



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**Y.1540**

(12/2002)

SÉRIE Y: INFRASTRUCTURE MONDIALE DE  
L'INFORMATION ET PROTOCOLE INTERNET

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

---

**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.1540

---

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE Y  
INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION ET PROTOCOLE INTERNET

INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION	
Généralités	Y.100–Y.199
Services, applications et intergiciels	Y.200–Y.299
Aspects réseau	Y.300–Y.399
Interfaces et protocoles	Y.400–Y.499
Numérotage, adressage et dénomination	Y.500–Y.599
Gestion, exploitation et maintenance	Y.600–Y.699
Sécurité	Y.700–Y.799
Performances	Y.800–Y.899
ASPECTS RELATIFS AU PROTOCOLE INTERNET	
Généralités	Y.1000–Y.1099
Services et applications	Y.1100–Y.1199
Architecture, accès, capacités de réseau et gestion des ressources	Y.1200–Y.1299
Transport	Y.1300–Y.1399
Interfonctionnement	Y.1400–Y.1499
<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

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

## **Recommandation UIT-T Y.1540**

### **Service de communication de données par protocole Internet – Paramètres de performance pour le transfert de paquets IP et la disponibilité de ce service**

#### **Résumé**

La présente Recommandation définit les paramètres qui peuvent servir à spécifier et à évaluer les performances en termes de rapidité, de précision, de sûreté de fonctionnement et de disponibilité du transfert de paquets IP dans le service international de communication de données par le protocole IP (*Internet protocol*). Les paramètres définis s'appliquent au service IP point à point de bout en bout et aux parties du réseau qui fournissent – ou contribuent à fournir – de tels services conformément aux références normatives spécifiées au paragraphe 2. Le transport en mode sans connexion est un aspect distinctif du service IP faisant l'objet de la présente Recommandation.

#### **Source**

La Recommandation Y.1540 de l'UIT-T, élaborée par la Commission d'études 13 (2001-2004) de l'UIT-T, a été approuvée le 14 décembre 2002 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

## 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.

## 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 2003

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.....	3
3	Abréviations.....	4
4	Modèle stratifié de qualité du service IP .....	5
5	Modèle générique de qualité du service IP.....	6
5.1	Eléments de réseau .....	6
5.2	Liaisons de commutateur et sections de réseau.....	7
5.3	Points de mesure et sections mesurables .....	8
5.4	Événements de référence de transfert de paquets ( <i>IPRE, IP packet transfer reference events</i> ).....	9
5.5	Résultats de transfert de paquets IP.....	11
5.5.1	Informations de routage mondial et liaisons de sortie autorisées.....	12
5.5.2	Événements correspondants .....	13
5.5.3	Remarques au sujet des définitions de résultats de transfert de paquets correct, erroné, avec perte et erratique .....	14
6	Paramètres de qualité du transfert de paquets IP .....	16
6.7	Paramètres associés au flux .....	20
7	Disponibilité du service IP .....	20
7.1	Fonction de disponibilité du service IP .....	21
7.2	Paramètres de disponibilité du service IP.....	22
	Appendice I – Considérations relatives au routage des paquets IP.....	22
	Appendice II – Terminologie secondaire concernant la variation du délai de transfert de paquets IP .....	23
	II.1 Introduction .....	23
	II.2 Définition de la variation du délai de transfert entre les paquets .....	23
	II.3 Définition de la variation du délai de transfert de paquets en un point.....	24
	II.4 Indications sur l'application des différents paramètres.....	24
	Appendice III – Paramètres associés à la capacité de flux et de débit utile.....	25
	III.1 Définition des paramètres de débit utile en protocole IP .....	25
	III.2 Mesures utilisant des sondes de débit utile.....	25
	III.2.1 Origine limitée par la destination .....	25
	III.2.2 Sonde de débit utile .....	26
	III.2.3 Paramètres de qualité des sondes .....	26
	III.2.4 Création de limites inférieures à la capacité actuellement disponible pour les applications .....	26

	<b>Page</b>
III.2.5 Questions à résoudre.....	27
Appendice IV – Essai minimal de l'état de disponibilité du service IP et d'estimation par échantillonnage des paramètres de disponibilité du service IP .....	28
IV.1 Essai minimal de l'état de disponibilité du service IP (pour les méthodes d'essai et les ensembles d'essais) .....	28
IV.2 Estimation par échantillonnage de la disponibilité du service IP.....	28
Appendice V – Données relatives aux méthodes de mesure de la performance du service IP .....	29
Appendice VI – Bibliographie .....	29
Appendice VII – Terminologie concernant l'ordre d'arrivée des paquets IP .....	30
VII.1 Introduction .....	30
VII.2 Généralités.....	30
VII.3 Définitions .....	30

## Recommandation UIT-T Y.1540

### Service de communication de données par protocole Internet – Paramètres de performance pour le transfert de paquets IP et la disponibilité de ce service

#### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation définit les paramètres qui peuvent être utilisés pour spécifier et pour évaluer les performances en termes de rapidité, de précision, de sûreté de fonctionnement et de disponibilité du transfert de paquets IP dans le service international de communication de données par le protocole IP (*Internet protocol*). Les paramètres définis s'appliquent au service IP point à point de bout en bout et aux parties du réseau qui fournissent – ou contribuent à fournir – de tels services conformément aux références normatives spécifiées au paragraphe 2. Le transport en mode sans connexion est un aspect distinctif du service IP faisant l'objet de la présente Recommandation.

Dans le cadre de la présente Recommandation, le service IP de bout en bout concerne le transfert de datagrammes IP produits par l'utilisateur (appelés dans la présente Recommandation paquets IP) entre deux serveurs terminaux spécifiés par leur adresse IP complète.

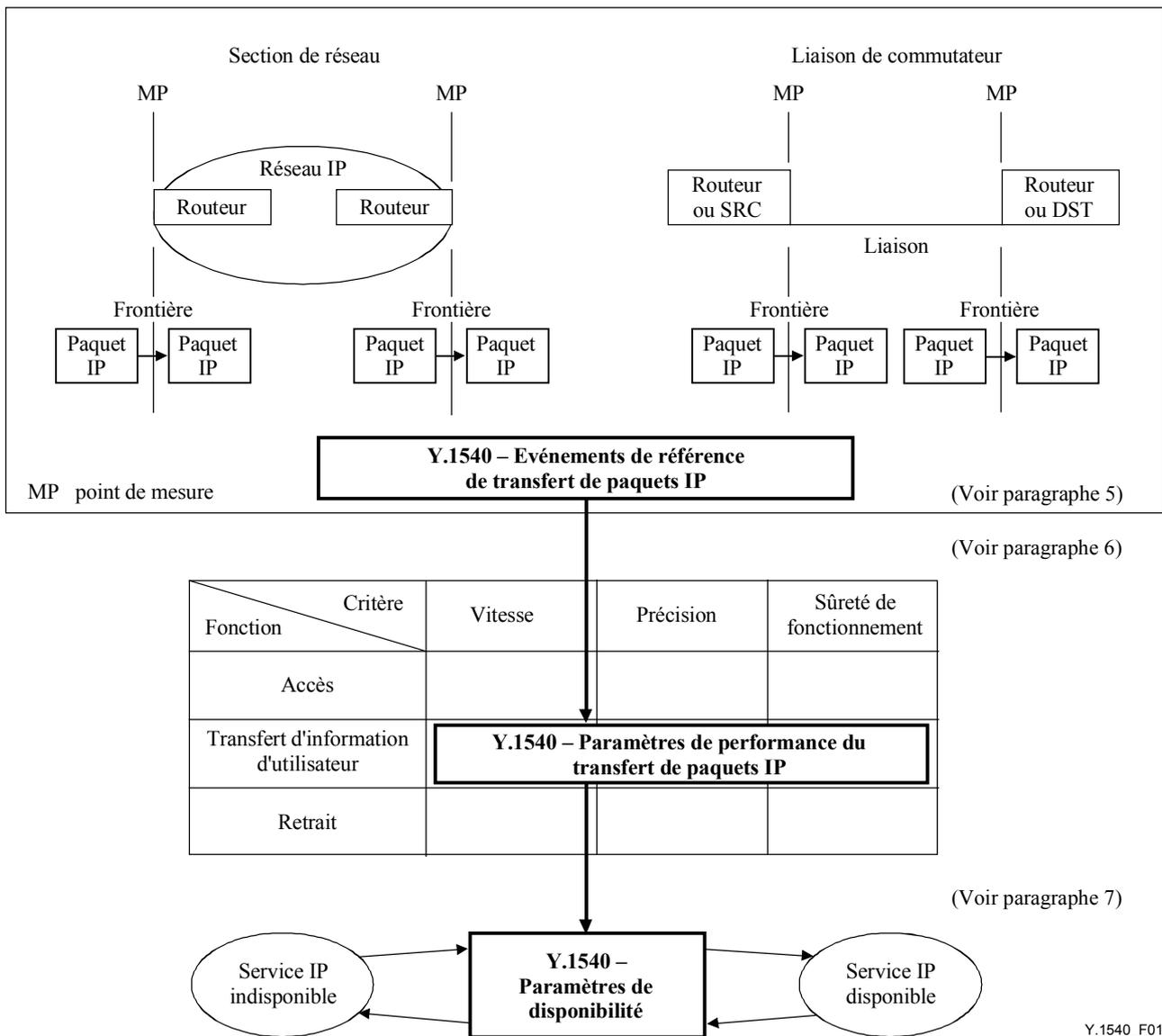
NOTE 1 – La présente Recommandation définit les paramètres qui peuvent être utilisés pour caractériser le service IP fourni au moyen de la version IPv4; l'applicabilité ou l'extension de la présente Recommandation à d'autres services IP (comme le service garanti) et à d'autres protocoles (comme IPv6, RSVP) fera l'objet d'un complément d'étude.

NOTE 2 – Les Recommandations relatives à la qualité du service IP point à multipoint feront l'objet d'un complément d'étude.

Les paramètres de performance indiqués dans la présente Recommandation sont destinés à servir à la planification et à l'offre du service IP international. Les utilisateurs prévus de la présente Recommandation sont en particulier les fournisseurs de services IP, les constructeurs d'équipements IP et leurs utilisateurs terminaux. La présente Recommandation peut être utilisée par les fournisseurs de services pour la planification, le développement et l'évaluation d'un service IP répondant aux besoins qualitatifs de l'utilisateur. Elle peut être utilisée par les constructeurs d'équipements en tant qu'informations sur la performance ayant une incidence sur la conception des équipements; et par les utilisateurs terminaux pour évaluer la qualité du service IP.

Le domaine d'application de la présente Recommandation est résumé dans la Figure 1. Les paramètres de performance du service IP sont définis sur la base des événements de référence lors du transfert de paquets IP, qui peuvent être observés aux points de mesure (MP, *measurement point*) associés à des frontières fonctionnelles et topographiques spécifiées. Aux fins de la comparabilité et de la complétude, la qualité de service IP est considérée dans le contexte de la matrice de qualité 3 × 3 qui est définie dans la Rec. UIT-T I.350. Ces fonctions de communication indépendantes du protocole sont désignées comme suit dans la matrice: accès, transfert des informations d'utilisateur et retrait. Chaque fonction est considérée par rapport à trois qualités générales de fonctionnement (ou "critères de performance"): rapidité, précision et sûreté de fonctionnement. Un modèle associé à deux états offre une base pour décrire la disponibilité du service IP.

NOTE 3 – Dans la présente Recommandation, la fonction de transfert des informations d'utilisateur, illustrée à la Figure 1, se rapporte au transfert demandé de tout paquet IP, quel que soit son type de contenu.



**Figure 1/Y.1540 – Domaine d'application de la présente Recommandation**

Les paramètres de performance définis dans la présente Recommandation décrivent la rapidité, la précision, la sûreté de fonctionnement et la disponibilité du transfert de paquets IP fourni par le service de communication de données par protocole IP. De futures Recommandations UIT-T pourront être élaborées afin de définir des méthodes de mesure normalisées des paramètres de performance Y.1540 dans un contexte international. La qualité des services internationaux IP de bout en bout offrant des fonctions d'accès et de retrait (comme le service de nom de domaine) et celle des capacités de transport dans les couches supérieures (comme le protocole de commande de transmission) pourront faire l'objet de Recommandations distinctes.

La présente Recommandation est structurée comme suit. Le paragraphe 1 spécifie son domaine d'application. Le paragraphe 2 spécifie ses références normatives. Le paragraphe 3 donne une liste d'abréviations. Le paragraphe 4 décrit le modèle stratifié qui crée le contexte pour la spécification de la qualité du service IP. Le paragraphe 5 définit le modèle utilisé pour la qualité IP, y compris les sections du réseau et les points de mesure, les événements de référence et leurs résultats. Le paragraphe 6 utilise ce modèle pour définir des paramètres de qualité du transfert de paquets IP. Le paragraphe 7 définit ensuite les paramètres de disponibilité du service IP. L'Appendice I décrit les considérations relatives au routage des paquets IP et leurs effets sur la qualité de transfert. L'Appendice II développe une terminologie secondaire concernant la variation du délai de transfert

des paquets IP. L'Appendice III décrit certaines techniques permettant d'évaluer la capacité en termes de flux et de débit utile du service IP. L'Appendice IV décrit l'estimation de la disponibilité du service IP. L'Appendice V présente des considérations sur le mesurage des paramètres Y.1540. Finalement, l'Appendice VI fournit une bibliographie et l'Appendice VII décrit la terminologie concernant l'ordre d'arrivée des paquets.

NOTE 4 – Les paramètres Y.1540 pourront être augmentés ou modifiés sur la base d'une étude complémentaire des exigences à prendre en charge pour les applications IP (comme l'interactivité, les blocs, les flux).

NOTE 5 – Les paramètres Y.1540 de rapidité, précision et sûreté de fonctionnement visent à caractériser le service IP dans l'état de disponibilité.

NOTE 6 – Les paramètres définis dans la présente Recommandation peuvent s'appliquer à un unique service IP de bout en bout entre deux serveurs terminaux désignés par leur adresse IP. Ces paramètres peuvent également être appliqués aux paquets IP issus d'un service IP de bout en bout déterminé et offerts à un réseau donné ou à une liaison de commutateur donnée.

NOTE 7 – Les paramètres Y.1540 visent à caractériser la qualité du service fourni par des éléments de réseau entre des frontières de section spécifiées. Les utilisateurs de la présente Recommandation doivent toutefois tenir compte du fait que des éléments de réseau extérieurs aux frontières spécifiées peuvent parfois influencer la performance de ces éléments, mesurée entre ces frontières. Des exemples en sont donnés dans l'Appendice V.

NOTE 8 – Les paramètres définis dans la présente Recommandation peuvent également être appliqués à tout sous-ensemble des paquets IP offerts à un ensemble donné d'équipement de réseau. Les méthodes permettant de calculer la performance globale d'un ensemble d'équipements de réseau ou d'un réseau entier sont hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

NOTE 9 – La présente Recommandation ne fournit pas les outils permettant de caractériser explicitement la stabilité du routage. Les effets de l'instabilité de routage peuvent cependant être quantifiés au moyen des paramètres de perte et de délai définis dans la présente Recommandation. Voir l'Appendice I.

NOTE 10 – La spécification d'objectifs numériques de performance pour une partie ou l'ensemble des paramètres de qualité Y.1540 figure dans la Rec. UIT-T Y.1541.

NOTE 11 – Le mot "provisoire", tel qu'il est utilisé dans la présente Recommandation, signifie qu'il existe un accord sur la stabilité de la valeur référencée, mais que la valeur peut être modifiée après un complément d'étude ou en fonction de l'exploitation réelle du réseau.

## 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 I.350 (1993), *Aspects généraux relatifs à la qualité de service et à la performance des réseaux numériques, y compris les RNIS*.
- Recommandation UIT-T Y.1541 (2002), *Objectifs de qualité de fonctionnement pour les services en mode IP*.
- IETF RFC 791 (1981), *Internet Protocol (IP), DARPA Internet program protocol specification (Protocole Internet (IP), Spécification du protocole du programme Internet de l'agence DARPA)*.

### 3 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

ATM	mode de transfert asynchrone ( <i>asynchronous transfer mode</i> )
DSCP	point de code des services différenciés ( <i>differentiated services code-point</i> )
DST	serveur de destination ( <i>destination host</i> )
EL	liaison de commutateur ( <i>exchange link</i> )
ER	routeur de bord ( <i>edge router</i> )
FTP	protocole de transfert de fichiers ( <i>file transfer protocol</i> )
HTTP	protocole de transfert hypertexte ( <i>hypertext transfer protocol</i> )
IETF	Groupe de travail d'ingénierie Internet ( <i>Internet engineering task force</i> )
IP	protocole Internet ( <i>Internet protocol</i> )
IPDV	variation du délai de transfert de paquets IP ( <i>IP packet delay variation</i> )
IPER	taux d'erreur sur les paquets IP ( <i>IP packet error ratio</i> )
IPLR	taux de perte de paquets IP ( <i>IP packet loss ratio</i> )
IPOT	débit utile de paquets IP en octets ( <i>octet-based IP packet throughput</i> )
IPPT	débit utile de paquets IP ( <i>IP packet throughput</i> )
IPRE	événement de référence de transfert de paquets IP ( <i>IP packet transfer reference event</i> )
IPSLBR	taux dans un bloc de perte grave de paquets IP ( <i>IP packet severe loss block ratio</i> )
IPTD	délat de transfert de paquets IP ( <i>IP packet transfer delay</i> )
ISP	fournisseur de services Internet ( <i>Internet service provider</i> )
LL	couches inférieures (protocoles et techniques prenant en charge la couche IP) ( <i>lower layers</i> )
M <sub>av</sub>	nombre minimal de paquets recommandé pour évaluer l'état de disponibilité ( <i>the minimum number of packets recommended for assessing the availability state</i> )
MP	point de mesure ( <i>measurement point</i> )
MTBISO	temps moyen entre interruptions du service IP ( <i>mean time between IP service outages</i> )
MTTISR	temps moyen jusqu'à restauration du service IP ( <i>mean time to IP service restoral</i> )
N	nombre de paquets dans un échantillon de débit de taille N
NS	section de réseau ( <i>network section</i> )
NSE	ensemble de sections de réseau ( <i>network section ensemble</i> )
NSP	fournisseur de services de couche Réseau ( <i>network service provider</i> )
PDH	hiérarchie numérique plésiochrone ( <i>plesiochronous digital hierarchy</i> )
PIA	pourcentage de disponibilité du service IP ( <i>percent IP service availability</i> )
PIU	pourcentage d'indisponibilité du service IP ( <i>percent IP service unavailability</i> )
pkt	datagramme IP (paquet IP) ( <i>IP datagram</i> ) ( <i>IP packet</i> )
QS	qualité de service
R	routeur

RFC	demande de commentaires ( <i>request for comments</i> )
RSVP	protocole de réservation de ressource ( <i>resource reservation protocol</i> )
RTP	protocole de transport en temps réel ( <i>real-time transport protocol</i> )
SDH	hiérarchie numérique synchrone ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
SRC	serveur d'origine ( <i>source host</i> )
STD	norme standard
T <sub>av</sub>	durée minimale de disponibilité ou d'indisponibilité IP ( <i>minimum length of time of IP availability; minimum length of time of IP unavailability</i> )
TCP	protocole de commande de transmission ( <i>transmission control protocol</i> )
T <sub>max</sub>	délai maximal de paquet IP au-delà duquel le paquet est déclaré perdu ( <i>maximum IP packed delay beyond which the packet is declared to be lost</i> )
ToS	type de service ( <i>type of service</i> )
T <sub>s</sub>	temps définissant le bloc en cas de perte grave ( <i>length of time defining the block in the severe loss block outcome</i> )
TTL	durée de vie ( <i>time to live</i> )
UDP	protocole datagramme d'utilisateur ( <i>user datagram protocol</i> )
UIT-T	Union internationale des télécommunications – Secteur de la normalisation des télécommunications

#### 4 Modèle stratifié de qualité du service IP

La Figure 2 illustre la nature stratifiée de la qualité du service IP. La qualité offerte aux utilisateurs du service IP dépend de la performance d'autres couches:

- celle des couches inférieures fournissant (via des "liaisons") 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. Les liaisons peuvent mettre en œuvre plusieurs sortes de techniques comme le mode ATM, le relais de trames, la hiérarchie SDH, la hiérarchie PDH, les RNIS et les lignes louées. Il peut y avoir plusieurs couches de protocoles et de services au-dessous de la couche IP et ces couches peuvent, finalement, faire appel à divers types de supports physiques;
- 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.

NOTE 1 – Le paragraphe 5 définit le modèle de qualité de service IP et définit plus précisément les termes clés utilisés dans ce modèle stratifié.

NOTE 2 – Les interactions qualitatives entre ces couches feront l'objet d'une étude complémentaire.

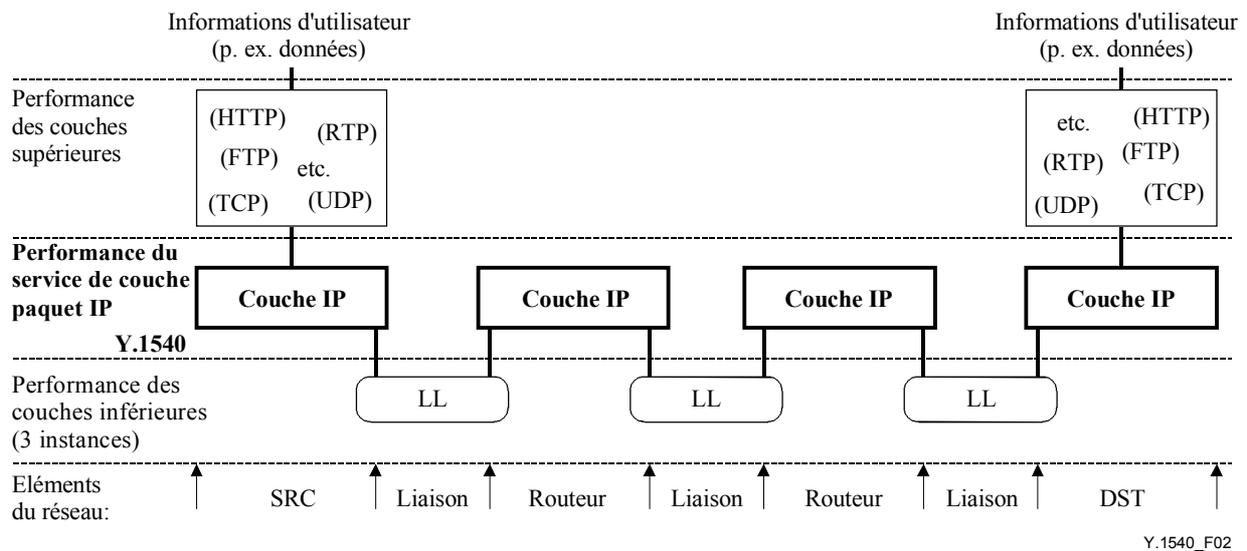


Figure 2/Y.1540 – Modèle stratifié de qualité du service IP – Exemple

## 5 Modèle générique de qualité du service IP

Le présent paragraphe définit un modèle générique de qualité du service IP. Ce modèle se compose essentiellement de deux types de section: la liaison de commutateur et la section de réseau, qui sont définies au § 5.2. Elles constituent les blocs de construction qui permettent de représenter tout service IP de bout en bout. Chacun des paramètres de qualité définis dans la présente Recommandation peut être appliqué au transfert dans un seul sens de paquets IP sur une section ou sur une série de sections concaténées.

Le § 5.4 spécifie l'ensemble des événements de référence de type transfert de paquets IP qui forment la base de la définition des paramètres de qualité. Ces événements de référence sont déduits des définitions appropriées du service et du protocole IP, auxquelles ils sont conformes. Le § 5.5 utilise ensuite ces événements de référence pour énumérer les résultats possibles lorsqu'un paquet est acheminé dans une section.

NOTE – L'incorporation, dans la Rec. UIT-T I.353, de tout ou partie du modèle de qualité et des événements de référence Y.1540 fera l'objet d'un complément d'étude.

### 5.1 Éléments de réseau

**5.1.1 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).

**5.1.2 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.

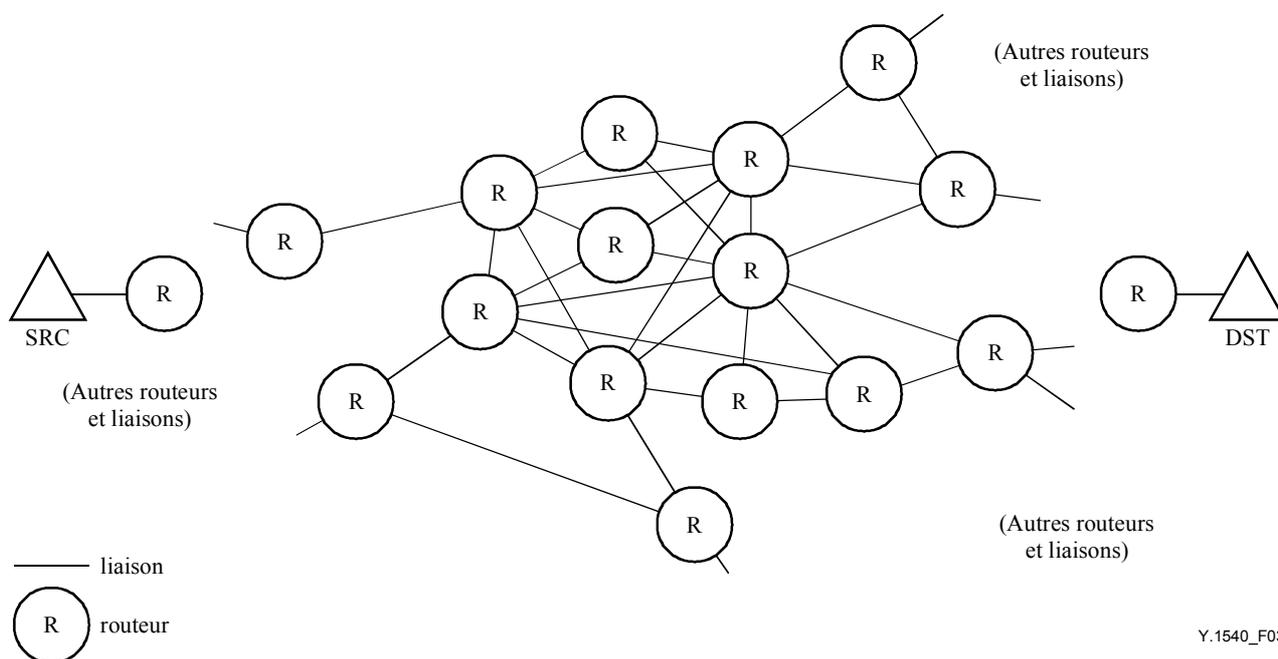
**5.1.3 serveur d'origine (SRC, *source host*):** serveur désigné par une adresse IP complète qui émet les paquets IP de bout en bout. En général, un serveur peut posséder plusieurs adresses IP; cependant, un serveur d'origine est associé à une unique adresse IP. Les serveurs d'origine émettent également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

**5.1.4 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.

**5.1.5 liaison:** connexion (physique ou virtuelle) point à point qui est utilisée pour transporter des paquets IP entre une paire de serveurs. Elle ne comporte pas de parties de serveur ni d'autres serveurs. Elle fonctionne au-dessous de la couche IP. Par exemple, une liaison peut être une ligne louée ou une connexion logique appliquée dans un réseau de type Ethernet, dans un réseau à relais de trames, dans un réseau en mode ATM ou dans toute autre technique de réseau fonctionnant au-dessous de la couche IP.

La Figure 3 décrit les éléments de réseau correspondant au service IP entre un serveur SRC et un serveur DST. Les liaisons, qui peuvent être des connexions téléphoniques, des lignes louées, des anneaux ou des réseaux, 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 3/Y.1540 – Eléments de réseau IP**

## 5.2 Liaisons de commutateur et sections de réseau

### 5.2.1 Liaison de commutateur (EL, *exchange link*): liaison reliant:

- 1) un serveur d'origine ou de destination à son serveur adjacent (par exemple un routeur), éventuellement dans une autre zone topographique que l'on désigne parfois par le terme de liaison d'accès, de liaison d'entrée ou de liaison de sortie;
- 2) un routeur dans une section de réseau donnée avec un routeur dans une autre section de réseau.

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 "liaison de commutateur" a plus ou moins le même sens que le terme "exchange" (commutateur) défini dans la norme RFC 2330.

**5.2.2 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 liaisons 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 liaisons de commutateur.

NOTE – L'expression "section de réseau" a plus ou moins le même sens que le 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.

**5.2.3 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.

**5.2.4 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 4 montre la connexité de réseau correspondant à un service IP entre un serveur SRC et un serveur DST. Aux frontières de chaque section de réseau, des routeurs d'accès reçoivent et émettent des paquets en passant par des liaisons de commutateur.

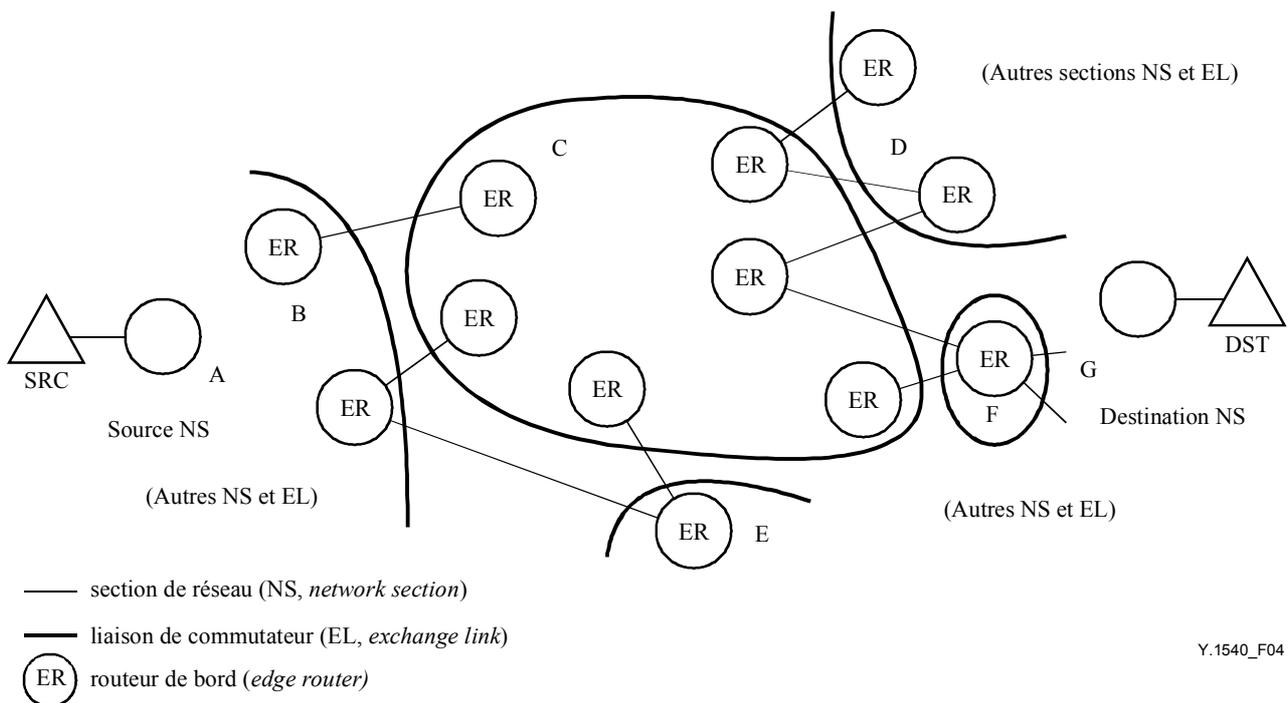


Figure 4/Y.1540 – Connexion de réseau IP

### 5.3 Points de mesure et sections mesurables

**5.3.1 point de mesure (MP, measurement point):** frontière entre un serveur et une liaison adjacente, au niveau de laquelle il est possible d'observer et de mesurer des événements de référence concernant la performance. Conformément à la Rec. UIT-T I.353, les protocoles Internet normalisés

peuvent être observés aux points de mesure IP. La Rec. UIT-T I.353 donne d'autres informations sur les points de mesure pour services numériques.

NOTE – L'emplacement exact d'un point de mesure du service IP dans la pile protocolaire IP fera l'objet d'un complément d'étude.

Une section ou une combinaison de sections est mesurable si elle est délimitée par un ensemble de points de mesure. Dans la présente Recommandation, les sections suivantes sont mesurables.

**5.3.2 section de base:** liaison de commutateur ou section de réseau, serveur SRC ou DST. Les sections de base sont délimitées par des points de mesure.

La performance d'une liaison de commutateur ou d'une section de réseau quelconque est mesurable par rapport à tout service IP de bout en bout dans un seul sens. Les *points de mesure d'entrée* constituent l'ensemble des points de mesure traversés par des paquets issus du service et pénétrant dans une section de base. Les *points de mesure de sortie* constituent l'ensemble des points de mesure traversés par des paquets issus du service et quittant une section de base.

**5.3.3 réseau IP de bout en bout:** ensemble constitué de la liaison de commutateur et de la section de réseau qui assure le transport de paquets IP émis par un serveur SRC vers un serveur DST. Les points de mesure qui délimitent le réseau IP de bout en bout sont ceux qui sont délimitent les serveurs SRC et DST.

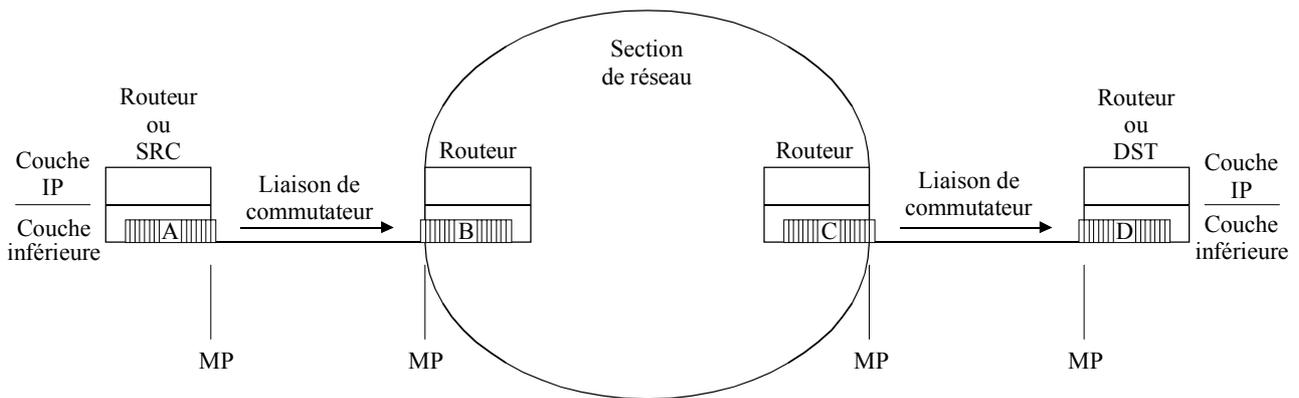
La performance d'un réseau IP de bout en bout est mesurable par rapport à tout service IP de bout en bout dans un seul sens. Les *points de mesure d'entrée* constituent l'ensemble des points de mesure traversés par des paquets issus du service et pénétrant dans un réseau de bout en bout au niveau du serveur SRC. Les *points de mesure de sortie* constituent l'ensemble des points de mesure traversés par des paquets issus du service et quittant un réseau de bout en bout au niveau du serveur DST.

**5.3.4 ensemble de sections de réseau (NSE, *network section ensemble*):** tout sous-ensemble de sections de réseau connectées avec toutes les liaisons de commutateur qui les interconnectent. Le terme *NSE* peut se rapporter à une seule section de réseau, à deux ou à un nombre quelconque de sections de réseau, avec leurs liaisons de commutateur connexes. Des paires d'ensembles NSE distincts sont connectées par des liaisons de commutateur. Le terme *NSE* peut également servir à représenter l'ensemble d'un réseau IP de bout en bout. Les ensembles NSE sont délimités par des points de mesure.

La performance d'un ensemble NSE quelconque est mesurable par rapport à tout service IP de bout en bout dans un seul sens. Les *points de mesure d'entrée* constituent l'ensemble des points de mesure traversés par des paquets issus du service et pénétrant dans un ensemble NSE. Les *points de mesure de sortie* constituent l'ensemble des points de mesure traversés par des paquets issus du service et quittant un ensemble NSE.

#### **5.4 Événements de référence de transfert de paquets (IPRE, *IP packet transfer reference events*)**

Dans le contexte de la présente Recommandation, la définition suivante s'applique à un service IP de bout en bout spécifique. Les termes définis sont illustrés par la Figure 5.



NOTE 1 – Événements de sortie IP pour paquets A et C.

NOTE 2 – Événements d'entrée IP pour paquets B et D.

Y.1540\_F05

**Figure 5/Y.1540 – Exemple d'événements de référence de transfert de paquets IP**

Un événement de transfert de paquets IP se produit:

- lorsqu'un paquet IP traverse un point de mesure (MP);
- lorsque l'application à un paquet des procédures IP normalisées permet de vérifier que la somme de contrôle d'en-tête est valide;
- lorsque les champs d'adresse d'origine et de destination, contenus dans l'en-tête de paquet IP, représentent les adresses IP des serveurs SRC et DST prévus.

NOTE – L'en-tête de paquet IP contient des informations, y compris le type de service (ToS, *type of service*) ou le point de code des services différenciés (DSCP, *differentiated services code-point*). La mesure dans laquelle ces informations pourraient affecter la qualité de transfert de paquets fera l'objet d'un complément d'étude.

Les événements de référence de transfert de paquets sont définis sans tenir compte de la fragmentation des paquets. Ils se produisent à chaque traversée de point MP par un paquet IP, quelle que soit la valeur contenue dans le "fanion de fragments supplémentaires".

Quatre types d'événements de transfert de paquets IP sont définis comme suit:

**5.4.1 événement d'entrée de paquet IP dans un serveur:** un événement d'entrée de paquet IP dans un serveur se produit lorsqu'un paquet IP traverse un point de mesure pour pénétrer dans un serveur (routeur NS ou DST) en provenance de la liaison de commutateur connexe.

**5.4.2 événement de sortie de paquet IP d'un serveur:** un événement de sortie de paquet IP d'un serveur se produit lorsqu'un paquet IP traverse un point de mesure pour sortir d'un serveur (routeur NS ou SRC) en direction de la liaison de commutateur connexe.

**5.4.3 événement d'entrée de paquet IP dans une section de base ou dans un ensemble NSE:** un événement d'entrée de paquet IP dans une section de base ou dans un ensemble NSE se produit lorsqu'un paquet IP traverse un point de mesure d'entrée pour pénétrer dans une section de base ou dans un ensemble NSE.

**5.4.4 événement de sortie de paquet IP hors d'une section de base ou d'un ensemble NSE:** un événement de sortie de paquet IP hors d'une section de base ou d'un ensemble NSE se produit lorsqu'un paquet IP traverse un point de mesure de sortie pour sortir d'une section de base ou d'un ensemble NSE.

NOTE 1 – Les événements d'entrée et de sortie de paquet IP représentent toujours, respectivement, l'entrée dans un serveur et la sortie d'un serveur. Les événements d'entrée et de sortie de paquet IP représentent toujours l'entrée dans une section ou dans un ensemble NSE ou la sortie hors d'une section ou d'un ensemble NSE. Pour illustrer ce point, on notera que l'entrée dans une liaison de commutateur crée un événement de

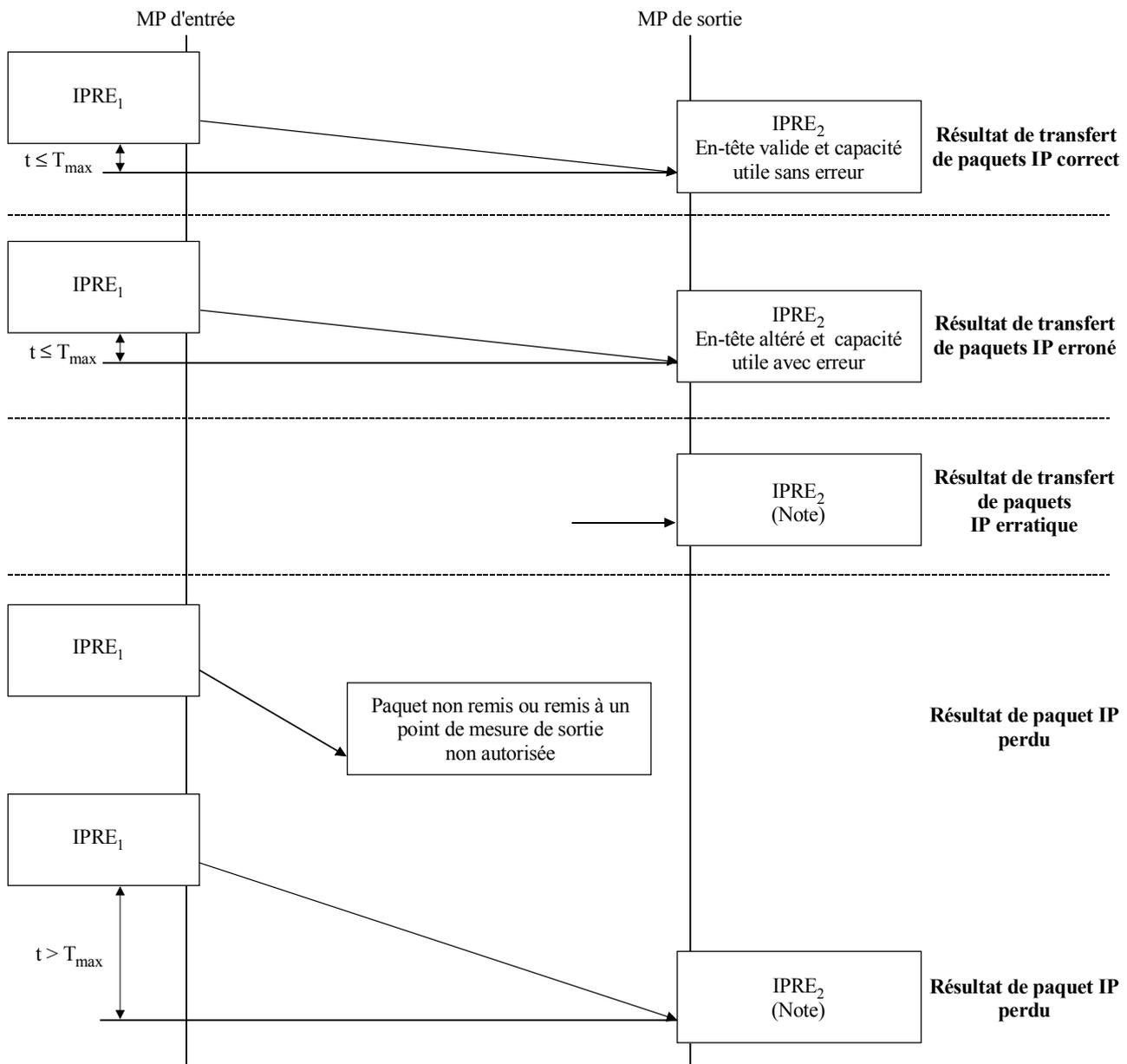
sortie hors du serveur précédent, alors qu'une entrée dans une section de réseau est un événement d'entrée parce que, par définition, une section de réseau est toujours délimitée par des serveurs.

NOTE 2 – Aux fins des mesurages proprement dits, les événements de référence de transfert de paquets IP ne doivent pas nécessairement être observés à l'intérieur de la pile protocolaire IP du serveur. En revanche, l'instant d'apparition de ces événements de référence peut être approché par l'observation de la traversée d'une interface physique associée par des paquets IP. Il convient cependant que cette interface physique soit aussi proche que possible du point de mesure souhaité. Si les événements de référence sont surveillés à l'interface physique, l'instant d'apparition d'un événement de sortie de serveur sera approché par l'observation de l'arrivée du premier bit du paquet IP en provenance du serveur ou de l'équipement d'essai. L'instant d'apparition d'un événement d'entrée dans un serveur est approché par l'observation du dernier bit du paquet IP allant vers le serveur ou vers l'équipement d'essai.

## **5.5 Résultats de transfert de paquets IP**

A la suite des événements de référence de transfert de paquets IP, un certain nombre de résultats possibles de transfert IP peuvent être définis pour tout paquet tentant de traverser une section de base ou un ensemble NSE. Un paquet IP émis est soit *transféré normalement*, *erroné*, ou *perdu*. Un paquet IP qui a été remis alors qu'aucun paquet IP correspondant n'a été envoyé est considéré comme *erratique*. La Figure 6 illustre les résultats de transfert de paquets IP.

Les définitions des résultats de transfert de paquets IP sont fondées sur les concepts de *points de mesure d'entrée autorisée*, de *points de mesure de sortie autorisée* et de *paquets correspondants*.



Y.1540\_F06

NOTE – Le résultat du transfert est indépendant du contenu des paquets IP.

**Figure 6/Y.1540 – Résultats de transfert de paquets IP**

### 5.5.1 Informations de routage mondial et liaisons de sortie autorisées

Théoriquement, dans un réseau IP connecté, un paquet peut être remis à tout routeur, à toute section de réseau ou à tout ensemble NSE sans que cela empêche qu'il arrive à sa destination. Les informations de routage mondial définissent cependant un ensemble restreint d'adresses de destination que chaque réseau (ou système autonome) est désireux et capable de desservir pour le compte de la section de réseau qui lui est adjacente. Il est logique de penser que (dans le cas le moins favorable), une section de réseau ignorera complètement les paquets dont l'adresse de destination a fait l'objet d'une annonce d'incapacité (ou de réticence) de desserte de la part de la section de réseau. Tous les paquets IP (et leurs fragments) quittant une section de base ne devront donc être réexpédiés que vers d'autres sections de base, selon *autorisation* par les informations de routage mondial disponibles.

Aux fins de la qualité de service, le transport d'un paquet IP par un ensemble NSE ne sera considéré comme correct que si cet ensemble NSE réexpédie tout le contenu des paquets vers d'autres sections

de base, selon autorisation par les informations de routage mondial actuellement disponibles. Si l'adresse de destination correspond à un serveur rattaché directement à cet ensemble NSE, la seule sortie autorisée et le seul transport IP correct sont une réexpédition vers le serveur de destination.

NOTE 1 – Les procédures IP comprennent la mise à jour des informations de routage mondial. Une section de réseau qui était autorisée peut ne plus l'être à la suite d'une mise à jour des informations de routage partagées entre sections de réseau. En variante, une section de réseau qui jusque là n'était pas autorisée peut être devenue autorisée à la suite d'une mise à jour des informations de routage mondial.

NOTE 2 – Les informations de routage peuvent être complétées d'informations relatives à la convenance relative de chacune des liaisons de sortie autorisées. Les implications qualitatives de ces informations additionnelles feront l'objet d'un complément d'étude.

A un moment donné et par rapport à un service IP de bout en bout donné et à une section de base ou un ensemble NSE donné:

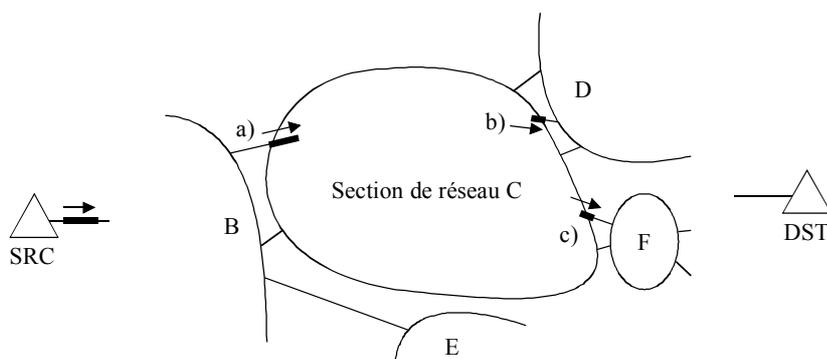
- un point de mesure d'entrée est un *point de mesure d'entrée autorisée* si le passage par ce point de mesure est autorisé par les informations de routage mondial pour pénétrer dans cette section de base;
- un point de mesure de sortie est un *point de mesure de sortie autorisée* si le passage par ce point de mesure est autorisé par les informations de routage mondial pour pénétrer dans une autre section de base.

### 5.5.2 Événements correspondants

L'analyse de performance oblige à associer les paquets passant par un point de mesure aux paquets qui sont passés par un autre point de mesure. Le routage sans connexion implique qu'un paquet puisse sortir d'une section de base en passant par tout point de mesure appartenant à un ensemble de plusieurs (éventuels) points de mesure de sortie autorisée. La fragmentation des paquets implique qu'un paquet pénétrant dans une section de base puisse se fragmenter pour quitter cette section et entrer dans (éventuellement) plusieurs autres sections de base. Finalement, le routage IP en mode sans connexion peut même renvoyer un paquet ou un fragment dans une section de base qu'il a déjà traversée (éventuellement en raison de la mise à jour de tables de routage).

Un événement de sortie IP est dit *correspondre* à un événement d'entrée antérieur si ces deux événements ont été créés par le "même" paquet IP. Ce concept s'applique sans considération du fait que le paquet situé au point de mesure de sortie est le paquet entier ou seulement un fragment du paquet original. La Figure 7 illustre un cas où un paquet entre dans la section de réseau C en provenance de la section de réseau B puis est fragmenté en deux parties dans la section de réseau C. Un des deux fragments est envoyé à la section de réseau D et l'autre est envoyé à la section de réseau F. Ces deux événements de sortie *correspondent* à l'événement d'entrée isolé. Pour éviter une confusion due à des paquets pénétrant de nouveau dans l'ensemble NSE, ce concept de *correspondance* nécessite également qu'il s'agisse de la première fois que ce contenu particulier a quitté l'ensemble NSE (depuis son entrée).

La détermination concrète de la correspondance éventuelle d'événements de référence IP est habituellement effectuée *ad hoc*. Elle se fonde souvent sur l'examen des adresses IP, des informations de routage mondial, du champ d'identification de paquet IP d'autres informations d'en-tête et du contenu des paquets IP.



Un paquet IP provenant du serveur SRC et allant vers le serveur DST pénètre dans la section du réseau C, crée un événement d'entrée, est fragmenté puis crée deux événements de sortie correspondants, b) et c).

Y.1540\_F07

**Figure 7/Y.1540 – Événements correspondants lorsqu'une fragmentation se produit**

### 5.5.3 Remarques au sujet des définitions de résultats de transfert de paquets correct, erroné, avec perte et erratique

Chacune des définitions suivantes, concernant un résultat individuel de transfert de paquets, est fondée sur l'observation d'événements de référence IP à des points de mesure IP. Après sélection des points de mesure IP appropriés, chaque définition peut être utilisée pour évaluer la qualité d'une liaison de commutateur particulière, d'une section de réseau particulière ou d'un ensemble NSE particulier. Ces définitions peuvent être appliquées à la performance du service de bout en bout.

Ces résultats sont définis sans limitation à un type de paquet particulier (ToS, DSCP, protocole, etc.). La performance de service IP sera différente selon le type de paquet.

Dans chaque définition, la possibilité d'une fragmentation de paquet est prise en considération par la possibilité qu'un même événement de référence IP puisse donner lieu à plusieurs événements subséquents. Noter que si un fragment quelconque est perdu, l'ensemble du paquet original est considéré comme perdu. Si aucun fragment n'est perdu mais que certains fragments soient erronés, l'ensemble du paquet original est considéré comme erroné. Pour que la remise du paquet original soit considérée comme correcte, chaque fragment doit être correctement remis à l'une des liaisons de commutateur de sortie autorisées.

**5.5.4 résultat de transfert correct de paquet IP:** un résultat de transfert correct de paquet IP se produit lorsqu'un même événement de référence de transfert de paquets IP donne lieu, à un point de mesure d'entrée autorisée  $MP_0$ , à un ou à plusieurs événements de référence correspondants à un ou plusieurs points de mesure de sortie  $MP_i$ , ces événements intervenant tous dans une durée spécifiée  $T_{max}$  à partir de l'événement d'entrée original, et lorsque:

- 1) tous les points de mesure de sortie  $MP_i$ , auxquels les événements de référence correspondants se produisent, sont autorisés;
- 2) le contenu complet du paquet original observé au point  $MP_0$  est inclus dans le ou les paquets remis;
- 3) le contenu binaire du ou des champs d'information de paquet IP remis est exactement conforme à celui du paquet original;
- 4) le ou les champs d'en-tête du ou des paquets remis sont valides.

NOTE – La valeur de  $T_{max}$  est provisoirement fixée à 3 secondes. Certains trajets de bout en bout peuvent nécessiter une valeur plus élevée de  $T_{max}$ . La valeur de 3 secondes a été utilisée dans la pratique.

**5.5.5 résultat de transfert erroné de paquet IP:** un résultat de transfert erroné de paquet IP se produit lorsqu'un même événement de référence de transfert de paquets IP donne lieu, à un point de mesure d'entrée autorisée  $MP_0$ , à un ou à plusieurs événements de référence correspondants à un ou

plusieurs points de mesure de sortie  $MP_i$ , tous ces événements intervenant dans une durée spécifiée  $T_{max}$  à partir de l'événement de référence original, et lorsque:

- 1) tous les points de mesure de sortie  $MP_i$ , auxquels les événements de référence correspondants se produisent, sont autorisés;
- 2) le contenu complet du paquet original observé au point  $MP_0$  est inclus dans le ou les paquets remis;
- 3) soit:
  - le contenu binaire du ou des champs d'information de paquet IP remis n'est pas exactement conforme à celui du paquet original;
  - soit le ou les champs d'en-tête du ou des paquets remis sont altérés.

NOTE – La plupart des paquets à en-tête erroné qui ne sont pas détectés par la somme de contrôle d'en-tête effectuée dans la couche IP seront ignorés ou renvoyés par d'autres procédures de couche IP (par exemple sur la base d'une altération des champs d'adresse ou de type ToS/DSCP). Il en résulte qu'aucun événement de référence n'est créé pour les protocoles de couche supérieure attendant de recevoir ce paquet. Comme il n'y a pas d'événement de référence IP, ces tentatives de transfert de paquets seront considérées comme des résultats de perte de paquet. Les en-têtes erronés qui ne donnent pas lieu à une mise à l'écart ou à un renvoi seront considérés comme des résultats de transfert de paquets erroné.

**5.5.6 résultat de perte de paquet IP:** la définition d'un résultat de perte de paquet IP est fondée sur celle d'un *paquet mal acheminé*.

Un paquet mal acheminé apparaît lorsqu'un même événement de référence de transfert de paquets IP à un point  $MP_0$  d'entrée autorisée donne lieu à un ou à plusieurs événements de référence correspondants à un ou à plusieurs points de sortie  $MP_i$ , tous ces événements intervenant dans une durée spécifiée  $T_{max}$  à partir de l'événement de référence original, et quand:

- 1) le contenu complet du paquet original observé au point  $MP_0$  est inclus dans le ou les paquets remis;
- 2) un ou plusieurs des points de mesure de sortie  $MP_i$ , où les événements de référence correspondants se produisent, ne sont pas des points de mesure de sortie autorisée.

Un résultat de perte de paquet IP se produit lorsqu'un même événement de référence de paquet IP donne lieu, à un point  $MP_0$  d'entrée autorisée, à un résultat de paquet mal acheminé ou lorsqu'une partie ou la totalité du contenu de ce paquet ne donne lieu à aucun événement de référence IP à tout point MP de sortie dans la durée  $T_{max}$ .

**5.5.7 résultat de paquet IP erratique:** un résultat de paquet IP erratique de bout en bout se produit pour une section de base ou pour un ensemble NSE lorsqu'un même paquet IP donne lieu à un événement de sortie pour lequel il n'y a pas d'événement d'entrée correspondant.

**5.5.8 résultat pour un bloc de perte grave de paquet IP:** un résultat pour un bloc de perte grave de paquet IP se produit pour un bloc de paquets observés pendant un intervalle de temps  $T_s$  au point  $MP_0$  d'entrée, lorsque le nombre de paquets perdus au point  $MP_i$  de sortie par rapport au nombre total de paquets dans le bloc est supérieur à  $s1$ .

La valeur de l'intervalle de temps  $T_s$  est fixée provisoirement à 1 minute. La valeur de seuil  $s1$  est fixée provisoirement à 0,2. L'évaluation des blocs successifs (intervalles de temps) ne doit pas chevaucher.

NOTE – Ces valeurs visent à identifier des modifications du trajet IP imputables à des actualisations du routage, qui entraînent une dégradation importante de la plupart des applications d'utilisateur. Les valeurs pourront changer à l'issue de nouvelles études ou après l'obtention de nouvelles données d'expérience. Des valeurs inférieures de  $s1$  représenteraient des événements de réseau supplémentaires pouvant affecter l'utilisation d'applications dépendantes de la connectivité. De même, on pourrait établir une bonne corrélation entre une dégradation importante des applications vidéo et audio et le résultat IPSLB lorsqu'on utilise des longueurs de bloc  $T_s$  d'environ 1 seconde, valeur dont l'utilisation peut être importante à l'avenir.

Le nombre minimal de paquets à utiliser en vue d'évaluer le résultat pour un bloc de perte grave est  $M_{lb}$  et ces paquets devraient être répartis dans un intervalle  $T_s$ . La valeur de  $M_{lb}$  appelle un complément d'étude.

## 6 Paramètres de qualité du transfert de paquets IP

Le présent paragraphe définit un ensemble de paramètres de qualité du transfert d'informations par paquets IP faisant appel aux résultats de transfert de paquets IP définis au § 5.5. Tous ces paramètres peuvent être estimés sur la base d'observations faites aux points de mesure qui délimitent la section de base ou l'ensemble NSE en essai.

NOTE – Les définitions des paramètres additionnels de qualité de transfert de paquets IP (par exemple le taux de blocs de paquets IP gravement erronés) feront l'objet d'un complément d'étude.

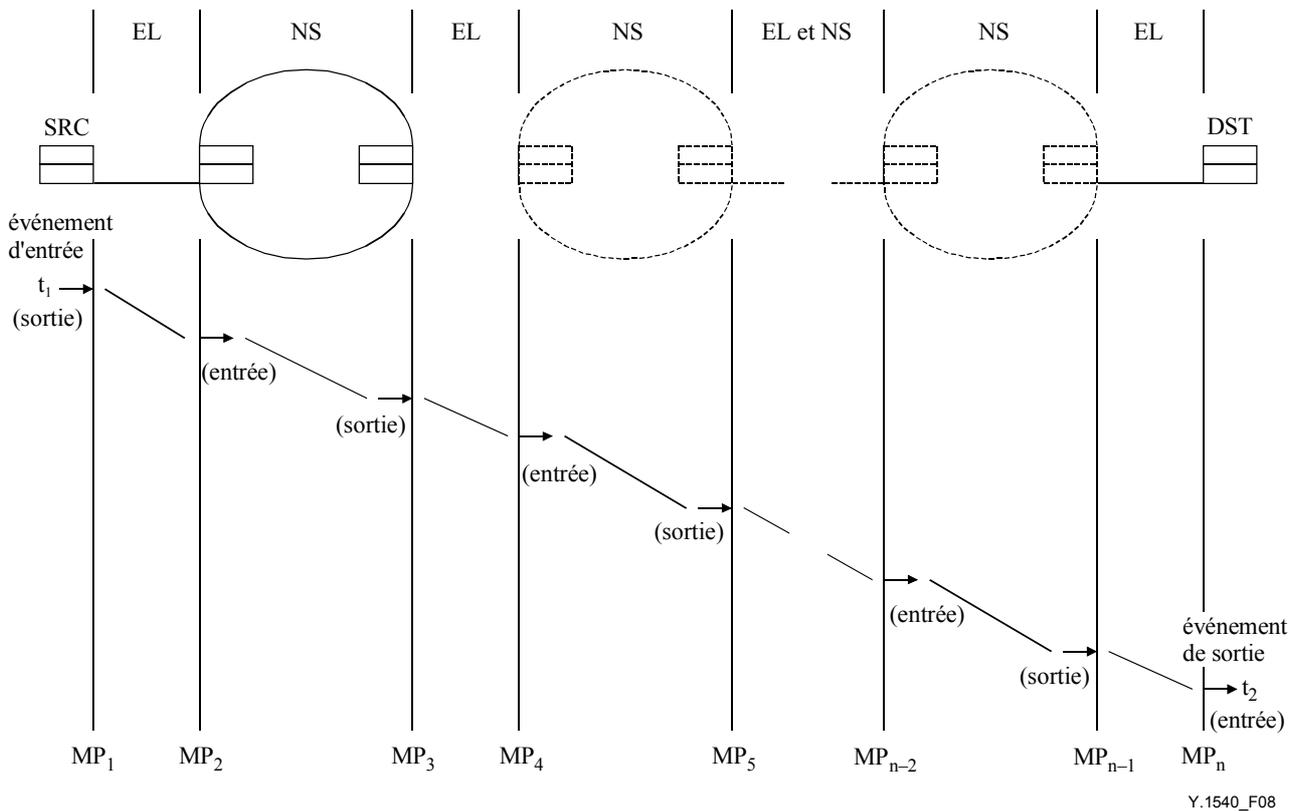
**6.1 populations considérées:** la plupart des paramètres de qualité sont définis sur des ensembles de paquets dénommés *populations considérées*. Pour le *transfert de bout en bout*, la population considérée est habituellement l'ensemble total des paquets qui sont envoyés par le serveur SRC au serveur DST. Les points de mesure sont, dans le transfert de bout en bout, ceux des serveurs SRC et DST.

Pour une section de base ou un ensemble NSE et par rapport à une paire particulière de serveurs SRC et DST, la population considérée est, à un point de mesure d'entrée autorisée particulier, l'ensemble des paquets qui sont envoyés du serveur SRC au serveur DST et qui sont acheminés vers la section de base ou l'ensemble NSE en passant par ce point de mesure particulier. Ce cas est appelé *transfert à entrée spécifique*.

La population totale considérée pour une section de base ou un ensemble NSE par rapport à une paire particulière de serveurs SRC et DST est l'ensemble total des paquets envoyés du serveur SRC au serveur DST qui sont remis à cette section de base ou à cet ensemble NSE en passant par l'un quelconque de ses points de mesure d'entrée autorisée. Ce cas est appelé *transfert indépendant de l'entrée*.

Chacun de ces paramètres de qualité de transfert IP est défini sans référence à un type de paquet particulier (ToS, DSCP, protocole, etc.). La qualité différera selon le type de paquet et toute déclaration relative à la qualité mesurée devra contenir des informations sur le ou les types de paquet qui ont été inclus dans la population.

**6.2 délai de transfert de paquets IP (IPTD, *IP packet transfer delay*):** le délai de transfert de paquets IP est défini pour tous les résultats de transfert de paquets (corrects ou erronés) de part et d'autre d'une section de base ou d'un ensemble NSE. Le délai IPTD est le temps ( $t_2 - t_1$ ) qui s'écoule entre l'apparition de deux événements de référence correspondants de transfert de paquets IP: l'événement d'entrée  $IPRE_1$  à l'instant  $t_1$  et l'événement de sortie  $IPRE_2$  à l'instant  $t_2$ , où ( $t_2 > t_1$ ) et ( $t_2 - t_1 \leq T_{max}$ ). Si le paquet est fragmenté à l'intérieur de l'ensemble NSE,  $t_2$  est l'instant de l'événement de sortie correspondant. Le délai de transfert de paquets IP de bout en bout est le délai dans un seul sens entre les points de mesure du serveur SRC et du serveur DST, comme indiqué sur la Figure 8.



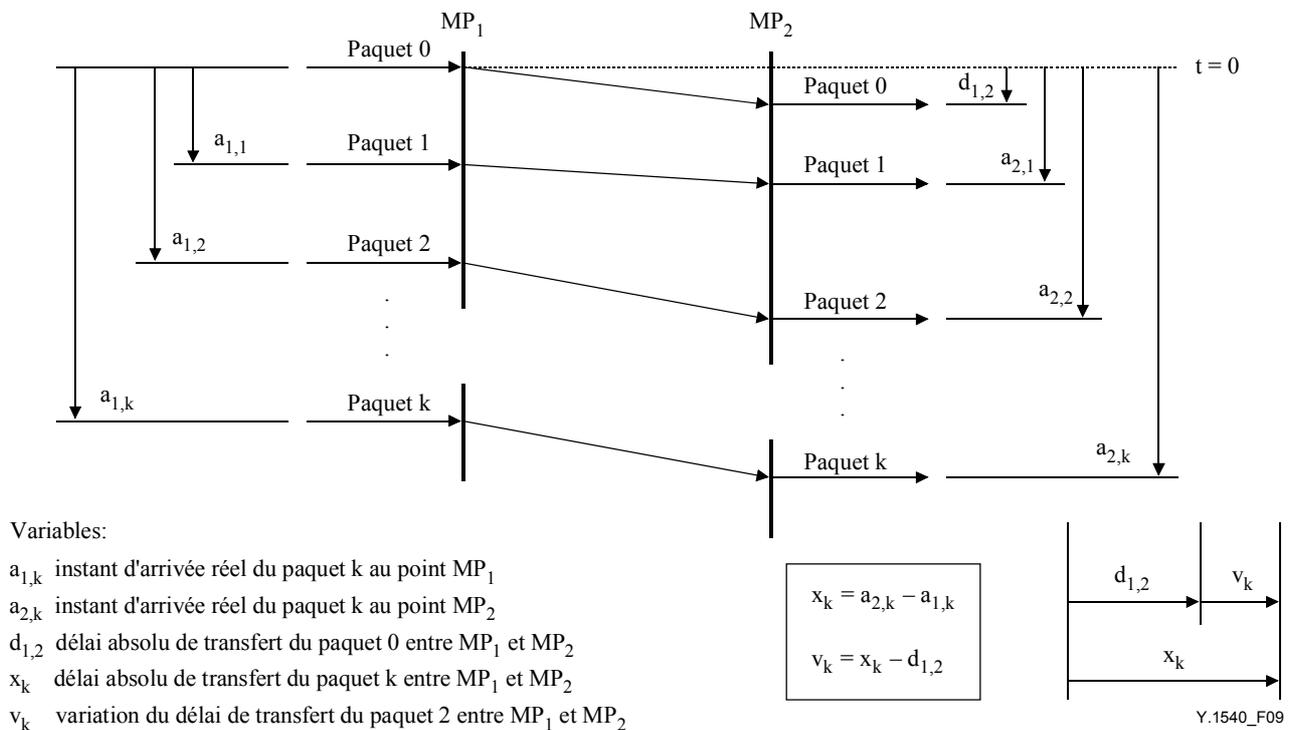
**Figure 8/Y.1540 – Événements de délai de transfert de paquets IP (illustrés pour le transfert de bout en bout d'un seul paquet IP)**

**6.2.1 délai moyen de transfert de paquets IP:** moyenne arithmétique des délais de transfert de paquets IP pour une population considérée.

**6.2.2 variation du délai de transfert de paquets IP entre deux points de bout en bout:** les variations du délai de transfert de paquets IP sont également importantes. Des applications de lecture en temps réel peuvent utiliser des informations sur l'étendue totale de la variation du délai IP afin d'éviter des sous-remplissages et des sur-remplissages de tampons. Les variations du délai IP feront croître les seuils des temporisateurs de retransmission TCP et peuvent également provoquer des délais de retransmission de paquet ou des retransmissions inutiles de paquets.

La variation du délai de transfert (IPDV) de paquets IP entre deux points de bout en bout est définie sur la base des observations d'arrivées de paquets IP correspondants à des points de mesure d'entrée et de sortie (par exemple MP<sub>DST</sub>, MP<sub>SRC</sub>). Ces observations caractérisent la variabilité de configuration des événements de référence d'arrivée de paquets IP au point de mesure de sortie par rapport à la configuration des événements de référence correspondants au point de mesure d'entrée.

La variation ( $v_k$ ) du délai de transfert d'un paquet IP  $k$  entre un serveur SRC et un serveur DST est la différence entre le temps absolu de transfert ( $x_k$ ) de ce paquet et un délai de transfert de paquets IP défini comme étant une référence  $d_{1,2}$  entre les mêmes points de mesure (voir la Figure 9:  $v_k = x_k - d_{1,2}$ ).



**Figure 9/Y.1540 – Variation du délai de transfert de paquets IP entre deux points**

Le délai de transfert de paquets IP de référence,  $d_{1,2}$ , entre les serveurs SRC et DST, est le temps absolu de transfert subi par le premier paquet IP entre ces deux points de mesure.

Des valeurs positives de la variation IPDV entre deux points correspondent à des délais de transfert de paquets IP supérieurs à ceux qui sont subis par le paquet IP de référence; des valeurs négatives de la variation IPDV entre deux points correspondent à des délais de transfert de paquets IP inférieurs à ceux qui sont subis par le paquet IP de référence. La répartition des variations IPDV entre deux points est identique à celle des délais absolus de transfert de paquets IP, après déplacement d'une constante égale à  $d_{1,2}$ .

### 6.2.2.1 Utilisation du délai minimal ou du délai de transfert moyen pour déterminer la variation du délai de transfert de paquets IP

Comme indiqué sur la Figure 9, la variation du délai de transfert d'un paquet individuel est normalement définie comme la différence entre le temps de transfert réel subi par ce paquet et un délai de transfert nominal (prévu). Au lieu d'utiliser comme délai de transfert nominal le délai de transfert du premier paquet, on peut prendre le délai de transfert moyen de l'effectif de paquets. Cette solution a pour effet de centrer sur zéro la distribution des valeurs de la variation du délai de transfert (lorsque la distribution est symétrique).

Pour analyser la fourchette de variation du délai de transfert de paquets, il est plus facile d'utiliser le paquet avec le délai de transfert minimal comme délai de transfert de référence, méthode qui est d'ailleurs reconnue.

### 6.2.2.2 Limites de la variation du délai de transfert de paquets IP fondées sur des intervalles

Pour déterminer la variation du délai de transfert de paquets IP subie par un effectif de paquets, on peut définir au préalable un intervalle de variation du délai de transfert, ( $\pm 30$  millisecondes par exemple), puis observer les pourcentages de variations du délai de transfert des différentes cellules comprises à l'intérieur ou hors de cet intervalle. Avec un intervalle de  $\pm 30$  millisecondes, les applications utilisant des tailles de mémoire tampon fixes de plus ou moins 60 millisecondes

connaîtraient approximativement le nombre de paquets susceptible de provoquer des sous-remplissages et des sur-remplissages de tampons.

NOTE – Si cette méthode est retenue pour déterminer la variation du délai de transfert de paquets IP, il convient de calculer la variation du délai de transfert des différents paquets selon la définition du § 6.2.2.1 (qui utilise le délai de transfert moyen comme valeur nominale), au lieu de la définition du § 6.2.2. Avec la définition donnée au § 6.2.2, l'intervalle prédéfini ( $\pm 30$  millisecondes, par exemple) risque parfois d'être centré sur une valeur exceptionnellement élevée ou exceptionnellement faible.

On pourrait fixer un objectif pour la variation du délai de transfert de paquets IP en choisissant une limite inférieure pour le pourcentage de variation du délai de transfert des différents paquets compris dans un intervalle prédéterminé. Il pourrait s'agir par exemple de l'objectif suivant: "≥95% des variations du délai de transfert de paquets devraient être compris dans l'intervalle  $[-30 \text{ ms}, +30 \text{ ms}]$ ".

### **6.2.2.3 Limites de la variation du délai de transfert de paquets IP fondées sur des quantiles**

Pour déterminer la variation du délai de transfert d'un effectif de paquets IP, on peut aussi choisir un quantile supérieur et un quantile inférieur de la distribution de la variation du délai de transfert, puis mesurer la distance entre ces quantiles. On peut par exemple choisir les quantiles 99,9% et 0,1%, procéder aux mesures et observer la différence entre les valeurs de la variation du délai de transfert à ces deux quantiles. Cet exemple aiderait les concepteurs d'applications à déterminer les moyens de limiter à 1% le nombre total de sur-remplissages et de sous-remplissages de tampons.

On pourrait fixer un objectif de variation du délai de transfert de paquets IP en choisissant une limite supérieure pour la différence entre des quantiles prédéterminés de la distribution de la variation du délai de transfert. Il pourrait s'agir par exemple de l'objectif suivant: "la différence entre les quantiles 99,1% et 0,1% de la variation du délai de transfert des paquets ne devrait pas dépasser 100 millisecondes".

### **6.2.2.4 Paramètres secondaires de la variation du délai de transfert de paquets IP**

Il peut s'avérer utile d'avoir un ou plusieurs paramètres représentant l'effet, sur diverses applications, des variations du délai de transfert de paquets IP. Il peut aussi être indiqué de différencier les variations (relativement faibles) du délai de paquet à paquet des discontinuités de délai, éventuellement plus importantes, qui peuvent se traduire par un changement de routage IP. L'Appendice II donne plusieurs définitions secondaires de la variation du délai de transfert ainsi que des indications sur l'application des différents paramètres.

**6.3 taux d'erreur sur les paquets IP (IPER, *IP packet error ratio*):** rapport du nombre total de résultats erronés de transfert de paquets IP au nombre total de résultats corrects plus erronés de transfert de paquets IP dans une population considérée.

**6.4 taux de perte de paquets IP (IPLR, *IP packet loss ratio*):** rapport du nombre total de résultats de perte de paquets IP au nombre total de paquets IP transmis dans une population considérée.

NOTE – Les critères permettant de décrire les configurations de perte dans un seul sens sont indiqués dans la norme RFC 3357. Une perte de paquets consécutifs revêt un intérêt particulier pour certaines applications non élastiques en temps réel (voix et vidéo, par exemple).

**6.5 débit de paquets IP erratiques:** nombre total, à un point de mesure de sortie, de paquets IP erratiques observés au cours d'un intervalle spécifié, divisé par la durée de cet intervalle (ce qui équivaut au nombre de paquets IP erratiques par seconde de service)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Etant donné que les mécanismes provoquant l'apparition de paquets IP erratiques sont censés avoir peu de rapports avec le nombre de paquets IP transmis de part et d'autre des sections en essai, ce paramètre de qualité n'est pas exprimé sous la forme d'un taux mais seulement d'un débit.

**6.6 taux dans un bloc de perte grave de paquets IP (IPSLBR, *IP packet severe loss block ratio*):** rapport du nombre de résultats pour un bloc de perte grave de paquets IP au nombre total de blocs dans une population considérée.

NOTE – Ce paramètre peut identifier des changements multiples du trajet IP imputables à des actualisations du routage ou, basculement des voies qui entraîne une dégradation importante de la plupart des applications d'utilisateur.

### **6.7 Paramètres associés au flux**

Dans les réseaux de type IPv4 actuels, le trafic offert par un service IP de bout en bout n'est pas vérifié quant à sa conformité à un schéma agréé d'écoulement du trafic. Par ailleurs, les réseaux de type IPv4 peuvent limiter le débit auquel les paquets sont offerts par un serveur SRC, par simple mise à l'écart de ces paquets. Finalement, les réseaux IP actuels ne prennent aucun engagement formel d'acheminement quelconque du trafic offert.

Il est cependant utile de caractériser la qualité de transfert par les sections en termes de paramètres de flux ou de débit utile, évaluant l'aptitude des réseaux ou sections IP à acheminer des effectifs de paquets IP. Il convient de noter qu'un paramètre qui caractérise le débit utile d'une application IP ne sera pas nécessairement une estimation précise de la capacité des ressources disponibles pour cette application, parce que les protocoles de couche supérieure à IP (comme TCP) influencent également le débit utile mesuré.

Dans la présente version de la présente Recommandation, il est recommandé que tous les paramètres associés au flux ou au débit utile soient conformes aux exigences suivantes:

- 1) un paramètre caractérisant le débit utile offert à un service IP doit normalement mettre en relation le nombre de paquets IP correctement transportés par un réseau ou par une section IP avec le nombre de paquets IP qui sont acheminés dans ce réseau ou dans cette section;
- 2) un paramètre associé au débit utile doit s'appliquer à un réseau IP de bout en bout et au transport IP par une liaison de commutateur, une section de réseau ou un ensemble de sections de réseau.

Certains paramètres associés au flux ou au débit utile tentent de caractériser la capacité d'écoulement d'un réseau IP, c'est-à-dire son aptitude à soutenir un débit donné de transfert de paquets IP. Il est recommandé que de tels paramètres soient conformes aux exigences additionnelles suivantes:

- 1) le schéma d'écoulement du trafic offert au réseau ou à la section IP doit en principe être décrit étant donné que l'aptitude du réseau ou de la section IP à acheminer correctement ces paquets dépend de ce schéma d'écoulement du trafic;
- 2) le débit auquel le trafic est offert ne devrait pas dépasser la capacité (en bits/s) de la liaison qui connecte les sections en essai aux sections de destination qui ne sont pas en essai;
- 3) il convient de déclarer le type de paquet IP considéré dans toute déclaration relative à la qualité de transfert en termes de débit utile.

L'Appendice III propose certains paramètres associés au débit utile, dont on envisage actuellement l'inclusion dans la présente Recommandation. Tous les paramètres associés au flux et au débit utile restent à l'étude.

NOTE – On trouvera dans la norme RFC 3148 un cadre pour la définition des critères de la capacité de transfert en masse.

## **7 Disponibilité du service IP**

La disponibilité du service IP est applicable au service, aux sections de base et aux ensembles NSE de transfert IP de bout en bout.

Une fonction de disponibilité (définie au § 7.1) permet de classer, en périodes disponibles et en périodes indisponibles, la durée totale de service prévue d'un service IP. Sur la base de cette classification, on définit au § 7.2 le pourcentage de disponibilité IP ainsi que le pourcentage d'indisponibilité IP. Finalement, un modèle à deux états de la disponibilité du service IP sert de base à la définition, au § 7.2 de paramètres de disponibilité associés.

NOTE – Sauf indication contraire par le fournisseur de service IP, on suppose que la durée prévue du service IP est de 24 heures, sept jours sur sept.

### 7.1 Fonction de disponibilité du service IP

La base de la fonction de disponibilité du service IP est un seuil de qualité en termes de taux IPLR.

Le service IP est disponible de bout en bout si le taux IPLR pour le transfert de bout en bout est inférieur au seuil  $c_1$  qui est défini dans le Tableau 1.

**Tableau 1/Y.1540 – Fonction de disponibilité du service IP**

Critère d'interruption du service	Seuil
IPLR > $c_1$	$c_1 = 0,75$
<p>NOTE – La valeur de 0,75 pour <math>c_1</math> est considérée comme provisoire et comme nécessitant un complément d'étude. Les valeurs de 0,9 et 0,99 ont également été suggérées pour ce critère. Toutefois, à ce stade, la majorité des causes d'indisponibilité semble provenir de défaillances lorsque le taux de perte est essentiellement de 100% et que ces défaillances s'accompagnent de périodes d'indisponibilité de plus de 5 minutes. Lorsque les réseaux IP prendront en charge de multiples qualités de service, il sera peut-être approprié d'envisager différentes valeurs de <math>c_1</math> pour différents services. Dans ce cas, des valeurs de <math>c_1</math> comprises entre 0,03 et 0,2 (compte tenu de la résilience des différents dispositifs de codage de la parole) ont été suggérées pour des services offrant la classe 0 ou la classe 1 Rec. UIT-T Y.1541, et <math>c_1 = 0,75</math> pour la classe 5.</p> <p>Le seuil <math>c_1</math> ne doit être utilisé que pour déterminer le moment où les ressources du réseau IP sont (temporairement) incapables de prendre en charge un service utile de transfert de paquets IP. La valeur <math>c_1</math> ne doit pas être considérée comme une déclaration de la qualité de transfert en termes de taux IPLR ni comme un objectif de taux IPLR convenant pour toute application IP. Il y a lieu que les objectifs de qualité en termes de taux IPLR excluent toutes les périodes d'indisponibilité du service, c'est-à-dire tous les intervalles pendant lesquels IPLR &gt; <math>c_1</math>.</p>	

Pour une paire particulière de serveurs SRC et DST, *une section de base ou un ensemble NSE est disponible pour un transfert indépendant de l'entrée* si le taux IPLR pour ce transfert de bout en bout est inférieur au seuil  $c_1$ , mesuré de part et d'autre de tous les points de mesure d'entrée autorisée.

Par rapport à une paire particulière de serveurs SRC et DST, *une section de base ou un ensemble NSE est disponible pour un transfert à entrée spécifique* si, pour cette paire, le taux IPLR est inférieur au seuil  $c_1$ , mesuré à partir d'un point de mesure spécifique d'entrée autorisée.

NOTE 1 – Du point de vue des opérations, il sera possible de mesurer et de surveiller la disponibilité à partir d'un point de mesure spécifique d'entrée autorisée, puis d'utiliser ces informations pour en déduire la disponibilité de transfert indépendant de l'entrée.

NOTE 2 – La relation quantitative entre la disponibilité de service IP de bout en bout et la disponibilité de service IP de la section de base ou de l'ensemble NSE reste à étudier.

Si le critère d'interruption du service indiqué dans le Tableau 1 est satisfait (c'est-à-dire si le taux IPLR dépasse son seuil), le service IP est dans l'état d'indisponibilité (c'est-à-dire qu'il est interrompu). Le service IP est dans l'état de disponibilité (sans interruption) si les critères d'interruption ne sont pas satisfaits. Le nombre minimal de paquets à utiliser pour évaluer la fonction de disponibilité du service est  $M_{av}$ . (La valeur de cette variable est à l'étude. Dans les essais de disponibilité fondés sur le trafic produit par l'utilisateur terminal, le nombre minimal  $M_{av}$  de

1000 paquets a été suggéré.) La durée minimale d'un intervalle pendant lequel la fonction de disponibilité du service IP doit être évaluée est  $T_{av}$ . (La valeur de cette variable est provisoirement fixée à cinq minutes. L'étude a révélé que cette valeur est conforme aux limites fixées dans la pratique pour les opérations de la couche IP. Un examen des performances des couches inférieures et des défaillances des éléments du réseau peut permettre d'identifier une indisponibilité imminente à plus bref délai et donc, une intervention directe).

NOTE 3 – Le critère d'interruption fondé sur le taux IPLR est censé caractériser de manière satisfaisante la disponibilité du service IP. Celle-ci peut cependant tenir compte également de la performance en termes de paquets gravement erronés (taux IPER et débit de paquets IP erratiques). L'inclusion de paramètres additionnels de décision de disponibilité avec leurs seuils associés reste à étudier.

NOTE 4 – Cette définition dans un seul sens de la disponibilité est fondée sur le fait que les paquets IP traversent souvent des itinéraires plus différents d'un serveur SRC à un serveur DST que dans le sens inverse. Si, du point de vue d'un utilisateur de réseau IP, une définition de disponibilité dans les deux sens est nécessaire, une telle définition peut être facilement déduite de cette définition dans un seul sens.

Il est prévu que cette définition de la disponibilité du service IP soit applicable aussi bien au trafic IP produit par l'utilisateur terminal (c'est-à-dire au flux normal de paquets IP entre SRC et DST) ainsi qu'au trafic produit par des prototypes et par des méthodes d'essai. Dans un cas comme dans l'autre, l'origine du trafic IP doit être indiquée lors de la notification des conclusions de disponibilité. Une telle indication doit inclure les types spécifiques de paquets utilisés dans chaque sens du flux.

Le trafic expressément produit pour vérifier l'état de disponibilité doit être limité de façon qu'il ne provoque pas d'encombrement pouvant avoir une incidence sur un autre trafic et augmenter notablement la probabilité que les critères d'interruption soient dépassés.

On trouvera dans l'Appendice IV de plus amples informations sur la détermination de l'état de disponibilité.

## **7.2 Paramètres de disponibilité du service IP**

**7.2.1 pourcentage d'indisponibilité du service IP (PIU, *percent IP service unavailability*):** pourcentage du temps total de service IP prévu (pourcentage d'intervalles  $T_{av}$ ) qui est ou sont catégorisés comme indisponibles par la fonction de disponibilité du service IP.

**7.2.2 pourcentage de disponibilité du service IP (PIA, *percent IP service availability*):** pourcentage du temps total de service IP prévu (pourcentage d'intervalles  $T_{av}$ ) qui est ou sont catégorisés comme disponibles par la fonction de disponibilité du service IP:

$$PIU = 100 - PIA$$

NOTE – Etant donné que le taux IPLR augmente normalement en proportion directe de la charge offerte par le serveur SRC au serveur DST, la probabilité de dépasser le seuil  $c_1$  augmente en même temps que la charge offerte. Les valeurs de pourcentage PIA sont donc susceptibles d'être plus petites lorsque la demande de capacité est plus grande entre SRC et DST.

L'Appendice IV donne des renseignements sur l'échantillonnage permettant de déterminer les pourcentages PIA et PIU.

## **Appendice I**

### **Considérations relatives au routage des paquets IP**

Le présent appendice, qui fera l'objet d'une étude complémentaire, décrira les considérations relatives au routage des paquets IP relevant de la caractérisation de la qualité du service IP.

## Appendice II

### Terminologie secondaire concernant la variation du délai de transfert de paquets IP

#### II.1 Introduction

La présente Recommandation contient une seule définition primaire/normative qui évalue la variation dans un ensemble de délais par rapport à un délai de référence. Le présent appendice fournit deux définitions informatives/secondaires dans les paragraphes qui suivent (l'une est fondée sur la variation du délai de transfert entre les paquets de l'IETF et l'autre est une modification de la variation du temps de transfert de cellules en un point). On trouvera aussi dans le présent appendice des indications sur l'application la plus appropriée de chaque paramètre ainsi que les résultats des observations effectuées avec les différents paramètres.

Il existe deux paramètres supplémentaires pour quantifier la variation du délai de transfert.

- 1) Un paramètre fondé sur les travaux du Groupe de travail IPPM de l'IETF, tels qu'ils sont décrits actuellement par Demichelis et Chimento "Critère de variation du délai de transfert de paquets IP pour le Groupe IPPM", qui établit la variation du délai de transfert entre les paquets.
- 2) Un paramètre analogue à la variation du temps de transfert de cellules en un point, décrit dans la Rec. UIT-T I.356 et/ou dans les travaux de l'IETF, qui évalue l'espacement d'arrivée des paquets en une seule interface par rapport à un intervalle d'arrivée idéal.

(Il convient de noter que la Rec. UIT-T I.356 comportait deux définitions différentes de la variation du temps de transfert, à savoir la variation entre deux points et la variation en un point.)

Les objectifs de qualité de fonctionnement pour les services en mode IP Y.1541 applicables à la variation IPDV correspondent aux paramètres normatifs de la variation du délai de transfert de paquets entre deux points de la présente Recommandation.

#### II.2 Définition de la variation du délai de transfert entre les paquets

Les travaux actuellement menés par le Groupe de travail IPPM de l'IETF, tels qu'ils sont décrits par Demichelis et Chimento "Critère de variation du délai de transfert de paquets IP pour le Groupe IPPM", contiennent la définition ci-après de la variation du délai de transfert:

"Il est possible de définir la variation du délai de transfert de paquets IP (ipdv) pour les paquets situés à l'intérieur d'un flux de paquets.

La variation du délai de transfert de paquets IP (ipdv) d'une paire de paquets à l'intérieur d'un flux de paquets est définie pour un ensemble choisi de paquets dans le flux qui va du point de mesure MP1 au point de mesure MP2.

La variation ipdv désigne la différence entre le délai de transfert dans un sens des paquets sélectionnés".

Une fonction de sélection détermine sans ambiguïté la paire de paquets utilisée dans chaque calcul du critère de variation du délai de transfert.

La première fonction de sélection définie s'applique aux paquets adjacents présents dans le flux. Pour déterminer la variation ipdv du paquet considéré, on soustrait le délai de transfert dans un sens du paquet précédent du délai de transfert dans un sens du paquet considéré. En cas de perte de l'un ou de l'autre des paquets de la paire (ou des deux), la variation ipdv n'est alors pas définie.

Autre exemple important: la fonction de sélection qui produit une évaluation de la variation du délai de transfert correspondant au paramètre de variation IPDV défini au § 6.2.2. La paire de paquets comporte toujours le paquet qui a le plus petit délai de transfert dans un sens et la variation ipdv

applicable à tous les autres paquets est calculée en soustrayant le délai de transfert minimal de leurs valeurs de délai de transfert dans un sens (en pareil cas, le délai de transfert de référence est le délai de transfert minimal).

### II.3 Définition de la variation du délai de transfert de paquets en un point

La comparaison entre la configuration d'arrivée effective et la configuration d'arrivée prévue (généralement périodique) est un aspect fondamental du paramètre de variation du délai de transfert en un point. Pour certaines variantes de cette définition, il faut tenir compte d'un "saut d'horloge", comme cela est indiqué dans la Rec. UIT-T I.356.

### II.4 Indications sur l'application des différents paramètres

Ces indications concernent l'aspect pratique des mesures, à savoir:

- Lorsqu'il n'est pas possible d'avoir des horloges synchronisées (ou qu'elles sont temporairement indisponibles) dans les dispositifs de mesure:
  - 1) la variation du délai de transfert de paquets en un point (PDV, *packet delay variation*) peut remplacer éventuellement la fourchette/histogramme de délai de transfert dans un sens, applicable aux mesures effectuées sur des flux de paquets avec des instants d'émission périodiques (une fois que l'instant d'arrivée de référence est fixé);
  - 2) la variation du délai de transfert entre les paquets du Groupe IPPM s'applique à tous les types de flux de trafic.
- Lorsque des horloges synchronisées sont disponibles dans les dispositifs de mesure:
  - 1) il est possible d'établir une fourchette/un histogramme du délai de transfert dans un sens;
  - 2) la variation du délai de transfert entre les paquets du Groupe IPPM ajoute un paramètre qui se caractérise par sa sensibilité aux variations séquentielles/à court terme et par une meilleure immunité aux changements d'itinéraire.

Le critère ipdv entre les paquets du Groupe IPPM est analogue au calcul de la mesure de la gigue d'arrivée entre les paquets dans les rapports du protocole de contrôle en temps réel (RTCP, *real-time control protocol*). Le protocole de transport en temps réel (RTP, RFC 1889) décrit le calcul de la gigue d'arrivée entre les paquets (§ 6.3.1), accompagné d'un exemple d'implémentation qui fait l'objet d'un appendice. Bien qu'il existe des différences quant à la méthode (utilisation de l'ordre d'arrivée dans la gigue d'arrivée entre les paquets du protocole RTCP par opposition à la séquence d'émission avec le paramètre de variation ipdv), la "gigue lissée" calculée à l'aide de singletons de la variation ipdv se compare favorablement avec les rapports RTCP de la gigue dans bon nombre de cas (si l'ordre des nombreux paquets était remanié, les résultats ne concorderaient probablement pas). Il serait utile d'avoir un paramètre qui puisse se rapporter aux mesures effectuées aux points d'extrémité de l'utilisateur. Par ailleurs, le critère de variation ipdv avec des paires de paquets adjacents est moins sujet aux changements d'itinéraire pendant un intervalle de mesure lorsque l'effet sera observé uniquement dans les paires de mesure qui se trouvent sur le changement d'itinéraire.

L'attribut positif de la variation PDV en un point réside dans sa simplicité. La capacité d'évaluer des flux périodiques à l'intérieur d'un seul élément de réseau est en effet extrêmement avantageuse.

Dans toutes les spécifications du paramètre de variation, l'effet de la longueur du paquet est un point qui doit absolument être précisé. Puisqu'un temps d'insertion est inclus dans le délai de transfert (du premier au dernier bit), des paquets de taille différente ont une variation de délai de transfert qui leur est propre. Dans les spécifications ainsi que dans les essais du réseau, il convient d'utiliser des paquets de taille unique pour simplifier l'interprétation des résultats (et il faut obligatoirement indiquer la taille choisie).

## Appendice III

### Paramètres associés à la capacité de flux et de débit utile

Le présent appendice, qui fera l'objet d'une étude complémentaire, présente des objets métriques et des techniques actuellement proposés pour évaluer la capacité des réseaux IP en termes de flux et de débit utile.

#### III.1 Définition des paramètres de débit utile en protocole IP

Deux types de paramètres de débit utile sont actuellement envisagés. Le premier mesure le débit utile en termes de débit de paquets IP correctement transmis; le deuxième, utilisant les octets, mesure le débit utile en termes d'octets correctement transmis dans ces paquets.

**III.1.1 débit utile de paquets IP (IPPT, *IP packet throughput*):** pour un certain effectif examiné, le débit utile de paquets IP à un point de mesure de sortie est le nombre de résultats de transfert correct de paquets IP observés à ce point MP de sortie au cours d'un intervalle spécifié, divisé par la durée de cet intervalle (ce qui équivaut au nombre de transferts corrects de paquets IP par seconde de service).

**III.1.2 débit utile de paquets IP en octets (IPOT, *octet-based IP packet throughput*):** pour un certain effectif examiné, le débit utile de paquets IP en octets à un point de mesure de sortie est le nombre total d'octets transmis correctement dans des paquets IP à ce point MP de sortie au cours d'un intervalle spécifié, divisé par la durée de cet intervalle (ce qui équivaut au nombre de transferts corrects d'octets contenus dans des paquets IP par seconde de service).

#### III.2 Mesures utilisant des sondes de débit utile

Des sondes de débit utile peuvent être utilisées pour caractériser la capacité actuelle du réseau à prendre en charge un trafic additionnel. En raison de sa brièveté, une sonde ne contribuera pas beaucoup à un encombrement. Tout encombrement provoqué sera encore atténué par le fait que le débit auquel la sonde de débit pourra être transmise est limité (voir § III.2.1). L'effet final est qu'un échantillonnage sur une large étendue au moyen de sondes de débit utile n'imposera sans doute pas de charge excessive aux réseaux en essai.

En raison de leur longueur, les sondes de débit utile fourniront au moins des informations relatives sur la proportion de capacité disponible pour le trafic entre les serveurs SRC et DST. Le § III.2.4 ci-dessous montre comment la qualité du réseau en termes de fourniture de sondes de débit peut être utile en créant des limites inférieures à la qualité d'applications IP réelles, en termes de débit utile effectif.

##### III.2.1 Origine limitée par la destination

Soit  $s$  la vitesse, en bits par seconde, de la liaison entre l'ensemble NSE en essai et le serveur de destination (DST, *destination host*). (Si la liaison est une connexion virtuelle comme dans un réseau à relais de trames,  $s$  sera sa capacité de transport virtuel en bits par seconde.) Soit  $\{p_1, p_2, p_3, \dots\}$  l'ensemble complet des paquets transmis par le serveur d'origine (SRC, *source host*) au serveur DST, au moyen de sa liaison avec l'ensemble NSE en essai. Soit  $t_1$  l'instant où le paquet  $p_1$  est transmis par le serveur SRC et  $b_i$  le nombre de bits contenus dans le paquet  $p_i$  y compris les en-têtes IP. Dans ce cas, l'origine est *limitée par la destination* si, pour chaque paquet  $p_j$ , la

transmission de ce paquet ne commence pas avant le temps  $t_j = t_1 + \frac{1}{s} \sum_{i=1}^{j-1} b_i$

NOTE 1 – Si la vitesse de la liaison entre le serveur SRC et l'ensemble NSE en essai est égale ou inférieure à  $s$ , l'origine est automatiquement limitée par la destination.

NOTE 2 – S'il y a un trafic issu d'autres sources utilisant la même liaison de l'ensemble NSE au serveur DST, ce trafic réduit la valeur de  $s$  dans cette définition. Ce cas nécessite un complément d'étude.

NOTE 3 – Il n'est jamais possible de maintenir un débit utile très élevé qui peut être obtenu au moyen d'une source limitée par la destination.

### III.2.2 Sonde de débit utile

Une sonde de débit utile est une séquence de  $N \{<30\}$ , paquets IP de 576 octets transmis à un serveur DST par un serveur SRC limité par la destination. En général, une durée notable doit s'écouler entre la transmission de sondes de débit pour une paire déterminée de serveurs SRC et DST. Au minimum, si au moins un des  $N$  paquets donne un résultat de paquet perdu, une autre sonde de débit ne doit normalement pas être émise avant au moins  $T_{\max}$  secondes après l'instant d'émission du dernier des paquets perdus.

NOTE 1 – La valeur de  $N$  est provisoirement limitée à 30 parce que les implémentations TCP affichent couramment des longueurs maximales de fenêtre qui n'autorisent qu'un maximum de 29 paquets transmis sans acquittement (soit 16 000 octets de capacité utile TCP).

NOTE 2 – Le paquet de 576 octets est choisi parce que c'est la longueur maximale de paquet que tous les serveurs IP sont tenus d'accepter.

NOTE 3 – L'introduction d'une séparation minimale entre sondes de débit aide à garantir qu'une sonde donnée ne provoquera pas d'encombrement pour celle qui la suivra et que des paires de résultats de sondage ne seront pas corrélées.

Une *sonde de débit maximisée* est une sonde de débit utile pour laquelle on vérifie que:

$$t_j = t_1 + \frac{1}{s} \sum_{i=1}^{j-1} b_i \text{ (en tenant compte de différences d'horloge raisonnables).}$$

NOTE 4 – Les essais les plus contraignants seront ceux qui seront effectués avec des sondes de débit maximisée. Mais certains environnements permettront (ou même préconiseront) d'effectuer les essais avec des sondes non maximisées.

### III.2.3 Paramètres de qualité des sondes

NOTE 1 – Si des valeurs sont un jour normalisées pour la qualité des sondes de débit utile, chacune de ces valeurs sera associée à sa ou ses longueurs de sonde applicables. Il sera peut-être approprié d'utiliser des valeurs très grandes de  $N$  pour des liaisons de destination à très grande vitesse. Ces questions feront l'objet d'un complément d'étude.

NOTE 2 – Comme pour d'autres mesures de débit utile, lorsque des valeurs de taux de corruption de sonde et de taux de paquets de sonde sont spécifiées, le trafic concurrent doit être limité, contrôlé et signalé sur la liaison d'origine et sur la liaison de destination. Etant donné que la charge sur les réseaux varie selon l'heure du jour, celle-ci doit également être contrôlée et signalée dans le cadre des spécifications de qualité des sondes de débit utile.

**III.2.3.1 taux de corruption de sonde:** pour un ensemble de sondes de débit utile de longueur  $N$  donnée, le taux de corruption de sonde est la fraction de ces sondes qui présentent au serveur DST un ou plusieurs résultats de paquet perdu.

**III.2.3.2 taux de paquet de sonde:** pour un ensemble de sondes de débit utile de longueur  $N$  donnée, le taux de paquet de sonde est la fraction des paquets contenus dans ces sondes qui donnent lieu dans le serveur DST à un résultat de transfert correct ou erroné de paquet.

### III.2.4 Création de limites inférieures à la capacité actuellement disponible pour les applications

Les applications dominantes aujourd'hui dans les réseaux IP sont celles du protocole TCP. Ces applications répondent aux encombrements en ralentissant leur débit de transmission (en réduisant leur longueur de fenêtre) si des pertes sont détectées. Si une nouvelle origine de trafic est ajoutée à une charge de routeur, ce nouveau trafic augmente la probabilité de débordement de file d'attente

ainsi que la probabilité de perte pour chaque application TCP concurrente. Cela provoque un retrait des applications TCP qui à son tour crée plus d'espace pour le nouveau trafic. Donc, toutes les autres variables étant constantes, le nouveau trafic rencontrera de plus grandes probabilités de perte au début de sa transaction qu'ultérieurement. Une application fonctionnant à sa vitesse maximale obtiendra une meilleure qualité en termes de débit utile (pertes) une fois que toutes les origines TCP auront effectué leur retrait.

De même, une sonde de débit isolée de longueur  $N$  est censée rencontrer un taux de perte plus élevé qu'une application qui tente de maintenir un débit élevé pour plus de  $N$  paquets. C'est pourquoi l'on estime que la performance des sondes de débit est une base permettant de construire des limites inférieures au débit des applications.

Si une sonde de débit maximisée ne rencontre aucun goulot d'étranglement et qu'aucun de ses paquets ne soit perdu, l'indication est que le réseau peut, au moins à court terme, prendre entièrement en charge un débit limité par la destination entre le serveur SRC et le serveur DST. De même, si la sonde de débit n'a rencontré aucune perte de paquet, il est probable qu'elle n'a pas créé non plus beaucoup de pertes pour ses applications concurrentes. Celles-ci ne peuvent subir qu'une augmentation temporaire du délai de transfert de leurs paquets IP au cours de l'essai.

Si une sonde de débit maximisée rencontre un goulot d'étranglement et que certains de ces paquets soient perdus, l'indication est que le réseau ne peut pas prendre en charge immédiatement le niveau demandé de débit entre le serveur SRC et le serveur DST. Le débit utile soutenable à court terme peut être limité par le bas par le nombre de paquets de sonde qui ont été remis. Sur un intervalle très long, si le serveur SRC limité par la destination devait continuer à émettre, le trafic TCP concurrent marquerait un retrait et le débit correct du trafic recherché augmenterait.

Si une sonde de débit rencontre une perte, il est probable que certaines des connexions concurrentes auront également rencontré des pertes au cours de l'essai. Toute application TCP qui a subi une perte va réduire la longueur de sa fenêtre. Comme la sonde de débit est brève, la prochaine fenêtre TCP ne concurrencera pas la sonde, de sorte que la longueur de fenêtre commencera immédiatement à remonter jusqu'à sa longueur "d'équilibre" initiale. Il s'agit d'un résultat plus acceptable que celui qui se produirait avec un essai soutenu de capacité de débit utile.

### III.2.5 Questions à résoudre

Il n'y a actuellement aucune preuve à l'appui d'un grand nombre des assertions fondamentales présentées ci-dessus au sujet des sondes de débit. Les questions suivantes pourront faire l'objet d'une recherche au moyen d'un programme expérimental orienté. Les réponses à ces questions confirmeront ou infirmeront l'utilité des sondes de débit pour évaluer la capacité des réseaux:

- la perte de paquets IP est-elle vraiment plus grande pour les sondes de débit que pour des paquets IP isolés?
- la perte de paquets IP est-elle vraiment plus grande que la perte de paquets au cours d'une application de lecture en temps réel qui maintient un débit d'origine équivalent pendant de longues périodes? Est-ce que la limite supérieure est tellement élevée qu'elle est inutile lors de la prédiction de la performance à long terme d'applications de lecture en temps réel?
- est-ce que le taux de corruption du débit constitue vraiment une limite supérieure des fenêtres TCP corrompues? Est-ce que cette limite supérieure est tellement élevée qu'elle est inutile lors du calcul de la qualité à long terme du protocole TCP?
- étant donné que les sondes de débit n'ont pas de fonctionnement à démarrage lent, existe-t-il un risque notable pour d'autres applications à ceux d'essais non fréquents au moyen de sondes de débit?

## Appendice IV

### Essai minimal de l'état de disponibilité du service IP et d'estimation par échantillonnage des paramètres de disponibilité du service IP

Le présent appendice, qui fera l'objet d'un complément d'étude, décrit un essai minimal permettant de déterminer si un service IP, une section de base ou un ensemble NSE est dans l'état disponible ou dans l'état indisponible. Dans une future version, le présent appendice indiquera des méthodes permettant d'estimer par échantillonnage les paramètres de disponibilité du service IP.

#### IV.1 Essai minimal de l'état de disponibilité du service IP (pour les méthodes d'essai et les ensembles d'essais)

Le § 7.1 prescrit qu'au moins  $M_{av}$  paquets doivent être utilisés pour évaluer l'état de disponibilité. Les méthodes d'essai et les ensembles d'essais devront porter sur au moins  $M_{av}$  paquets répartis sur un intervalle  $T_{av}$ . Pour le trafic produit par l'utilisateur terminal, des intervalles  $T_{av}$  successifs peuvent être concaténés jusqu'à ce que l'exigence d'au moins  $M_{av}$  événements d'entrée soit satisfaite. Ce point fera l'objet d'un complément d'étude.

Ce qui suit décrit les opérations minimales qui sont nécessaires afin de déterminer l'état de disponibilité au cours d'un seul intervalle  $T_{av}$ . Des applications répétées de cet essai sont nécessaires pour déterminer les pourcentages PIA et PIU. Cet essai minimal de disponibilité du service IP est applicable aux méthodes d'essai et aux ensembles d'essais. Certaines exigences pour le trafic produit par les utilisateurs terminaux sont présentées au § 7.1. Tout autre test de disponibilité du service IP qui (statistiquement) donne des résultats au moins aussi précis que le présent essai est un test acceptable de disponibilité IP. Le présent essai de disponibilité IP est applicable de bout en bout ou dans le cas d'une entrée spécifique pour une section de base ou un ensemble NSE.

- Etape 1: déterminer les serveurs SRC et DST.
- Etape 2: positionner des ensembles d'essais ou activer des logiques d'essai aux points de mesure appropriés.
- Etape 3: à un instant prédéterminé, commencer à envoyer  $M_{av}$  paquets IP répartis dans l'intervalle  $T_{av}$ .
- Etape 4: si le nombre de résultats de paquet perdu est supérieur à  $c_1 \times M_{av}$ , le service IP est indisponible dans l'intervalle  $T_{av}$ .
- Etape 5: si le service IP (section de base ou ensemble NSE) n'est pas déclaré indisponible selon les résultats de l'étape 4, ce service est disponible dans cet intervalle  $T_{av}$ .

#### IV.2 Estimation par échantillonnage de la disponibilité du service IP

Des échantillons aléatoires de l'état de disponibilité, à l'aide de l'essai minimal ci-dessus, peuvent être suffisants pour estimer les pourcentages PIA et PIU. Afin d'estimer la durée d'un intervalle continu dans l'état disponible ou indisponible, l'échantillonnage doit être beaucoup plus fréquent. La Rec. UIT-T X.137 indique des procédures pour réseaux X.25/X.75 qui pourraient également convenir pour le service IP.

## Appendice V

### Données relatives aux méthodes de mesure de la performance du service IP

Le présent appendice, qui fera l'objet d'un complément d'étude, décrira des questions importantes qu'il faudra examiner au fur et à mesure du développement des méthodes de mesure de la performance du service IP. Il décrira les effets de conditions externes aux sections en essai, y compris les questions relatives au trafic, sur la performance de service mesurée.

Il convient de spécifier et de contrôler les conditions suivantes au cours des mesurages de performance de service IP:

- 1) sections exactes à mesurer:
  - serveurs SRC et DST pour mesurages de bout en bout;
  - points de mesure délimitant un ensemble NSE à mesurer.  
NOTE – Il n'est pas nécessaire d'effectuer une mesure entre toutes les paires de points MP ou toutes les paires de serveurs SRC et DST afin de caractériser la qualité de service;
- 2) durée du mesurage:
  - durée de collecte d'échantillons;
  - instant de mesurage;
- 3) caractéristiques exactes du trafic:
  - débit auquel le serveur SRC offre le trafic;
  - schéma d'écoulement du trafic source;
  - trafic concurrent aux serveurs SRC et DST;
  - longueur de paquet IP;
- 4) type de mesure:
  - en service ou hors service;
  - active ou passive;
- 5) résumés des données mesurées:
  - moyennes, cas le moins favorable, quantiles empiriques;
  - période de contrôle:
    - brève période (par exemple une heure);
    - longue période (par exemple un jour, une semaine, un mois).

## Appendice VI

### Bibliographie

- IETF RFC 768 (1980), *User Datagram Protocol*.
- IETF RFC 792 (1981), *Internet Control Message Protocol*.
- IETF RFC 793 (1981), *Transmission Control Protocol*.
- IETF RFC 919 (1984), *Broadcasting Internet Datagrams*.
- IETF RFC 922 (1984), *Broadcasting Internet datagrams in the presence of subnets*.

- IETF RFC 950 (1985), *Internet Standard Subnetting Procedure*.
- IETF RFC 959 (1985), *File Transfer Protocol (FTP)*.
- IETF RFC 1305 (1992), *Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis*.
- IETF RFC 1786 (1995), *Representation of IP Routing Policies in a Routing Registry*.
- IETF RFC 1812 (1995), *Requirements for IP Version 4 Routers*.
- IETF RFC 1889 (1996), *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*.
- IETF RFC 2018 (1996), *TCP Selective Acknowledgment Options*.
- IETF RFC 2330 (1998), *Framework for IP Performance Metrics*.
- IETF RFC 3148 (2001), *A Framework for Defining Empirical Bulk Transfer Capacity Metrics*.
- IETF RFC 3357 (2002), *One-way Loss Pattern Sample Metrics*.
- IETF RFC 3393 (2002), *IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics (IPPM)*.
- IETF RFC 3432 (2002), *Network performance measurement with periodic streams*.

## **Appendice VII**

### **Terminologie concernant l'ordre d'arrivée des paquets IP**

#### **VII.1 Introduction**

Le présent appendice donne des informations sur la définition d'un résultat de paquets arrivant dans le désordre ou dans un nouvel ordre. Pour ce faire, il faut développer le modèle de référence de manière à tenir compte des résultats précédents de transfert de paquets IP, comme cela a été fait pour le paramètre IPDV.

#### **VII.2 Généralités**

La remise dans l'ordre des paquets est une propriété qui caractérise les tentatives réussies de transfert des paquets, l'ordre d'envoi des paquets étant préservé au moment de l'arrivée au serveur de destination (ou point de mesure). L'ordre d'arrivée est déterminé par la seule position, encore que le degré de reclassement d'un paquet donné puisse être quantifié en unités de position, de temps et par les distances entre les octets de capacité utile. Le paramètre d'évaluation de l'ordre des paquets s'applique à la plupart des applications, surtout lorsqu'il s'agit d'évaluer la prise en charge par le réseau des flux médias en temps réel, compte tenu de leur aptitude finie de rétablir l'ordre et de la capacité de rétablissement de l'ordre. Les paquets renferment généralement un identificateur unique, qui se présente parfois sous la forme d'un numéro de séquence comme cela est décrit au § 6.2.2; dans d'autres cas, cette information ou d'autres encore (comme les horodateurs du point MP<sub>0</sub>) seront nécessaires.

#### **VII.3 Définitions**

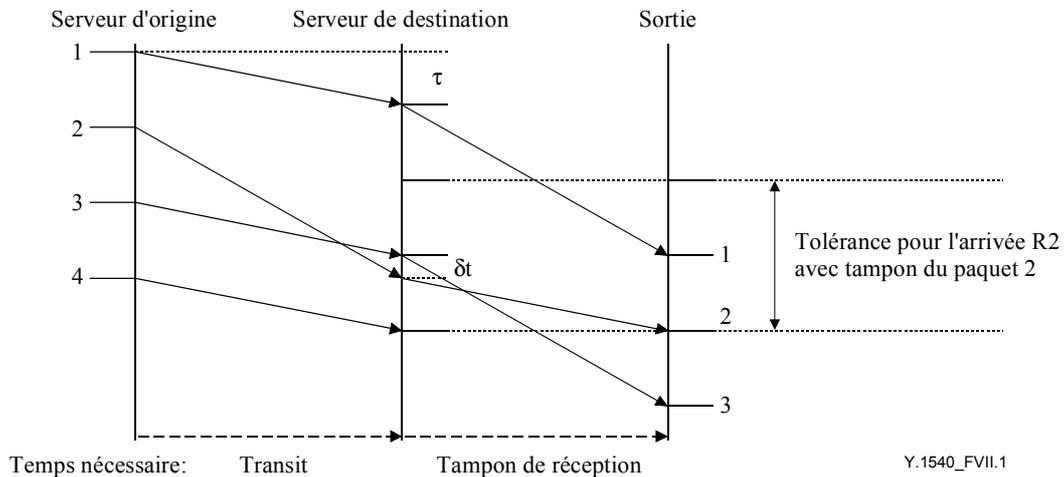
Un résultat de paquets arrivant dans l'ordre se produit lorsqu'un même événement de référence de transfert de paquets IP donne lieu, à un point de mesure de sortie autorisée, à ce qui suit:

- le paquet a un numéro de séquence supérieur ou égal à la valeur suivante de paquet prévue. La valeur prévue suivante augmente pour rendre compte de l'arrivée de ce paquet, ce qui correspond à une nouvelle valeur prévue.

Un résultat de paquets arrivant dans le désordre ou dans un nouvel ordre se produit lorsqu'un même événement de référence de transfert de paquets IP donne lieu, à un point de mesure de sortie autorisée, à ce que suit:

- le paquet a un numéro de séquence inférieur à la valeur suivante de paquet prévue et le paquet est donc agencé selon un nouvel ordre. La valeur prévue suivante n'augmente pas en raison de l'arrivée de ce paquet.

La Figure VII.1 illustre un résultat de paquets arrivant dans le désordre pour le paquet 2.



**Figure VII.1/Y.1540 – Illustration de l'arrivée des paquets dans le désordre**

Le taux des paquets arrivant dans le désordre désigne le nombre de paquets arrivant dans le désordre par rapport au nombre total de paquets envoyés en provenance de la source dans une population considérée.

S'il est possible de distinguer des événements distincts d'arrivée dans le désordre, on peut aussi faire un comptage d'événements (associé aux critères d'événements).

Il est également possible d'évaluer dans quelle mesure un paquet arrive dans le désordre. Tout paquet dont le numéro de séquence a pour effet de faire augmenter la valeur prévue suivante d'une valeur supérieure à l'augmentation type traduit une discontinuité dans l'ordre d'arrivée. De ce fait, tout paquet dont le numéro de séquence est inférieur à la valeur prévue suivante peut être signalé par une mesure de distance en rapport avec la discontinuité. Cette distance peut être indiquée en unités de position, de temps ou par la somme des octets de capacité utile des paquets intermédiaires.





## 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
Série X	Réseaux de données et communication entre systèmes ouverts
<b>Série Y</b>	<b>Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet</b>
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication