



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

E.351

(03/2000)

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

Exploitation, numérotage, acheminement et services
mobiles – Dispositions du RNIS concernant les usagers –
Plan d'acheminement international

**Acheminement de connexions multimédias à
travers des réseaux à base TDM, ATM ou IP**

Recommandation UIT-T E.351

(Antérieurement Recommandations du CCITT)

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

EXPLOITATION, NUMÉROTAGE, ACHEMINEMENT ET SERVICES MOBILES	
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
QUALITÉ DE SERVICE, GESTION DE RÉSEAU ET INGÉNIERIE DU TRAFIC	
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.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.351

ACHEMINEMENT DE CONNEXIONS MULTIMÉDIAS À TRAVERS DES RÉSEAUX À BASE TDM, ATM OU IP

Résumé

De nombreux exploitants réseau ont implémenté des réseaux multiples qui utilisent des protocoles d'acheminement divers au niveau de la couche Réseau (couche 3), incluant des technologies basées sur les modes TDM ou ATM et le protocole IP. La croissance rapide des services multimédias basés sur le protocole IP a conduit de ce fait à implémenter ou à planifier l'utilisation des technologies ATM et IP pour les réseaux RTPC. Les méthodes d'acheminement usuelles sont recommandées pour une application traversant divers types de réseaux (résumés dans le Tableau 1) et couvrent les points suivants:

- a) traduction de numéro/acheminement basé sur l'utilisation de l'adressage E.164 du point NSAP;
- b) génération automatique de tables d'acheminement basée sur la topologie et le statut du réseau;
- c) mise à jour et synchronisation automatique des bases de données de topologie;
- d) choix dynamique de la route;
- e) gestion des ressources de qualité de service.

Des prescriptions de signalisation et d'échange d'informations sont recommandées pour la prise en charge de ces méthodes d'acheminement, incluant les paramètres de gestion de connectivité et de politique d'acheminement résumés dans le Tableau 4.

Source

La Recommandation UIT-T E.351, élaborée par la Commission d'études 2 (1997-2000) de l'UIT-T, a été approuvée le 13 mars 2000 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

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.

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'études 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 n° 1 de la CMNT.

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 2000

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1	Domaine d'application 1
2	Références normatives 3
3	Définitions 4
4	Abréviations..... 4
5	Méthodes d'acheminement recommandées..... 8
5.1	Traduction de numéro/de l'acheminement 10
5.2	Gestion de table d'acheminement..... 10
5.2.1	Mise à jour de la topologie 11
5.2.2	Mise à jour du statut 11
5.2.3	Demande de statut 12
5.2.4	Recommandation relative à l'acheminement 12
5.3	Choix de route..... 12
5.4	Gestion des ressources de QS 13
5.4.1	Etapas de la gestion des ressources de QS..... 14
5.4.2	Problèmes d'allocation de largeur de bande, de protection de largeur de bande et d'acheminement avec priorité..... 15
5.4.3	Autres contraintes de QS relatives à l'acheminement..... 20
5.4.4	Mise en file d'attente avec priorité..... 20
5.4.5	Elaboration recommandée de normes pour les méthodes de gestion de ressources de QS..... 20
5.5	Harmonisation des normes de méthode d'acheminement 21
6	Prescriptions de signalisation et d'échange d'informations 21
6.1	Paramètres d'échange d'informations pour la traduction de numéro/l'acheminement 23
6.2	Paramètres d'échange d'informations de gestion de table d'acheminement 24
6.3	Paramètre d'échange d'informations de choix de route..... 25
6.4	Paramètres d'échange d'informations pour la gestion des ressources de QS 26
6.5	Harmonisation des normes d'échange d'informations..... 27
6.6	Interface ouverte de programmation d'application (API) pour l'acheminement 28
7	Exemples d'acheminement entre réseaux..... 28
7.1	Le réseau intermédiaire E utilise une méthode d'acheminement mixte 29
7.2	Le réseau intermédiaire E utilise une seule méthode d'acheminement 31

	Page
Annexe A – Méthodes d'acheminement entre réseaux basées sur le mode TDM	32
A.1 Traduction de numéro/acheminement basés sur le mode TDM	32
A.2 Choix de route et gestion de table d'acheminement basés sur le mode TDM.....	32
A.2.1 Acheminement fixe (FR).....	33
A.2.2 Acheminement en fonction du temps (TDR).....	33
A.2.3 Acheminement en fonction de l'état (SDR).....	34
A.2.4 Acheminement en fonction des événements (EDR).....	35
A.3 Gestion des ressources de QS pour un réseau basé sur le mode TDM	36
Annexe B – Méthodes d'acheminement entre réseaux basées sur le mode ATM.....	36
B.1 Traduction de numéro/acheminement basés sur le mode ATM	37
B.2 Gestion de table d'acheminement et choix de route basés sur le mode ATM.....	37
B.3 Gestion des ressources de QS basée sur le mode ATM.....	39
Annexe C – Méthodes d'acheminement/de commutation entre réseaux basées sur le protocole IP.....	43
C.1 Traduction de numéro/acheminement basés sur le protocole IP.....	44
C.2 Gestion de table d'acheminement et choix de route basés sur le protocole IP.....	44
C.3 Gestion de ressources de QS basée sur le protocole IP.....	45
Appendice I – Bibliographie	53

Introduction

De nombreux exploitants réseau ont implémenté des réseaux multiples avec des protocoles divers, incluant des réseaux téléphoniques publics commutés (RTPC) qui utilisent le multiplexage temporel (TDM, *time division multiplexing*), la technologie de mode de transfert asynchrone (ATM, *asynchronous transfer mode*) et la technologie du protocole Internet (IP, *Internet protocol*). La croissance extrêmement rapide de services de données entraînée essentiellement par des services multimédias basés sur le protocole IP a conduit à son tour à un accroissement rapide de l'implémentation et de la planification des technologies ATM et IP pour les réseaux RTPC. Il est également intéressant de véhiculer des services classiques de voix et de données du RTPC sur des réseaux basés sur le mode ATM et le protocole IP, ce qui conduit dans de nombreux cas à la convergence des services de voix et de données sur un réseau commun. Il est de ce fait important d'examiner l'interfonctionnement de services de voix et de données sur des réseaux RTPC basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP, ainsi que d'examiner l'interfonctionnement des méthodes d'acheminement traversant ces divers types de réseaux. La présente Recommandation traite de l'acheminement utilisé au sein de réseaux uniques et traversant des réseaux différents; elle traite des méthodes d'acheminement et de l'échange d'informations nécessaire pour la prise en charge de ces méthodes. Le traitement des méthodes d'acheminement inclut des recommandations portant sur les points suivants:

- a) traduction de numéro et acheminement;
- b) gestion des tables d'acheminement;
- c) choix de la route;
- d) gestion des ressources de qualité de service (QS).

Les prescriptions d'échange d'informations et de signalisation de ces méthodes d'acheminement sont également traitées et des recommandations ont été formulées à ce sujet.

Les réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP utilisent diverses méthodes d'acheminement. Dans le cas de réseaux basés sur le mode TDM, par exemple, la Recommandation E.350 décrit des méthodes d'acheminement fixe et dynamique utilisable dans de tels réseaux. Dans le cas des réseaux basés sur le mode ATM, par exemple, la norme adoptée par le forum ATM [ATM960055] pour l'interface privée réseau-réseau (PNNI, *private network-to-network interface*) fournit les fonctions suivantes:

- échange d'informations de statut de nœud et de liaison;
- mise à jour et synchronisation automatique des bases de données de topologie;
- choix fixe et dynamique de la route en fonction des informations de topologie et de statut;
- normalisation de la signalisation et de l'échange d'informations.

Dans le cas de réseaux basés sur le protocole IP, par exemple, les normes "premier itinéraire ouvert le plus court" (OSPF, *open shortest path first*), "protocole de passerelle frontière" (BGP, *border gateway protocol*), "commutation multiprotocole avec étiquette" (MPLS, *multiprotocol label switching*) et les autres normes adoptées par le Groupe de travail IETF [M98], [S95], [J99] fournissent toutes les fonctionnalités énumérées ci-dessus pour l'interface PNNI, mais dans un réseau par paquets sans connexion basé sur le protocole IP.

Il est intéressant, dans les cas d'interfonctionnement entre réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP avec des méthodes d'acheminement fixe et dynamique, d'examiner les méthodes d'acheminement fixe (FR, *fixed routing*), d'acheminement en fonction du temps (TDR, *time-dependent routing*), d'acheminement en fonction de l'état (SDR, *state-dependent routing*) et d'acheminement en fonction des événements (EDR, *event-dependent routing*) qui s'appliquent en premier lieu pour des réseaux non hiérarchiques. Une connexion multimédia traversera souvent des réseaux de types différents et peut de ce fait être acheminée de bout en bout en utilisant plusieurs méthodes d'acheminement fixe ou dynamique. La présente Recommandation

traite de l'interfonctionnement de divers types de méthodes d'acheminement fixe ou dynamique et de l'échange d'informations qui leur est associé au niveau de l'interface entre réseaux de types différents, ceci afin de réaliser une connexion entre un nœud d'origine et un nœud de terminaison, lorsque les nœuds d'origine, intermédiaires et de terminaison peuvent utiliser des méthodes d'acheminement différentes. La présente Recommandation traite de l'interfonctionnement de méthodes d'acheminement pour tous les services, y compris les services multimédias, et considère uniquement le cas de connexions de point à point (les connexions avec points multiples appellent une étude ultérieure).

L'introduction d'un acheminement efficace améliore considérablement le bilan économique et la robustesse du réseau. Un cadre général est nécessaire pour la prise en charge de l'interfonctionnement de diverses méthodes d'acheminement et d'échange d'informations entre divers types de réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP (implémentés éventuellement sur des équipements de fournisseurs différents), ainsi que pour l'acheminement entre des exploitants de réseau nationaux et internationaux. Une normalisation des flux d'information est nécessaire pour permettre l'interfonctionnement d'équipements de commutation de fournisseurs différents entre divers types de réseaux, ce qui permet d'implémenter des stratégies d'acheminement de manière coordonnée. L'interfonctionnement entre réseaux de fournisseurs multiples de types différents nécessite des normes d'interfonctionnement d'acheminement. Ceci concerne en particulier le réseau international entre un grand nombre d'exploitants qui met en œuvre des équipements de fournisseurs divers et des protocoles de mise en réseau utilisant les protocoles basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP.

La présente Recommandation traite d'une manière plus spécifique les méthodes de traduction du numéro/d'acheminement, de gestion de table d'acheminement, de choix de route et de gestion de la qualité de service (QS) qui sont nécessaires au sein de chaque type de réseau et pour l'interfonctionnement de l'acheminement entre les types de réseaux. Les méthodes classiques suivantes sont recommandées en particulier pour une utilisation entre le ou les types de réseaux identifiés pour une application entre divers types de réseaux:

- a) méthodes de traduction de numéro/d'acheminement basées sur l'adresse E.164 du point NSAP appliquées dans les réseaux basés sur les modes TDM et ATM;
- b) génération automatique de tables d'acheminement basée sur la topologie et le statut du réseau appliquée dans les réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP;
- c) méthodes de mise à jour et de synchronisation automatique de la base de données de topologie appliquées dans les réseaux basés sur le mode ATM et le protocole IP;
- d) méthodes de choix automatique de route appliquées dans les réseaux basés sur le mode TDM;
- e) méthodes de gestion des ressources de QS appliquées dans les réseaux basés sur le mode TDM.

Le Tableau 1 résume les méthodes d'acheminement recommandées entre les diverses technologies de réseau.

La présente Recommandation identifie en outre les prescriptions de signalisation d'échange d'informations nécessaires pour la prise en charge de ces méthodes d'acheminement, à savoir les suivantes:

- a) transfert d'adresses E.164 de point NSAP, d'adresses d'acheminement du réseau international et d'adresses IP dans les éléments d'information (IE, *information element*) "établissement de connexion";
- b) échange d'informations de mise à jour de la topologie appliqué dans les réseaux basés sur le mode ATM et le protocole IP;
- c) échange d'informations de conception de table d'acheminement appliqué dans les réseaux basés sur le mode TDM;

- d) échange d'informations de choix de route appliqué dans les réseaux basés sur le mode ATM;
- e) acheminement piloté par le nœud d'origine (source) avec spécification des nœuds intermédiaires et de destination dans un élément d'information "établissement de connexion" et renvoi de la commande au nœud d'origine avec un élément d'information "retour en arrière/largeur de bande non disponible" dans l'élément d'information "libération de connexion".

Le Tableau 4 résume les paramètres recommandés pour la signalisation et l'échange d'informations servant à prendre en charge les méthodes d'acheminement recommandées dans le Tableau 1, ainsi que les normes recommandées pour la prise en charge des paramètres.

Recommandation E.351

ACHEMINEMENT DE CONNEXIONS MULTIMÉDIAS À TRAVERS DES RÉSEAUX À BASE TDM, ATM OU IP

(Genève, 2000)

1 Domaine d'application

La présente Recommandation traite des méthodes d'acheminement et les échanges d'informations nécessaires au sein des réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP ainsi qu'entre de tels réseaux; elle traite également de la technologie d'acheminement. Elle recommande un ensemble compatible de méthodes d'acheminement basé sur la pratique existante; elle recommande également un échange compatible d'informations pour la prise en charge de ces méthodes d'acheminement au niveau des interfaces entre types de réseaux. La présente Recommandation traite en outre du cas d'évolution de réseaux RTPC en vue d'incorporer une technologie basée sur le protocole IP ou le mode ATM. Dans ces deux derniers cas, la présente Recommandation aborde le problème des normes harmonisées pour l'acheminement et l'échange d'informations. Ces normes harmonisées peuvent concerner des recommandations de l'UIT-T et de l'IETF dans le cas de réseaux RTPC incorporant une technologie basée sur le protocole IP; elle peuvent concerner des recommandations de l'UIT-T et du forum ATM dans le cas de réseaux RTPC incorporant une technologie basée sur le mode ATM. La Recommandation traite, de ce fait, les trois points suivants:

- a) un ensemble compatible de méthodes d'acheminement;
- b) un échange compatible d'informations prenant en charge les méthodes d'acheminement au sein de chaque type de réseau et au niveau des interfaces réseau-réseau entre types de réseaux;
- c) des normes harmonisées pour les méthodes d'acheminement et l'échange d'informations lorsque des réseaux RTPC incorporent des technologies basées sur le protocole IP ou le mode ATM.

En ce qui concerne les méthodes d'acheminement décrites dans le paragraphe 5, la présente Recommandation traite des méthodes de traduction de numéro/d'acheminement, de gestion des tables d'acheminement, de choix de route et de gestion de ressources de QS, nécessaires pour l'acheminement au sein de chaque type de réseau et pour l'interfonctionnement entre réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP. L'utilisation de méthodes d'acheminement compatibles est recommandée pour ces fonctions au sein des réseaux et entre types de réseaux; ces méthodes recommandées sont basées sur la pratique existante pour ces types de réseaux.

Les méthodes d'acheminement recommandées concernent l'acheminement logique dans la couche Réseau (appelée parfois acheminement de "couche 3") par opposition à l'acheminement dans la couche Liaison ("couche 2") ou l'acheminement dans la couche Physique ("couche 1"). Les méthodes d'acheminement sont traitées en particulier dans les documents suivants:

- Recommandations E.170 et E.350 pour les méthodes d'acheminement basées sur le mode TDM;
- interface utilisateur-réseau (UNI, *user-network interface*), interface réseau-réseau privée (PNNI), interface entre réseaux ATM (AINI, *ATM inter-network interface*) et modification de largeur de bande pour les méthodes d'acheminement basées sur le mode ATM;
- normes "premier itinéraire ouvert le plus court" (OSPF), "protocole de passerelle frontière" (BGP) et "commutation multiprotocole avec étiquette" (MPLS) pour les méthodes d'acheminement basées sur le protocole IP.

Le domaine d'application des méthodes d'acheminement recommandées inclut l'établissement pour des connexions à bande étroite, à large bande ainsi que les services multimédias à large bande au sein de réseaux multiservices et entre réseaux multiservices. Ces services comprennent les classes de trafic à débit constant (CBR, *constant bit rate*), à débit variable (VBR, *variable bit rate*), à débit non assigné (UBR, *unassigned bit rate*) et à débit disponible (ABR, *available bit rate*). La présente Recommandation fournit des illustrations pour l'établissement d'une connexion qui utilise une ou plusieurs méthodes d'acheminement traversant des réseaux de types divers entre un nœud d'origine situé dans un réseau et un nœud de destination situé dans un autre réseau, comme présenté dans la Figure 1.

La Figure 1 représente une connexion multimédia entre deux PC qui véhicule du trafic comprenant une combinaison d'applications de voix, de vidéo et d'image. Une connexion logique de point à point est établie à cet effet entre le PC servi par le nœud a1 et le PC servi par le nœud c2. La connexion peut être une connexion RNIS à débit CBR traversant un réseau A basé sur le mode TDM et un réseau C basé sur le mode ATM, ou il peut s'agir d'une connexion à débit VBR traversant un réseau B basé sur le protocole IP. Les nœuds passerelle a3, b1, b4 et c1 fournissent les fonctionnalités d'interfonctionnement entre les réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP. La connexion multimédia effective peut être acheminée, par exemple, sur une route constituée par les nœuds a1-a2-a3-b1-b4-c1-c2 ou, le cas échéant, sur une autre route utilisant des nœuds passerelle différents. Des méthodes d'acheminement compatibles sont recommandées pour l'interfonctionnement entre les nœuds passerelle. La présente Recommandation traite le cas de connexions de point à point; les connexions multipoint appellent une étude ultérieure.

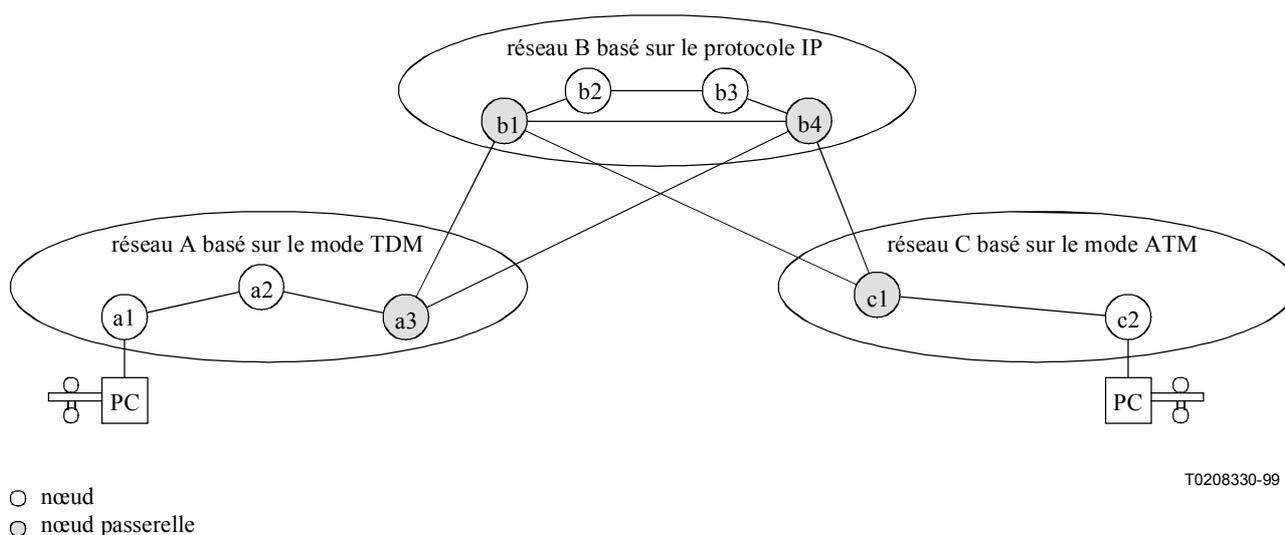


Figure 1/E.351 – Exemple de connexion multimédia traversant des réseaux TDM, ATM et IP

En ce qui concerne l'échange d'informations compatible décrit dans le paragraphe 6, la présente Recommandation traite de la signalisation et de l'échange d'informations pris en charge par chacune des technologies de réseau. Il est recommandé d'utiliser, pour l'interfonctionnement entre ces réseaux, un échange d'informations compatible au niveau de l'interface entre divers types de réseaux. Il est recommandé de prendre en charge des paramètres d'échange d'informations au sein de chaque type de réseau et pour les interfaces entre types de réseaux. Ces paramètres prennent en charge les méthodes d'acheminement recommandées, de sorte que des méthodes d'acheminement compatibles sont prises en charge par un échange d'informations compatible lors de l'interfonctionnement entre divers types de réseaux. Il est également recommandé que ces paramètres d'échange d'informations soient pris en charge au sein de réseaux RTPC qui utilisent des technologies basées sur le protocole IP ou le mode ATM. La présente Recommandation suppose que la signalisation de

commande d'appel au moment de l'établissement de l'appel est distincte de la signalisation de commande d'allocation de largeur de bande de la connexion au moment de l'établissement du canal support.

Le troisième point concernant l'harmonisation des normes est traité dans le paragraphe 5 pour les méthodes d'acheminement et dans le paragraphe 6 pour l'échange d'informations. L'harmonisation des normes concerne le cas dans lequel des réseaux RTPC, tels que les réseaux B et C incorporent une technologie basée sur le protocole IP ou le mode ATM. Si l'on suppose, par exemple, que le réseau B est un réseau RTPC incorporant une technologie basée sur le protocole IP, il est recommandé d'appliquer les méthodes d'acheminement classiques et l'échange d'informations compatible. Cet objectif affectera les recommandations de l'UIT-T et de l'IETF en ce qui concerne les fonctions d'acheminement et d'échange d'informations. Les paragraphes 5 et 6 recommandent la normalisation des méthodes d'acheminement et des paramètres d'échange d'informations pour les recommandations concernées.

Les Tableaux 1 et 4 résument de manière globale les recommandations concernées:

- le Tableau 1 identifie les méthodes d'acheminement recommandées entre diverses technologies de réseau;
- le Tableau 4 identifie les paramètres de signalisation et d'échange d'informations recommandés pour la prise en charge des méthodes d'acheminement recommandées dans le Tableau 1, ainsi que les normes recommandées pour la prise en charge des paramètres.

La présente Recommandation fournit plusieurs exemples d'utilisation des méthodes d'acheminement et de paramètres d'échange d'informations pour l'interfonctionnement des méthodes d'acheminement entre divers types de réseaux.

2 Références normatives

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

- [E.164] UIT-T E.164 (1997), *Plan de numérotage des télécommunications publiques internationales*.
- [E.170] UIT-T E.170 (1992), *Acheminement du trafic*.
- [E.177] UIT-T E.177 (1996), *Acheminement dans le RNIS à large bande*.
- [E.191] UIT-T E.191 (1996), *Numérotage et adressage dans le RNIS à large bande*.
- [E.350] UIT-T E.350 (2000), *Interfonctionnement d'acheminement dynamique*.
- [E.352] UIT-T E.352 (2000), *Directives des méthodes d'acheminement efficaces*.
- [E.353] UIT-T E.353 (Projet), *Acheminement d'appels avec utilisation d'adresses d'acheminement internationales*.
- [E.412] UIT-T E.412 (1998), *Commandes de gestion de réseau*.
- [G.723.1] UIT-T G.723.1 (1996), *Codeur vocal à double débit pour communications multimédias acheminées à 5,3 kbit/s et à 6,3 kbit/s*.
- [H.225.0] UIT-T H.225.0 (1996), *Mise en paquets et synchronisation d'un train multimédia sur le réseau local de qualité de service non garantie*.
- [H.245] UIT-T H.245 (1996), *Protocole de commande pour communications multimédias*.

- [H.246] UIT-T H.246 (1998), *Interfonctionnement des terminaux multimédias de la série H avec d'autres terminaux multimédias de la série H et des terminaux vocaux ou en bande vocale sur le RTGC et le RNIS.*
- [H.323] UIT-T H.323 (1996), *Systèmes et équipements visiophoniques pour réseaux locaux offrant une qualité de service non garantie.*
- [I.211] UIT-T I.211 (1993), *Aspects service du RNIS à large bande.*
- [I.324] UIT-T I.324 (1991), *Architecture du RNIS.*
- [I.327] UIT-T I.327 (1993), *Architecture fonctionnelle du RNIS à large bande.*
- [I.356] UIT-T I.356 (1996), *Caractéristiques du transfert de cellules de la couche ATM du RNIS-LB.*
- [Q.71] UIT-T Q.71 (1993), *Services supports commutés en mode circuit sur le RNIS.*
- [Q.2761] UIT-T Q.2761 (1995), *Description fonctionnelle du sous-système utilisateur du système de signalisation n° 7 du RNIS à large bande.*
- [Q.2931] UIT-T Q.2931 (1995), *Système de signalisation d'abonné numérique n° 2 – Spécification de la couche 3 de l'interface utilisateur-réseau pour la commande de connexion/appel de base.*

3 Définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

- 3.1 liaison:** média de transmission de largeur de bande entre nœuds, qui est considéré comme une entité du point de vue de l'ingénierie.
- 3.2 nœud de destination:** nœud de terminaison au sein d'un réseau donné.
- 3.3 nœud:** élément réseau (commutateur, routeur ou centre de commutation) qui fournit des fonctionnalités de commutation et d'acheminement, ou une combinaison de tels éléments réseau constituant un réseau.
- 3.4 couple O-D:** couple de nœuds d'origine et de destination utilisé pour une demande particulière de connexion/d'allocation de largeur de bande.
- 3.5 nœud d'origine:** nœud d'origine au sein d'un réseau particulier.
- 3.6 route:** concaténation de liaisons fournissant une connexion/une allocation de largeur de bande entre un couple O-D.
- 3.7 ensemble de routes:** ensemble de routes connectant un même couple O-D.
- 3.8 table d'acheminement:** description des choix de route et des règles de sélection d'une route au sein de l'ensemble de routes en vue de satisfaire à une demande de connexion/d'allocation de largeur de bande.
- 3.9 flux de trafic:** classe de demandes de connexion présentant les mêmes caractéristiques de trafic.
- 3.10 nœud intermédiaire:** nœud intermédiaire situé sur une route au sein d'un réseau particulier.

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

- AAR acheminement avec débordement automatique (*automatic alternate routing*)
- ABR débit disponible (*available bit rate*)

ADR	adresse
AESA	adresse de système de terminaison ATM (<i>ATM end system address</i>)
AFI	identificateur d'autorité et de format (<i>authority and format identifier</i>)
AINI	interface ATM entre réseaux (<i>ATM inter-network interface</i>)
API	interface de programmation d'application (<i>application programming interface</i>)
ARR	réacheminement automatique (<i>automatic rerouting</i>)
AS	système autonome (<i>autonomous system</i>)
ATM	mode de transfert asynchrone (<i>asynchronous transfer mode</i>)
ATMF	forum ATM (<i>ATM forum</i>)
B	occupé (<i>busy</i>)
BGP	protocole de passerelle frontière (<i>border gateway protocol</i>)
BICC	commande d'appel indépendante du support (<i>bearer independent call control</i>)
BNA	largeur de bande non disponible (<i>bandwidth not available</i>)
BW	largeur de bande (<i>bandwidth</i>)
BWIP	largeur de bande en progression (<i>bandwidth in progress</i>)
BWOF	largeur de bande offerte (<i>bandwidth offered</i>)
BWOV	débordement de largeur de bande (<i>bandwidth overflow</i>)
BWPC	comptage de référence de largeur de bande (<i>bandwidth peg count</i>)
CAC	contrôle d'admission d'appel (<i>call admission control</i>)
CBK	retour en arrière (<i>crankback</i>)
CBR	débit constant (<i>constant bit rate</i>)
CCS	signalisation par canal sémaphore (<i>common channel signalling</i>)
CIC	code d'identification d'appel (<i>call identification code</i>)
CRLDP	protocole de distribution avec étiquette d'acheminement basé sur des contraintes (<i>constraint-based routing label distribution protocol</i>)
CRLSP	itinéraire commuté avec étiquette d'acheminement basé sur des contraintes (<i>constraint-based routing label switched path</i>)
DADR	acheminement dynamique adaptatif réparti (<i>distributed adaptive dynamic routing</i>)
DAR	acheminement dynamique avec débordement (<i>dynamic alternate routing</i>)
DCC	indicatif de pays pour transmissions de données (<i>data country code</i>)
DCR	acheminement avec commande dynamique (<i>dynamically controlled routing</i>)
DIFFSERV	services différenciés (<i>differentiated services</i>)
DN	nœud de destination (<i>destination node</i>)
DNHR	acheminement dynamique non hiérarchique (<i>dynamic non-hierarchical routing</i>)
DNS	serveur de nom de domaine (<i>domain name server</i>)
DoS	profondeur de recherche (<i>depth-of-search</i>)
DSP	sous-système propre au domaine (<i>domain specific part</i>)

DTL	liste de transit désignée (<i>designated transit list</i>)
EDR	acheminement en fonction des événements (<i>event dependent routing</i>)
ER	route explicite (<i>explicit route</i>)
FR	acheminement fixe (<i>fixed routing</i>)
GCAC	contrôle d'admission d'appel générique (<i>generic call admission control</i>)
GOS	niveau de service (<i>grade of service</i>)
HL	forte charge (<i>heavily loaded</i>)
IAM	message initial d'adresse (<i>initial address message</i>)
ICD	désignateur de code international (<i>international code designator</i>)
IDI	identificateur de domaine initial (<i>initial domain identifier</i>)
IDP	sous-système du domaine initial (<i>initial domain part</i>)
IE	élément d'information (<i>information element</i>)
IETF	groupe de travail d'ingénierie Internet (<i>Internet engineering task force</i>)
II	échange d'informations (<i>information interchange</i>)
ILBW	largeur de bande libre sur la liaison (<i>idle link bandwidth</i>)
INRA	adresse d'acheminement du réseau international (<i>international network routing address</i>)
IP	protocole Internet (<i>Internet protocol</i>)
IPDC	équipement de commande de protocole Internet (<i>Internet protocol device control</i>)
LBL	niveau de blocage de liaison (<i>link blocking level</i>)
LC	capacité de liaison (<i>link capability</i>)
LDP	protocole de distribution avec étiquette (<i>label distribution protocol</i>)
LL	faible charge (<i>lightly loaded</i>)
LLR	acheminement à moindre charge (<i>least loaded routing</i>)
LSA	annonce d'état de liaison (<i>link state advertisement</i>)
LSP	itinéraire commuté avec étiquette (<i>label switched path</i>)
MEGACO	commande de passerelle de média (<i>media gateway control</i>)
MOD	modifier
MPLS	commutation multiprotocole avec étiquette (<i>multiprotocol label switching</i>)
NANP	plan de numérotage nord-américain (<i>north american numbering plan</i>)
NSAP	point d'accès au service de réseau (<i>network service access point</i>)
ODR	acheminement dynamique optimisé (<i>optimized dynamic routing</i>)
ON	nœud d'origine (<i>originating node</i>)
OSPF	premier itinéraire ouvert le plus court (<i>open shortest path first</i>)
PAR	paramètres
PHP	comportement par saut (<i>per-hop behavior</i>)
PNNI	interface réseau-réseau privée (<i>private network-network interface</i>)

PTSE	éléments d'état de topologie PNNI (<i>PNNI topology state elements</i>)
QS	qualité de service
R	réservé
RNIS-BE	réseau numérique à intégration de services à bande étroite
RNIS-LB	réseau numérique à intégration de services à large bande
RP	processeur d'acheminement (<i>routing processor</i>)
RQE	élément "demande d'acheminement" (<i>routing query element</i>)
RRE	élément "recommandation d'acheminement" (<i>routing recommendation element</i>)
RSE	élément d'état d'acheminement (<i>routing state element</i>)
RSVP	protocole de réservation de ressources (<i>resource reservation protocol</i>)
RTNR	acheminement réseau en temps réel (<i>real-time network routing</i>)
RTPC	réseau téléphonique public commuté
SCP	point de commande du service (<i>service control point</i>)
SDR	acheminement en fonction de l'état (<i>state-dependent routing</i>)
SI	identité du service (<i>service identity</i>)
SIP	protocole d'initialisation de session (<i>session initiation protocol</i>)
SS7	système de signalisation n° 7 (<i>signalling system No. 7</i>)
STR	acheminement en fonction de l'état et du temps (<i>state- and time-dependent routing</i>)
SVC	circuit virtuel commuté (<i>switched virtual circuit</i>)
SVP	conduit virtuel commuté (<i>switched virtual path</i>)
TBW	largeur de bande totale (<i>total bandwidth</i>)
TBWIP	largeur de bande en progression (<i>total bandwidth in progress</i>)
TDR	acheminement en fonction du temps (<i>time-dependent routing</i>)
TIPHON	harmonisation de protocole de télécommunications et Internet entre réseaux (<i>telecommunications and Internet protocol harmonization over networks</i>)
TLV	type/longueur/valeur
ToS	type de service (<i>type of service</i>)
TR	réservation de jonctions (<i>trunk reservation</i>)
TRAF	trafic
TSE	élément d'état de topologie (<i>topology state element</i>)
UBR	débit non assigné (<i>unassigned bit rate</i>)
UNI	interface utilisateur-réseau (<i>user-network interface</i>)
VBR	débit variable (<i>variable bit rate</i>)
VC	circuit virtuel (<i>virtual circuit</i>)
VCI	identificateur de circuit virtuel (<i>virtual circuit identifier</i>)
VN	nœud intermédiaire (<i>via node</i>)
VNET	réseau virtuel (<i>virtual network</i>)

VPI	identificateur de conduit virtuel (<i>virtual path identifier</i>)
WIN	réseau intelligent global (acheminement) [<i>worldwide intelligent network (routing)</i>]

5 Méthodes d'acheminement recommandées

Les Annexes A, B et C décrivent les méthodes classiques d'acheminement entre réseaux, qui sont utilisées au sein de réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP; les méthodes décrites sont recommandées pour une application traversant ces types de réseaux. Les annexes analysent également les prescriptions de signalisation et d'échange d'informations pour ces méthodes d'acheminement. Les réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP sont traités respectivement dans les Annexes A, B et C.

Le Tableau 1 résume les méthodes d'acheminement prises en charge par chacune des technologies réseau et dont la prise en charge est recommandée entre types de réseaux. On a identifié cinq technologies de réseau qui sont prises en charge par des normes d'acheminement de l'organisme spécifié. Des normes harmonisées sont recommandées dans le cas de réseaux RTPC basés sur le mode ATM et le protocole IP et sont analysées plus en détail au 5.5. Les méthodes d'acheminement sont classées dans le Tableau 1 en prenant en considération les critères suivants:

- traduction de numéro/acheminement;
- gestion de la table d'acheminement;
- choix de la route;
- gestion des ressources de QS.

Tableau 1/E.351 – Méthodes d'acheminement recommandées pour diverses technologies de réseau

Méthode d'acheminement		Technologie de réseau (source de la norme d'acheminement)				
		RTPC/basé sur le mode TDM (Recommandations UIT-T)	Basé sur le mode ATM (normes ATMF)	Basé sur le protocole IP (normes IETF)	RTPC/basé sur le mode ATM (normes harmonisées)	RTPC/basé sur le protocole IP (normes harmonisées)
Traduction du numéro (nom)/acheminement		E.164, E.191, E.353	UNI, PNNI, AINI	voir 5.1	voir 5.1	voir 5.1
Gestion de la table d'acheminement	Mise à jour de la topologie	voir 5.2.1	UNI, PNNI, AINI, BW-MODIFY	OSPF, BGP, MPLS	voir 5.2.1	voir 5.2.1
	Mise à jour du statut	E.350	UNI, PNNI, AINI, BW-MODIFY	OSPF, BGP, MPLS	voir 5.2.2	voir 5.2.2
	Demande de statut	E.350	voir 5.2.3	voir 5.2.3	voir 5.2.3	voir 5.2.3
	Recommandation d'acheminement	E.350	voir 5.2.4	voir 5.2.4	voir 5.2.4	voir 5.2.4

**Tableau 1/E.351 – Méthodes d'acheminement recommandées
pour diverses technologies de réseau (fin)**

Méthode d'acheminement		Technologie de réseau (source de la norme d'acheminement)				
		RTPC/basé sur le mode TDM (Recommandations UIT-T)	Basé sur le mode ATM (normes ATMF)	Basé sur le protocole IP (normes IETF)	RTPC/basé sur le mode ATM (normes harmonisées)	RTPC/basé sur le protocole IP (normes harmonisées)
Choix de la route	Acheminement fixe	E.170, E.177, E.350	UNI, PNNI, AINI, BW-MODIFY	OSPF, BGP, MPLS	voir 5.3	voir 5.3
	Acheminement en fonction du temps	E.350	voir 5.3	voir 5.3	voir 5.3	voir 5.3
	Acheminement en fonction de l'état	E.350	UNI, PNNI, AINI, BW-MODIFY	OSPF, BGP, MPLS	voir 5.3	voir 5.3
	Acheminement en fonction des événements	E.350	voir 5.3	voir 5.3	voir 5.3	voir 5.3
Gestion des ressources de QS	Allocation et protection de largeur de bande	voir 5.4	UNI, PNNI, AINI, BW-MODIFY	OSPF, BGP, MPLS	voir 5.4	voir 5.4
	Acheminement avec priorité	voir 5.4	UNI, PNNI, AINI, BW-MODIFY	OSPF, BGP, MPLS	voir 5.4	voir 5.4
	Mise en file d'attente avec priorité	N/A	DIFFSERV	DIFFSERV, OSPF, BGP, MPLS	voir 5.4	voir 5.4

Ces méthodes d'acheminement sont recommandées pour une utilisation au sein de chaque type de réseau et pour l'interfonctionnement entre types de réseaux. Il est recommandé, en conséquence, que toutes les méthodes d'acheminement indiquées dans le Tableau 1 soient prises en charge pour les cinq technologies de réseau identifiées. Il est donc recommandé d'élaborer des normes pour toutes les méthodes d'acheminement qui ne sont pas prises en charge actuellement et qui figurent dans le Tableau 1 sous la forme de références à des sous-paragraphes de la présente Recommandation. Ceci garantira la compatibilité des méthodes d'acheminement lors de l'interfonctionnement entre des types de réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP, comme indiqué dans les trois premières colonnes traitant de la technologie.

Nous analyserons d'abord les méthodes d'acheminement indiquées par les colonnes du Tableau 1 et traiterons ensuite l'harmonisation des méthodes d'acheminement de réseaux RTPC basés sur le mode ATM et sur le protocole IP, telles qu'elles sont identifiées par les colonnes 4 et 5. Nous décrivons au 5.1 à 5.4 les méthodes d'acheminement recommandées dans le Tableau 1, respectivement dans les cas de traduction de numéro/de l'acheminement, de la gestion de table d'acheminement, de choix de route et de gestion des ressources de QS. Les Annexes A à C décrivent les méthodes d'acheminement prises en charge au sein de chaque type de réseau, soit par les normes existantes, soit par des normes en cours d'élaboration. Elles fournissent la base pour les recommandations de méthodes d'acheminement résumées aux 5.1 à 5.4. Se référer au sous-paragraphes correspondant dans les annexes pour plus de détails et d'exemples. Le sous-paragraphes 5.5 traite de l'harmonisation des normes de méthodes d'acheminement dans le cas

des technologies des deux colonnes de droite du Tableau 1, correspondant aux cas où des réseaux RTPC incorporent des technologies basées sur le mode ATM ou le protocole IP.

Il est en outre recommandé, pour la prise en charge de cet interfonctionnement entre types de réseaux, que l'échange d'informations au niveau de l'interface soit compatible entre types de réseaux, comme indiqué au paragraphe 6. La normalisation des méthodes d'acheminement et l'échange d'informations normalisées prend également en charge les cas des technologies de réseau des deux dernières colonnes du Tableau 1 correspondant à des réseaux RTPC qui incorporent des technologies basées sur le mode ATM ou sur le protocole IP.

5.1 Traduction de numéro/de l'acheminement

Les méthodes de numérotage et d'adressage basées sur l'adresse E.164 du point NSAP traitées aux A.1 et B.1, telles qu'elles sont appliquées dans les réseaux basés sur les modes TDM et ATM, sont recommandées pour l'acheminement au sein d'un réseau et entre types de réseaux. La Recommandation E.164 identifie le plan de numérotage utilisé actuellement pour des réseaux basés sur le mode TDM et la Recommandation E.191 spécifie la structure d'adresse pour le RNIS-LB, telle qu'elle est traitée au A.1. Il est en outre recommandé, en ce qui concerne la traduction de numéro/les méthodes d'acheminement, d'utiliser les adresses d'acheminement internationales (INRA, *international network routing address*) lors de l'établissement de la connexion/de la largeur de bande afin d'acheminer une connexion vers un nœud de destination particulier [E.353].

L'extension de ces méthodes de traduction/méthodes d'acheminement est recommandée pour les réseaux basés sur le protocole IP; comme indiqué au C.1, des propositions ont été faites [ETSIa], [ETSIb], [ETSIc] et [PL99] pour l'interfonctionnement entre l'adressage IP et le numérotage/l'adressage E.164. Il a été proposé, en particulier, une traduction basée sur la technologie de service de nom de domaine (DNS) pour convertir des adresses (ou des noms) E.164 en adresses IP. Les nœuds IP disposant d'une telle fonctionnalité peuvent effectuer cette traduction de numéros (ou de noms) E.164 directement vers des adresses E.164 de point NSAP, des adresses INRA et des adresses IP et fournir de ce fait un interfonctionnement avec des réseaux basés sur les modes TDM et ATM qui utilisent le numérotage et l'adressage E.164.

La traduction de numéro (ou du nom) fournit alors comme résultat des adresses E.164 de point NSAP, des adresses INRA et/ou des adresses IP. Comme indiqué au 6.1, il est recommandé de prendre des dispositions pour véhiculer des adresses E.164 de point NSAP, des adresses INRA et des adresses IP dans l'élément d'information "établissement de connexion". Le sous-paragraphe 6.1 recommande que les adresses E.164 de point NSAP, les adresses INRA et les éléments d'adresse IP soient élaborés au sein des réseaux basés sur le protocole IP et des réseaux RTPC basés sur le protocole IP. Comme indiqué dans le Tableau 1, il est recommandé que ces méthodes de traduction de numéro/d'acheminement soient élaborées pour les réseaux basés sur le protocole IP et les réseaux RTPC basés sur le protocole IP. Lorsque ce sera le cas, les adresses E.164 de point NSAP, les adresses INRA et les adresses IP deviendront alors la méthode normalisée pour l'interfonctionnement entre réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP.

5.2 Gestion de table d'acheminement

Une méthode spécifique d'acheminement de trafic est caractérisée par la table d'acheminement qu'elle utilise. La table d'acheminement se constitue d'un ensemble de routes et de règles de choix d'une route au sein de l'ensemble pour une demande particulière d'allocation de connexion/de largeur de bande. Lorsqu'une demande d'allocation de connexion/de largeur de bande est initiée par un nœud d'origine (ON, *originating node*) – qui implémente la méthode d'acheminement – celui-ci applique les règles de choix de route associées à la table d'acheminement pour l'allocation de connexion/de largeur de bande afin de trouver dans l'ensemble de routes une route adéquate qui satisfasse à la demande d'allocation de connexion/de largeur de bande. L'ensemble de routes susceptible de répondre à la demande d'allocation de connexion/de largeur de bande peut être déterminé

conformément aux règles associées à la table d'acheminement pour une méthode d'acheminement particulière. Le réseau d'origine conserve la commande de la demande d'allocation de connexion/de largeur de bande dans le cas d'un réseau avec allocation de connexion/de largeur de bande commandée par l'origine. Si une procédure "retour en arrière/largeur de bande non disponible" est utilisée, par exemple par un nœud intermédiaire (VN, *via node*), le nœud précédent conserve la commande de la demande d'allocation de connexion/de largeur de bande, même si cette dernière est bloquée sur toutes les liaisons de départ du nœud intermédiaire.

Les informations de gestion de table d'acheminement, telles que la mise à jour de la topologie, des informations de statut ou des recommandations d'acheminement, sont utilisées pour appliquer les règles de conception des choix de route dans la table d'acheminement. Ces informations sont échangées entre deux nœuds, tels que le nœud d'origine et le nœud de destination, ou entre un nœud et un élément réseau tel qu'un processeur d'acheminement (RP, *routing processor*). Elles sont utilisées pour générer la table d'acheminement utilisée par la suite pour le choix d'une route.

5.2.1 Mise à jour de la topologie

La génération automatique de tables d'acheminement basée sur la topologie du réseau (et d'autres informations telles que le statut), qui a été appliquée dans des réseaux basés sur le mode ATM et le protocole IP, est recommandée pour l'acheminement au sein des réseaux et entre types de réseaux. Cette fonction de génération automatique est activée par l'échange, entre les nœuds du réseau, d'informations de liaison, de nœud et d'adresse accessible. Les réseaux basés sur le mode ATM et le protocole IP interprètent déjà les mécanismes de protocole HELLO pour identifier les liaisons dans le réseau lorsqu'ils effectuent les fonctions indispensables pour la gestion de la table d'acheminement, à savoir la mise à jour et la synchronisation automatiques de la base de données de topologie. L'échange de l'élément "état de topologie" PNNI (PTSE, *PNNI topology state element*) est utilisé dans des réseaux basés sur le mode ATM; l'annonce d'état de liaison (LSA, *link state advertisement*) est utilisée dans des réseaux basés sur le protocole IP pour la fourniture automatique à la base de données des informations de nœud, de liaison et d'adresse accessible. L'utilisation d'un seul groupe/système autonome homologue avec acheminement non hiérarchique est également recommandée pour la mise à jour de la topologie, un acheminement plus efficace et une administration plus aisée, comme indiqué aux B.2 et C.2; le meilleur moyen de réduire l'importance des flux induits par les informations dynamiques d'état de topologie consiste à réduire l'utilisation de la diffusion par inondation de l'état de topologie (PTSE et LSA) concernant les informations dynamiques d'état de topologie.

Le sous-paragraphe 6.2 recommande l'élaboration d'un élément "état de topologie" (TSE, *topology state element*) pour les réseaux RTPC basés sur le mode TDM. Comme l'indique le Tableau 1, il est recommandé que ces méthodes d'acheminement pour la mise à jour de la topologie soient élaborées pour les réseaux RTPC basés sur le mode TDM. Lorsque ce sera le cas, les paramètres des messages HELLO et TSE/PTSE/LSA deviendront alors la méthode normalisée de mise à jour de la topologie pour l'interfonctionnement entre des réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP.

5.2.2 Mise à jour du statut

Il est recommandé d'utiliser des méthodes de mise à jour du statut pour la gestion de table d'acheminement au sein des réseaux et entre types de réseaux. Les procédures de mise à jour du statut de liaison et de nœud sont indiquées dans la Recommandation [E.350] pour les réseaux basés sur le mode TDM, comme décrit au A.2. Les mises à jour de statut sont effectuées par un mécanisme d'inondation dans les cas de réseaux basés sur le mode ATM ou le protocole IP, comme décrit aux B.2 et C.2.

Le sous-paragraphe 6.2 recommande l'élaboration d'un élément de statut d'acheminement (RSE, *routing state element*) pour les réseaux RTPC basés sur le mode TDM, qui sera compatible avec l'élément "état de topologie" (PTSE) dans les réseaux basés sur le mode ATM et avec l'élément

"annonce d'état de liaison" (LSA) dans les réseaux basés sur le protocole IP. Comme l'indique le Tableau 1, il est recommandé [E.350] que ces méthodes d'acheminement soient élaborées pour la mise à jour du statut des réseaux basés sur le mode TDM. Lorsque ce sera le cas, les paramètres RSE/PTSE/LSA deviendront alors la méthode normalisée de mise à jour du statut pour l'interfonctionnement entre des réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP.

5.2.3 Demande de statut

Il est recommandé d'utiliser des méthodes de demande de statut pour la gestion de table d'acheminement au sein des réseaux et entre types de réseaux. De telles méthodes permettent une détermination efficace des informations de statut, en comparaison avec les mécanismes d'inondation. Les méthodes de demande de statut sont indiquées dans la Recommandation [E.350] comme dans le cas de réseaux basés sur le mode TDM, comme décrit au A.2.

Le sous-paragraphe 6.2 recommande l'élaboration d'un élément "demande d'acheminement" (RQE, *routing query element*) pour les réseaux basés sur le protocole IP, les réseaux basés sur le mode ATM, les réseaux RTPC basés sur le mode ATM et les réseaux RTPC basés sur le protocole IP. Comme l'indique le Tableau 1, il est recommandé que ces méthodes d'acheminement de la demande de statut soient élaborées pour les réseaux basés sur le protocole IP, les réseaux basés sur le mode ATM, les réseaux RTPC basés sur le mode ATM et les réseaux RTPC basés sur le protocole IP. Lorsque ce sera le cas, les paramètres de l'élément RQE deviendront alors la méthode normalisée de mise à jour du statut pour l'interfonctionnement entre des réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP.

5.2.4 Recommandation relative à l'acheminement

L'utilisation de méthodes d'acheminement est recommandée pour la gestion de table d'acheminement au sein des réseaux et entre types de réseaux. De telles méthodes fournissent, par exemple, une base de données gérée par un processeur d'acheminement qui a pour fonction de signaler aux nœuds du réseau des routes recommandées, compte tenu des informations de statut disponibles dans la base de données. La Recommandation [E.350] fournit les méthodes de recommandation d'acheminement pour des réseaux basés sur le mode TDM, comme décrit au A.2.

Le sous-paragraphe 6.2 recommande l'élaboration d'un élément "recommandation d'acheminement" (RRE, *routing recommendation element*) pour les réseaux basés sur le protocole IP, les réseaux basés sur le mode ATM, les réseaux RTPC basés sur le mode ATM et les réseaux RTPC basés sur le protocole IP. Comme l'indique le Tableau 1, il est recommandé que ces méthodes d'acheminement pour la recommandation d'acheminement soient élaborées pour les réseaux basés sur le protocole IP, les réseaux basés sur le mode ATM, les réseaux RTPC basés sur le mode ATM et les réseaux RTPC basés sur le protocole IP. Lorsque ce sera le cas, les paramètres de l'élément RRE deviendront alors la méthode normalisée de demande de statut pour l'interfonctionnement entre des réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP.

5.3 Choix de route

Il est recommandé que les règles de choix de route utilisées au sein des tables d'acheminement permettent l'utilisation de l'acheminement fixe (FR), de l'acheminement en fonction du temps (TDR), de l'acheminement en fonction de l'état (SDR) et de l'acheminement en fonction des événements (EDR) pour le choix de route, comme indiqué au A.2, ainsi que l'utilisation des routes les plus courtes avec liaisons multiples dans une topologie de réseau avec ressources rares. La commande de l'acheminement par le nœud d'origine ou par la source est recommandée afin d'éviter les boucles et permettre l'interfonctionnement de diverses méthodes de choix de route.

Les tables d'acheminement contiennent des routes qui peuvent être établies pour des demandes de connexion individuelles, par exemple comme sur des circuits virtuels commutés (SVC, *switched virtual circuit*). Les routes peuvent également être établies pour des demandes d'allocation de largeur

de bande concernant des "tuyaux de largeur de bande" ou des "jonctions virtuelles", par exemple comme sur des conduits virtuels commutés (SVP, *switched virtual path*) dans des réseaux basés sur le mode ATM ou des routes commutées avec étiquette d'acheminement basées sur des contraintes (CRLSP, *constraint-based*) dans les réseaux basés sur le protocole IP. Les routes sont déterminées par des algorithmes (en général propres au fournisseur) qui utilisent les informations de topologie du réseau et d'adresse accessible. Ces routes peuvent traverser un certain nombre de groupes homologues dans des réseaux basés sur le mode ATM ou un certain nombre de systèmes autonomes dans des réseaux basés sur le protocole IP, comme indiqué aux B.2 et C.2. Un nœud d'origine peut choisir une route dans la table d'acheminement en fonction des règles d'acheminement et des critères de gestion des ressources de QS qui doivent être satisfaites sur chacune des liaisons de la route, comme décrit ci-dessous au 5.4. Un paramètre "libération avec retour en arrière/largeur de bande non disponible" est utilisé pour signaler au nœud d'origine qu'une liaison n'est pas autorisée en raison des critères de QS et lui renvoyer la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande; le nœud d'origine peut alors choisir une route de débordement. Les procédures de gestion des ressources de QS peuvent, en plus de la commande d'allocation de largeur de bande, vérifier le délai de transfert de bout en bout, la variation de délai et des critères de qualité de transmission telles que l'affaiblissement, les échos et le niveau de bruit (ce point est traité plus en détail au 5.4.3).

L'établissement d'une demande de connexion/d'allocation de largeur de bande est réalisé en faisant indiquer par le nœud d'origine la totalité de la route sélectionnée, incluant tous les nœuds intermédiaires et le nœud de destination dans le paramètre "liste de transit désignée" (DTL, *designated transit list*) ou le paramètre "route explicite" (ER) de l'élément d'information "établissement de connexion", comme indiqué au 6.3. Si l'un quelconque des nœuds intermédiaires de la connexion n'est pas en mesure de fournir la QS ou les paramètres de trafic pour la demande d'établissement de connexion, ce nœud génère alors un paramètre "retour en arrière (CBK, *crankback*)/largeur de bande non disponible (BNA, *bandwidth not available*)" dans l'élément d'information "libération de connexion", ce qui lui permet de renvoyer la commande de la demande de connexion au nœud d'origine en vue d'un nouvel acheminement de débordement.

Le sous-paragraphe 6.3 recommande l'élaboration des éléments DTL/ER et CBK/BNA au sein de réseaux basés sur le mode TDM, qui seront compatibles avec l'élément DTL dans les réseaux basés sur le mode ATM et avec l'élément ER dans les réseaux basés sur le protocole IP. Comme l'indique le Tableau 1, il est recommandé [E.350] que ces méthodes de choix de route soient élaborées pour les réseaux basés sur le mode TDM. Il est recommandé, en outre, que les méthodes de choix de route TDR et EDR soient élaborées pour les réseaux basés sur le protocole IP, les réseaux basés sur mode ATM, les réseaux RTPC basés sur le mode ATM et les réseaux RTPC basés sur le protocole IP. Lorsque ce sera le cas, les paramètres des éléments DTL/ER et CBK/BNA deviendront alors la méthode normalisée de choix de route pour l'interfonctionnement entre des réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP.

5.4 Gestion des ressources de QS

L'utilisation de méthodes de gestion des ressources de QS est recommandée au sein des réseaux et entre types de réseaux. Le présent sous-paragraphe recommande des méthodes pouvant s'appliquer aussi bien à des réseaux RNIS-BE basés sur le mode TDM qu'à des réseaux RNIS-LB basés sur le mode ATM. Les méthodes de gestion des ressources de QS qui ont été appliquées dans des réseaux basés sur le mode TDM [A98] sont en cours d'extension pour des réseaux basés sur le mode ATM et sur le protocole IP, comme indiqué aux B.3 et C.3. La gestion des ressources de QS englobe l'intégration du service, l'allocation de largeur de bande, la protection de la largeur de bande, la différenciation de priorité de service et la gestion des priorités d'acheminement/de mise en file d'attente. La gestion des ressources de QS peut s'appliquer connexion par connexion, comme décrit dans le présent sous-paragraphe; elle peut s'appliquer avec bénéfice à des "tuyaux de largeur de bande" ("jonctions virtuelles") sous la forme de conduits SVP dans des réseaux basés sur le

mode ATM, comme décrit au B.3 ou à des itinéraires CRLSP dans les réseaux basés sur le protocole IP, comme décrit au C.3.

La gestion des ressources de QS assure l'intégration des services sur un réseau partagé pour de nombreuses classes de service telles que les suivantes:

- a) services à débit CBR incluant la voix, les données numériques commutées du RNIS-BE à 64, 384 et 1536 kbit/s, le transit international commuté, les communications prioritaires de défense, les réseaux virtuels privés, les services de libre appel, l'indication de préférence pour la fibre et d'autres services;
- b) services en temps réel à débit VBR incluant la téléphonie IP, la vidéo comprimée et d'autres services;
- c) services en temps différé à débit VBR incluant le transfert de fichiers WWW, la vérification de carte de crédit et d'autres services;
- d) services à débit UBR incluant la messagerie vocale, la messagerie électronique, le transfert de fichiers et d'autres services.

Nous présentons ci-dessous les principes recommandés pour la gestion des ressources de QS s'appliquant aux classes de service du RNIS-BE et du RNIS-LB.

5.4.1 Etapes de la gestion des ressources de QS

La gestion des ressources de QS implique la détermination des paramètres de gestion des ressources de QS suivants:

- identité du service (SI, *service identity*);
- réseau virtuel (VNET, *virtual network*);
- fonctionnalités de la liaison (LC, *link capability*);
- paramètres de QS et seuils de trafic.

Les procédures de gestion des ressources de QS peuvent, en plus de la commande de l'allocation de la largeur de bande, vérifier le délai de transfert de bout en bout, la variation du délai et des caractéristiques de qualité telles que l'affaiblissement, les échos et le bruit (ce point est traité plus en détail au 5.4.3).

La méthode recommandée pour la gestion des ressources de QS comporte les étapes suivantes:

- 1) le nœud de destination et les informations de gestion des ressources de QS sont déterminés par le nœud d'origine au moyen de la base de données de traduction de numéro et d'autres informations disponibles au niveau du nœud d'origine concernant le service;
- 2) le nœud de destination et les informations de gestion des ressources de QS sont utilisés pour accéder au réseau virtuel adéquat et à la table d'acheminement entre les nœuds d'origine et de destination;
- 3) la demande de connexion est établie en utilisant la première route disponible dans la table d'acheminement et en sélectionnant les ressources de transmission en fonction des données de gestion des ressources.

Dans la première étape, le nœud d'origine effectue la traduction des chiffres composés afin de déterminer l'adresse du nœud de destination. Si un acheminement avec arrivées/départs multiples est utilisé, les adresses des nœuds de destination multiples sont alors déduites à partir de la demande de connexion. Les autres données déduites de la demande de connexion sont les caractéristiques de la liaison, les éléments d'information du message Q.931, les chiffres d'échange d'information (II, *information interchange*) et les informations d'acheminement du point de commande du service (SCP, *service control point*); ces données sont utilisées pour déterminer les paramètres de gestion des ressources de QS (identité du service (SI), réseau virtuel (VNET), capacité de liaison (LC) et seuils de QS/de trafic). L'identité du service SI décrit le service effectif associé à la demande de

connexion, le réseau virtuel décrit les paramètres de table d'allocation de largeur de bande et d'acheminement devant être utilisés par la demande et la capacité LC décrit les caractéristiques de la liaison englobant les indications de fibre, de radio ou de satellite et la compression vocale qui sont demandées, préférées ou refusées par la demande de connexion. Toute demande de connexion est classée en fonction de son identité SI. Une demande de connexion pour un service individuel se voit allouer une largeur de bande égale à la largeur de bande EQBW et elle est acheminée sur un réseau virtuel particulier. Dans le cas de services à débit CBR, la largeur de bande équivalente EQBW est égale au débit moyen ou soutenu. Dans le cas de service à débit VBR, la largeur de bande équivalente EQBW est fonction du débit soutenu, du débit de crête et éventuellement d'autres paramètres. La largeur EQBW est égale, par exemple, à un débit CBR de 64 kbit/s pour les connexions vocales, à un débit CBR de 64 kbit/s pour des connexions numériques RNIS commutées et à un débit CBR de 384 kbit/s pour des connexions numériques RNIS commutées à 384 kbit/s.

La valeur de l'identité SI est utilisée pour déduire le réseau virtuel dans la deuxième étape. Dans le cas d'un réseau à services multiples avec gestion des ressources de QS, la largeur de bande est allouée à des réseaux VNET particuliers; cette largeur de bande est partagée avec la protection nécessaire. Dans des situations de réseau normales sans blocage, tous les services partagent librement la totalité de la largeur de bande disponible. La réservation de largeur de bande entre en action lorsque des blocages se manifestent; elle interdit alors au trafic de débordement et au trafic issus d'autres réseaux VNET l'accès à la capacité du réseau VNETi. Des paramètres "largeur de bande moyenne" (BWavg) et "largeur de bande maximale" (BWmax) sont associés à chaque réseau virtuel pour piloter les processus d'allocation et de protection qui sont traités plus en détail dans le sous-paragraphe suivant. La sélection de capacité LC permet d'acheminer les demandes de connexion sur des liaisons de transmission spécifiques qui fournissent les caractéristiques particulières à une demande de connexion. Une telle demande peut exiger, préférer ou refuser un ensemble de caractéristiques telles que la transmission par fibre, la transmission radio, la transmission par satellite ou la transmission avec compression vocale. Les prescriptions de capacité LC de la demande de connexion peuvent être déterminées à partir de l'identité SI ou d'autres informations déduites du message de signalisation ou du numéro composé. La logique de la table d'acheminement permet à la demande de connexion d'ignorer les routes de transmission qui possèdent des caractéristiques non souhaitées et de rechercher la meilleure adéquation aux besoins de la demande de connexion.

La table d'acheminement du réseau virtuel détermine, lors de la troisième étape, quelle est la capacité réseau qui peut être allouée à chaque demande de connexion. Le nœud d'origine utilise la table d'allocation du réseau virtuel pour sélectionner une capacité au sein du réseau; il sélectionne une route de premier choix en fonction des règles de sélection de la table d'acheminement. L'allocation de largeur de bande pour la demande sur la route de premier choix est déterminée par les règles de gestion des ressources de QS indiquées ci-dessous. Le nœud d'origine peut essayer des routes de débordement s'il ne peut pas accéder à une route de premier choix, en respectant les règles de choix de route résumées au A.3 pour les méthodes d'acheminement FR, TDR, SDR ou EDR. Dans ce cas également, la décision d'allocation de bande pour la route de débordement est déterminée par les règles de gestion des ressources de QS décrites ci-dessous.

5.4.2 Problèmes d'allocation de largeur de bande, de protection de largeur de bande et d'acheminement avec priorité

Le présent sous-paragraphe spécifie les commandes d'allocation de ressources et les mécanismes de priorité, ainsi que les informations nécessaires à leur prise en charge. Dans la méthode recommandée pour la gestion des ressources de QS, le contrôle d'admission de connexion/de largeur de bande pour chacune des liaisons d'une route s'effectue en fonction du statut de la liaison. Le nœud d'origine peut choisir toute route pour laquelle la première liaison est autorisée par les critères de gestion des ressources de QS. Une libération avec "retour en arrière/largeur de bande non disponible" est utilisée si une des liaisons suivantes n'est pas autorisée, ce qui a pour effet le retour au nœud d'origine et le choix d'une route de débordement. Lorsqu'elle est utilisée pour un acheminement PNNI, la libération

avec "retour en arrière/largeur de bande non disponible" est une solution pouvant se substituer à la diffusion par inondation de certains paramètres d'état de liaison qui varient fréquemment, tels que le débit de cellules disponible; la réduction de la fréquence de diffusion de ces paramètres permet d'utiliser des tailles de faisceaux homologues plus importantes. La procédure de "retour en arrière/largeur de bande non disponible" peut alors remplacer l'utilisation de l'algorithme générique de contrôle d'admission d'appel (GCAC, *generic call admission control*) au niveau du nœud d'origine permettant de prédire quelles sont les liaisons suivantes qui seront autorisées pour la route.

Une stratégie "d'acheminement à moindre charge" basée sur le débit disponible sur chacune des liaisons d'une route, telle qu'elle est utilisée dans plusieurs méthodes d'acheminement dynamique en fonction de l'état (SDR) décrites dans l'Annexe A, fournit un moyen bien connu et efficace pour l'implémentation de l'acheminement dynamique. De telles méthodes d'acheminement dynamique en fonction de l'état ont été utilisées ces dix dernières années dans plusieurs réseaux vocaux de taille importante basés sur la méthode TDM [A98]; des méthodes efficaces sont utilisées dans ce cas pour diffuser les informations de statut de largeur de bande disponible sur les liaisons. La fourniture des informations de statut de largeur de bande disponible se fait toutefois au prix d'une charge supplémentaire importante lorsque des techniques de diffusion par inondation sont utilisées, comme c'est le cas, par exemple, avec les interfaces PNNI ou l'acheminement OSPF. Le moyen recommandé pour éluder ce problème consiste à utiliser de bonnes méthodes d'acheminement dynamique ne nécessitant pas la diffusion dynamique par inondation des informations de débit disponible, par exemple l'acheminement en fonction des événements (EDR) décrit dans l'Annexe A et dans [E.352].

La détermination des états de charge de liaison est recommandée pour la gestion des ressources de QS lorsqu'il s'agit de choisir une capacité de réseau sur une route de premier choix ou de débordement. On distingue les quatre états de charge suivants: faible charge (LL, *lightly loaded*), forte charge (HL, *heavily loaded*), réservé (R) ou occupé (B, *busy*). Le choix d'une capacité de route utilise le modèle d'état de liaison et le modèle de choix de route avec profondeur de recherche (DoS, *depth-of-search*) pour déterminer si une demande de connexion peut être acceptée sur une route donnée. Le seuil de l'état de charge autorisé pour la profondeur DoS détermine si une demande de connexion peut être acceptée sur une liaison donnée avec une "profondeur" de largeur de bande disponible. Le nœud d'origine code dans l'élément d'information "établissement de connexion", au moment de l'établissement de la demande de connexion, le seuil d'état de charge DoS autorisé pour chaque liaison. Si la demande de connexion rencontre au niveau d'un nœud intermédiaire une liaison dont la largeur de bande libre et l'état de charge sont inférieurs au seuil d'état de charge DoS autorisé, le nœud intermédiaire émettra alors un élément d'information "retour en arrière/largeur de bande non disponible" à destination du nœud d'origine; ce dernier peut ensuite acheminer la demande de connexion vers un choix de route de débordement. La route A-B-E dans l'exemple de la Figure 2, peut être la route de premier choix si la liaison A-B se trouve dans l'état LL et la liaison B-E dans l'état R.

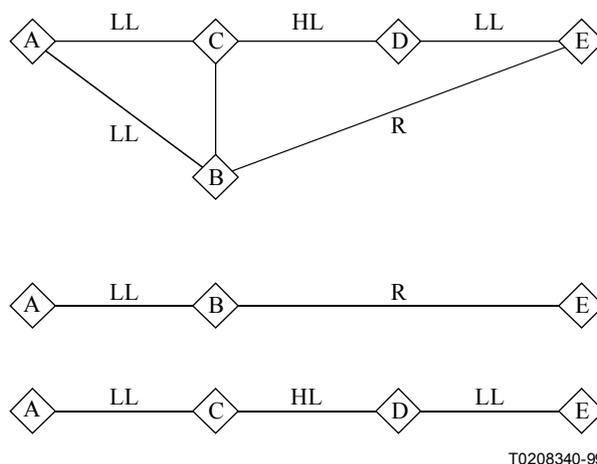


Figure 2/E.351 – Choix de route pour une demande de connexion

Si l'état de charge DoS autorisé est égal ou meilleur que HL, la demande de connexion est alors acheminée sur la liaison A-B mais ne sera pas acceptée sur la liaison B-E, ce qui provoquera le retour de la demande de connexion vers le nœud d'origine A; ce dernier fera une tentative sur la route de débordement A-C-D-E. La demande de connexion réussit alors dans ce cas parce que toutes les liaisons sont un état égal à HL ou meilleur.

Le seuil de l'état de charge DoS recommandé est fonction de la largeur de bande en progression, de la priorité du service et des seuils d'allocation de largeur de bande, comme indiqué dans le Tableau 2.

Tableau 2/E.351 – Détermination du seuil d'état de charge de la profondeur de recherche (DoS)

Etat de charge autorisé _i	Service clé	Service normal		Service avec meilleur effort
		Route de premier choix	Route de débordement	
R	Si $BWIP_i \leq 2 \times BW_{max_i}$	Si $BWIP_i \leq BW_{avg_i}$	Non autorisé	Non autorisé
HL	Si $BWIP_i \leq 2 \times BW_{max_i}$	Si $BWIP_i \leq BW_{max_i}$	Si $BWIP_i \leq BW_{avg_i}$	Non autorisé
LL	Tout $BWIP_i$	Tout $BWIP_i$	Tout $BWIP_i$	Tout $BWIP_i$

avec:

$BWIP_i$ = largeur de bande en progression sur le réseau VNET i

BW_{avg_i} = largeur de bande minimale garantie pour que le réseau VNET i puisse véhiculer la charge de largeur de bande offerte moyenne

BW_{max_i} = largeur de bande requise pour que le réseau VNET i puisse atteindre un objectif de degré de service avec une probabilité de blocage égale à $1,1 \times BW_{avg_i}$

Il convient de noter que tous les paramètres sont spécifiés pour chaque couple de nœuds d'origine et de destination et que la méthode de gestion des ressources de QS tient compte du service clé et du service avec meilleur effort. Les services clé sont traités avec une priorité d'acheminement plus élevée en autorisant une profondeur DoS de choix de route supérieure à celle des services normaux. Les services avec meilleur effort sont traités avec une priorité d'acheminement plus faible en

diminuant la profondeur DoS du choix de route par rapport à la normale. Les valeurs de BW_{avg_i} sont calculées de manière périodique, par exemple chaque semaine w et peuvent faire l'objet d'un lissage exponentiel sur plusieurs semaines en utilisant la formule suivante:

$$BW_{avg_i}(w) = 0,5 \times BW_{avg_i}(w - 1) + 0,5 \times [BWIP_{avg_i}(w) + BWOV_{avg_i}(w)]$$

avec:

$BWIP_{avg_i}$ = largeur de bande moyenne en progression pour une période d'ensemble de charge sur le réseau VNET i

$BWOV_{avg_i}$ = moyenne du débordement de largeur de bande sur une période d'ensemble de charge

Les valeurs moyennes de $BWIP_i$ et de $BWOV_i$ sont calculées sur diverses périodes d'ensemble de charge telles les valeurs moyennes du matin, de l'après-midi et du soir pour les jours de semaine, les samedis et les dimanches afin d'obtenir les valeurs de $BWIP_{avg_i}$ et de $BWOV_{avg_i}$.

Le Tableau 3 qui suit donne une illustration des seuils permettant de déterminer les états de charge des liaisons.

Tableau 3/E.351 – Détermination de l'état de charge des liaisons

Nom de l'état		Condition
Occupé	B	$ILBW_k < EQBW$
Réservé	R	$ILBW_k \leq Rthr_k$
Forte charge	HL	$Rthr_k < ILBW_k \leq HLthr_k$
Faible charge	LL	$HLthr_k < ILBW_k$

avec:

$ILBW_k$ = largeur de bande libre sur la liaison k

$EQBW$ = largeur de bande équivalente pour la connexion

$Rthr_k$ = seuil de réservation de largeur pour la liaison k , soit $N \times 0,05 \times TBW_k$ pour le niveau de réservation N de largeur de bande

$HLthr_k$ = seuil de forte charge de largeur de bande pour la liaison k , soit $Rthr_k + 0,05 \times TBW_k$

TBW_k = largeur de bande totale requise sur la liaison k pour fournir un degré de service respectant l'objectif de probabilité de blocage pour des demandes de connexion sur la route de premier choix.

La méthode de gestion des ressources de QS recommandée implémente une logique de réservation favorisant les connexions acheminées sur la route de premier choix dans des situations d'encombrement de liaison. La réservation de largeur de bande est immédiatement déclenchée si un blocage de liaison est détecté et le niveau de réservation N est positionné pour la liaison en fonction de son niveau d'encombrement. Il en résulte que le trafic qui effectue une tentative de débordement sur une liaison encombrée doit respecter la réservation de largeur de bande et que le trafic de route de premier choix est favorisé sur cette liaison. En même temps, les seuils des états de liaison LL et HL sont augmentés pour cette liaison afin de tenir compte de la capacité de largeur de bande réservée pour le réseau virtuel. La Figure 3 ci-dessous présente l'allocation de largeur de bande et les mécanismes permettant de protéger la largeur de bande par réservation de largeur de bande.

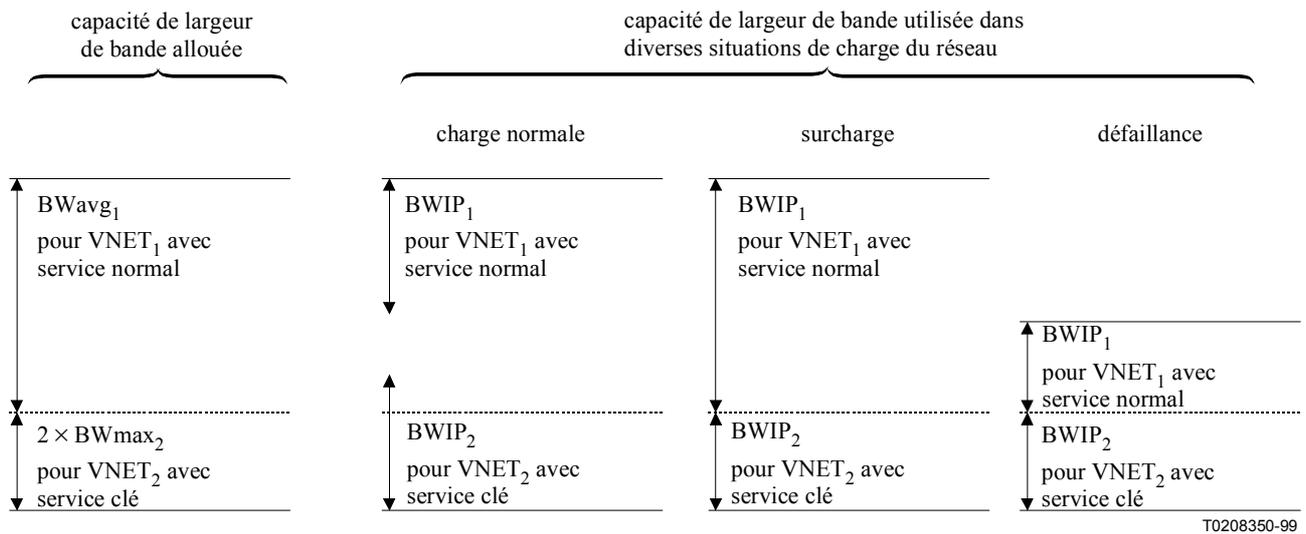


Figure 3/E.351 – Allocation de largeur de bande, protection et acheminement avec priorité

La largeur de bande est entièrement partagée dans des conditions normales, mais elle est protégée dans des situations de surcharge par les mécanismes de réservation qui permettent à chaque réseau virtuel d'utiliser la largeur de bande qui lui est allouée. Toutefois, dans les situations de défaillance, les mécanismes de réservation donnent aux services clé la largeur de bande qui leur est allouée avant d'effectuer l'allocation pour les services de priorité plus faible. Les services avec meilleur effort ne réservent normalement aucune largeur de bande et des mesures sont prises pour utiliser de manière efficace la largeur de bande réservée. Des illustrations sont fournies dans la référence [A98] en ce qui concerne la robustesse de la réservation de largeur de bande dynamique pour la protection du trafic préféré dans un nombre important de situations de trafic diverses.

Le niveau de réservation N (N pouvant être, par exemple, un niveau parmi quatre) est calculé pour chaque liaison k en fonction du niveau de blocage de la liaison et du trafic estimé pour cette liaison. Le niveau de blocage de liaison est égal au comptage équivalent de débordement de largeur de bande divisé par le comptage de référence équivalent de largeur de bande pour le dernier intervalle de mise à jour périodique. Ceci signifie que:

$BWOV_k$ = comptage équivalent de débordement de largeur de bande sur la liaison k

$BWPC_k$ = comptage de référence équivalent de largeur de bande sur la liaison k

LBL_k = niveau de blocage de liaison sur la liaison k , soit $BWOV_k/BWPC_k$

Si le niveau LBL_k dépasse une valeur de seuil, le niveau de réservation N est alors calculé en conséquence. La largeur de bande réservée et les états de liaison sont déterminés en fonction de la largeur de bande totale TBW_k requise sur la liaison k , qui est calculée en ligne, par exemple toutes les m minutes et lissée en utilisant la formule suivante:

$$TBW_k(m) = 0,5 \times TBW_k(m - 1) + 0,5 \times [1,1 \times TBWIP_k(m) + TBWOV_k(m)]$$

dans laquelle

$TBWIP_k$ = somme des largeurs de bande en progression ($BWIP_i$) de tous les réseaux VNET i pour des connexions dont la route de premier choix utilise la liaison k .

$TBWOV_k$ = somme des débordements de largeur de bande ($BWOV_i$) de tous les réseaux VNET i pour des connexions dont la route de premier choix utilise la liaison k .

Il en résulte que les seuils de niveau de réservation et d'état de charge sont proportionnels à l'estimation de la charge de trafic de largeur de bande nécessaire, ce qui signifie que la largeur de

bande réservée et la largeur de bande nécessaire pour qu'une liaison se trouve dans l'état de faible charge varient dans le même sens que la charge de trafic, ce qui est intuitivement correct.

5.4.3 Autres contraintes de QS relatives à l'acheminement

D'autres contraintes de QS relatives à l'acheminement sont prises en compte par les méthodes recommandées de gestion des ressources de QS et de choix de route en plus de l'allocation de largeur de bande, de la protection de largeur de bande et de l'acheminement avec priorité. Ces contraintes englobent le délai de transfert de bout en bout, la variation de délai [G99a] ainsi que les considérations telles que l'affaiblissement, les échos et le bruit [D99], [G99a], [G99b]. Le choix de la capacité de liaison (LC, *link capability*) permet en outre d'acheminer des demandes de connexion au moyen de médias de transmission spécifiques qui fournissent les caractéristiques particulières exigées par ces demandes de connexion. Une demande de connexion peut, d'une manière générale, exiger, préférer ou refuser un ensemble de caractéristiques de transmission telles que la transmission par fibre optique, par radio, par satellite, par voie terrestre et avec ou sans compression. La logique de la table d'acheminement permet à la demande de connexion d'ignorer les itinéraires de transmission qui ne possèdent pas les caractéristiques souhaitées et de rechercher la meilleure adéquation aux besoins de la demande de connexion. Un ensemble de préférences LC est spécifié pour chaque identité de service pour la demande de connexion. Le choix des préférences LC peut remplacer l'ordre normal de choix des routes. Si une caractéristique LC est exigée, toute route qui comprend une liaison ne présentant pas cette caractéristique est alors ignorée. Si une caractéristique est préférée, toutes les routes dont les liaisons présentent cette caractéristique sont alors utilisées en premier et les routes dont les liaisons ne présentent pas cette caractéristique seront utilisées ensuite. Une préférence LC est indiquée par la présence ou l'absence d'une caractéristique. Si, par exemple, une transmission par fibre optique est exigée, seules les routes dont toutes les liaisons possèdent la caractéristique "fibre optique = Oui" sont alors utilisées. Si l'utilisation d'une transmission par fibre optique est préférée, les routes dont toutes les liaisons possèdent la caractéristique "fibre optique = Oui" sont utilisées en premier et les routes dont certaines liaisons possèdent la caractéristique "fibre optique = Non" sont utilisées ensuite.

5.4.4 Mise en file d'attente avec priorité

En plus de la procédure recommandée de gestion de largeur de bande de QS au moment de l'établissement d'une demande de connexion, il est recommandé d'utiliser une capacité QS de mise en file d'attente avec priorité de service pendant la durée d'établissement de la connexion. Une discipline de mise en file d'attente est recommandée au niveau de chaque liaison, de sorte que les paquets ou les cellules sont servis en priorité dans l'ordre suivant: service clé avec débit CBR, service clé en temps réel avec débit VBR, service clé en temps différé avec débit VBR, service normal avec débit CBR, service normal en temps réel avec débit VBR, service clé normal en temps différé avec débit VBR et service avec meilleur effort avec débit UBR.

5.4.5 Elaboration recommandée de normes pour les méthodes de gestion de ressources de QS

Le sous-paragraphe 6.4, recommande l'élaboration des éléments "paramètre de qualité de service" (QoS-PAR, *quality-of-service parameter*) et "paramètre de trafic" (TRAF-PAR, *traffic parameter*) au sein de réseaux basés sur le mode TDM pour la prise en charge de l'allocation de largeur de bande et la protection, d'une manière compatible avec les éléments QoS-PAR et TRAF-PAR utilisés dans les réseaux basés sur le mode ATM et sur le protocole IP. Le sous-paragraphe 6.4 recommande en outre l'élaboration de l'élément "profondeur de recherche" (DoS) au sein de réseaux basés sur le mode TDM, qui sera compatible avec l'élément DoS utilisé dans des réseaux basés sur le mode ATM et le protocole IP. Le sous-paragraphe 6.4 recommande enfin l'élaboration des éléments "services différenciés" (DIFFSERV) pour la prise en charge de la mise en file d'attente avec priorité dans les réseaux basés sur le mode ATM et sur le protocole IP. Comme indiqué dans le Tableau 1, il est recommandé [E.350] que ces méthodes de gestion de ressources de QS soient élaborées pour des

réseaux basés sur le mode TDM. Lorsque ce sera le cas, les paramètres QoS-PAR, TRAF-PAR, DoS et DIFFSERV deviendront alors les méthodes normalisées de gestion de ressources de QS pour l'interfonctionnement entre des réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP.

5.5 Harmonisation des normes de méthode d'acheminement

L'harmonisation des normes de méthodes d'acheminement est recommandée pour les deux cas de technologie des deux colonnes de droite du Tableau 1, dans lesquelles des réseaux RTPC incorporent des technologies basées sur le mode ATM ou sur le protocole IP. Les normes harmonisées concernent, par exemple, le cas de réseaux RTPC tels que les réseaux B et C de la Figure 1 qui incorporent une technologie basée sur le protocole IP ou le mode ATM. Si on suppose que le réseau B est un réseau RTPC incorporant une technologie basée sur le protocole IP, il est alors recommandé d'appliquer des méthodes d'acheminement classiques et un échange d'informations compatible. Cette réalisation affectera les recommandations de l'UIT-T et de l'IETF qui s'appliquent aux fonctions d'acheminement et d'échange d'informations.

Des contributions du forum ATM et de l'IETF sont nécessaires pour traiter les points suivants:

- a) fonctionnalité nécessaire pour la traduction de numéro/l'acheminement, prenant en charge les adresses d'acheminement du réseau international et les paramètres d'adresse IP;
- b) fonctionnalité nécessaire pour la gestion de table d'acheminement englobant les méthodes de demande de statut et de recommandation d'acheminement;
- c) fonctionnalité nécessaire pour le choix de route englobant l'acheminement en fonction de l'heure et l'acheminement en fonction des événements.

6 Prescriptions de signalisation et d'échange d'informations

Le Tableau 4 résume les méthodes recommandées pour la signalisation et l'échange d'informations pris en charge pour chacune des technologies qui sont recommandées pour les divers types de réseaux. Le Tableau 4 indique:

- a) les paramètres recommandés pour l'échange d'informations, indiqués en caractères normaux, pour la prise en charge des méthodes d'acheminement recommandées dans le paragraphe 5 (Tableau 1);
- b) les normes recommandées pour la prise en charge des paramètres d'échange d'informations, indiqués en caractères gras.

Tableau 4/E.351 – Paramètres de signalisation et d'échange d'informations recommandés pour la prise en charge des méthodes d'acheminement

Méthode d'acheminement		Technologie de réseau (source des normes)				
		RTPC/ basé sur le mode TDM (Recom- mandations UIT-T)	Basé sur le mode ATM (normes ATMF)	Basé sur le protocole IP (normes IETF)	RTPC/ basé sur le mode ATM (normes harmonisées)	RTPC/ basé sur le protocole IP (normes harmonisées)
Traduction du numéro (nom)/acheminement		E.164-ADR, INRA E.164, E.191 E.353, SS7	E.164-NSAP, CIC UNI, PNNI, AINI	E.164-NSAP, INRA, IP-ADR, CIC voir 6.1	E.164-NSAP, INRA, IP-ADR, CIC voir 6.1	E.164-NSAP, INRA, IP-ADR, CIC voir 6.1
Gestion de la table d'acheminement	Mise à jour de la topologie	HELLO, TSE voir 6.2	HELLO, PTSE UNI, PNNI, AINI, BW-MODIFY	HELLO, LSA OSPF, BGP, MPLS	HELLO, TSE voir 6.2	HELLO, TSE voir 6.2
	Mise à jour du statut	RSE E.350, SS7	PTSE UNI, PNNI, AINI, BW-MODIFY	LSA OSPF, BGP, MPLS	RSE voir 6.2	RSE voir 6.2
	Demande de statut	RQE E.350, SS7	RQE voir 6.2	RQE voir 6.2	RQE voir 6.2	RQE voir 6.2
	Recommandation d'acheminement	RRE E.350, SS7	RRE voir 6.2	RRE voir 6.2	RRE voir 6.2	RRE voir 6.2
Choix de la route	Acheminement fixe	DTL/ER, CBK/BNA E.170, E.350, SS7	DTL, CBK UNI, PNNI, AINI, BW-MODIFY	ER, BNA OSPF, BGP, MPLS	DTL/ER, CBK/BNA voir 6.3	DTL/ER, CBK/BNA voir 6.3
	Acheminement en fonction du temps	DTL/ER, CBK/BNA E.350, SS7	DTL/ER, CBK/BNA voir 6.3	DTL/ER, CBK/BNA voir 6.3	DTL/ER, CBK/BNA voir 6.3	DTL/ER, CBK/BNA voir 6.3
	Acheminement en fonction de l'état	DTL/ER, CBK/BNA E.350, SS7	DTL, CBK UNI, PNNI, AINI, BW-MODIFY	ER, BNA OSPF, BGP, MPLS	DTL/ER, CBK/BNA voir 6.3	DTL/ER, CBK/BNA voir 6.3
	Acheminement en fonction des événements	DTL/ER, CBK/BNA E.350, SS7	DTL/ER, CBK/BNA voir 6.3	DTL/ER, CBK/BNA voir 6.3	DTL/ER, CBK/BNA voir 6.3	DTL/ER, CBK/BNA voir 6.3
Gestion des ressources de QS	Allocation et protection de largeur de bande	QoS-PAR, TRAF-PAR, DoS, MOD voir 6.4	QoS-PAR, TRAF-PAR, DoS, MOD UNI, PNNI, AINI, BW-MODIFY	QoS-PAR, TRAF-PAR, DoS, MOD OSPF, BGP, MPLS	QoS-PAR, TRAF-PAR, DoS, MOD voir 6.4	QoS-PAR, TRAF-PAR, DoS, MOD voir 6.4
	Acheminement avec priorité	DoS voir 6.4	DoS UNI, PNNI, AINI, BW-MODIFY	DoS OSPF, BGP, MPLS	DoS voir 6.4	DoS voir 6.4
	Mise en file d'attente avec priorité	N/A	DIFFSERV UNI, PNNI, AINI, BW-MODIFY	DIFFSERV DIFFSERV, OSPF, BGP, MPLS	DIFFSERV voir 6.4	DIFFSERV voir 6.4

L'utilisation de ces méthodes d'échange d'informations est recommandée au sein de chaque type de réseau et pour l'interfonctionnement entre types de réseaux. Il s'ensuit qu'il est recommandé que tous les paramètres d'échange d'informations indiqués dans le Tableau 4 soient pris en charge par les normes figurant dans le tableau, pour chacune des cinq technologies de réseau. Ceci signifie qu'il est recommandé d'élaborer des normes pour tous les paramètres d'échange d'informations qui ne sont pas pris en charge à l'heure actuelle et qui sont identifiés dans le Tableau 4 sous la forme de références aux sous-paragraphes de la présente Recommandation. Ceci garantira la compatibilité de l'échange d'informations lors de l'interfonctionnement entre types de réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP, comme noté pour les technologies de réseau figurant dans les trois premières colonnes. Il est recommandé en outre, pour la prise en charge de l'échange d'informations lors de l'interfonctionnement entre types de réseaux, que cet échange au niveau de l'interface soit compatible entre types de réseaux. La normalisation recommandée pour les méthodes d'acheminement d'informations et les paramètres d'échange d'informations prend également en charge les cas de technologie de réseau figurant dans les deux dernières colonnes du Tableau 4, lorsque des réseaux RTPC incorporent une technologie basée sur le mode ATM ou sur le protocole IP.

Nous traiterons d'abord plus en détail les méthodes d'acheminement identifiées dans les colonnes du Tableau 4, puis l'harmonisation de l'échange d'informations, tel qu'il est identifié dans les colonnes 4 et 5 du Tableau 4 pour les réseaux RTPC basés sur le mode ATM et les réseaux RTPC basés sur le protocole IP. Les sous-paragraphes 6.1 à 6.4 décrivent respectivement les paramètres d'échange d'informations pour la traduction de numéro/l'acheminement, de gestion de table d'acheminement, de choix de route et de gestion des ressources de QS qui sont recommandés dans le Tableau 4. Le sous-paragraph 6.5 traite des normes d'harmonisation des méthodes d'acheminement pour le cas des deux technologies de réseau figurant dans les deux dernières colonnes du Tableau 4, lorsque des réseaux RTPC incorporent une technologie basée sur le mode ATM ou sur le protocole IP.

6.1 Paramètres d'échange d'informations pour la traduction de numéro/l'acheminement

La présente Recommandation suppose que la signalisation de commande d'appel pour l'établissement de l'appel est distincte de la signalisation de commande de connexion/d'allocation de largeur de bande pour l'établissement du canal support. Les protocoles de signalisation de commande d'appel sont décrits, par exemple, dans les références [Q.2761] pour le protocole de signalisation du sous-système utilisateur du RNIS à large bande (B-ISUP, *broadband ISDN user part*), [ATM990048] et [T1S198] pour le sous-système ISUP avec jonctions virtuelles, [H.323] pour le protocole H.323, [GR99] pour le protocole de commande de passerelle de média [MEGACO] et [HSSR99] pour le protocole d'initiation de session. Les protocoles de commande de connexion sont décrits dans les Annexes A à C et comprennent, par exemple, les références [Q.2761] pour la signalisation du sous-système utilisateur du RNIS à large bande, [ATM960055] pour la signalisation d'interface PNNI, [ATM960061] pour la signalisation d'interface UNI, [DN99] pour la signalisation du conduit virtuel commuté (SVP) et [J99] pour la signalisation MPLS/CRLDP (protocole de distribution avec étiquette d'acheminement basé sur des contraintes).

Comme indiqué au 5.1, la traduction de numéro (ou du nom) doit fournir comme résultat des adresses E.164 de point NSAP, des adresses INRA et/ou des adresses IP. Il est recommandé de prendre des dispositions pour véhiculer des adresses E.164 de point NSAP, des adresses INRA et des adresses IP dans l'élément d'information "établissement de connexion". Lorsque ce sera le cas, les adresses E.164 de point NSAP, les adresses INRA et les adresses IP deviendront la méthode d'adressage normalisée pour l'interfonctionnement entre réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP. Il est recommandé en outre de véhiculer un code d'identification d'appel (CIC, *call identification code*) dans les éléments d'information de commande d'appel et dans les éléments d'information de commande d'appel et d'établissement de connexion de commande de support afin d'établir une corrélation entre l'établissement de commande d'appel et l'établissement de la commande de support, [ATM990048] et [T1S198]. On utilise parfois la désignation "protocole de

jonction virtuelle du sous-système ISUP "+" ou "protocole de commande d'appel indépendante du support" (BICC) pour désigner le transfert de ces paramètres supplémentaires dans les éléments d'information "établissement de connexion" dans le sous-système utilisateur (ISUP) du système de signalisation n° 7 (SS7).

Il est recommandé, comme indiqué dans le Tableau 4, de prendre des dispositions pour véhiculer des adresses E.164 de point NSAP, des adresses INRA et des adresses IP dans l'élément d'information "établissement de connexion". Il est en particulier recommandé que des éléments d'adresse E.164 de point NSAP, d'adresse INRA et d'adresse IP soient élaborés au sein des réseaux basés sur le protocole IP et des réseaux RTPC basés sur le protocole IP. Comme indiqué au 5.2 et dans le Tableau 1, il est recommandé que des méthodes de traduction de numéro/d'acheminement prises en charge pour ces paramètres soient développées pour des réseaux basés sur le protocole IP et des réseaux RTPC basés sur le protocole IP. Lorsque ce sera le cas, les adresses E.164 de point NSAP, les adresses INRA et les adresses IP deviendront alors la méthode normalisée d'adressage pour l'interfonctionnement entre les réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP.

6.2 Paramètres d'échange d'informations de gestion de table d'acheminement

Les informations de gestion de table d'acheminement sont utilisées pour appliquer les règles de conception de table d'acheminement dans les procédures de choix de route dans la table d'acheminement. Ces informations sont échangées entre deux nœuds, par exemple entre les nœuds d'origine et de destination ou entre un nœud et un élément réseau, tel qu'un processeur d'acheminement (RP). Ces informations sont utilisées pour générer la table d'acheminement utilisée par la suite pour effectuer les choix de route.

Les réseaux basés sur le mode ATM et le protocole IP interprètent déjà les mécanismes du protocole HELLO pour identifier les liaisons dans le réseau lors de la mise à jour automatique et de la synchronisation de la base de données de topologie, fonctions essentielles pour la conception de la table d'acheminement. La fourniture automatique à la base de données de topologie des informations de nœud, de liaison et d'adresse accessibles utilise, pour réaliser la synchronisation de cette base de données, l'échange de l'élément "état de topologie d'interface PNNI" (PTSE) dans les réseaux basés sur le mode ATM et l'annonce d'état de liaison (LSA) dans les réseaux basés sur le protocole IP. Il s'ensuit que les paramètres suivants sont recommandés pour cette fonction:

- 1) paramètre HELLO: fournit l'identification des liaisons entre nœuds dans le réseau;
- 2) paramètre "élément d'état de topologie" (TSE, *topology-state-element*): fournit la mise à jour automatique des adresses de nœuds, des liaisons et des adresses accessibles dans la base de données de topologie.

Ces paramètres d'échange sont déjà mis en place dans des implémentations de réseau basé sur le mode ATM et le protocole IP et leur extension est recommandée pour des environnements de réseau basé sur le mode TDM.

Les paramètres suivants sont recommandés pour les fonctions de demande de statut et de recommandation d'acheminement:

- 3) paramètre "élément de demande d'acheminement" (RQE): fournit une demande de statut de liaison entre nœud d'origine et de destination ou de liaison entre nœud d'origine et le processeur d'acheminement et de statut de ces nœuds;
- 4) paramètre "élément de statut d'acheminement" (RSE): fournit une information de statut de liaison entre nœud d'origine et de destination ou de liaison entre nœud d'origine et le processeur d'acheminement ou le statut de ces nœuds;
- 5) paramètre "élément de recommandation d'acheminement" (RRE): fournit une recommandation d'acheminement entre un processeur d'acheminement et le nœud.

Ces paramètres d'échange d'informations sont en cours de normalisation dans la Recommandation [E.350] et leur extension est recommandée pour les environnements de réseau basé sur le mode ATM et le protocole IP.

Il est recommandé, comme indiqué dans le Tableau 4, d'élaborer un paramètre TSE au sein des réseaux RTPC basés sur le mode TDM. Comme indiqué au 5.2 et dans le Tableau 1, il est recommandé que des méthodes d'acheminement de mise à jour de la topologie prises en charge par ces paramètres soient élaborées pour les réseaux RTPC basés sur le mode TDM. Lorsque ce sera le cas, les paramètres HELLO et TSE/PTSE/LSA deviendront alors la méthode normalisée de mise à jour de la topologie pour l'interfonctionnement entre des réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP.

Il est recommandé, comme indiqué dans le Tableau 4, d'élaborer un paramètre RSE au sein des réseaux basés sur le mode TDM, qui sera compatible avec le paramètre PTSE dans les réseaux basés sur le mode ATM et le paramètre LSA dans les réseaux basés sur le protocole IP. Il est recommandé [E.350], comme indiqué au 5.2 et dans le Tableau 1, d'élaborer pour les réseaux basés sur le mode TDM des méthodes d'acheminement de mise à jour de statut prises en charge par ces paramètres. Lorsque ce sera le cas, les paramètres RSE/PTSE/LSA deviendront alors la méthode normalisée de mise à jour du statut pour l'interfonctionnement entre les réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP.

Il est recommandé, comme indiqué dans le Tableau 4, d'élaborer un paramètre RQE au sein des réseaux basés sur le mode ATM, les réseaux RTPC basés sur le mode ATM et les réseaux RTPC basés sur le mode IP. Comme indiqué au 5.2 et dans le Tableau 1, il est recommandé de développer des méthodes d'acheminement de demande de statut prises en charge par ces paramètres pour les réseaux basés sur le mode ATM, les réseaux RTPC basés sur le mode ATM et les réseaux RTPC basés sur le mode IP. Lorsque ce sera le cas, les paramètres RQE deviendront alors la méthode normalisée de demande de statut pour l'interfonctionnement entre les réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP.

Il est recommandé, comme indiqué dans le Tableau 4, d'élaborer un paramètre RRE au sein des réseaux basés sur le mode ATM, les réseaux RTPC basés sur le mode ATM et les réseaux RTPC basés sur le mode IP. Comme indiqué au 5.2 et dans le Tableau 1, il est recommandé de développer des méthodes de demande de recommandation d'acheminement prises en charge par ces paramètres pour les réseaux basés sur le mode ATM, les réseaux RTPC basés sur le mode ATM et les réseaux RTPC basés sur le mode IP. Lorsque ce sera le cas, les paramètres RRE deviendront alors la méthode normalisée de demande de recommandation d'acheminement pour l'interfonctionnement entre les réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP.

6.3 Paramètre d'échange d'informations de choix de route

Les informations de commande de connexion/d'allocation de largeur de bande sont utilisées pour occuper une largeur de bande sur des liaisons d'une route, pour libérer une largeur de bande sur des liaisons d'une route et pour faire progresser les choix de route dans la table d'acheminement. Les éléments d'information existants pour l'établissement de la connexion/d'allocation de largeur de bande et la libération de connexion, tels qu'ils sont décrits dans les références [Q.2761], [ATM960055], [ATM960061], [DN99] et [J99], peuvent être utilisés pour la commande de l'acheminement SVC/SVP/CRLDP, les seuils d'allocation de largeur de bande DoS ainsi qu'avec les procédures "retour en arrière/largeur de bande non disponible" permettant un acheminement de débordement ultérieur. Le choix effectif d'une route s'effectue au moyen de la table d'acheminement et des informations de commande de connexion/d'allocation de largeur de bande.

L'acheminement par la source peut être implémenté au moyen des méthodes de signalisation de commande de connexion/d'allocation de largeur de bande utilisant le paramètre "liste de transit désignée" (DTL) ou "route explicite" (ER) dans l'élément d'information "établissement de connexion" (messages IAM, SETUP, MODIFY REQUEST et LABEL REQUEST [*respectivement*,

message initial d'adresse, établissement, demande de modification et demande d'étiquette) et le paramètre "retour en arrière" (CBK)/largeur de bande non disponible (BNA) dans l'élément d'information "libération de connexion" (messages RELEASE, MODIFY REJECT et NOTIFY [*respectivement, libération, rejet de modification et notification*]). Les paramètres DTL ou ER spécifient tous les nœuds intermédiaires et de destination sur une route, tels qu'ils sont déterminés par le nœud d'origine; le paramètre "retour en arrière/largeur de bande non disponible" permet à un nœud intermédiaire de renvoyer la demande de connexion vers le nœud en vue d'un acheminement de débordement ultérieur.

L'échange d'informations vers l'avant est utilisé lors de l'établissement de connexion/d'allocation de largeur de bande, il inclut, par exemple, les paramètres suivants:

- 6) paramètre "établissement" avec liste de transit désignée/route explicite (DTL/ER): le paramètre DTL d'interface PNNI ou le paramètre ER du protocole CRLDP spécifie chaque nœud intermédiaire et le nœud de destination de la route; il est utilisé par chaque nœud intermédiaire pour déterminer le nœud suivant sur la route.

L'échange d'informations en retour est utilisé pour libérer la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande sur une liaison entre un nœud de destination et un nœud intermédiaire ou entre un nœud intermédiaire et un nœud d'origine; les paramètres suivants sont recommandés:

- 7) paramètre "libération avec retour en arrière/largeur de bande non disponible" (CBK/BNA): le paramètre CBK/BNA de l'élément d'information "libération de connexion" est émis par le nœud intermédiaire vers le nœud d'origine ou par le nœud de destination vers le nœud d'origine; il permet éventuellement un nouvel acheminement de débordement au niveau du nœud d'origine.

Il est recommandé d'inclure le paramètre CBK/BNA (si nécessaire) dans l'élément d'information RELEASE pour des réseaux basés sur le mode TDM, les éléments d'information de circuit virtuel commuté RELEASE et MODIFY REJECT pour des réseaux basés sur le mode ATM et l'élément d'information NOTIFY du protocole CRLDP pour des réseaux basés sur le protocole IP. Ce paramètre permet au nœud d'origine de rechercher la largeur de bande supplémentaire sur de nouvelles ressources SVC/SVP/CRLSP.

Il est recommandé, comme indiqué dans le Tableau 4, d'élaborer des éléments DTL/ER et CBK/BNA au sein des réseaux basés sur le mode TDM, qui seront compatibles avec l'élément DTL dans les réseaux basés sur le mode ATM et l'élément ER dans les réseaux basés sur le protocole IP. Il est recommandé [E.350] d'élaborer, comme indiqué au 5.3 et dans le Tableau 1, des méthodes de choix de route prises en charge par ces paramètres pour les réseaux basés sur le mode TDM. Il est recommandé en outre d'élaborer des méthodes d'acheminement TDR et EDR prises en charge par ces paramètres pour des réseaux basés sur le mode ATM, des réseaux RTPC basés sur le mode ATM et le protocole IP. Lorsque ce sera le cas, les paramètres DTL/ER et CBK/BNA deviendront alors la méthode normalisée de choix de route pour l'interfonctionnement entre les réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP.

6.4 Paramètres d'échange d'informations pour la gestion des ressources de QS

Les informations de gestion des ressources de QS sont utilisées afin de fournir des priorités de service différenciées pour la prise en charge de la largeur de bande sur les liaisons d'une route, ainsi que pour fournir une priorité de mise en file d'attente de ressource. Les paramètres suivants sont recommandés:

- 8) paramètres d'établissement avec QS (QoS-PAR): les paramètres QoS-PAR contiennent des seuils de QS tels que le délai de transfert, la variation de délai et les pertes de paquet. Ils sont utilisés par chaque nœud intermédiaire pour comparer la performance de QS de la liaison avec le seuil de QS requis, de manière à déterminer si la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande est acceptée ou bloquée sur cette liaison;

- 9) paramètres d'établissement avec trafic (TRAF-PAR): les paramètres TRAF-PAR contiennent des informations telles que le débit moyen, le débit maximal et le débit minimal. Ils sont utilisés par chaque nœud intermédiaire pour comparer les caractéristiques de trafic de la liaison avec les seuils demandés pour le paramètre TRAF-PAR afin de déterminer si la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande est admise ou bloquée sur cette liaison;
- 10) établissement avec paramètre "profondeur de recherche" (DoS): le paramètre DoS est utilisé par chaque nœud intermédiaire pour comparer l'état de charge de la liaison avec la valeur de profondeur DoS autorisée, de manière à déterminer si la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande est admise ou bloquée sur cette liaison;
- 11) établissement avec paramètre "modification" (MOD): le paramètre MOD est utilisé par chaque nœud intermédiaire pour vérifier la demande de modification des paramètres de trafic d'un conduit SVP ou d'un itinéraire CRLSP, afin de déterminer si la demande de modification est admise ou bloquée sur cette liaison;
- 12) paramètre "services différenciés" (DIFFSERV): le paramètre DIFFSERV est utilisé dans des réseaux basés sur le mode ATM et le protocole IP pour la prise en charge de la mise en file d'attente avec priorité. Le paramètre est utilisé au niveau des files d'attente associées à chaque liaison pour indiquer la priorité relative et la stratégie de gestion de chaque file d'attente.

Il est recommandé d'inclure (comme approprié) les paramètres QoS-PAR, TRAF-PAR, DTL/ER, DoS, MOD et DIFFSERV dans le message initial d'adresse (IAM, *initial address message*) pour des réseaux basés sur le mode TDM, l'élément d'information SETUP de circuit SVC/de conduit SVP et l'élément d'information MODIFY REQUEST de conduit SVP pour des réseaux basés sur le mode ATM et l'élément d'information LABEL REQUEST de protocole CRLDP pour des réseaux basés sur le protocole IP. Ces paramètres sont utilisés pour la commande de l'acheminement et l'allocation de largeur de bande ainsi que pour les priorités d'acheminement/de mise en file d'attente.

Comme indiqué dans le Tableau 4, il est recommandé d'élaborer les éléments QoS-PAR et TRAF-PAR au sein de réseaux basés sur le mode TDM afin de prendre en charge l'allocation de largeur de bande et la protection; ces éléments seront compatibles avec les éléments QoS-PAR et TRAF-PAR dans des réseaux basés sur le mode ATM et le protocole IP. Il est recommandé en outre d'élaborer l'élément DoS au sein de réseaux basés sur le mode TDM; cet élément sera compatible avec l'élément DoS dans des réseaux basés sur le mode ATM et le protocole IP. Il est recommandé, enfin, d'élaborer l'élément DIFFSERV dans des réseaux basés sur le mode ATM et le protocole IP pour la prise en charge de la mise en file d'attente avec priorité. Il est recommandé [E.350], comme indiqué au 5.4 et le Tableau 1, d'élaborer des méthodes de gestion de ressources de QS prises en charge par ces paramètres pour des réseaux basés sur le mode TDM. Lorsque ce sera le cas, les paramètres QoS-PAR, TRAF-PAR, DoS et DIFFSERV deviendront alors les méthodes normalisées de gestion de ressources de QS pour l'interfonctionnement entre les réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP.

6.5 Harmonisation des normes d'échange d'informations

L'harmonisation des normes d'échange d'informations est nécessaire dans le cas des technologies des deux colonnes de droite du Tableau 4, dans lesquelles des réseaux RTPC incorporent une technologie basée sur le mode ATM ou le protocole IP. Les normes harmonisées concernent, par exemple, le cas de réseaux RTPC tels que le réseau B et le réseau C de la Figure 1 qui incorporent une technologie basée sur le protocole IP ou le mode ATM. Si on considère que le réseau B est un réseau RTPC incorporant une technologie basée sur le protocole IP, il est recommandé d'appliquer des méthodes classiques d'acheminement et un échange d'informations compatible. Ceci aura un impact sur les recommandations de l'UIT-T et de l'IETF qui s'appliquent aux fonctions concernées d'acheminement et d'échange d'informations.

Des contributions du forum ATM et le l'IETF sont nécessaires pour traiter les points suivants:

- a) fonctionnalité nécessaire pour la traduction de numéro/l'acheminement, prenant en charge les adresses d'acheminement du réseau international et les paramètres d'adresse IP;
- b) fonctionnalité nécessaire pour la gestion de table d'acheminement englobant les méthodes de demande de statut et de recommandation d'acheminement;
- c) fonctionnalité nécessaire pour le choix de route englobant l'acheminement en fonction du temps et l'acheminement en fonction des événements.

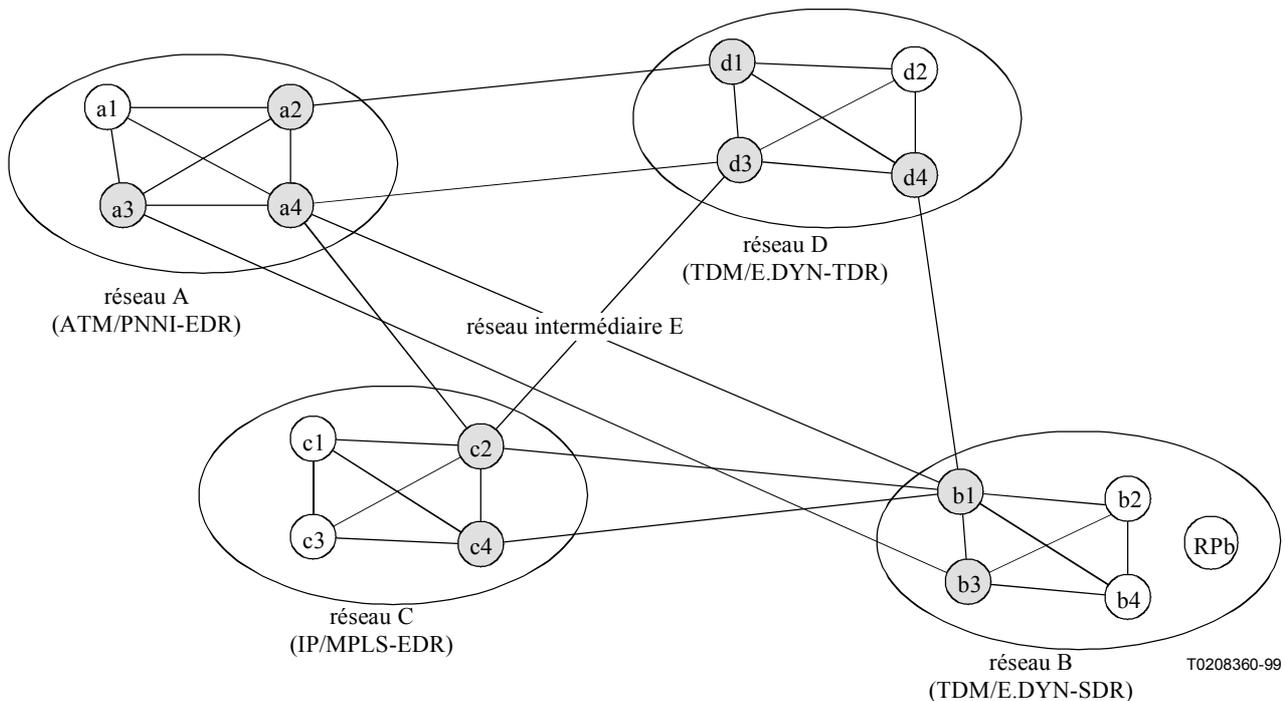
6.6 Interface ouverte de programmation d'application (API) pour l'acheminement

Des interfaces de programmation d'application (API, *application programming interface*) sont en cours d'élaboration pour permettre la commande d'éléments réseau à travers les interfaces ouvertes accessibles aux applications individuelles. Les interfaces API fournissent aux fonctions d'application particulières la possibilité d'accès et de commande pour des fonctions de réseau, incluant la stratégie d'acheminement. Les paramètres d'interface API qui sont sous la commande de l'application, tels que ceux spécifiés par exemple dans la référence [PARLAY], sont indépendants des protocoles particuliers pris en charge au sein du réseau et peuvent fournir de ce fait un langage et un cadre général communs à diverses technologies de réseau telles que celles basées sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP.

Le présent sous-paragraphe spécifie les paramètres de gestion de connectivité de signalisation/d'échange d'informations dont la commande est nécessaire à travers les interfaces d'application, à savoir les paramètres QoS-PAR, TRAF-PAR, DTL/ER, DoS, MOD, DIFFSERV, E.164-NSAP, INRA, CIC et d'autres éventuellement. Le présent sous-paragraphe spécifie également les paramètres de stratégie de signalisation/d'échange d'informations spécifiées dont la commande est nécessaire à travers les interfaces d'application, à savoir les paramètres TSE, RQE, RRE et d'autres éventuellement. Il est recommandé de spécifier ces paramètres au sein de l'interface API ouverte pour les fonctionnalités d'acheminement, de sorte que les applications disposeront de l'accès et de la commande pour les fonctionnalités d'acheminement au sein du réseau d'une manière indépendante du ou des protocoles utilisés dans le réseau.

7 Exemples d'acheminement entre réseaux

La présente Recommandation examine le cas d'un réseau constitué de sous-réseaux qui utilisent divers protocoles d'acheminement. L'exemple de la Figure 4, traite le cas d'un réseau constitué de quatre sous-réseaux A, B, C et D dont chacun utilise un protocole d'acheminement différent. Dans cet exemple, le réseau A est basé sur le mode ATM et utilise la méthode d'acheminement EDR entre interfaces PNNI, le réseau B est basé sur le mode TDM et utilise une méthode d'acheminement SDR centralisée périodique, le réseau C est basé sur le protocole IP et utilise une méthode d'acheminement EDR avec protocole MPLS, le réseau D est basé sur le mode TDM et utilise une méthode d'acheminement TDR. Le réseau intermédiaire E est défini par les nœuds qui sont partagés dans la Figure 4; il s'agit d'un réseau virtuel qui fournit l'interfonctionnement effectif entre les réseaux A, B, C et D.



T0208360-99

NOTE – RPB indique un processeur d'acheminement dans le réseau B pour une méthode centralisée d'acheminement périodique SDR. L'ensemble de nœuds ombrés constitue un réseau intermédiaire E qui effectue l'acheminement des demandes de connexion/de largeur de bande entre les réseaux A, B, C et D.

Figure 4/E.351 – Exemple de scénario d'acheminement entre réseaux

7.1 Le réseau intermédiaire E utilise une méthode d'acheminement mixte

Le réseau intermédiaire E peut utiliser diverses méthodes d'acheminement pour la livraison des demandes de connexion/d'allocation de largeur de bande entre les sous-réseaux A, B, C et D. Le réseau intermédiaire E peut, par exemple, implémenter une méthode d'acheminement dans laquelle chacun de ses nœuds utilise la même méthode que celle de son sous-réseau hôte. Considérons une demande de connexion/d'allocation de largeur de bande d'un nœud a1 du réseau A vers le nœud b4 du réseau B. Le nœud a1 achemine d'abord la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande vers l'un ou l'autre des nœuds a3 ou a4 du réseau A en utilisant la méthode EDR. Pour ce faire, le nœud a1 fait une première tentative d'acheminement de la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande sur la liaison directe a1-a4; si cette liaison ne dispose pas de la largeur de bande nécessaire, le nœud a1 choisit ensuite la route qui réussit à l'instant donné, soit a1-a3-a4, et achemine la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande vers le nœud a4 via le nœud a3. Pour ce faire, les nœuds a1 et a3 placent dans l'élément d'information "établissement" de la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande le paramètre DTL/ER (qui identifie le nœud d'origine a1, le nœud intermédiaire a3 et le nœud de destination a4), ainsi que les paramètres QoS-PAR, TRAF-PAR, DoS et DIFFSERV.

Le nœud a4 achemine ensuite la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande vers le nœud b1 dans le sous-réseau B en utilisant la méthode d'acheminement EDR. Pour ce faire, le nœud a4 effectue une première tentative d'acheminement de la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande sur la liaison directe a4-b1; si cette liaison ne dispose pas de la largeur de bande nécessaire, le nœud choisit ensuite la route a4-c2-b1 qui réussit à l'instant donné et achemine la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande vers le nœud b1 via le nœud c2. Pour ce faire, les nœuds a4 et c2 placent dans l'élément d'information "établissement" de la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande le paramètre DTL/ER (qui identifie le nœud d'origine a4, le nœud intermédiaire c2 et le nœud de destination b1), ainsi que les paramètres QoS-PAR, TRAF-PAR, DoS et DIFFSERV.

Si le nœud c2 constate que la liaison c2-b1 ne dispose pas d'une largeur de bande libre suffisante, il renvoie alors la commande de la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande vers le nœud a4 en utilisant un paramètre CBK/BNA dans l'élément d'information "libération de connexion". Si le nœud a4 constate, en examinant le paramètre RSE dans l'élément d'information "réponse de statut" émis par le nœud b1, que la liaison d4-b1 dispose d'une capacité de largeur de bande suffisante, il peut ensuite essayer la route a4-d3-d4-b1 vers le nœud b1. Le nœud a4 achemine dans ce cas la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande vers le nœud d3 sur la liaison a4-d3 et le nœud d3 reçoit un élément d'information "établissement de connexion" avec le paramètre DTL/ER (identifiant le nœud d'origine a4, le nœud intermédiaire d3, le nœud intermédiaire d4 et le nœud de destination b1), ainsi que le paramètre DoS. Le nœud d3 essaye dans ce cas d'obtenir une largeur de bande libre sur la liaison d3-d4 et, s'il existe une largeur de bande suffisante, achemine la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande vers le nœud d4 avec un élément d'information "établissement de connexion" contenant le paramètre DTL/ER (identifiant le nœud d'origine a4, le nœud intermédiaire d3, le nœud intermédiaire d4 et le nœud de destination b1) et les paramètres QoS-PAR, TRAF-PAR, DoS et DIFFSERV. Le nœud d4 achemine ensuite la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande sur la liaison d4-b1 vers le nœud b1. Si par contre la largeur de bande disponible sur la liaison d4-b1 n'est pas suffisante, le nœud d3 renvoie alors la commande de l'appel vers le nœud a4 en utilisant un paramètre CRK/BNA dans l'élément d'information "libération de connexion". Le nœud a4 peut à ce moment choisir une route avec liens multiples, tel que a4-a3-b3-b1, en appliquant la même procédure que pour la route a4-d3-d4-b1.

Le nœud b1 poursuit maintenant l'acheminement de la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande vers le nœud b4 du réseau B en utilisant la méthode d'acheminement SDR centralisé périodique. Pour ce faire, le nœud b1 tente d'abord d'acheminer la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande sur la liaison directe b1-b4 et, dans le cas où la largeur de bande n'est pas disponible sur la liaison b1-b4, choisit ensuite une route à deux liaisons b1-b2-b4 qui est la route de débordement actuel indiqué dans le paramètre RRE fourni par le processeur d'acheminement (RPb) pour le réseau B. Le processeur d'acheminement base ses recommandations d'acheminement de débordement sur des informations de statut de liaison et de trafic reçues de manière périodique (par exemple toutes les 10 secondes) dans les paramètres RSE transmis par chacun des nœuds du réseau B. Le processeur d'acheminement choisit ensuite, en fonction des informations de statut, la route à deux liaisons b1-b2-b4 puis émet de manière périodique (par exemple toutes les 10 secondes) cette recommandation de route de débordement dans le paramètre RRE à destination du nœud b1. Ce dernier achemine ensuite la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande vers le nœud b4 via le nœud b2. Pour ce faire, les nœuds b1 et b2 fournissent dans l'élément d'information "établissement de connexion" de la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande le paramètre DTL/ER (indiquant le nœud d'origine b1, le nœud intermédiaire b2 et le nœud de destination b4), ainsi que les paramètres QoS-PAR, TRAF-PAR, DoS et DIFFSERV.

Le traitement d'une demande de connexion/d'allocation de largeur de bande du nœud b4 du réseau B vers le nœud a1 du réseau A sera similaire à celui de la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande du nœud a1 vers le nœud b4, les étapes précédentes étant effectuées dans l'ordre inverse. L'acheminement de la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande du nœud b1 du réseau B vers le nœud a4 du réseau A utilisera toutefois une méthode différente. Dans ce dernier cas, compte tenu de l'hypothèse de l'acheminement mixte dans le réseau virtuel E, la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande de b1 vers a4 utilise une méthode d'acheminement SDR centralisé périodique qui est celle du réseau B auquel appartient le nœud b1. Le nœud b1 tente d'abord d'acheminer la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande sur la liaison directe b1-a4 et, si cette liaison ne dispose pas de la largeur de bande nécessaire, choisira ensuite une route b1-c2-a4 avec deux liaisons qui est la route de débordement recommandée à l'instant donné dans le paramètre RRE fourni par le processeur d'acheminement (RPb) pour le réseau virtuel E. Le processeur d'acheminement base ses recommandations d'acheminement de débordement sur des informations de statut de liaison et de trafic reçues de manière périodique (par exemple toutes les 10 secondes) dans les paramètres RSE en provenance de chacun des nœuds du sous-réseau E. Il choisit

ensuite, en fonction des informations de statut, la route à deux liaisons b1-c2-a4, puis émet de manière périodique (par exemple toutes les 10 secondes) cette recommandation de route de débordement dans le paramètre RRE à destination du nœud b1. Ce dernier achemine ensuite la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande vers le nœud a4 via le nœud c2. Pour ce faire, les nœuds b1 et c2 fournissent dans l'élément d'information "établissement de connexion" de la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande le paramètre DTL/ER (indiquant le nœud d'origine b1, le nœud intermédiaire c2 et le nœud de destination a4), ainsi que les paramètres QoS-PAR, TRAF-PAR, DoS et DIFFSERV.

Si le nœud c2 constate que la liaison c2-a4 ne dispose pas d'une largeur de bande suffisante, il renvoie alors la commande de la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande vers le nœud b1 en utilisant un paramètre CRK/BNA dans l'élément d'information "libération de connexion". Si le nœud b1 trouve, sur la base des paramètres RSE des éléments d'information du processeur d'acheminement, une largeur de bande libre suffisante sur la route b1-d4-d3-a4, il peut essayer ensuite cette route vers le nœud a4. Le nœud b1 achemine dans ce cas la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande vers le nœud d4 sur la liaison b1-d4 et le nœud d4 reçoit, dans l'élément d'information "établissement de connexion", le paramètre DTL/ER (indiquant le nœud d'origine b1, le nœud intermédiaire d4, le nœud intermédiaire d3 et le nœud de destination a4), ainsi que les paramètres QoS-PAR, TRAF-PAR, DoS et DIFFSERV. Le nœud d4 tente dans ce cas de prendre une largeur de bande libre sur la liaison d4-d3 et achemine, en cas de succès, la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande vers le nœud d3 avec un élément d'information "établissement de connexion" contenant le paramètre DTL/ER (indiquant le nœud d'origine b1, le nœud intermédiaire d4, le nœud intermédiaire d3 et le nœud de destination a4), ainsi que les paramètres QoS-PAR, TRAF-PAR, DoS et DIFFSERV. Le nœud d3 achemine ensuite la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande sur la liaison d3-a4 vers le nœud a4, qui doit avoir une capacité de largeur de bande libre suffisante, compte tenu des informations de statut fournies par les paramètres RSE. Si, par contre, la liaison d3-a4 ne dispose pas d'une largeur de bande libre suffisante, le nœud d3 renvoie alors la commande de l'appel vers le nœud b1 en utilisant un paramètre CRK/BNA dans l'élément d'information "libération de connexion". Le nœud b1 fera alors une tentative sur une autre route avec liaisons multiples, tel que b1-b3-a3-a4 en appliquant la même procédure que pour la route b1-d4-d3-a4.

L'allocation de paramètres de performance de bout en bout à travers des réseaux multiples est traitée au 9/I.356. On peut donner comme exemple l'allocation du délai de transfert maximal pour les réseaux individuels qui fournissent les composantes de la connexion de bout en bout, telles que les portions de réseau national, les portions de réseau international, etc.

7.2 Le réseau intermédiaire E utilise une seule méthode d'acheminement

Le réseau intermédiaire E peut également utiliser une méthode d'acheminement unique pour la livraison des demandes de connexion/d'allocation de largeur de bande entre les réseaux A, B, C et D. Le réseau intermédiaire E peut, par exemple, implémenter une méthode d'acheminement dans laquelle chaque nœud du réseau intermédiaire E utilise un acheminement EDR. Dans ce cas, le traitement d'une demande de connexion/d'allocation de largeur de bande du nœud a1 du réseau A vers le nœud b4 du réseau B sera, par exemple, le même que celui décrit ci-dessus. Une demande de connexion/d'allocation de largeur de bande du nœud b4 du réseau B vers le nœud a1 du réseau A sera traitée de la même manière que la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande du nœud a1 vers le nœud b4, les étapes précédentes étant effectuées dans l'ordre inverse. Dans ce cas, l'acheminement de la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande du nœud b1 du réseau B vers le nœud a4 du réseau A utilisera également l'acheminement EDR d'une manière comparable au cas de la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande du nœud a1 vers le nœud b4 décrite ci-dessus.

Méthodes d'acheminement entre réseaux basées sur le mode TDM

Les méthodes d'acheminement basées sur le mode TDM décrites dans la présente annexe incluent les méthodes d'adressage/de numérotage E.164 du point NSAP, les méthodes de génération automatique de tables d'acheminement, les méthodes dynamiques de choix de route et les méthodes de gestion des ressources de QS; toutes ces méthodes ont été mises en place au cours des deux dernières décades dans des réseaux basés sur le mode TDM. La présente Recommandation suggère d'étendre de manière compatible les méthodes de choix de route et de gestion des ressources de QS aux réseaux basés sur le mode ATM et sur le protocole IP, ainsi qu'à l'interfonctionnement entre réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP.

A.1 Traduction de numéro/acheminement basés sur le mode TDM

La Recommandation E.164 identifie le plan de numérotage utilisé à l'heure actuelle pour les réseaux basés sur le mode TDM. La Recommandation E.191 spécifie la structure des adresses du RNIS-LB qui utilise un format à vingt octets indiqué dans la Figure A.1.

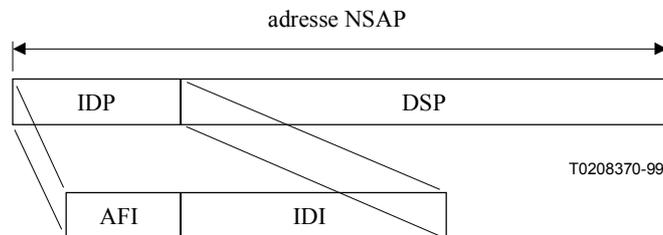


Figure A.1/E.351 – Structure d'adresse de point NSAP

Le champ IDP désigne le sous-système de domaine initial et le champ DSP le sous-système spécifique du domaine. Le sous-système IDP est en outre subdivisé en un identificateur AFI et un identificateur IDI. L'identificateur de domaine initial IDI peut contenir les 15 chiffres de l'adresse E.164 si l'identificateur AFI est positionné sur 45. L'identificateur AFI identifie l'autorité et le format et détermine la méthode d'adressage utilisée; la longueur des champs IDI et DSP peut varier en fonction de la valeur de l'octet 1 de l'identificateur AFI. L'adresse E.164 du point d'accès au service réseau (NSAP, *network service access point*) est utilisée pour déterminer le point d'extrémité de destination. L'adressage par numéro E.164 du point NSAP est pris en charge pour des services du RNIS-LB dans des réseaux ATM utilisant l'identificateur PNNI au moyen de l'adresse de point NSAP décrite ci-dessus ou sous le format d'une adresse de système de terminaison ATM (ASEA, *ATM end system address*). Dans ce cas, la partie E.164 de l'adresse NSAP occupe les 8 octets de l'indicateur IDI et les 11 octets du sous-système DSP peuvent être utilisés au choix de l'exploitant réseau (éventuellement pour une sous-adresse). La structure de point NSAP décrite ci-dessus prend également en charge les formats d'adressage indicatif de pays pour transmission de données (DCC, *data country code*) pour l'adresse ASEA et le désignateur de code international (ICD, *international code designator*) pour l'adresse ASEA.

A.2 Choix de route et gestion de table d'acheminement basés sur le mode TDM

Une méthode d'acheminement spécifique est caractérisée par la table d'acheminement qu'elle utilise. Cette table d'acheminement se constitue d'un ensemble de routes et de règles de choix d'une route au sein de l'ensemble pour une demande de connexion donnée. Lorsqu'une demande de connexion arrive au niveau du nœud d'origine, ce dernier sélectionne une route pour une demande de connexion

donnée en appliquant les règles de choix correspondant à la méthode d'acheminement qu'il implémente. L'ensemble de routes pouvant être assignées à la demande de connexion pour une méthode d'acheminement donnée peut être modifié conformément à une certaine règle d'altération d'acheminement.

Un réseau peut être exploité avec une commande de connexion progressive, une commande de connexion par l'origine ou une combinaison des deux. Dans le cas d'un réseau avec commande de connexion progressive, un nœud choisit une route ou une liaison à destination d'un nœud adéquat suivant. Dans le cas d'un réseau avec commande de connexion par l'origine, le nœud d'origine conserve la commande de la connexion. Si la procédure de retour en arrière/largeur de bande non disponible [ou de réacheminement automatique (ARR)] est utilisée, par exemple au niveau d'un nœud intermédiaire (VN), le nœud précédent conserve la commande de la connexion, même si toutes les connexions sont bloquées sur toutes les liaisons de départ du nœud intermédiaire. Le réseau utilise une combinaison des deux méthodes de commande en cas d'interfonctionnement des réseaux avec une commande de connexion progressive et de réseaux avec une commande de connexion par l'origine.

Les Recommandations E.170, E.177 et E.350 classent les méthodes d'acheminement du trafic selon les quatre types suivants, en fonction du type d'acheminement utilisé: l'acheminement fixe (FR), l'acheminement en fonction du temps (TDR), l'acheminement en fonction de l'état (SDR) et l'acheminement en fonction des événements (EDR). Les sous-paragraphes qui suivent décrivent chacune de ces méthodes.

A.2.1 Acheminement fixe (FR)

La stratégie d'acheminement d'une demande de connexion est immuable dans une méthode d'acheminement fixe (FR). Un exemple classique d'acheminement fixe est l'acheminement hiérarchique usuel avec débordement, dans lequel les routes et la séquence de choix des routes sont déterminées d'une manière planifiée à l'avance et utilisées sur une longue durée. L'acheminement fixe s'applique de manière plus efficace lorsque le réseau est non hiérarchique ou plat, par comparaison à la structure hiérarchique [A98].

A.2.2 Acheminement en fonction du temps (TDR)

Les méthodes d'acheminement en fonction du temps (TDR) sont une variété d'acheminement dynamique dans laquelle les tables d'acheminement sont modifiées à un instant fixe de la journée ou de la semaine. Les tables d'acheminement TDR sont planifiées à l'avance et implémentées de manière systématique sur une période de temps. Les tables d'acheminement TDR utilisées dans le réseau sont en général déterminées en tenant compte de la variation de charge de trafic dans le réseau et coordonnées pour profiter du décalage des heures chargées des divers types de charge de trafic. L'acheminement dynamique non hiérarchique (DNHR, *dynamic non-hierarchical routing*) défini dans la Recommandation E.350 est un exemple d'acheminement TDR.

Les tables d'acheminement TDR sont planifiées à l'avance et conçues en temps différé en utilisant un système centralisé mettant œuvre le modèle de conception de réseau TDR. Le calcul en temps différé détermine les routes optimales parmi un très grand nombre de possibilités avec un objectif d'optimisation des coûts du réseau. Les tables d'acheminement ainsi conçues sont chargées et mémorisées dans les nœuds du réseau TDR; elles sont recalculées et mises à jour par le système en temps différé (par exemple, toutes les semaines). De ce fait, un nœud d'origine n'a besoin d'aucune autre information concernant le réseau pour construire les tables d'acheminement TDR une fois qu'elles ont été chargées. Ceci diffère du processus de conception de tables d'acheminement en temps réel utilisé par les méthodes d'acheminement en fonction de l'état ou en fonction des événements décrits plus loin. Les routes des tables d'acheminement TDR peuvent contenir des choix d'acheminement variables en fonction de l'heure et utiliser un sous-ensemble des routes disponibles. Les routes utilisées pendant diverses périodes de temps ne sont pas nécessairement les mêmes.

Plusieurs périodes d'acheminement TDR sont utilisées pour fractionner les heures d'un jour travaillé moyen et de week-end en intervalles d'acheminement contigus, parfois appelés "périodes d'ensemble de charge".

Les règles de choix de route utilisées par les tables d'acheminement TDR peuvent mettre en œuvre, par exemple, un acheminement séquentiel simple. Dans la méthode séquentielle, tout le trafic d'une période de temps donnée est offert à une route unique avec débordement de la première route vers une deuxième, qui déborde à son tour vers une troisième, et ainsi de suite. Il s'ensuit que le trafic est acheminé de manière séquentielle d'une route vers une autre et que la route peut être modifiée d'heure en heure compte tenu de la nature dynamique, planifiée à l'avance ou dépendante du temps, de la méthode TDR. D'autres règles de choix de route TDR peuvent utiliser des méthodes stochastiques pour le choix de chaque route et influencer ainsi les flux réalisés [A98].

Les routes de la table d'acheminement TDR peuvent se constituer de la liaison directe, d'une route avec deux liaisons passant par un seul nœud intermédiaire ou d'une route avec liaisons multiples passant par plusieurs nœuds intermédiaires. Les routes de la table d'acheminement sont soumises aux contraintes de profondeur de recherche (DoS) décrites au A.3 suivant. La contrainte DoS exige que la capacité de largeur de bande disponible sur chaque liaison de la route soit suffisante pour atteindre un niveau de seuil de largeur de bande DoS, qui est indiqué dans le message d'établissement pour chacun des nœuds de la route. Les contraintes de profondeur DoS permettent d'éviter que des connexions utilisant une route de premier choix entre le nœud d'origine et de destination soient submergées par le trafic de connexions de débordement avec liaisons multiples.

Nous donnons maintenant un exemple d'établissement d'une connexion TDR. La première étape pour le nœud d'origine consiste à identifier le nœud de destination et les informations de table d'acheminement vers ce nœud. Le nœud d'origine recherche ensuite une capacité libre sur le premier ou la plus courte des routes; ce faisant il indique à tous les nœuds de la route les nœuds intermédiaires et le nœud de destination ainsi que le paramètre DoS. Chacun des nœuds intermédiaires vérifie la capacité de largeur de bande disponible sur chacune des liaisons de la route en tenant compte du seuil de profondeur DoS. Un nœud intermédiaire fait progresser l'établissement de la connexion vers le nœud suivant s'il existe une capacité suffisante et le nœud suivant poursuit de même. Dans le cas contraire, le nœud intermédiaire renvoie au nœud d'origine un message de libération contenant le paramètre "retour en arrière/largeur de bande non disponible"; le nœud d'origine fait alors une tentative sur la route suivante dans l'ensemble de routes en fonction des règles de la table d'acheminement. Comme décrit précédemment, les acheminements TDR sont planifiés à l'avance, chargés et stockés dans chaque nœud d'origine.

A.2.3 Acheminement en fonction de l'état (SDR)

Les tables d'acheminement sont modifiées automatiquement en fonction de l'état du réseau dans la méthode d'acheminement en fonction de l'état (SDR). Les règles de la table d'acheminement pour une méthode SDR donnée sont implémentées de manière à déterminer les choix d'acheminement en fonction des changements de statut du réseau et sont utilisées pendant une période de temps relativement courte. Les informations de statut du réseau peuvent être collectées par un processeur central ou réparties entre les nœuds du réseau. L'échange d'informations peut s'effectuer de manière périodique ou à la demande. Les méthodes SDR utilisent le principe d'acheminement des connexions sur la meilleure route disponible, compte tenu des informations d'état du réseau. La méthode de l'acheminement à moindre charge (LLR, *least loaded routing*), par exemple, calcule la capacité résiduelle des routes candidates et choisit pour la connexion celle qui possède la capacité résiduelle la plus élevée. Les méthodes SDR calculent en général un coût de route pour chaque connexion en fonction de divers facteurs tels que l'état de charge ou l'état d'encombrement des liaisons dans le réseau. L'acheminement avec commande dynamique (DCR, *dynamically controlled routing*), l'acheminement dans le réseau intelligent global (WIN, *worldwide intelligent network*) et l'acheminement réseau en temps réel (RTNR, *real-time network routing*) sont des exemples d'acheminement SDR décrits dans la Recommandation E.350.

Les tables d'acheminement de la méthode SDR sont établies en ligne par le nœud d'origine ou par un processeur d'acheminement (RP) central en utilisant les informations de statut et de topologie du réseau obtenues par un échange d'informations avec d'autres nœuds et un processeur d'acheminement central. Il existe diverses variantes pour l'implémentation de l'acheminement SDR qui utilisent:

- a) un calcul de tables d'acheminement distribué entre les nœuds du réseau ou effectué par un processeur d'acheminement central;
- b) un calcul de tables d'acheminement de manière périodique ou connexion par connexion.

Ceci conduit à trois implémentations différentes pour l'acheminement SDR:

- a) acheminement SDR centralisé périodique: le processeur d'acheminement centralisé reçoit de manière périodique (par exemple, toutes les 10 secondes) les informations de statut de liaison et de trafic des divers nœuds et effectue de manière périodique le calcul de la table d'acheminement optimale. Le processeur d'acheminement applique pour ce faire une procédure particulière d'optimisation de la table d'acheminement optimale telle que l'acheminement LLR et transmet de manière périodique (par exemple, toutes les 10 secondes) les tables d'acheminement vers les nœuds du réseau. L'acheminement DCR décrit dans la Recommandation E.350 est un exemple d'acheminement SDR centralisé périodique;
- b) acheminement SDR réparti périodique: chaque nœud du réseau SDR obtient de manière périodique (par exemple, toutes les 5 minutes) les informations de statut de liaison et de trafic et effectue de manière périodique (par exemple, toutes les 5 minutes) un calcul de la table d'acheminement optimale. Le nœud d'origine applique pour ce faire une procédure particulière d'optimisation de la table d'acheminement optimale telle que l'acheminement LLR. L'acheminement WIN décrit dans la Recommandation E.350 est un exemple d'acheminement SDR réparti périodique;
- c) acheminement SDR réparti appel par appel: un nœud d'origine du réseau SDR obtient, connexion par connexion, les informations de statut et de trafic depuis le nœud de destination et éventuellement de nœuds intermédiaires sélectionnés; il effectue un calcul de la table d'acheminement optimale pour chaque connexion. Le nœud d'origine applique pour ce faire une procédure particulière d'optimisation de la table d'acheminement optimale telle que l'acheminement LLR. L'acheminement RTNR décrit dans la Recommandation E.350 est un exemple d'acheminement SDR réparti connexion par connexion.

Les routes de la table d'acheminement SDR peuvent se constituer de la liaison directe, d'une route avec deux liaisons passant par un seul nœud intermédiaire ou d'une route avec liaisons multiples passant par plusieurs nœuds intermédiaires. Les routes de la table d'acheminement sont soumises aux contraintes de profondeur de recherche (DoS) sur chacune des liaisons et les mécanismes d'établissement de la connexion sont comparables à ceux décrits dans l'exemple du A.2.2.

A.2.4 Acheminement en fonction des événements (EDR)

Les tables d'acheminement sont mises à jour de manière locale en fonction de la réussite ou de l'échec d'une demande de connexion pour un choix d'acheminement donné dans la méthode d'acheminement en fonction des événements (EDR). La méthode EDR achemine une connexion sur la route la plus courte si cette dernière dispose d'une largeur de bande suffisante. Dans le cas contraire, une offre est faite pour remplacer la route la plus courte par la route de débordement sélectionnée à l'instant donné. Si une connexion est bloquée lorsqu'elle utilise le choix actuel de route de débordement, une autre route est choisie, conformément aux règles de la table d'acheminement EDR donnée, dans un ensemble de routes de débordement disponibles. Le choix de la route de débordement actuel peut, par exemple, être mis à jour de manière aléatoire, de manière cyclique ou par un autre procédé; il est conservé tant que l'établissement des connexions réussit sur cette route. Il convient de noter que, pour l'acheminement SDR ou l'acheminement EDR, comme

pour l'acheminement TDR, la route de débordement pour une connexion peut être modifiée en fonction de la variation dans le temps de la charge de trafic. La Recommandation E.350 décrit les exemples d'acheminement avec débordement dynamique (DAR, *dynamic alternate routing*), d'acheminement dynamique adaptatif réparti (DADR, *distributed adaptive dynamic routing*), d'acheminement dynamique optimisé (ODR, *optimized dynamic routing*) et d'acheminement en fonction du temps et de l'état (STR, *state- and time-dependent routing*).

Les tables d'acheminement EDR sont établies par le nœud d'origine en utilisant les informations réseau obtenues par la fonction d'établissement de la connexion. Le nœud d'origine choisit en général la route la plus courte, puis effectue une tentative sur la route de débordement actuelle si elle ne trouve pas de largeur de bande suffisante. Si la route de débordement actuelle ne dispose pas d'une largeur de bande suffisante, cette situation est alors indiquée par l'occupation d'une liaison entre le nœud d'origine et le nœud intermédiaire; elle est détectée par le nœud d'origine ou par l'occupation d'une liaison entre deux nœuds intermédiaires ou entre un nœud intermédiaire et le nœud de destination; l'occupation d'une liaison est indiquée par un message de libération émis par le nœud intermédiaire vers le nœud d'origine. Le nœud d'origine choisit alors une nouvelle route de débordement en utilisant les règles de conception de la table d'acheminement EDR donnée. Il s'ensuit que la table d'acheminement est construite en utilisant les informations reçues pendant l'établissement de la connexion et que le nœud d'origine n'a besoin d'aucune autre information.

Les routes de la table d'acheminement EDR peuvent se constituer de la liaison directe, d'une route avec deux liaisons passant par un seul nœud intermédiaire ou d'une route avec liaisons multiples passant par plusieurs nœuds intermédiaires. Les routes de la table d'acheminement sont soumises aux contraintes de profondeur de recherche (DoS) sur chacune des liaisons et les mécanismes d'établissement de la connexion sont comparables à l'exemple donné au A.2.2.

A.3 Gestion des ressources de QS pour un réseau basé sur le mode TDM

Se référer au 5.4 pour une présentation des méthodes recommandées de gestion des ressources de QS.

ANNEXE B

Méthodes d'acheminement entre réseaux basées sur le mode ATM

La norme d'interface réseau-réseau privé (PNNI) entre réseaux privés adoptée par le forum ATM [ATM960055] définit:

- a) l'échange d'informations de statut de nœud et de liaison;
- b) la mise à jour et la synchronisation automatique des bases de données de topologie;
- c) le choix de route fixe et dynamique en fonction des informations de topologie et de statut;
- d) les normes de signalisation et d'échange d'informations.

La norme PNNI adoptée par le forum ATM en 1996 [ATM960055] fournit une stratégie normalisée de signalisation et d'acheminement dynamique pour les réseaux ATM. Elle permet l'interfonctionnement entre équipement de fournisseurs différents, pouvant s'adapter à des réseaux de taille importante. L'adaptation en fonction de la taille est assurée par une structure hiérarchique de groupes homologues qui permet de rendre visible ou de cacher de manière flexible les détails de la topologie de groupes homologues à divers niveaux au sein de la structure hiérarchique. Les têtes des groupes homologues représentent les nœuds au sein d'un groupe homologue pour les échanges de protocole d'acheminement au niveau immédiatement supérieur. Les nœuds frontière traitent les interactions entre niveaux au moment de l'établissement de l'appel. L'acheminement PNNI implique

deux composantes, à savoir un protocole de répartition de la topologie et les procédures de "retour en arrière/largeur de bande non disponible". Le protocole de répartition de topologie diffuse les informations par inondation au sein d'un groupe homologue. La tête du groupe homologue fournit une vue abstraite des informations existant au sein de ce groupe et diffuse par inondation les informations de topologie abstraite vers le niveau immédiatement supérieur de la hiérarchie, englobant le regroupement des informations d'adresse accessible. Lorsque la tête du groupe homologue prend connaissance des informations du niveau immédiatement supérieur, elle les diffuse en inondant, comme approprié, les niveaux inférieurs de sa hiérarchie. La totalité des nœuds prend connaissance de cette façon de l'accessibilité et de la topologie de l'ensemble du réseau.

Les méthodes de mise à jour et de synchronisation automatique de la base de données de topologie, les méthodes d'échange d'informations et les méthodes de signalisation de commande de connexion/d'allocation de largeur de bande ont été mises en place au cours des deux dernières décades dans les réseaux ATM; la présente Recommandation suggère d'étendre de manière compatible les méthodes de mise à jour et de synchronisation automatique de la base de données de topologie, les méthodes d'échange d'informations et les méthodes de signalisation de commande de connexion/d'allocation de largeur de bande aux réseaux basés sur le mode TDM et sur le protocole IP, ainsi qu'à l'interfonctionnement entre réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP. En ce qui concerne la synchronisation de la base de données de topologie, tout nœud d'un réseau ATM/PNNI échange des paquets HELLO avec ses voisins immédiats et détermine ainsi ses informations d'état local. Ces dernières englobent l'identité et l'appartenance à un groupe homologue des voisins immédiats du nœud, ainsi que le statut des liaisons avec ses voisins. Chaque nœud assemble ses informations d'état dans des éléments d'état de topologie PNNI (PTSE), qui inondent de manière fiable la totalité du groupe homologue. Les éléments PTSE sont utilisés pour diffuser par inondation les informations de nœud, d'état de liaison et d'accessibilité.

Les informations d'état de topologie sont en partie statiques et en partie dynamiques. Les informations statiques peuvent, par exemple, concerner l'existence d'une liaison alors que les informations dynamiques font référence à sa largeur de bande. Compte tenu du mode d'utilisation des informations dynamiques d'état de topologie, la taille maximale d'un groupe homologue, exprimée en nombre de nœuds et de liaisons, peut être limitée si les éléments PTSE submergent la capacité des nœuds pour le traitement des demandes de connexion/d'allocation de largeur de bande. S'il souhaite permettre des tailles plus importantes de groupes homologues, un réseau peut utiliser les procédures PNNI d'une manière permettant de minimiser le volume d'informations dynamiques d'état de topologie diffusées par inondation en positionnant sur 99 le multiplicateur AvCR_PM (multiplicateur proportionnel de débit de cellules moyen) au lieu de la valeur 50 par défaut et en positionnant sur 99 le seuil AvCR_mT (seuil minimal de débit de cellules moyen) au lieu de la valeur 3 par défaut. Les informations d'accessibilité sont échangées entre tous les nœuds. La fourniture d'un nouveau numéro E.164 nécessite la fourniture du nœud qui dessert ce numéro E.164. Les informations d'accessibilité inondent ensuite tous les nœuds du réseau en utilisant le mécanisme de diffusion de l'élément PTSE d'interface PNNI. Un groupe homologue utilisant la méthode PNNI est défini à un niveau donné de la hiérarchie. Des niveaux hiérarchiques multiples sont autorisés au sein d'un réseau ATM/PNNI et des groupes homologues multiples peuvent être définis à chaque niveau.

B.1 Traduction de numéro/acheminement basés sur le mode ATM

La Recommandation E.191 spécifie le numérotage du réseau ATM et définit, comme indiqué au A.1, le numéro E.164 incorporé dans des formats de point NSAP, ce qui est souhaitable pour une utilisation dans le RNIS-LB.

B.2 Gestion de table d'acheminement et choix de route basés sur le mode ATM

Le choix de route PNNI est basé sur la source, le nœud d'origine déterminant la route à haut niveau à travers le réseau. Le nœud d'origine traite la traduction de numéro, le filtrage, le traitement du

service ainsi que toutes les étapes nécessaires pour déterminer la table d'acheminement pour la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande à travers le réseau ATM. Le nœud indique, dans la liste DTL, la route sélectionnée et transmet cette liste dans le message d'établissement (SETUP) à destination du nœud suivant. Ce dernier n'effectue pas de traduction de numéro de l'appelant mais se borne à utiliser la route spécifiée par la liste DTL. Lorsqu'une demande de connexion/d'allocation de largeur de bande est bloquée en raison d'un encombrement du réseau, un message d'interface PNNI "retour en arrière/largeur de bande non disponible" est renvoyé au premier nœud ATM dans le groupe homologue. Celui-ci peut ensuite, après la réception de cette indication, utiliser l'acheminement PNNI de débordement pour choisir une autre route pour la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande. Si le réseau est plat, c'est-à-dire si tous les nœuds appartiennent au même niveau de groupe homologue, le nœud d'origine effectue alors la commande de la route de bout en bout. Si le réseau possède plusieurs niveaux de hiérarchie, le nœud frontière du nouveau groupe choisit alors une route traversant le groupe homologue suivant vers l'aval, comme déterminée par le nœud d'origine, lorsque l'appel progresse d'un niveau homologue à un autre. Ce processus s'applique de manière récursive à tous les niveaux de la hiérarchie. Si l'appel est bloqué en un point quelconque, par exemple lorsque la largeur de bande n'est pas disponible sur la route sélectionnée, l'appel revient alors en arrière vers le nœud frontière ou le nœud d'origine de ce niveau de la hiérarchie et une route de débordement est choisie. L'algorithme de choix de route n'est pas précisé dans la spécification PNNI et chaque implémentation de nœud d'origine peut faire son choix de route de manière indépendante. Comme le choix de route se fait au niveau d'un nœud d'origine, tout nœud d'origine prend ses décisions de choix de route en utilisant sa base de données de topologie locale et un algorithme spécifique. Ceci signifie qu'un interfonctionnement est possible entre des algorithmes différents de choix de route de fournisseurs divers.

Dans l'exemple d'acheminement PNNI de la Figure B.1, un nœud d'origine S1 détermine une liste des routes les plus courtes en utilisant, par exemple, l'algorithme de Dijkstra. Cette liste de routes peut être déterminée en fonction des poids administratifs de chaque liaison qui sont communiqués à tous les nœuds au sein du groupe homologue en utilisant le mécanisme d'inondation de l'élément PTSE. Les poids administratifs peuvent, par exemple, être positionnés sur la valeur $1 + \text{epsilon} \times \text{distance}$, epsilon étant un facteur qui donne un poids plus faible à la distance en fonction du comptage de bonds. Le nœud d'origine choisit ensuite une route dans la liste en utilisant l'une des méthodes décrites au B.1, c'est-à-dire un acheminement FR, TDR, SDR ou EDR, comme décrit au A.2. S'il utilise, par exemple, la route de premier choix, le nœud d'origine S1 émet un message d'établissement PNNI vers le nœud intermédiaire S2, qui fait suivre à son tour le message d'établissement PNNI vers le nœud intermédiaire S3 et finalement vers le nœud de destination S4. Les nœuds intermédiaires S2 et S3 et le nœud de destination S4 sont indiqués dans le paramètre "liste DTL" du message d'établissement PNNI transmis. Chaque nœud de la route prend connaissance des informations de la liste DTL et retransmet le message d'établissement PNNI vers le nœud suivant figurant dans la liste DTL.

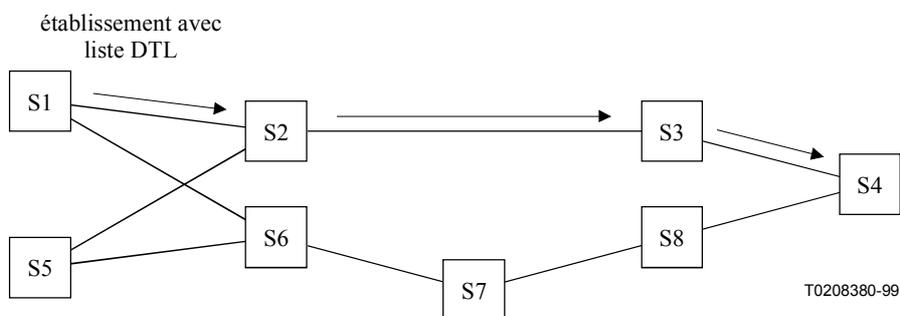


Figure B.1/E.351 – Exemple d'acheminement ATM/PNNI

Si la première route est bloquée sur l'une quelconque de ses liaisons, déborde ou subit un retard excessif dans l'une des files d'attente sur la route, un message "retour en arrière/largeur de bande non disponible" est alors renvoyé au nœud d'origine qui peut ensuite faire une tentative sur la route suivante. Cette route est la suivante dans la liste des routes les plus courtes, par exemple la route S1-S6-S7-S8-S4 si l'acheminement FR est utilisé. Si l'acheminement TDR est utilisé, la route suivante est alors la route suivante dans la table d'acheminement pour la période de temps en cours. Si l'acheminement SDR est utilisé, la norme PNNI implémente dans ce cas une méthode de diffusion par inondation des informations de statut de liaison déclenchée de manière périodique et lorsque des valeurs de seuil d'état de charge sont atteintes. Comme décrit au début du présent sous-paragraphe, cette méthode d'inondation pour la distribution des informations de statut de liaison peut conduire à une utilisation intensive des ressources et n'est pas nécessairement plus efficace que des méthodes plus simples de choix de route telles que l'acheminement EDR. Si l'acheminement EDR est utilisé, la route suivante est alors la dernière route qui a été utilisée avec succès; si cette route échoue, une route de débordement est alors sélectionnée en utilisant la méthode de choix de route EDR.

B.3 Gestion des ressources de QS basée sur le mode ATM

Les méthodes décrites au 5.4 s'appliquent à des réseaux basés sur le mode ATM du fait qu'elles ont été généralisées pour les protocoles du RNIS-LB avec mode ATM et qu'elles ont été recommandées pour les normes de réseaux basés sur le mode ATM [AM99]. Comme indiqué au 5.4 et dans la référence [AM99], le paramètre DoS est véhiculé dans le message IAM de la signalisation CCS ou, dans ce cas, dans le message d'établissement PNNI, de sorte que chaque nœud intermédiaire peut comparer l'état de charge de la liaison avec le seuil DoS autorisé pour déterminer si la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande est admise ou bloquée sur cette liaison.

Les méthodes de gestion des ressources de QS ont été utilisées avec succès dans les réseaux basés sur le mode TDM au cours de la dernière décade [A98]; elles ont fait l'objet d'une étude en vue d'une extension à des réseaux basés sur le mode ATM [ACFM99] et sont recommandées dans la référence [AM99] pour la gestion des ressources de QS dans des réseaux ATM utilisant les protocoles UNI et PNNI (et potentiellement AINI). Dans la méthode de gestion des ressources de QS recommandée, une largeur de bande est allouée à chacun des cinq réseaux virtuels (VNET) correspondant aux services clés à haute priorité avec débit constant (CBR) et débit variable (VBR), aux services à priorité normale avec débits CBR et VBR et aux services à faible priorité et meilleur effort avec débit non assigné (UBR). On peut donner les exemples suivants pour ces catégories de réseaux virtuels:

- a) services clés à haute priorité avec débit CBR tels que les communications vocales de défense;
- b) services à priorité normale avec débit CBR tels que la transmission interactive de la voix sensible aux retards avec débit ou avec débit VBR tels que la téléphonie IP interactive sensible aux retards ou le transfert de fichiers WWW non interactif et non sensible aux retards;
- c) services non interactifs à faible priorité et meilleur effort avec débit UBR tels que la messagerie vocale, la messagerie électronique, le transfert de fichiers.

Les modifications de la capacité de largeur de bande des réseaux virtuels sont déterminées par les nœuds de bord en fonction des exigences correspondantes pour ces réseaux. Les nœuds de bord peuvent effectuer des modifications de l'allocation de largeur de bande en fonction des exigences de largeur de bande, c'est-à-dire qu'ils peuvent accroître ou réduire la largeur de bande des conduits virtuels commutés (SVC) fournissant la capacité de largeur de bande du réseau virtuel. Une contribution antérieure a spécifié des exemples de méthodes de gestion de ressources de QS sur la base des conduits SVC [AM98].

La référence [AM99] recommande que la commande de l'allocation de largeur de bande pour chaque réseau virtuel se fasse sur la base de l'estimation des besoins de largeur de bande, de la largeur de

bande utilisée et du statut des liaisons du conduit virtuel commuté. Le nœud de bord ou le nœud d'origine détermine s'il est nécessaire d'augmenter ou de diminuer la largeur de bande du réseau virtuel sur un conduit SVP; il utilise une procédure recommandée de modification de largeur de bande de conduit SVP pour effectuer les modifications de la largeur de bande nécessaires sur les conduits SVP du réseau virtuel. Le protocole de modification de conduit SVP est utilisé dans la procédure d'allocation de largeur de bande [DN99] pour spécifier les paramètres adéquats du message de demande de modification du conduit SVP dans le but de:

- a) demander des modifications d'allocation de largeur de bande sur chacune des liaisons du conduit SVP;
- b) déterminer si une largeur de bande de liaison peut être allouée à chaque liaison du conduit SVP.

Le message de demande de modification de conduit SVP permet la modification dynamique des paramètres de trafic assignés (tels que le débit de données de crête, le débit de données attribué, etc.) d'un conduit SVP existant. Nous recommandons d'utiliser, dans le message de modification de conduit SVP (ou le message d'établissement pour un circuit SVC [AM98]), un paramètre optionnel de profondeur de recherche (DoS) pour la commande de la priorité de l'allocation de largeur de bande sur des liaisons individuelles dans un conduit SVP (ou un circuit SVC). Si une allocation de largeur de bande n'est pas autorisée sur une liaison, le message "rejet de modification de conduit SVP" contenant un paramètre recommandé "largeur de bande non disponible" permet au nœud d'origine de rechercher éventuellement une autre allocation de largeur de bande sur d'autres conduits SVP. Ceci permet au nœud de bord de rechercher d'autres conduits SVP lorsqu'un conduit SVP donné ne peut pas satisfaire une demande d'augmentation de largeur de bande. Le paramètre DoS est également utilisé pour établir des priorités de mise en file d'attente sur les conduits SVP constituant les 5 réseaux virtuels.

Dans la méthode recommandée de gestion des ressources de QS, la commande d'admission pour la modification de largeur de bande de chaque conduit SVP du réseau virtuel est basée sur le statut des liaisons du conduit SVP. Le nœud d'origine peut choisir tout conduit SVP pour lequel la première liaison est allouée conformément aux critères de gestion ressources de QS. Si une liaison suivante n'est pas autorisée, le message de rejet de modification de conduit SVP contenant un paramètre recommandé "largeur de bande non disponible" est alors utilisé pour revenir au nœud d'origine et choisir un autre conduit SVP. La détermination des états de charge de la liaison est nécessaire pour permettre à la gestion des ressources de QS de sélectionner une capacité réseau sur le conduit SVP de premier choix ou sur des conduits SVP de débordement. On distingue les quatre états de charge suivants pour les liaisons:

- faible charge (LL, *lightly loaded*);
- forte charge (HL, *heavily loaded*);
- réservé (R);
- occupé (B, *busy*).

La gestion de capacité de réseau virtuel utilise un modèle d'état de liaison et un modèle de profondeur de recherche (DoS) pour déterminer si une demande de modification de largeur de bande peut être acceptée sur un conduit SVP donné. Le seuil autorisé pour l'état de charge DoS détermine si une demande de modification de largeur de bande peut être acceptée sur une liaison donnée avec une largeur de bande de "profondeur" disponible.

Lorsqu'il génère la demande de modification de largeur de bande, le nœud d'origine code le seuil de l'état de charge DoS autorisé sur chaque liaison dans le paramètre DoS recommandé contenu dans la demande de modification de conduit SVP (ou le message d'établissement du circuit SVC). Si, au niveau d'un nœud intermédiaire (VN, *via node*), une liaison est rencontrée avec une largeur de bande et un état de charge inférieurs au seuil autorisé pour l'état de charge DoS, le nœud intermédiaire émet

alors un message de rejet de modification de conduit SVP contenant un paramètre recommandé "largeur de bande non disponible" à destination du nœud d'origine qui peut alors acheminer la demande de modification de largeur de bande vers un autre choix de conduit SVP, ce qui augmente l'allocation globale de largeur de bande du réseau virtuel pour le couple nœud d'origine – nœud de destination. Dans l'exemple de la Figure 2, le conduit SVP A-B-E peut être la première route essayée lorsque la liaison A-B se trouve dans l'état LL et la liaison B-E dans l'état R.

Si l'état de charge DoS autorisé est égal à HL ou meilleur, la demande de modification de largeur de bande de conduit SVP du message de demande de modification de conduit SVP est acheminée sur la liaison A-B mais ne sera pas admise sur la liaison B-E, ce qui conduira à un message de rejet de la demande de modification de largeur de bande de conduit SVP renvoyé au nœud d'origine A qui tentera d'ajouter un autre conduit SVP A-C-D-E. La demande de modification de largeur de bande de conduit SVP réussit dans ce cas parce que toutes les liaisons sont dans un état HL ou meilleur. Il s'ensuit que le conduit SVP A-C-D-E est alors utilisé en plus du conduit SVP A-B-E pour satisfaire aux besoins de largeur de bande du nœud A vers le nœud E.

Le seuil de l'état de charge DoS est fonction de la largeur de bande en cours de progression, de la priorité du réseau virtuel VNET et des seuils d'allocation de largeur de bande [AM98] et [ACFM99], comme indiqué dans le Tableau B.1.

Tableau B.1/E.351 – Détermination du seuil d'état de charge de la profondeur de recherche (DoS)

Etat de charge autorisé _i	VNET avec priorité clé	VNET avec priorité normale		VNET avec meilleur effort
		Conduit SVP de premier choix	Conduit SVP de débordement	
R	Si $BWIP_i \leq 2 \times BWmax_i$	Si $BWIP_i \leq BWavg_i$	Non autorisé	(Note)
HL	Si $BWIP_i \leq 2 \times BWmax_i$	Si $BWIP_i \leq BWmax_i$	Si $BWIP_i \leq BWavg_i$	(Note)
LL	Tout $BWIP_i$	Tout $BWIP_i$	Tout $BWIP_i$	(Note)
NOTE – Les conduits SVP pour le réseau virtuel avec meilleur effort reçoivent une allocation de largeur de bande nulle; la mise en file d'attente DIFFSERV admet des paquets avec meilleur effort uniquement s'il existe une largeur de bande disponible sur une liaison.				

avec:

$BWIP_i$ = largeur de bande en progression sur le réseau VNET i

$BWavg_i$ = largeur de bande minimale garantie pour que le réseau VNET i puisse véhiculer la charge de largeur de bande offerte moyenne

$BWmax_i$ = largeur de bande requise pour que le réseau VNET i puisse fournir un degré de service avec un objectif de probabilité de blocage égale à $1,1 \times BWavg_i$

Il convient de noter que la méthode de gestion des ressources de QS fournit des réseaux virtuels avec une priorité clé utilisant les modes CBR et VBR, des réseaux virtuels avec une priorité normale utilisant les modes CBR et VBR et un réseau virtuel de basse priorité avec meilleur effort utilisant le mode UBR. Les services clés admis par un nœud d'origine sur les réseaux virtuels avec la priorité clé sont traités avec une priorité d'acheminement plus élevée en autorisant un choix de routes DoS plus étendu pour les services normaux admis sur les réseaux virtuels de priorité normale. Les services

avec meilleur effort sur le réseau virtuel à basse priorité avec meilleur effort sont acheminés avec des priorités plus faibles en autorisant un choix de route DoS plus réduit que la normale. Les valeurs de BW_{avg_i} sont calculées de manière périodique, par exemple chaque semaine w et peuvent faire l'objet d'un lissage exponentiel sur plusieurs semaines. La détermination de ces paramètres peut être propre à l'implémentation. Se référer aux documents [AM98], [ACFM99] et [A98] pour une présentation plus détaillée de la détermination des paramètres DoS et "état de charge de la liaison".

Les références [AM98] et [ACFM99] traitent de l'application de méthodes de gestion des ressources de QS basées sur les circuits SVC. Des concepts comparables sont utilisés pour une procédure d'admission d'appel (CAC, *call admission control*) pilotée par la profondeur DoS pour des circuits SVC.

En plus de la procédure de gestion de largeur de bande de QS, une fonctionnalité QS de mise en file d'attente avec priorité de service est utilisée lors de l'établissement des demandes de connexion/d'allocation de largeur de bande sur chacun des cinq réseaux virtuels. Une stratégie de mise en file d'attente est recommandée pour donner les priorités suivantes aux paquets servis: services clés de réseau virtuel, services normaux de réseau virtuel et services de réseau virtuel avec meilleur effort. Le paramètre "priorité de service de réseau virtuel" doit également être associé au conduit SVP en plus du traitement de priorité de réseau virtuel de la profondeur DoS lors de l'établissement de l'allocation de largeur de bande du conduit SVP. Nous recommandons dans le cas de circuits SVC l'utilisation du paramètre DIFFSERV recommandé dans la référence [ATM990097] pour la prise en charge des paramètres "priorité de service de circuit SVC" dans le message de signalisation d'établissement. Le paramètre DIFFSERV fournira également la priorité de comportement par saut (PHB, *per-hop-behavior*) nécessaire pour les flux IP. Le nœud ATM peut déterminer le traitement de QS à partir du paramètre "priorité de service DIFFSERV", en fonction des règles de gestion des ressources de QS (mise en file d'attente avec priorité) pour les cellules des réseaux virtuels clé, normaux et avec meilleur effort.

Les exemples suivants résument les méthodes de gestion des ressources de QS dans des réseaux ATM utilisant les conduits SVP et les circuits SVC, telles qu'elles sont recommandées dans la référence [AM99]:

- a) les nœuds d'origine supervisent la largeur de bande de réseau virtuel et décident s'il est nécessaire de demander une modification de largeur de bande des conduits SVP. Les nœuds d'origine appliquent les règles DoS pour déterminer le seuil DoS devant être utilisé pour une demande de modification de largeur de bande;
- b) les nœuds intermédiaires mémorisent l'état de la liaison et comparent les paramètres "seuil DoS" avec l'état de la liaison (comme c'est le cas pour les nœuds d'origine);
- c) les nœuds d'origine génèrent le message de demande de modification de conduit SVP avec le paramètre DoS optionnel spécifiant le seuil autorisé pour l'allocation de largeur de bande et la priorité de mise en file d'attente sur chacune des liaisons du conduit SVP. Les nœuds d'origine peuvent, en variante, spécifier le paramètre DoS optionnel dans le message d'établissement;
- d) les nœuds intermédiaires et de destination génèrent le paramètre optionnel "largeur de bande non disponible" dans le message de rejet de modification de conduit SVP, lorsqu'un conduit SVP donné ne peut pas traiter la demande de largeur de bande, ce qui permet au nœud d'origine de rechercher la largeur de bande supplémentaire sur d'autres conduits SVP.

Méthodes d'acheminement/de commutation entre réseaux basées sur le protocole IP

En ce qui concerne les réseaux basés sur le protocole IP, le groupe de travail d'ingénierie Internet (IETF, *Internet engineering task force*) a adopté la norme "premier itinéraire ouvert le plus court" (OSPF) [M98] et [S95] pour l'acheminement à l'intérieur des domaines, le protocole de passerelle frontière (BGP) [S95] pour l'acheminement entre domaines et d'autres protocoles d'acheminement. Ces protocoles fournissent les fonctionnalités suivantes:

- a) échange d'informations de statut de nœud et de liaison;
- b) mise à jour et synchronisation automatique des bases de données de topologie;
- c) choix de route fixe et dynamique en fonction des informations de topologie et de statut.

Les méthodes de mise à jour et de synchronisation automatique de la base de données de topologie ont été mises en place au cours des deux dernières décades dans les réseaux basés sur le protocole IP et la présente Recommandation suggère d'étendre de manière compatible les méthodes de mise à jour et de synchronisation automatique de la base de données de topologie, les méthodes d'échange d'informations et les méthodes de signalisation de commande de connexion/d'allocation de largeur de bande aux réseaux basés sur le mode TDM et à l'interfonctionnement entre réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP. En ce qui concerne la synchronisation de la base de données de topologie, tout nœud d'un réseau basé sur le protocole IP et utilisant les normes OSPF/BGP échange des paquets HELLO avec ses voisins immédiats, ce qui lui permet de déterminer ainsi ses informations d'état local. Ces informations d'état englobent l'identité et l'appartenance à un groupe homologue des voisins immédiats du nœud, ainsi que le statut des liaisons avec ses voisins. Chaque nœud assemble ses informations d'état dans des annonces d'état de liaison (LSA) qui sont diffusées de manière fiable par inondation dans la totalité du système autonome (AS, *autonomous system*) ou dans les groupes de nœuds échangeant des informations d'acheminement et utilisant un protocole d'acheminement commun; ceci est comparable aux procédures de groupe PNNI homologue utilisées dans les réseaux basés sur le mode ATM. Les annonces LSA sont utilisées pour diffuser par inondation les informations de nœud, les informations d'état de liaison et les informations d'accessibilité. Comme dans le cas des procédures PNNI, les informations d'état de topologie sont en partie dynamiques et en partie statiques. Un réseau peut utiliser la norme OSPF de manière à minimiser la quantité d'informations d'état de topologie dynamiques et positionner des valeurs de seuil qui évitent les mises à jour fréquentes, ce qui permet des tailles de groupes AS plus importantes.

Les demandes d'acheminement de connexion/d'allocation de largeur de bande basées sur le protocole IP et la prise en charge de la QS sont en cours de normalisation dans les activités au sein de l'IETF concernant principalement le protocole MPLS et les services différenciés (DIFFSERV) [B99] et [ST98]. Les prévisions suivantes peuvent être faites pour le résultat de ces efforts de normalisation de l'acheminement basé sur le protocole IP:

- a) commande d'appel pour la prise en charge efficace, connexion par connexion, des fonctions d'établissement de connexion avec utilisation de protocoles telles que H.323 [H.323] et du protocole d'initiation de session (SIP, *session initiation protocol*) [HSSR99]. Il est prévu que le protocole de signalisation de commande d'appel interfonctionne avec les protocoles de signalisation du RNIS-LB et de l'interface PNNI;
- b) commande de connexion/d'allocation de largeur de bande avec prise en charge du choix de route; il est prévu que les méthodes de choix de route des normes OSPF/BGP seront utilisées en conjonction avec la commutation multiprotocole avec étiquette (MPLS). La commutation MPLS utilise un protocole de distribution avec étiquette d'acheminement basé sur des contraintes (CRLDP) [AMAOM98], [CDFFSV97] et [J99] ou un protocole de réservation de

ressources (RSVP) [BZBHJ97] pour établir des itinéraires commutés avec étiquette d'acheminement basés sur des contraintes (CRLSP). L'allocation de largeur de bande aux itinéraires CRLSP est gérée avec la prise en charge de la gestion des ressources de QS, comme indiqué au C.3;

- c) message de demande d'étiquette CRLDP (équivalent au message d'établissement) véhiculant le paramètre "route explicite" (équivalent à la liste DTL) qui spécifie les nœuds intermédiaires (VN) et le nœud de destination (DN) pour l'itinéraire CRLSP sélectionné ainsi que le paramètre DoS qui spécifie le seuil autorisé de sélection de largeur de bande sur une liaison;
- d) message de notification CRLDP (équivalent à la libération) dont on prévoit qu'il contiendra le paramètre "retour en arrière/largeur de bande non disponible" spécifiant le renvoi de la commande de la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande au nœud d'origine (ON) pour un éventuel acheminement de débordement ultérieur permettant d'établir des itinéraires CRLSP supplémentaires;
- e) signalisation de commande d'appel coordonnée avec la signalisation CRLDP/MPLS de commande de connexion/d'allocation de largeur de bande et de l'acheminement pour l'établissement de la connexion/l'allocation de largeur de bande;
- f) informations d'accessibilité échangées entre tous les nœuds. La fourniture d'une nouvelle adresse IP implique la fourniture du nœud qui dessert cette adresse IP. Les informations d'accessibilité sont alors diffusées par inondation vers tous les nœuds du réseau au moyen du mécanisme OSPF d'inondation d'annonce LSA;
- g) prise en charge par le nœud d'origine de la traduction d'adresse, du filtrage, du traitement du service et de toutes les étapes nécessaires à la détermination de la table d'acheminement pour la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande à travers le réseau IP. Le nœud d'origine accepte une demande de connexion/d'allocation de largeur de bande si la largeur de bande est disponible et lui affecte un itinéraire CRLSP sélectionné.

Ces hypothèses de résultat de la normalisation de l'acheminement basé sur le protocole IP sont traitées plus en détail dans les sous-paragraphe qui suivent.

C.1 Traduction de numéro/acheminement basés sur le protocole IP

Les réseaux basés sur le protocole IP utilisent une méthode d'adressage IP pour identifier les points d'extrémité de nœud [S94]. Un mécanisme efficace est nécessaire pour la traduction des adresses E.164 de point NSAP en adresses IP. Des propositions ont été faites [ETSIa], [ETSIb], [ETSIc] et [PL99] pour l'interfonctionnement entre l'adressage IP et le numérotage/l'adressage E.164; elles recommandent une base de données de traduction utilisant la technologie de serveur de nom de domaine (DNS, *domain name server*) pour la conversion des adresses E.164 en adresses IP. Les nœuds IP qui font appel à une telle fonctionnalité peuvent traduire directement les adresses E.164 de point NSAP et fournir en conséquence un interfonctionnement avec les réseaux basés sur le mode TDM et sur le mode ATM qui utilisent le numérotage et l'adressage E.164. Lorsque ce sera le cas, l'adresse E.164 de point NSAP peut devenir une méthode normalisée d'interfonctionnement entre les réseaux basés sur le mode ATM, le mode TDM et le protocole IP.

C.2 Gestion de table d'acheminement et choix de route basés sur le protocole IP

Comme indiqué ci-dessus, on suppose que le choix de route dans un réseau basé sur le protocole IP utilisera les normes OSPF/BGP en conjonction avec la commutation MPLS et le protocole CRLDP, qui fonctionnent de manière efficace lorsqu'ils sont combinés avec la commande d'appel pour l'établissement de connexions individuelles. L'acheminement de couche 3 basé sur la norme OSPF détermine une liste des routes les plus courtes en utilisant, par exemple, pour un nœud d'origine S1 l'algorithme de Dijkstra, d'une manière comparable à l'exemple de la Figure B.1. Cette liste de routes peut être déterminée en fonction des poids administratifs de chaque liaison qui sont communiqués à

tous les nœuds au sein du groupe AS. Les poids administratifs peuvent, par exemple, être positionnés sur la valeur $1 + \epsilon \times \text{distance}$, ϵ étant un facteur qui donne un poids plus faible à la distance en fonction du comptage de bonds. Le nœud d'origine choisit ensuite une route dans la liste au moyen, par exemple, de l'une des méthodes de choix de route FR, TDR, SDR ou EDR décrites au A.2. S'il veut, par exemple, établir un itinéraire CRLSP sur la route de premier choix, le nœud d'origine S1 émet un message de demande d'étiquette CRLDP vers le nœud intermédiaire S2, qui fait suivre à son tour le message de demande d'étiquette CRLDP vers le nœud intermédiaire S3 et finalement vers le nœud de destination S4. Les nœuds intermédiaires S2 et S3 et le nœud de destination S4 sont indiqués dans le paramètre "route explicite" (ER) du message de demande d'étiquette CRLDP. Chaque nœud de la route prend connaissance des informations ER et retransmet le message de demande d'étiquette CRLDP vers le nœud suivant figurant dans la liste du paramètre ER. Si la première route est bloquée sur l'une quelconque des ses liaisons, le message de notification CRLDP avec un paramètre "retour en arrière/largeur de bande non disponible" est alors renvoyé au nœud d'origine qui peut alors faire une tentative sur la route suivante. Cette route est celle qui succède dans la liste des routes les plus courtes, par exemple la route S1-S6-S7-S8-S4 si l'acheminement FR est utilisé. Si l'acheminement TDR est utilisé, la route suivante est alors la route suivante dans la table d'acheminement pour la période de temps en cours. Si l'acheminement SDR est utilisé, la norme OSPF implémente dans ce cas une méthode répartie de diffusion par inondation des informations de statut de liaison déclenchée de manière périodique et lorsque des valeurs de seuil d'état de charge sont atteintes. Comme décrit au début du présent sous-paragraphe, cette méthode d'inondation pour la distribution des informations de statut de liaison peut conduire à une utilisation intensive des ressources et n'est pas nécessairement plus efficace que des méthodes plus simples de choix de route telles que l'acheminement EDR. La route suivante est alors la dernière route à avoir été utilisée avec succès si l'acheminement EDR est utilisé; si cette route échoue, une route de débordement est alors sélectionnée en utilisant la méthode de choix de route EDR.

C.3 Gestion de ressources de QS basée sur le protocole IP

Il est recommandé dans la référence [AAJL99] d'étendre aux réseaux basés sur le protocole IP les méthodes décrites aux A.3 et B.3, en vue de leur interfonctionnement avec des réseaux basés sur les modes TDM et ATM. Le paramètre DoS est véhiculé dans le message de demande d'étiquette CRLDP comme dans la méthode de gestion des ressources de QS présentée aux 5.4 et B.3, de sorte que chaque nœud intermédiaire peut comparer l'état de charge de la liaison avec le seuil de profondeur DoS autorisé afin de déterminer si la demande de connexion/d'allocation de largeur de bande est admise ou bloquée sur cette liaison. Dans le réseau basé sur le protocole IP, le message de demande d'étiquette CRLDP est également nécessaire pour véhiculer le paramètre de profondeur DoS autorisée.

Les méthodes de gestion des ressources de QS ont été utilisées avec succès dans les réseaux RTPC au cours de la dernière décade [A98]; elles ont fait l'objet d'une étude en vue de leur extension à des réseaux basés sur le protocole IP [ACFM99] et sont recommandées dans la référence [AAJL99] pour la gestion des ressources de QS dans des réseaux basés sur le protocole IP avec commutation MPLS [RCV99]. Dans la méthode de gestion des ressources de QS recommandée, la largeur de bande est allouée avec des modifications par palier à chacun des trois réseaux virtuels (VNET) correspondant aux services clés à haute priorité, aux services à priorité normale et aux services à basse priorité avec meilleur effort. On peut donner les exemples suivants de ces trois catégories de réseaux virtuels:

- a) services clés à haute priorité tels que les communications vocales de défense;
- b) service à priorité normale avec débit CBR incluant la voix interactive sensible aux délais ou avec VBR tels que la téléphonie IP interactive sensible aux délais, ou le transfert de fichiers WWW non interactif et non sensible aux délais;
- c) services à basse priorité avec meilleur effort avec par exemple service à débit variable, non interactif, messagerie vocale non sensible aux délais, messagerie électronique et transfert de fichiers.

Les modifications de largeur de bande dans la capacité de largeur de bande du réseau virtuel sont déterminées par les nœuds de bord en fonction des exigences totales de largeur de bande pour la capacité de réseau virtuel (et non connexion par connexion). Les nœuds de bord procèdent, en fonction de ces exigences totales, à des modifications périodiques par palier de l'allocation de la largeur de bande, c'est-à-dire qu'ils accroissent ou réduisent la largeur de bande en fonction des itinéraires commutés avec étiquette basés sur des contraintes (CRLSP) qui fournissent la capacité de largeur de bande du réseau virtuel.

La référence [AAJL99] recommande que la commande de l'allocation de largeur de bande pour chaque réseau virtuel avec itinéraire CRLSP soit basée sur l'estimation des besoins de largeur de bande, la largeur de bande utilisée et le statut des liaisons sur la route CRLSP. Le nœud de bord ou le nœud d'origine (ON) détermine si la largeur de bande du réseau virtuel doit être augmentée ou réduite sur un itinéraire CRLSP et utilise une procédure recommandée de modification de largeur de bande d'itinéraire CRLSP avec commutation MPLS pour effectuer les modifications d'allocation de largeur de bande nécessaires sur les réseaux virtuels avec itinéraire CRLSP. Le protocole CRLDP [J99] est utilisé dans la procédure d'allocation de largeur de bande pour spécifier les paramètres adéquats du message de demande d'étiquette afin de:

- a) demander les modifications d'allocation de largeur de bande sur chacune des liaisons de l'itinéraire CRLSP;
- b) déterminer si la largeur de bande de liaison peut être allouée sur chacune des liaisons de l'itinéraire CRLSP.

Un message de notification de protocole CRLDP recommandé contenant le paramètre "retour en arrière/largeur de bande non disponible" permet au nœud d'origine de rechercher une autre allocation possible sur un autre itinéraire CRLSP si une allocation de largeur de bande de liaison n'est pas autorisée. La référence [AAJL99] recommande en particulier un paramètre optionnel "type/longueur/valeur DoS" (TLV, *type/length value*) dans le message de demande d'étiquette du protocole CRLDP pour effectuer la commande de l'allocation de largeur de bande des liaisons individuelles sur un itinéraire CRLSP. La référence [AAJL99] recommande en outre un paramètre optionnel "modification TLV" dans le message de demande d'étiquette de protocole CRLDP afin de permettre la modification dynamique des paramètres de trafic assignés à un itinéraire CRLSP existant (tels que le débit de données de crête, le débit de données attribué, etc.). La référence [AAJL99] recommande enfin un paramètre "TLV, retour en arrière/largeur de bande non disponible" dans le message de notification du protocole CRLDP pour permettre à un nœud de bord de rechercher des itinéraires CRLSP supplémentaires lorsqu'un itinéraire CRLSP donné ne peut pas satisfaire une demande de largeur de bande. La référence [AAJL99] traite de la gestion des ressources de QS pour des connexions de point à point; la gestion des ressources dans le cas de points multiples appelle une étude ultérieure.

L'utilisation des techniques d'allocation de largeur de bande, de réservation et de commande d'encombrement pour la gestion des ressources de QS fournit de bonnes performances de réseau dans des conditions de fonctionnement normales et anormales pour tous les services partageant un réseau intégré [A98]. De telles méthodes ont été analysées dans des études récentes de modélisation pour des réseaux basés sur le protocole IP [ACFM99] et la présente Recommandation décrit de telles méthodes de gestion des ressources de QS basées sur le protocole IP. Le but recherché est toutefois d'illustrer les principes généraux de la gestion des ressources de QS et non de recommander une implémentation particulière. Dans le cas de la gestion des ressources de QS avec services multiples, la largeur de bande est allouée aux trois réseaux virtuels distincts (réseau virtuel à haute priorité pour les services clé, réseau virtuel pour les services à priorité normale et réseau virtuel pour les services à basse priorité avec meilleur effort). Cette largeur de bande est protégée comme nécessaire, mais partagée par ailleurs. Chaque nœud d'origine supervise l'utilisation de la largeur de bande sur chaque réseau virtuel avec itinéraire CRLSP et détermine à quel moment cette largeur de bande doit être augmentée ou diminuée. Les modifications de largeur de bande dans la capacité de largeur de bande

du réseau virtuel sont déterminés par les nœuds d'origine en fonction des exigences globales de largeur de bande pour la capacité de réseau virtuel (et non sur la base des demandes de connexion). Les nœuds d'origine procèdent, en fonction de ces exigences globales, à des modifications périodiques par palier de l'allocation de la largeur de bande, c'est-à-dire qu'ils accroissent ou réduisent la largeur de bande sur les itinéraires CRLSP qui fournissent la capacité de largeur de bande du réseau virtuel. Si des demandes de connexion sont faites, par exemple, pour une largeur de bande dans un réseau virtuel avec itinéraire CRLSP qui excèdent l'allocation de largeur de bande de l'itinéraire CRLSP actuel, le nœud d'origine initie alors une demande de modification de largeur de bande sur un ou plusieurs itinéraires CRLSP appropriés. Cette demande de modification de largeur de bande peut, par exemple, impliquer un accroissement de l'allocation de largeur de bande de l'itinéraire CRLSP actuel avec un incrément discret de largeur de bande appelé ici delta de largeur de bande (DBW, *delta-bandwidth*). La taille de l'incrément DBW est suffisante pour garantir que de telles demandes de modification de largeur de bande se manifestent relativement rarement. Le nœud d'origine supervise également l'utilisation de la largeur de bande CRLSP, par exemple une fois par minute; si cette utilisation devient inférieure à l'allocation CRLSP actuelle, le nœud d'origine initie alors une demande de modification de largeur de bande de manière à diminuer l'allocation de largeur de bande CRLSP d'un montant unitaire égal, par exemple, au delta DBW.

Lorsqu'il procède à une modification d'allocation de largeur de bande pour un réseau virtuel, le nœud d'origine détermine les paramètres de gestion des ressources de QS incluant la priorité du réseau virtuel (clé, normale ou meilleur effort), la largeur de bande utilisée par le réseau virtuel, les seuils d'allocation de largeur de bande pour le réseau virtuel et le type d'itinéraire CRLSP de premier choix ou de débordement. Ces paramètres sont utilisés pour accéder à la table de profondeur de recherche (DoS) du réseau virtuel permettant de déterminer un seuil pour l'état de charge DoS, ou la "profondeur" avec laquelle une capacité de réseau peut être allouée pour une demande de modification de largeur de bande du réseau virtuel. Le nœud d'origine sélectionne un itinéraire CRLSP de premier choix en appliquant les règles de sélection de la table d'acheminement lorsqu'il utilise le seuil de profondeur DoS pour allouer une capacité de largeur de bande à un réseau virtuel. Le choix de route dans le réseau IP peut utiliser la méthode "premier itinéraire ouvert le plus court" (OSPF) [M98] et [S95] pour l'acheminement à l'intérieur du domaine. Dans le cas d'un acheminement effectué dans la couche 3 en utilisant la norme OSPF, comme dans l'exemple de la Figure 2, le nœud d'origine A détermine une liste des routes les plus courtes en utilisant, par exemple, l'algorithme de Dijkstra. Cette liste de routes peut être déterminée en fonction des poids administratifs de chaque liaison qui sont communiqués à tous les nœuds situés au sein du domaine autonome (AS). Les poids administratifs peuvent être déterminés, par la valeur $[1 + \text{epsilon} \times \text{distance}]$, epsilon étant un facteur qui donne un poids relatif plus faible à la distance en fonction du comptage de bonds. Le nœud d'origine choisit ensuite une route dans la liste au moyen de l'une des méthodes de choix de route d'acheminement fixe (FR), d'acheminement en fonction du temps (TDR), d'acheminement en fonction de l'état (SDR) ou d'acheminement en fonction des événements (EDR) [A98].

Lorsqu'il utilise, par exemple, le premier itinéraire CRLSP A-B-E de la Figure 2, le nœud d'origine A émet le message de demande d'étiquette CRLDP vers le nœud intermédiaire B, qui retransmet à son tour le message de demande d'étiquette CRLDP vers le nœud de destination E. Le nœud intermédiaire B et le nœud de destination E sont placés dans le paramètre d'acheminement explicite CR/TLV du message de demande d'étiquette CRLDP. Chaque nœud de l'itinéraire CRLSP prend connaissance des informations CR/TLV et retransmet le message de demande d'étiquette CRLDP vers le nœud suivant de la liste de l'itinéraire CRLSP. Si la première route est bloquée sur l'une quelconque des ses liaisons, un message de notification CRLDP avec un paramètre recommandé "type/longueur/valeur d'acheminement basé sur des contraintes (CR/TLV), retour en arrière/largeur de bande non disponible" est renvoyé au nœud d'origine A qui peut alors faire une tentative sur la route suivante. Cette route est alors la suivante dans la liste de routes les plus courtes par exemple A-C-D-E si l'acheminement FR est utilisé. Si l'acheminement TDR est utilisé, la route

suivante est celle indiquée par la table d'acheminement pour la période de temps en cours. Si l'acheminement SDR est utilisé, la norme OSPF implémente dans ce cas une méthode répartie de diffusion par inondation des informations de statut de liaison, déclenchée de manière périodique et lorsque des valeurs de seuil d'état de charge sont atteintes. Cette méthode d'inondation pour la distribution des informations de statut de liaison peut conduire à une utilisation intensive des ressources et n'est pas nécessairement plus efficace que des méthodes plus simples de choix de route telles que l'acheminement EDR. La route suivante est la dernière route qui a été utilisée avec succès si l'acheminement EDR est utilisé; si cette route échoue, une route de débordement est alors sélectionnée en utilisant la méthode de choix de route EDR.

De cette sorte, lorsqu'il utilise l'itinéraire CRLSP sélectionné, le nœud d'origine indique l'itinéraire explicite, les paramètres de trafic requis (débit de données de crête, débit de données attribué, etc.), un paramètre optionnel DoS-TLV et un paramètre optionnel de modification TLV dans le message de demande d'étiquette CRLDP à l'intention de chaque nœud intermédiaire et du nœud de destination de l'itinéraire CRLSP sélectionné. Chaque nœud intermédiaire détermine s'il peut ou non allouer de la largeur de bande à la demande de modification de largeur de bande sur l'itinéraire CRLSP de premier choix en appliquant les règles de gestion des ressources de QS. Ces règles impliquent que le nœud intermédiaire détermine les états de liaison de l'itinéraire CRLSP (charge faible, charge forte, réservé ou occupé) en fonction de l'utilisation de largeur de bande et de la largeur de bande disponible et compare les états de charge de la liaison avec le seuil de profondeur DoS émis dans les paramètres TLV du protocole CRLDP, comme expliqué en détail ci-dessous. Si l'accès à l'itinéraire de premier choix n'est pas possible, un nœud intermédiaire ou le nœud de destination renvoie alors la commande vers le nœud d'origine au moyen du paramètre recommandé "TLV, retour en arrière/largeur de bande non disponible" contenu dans le message de notification du protocole CRLDP. Le nœud d'origine peut ensuite faire une tentative sur un itinéraire CRLSP de débordement. Chaque nœud intermédiaire détermine s'il peut ou non allouer de la largeur de bande à la demande de modification de largeur de bande sur l'itinéraire CRLSP de débordement en comparant le seuil de profondeur DoS à l'état de charge de la liaison de l'itinéraire CRLSP. Une mise en file d'attente avec priorité est utilisée durant l'établissement de la connexion et une discipline d'attente est établie de manière à ce que les paquets reçoivent une priorité conforme à la priorité du trafic du réseau virtuel.

Dans la méthode recommandée de gestion des ressources de QS, le contrôle d'admission pour la modification de largeur de bande sur chaque réseau virtuel avec itinéraire CRLSP est fonction du statut des liaisons sur l'itinéraire CRLSP. Le nœud d'origine peut choisir tout itinéraire CRLSP dont la première liaison est autorisée conformément aux critères de gestion des ressources de QS. Si une liaison suivante n'est pas autorisée sur cet itinéraire; un message de notification du protocole CRLDP contenant un paramètre recommandé "TLV, retour en arrière/largeur de bande non disponible" est utilisé pour revenir au nœud d'origine et choisir un itinéraire CRLSP de débordement. La détermination des états de charge de l'itinéraire CRLSP est nécessaire pour que la gestion des ressources de QS puisse choisir une capacité dans le réseau, soit sur l'itinéraire CRLSP de premier choix, soit sur des itinéraires CRLSP de débordement. On distingue les quatre états de charge suivants pour les liaisons:

- faible charge (LL);
- forte charge (HL);
- réservé (R);
- occupé (B).

La gestion de capacité de l'itinéraire CRLSP utilise un modèle d'état de liaison et un modèle de profondeur de recherche (DoS) pour déterminer si une demande de modification de largeur de bande peut être acceptée sur un itinéraire CRLSP donné. Le seuil autorisé pour l'état de charge DoS détermine si une demande de modification de largeur de bande peut être acceptée sur une liaison donnée avec une largeur de bande de "profondeur" disponible. Lorsqu'il génère la demande de

modification de largeur de bande, le nœud d'origine code le seuil de l'état de charge DoS autorisé sur chaque liaison dans le paramètre DoS-TLV recommandé. Si une liaison est rencontrée sur un nœud intermédiaire de l'itinéraire CRLSP avec une largeur de bande et un état de charge inférieurs au seuil autorisé pour l'état de charge DoS, le nœud intermédiaire émet alors un message de notification CRLDP contenant un paramètre recommandé "TLV, retour en arrière/largeur de bande non disponible" à destination du nœud d'origine qui peut alors acheminer la demande de modification de largeur de bande vers un itinéraire CRLSP de débordement. Dans l'exemple de la Figure 2, l'itinéraire CRLSP A-B-E peut être le premier acheminement essayé avec la liaison A-B dans l'état LL et la liaison B-E dans l'état R. Si l'état de charge DoS autorisé est égal à HL ou meilleur, la demande de modification de largeur de bande de l'itinéraire CRLSP contenue dans le message de demande d'étiquette CRLDP est acheminée sur la liaison A-B mais ne sera pas acceptée sur la liaison B-E, ce qui fait que la demande de modification de largeur de bande de l'itinéraire CRLSP sera renvoyée en arrière dans le message de notification CRLDP à destination du nœud d'origine A afin d'essayer l'itinéraire CRLSP de débordement A-C-D-E. Dans ce cas, la demande de modification de largeur de bande de l'itinéraire CRLSP réussit puisque toutes les liaisons sont dans un état égal à HL ou meilleur.

Le seuil de l'état de charge DoS est fonction de la largeur de bande en progression, de la priorité du réseau virtuel et des seuils d'allocation de largeur de bande [ACFM99] comme indiqué au Tableau C.1.

Tableau C.1/E.351 – Détermination du seuil d'état de charge de la profondeur de recherche (DoS)

Etat de charge autorisé _i	VNET avec priorité clé	VNET avec priorité normale		VNET avec meilleur effort
		CRLSP de premier choix	CRLSP de débordement	
R	Si $BWIP_i \leq 2 \times BW_{max_i}$	Si $BWIP_i \leq BW_{avg_i}$	Non autorisé	(Note)
HL	Si $BWIP_i \leq 2 \times BW_{max_i}$	Si $BWIP_i \leq BW_{max_i}$	Si $BWIP_i \leq BW_{avg_i}$	(Note)
LL	Tout $BWIP_i$	Tout $BWIP_i$	Tout $BWIP_i$	(Note)

NOTE – Les itinéraires CRLSP pour le réseau virtuel avec meilleur effort reçoivent une allocation de largeur de bande nulle; la mise en file d'attente DIFFSERV admet des paquets avec meilleur effort uniquement s'il existe une largeur de bande disponible sur une liaison.

avec:

$BWIP_i$ = largeur de bande en progression sur le réseau VNET i

BW_{avg_i} = largeur de bande minimale garantie pour que le réseau VNET i puisse véhiculer la charge de largeur de bande offerte moyenne

BW_{max_i} = largeur de bande requise pour que le réseau VNET i puisse fournir un degré de service avec un objectif de probabilité de blocage égale à $1,1 \times BW_{avg_i}$

Il convient de noter que les valeurs de $BWIP$, BW_{avg} et BW_{max} sont spécifiées pour chaque couple de nœuds d'origine et de destination et que la méthode de gestion des ressources de QS fournit des réseaux virtuels avec une priorité clé, une priorité normale et un meilleur effort. Les services clé admis par un nœud d'origine sur les réseaux virtuels avec la priorité clé sont traités avec une priorité d'acheminement plus élevée en autorisant un choix de routes DoS plus étendu pour les services normaux admis sur les réseaux virtuels de priorité normale. Les services avec meilleur effort sur le

réseau virtuel avec meilleur effort sont acheminés avec des priorités plus faibles en autorisant un choix de routes DoS plus réduit que la normale. Les valeurs de BW_{avg_i} sont calculées de manière périodique, par exemple chaque semaine w et peuvent faire l'objet d'un lissage exponentiel sur plusieurs semaines en utilisant la formule suivante:

$$BW_{avg_i}(w) = 0,5 \times BW_{avg_i}(w - 1) + 0,5 \times [BWIP_{avg_i}(w) + BWOV_{avg_i}(w)]$$

avec:

$BWIP_{avg_i}$ = largeur de bande moyenne en progression pour une période d'ensemble de charge sur le réseau VNET i

$BWOV_{avg_i}$ = moyenne du rejet (ou du débordement) de largeur de bande sur une période d'ensemble de charge sur le réseau VNET i

Toutes les variables sont spécifiées pour un couple de nœuds d'origine et de destination et les valeurs de $BWIP_i$ et de $BWOV_i$ sont calculées sur diverses périodes d'ensembles de charge telles les valeurs moyennes du matin, de l'après-midi et du soir pour les jours de la semaine, les samedis et les dimanches pour obtenir les valeurs de $BWIP_{avg_i}$ et de $BWOV_{avg_i}$.

Le Tableau C.2 donne une illustration des seuils permettant de déterminer les états de charge de la liaison [ACFM99].

Tableau C.2/E.351 – Détermination de l'état de charge des liaisons

Nom de l'état		Condition
Occupé	B	$ILBW_k < DBW$
Réservé	R	$ILBW_k \leq Rthr_k$
Forte charge	HL	$Rthr_k < ILBW_k \leq HLthr_k$
Faible charge	LL	$HLthr_k < ILBW_k$

avec:

$ILBW_k$ = largeur de bande libre sur la liaison k

DBW = prescription de delta de largeur de bande pour une demande d'allocation de largeur de bande

$Rthr_k$ = seuil de réservation de largeur pour la liaison k , soit $N \times 0,05 \times TBW_k$ pour le niveau de réservation N de largeur de bande

$HLthr_k$ = seuil de forte charge de largeur de bande pour la liaison k , soit $Rthr_k + 0,05 \times TBW_k$

TBW_k = largeur de bande totale requise sur la liaison k pour fournir un degré de service respectant l'objectif de probabilité de blocage pour des demandes de connexion sur l'itinéraire CRLSP de premier choix.

La méthode de gestion des ressources de QS recommandée implémente une logique de réservation favorisant les connexions acheminées sur l'itinéraire CRLSP de premier choix dans des situations d'encombrement de liaison. La réservation de largeur de bande est immédiatement déclenchée si un encombrement (ou un blocage) de liaison est détecté et le niveau de réservation N est positionné pour la liaison en fonction de son niveau d'encombrement. Il en résulte que le trafic qui effectue une tentative de débordement sur une liaison encombrée doit respecter la réservation de largeur de bande et que le trafic d'itinéraire CRLSP de premier choix est favorisé sur cette liaison. En même temps, les seuils d'état de liaison LL et HL sont augmentés afin d'adapter en conséquence la capacité de largeur de bande réservée pour le réseau virtuel. La Figure A.3 illustre l'allocation de largeur de bande et les

mécanismes de protection par réservation de la largeur de bande. La largeur de bande est entièrement partagée dans des conditions normales de demande de largeur de bande, mais elle est protégée dans des situations de surcharge par les mécanismes de réservation qui permettent à chaque réseau virtuel d'utiliser la largeur de bande qui lui est allouée. Toutefois, dans les situations de défaillance, les mécanismes de réservation donnent au réseau virtuel clé la largeur de bande qui lui est allouée avant d'effectuer l'allocation pour le réseau virtuel de priorité normale. Comme indiqué dans le Tableau C.1, le réseau virtuel de basse priorité avec meilleur effort ne reçoit aucune allocation de largeur de bande et aucune réservation de largeur de bande n'est effectuée dans ce réseau. Des illustrations sont fournies dans la référence [A98] en ce qui concerne la robustesse de la réservation de largeur de bande dynamique pour la protection des demandes de largeur de bande préférées dans un nombre important de situations de trafic diverses.

Le niveau de réservation N (N pouvant être, par exemple, un niveau parmi quatre) est calculé pour chaque liaison k en fonction du niveau de blocage de la liaison résultant des demandes d'allocation de largeur de bande. Le niveau de blocage de la liaison est égal au total (exprimé en largeur de bande totale) des demandes d'allocation de largeur de bande sur la liaison qui ont été rejetées (ou ont débordé), divisé par le total des demandes d'allocation de largeur de bande sur la liaison; ce niveau est calculé sur le dernier intervalle de mise à jour périodique, par exemple toutes les trois minutes.

Ceci signifie que:

$BWOV_k$ = total des allocations de largeur de bande sur la liaison k qui ont été rejetées (ou ont débordé)

$BWOF_k$ = total des allocations de largeur de bande demandées ou offertes sur la liaison k

LBL_k = niveau de blocage de liaison sur la liaison k , soit $BWOV_k/BWOF_k$

Si le niveau LBL_k dépasse une valeur de seuil, le niveau de réservation N est alors calculé en conséquence. La largeur de bande réservée et les états de liaison sont déterminés en fonction de la largeur de bande totale TBW_k requise sur la liaison k , qui est calculée en ligne, par exemple toutes les m minutes et lissée en utilisant la formule suivante:

$$TBW_k(m) = 0,5 \times TBW_k(m - 1) + 0,5 \times [1,1 \times TBWIP_k(m) + TBWOV_k(m)]$$

dans laquelle:

$TBWIP_k$ = somme des largeurs de bande en progression ($BWIP_i$) pour tous les réseaux VNET i pour des connexions dont l'itinéraire CRLSP de premier choix utilise la liaison k .

$TBWOV_k$ = somme des débordements de largeur de bande ($BWOV_i$) pour tous les réseaux VNET i pour des connexions dont l'itinéraire CRLSP de premier choix utilise la liaison k .

Il en résulte que les seuils de niveau de réservation et d'état de charge sont proportionnels à l'estimation de la charge de trafic de largeur de bande nécessaire, ce qui signifie que la largeur de bande réservée et la largeur de bande nécessaire pour qu'une liaison se trouve dans l'état de faible charge varient dans le même sens que la charge de trafic, ce qui est intuitivement correct.

Une capacité QS de mise en file d'attente de service avec priorité est utilisée pendant la durée d'établissement des connexions sur chacun des trois réseaux virtuels en plus de la procédure QS de gestion de largeur de bande utilisée par les demandes d'allocation de largeur de bande. Une discipline de mise en file d'attente est maintenue au niveau de chaque liaison de sorte que les paquets sont servis dans l'ordre suivant: services de réseau virtuel clé, services de réseau virtuel normaux et services de réseau virtuel avec meilleur effort. Il est nécessaire d'émettre dans chaque paquet IP, comme indiqué dans la Figure C.1, les paramètres "priorité de service" et "étiquette" une fois que l'allocation de largeur de bande a été effectuée pour l'itinéraire CRLSP avec commutation MPLS CRLSP et que les règles de gestion des ressources de QS ont été appliquées.

charge utile IP	en-tête IP (contient le paramètre de QS ToS/DIFFSERV)	étiquette LDP (contient les paramètres d'acheminement MPLS)
-----------------	---	---

DIFFSERV	services différenciés
IP	protocole Internet
LDP	protocole de distribution avec étiquette
MPLS	commutation multiprotocole avec étiquette
QS	qualité de service
ToS	type de service

Figure C.1/E.351 – Structure de paquet IP avec commutation MPLS

Le paramètre "priorité de service" peut être contenu dans le paramètre "type de service" (ToS) ou dans le paramètre "services différenciés" (DIFFSERV) [B98] et [ST98] figurant déjà dans l'en-tête de paquet IP. Une autre possibilité consiste à placer le paramètre "priorité de service" dans l'étiquette MPLS ou "shim" ajoutée au paquet IP (ce point appelle une étude ultérieure). Le paramètre "priorité de service" permet dans les deux cas au nœud IP de déterminer le traitement de QS à appliquer en fonction des règles de gestion des ressources de QS (mise en file d'attente avec priorité) pour les paquets du réseau virtuel clé, du réseau virtuel normal et du réseau virtuel avec meilleur effort. Le paramètre "étiquette" permet au nœud IP de déterminer le nœud suivant afin d'acheminer le paquet IP comme défini par le protocole MPLS. L'implémentation de la gestion des ressources de QS et de l'acheminement MPLS se fait au moyen d'un traitement très simple paquet par paquet au niveau des nœuds de l'ossature.

Les références [AAJL99] et [AAFJLLS99] résument les trois exemples suivants de méthode d'utilisation des itinéraires CRLDP par la commutation MPLS:

- a) les nœuds de bord, ou nœuds d'origine, supervisent l'utilisation de la largeur de bande du réseau virtuel et décident de l'instant à partir duquel il est nécessaire d'effectuer une demande de modification de largeur de bande CRLSP. Les nœuds d'origine conservent la trace de la priorité du réseau virtuel, de la largeur de bande en cours d'utilisation et des seuils d'allocation de largeur de bande; ils appliquent les règles de profondeur DoS pour déterminer le seuil de profondeur devant être appliqué à une demande de modification de largeur de bande;
- b) les nœuds de l'ossature, ou nœuds intermédiaires, conservent la trace de l'état de liaison et comparent cet état avec les paramètres de seuil de profondeur DoS (il en est de même pour les nœuds d'origine);
- c) les nœuds d'origine génèrent le message de demande d'étiquette CRLDP qui véhicule les paramètres d'acheminement explicite spécifiant les nœuds intermédiaires et le nœud de destination sur l'itinéraire CRLSP sélectionné, le paramètre DoS-TLV optionnel spécifiant le seuil autorisé pour l'allocation de largeur de bande sur chacune des liaisons de l'itinéraire CRLSP et le paramètre "modification TLV" optionnel permettant de modifier les paramètres de trafic assignés (tels que le débit de donnée de crête, le débit de données attribué, etc.) sur une route CRLSP existant;
- d) les nœuds intermédiaires et le nœud de destination génèrent le paramètre optionnel "TLV, retour en arrière/largeur de bande non disponible" dans le message "notification" du protocole CRLDP; ce paramètre spécifie le renvoi au nœud d'origine de la commande de demande d'allocation de largeur de bande de la liaison en vue d'un éventuel acheminement de débordement ultérieur qui permet de rechercher des itinéraires CRLSP de débordement supplémentaires lorsqu'un itinéraire CRLSP donné ne peut pas satisfaire une demande de largeur de bande.

APPENDICE I

Bibliographie

- [A98] ASH (G.R.): *Dynamic Routing in Telecommunications Networks (Acheminement dynamique dans les réseaux de télécommunication)*, McGraw-Hill, 1998.
- [AAFJLLS99] ASH (G.R.), ASHWOOD-SMITH (P.), FEDYK (D.), JAMOOUSSI (B.), LEE (Y.), LI (L.), SKALECKI (D.): *LSP Modification Using CRLDP (Modification du protocole LSP utilisant le protocole CRLDP)*, *draft-ash-crlsp-modify-00.txt*, juillet 1999.
- [ACFM99] ASH (G.R.), CHEN (J.), FISHMAN (S.D.), MAUNDER (A.): *Routing Evolution in Multiservice Integrated Voice/Data Networks (Evolution de l'acheminement dans les réseaux multiservices intégrant la voix et les données)*, *International Teletraffic Congress ITC-16*, Edimbourg, Ecosse, juin 1999.
- [ADFFT98] ANDERSON (L.), DOOLAN (P.), FELDMAN (N.), FREDETTE (A.), THOMAS (B.): *LDP Specification (Spécification du protocole LDP)*, *IETF Draft, draft-ietf-mpls-ldp-01.txt*, août 1998.
- [AL99] ASH (G.R.), LEE (Y.): *Routing of Multimedia Connections Across TDM-, ATM-, and IP-Based Networks (Acheminement de connexions multimédia à travers des réseaux basés sur le mode TDM, le mode ATM et le protocole IP)*, *IETF Draft, draft-ash-itu-sg2-qos-routing-00.txt*, mai 1999.
- [AM98] ASH (G.R.), MAUNDER (A.): *Routing of Multimedia Connections when Interworking with PSTN, ATM, and IP Networks (Acheminement de connexions multimédias avec interfonctionnement de réseaux RTPC, ATM et IP)*, *AF-98-0927*, Nashville, TN, décembre 1998.
- [AAJL99] ASH (G.R.), ABOUL-MAGD (O.S.), JAMOOUSSI (B.), LEE (Y.): *QoS Resource Management in MPLS-Based Networks (Gestion de ressources de QS dans des réseaux basés sur la commutation MPLS)*, *IETF Draft, draft-ash-qos-routing-00.txt*, Minneapolis MN, mars 1999.
- [AM99] ASH (G.R.), MAUNDER (A.): *QoS Resource Management in ATM Networks (Gestion de ressources de QS dans des réseaux ATM)*, *AF-99-*, Rome, Italie, avril 1999.
- [AMAOM98] AWDUCHE (D.O.), MALCOLM (J.), AGOGBUA (J.), O'DELL (M.), McMANUS (J.): *Requirements for Traffic Engineering Over MPLS (Prescription d'ingénierie du trafic avec commutation MPLS)*, *IETF Draft, draft-ietf-mpls-traffic-eng-00.txt*, octobre 1998.
- [ATM95] *B-ISDN Inter Carrier Interface (B-ICI) Specification Version 2.0 (Integrated) [Spécification de l'interface entre opérateurs pour le RNIS-LB, Version – 2.0 (intégrée)]*, *ATM Forum Technical Committee, af-bici-0013.003*, décembre 1995.
- [ATM960055] *Private Network-Network Interface Specification Version 1.0 (PNNI 1.0) [Spécification de l'interface réseau-réseau privée (PNNI 1.0) – Version 1.0]*, *ATM Forum Technical Committee, af-pnni-0055.000*, mars 1996.
- [ATM960056] *Traffic Management Specification Version 4.0 (Spécification de la gestion du trafic – Version 4.0)*, *ATM Forum Technical Committee, af-tm0056.000*, avril 1996.
- [ATM960061] *ATM User-Network Interface (UNI) Signalling Specification Version 4.0 [Spécification de la signalisation ATM au niveau de l'interface utilisateur-réseau (UNI) – Version 4.0]*, *ATM Forum Technical Committee, af-sig-0061.000*, juillet 1996.
- [ATM98] *Specification of the ATM Inter-Network Interface (AINI) (Draft) [Spécification de l'interface entre réseaux ATM (projet)]*, *ATM Forum Technical Committee, ATM Forum/BTD-CS-AINI-01.03*, juillet 1998.

- [ATM990097] ATM Signalling Requirements for IP Differentiated Services and IEEE 802.1D (Prescriptions de signalisation ATM pour des services IP différenciés et la Norme IEEE 802.1D), *ATM Forum*, Atlanta, GA, février 1999.
- [B99] BERNET (Y.), *et al.*: A Framework for Differentiated Services (Cadre général pour des services différenciés), *IETF draft-ietf-diffserv-framework-02.txt*, février 1999.
- [BZBHI97] BRADEM (R.), ZHANG (L.), BERSON (S.), HERZOG (S.), JAMIN (S.): Resource ReSerVation Protocol (RSVP) – Version 1 Functional Specification (Protocole de réservation de ressources (RSVP) – Spécification fonctionnelle, Version 1), *IETF Network Working Group RFC 2205*, septembre 1997.
- [CDFS97] CALLON (R.), DOOLAN (P.), FELDMAN (N.), FREDETTE (A.), SWALLOW (G.), VISWANATHAN (A.): A Framework for Multiprotocol Label Switching (Cadre général pour la commutation multiprotocole avec étiquette), *IETF Network Working Group Draft, draft-ietf-mpls-framework-02.txt*, novembre 1997.
- [CNRS98] CRAWLEY (E.), NAIR (R.), RAJAGOPALAN (B.), SANDICK (H.): A Framework for QoS-based Routing in the Internet (Cadre général pour l'acheminement basé sur la QS dans le réseau Internet), *IETF RFC 2386*, août 1998.
- [COM 2-39-E] Annex, Draft New Recommendation E.ip (Projet de nouvelle Recommandation E.IP), *Report of Joint Meeting of Questions 1/2 and 10/2*, Turin, juillet 1998.
- [D99] DVORAK (C.): IP-Related Impacts on End-to-End Transmission Performance (Impacts liés au protocole IP sur les performances de transmission de bout en bout), *ITU-T Liaison to Study Group 2, Temporary Document TD GEN-22*, Genève, mai 1999.
- [DN99] DIANDA (R.B.), NOORCHASHM (M.): Bandwidth Modification for UNI, PNNI, AINI, and BICI (Modification de largeur de bande pour les interfaces UNI, PNNI, AINI et BICI), *ATM Forum Technical Working Group*, avril 1999.
- [ETSIa] Telecommunications and Internet Protocol Harmonization over Networks (TIPHON); Naming and Addressing; Scenario 2 [Harmonisation de protocole de télécommunications et Internet entre réseaux (TIPHON); dénomination et adressage; Scénario 2], *ETSI Secretariat, DTS/TIPHON-4002 v1.1.64*, 1998.
- [ETSIb] Request for Information (RFI): Requirements for Very Large Scale E.164 -> IP Database [Demande d'informations (RFI): Prescriptions pour une base de données E.164 → IP à très grande échelle], *ETSI STF, TD35, ETSI EP TIPHON 9*, Portland, septembre 1998.
- [ETSIc] TD290, Proposal to Study IP Numbering, Addressing, and Routing Issues (Proposition d'étude des problèmes de numérotage, d'adressage et d'acheminement pour le protocole IP), *ETSI Working Party Numbering and Routing*, Sofia, septembre 1998.
- [G99a] GLOSSBRENNER (K.): Elements Relevant to Routing of ATM Connections (Eléments pertinents pour l'acheminement de connexions ATM), *ITU-T Liaison to Study Group 2, Temporary Document 1/2-8*, Genève, mai 1999.
- [G99b] GLOSSBRENNER (K.): IP Performance Studies (Etudes des performances du protocole IP), *ITU-T Liaison to Study Group 2, Temporary Document GEN-27*, Genève, mai 1999.
- [GWA97] GRAY (E.), WANG (Z.), ARMITAGE (G.): Generic Label Distribution Protocol Specification (Spécification du protocole générique de distribution avec étiquette), *IETF Draft, draft-gray-mpls-generic-ldp-spec-00.txt*, novembre 1997.
- [GR99] GREENE (N.), RAMALHO (M.): Media Gateway Control Protocol Architecture and Requirements (Architecture et prescriptions pour le protocole de commande de passerelle de média), *IETF Draft, draft-ietf-megaco-reqs-00.txt*, janvier 1999.

- [HSSR99] HANDLEY (M.), SCHULZRINNE (H.), SCHOOLER (E.) ROSENBERG (J.): SIP: Session Initiation Protocol (SIP: protocole d'initiation de session), *IETF RFC 2543*, mars 1999.
- [J99] JAMOOUSSI (B.), Editor: Constraint-Based LSP Setup using LDP (Etablissement de route LSP basé sur des contraintes et utilisant le protocole LDP), *IETF draft-ietf-mpls-cr-ldp-01.txt*, février 1999.
- [LKPCD98] LUCIANI (J.), KATZ (D.), PISCITELLO (D.), COLE (B.), DORASWAMY (N.): NBMA Next Hop Resolution Protocol (NHRP) [Protocole de résolution de bond NBMA suivant (NHRP)], *IETF RFC 2332*, avril 1998.
- [M98] MOY (J.): OSPF Version 2 (Norme OSPF – Version 2), *IETF RFC 2328*, avril 1998.
- [PARLAY] Parlay API Specification 1.2 (Spécification de l'interface API Parlay 1.2), septembre 1999.
- [PL99] FALTSTROM (P.), LARSON (B.): E.164 Number and DNS (Numéro E.164 et serveur DNS), *IETF draft-faltstrom-e164-03.txt*, septembre 1999.
- [RVC99] ROSEN (E.), VISWANATHAN (A.), CALLON (R.): Multiprotocol Label Switching Architecture (Architecture de commutation multiprotocole avec étiquette), *IETF draft-ietf-mpls-arch-04.txt*, février 1999.
- [S94] STEVENS (W.R.): TCP/IP Illustrated, Volume 1, The Protocols (TCP/IP illustré, Volume 1, Les protocoles), Addison-Wesley, 1994.
- [S95] STEENSTRUP (M.) Editor: Routing in Communications Networks (Acheminement dans les réseaux de communication), Prentice-Hall, 1995.
- [SCFJ96] SCHULZRINNE (H.), CASNER (S.), FREDERICK (R.), JACOBSON (V.): RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications (RTP, un protocole de transport pour des applications en temps réel), *IETF RFC 1889*, janvier 1996.
- [ST98] SIKORA (J.), TEITELBAUM (B.): Differentiated Services for Internet2 (Services différenciés pour Internet 2), *Internet2: Joint Applications/Engineering QoS Workshop*, Santa Clara, CA, mai 1998.
- [T1S198] ATM Trunking for the PSTN/ISDN (Jonction ATM pour le RTPC/RNIS), *Committee T1S1.3 (B-ISUP)*, *T1S1.3/98*, NJ, décembre 1998.
- [ZSSC97] ZHANG, SANCHEZ, SALKEWICZ, CRAWLEY: Quality of Service Extensions to OSPF or Quality of Service Route First Routing (QOSPF) [Extensions de la qualité de service à la norme OSPF ou premier acheminement en fonction de la qualité de service de la route (QOSPF)], *IETF Draft, draft-zhang-qos-ospf-01.txt*, septembre 1997.

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	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, de télégraphie, de télécopie, circuits téléphoniques 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 informatiques généraux des systèmes de télécommunication

18267

Imprimé en Suisse
Genève, 2000