure 3/Y.1711 – Structure de la capacité utile du paquet CV

On trouvera davantage d'informations dans l'Appendice I concernant diverses options de traitement d'entrée/sortie.

6.3 Détection rapide de défaillance (FFD)

Comparée à la fonction CV, la fonction de détection rapide de défaillance est utilisée pour détecter une vérification de connexion dans un plus petit intervalle de temps. En outre, comme les paquets OAM CV, les paquets FFD détectent tous les types de dérangements liés à la connectivité de conduits LSP (provenant soit de la couche MPLS soit de couches inférieures).

Structure de la capacité utile

| Type de fonction (07Hex) | Réservé (tout à 00Hex) | Identificateur de source de chemin de conduit LSP | Fréquence | Remplissage (tout à 00Hex) | BIP16 |
|-----------------------------|---------------------------|--|-----------|-------------------------------|----------|
| 1 octet | 3 octets | 20 octets | 1 octet | 17 octets | 2 octets |

Figure 4/Y.1711 – Structure de la capacité utile du paquet FFD

Où le champ Fréquence est égal à l'une des valeurs suivantes:

- 00 réservé
- 01 10 ms
- 02 20 ms
- 03 50 ms (valeur par défaut)
- 04 100 ms
- 05 200 ms
- 06 500 ms
- 07 255 réservé

Si une valeur réservée est reçue, la sortie ne peut pas déterminer la fréquence d'injection de sondes par l'entrée; par conséquent, dLOCV n'est pas un état de dérangement valable.

6.4 Indication de dérangement vers l'avant (FDI)

L'indication de dérangement vers l'avant (FDI, *forward defect indication*) est générée par un routeur LSR détectant un dérangement (voir les définitions données plus loin) et insérée dans les couches clientes affectées. Les paquets OAM FDI sont générés à une fréquence nominale de 1 par seconde. Un paquet FDI est dirigé vers l'avant et vers le haut à travers toute pile de conduits LSP imbriqués. Il vise principalement à supprimer les alarmes déclenchées dans les conduits LSP de la couche cliente supérieure affectée et (ensuite) dans les conduits des couches clientes de cette dernière (les couches clientes supérieures pouvant ne pas être dans le même domaine de gestion que la source du dérangement initial). Il comprend des champs visant à indiquer la nature du dérangement et sa localisation.

Le traitement des dérangements à l'extrémité proche pour les conduits LSP MPLS ou pour les liaisons de couche serveuse empêchera la génération de paquets FDI pour des couches clientes/niveaux clients MPLS qui peuvent présenter des points d'association en aval avant la sortie d'un conduit LSP. Cela concerne actuellement les conduits LSP créés au moyen du protocole LDP et les conduits LSP créés au moyen du protocole RSVP-TE à l'aide du réacheminement rapide FRR.

L'indication FDI est envoyée en aval à partir du premier nœud détectant le dérangement. Dans le cas d'une défaillance dans la couche serveuse de la couche MPLS (à savoir dans une couche inférieure utilisant par exemple la technologie SDH), il s'agirait du premier routeur LSR en aval de la défaillance (résultant de l'adaptation appropriée client/serveur du signal FDI du serveur). Dans le cas d'une défaillance dans la couche MPLS (à savoir une défaillance dans la fabrique MPLS), il s'agirait du premier routeur LSR servant de puits de chemin de conduit LSP au même niveau de conduit LSP que la défaillance.

Structure de la capacité utile

| Type de fonction (02Hex) | Réservé (00Hex) | Type de dérangement | TTSI (facultatif, tous mis à 00Hex s'il n'est pas utilisé) | Localisation du dérangement | Remplissage (tout à 00Hex) | BIP16 |
|--------------------------|-----------------|---------------------|--|-----------------------------|----------------------------|----------|
| 1 octet | 1 octet | 2 octets | 20 octets | 4 octets | 14 octets | 2 octets |

Figure 5/Y.1711 – Structure de la capacité utile du paquet FDI

Le champ type de dérangement a une longueur fixée à deux octets et ses valeurs sont données plus loin.

L'inclusion de l'identificateur TTSI dans le paquet FDI est facultative et peut être utile en cas de suppression d'étiquette à l'avant-dernier saut (PHP, *penultimate hop popping*), comme indiqué dans l'Appendice II. En l'absence d'utilisation de PHP, le champ TTSI peut être codé avec la valeur nulle.

Le champ localisation du dérangement comporte 4 octets. Il convient de coder, dans ce champ, l'identité du réseau dans lequel le dérangement a été détecté sous la forme d'un numéro de système autonome. Le document RFC 1930 [13] définit ce numéro comme ayant une longueur de 2 octets. Toutefois, une longueur de 4 octets est attribuée au champ localisation du dérangement afin de pouvoir définir de plus grands numéros de système autonome dans l'avenir. Pour coder un numéro de système autonome de 16 bits, on utilise la procédure suivante:

ce numéro est codé dans la moitié du champ localisation du dérangement correspondant aux bits de poids le plus faible et l'autre moitié de ce champ est mise à zéro.

Le paquet OAM FDI est mappé récursivement vers le haut – par le biais d'un processus d'adaptation client/serveur au niveau des puits de chemin de conduit LSP – dans les conduits LSP des couches clientes supérieures affectées. Lorsque ce paquet arrive au conduit LSP du haut, il doit être mappé en un paquet FDI équivalent pour toute couche cliente dans laquelle il est alors acheminé. Dans le cas IP (ou, de fait, dans le cas de n'importe quelle autre couche cliente), ce mappage n'entre pas dans le cadre de la présente Recommandation.

Il est à noter que les conduits LSP de niveau supérieur qui "enjambent" un dérangement de niveau inférieur détecteront également le dérangement (par suite de la corruption de leur propre flux CV ou FFD) mais ils verront aussi arriver un flux de paquets OAM FDI en provenance du conduit LSP du plus bas niveau dans lequel le dérangement a été détecté au départ. Ce comportement dynamique, qui permet d'identifier correctement la véritable source du dérangement, est détaillé plus loin. Mais, pour le moment, il suffit de prendre note du fait que le flux FDI entrant est nécessaire pour:

- supprimer les alarmes inutiles dans les conduits LSP des couches supérieures affectées;
- indiquer aux conduits LSP des niveaux supérieurs affectés que le dérangement se situe dans un conduit LSP de niveau inférieur;
- permettre un codage approprié du flux BDI dans les couches supérieures affectées.

Il est important que le puits de conduit LSP connaisse (pendant la durée pendant laquelle le conduit LSP est en service) tous les mappages d'étiquette de conduit LSP serveur→client qui existaient avant le dérangement. Même si les moyens qui permettent précisément de répondre à cet objectif n'entrent pas dans le cadre de la présente Recommandation, quelques exemples de la manière dont ces mappages peuvent être configurés sont les suivants:

- manuellement, par exemple via le système NMS;
- automatiquement à l'établissement du conduit LSP, par le biais d'extensions à la signalisation de conduit LSP;
- par un "processus d'apprentissage" automatique, autrement dit si, au cours de l'établissement des conduits LSP clients, la signalisation est tunnelisée par le biais de la couche serveuse, le nœud de terminaison de chemin serveur peut mémoriser au fur et à mesure les informations concernant les conduits LSP établis.

Lorsqu'un paquet FDI doit être transmis d'un conduit LSP de couche serveuse à son ou ses conduits LSP de couche cliente (autrement dit à la fonction d'adaptation client/serveur qui suit le puits de chemin de conduit LSP de couche serveuse), les champs localisation du dérangement et type de dérangement devraient être copiés du paquet FDI de conduit LSP de couche serveuse dans le paquet FDI du ou des conduits LSP de couche cliente.

6.5 Indication de dérangement vers l'arrière (BDI)

La fonction OAM BDI a pour objet d'informer l'extrémité amont d'un conduit LSP d'un dérangement en aval. Toutefois, pour cela, il faut un conduit de retour. L'indication de dérangement vers l'arrière est générée à la source de chemin du conduit de retour en réponse à la détection d'un dérangement au niveau d'un puits de chemin de conduit LSP aller. La fonctionnalité BDI est utile pour des applications telles que la mesure à une seule extrémité des coupures brèves/de la disponibilité/de la performance de réseau dans les deux sens, ou pour fournir une indication concernant certains types de commutation de protection.

Structure de la capacité utile

| Type de fonction (03Hex) | Réservé (00Hex) | Type de dérangement | TTSI (facultatif, tous mis à 00Hex s'il n'est pas utilisé) | Localisation du dérangement | Remplissage (tout à 00Hex) | BIP16 |
|--------------------------|-----------------|---------------------|--|-----------------------------|----------------------------|----------|
| 1 octet | 1 octet | 2 octets | 20 octets | 4 octets | 14 octets | 2 octets |

Figure 6/Y.1711 – Structure de la capacité utile du paquet BDI

Le paquet BDI est envoyé depuis la source de chemin du conduit LSP de retour sous forme de miroir du paquet FDI approprié (voir la Note) au niveau du puits de chemin de conduit LSP de l'autre sens. Les champs localisation du dérangement et type de dérangement sont copiés directement à partir du paquet FDI approprié (voir la Note) et ont un format identique à celui décrit précédemment pour le paquet OAM FDI.

NOTE – Le mot "approprié" signifie ici que tout paquet FDI entrant (autrement dit provenant d'une couche inférieure) est prioritaire sur tout paquet FDI qui aurait été généré au niveau de la couche considérée par suite de la détection de dérangements au niveau de cette couche (en effet, ces dérangements ne font que résulter d'un dérangement dans une couche inférieure).

L'inclusion de l'identificateur TTSI dans le paquet BDI est facultative et peut être utile en cas de conduits de retour partagés ou hors bande pour les paquets BDI, comme indiqué dans l'Appendice II. En ce qui concerne les conduits LSP bidirectionnels, ce champ peut être mis à zéro. Si l'identificateur TTSI est utilisé, il est mis à la valeur attendue de l'identificateur TTSI du conduit LSP aller auquel le paquet BDI correspond.

6.6 Mécanismes OAM de diagnostic à la demande

On peut définir un certain nombre de mécanismes OAM de diagnostic à la demande, visant à fournir aux personnes chargées de l'exploitation des outils OAM additionnels, par exemple pour faciliter le diagnostic des problèmes de réseau.

6.6.1 Mesures de performance

Pour complément d'étude.

6.6.2 Transactions de bouclage

Pour complément d'étude.

6.7 Codes du type de dérangement

Le type de dérangement est codé dans deux octets. Le premier octet indique la couche et le second la nature du dérangement.

Tableau 2/Y.1711 – Codes du type de dérangement dans les paquets OAM FDI/BDI

| Type de dérangement | Code DT (Hex) | Signification |
|---------------------|---------------|---|
| dServer | 01 01 | Tout dérangement se produisant dans la couche serveuse au-dessous de la couche MPLS. Il n'est pas suggéré d'identifier et de définir individuellement les dérangements pour chaque type de couche serveuse, car cette fonction ne convient que pour la couche serveuse proprement dite. Il suffit donc d'indiquer qu'il s'agit de la couche serveuse et non de la couche MPLS. Il est à noter que ce dérangement n'est pas généré par des mécanismes OAM MPLS, il est plutôt transmis à la gestion OAM MPLS par la couche serveuse. |
| dPeerME | 01 02 | Tout dérangement lié à l'entité de maintenance homologue se produisant à l'extérieur du sous-réseau MPLS. Il n'est pas suggéré d'identifier et de définir individuellement les dérangements pour chaque type de réseau homologue. Il suffit donc d'indiquer qu'il ne s'agit pas d'un dérangement de sous-réseau MPLS. Il est à noter que ce dérangement n'est pas généré par des mécanismes OAM MPLS mais qu'il est plutôt transmis à la gestion OAM MPLS par une fonction d'interfonctionnement de réseau stratifié. |
| dLOCV | 01 02 | Simple perte de vérification de connectivité due au fait que des paquets OAM CV ou FFD comportant l'identificateur TTSI attendu sont manquants. Il est à noter que: 1) Si le dérangement dLOCV est dû à la couche serveuse (autrement dit, il existe aussi un signal FDI entrant provenant de la couche serveuse), on utilise alors le code DT 01 01Hex. 2) Si le dérangement dLOCV est dû à l'entité de maintenance homologue (autrement dit, il existe aussi un signal FDI entrant généré par la fonction IWF avec un code DT de 01 02), on utilise alors le code DT 01 02Hex. Le code 02 01Hex correspondant au dérangement dLOCV n'est utilisé qu'en cas de simple défaillance relative à la connectivité dans la couche MPLS. |
| dTTSI_Mismatch | 02 02 | La non-concordance d'identificateurs de source de chemin provient du fait que les paquets OAM CV ou FFD entrants comportent un identificateur TTSI inattendu mais pas d'identificateur TTSI attendu. Ce type de dérangement permet de détecter les connexions mal configurées (par exemple permutées). Il est à noter que le dérangement dTTSI_Mismatch est prioritaire sur le dérangement dLOCV qui est également présent. |

Tableau 2/Y.1711 – Codes du type de dérangement dans les paquets OAM FDI/BDI

| Type de dérangement | Code DT (Hex) | Signification |
|---------------------|---------------|--|
| dTTSI_Mismerge | 02 03 | L'erreur d'association d'identificateurs de source de chemin provient à la fois du fait que certains paquets OAM CV ou FFD entrants comportent un identificateur TTSI inattendu et que d'autres paquets OAM CV ou FFD entrants comportent un identificateur TTSI attendu. Ce type de dérangement permet de détecter les défaillances liées à une erreur de branchement ainsi que celles liées à une duplication non voulue. Il est à noter qu'à la différence du dérangement dTTSI_Mismatch, aucun dérangement dLOCV n'est présent en même temps. Toutefois, il ne faut pas confondre ce dérangement avec le dérangement dExcess; en effet, même si la fréquence des paquets CV ou FFD entrants est accrue, cet accroissement ne sera pas uniquement dû à des paquets CV ou FFD comportant un identificateur TTSI attendu. |
| dExcess | 02 04 | Un dérangement dExcess est détecté lorsqu'on observe un accroissement de la fréquence des paquets OAM CV ou FFD comportant l'identificateur TTSI attendu au-dessus de la fréquence nominale de 1/s pour des paquets OAM CV et de 20/s pour des paquets OAM FFD. Les raisons peuvent être les suivantes: erreur d'association automatique, routeur LSR source défectueux, attaque de type DoS, etc. |
| dUnknown | 02 FF | Dérangement inconnu détecté dans la couche MPLS. Ce type de dérangement devrait être utilisé pour les défaillances qui sont détectées à l'intérieur d'un nœud MPLS (probablement par des moyens propriétaires) et qui affectent le trafic de plan d'utilisateur. Il est à noter que ce dérangement n'est pas détecté par la gestion OAM MPLS, mais qu'il lui est transmis. |
| Aucun | 00 00 | Réservé. |
| Aucun | FF FF | Réservé. |

6.8 Critères d'entrée/sortie et actions résultantes pour différents types de dérangement

On définit de manière plus détaillée quatre types de dérangement de plan d'utilisateur dans la couche MPLS: dLOCV, dTTSI_Mismatch, dTTSI_Mismerge et dExcess.

NOTE 1 – Comme les flux de paquets OAM ne sont pas synchronisés dans les conduits LSP aux différents niveaux hiérarchiques (c'est-à-dire lorsque les conduits LSP sont imbriqués), il est possible qu'un conduit LSP dans une couche cliente détecte un dérangement avant le conduit LSP de couche serveuse associé. Ce décalage peut aller jusqu'à 1 s en raison des différences entre les instants d'arrivée des paquets CV plus une certaine incertitude additionnelle due aux effets de retard dans le réseau. Il peut en résulter une erreur d'appréciation quant au type de dérangement qui est présent et, par conséquent, quant au type d'actions résultantes appropriées; en particulier, est-il judicieux de déclencher une alarme locale et quel est le codage correct des champs DL et DT dans les paquets OAM FDI/BDI. Pour remédier à cela, il est recommandé de différer d'au moins 2 secondes le déclenchement d'une alarme après la détection d'un état de dérangement (la valeur exacte nécessite un complément d'étude). Cela permettra par ailleurs au réseau d'entrer dans un état stable de comportement concernant la détection de dérangement.

NOTE 2 – Le début/la fin du regroupement de mesures de la performance du réseau dans le plan d'utilisateur de conduit LSP, par exemple mesures de la perte de paquets ou d'octets (en cas d'utilisation de paquets OAM P par exemple), dépendent de la question de savoir si le conduit LSP est dans l'état disponible ou indisponible.

NOTE 3 – Si plusieurs dérangements sont présents simultanément pour un même conduit LSP, l'ordre de priorité alors suggéré est le suivant: dTTSI_Mismatch, dTTSI_Mismerge, dLOCV et dExcess.

6.8.1 Critère d'entrée pour le dérangement dLOCV

Le début d'un dérangement dLOCV – et donc le passage à l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin de conduit LSP – se produit lorsque:

- pour un conduit LSP ne possédant pas la fonction de détection rapide de défaillance (c'est-à-dire non doté de paquets OAM FFD), aucun paquet OAM CV attendu n'arrive pendant une période de 3 secondes consécutives;
- pour un conduit LSP possédant la fonction de détection rapide de défaillance (c'est-à-dire doté de paquets OAM FFD), aucun paquet OAM FFD attendu n'arrive pendant une période de 3 intervalles x consécutifs, où $x < 1$ s ($x > 1$ s fera l'objet d'un complément d'étude) est l'intervalle d'insertion pour les paquets OAM FFD dans le champ fréquence de l'unité PDU FFD, ou est défini localement. (On notera que la fenêtre d'une largeur de $3x$ avance par pas de x seconde. On notera en outre que la valeur recommandée de l'intervalle d'insertion périodique pour des paquets x OAM FFD est de 50 ms conformément à la fréquence recommandée de 20 par seconde).

En termes d'actions résultantes

- Si un signal FDI arrive en provenance d'une couche serveuse au-dessous du réseau MPLS, il est mappé sur le code DT 01 01 Hex dans les paquets OAM FDI envoyés vers l'avant et dans les éventuels paquets OAM BDI envoyés vers l'arrière. Le code DL local est également inséré dans ces paquets OAM FDI et BDI. Aucune alarme n'est associée à la couche MPLS proprement dite mais uniquement à la couche serveuse qui a émis le signal FDI.

Sinon

- si un signal FDI arrive en provenance d'un conduit LSP de niveau inférieur dans le réseau MPLS, les codes DL/DT de ce signal FDI sont mappés dans les paquets FDI envoyés aux différentes couches clientes (autrement dit la génération de codes DL/DT de signal FDI est supprimée à partir de là) et dans les paquets OAM BDI envoyés vers l'arrière. Aucune alarme n'est déclenchée concernant le conduit LSP considéré (l'alarme sera associée au conduit LSP du plus bas niveau d'où provient le dérangement).

Sinon

- Si aucun signal FDI n'arrive en provenance de la couche serveuse ou d'un conduit LSP de niveau inférieur ET si aucun paquet OAM CV ou FFD ne contient d'identificateur TTSI inattendu, le code DT 02 01 Hex est inséré dans les paquets OAM FDI envoyés en aval et dans les éventuels paquets OAM BDI envoyés en amont. Le code DL local est également inséré dans ces paquets OAM FDI et BDI. Une alarme locale est déclenchée relativement à ce dérangement.

6.8.2 Critère d'entrée pour le dérangement dTTSI_Mismatch

Le début d'un dérangement dTTSI_Mismatch – et donc le passage à l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin de conduit LSP – se produit lorsque:

- pour un conduit LSP ne possédant pas la fonction de détection rapide de défaillance (c'est-à-dire non doté de paquets OAM FFD), pendant une période de 3 secondes consécutives, des paquets OAM CV ou FFD comportent un identificateur TTSI inattendu et que, au cours de la même période, aucun paquet OAM CV ne comporte d'identificateur TTSI attendu;
- pour un conduit LSP possédant la fonction de détection rapide de défaillance (c'est-à-dire doté de paquets OAM FFD), pendant une période de 3 intervalles x consécutifs, des paquets CV ou FFD comportent un identificateur TTSI inattendu et que, au cours de la même période, aucun paquet OAM FFD ne comporte d'identificateur TTSI attendu.

Il est à noter que le dérangement dTTSI_Mismatch annule et remplace le dérangement dLOCV (comme ce serait par exemple le cas avec des conduits LSP commutés). Le code DT 02 02 Hex est inséré dans les paquets OAM FDI envoyés vers l'avant et dans les éventuels paquets OAM BDI envoyés vers l'arrière. Le code DL est également inséré dans ces paquets OAM FDI et BDI. Une alarme locale est déclenchée relativement à ce dérangement et chaque identificateur TTSI inattendu est saisi localement (il peut par ailleurs être envoyé facultativement au système NMS par exemple dans le cadre d'un compte rendu d'anomalie). Le signal de trafic aval doit par ailleurs être supprimé.

6.8.3 Critère d'entrée pour le dérangement dTTSI_Mismerge

Le début d'un dérangement dTTSI_Mismerge – et donc le passage à l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin de conduit LSP – se produit lorsque:

- pour un conduit LSP ne possédant pas la fonction de détection rapide de défaillance (c'est-à-dire non doté de paquets OAM FFD), des paquets OAM CV ou FFD comportent un identificateur TTSI inattendu et que des paquets OAM CV comportent un identificateur TTSI attendu pendant une période de 3 secondes consécutives;
- pour un conduit LSP possédant la fonction de détection rapide de défaillance (c'est-à-dire doté de paquets OAM FFD), des paquets OAM CV ou FFD comportent un identificateur TTSI inattendu et que des paquets OAM FFD comportent un identificateur TTSI attendu pendant une période de 3 intervalles x consécutifs.

Il est à noter que le dérangement dTTSI_Mismerge ne doit pas être confondu avec le dérangement dExcess, étant donné que, dans le premier cas, l'accroissement du nombre de paquets CV ou FFD reçus est dû à la fois à des paquets CV ou FFD comportant un identificateur TTSI attendu et à des paquets CV ou FFD comportant un identificateur TTSI inattendu, alors que dans le deuxième cas, il est dû uniquement à des paquets CV ou FFD comportant un identificateur TTSI attendu. Le code DT 02 03 Hex est inséré dans les paquets OAM FDI envoyés vers l'avant et dans les éventuels paquets OAM BDI envoyés vers l'arrière. Le code DL est aussi inséré dans ces paquets OAM FDI et BDI. Une alarme locale est déclenchée relativement à ce dérangement et chaque identificateur TTSI inattendu est saisi localement (il peut par ailleurs être envoyé facultativement au système NMS par exemple dans le cadre d'un compte rendu d'anomalie). Le signal de trafic aval peut facultativement être supprimé.

6.8.4 Critère d'entrée pour le dérangement dExcess

Le début d'un dérangement dExcess – et donc le passage à l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin de conduit LSP – se produit lorsque:

- pour un conduit LSP ne possédant pas la fonction de détection rapide de défaillance (c'est-à-dire non doté de paquets OAM FFD), le nombre de paquets OAM CV comportant chacun un identificateur TTSI attendu observé au cours d'une période de 3 secondes consécutives est supérieur ou égal à 5;
- pour un conduit LSP possédant la fonction de détection rapide de défaillance (c'est-à-dire doté de paquets OAM FFD), le nombre de paquets OAM FFD comportant chacun un identificateur TTSI attendu observé au cours d'une période de 3 intervalles x consécutifs est supérieur ou égal à 5.

Le code DT 02 04 Hex est inséré dans les paquets OAM FDI envoyés vers l'avant et dans les éventuels paquets OAM BDI envoyés vers l'arrière. Le code DL local est également inséré dans ces paquets OAM FDI et BDI. Une alarme locale est déclenchée relativement à ce dérangement.

6.8.5 Critères de sortie pour les différents dérangements

La fin d'un dérangement dLOCV, dTTSI_Mismatch, dTTSI_Mismerge ou dExcess – et donc la sortie de l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin de conduit LSP – se produit pendant une période totale de 3 secondes consécutives au cours de laquelle:

- pour un conduit LSP ne possédant pas la fonction de détection rapide de défaillance (c'est-à-dire non doté de paquets OAM FFD):
 - le nombre de paquets OAM CV comportant chacun un identificateur TTSI attendu est supérieur ou égal à 2 mais inférieur ou égal à 4;
 - aucun paquet OAM CV ou FFD ne comporte d'identificateur TTSI inattendu;
- pour un conduit LSP possédant la fonction de détection rapide de défaillance (c'est-à-dire doté de paquets OAM FFD):
 - le nombre de paquets OAM FFD comportant un identificateur TTSI attendu est supérieur ou égal à 2 et inférieur ou égal à 4 sur une fenêtre glissante 3x secondes;
 - aucun paquet OAM CV ou FFD ne comporte d'identificateur TTSI inattendu.

Toutes les actions résultantes invoquées lors du passage à l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin de conduit LSP (c'est-à-dire l'envoi de paquets OAM FDI et BDI, le déclenchement d'alarmes locales et l'éventuelle suppression de trafic) sont arrêtées au moment de la sortie de cet état.

7 Traitement des états disponible et indisponible

La définition de critères d'entrée/sortie harmonisés pour les dérangements, comme indiqué ci-dessus, a pour principal objet de simplifier dans une large mesure:

- le traitement de l'état de dérangement au puits de chemin de conduit LSP à l'extrémité proche/distante;
- le traitement de l'état disponible de conduit LSP à l'extrémité proche/distante;
- le déterminisme du moment auquel le regroupement dans des registres à long terme de mesure de performance de réseau pour le trafic de plan d'utilisateur de conduit LSP (en cas de collecte) est arrêté/démarré.

Dans tous les paragraphes où l'on décrit l'évaluation des événements, la technique de mesure est fondée sur une fenêtre glissante avec un pas de 1 seconde (et avec un pas de x secondes pour l'option OAM FFD). Il est à noter que la fenêtre glissante commence à un instant arbitraire déterminé par chaque nœud indépendamment des autres et que cet instant n'est pas synchronisé sur les événements d'arrivée de paquets OAM sur quelque conduit LSP que ce soit. Cela est jugé acceptable afin de simplifier le traitement au niveau des nœuds.

Il est à noter que la présente Recommandation utilise la relation de dépendance fonctionnelle classique entre la performance de réseau et la disponibilité. Autrement dit:

- la mesure de performance de réseau est une mesure unidirectionnelle, c'est-à-dire que si la performance de réseau est mesurée, on la mesure séparément dans chaque sens;
- la mesure de la disponibilité est une mesure bidirectionnelle dans le cas de conduits LSP bidirectionnels, c'est-à-dire que si un sens passe à l'état indisponible (défini plus loin), les deux sens sont alors considérés comme indisponibles. Dans le cas de conduits LSP unidirectionnels, la mesure de la disponibilité ne peut être qu'une mesure unidirectionnelle;
- il faut suspendre le regroupement dans des registres à long terme de mesures de performance de réseau si un conduit LSP passe à l'état indisponible; il est à noter qu'il s'agit de mesures de performance de réseau dans les deux sens dans le cas de conduit LSP bidirectionnels, d'après la définition de la mesure de la disponibilité donnée ci-dessus.

Toutefois, il est par ailleurs à noter que (à la fois pour des raisons de commodité et pour préserver leur signification statistique) le regroupement de mesures de la performance de réseau est en réalité suspendu après la détection d'un événement de coupure brève.

La temporisation de conduit LSP (T1) définit la durée pendant laquelle le conduit LSP est dans l'état de dérangement à l'extrémité proche avant de déclarer que ce conduit LSP est indisponible ou de retourner à l'état d'absence de dérangement. Elle est déclenchée lorsque le conduit LSP passe à l'état de dérangement à l'extrémité proche et est arrêtée lorsque le conduit LSP sort de cet état ou passe à l'état indisponible à l'extrémité proche. Sa valeur maximale est de 10 secondes.

La temporisation de conduit LSP (T2) définit la durée pendant laquelle le conduit LSP est dans l'état indisponible à l'extrémité proche moins 10 s (il s'agit de la valeur maximale de T1). Elle est déclenchée lorsque le conduit LSP passe à l'état indisponible à l'extrémité proche et est arrêtée lorsque le conduit LSP sort de cet état plus 10 s (période de confirmation pour l'absence de dérangement).

La temporisation de conduit LSP (T3) définit la durée pendant laquelle le conduit LSP est dans l'état de dérangement à l'extrémité distante avant de déclarer que ce conduit LSP est indisponible ou de retourner à l'état d'absence de dérangement à l'extrémité distante. Elle est déclenchée lorsque le conduit LSP passe à l'état de dérangement à l'extrémité distante et est arrêtée lorsque le conduit LSP sort de cet état ou passe à l'état indisponible à l'extrémité distante. Sa valeur maximale est de 13 secondes.

La temporisation de conduit LSP (T4) définit la durée pendant laquelle le conduit LSP est dans l'état indisponible à l'extrémité distante moins 13 s (il s'agit de la valeur maximale de T3). Elle est déclenchée lorsque le conduit LSP passe à l'état indisponible à l'extrémité distante et est arrêtée lorsque le conduit LSP sort de cet état plus 10 s (période de confirmation pour l'absence de dérangement).

7.1 Coupures brèves

Une coupure brève est un événement pour lequel la sortie de tout état de dérangement précédemment défini se produit avant l'expiration de la temporisation d'indisponibilité de conduit LSP.

Le début d'une coupure brève se produit 3 secondes après le passage à l'état de dérangement et la fin d'une coupure brève se produit 3 secondes après la sortie de cet état. La coupure brève est un état transitoire qui ne peut exister que lorsque le conduit LSP est dans l'état disponible.

7.2 Définition des états disponible et indisponible

Si la temporisation de conduit LSP (T1) expire, le conduit LSP passe à l'état indisponible. On considère que l'état indisponible commence à l'instant où commence l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin de conduit LSP.

Un conduit LSP retourne à l'état disponible après être d'abord sorti de l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin de conduit LSP puis après qu'une période de 10 secondes consécutives se soit écoulée au cours de laquelle:

- pour un conduit LSP ne possédant pas la fonction de détection rapide de défaillance (c'est-à-dire non doté de paquets OAM FFD):
 - le nombre de paquets OAM CV comportant un identificateur TTSI attendu est supérieur ou égal à 9 et inférieur ou égal à 11;
 - aucun paquet OAM CV ou FFD ne comporte d'identificateur TTSI inattendu;
- pour un conduit LSP possédant la fonction de détection rapide de défaillance (c'est-à-dire doté de paquets OAM FFD):
 - le nombre de paquets OAM FFD comportant un identificateur TTSI attendu est supérieur ou égal à 9 et inférieur ou égal à 11 sur une fenêtre glissante 10x secondes;
 - aucun paquet OAM CV ou FDD ne comporte d'identificateur TTSI inattendu.

On considère que l'état disponible commence au début de cette période de 10 secondes consécutives.

7.3 Mesures de disponibilité aux extrémités proche et distante

L'ensemble de la discussion ci-dessus s'applique strictement au traitement à l'extrémité proche lorsque le puits de chemin de conduit LSP est dans l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin de conduit LSP, comme indiqué précédemment. Le comportement de disponibilité à l'extrémité distante peut aussi être mesuré (ce qui est utile lorsqu'une seule extrémité est accessible pour la mesure) grâce aux paquets BDI (lorsque des conduits LSP bidirectionnels sont utilisés) car il s'agit d'un miroir amont reflétant la durée pendant laquelle des paquets FDI sont envoyés en aval.

L'état de dérangement à l'extrémité distante puits de chemin de conduit LSP est donc défini comme couvrant la période pendant laquelle des paquets OAM BDI sont observés, les critères d'entrée/sortie étant les suivants:

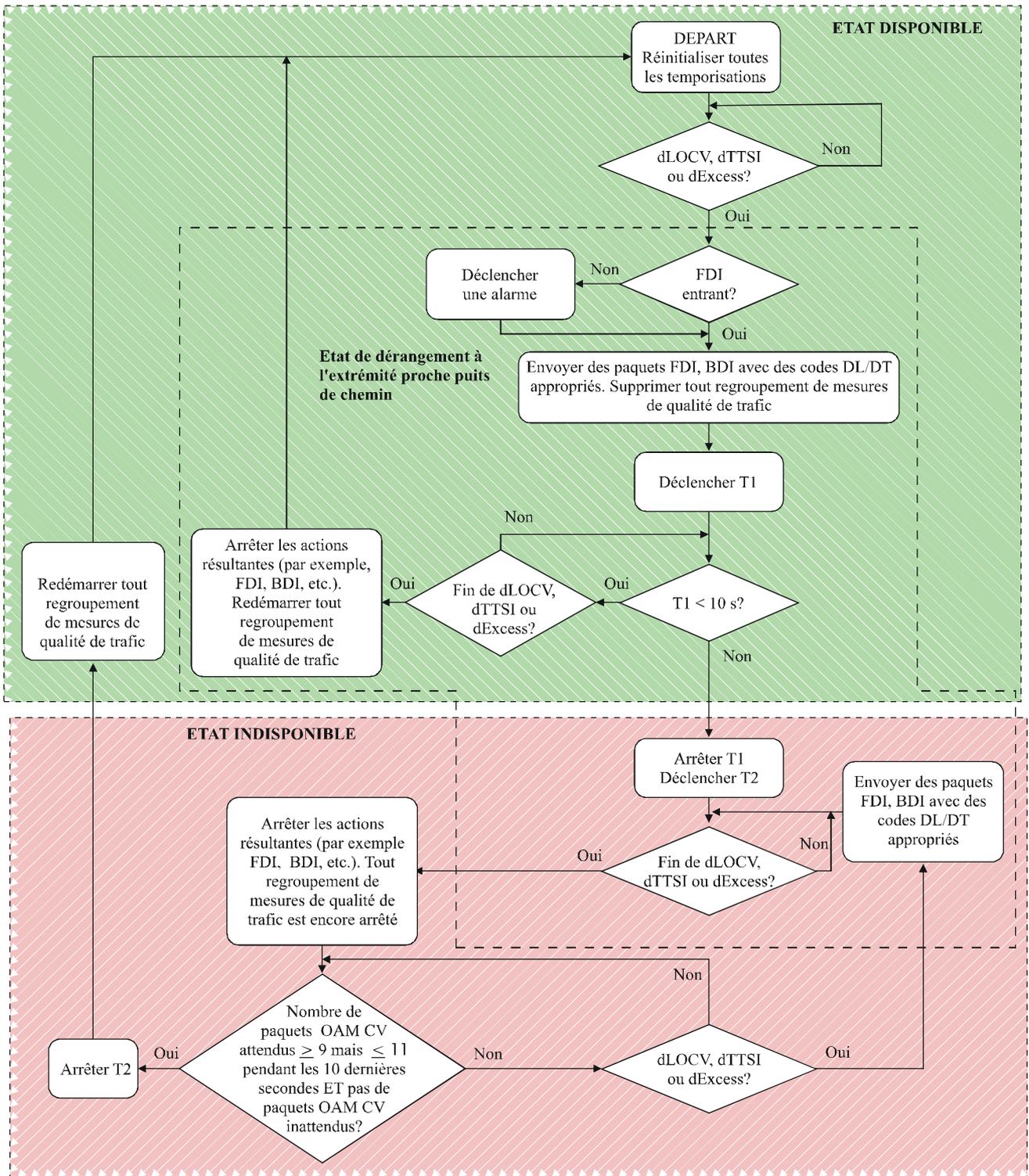
- le passage à l'état de dérangement à l'extrémité distante puits de chemin de conduit LSP se produit au premier paquet OAM BDI observé;
- la sortie de cet état se produit après une période de 3 secondes consécutives pendant laquelle aucun paquet OAM BDI n'a été reçu.

Il est à noter que ce délai de 3 s à la sortie sert à tenir compte des cas où un paquet BDI unique est peut-être perdu (par exemple en raison d'un encombrement ou d'erreurs). Il faut tenir compte de l'effet de ce délai dans la machine à états de traitement à l'extrémité distante, comme indiqué plus loin.

Comme la durée de l'état à l'extrémité distante est directement liée à l'état à l'extrémité proche (mais avec une période de vérification de sortie de +3 s), une même extrémité peut mesurer à la fois les coupures brèves et l'indisponibilité dans les deux sens (dans l'hypothèse où des conduits LSP bidirectionnels sont utilisés).

7.4 Diagramme de traitement d'état à l'extrémité proche

La Figure 7 récapitule de nombreux points essentiels concernant l'algorithme de traitement d'état à l'extrémité proche pour un conduit LSP donné présentant un flux CV. Le traitement d'état à l'extrémité proche pour un conduit LSP présentant un flux FFD (et non un flux CV) diffère par le critère d'entrée dans l'état de dérangement, par le critère de sortie de l'état de dérangement et par le critère de retour à l'état de disponibilité.



Y.1711_F07

Figure 7/Y.1711 – Algorithme de traitement d'état à l'extrémité proche de conduit LSP

NOTE – Le diagramme ci-dessus ne vise pas à imposer une certaine réalisation physique (il appartient au fabricant de mettre en œuvre le diagramme comme il l'entend), mais plutôt à indiquer le flux logique de traitement et les actions résultantes en des points essentiels. Par ailleurs, par souci de clarté, il est impossible de fournir tous les détails dans un tel diagramme, il est donc nécessaire de se reporter au texte associé; à titre d'exemple, dTTSI dans le diagramme ci-dessus désigne à la fois les types de dérangement Mismatch et Mismmerge.

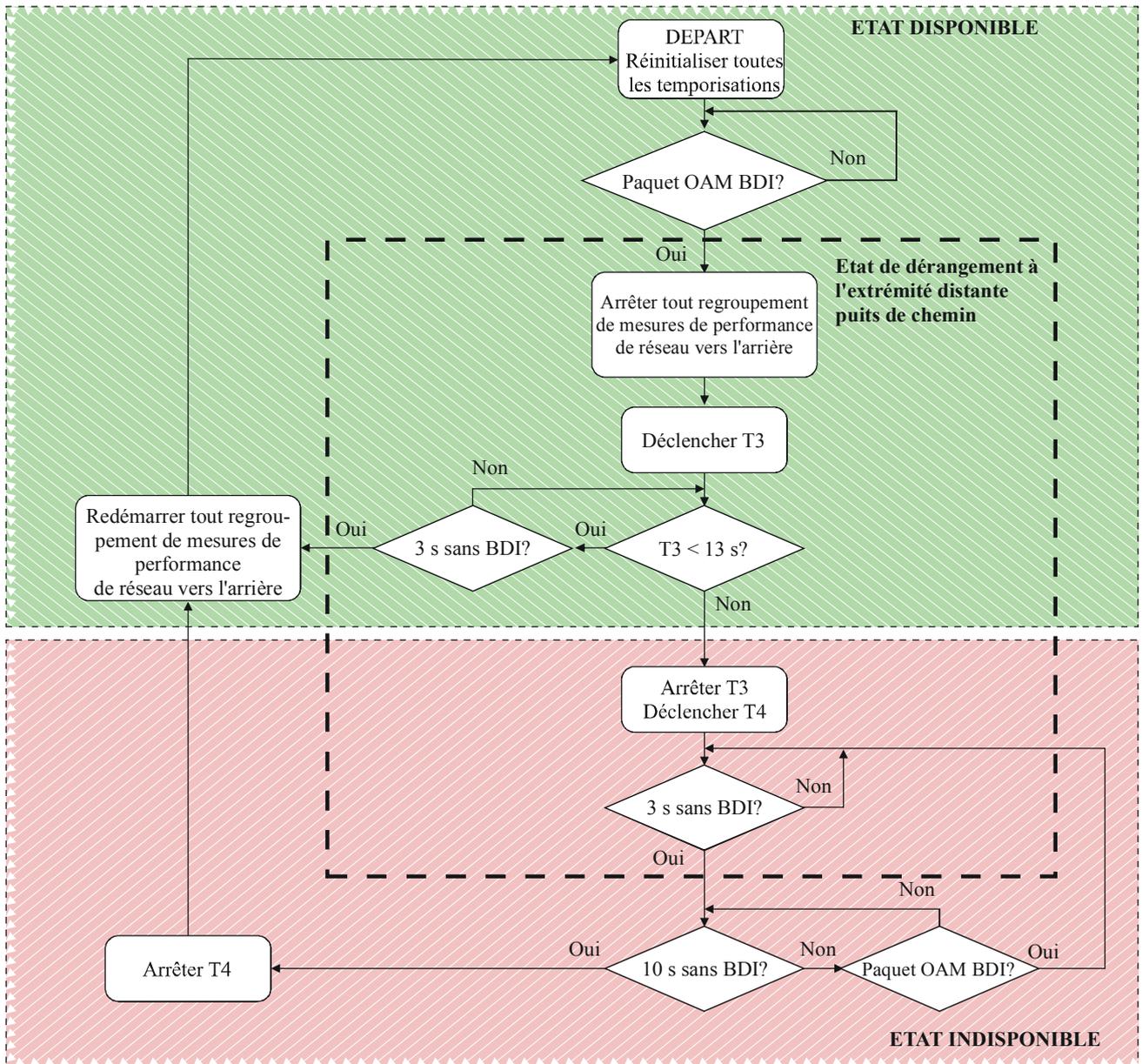
- 1) On suppose que le point d'extrémité se trouve dans l'état disponible dans la case "Départ". On peut supposer théoriquement que toutes les temporisations (présentées plus loin) sont alors réinitialisées. Si des mesures de la performance de réseau sont collectées (par exemple mesures de perte de paquets/d'octets à partir de paquets OAM P), on suppose que cette collecte est alors active.
- 2) La première case de décision est "dLOCV, dTTSI ou dExcess?". Ces dérangements ont été définis précédemment. Si aucun de ces dérangements n'est présent, cette situation sera à vérifier et l'état disponible perdure. Toutefois, si l'un de ces dérangements est présent, le point d'extrémité passe à l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin.
- 3) Les actions résultantes alors requises, qui dépendent de la nature du dérangement observé ainsi que de la question de savoir si des paquets FDI arrivent en provenance d'une couche inférieure, doivent respecter les règles données précédemment. Mais il est à noter que le regroupement dans les registres à long terme d'état disponible des mesures de la performance de réseau alors collectées est suspendu. De fait, on applique un retard de 3 s aux registres, ce qui permet de laisser du temps pour la détection des dérangements (à ce stade, on ne peut pas dire si l'événement sera une coupure brève, auquel cas le conduit LSP reste dans l'état disponible, ou si le conduit LSP passera à l'état indisponible).
- 4) La temporisation T1 est déclenchée. Elle sert à déterminer la durée de l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin; si cette durée est suffisamment longue (c'est-à-dire supérieure à 10 s), cette temporisation sert à passer dans la région de traitement de l'état indisponible du diagramme.
- 5) Au-dessous de (la temporisation) T1, on arrive à une boucle comprenant les cases de décision "T1 < 10 s?" et "Fin de dLOCV, dTTSI ou dExcess?". On peut sortir de cette boucle si l'état de dérangement prend fin (conformément aux critères donnés précédemment) avant que T1 n'atteigne 10 s. Comme le point d'extrémité est toujours dans l'état disponible, on redémarre tout regroupement de mesures de la performance de réseau dans les registres à long terme (les 3 dernières secondes devant être prises en considération), la génération de paquets OAM FDI/BDI est arrêtée et l'événement de coupure brève est saisi dans les registres locaux. En outre, si l'événement était dû à un dérangement dTTSI, le point d'extrémité devrait aussi saisir l'identificateur TTSI du conduit LSP en cause et cesser de supprimer le trafic (le cas échéant). L'horodate de l'événement devrait coïncider avec le début du dérangement qui a provoqué cet événement. Si toutefois T1 atteint 10 s, le point d'extrémité passe à l'état indisponible. Il est à noter qu'il est impossible de passer à l'état indisponible sauf si l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin dure depuis au moins 10 s pendant l'état disponible.
- 6) On enregistre alors un événement horodaté de passage à l'état indisponible dans les registres locaux conjointement avec les informations sur la nature du dérangement qui a provoqué cet événement. Il est à noter que cette horodate correspond à l'instant du passage à l'état indisponible moins 13 s. Facultativement, un compte rendu d'anomalie peut par ailleurs être envoyé au système NMS avec l'horodate de passage à l'état indisponible susmentionnée, conjointement avec d'autres informations relatives au dérangement qui a provoqué ledit événement (par exemple dans le cas du dérangement dTTSI, le rapport devrait inclure l'identificateur TTSI du conduit LSP en cause). On arrête alors la

temporisation T1 et on déclenche la temporisation T2, dont le but est d'enregistrer la durée de l'état indisponible. Il est à noter que lorsque le point d'extrémité passe à l'état indisponible, il reste aussi dans l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin.

- 7) On arrive alors à la case de décision "Fin de dLOCV, dTTSI ou dExcess?", qui se trouve juste au-dessous de la case où la temporisation T2 est déclenchée et qui permet de vérifier si l'état de dérangement a pris fin. Lorsque le dérangement prend fin (conformément aux critères donnés précédemment), la génération de paquets OAM FDI/BDI est arrêtée et le point d'extrémité sort de l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin. Tout regroupement de mesures de la qualité de fonctionnement de réseau est toujours interdit.
- 8) On arrive alors à une boucle comprenant les deux cases "nombre de paquets OAM CV attendus ≥ 9 mais ≤ 11 pendant les 10 dernières secondes ET pas de paquets OAM CV inattendus" et "dLOCV, dTTSI ou dExcess?". Si un autre dérangement se produit avant que les critères de sortie de la première case de décision soient remplis, le point d'extrémité repasse à l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin et des paquets OAM FDI/BDI sont à nouveau générés (avec les codes DL/DT et les actions résultantes applicables au dérangement particulier observé). Tout regroupement de mesures de la performance de réseau continue à être interdit. Dans ce cas, on revient au point 7) ci-dessus du traitement d'état et on vérifie à nouveau si le dérangement a pris fin. Il est à noter que la temporisation T2 continue à tourner.
- 9) Pour sortir de l'état indisponible, le point d'extrémité doit d'abord être sorti de l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin, comme indiqué au point 7) ci-dessus puis avoir rempli les critères de la case de décision "nombre de paquets OAM CV attendus ≥ 9 mais ≤ 11 pendant les 10 dernières secondes ET pas de paquets OAM CV inattendus", comme indiqué au point 8) ci-dessus. Il est à noter que les "10 dernières secondes" dont il est question ici comprennent l'intervalle de 3 s requis pour vérifier si l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin a pris fin, comme indiqué au point 7) ci-dessus.
- 10) La temporisation T2 est alors arrêtée et on enregistre la durée de l'événement d'indisponibilité dans les registres locaux. On reprend tout regroupement de mesures de la performance de réseau dans les registres locaux et on cesse toutes les actions résultantes associées à l'état indisponible. Il est à noter que la temporisation T2 conduit à l'enregistrement d'une durée de l'état indisponible qui est inférieure de 3 s à la durée effective de l'événement d'indisponibilité. Il est aussi à noter que les 10 dernières secondes appartiennent à l'état disponible et tout regroupement de mesures de la performance de réseau devra donc prendre en considération ces 10 s. Facultativement, un compte rendu d'anomalie peut par ailleurs être envoyé au système NMS avec l'horodate de sortie de l'état indisponible corrigée de manière appropriée, comme indiqué ci-dessus.
- 11) On revient alors au point de départ dans la région de l'état disponible.

7.5 Diagramme de traitement d'état à l'extrémité distante

La Figure 8 récapitule de nombreux points essentiels concernant l'algorithme de traitement d'état à l'extrémité distante pour un conduit LSP donné. Il est à noter que le traitement d'état de dérangement à l'extrémité distante et d'état indisponible reste le même pour les conduits LSP dotés de paquets CV ou FFD.



Y.1711_F08

Figure 8/Y.1711 – Algorithme de traitement d'état à l'extrémité distante de conduit LSP

NOTE – Le diagramme ci-dessus ne vise pas à imposer une certaine réalisation physique (il appartient au fabricant de mettre en œuvre le diagramme comme il l'entend), mais plutôt à indiquer le flux logique de traitement et les actions résultantes en des points essentiels. Par ailleurs, par souci de clarté, il est impossible de fournir tous les détails dans un tel diagramme, il est donc nécessaire de se reporter au texte associé.

- 1) On suppose que le point d'extrémité se trouve dans l'état disponible dans la case "Départ". On peut supposer théoriquement que toutes les temporisations (présentées plus loin) sont alors réinitialisées. Si un regroupement de mesures de la performance de réseau vers l'arrière est activé sur le conduit LSP de retour, ce regroupement se fait par le biais d'un flux de paquets OAM P distinct sur ce conduit.

- 2) La première case de décision est "Paquet OAM BDI?". Si la réponse est "non", cette situation sera à vérifier et l'état disponible perdure. Si la réponse est "oui", cela implique que le traitement à l'extrémité proche au niveau de l'autre extrémité du conduit LSP (sortant) est passé à l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin. Il est à noter que cela implique également que le dérangement existe déjà depuis 3 s à cette autre extrémité.
- 3) Le point d'extrémité passe alors à l'état de dérangement à l'extrémité distante puits de chemin et tout regroupement de mesures de la performance de réseau vers l'arrière est interdit. Les registres de performance du réseau devront être corrigés concernant les 3 s précédentes, pour lesquelles les mesures ne devraient pas être regroupées dans les registres à long terme d'état disponible.
- 4) La temporisation T3 est alors déclenchée et on arrive à la boucle comprenant les cases de décision " $T3 < 13$ s?" et "3 s sans BDI?". T3 sert à vérifier la durée de l'état de dérangement à l'extrémité distante puits de chemin. Si T3 n'atteint pas 13 s et qu'il existe une période de 3 s sans paquet BDI, on reprend tout regroupement de mesures de la performance. Il est à noter que les 6 dernières secondes doivent être prises en compte dans les registres de regroupement de mesures de la performance de réseau vers l'arrière. En effet, il faut 3 secondes au traitement à l'extrémité proche pour déclarer la fin du dérangement à l'autre extrémité du conduit LSP (sortant) et il faut 3 autres secondes pour déclarer la fin de l'état de dérangement à l'extrémité distante puits de chemin à cette extrémité du conduit LSP (de retour) et il convient de tenir compte de toute cette durée dans l'état disponible à cette extrémité pour garantir un regroupement correct des mesures de la performance de réseau. Il convient par ailleurs d'enregistrer un événement horodate de coupure brève dans les registres locaux conjointement avec les informations DL/DT relatives au dérangement, comme indiqué dans le paquet OAM BDI. Cet événement de coupure brève doit être horodaté comme se produisant 3 s avant la date à laquelle le premier paquet OAM BDI a été observé. Le point d'extrémité revient alors à la position de départ. Si toutefois T3 atteint 13 s, le point d'extrémité passe à l'état indisponible à l'extrémité distante. Il est à noter qu'il est impossible de passer à l'état indisponible sauf si l'état de dérangement à l'extrémité distante puits de chemin dure effectivement depuis au moins 13 s (ce qui signifie qu'à l'autre extrémité du conduit LSP (sortant), l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin de conduit LSP dure depuis au moins 10 s) pendant l'état disponible.
- 5) Facultativement, un compte rendu d'anomalie dans lequel figurent l'horodate de passage à l'état indisponible ainsi que les informations appropriées sur les codes DL/DT du paquet OAM BDI peut par ailleurs être envoyé au système NMS. Il est à noter que l'horodate figurant dans un tel rapport devrait correspondre à l'instant de passage à l'état indisponible moins 16 s (à savoir 3 s avant que ne soit observé le premier paquet OAM BDI pour cet événement) afin d'aligner le traitement à l'extrémité distante avec le traitement à l'extrémité proche, c'est-à-dire à l'autre extrémité. On arrête alors la temporisation T3 et on déclenche la temporisation T4, dont le but est d'enregistrer la durée de cet événement d'indisponibilité. Il est à noter que lorsque le point d'extrémité passe à l'état indisponible, il reste également dans l'état de dérangement à l'extrémité distante puits de chemin.
- 6) On arrive alors à une boucle permettant de détecter une période de 3 s sans paquet BDI, ce qui permet au point d'extrémité de sortir de l'état de dérangement à l'extrémité distante puits de chemin. Il est à noter que cette étape n'est pas strictement nécessaire et pourrait avoir été omise et que seule l'étape suivante, qui permet de détecter une période de 10 s consécutives sans paquet BDI, pourrait être montrée. Toutefois, les étapes sont présentées ainsi afin d'harmoniser "l'aspect" du traitement de l'état de dérangement du puits de chemin à l'extrémité proche et à l'extrémité distante.

- 7) Si le point d'extrémité observe 3 s sans paquet BDI, il sort de l'état de dérangement à l'extrémité distante puits de chemin et arrive à une boucle qui vérifie si le point d'extrémité a une période de 10 s consécutives sans paquet BDI. Si d'autres paquets OAM BDI apparaissent au cours de cette période, le point d'extrémité repasse à l'état de dérangement à l'extrémité distante puits de chemin et il faut reprendre le traitement à l'étape 6) ci-dessus. Si toutefois aucun autre paquet OAM BDI n'apparaît au cours de la période de 10 s, le point d'extrémité sort de l'état indisponible à l'extrémité distante.
- 8) On arrête la temporisation T4 et on enregistre la durée de l'événement d'indisponibilité. T4 conduit à l'enregistrement d'une durée qui est inférieure de 3 s à la durée effective de l'événement d'indisponibilité. Il convient d'enregistrer dans les registres locaux un événement horodaté de sortie de l'état indisponible, l'horodate correspondant à l'instant de cette sortie moins 13 s, conjointement avec la durée d'indisponibilité. Facultativement, ces informations peuvent en outre être envoyées au système NMS dans le cadre d'un compte rendu d'anomalie.
- 9) On peut alors reprendre tout regroupement de mesures de la performance de réseau vers l'arrière, compte tenu du fait que les 13 dernières secondes appartiennent à la durée de disponibilité et qu'il convient donc de corriger en conséquence les registres.

7.6 Diagramme de traitement d'état à l'extrémité proche et à l'extrémité distante dans le cas d'une coupure brève et dans le cas d'un événement d'indisponibilité

La Figure 9 suivante permet de clarifier les relations temporelles entre le traitement à l'extrémité proche et le traitement à l'extrémité distante donnés dans les diagrammes précédents dans le cas d'une coupure brève et dans le cas d'un événement d'indisponibilité.

8 Aspects liés à la sécurité

La présente Recommandation ne traite d'aucun aspect lié à la sécurité qui ne figure déjà soit dans l'architecture MPLS soit dans l'architecture de ses protocoles de couches clientes.

Les fonctions OAM sont susceptibles de renforcer la sécurité des réseaux MPLS. Par exemple, les fonctions de vérification de connectivité (CV) définies dans la présente Recommandation permettent de détecter des erreurs de connexion et ainsi d'empêcher que le trafic de certains clients soit soumis à d'autres clients.

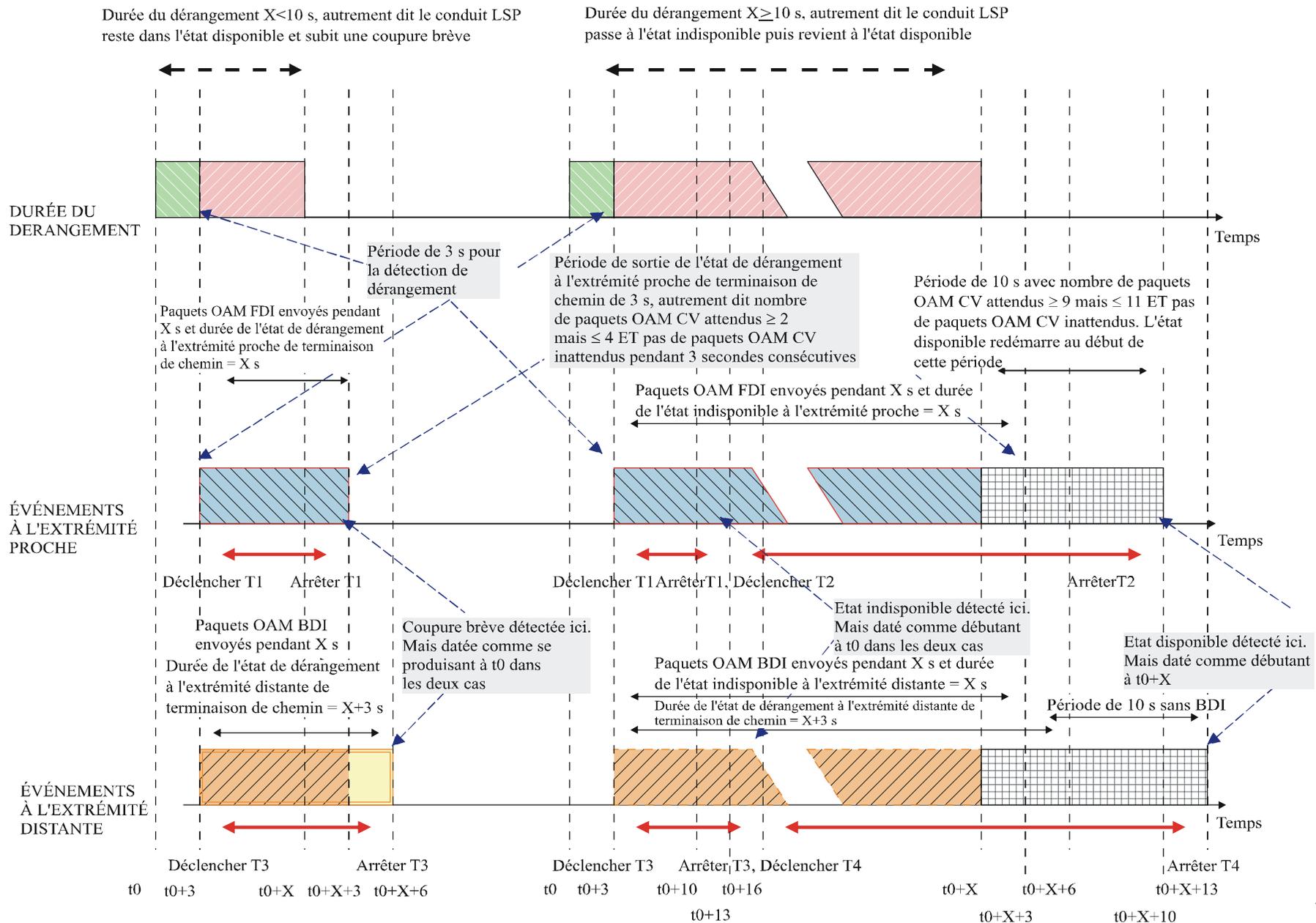


Figure 9/Y.1711 – Relations temporelles entre le traitement à l'extrémité proche et le traitement à l'extrémité distante dans le cas d'une coupure brève et dans le cas d'un événement d'indisponibilité

Appendice I

Génération de paquets CV par la source et traitement par le puits

La génération de paquets CV par la source et leur traitement par le puits devraient être considérés comme des fonctions indépendantes. Ce découplage de fonctions permet aux opérateurs d'utiliser différentes catégories de contrôle des conduits LSP en fonction du conduit LSP, par exemple les conduits LSP considérés comme "importants" et les conduits LSP considérés comme "moins importants" peuvent faire l'objet d'un contrôle différent.

La génération de paquets CV est une fonction relativement simple (car elle ne varie jamais), beaucoup plus simple que le traitement des paquets CV par le puits. La génération de paquets CV peut donc être activée sur la totalité (ou la plus grande partie) des conduits LSP, mais le traitement par le puits pourrait être décomposé en plusieurs "catégories" selon le conduit LSP comme suit:

- 1) pas de traitement des paquets CV. Par conséquent pas de traitement des dérangements, pas de mesures de disponibilité et pas de mesures de la performance de réseau;
- 2) un contrôle simple de l'arrivée des paquets CV sans examen de l'identificateur TTSI (même si on suppose que l'identificateur TTSI continue à être généré). Il ne permet pas d'assurer une vérification de connectivité totalement fiable car il ne permet pas de détecter certains dérangements, par exemple d-Mismerge/d-Mismatch;
- 3) un contrôle très simple de l'arrivée des paquets CV comportant un identificateur TTSI inattendu. Il pourrait être appliqué aux conduits LSP moins importants en tant que méthode simple de détection de fuite de trafic depuis des conduits LSP importants (vers des conduits LSP moins importants). Toutefois, il se pourrait qu'aucun autre traitement des dérangements ne soit appliqué (par exemple dLOCV) et qu'aucune mesure de disponibilité ne soit faite;
- 4) un traitement complet des dérangements mais pas de mesures de disponibilité. Il est à noter que si aucune mesure de disponibilité n'est faite, les mesures de la performance de réseau sont également strictement impossibles (étant donné qu'elles ne devraient être faites que quand les conduits LSP sont dans l'état disponible);
- 5) un traitement complet des dérangements et des mesures de disponibilité (qui permet alors de procéder également à des mesures de la performance de réseau).

Appendice II

Indexation de la machine à états de disponibilité de conduit LSP (ASM)

Selon la présente Recommandation, chaque conduit LSP nécessite une machine à états au niveau de ses routeurs LSR de terminaison (le routeur LSR d'entrée et le routeur LSR de sortie). Ces machines à états doivent être indexées sur la base des informations contenues dans les paquets OAM entrants. On peut utiliser l'une des deux méthodes suivantes au niveau des routeurs LSR de terminaison pour indexer la machine à états de disponibilité de conduit LSP (ASM):

- étiquette;
- TTSI.

Chacune de ces deux méthodes présente des avantages et des inconvénients.

Etiquette

L'étiquette d'utilisateur située au-dessus de l'étiquette OAM peut servir d'index pour la machine ASM. C'est l'index le plus simple qui puisse être utilisé et il présente l'avantage d'être relativement court (20 bits). Toutefois, si l'étiquette d'utilisateur est utilisée comme index, les cas multipoint à point, (mp2p) PHP, conduits de retour hors bande et conduits LSP de retour partagés ne peuvent pas être pris en charge. En effet, dans le cas multipoint à point, l'association de conduits LSP sera considérée comme un dérangement d'Excess; dans le cas PHP, l'étiquette d'utilisateur n'existe pas lorsque le paquet arrive au routeur LSR de sortie; dans le cas d'un conduit de retour hors bande, il n'y a pas d'étiquette d'utilisateur et dans le cas d'un conduit LSP de retour partagé, l'étiquette d'utilisateur du conduit de retour ne permet pas d'identifier de manière univoque les conduits LSP aller. Par ailleurs, certains types de dérangement liés à une erreur d'association tels que la fuite depuis un conduit LSP vers un autre conduit LSP qui aboutit sur la même interface ne peuvent pas être détectés.

TTSI

L'identificateur TTSI inclus dans le paquet OAM peut servir d'index pour la machine ASM. Cette méthode d'indexation n'est pas aussi simple que la précédente, mais elle présente l'avantage de prendre en charge les cas multipoint à point, PHP, conduits de retour hors bande et conduits LSP de retour partagés. En effet, dans le cas multipoint à point, chaque conduit LSP aura son propre identificateur TTSI et un conduit LSP multipoint à point (mp2p) est de fait traité comme autant de conduits LSP point à point du point de vue OAM MPLS; dans le cas PHP, l'identificateur TTSI n'est pas retiré à l'avant-dernier nœud; dans le cas d'un conduit de retour hors bande, l'identificateur TTSI continue à être présent dans le paquet OAM et dans le cas d'un conduit LSP de retour partagé, l'identificateur TTSI permet d'identifier de manière univoque le conduit LSP auquel le paquet OAM appartient. Toutefois, l'identificateur TTSI ayant une longueur de 20 octets, il doit faire l'objet d'une compression/d'un hachage avant de pouvoir être utilisé comme index.

Lorsqu'une hiérarchie de conduits LSP PHP aboutit dans un routeur LSR commun (plusieurs étiquettes ont été supprimées de la pile en amont du routeur LSR de terminaison), une ambiguïté supplémentaire apparaît dans le sens où la source de la messagerie OAM se perd lors de l'aboutissement simultané des différentes couches. Cela ne concerne pas le traitement CV si l'identificateur TTSI est utilisé comme mécanisme d'association d'états; toutefois, les unités PDU FDI doivent être purement et simplement ignorées.

NOTE – Lorsqu'on utilise des adresses IPv4, la longueur de l'identificateur TTSI est en fait de 8 octets.

Le choix entre ces deux index dépend du type de conduit LSP, de la puissance de traitement, de l'utilisation ou non de PHP et du type de conduit inverse. Pour des conduits LSP point à point à routage explicite, sans PHP, l'indexation en fonction de l'étiquette peut suffire. Toutefois, dans le cas de conduits LSP multipoint à point (avec ou sans PHP), ou de conduits LSP point à point avec PHP, l'indexation en fonction de l'identificateur TTSI est plus appropriée.

Appendice III

Différents scénarios de dérangement possibles en cas d'utilisation de paquets OAM FFD

Des paquets OAM FFD seront affectés à certains conduits LSP pour lesquels on souhaite procéder à une détection rapide des défaillances. Il est à noter que la fréquence d'insertion des paquets OAM FFD sera plus élevée (plus rapide) que celle des paquets OAM CV (l'incidence de fréquences plus lentes sur le critère de sortie des dérangements fera l'objet d'un complément d'étude). Cela signifie que si x est l'intervalle d'insertion pour les paquets OAM FFD, alors x est inférieur à 1 s. A noter que 1 s est l'intervalle d'insertion pour les paquets OAM CV. A noter également que la fréquence d'insertion (ou l'intervalle d'insertion) sur tous les conduits LSP exigeant une détection rapide des défaillances dans le réseau est la même.

A partir de ces hypothèses, les différents scénarios de défaillance possibles sont les suivants:

i) **La connectivité d'un conduit LSP doté de paquets OAM FFD est rompue**

Dans ce cas, aucun paquet OAM FFD n'est acheminé pendant une période de $3x$, où x est l'intervalle d'insertion pour des paquets OAM FFD. Cela entraînera un état de défaillance du signal et le conduit LSP passera à l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin en déclarant le dérangement dLOCV.

ii) **Un conduit LSP doté de paquets OAM FFD (par exemple, le conduit LSP-1) est mal configuré avec un autre conduit LSP (par exemple, le conduit LSP-2)**

Deux cas se présentent ici:

- 1) le conduit LSP-2 est également configuré avec des paquets OAM FFD;
- 2) le conduit LSP-2 n'est pas configuré avec des paquets OAM FFD.

Dans le premier cas, des paquets OAM FFD comportant un identificateur TTSI correct ne seront pas acheminés aux conduits LSP-1 et LSP-2 dans leurs intervalles respectifs de $3x$. Toutefois, au moins un paquet OAM FFD provenant de l'autre conduit LSP comportant un identificateur TTSI incorrect leur sera acheminé dans leurs intervalles respectifs de $3x$. Il en résultera un dérangement dTTSI_Mismatch sur chaque conduit LSP. Chaque conduit LSP passera à l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin en déclarant le dérangement dTTSI_Mismatch.

Dans le second cas, aucun des paquets OAM FFD du conduit LSP-1 ne sera acheminé à ce dernier dans un intervalle de $3x$. Toutefois, dans le même intervalle, des paquets OAM CV provenant du conduit LSP-2 peuvent ou pas lui être acheminés. Par conséquent, le conduit LSP-1 déclarera soit un dérangement dLOCV (s'il n'a reçu aucun paquet OAM CV du conduit LSP-2 dans l'intervalle de $3x$) ou dTTSI_Mismatch (s'il a reçu un paquet OAM CV du conduit LSP-2 dans le même intervalle). Par conséquent, le conduit LSP-1 passera à l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin en déclarant soit le dérangement dLOCV soit le dérangement dTTSI_Mismatch.

Dans le second cas, aucun des paquets OAM CV du conduit LSP-2 ne sera acheminé à ce dernier dans un intervalle de 3 secondes tant que le dérangement persiste. Toutefois, au moins un paquet OAM FFD comportant un identificateur TTSI incorrect lui sera acheminé. Par conséquent, le conduit LSP-2 passera à l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin en déclarant un dérangement dTTSI_Mismatch.

iii) Un conduit LSP doté de paquets OAM FFD (par exemple, le conduit LSP-1) est mal branché à un autre conduit LSP-2

Dans le cas le plus simple de branchement incorrect, les paquets OAM FFD provenant du conduit LSP-1 sont transférés au conduit LSP-2 (sans aucune duplication involontaire). Aucun paquet OAM FFD ne sera donc acheminé au conduit LSP-1 dans un intervalle de $3x$. Il en résultera une défaillance du signal et le conduit LSP-1 passera à l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin en déclarant le dérangement dLOCV. Il convient de noter qu'il peut arriver que le conduit LSP-1 reçoive ses propres paquets (ce qui n'entraîne donc aucun dérangement), mais que le conduit LSP-2 reçoive des paquets provenant du conduit LSP-1 en raison d'une duplication involontaire dans le réseau.

En ce qui concerne le conduit LSP-2, deux cas peuvent se présenter:

- 1) il est également configuré avec des paquets OAM FFD;
- 2) il n'est pas configuré avec des paquets OAM FFD.

Dans le premier cas, des paquets OAM FFD comportant un identificateur TTSI correct ou incorrect lui sont acheminés dans un intervalle de temps de $3x$. Le conduit LSP-2 détectera alors un branchement incorrect et passera à l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin en déclarant le dérangement dTTSI_Mismerge.

Dans le second cas, des paquets OAM CV comportant un identificateur TTSI correct ainsi que des paquets OAM FFD comportant un identificateur TTSI incorrect seront acheminés au conduit LSP-2 dans un intervalle de temps de 3 secondes. Le conduit LSP-2 détectera alors également un branchement incorrect et passera à l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin en déclarant le dérangement dTTSI_Mismerge.

iv) Un conduit LSP ne possédant pas la fonction de détection rapide de défaillance (par exemple, le conduit LSP-2) est mal branché à un conduit LSP doté de paquets OAM-FFD (par exemple, le conduit LSP-1)

Outre ses propres paquets OAM FFD, un paquet OAM CV provenant du conduit LSP-2 sera acheminé au conduit LSP-1. (Il est à noter que le paquet OAM CV sera bien acheminé mais peut-être pas dans l'intervalle de temps de $3x$ secondes après que le branchement incorrect se soit produit.) Le conduit LSP-1 détectera alors le branchement incorrect et passera à l'état de dérangement à l'extrémité proche puits de chemin en déclarant le dérangement dTTSI_mismerge.

BIBLIOGRAPHIE

ALLAN *et al*: Framework for MPLS user-plane OAM, *draft-allan-mpls-oam-frwk-02.txt*, April 2002.

NADEAU THOMAS *et al*: OAM Requirements for MPLS Networks, *draft-ietf-mpls-oam-requirements-01.txt*, June 2003.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

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