

Union internationale des télécommunications

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.1050

(11/2005)

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

Qualité de service et de transmission – Aspects
génériques et aspects liés à l'utilisateur

**Modèle de réseau pour l'évaluation de la
qualité de transmission multimédia sur
protocole Internet**

Recommandation UIT-T G.1050



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

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

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

Recommandation UIT-T G.1050

Modèle de réseau pour l'évaluation de la qualité de transmission multimédia sur protocole Internet

Résumé

La présente Recommandation décrit un modèle permettant d'évaluer la qualité de transmission multimédia sur un réseau IP. Il s'agit d'un modèle statistique dans lequel des valeurs de probabilité d'occurrence sont attribuées à tous les éléments et à toutes les perturbations de réseau. Les résultats d'essai obtenus à partir de ces modèles statistiques sont exprimés en termes de couverture du modèle de réseau. Ils ne dépendent d'aucune condition (ils ne dépendent pas de la spécification a priori d'éléments ou de perturbations de réseau). Les essais réalisés à partir d'un modèle statistique global permettent de déterminer la manière dont des dispositifs de communication peuvent fonctionner dans un réseau IP en termes de couverture du modèle de réseau. La présente Recommandation traite essentiellement des effets des perturbations sur la qualité de fonctionnement de couche 3. Le présent modèle permet d'évaluer des flux IP provenant de tout type de dispositif de réseau.

L'accent est mis sur le fait que les fabricants d'équipements de communication ainsi que les fournisseurs de services souhaitent disposer d'une spécification qui leur permette de modéliser de façon précise les caractéristiques de réseau IP déterminant la qualité de fonctionnement. Les personnes chargées de l'évaluation souhaitent quant à elles disposer d'un ensemble définitif d'essais simples leur permettant de mesurer correctement la qualité de fonctionnement de dispositifs de communication de divers fabricants. Par conséquent, l'objectif de la présente Recommandation est de définir un modèle indépendant de la technologie qui soit représentatif du réseau IP, qui puisse être simulé avec une complexité raisonnable et qui offre des durées d'évaluation acceptables.

Source

La Recommandation UIT-T G.1050 a été approuvée le 29 novembre 2005 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 responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2006

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..... 2
3	Termes et définitions 3
4	Abréviations..... 5
5	Description du modèle..... 6
6	Etablissement de niveaux de perturbations IP dans le réseau..... 7
6.1	Profils d'essai de service..... 7
6.2	Perturbations du réseau..... 8
6.3	Montage..... 9
6.4	Tableaux des combinaisons de perturbations 9
6.5	Couverture du modèle de réseau 16
Appendice I – Principes de base du modèle de réseau IP 20	
I.1	Réseaux locaux hertziens 20
I.2	Câblage structuré 20
I.3	Concentrateurs/commutateurs 20
I.4	Débits d'accès 21
I.5	Temps de transfert dans les routeurs 21
I.6	Données relatives aux perturbations relevées chez des fournisseurs anonymes de services de réseau IP..... 21
Appendice II – Algorithmes relatifs au temps de transfert des paquets et aux pertes de paquets 22	
II.1	Modèle général de réseau IP..... 22
II.2	Modèle de perte de paquets 22
II.3	Modèle de variation du temps de transfert 23
II.4	Rétablissement de l'ordre de paquets par le réseau central..... 24
II.5	Données de sortie du modèle..... 24
II.6	Paramètres d'entrée du modèle 24
BIBLIOGRAPHIE..... 26	

Introduction

Les normes précédentes relatives au modèle de transmission dans le réseau, permettant d'évaluer la qualité de fonctionnement d'un modem (voir la bibliographie) représentaient des modèles statistiques dans lesquels des valeurs de probabilité d'occurrence (LOO, *likelihood of occurrence*) étaient attribuées à tous les éléments et à toutes les perturbations de réseau. Les résultats d'essai obtenus à partir de ces modèles statistiques étaient exprimés en termes de couverture du modèle de réseau (NMC, *network model coverage*). Ces résultats ne dépendaient d'aucune condition (ils ne dépendaient pas de la spécification a priori d'éléments ou de perturbations de réseau). Il s'agit d'un exemple de modèle statistique. Réaliser des essais à partir d'un modèle statistique global permet de déterminer la manière dont les dispositifs de communication peuvent fonctionner dans un réseau IP en termes de couverture du modèle de réseau.

Contrairement aux modèles précédents qui portaient essentiellement sur les perturbations de couche physique, la présente Recommandation traite principalement des effets des perturbations sur la qualité de fonctionnement de couche 3. Le présent modèle permet d'évaluer des flux IP provenant de tout type de dispositif de réseau.

L'accent est mis sur le fait que les fabricants d'équipements de communication ainsi que les fournisseurs de services souhaitent disposer d'une spécification qui leur permette de modéliser de façon précise les caractéristiques de réseau IP déterminant la qualité de fonctionnement. Les personnes chargées de l'évaluation souhaitent quant à elles disposer d'un ensemble définitif d'essais simples leur permettant de mesurer correctement la qualité de fonctionnement de dispositifs de communication de divers fabricants. Par conséquent, l'objectif de la présente Recommandation est de définir un modèle indépendant de la technologie qui soit représentatif du réseau IP, qui puisse être simulé dans une complexité raisonnable et qui offre des durées d'évaluation acceptables. Le modèle de réseau IP décrit dans la présente Recommandation représente un aperçu des données de réseau réelles fournies en 2005 par des fournisseurs de services IP et des fabricants d'équipements de réseau IP anonymes; ce modèle continuera d'évoluer en fonction de la disponibilité d'informations statistiques supplémentaires et de l'évolution du réseau IP.

Lors de l'élaboration du présent modèle, certaines hypothèses ont été formulées sur la base des informations statistiques disponibles les plus pertinentes. Ces hypothèses sont présentées dans l'Appendice I.

Le modèle décrit dans la présente Recommandation est indépendant de la technologie et est adapté à divers réseaux et dispositifs de communication IP.

On trouvera ci-après une liste de paramètres et de perturbations altérant la qualité de service et la qualité de fonctionnement d'un réseau IP:

- Architecture de réseau.
- Types de liaisons d'accès.
- Routage périphérique fondé sur la qualité de service.
- Algorithmes de codage.
- Conversion A/D et D/A.
- Taille d'unité MTU.
- Incompatibilités entre protocoles de signalisation.
- Dérangements de réseau.
- Défaillance de liaison.
- Dérive du rythme.
- Instabilité d'itinéraire.
- Paquets désordonnés.
- Perte de paquets (perte de trames).
- Temps de transfert dans un sens (latence).
- Temps de transfert variables (gigue).
- Trafic de fond (encombrement, largeur de bande, utilisation, charge du réseau, partage de la charge).

Recommandation UIT-T G.1050

Modèle de réseau pour l'évaluation de la qualité de transmission multimédia sur protocole Internet

1 Domaine d'application

La présente Recommandation spécifie un modèle de réseau IP ainsi que des scénarios permettant d'évaluer et de comparer des équipements de communication connectés à un réseau étendu convergent. Ce modèle de réseau IP comporte plusieurs combinaisons de perturbation qui sont fondées sur des scénarios et qui sont variables dans le temps. Il permet d'évaluer des flux IP provenant de tout type de dispositif de réseau. Les scénarios d'essai combinent des éléments de réseau LAN, de réseau d'accès et de réseau central de façon réaliste, de manière à créer des perturbations de réseau IP de couche 3 entraînant des retards de transfert ou des pertes de paquets variables. Ces scénarios sont fondés sur des données de réseau réelles fournies par des fournisseurs de services IP et des fabricants d'équipements de réseau IP anonymes.

Sont énumérés ci-après des exemples de types d'équipement pouvant être évalués au moyen du présent modèle:

- Points d'extrémité connectés au réseau IP:
 - Dispositifs de réseau IP (exemples: agents d'utilisateur, agents d'appel, serveurs de média, contrôleurs de passerelle de média, portiers, serveurs d'application, routeurs périphériques, etc.).
 - Vidéo IP.
 - Téléphones IP.
 - Télécopieur compatible Internet (IAF, *Internet aware fax*).
- Dispositifs connectés au réseau RTPC via des passerelles IP:
 - Service téléphonique ordinaire via des passerelles voix sur IP (VoIP, *voice-over-IP*).
 - Dispositifs et passerelles de télécopie T.38.
 - Passerelles modem sur IP (données dans la bande téléphonique (VBD, *voiceband data*)) V.150.1 et V.150.2.
 - Passerelles textophone sur IP V.151.

La Figure 1 représente ces dispositifs ainsi que leur interconnexion via un réseau IP.

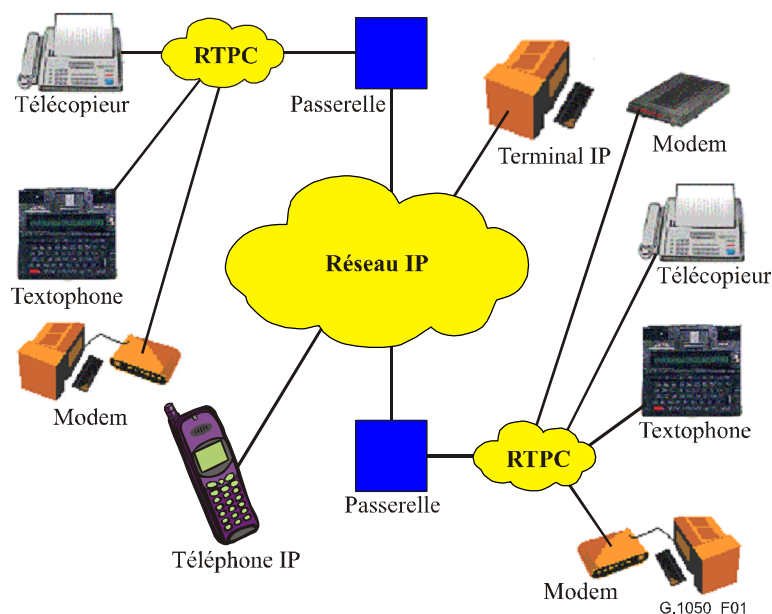


Figure 1/G.1050 – Modèle de réseau pour l'évaluation de la qualité de transmission multimédia

Ce modèle comprend des paramètres pouvant être utilisés pour configurer et installer des équipements d'émulation appropriés.

La présente Recommandation comporte des prescriptions, recommandations et options revêtant un caractère obligatoire, qui sont respectivement désignées par les mots "doit/doivent", "devrait/devraient" et "peut/peuvent".

Limitations de ce modèle:

- Ce modèle de réseau IP n'est pas destiné à représenter un quelconque réseau IP spécifique, mais plutôt à fournir un ensemble de scénarios d'essai susceptibles de représenter toute une série de caractéristiques de réseau IP, telles que celles que présentent les réseaux bien gérés (réseaux gérés selon la qualité de service), les réseaux partiellement gérés (non fondés sur la qualité de service) et les réseaux non gérés (Internet).
- Certains réseaux peuvent utiliser le RTPC à l'une des extrémités de la connexion ou aux deux extrémités via une passerelle de média. Ce modèle ne porte que sur la partie IP du réseau et non pas sur la partie RTPC de la connexion de bout en bout.
- Les modèles de réseau représentés dans la présente Recommandation ne sont pas destinés à modéliser toutes les connexions susceptibles d'être établies entre différents dispositifs.
- Le modèle de réseau IP décrit dans la présente Recommandation est fondé sur une enquête officielle menée en 2005 sur des fournisseurs de services IP et des fabricants d'équipements de réseau IP anonymes; il continuera d'évoluer en fonction de la disponibilité d'informations statistiques supplémentaires et de l'évolution du réseau IP.

2 Références

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

figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

- Recommandation UIT-T G.107 (2005), *Le modèle E: modèle de calcul utilisé pour la planification de la transmission.*
- Recommandation UIT-T G.108 (1999), *Application du modèle E: guide de planification.*
- Recommandation UIT-T G.114 (2003), *Temps de transmission dans un sens.*
- Recommandation UIT-T T.38 (2005), *Procédures de communication de télécopie du Groupe 3 en temps réel sur les réseaux à protocole Internet.*
- Recommandation UIT-T V.150.0 (2003), *Modems sur réseaux à protocole Internet: principes de base.*
- Recommandation UIT-T V.150.1 (2003), *Modems sur réseaux à protocole Internet: procédures pour la connexion de bout en bout des équipements de terminaison de circuits de données de la série V.*
- Recommandation UIT-T V.152 (2005), *Procédures applicables à la prise en charge des données en bande vocale sur les réseaux IP.*
- Recommandation UIT-T Y.1541 (2002), *Objectifs de qualité de fonctionnement pour les services en mode IP.*

3 Termes et définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

3.1 perte de paquets en rafale: densité élevée de paquets perdus dans le temps ou perte de paquets consécutifs en raison d'un encombrement, d'une limitation de la largeur de bande ou d'un reroutage (temps de transfert traduit en perte en raison d'une implémentation) sur le réseau.

3.2 codec: acronyme de codeur/décodeur, dispositif effectuant la conversion analogique-numérique et numérique-analogique.

3.3 temps de transfert: temps nécessaire à un paquet pour traverser le réseau ou un segment du réseau. Voir latence.

3.4 aval: caractérise le sens d'une transmission entre un fournisseur de services et un utilisateur final.

3.5 réseau de bout en bout: réseau dont le trajet entier relie deux points d'extrémité. Des mesures peuvent être prises sur un seul segment (exemple: temps de transfert dans le réseau central) ou sur le trajet entier (exemple: temps de transfert dans le réseau de bout en bout).

3.6 modèle E: modèle normalisé (Recommandations UIT-T G.107, G.108) de planification de la qualité de transmission des réseaux téléphoniques. Le modèle E permet d'obtenir un facteur d'évaluation de la transmission, appelé facteur R. L'échelle du facteur R va de 0 à 100, 0 représentant la qualité de transmission la plus faible et 100 la qualité de transmission la plus élevée.

3.7 passerelle: dispositif de réseau servant d'accès à un autre réseau. Une des fonctions de la passerelle est de convertir des médias fournis dans un type de réseau au format requis dans un autre type de réseau. Par exemple, une passerelle peut terminer des canaux supports provenant d'un réseau à commutation de circuits (par exemple, DS0), ou des flux de médias provenant d'un réseau à transmission par paquets (par exemple, des flux RTP dans un réseau IP).

3.8 réseau IP: réseau fondé sur le protocole Internet, protocole en mode sans connexion.

3.9 gigue: variation du temps de transfert des paquets.

- 3.10 tampon de gigue:** zone de données partagées dans laquelle des paquets peuvent être collectés, stockés et envoyés au processeur à intervalles réguliers afin d'améliorer les résultats pour l'utilisateur final.
- 3.11 latence:** temps nécessaire à un paquet de données pour passer d'un point à un autre. Voir temps de transfert.
- 3.12 couche 3:** troisième couche du modèle d'interconnexion des systèmes ouverts (OSI, *open systems interconnection*), de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), connue sous le nom de couche réseau. Le protocole IP est un protocole de couche 3.
- 3.13 défaillance de liaison:** période de perte de paquets consécutifs pouvant durer plusieurs secondes, voire parfois plusieurs minutes. Le modèle de réseau simule l'effet de la défaillance de liaison dans le segment principal en supprimant des paquets consécutifs pendant la durée de la défaillance de liaison.
- 3.14 intervalle entre défaillances de liaison:** intervalle entre deux défaillances de liaison.
- 3.15 probabilité d'occurrence (LOO, *likelihood of occurrence*):** probabilité normalisée, exprimée en pourcentage, pour qu'une combinaison de perturbations particulière se produise dans le réseau IP.
- 3.16 note moyenne d'opinion pour la qualité conversationnelle (MOS-CQ, *mean opinion score conversational quality*):** mesure de la qualité d'une connexion caractérisant la manière dont les utilisateurs évaluent la qualité globale d'un appel en fonction de la qualité d'écoute, ainsi que leur capacité à converser au cours d'un appel. Sont pris en considération tous les problèmes liés à l'écho ou au temps de propagation susceptibles d'altérer la conversation. Les paramètres sont notés sur une échelle allant de 1 à 5.
- 3.17 note moyenne d'opinion pour la qualité d'écoute (MOS-LQ, *mean opinion score listening quality*):** mesure de la qualité d'une connexion caractérisant la manière dont les utilisateurs évaluent ce qu'ils "entendent" au cours d'un appel. Les paramètres sont notés sur une échelle allant de 1 à 5.
- 3.18 taille d'unité MTU:** taille maximale d'un paquet ou d'une trame, spécifiée en octets, pouvant être envoyé dans un réseau à transmission par paquets ou trames tel que l'Internet.
- 3.19 note NMC:** valeur utilisée dans la courbe représentant la couverture du modèle de réseau. On obtient une note en multipliant la probabilité LOO pour les combinaisons de débit de réseau LAN par la probabilité LOO pour la gravité. La note totale s'élève à 100% pour chaque gravité (A, B, C). $Note = LOO_{LAN/accès} \times LOO_{gravité}$.
- 3.20 occupation:** trafic de fond dans un réseau local, y compris l'encombrement dû aux collisions, qui ne fait pas partie du signal de l'utilisateur en cours d'évaluation.
- 3.21 perte de paquets:** incapacité pour un paquet à traverser le réseau pour atteindre sa destination. (Le présent modèle ne tient pas compte des refus consécutifs à un débordement de tampon.)
- 3.22 masquage de perte de paquets:** méthode visant à masquer la perte de paquets de média par l'émission de paquets synthétiques.
- 3.23 gigue crête:** variation maximale du temps de transfert par rapport au temps de transfert moyen.
- 3.24 gigue crête à crête:** gamme complète des temps de transfert des paquets, du temps maximal au temps minimal.
- 3.25 routage par qualité de service; routage QS périphérique:** routage entre le réseau installé chez l'abonné et le réseau du fournisseur de services, basé sur les valeurs de classement de la qualité de service.

3.26 qualité d'appel par facteur R (R-CQ, *R-factor call quality*): mesure du facteur R caractérisant la manière dont les utilisateurs évaluent la qualité globale d'un appel en fonction de la qualité d'écoute, ainsi que leur capacité à converser au cours d'un appel. Cette mesure tient compte de tous les problèmes liés à l'écho ou au temps de propagation susceptibles d'altérer la conversation.

3.27 facteur R: mesure objective de la qualité de transmission dans les réseaux téléphoniques fondée sur le modèle E décrit dans les Recommandations UIT-T G.107 et G.108. L'échelle du facteur R va de 0 à 100, 0 représentant la qualité de transmission la plus faible et 100 la qualité de transmission la plus élevée.

3.28 facteur R de qualité d'écoute (R-LQ, *R-factor listening quality*): mesure du facteur R caractérisant la manière dont les utilisateurs évaluent ce qu'ils "entendent" au cours d'un appel.

3.29 paquet désordonné: paquet arrivant à destination avec un numéro de séquence plus petit que celui du paquet précédent.

3.30 instabilité d'itinéraire: état caractérisé par des modifications répétées d'un chemin dues aux mises à jour d'une table de routage. Le modèle de réseau simule l'effet des instabilités d'itinéraire en faisant varier de manière incrémentielle les valeurs de temps de transfert du segment principal.

3.31 temps de transfert total: temps de transfert cumulé pour tous les segments d'une connexion.

3.32 amont: caractérise le sens d'une transmission entre un utilisateur final et un fournisseur de services.

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

ADSL	ligne d'abonné numérique asymétrique (<i>asymmetric digital subscriber line</i>)
CSMA/CD	accès multiple avec détection de porteuse/détection de collision
IP	protocole Internet (<i>Internet protocol</i>)
LAN	réseau local (<i>local area network</i>)
LOO	probabilité d'occurrence (<i>likelihood of occurrence</i>)
MOS	note moyenne d'opinion (<i>mean opinion score</i>)
MTU	unité de transmission maximale (<i>maximum transmission unit</i>)
NMC	couverture du modèle de réseau (<i>network model coverage</i>)
OSI	interconnexion des systèmes ouverts (<i>open systems interconnection</i>)
PESQ	évaluation de la qualité vocale perçue (<i>perceptual evaluation of speech quality</i>)
PLC	masquage de perte de paquets (<i>packet loss concealment</i>)
PSQM	mesure de la qualité vocale perçue (<i>perceptual speech quality measurement</i>)
QS	qualité de service
RF	fréquence radioélectrique (<i>radio frequency</i>)
RNIS	réseau numérique à intégration de services
RTC	service téléphonique commuté (<i>plain old telephone service</i>)
RTPC	réseau téléphonique public commuté
SDSL	ligne d'abonné numérique symétrique (<i>symmetric digital subscriber line</i>)

SLA	accord de niveau de service (<i>service level agreement</i>)
VoIP	téléphonie utilisant le protocole Internet (<i>voice over Internet protocol</i>)
VTC	visioconférence (<i>video teleconferencing</i>)

5 Description du modèle

Le modèle de réseau IP comprend de nombreuses combinaisons de perturbations de réseau IP variables dans le temps et fondés sur des scénarios, offrant un échantillon représentatif des conditions de perturbation. Les essais effectués selon ce modèle peuvent être unidirectionnels ou bidirectionnels. Les perturbations se produisent dans les deux directions. Etant donné que les liaisons d'accès peuvent être asymétriques par nature et que les paquets se déplaçant dans une direction passeront par des sections du modèle dans un ordre différent de celui des paquets se déplaçant dans l'autre direction, les perturbations dans chaque direction peuvent être différentes. La Figure 2 indique les paramètres et les perturbations réseau qui s'appliquent à chaque section du modèle:

Paramètres applicables au côté A:

Débit et type du réseau LAN A, taux d'occupation du réseau LAN A, débits de l'accès local A dans chaque direction, taux d'occupation de l'accès A, taille d'unité MTU.

Paramètres applicables au réseau central:

Intervalle d'instabilité d'itinéraire, modification du temps d'instabilité d'itinéraire, intervalle entre défaillances de liaison, durée de défaillance de liaison, temps de transfert dans une direction, gigue, paquets désordonnés et perte de paquets.

Paramètres du côté B:

Débit et type du réseau B, taux d'occupation du réseau LAN B, débits de l'accès local B dans chaque direction, taux d'occupation de l'accès B, taille d'unité MTU.

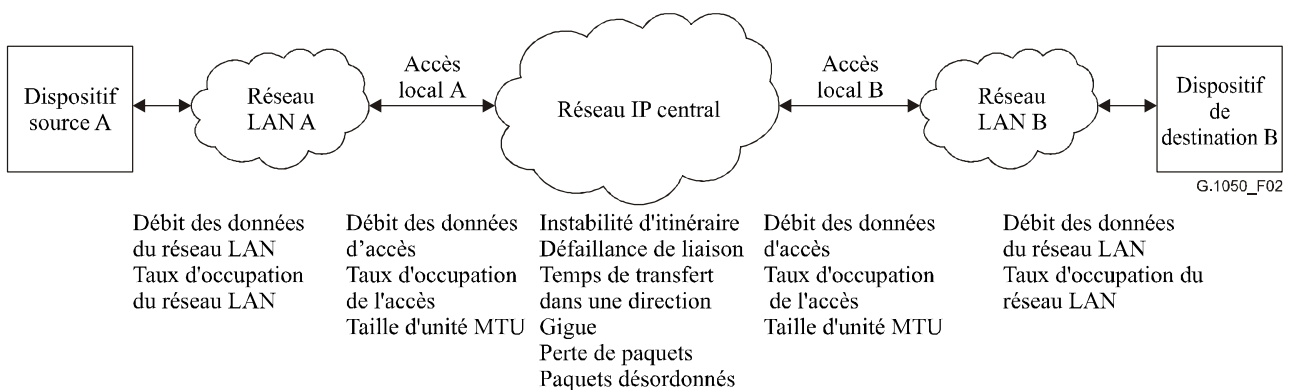


Figure 2/G.1050 – Modèle de perturbation du réseau IP

L'Appendice I fournit les principes de base applicables aux paramètres et aux perturbations du modèle de réseau IP.

L'Appendice II spécifie les algorithmes nécessaires pour calculer le temps de transfert, le nombre de paquets désordonnés et la perte de paquets en raison des paramètres et des perturbations de réseau à chaque section du modèle.

Le modèle de réseau IP, qui permet d'évaluer des flux IP provenant de tout type de dispositif de réseau, donnera des résultats correspondant au type de dispositif ou d'application soumis à l'évaluation.

Il doit être possible d'exécuter un ensemble complet d'essais pendant 36 heures (le processus d'exécution de test étant de 2 minutes par cas) ou moins en fonction du type de test à exécuter. La méthode de test se prête facilement à l'automatisation. L'unité soumise aux essais fonctionne pendant chaque combinaison de perturbations. Cette méthode peut s'appliquer à de nombreux nœuds IP individuels soumis à diverses perturbations.

Les éléments extérieurs au modèle, qui ont un effet sur le temps de transfert, la gigue et la qualité d'application de bout en bout sont notamment:

- la taille des paquets;
- le taux d'émission de paquets source dans l'hypothèse d'un flux isochrone;
- les algorithmes de compression;
- les algorithmes de masquage de perte de paquets;
- le type et la taille de tampon de gigue;
- la correction d'erreur directe;
- le routage périphérique fondé sur la qualité de service;
- la détection d'activité vocale;

6 Etablissement de niveaux de perturbations IP dans le réseau

6.1 Profils d'essai de service

Le Tableau 1 décrit les profils d'essai de service ainsi que les applications, les mécanismes nodaux et les techniques de réseau associés. Une méthode analogue est employée dans la Rec. UIT-T Y.1541, mais une association biunivoque à ces profils de service peut ne pas être possible.

Tableau 1/G.1050 – Profils d'essai de service

Profils d'essai de service	Applications (exemples)	Mécanismes nodaux	Techniques de réseau
Réseau IP bien géré (Profil A)	Vidéo, VoIP et VTC de haute qualité (applications en temps réel, sensibles à la perte, sensibles à la gigue, interaction élevée)	QS stricte, sans surréservation de liaisons	Routage et distance limités
Réseau IP géré partiellement (Profil B)	VoIP, VTC (applications en temps réel, sensibles à la gigue, interactives)	File d'attente séparée avec desserte préférentielle, conformation du trafic	Routage et distance moins limités

Tableau 1/G.1050 – Profils d'essai de service

Profils d'essai de service	Applications (exemples)	Mécanismes nodaux	Techniques de réseau
Réseau IP, Internet non géré, (Profil C)	Vidéo et VoIP de qualité inférieure, signalisation, données de transaction (très interactives)	File d'attente séparée, priorité de désengorgement	Routage et distance limités
	Données de transaction (interactives)		Routage et distance moins limités
	Transactions courtes, données en masse (faibles pertes)	Longue file d'attente, priorité de désengorgement	Itinéraire/chemin quelconque
	Applications Internet traditionnelles (réseaux IP par défaut)	File d'attente séparée (priorité la moins élevée)	Itinéraire/chemin quelconque

6.2 Perturbations du réseau

6.2.1 Profils d'essai de service

Les trois profils d'essai ci-après, pouvant être associés à des accords de niveau de service (SLA) sont utilisés dans le présent modèle de réseau IP:

- réseau bien géré (profil A) – réseau sans liaisons surréservées employant le routage périphérique fondé sur la qualité de service;
- réseau partiellement géré (profil B) – réseau limitant les liaisons surréservées et possédant une ou plusieurs liaisons sans routage périphérique fondé sur la qualité de service;
- réseau non géré (profil C) – réseau non géré, tel que l'Internet, qui comprend des liaisons surréservées et qui possède une ou plusieurs liaisons sans routage périphérique fondé sur la qualité de service.

Ces tableaux représentent des niveaux de perturbation de bout en bout concernant le réseau LAN et l'accès. Dans les Tableaux 2, 3 et 4, la perte totale de paquets représente la somme de la perte de paquets séquentielle et de la perte de paquets aléatoire. A noter que les accords SLA des fournisseurs de services ne garantissent que les caractéristiques de la section centrale du réseau.

Tableau 2/G.1050 – Plages de perturbations pour le réseau bien géré (profil A)

Type de perturbation	Unités	Plage (valeur minimale à valeur maximale)
Latence dans une direction	ms	20 à 100 (au niveau régional) 90 à 300 (au niveau intercontinental)
Gigue (crête à crête)	ms	0 à 50
Perte de paquets séquentielle	ms	Perte aléatoire uniquement (sauf en cas de défaillance de liaison)
Taux de perte séquentielle	sec ⁻¹	Perte aléatoire uniquement (sauf en cas de défaillance de liaison)
Perte de paquets aléatoire	%	0 à 0,05
Paquets désordonnés	%	0 à 0,001

Tableau 3/G.1050 – Plages de perturbations pour le réseau géré partiellement (profil B)

Type de perturbation	Unités	Plage (valeur minimale à valeur maximale)
Latence dans une direction	ms	50 à 100 (au niveau régional) 90 à 400 (au niveau intercontinental)
Gigue (crête à crête)	ms	0 à 150
Perte de paquets séquentielle	ms	40 à 200
Taux de perte séquentielle	sec ⁻¹	≤ 10 ⁻³ (Note)
Perte de paquets aléatoire	%	0 à 2
Paquets désordonnés	%	0 à 0,01

NOTE – Les pertes de paquets séquentielles se produisent une fois toutes les 1 000 secondes.

Tableau 4/G.1050 – Plages de perturbations pour le réseau non géré (profil C) (Note 1)

Type de perturbation	Unités	Plage (valeur minimale à valeur maximale)
Latence dans une direction	ms	50 à 500
Gigue (crête à crête)	ms	0 à 500
Perte de paquets séquentielle	ms	40 à 10 000
Taux de perte séquentielle	sec ⁻¹	≤ 10 ⁻¹ (Note 2)
Perte de paquets aléatoire	%	0 à 20
Paquets désordonnés	%	0 à 0,1

NOTE 1 – Ce tableau représente des niveaux de perturbation pour un réseau non géré dans des conditions normales de fonctionnement. Les niveaux de perturbation correspondant à la condition de perturbation H peuvent dépasser les valeurs limites données dans ce tableau afin de tenir compte des situations de catastrophe.

NOTE 2 – Les pertes de paquets séquentielles se produisent une fois toutes les 10 secondes.

6.3 Montage

(Voir Figure 3.)

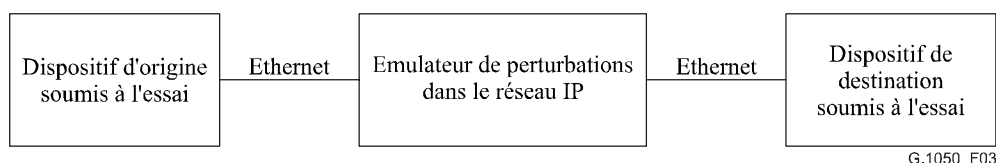


Figure 3/G.1050 – Schéma de montage du simulateur

6.4 Tableaux des combinaisons de perturbations

Chaque cas d'essai comprend un ensemble complet de paramètres et de perturbations. Les débits du réseau et les débits d'accès à chaque extrémité de la connexion constituent les premiers de ces paramètres. Ces débits, qui représentent des débits efficaces, varient en fonction de divers facteurs tels que la distance depuis le bureau central, la surréservation, les offres de services, le nombre d'utilisateurs concurrents, les perturbations touchant les installations physiques, etc.

Les Tableaux 5 à 8 énumèrent les débits caractéristiques des emplacements des particuliers et des entreprises et non les débits en fonction du service.

Les combinaisons d'emplacements suivantes sont possibles:

- de particulier à particulier;
- de particulier à entreprise;
- d'entreprise à particulier;
- d'entreprise à entreprise.

Tableau 5/G.1050 – Débits de réseau local pour les particuliers

Débit réel de réseau local (Mbit/s)	LOO (%)	Représente
4	75	concentrateur 10BaseT, 802.11b
20	25	concentrateur 100BaseT, 802.11g

Tableau 6/G.1050 – Débits de réseau local pour les entreprises

Débit réel de réseau local (Mbit/s)	LOO (%)	Représente
4	20	concentrateur 10BaseT, 802.11b
20	20	concentrateur 100BaseT, 802.11g
100	60	Gbit Ethernet, commuté 100BaseT

Tableau 7/G.1050 – Débits d'accès pour les particuliers

Débit d'accès		LOO (%)	Représente
En direction du réseau central (kbit/s)	En provenance du réseau central (kbit/s)		
128	768	40	ADSL
384	1536	50	Câble, ADSL
384	3000	10	Câble, ADSL

Tableau 8/G.1050 – Débits d'accès pour les entreprises

Débit d'accès		LOO (%)	Représente
En direction du réseau central (kbit/s)	En provenance du réseau central (kbit/s)		
384	1 536	40	ADSL de base
384	3 000	15	ADSL premium
1 536	1 536	40	T1
43 000	43 000	5	T3

Ce modèle traite sur un pied d'égalité les débits des réseaux locaux et les débits d'accès pour les particuliers et les entreprises.

Le Tableau 9 donne toutes les combinaisons possibles d'emplacement, de débits de réseau local et de débits d'accès. La probabilité d'occurrence (LOO), indiquée pour chaque combinaison dans la dernière colonne, est calculée en multipliant la probabilité LOO pour le débit de réseau local par la probabilité LOO pour le débit d'accès. On regroupera les combinaisons de débits répétées (combinaisons symétriques) et on additionnera leur probabilité d'occurrence associée. On obtient ainsi 133 combinaisons de débit uniques associées à des valeurs LOO dont la somme est égale à 100%.

Tableau 9/G.1050 – Combinaisons des débits de réseau local et des débits d'accès

Cas d'essai #	Débit du réseau local A (Mbit/s)	Débit d'accès A→B au niveau de A (kbit/s)	Débit d'accès A→B au niveau de B (kbit/s)	Débit du réseau local B (Mbit/s)	Débit d'accès B→A au niveau de B (kbit/s)	Débit d'accès B→A au niveau de A (kbit/s)	LOO (%)
1	4	128	768	4	128	768	2,2500
2	4	128	768	20	128	768	1,5000
3	20	128	768	20	128	768	0,2500
4	4	128	1 536	4	384	768	3,4125
5	4	128	1 536	20	384	768	2,6750
6	20	128	1 536	20	384	768	0,5125
7	4	128	3 000	4	384	768	0,7875
8	4	128	3 000	20	384	768	0,6750
9	20	128	3 000	20	384	768	0,1375
10	4	384	768	4	128	1 536	3,4125
11	4	384	768	20	128	1 536	2,6750
12	20	384	768	20	128	1 536	0,5125
13	4	384	1 536	4	384	1 536	5,1756
14	4	384	1 536	20	384	1 536	4,6638
15	20	384	1 536	20	384	1 536	1,0506
16	4	384	3 000	4	384	1 536	1,1944
17	4	384	3 000	20	384	1 536	1,1638
18	20	384	3 000	20	384	1 536	0,2819
19	4	384	768	4	128	3 000	0,7875
20	4	384	768	20	128	3 000	0,6750
21	20	384	768	20	128	3 000	0,1375
22	4	384	1 536	4	384	3 000	1,1944
23	4	384	1 536	20	384	3 000	1,1638
24	20	384	1 536	20	384	3 000	0,2819
25	4	384	3 000	4	384	3 000	0,2756
26	4	384	3 000	20	384	3 000	0,2888
27	20	384	3 000	20	384	3 000	0,0756
28	4	128	1 536	100	384	768	1,8000
29	20	128	1 536	100	384	768	0,6000

Tableau 9/G.1050 – Combinaisons des débits de réseau local et des débits d'accès

Cas d'essai #	Débit du réseau local A (Mbit/s)	Débit d'accès A→B au niveau de A (kbit/s)	Débit d'accès A→B au niveau de B (kbit/s)	Débit du réseau local B (Mbit/s)	Débit d'accès B→A au niveau de B (kbit/s)	Débit d'accès B→A au niveau de A (kbit/s)	LOO (%)
30	4	128	3 000	100	384	768	0,6750
31	20	128	3 000	100	384	768	0,2250
32	4	128	1 536	4	768	1 536	0,6000
33	4	128	1 536	20	768	1 536	0,8000
34	4	128	1 536	100	768	1 536	1,8000
35	20	128	1 536	20	768	1 536	0,2000
36	20	128	1 536	100	768	1 536	0,6000
37	4	128	43 000	4	768	43 000	0,0750
38	4	128	43 000	20	768	43 000	0,1000
39	4	128	43 000	100	768	43 000	0,2250
40	20	128	43 000	20	768	43 000	0,0250
41	20	128	43 000	100	768	43 000	0,0750
42	4	384	1 536	100	384	1 536	5,4600
43	20	384	1 536	100	384	1 536	2,4600
44	4	384	3 000	100	384	1 536	1,6538
45	20	384	3 000	100	384	1 536	0,7913
46	4	384	1 536	4	1 536	1 536	0,9100
47	4	384	1 536	20	1 536	1 536	1,3200
48	4	384	1 536	100	1 536	1 536	3,2100
49	20	384	1 536	20	1 536	1 536	0,4100
50	20	384	1 536	100	1 536	1 536	1,7100
51	4	384	43 000	4	1 536	43 000	0,1138
52	4	384	43 000	20	1 536	43 000	0,1650
53	4	384	43 000	100	1 536	43 000	0,4013
54	20	384	43 000	20	1 536	43 000	0,0513
55	20	384	43 000	100	1 536	43 000	0,2138
56	4	384	1 536	100	384	3 000	1,6538
57	20	384	1 536	100	384	3 000	0,7913
58	4	384	3 000	100	384	3 000	0,4725
59	20	384	3 000	100	384	3 000	0,2475
60	4	384	1 536	4	1 536	3 000	0,2100
61	4	384	1 536	20	1 536	3 000	0,3200
62	4	384	1 536	100	1 536	3 000	0,8100
63	20	384	1 536	20	1 536	3 000	0,1100
64	20	384	1 536	100	1 536	3 000	0,5100

Tableau 9/G.1050 – Combinaisons des débits de réseau local et des débits d'accès

Cas d'essai #	Débit du réseau local A (Mbit/s)	Débit d'accès A→B au niveau de A (kbit/s)	Débit d'accès A→B au niveau de B (kbit/s)	Débit du réseau local B (Mbit/s)	Débit d'accès B→A au niveau de B (kbit/s)	Débit d'accès B→A au niveau de A (kbit/s)	LOO (%)
65	4	384	43 000	4	3 000	43 000	0,0263
66	4	384	43 000	20	3 000	43 000	0,0400
67	4	384	43 000	100	3 000	43 000	0,1013
68	20	384	43 000	20	3 000	43 000	0,0138
69	20	384	43 000	100	3 000	43 000	0,0638
70	4	384	768	100	128	1 536	1,8000
71	20	384	768	100	128	1 536	0,6000
72	4	384	768	100	128	3 000	0,6750
73	20	384	768	100	128	3 000	0,2250
74	4	768	1 536	4	128	1 536	0,6000
75	4	768	1 536	20	128	1 536	0,8000
76	20	768	1 536	20	128	1 536	0,2000
77	4	768	1 536	100	128	1 536	1,8000
78	20	768	1 536	100	128	1 536	0,6000
79	4	1 536	1 536	4	384	1 536	0,9100
80	4	1 536	1 536	20	384	1 536	1,3200
81	20	1 536	1 536	20	384	1 536	0,4100
82	4	1 536	1 536	100	384	1 536	3,2100
83	20	1 536	1 536	100	384	1 536	1,7100
84	4	1 536	3 000	4	384	1 536	0,2100
85	4	1 536	3 000	20	384	1 536	0,3200
86	20	1 536	3 000	20	384	1 536	0,1100
87	4	1 536	3 000	100	384	1 536	0,8100
88	20	1 536	3 000	100	384	1 536	0,5100
89	4	768	43 000	4	128	43 000	0,0750
90	4	768	43 000	20	128	43 000	0,1000
91	20	768	43 000	20	128	43 000	0,0250
92	4	768	43 000	100	128	43 000	0,2250
93	20	768	43 000	100	128	43 000	0,0750
94	4	1 536	43 000	4	384	43 000	0,1138
95	4	1 536	43 000	20	384	43 000	0,1650
96	20	1 536	43 000	20	384	43 000	0,0513
97	4	1 536	43 000	100	384	43 000	0,4013
98	20	1 536	43 000	100	384	43 000	0,2138
99	4	3 000	43 000	4	384	43 000	0,0263

Tableau 9/G.1050 – Combinaisons des débits de réseau local et des débits d'accès

Cas d'essai #	Débit du réseau local A (Mbit/s)	Débit d'accès A→B au niveau de A (kbit/s)	Débit d'accès A→B au niveau de B (kbit/s)	Débit du réseau local B (Mbit/s)	Débit d'accès B→A au niveau de B (kbit/s)	Débit d'accès B→A au niveau de A (kbit/s)	LOO (%)
100	4	3 000	43 000	20	384	43 000	0,0400
101	20	3 000	43 000	20	384	43 000	0,0138
102	4	3 000	43 000	100	384	43 000	0,1013
103	20	3 000	43 000	100	384	43 000	0,0638
104	100	384	1 536	100	384	1 536	1,4400
105	100	384	3 000	100	384	1 536	0,5400
106	100	384	1 536	100	1 536	1 536	1,4400
107	100	384	43 000	100	1 536	43 000	0,1800
108	100	384	1 536	100	384	3 000	0,5400
109	100	384	3 000	100	384	3 000	0,2025
110	100	384	1 536	100	1 536	3 000	0,5400
111	100	384	43 000	100	3 000	43 000	0,0675
112	100	1 536	1 536	100	384	1 536	1,4400
113	100	1 536	3 000	100	384	1 536	0,5400
114	4	1 536	1 536	4	1 536	1 536	0,1600
115	4	1 536	1 536	20	1 536	1 536	0,3200
116	4	1 536	1 536	100	1 536	1 536	0,9600
117	20	1 536	1 536	20	1 536	1 536	0,1600
118	20	1 536	1 536	100	1 536	1 536	0,9600
119	100	1 536	1 536	100	1 536	1 536	1,4400
120	4	1 536	43 000	4	1 536	43 000	0,0400
121	4	1 536	43 000	20	1 536	43 000	0,0800
122	4	1 536	43 000	100	1 536	43 000	0,2400
123	20	1 536	43 000	20	1 536	43 000	0,0400
124	20	1 536	43 000	100	1 536	43 000	0,2400
125	100	1 536	43 000	100	1 536	43 000	0,3600
126	100	1 536	43 000	100	384	43 000	0,1800
127	100	3 000	43 000	100	384	43 000	0,0675
128	4	43 000	43 000	4	43 000	43 000	0,0025
129	4	43 000	43 000	20	43 000	43 000	0,0050
130	4	43 000	43 000	100	43 000	43 000	0,0150
131	20	43 000	43 000	20	43 000	43 000	0,0025
132	20	43 000	43 000	100	43 000	43 000	0,0150
133	100	43 000	43 000	100	43 000	43 000	0,0225

Le Tableau 10 énumère huit niveaux de gravité (A à H). Chaque niveau de gravité représente une combinaison de perturbations provenant de l'emplacement d'origine, du réseau central et de l'emplacement de destination. Pour limiter la durée des essais, le responsable peut choisir de traiter un ensemble de cas d'essai associés à un accord SLA particulier (profil A, B ou C), comme décrit dans le § 6.2.1. Se reporter à l'Appendice II pour l'utilisation précise de ces paramètres dans les algorithmes de perturbation.

Tableau 10/G.1050 – Combinaisons de gravité de perturbation

Perturbation	Gravité => Unités	A	B	C	D	E	F	G	H*
Probabilité LOO du profil A	%	50	30	15	5	0	0	0	0
Probabilité LOO du profil B	%	5	25	30	25	10	5	0	0
Probabilité LOO du profil C	%	5	5	10	15	20	25	15	5
Paramètres applicables à l'emplacement d'origine (A)									
Taux d'occupation du réseau local A	%	1	2	3	5	8	12	16	20
Taux d'occupation de l'accès A	%	0	1	2	4	8	15	30	50
Unité MTU A	octets	512	512	1508	1508	1508	1508	1508	1508
Perturbations dans le réseau central									
Intervalle d'instabilité d'itinéraire	secondes	0	3600	1800	900	480	240	120	60
Temps d'instabilité d'itinéraire	ms	0	2	4	8	16	32	64	128
Retard au niveau (régional)	ms	4	8	16	32	64	128	256	512
Retard au niveau (intercontinental)	ms	16	32	64	128	196	256	512	768
Gigue (crête à crête)	ms	5	10	24	40	70	100	150	500
Intervalle entre défaillances de liaison	secondes	0	3600	1800	900	480	240	120	60
Durée de défaillance de liaison	ms	0	64	128	256	400	800	1600	3000
Perte de paquets	%	0	0,01	0,02	0,04	0,1	0,2	0,5	1
Paquets désordonnés	%	0	0,00025	0,0005	0,001	0,005	0,01	0,05	0,1
Paramètres applicables à l'emplacement de destination (B)									
Taux d'occupation de l'accès B	%	0	1	2	4	8	15	30	50
Unité MTU B	octets	512	512	1508	1508	1508	1508	1508	1508
Taux d'occupation du réseau local B	%	1	2	3	5	8	12	16	20
* Les niveaux de perturbation correspondant à la condition H peuvent dépasser les valeurs limites données dans le Tableau 4 afin de tenir compte des situations de catastrophe.									

Les 1064 cas d'essai sont répartis de la façon suivante:

- 1A, 1B, 1C ... 1H correspondent à la combinaison de débits 1 de niveaux de gravité A, B, C ... H;
- 2A, 2B, 2C ... 2H correspondent à la combinaison de débits 1 aux niveaux de gravité A, B, C ... H;
- et ainsi de suite jusqu'à ...;
- 133H correspondant au dernier cas ($133 \times 8 = 1064$ cas d'essai au total).

6.5 Couverture du modèle de réseau

Les Figures 4 à 7 représentent des exemples de courbes de couverture du modèle de réseau pour une connexion VoIP, tracées à partir d'exemples de résultats statistiques. Dans les courbes, l'axe des Y représente le paramètre de qualité souhaité et l'axe des X le pourcentage de la couverture du modèle de réseau. Ces courbes sont tracées d'après la méthode suivante:

- 1) Soumettre chaque cas à l'essai (et lui attribuer une note NMC).
- 2) Mesurer les paramètres souhaités (par exemple, PESQ, PEAQ, PSQM, MOS, débit, débit de connexion, mesure de la qualité vidéo, etc.).
- 3) Classer les paramètres mesurés avec les notes NMC associées dans l'ordre décroissant au moyen d'un tableur ou d'un dispositif analogue.
- 4) Représenter les paramètres mesurés sur l'axe des Y et les notes NMC associées sur l'axe des X.
- 5) La courbe ainsi tracée représente la qualité de fonctionnement (en fonction du paramètre mesuré) exprimée sous la forme d'un pourcentage du modèle de réseau.

Le graphique qui en résulte est utilisé pour comparer la qualité de service de différents accords SLA ou dispositifs. La Rec. UIT-T G.107 vise à attribuer des niveaux de satisfaction d'utilisateur pour le facteur R et des valeurs correspondant à des notes moyennes d'opinion (MOS) pour la qualité d'écoute. Le point où la couverture NMC (axe des X) coupe une note (axe des Y) indique le pourcentage d'utilisateurs qui connaîtront ce niveau de satisfaction ou un niveau de satisfaction plus élevé.

Ces exemples de graphiques permettent de comparer des notes de qualité vocale pour un dispositif particulier selon différents profils SLA. Toutefois, tout paramètre de performance ou de qualité peut être utilisé sur l'axe des Y pour évaluer la couverture NMC pour différents profils de niveau de service ou dispositifs.

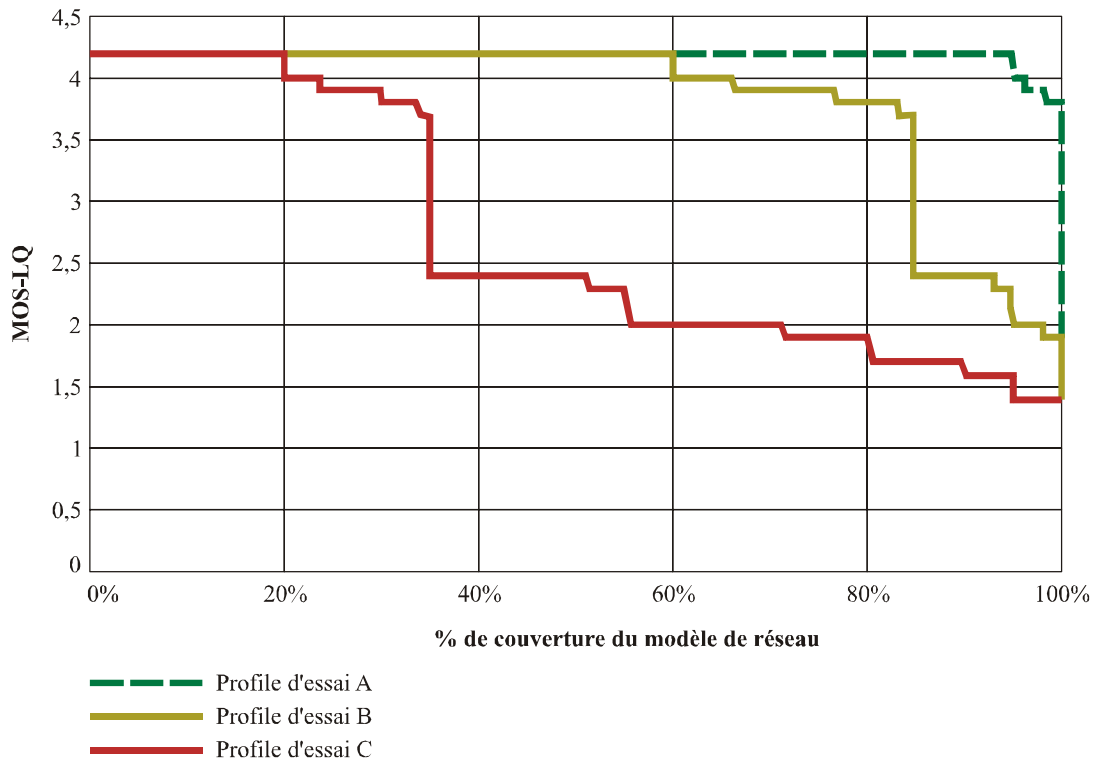


Figure 4/G.1050 – Exemple de courbes de la couverture du réseau selon la méthode MOS – Qualité d'écoute (tampon de gigue de 40 ms)

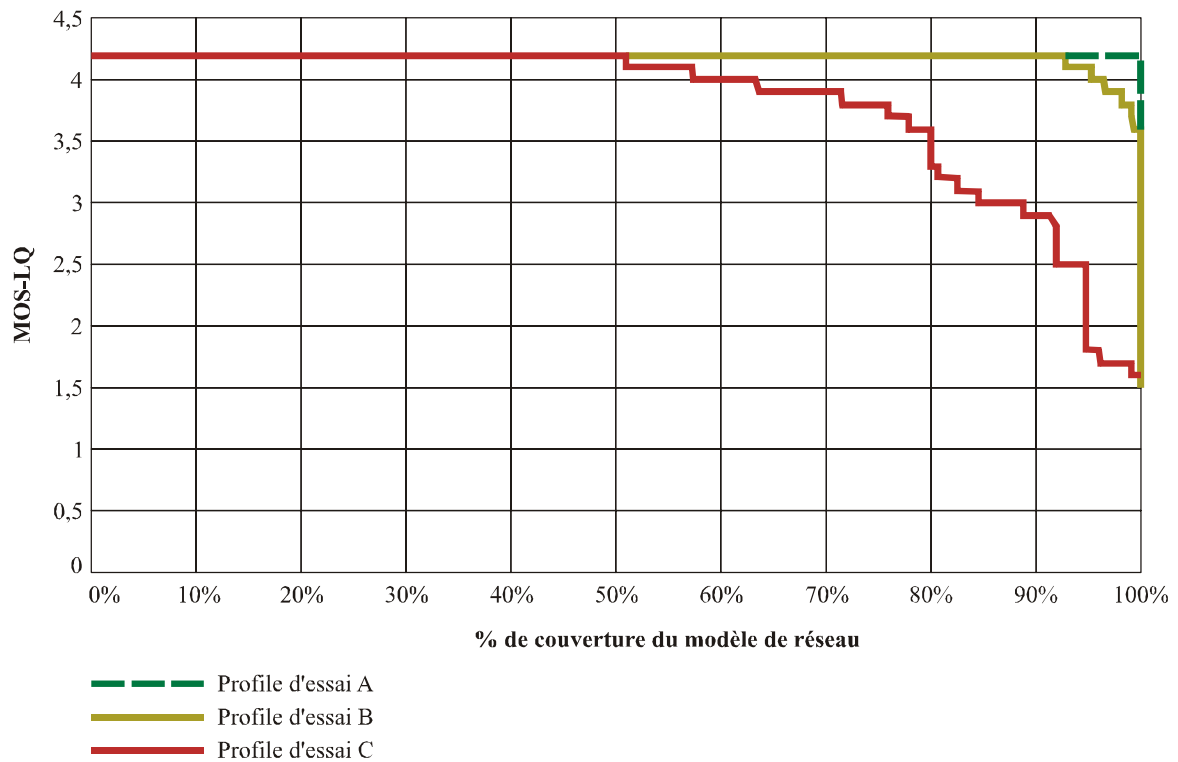
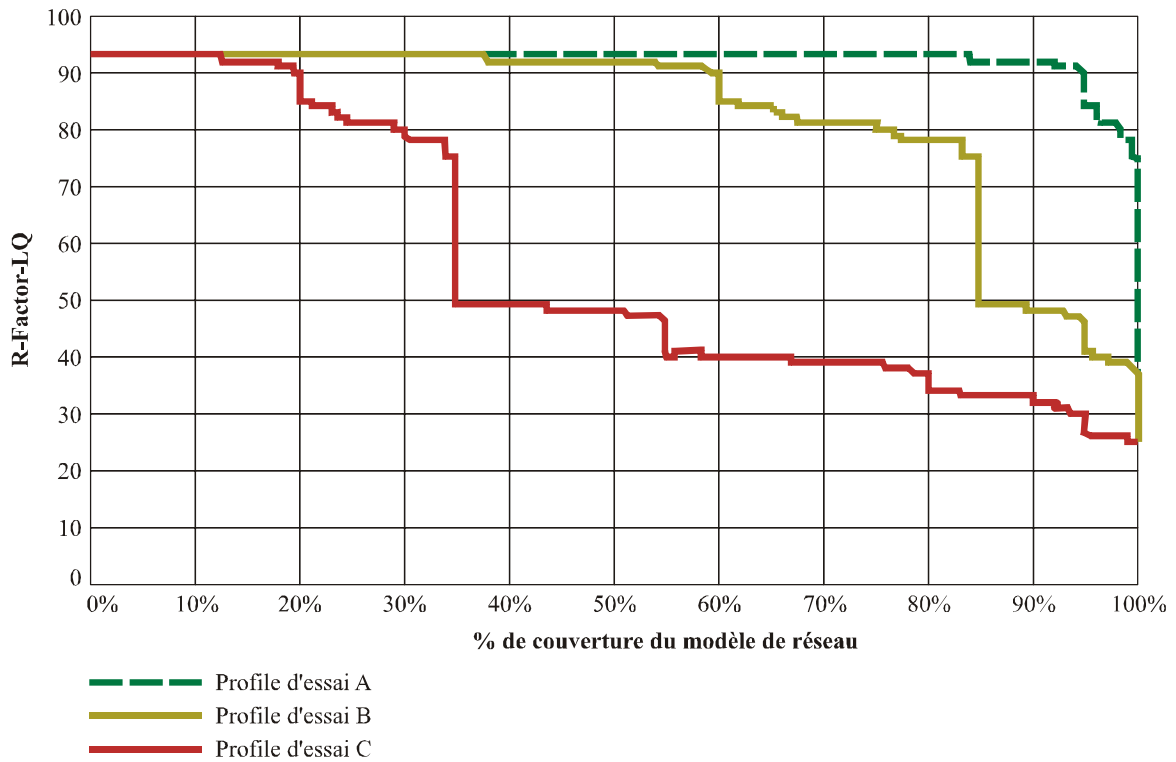
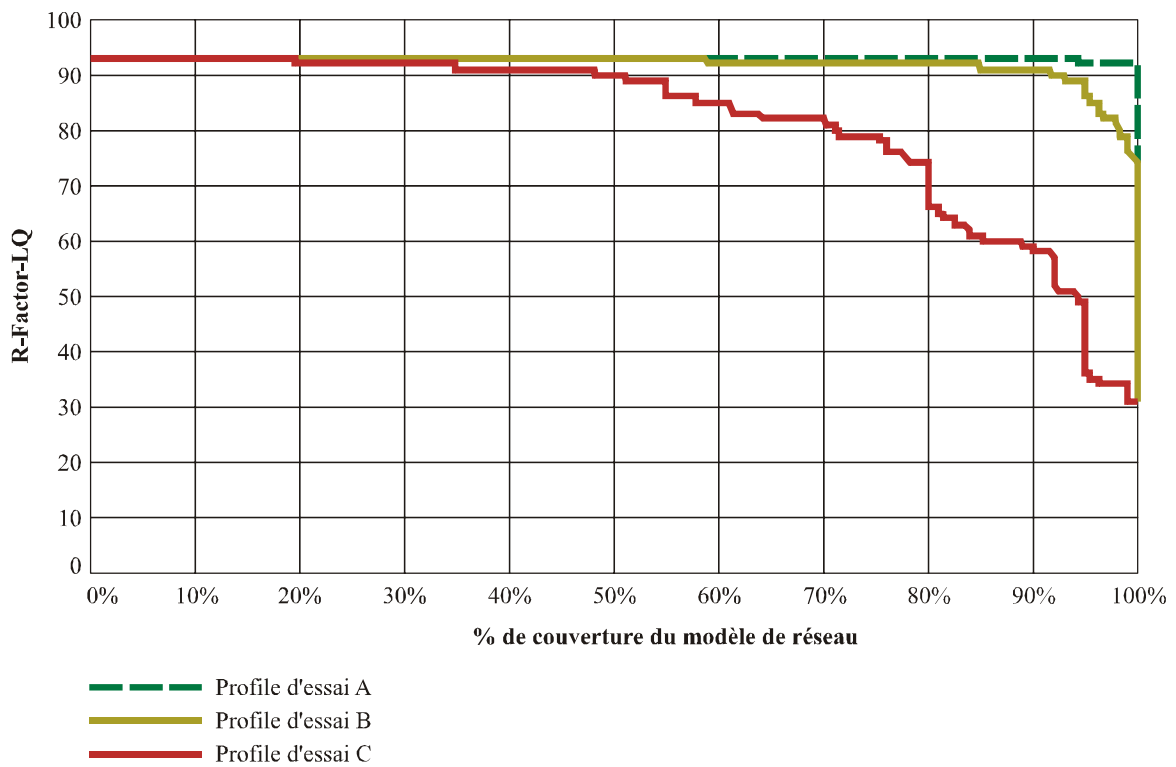


Figure 5/G.1050 – Exemple de courbes de la couverture du réseau selon la méthode MOS – Qualité d'écoute (tampon de gigue de 100 ms)



G.1050_F06

Figure 6/G.1050 – Exemple de courbes de la couverture du réseau selon le facteur R – Qualité d'écoute (tampon de gigue de 40 ms)



G.1050_F07

Figure 7/G.1050 – Exemple de courbes de la couverture du réseau selon le facteur R – Qualité d'écoute (tampon de gigue de 100 ms)

Les valeurs données dans les Tableaux 11 et 12 représentent le pourcentage d'utilisateurs connaissant un certain niveau de satisfaction ou un niveau supérieur. Les pourcentages correspondent approximativement aux valeurs indiquées sur les graphiques des Figures 4 à 7. Il est possible à partir de ces tableaux et graphiques de comparer l'effet obtenu pour une implémentation d'un tampon de gigue de 40 ms avec l'effet obtenu pour une implémentation d'un tampon de gigue de 100 ms.

Tableau 11/G.1050 – Exemple de couverture du modèle de réseau et notes de qualité d'écoute MOS

MOS – Qualité d'écoute	Figure 4 (40 ms)			Figure 5 (100 ms)			Satisfaction des utilisateurs selon la Rec. UIT-T G.107
	NMC A	NMC B	NMC C	NMC A	NMC B	NMC C	
4,3	95%	60%	20%	100%	93%	51%	très satisfaits
4,0	96%	66%	24%	100%	97%	64%	satisfaits
3,6	100%	85%	35%	100%	100%	80%	quelques utilisateurs insatisfaits
3,1	100%	85%	35%	100%	100%	85%	un grand nombre d'utilisateurs insatisfaits
2,6	100%	92%	51%	100%	100%	92%	la quasi-totalité des utilisateurs insatisfaits
1,0	100%	100%	100%	100%	100%	100%	non recommandé

Tableau 12/G.1050 – Exemple de couverture du modèle de réseau et notes de qualité d'écoute en fonction du facteur R

Qualité d'écoute – Facteur R	Figure 6 (40 ms)			Figure 7 (100 ms)			Satisfaction des utilisateurs selon la Recommandation UIT-T G.107
	NMC A	NMC B	NMC C	NMC A	NMC B	NMC C	
90+	95%	60%	20%	100%	93%	51%	très satisfaits
80	98%	77%	30%	100%	98%	72%	satisfaits
70	100%	85%	35%	100%	100%	80%	quelques utilisateurs insatisfaits
60	100%	85%	35%	100%	100%	89%	un grand nombre d'utilisateurs insatisfaits
50	100%	90%	44%	100%	100%	94%	la quasi-totalité des utilisateurs insatisfaits
<50	100%	100%	100%	100%	100%	100%	non recommandé

Appendice I

Principes de base du modèle de réseau IP

I.1 Réseaux locaux hertziens

Les réseaux locaux hertziens fondés sur les normes IEEE de la série 802.11 sont les réseaux locaux les plus utilisés chez les particuliers en raison principalement de la simplicité de la mise en réseau des ordinateurs lorsqu'ils sont connectés à un accès large bande au moyen d'un modem DSL ou d'un câble-modem.

Les débits des réseaux locaux hertziens sont essentiellement déterminés par la technologie de couche Physique utilisée et par les conditions de fonctionnement. A l'heure actuelle, les réseaux locaux les plus utilisés chez les particuliers sont fondés sur la norme IEEE 802.11b. Ceux-ci offrent généralement un débit de 4 Mbit/s environ compte tenu du préfixe et des limitations dues au bruit radioélectrique produit par d'autres dispositifs sans licence à 2,4 GHz et à la distance entre le point d'accès et le modem hertzien. Un débit de 4 Mbit/s est par conséquent utilisé dans le Tableau 5 (débits de réseau local pour les particuliers). Les réseaux locaux au débit plus rapide sont fondés sur les normes IEEE 802.11g et 802.11a. Jusqu'à récemment, en raison de leurs coûts élevés, ces systèmes n'ont pu être utilisés que par les personnes qui les avaient adoptés en premier; en conséquence, leur utilisation ne s'est pas généralisée. Ces systèmes offrent généralement un débit de 20 Mbit/s compte tenu du préfixe de couche OSI 1-3 et des limitations dues au bruit radioélectrique et à la distance entre le point d'accès et le modem hertzien. Un débit de 20 Mbit/s est par conséquent utilisé dans le Tableau 5 (débits de réseau local pour les particuliers).

I.2 Câblage structuré

Les réseaux Ethernet câblés situés dans les locaux de l'abonné offrent pratiquement toujours des débits de données supérieurs à ceux offerts par les réseaux hertziens. Cela est dû essentiellement au fait que le préfixe est nettement moins important avec la technologie Ethernet et que le support de transport CAT5/CAT6 résiste mieux au bruit radioélectrique. Pour un câblage structuré, les débits sont, pour les dispositifs à concentrateurs et commutateurs, de 10 Mbit/s et de 100 Mbit/s respectivement pour les réseaux 10BT et 100BT, et de l'ordre du gigabit pour le réseau Ethernet le plus récent. Les particuliers utilisent le plus souvent des connexions Ethernet de 10/100 Mbit/s, alors que les entreprises utilisent généralement des connexions Ethernet de 100 Mbit/s, voire de 1 Gbit/s. En conséquence, un débit de 10 Mbit/s est utilisé dans le Tableau 5 (débits de réseau local pour les particuliers) et de 100 Mbit/s dans le Tableau 6 (débits de réseau local pour les entreprises).

I.3 Concentrateurs/commutateurs

Comparés aux commutateurs, les concentrateurs offrent une vitesse de transmission plus limitée dans le réseau. Par ailleurs, les taux d'occupation sont plus élevés avec des concentrateurs en raison des collisions survenant dans le trafic. En outre, de nombreux concentrateurs limitent le transport des données d'utilisateur à un seul sens. Au contraire, le trafic n'est pas encombré avec des commutateurs, lesquels fonctionnent toujours en mode duplex intégral.

Si, pour limiter les coûts, on encourage d'utiliser les commutateurs dans les réseaux de locaux de l'abonné, de nombreux dispositifs à concentrateurs sont toujours en usage aujourd'hui. Afin de réduire le nombre de variables de débits de données, le débit d'utilisateur pour un réseau local câblé à 10 Mbit/s utilisé avec un concentrateur devrait être de 4 Mbit/s, soit le même débit que celui d'un réseau local hertzien IEEE 802.11b utilisé avec un commutateur.

I.4 Débits d'accès

Les technologies d'accès disponibles sont essentiellement les suivantes: ADSL, câblo-modems, SDSL, RNIS, T1, T3/E3 et fibre optique. Parmi ces technologies, les plus utilisées sont l'ADSL et les câblo-modems. Les fournisseurs de services de câblo-distribution et de services de télécommunication sont très compétitifs et offrent des tarifs analogues. Dernièrement, les fournisseurs de services ont offert un débit de 3 Mbit/s en aval et de 384-512 kbit/s en amont. Compte tenu des préfixes des couches OSI 1 et 2 et des limitations de débit en raison des distances desservies et des perturbations présentes dans l'infrastructure, les débits d'utilisateur types sont estimés à 1 536 kbit/s en aval et à 384 kbit/s en amont. Afin de limiter le nombre de variables dans le modèle, les valeurs de débit utilisées sont conformes aux valeurs des débits de T1 et de la ligne SDSL. La ligne SDSL à 384 kbit/s est également bien employée. Grâce à ce débit, il est possible d'étendre la large bande aux boucles filaires, au-delà des limites de l'ADSL. Contrairement aux technologies ADSL, la technologie SDSL et les autres technologies symétriques offrent des débits garantis grâce à des accords de niveaux de service, ce qui les rend particulièrement attrayantes pour les entreprises. T3 est censé présenter un débit réel de 43 Mbit/s compte tenu du préfixe. Ces hypothèses ont été utilisées pour déterminer les débits indiqués dans les Tableaux 7 et 8.

I.5 Temps de transfert dans les routeurs

Voir Tableau I.1.

Tableau I.1/G.1050 – Exemples de temps de transfert selon le rôle du routeur

Rôle	Valeur moyenne du temps de transfert total (somme du temps d'attente et du traitement)	Variation du temps de transfert
Passerelle d'accès	10 ms	16 ms
Passerelle d'interfonctionnement de réseau	3 ms	3 ms
Distribution	3 ms	3 ms
Réseau central	2 ms	3 ms

I.6 Données relatives aux perturbations relevées chez des fournisseurs anonymes de services de réseau IP

Les caractéristiques de bout en bout présentées dans les Tableaux 2 et 4 sont déterminées à partir de données relatives aux perturbations de réseau, relevées chez des fournisseurs de services et des fabricants d'équipements de réseau anonymes. Elles concernent notamment les sections des réseaux locaux et les sections d'accès.

Appendice II

Algorithmes relatifs au temps de transfert des paquets et aux pertes de paquets

II.1 Modèle général de réseau IP

Le réseau IP est modélisé sous la forme d'une concaténation de cinq segments: LAN local, liaison d'accès locale, réseau IP central, liaison d'accès distante, LAN distant. Chaque segment subit une perte de paquets associée à une certaine probabilité et à un temps de transfert variable dans le temps. Les données d'entrée du modèle sont les suivantes: ensemble de paramètres de segment (débits de réseau LAN et de réseau d'accès, taux d'occupation et un ensemble de paramètres applicables au réseau central), taille(s) des paquets, débit de transmission des paquets et nombre total de paquets à transporter de bout en bout. On attribue une valeur de temps de transfert ainsi qu'une probabilité de perte à des intervalles de temps de 1 ms au moyen des paramètres du modèle. Lorsqu'un paquet arrive, on lui attribue la valeur de temps de transfert ainsi que la probabilité de perte de la milliseconde au cours de laquelle il arrive. Le résultat obtenu est la valeur du temps de transfert total pour chaque paquet ainsi qu'une indication de la perte ou non d'un paquet.

II.2 Modèle de perte de paquets

II.2.1 Perte de paquets en rafale

On sait bien que la perte de paquets dans les réseaux IP est par nature en rafale. Dans le contexte du présent modèle, on entend par "rafale" une période de temps au cours de laquelle la perte de paquets est élevée. Cette notion est à distinguer de la "période de pertes consécutives", qui est une période de temps au cours de laquelle tous les paquets sont perdus.

La perte de paquets en rafale est modélisée au moyen d'un modèle à 2 états (un modèle Gilbert-Elliott), qui consiste à passer d'un état de taux de perte élevé (état HIGH_LOSS) à un état de faible taux de perte (état LOW_LOSS) et réciproquement. Ce modèle contient 4 paramètres par segment: probabilité de perte dans l'état HIGH_LOSS, probabilité de perte dans l'état LOW_LOSS, probabilité de passage de l'état HIGH_LOSS à l'état LOW_LOSS et probabilité de passage de l'état LOW_LOSS à l'état HIGH_LOSS. Des paramètres sont attribués aux taux de perte du réseau central. Les taux de perte du réseau LAN et des liaisons d'accès dépendent des paramètres d'occupation correspondant. On trouvera ci-après le pseudo-code relatif à ce modèle:

```
if rand() < loss_probability[LOSS_STATE]
    loss = TRUE
else
    loss = FALSE
endif
if rand() < transition_probability[LOSS_STATE]
    if LOSS_STATE == HIGH_LOSS
        LOSS_STATE = LOW_LOSS
    else
        LOSS_STATE = HIGH_LOSS
    endif
endif
endif
```

II.2.2 Perte de paquets consécutifs

La défaillance de liaison est une autre source de perte dans le réseau central. Il en résulte une perte de paquets consécutifs pendant une certaine durée. Ce cas est modélisé au moyen de 2 paramètres, à savoir la fréquence de défaillance de la liaison et la durée d'interruption correspondante.

II.3 Modèle de variation du temps de transfert

Des modèles de séries temporelles sont utilisés pour représenter les caractéristiques des séquences dont certaines propriétés varient dans le temps. Ils comprennent généralement une ou plusieurs fonctions de filtre déterminées par une combinaison de bruits et par un signal ou un élément périodique sous-jacent.

L'aspect "en pointe" des courbes relatives au temps de transfert laisse supposer qu'il est possible de modéliser la gigue au moyen d'une séquence de bruits impulsionnels. Le temps de transfert que connaît un paquet en un point particulier du réseau devrait dépendre du temps de sérialisation du trafic perturbateur ainsi que du volume de trafic. Par conséquent, la hauteur des impulsions devrait être fonction du temps de sérialisation et la fréquence être fonction du niveau d'encombrement. L'encombrement de réseau LAN a tendance à se produire lors de courtes rafales (l'algorithme CSMA/CD du réseau Ethernet peut retarder la transmission d'un paquet sans toutefois empêcher au paquet suivant d'accéder immédiatement au réseau LAN); cela suppose un court temps de réponse du filtre. L'encombrement de liaison d'accès a tendance à être lié aux variations à court terme du temps de transfert dues aux files d'attente dans le remplissage du routeur périphérique; cela suppose un temps de réponse du filtre plus long. On trouvera ci-après le pseudo-code associé à la variation du temps de transfert:

```
if rand() < impulse_probability
    i = impulse_height
else
    i = 0
endif
d(n) = d(n-1) * (TC) + i * (1-TC)
```

où $d(n)$ = temps de transfert du paquet n et où TC représente la constante de temps du filtre.

II.3.1 Gigue dans le réseau LAN et dans les liaisons d'accès

On modélise la gigue dans le réseau LAN et dans les liaisons d'accès au moyen de valeurs de temps de transfert exprimées en millisecondes en faisant passer des impulsions à travers un filtre unipolaire. A l'intérieur de chaque segment, pour chaque milliseconde, une impulsion ou un 0 est introduit dans le filtre sur la base d'une certaine probabilité. On calcule ensuite la sortie du filtre, le résultat devenant alors la valeur de temps de transfert pour cette milliseconde. Les valeurs de temps de transfert sont appliquées aux paquets sur la base des valeurs réelles dans la milliseconde au cours de laquelle le paquet arrive, mais l'ordre d'arrivée des paquets est maintenu. L'amplitude des impulsions est proportionnelle au temps de sérialisation du segment considéré. La probabilité d'occurrence d'une impulsion est proportionnelle au niveau d'encombrement de ce segment. Dans le cas des segments de réseau LAN, aucun filtre n'est utilisé; le temps de transfert est directement lié aux impulsions. Dans le cas des segments de liaison d'accès, on utilise un filtre associé à une constante de temps pour mettre les valeurs à l'échelle (intervalles de 1 ms).

II.3.2 Gigue dans le réseau central

La gigue dans le réseau central est modélisée différemment. Pour chaque paquet, on ajoute un temps de transfert aléatoire. Ce temps de transfert est distribué uniformément entre 0 et la valeur du paramètre de gigue de réseau central.

II.3.3 Temps de transfert de base du réseau central et instabilité d'itinéraire

Un paramètre de temps de transfert de base est associé au réseau central. L'instabilité d'itinéraire dans le réseau central constitue une autre source de variation du temps de transfert. On modélise ce phénomène en modifiant le temps de transfert de base du réseau central. Le taux d'instabilité d'itinéraire périodique est un paramètre donné. Lorsqu'une instabilité d'itinéraire se produira, le modèle ajoutera ou soustraira le temps d'instabilité d'itinéraire au/du temps de transfert du réseau

central. Pour chaque instabilité d'itinéraire, le modèle bascule entre l'addition et la soustraction du temps d'instabilité d'itinéraire.

II.4 Rétablissement de l'ordre de paquets par le réseau central

Dans le modèle, seul le réseau central est autorisé à réordonner des paquets sur la base des temps de transfert. Chaque intervalle de temps possède une valeur de temps de transfert. Lorsqu'un paquet arrive, la valeur réelle du temps de transfert est appliquée à ce paquet. Le segment du réseau central est le seul segment qui autorise le rétablissement de l'ordre. Dans les autres segments, les paquets sont transmis dans leur ordre d'arrivée, quelles que soient les valeurs de temps de transfert attribuées.

II.5 Données de sortie du modèle

Si un paquet est désigné comme étant perdu dans un segment, ce paquet est alors réellement perdu.

Le temps de transfert total ajouté à un paquet est la somme du temps de transfert de chaque segment. Des paquets peuvent être désordonnés en raison de variations de temps de transfert. Le réseau LAN ou les liaisons d'accès ne devraient pas changer l'ordre des paquets. Par conséquent, on fait d'abord la somme des temps de transfert dus au réseau LAN ou aux liaisons d'accès puis on ajuste les temps de transfert afin de maintenir l'ordre des paquets. On ajoute ensuite le temps de transfert dû au réseau central, ce qui peut entraîner des paquets désordonnés.

II.6 Paramètres d'entrée du modèle

Est indiquée ci-après la liste des paramètres d'entrée du modèle avec, pour chacun d'entre eux, la manière dont ils sont utilisés.

II.6.1 Paramètres de segment de réseau LAN local ou distant

Paramètres d'entrée des Tableaux 5 et 6:

- 1) Vitesse de réseau LAN. On utilise cette vitesse pour calculer le temps de transfert dans le segment de réseau.
- 2) Pourcentage d'occupation du réseau LAN.

Paramètres calculés:

- 1) Probabilité de perte dans le réseau LAN. Une valeur pour chaque état de perte. Valeurs réelles: pour l'état de faible perte, la probabilité est 0. Pour l'état de perte élevée, elle est de $0,004 \times$ pourcentage d'occupation.
- 2) Probabilité de changement d'état de perte dans le réseau LAN. Une valeur pour chaque état de perte. Valeurs réelles: la probabilité de passage de l'état de faible perte à l'état de perte élevée est de $0,004 \times$ pourcentage d'occupation. La probabilité du passage inverse est de 0,1.
- 3) Hauteur des impulsions du filtre de gigue de réseau LAN. Une valeur pour chaque état de perte. Valeurs réelles: hauteur maximale des impulsions = (durée des bits de la taille d'unité MTU) \times (1 + (pourcentage d'occupation/40)). La valeur pour l'état de faible perte est une variable aléatoire distribuée uniformément entre 0 et la hauteur maximale d'impulsion. La valeur pour l'état de perte élevée est la hauteur maximale d'impulsion.
- 4) Probabilité d'impulsion du filtre de gigue de réseau LAN. Valeurs réelles: la valeur pour l'état de faible perte est 0. La valeur pour l'état de perte élevée est 0,5.
- 5) Coefficients du filtre de gigue de réseau LAN. La sortie du filtre est la valeur de temps de transfert du paquet considéré. Ce temps de transfert est $A \times$ (hauteur d'impulsion) + $(1 - A) \times$ (temps de transfert précédent). Valeurs réelles: $A = 1$ (aucun filtrage).

II.6.2 Paramètres de segment de liaison locale ou distante

- 1) Vitesse sur la liaison. On utilise cette vitesse pour calculer le temps de transfert dans le segment de réseau LAN.
- 2) Pourcentage d'occupation de la liaison.
- 3) Taille d'unité MTU de la liaison.
- 4) Probabilité de changement d'état de perte sur la liaison. Une valeur pour chaque état de perte. Valeurs réelles: la probabilité de passage de l'état de faible perte à l'état de perte élevée est $0,0003 \times (\text{pourcentage d'occupation})$. La probabilité du passage inverse est $0,2/(1 + (\text{pourcentage d'occupation}))$.
- 5) Hauteur d'impulsion du filtre de gigue de la liaison. Une valeur pour chaque état de perte. Valeurs réelles: hauteur maximale d'impulsion = $(\text{durée des bits de la taille d'unité MTU}) \times (1 + (\text{pourcentage d'occupation}/40))$. La valeur pour l'état de faible perte est une variable aléatoire distribuée uniformément entre 0 et la hauteur maximale d'impulsion. La valeur pour l'état de perte élevée est la hauteur maximale d'impulsion.
- 6) Probabilité d'impulsion du filtre de gigue de la liaison. Valeurs réelles: la valeur pour l'état de faible perte est $0,001 + (\text{pourcentage d'occupation})/2000$. La valeur pour l'état de perte élevée est $0,3 + 0,4 \times (\text{pourcentage d'occupation})/100$.
- 7) Coefficients du filtre de gigue de la liaison. La sortie du filtre est la valeur de temps de transfert du paquet considéré. Ce temps de transfert est $A \times (\text{hauteur d'impulsion}) + (1 - A) \times (\text{temps de transfert précédent})$. Valeurs réelles: $A = 0,25$.
- 8) Probabilité de perte sur la liaison. Une valeur pour chaque état de perte. Valeurs réelles: pour l'état de faible perte, la probabilité est 0. Pour l'état de perte élevée, elle est de $0,0005 \times \text{pourcentage d'occupation}$.
- 9) Temps de transfert de base sur la liaison. Il s'agit de la durée des bits de la taille du paquet. On suppose que la taille des paquets est fixée en fonction de l'application.

II.6.3 Paramètres de segment de réseau IP central

- 1) Temps de transfert.
- 2) Perte de paquets. Il n'y a qu'un état de perte. La probabilité de perte est simplement le paramètre de probabilité de perte dans le réseau central.
- 3) Gigue. La gigue dans le réseau central est modélisée comme un temps de transfert additionnel distribué uniformément entre 0 et la valeur de paramètre de gigue du réseau central.
- 4) Intervalle d'instabilité d'itinéraire.
- 5) Temps d'instabilité d'itinéraire.
- 6) Intervalle entre défaillances de liaison.
- 7) Durée de défaillance de liaison.
- 8) Pourcentage de paquets désordonnés.

BIBLIOGRAPHIE

- TIA/EIA 496A-1989, *Interface Between Data Circuit Terminating Equipment (DCE) and the Public Switched Telephone Network*, which includes a Network Model for Evaluating Modem Performance.
- TIA/EIA TSB 37A-1994, *Telephone Network Transmission Model for Evaluating Analog Modem Performance*, which became ITU-T Rec. V.56 bis-1995.
- TIA/EIA TSB 38-1994, *Test Procedures for Evaluation of 2-Wire 4 Kiloherzt Voice Band Duplex Modems*, which became ITU-T Rec. V.56 ter-1996.
- ANSI/TIA/EIA 3700-1999, *Telephone Network Transmission Model for Evaluating Analog Modem Performance*.
- ANSI/TIA/EIA-793-2001, *North American Telephone Network Transmission Model for Evaluating Analog Client and Digitally Connected Server Modems*.
- ANSI/TIA-876-2002, *North American Network Access Transmission Model for Evaluating xDSL Modem Performance*.
- TIA/EIA-810-A-2000, *Transmission Requirements for Narrowband Voice over IP and Voice over PCM Digital Wireline Telephones*.
- TIA-1001-2004, *Transport of TIA-825-A Signals over IP Networks*.
- TIA/EIA TSB-116-2001, *Telecommunications – IP Telephony – Voice Quality Recommendations for IP Telephony*.
- TIA/EIA TSB-122A-2001, *Telecommunications – IP Telephony Equipment – Voice Router/Gateway Loss and Level Plan Guidelines*.
- ETSI TIPHON TS 101 329-2, *End-to-end quality of service in TIPHON systems; Part 2: Definition of Quality of Service (Qos) classes*.
- IEEE 802.11a-1999 (8802-11:1999/Amd.1:2000(E)), *Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications – Amendment 1: High-speed physical layer in the 5 GHz band*.
- IEEE 802.11b-1999/Cor1-2001, *Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications – Amendment 2: Higher-speed physical layer (PHY) extension in the 2.4 GHz band – Corrigendum 1*.
- IEEE 802.11g-2003, *Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications – Amendment 4: Further higher-speed physical layer extension in the 2.4 GHz band*.

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