



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

E.360.7

(05/2002)

SÉRIE E: EXPLOITATION GÉNÉRALE DU RÉSEAU,
SERVICE TÉLÉPHONIQUE, EXPLOITATION DES
SERVICES ET FACTEURS HUMAINS

Plan d'acheminement international

**Routage en fonction de la qualité de service et
méthodes associées d'ingénierie du trafic –
Prescriptions opérationnelles d'ingénierie du
trafic**

Recommandation UIT-T E.360.7

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE E
**EXPLOITATION GÉNÉRALE DU RÉSEAU, SERVICE TÉLÉPHONIQUE, EXPLOITATION DES
SERVICES ET FACTEURS HUMAINS**

EXPLOITATION DES RELATIONS INTERNATIONALES	
Définitions	E.100–E.103
Dispositions de caractère général concernant les Administrations	E.104–E.119
Dispositions de caractère général concernant les usagers	E.120–E.139
Exploitation des relations téléphoniques internationales	E.140–E.159
Plan de numérotage du service téléphonique international	E.160–E.169
Plan d'acheminement international	E.170–E.179
Tonalités utilisées dans les systèmes nationaux de signalisation	E.180–E.189
Plan de numérotage du service téléphonique international	E.190–E.199
Service mobile maritime et service mobile terrestre public	E.200–E.229
DISPOSITIONS OPÉRATIONNELLES RELATIVES À LA TAXATION ET À LA COMPTABILITÉ DANS LE SERVICE TÉLÉPHONIQUE INTERNATIONAL	
Taxation dans les relations téléphoniques internationales	E.230–E.249
Mesure et enregistrement des durées de conversation aux fins de la comptabilité	E.260–E.269
UTILISATION DU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE INTERNATIONAL POUR LES APPLICATIONS NON TÉLÉPHONIQUES	
Généralités	E.300–E.319
Phototélégraphie	E.320–E.329
DISPOSITIONS DU RNIS CONCERNANT LES USAGERS	
PLAN D'ACHEMINEMENT INTERNATIONAL	E.350–E.399
GESTION DE RÉSEAU	
Statistiques relatives au service international	E.400–E.409
Gestion du réseau international	E.410–E.419
Contrôle de la qualité du service téléphonique international	E.420–E.489
INGÉNIERIE DU TRAFIC	
Mesure et enregistrement du trafic	E.490–E.505
Prévision du trafic	E.506–E.509
Détermination du nombre de circuits en exploitation manuelle	E.510–E.519
Détermination du nombre de circuits en exploitation automatique et semi-automatique	E.520–E.539
Niveau de service	E.540–E.599
Définitions	E.600–E.649
Ingénierie du trafic des réseaux à protocole Internet	E.650–E.699
Ingénierie du trafic RNIS	E.700–E.749
Ingénierie du trafic des réseaux mobiles	E.750–E.799
QUALITÉ DE SERVICE: CONCEPTS, MODÈLES, OBJECTIFS, PLANIFICATION DE LA SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT	
Termes et définitions relatifs à la qualité des services de télécommunication	E.800–E.809
Modèles pour les services de télécommunication	E.810–E.844
Objectifs et concepts de qualité des services de télécommunication	E.845–E.859
Utilisation des objectifs de qualité de service pour la planification des réseaux de télécommunication	E.860–E.879
Collecte et évaluation de données d'exploitation sur la qualité des équipements, des réseaux et des services	E.880–E.899

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

Recommandation UIT-T E.360.7

Routage en fonction de la qualité de service et méthodes associées d'ingénierie du trafic – Prescriptions opérationnelles d'ingénierie du trafic

Résumé

Les Recommandations de la série E.360.x décrivent, analysent et recommandent des méthodes qui permettent de commander la réponse d'un réseau à des demandes de trafic et à d'autres stimuli (défaillances de liaison ou de nœud, etc.). Les fonctions examinées et les recommandations formulées concernant l'ingénierie du trafic (TE, *traffic engineering*) concordent avec la définition donnée dans le document cadre du groupe TEWG (*traffic engineering working group*) du Groupe de travail d'ingénierie Internet (IETF, *Internet engineering task force*):

L'ingénierie du trafic Internet a pour objet de chercher à optimiser la performance des réseaux opérationnels. Elle englobe la mesure, la modélisation, la caractérisation et le contrôle du trafic Internet ainsi que l'application de techniques permettant d'atteindre certains objectifs de performance, notamment en termes de fiabilité et de rapidité de circulation du trafic dans le réseau, d'efficacité d'utilisation des ressources du réseau et de planification de la capacité du réseau.

Les méthodes examinées dans la série E.360.x se rapportent au routage d'appel et de connexion, à la gestion des ressources en fonction de la qualité de service, à la gestion des tables de routage, au routage de transport dynamique, à la gestion de la capacité et aux exigences opérationnelles. Certaines de ces méthodes sont également examinées ou sont étroitement liées à celles proposées dans les Recommandations UIT-T E.170 à E.179 et E.350 à E.353 pour le routage, E.410 à E.419 pour la gestion de réseau et E.490 à E.780 pour d'autres aspects de l'ingénierie du trafic.

Les méthodes recommandées sont censées s'appliquer aux réseaux IP, ATM et TDM, ainsi qu'à l'interfonctionnement de ces types de réseau. Presque toutes les méthodes recommandées sont déjà largement appliquées dans des réseaux opérationnels dans le monde entier, en particulier dans des RTPC employant la technologie TDM. Il s'avère toutefois qu'elles peuvent être étendues aux réseaux utilisant des technologies de transmission par paquets – à savoir IP et ATM – et, pour les réseaux qui évoluent vers ces technologies, il est important de disposer de bases solides relatives aux méthodes applicables. Les méthodes recommandées dans cette série de Recommandations sont donc destinées à servir de base à des méthodes requises spécifiques et, en fonction des besoins, à l'élaboration de protocoles de mise en œuvre des méthodes dans des réseaux IP, ATM et TDM.

La présente Recommandation porte notamment sur des méthodes de gestion du trafic par le biais du contrôle des fonctions de routage, qui comprennent la gestion des ressources en fonction de la qualité de service. Elle expose les résultats de modèles d'analyse, illustrant les compromis entre diverses approches. Sur la base de ces résultats et compte tenu des pratiques établies et de l'expérience acquise, elle préconise des méthodes à prendre en considération dans les réseaux évoluant vers les technologies IP, ATM et/ou TDM.

Source

La Recommandation E.360.7 de l'UIT-T, élaborée par la Commission d'études 2 (2001-2004) de l'UIT-T, a été approuvée le 16 mai 2002 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

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.

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 2003

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.

TABLES DES MATIÈRES

		Page
1	Domaine d'application	1
2	Références.....	2
3	Définitions	2
4	Abréviations.....	2
5	Gestion du trafic	2
	5.1 Contrôle en temps réel de la performance.....	2
	5.2 Commande du réseau	4
	5.3 Fonctions des centres opérationnels	6
	5.3.1 Commandes automatiques.....	6
	5.3.2 Commandes de blocage de code.....	6
	5.3.3 Commandes de reroutage	6
	5.3.4 Commandes liées aux jours de pointe	7
	5.4 Gestion du trafic pendant les jours de pointe	7
	5.5 Relations avec d'autres centres opérationnels.....	7
6	Gestion de la capacité – Prévisions	7
	6.1 Prévisions des charges	8
	6.1.1 Fonctions de la base de données de configuration	8
	6.1.2 Fonctions permettant d'obtenir des charges agrégées, de base et projetées ...	9
	6.1.3 Cycle d'ajustement de charge et cycle d'ajustement commercial	9
	6.2 Conception de réseau.....	9
	6.3 Fonctions des centres opérationnels	10
	6.4 Relations avec d'autres centres opérationnels.....	10
7	Gestion de la capacité – Contrôle de la performance sur un jour et sur une semaine ..	10
	7.1 Fonctions d'analyse de l'encombrement sur un jour	11
	7.2 Fonctions d'analyse de l'encombrement sur une semaine	11
	7.3 Fonctions d'analyse de l'encombrement sur une période d'études.....	11
8	Gestion de la capacité – Ajustement à court terme du réseau	11
	8.1 Fonctions de conception de réseau	11
	8.2 Fonctions des centres opérationnels	12
	8.3 Relations avec d'autres centres opérationnels.....	12
9	Comparaison entre méthodes hors ligne (TDR) et méthodes en ligne (SDR/EDR).....	13
10	Conclusions/recommandations	13

Introduction

Comme il a été décrit dans les Recommandations de la série E.360.x, la Figure 1/E.360.1 illustre un modèle de routage, de gestion et de conception de réseau. Le cadre central représente le réseau, qui peut avoir diverses configurations, et les tables de routage de trafic et de transport qui y sont utilisées. Celles-ci décrivent les possibilités de routage entre un nœud d'origine et un nœud de destination, pour une demande de connexion relative à un service particulier. Les tables de routage hiérarchiques, non hiérarchiques, fixes et dynamiques ont toutes été examinées dans cette série de Recommandations. Elles sont utilisées pour une multitude de services dans le réseau de télécommunications, tel que le réseau fondé sur le mode MPLS illustré dans la présente Recommandation.

Les fonctions d'ingénierie du trafic comprennent la gestion du trafic, la gestion de la capacité et la planification du réseau. La Figure 1/E.360.1 représente ces fonctions comme étant des boucles de rétroaction interagissantes autour du réseau. Le réseau reçoit en entrée une charge de trafic avec bruit, constituée de composantes prévisibles correspondant à la demande moyenne auxquelles s'ajoutent une erreur de prévision inconnue et d'autres composantes de variation de charge. Le rôle de ces commandes de rétroaction est de permettre une régulation du service assuré par le réseau par le biais de commandes de gestion du trafic, d'ajustements de la capacité et d'ajustements du routage. La gestion du trafic permet le contrôle de la qualité de fonctionnement du réseau, par la collecte et l'affichage de données en temps réel relatives au trafic et à la performance, et l'insertion de commandes de gestion du trafic, telles que des commandes de blocage de codes, d'espacement de demandes de connexion ou de reroutage, lorsque les conditions le justifient. La gestion de la capacité comprend la prévision de la capacité, le contrôle de la qualité de fonctionnement sur un jour et sur une semaine et l'ajustement à court terme du réseau. La prévision détermine l'extension de la capacité de réseau sur une période de plusieurs années, sur la base de prévisions relatives au réseau. Le contrôle de la performance sur un jour et sur une semaine permet de détecter tout problème de service dans le réseau. Pour régler ce type de problème, on peut procéder, dans le cadre de l'ajustement de réseau à court terme, à la mise à jour des tables de routage et, si nécessaire, à l'ajout de capacité à court terme. Les tables de routage mises à jour sont envoyées aux systèmes de commutation soit directement, soit par le biais d'un système automatisé de mise à jour du routage. Mis à part les ajouts de capacité à court terme, la plupart des modifications de capacité sont normalement prévues, planifiées, programmées et gérées sur une période allant de plusieurs mois à plusieurs années. La conception du réseau, qui fait partie de la gestion de la capacité, englobe la conception du routage et la conception de la capacité. La planification du réseau, qui inclut la planification à long terme des nœuds et du réseau de transport, permet de planifier et d'implémenter, sur une période allant de plusieurs mois à plusieurs années, une nouvelle capacité en termes de nœuds et de transport.

Les paragraphes 6.2 à 6.5 traitent en particulier des étapes de la gestion du trafic en ce qui concerne le réseau fondé sur le mode MPLS/TE (paragraphe 6.2), de la prévision de capacité du réseau fondé sur le mode MPLS/TE (paragraphe 6.3), du contrôle de la performance sur un jour et sur une semaine (paragraphe 6.4) et de l'ajustement à court terme du réseau fondé sur le mode MPLS/TE (paragraphe 6.5). Les étapes de ces trois opérations sont illustrées par des exemples.

Le contrôle des données de trafic et de performance est important pour la gestion du trafic, la prévision de la capacité, le contrôle de la performance sur un jour et sur une semaine et l'ajustement à court terme du réseau. Cette question est particulièrement importante dans les réseaux IP [FGLRR99], où les données de trafic et de performance font quelque peu défaut, par opposition aux réseaux TDM, où des données de ce type ont été créées conformément à une norme sophistiquée sur une durée déterminée [A98]. La présente Recommandation vise à examiner le type et la fréquence des données de trafic et de qualité de fonctionnement, qui sont nécessaires pour prendre en charge chaque fonction.

On se reportera aux Recommandations UIT-T E.490 à E.504 pour les principes généraux et les spécifications des mesures de trafic et du contrôle de la qualité d'écoulement du trafic (GOS); E.505 et E.743 pour les mesures relatives aux réseaux utilisant le système de signalisation n° 7; E.745 pour les mesures relatives aux réseaux ATM et E.506 à E.508 pour les méthodes de prévision.

Recommandation UIT-T E.360.7

Routage en fonction de la qualité de service et méthodes associées d'ingénierie du trafic – Prescriptions opérationnelles d'ingénierie du trafic

1 Domaine d'application

Les Recommandations de la série E.360.x décrivent, analysent et recommandent des méthodes qui permettent de commander la réponse d'un réseau à des demandes de trafic et à d'autres stimuli (défaillances de liaison ou de nœud, etc.). Les fonctions examinées et les recommandations formulées concernant l'ingénierie du trafic (TE, *traffic engineering*) concordent avec la définition donnée dans le document cadre du groupe TEWG (*traffic engineering working group*) du Groupe de travail d'ingénierie Internet (IETF, *Internet engineering task force*):

L'ingénierie du trafic Internet a pour objet de chercher à optimiser la performance des réseaux opérationnels. Elle englobe la mesure, la modélisation, la caractérisation et le contrôle du trafic Internet ainsi que l'application de techniques permettant d'atteindre certains objectifs de performance, notamment en termes de fiabilité et de rapidité de circulation du trafic dans le réseau, d'efficacité d'utilisation des ressources du réseau et de planification de la capacité du réseau.

Les méthodes examinées dans la série E.360.x se rapportent au routage d'appel et de connexion, à la gestion des ressources en fonction de la qualité de service, à la gestion des tables de routage, au routage de transport dynamique, à la gestion de la capacité et aux exigences opérationnelles. Certaines de ces méthodes sont également examinées ou sont étroitement liées à celles proposées dans les Recommandations UIT-T E.170 à E.179 et E.350 à E.353 pour le routage, E.410 à E.419 pour la gestion de réseau et E.490 à E.780 pour d'autres aspects de l'ingénierie du trafic.

Les méthodes recommandées sont censées s'appliquer aux réseaux IP, ATM et TDM, ainsi qu'à l'interfonctionnement de ces types de réseau. Presque toutes les méthodes recommandées sont déjà largement appliquées dans des réseaux opérationnels dans le monde entier, en particulier dans des RTPC employant la technologie TDM. Il s'avère toutefois qu'elles peuvent être étendues aux réseaux utilisant des technologies de transmission par paquets – à savoir IP et ATM – et, pour les réseaux qui évoluent vers ces technologies, il est important de disposer de bases solides relatives aux méthodes applicables. Les méthodes recommandées dans cette série de Recommandations sont donc destinées à servir de base à des méthodes requises spécifiques et, en fonction des besoins, à l'élaboration de protocoles de mise en œuvre des méthodes dans des réseaux IP, ATM et TDM.

Ainsi, les méthodes dont il est question dans cette série de Recommandations portent sur:

- la gestion du trafic par le biais du contrôle des fonctions de routage, qui comprennent le routage d'appel (conversion de numéro ou de nom en adresse de routage), le routage de connexion, la gestion des ressources en fonction de la qualité de service, la gestion des tables de routage et le routage de transport dynamique;
- la gestion de capacité par le biais du contrôle de la conception du réseau, y compris la conception du routage;
- les exigences opérationnelles relatives à la gestion du trafic et à la gestion de la capacité, y compris la prévision, la surveillance de la performance et l'ajustement des réseaux à court terme.

La présente Recommandation expose les résultats de modèles d'analyse, illustrant les compromis entre diverses approches. Sur la base de ces résultats et compte tenu des pratiques établies et de l'expérience acquise, elle préconise des méthodes à prendre en considération dans les réseaux évoluant vers les technologies IP, ATM et/ou TDM.

2 Références

Se reporter au § 2/E.360.1.

3 Définitions

Se reporter au § 3/E.360.1.

4 Abréviations

Se reporter au § 4/E.360.1.

5 Gestion du trafic

Le présent paragraphe traite principalement de la surveillance et du contrôle du réseau fondé sur le mode MPLS, et des relations entre les gestionnaires du trafic et d'autres centres opérationnels chargés de l'exploitation de ce type de réseau. Les fonctions de gestion du trafic devraient être exécutées au niveau d'un centre opérationnel centralisé, et être prises en charge par des fonctions centralisées d'opérations de gestion du trafic (TMOF, *traffic management operations functions*), éventuellement intégrées à un processeur de courtier pour la largeur de bande centralisé (désigné ici sous le nom de TMOF-BBP, *bandwidth-broker processor*). Un diagramme fonctionnel du processeur TMOF-BBP est illustré à la Figure 1.

5.1 Contrôle en temps réel de la performance

Il convient de surveiller le réseau MPLS/TE en contrôlant les paires de nœuds présentant le nombre le plus élevé de débordements de largeur de bande/retards, de préférence à l'aide d'un écran graphique surveillé généralement en permanence. Cet écran devrait être utilisé en mode de mise à jour automatique, ce qui signifie que toutes les cinq minutes, le processeur TMOF-BBP met automatiquement à jour les anomalies indiquées sur la carte elle-même, et affiche les paires de nœuds présentant le nombre le plus élevé de débordements de largeur de bande/retards. Le processeur TMOF-BBP devrait aussi être relié à des écrans indiquant les paires de nœuds avec pourcentage élevé de débordements de largeur de bande/retards, compte tenu de certains seuils.

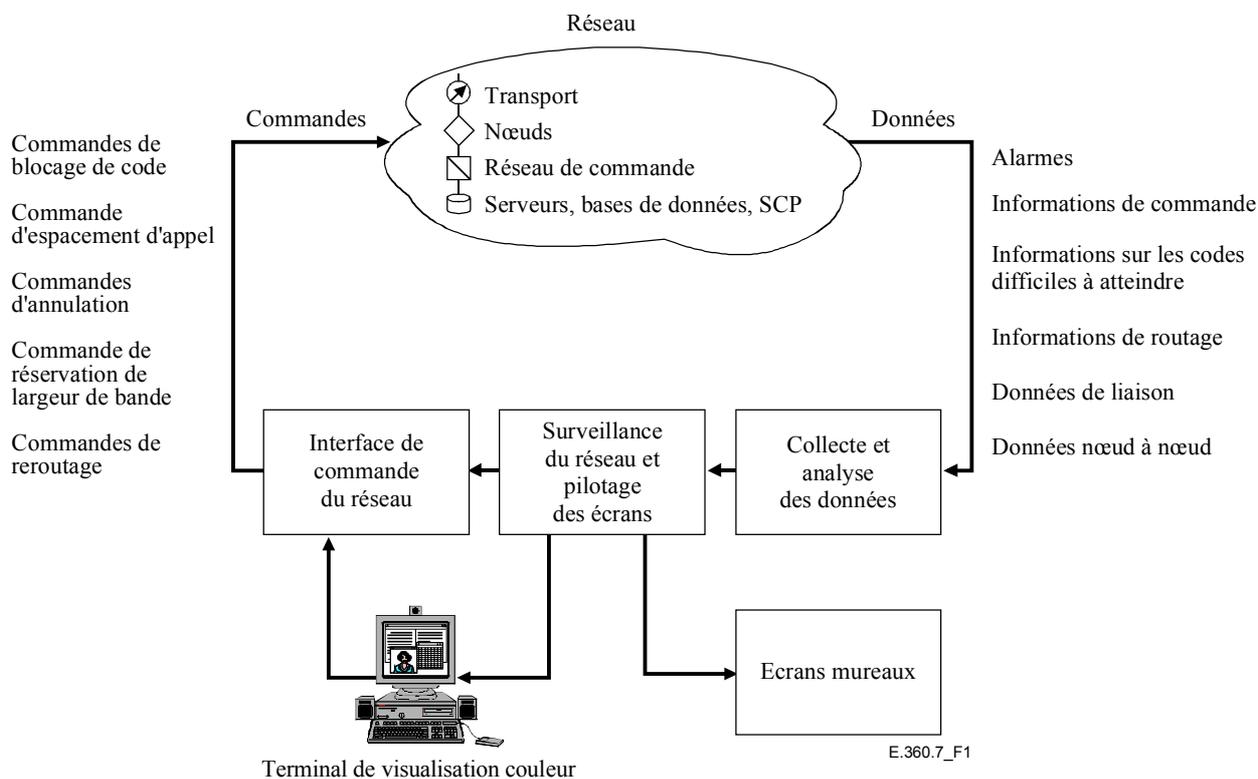


Figure 1/E.360.7 – Fonctions d'opérations de gestion du trafic intégrées au processeur de courtier pour la largeur de bande

Les gestionnaires du trafic souhaitent savoir avant tout quelles sont les demandes de connexion qui peuvent être reroutées et, par conséquent, où se situent les concentrations les plus fortes de tentatives bloquées de routage d'appel. Pour cela, le pourcentage des débordements/retards peut être trompeur. Du point de vue des recettes de service, entre un pourcentage de blocages/retards de 1% et un pourcentage de blocages/retards de 10% sur une paire de nœuds, on préférera le cas du pourcentage de blocages/retards de 1%, car davantage de demandes de connexion doivent être reroutées. Le processeur TMOF-BBP devrait en outre afficher toutes les anomalies au moyen de l'écran d'affichage automatique des dépassements de seuil, affichant toutes les cinq minutes l'ensemble des cas de dépassement du seuil courant – par exemple, un pourcentage de débordements de largeur de bande/retards de 1% ou une ou plusieurs demandes de connexion bloquées. Dans le dernier cas, l'écran indique le nombre total de demandes de connexion bloquées, et pas seulement les paires présentant le nombre le plus élevé de demandes bloquées.

En ce qui concerne le fonctionnement pendant les jours de pointe ou au cours d'une journée chargée (comme le lundi suivant Thanksgiving), les gestionnaires de trafic devraient alterner entre l'affichage automatique des dépassements de seuil et l'affichage des paires présentant le nombre le plus élevé de connexions bloquées. Ils peuvent employer le plus souvent l'affichage automatique des dépassements de seuil, au moyen duquel ils peuvent visualiser l'ensemble des cas de blocage. Lorsqu'ils souhaitent se focaliser sur la résolution d'un problème particulier, ils peuvent alors visualiser l'écran affichant les paires présentant le nombre le plus élevé de connexions bloquées, qui dispose en outre d'une fonction supplémentaire leur permettant de vérifier l'efficacité des commandes.

Grâce aux données de surveillance, le gestionnaire du trafic peut reconnaître certains schémas, par exemple, une surcharge ponctuelle au niveau d'une ville ou d'un nœud particulier, telle que celle occasionnée par la technique de l'inondation (voir les § 6.3, 6.4 et 6.5 pour plus de détails). En cas de surcharge ponctuelle, la plupart des nœuds connaissent généralement un pourcentage élevé de débordements de largeur de bande/retards à destination et en provenance du nœud subissant cette surcharge. Dans ces conditions, l'écran devrait indiquer le pourcentage de débordements de largeur de bande/retards pour toute paire de nœuds située dans le réseau MPLS/TE, pour laquelle le pourcentage de débordements de largeur de bande/retards de 1% est dépassé.

Grâce au processeur TMOF-BBP et à l'affichage des paires de nœuds présentant le nombre le plus élevé de débordements de largeur de bande/retards, les gestionnaires de trafic devraient également être en mesure de détecter les défaillances sur les nœuds. Les défaillances de transport devraient aussi être affichées, le mode d'affichage dépendant de la défaillance elle-même.

5.2 Commande du réseau

Le réseau MPLS/TE doit disposer de commandes automatiques au niveau des nœuds, ainsi que de commandes automatiques et manuelles pouvant être activées à partir du processeur TMOF-BBP. Les caractéristiques et les fonctions des commandes requises seront examinées, puis le travail des gestionnaires du trafic au moyen de ces commandes le sera. Deux commandes automatiques de gestion du trafic sont requises dans le réseau MPLS/TE à des fins de protection: la commande dynamique en cas de surcharge (DOC, *dynamic overload control*), qui se déclenche en cas d'encombrement d'un nœud, et la réservation de largeur de bande dynamique (DBR, *dynamic bandwidth reservation*), qui se déclenche en cas d'encombrement d'une liaison. La commande DOC équivaut à la réduction automatique de l'encombrement (ACC, *automatic congestion control*), définie dans la Rec. UIT-T E.412. Les commandes DOC et DBR doivent être employées de façon sélective, dans le sens où elles commandent le trafic destiné à des points difficiles à atteindre, d'une façon plus stricte que d'autres types de trafic.

Vu la complexité des réseaux MPLS/TE, l'on emploiera en priorité des commandes entièrement automatiques, fiables et robustes, qui ne dépendent pas d'une gestion manuelle. Les commandes DOC et DBR devraient se déclencher automatiquement à l'intérieur du logiciel des nœuds. Pour ce qui est de la commande DBR, le déclenchement automatique peut, par exemple, être associé à deux seuils de réservation de largeur de bande, représentés par la quantité de largeur de bande libre sur une liaison MPLS/TE. Il convient que ces seuils s'adaptent automatiquement à la longueur de la liaison.

Les commandes DOC et DBR ne dépendent pas exclusivement de la liaison mais aussi de la paire de nœuds à laquelle appartient une demande de connexion commandée. Une demande de connexion offerte à un nœud intermédiaire surchargé devrait soit être annulée au niveau du nœud d'origine, soit être avancée à un nœud intermédiaire de remplacement, en fonction de la destination de l'appel. Dans le cadre de la commande DBR, une distinction devrait être faite entre les demandes de connexion sur le chemin primaire (le plus court) de celles sur un chemin de remplacement.

Les commandes DOC et DBR devraient en outre faire appel à une méthode simplifiée permettant d'avoir une commande sélective pour les codes difficiles à atteindre. Dans le réseau MPLS/TE, les codes difficiles à atteindre peuvent être détectés par le nœud de destination, qui les transmet aux nœuds d'origine et aux nœuds intermédiaires. Puisque le nœud de destination est le seul point de sortie du réseau MPLS/TE, le nœud d'origine devrait considérer un code difficile à atteindre détecté par un nœud de destination comme étant difficile à atteindre sur toutes les liaisons MPLS/TE.

La commande DOC devrait normalement être activée en permanence sur toutes les liaisons. Quant à la commande DBR, elle devrait être automatiquement activée par un nœud d'origine sur toutes les liaisons, lorsque celui-ci détecte un encombrement général du réseau. La commande DBR est particulièrement importante dans le réseau MPLS/TE car elle minimise l'utilisation de connexions sur les chemins de remplacement les moins efficaces et maximise la capacité utile d'écoulement du

réseau pendant les surcharges. Le mécanisme d'activation automatique de la commande DBR garantit son activation normale sans intervention manuelle. Les commandes DOC et DBR devraient déterminer automatiquement si une demande de connexion commandée doit être soumise à une commande d'annulation ou de saut. Dans le mode annulation, les demandes de connexion concernées sont bloquées par le réseau, alors que dans le mode saut, elles passent outre la liaison commandée pour se diriger vers une liaison de remplacement. Les commandes DOC et DBR devraient être entièrement automatiques. Des fonctions comme l'activation automatique de commande DBR, le mécanisme automatique saut/annulation ou la différenciation, dans le cadre de la commande DBR, du trafic sur une ou deux liaisons permettent d'adapter ces commandes au réseau MPLS/TE et les rendent robustes et efficaces.

Les commandes de blocage de code permettent de bloquer des demandes de connexion correspondant à un code de destination particulier. Elles sont particulièrement utiles en cas de surcharges ponctuelles, notamment si les demandes de connexion sont bloquées au niveau ou à proximité de leur origine. Il n'est pas nécessaire qu'elles bloquent tous les appels, à moins que le nœud de destination soit entièrement désactivé en raison d'une catastrophe naturelle ou d'une défaillance d'équipement. Les nœuds équipés de commandes de blocage de code peuvent généralement commander un certain pourcentage de demandes de connexion correspondant à un code particulier. Le nom E.164 commandé (code de numéro composé) peut être, par exemple, NPA, NXX, NPA-NXX ou NPA-NXX-XXXX, lorsque, dans le dernier cas, un client particulier est la cible d'une surcharge ponctuelle.

Une commande d'espacement d'appels, illustrée à la Figure 2, est généralement utilisée par des gestionnaires de réseau, en cas de surcharges ponctuelles de demandes de connexions, comme cela arrive parfois au cours de concours promotionnels radiophoniques.

L'espacement d'appels permet à une demande de connexion correspondant à un code ou à un ensemble de codes commandés d'être acceptée dans le réseau, par chaque nœud, une fois toutes les x secondes, les demandes de connexion arrivant après la demande de connexion acceptée étant rejetées pendant les x secondes suivantes. Ainsi, l'espacement d'appels freine les demandes de connexion et empêche qu'une surcharge du réseau soit concentrée en un point particulier.

Une commande étendue est en outre exigée. Les commandes de reroutage devraient permettre de modifier des routes par l'insertion de chemins supplémentaires au début, au milieu ou à la fin d'une séquence de chemins. Ces reroutages devraient être insérés manuellement ou automatiquement au moyen du processeur TMOF-BBP. Lorsqu'un reroutage est actif sur une paire de nœuds, on devrait empêcher que la commande DBR passe en mode annulation sur cette paire de nœuds, même si le pourcentage de débordements/retards est suffisamment élevé sur cette paire de nœuds pour déclencher le mode annulation de la commande DBR. Ainsi, si un reroutage est activé, les demandes de connexion devraient pouvoir utiliser les chemins de reroutage et ne pas être prématurément bloquées par le mode annulation de la commande DBR.

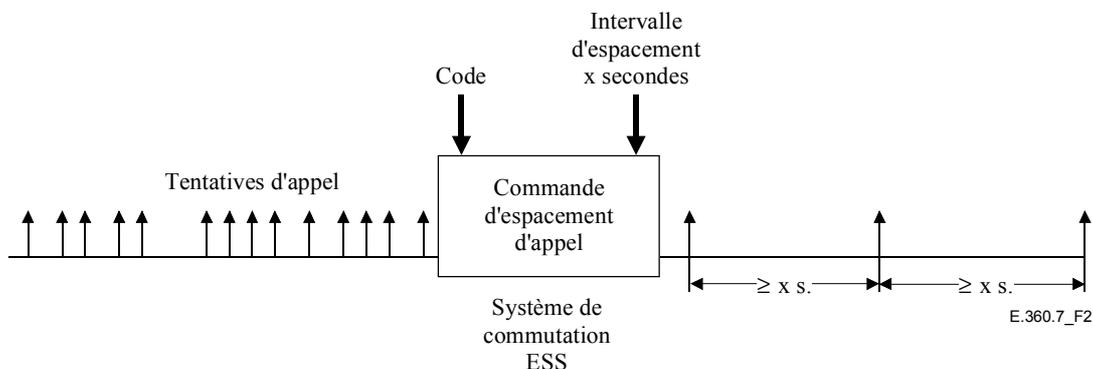


Figure 2/E.360.7 – Commande d'espacement d'appel

Dans le réseau MPLS/TE, on devrait utiliser un écran pour représenter graphiquement les commandes activées. Selon le système utilisé, une certaine forme ou une certaine couleur devrait indiquer aux gestionnaires du trafic la commande implémentée. Ceux-ci devraient pouvoir savoir si une commande particulière au niveau d'un nœud donné est la seule commande sur ce nœud. Différents symboles devraient être utilisés pour le nœud, en fonction des commandes activées.

5.3 Fonctions des centres opérationnels

Les fonctions des centres opérationnels sont examinées dans divers paragraphes de la présente Recommandation, compte tenu des meilleures pratiques actuelles. Le choix de l'implémentation est évidemment laissé à l'appréciation de l'exploitant du réseau.

5.3.1 Commandes automatiques

Comme indiqué plus haut, le réseau MPLS/TE exige des commandes automatiques. Si une certaine capacité est libre, les gestionnaires de trafic peuvent opter pour un reroutage. En cas de surcharge ponctuelle, les liaisons sont suffisamment occupées, et, la plupart du temps, on ne dispose pas de capacité réseau pour les reroutages. Dans ce cas, la commande DBR est généralement activée. Afin de sortir les demandes de connexion du nœud avec surcharge ponctuelle, les gestionnaires de trafic doivent parfois désactiver manuellement la commande DBR au niveau de ce nœud. On donnera alors la préférence aux demandes de connexion sortant de ce nœud. Ainsi, le niveau d'aboutissement des demandes de connexion sortant du nœud avec surcharge ponctuelle sera bien meilleur que le niveau d'aboutissement des demandes de connexion entrant dans ce nœud à partir d'autres nœuds. On utilisera donc la capacité de liaison de façon plus efficace.

Les gestionnaires de trafic devraient pouvoir activer ou désactiver manuellement la commande DBR et désactiver le mécanisme saut/annulation pour les commandes DBR et DOC. Ils devraient surveiller attentivement les commandes DOC car celles-ci indiquent un encombrement ou une défaillance au niveau d'un commutateur. Par conséquent, on devrait accorder une plus grande attention aux activations de commande DOC qu'aux activations de commande DBR, qui sont fréquemment déclenchées en cas de trafic normalement élevé.

5.3.2 Commandes de blocage de code

Les commandes de blocage de code sont utilisées pour annuler des demandes de connexion correspondant à des codes très difficiles à atteindre, lorsque ces demandes ne peuvent pas aboutir en un point du réseau ou en cas d'isolement d'une partie du réseau. Les gestionnaires de trafic devraient utiliser des commandes de blocage de code en cas de surcharge ponctuelle provoquée par exemple par un tremblement de terre pouvant entraîner une situation d'isolement. Le trafic normal destiné à des points difficiles à atteindre en raison d'une profusion d'appels sera bloqué par la commande DBR, comme il est décrit plus haut.

Les gestionnaires de trafic devraient utiliser des informations sur les codes difficiles à atteindre lorsqu'ils procèdent à l'analyse de problèmes. Par exemple, en cas de problème dans une zone particulière, les gestionnaires de trafic devraient d'abord examiner ces informations pour voir s'ils peuvent identifier un ou plusieurs codes difficiles à atteindre et si ces codes correspondent à un ou plusieurs points.

5.3.3 Commandes de reroutage

Les gestionnaires de trafic devraient parfois utiliser le reroutage manuel même si une fonction de reroutage automatique est disponible. Les reroutages s'appliquent généralement en cas de défaillances de transport ou de pointes de trafic, par exemple, pendant des journées plus chargées que d'habitude, lorsque la pointe du trafic est trop élevée pour que le réseau puisse normalement gérer la charge. Ce sont les deux principales raisons du reroutage. Les gestionnaires de trafic n'effectuent généralement pas de reroutage dans des zones sinistrées.

5.3.4 Commandes liées aux jours de pointe

Lors du routage pendant les jours de pointe dans le réseau MPLS/TE, on devrait d'abord utiliser le chemin primaire (le plus court) (CRLSP), puis les chemins disponibles restants comme chemins de remplacement, tous les chemins étant soumis aux commandes DBR. L'efficacité des chemins de remplacement supplémentaires et des fonctions de reroutage dépend en grande partie du jour de pointe. Plus le trafic de jour de pointe est élevé, moins les chemins de remplacement sont efficaces. Par exemple, au cours des jours de pointe où la charge de trafic est très élevée comme Noël ou la fête des mères, le réseau est rempli de connexions, principalement sur les chemins les plus courts. Pendant les jours de pointe où la charge de trafic est moins élevée comme Pâques ou la fête des pères, l'utilisation de chemins de remplacement et de fonctions de reroutage est plus efficace. Ceci vient du fait que les pointes, bien qu'elles soient élevées et présentent un schéma de trafic anormal, ne sont pas aussi élevées que le jour de Noël ou le jour de la fête des mères. Ces jours-là, une capacité supplémentaire est disponible pour faire aboutir des demandes de connexion sur les chemins de remplacement. Les chemins de reroutage sont particulièrement disponibles tôt le matin et tard le soir. Selon le jour de pointe, une accalmie se produit parfois dans le courant de l'après-midi, ce qui permet généralement au processeur TMOF-BBP de trouver des chemins de reroutage disponibles.

5.4 Gestion du trafic pendant les jours de pointe

Une méthode de routage pendant les jours de pointe fait généralement appel au chemin le plus court entre paires de nœuds, puis aux chemins de remplacement protégés par la commande DBR. Cette méthode est particulièrement efficace pendant les jours de pointe où la charge de trafic n'est pas trop élevée comme Thanksgiving, Pâques ou la fête des pères. Dans ce cas, le réseau n'est pas entièrement saturé et on utilise alors plus efficacement des chemins de remplacement. Toutefois, lorsque la période de pointe du réseau commence (une ou plusieurs heures de pointe), et qu'une charge de pointe affecte la majeure partie du réseau, on revient à la méthode de routage par le chemin le plus court du fait de la réservation de largeur de bande. En dehors de cette période de pointe, les chemins de remplacement permettent un aboutissement très efficace des appels.

5.5 Relations avec d'autres centres opérationnels

Les gestionnaires de trafic entretiennent des relations principalement avec les gestionnaires de capacité. Ils informent ces derniers des conditions du réseau qui affectent les données utilisées pour prendre des décisions concernant l'ajout de capacité (par exemple, des défaillances de transport ou de nœud susceptibles d'altérer les données de trafic). Un signal d'encombrement de nœud peut déclencher la commande DOC, qui annule tout le trafic destiné à un nœud donné tant que ce nœud est encombré. Toutes les demandes de connexion destinées au nœud défaillant sont considérées comme des demandes de connexion de débordement pendant la durée d'encombrement du nœud. Ceci peut se traduire par une annulation importante de trafic. Les gestionnaires de capacité informent les gestionnaires de trafic des nouvelles capacités de liaison requises, qu'ils essaient de mettre en place mais qui sont retardées. Les gestionnaires de trafic peuvent s'attendre alors à un encombrement se produisant quotidiennement ou plusieurs fois par semaine jusqu'à ce que l'on ajoute de la capacité. Ce type d'information est échangé toutes les semaines ou, éventuellement, tous les jours.

6 Gestion de la capacité – Prévisions

Le présent paragraphe est principalement consacré à la prévision des charges nœud à nœud MPLS/TE, au dimensionnement du réseau MPLS/TE, et aux relations entre les prévisionnistes de réseau et d'autres centres opérationnels chargés d'opérations dans le réseau MPLS/TE.

Les fonctions de prévision de réseau devraient être exécutées par un centre de gestion de la capacité, et prises en charge par des fonctions d'opérations de prévision de réseau, intégrées au processeur BBP (NFOF-BBP). Un diagramme fonctionnel du processeur NFOF-BBP est illustré à la Figure 3. Les deux paragraphes suivants décrivent les étapes associées à chaque bloc fonctionnel.

6.1 Prévisions des charges

6.1.1 Fonctions de la base de données de configuration

Comme l'illustre la Figure 3, la base de données de configuration est utilisée dans la fonction de prévision. Dans cette base de données, sont définis divers éléments particuliers du réseau comme les nœuds centraux, les nœuds d'accès, les points de présence de transport, les bâtiments, les trous d'homme ou les pylônes hertziens.

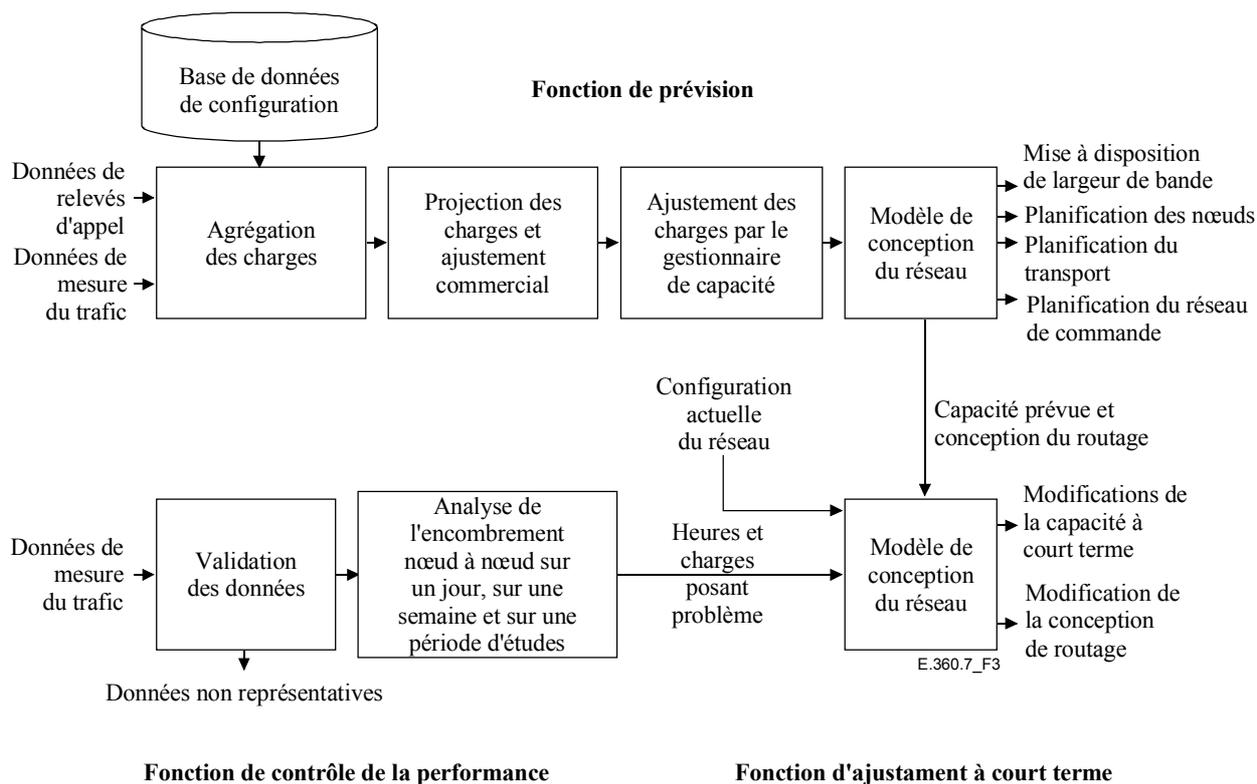


Figure 3/E.360.7 – Fonctions de gestion de la capacité intégrées au processeur du courtier pour la largeur de bande

Les prévisionnistes gèrent les données de configuration permettant de concevoir et de prévoir le réseau MPLS/TE. Parmi les données associées à chaque nœud central et d'accès figurent, par exemple, les fonctions de conversion de numéro/nom, le type d'équipement, le type de signalisation, la configuration de rattachement, les fonctions de routage international, les fonctions de routage de service de l'exploitant ou les fonctions de facturation/enregistrement. Lorsqu'un cycle de prévision est lancé, normalement tous les mois, la première étape consiste à extraire les informations pertinentes de la base de données de configuration, qui sont nécessaires pour exécuter les fonctions d'opérations de prévision de réseau (NFOF-BBP). L'une des informations correspond à la date de la prévision, date à laquelle les fichiers de configuration sont gelés, représentant la structure du réseau au moment où la prévision est effectuée.

6.1.2 Fonctions permettant d'obtenir des charges agrégées, de base et projetées

Le processeur NFOF-BBP devrait traiter les données d'une base de données centralisée rassemblant les enregistrements de toutes des demandes de connexion lancées sur le réseau, au cours de quatre périodes d'études par an, par exemple, en mars, mai, août et novembre, chaque période d'études durant 20 jours. On peut alors utiliser une méthode d'échantillonnage, par exemple, prendre un échantillon de 5 % des connexions enregistrées pendant 20 jours. Les prévisionnistes peuvent alors attribuer cet échantillon à un jour de travail moyen. Les informations de charge sont composées de messages et de charges de trafic par période d'études. Lors de l'étape d'agrégation de charge, le processeur NFOF-BBP peut appliquer des facteurs de temps de non-conversation, afin d'égaliser la charge de trafic obtenue à partir de la charge de trafic facturée à la charge de trafic réelle correspondant à la durée d'occupation.

L'étape suivante de la prévision de charge consiste à agréger toutes les charges nœud d'accès à nœud d'accès jusqu'au niveau des paires de nœuds centraux. On crée ainsi des ensembles de trafic nœud central à nœud central qui sont ensuite routés sur les différentes liaisons possibles. Le processeur NFOF-BBP devrait ensuite projeter dans le futur ces charges agrégées à l'aide de techniques de lissage, afin de comparer les données alors mesurées avec les données projetées préalablement, et d'établir une estimation optimale des charges de base et projetées. On obtient ainsi les charges projetées initialement, qui peuvent alors faire l'objet d'ajustements du prévisionniste et d'ajustements commerciaux/économétriques.

6.1.3 Cycle d'ajustement de charge et cycle d'ajustement commercial

Une fois que le processeur NFOF-BBP a lissé et projeté les données, le prévisionniste peut lancer un cycle d'ajustement de charge. Ce processus en ligne devrait permettre d'accéder au fichier de charge projetée correspondant à toutes les périodes de prévision, tous les ans, et d'appliquer à ces charges les seuils établis par le prévisionniste. Par exemple, si le prévisionniste souhaite prendre connaissance de toutes les charges projetées qui se sont écartées de plus de 15% de leur projection lors du dernier cycle de prévision, un module d'analyse de charge dans le processeur NFOF-BBP devrait rechercher toutes les paires de nœuds dont le prévisionniste est responsable, trier celles qui dépassent les seuils, et les afficher sur un écran. Le prévisionniste a ensuite la possibilité de modifier ou d'accepter les charges projetées.

Une fois que le cycle d'ajustement de charge est terminé et que le prévisionniste a ajusté les charges en tenant compte des données manquantes, erronées, actualisées ou d'événements planifiés particuliers entraînant une modification de charge, le prévisionniste devrait ensuite procéder aux ajustements commerciaux. Jusque-là, la projection des charges reposait sur des modèles de projection, des modifications de structure de réseau et des données de facturation pendant la période d'études de référence. L'ajustement commercial vise à ajuster les futures charges de réseau, afin de compenser les effets de la concurrence, des changements de taxe et des facteurs économétriques sur le taux de croissance. Ce processus d'ajustement économétrique vise à tenter d'englober ces facteurs dans un ajustement appliqué aux taux de croissance du trafic, ajustement qui devrait être réalisé pour chaque entreprise, résidence et catégorie de service, étant donné que les effets économétriques varient en fonction de la catégorie de service.

6.2 Conception de réseau

Une fois les charges de paires de nœuds MPLS/TE ajustées par le prévisionniste et ajustées dans le cadre de projections économétriques, la commande NFOF-BCC doit exécuter le modèle de conception de réseau sur la base de ces charges de trafic. Les charges nœud à nœud sont estimées pour chaque charge de trafic horaire de nœud central à nœud central, y compris la variation par minute et par jour et les paramètres de commande. Les liaisons entre nœud d'accès et nœud central devraient aussi être dimensionnées lors de cette étape.

Une liste de toutes les paires de nœuds MPLS/TE devrait ensuite être envoyée à la base de données de planification de transport, de laquelle sont extraites les informations de transport relatives au réseau de transport, entre les paires de nœuds de cette liste. Une fois que les informations ont été traitées dans le modèle de conception, le processeur NFOF-BBP devrait imprimer le rapport de prévision MPLS/TE. Une fois que le modèle de conception a été exécuté pour un cycle de prévision, le fichier de prévision ainsi que les informations de routage devraient être envoyés en aval aux systèmes de configuration, aux systèmes de planification et au système de gestion de capacité. Le gestionnaire de capacité se charge alors d'implémenter le routage et la capacité de liaison exigés dans le cadre des prévisions.

6.3 Fonctions des centres opérationnels

Les tâches de gestion de capacité et de prévision devraient être centralisées. Le travail devrait être réparti géographiquement, de manière que le prévisionniste et le gestionnaire de capacité d'une région donnée puissent travailler avec des centres opérationnels spécifiques de cette région. Ces centres opérationnels comprennent les fonctions de planification et d'implémentation des nœuds et du transport. Ils devraient être reliés principalement au système responsable de l'établissement des commandes visant à augmenter la capacité des liaisons, mais aussi à la fonction de routage traitant les informations de routage provenant du processeur NFOF-BBP.

Celui-ci devrait présenter un niveau élevé d'automatisation, de manière que ces responsables puissent consacrer leur temps à des activités davantage axées sur la production. La centralisation des tâches de prévision et de gestion de la capacité permet de gagner en efficacité grâce à une réduction de la fragmentation et d'éviter la répartition redondante de ces tâches parmi les différents groupes régionaux. L'automatisation, quant à elle, permet de se consacrer à la résolution des problèmes ou à l'analyse des données non conformes, plutôt qu'à des vérifications de tous ordres.

Les tâches de prévision et de gestion de la capacité nécessitent que les responsables puissent comprendre et traiter un réseau très complexe, la complexité du réseau évoluant au fur et à mesure que de nouvelles techniques et de nouveaux services sont mis en œuvre. D'autres tâches peuvent être centralisées efficacement, par exemple, les tâches de planification des nœuds, de planification du transport, de commande de matériel ou de gestion des stocks. Grâce, par exemple, à la centralisation des tâches de commande de matériel et de gestion des stocks, les commandes de tout l'équipement nécessaire au réseau peuvent être regroupées et les distributions aussi. Cela permet une utilisation beaucoup plus efficace des stocks.

6.4 Relations avec d'autres centres opérationnels

Les prévisionnistes de réseau travaillent en collaboration avec les planificateurs de nœuds, les planificateurs de transport, les gestionnaires de trafic et les gestionnaires de capacité. Dans un réseau MPLS/TE, la prévision, la gestion de capacité et la gestion de trafic doivent être étroitement liées. Ces liens étroits peuvent être établis grâce à des centres opérationnels centralisés et compacts. Le processus de prévision sert de base à pratiquement tous les processus en aval de construction et de planification pour tout un réseau.

7 Gestion de la capacité – Contrôle de la performance sur un jour et sur une semaine

Le présent paragraphe est consacré principalement à l'analyse des données de gestion de capacité nœud à nœud et à la conception du réseau MPLS/TE. Comme on l'a vu avec les données de trafic nœud à nœud, la gestion de capacité est obligatoire lorsque le réseau connaît de sérieux problèmes d'encombrement ou lorsque l'on doit établir une nouvelle prévision. Les relations entre les gestionnaires de capacité et d'autres centres opérationnels responsables de l'exploitation du réseau MPLS/TE sont examinées. Les fonctions de gestion de capacité devraient être exécutées par un centre d'administration de capacité et prises en charge par les fonctions d'opérations de gestion de capacité intégrées, par exemple, au processeur BBP (désigné ici sous le nom de CMOF-BBP). Un

diagramme fonctionnel du processeur CMOF-BBP est illustré dans les trois blocs inférieurs de la Figure 3. Les paragraphes suivants décrivent les processus associés à chaque bloc fonctionnel.

7.1 Fonctions d'analyse de l'encombrement sur un jour

Il convient d'établir un récapitulatif des encombrements sur un jour, présentant les encombrements de paires de nœuds du plus élevé au moins élevé, qui se sont produits la veille. Il s'agit d'une fonction de compte rendu d'anomalies, pour laquelle il devrait être possible de modifier le seuil d'affichage. Par exemple, le gestionnaire de capacité peut demander à voir uniquement les paires de nœuds dont le niveau d'encombrement est supérieur à 10%. Les gestionnaires de capacité sont chargés d'étudier si les données correspondantes devraient être exclues et, si tel est le cas, pour quelles raisons. Ces données peuvent être exclues par exemple d'un traitement en aval si elles sont associées à un état anormal de réseau, afin d'éviter de concevoir le réseau pour ce type d'état non récurrent. Pour connaître l'état du réseau, les gestionnaires de capacité consultent les gestionnaires de trafic. Si par exemple, ces derniers signalent que les données sont associées à un état anormal de réseau, tel qu'une surcharge ponctuelle due à une inondation qui s'est produite la nuit précédente, les gestionnaires de capacité peuvent décider d'exclure ces données.

7.2 Fonctions d'analyse de l'encombrement sur une semaine

Les fonctions du processeur CMOF-BBP devraient aussi prendre en charge l'analyse d'encombrement sur une semaine, qui devrait normalement être faite une fois que les gestionnaires de capacité ont établi la moyenne hebdomadaire sur la base des données de la semaine précédente. Les données de la semaine considérée devraient ensuite être utilisées dans le traitement en aval pour établir la moyenne sur la période d'études. Les données d'encombrement sur une semaine sont établies à peu près de la même façon que les données d'encombrement sur un jour. Elles indiquent les paires de nœuds qui ont été encombrées pendant la semaine. Cette fonction d'analyse d'encombrement sur une semaine permet de réexaminer les données afin de savoir s'il faut en exclure.

7.3 Fonctions d'analyse de l'encombrement sur une période d'études

Il convient d'établir la moyenne sur la période d'études une fois par semaine, sur la base des données des quatre dernières semaines. Le récapitulatif des encombrements sur une période d'études, qui donne une idée de l'encombrement au cours de la période d'études la plus récente, indique les paires de nœuds pour lesquelles le pourcentage moyen de blocage/retard sur un jour ouvrable moyen est supérieur à 1%. Si un encombrement est détecté pour une paire de nœuds donnée, pendant une heure donnée, le modèle de conception peut être utilisé pour résoudre ce problème. Afin de déterminer s'ils devraient exécuter le modèle de conception pendant cette heure posant problème, les gestionnaires de capacité devraient d'abord examiner les données d'encombrement sur la période d'études. En ce qui concerne la paire de nœuds en question, ils examinent les données sur 24 heures pour vérifier qu'il n'y ait pas d'autres heures associées à cette paire de nœuds, qui présenteraient des problèmes. En outre, les gestionnaires de capacité devraient déterminer si un ajout de capacité est en attente pour la paire de nœuds posant problème.

8 Gestion de la capacité – Ajustement à court terme du réseau

8.1 Fonctions de conception de réseau

Plusieurs fonctionnalités devraient être disponibles dans le modèle de conception. Les gestionnaires de capacité devraient d'abord pouvoir choisir une option de modification de routage. Grâce à cette option, le modèle de conception devrait permettre de modifier la table de routage afin d'utiliser la capacité de réseau en place, en vue de minimiser l'encombrement. Il devrait en outre permettre de concevoir le réseau en fonction des objectifs spécifiés de qualité d'écoulement du trafic. Si ces objectifs ne peuvent être atteints avec la capacité de réseau en place, il faut alors spécifier, dans le

cadre du modèle de conception, quelle capacité il faut ajouter sur quelles liaisons pour pouvoir atteindre ces objectifs. Le déclenchement de la mise à jour de table de routage devrait être automatique depuis le processeur CMOF-BBP jusqu'aux nœuds du réseau. Une option d'évaluation devrait être disponible dans le modèle de conception pour déterminer le trafic acheminé par liaison ou la capacité d'écoulement du réseau pour chaque liaison du réseau pendant l'heure la plus chargée.

8.2 Fonctions des centres opérationnels

Les sections du réseau devraient être affectées aux gestionnaires de capacité de telle manière que chacun ait une part égale de liaisons à prendre en charge. Ainsi, chaque gestionnaire s'occupe essentiellement d'une région. En outre, ces gestionnaires doivent travailler avec des planificateurs de transport, de sorte qu'ils puissent disposer de la capacité de transport planifiée pour les liaisons dont ils sont responsables. Si, à court terme, de la capacité doit être ajoutée au réseau, le gestionnaire de capacité doit demander au planificateur de transport si la capacité de transport est disponible. Le processeur CMOF-BBP est très automatisé, de sorte que le temps que passe le gestionnaire de capacité sur les écrans d'affichage du système CMOF-BBP devrait être court, comparé à d'autres tâches quotidiennes. Une des tâches exigeant le plus de temps est le suivi des demandes de capacité: Sont-elles en cours de traitement? L'équipement des nœuds est-il en service? Si des demandes de capacité sont retardées, le gestionnaire de capacité doit veiller à ce que de la capacité soit ajoutée au réseau dès que possible. En plus des activités normales liées au réseau, cette tâche est celle pour laquelle le centre opérationnel passe le plus de temps.

8.3 Relations avec d'autres centres opérationnels

Les gestionnaires de capacité doivent travailler avec les prévisionnistes pour connaître l'activité liée au réseau MPLS/TE, en particulier, la prise en charge de nouveaux nœuds dans l'activité de gestion de capacité du réseau MPLS/TE. Ils devraient dialoguer assez souvent avec les gestionnaires de trafic afin de connaître les problèmes affectant le réseau (par exemple, des problèmes tels que ruptures de câble ou inondations), qu'ils détectent le jour suivant dans les données: les problèmes ressortant immédiatement dans les données. Avant d'exclure des données, les gestionnaires de capacité doivent dialoguer avec les gestionnaires de trafic pour connaître la nature spécifique du problème qui s'est posé dans le réseau. Dans certains cas, ils peuvent s'échanger des informations sur des problèmes qu'ils ne connaissent pas. Il arrive, par exemple, que les gestionnaires de capacité détectent des cas de défaillance dans les données, dont ils font part aux gestionnaires de trafic. D'autres informations que les gestionnaires de capacité peuvent partager avec les gestionnaires de trafic ont trait aux jours de pointe. En effet, les gestionnaires de capacité peuvent communiquer le matin suivant aux gestionnaires de trafic les informations et rapports réels sur la charge et l'encombrement du réseau.

Les gestionnaires de capacité collaborent aussi avec le centre opérationnel responsable de la collecte des données. S'il manque des données relatives à un nœud particulier pour un jour particulier, les gestionnaires de capacité devraient en discuter avec ce centre opérationnel afin d'introduire les données dans le processeur CMOF-BBP. Ils devraient alors disposer d'une marge de manœuvre pour introduire dans le système les données éventuellement manquantes. Ainsi, si des données manquent une nuit pour un nœud particulier, celui-ci devrait pouvoir être réinterrogé afin de pouvoir introduire les données dans le processeur CMOF-BBP.

Les gestionnaires de capacité communiquent souvent avec les centres opérationnels responsables du routage car un grand nombre d'activités sont liées au routage. Ils peuvent travailler ensemble pour établir les plans normalisés de numérotage/dénomination, de façon qu'ils puissent accéder aux nouvelles tables de routage introduites dans le réseau. Les gestionnaires de capacité travaillent aussi en collaboration avec les personnes s'occupant des demandes de capacité sur les liaisons. En cas d'encombrement, ils devraient mettre la priorité sur les demandes de capacité, un simple encombrement pouvant entraîner de multiples activités dans le réseau MPLS/TE.

9 Comparaison entre méthodes hors ligne (TDR) et méthodes en ligne (SDR/EDR)

Comparées aux méthodes hors ligne (TDR), les méthodes en ligne (SDR/EDR) offrent plusieurs avantages du point de vue des fonctions d'ingénierie du trafic. Dans les réseaux à routage TDR, le processeur TMOF-BBP devrait, toutes les cinq minutes, déclencher automatiquement des reroutages pour résoudre les problèmes d'encombrement, en recherchant dans tout le réseau de la capacité supplémentaire disponible, et en ajoutant des chemins de remplacement supplémentaires aux chemins planifiés existants. Dans les réseaux à routage SDR/EDR, en revanche, cette fonction de reroutage automatique est remplacée par un examen en temps réel de toutes les possibilités de routage admissibles.

Les réseaux à routage SDR/EDR offrent donc une plus grande simplicité, dans la mesure où le modèle de conception n'a pas à calculer les tables de routage, celles-ci étant calculées en temps réel par le nœud ou le processeur BBP. Les tables de routage calculées dans les réseaux à routage TDR ne sont donc plus nécessaires, ce qui simplifie l'administration du routage dans les réseaux. Dans les réseaux à routage TDR, les tables de routage doivent périodiquement être réoptimisées et téléchargées dans les nœuds par le biais du processus CMOF-BBP. La réoptimisation et la modification des tables de routage dans les réseaux à routage TDR sont des tâches certes automatisées, mais immenses sur le plan administratif (faisant intervenir probablement des millions d'enregistrements). Ces fonctions sont simplifiées dans les réseaux à routage SDR/EDR, étant donné que le routage est produit en temps réel pour chaque demande de connexion, puis est rejeté. En outre, comme le routage SDR/EDR s'adapte aux conditions du réseau, il ne sera pas nécessaire de réorganiser fortement le réseau et d'ajouter une grande quantité de capacité à court terme. C'est l'un des avantages sur le plan opérationnel des réseaux à routage SDR/EDR, à savoir, leur capacité d'adaptation automatique, permettant de déplacer la charge de trafic vers un point du réseau où de la capacité est disponible.

10 Conclusions/recommandations

Les conclusions/recommandations suivantes ont pu être tirées de la présente Recommandation:

- le contrôle des données de trafic et de performance est recommandé et est requis pour la gestion du trafic, la prévision de capacité, le contrôle de la performance sur un jour et sur une semaine et l'ajustement à court terme du réseau;
- la gestion du trafic est recommandée et est requise pour assurer le contrôle de la performance du réseau par la collecte et l'affichage de données en temps réel de trafic et de performance, et pour permettre l'insertion de commandes de gestion du trafic, telles que des commandes de blocage de code, d'espacement des demandes de connexion ou de reroutage, lorsque les conditions le justifient;
- la gestion de capacité est recommandée et est requise pour la prévision de capacité, le contrôle de la performance sur un jour et sur une semaine et l'ajustement à court terme du réseau;
- la prévision est recommandée et est requise pour l'extension de la capacité de réseau sur une période de plusieurs années, sur la base de prévisions relatives au réseau;
- le contrôle de la performance sur un jour et sur une semaine est recommandé et est requis pour la détection de tout problème de service dans le réseau. Si de tels problèmes sont détectés, on peut procéder, dans le cadre de l'ajustement à court terme du réseau, à la mise à jour des tables de routage et, si nécessaire, à l'ajout de capacité à court terme. Les tables de routage mises à jour sont envoyées aux systèmes de commutation soit directement, soit par le biais d'un système automatique de mise à jour du routage;

- les ajouts de capacité à court terme sont recommandés et requis selon les besoins, mais seulement à titre exceptionnel, la plupart des modifications de capacité étant généralement prévues, planifiées, programmées et gérées sur une période allant de plusieurs mois à plusieurs années;
- la conception de réseau, qui comprend la conception du routage et la conception de la capacité, est recommandée et est requise dans le cadre de la fonction de gestion de capacité;
- la planification de réseau est recommandée et est requise pour la planification à long terme des nœuds et du réseau de transport. Une durée allant de plusieurs mois à plusieurs années est nécessaire pour implémenter une nouvelle capacité en termes de nœud et de transport.

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 et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication