

Union internationale des télécommunications

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

Y.1542

(07/2006)

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

Aspects relatifs au protocole Internet – Qualité de service
et performances de réseau

**Cadre applicable à la réalisation des objectifs de
qualité de fonctionnement IP de bout en bout**

Recommandation UIT-T Y.1542



RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE Y
**INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION, PROTOCOLE INTERNET ET RÉSEAUX DE
 PROCHAINE GÉNÉRATION**

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

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

Recommandation UIT-T Y.1542

Cadre applicable à la réalisation des objectifs de qualité de fonctionnement IP de bout en bout

Résumé

La présente Recommandation expose diverses solutions en vue de respecter les objectifs de qualité de fonctionnement IP de bout en bout (UNI-UNI). Il décrit en détails des exemples montrant comment certaines solutions pourraient être mises en œuvre dans la pratique, y compris comment les fournisseurs de service pourraient traiter les cas où les dégradations cumulatives dépasseraient celles qui sont spécifiées dans une classe de QS demandée (voir par exemple la Rec. UIT-T Y.1541). Les avantages et les inconvénients de chaque solution sont récapitulés.

Source

La Recommandation UIT-T Y.1542 a été approuvée le 14 juillet 2006 par la Commission d'études 12 (2005-2008) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

NOTE

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

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

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux développeurs de consulter la base de données des brevets du TSB sous <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2007

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

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1	Domaine d'application 1
2	Références normatives..... 1
3	Termes et définitions 2
4	Abréviations et acronymes 2
5	Enoncé du problème et exposé de solutions 2
5.1	Solutions statiques 4
5.2	Solution pseudo-statique 5
5.3	Solutions avec signalisation 5
5.4	Solution fondée sur une accumulation des dégradations..... 8
6	Avantages et inconvénients des solutions envisagées 9
7	Récapitulatif des solutions par rapport aux difficultés recensées dans l'énoncé du problème 11
	Appendice I – Exemple détaillé d'une solution fondée sur une subdivision statique 13
	Appendice II – Exemple détaillé de la solution fondée sur une attribution de référence statique..... 14
	Appendice III – Exemple détaillé de la solution fondée sur une accumulation des dégradations..... 17
	Appendice IV – Indications de qualité de fonctionnement destinées aux fournisseurs..... 20
IV.1	Indications qualitatives..... 20
IV.2	Cas dans lesquels des indications sont utiles..... 20

Introduction

Si on les compare aux réseaux et systèmes qui sont fondés sur les circuits, les réseaux et systèmes fondés sur le protocole IP posent des problèmes complètement différents en ce qui concerne la planification et le respect des niveaux de qualité de fonctionnement de bout en bout nécessaires pour prendre en charge correctement la large palette d'applications d'utilisateur (voix, données, fax, vidéo, etc.). Les exigences fondamentales de qualité pour ces applications sont bien comprises et leur perception par l'utilisateur n'a pas changé; ce qui a changé c'est la technologie (et les dégradations associées) dans les couches sous-jacentes. Du fait de la nature même des routeurs IP, qui emploient des méthodes de mise en file d'attente, et des terminaux IP, qui utilisent des tampons de compensation de gigue, l'obtention d'une bonne qualité de fonctionnement de bout en bout lorsque des réseaux de plusieurs opérateurs sont traversés pose un véritable problème pour les applications dont les exigences de qualité de fonctionnement sont strictes.

Heureusement, les deux Recommandations UIT-T Y.1540 et Y.1541 définissent les paramètres nécessaires pour déterminer la qualité de fonctionnement des réseaux IP et spécifient un ensemble de classes de "qualité de service (QS) de réseau" associées à des objectifs de bout en bout. Il est communément accepté (c'est-à-dire au-delà de l'UIT-T) que les classes de QS de réseau définies dans la Rec. UIT-T Y.1541 devraient être prises en charge par les réseaux de prochaine génération (NGN) et, par conséquent, par les réseaux qui évoluent vers des réseaux NGN.

Ainsi, il est communément admis que les classes de QS de réseau IP définies dans la Rec. UIT-T Y.1541 correspondent à ce qu'il convient de mettre en œuvre, mais il reste à définir la marche à suivre en vue de respecter les objectifs de bout en bout pour des conduits faisant intervenir plusieurs opérateurs de réseau et, dans certains cas, des topologies ou des distances inhabituelles. Les indications fournies ici visent à accélérer la planification, la mise en place et la gestion de réseaux et de systèmes qui puissent interfonctionner en respectant les objectifs de qualité de fonctionnement de bout en bout définis en détail dans la Rec. UIT-T Y.1541.

Quelle que soit la solution considérée, celle-ci ne donne pas de garantie que les objectifs de bout en bout peuvent être respectés pour un conduit très encombré, à travers une topologie de réseau complexe et/ou sur des distances extrêmement longues. Toutefois, les indications fournies dans la présente Recommandation devraient faciliter la conception et l'exploitation de réseaux capables de respecter presque toujours les niveaux de qualité de fonctionnement souhaités.

Recommandation UIT-T Y.1542

Cadre applicable à la réalisation des objectifs de qualité de fonctionnement IP de bout en bout

1 Domaine d'application

La présente Recommandation expose diverses solutions en vue de respecter les objectifs de qualité de fonctionnement IP de bout en bout sur autant de conduits UNI-UNI que possible. Il décrit en détail des exemples montrant comment certaines solutions pourraient être mises en œuvre dans la pratique, y compris comment les fournisseurs de service pourraient traiter les cas où les dégradations cumulatives dépasseraient celles qui sont spécifiées dans une classe de QS demandée (voir par exemple la Rec. UIT-T Y.1541).

Les avantages et les inconvénients de chaque solution sont évalués dans la mesure où cette évaluation est actuellement faisable.

Dans la présente Recommandation, on suppose que le routage est un routage dynamique entre systèmes autonomes au moyen du protocole BGP, conformément aux pratiques actuelles.

D'autres solutions en vue de respecter les objectifs de qualité de fonctionnement IP de bout en bout ont été mentionnées ("méthode des coûts associés aux tentatives de prise" et "découverte des tentatives de prise au moyen d'un registre global" par exemple). Comme ces solutions diffèrent fondamentalement de celles qui sont traitées ici, et que leurs incidences en termes de mise en place sont très différentes, ces solutions et d'autres solutions éventuelles doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

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 publiée régulièrement. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document en tant que tel le statut d'une Recommandation.

- Recommandation UIT-T G.826 (2002), *Paramètres et objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur de bout en bout pour les connexions et conduits numériques internationaux à débit constant.*
- Recommandation UIT-T Y.1540 (2002), *Service de communication de données par protocole Internet – Paramètres de performance pour le transfert de paquets IP et la disponibilité de ce service.*
- Recommandation UIT-T Y.1541 (2006), *Objectifs de qualité de fonctionnement pour les services en mode IP.*

3 Termes et définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

3.1 répartition: méthode de répartition d'un objectif de dégradation de la qualité de fonctionnement parmi des segments.

3.2 attribution: subdivision ou attribution convenue d'un objectif de dégradation de la qualité de fonctionnement parmi des segments.

3.3 segment d'accès: segment de réseau allant de l'interface du client (UNI) à l'interface côté client du premier routeur passerelle.

3.4 segment de transit total: segment entre routeurs passerelles, y compris les routeurs passerelles proprement dits. Le segment de réseau peut comporter des routeurs intérieurs avec divers rôles.

4 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

AS	système autonome (<i>autonomous system</i>)
BGP	protocole de passerelle frontière (<i>border gateway protocol</i>)
DV	variation du temps de transfert (<i>delay variation</i>)
ER	routeur périphérique (<i>edge router</i>)
GW	routeur passerelle (<i>gateway router</i>)
IPDV	variation du temps de transfert de paquet IP (<i>IP packet delay variation</i>)
IPLR	taux de perte de paquets IP (<i>IP packet loss ratio</i>)
IPTD	temps de transfert de paquet IP (<i>IP packet transfer delay</i>)
LAN	réseau local (<i>local area network</i>)
NSIS	étapes de signalisation suivantes (<i>next step in signalling</i>)
RSVP	protocole de réservation de ressources (<i>resource reservation protocol</i>)
UNI	interface utilisateur-réseau (<i>user network interface</i>)

5 Enoncé du problème et exposé de solutions

Comment les classes de QS (par exemple qualité de fonctionnement de réseau conformément à la Rec. UIT-T Y.1541) peuvent-elles être garanties aux utilisateurs? Lorsqu'il s'agit de respecter une certaine QS de bout en bout, les principales difficultés sont rencontrées lorsque:

- plusieurs fournisseurs de réseau sont nécessaires d'un bout à l'autre du conduit;
- le nombre de réseaux pour un conduit donné varie d'une demande à l'autre;
- la distance entre les utilisateurs est généralement inconnue;
- le niveau de dégradation d'un segment de réseau donné est très variable;
- il est souhaitable d'évaluer les niveaux de qualité de fonctionnement réels obtenus pour un conduit;
- on veut que l'opérateur puisse dire si la qualité de fonctionnement demandée peut être respectée ou non;
- on veut que le processus finisse par être automatisé.

En outre, pour résoudre le problème de la fourniture d'une certaine qualité de service IP UNI-UNI par le biais de la normalisation, il faudra élaborer et approuver bon nombre de nouveaux outils et de nouvelles capacités et la quantité de travail que cela va représenter devra être évaluée pour chaque solution proposée, ce qui exige des efforts particuliers.

Pour résoudre ce problème, il existe deux solutions de base. La première repose sur une *attribution* de qualité de fonctionnement à un nombre limité de segments de réseau, ce qui permet aux opérateurs de connaître les niveaux de dégradation par segment qu'ils peuvent atteindre, mais restreint le nombre d'opérateurs qui peuvent participer au conduit considéré. (Si un segment donné n'a pas besoin de toute l'attribution qui lui est faite, le solde est gaspillé.) La deuxième solution repose sur une *accumulation des dégradations*, ce qui permet à un nombre quelconque d'opérateurs de participer à un conduit donné. Au premier abord, cette solution peut sembler n'être pas assez rigoureuse, mais si on suppose que, dans un environnement concurrentiel, les opérateurs gèreront et amélioreront activement la qualité de fonctionnement, on peut prévoir que la probabilité pour que les segments concaténés respectent les objectifs de bout en bout sera bonne.

La Figure 1 sert de fondement pour énoncer le problème et pour décrire comment diverses solutions pourraient être mises en place.

D'une manière générale, les solutions qui peuvent être adoptées pour attribuer des objectifs de dégradation totale parmi les segments de réseau peuvent être caractérisées par les informations partagées entre les segments. Les solutions présentent chacune des avantages et des inconvénients. Elles sont décrites ici au moyen d'exemples simples. (Des exemples des diverses solutions sont décrits en détail dans des appendices à la présente Recommandation.)

Pour toutes les solutions fondées sur une attribution, on peut appliquer une méthode "descendante" ou "ascendante". Autrement dit, des pourcentages de l'objectif cumulatif (méthode descendante) ou des valeurs fixées/négociées pour les dégradations (méthode ascendante) peuvent être attribués à chaque segment. On peut aussi utiliser une méthode hybride, avec des pourcentages pour certains segments et des valeurs fixées/négociées pour d'autres.

Des exemples sont donnés brièvement pour certaines solutions qui s'appliquent à la Figure 1. Il est à noter que le fournisseur qui envoie du trafic sur une liaison d'homologue à homologue est supposé être responsable de la qualité de fonctionnement de cette liaison et il faut inclure les dégradations dans le niveau total pour le segment.

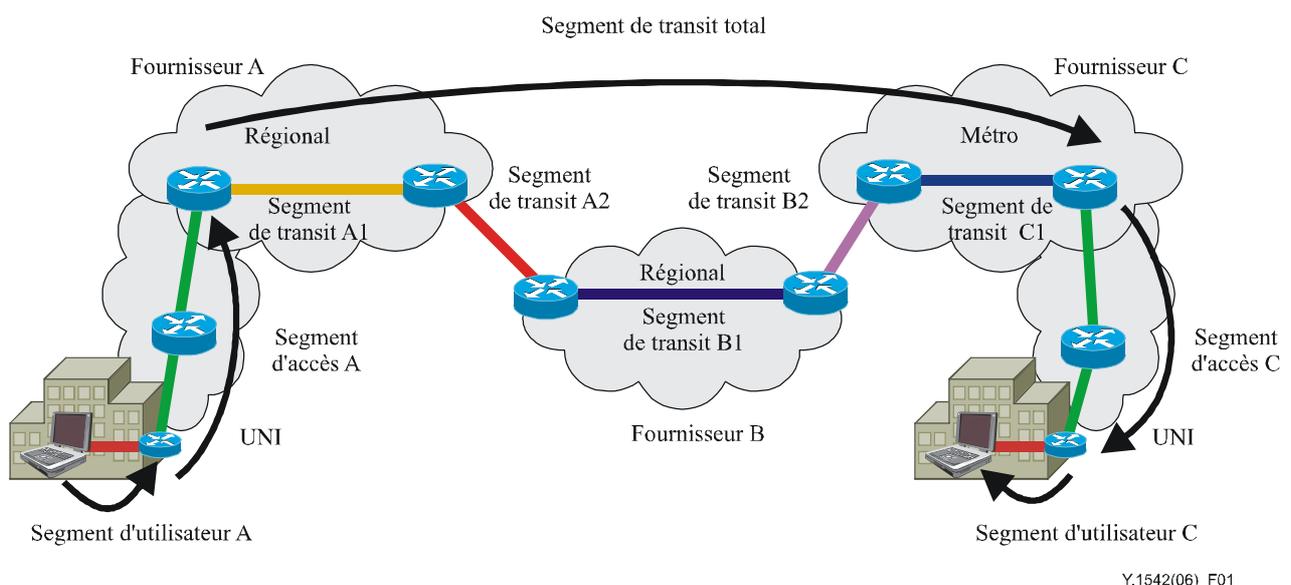


Figure 1/Y.1542 – Exemple de topologie pour l'attribution des dégradations

Pour certaines solutions, il faut connaître les distances des segments de transit pour pouvoir évaluer les paramètres qui dépendent de la distance (temps de transfert moyen par exemple). La distance au sol entre deux points (utilisateurs) quelconques peut être évaluée facilement même si le signal de trafic est acheminé à une altitude variable, même si la terre n'est pas sphérique, etc. Si le routage sur plusieurs segments est inefficace du point de vue de la distance, il peut en résulter que le trafic parcourt une distance beaucoup plus longue que prévue entre deux utilisateurs. Les méthodes employées pour tenir compte de ces inefficacités peuvent aussi être caractérisées par les informations partagées entre les segments.

Quelle que soit la solution considérée, celle-ci ne donne pas de garantie que les objectifs de bout en bout souhaités seront respectés. Il se peut qu'un ensemble donné d'objectifs ne puisse pas être respecté pour un conduit très encombré, à travers une topologie de réseau complexe et/ou sur des distances extrêmement longues. Par conséquent, il est essentiel de déterminer comment chaque solution réagit à ces échecs et si cette réaction est acceptable pour les utilisateurs.

5.1 Solutions statiques

5.1.1 Solution fondée sur une subdivision statique

Pour cette solution, le conduit UNI-UNI est "subdivisé" en un certain nombre de segments et les dégradations sont attribuées de telle sorte que l'objectif total soit théoriquement respecté. Pour cela, il faut, pour chacun des segments, connaître la distance et les caractéristiques de trafic d'un bout à l'autre de leur domaine, car ces propriétés du segment ont une incidence sur les attributions résultantes. Par exemple, le bilan de temps de transfert attribué à un segment de réseau sera différent s'il s'agit d'un segment d'accès ou d'un segment de transit et si la distance de transit couvre des segments métropolitains ou régionaux. De même, l'attribution de la perte de paquets et de la variation du temps de transfert sera différente s'il s'agit d'un segment d'accès ou d'un segment de transit, car les aspects liés au trafic peuvent être très différents.

L'Appendice I donne un exemple de cette solution.

Un aspect important de l'attribution statique est qu'elle dépend du nombre de fournisseurs car l'attribution doit être faite en fonction de ce nombre, ce qui peut conduire à un sous-ajustement ou à un surajustement de l'objectif car les conduits peuvent comporter un nombre de segments de réseau différent de ce qui est prévu.

Les fournisseurs de services peuvent réattribuer les objectifs de dégradation parmi les segments qui sont sous leur contrôle.

5.1.2 Solution fondée sur une attribution de référence statique

Pour cette solution, il faut, pour chacun des segments, connaître la distance d'un bout à l'autre de leur domaine. On utilise les valeurs de temps de transfert de routeur données dans l'exemple de l'Appendice III/Y.1541 ainsi que la conversion entre distance à vol d'oiseau et distance réelle donnée dans la Rec. UIT-T G.826, afin de tenir compte des principales contributions au temps de transfert de chaque fournisseur. Puis on calcule la marge de temps de transfert et on attribue une proportion de cette marge à chaque fournisseur, comme suit:

Etape 1: calculer le temps de propagation pour chaque fournisseur en fonction de la distance.

Etape 2: calculer le temps de traitement et le temps d'attente en file d'attente pour chaque fournisseur sur la base des valeurs données dans l'exemple de l'Appendice III/Y.1541.

Etape 3: calculer la marge de temps de transfert en soustrayant la somme des temps de propagation (pour les divers fournisseurs) des objectifs de classe de QS de réseau Y.1541.

Etape 4: calculer, pour chaque fournisseur, la fraction proportionnelle de temps de traitement et de temps d'attente en file d'attente, égale au rapport entre, d'une part, le temps de traitement et le temps d'attente en file d'attente pour ce fournisseur et, d'autre part, la somme des temps de traitement et des temps d'attente en file d'attente pour tous les fournisseurs.

Etape 5: pour chaque fournisseur, le temps de transfert attribué est égal au temps de propagation le concernant plus la marge de temps de transfert multipliée par la fraction proportionnelle applicable à ce fournisseur.

L'Appendice II contient le modèle de l'attribution de référence statique, des valeurs et un exemple détaillé.

Il est à noter que cette solution s'applique entre interfaces UNI, à l'exclusion des segments d'utilisateur.

5.1.3 Solution fondée sur une pondération en fonction du segment

Pour cette solution, on attribue une grande partie du bilan de dégradation à chaque segment d'accès, un bilan fixe plus petit étant attribué à chaque segment central. On attribue donc un bilan fixe aux segments de réseau central, indépendamment du nombre de ces segments pour un service résultant donné. Ce bilan des segments de réseau central peut être concaténé dans certaines limites afin de créer des services de bout en bout qui aient une forte probabilité de respecter les objectifs globaux de bout en bout de la classe considérée.

Il est également possible de prévoir une tolérance additionnelle pour le temps de propagation dans le cas de segments de réseau qui sont longs. Dans ce cas, il faut connaître la distance d'un bout à l'autre des segments centraux lorsque la distance totale d'un bout à l'autre d'un segment de réseau central donné dépasse une distance à vol d'oiseau donnée, par exemple 1200 km.

Etant donné qu'il existe un risque de confusion entre IPTD et IPDV (car les proportions pondérées risquent de ne pas concorder), cette solution doit faire l'objet d'un complément d'étude.

5.2 Solution pseudo-statique

Dans une solution "pseudo-statique", chaque fournisseur connaît normalement le nombre de fournisseurs présents le long du conduit du trafic et l'attribution se fait entre les fournisseurs, sans gaspiller de partie du bilan de dégradation. Les fournisseurs de services peuvent réattribuer leur objectif de dégradation parmi les segments qui sont sous leur contrôle. Cette solution doit aussi faire l'objet d'un complément d'étude.

5.3 Solutions avec signalisation

Compte tenu de la souplesse des solutions fondées sur la signalisation, on en donne plusieurs exemples afin d'étudier cette souplesse. Ces solutions reposent sur l'utilisation de la gestion et de la signalisation des ressources aux fins de la répartition des dégradations.

5.3.1 Solution fondée sur une attribution négociée

Dans certaines situations, pour les solutions statiques ou pseudo-statiques, certains segments ne respecteront pas les objectifs prévus, tandis que d'autres les respecteront, et auront donc un "bilan de dégradation" excédentaire.

En ce qui concerne les fournisseurs d'accès qui nécessitent une attribution de dégradations inférieure à l'attribution normale, la partie de leur attribution dont ils n'ont pas besoin peut être réattribuée à une liaison de transit ou à une liaison d'utilisateur. Les fournisseurs d'accès peuvent réattribuer l'attribution de dégradation sous leur contrôle ou négocier la partie à réattribuer à d'autres segments.

Un fournisseur de transit peut négocier l'utilisation de la partie à réattribuer ou faire en sorte que la partie dont il n'a pas besoin soit négociable pour d'autres segments.

De même, dans un segment d'utilisateur géré, l'utilisateur peut avoir besoin d'une attribution de dégradation supérieure ou inférieure en fonction du sous-type d'accès, par exemple par catégorie large (entreprise, domicile, système hertzien) ou par capacité particulière (802.11g, Ethernet à 100 Mbit/s) et procéder à une négociation avec son fournisseur d'accès.

Si on part des objectifs initiaux de dégradation pour les segments, fondés éventuellement sur les attributions statiques ou pseudo-statiques de la présente Recommandation, la négociation entre fournisseurs permet de négocier tout "bilan de dégradation" excédentaire et d'envoyer une annonce à plusieurs parties intéressées si elles peuvent offrir un service de réseau qui respecte le bilan de dégradation collectif.

Supposons d'abord qu'une extension du protocole BGP permet d'envoyer plusieurs annonces à un préfixe donné, suivant les classes de réseau particulières qui sont prises en charge le long d'un conduit. Puis, en commençant par le fournisseur le plus proche de la destination, l'annonce est transitive à condition qu'un objectif de dégradation collectif pour la classe de réseau soit respecté.

D'après la Figure 1, le fournisseur C annonce une classe de réseau de type temps réel au fournisseur B indiquant que le fournisseur C peut respecter son bilan de dégradation pour cette classe. Si le fournisseur B peut respecter son bilan de dégradation, il annonce le conduit au fournisseur A.

Toutefois, si le fournisseur B ne peut pas respecter l'objectif de dégradation qui lui a été fixé, il peut négocier avec le fournisseur C le droit d'utiliser l'éventuel objectif de dégradation excédentaire dont dispose le fournisseur C. De même, le fournisseur A peut à son tour négocier avec le fournisseur B.

Les négociations entre deux propriétaires de segment peuvent se faire par signalisation ou manuellement et sont supposées ne changer que rarement.

Il semble que cette solution permette de prendre en charge plusieurs connexions entre les fournisseurs, les politiques d'annonce par protocole BGP des fournisseurs et l'agrégation ayant une incidence sur le résultat obtenu.

5.3.2 Solution fondée sur une attribution d'intervalles

Pour ce qui est de respecter l'objectif global de dégradation et d'optimiser l'utilisation des ressources, le présent paragraphe décrit une autre solution avec signalisation, à savoir la solution fondée sur une attribution d'intervalles.

Pour cette solution, l'intervalle entre la valeur minimale et la valeur maximale du bilan de dégradation attribué à chaque segment le long du conduit de données est négocié et calculé grâce à l'utilisation de la gestion et de la signalisation des ressources parmi les segments. Si on prend n'importe quelle valeur comprise dans l'intervalle du bilan de dégradation d'un segment donné, et qu'on y ajoute celles des autres segments, l'objectif total de bilan de dégradation pour la totalité du conduit de données est respecté. Ainsi, dans l'intervalle de bilan attribué à chaque segment, on peut choisir une valeur appropriée afin d'optimiser l'utilisation des ressources.

Les étapes essentielles d'une attribution d'intervalles sont les suivantes: on commence par négocier la valeur minimale du bilan de dégradation attribuée à chaque segment le long du conduit de données; ensuite, l'objectif total de bilan de dégradation moins la somme des valeurs minimales de bilan de dégradation attribuées aux différents segments donne la valeur restante de dégradation le long de la totalité du conduit de données; puis la somme des valeurs minimales de dégradation attribuées divisée par l'objectif total de bilan de dégradation le long de l'ensemble du conduit de données donne le rapport entre la valeur minimale et la valeur maximale des intervalles et, enfin, on calcule la valeur maximale du bilan de dégradation attribuée à chaque segment le long du conduit de données.

Dans cet exemple, trois fournisseurs de réseau sont interconnectés (fournisseurs A, B et C) comme indiqué sur la Figure 1. Le fournisseur A et le fournisseur C ont des segments de réseau d'accès. Les étapes du processus sont les suivantes:

- 1) l'utilisateur détermine les objectifs de qualité de fonctionnement UNI-UNI souhaités et demande au fournisseur A l'objectif total de dégradation (par exemple IPTD).
- 2) Le fournisseur A:
 - a) calcule la valeur restante de dégradation en soustrayant de l'objectif UNI-UNI sa valeur minimale de dégradation des paquets et insère, dans le message de demande, son numéro de système autonome et sa valeur minimale de dégradation.
 - b) envoie le message de demande contenant la valeur restante de dégradation, l'objectif UNI-UNI et la liste de valeurs minimales de dégradation pour les segments précédents au fournisseur suivant (fournisseur B) le long du conduit de données.
- 3) Le fournisseur B calcule la nouvelle valeur restante de dégradation comme l'a fait le fournisseur A puis envoie la nouvelle demande au fournisseur suivant le long du conduit de données.
- 4) Enfin, le fournisseur C, qui est le dernier fournisseur le long du conduit de données,
 - a) calcule la nouvelle valeur restante de dégradation;
 - b) calcule la valeur totale de dégradation attribuée en soustrayant la nouvelle valeur restante de dégradation de l'objectif total de dégradation;
 - c) calcule la proportion de dégradation attribuée en divisant la valeur totale de dégradation attribuée par l'objectif UNI-UNI;
 - d) calcule sa valeur maximale de dégradation en divisant sa valeur minimale de dégradation par la proportion de dégradation attribuée;
$$\text{dégradation max} = \text{dégradation min} / \text{proportion de dégradation attribuée},$$
et choisit la valeur de dégradation appropriée entre les valeurs minimale et maximale;
 - e) envoie la proportion attribuée au précédent fournisseur B.
- 5) Le fournisseur B choisit la valeur de dégradation appropriée tout comme le fournisseur C puis envoie la proportion attribuée à son précédent fournisseur A.
- 6) Enfin, le fournisseur A peut aussi choisir sa valeur de dégradation appropriée puis envoie un message de succès à l'utilisateur.
- 7) Si un fournisseur (par exemple le fournisseur C) le long du conduit de données détecte que le conduit ne respecte pas les objectifs de la demande, car sa valeur minimale de dégradation est inférieure à la valeur restante de dégradation reçue en provenance de son fournisseur précédent, il envoie un message d'échec à son fournisseur précédent (par exemple le fournisseur B). Le fournisseur précédent envoie à son tour le message d'échec à son fournisseur précédent. Enfin, le premier fournisseur (par exemple le fournisseur A) négocie avec l'utilisateur une autre classe de service ou des objectifs assouplis à offrir. Une autre possibilité consiste à négocier un autre conduit, ce qui nécessite une modification du routage sur la base des valeurs minimales de dégradation proposées par les fournisseurs.

5.4 Solution fondée sur une accumulation des dégradations

Les solutions fondées sur une accumulation définies ici sont des solutions reposant sur des demandes du niveau de qualité de fonctionnement que chaque fournisseur peut offrir, suivies par des décisions fondées sur le calcul d'une estimation de la qualité de fonctionnement UNI-UNI. Le demandeur peut être uniquement le fournisseur qui se trouve face au client (système en étoile) ou inclure tous les fournisseurs le long d'un conduit (cascade). Le répondeur peut être un fournisseur ou son proxy.

Pour cette solution:

- 1) le fournisseur face au client:
 - a) détermine le conduit que les paquets vont suivre (par exemple sur la base des informations de routage interdomaines),
 - b) demande à chaque fournisseur le niveau de qualité de fonctionnement qu'il s'engage à offrir pour chaque segment du conduit pour les paquets identifiés par une paire origine/destination, éventuellement en utilisant un protocole de signalisation de QS sur le conduit.
- 2) Il reçoit de chaque fournisseur un engagement de niveau de qualité de fonctionnement (qui peut avoir été déterminé par l'une des autres solutions décrites dans la présente Recommandation) qui est bon pour la session (sauf modification).
- 3) Le fournisseur face au client:
 - a) combine les niveaux de qualité de fonctionnement de segment (conformément aux règles définies dans la Rec. UIT-T Y.1541),
 - b) compare l'estimation de qualité de fonctionnement avec les objectifs/la classe de QS UNI-UNI souhaités.

Si le conduit ne respecte pas les objectifs demandés, il existe deux possibilités de négociation:

- 1) négociation du conduit: un autre conduit peut être recherché, ce qui nécessite une modification du routage sur la base d'une demande parallèle ou ultérieure faite par d'autres fournisseurs;
- 2) négociation avec l'utilisateur: une autre classe de service ou des objectifs assouplis peuvent être offerts à l'utilisateur. (Il est à noter que, dans de nombreux cas, le processus d'estimation aboutira à un total qui est légèrement en dehors des objectifs d'une classe donnée mais considérablement meilleur que l'objectif de niveau de qualité de fonctionnement d'une classe de service différente.)

Les avantages de cette solution sont les suivants:

- aucun accord d'attribution de dégradation prévue n'est nécessaire pour utiliser cette solution;
- aucune connaissance explicite des distances n'est nécessaire;
- cette solution est entièrement cohérente avec la perspective du respect des objectifs de qualité de fonctionnement UNI-UNI (classes de QS de réseau Y.1541) au moyen de protocoles de signalisation qui automatisent le processus de réservation de largeur de bande et d'accumulation des niveaux de dégradation. Le Supplément 51 de la série Q (sur la signalisation de la QS dans les réseaux IP) codifie un ensemble de prescriptions à cet égard, mais on trouvera des parallèles clairs dans le protocole RSVP pour les services intégrés et dans le gabarit Qspec NSIS;
- comme aucune attribution n'est réalisée, le fait qu'on ne sache pas comment décomposer certains paramètres (notamment IPDV) n'est pas un problème.

Les inconvénients de cette solution sont les suivants:

- les dégradations sur les segments des utilisateurs ne sont pas prises en compte;
- si le processus initial échoue, il pourra être nécessaire de répéter plusieurs fois le cycle demande/estimation;
- cette solution nécessite la participation du client ou d'un proxy du client (agent associé à des règles ou équivalent);
- des engagements pour chaque segment de réseau doivent être calculés au préalable compte tenu de la distance;
- les engagements pour "tout le temps" devront peut-être être plus que prudents pour les cas d'utilisation faible.

L'Appendice III donne un exemple détaillé de la solution fondée sur une accumulation des dégradations.

Les opérateurs de réseau qui implémentent cette solution déterminent généralement les niveaux nominaux de qualité de fonctionnement à partir d'indications générales, et non à partir des objectifs nominaux numériques qui font partie des autres solutions. L'Appendice IV donne des indications détaillées à la fois pour la phase de conception et pour la phase d'exploitation quotidienne du cycle de vie du réseau d'un fournisseur.

6 Avantages et inconvénients des solutions envisagées

Les Tableaux 1 et 2 contiennent les avantages et les inconvénients des solutions envisagées fondées sur une attribution ou sur une accumulation.

Tableau 1/Y.1542 – Résumé de solutions de répartition des dégradations de la qualité de fonctionnement

Solution	Description	Informations requises pour chaque segment	Avantages	Inconvénients
<p>Statique (la plus simple/la moins souple) – ne nécessite aucun partage d'informations entre les segments.</p>	<p>On part d'un nombre fixe de segments. Une certaine attribution est convenue entre les segments d'utilisateur, d'accès et de transit.</p>	<p>Informations requises:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) type de liaison; b) classe de service du trafic; c) distance de transit. 	<p>Aucun partage d'informations entre les segments n'est nécessaire.</p> <p>Les fournisseurs peuvent faire une réattribution entre leurs segments d'utilisateur, d'accès et de transit.</p>	<p>Surdimensionnement lorsque le nombre de segments est inférieur au nombre supposé. Les conduits dont le nombre de segments est supérieur au nombre supposé ne sont pas couverts. Pas de négociation. Le meilleur fonctionnement est obtenu avec un routage statique, qui n'est plus très utilisé.</p>
<p>Pseudo-statique – Certaines informations doivent être partagées entre les segments.</p>	<p>On détermine le nombre exact de fournisseurs de transit.</p> <p>L'attribution des dégradations est convenue entre les segments d'utilisateur, d'accès et de transit.</p>	<p>Informations requises:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) type de liaison; b) classe de service du trafic; c) distance de transit; d) adresse de destination; e) tables BGP. 	<p>L'attribution des dégradations peut être efficace et évolutive.</p>	<p>Nécessité d'une signalisation entre fournisseurs afin de déterminer le nombre de fournisseurs de transit pour chaque conduit de trafic (par exemple à partir du protocole BGP, numéro des AS). Négociation non prise en charge. Le meilleur fonctionnement est obtenu avec un routage statique.</p>
<p>Signalisation (la moins simple mais la plus souple) – Certaines informations doivent être partagées entre les segments et éventuellement avec les utilisateurs.</p>	<p>Le nombre exact et le sous-type de tous les segments peuvent être connus, par exemple si le segment d'utilisateur est hertzien ou filaire.</p> <p>La répartition des dégradations peut être négociée entre les segments et avec les utilisateurs.</p>	<p>Informations requises:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) type de liaison; b) classe de service du trafic; c) adresse de destination; d) tables BGP ou autre moyen de détermination du ou des conduits au niveau de l'opérateur; e) informations de qualité de fonctionnement d'un bout à l'autre du réseau. <p>Autres informations pouvant être requises:</p> <ul style="list-style-type: none"> f) distance de transit. 	<p>La négociation qui est prise en charge permet une grande souplesse de répartition entre les segments.</p> <p>La distance de transit n'est pas nécessairement requise.</p> <p>Cette solution permet de traiter les cas où un objectif ne peut pas être respecté par un utilisateur (objectif assoupli).</p> <p>Elle est cohérente avec la perspective de méthodes automatisées au moyen de la signalisation de QS (par exemple RSVP/NSIS).</p>	<p>Nécessité d'une signalisation pour la répartition entre les segments et pour la négociation avec l'utilisateur lorsque l'objectif demandé ne peut pas être respecté. Des informations de qualité de fonctionnement et de routage doivent être communiquées afin de déterminer l'identité des fournisseurs de transit pour chaque conduit (par exemple à partir du protocole BGP, numéro des AS) et leur qualité de fonctionnement.</p> <p>Toutefois, il existe d'autres moyens pour déterminer le conduit et certains fournisseurs donnent des informations de qualité de fonctionnement en temps réel.</p>
<p>NOTE – Toutes les solutions fondées sur une attribution pèchent par leur incapacité à décomposer la variation du temps de transfert IP conformément aux méthodes adoptées (la technique de combinaison de la variation du temps de transfert IP a seulement été adoptée en 2005).</p>				

Tableau 2/Y.1542 – Solution de répartition des dégradations fondée sur une accumulation

Solution	Description	Informations requises pour chaque segment	Avantages	Inconvénients
<p>Accumulation des dégradations, certaines informations devant être partagées entre les segments.</p>	<p>On détermine le conduit à travers divers domaines d'opérateurs de réseau.</p> <p>Les niveaux de dégradation et d'autres paramètres peuvent être demandés pour les divers segments de réseau ou au niveau des proxys associés, combinés et comparés aux objectifs souhaités. Si les objectifs ne sont pas respectés, une négociation du conduit ou une négociation avec l'utilisateur a lieu ou la demande est rejetée.</p>	<p>Informations requises:</p> <p>a) classe de service du trafic;</p> <p>b) adresse de destination (toujours connue);</p> <p>c) tables BGP ou autre moyen de détermination du conduit au niveau de l'opérateur;</p> <p>d) qualité de fonctionnement d'un bout à l'autre du réseau.</p>	<p>Pas d'attributions requises, donc pas de processus pour obtenir des accords.</p> <p>L'accumulation des dégradations est simple et évolutive.</p> <p>Aucune distance requise et aucune nécessité de facteurs de conversion entre distance réelle et distance à vol d'oiseau.</p> <p>La négociation est prise en charge.</p> <p>Solution cohérente avec les méthodes automatisées au moyen de la signalisation de QS (RSVP/NSIS).</p> <p>Aucune nécessité d'accord sur la manière de décomposer la variation IPDV.</p>	<p>Des informations de qualité de fonctionnement et de routage doivent être échangées entre les fournisseurs pour déterminer l'identité des fournisseurs pour chaque conduit de trafic (par exemple à partir du protocole BGP, numéro des AS) et leur qualité de fonctionnement. Toutefois, il existe d'autres moyens pour déterminer le conduit et de nombreux fournisseurs publient des informations de qualité de fonctionnement en temps réel.</p> <p>Impossibilité de garantir que les objectifs seront respectés (cela est valable pour toutes les solutions).</p>

7 Récapitulatif des solutions par rapport aux difficultés recensées dans l'énoncé du problème

Dans l'énoncé du problème figurant au § 5, on recense les difficultés liées à la fourniture d'une certaine QS UNI-UNI et on reconnaît en outre que des efforts seront nécessaires sur le plan de la normalisation. Après avoir décrit diverses solutions, on peut maintenant les comparer par rapport à ces difficultés. Le Tableau 3 contient une comparaison par rapport aux difficultés liées à la fourniture d'une certaine QS. (Comme indiqué dans le paragraphe "Domaine d'application", on suppose que le routage est un routage dynamique entre systèmes autonomes au moyen du protocole BGP.)

Tableau 3/Y.1542 – Récapitulatif des solutions par rapport aux difficultés recensées dans l'énoncé du problème

	Plusieurs réseaux	Nombre variable de réseaux	Fonctionne avec des distances inconnues	Niveaux de dégradation variables	Estimation de la qualité de fonctionnement réelle	Réponse à une demande	Automatisation
Statique	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Peut-être
Pseudo-statique	Oui	Dans une certaine mesure	Dans une certaine mesure	Peut-être	Non	Non	Peut-être
Répartition avec signalisation	Oui	Oui	Dans une certaine mesure	Dans une certaine mesure	Peut-être	Oui	Oui
Accumulation des dégradations	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	oui

Pour chaque solution, il faudra élaborer et approuver de nouveaux outils et de nouvelles capacités, ce qui nécessite des efforts sur le plan de la normalisation. Le Tableau 4 résume les divers aspects des nouveaux développements nécessaires pour chaque solution.

Tableau 4/Y.1542 – Comparaison des solutions en termes d'efforts de normalisation

	Nécessité d'attribution d'objectifs UNI-UNI?	Nécessité de méthodes de décomposition?	Nécessité de facteurs de pondération par segment?	Nécessité d'un protocole de signalisation?	Prise en charge d'une collecte de mesures pour les segments?	Nécessité de méthodes de composition?
Statique	Oui	Oui	Non	Non	Oui	Non
Pseudo-statique	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Non
Répartition avec signalisation	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Peut-être. Si oui, méthodes déjà élaborées
Accumulation des dégradations	Non	Non	Non	Oui, mais facultatif à petite échelle	Oui	Oui, méthodes déjà élaborées

Appendice I

Exemple détaillé d'une solution fondée sur une subdivision statique

Pour avoir une idée du fonctionnement d'une méthode fondée sur une attribution statique, considérons le cas de trois fournisseurs de transit au maximum le long d'un conduit interconnectant des segments d'utilisateur.

Les bilans de dégradation pour les segments d'utilisateur dépendent de la nature et de la taille de l'entreprise, du domicile, etc., mais on fait l'approximation simplificatrice d'une attribution statique de 1% aux segments d'utilisateur pour la perte de paquets et la variation du temps de transfert (pour le temps de transfert, une valeur de 2 ms est attribuée au segment d'utilisateur).

Les attributions de dégradation suivantes s'appliquent aux segments d'utilisateur, d'accès et de transit (indépendamment de l'application). Les pourcentages sont des pourcentages des objectifs totaux de dégradation entre sites pour chaque classe de service.

Tableau I.1/Y.1542 – Attributions faites aux segments d'utilisateur, d'accès et de transit

Paramètre	Segments d'utilisateur (chacun)	Segments d'accès (chacun)	Segment de transit (total)
Perte de paquets	1%	47,5%	5%
Variation du temps de transfert	1%	40%	40%
Temps de transfert moyen	2 ms	30 ms	Fonction de la distance (voir le texte ci-dessous)

Un bilan pour chaque paramètre doit être affecté à chacun des réseaux des trois fournisseurs couverts par le segment de transit total. Il est de 33% pour la perte de paquets et de 40% pour la variation du temps de transfert. Pour le temps de transfert, le bilan pour chaque fournisseur de transit est fondé sur la distance géographique et peut aller jusqu'à 33% du temps de transit approprié indiqué dans le Tableau I.2, suivant la catégorie du segment de transit.

Tableau I.2/Y.1542 – Temps de transit total en fonction de la distance

Catégories	Distance (km)	Temps de propagation pour le conduit le plus court (ms)	Temps de transit total (ms)
Métropolitaine	< 100	0,56	5
Régionale	< 1000	5,6	15
Continentele	< 5000	27,8	45
Internationale	< 20 000	111,2	140

NOTE – Temps de transit total = temps de propagation pour le conduit le plus court + tolérance pour inefficacité de la topologie + tolérance pour les temps d'attente en file d'attente.

Le calcul de la longueur des routes utilisé ici est fondé sur la Rec. UIT-T G.826, uniquement pour les distances énumérées.

Appendice II

Exemple détaillé de la solution fondée sur une attribution de référence statique

Dans la solution fondée sur une attribution de référence statique, on utilise les étapes suivantes pour déterminer le temps de transfert IP.

- i) Etablir un modèle d'interconnexion des sections de réseau (par exemple conduit de référence UNI-UNI Y.1541).
- ii) Etablir un modèle des éléments de réseau pour chaque section de réseau (voir la Figure II.1).
- iii) Calculer le temps de propagation pour chaque section de réseau en fonction de la distance (utiliser les facteurs de conversion entre distance réelle et distance à vol d'oiseau figurant dans la Rec. UIT-T G.826).
- iv) Calculer, pour chaque section de réseau, le temps de traitement et le temps d'attente en file d'attente en utilisant les modèles d'éléments de réseau et les temps de transfert par élément. Voir le Tableau III.1/Y.1541.
- v) Soustraire la somme des temps de propagation (étape iii) ci-dessus de l'objectif de temps de transfert Y.1541. Cette valeur est la marge de temps de transfert.
- vi) Diviser le temps de traitement et le temps d'attente en file d'attente pour chaque section de réseau (étape iv) par la somme des temps de traitement et des temps d'attente en file d'attente pour toutes les sections, ce qui donne la fraction proportionnelle de temps de traitement et de temps d'attente en file d'attente qui est attribuée à chaque section. Multiplier cette fraction par la marge de temps de transfert totale (étape v) pour obtenir la marge de temps de transfert proportionnelle pour chaque section.
- vii) Pour chaque section de réseau, le temps de transfert attribué est la somme du temps de propagation (étape iii) et de la marge de temps de transfert proportionnelle (étape vi) pour cette section.

La Figure II.1 donne un exemple de modèle d'éléments de réseau pour chaque section de réseau et le Tableau II.1 donne la contribution typique au temps de transfert selon le rôle du routeur. Ces modèles et valeurs doivent être cohérents avec la Rec. UIT-T Y.1541.

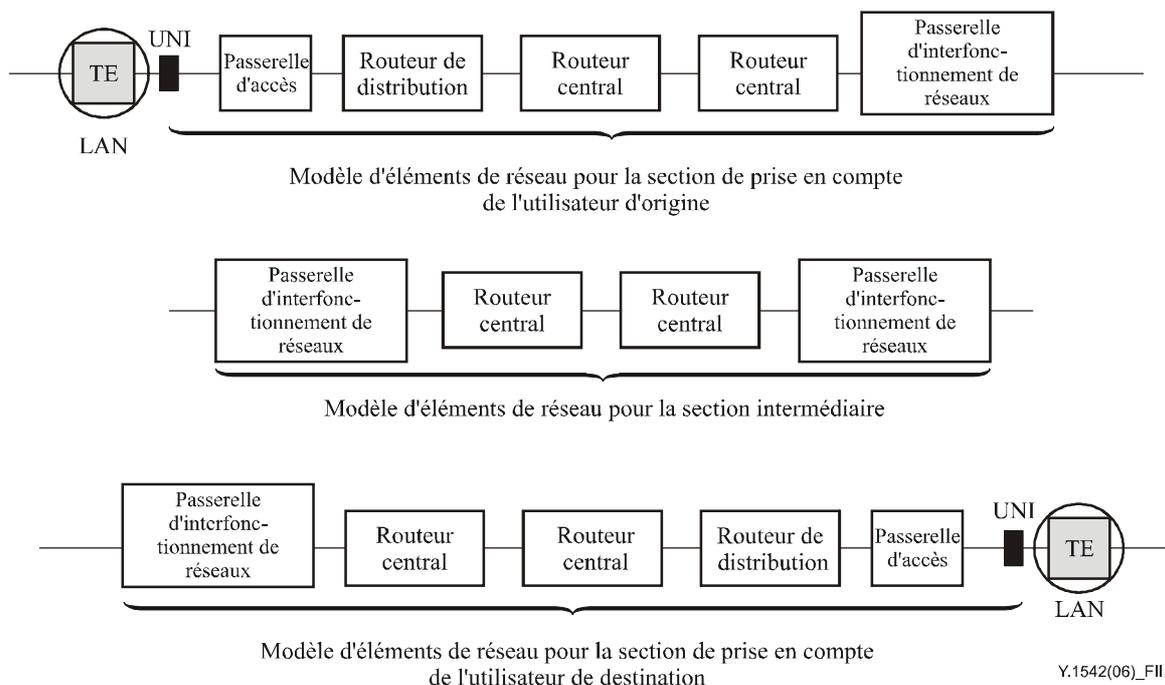


Figure II.1/Y.1542 – Exemple de modèle d'éléments de réseau pour chaque section de réseau

Tableau II.1/Y.1542 – Contribution typique au temps de transfert selon le rôle du routeur (Tableau III.1/Y.1541)

Rôle	Temps de transfert total moyen (somme du temps d'attente en file d'attente et du temps de traitement)	Variation du temps de transfert
Passerelle d'accès	10 ms	16 ms
Passerelle d'interfonctionnement de réseaux	3 ms	3 ms
Routeur de distribution	3 ms	3 ms
Routeur central	2 ms	3 ms

Exemple détaillé

Dans cet exemple, fondé sur l'interconnexion de trois fournisseurs de réseau (Figure II.2), les hypothèses sont les suivantes:

- a) trois fournisseurs de réseau sont connectés (fournisseurs A, B et C);
- b) les fournisseurs de réseau A et C ont un réseau d'accès avec admission directe de l'utilisateur;
- c) pour traverser le réseau du fournisseur A, la distance à vol d'oiseau est de 1500 km; pour traverser le réseau du fournisseur B, elle est de 4000 km; et pour traverser le réseau du fournisseur C, elle est de 900 km;
- d) des réseaux non-IP ne sont pas nécessaires entre les interfaces UNI;
- e) la limite du temps de transfert UNI-UNI est de 100 ms (temps de transfert pour la classe 0 ou 1 figurant dans la Rec. UIT-T Y.1541).

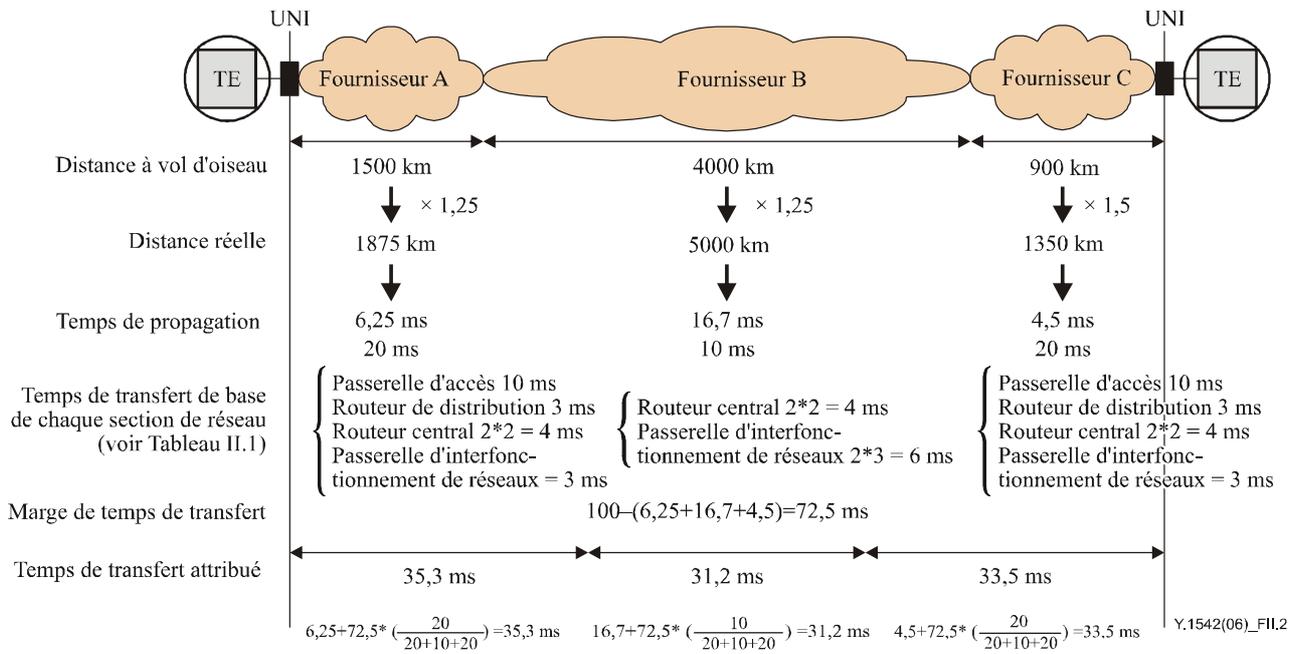


Figure II.2/Y.1542 – Exemple d'attribution de référence statique

Appendice III

Exemple détaillé de la solution fondée sur une accumulation des dégradations

Le présent appendice décrit un processus destiné à accumuler les niveaux de qualité de fonctionnement de réseau le long d'un conduit de bout en bout et à comparer avec les objectifs spécifiés l'estimation de qualité de fonctionnement combinée, de façon cohérente avec les procédures envisagées avec les protocoles de signalisation de la qualité de service (par exemple ceux qui respectent les prescriptions du Supplément 51 aux Recommandations de la série Q sur la qualité de service IP). On ne traite pas ici des aspects liés à la réservation de capacité, ni de l'abonnement, de l'autorisation et de la comptabilité, bien qu'il s'agisse aussi d'aspects essentiels d'une offre de service haut de gamme.

Les étapes qui suivent décrivent le processus à un niveau élevé:

- 1) déterminer les objectifs de qualité de fonctionnement UNI-UNI souhaités et les éventuels autres paramètres acceptables (par exemple la classe de QS de réseau Y.1541 souhaitée);
- 2) déterminer les interfaces utilisateur-réseau (UNI) et les interfaces réseau-réseau (NNI) le long du conduit de bout en bout;
- 3) déterminer la qualité de fonctionnement de chaque segment du conduit (chaque domaine d'opérateur d'une interface UNI à une interface NNI, d'une interface NNI à une interface NNI, etc.) pour chaque paramètre associé à un objectif de bout en bout. Si on ne sait pas avec certitude quelle interface NNI sera traversée parmi plusieurs possibilités, des calculs distincts permettent de tenir compte de chacune des possibilités (même s'il convient de réduire au minimum ces instances, en particulier lorsque les différences de qualité de fonctionnement sont importantes);
- 4) combiner les niveaux de qualité de fonctionnement des segments conformément aux relations de composition;
- 5) déterminer si l'estimation de qualité de fonctionnement combinée respecte les objectifs souhaités;
- 6) si les objectifs ne sont pas atteints, prendre une ou plusieurs des mesures suivantes:
 - a) négociation avec l'utilisateur: une autre classe de QS ou des objectifs modifiés peuvent être proposés à l'utilisateur.
 - b) négociation du conduit: un autre conduit peut être évalué sur la base d'une demande parallèle ou ultérieure faite par d'autres fournisseurs, nécessitant éventuellement une modification du routage.

Seules trois informations sont échangées entre les réseaux des fournisseurs:

- les objectifs de bout en bout;
- la liste des interfaces UNI et NNI le long du conduit, y compris l'identification des opérateurs;
- la qualité de fonctionnement de chaque segment du conduit entre les interfaces spécifiques.

Dans l'hypothèse où ce processus sera automatisé (avec une signalisation sur le conduit), le routeur périphérique d'entrée à chaque interface UNI/NNI peut jouer le rôle principal pour chaque système autonome (AS, *autonomous system*) entre l'origine et la destination (étape 3 ci-dessus). Lorsqu'une demande de signalisation de QS parvient à un AS, les opérations suivantes pourraient avoir lieu:

- 1) le routeur périphérique identifie le paquet comme nécessitant un traitement d'exception (éventuellement après inspection du numéro de protocole dans l'en-tête IP) et envoie le paquet au processeur central (le paquet n'a pas auparavant été traité dans cet AS);

- 2) le processeur du routeur inspecte l'adresse de destination et détermine le prochain saut BGP (ou un autre point de sortie équivalent) pour cet AS, ce qui permet d'obtenir les adresses de bouclage locales des routeurs périphériques d'entrée et de sortie et de l'interface de réseau;
- 3) les points d'entrée et de sortie de l'AS peuvent être mappés sur une matrice de mesures de la qualité de fonctionnement (stockée sur un serveur connu du routeur, de sorte que le routeur puisse encapsuler le paquet de signalisation avec les points d'entrée/sortie dans un seul paquet et transmettre ce paquet au serveur de mesure). La matrice de qualité de fonctionnement est mise à jour fréquemment à mesure que de nouvelles mesures de perte, de temps de transfert et de variation du temps de transfert sont disponibles et ce sont toujours les mesures valables les plus récentes qui sont utilisées;
- 4) on ajoute au paquet de signalisation le numéro d'AS et les mesures de qualité de fonctionnement d'un bout à l'autre du domaine (à nouveau, le serveur de mesure pourrait effectuer cette fonction et il pourrait encapsuler le paquet de signalisation dans un en-tête IP pour le renvoyer au routeur périphérique);
- 5) le routeur périphérique (extrait et) transmet le paquet de signalisation avec ses ajouts le long du conduit normal;
- 6) les routeurs intérieurs du même AS inspectent le paquet, déterminent que leur AS est déjà indiqué et ne prennent aucune mesure quant aux champs de qualité de fonctionnement.

Il est à noter que ce processus repose sur la qualité de fonctionnement des domaines d'opérateurs (AS). D'autres processus reposent sur les éléments de réseau et sur les liaisons entre eux, par exemple ceux envisagés pour les services intégrés pris en charge par la signalisation RSVP. Il peut être possible de gérer la capacité/le trafic élément par élément, tout en gérant les aspects de qualité de fonctionnement domaine par domaine tant qu'une capacité suffisante est disponible pour le conduit à travers le domaine.

Exemple de calculs

La Figure III.1 donne un exemple de conduit avec trois segments de réseau.

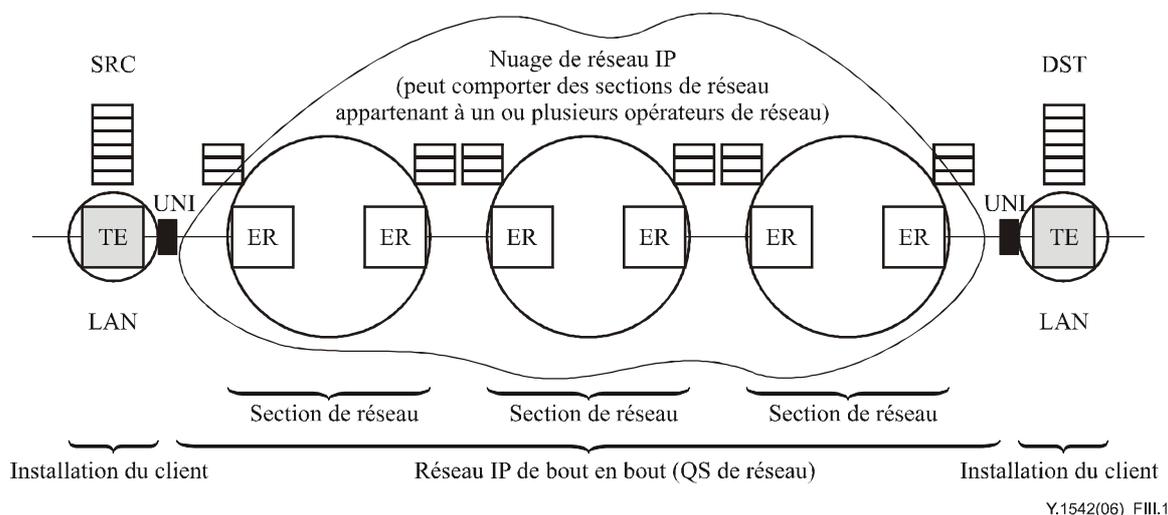


Figure III.1/Y.1542 – Exemple de conduit UNI-UNI pour l'accumulation des dégradations

Dans cet exemple, l'utilisateur a demandé la classe de QS 0 et les sections de réseau déterminées ci-dessus composent le conduit UNI-UNI. L'étape suivante consiste à demander les niveaux de (dégradation de la) qualité de fonctionnement pour chaque segment du conduit. Les résultats sont montrés dans le Tableau III.1 ci-dessous:

Tableau III.1/Y.1542 – Exemple d'accumulation et d'estimation de la qualité de fonctionnement UNI-UNI

	Demande	Réseau 1	Réseau 2	Réseau 3	Estimation UNI-UNI
Classe de QS	Classe 0				Classe 0
Temps de transfert moyen (IPTD)	100 ms	22,4 ms	10,6 ms	32,4 ms	65,4 ms
99,9% – valeur min. de la variation du temps de transfert (IPDV)	50 ms	25 ms	2 ms	25 ms	47,5 ms
Temps de transfert minimal	–	10 ms	10 ms	20 ms	–
Variance du temps de transfert	–	52,4 ms	0,23 ms	55,1 ms	–
Perte (IPLR)	10^{-3}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}	3×10^{-4}
Paquets erronés (IPER)	10^{-4}	3×10^{-5}	3×10^{-5}	3×10^{-5}	9×10^{-5}

Les niveaux de qualité de fonctionnement des réseaux 1 à 3 sont combinés conformément aux relations de composition définies au § 8/Y.1541 afin de produire l'estimation de la qualité de fonctionnement UNI-UNI.

Dans ce premier exemple, les objectifs de qualité de fonctionnement de la classe 0 seront respectés pour le conduit considéré, la réponse à l'utilisateur confirme donc la demande de classe 0 et peut facultativement inclure les valeurs UNI-UNI estimées pour ce conduit.

Nous illustrons dans un deuxième exemple, ci-dessous, les étapes correspondant au cas où les objectifs souhaités pour le conduit ne sont pas respectés. A nouveau, l'utilisateur a demandé la classe de QS 0 et les trois sections de réseau déterminées ci-dessus composent le conduit UNI-UNI. L'étape suivante consiste à demander les niveaux de (dégradation de la) qualité de fonctionnement pour chaque segment du conduit. Les résultats sont montrés dans le Tableau III.2.

Tableau III.2/Y.1542 – Exemple d'accumulation et d'estimation de la qualité de fonctionnement UNI-UNI

	Demande	Réseau 1	Réseau 2	Réseau 3	Estimation UNI-UNI
Classe de QS	Classe 0				Classe 1
Temps de transfert moyen (IPTD)	100 ms	42,4 ms	20,6 ms	42,4 ms	105,4 ms
99,9% – valeur min. de la variation du temps de transfert (IPDV)	50 ms	25 ms	2 ms	25 ms	47,5 ms
Temps de transfert minimal	–	30 ms	20 ms	30 ms	–
Variance du temps de transfert	–	52,4 ms	0,23 ms	55,1 ms	–
Perte (IPLR)	10^{-3}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}	3×10^{-4}
Paquets erronés (IPER)	10^{-4}	3×10^{-5}	3×10^{-5}	3×10^{-5}	9×10^{-5}

Dans cet exemple, le temps de transfert estimé dépasse la limite correspondant à la classe 0. Il existe alors deux possibilités de négociation.

La première est une négociation avec l'utilisateur, auquel cas la demande de classe 0 doit être rejetée dans la réponse, mais il est possible d'offrir la classe 1 avec un engagement à respecter un temps IPTD de 105,4 ms, ce qui rend la réponse de classe 1 beaucoup plus acceptable.

La deuxième est une négociation du conduit, auquel cas l'opérateur de réseau demandeur doit rechercher d'autres conduits entre l'origine et la destination UNI. Il faut donc à nouveau demander les niveaux de qualité de fonctionnement pour les segments du nouveau conduit et répéter les calculs afin d'estimer la qualité de fonctionnement UNI-UNI.

Appendice IV

Indications de qualité de fonctionnement destinées aux fournisseurs

IV.1 Indications qualitatives

La composition des objectifs de bout en bout fait ressortir les domaines dans lesquels la qualité de fonctionnement doit être améliorée. Lorsqu'on cherche à respecter les classes Y.1541 sans que la variation du temps de transfert ne soit spécifiée, on utilise, pour atteindre les objectifs voulus, des techniques différentes de celles qui pourraient être utilisées pour la classe 0 ou 1 (avec des limites de variation du temps de transfert).

Les indications de qualité de fonctionnement n'ont pas besoin d'être quantitatives (par exemple X ms/km de temps de transfert autorisé) pour être utiles. Des indications générales telles que: "Minimiser le temps de transfert en gardant le rapport entre la distance réelle et la distance à vol d'oiseau aussi petit que possible" devraient permettre d'aboutir à peu près au même résultat. Les facteurs économiques ne doivent pas être ignorés dans cet exercice. Ils permettent généralement de déterminer le moment à partir duquel les rendements deviennent décroissants lorsqu'on cherche à améliorer la qualité de fonctionnement dans un domaine donné.

Il existe d'autres indications de qualité de fonctionnement, simples mais explicites:

"Minimiser le temps de transfert en fournissant une capacité de liaison suffisante pour maintenir un bas niveau d'occupation des files d'attente."

"Minimiser la variation du temps de transfert en donnant, dans le programmeur de file d'attente, la priorité au trafic qui est sensible aux variations, ou en effectuant une conformation de ce trafic."

"Minimiser la perte de paquets en prévoyant une capacité de liaison suffisante pour éviter les rejets en fin de file d'attente."

Ces indications constituent simplement un ensemble de départ, dans l'attente de la mise au point d'autres indications.

IV.2 Cas dans lesquels des indications sont utiles

Il existe plusieurs phases au cours de la vie d'un réseau, par exemple lorsqu'une nouvelle construction ou un élargissement est en cours. Une phase stable est normalement caractérisée par le fait que les ressources géographiques du réseau sont fixes et que les clients sont raccordés au nœud existant le plus proche. Une capacité peut être ajoutée dans n'importe quelle phase. L'ajout de liaisons à partir d'emplacements du réseau pour atteindre des sites de client distants correspond simplement à la croissance attendue en exploitation normale/stable, à moins que de nouveaux nœuds de réseau (points de présence ou concentration) soient construits. Au cours d'une construction ou d'un élargissement, le Tableau IV.1 précise comment les indications peuvent influencer sur la conception du réseau.

Tableau IV.1/Y.1542 – Domaines d'action compte tenu d'indications de conception qualitatives

Domaines d'amélioration de la qualité de fonctionnement	Aspects de conception		
Temps de transfert	Emplacement des nœuds	Capacité (éviter la mise en file d'attente)	
Variation du temps de transfert	Capacité (éviter la mise en file d'attente)	Mise en place d'un mécanisme de QS	
Taux de perte	Temps de rétablissement après une défaillance	Capacité (éviter les dépassements de file d'attente = rejets)	Types de fonctionnalité de transport (les erreurs sur les bits entraînent des pertes)

En exploitation stable, ces trois types d'indications se traduisent de la façon suivante:

- assurer une surveillance et une maintenance du réseau conformément aux niveaux nominaux plus une certaine tolérance;
- gérer la charge pour éviter les goulots d'étranglements et les encombrements;
- ajouter une capacité lorsque c'est nécessaire.

Dans un environnement concurrentiel, les opérateurs de réseau sont sous pression pour suivre ces lignes directrices.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

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