

# UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

# Y.1541

**Amendement 1**  
(06/2006)

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

---

Objectifs de qualité de fonctionnement pour les  
services en mode IP

**Amendement 1: Nouvel Appendice X – Exemple  
de calcul de la variation IPDV sur plusieurs  
sections**

Recommandation UIT-T Y.1541 (2006) – Amendement 1

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

<b>INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION</b>	
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
<b>ASPECTS RELATIFS AU PROTOCOLE INTERNET</b>	
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
<b>Qualité de service et performances de réseau</b>	<b>Y.1500–Y.1599</b>
Signalisation	Y.1600–Y.1699
Gestion, exploitation et maintenance	Y.1700–Y.1799
Taxation	Y.1800–Y.1899
<b>RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION</b>	
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.1541**

## **Objectifs de qualité de fonctionnement pour les services en mode IP**

### **Amendement 1**

#### **Nouvel Appendice X – Exemple de calcul de la variation IPDV sur plusieurs sections**

##### **Résumé**

Le présent appendice contient un exemple de calcul de la variation IPDV lorsque plusieurs sections de réseau entrent en jeu, sur la base des informations figurant au § 8.2.4/Y.1541. Il donne en outre quelques informations de base sur la méthode.

##### **Source**

L'Amendement 1 de la Recommandation UIT-T Y.1541 (2006) a été agréé le 13 juin 2006 par la Commission d'études 12 (2005-2008) de l'UIT-T.

## 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 avait 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.

## Recommandation UIT-T Y.1541

### Objectifs de qualité de fonctionnement pour les services en mode IP

#### Amendement 1

#### Nouvel Appendice X – Exemple de calcul de la variation IPDV sur plusieurs sections

Le présent appendice contient un exemple de calcul de la variation IPDV lorsque plusieurs sections de réseau entrent en jeu, sur la base des informations figurant au § 8.2.4/Y.1541. Il donne en outre quelques informations de base sur la méthode.

La définition de la variation du temps de transfert IP utilisée ici (voir l'Appendice II/Y.1541) est la suivante:

$$\text{IPDV} = \text{IPTD}_{\text{upper}} - \text{IPTD}_{\text{min}}$$

où:

$\text{IPTD}_{\text{upper}}$  est le quantile  $1 - 10^{-3}$  (99,9<sup>ième</sup> centile) du temps IPTD dans l'intervalle d'évaluation

$\text{IPTD}_{\text{min}}$  est le temps IPTD minimal dans l'intervalle d'évaluation

On suppose que pour plusieurs sections de réseau  $S_1, S_2, \dots, S_n$ , on dispose d'évaluations de  $\text{IPDV}_1, \text{IPDV}_2, \dots, \text{IPDV}_n$ . Pour que la combinaison de bout en bout de ces évaluations ait un sens, il faut que toutes les évaluations aient été faites dans des conditions de réseau comparables, par exemple à partir de mesures réalisées pendant l'heure la plus chargée du mois dans chacune des différentes sections. Dans ce cas, la combinaison résultante ne correspondra généralement à aucune mesure de bout en bout qui puisse être réalisée dans la pratique, étant donné que l'heure la plus chargée sera généralement différente d'une section à l'autre. Néanmoins, le résultat donnera une limite supérieure qui pourra être utilisée aux fins de planification et de surveillance du réseau.

Il faut avoir à l'esprit que la relation à utiliser pour évaluer la qualité de fonctionnement en matière de variation du temps de transfert (IPDV) pour la liaison UNI-UNI est sous-additive par rapport aux valeurs relatives aux différentes sections de réseau. Par ailleurs, il est difficile de faire une évaluation précise sans nombreuses informations sur les différentes distributions du temps de transfert. Si, par exemple, les caractéristiques des distributions indépendantes du temps de transfert sont connues ou mesurées, on peut effectuer leur convolution pour évaluer la distribution combinée. Ces informations détaillées ne seront que rarement échangées entre opérateurs et pourraient ne pas être disponibles sous la forme d'une distribution continue. En conséquence, l'évaluation de la variation IPDV pour la liaison UNI-UNI peut n'avoir qu'une précision restreinte. Comme ce domaine continue à faire l'objet d'études, la relation d'évaluation ci-après n'est donnée qu'à titre provisoire et ce paragraphe peut devoir être modifié ultérieurement en fonction de nouveaux résultats ou de l'expérience opérationnelle.

## X.1 Calcul de la variation du temps de transfert

La relation à utiliser pour la combinaison des valeurs IPDV est donnée ci-dessous.

Le problème examiné peut se résumer comme suit: évaluer le quantile  $t$  du temps de transfert  $T$  pour la liaison UNI-UNI, défini par la condition suivante

$$\Pr(T < t) = p$$

On suppose que  $p = 0,999$  (99,9<sup>ième</sup> centile). Dans un souci de simplicité, on suppose en outre que toutes les mesures de temps de transfert ont été normalisées en supprimant le temps de transfert minimal mesuré. Pour les exemples numériques donnés ci-dessous, on suppose qu'il y a trois sections de réseau ( $n = 3$ ) et que tous les temps de transfert sont exprimés en ms.

### Etape 1

Mesurer la moyenne et la variance du temps de transfert pour chacune des  $n$  sections de réseau. Pour un ensemble de mesures  $D_1, D_2, \dots, D_n$  relatives à la  $k^{\text{ième}}$  section, la moyenne  $\mu_k$  et la variance  $\sigma_k^2$  sont calculées comme suit

$$\mu_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i$$

$$\sigma_k^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (D_i - \mu_k)^2$$

Dans notre exemple, les résultats sont supposés être les suivants:

$$\mu_1 = 1,0 \quad \mu_2 = 2,0 \quad \mu_3 = 3,0$$

$$\sigma_1^2 = 0,5 \quad \sigma_2^2 = 1,0 \quad \sigma_3^2 = 1,5$$

Evaluer la moyenne et la variance du temps de transfert pour la liaison UNI-UNI en effectuant la somme des moyennes et des variances des différentes distributions du temps de transfert.

$$\mu = \sum_{k=1}^n \mu_k = 1,0 + 2,0 + 3,0 = 6,0$$

$$\sigma^2 = \sum_{k=1}^n \sigma_k^2 = 0,5 + 1,0 + 1,5 = 3,0$$

### Etape 2

Mesurer les quantiles  $t_k$  pour chaque section, la probabilité étant  $p = 0,999$ . On peut les déterminer simplement en classant les mesures  $D_i$  de sorte que, sans perte de généralité,

$$D_1 \leq D_2 \leq \dots \leq D_n$$

puis en choisissant comme  $p^{\text{ième}}$  quantile la  $m^{\text{ième}}$  mesure  $D_m$  (autrement dit  $t_k = D_m$ ), où  $m$  est le plus petit entier vérifiant  $p \leq m/n$ . Si  $n = 1000$ , alors  $m = 999$  pour  $p = 0,999$ . Dans notre exemple, les résultats sont supposés être les suivants

$$t_1 = 4,32 \quad t_2 = 6,02 \quad t_3 = 7,55$$

Evaluer l'asymétrie  $\gamma_k$  et le troisième moment  $\omega_k$  pour la  $k^{\text{ième}}$  section au moyen des formules indiquées ci-après, où  $x_{0,999} = 3,090$  est la valeur vérifiant  $\Phi(x_{0,999}) = 0,999$ ,  $\Phi$  étant la fonction de distribution normale centrée réduite (moyenne 0, variance 1).

$$\gamma_k = 6 \cdot \frac{x_p - \frac{t_k - \mu_k}{\sigma_k}}{1 - x_p^2} \quad \omega_k = \gamma_k \cdot \sigma_k^3$$

$$\gamma_1 = 6 \cdot \frac{3,09 - \frac{4,32 - 1}{\sqrt{0,5}}}{1 - 3,090^2} = 1,126 \quad \omega_1 = 1,126 \cdot (\sqrt{0,5})^3 = 0,398$$

$$\gamma_2 = 6 \cdot \frac{3,09 - \frac{6,02 - 2}{\sqrt{1,0}}}{1 - 3,090^2} = 0,653 \quad \omega_2 = 0,653 \cdot (\sqrt{1,0})^3 = 0,653$$

$$\gamma_3 = 6 \cdot \frac{3,09 - \frac{7,55 - 3}{\sqrt{1,5}}}{1 - 3,090^2} = 0,439 \quad \omega_3 = 0,439 \cdot (\sqrt{1,5})^3 = 0,806$$

En supposant que les distributions du temps de transfert sont indépendantes, le troisième moment du temps de transfert pour la liaison UNI-UNI est simplement la somme des troisièmes moments relatifs aux différentes sections de réseau.

$$\omega = \sum_{k=1}^n \omega_k = 0,398 + 0,653 + 0,806 = 1,856$$

L'asymétrie pour la liaison UNI-UNI se calcule en divisant par  $\sigma^3$  comme indiqué ci-après.

$$\gamma = \frac{\omega}{\sigma^3} = \frac{1,856}{(\sqrt{3})^3} = 0,357$$

### Etape 3

Le 99,9<sup>ième</sup> centile ( $p = 0,999$ ) du temps de transfert  $t$  (en ms) pour la liaison UNI-UNI est évalué comme suit:

$$t = \mu + \sigma \cdot \left\{ x_p - \frac{\gamma}{6} (1 - x_p^2) \right\} = 6 + \sqrt{3} \cdot \left\{ 3,09 - \frac{0,357}{6} (1 - 3,09^2) \right\} = 12,23$$

Comme indiqué ci-dessus, l'objectif en termes de variation IPDV est une limite supérieure correspondant au quantile  $1-10^{-3}$  du temps IPTD moins le temps IPTD minimal (autrement dit la distribution de la variation est normalisée par rapport au temps IPTD minimal). Pour les valeurs IPDV, l'unité est généralement la seconde, avec une résolution d'au moins 1  $\mu$ sec. Si la résolution est inférieure pour une valeur, les chiffres inemployés doivent être mis à zéro.

## X.2 Fondement mathématique

Si les différentes distributions du temps de transfert  $T_k$  étaient connues en détail, on pourrait calculer la distribution du temps de transfert de bout en bout  $T$  au moyen de convolutions. Dans la pratique, les convolutions sont difficiles à réaliser: la plupart des implémentations vont utiliser des techniques de transformation de Laplace avec des méthodes numériques de transformation inverse pour revenir aux distributions de probabilité sous-jacentes. Pour pouvoir utiliser cette méthode, il faudrait faire des hypothèses sur la nature exacte des différentes distributions.

Par conséquent, on emploie une autre méthode, qui est fondée sur les informations disponibles et qui ne nécessite pas d'hypothèses supplémentaires ni de méthodes complexes.

L'idée de base est de transformer une variable aléatoire  $T$  avec une moyenne  $\mu$ , une variance  $\sigma^2$  et une asymétrie  $\gamma$  connues en une variable aléatoire symétrique  $Z$  normale centrée réduite (moyenne 0, variance 1) ou presque. Cette méthode, appelée approximation de puissance normale (voir [1]), fonctionne comme suit:

- Définir la variable normalisée  $X = \frac{T - \mu}{\sigma}$
- D'après l'approximation de puissance normale,  $X \approx Z + \frac{\gamma}{6}(Z^2 - 1)$ , où  $Z$  est une variable aléatoire normale centrée réduite (moyenne 0, variance 1)

Après résolution des détails, on obtient l'approximation suivante:

$$\Pr(T < t) \approx \Phi\left(\frac{1}{\gamma} \sqrt{9 + 6\gamma\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) + \gamma^2} - \frac{3}{\gamma}\right)$$

où  $\Phi$  est la fonction de distribution normale centrée réduite cumulative:

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \frac{e^{-\frac{x^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} dx$$

Bien que les valeurs de cette fonction s'obtiennent facilement, on peut établir une relation plus transparente dans laquelle toute référence à  $\Phi$  est éliminée et qui permet de calculer directement le quantile  $t$  à partir des différents quantiles  $t_k$ .

En réalité, comme dans toutes les définitions de quantile  $\Pr(T_k < t_k) = p$ ,  $\Pr(T < t) = p$ , les probabilités ont la même valeur  $p$ , si nous définissons  $x_p$  comme étant la valeur unique vérifiant  $\Phi(x_p) = p$ , nous avons alors:

$$\frac{1}{\gamma_k} \sqrt{9 + 6\gamma_k \left(\frac{t_k - \mu}{\sigma_k}\right) + \gamma_k^2} - \frac{3}{\gamma_k} = x_p \text{ et}$$

$$\frac{1}{\gamma} \sqrt{9 + 6\gamma \left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) + \gamma^2} - \frac{3}{\gamma} = x_p$$

Si nous multiplions les expressions ci-dessus respectivement par  $\sigma_k^2$  et  $\sigma^2$  et que nous effectuons la somme sur toutes les sections, nous déduisons de l'additivité des variances de distributions indépendantes que:

$$\sigma^2 \cdot \frac{\sqrt{1 + 2\delta \cdot \left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) + \delta^2} - 1}{\delta} = \sum_{k=1}^n \sigma_k^2 \cdot \frac{\sqrt{1 + 2\delta_k \cdot \left(\frac{t_k - \mu_k}{\sigma_k}\right) + \delta_k^2} - 1}{\delta_k}$$

où nous avons posé  $\delta = \frac{\gamma}{3}$  et  $\delta_k = \frac{\gamma_k}{3}$ . Cette expression semble complexe, mais elle ne nécessite qu'une algèbre simple pour calculer le quantile de bout en bout  $t$  à partir des différents quantiles  $t_k$  et des quantités mesurées disponibles.



### X.3 Cas particuliers

Dans l'approximation

$$\Pr(T < t) \approx \Phi\left(\frac{1}{\gamma}\sqrt{9 + 6\gamma\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) + \gamma^2} - \frac{3}{\gamma}\right)$$

si nous posons  $\gamma \rightarrow 0$ , nous obtenons:

$$\Pr(T < t) \approx \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

ce qui correspond au cas où  $T$  présente une distribution normale avec la moyenne  $\mu$  et la variance  $\sigma^2$ . Si nous posons, pour tous les termes d'asymétrie,  $\gamma \rightarrow 0$ ,  $\gamma_k \rightarrow 0$ , l'expression algébrique de la section précédente devient simplement:

$$\sigma \cdot (t-\mu) = \sum_{k=1}^n \sigma_k \cdot (t_k - \mu_k)$$

Une manipulation supplémentaire permet de supprimer les variances et d'obtenir:

$$(t-\mu)^2 = \sum_{k=1}^n (t_k - \mu_k)^2$$

Cela montre que lorsque les différents temps de transfert  $T_k$  présentent une distribution normale avec la moyenne  $\mu_k$  et la variance  $\sigma_k^2$ , les quantiles correspondants suivent une loi de composition analogue à celle applicable aux variances.

Cette loi de composition pour les variables aléatoires normales peut également être obtenue directement. L'expression algébrique de la section précédente peut être considérée comme une généralisation de cette loi de composition particulière.

### X.4 Evaluation de l'asymétrie à partir des quantiles

Soit une variable aléatoire  $T$  dont la moyenne  $\mu$  et la variance  $\sigma^2$  sont connues et pour laquelle le quantile  $t$  correspondant à  $\Pr(T < t) = p$  est connu mais l'asymétrie  $\gamma$  n'est pas connue. D'après l'approximation de puissance normale:

$$\Pr(T < t) \approx \Phi\left(\frac{1}{\gamma}\sqrt{9 + 6\gamma\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) + \gamma^2} - \frac{3}{\gamma}\right) = p$$

A partir des valeurs tabulées de la fonction de distribution normale centrée réduite  $\Phi$ , il est possible de trouver la valeur unique  $x_p$  vérifiant  $\Phi(x_p) = p$ . Par conséquent:

$$\frac{1}{\gamma}\sqrt{9 + 6\gamma\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) + \gamma^2} - \frac{3}{\gamma} = x_p$$

On obtient alors l'expression suivante de  $\gamma$ :

$$\gamma = 6 \cdot \frac{x_p - \frac{t-\mu}{\sigma}}{1 - x_p^2}$$

## **X.5 Références**

- [1] *A Note on the Normal Power Approximation*, Colin B. Ramsey, ASTIN Bulletin, Vol. 2. n° 1, avril 1991.



## 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
<b>Série Y</b>	<b>Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet et réseaux de prochaine génération</b>
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication