



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**X.149**

(10/2003)

SÉRIE X: RÉSEAUX DE DONNÉES ET  
COMMUNICATION ENTRE SYSTÈMES OUVERTS

Réseaux publics de données – Aspects réseau

---

**Qualité de fonctionnement des réseaux à  
protocole Internet fonctionnant au-dessus d'un  
réseau public de données à relais de trames**

Recommandation UIT-T X.149

---

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE X  
RÉSEAUX DE DONNÉES ET COMMUNICATION ENTRE SYSTÈMES OUVERTS

RÉSEAUX PUBLICS DE DONNÉES	
Services et fonctionnalités	X.1–X.19
Interfaces	X.20–X.49
Transmission, signalisation et commutation	X.50–X.89
<b>Aspects réseau</b>	<b>X.90–X.149</b>
Maintenance	X.150–X.179
Dispositions administratives	X.180–X.199
INTERCONNEXION DES SYSTÈMES OUVERTS	
Modèle et notation	X.200–X.209
Définitions des services	X.210–X.219
Spécifications des protocoles en mode connexion	X.220–X.229
Spécifications des protocoles en mode sans connexion	X.230–X.239
Formulaires PICS	X.240–X.259
Identification des protocoles	X.260–X.269
Protocoles de sécurité	X.270–X.279
Objets gérés des couches	X.280–X.289
Tests de conformité	X.290–X.299
INTERFONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX	
Généralités	X.300–X.349
Systèmes de transmission de données par satellite	X.350–X.369
Réseaux à protocole Internet	X.370–X.399
SYSTÈMES DE MESSAGERIE	X.400–X.499
ANNUAIRE	X.500–X.599
RÉSEAUTAGE OSI ET ASPECTS SYSTÈMES	
Réseautage	X.600–X.629
Efficacité	X.630–X.639
Qualité de service	X.640–X.649
Dénomination, adressage et enregistrement	X.650–X.679
Notation de syntaxe abstraite numéro un (ASN.1)	X.680–X.699
GESTION OSI	
Cadre général et architecture de la gestion-systèmes	X.700–X.709
Service et protocole de communication de gestion	X.710–X.719
Structure de l'information de gestion	X.720–X.729
Fonctions de gestion et fonctions ODMA	X.730–X.799
SÉCURITÉ	X.800–X.849
APPLICATIONS OSI	
Engagement, concomitance et rétablissement	X.850–X.859
Traitement transactionnel	X.860–X.879
Opérations distantes	X.880–X.899
TRAITEMENT RÉPARTI OUVERT	X.900–X.999

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

## **Recommandation UIT-T X.149**

### **Qualité de fonctionnement des réseaux à protocole Internet fonctionnant au-dessus d'un réseau public de données à relais de trames**

#### **Résumé**

La présente Recommandation a essentiellement pour objet d'estimer la qualité de fonctionnement obtenue dans la couche IP lorsqu'on utilise une infrastructure de réseau à relais de trames afin d'assurer la connectivité de couche inférieure nécessaire pour acheminer les paquets IP entre les routeurs.

La Recommandation donne les mappages entre les paramètres de qualité de fonctionnement de l'infrastructure à relais de trames et les paramètres de qualité de fonctionnement du réseau IP. Les valeurs numériques des paramètres de qualité de fonctionnement IP sont estimées sur la base des valeurs objectives spécifiées pour les paramètres de qualité de fonctionnement d'un réseau à relais de trames dans la Rec. UIT-T X.146.

Un modèle général de calcul du temps de transfert est présenté, qui pourra faciliter la planification des réseaux. L'analyse définit ainsi une limite supérieure de la qualité de fonctionnement pouvant être assurée par un réseau IP intégré à un réseau à relais de trames.

Les mappages de qualité de fonctionnement du réseau à relais de trames et du réseau IP complètent un complément de la Rec. UIT-T Y.1541, puisque cette Recommandation est technologiquement indépendante en ce qui concerne la couche Physique et la couche Liaison. En conséquence, la présente Recommandation ne spécifie pas d'objectif de qualité de fonctionnement de bout en bout: elle montre simplement comment les objectifs définis dans la Rec. UIT-T Y.1541 peuvent être respectés.

#### **Source**

La Recommandation X.149 de l'UIT-T a été approuvée le 29 octobre 2003 par la Commission d'études 17 (2001-2004) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

#### **Mots clés**

Qualité de fonctionnement ou performance, réseau à relais de trames, réseau IP.

## 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 2004

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	Définitions .....	2
3.1	Définition des paramètres de qualité de fonctionnement IP et FR ( <i>frame relay</i> , relais de trames) .....	2
4	Abréviations.....	3
5	Conventions .....	4
6	Modèle général d'interconnexion de routeurs IP par relais de trames.....	4
7	Modèle stratifié de qualité du service IP .....	5
8	Modèle générique de qualité du service IP .....	6
8.1	Composants du réseau, sections de circuit et sections de réseau .....	6
8.2	Conduit de référence pour l'évaluation de la qualité de service d'interface UNI à interface UNI .....	6
9	Encapsulage d'un paquet IP dans une trame de système à relais de trames .....	8
10	Relation analytique entre les paramètres de qualité IP et FR .....	8
10.1	Caractéristique de perte .....	8
10.2	Caractéristiques de temps de transfert.....	8
10.3	Caractéristique de variation du temps de transfert IP (IPDV).....	9
11	Mappage entre les paramètres de qualité IP et les classes de qualité de service FR....	9
11.1	Mappage FLR/IPLR .....	10
11.2	Mappage FRTD/IPTD .....	10
12	Incidences pour la planification des réseaux IP .....	11
Annexe A – Modèle général de calcul du temps de transfert .....		11
A.1	Modèle de temps de transfert .....	11
A.2	Composantes du temps de transfert.....	13
Annexe B – Utilisation du modèle de temps de transfert dans la planification d'un réseau IP .....		15
B.1	Utilisation du modèle de temps de transfert.....	15
B.2	Réalisation d'une section IP répondant aux objectifs IPTD des Classe 0 et Classe 2.....	16
Appendice I – Effet de la longueur des paquets/trames sur le temps de propagation dans le réseau IP.....		17
I.1	Estimation du temps de transfert des paquets IP à l'aide du modèle .....	17
Appendice II – Utilisation d'une infrastructure à relais de trames dans la prise en charge des classes de service IP définies dans la Rec. UIT-T Y.1541 .....		20
II.1	Interconnexion simple de routeurs IP.....	20
II.2	Calcul du temps de transfert de bout en bout .....	20
II.3	Estimation du paramètre IPDV .....	22

	<b>Page</b>
II.4    Estimation du ratio de perte de paquets IP – IPLR .....	22
Appendice III – Modèle architectural général d'un réseau IP .....	23
III.1    Architecture générale du réseau IP .....	23
III.2    Modèle de référence du réseau d'accès IP .....	23
Appendice IV – Définition des éléments de réseau, des sections de circuit et des sections de réseau .....	24
IV.1    Éléments de réseau .....	24
IV.2    Sections de circuit et sections de réseau.....	25
Appendice V – Classes de qualité de service de réseau IP (selon Rec. UIT-T Y.1541) .....	27

## Recommandation UIT-T X.149

### Qualité de fonctionnement des réseaux à protocole Internet fonctionnant au-dessus d'un réseau public de données à relais de trames

#### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation a essentiellement pour objet de spécifier la qualité de fonctionnement de bout en bout pouvant être assurée par un réseau IP lorsque l'infrastructure dorsale qui relie les routeurs IP est de type à relais de trames. La Recommandation ne spécifie pas d'objectif de qualité de fonctionnement de bout en bout pour les réseaux IP. Elle propose une estimation de la qualité de fonctionnement obtenue dans la couche IP lorsqu'un réseau public de données à relais de trames est utilisé pour l'acheminement des paquets IP, et elle indique comment les classes de qualité de service IP définies dans la Rec. UIT-T Y.1541 peuvent être assurées.

Cette Recommandation contient une analyse des mappages entre les paramètres de qualité de fonctionnement d'un réseau à relais de trames et les paramètres de qualité de fonctionnement d'un réseau IP. Les valeurs numériques attendues des paramètres de qualité de fonctionnement IP sont obtenues à partir des objectifs spécifiés pour les paramètres de qualité de fonctionnement d'un réseau à relais de trames dans la Rec. UIT-T X.146.

Sur la base d'un modèle général, une analyse de la qualité de fonctionnement attendue pour diverses longueurs de paquets IP (correspondant aux diverses applications IP) ainsi que de l'influence de l'infrastructure du réseau à relais de trames (au niveau par exemple des liaisons de transmission internodales) est proposée. Cette analyse indique la limite supérieure de qualité de fonctionnement pouvant être assurée par un réseau IP intégré à un réseau à relais de trames, puisque l'infrastructure IP est susceptible d'entraîner, d'une part, une augmentation du temps de transit des paquets IP et, d'autre part, un certain taux de perte de paquets IP.

La présente Recommandation, et tout particulièrement les mappages entre les paramètres de qualité de fonctionnement d'un réseau à relais de trames d'une part, et d'un réseau IP d'autre part, est considérée comme complétant la Rec. UIT-T Y.1541, puisque cette dernière est technologiquement indépendante des modalités de fourniture de la couche Physique et de la couche Liaison.

Le domaine d'application de la présente Recommandation est limité aux réseaux IP dont les liaisons sont fournies ou assurées par un réseau public de données à relais de trames.

#### 2 Références normatives

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. 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 E.651 (2000), *Connexions de référence pour l'ingénierie du trafic sur les réseaux d'accès IP*.
- Recommandation UIT-T G.114 (2003), *Temps de transmission dans un sens*.
- Recommandation UIT-T G.1000 (2001), *Qualité de service des communications: cadre et définitions*.

- Recommandation UIT-T G.1010 (2001), *Catégories de qualité de service multimédia pour l'utilisateur final.*
- Recommandation UIT-T X.36 (2003), *Interface entre ETTD et ETCD destinée aux réseaux publics de données assurant le service de transmission de données en mode relais de trames au moyen de circuits spécialisés.*
- Recommandation UIT-T X.76 (2003), *Interface réseau-réseau entre réseaux publics assurant un service de transmission de données en mode relais de trames sur circuits virtuels commutés ou permanents.*
- Recommandation UIT-T X.140 (1992), *Paramètres généraux de qualité de service pour la communication sur des réseaux publics pour données.*
- Recommandation UIT-T X.144 (2003), *Paramètres de performance relatifs au transfert d'informations d'utilisateur pour les réseaux publics de données à relais de trames.*
- Recommandation UIT-T X.145 (2003), *Paramètres de qualité de fonctionnement d'établissement et de libération de connexion pour les réseaux de données à relais de trame fournissant des services de circuits virtuels commutés.*
- Recommandation UIT-T X.146 (2000), *Objectifs de performance et classes de qualité de service applicables aux services en mode relais de trames.*
- Recommandation UIT-T Y.1221 (2002), *Gestion du trafic et des encombrements dans les réseaux en mode IP.*
- Recommandation UIT-T Y.1231 (2000), *Architecture du réseau d'accès IP.*
- 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 (2002), *Objectifs de qualité de fonctionnement pour les services en mode IP.*
- IETF RFC 791 (1981), *Internet Protocol, DARPA Internet Program Protocol Specification.*

### **3 Définitions**

Les termes et définitions utilisés dans la présente Recommandation correspondent aux termes et définitions utilisés dans les Recommandations UIT-T X.36, X.76, X.144, X.145, X.146, Y.1231, Y.1540, Y.1541. L'Appendice III définit l'architecture générale d'un réseau IP conforme à la Rec. UIT-T Y.1231. L'Appendice IV décrit (sur la base de la Rec. UIT-T Y.1540) les éléments du réseau ainsi que les circuits et les sections de réseau qui permettent de représenter un service IP de bout en bout donné.

#### **3.1 Définition des paramètres de qualité de fonctionnement IP et FR (*frame relay*, relais de trames)**

Les définitions (selon la Rec. UIT-T Y.1540) du taux de perte de paquets IP et du taux de perte de trames sont reprises ici pour plus de clarté.

##### **3.1.1 Paramètres de qualité du transfert de paquets IP**

**3.1.1.1 taux de perte de paquets IP (IPLR, *IP packet loss ratio*):** le taux de perte de paquets IP est le rapport du total des événements de perte de paquets IP au total des paquets IP transmis dans la population considérée. Les expressions "événements de perte de paquets IP" et "population considérée" sont définies dans la Rec. UIT-T Y.1540.

**3.1.1.2 temps de transfert de paquet IP (IPTD, IP packet transfer delay):** le délai de transfert de paquet est défini pour l'ensemble des événements des transferts de paquets, c'est-à-dire avec ou sans erreur, assurés au niveau d'une section de réseau ou d'un ensemble de sections de réseau. Le temps de transfert de paquet IP correspond à la différence de temps ( $t_2 - t_1$ ) entre deux événements de référence de transfert de paquets (IPRE), soit entre l'IPRE<sub>1</sub> (paquet entrant) à l'instant  $t_1$  et l'IPRE<sub>2</sub> (paquet sortant) à l'instant  $t_2$ , avec ( $t_2 > t_1$ ) et ( $t_2 - t_1 < T_{max}$ ). Les expressions "ensemble de sections de réseau" (NSE) et "événement de référence de transfert de paquets" (IPRE) sont définies dans la Rec. UIT-T Y.1540.

### 3.1.2 Paramètres de qualité FR

Les définitions (selon la Rec. UIT-T X.144) du "taux de perte de trames" et du "temps de transfert de trame" sont reprises ici pour plus de clarté.

**3.1.2.1 taux de perte de trame:** le taux de perte de trames d'utilisateur (FLR, *frame loss ratio*) est défini comme suit:

$$FLR = \frac{F_L}{F_L + F_S + F_E}$$

où, pour une population spécifiée:

- $F_S$  est le nombre total d'événements de transfert de trame sans erreur;
- $F_L$  est le nombre total d'événements de trame perdues;
- $F_E$  est le nombre total d'événements de transfert de trame avec erreur résiduelle.

Les objectifs de taux de perte de trames spécifiés dans les classes de qualité de service FR dans la Rec. UIT-T X.146 correspondent à un cas particulier dont la notation est  $FLR_C$ . Le FLR des trames dont le bit de priorité de rejet est à zéro ( $DE = 0$ ) doit demeurer relativement constant aussi longtemps que le total du trafic  $DE = 0$  ne dépasse pas le débit d'information garanti (CIR, *committed information rate*). Si le réseau accepte toutes les trames conformes,  $FLR_C$  est la probabilité de perte ultérieure d'une trame  $DE = 0$  acceptée comme conforme. Les trames  $DE = 0$  relayées avec le bit de priorité de rejet mis à  $DE = 1$  sont comprises dans le calcul de  $FLR_C$ .

**3.1.2.2 temps de transfert de trame d'information d'utilisateur:** le temps de transfert d'une trame contenant des informations d'utilisateur (FTD) est défini comme suit:

$$FTD = t_2 - t_1$$

expression dans laquelle, pour une population spécifiée:

- $t_1$  est l'instant d'apparition du premier événement FE (*frame event*);
- $t_2$  est l'instant d'apparition du second événement FE;
- $t_2 - t_1 \leq T_{max}$

$T_{max}$  étant la valeur utilisée pour définir un résultat de transfert de trame positif.

## 4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

CPE	équipement des locaux client ( <i>customer premises equipment</i> )
CPN	réseau des locaux du client ( <i>customer premises network</i> )
DBDJ	gigue de transfert de blocs de données ( <i>data block delay jitter</i> )
DBDR	taux de bloc de données remis ( <i>data block delivered ratio</i> )
DBLR	taux de perte de blocs de données ( <i>data block loss ratio</i> )

DBTD	temps de transfert de blocs de données ( <i>data block transfer delay</i> )
DST	destination
FCS	séquence de contrôle de trame ( <i>frame check sequence</i> )
FLR	taux de perte de trames ( <i>frame loss ratio</i> )
FR	relais de trames ( <i>frame relay</i> )
FTD	temps de transfert de trame ( <i>frame transfer delay</i> )
IP	protocole Internet ( <i>Internet protocol</i> )
IPDV	variation du délai de protocole Internet ( <i>IP delay variation</i> )
IPLR	taux de perte de paquets IP ( <i>IP packet loss ratio</i> )
IPRE	événement de référence de transfert de paquet IP ( <i>IP packet transfer reference event</i> )
IPTD	délai de transfert de paquet IP ( <i>IP packet transfer delay</i> )
PVC	connection virtuelle permanente ou circuit virtuel permanent ( <i>permanent virtual connection or permanent virtual circuit</i> )
RPDRT	réseau public de données à relais de trames
SRC	source ou origine
SVC	connection virtuelle commutée ou circuit virtuel commuté ( <i>switched virtual connection or switched virtual circuit</i> )
TE	équipement terminal ( <i>terminal equipment</i> )
UNI	interface utilisateur-réseau ( <i>user-network interface</i> )
VC	connection virtuelle ( <i>virtual connection</i> )

## 5 Conventions

Dans la présente Recommandation, l'expression "réseau public de données à relais de trames" et l'expression "réseau public de données assurant le service de transmission de données à relais de trames" peuvent être utilisées indifféremment.

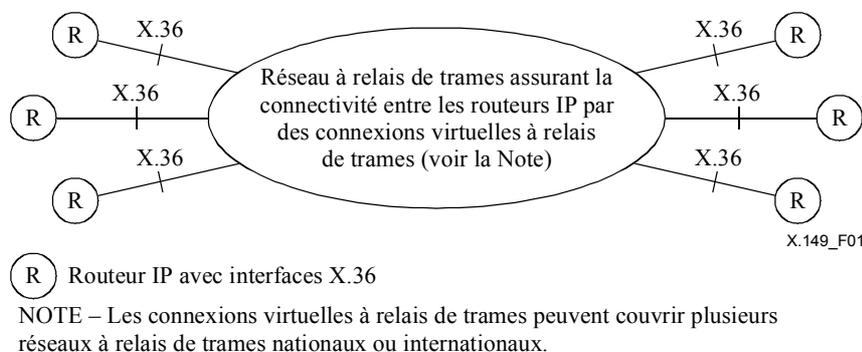
## 6 Modèle général d'interconnexion de routeurs IP par relais de trames

La Figure 1 schématise un modèle d'interconnexion de routeurs IP au moyen de connexions virtuelles à relais de trames. Ce modèle s'applique aussi bien dans les cas où les routeurs IP sont des équipements terminaux installés dans les locaux client que dans les cas où les routeurs passerelles et les routeurs intermédiaires appartiennent à des fournisseurs de services IP. Dans ce modèle, on suppose que l'interface entre les routeurs IP et le réseau à relais de trames fait appel au format de trame et aux protocoles définis dans la Rec. UIT-T X.36. Le modèle s'applique également aux liaisons SVC et aux liaisons PVC. Il s'agit d'un cas particulier du modèle général d'architecture de réseau IP défini dans la Rec. UIT-T Y.1231 (se reporter à l'Appendice III).

La Figure 1 illustre un modèle de référence généralisé d'environnement IP dans lequel les éléments d'infrastructure de base d'un réseau IP (c'est-à-dire les équipements de routage IP) sont interconnectés au moyen de circuits virtuels fournis par le réseau public de données à relais de trames. La configuration de référence couvre également le cas où la connexion virtuelle de relais de trames est assurée sur des RPDRT multiples: ainsi, les connexions virtuelles de relais de trames peuvent couvrir plusieurs réseaux de transit nationaux ou internationaux. En pareil cas, on suppose que les réseaux publics de données à relais de trames seront interconnectés au moyen de l'interface réseau/réseau définie dans la Rec. UIT-T X.76.

Dans le contexte de la présente Recommandation, les connexions virtuelles à relais de trames ne sont utilisées que pour connecter deux routeurs IP. En conséquence, dans la mise en place d'un réseau IP, la connectivité requise peut être assurée par plusieurs réseaux à relais de trames. Chaque routeur peut être doté d'interfaces UNI FR multiples assurant la connexion avec les divers réseaux à relais de trames.

NOTE – Dans la mise en place d'un réseau IP, les liaisons d'interconnexion sont en général assurées par diverses techniques de couche inférieure, dont le relais de trames n'est qu'un exemple.

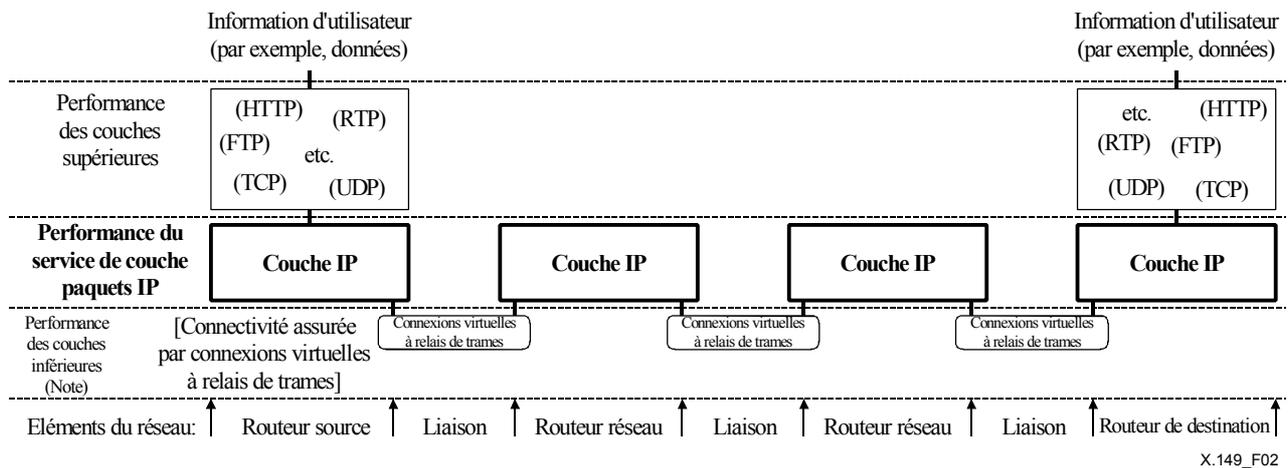


**Figure 1/X.149 – Utilisation de connexions virtuelles à relais de trames pour l'interconnexion de routeurs IP**

## 7 Modèle stratifié de qualité du service IP

La Figure 2 (adaptation du modèle stratifié de qualité défini dans la Rec. UIT-T Y.1540) illustre la nature stratifiée de la qualité du service IP. (Aux fins de la présente Recommandation, on suppose que la connectivité de couche inférieure est assurée par l'infrastructure de relais de trames.) La qualité offerte aux utilisateurs du service IP dépend de la performance d'autres couches:

- celle des couches inférieures fournissant (via des "liaisons à relais de trames") un transport en mode connexion ou sans connexion prenant en charge la couche IP. Les liaisons se terminent aux points où les paquets IP sont réexpédiés (c'est-à-dire aux points désignés par "routeur", "SRC" et "DST"). Elles n'ont donc pas de portée de bout en bout;
- celle de la couche IP qui assure le transport sans connexion des datagrammes (ou paquets) IP. La couche IP a une portée de bout en bout pour une paire donnée d'adresses IP d'origine et de destination. Certains éléments contenus dans les en-têtes de paquets IP peuvent être modifiés par les réseaux mais les données d'utilisateur IP ne peuvent pas être modifiées dans la couche IP ou au-dessous de cette couche;
- les couches supérieures prises en charge par le protocole IP, qui participent aux communications de bout en bout. Il peut s'agir par exemple d'une couche TCP, UDP, FTP, RTP ou HTTP. Les couches supérieures modifient et peuvent améliorer la performance de bout en bout assurée par la couche IP.



X.149\_F02

NOTE – A des fins d'illustration seulement, 3 cas de connectivité de couche inférieure assurés par des connexions virtuelles FR.

**Figure 2/X.149 – Modèle stratifié de qualité du service IP – A titre d'exemple seulement**

## 8 Modèle générique de qualité du service IP

Le présent paragraphe traite du modèle générique de qualité du service IP défini dans la Rec. UIT-T Y.1541. Ce modèle se compose essentiellement de deux types de sections: les sections de réseau IP et les sections de circuit (liaisons interréseaux assurant la connectivité de couche inférieure). Ces sections sont formellement définies au § 5.2/Y.1540 (voir également l'Appendice IV). La présente Recommandation couvre le cas dans lequel les éléments d'infrastructure de base d'un réseau IP (c'est-à-dire les équipements de routage IP) sont interconnectés au moyen de circuits virtuels fournis par un réseau public de données à relais de trames.

### 8.1 Composants du réseau, sections de circuit et sections de réseau

L'Appendice IV décrit les composants du réseau ainsi que les sections de circuit et les sections de réseau qui permettent de représenter un type quelconque de service IP de bout en bout.

NOTE – L'Appendice IV est techniquement aligné sur les § 5.1 et 5.2/Y.1540 mais porte spécifiquement sur le cas dans lequel la connectivité de couche inférieure est assurée par l'infrastructure à relais de trames.

### 8.2 Conduit de référence pour l'évaluation de la qualité de service d'interface UNI à interface UNI

La Figure 3 illustre un conduit de référence pour l'évaluation de la qualité de service de bout en bout dans le cas d'un flux de paquets IP. Le conduit d'interface UNI à interface UNI dans le réseau IP comprend un ensemble de sections de réseau IP et des liaisons interréseaux qui assurent le transport des paquets IP entre l'interface UNI d'origine et l'interface UNI de destination. Aux fins de la présente Recommandation, on suppose que les sections interréseaux sont assurées par les connexions virtuelles de l'infrastructure à relais de trames. Une section de réseau IP peut comprendre un ou plusieurs routeurs IP. On suppose aussi que, dans une section de réseau IP, les routeurs sont interconnectés par des circuits virtuels à relais de trames.

NOTE – Les objectifs de qualité de fonctionnement définis dans la Rec. UIT-T Y.1541 s'appliquent entre interfaces réseau d'utilisateur. Les objectifs de qualité de fonctionnement d'interface UNI à interface UNI sont définis pour les paramètres de qualité de fonctionnement IP correspondant aux événements de référence de transfert de paquet IP (IPRE).

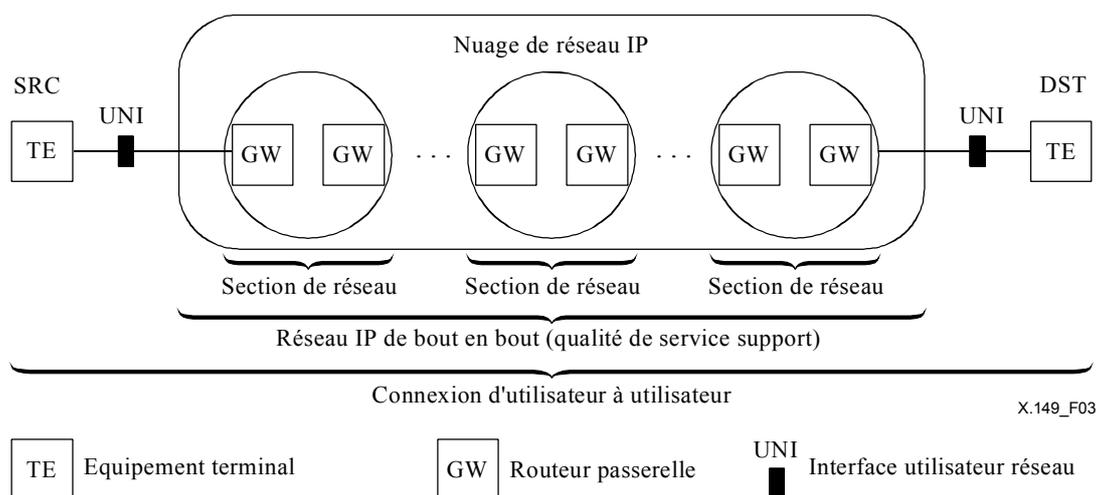
Conformément à la Rec. UIT-T Y.1541, les conduits de référence IP ont les attributs suivants:

- 1) les nuages IP peuvent prendre en charge les connexions d'utilisateur à utilisateur, les connexions d'utilisateur à serveur et les autres variantes d'extrémité;

- 2) les sections de réseau IP peuvent être représentées comme des nuages avec des routeurs passerelles sur leurs frontières et un certain nombre de routeurs intérieurs de rôles divers;
- 3) le nombre de sections de réseau IP dans un conduit donné peut dépendre de la classe de service offerte, ainsi que de la complexité et de l'étendue géographique de chaque section de réseau IP;
- 4) un conduit IP peut comprendre une ou plusieurs sections de réseau;
- 5) les sections de réseau IP prenant en charge les paquets contenus dans un flux peuvent changer au cours de sa durée de vie.

La connectivité IP, qui n'est normalement pas limitée au niveau des frontières internationales, ne suit pas les conventions traditionnelles utilisées par l'UIT pour la commutation de circuit dans les sections nationales et internationales des réseaux. Par exemple, il peut n'y avoir aucune passerelle identifiable à une frontière internationale si la même section de réseau IP est utilisée de part et d'autre de cette frontière.

Dans le cadre de la présente Recommandation, la connectivité de flux IP de bout en bout est assurée par une suite de routeurs IP, de commutateurs à relais de trames et de liaisons de transmission. Il en découle que la qualité de fonctionnement de bout en bout (caractérisée par les pertes de paquets, les temps de transfert et la gigue) d'un flux IP dépend à la fois du niveau de complexité du réseau et de la distance géographique couverte.



**Figure 3/X.149 – Conduit de référence d'interface UNI à interface UNI pour l'évaluation des objectifs de qualité de service IP**

Les éléments de conduit suivants auront notamment une incidence sur la qualité de fonctionnement:

- débit de transmission de la ligne d'accès (origine et destination);
- routeurs passerelles IP (origine et destination);
- routeurs intermédiaires sur le trajet d'écoulement du flux IP;
- contributions des connexions virtuelles à relais de trames (commutateurs à relais de trames, débit de liaison de transmission et temps de propagation).

L'Annexe A décrit un modèle général de calcul du temps de transfert et rassemble un certain nombre d'informations sur l'effet de la longueur des paquets et des trames, et du débit de transmission sur le temps de transfert.

## 9 Encapsulage d'un paquet IP dans une trame de système à relais de trames

La Figure 4 illustre le format utilisé pour l'encapsulage des datagrammes IP, spécifié dans l'Annexe D/X.36. L'identificateur de protocole est mis à la valeur hexadécimale CC.

8	7	6	5	4	3	2	1	Octet
Fanion								1
Premier octet du champ d'adresse								2
Deuxième octet du champ d'adresse								3
Champ de commande de trame UI = valeur hexadécimale 03								4
Identificateur de protocole = valeur hexadécimale CC								5
Datagramme IP								6 à N - 3
Premier octet de séquence de contrôle de trame								N - 2
Deuxième octet de séquence de contrôle de trame								N - 1
Fanion								N

**Figure 4/X.149 – Encapsulage d'un datagramme IP dans une trame X.36**

NOTE 1 – Le § 8.2.6/X.36 spécifie que dans tous les réseaux à relais de trames, le champ d'information de relais de trames doit accepter au moins 1600 octets.

NOTE 2 – La valeur de 1500 octets est une valeur maximale communément utilisée dans les paquets Ethernet.

## 10 Relation analytique entre les paramètres de qualité IP et FR

Pour établir une relation analytique entre chacun des paramètres de qualité définis pour les couches IP d'une part et relais de trames d'autre part, on suppose que chaque paquet IP est encapsulé dans une seule trame. Le protocole FR et le protocole IP acceptent tous deux des trames et des paquets de différentes longueurs. En conséquence, dans l'analyse qui suit, on suppose que la segmentation d'un paquet IP entre plusieurs trames n'est pas nécessaire. Les conséquences d'une telle segmentation appellent d'ailleurs un complément d'étude. Du fait que la longueur des paquets IP peut différer d'une application à l'autre, les trames résultantes présentent également des longueurs différentes d'une application à l'autre.

### 10.1 Caractéristique de perte

Considérons le taux de perte de paquets IP (IPLR). La probabilité de perte d'une trame unique est donnée par le taux de perte de trames (FLR, *frame loss ratio*) défini au § 3. Puisque chaque paquet IP est encapsulé dans une seule trame, la probabilité de perte d'un paquet IP est égale à la probabilité de perte d'une trame.

En conséquence, la perte minimale de paquets IP s'écrit:  $IPLR = FLR$

Dans un réseau à relais de trames, les trames comportant des erreurs sont rejetées par le système, de sorte que la caractéristique d'erreur peut être simplement ramenée à la notion de perte au niveau de la couche trames. Il en découle que la perte de paquets IP comprend toute perte éventuellement due à une erreur au niveau de la couche Physique. Toutefois, cette relation suppose que les routeurs IP ne contribuent pas sensiblement aux pertes de paquets IP. La relation qui précède peut être utilisée pour calculer le niveau de qualité de fonctionnement du réseau FR assuré au niveau de la couche IP. Par ailleurs, cette relation est indépendante de la longueur des paquets IP.

### 10.2 Caractéristiques de temps de transfert

Ici encore, il est évident que le temps moyen de transfert des paquets IP est directement lié au temps moyen de transfert des trames.

Ainsi, le temps minimal de transfert des paquets IP s'écrit:  $IPTD = FTD$

A titre de première approximation, le temps de traitement des paquets IP est considéré comme une constante et n'est donc pas pris en compte aux fins de notre analyse (normalement, le temps de traitement et de mise en file d'attente dans un routeur IP est au moins dix fois plus court que le temps de transfert de bout en bout). L'équation signifie donc que le temps de transfert d'un paquet acheminé sur un réseau FR est égal au temps de transfert des trames elles-mêmes. Les objectifs fixés pour le temps de transfert de trame dans la Rec. UIT-T X.146 sont spécifiés pour des trames de 256 octets. Pour des paquets IP (ou des trames) de plus grande longueur, le temps de transfert devra être calculé séparément.

L'Annexe A décrit un modèle général de calcul du temps de transfert pour différentes longueurs de paquets et valeurs de débit de transmission sur la liaison.

### 10.3 Caractéristique de variation du temps de transfert IP (IPDV)

La variation du temps de transfert de paquet IP (IPDV) est définie dans la Rec. UIT-T Y.1541 comme étant la différence entre le temps de transfert IP maximal (IPTD<sub>max</sub>) et le temps de transfert IP minimal (IPTD<sub>min</sub>) sur un intervalle de mesure donné, comprenant un nombre statistiquement significatif (N) de mesures du temps de transfert.

Comme chaque paquet IP est encapsulé dans une seule trame, nous pouvons, à titre de première approximation, considérer que la variation du temps de transfert des paquets IP équivaut à la gigue de transfert de trames (FDJ, *frame delay jitter*). Toutefois, dans le cas d'une forte charge de trafic, les routeurs IP sont généralement à l'origine d'une variation additionnelle du temps de transfert.

En conséquence, la variation minimale du temps de transfert IP s'écrit:  $IPDV = FDJ$

#### 10.3.1 Eléments constitutifs du paramètre IPDV

Du fait que le trajet de bout en bout est une suite de liaisons d'accès, de routeurs IP, de commutateurs FR et de liaisons de transmission, tous les nœuds (routeurs IP et commutateurs FR) du trajet peuvent contribuer à la variation du temps de transfert IPDV.

#### 10.3.2 Evaluation de la variation du temps de transfert IPDV

Pour évaluer la variation du temps de transfert de paquets IP de bout en bout, il faut savoir que, s'agissant de l'accumulation des composantes du temps total, le comportement de ce paramètre est analogue à celui de l'écart type de variables aléatoires sensiblement indépendantes. Lorsque l'on effectue la sommation de variables aléatoires, l'écart type résultant est grosso modo la racine carrée de la somme des carrés. On remarque que la somme des IPTD attribués est supérieure à l'IPDV de bout en bout. L'équation de calcul du paramètre IPDV pour  $k$  nœuds s'écrit:

$$IPDV = \sqrt{\sum_k IPDV_k^2}$$

## 11 Mappage entre les paramètres de qualité IP et les classes de qualité de service FR

Le Tableau 1 fait apparaître les classes de qualité de service FR et les objectifs fixés pour chacun des paramètres de qualité spécifiés dans la Rec. UIT-T X.146.

**Tableau 1/X.149 – Objectifs de qualité fixés pour les différentes qualités de service FR (selon Rec. UIT-T X.146)**

Classe FR	Prise en charge par le réseau	FLR <sub>C</sub>	FTD (ms)
0	Obligatoire, par défaut	Aucune limite supérieure spécifiée	Aucune limite supérieure spécifiée
1	Obligatoire	Valeur $< 1 \times 10^{-3}$	95 <sup>e</sup> percentile $< 400$
2	Facultative	Valeur $< 3 \times 10^{-5}$	95 <sup>e</sup> percentile $< 400$
3	Facultative	Valeur $< 3 \times 10^{-5}$	95 <sup>e</sup> percentile $< 150$

Ces objectifs définis sous forme numérique peuvent être utilisés dans les relations analytiques (telles que définies aux § 10.1 et 10.2) pour estimer la qualité de service IP pouvant être attendue selon la classe de qualité de service FR considérée.

### 11.1 Mappage FLR/IPLR

Le Tableau 2 indique les mappages dans le cas du taux de perte. Le Tableau 3 indique les valeurs du paramètre IPLR correspondant à chacune des classes de qualité de service FR.

**Tableau 2/X.149 – Valeurs du paramètre IPLR obtenues avec la relation analytique  $IPLR = FLR$**

FLR	IPLR
$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$
$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$

**Tableau 3/X.149 – Valeurs du paramètre IPLR correspondant à chacune des classes de qualité de service FR**

Classe de qualité de service relais de trames	FLR relais de trames	IPLR 40 octets	IPLR 576 octets	IPLR 1500 octets
1	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$
2	$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$
3	$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$

### 11.2 Mappage FRTD/IPTD

Le Tableau 4 résume les résultats du mappage des temps IPTD et FDT. Les résultats des calculs effectués avec des liaisons 1,544 Mbit/s de la connexion de référence sont également indiqués pour plus de commodité. Les valeurs du temps de transfert IPTD dans le cas de paquets IP de 40 octets sont très inférieures à l'objectif spécifié (400 ms) et ne sont pas reprises ici.

**Tableau 4/X.149 – Valeurs du temps de transfert de paquets IP correspondant à l'objectif de temps de transfert pour la classe de service FR considérée**

Classe de service FR	95 <sup>e</sup> percentile du temps FTD (selon la Rec. UIT-T X.146)	95 <sup>e</sup> percentile (valeurs estimatives) du temps de transfert de paquets IP (IPTD) (Note)		
	Longueur de trame 256 octets	< 256 octets	576 octets	1500 octets
1	400 ms	400 ms	430 ms	515 ms
2	400 ms	400 ms	430 ms	515 ms
3	150 ms	150 ms	180 ms	265 ms

NOTE – Le calcul estimatif du temps IPTD a été effectué avec le modèle de propagation décrit à l'Annexe A. Le réseau FR de référence était composé de 19 commutateurs FR, avec des liaisons de transmission à 1,544 Mbit/s couvrant une distance telle que l'objectif de temps de transfert dans le réseau FR calculé pour des trames de 256 octets pour chaque classe de service est exactement atteint. L'utilisation de liaisons de transmission à plus grand débit permet de réduire le temps de transfert des paquets de grande longueur. Pour le calcul des valeurs du temps de transfert IPTD avec des paquets de 576 et de 1500 octets, se reporter à l'Appendice I.

## 12 Incidences pour la planification des réseaux IP

Les résultats des mappages établis au § 11 indiquent que la qualité de fonctionnement exprimée en termes de pertes au niveau de la couche IP est indépendante de la longueur des paquets lorsque les paquets sont acheminés par des trames: en effet, les objectifs de pertes dans le réseau FR spécifiés dans la Rec. UIT-T X.146 pour toutes les classes de service FR s'appliquent à toutes les trames engagées, quelle que soit leur longueur.

Les valeurs de performance de la couche IP sont également identiques aux valeurs FR lorsque les paquets IP sont simplement encapsulés dans les trames. Pour ce qui est de la qualité de fonctionnement rapportée au temps de transfert, la longueur des paquets IP a une incidence sur le temps de transfert de bout en bout lorsque les paquets sont encapsulés dans des trames et acheminés par un réseau RPDRT. Les objectifs de temps de transfert FR spécifiés pour les classes de qualité de service FR correspondent à des trames de 256 octets. Avec des trames plus longues, on observera des délais d'injection plus importants et donc une modification du temps de transfert de paquets IP de bout en bout. La Rec. UIT-T Y.1541 spécifie pour l'évaluation de la qualité de fonctionnement une longueur de paquet IP de 1500 octets. On trouvera à l'Annexe A un modèle général de calcul du temps de transfert de bout en bout, modèle que l'on pourra utiliser dans la planification des réseaux IP, comme indiqué dans l'Annexe B.

## Annexe A

### Modèle général de calcul du temps de transfert

#### A.1 Modèle de temps de transfert

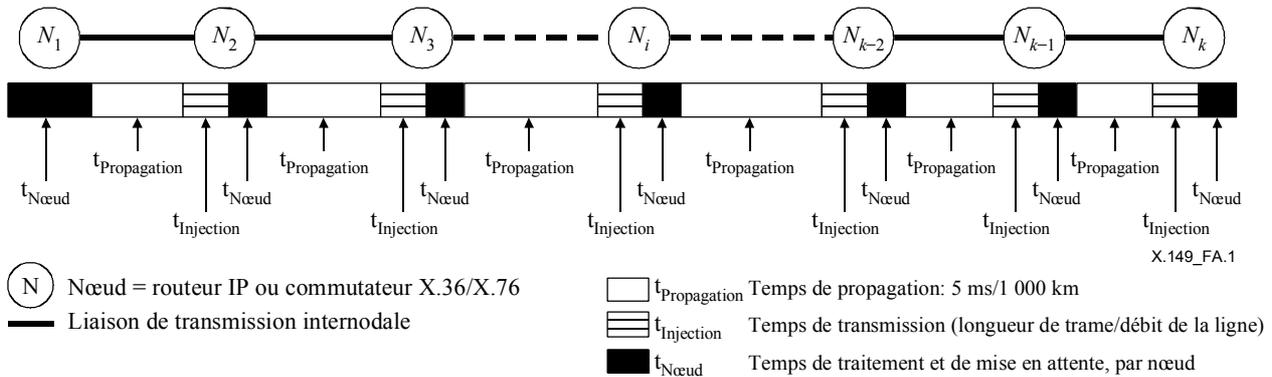
La présente annexe décrit un modèle pouvant être utilisé pour estimer le temps d'acheminement ou de transfert d'un flux IP lorsque l'interconnexion des routeurs IP est assurée par des connexions virtuelles à relais de trames.

Le modèle schématisé à la Figure A.1 fait apparaître les composantes successives du temps de transfert de bout en bout. Le temps de transfert de bout en bout est la somme arithmétique des

"contributions" individuelles: délai d'injection (transmission) pour chaque nœud (commutateur FR ou routeur IP), temps de propagation (dépendant de la distance – 5 ms par 1000 km pour une connexion de Terre) sur les liaisons internodales, enfin temps de mise en attente et temps de traitement au niveau de chaque nœud.

Le temps de transit dans le réseau peut être calculé à l'aide d'un modèle simple décrivant l'addition des temps de passage par chaque nœud et des temps de transmission sur les liaisons internodales.

En utilisant ce modèle (Figure A.1), on peut représenter une connexion active sous forme d'une série de  $(k - 1)$  liaisons de transmission ( $l_1$  à  $l_{k-1}$ ) assurant l'interconnexion de  $k$  nœuds ( $N_1$  à  $N_k$ ).



**Figure A.1/X.149 – Modèle schématisant les composantes du temps de transfert**

Soient les paramètres suivants:

- $D_i$  temps moyen de traitement et de mise en attente au niveau d'un nœud  $N_i$  du trajet.
- $D_{wc_i}$  temps maximal (cas le plus défavorable) de traitement et de mise en attente au niveau d'un nœud  $N_i$  sur le trajet.
- $L_i$  délai d'injection (temps de transmission) pour chaque liaison de transmission internodale  $l_i$ .
- $T_i$  délai d'injection (dépend de la distance) sur chaque liaison de transmission internodale  $l_i$ .

Le temps de transfert moyen (ou le temps de transfert dans les meilleures conditions/le cas le plus défavorable) dans le réseau est facile à calculer:

$$Mean\_Delay \text{ (temps de transfert moyen)} = \sum_{i=1}^{k-1} L_i + \sum_{i=1}^{k-1} T_i + \sum_{i=1}^k D_i$$

$$Mean\_Delay \text{ (temps de transfert maximal)} = \sum_{i=1}^{k-1} L_i + \sum_{i=1}^{k-1} T_i + \sum_{i=1}^k D_{Dwc_i}$$

Pour obtenir la limite inférieure, il suffit de donner au paramètre "temps de transfert par nœud ( $D_i$ )" la valeur zéro.

Il convient de noter que ces deux expressions sont générales, en ce sens que le temps de traitement par nœud ( $D_i$ ) et le délai d'injection par liaison ( $L_i$ ) peuvent varier le long du trajet. Les nœuds peuvent être soit des commutateurs FR, soit des routeurs IP.

## A.2 Composantes du temps de transfert

### A.2.1 Temps de traitement par nœud

Le temps de traitement ou de passage par nœud individuel (routeur IP ou commutateur FR) peut être subdivisé en deux éléments, le temps de mise en attente et le temps de routage/commutation. Le temps de routage/commutation est le temps de traitement d'une trame dans le commutateur FR considéré ou d'un paquet dans le routeur IP considéré, et sa valeur est minimale lorsqu'il n'y a pas de trames/paquets en file d'attente dans le commutateur/routeur. Le temps de mise en attente reflète le trafic devant être commuté au niveau du nœud considéré, et représente l'encombrement pouvant apparaître au niveau du commutateur ou du routeur et le temps d'attente additionnel des trames/paquets mis en file d'attente.

NOTE – La valeur moyenne du temps de traitement par un nœud dans un réseau FR peut être déterminée à partir des mesures globales effectuées de bout en bout en soustrayant les temps de transfert et les temps de propagation et les délais d'injection fixes connus à prendre en compte sur la connexion FR considérée. Les temps de commutation peuvent généralement être obtenus à partir de la documentation technique fournie par le fabricant.

Le Tableau A.1 indique les valeurs types de temps de mise en attente et de temps de commutation pour les nœuds d'accès et les nœuds centraux d'un système FR.

**Tableau A.1/X.149 – Exemples de composantes de temps de traitement par un nœud d'accès et par un nœud central de réseaux à relais de trames**

Composante de temps de traitement par un nœud FR	Valeur type
Nœud d'accès FR – temps de mise en attente	2,5 ms
Nœud d'accès FR – temps de commutation	~ 50 µs
Nœud central FR – temps de mise en attente	1 à 2 ms
Nœud central FR – temps de commutation	~ 50 µs

**Tableau A.2/X.149 (d'après le Tableau III.1/Y.1541) – Exemples de contributions types au temps de transfert selon le rôle du routeur**

Rôle du routeur IP	Temps moyen de transfert total (somme de l'attente en file et du traitement)	Variation du temps de transfert
Passerelle d'accès	10 ms	16 ms
Passerelle d'interfonctionnement	3 ms	3 ms
Distribution	3 ms	3 ms
Noyau	2 ms	3 ms

NOTE – La contribution du routeur peut varier selon le rôle du paramètre considéré. En général, les passerelles d'interfonctionnement ne présentent pas les mêmes caractéristiques de qualité de fonctionnement que les passerelles d'accès.

### A.2.2 Délai d'injection

Le délai d'injection découle du fait qu'au niveau d'un nœud le traitement ou la commutation d'une trame (ou d'un paquet) ne peut commencer que lorsque la totalité de cette trame (ou de ce paquet) a été mise en mémoire. Cet élément dépend donc à la fois de la longueur de la trame considérée et de la vitesse à laquelle les trames sont injectées dans l'équipement. Le Tableau A.3 indique diverses valeurs de temps d'injection calculées pour différents débits de transmission et différentes longueurs de trame. Le délai d'injection au niveau des sections de circuit d'accès et des sections de circuit

interréseaux peut être une composante significative du temps de transfert de bout en bout, notamment lorsque des trames de longueur importante sont acheminées sur des liaisons de transmission à faible débit.

NOTE – Dans la présente Recommandation, l'expression "faible débit" s'entend de débits de transmission moyens inférieurs à 1,5 Mbit/s.

**Tableau A.3/X.149 – Délai d'injection pour diverses valeurs de débit de transmission et de longueur de trame**

Débit de transmission	Longueur de trame (champ d'information FR) (Note)						
	48 octets	64 octets	128 octets	256 octets	512 octets	1024 octets	1500 octets
64 kbit/s	6,4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	64 ms	128 ms	188 ms
128 kbit/s	3,25 ms	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	64 ms	94 ms
256 kbit/s	1,63 ms	2 ms	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	47 ms
512 kbit/s	0,81 ms	1 ms	2 ms	4 ms	8 ms	16 ms	23,5 ms
1024 kbit/s	406 µs	0,5 ms	1 ms	2 ms	4 ms	8 ms	11,8 ms
1544 kbit/s	269 µs	0,35 ms	0,68 ms	1,35 ms	2,67 ms	5,3 ms	7,8 ms
2048 kbit/s	203 µs	0,25 ms	0,5 ms	1 ms	2 ms	4 ms	5,8 ms
34 368 kbit/s	12 µs	16 µs	31 µs	61 µs	120 µs	240 µs	350 µs
44 736 kbit/s	9,3 µs	12 µs	24 µs	46 µs	92 µs	184 µs	269 µs
155 520 kbit/s	2,7 µs	3,5 µs	7 µs	13 µs	27 µs	53 µs	77 µs

NOTE – La longueur de trame s'entend de la longueur du champ d'information FR (contenant un paquet IP). Par ailleurs, par hypothèse, l'en-tête FR et l'élément FCS ont une longueur de 2 octets.

### A.2.3 Temps de propagation

La composante "temps de propagation" est déterminée par une contrainte physique: la vitesse des bits acheminés sur les liaisons de transmission est la vitesse de la lumière. On calcule cette composante simplement sur la base de la distance connue entre les nœuds, à raison de 5 ms par millier de kilomètres de trajet de Terre (conformément à la Rec. UIT-T G.114).

#### A.2.3.1 Incidence d'un satellite sur une connexion FR

Lorsqu'un satellite est utilisé, par exemple sur la section internationale de la connexion FR, le temps de propagation affecté à cette partie du trajet est de 270 ms. On affecte alors aux deux autres parties de la connexion FR une valeur de propagation de 40 ms (soit deux fois 40 ms), mais les deux autres sections nationales peuvent entraîner un dépassement de cette valeur dans le cas de trames de plus de 256 octets.

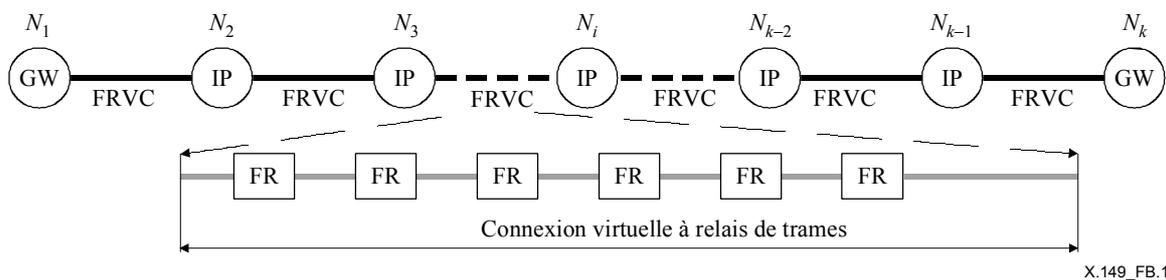
## Annexe B

### Utilisation du modèle de temps de transfert dans la planification d'un réseau IP

#### B.1 Utilisation du modèle de temps de transfert

La présente annexe illustre sur la base d'un exemple l'utilisation du modèle général de temps de transfert et des objectifs fixés pour les différentes classes de qualité de service IP dans la Rec. UIT-T Y.1541 pour la planification initiale de l'infrastructure d'un réseau IP dans lequel la connectivité entre les routeurs IP doit être assurée par des connexions virtuelles à relais de trames.

Considérons le temps de propagation sur une section de réseau IP de type schématisé à la Figure B.1. Le trajet de bout en bout se compose de deux routeurs passerelles IP et de  $(k - 2)$  nœuds IP. Les nœuds IP sont interconnectés au moyen de connexions virtuelles à relais de trames.



X.149\_FB.1

**Figure B.1/X.149 – Section de réseau IP utilisant des connexions virtuelles à relais de trames pour connecter les routeurs**

Nous reprenons de l'Annexe A l'équation:  $Mean\_Delay = \sum_{i=1}^{k-1} L_i + \sum_{i=1}^{k-1} T_i + \sum_{i=1}^k D_i$

Soient les paramètres suivants:

- $k$  = nombre de routeurs IP sur le trajet (y compris les passerelles IP)
- $D_{GW}$  = temps de traitement au niveau d'une passerelle IP
- $D_N$  = temps de traitement au niveau d'un nœud IP
- $FR_{LD}$  = temps de propagation sur les liaisons à relais de trames (ne comprend que les temps de commutation FR et d'injection)

Nous avons:

*IP Network Section Delay (temps de propagation dans une section de réseau IP)*  
 $= 2 \times D_{GW} + (k - 2) \times D_N + (k - 1) \times FR_{LD} + Propagation\ Delay (temps\ de\ propagation)$   
*FRLD = 2 × (FR Access Line Delay) (temps de propagation sur la ligne d'accès FR)*  
 $+ \sum FR\ Node\ Delay (temps\ de\ traitement\ par\ nœud\ FR) + \sum FR\ Transmission\ Link\ Delay$   
*(temps de propagation sur la liaison de transmission FR)*

Ces équations déterminent simultanément la qualité de fonctionnement de la section de réseau IP considérée. Un certain nombre d'approches peuvent être adoptées dans la planification d'une section de réseau IP. La distance physique à couvrir déterminera le temps de propagation. On peut aussi prendre pour point de départ l'objectif de temps de propagation fixé pour la section IP, lequel déterminera le nombre de nœuds pouvant être prévus sur le trajet, tout en entraînant une contrainte au niveau du temps de propagation. L'équation ne peut être résolue que si la configuration des connexions FR (nombre de commutateurs et débit de transmission de la dorsale) est connue.

## B.2 Réalisation d'une section IP répondant aux objectifs IPTD des Classe 0 et Classe 2

A titre d'exemple seulement, nous partirons des hypothèses suivantes:

- objectif IPTD: 100 ms;
- longueur maximale d'un paquet IP: 1500 octets;
- débit de 34 Mbit/s sur toutes les liaisons de transmission – délai d'injection: 350 µs;
- maximum de six nœuds FR requis pour établir l'une quelconque des connexions virtuelles FR;
- temps maximal de traitement par nœud FR: 2 ms;
- temps maximal de traitement par nœud passerelle IP: 10 ms;
- temps maximal de traitement par nœud IP: 2 ms.

NOTE 1 – Dans la pratique, le temps de traitement et de mise en attente au niveau des commutateurs FR sera généralement sensiblement inférieur à 2 ms, et toutes les liaisons FR auront la même configuration. Lorsqu'un circuit FRVC est assuré par un seul réseau national, le nombre d'étapes de commutation FR nécessaires sera généralement inférieur à 6. Le recours à des liaisons de transmission à grand débit permettra de réduire sensiblement le délai d'injection.

Le cas le plus défavorable de temps de propagation sur la liaison FR (FRLD) est donné par:

$$FRLD = 2 \times (350 \mu s) + 6 \times (2 \text{ ms}) + (350 \mu s) = 14,45 \text{ ms}$$

de là:

*IP Network Section Delay* (Temps de propagation dans une section de réseau IP) =  $2 \times 10 \text{ ms} + (k - 2) \times 2 \text{ ms} + (k - 1) \times 14,45 \text{ ms} + \textit{Propagation Delay} (Temps de propagation)$

Si l'on compte 16 ms de délai d'injection au niveau de la ligne d'accès d'utilisateur (et si cette ligne d'accès présente un débit de 1,544 Mbit/s), nous avons:

$$(100 - 16) \text{ ms} = 2 \times 10 \text{ ms} + (k - 2) \times 2 \text{ ms} + (k - 1) \times 14,45 + \textit{Propagation Delay}$$
 (Temps de propagation)

donc:

$$\textit{Propagation Delay}$$
 (Temps de propagation) =  $82,45 - 16,45 k$  ou  $k = (82,45 - \textit{Propagation Delay}) / 16,45$

Le Tableau B.1 indique le nombre de nœuds IP autorisés sur le trajet pour un temps de propagation donné et compte tenu de l'objectif IPTD (100 ms) fixé pour la section de réseau IP. Il apparaît clairement que lorsque la distance géographique à couvrir augmente, le nombre de routeurs autorisés sur le trajet diminue: il faut en effet établir un compromis entre le temps de traitement au niveau des nœuds et le temps de propagation. Ainsi, pour des réseaux couvrant de longues distances, il est indispensable de minimiser la complexité de l'infrastructure.

NOTE 2 – Le Tableau B.1 donne les résultats de cette analyse dans le cas d'un exemple précis et ne définit aucune limite prescrite.

**Tableau B.1/X.149 – Relation entre le nombre de nœuds autorisés  
et le temps de propagation**

<b>Distance couverte (km)</b>	<b>Temps de propagation (ms)</b>	<b><i>k</i></b>	<b>Nombre de nœuds IP autorisés sur le trajet</b>
125	0,625	4,97	5
250	1,25	4,9	4
500	2,5	4,8	4
1 000	5	4,7	4
2 000	10	4,4	4
4 000	20	3,8	3
6 000	30	3,2	3
8 000	40	2,6	2
10 000	50	1,97	2

## Appendice I

### Effet de la longueur des paquets/trames sur le temps de propagation dans le réseau IP

Le présent appendice expose la méthode de calcul des valeurs estimatives du paramètre IPTD spécifié dans le Tableau 4, et fait apparaître l'incidence de la longueur des trames et du débit de transmission sur les liaisons au niveau du temps de propagation obtenu.

#### **I.1 Estimation du temps de transfert des paquets IP à l'aide du modèle**

Pour évaluer l'effet de la longueur des paquets sur le temps de transfert des paquets IP, nous supposons tout d'abord que la connexion de référence à relais de trames se compose de deux sections de réseau national, comportant chacune huit nœuds de commutation, et d'une section internationale avec trois nœuds de commutation. Egalement par hypothèse, les liaisons de transmission assurant la connexion avec les commutateurs FR présentent un débit de 1,544 Mbit/s ou 2,048 Mbit/s. Pour estimer la contribution du temps de propagation, il suffit de supposer que l'objectif de temps de propagation est exactement atteint lorsque la connexion virtuelle FR couvre la connexion de référence. On peut alors estimer le temps de propagation dans le cas de longueurs de paquet plus importantes en utilisant la valeur de délai de propagation prise pour hypothèse.

##### **I.1.1 Estimation de la contribution du temps de propagation sur la connexion de référence**

Il faut supposer que pour une trame de 256 octets, l'objectif de temps de transfert (150 ms ou 400 ms) est exactement atteint.

Est utilisée l'expression du temps de transfert développée dans l'Annexe A ainsi que les valeurs du temps de traitement (Tableau A.1) et du retard d'injection (Tableau A.3) pour estimer la contribution du temps de propagation pour la connexion de référence.

**Longueur des paquets IP: 256 octets – débit de liaison: 1,544 Mbit/s**

Dans le cadre du service FR de Classe 3, nous avons:

$$150 \text{ ms} = 18 \times 1,35 \text{ ms} + \textit{Temps de propagation} + 19 \times 1 \text{ ms}$$

ce qui donne:

- Temps de propagation pris pour hypothèse: 107 ms

Dans le cas du service relais de trames de Classe 1 et de Classe 2, nous avons:

$$400 \text{ ms} = 18 \times 1,35 \text{ ms} + \textit{Temps de propagation} + 19 \times 1 \text{ ms}$$

donc:

- Temps de propagation pris pour hypothèse = 357 ms

En utilisant ces valeurs de temps de propagation comme hypothèses, nous pouvons maintenant estimer le temps de propagation correspondant à des longueurs de paquets IP de 576 et 1500 octets.

**Longueur des paquets IP: 576 octets; débit de liaison: 1,544 Mbit/s**

Pour le service relais de trames de Classe 3 (Temps de propagation pris pour hypothèse = 107 ms), nous avons:

$$\begin{aligned} \textit{Temps de transfert} &= 18 \times 3 \text{ ms} + \textit{Temps de propagation} + 19 \times 1 \text{ ms} \\ &= 180 \text{ ms} \end{aligned}$$

Pour le service relais de trames de Classe 1 et de Classe 2 (temps de propagation pris pour hypothèse = 357 ms), nous avons:

$$\begin{aligned} \textit{Temps de transfert} &= 18 \times 3 \text{ ms} + \textit{Temps de propagation} + 19 \times 1 \text{ ms} \\ &= 430 \text{ ms} \end{aligned}$$

**Longueur des paquets IP: 1500 octets; débit de liaison: 1,544 Mbit/s**

Pour le service relais de trames de Classe 3 (Temps de propagation pris pour hypothèse = 107 ms), nous avons:

$$\begin{aligned} \textit{Temps de transfert} &= 18 \times 7,8 \text{ ms} + \textit{Temps de propagation} + 19 \times 1 \text{ ms} \\ &= 266 \text{ ms} \end{aligned}$$

Pour le service relais de trames de Classe 1 et de Classe 2 (temps de propagation pris pour hypothèse = 357 ms), nous avons:

$$\begin{aligned} \textit{Temps de transfert} &= 18 \times 7,8 \text{ ms} + \textit{Temps de propagation} + 19 \times 1 \text{ ms} \\ &= 516 \text{ ms} \end{aligned}$$

Considérons maintenant un débit de liaison de transmission de 2,048 Mbit/s.

**Longueur des paquets IP: 256 octets; débit de liaison: 2,048 Mbit/s**

Pour le service relais de trames de Classe 3, nous avons:

$$150 \text{ ms} = 18 \times 1,0 \text{ ms} + \textit{Temps de propagation} + 19 \times 1 \text{ ms}$$

donc:

- Temps de propagation pris pour hypothèse = 113 ms

Pour le service relais de trames de Classe 1 et de Classe 2, nous avons:

$$400 \text{ ms} = 18 \times 1,0 \text{ ms} + \textit{Temps de propagation} + 19 \times 1 \text{ ms}$$

donc:

- Temps de propagation pris pour hypothèse = 363 ms

En utilisant ces valeurs de temps de propagation, nous pouvons maintenant estimer le temps de transfert dans le cas de longueurs de paquets IP de 576 et 1500 octets.

**Longueur des paquets IP: 576 octets; débit de liaison: 2,048 Mbit/s**

Pour le service relais de trames de Classe 3 (Temps de propagation pris pour hypothèse = 113 ms), nous avons:

$$\begin{aligned} \text{Temps de transfert} &= 18 \times 2,25 \text{ ms} + \text{Temps de propagation} + 19 \times 1 \text{ ms} \\ &= 172 \text{ ms} \end{aligned}$$

Pour le service relais de trames de Classe 1 et de Classe 2 (temps de propagation pris pour hypothèse = 363 ms), nous avons:

$$\begin{aligned} \text{Temps de transfert} &= 18 \times 2,25 \text{ ms} + \text{Temps de propagation} + 19 \times 1 \text{ ms} \\ &= 422 \text{ ms} \end{aligned}$$

**Longueur des paquets IP: 1500 octets; débit de liaison: 2,048 Mbit/s**

Pour le service relais de trames de Classe 3 (Temps de propagation pris pour hypothèse = 113 ms), nous avons:

$$\begin{aligned} \text{Temps de transfert} &= 18 \times 5,8 \text{ ms} + \text{Temps de propagation} + 19 \times 1 \text{ ms} \\ &= 236 \text{ ms} \end{aligned}$$

Pour le service relais de trames de Classe 1 et de Classe 2 (temps de propagation pris pour hypothèse = 363 ms), nous avons:

$$\begin{aligned} \text{Temps de transfert} &= 18 \times 5,8 \text{ ms} + \text{Temps de propagation} + 19 \times 1 \text{ ms} \\ &= 486 \text{ ms} \end{aligned}$$

NOTE – Ces calculs montrent que l'utilisation de liaisons de transmission à débit plus élevé permettra de réduire le temps de propagation de bout en bout. L'utilisation d'une liaison à 2,048 Mbit/s au lieu d'une liaison à 1,544 Mbit/s entraîne une réduction du délai d'injection de 2 ms sur chaque liaison de transmission. Toutefois, dans le cas où l'objectif de temps de transfert (dans le cas d'une longueur de trame de 256 octets) est exactement atteint pour le service relais de trames de Classe 1 et de Classe 2, le temps de propagation est en général un élément significatif.

Ces résultats sont résumés au Tableau I.1.

**Tableau I.1/X.149 – Valeurs estimatives du paramètre IPTD pour diverses longueurs de paquets et valeurs de débit de transmission sur la liaison**

Classe de service relais de trames	Débit de la liaison de transmission	95 <sup>e</sup> percentile du FTD (selon la Rec. UIT-T X.146)	95 <sup>e</sup> percentile estimatif du paramètre IPTD (Note)		
		Longueur de trame: 256 octets	< 256 octets	576 octets	1500 octets
1	1,544 Mbit/s	400 ms	400 ms	430 ms	515 ms
2	1,544 Mbit/s	400 ms	400 ms	430 ms	515 ms
3	1,544 Mbit/s	150 ms	150 ms	180 ms	265 ms
1	2,048 Mbit/s	400 ms	400 ms	422 ms	486 ms
2	2,048 Mbit/s	400 ms	400 ms	422 ms	486 ms
3	2,048 Mbit/s	150 ms	150 ms	172 ms	236 ms

## Appendice II

### Utilisation d'une infrastructure à relais de trames dans la prise en charge des classes de service IP définies dans la Rec. UIT-T Y.1541

Le présent appendice a pour objet de montrer comment les classes de qualité de service relais de trames (définies dans la Rec. UIT-T X.146) peuvent prendre en charge les classes de service IP définies dans la Rec. UIT-T Y.1541. Les objectifs de qualité de service IP définis dans la Rec. UIT-T Y.1541 se rapportent à un acheminement de bout en bout, de sorte qu'il faut également prendre en compte la contribution de la ligne d'accès.

#### II.1 Interconnexion simple de routeurs IP

Considérons le modèle de référence de la Figure II.1 (utilisation d'un circuit virtuel à relais de trames pour l'interconnexion de deux réseaux IP). Selon la situation, le circuit FRVC peut faire intervenir une connexion internationale à relais de trames. Le réseau IP peut comprendre un certain nombre de routeurs IP.

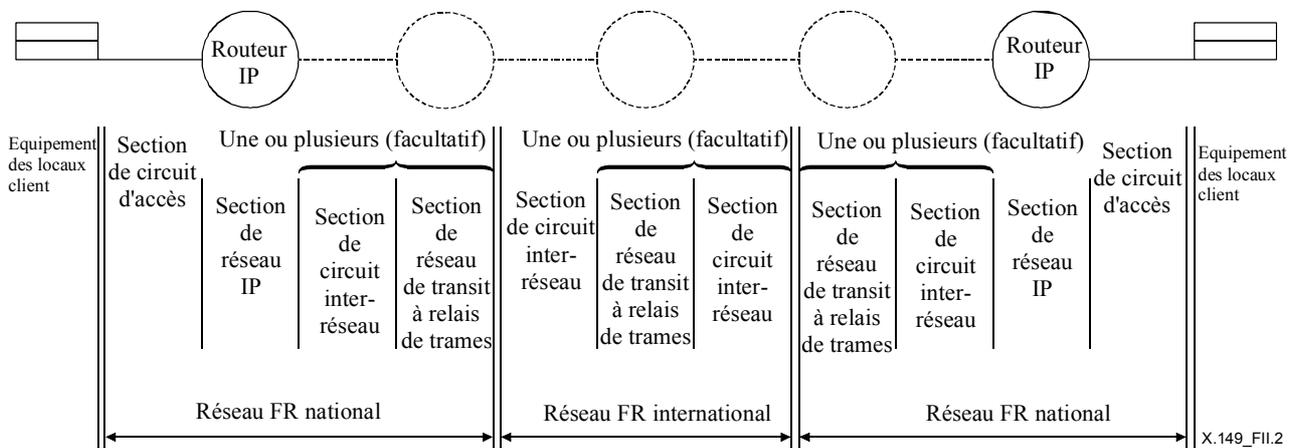


Figure II.1/X.149 – Utilisation de connexion virtuelle à relais de trames pour l'interconnexion de routeur IP

#### II.2 Calcul du temps de transfert de bout en bout

Le temps de transfert de bout en bout est la somme des temps de transfert individuels au niveau des sections de réseau IP et de réseau FR et des sections de circuit associées.

##### II.2.1 Contribution du circuit d'accès et de la passerelle IP

Comme cela est indiqué dans la Rec. UIT-T Y.1541, la valeur type du temps de mise en file d'attente et de traitement dans chaque passerelle d'accès IP est de 10 ms. La contribution au temps de transfert de bout en bout du circuit d'accès dépend du ratio longueur de trame ( $FL$ , *frame length*)/débit de transmission sur le circuit d'accès ( $TS$ ). Nous supposons que le temps de propagation dans le circuit d'accès est négligeable. Nous avons :

$$\text{Temps d'accès} = 10 \text{ ms} + FL/TS$$

##### II.2.2 Contribution des sections de réseau à relais de trames national et international

La contribution de la connexion à relais de trames peut être calculée en utilisant la formule développée dans l'Annexe A :

$$\text{Temps moyen} = \sum_{i=1}^{k-1} L_i + \sum_{i=1}^{k-1} T_i + \sum_{i=1}^k D_i$$

Soit  $D$  ms le temps de mise en file d'attente et de traitement pour chacun des commutateurs principaux à relais de trames.

Le temps de propagation  $PD$  est calculé sur la base de 5 ms par millier de kilomètres de trajet.

Nombre de commutateurs à relais de trames =  $k$

Nous avons:

$$\text{FR\_Delay (Temps de propagation)} = \frac{(k-1) \times FL}{\text{Débit de transmission sur la liaison}} + PD + k \times D$$

### II.2.3 Exemples de calcul du paramètre IPTD pour des connexions d'ensemble types

Soit une connexion physique internationale à relais de trames composée de 19 commutateurs FR (huit commutateurs FR dans chaque section nationale et trois commutateurs FR dans la section internationale).

#### II.2.3.1 Exemple 1

Configuration:

- nombre de commutateurs FR  $k = 19$ ;
- débit d'accès = 2,048 Mbit/s;
- débit de transmission des liaisons du réseau FR central = 2,048 Mbit/s;
- distance = 12 000 km – Temps de propagation = 60 ms;
- longueur de trame = 48 octets (applications temps réel);
- temps de transfert par routeur (hypothèse) = 10 ms;
- temps de traitement par nœud FR (hypothèse) = 1 ms.

$$\begin{aligned} \text{End-to-end delay (Temps de propagation de bout en bout)} = \\ 2 \times (10 \text{ ms} + 0,203 \text{ ms}) + 18 \times 0,203 \text{ ms} + 60 \text{ ms} + 19 \times 1 \text{ ms} = 103 \text{ ms} \end{aligned}$$

Cette valeur est légèrement supérieure à l'objectif spécifié pour le paramètre IPTD dans la Rec. UIT-T Y.1541 pour les classes de qualité de service 0 et 2.

#### II.2.3.2 Exemple 2

Configuration:

- nombre de commutateurs FR  $k = 19$ ;
- débit d'accès = 2,048 Mbit/s;
- débit de transmission des liaisons du réseau FR central = 34 Mbit/s;
- distance = 12 000 km – Temps de propagation = 60 ms;
- longueur de trame = 48 octets (applications temps réel);
- temps de transfert par routeur (hypothèse) = 10 ms;
- temps de traitement par nœud FR (hypothèse) = 1 ms.

$$\begin{aligned} \text{End-to-end delay (Temps de propagation de bout en bout)} = \\ 2 \times (10 \text{ ms} + 0,203 \text{ ms}) + 18 \times 12 \text{ } \mu\text{s} + 60 \text{ ms} + 19 \times 1 \text{ ms} = 99 \text{ ms} \end{aligned}$$

Cette valeur dépasse légèrement l'objectif spécifié pour le paramètre IPTD dans la Rec. UIT-T Y.1541 pour les classes de qualité de service 0 et 2.

Il convient de noter que lorsque la longueur des paquets dépasse 48 octets, l'objectif de bout en bout n'est pas respecté. Par ailleurs, pour une distance de trajet plus importante, l'objectif de qualité de service pour la classe 0 et la classe 2 n'est pas respecté non plus.

### II.2.3.3 Exemple 3

Configuration:

- nombre de commutateurs FR  $k = 19$ ;
- débit d'accès = 34 Mbit/s;
- débit de transmission des liaisons du réseau FR central = 34 Mbit/s;
- distance = 27 000 km – Temps de propagation = 135 ms;
- longueur de trame = 576 octets (applications transmission de données);
- temps de transfert par routeur (hypothèse) = 10 ms;
- temps de traitement par nœud FR (hypothèse) = 1 ms.

$$\begin{aligned} \text{End-to-end delay (Temps de propagation de bout en bout)} = \\ 2 \times (10 \text{ ms} + 135 \text{ } \mu\text{s}) + 18 \times 135 \text{ } \mu\text{s} + 135 \text{ ms} + 19 \times 1 \text{ ms} = 176 \text{ ms} \end{aligned}$$

Cette valeur dépasse l'objectif spécifié pour le paramètre IPTD dans la Rec. UIT-T Y.1541 pour les classes de qualité de service 0 et 2.

Les exemples qui précèdent font clairement apparaître que le temps de propagation est le principal élément à prendre en considération sur de longues connexions internationales.

### II.3 Estimation du paramètre IPDV

En utilisant la formule du § 10.3.2 et en l'appliquant à une configuration présentant 18 commutateurs FR centraux caractérisés chacun par une gigue FDJ de 25 ms et deux passerelles d'accès IP présentant chacune une variation de temps de transfert de paquets IP de 16 ms, nous obtenons le résultat suivant:

$$\text{IPDV (de bout en bout)} = 25,11 \text{ ms}$$

On constate que la qualité de fonctionnement rapportée à l'IPDV répond à l'objectif fixé pour les classes de qualité de service IP 0, 1 et 2.

### II.4 Estimation du ratio de perte de paquets IP – IPLR

Selon le § 10.1 ( $IPLR = FLR$ ).

Du fait que pour toutes les classes de qualité de service FR (à l'exception de la Classe 0) le ratio de perte de trames est inférieur ou égal à l'IPLR, on voit que l'utilisation d'une connexion FR dans la classe de qualité de service 1, 2 ou 3 doit permettre d'atteindre l'objectif IPLR pour toutes les classes de qualité de service IP.

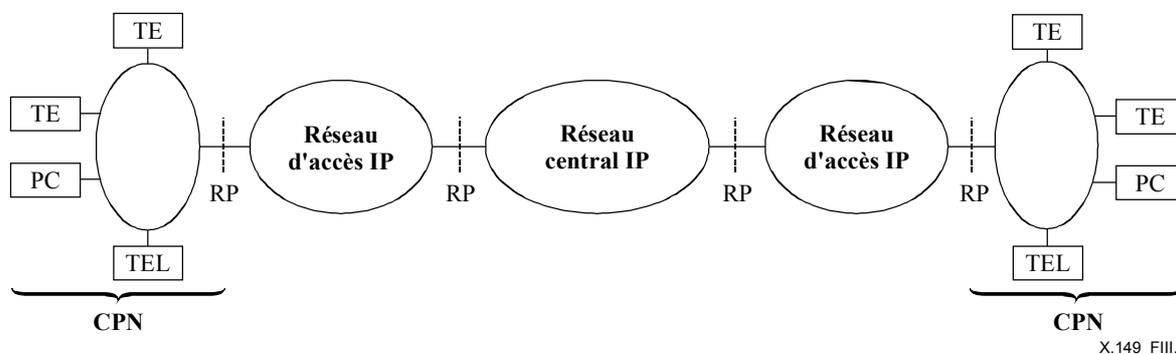
## Appendice III

### Modèle architectural général d'un réseau IP

#### III.1 Architecture générale du réseau IP

La Figure III.1 (selon la Rec. UIT-T Y.1231) représente l'architecture générale d'un réseau IP. Ce modèle ne suppose pas l'utilisation de techniques spécifiques pour assurer la connexion entre l'équipement d'abonné et le réseau d'accès IP ou l'interconnexion des routeurs et des réseaux IP. Il autorise l'utilisation de diverses techniques de connectivité au niveau de la couche inférieure (couche 2).

Les points de référence (RP, *reference points*) indiqués dans la Figure III.1 constituent la séparation logique entre les fonctions et peuvent ne pas correspondre aux interfaces physiques dans certaines applications. Dans certaines applications, le réseau d'accès et le réseau central peuvent ne pas être séparables.



X.149\_FIII.1

Figure III.1/X.149 – Architecture générale du réseau IP

La Rec. UIT-T Y.1231 définit les termes suivants:

**III.1.1 réseau d'accès IP:** implémentation comprenant des entités de réseau visant à fournir les capacités d'accès nécessaires entre un "utilisateur IP" et un "fournisseur de services IP" en vue de la fourniture de services IP. "L'utilisateur IP" et le "fournisseur de services IP" sont des entités logiques auxquelles aboutissent les fonctions de couche IP ou liées au protocole IP et qui peuvent également inclure des fonctions de couche inférieure.

**III.1.2 réseau central IP:** réseau du fournisseur de services IP, y compris un ou plusieurs fournisseurs de services IP.

#### III.2 Modèle de référence du réseau d'accès IP

La Figure III.2 est un exemple d'architecture de modèle de référence du réseau d'accès IP. Aux fins de la présente Recommandation, la fonction de transport de réseau d'accès peut être assurée par divers moyens techniques (RTPC, RNIS, FR, ATM, ADSL, etc.). Lorsque la fonction de transport de réseau d'accès est assurée par un circuit virtuel à relais de trames, c'est ce circuit virtuel qui assure la connectivité de couche inférieure entre l'équipement d'abonné et le fournisseur de service IP.

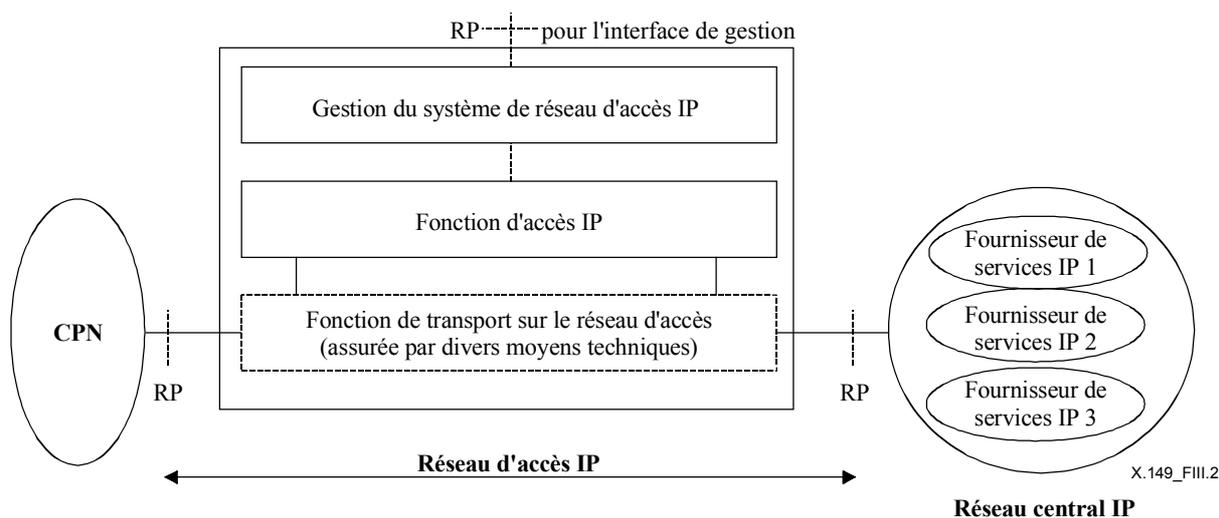


Figure III.2/X.149 – Exemple d'architecture du réseau d'accès IP

## Appendice IV

### Définition des éléments de réseau, des sections de circuit et des sections de réseau

#### IV.1 Eléments de réseau

**IV.1.1 serveur:** ordinateur qui communique au moyen des protocoles Internet. Un serveur implémente des fonctions de routage (c'est-à-dire qu'il fonctionne dans la couche IP) et peut implémenter des fonctions additionnelles, y compris des protocoles de couche supérieure (comme le protocole TCP dans un serveur d'origine ou de destination) et des protocoles de couche inférieure (comme le mode ATM).

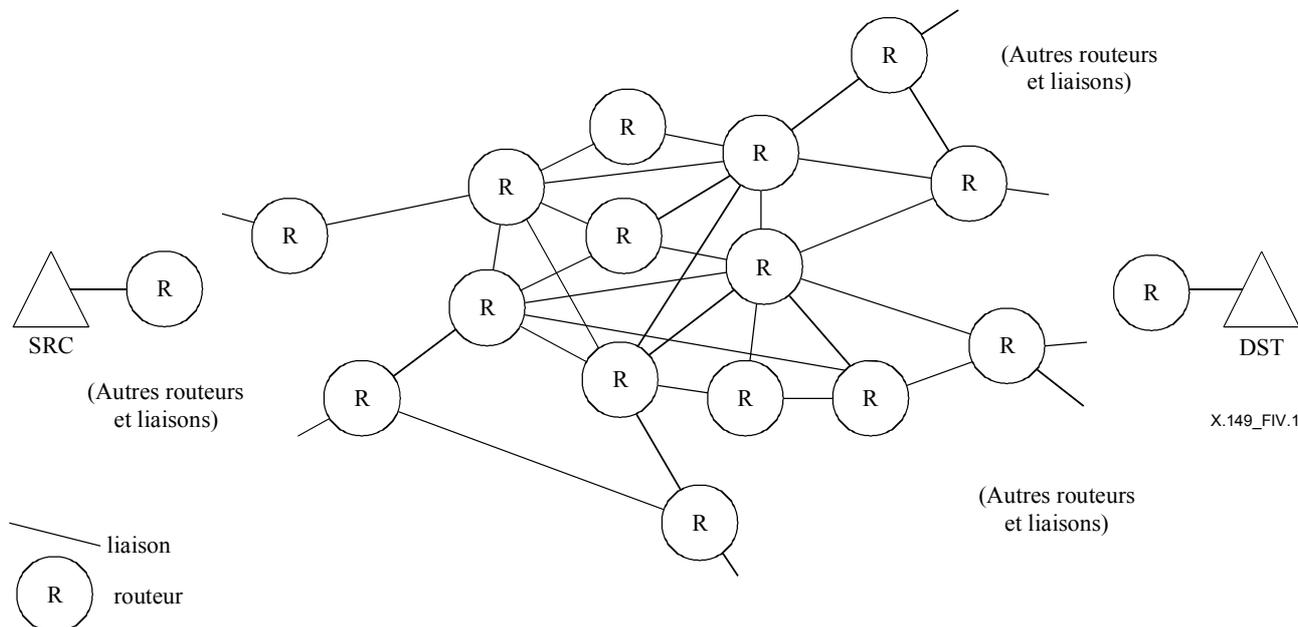
**IV.1.2 routeur:** serveur qui permet la communication entre d'autres serveurs en réexpédiant des paquets IP sur la base du contenu de leur champ d'adresse IP de destination.

**IV.1.3 serveur d'origine (SRC, *source host*):** serveur désigné par une adresse IP complète qui émet les paquets IP de bout en bout. En général, un serveur peut posséder plusieurs adresses IP; cependant, un serveur d'origine est associé à une unique adresse IP. Les serveurs d'origine émettent également des protocoles de couche supérieure (comme TCP) si de tels protocoles sont implémentés.

**IV.1.4 serveur de destination (DST, *destination host*):** serveur désigné par une adresse IP complète qui reçoit les paquets IP de bout en bout. En général, un serveur peut posséder plusieurs adresses IP. Cependant, un serveur de destination est associé à une unique adresse IP. Les serveurs de destination émettent également des protocoles de couche supérieure (comme TCP) si de tels protocoles sont implémentés.

**IV.1.5 liaison:** connexion (virtuelle) point à point qui est utilisée pour transporter des paquets IP entre deux serveurs. Elle ne comporte pas de partie de serveur ni d'autres serveurs, et fonctionne au-dessous de la couche IP. Aux fins de la présente Recommandation, une liaison est une connexion logique dans un réseau à relais de trames.

La Figure IV.1 décrit les éléments de réseau correspondant au service IP entre un serveur SRC et un serveur DST. Les liaisons, qui peuvent être des circuits virtuels à relais de trames ou des réseaux à relais de trames, sont illustrées sous la forme de lignes tracées entre les serveurs. Les routeurs sont représentés par des cercles et les deux serveurs (SRC et DST) sont représentés par des triangles.



**Figure IV.1/X.149 – Éléments de réseau IP**

## IV.2 Sections de circuit et sections de réseau

**IV.2.1 section de circuit (CS, *circuit section*):** liaison (assurée par un circuit virtuel FR, lequel peut être établi sur un ou plusieurs réseaux à relais de trames) reliant:

- 1) un serveur d'origine ou de destination à son serveur adjacent (par exemple, un routeur), éventuellement dans une autre zone topographique;
- 2) un routeur d'une section de réseau donnée à un routeur d'une autre section de réseau.

Il convient de noter que la responsabilité d'une liaison de commutateur, de sa capacité et de sa performance est normalement partagée entre les correspondants connectés.

NOTE – L'expression "section de circuit" équivaut approximativement au terme "commutateur" défini dans la norme RFC 2330.

**IV.2.2 section de réseau (NS, *network section*):** ensemble de serveurs associés à leurs liaisons d'interconnexion, qui fournissent ensemble une partie du service IP entre un serveur SRC et un serveur DST, et qui relèvent d'une même compétence territoriale, unique ou collégiale. Certaines sections de réseau se composent d'un serveur unique sans liaison d'interconnexion. Les sections NS d'origine et de destination sont des cas particuliers de sections de réseau. Les paires de sections de réseau sont connectées par des sections de circuit.

NOTE – L'expression "section de réseau" correspond approximativement au terme "cloud" (nuage) défini dans la norme RFC 2330.

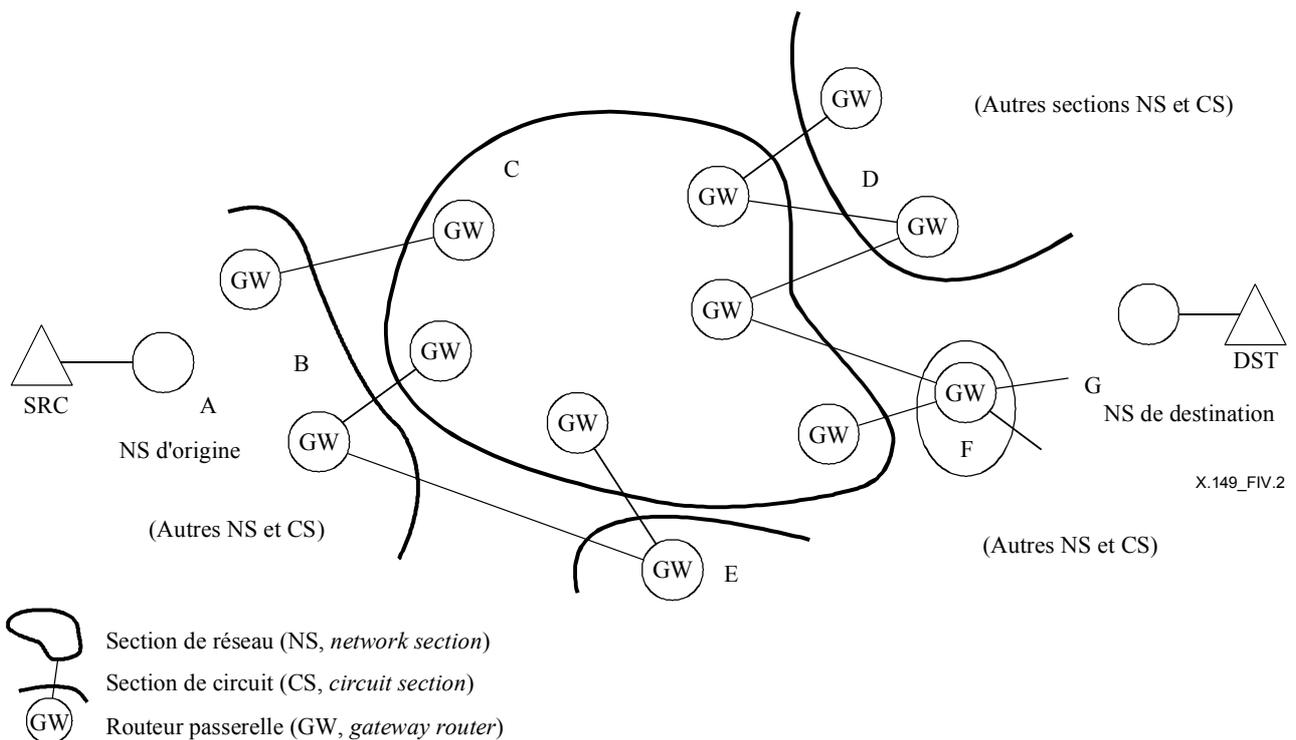
Tout ensemble de serveurs interconnectés par des liaisons peut être considéré comme formant une section de réseau. Cependant, pour l'objet (futur) de l'attribution d'objectifs de qualité IP, il conviendra de ne retenir que l'ensemble des serveurs et des liaisons relevant d'une même compétence territoriale, unique ou collégiale (comme un fournisseur ISP ou NSP). Ces serveurs possèdent normalement le même identificateur de réseau dans leur adresse IP. Ils ont normalement leurs propres règles de routage interne. Des processus mondiaux et des politiques locales régissent

les choix de routage vers les destinations extérieures à une section de réseau (vers d'autres sections de réseau via des liaisons de commutateur). Ces sections de réseau sont normalement limitées par des routeurs qui mettent en œuvre les protocoles IP d'accès extérieur.

**IV.2.3 section de réseau d'origine:** section de réseau qui inclut le serveur d'origine relevant de la même compétence territoriale. Dans certains cas, le serveur SRC est le seul serveur contenu dans la section de réseau d'origine.

**IV.2.4 section de réseau de destination:** section de réseau qui inclut le serveur de destination relevant de la même compétence territoriale. Dans certains cas, le serveur DST est le seul serveur contenu dans la section de réseau de destination.

La Figure IV.2 illustre la connexité de réseau correspondant à un service IP entre un serveur d'origine (SRC) et un serveur de destination (DST). Aux frontières de chaque section de réseau, des routeurs passerelles reçoivent et émettent des paquets IP passant par des liaisons de commutateur.



**Figure IV.2/X.149 – Connexion de réseau IP**

## Appendice V

### Classes de qualité de service de réseau IP (selon Rec. UIT-T Y.1541)

Le présent appendice n'est reproduit que pour faciliter la compréhension du texte et décrire les classes de qualité de service de réseau IP spécifiées dans la Rec. UIT-T Y.151 (2002).

**Tableau V.1/X.149 – Définitions de classe de QS de réseau IP et objectifs de qualité de fonctionnement provisoires**

Paramètre de qualité de fonctionnement du réseau	Nature de l'objectif de qualité de fonctionnement du réseau	Classes de QS					
		Classe 0	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5 Non spécifiée
IPTD	Limite supérieure du temps IPTD moyen (Note 1)	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	1 s	U
IPDV	Limite supérieure du quantile $1 - 10^{-3}$ du temps IPTD moins le temps IPTD minimal (Note 2)	50 ms (Note 3)	50 ms (Note 3)	U	U	U	U
IPLR	Limite supérieure de la probabilité de perte de paquet	$1 \times 10^{-3}$ (Note 4)	$1 \times 10^{-3}$ (Note 4)	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	U
IPER	Limite supérieure	$1 \times 10^{-4}$ (Note 5)					U

**NOTES GÉNÉRALES:**

Les objectifs s'appliquent aux réseaux publics IP. Les objectifs sont estimés être réalisables sur des implémentations courantes de réseau IP. L'engagement des fournisseurs de réseau envers l'utilisateur est de s'efforcer de remettre les paquets d'une façon qui réalise chacun des objectifs applicables. La grande majorité des conduits IP revendiquant la conformité à la Rec. UIT-T Y.1541 devraient atteindre ces objectifs. Pour certains paramètres, la qualité de fonctionnement sur des conduits plus courts et/ou moins complexes peut être notablement meilleure.

Un intervalle d'évaluation de 1 min est provisoirement suggéré pour IPTD, IPDV, et IPLR. Dans tous les cas, l'intervalle doit toujours être signalé.

Les fournisseurs de réseau individuels peuvent choisir d'offrir des engagements de qualité de fonctionnement meilleurs que ces objectifs.

La lettre "U" signifie "qualité non spécifiée" ou "qualité non limitée". Lorsque la qualité de fonctionnement relative à un paramètre particulier est identifiée comme étant "U", l'UIT-T n'établit aucun objectif pour ce paramètre et tout objectif conforme par défaut à la Rec. UIT-T Y.1541 peut être négligé. Lorsque l'objectif pour un paramètre est mis à "U", la qualité de fonctionnement concernant ce paramètre peut, parfois, être arbitrairement basse.

Toutes les valeurs sont provisoires et ne doivent pas nécessairement être obtenues par les réseaux tant qu'elles n'ont pas été revues (en plus ou en moins) sur la base de l'expérience opérationnelle réelle.

**Tableau V.1/X.149 – Définitions de classe de QS de réseau IP  
et objectifs de qualité de fonctionnement provisoires**

NOTE 1 – De très longs temps de propagation empêcheront d'atteindre des objectifs bas de bout en bout en termes de temps de transfert. Dans ces circonstances et dans certaines autres, les objectifs en termes de temps IPTD indiqués dans les Classes 0 et 2 ne seront pas toujours réalisables. Chaque fournisseur de réseau rencontrera ces circonstances. L'étendue des objectifs en termes de temps IPTD indiqués dans le Tableau V.1 offre en option des classes de QS réalisables. Les objectifs en termes de temps de transfert d'une classe n'empêchent pas un fournisseur de réseau d'offrir des services avec de plus brefs engagements de temps de transfert. Conformément à la définition du temps IPTD dans la Rec. UIT-T Y.1540, le temps d'insertion de paquet est inclus dans l'objectif en termes de temps IPTD. La présente Recommandation suggère une longueur maximale du champ d'informations de paquet de 1500 octets afin d'évaluer ces objectifs.

NOTE 2 – La définition et la nature de l'objectif en termes de variation IPDV est à l'étude. Voir l'Appendice II/Y.1541 pour plus de détails.

NOTE 3 – Cette valeur dépend de la capacité de liaisons entre réseaux. De très petites variations sont possibles lorsque toutes les capacités sont supérieures au débit primaire (T1 ou E1), ou lorsque les champs d'informations de paquet en concurrence sont plus petits que 1500 octets (voir l'Appendice IV/Y.1541).

NOTE 4 – Les objectifs de classes 0 et 1 pour le taux IPLR sont partiellement établis sur la base d'études montrant que les applications vocales et codecs vocaux de haute qualité ne seront pratiquement pas affectés par un taux IPLR égal à  $10^{-3}$ .

NOTE 5 – Cette valeur garantit que la perte de paquets est la principale source de défauts présentée aux couches supérieures. Cette valeur peut être atteinte avec le transport IP sur ATM.



## SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

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