



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

Y.1221

(03/2002)

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

Aspects relatifs au protocole Internet – Architecture,
accès, capacités de réseau et gestion des ressources

**Gestion du trafic et des encombrements
dans les réseaux en mode IP**

Recommandation UIT-T Y.1221

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
Qualité de service et performances de réseau	Y.1500–Y.1599
Signalisation	Y.1600–Y.1699
Gestion, exploitation et maintenance	Y.1700–Y.1799
Taxation	Y.1800–Y.1899

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

Recommandation UIT-T Y.1221

Gestion du trafic et des encombrements dans les réseaux en mode IP

Résumé

La présente Recommandation donne une description générale ainsi que des objectifs et procédures pour la gestion du trafic et des encombrements dans les réseaux en mode IP. Elle décrit en particulier les concepts du contrat de trafic conclu entre un utilisateur et le réseau. Elle spécifie les capacités de transfert en mode IP (IPTC, *IP transfer capabilities*) y compris, pour chaque capacité IPTC, le modèle du service, les configurations de trafic associées et la définition de la conformité.

Source

La Recommandation Y.1221 de l'UIT-T, élaborée par la Commission d'études 13 (2001-2004) de l'UIT-T, a été approuvée le 16 mars 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 2002

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..... 1
2.1	Références normatives..... 1
2.2	Références informatives 1
3	Abréviations et terminologie 2
3.1	Abréviations 2
3.2	Terminologie 3
4	Introduction 3
5	Paramètres et descripteurs de trafic 4
5.1	Définitions 4
5.1.1	classification des paquets IP 4
5.1.2	flux et sous-flux IP 4
5.1.3	paramètre de trafic 5
5.1.4	descripteur de trafic 5
5.1.5	contrat de trafic..... 5
5.2	Exigences relatives aux paramètres et descripteurs de trafic 5
5.3	Spécifications des paramètres de trafic 5
5.3.1	Configuration de référence 5
5.3.2	Description des paramètres de trafic 5
6	Capacités de transfert IP 6
6.1	Capacité de transfert IP en bande spécialisée (DBW)..... 6
6.1.1	Description 6
6.1.2	Modèle du service..... 6
6.1.3	Descripteur de trafic 6
6.1.4	Définition de la conformité 7
6.1.5	Engagements de QS..... 7
6.2	Capacité de transfert en bande statistique (SBW) 7
6.2.1	Description 7
6.2.2	Modèle du service..... 7
6.2.3	Descripteur de trafic 8
6.2.4	Définition de la conformité 8
6.2.5	Engagements de QS..... 8
6.3	Capacité de transfert de service au mieux (BE) 8
6.3.1	Description 8
6.3.2	Modèle du service..... 8
6.3.3	Descripteur de trafic 8

	Page
6.3.4	Définition de conformité 8
6.3.5	Engagements de QS..... 8
7	Fonctions pour la gestion du trafic, la gestion des encombrements et le traitement des surcharges..... 8
7.1	Fonctions de gestion du trafic..... 9
7.1.1	Gestion des ressources du réseau 9
7.1.2	Commande d'admission..... 9
7.1.3	Commande paramétrique..... 9
7.1.4	Marquage des paquets 9
7.1.5	Conformation du trafic 9
7.1.6	Ordonnancement des paquets 10
7.2	Fonctions de gestion des encombrements et de traitement des surcharges 10
7.2.1	Commande de mise à l'écart de paquet..... 10
7.2.2	Notification d'encombrement explicite..... 10
8	Méthodes et outils d'ingénierie du trafic IP 10
	Annexe A – Le compteur de jetons et l'algorithme de débit d'octets générique (GBRA) 10
A.1	Le remplissage de jetons 11
A.2	L'algorithme de compteur de jetons en régime permanent..... 11
A.3	L'algorithme de débit d'octets générique 12
A.4	L'algorithme de débit d'octets à ordonnancement virtuel 12
A.5	L'algorithme de débit d'octets à fuite continue en régime permanent 12
	Annexe B – Comportement de deux algorithmes de débit d'octets génériques coordonnés.... 13
	Appendice I – Illustration du comportement en compteur de jetons 14
I.1	Caractérisation d'un flux par compteur de jetons à débit et capacité uniques..... 14
I.2	Caractérisation d'un flux avec deux débits et deux compteurs de jetons ($B_p < B_s$)..... 16
I.3	Caractérisation d'un flux avec deux débits et deux compteurs de jetons ($B_p > B_s$)..... 17
	Appendice II – Relation entre classe IPTC/QS et spécification IntServ/DiffServ de l'IETF 18
II.1	Capacité IPTC en bande spécialisée en association avec une classe de QS appropriée 18
II.2	Capacité IPTC en bande statistique associée à une classe de QS appropriée 19

Recommandation UIT-T Y.1221

Gestion du trafic et des encombrements dans les réseaux en mode IP

1 Domaine d'application

La présente Recommandation décrit les procédures de gestion du trafic et des encombrements pour les réseaux en mode IP. De telles procédures de gestion sont nécessaires afin de prendre en charge les services dont la qualité (QS) est négociée entre un utilisateur et le réseau.

La gestion du trafic se rapporte à toutes les actions du réseau visant à atteindre les objectifs de performance négociés dans un réseau en mode IP et permettant d'éviter des situations d'encombrement.

La gestion des encombrements se rapporte à toutes les actions du réseau visant à minimiser l'intensité, l'étendue et la durée des encombrements.

La présente Recommandation donne une description générale ainsi que des objectifs et procédures pour la gestion du trafic et des encombrements dans les réseaux en mode IP. Elle décrit en particulier les concepts du contrat de trafic conclu entre un utilisateur et le réseau. Elle spécifie les capacités de transfert en mode IP (IPTC) y compris, pour chaque capacité IPTC, le modèle du service, les configurations de trafic associées et la définition de la conformité.

2 Références

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

2.1 Références normatives

- Recommandation UIT-T I.371 (2000), *Gestion du trafic et des encombrements dans le RNIS-LB*.
- Recommandation UIT-T Y.1241 (2001), *Prise en charge des services de type IP utilisant les capacités de transfert IP*.
- Recommandation UIT-T Y.1540 (1999), *Service de communication de données par protocole Internet – Paramètres de performances en matières de transfert de paquets IP et de disponibilité*.
- Recommandation UIT-T Y.1541 (2002), *Objectifs de qualité de fonctionnement du réseau pour services en mode*.

2.2 Références informatives

- IETF RFC 791 (1981), *Internet Protocol – DARPA Internet Program – Protocol Specification*.
- IETF RFC 1633 (1994), *Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview*.
- IETF RFC 2210 (1997), *The use of RSVP with IETF Integrated Services*.
- IETF RFC 2211(1997), *Specification of the Controlled-Load Network Element Service*.
- IETF RFC 2212 (1997), *Specification of Guaranteed Quality of Services*.

- IETF RFC 2698 (1999), *A Two Rate Three Color Marker*.
- IETF RFC 2475 (1998), *An Architecture for Differentiated Services*.
- IETF RFC 2481 (1999), *A Proposal to Add Explicit Congestion Notification (ECN) to IP*.
- IETF RFC 2597 (1999), *Assured Forwarding PHB Group*.
- IETF RFC 2598 (1999), *An Expedited Forwarding PHB*.

3 Abréviations et terminologie

3.1 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

<i>B</i>	capacité d'un compteur de jetons (<i>bucket size of a token bucket</i>)
BE	service au mieux (<i>best effort</i>)
<i>B_p</i>	capacité de comptage maximal de jetons (<i>bucket size of peak token bucket</i>)
<i>B_s</i>	capacité de comptage à long terme de jetons (<i>bucket size of sustainable token bucket</i>)
DBW	capacité de transfert IP en bande spécialisée (<i>dedicated bandwidth IP transfer capability</i>)
DS	services différenciés (champ d'en-tête IP) (<i>differentiated services, IP header field</i>)
GBRA	algorithme de débit d'octets générique (<i>generic byte rate algorithm</i>)
GCRA	algorithme de débit cellulaire générique (<i>generic cell rate algorithm</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 IP (<i>IP delay variation</i>)
IPLR	rapport de pertes IP (<i>IP loss ratio</i>)
IPTC	capacité de transfert IP (<i>IP transfer capability</i>)
IPTD	délai de transfert IP (<i>IP transfer delay</i>)
LR	débit en ligne (<i>line rate</i>)
<i>M</i>	longueur de paquet maximale permise (<i>maximum allowed packet size</i>)
<i>N</i>	longueur (en octets) d'un paquet IP (<i>size (in byte) of an IP packet</i>)
PC	commande paramétrique (<i>parameter control</i>)
QS	qualité de service
<i>R</i>	débit de comptage de jetons (<i>rate of a token bucket</i>)
<i>R_p</i>	débit de comptage maximal de jetons (<i>rate of peak token bucket</i>)
<i>R_s</i>	débit de comptage moyen de jetons (<i>rate of sustainable token bucket</i>)
SBW	capacité de transfert IP en bande statistique (<i>statistical bandwidth IP transfer capability</i>)
TB	compteur de jetons (<i>token bucket</i>)
TC	capacité de transfert (<i>transfer capability</i>)
ToS	type de service (champ d'en-tête IP, voir DS) (<i>type of service, IP header field, see DS</i>)

3.2 Terminologie

La présente Recommandation définit les termes suivants:

3.2.1 conformité: application à un flux d'un ou de plusieurs critères dans une interface normalisée.

3.2.2 encombrement: état d'éléments de réseau (comme un routeur, des commutateurs) dans lequel le réseau n'est pas en mesure d'atteindre les objectifs de performance du réseau et les engagements de QS négociés pour le flux déjà établi.

3.2.3 flux IP: apparition à une interface donnée de l'ensemble des paquets IP qui correspondent à une classification donnée (voir 5.1.2).

3.2.4 gestion de trafic IP: actions du réseau visant à atteindre les objectifs de performance du réseau et les engagements de QS négociés.

3.2.5 gestion d'encombrement IP: ensemble des actions du réseau visant à minimiser l'intensité, l'étendue et la durée des encombrements.

3.2.6 capacité de transfert IP: ensemble des capacités de réseau fournies par le réseau en mode IP afin de transférer des flux IP.

3.2.7 surcharge: état d'un élément de réseau dans lequel le dépassement d'un tampon se traduit par un rejet de paquets dans les flux sans engagements de QS.

3.2.8 classification de paquets: processus consistant à différencier des paquets IP afin d'appliquer les mécanismes appropriés de gestion du trafic et des encombrements (voir 5.1.1).

3.2.9 contrat de trafic: pour un flux IP donné, le contrat de trafic à une interface donnée est défini par la capacité de transfert IP choisie (voir 6), par le descripteur de trafic à cette interface et par la classe de QS (voir la Rec. UIT-T Y.1541). Voir 5.1.5.

3.2.10 descripteur de trafic: un descripteur de trafic est l'ensemble des paramètres de trafic qui est utilisé pour détecter les caractéristiques de trafic d'un flux IP à une certaine interface normalisée, dans le cadre d'un contrat de trafic (voir 5.1.4).

3.2.11 paramètre de trafic: paramètre qui décrit un seul aspect d'un flux de trafic. Voir 5.1.3.

4 Introduction

Le rôle principal des procédures de gestion du trafic et des encombrements est de protéger le réseau IP et le trafic pénétrant dans le réseau afin d'atteindre les objectifs de performance du réseau IP et les engagements de QS du réseau IP. La gestion du trafic et des encombrements permet d'optimiser l'utilisation des ressources du réseau IP.

Dans les réseaux en mode IP, un encombrement est défini comme un état d'éléments du réseau (comme les routeurs ou les commutateurs) dans lequel le réseau n'est pas en mesure d'atteindre les objectifs de performance du réseau et les engagements de QS négociés pour le flux déjà établi. L'encombrement est à distinguer de l'état où un débordement de tampon provoque une perte de paquet IP mais où la qualité de service négociée reste atteinte. Pour les services sans engagements de QS comme les services au mieux, le terme de *surcharge* est utilisé au lieu du terme *encombrement*.

La présente Recommandation définit un ensemble de capacités de gestion du trafic et des encombrements. Il peut être approprié de considérer des ensembles additionnels de telles capacités, pour lesquels des mécanismes additionnels de gestion du trafic seront utilisés afin d'augmenter l'efficacité du réseau.

Il convient de noter que les procédures de gestion du trafic s'appliquent à des flux de paquets IP. Pour certains flux IP, le réseau s'engage à atteindre les objectifs de QS, étant entendu que le flux de paquets IP produit par l'utilisateur est conforme à un contrat de trafic. Pour les flux IP sans contrat de trafic entre l'utilisateur et le réseau, celui-ci peut offrir un service au mieux.

5 Paramètres et descripteurs de trafic

5.1 Définitions

5.1.1 classification des paquets IP

Normalement, les paquets IP issus de nombreuses sources différentes peuvent traverser une interface donnée avant d'atteindre de nombreuses destinations différentes. Aux fins de la gestion du trafic et des encombrements IP, il est essentiel que tous les paquets IP reçoivent, non pas le même traitement, mais des traitements différents selon les objectifs et les engagements pris. Il est donc utile de distinguer les paquets IP selon leur catégorie propre. Le processus de distinction des paquets IP, afin d'appliquer des mécanismes appropriés de gestion du trafic et des encombrements, est appelé *classification des paquets IP*. Cette classification est fondée sur les informations contenues dans les champs d'en-tête IP suivants: adresse d'origine, adresse de destination [RFC 791] et champ ToS/DS [RFC 791/RFC 2474]. Le niveau de détail dans la classification peut différer, selon son usage prévu. Les exemples suivants en sont l'illustration:

- exemple 1 – Afin de reconnaître des paquets IP qui passent d'une adresse d'origine donnée à une adresse de destination donnée, toute la longueur des champs d'adresse d'origine et de destination est utilisée dans la classification;
- exemple 2 – Afin de reconnaître des paquets IP qui passent d'une adresse d'origine donnée à une adresse de destination donnée avec un niveau de service donné, toute la longueur des champs d'adresse d'origine et de destination et du champ DS est utilisée dans la classification;
- exemple 3 – Afin de reconnaître des paquets IP qui passe d'une origine située dans un sous-réseau donné à une destination située dans un autre sous-réseau donné, les masques propres à chaque sous-réseau sont appliqués aux champs d'adresse d'origine et de destination.

NOTE – Dans la présente version de cette Recommandation, seule la classification des paquets pour la version IP 4 a été traitée. La classification pour les versions IPv6 et MPLS fera l'objet d'un complément d'étude.

5.1.2 flux et sous-flux IP

Un flux IP est défini à une interface donnée comme étant l'apparition à cette interface de l'ensemble des paquets IP qui correspondent à une classification donnée (voir 5.1.1). Un flux IP peut être constitué de paquets issus d'une unique session d'application ou peut être un trafic composite issu de la combinaison d'un certain nombre de sessions d'application. Lorsqu'une classification peut être subdivisée en différentes sous-classifications (distinctes ou superposées), différents sous-flux IP peuvent être distingués dans le flux IP correspondant.

5.1.3 paramètre de trafic

Un paramètre de trafic décrit un seul aspect d'un flux. Il peut être qualitatif ou quantitatif. Un paramètre de trafic peut par exemple décrire le débit crête des bits, le débit crête des paquets, le débit moyen des bits, la longueur moyenne ou maximale des paquets, la longueur de salve (moyenne ou maximale) d'un flux, etc.

5.1.4 descripteur de trafic

Un descripteur de trafic est l'ensemble des paramètres de trafic qui est utilisé pour détecter les caractéristiques de trafic d'un flux IP à une certaine interface normalisée, dans le cadre d'un contrat de trafic (voir 5.1.5).

5.1.5 contrat de trafic

Pour un flux IP donné, la capacité de transfert IP choisie (voir paragraphe 6), le descripteur de trafic à une interface donnée (voir 5.1.4) et la classe de QS (voir la Rec. UIT-T Y.1541) définissent le contrat de trafic à cette interface.

5.2 Exigences relatives aux paramètres et descripteurs de trafic

Tout paramètre de trafic contenu dans un descripteur de trafic devrait:

- avoir la même interprétation de part et d'autre d'une interface;
- être significatif dans les systèmes d'attribution de ressources afin de répondre aux exigences de performance du réseau;
- être applicable par la commande paramétrique (PC, *parameter control*) – voir 7.1.3.

5.3 Spécifications des paramètres de trafic

5.3.1 Configuration de référence

Pour étude complémentaire.

5.3.2 Description des paramètres de trafic

Les paramètres de trafic suivants sont définis. Ils peuvent être utilisés dans le descripteur de trafic.

5.3.2.1 Longueur de paquet maximale permise

La longueur de paquet maximale permise M est exprimée en octets. C'est un paramètre de trafic obligatoire pour chaque capacité IPTC.

5.3.2.2 Algorithme GBRA ou de remplissage de jetons

L'algorithme de débit d'octets générique (GBRA, *generic byte rate algorithm*) ou de remplissage de jetons (TB, *token bucket*) est décrit dans l'Annexe A. Il sert à caractériser un débit et la sporadicité associée. Ces deux concepts sont équivalents et font appel à l'ensemble paramétrique suivant:

- le débit R exprimé en octets/seconde;
- la capacité d'un compteur de jetons B , exprimée en octets.

Le descripteur de trafic peut contenir zéro ou plus de zéro compteurs de jetons (avec les valeurs respectives de R et de B).

L'ensemble de capacités de transfert IP actuel (voir le paragraphe 6) reconnaît un compteur maximal (avec les paramètres de débit maximal de remplissage R_p et de capacité de compteur maximal B_p) ainsi qu'un débit de comptage à long terme (avec les paramètres de débit moyen R_s et de capacité de comptage à long terme B_s).

6 Capacités de transfert IP

Une capacité de transfert IP est un ensemble de capacités de réseau fourni par des réseaux en mode IP afin de transférer des paquets IP. Pour chaque capacité de transfert IP, sont définis le modèle de service, le descripteur de trafic, la conformité et d'éventuels engagements de QS. Une capacité de transfert IP est prise en charge par un ensemble de fonctions de commande de la gestion du trafic et des encombrements.

Afin d'offrir plusieurs classes de QS à de multiples applications et d'optimiser l'utilisation des ressources réseau, les réseaux en mode IP devraient être capables de fournir de multiples capacités de transfert.

Trois capacités de transfert IP sont définies:

- la capacité de transfert IP en bande spécialisée (DBW, *dedicated bandwidth*);
- la capacité de transfert IP en bande statistique (SBW, *statistical bandwidth*);
- la capacité de transfert IP de service au mieux (BE, *best-effort*).

Cet ensemble de capacités de transfert IP est fondé sur les modèles de service IP actuels. Il pourra être étendu ultérieurement.

6.1 Capacité de transfert IP en bande spécialisée (DBW)

6.1.1 Description

La capacité de transfert en bande spécialisée (DBW) vise à prendre en charge les applications à temps critique et à assurer la remise garantie et opportune de paquets IP sur le trajet de bout en bout du réseau.

La capacité de transfert DBW accroît la compatibilité avec le service garanti [RFC 2212] et avec les services de bout en bout sur la base du comportement de réexpédition accélérée bond par bond [RFC 2598].

6.1.2 Modèle du service

La capacité de transfert IP (IPTC) de type DBW peut être utilisée par les applications qui caractérisent le trafic au moyen d'un seul compteur de jetons.

L'engagement pris par le réseau est que la qualité QS négociée pour le mode IP sera assurée à tous les paquets IP s'ils sont conformes aux essais de conformité. L'utilisateur de la capacité DBW devrait s'attendre que (peut-être tous) les paquets non conformes seront rejetés par le réseau.

La capacité DBW peut être associée à des engagements de pertes spécifiés (rapport de pertes IP, IPLR) et à des engagements de délai spécifiés (délai de transfert IP, IPTD et variation du délai IP, IPDV) (voir la Rec. UIT-T Y.1541).

Le réseau ne fragmente pas les paquets. Par ailleurs, le réseau s'engage à essayer de conserver l'intégrité de séquence des paquets dans la mesure du possible (par exemple jusqu'à ce qu'il soit nécessaire de réacheminer le flux).

6.1.3 Descripteur de trafic

Le descripteur de trafic se compose des paramètres suivants:

- le débit maximal R_p et la capacité de comptage maximal B_p , comme spécifié au 5.3.2.2;
- la longueur de paquet maximale permise M , comme spécifié au 5.3.2.1.

6.1.4 Définition de la conformité

Un paquet IP est conforme si son arrivée est conforme aux deux conditions suivantes:

- l'arrivée est conforme à l'algorithme GBRA(R_p , B_p);
- la longueur réelle du paquet ne dépasse pas la longueur de paquet maximale permise M .

L'algorithme GBRA n'est mis à jour que pour les paquets conformes.

6.1.5 Engagements de QS

La capacité DBW peut être associée à des engagements de pertes et de délai spécifiés.

Si tous les paquets sont conformes, les engagements de QS s'y appliquent. L'utilisateur de la capacité DBW devrait s'attendre à une mise à l'écart des paquets non conformes (éventuellement tous) par le réseau. Si les paquets ne sont pas tous conformes, le réseau peut décider d'appliquer la QS à certains des paquets, par exemple à un volume de paquets qui sont conformes.

6.2 Capacité de transfert en bande statistique (SBW)

6.2.1 Description

La capacité de transfert en bande statistique (SBW) est destinée à prendre en charge les applications qui ne sont pas soumises à de strictes exigences de délai. Elle vise à prendre en charge la remise garantie de paquets IP sur le trajet de bout en bout du réseau.

La capacité de transfert SBW accroît la compatibilité avec le service d'élément de réseau à charge commandée [RFC 2211] et avec les services de bout en bout fondés sur le comportement de réexpédition assurée bond par bond [RFC 2597].

6.2.2 Modèle du service

La capacité de transfert SBW fournit un débit moyen spécifié (R_s) pour des applications autres qu'en temps réel avec durée de salve limitée dans l'hypothèse que le trafic dépassant l'algorithme GBRA(R_s , B_s) sera acheminé dans les limites des ressources disponibles.

Les deux exemples suivants décrivent l'engagement qui sera reçu par l'utilisateur du service SBW:

- si l'utilisateur envoie des paquets conformes à un débit constant qui est inférieur au débit R_s , l'engagement est que tous ces paquets seront acheminés dans le réseau en fonction de la classe de QS associée;
- si l'utilisateur n'a pas envoyé de paquets depuis longtemps et qu'il envoie des paquets conformes dans une rafale dont la durée ne dépasse pas la limite fixée par l'algorithme GBRA(R_s , B_s), l'engagement est que tous ces paquets seront acheminés dans le réseau en fonction de la classe de QS associée.

La capacité SBW permet également à l'utilisateur d'envoyer des paquets conformes en trafic supérieur à l'algorithme GBRA(R_s , B_s). Mais le trafic dépassant cette limite ne sera acheminé que dans les limites des ressources disponibles.

La capacité SBW peut être associée à un engagement spécifié de pertes de paquets.

Le réseau ne fragmente pas les paquets. Par ailleurs, le réseau s'engage à essayer de conserver l'intégrité de séquence des paquets dans la mesure du possible (par exemple jusqu'à ce qu'il soit nécessaire de réacheminer le flux).

6.2.3 Descripteur de trafic

Le descripteur de trafic se compose des paramètres suivants:

- le débit maximal R_p et la capacité de comptage maximal B_p , comme spécifié au 5.3.2.2;
- le débit moyen R_s et la capacité de comptage à long terme B_s , comme spécifié au 5.3.2.2;
- la longueur de paquet maximale permise M , comme spécifié au 5.3.2.1.

6.2.4 Définition de la conformité

Un paquet IP est conforme si son arrivée est conforme aux deux conditions suivantes:

- l'arrivée est conforme à l'algorithme GBRA maximal (R_p, B_p);
- l'arrivée est conforme à l'algorithme GBRA à long terme (R_s, B_s);
- la longueur réelle du paquet ne dépasse pas la longueur de paquet maximale permise M .

Les algorithmes GBRA ne sont mis à jour en mode coordonné (voir l'Annexe B) que pour les paquets conformes.

6.2.5 Engagements de QS

La capacité SBW peut être associée à des engagements de pertes et de délai spécifiés.

Si tous les paquets sont conformes, les engagements de QS s'y appliquent. Sinon, ils s'appliquent à un certain nombre d'octets contenus dans les paquets conformes. Le trafic non conforme sera acheminé dans les limites des ressources disponibles.

6.3 Capacité de transfert de service au mieux (BE)

6.3.1 Description

La capacité de transfert de service au mieux (BE) est destinée à prendre en charge les applications qui ne sont pas soumises à de strictes exigences de pertes ou de délai.

6.3.2 Modèle du service

Le modèle du service de capacité de transfert IP (IPTC) de service au mieux (BE) nécessite que les ressources disponibles soient utilisées pour réexpédier les paquets de flux au mieux. Bien qu'aucun engagement de QS ne soit spécifié, il est prévu que les paquets seront acheminés à condition que des ressources suffisantes soient disponibles.

6.3.3 Descripteur de trafic

- la longueur réelle du paquet ne dépasse pas la longueur de paquet maximale permise M .

6.3.4 Définition de conformité

La conformité à la longueur maximale de paquet M est requise.

6.3.5 Engagements de QS

Aucune exigence de QS absolue n'est applicable à cette capacité de transfert.

7 Fonctions pour la gestion du trafic, la gestion des encombrements et le traitement des surcharges

La gestion du trafic correspond à un ensemble de fonctions qui commande le flux de paquets au moyen d'une série de fonctions telles que la commande d'admission, la gestion des ressources réseau, la commande des paramètres de trafic. Le principal objectif de la gestion du trafic est de répondre à des exigences d'utilisateur comme la qualité de service tout en assurant un taux d'utilisation efficace du réseau.

Contrairement à l'ingénierie du trafic, la gestion du trafic s'effectue dans un bref laps de temps. Un mécanisme bien établi et automatique doit donc être fourni afin de commander le flux de trafic à l'entrée et à la sortie du réseau.

En exploitation normale, c'est-à-dire en l'absence de pannes du réseau, les fonctions dites de gestion du trafic dans la présente Recommandation sont destinées à éviter un encombrement du réseau.

Un encombrement peut cependant se produire, par exemple en raison d'un mauvais fonctionnement des fonctions de gestion du trafic causé par des fluctuations statistiques imprévisibles des flux de trafic ou par des pannes de réseau. Les fonctions dites de gestion du trafic dans la présente Recommandation visent donc également à réagir aux encombrements du réseau afin de minimiser leur intensité, leur étendue et leur durée.

Le traitement des surcharges ne s'applique qu'aux flux de trafic sans engagements de QS. Il se rapporte à un ensemble de fonctions qui peuvent détecter les surcharges dans le réseau et en réduire l'importance.

7.1 Fonctions de gestion du trafic

Les fonctions de gestion du trafic sont les suivantes:

- i) gestion des ressources du réseau;
- ii) commande d'admission;
- iii) commande paramétrique;
- iv) marquage des paquets;
- v) conformation du trafic;
- vi) ordonnancement des paquets.

7.1.1 Gestion des ressources du réseau

La gestion des ressources du réseau se rapporte à un ensemble de politiques et de règles visant à attribuer les ressources du réseau comme la largeur de bande et les capacités de mémoire tampon se trouvant dans un commutateur ou dans un routeur.

7.1.2 Commande d'admission

La commande d'admission se rapporte aux politiques du réseau visant à admettre des engagements relatifs à un nouveau flux IP ou à refuser ces engagements lorsque la demande en ressources du réseau, comme la largeur de bande ou les capacités de mémoire tampon, dépasse la capacité disponible dans le réseau.

7.1.3 Commande paramétrique

La commande paramétrique est un ensemble de politiques qui surveille le trafic et vérifie que le contrat de trafic n'est pas dépassé.

7.1.4 Marquage des paquets

Lorsqu'un flux IP est trouvé non conforme à un ou à plusieurs aspects du contrat de trafic, les paquets non conformes peuvent être marqués par modification des bits correspondants dans le champ ToS/DS de l'en-tête IP.

7.1.5 Conformation du trafic

La conformation du trafic est une action du réseau visant à modifier les caractéristiques de trafic du flux de façon que celui-ci devienne plus appropriée au réseau. Par exemple, la conformation d'un flux au débit de crête.

7.1.6 Ordonnancement des paquets

L'ordonnancement des paquets est une fonction du réseau qui vise deux objectifs différents. Le premier est de fixer le délai de mise en file d'attente pour un flux, ce qui pose des exigences strictes en termes de délai. Le second consiste à répartir une ressource disponible (par exemple une largeur de bande) entre différents flux selon une méthode spécifique du réseau.

7.2 Fonctions de gestion des encombrements et de traitement des surcharges

Les fonctions de gestion des encombrements et de traitement des surcharges sont les suivantes:

- i) commande de rejet de paquet;
- ii) notification d'encombrement explicite.

7.2.1 Commande de mise à l'écart de paquet

La commande de mise à l'écart de paquet sert à ignorer le trafic marqué en situation d'encombrement. Une autre application de la commande de mise à l'écart de paquet consiste à ignorer, en situation d'encombrement, les paquets auxquels aucun engagement strict de QS n'est applicable.

7.2.2 Notification d'encombrement explicite

La notification d'encombrement explicite est une méthode facultative par laquelle le réseau peut informer le récepteur de l'existence d'un encombrement du réseau. Le récepteur peut utiliser cette information pour prendre les mesures appropriées, comme d'informer l'expéditeur afin que celui-ci réduise son débit d'émission.

8 Méthodes et outils d'ingénierie du trafic IP

Pour étude complémentaire.

Annexe A

Le compteur de jetons et l'algorithme de débit d'octets générique (GBRA)

La présente annexe présente plusieurs algorithmes, qui sont utilisés afin de définir la conformité des paquets d'un flux IP par rapport à un débit R (en octets par seconde) en fonction d'une capacité de comptage B . Ces algorithmes sont considérés comme équivalents en ce sens qu'ils identifieront les mêmes paquets comme étant conformes.

La mesure du trafic est un composant fondamental des réseaux en mode paquet, qui fournit divers niveaux de qualité de service tels que les garanties de débit utile et les limites supérieures de délai et de perte. Un flux de paquets IP doit toujours être conforme à un profil de trafic prédéfini afin de garantir que les ressources réseau attribuées à ce flux pourront assurer le niveau de service attendu et afin de garantir que ce flux ne provoquera pas la détection d'un niveau de service inacceptable dans un autre trafic de réseau.

Le point de départ est le compteur de jetons. Cet algorithme est considéré comme équivalent à l'algorithme de compteur de jetons en régime permanent, lequel est à son tour démontré équivalent à l'algorithme de débit d'octets générique (GBRA). L'algorithme GBRA définit les caractéristiques qui associent un paramètre de débit d'information à un paramètre de tolérance aux rafales. De concert, ces deux paramètres de trafic forment, par leur interdépendance, la base d'un essai généralisé de conformité à un profil de trafic. Un objectif secondaire de l'algorithme GBRA est

d'éviter de faire référence à une ou à plusieurs options d'implémentation pour la raison que ces références ne sont pas essentielles dans le concept de conformité et qu'elles peuvent donner lieu à des biais inutiles. L'algorithme GBRA spécifie les aspects fondamentaux d'un essai de conformité en fonction d'un profil donné et, en tant que tel, ne comporte pas d'autres fonctions associées d'application de politiques comme le comptage en plusieurs phases, la coloration des paquets, le marquage des paquets et la mise à l'écart des paquets.

A.1 Le remplissage de jetons

Cet algorithme est décrit comme suit (voir également, par exemple, RFC 2698).

Le compteur de jetons possède deux paramètres fixes:

- le débit de comptage R (en octets/seconde);
- la capacité de comptage B (en octets).

Le compteur de jetons utilise la variable suivante:

- le compteur de jetons Tc (en octets) qui est initialement plein (à l'instant ta d'arrivée du premier paquet du flux), c'est-à-dire que le compteur de jetons $Tc(ta) = B$.

Le compteur de jetons Tc est ensuite incrémenté d'une unité toutes les 1/R secondes, jusqu'à B.

Lorsqu'un paquet de longueur N octets arrive à l'instant ta, le contrôle suivant est effectué:

- si $Tc(ta) - N < 0$, le paquet est non conforme;
- sinon le paquet est conforme et Tc est décrémenté de N.

NOTE – L'instant d'arrivée est considéré comme étant celui de l'arrivée du dernier bit du paquet.

A.2 L'algorithme de compteur de jetons en régime permanent

Un algorithme de compteur de jetons en régime permanent est proposé afin d'augmenter la précision et la non-ambiguïté de la gestion. Cet algorithme est considéré comme équivalent au compteur de jetons et présente l'avantage d'être d'implémentation aisée.

L'algorithme de compteur de jetons en régime permanent possède deux paramètres fixes par flux IP:

- le débit de comptage de jetons R (en octets/seconde) pour le flux;
- la capacité de comptage de jetons B (en octets) pour le flux.

L'algorithme de compteur de jetons en régime permanent utilise les variables suivantes:

- le compteur de jetons Tc (en octets) du flux;
- le dernier instant de conformité (LCT, *last conformance time*) du flux (en secondes).

Initialement (à l'instant ta de l'arrivée du premier paquet du flux):

- $Tc = B$
- $LCT = ta$

A l'arrivée d'un paquet de longueur N (octets) à l'instant ta:

$$Tc' = Tc + R \cdot (ta - LCT)$$

$$\text{Si } Tc' < N$$

Alors le paquet n'est pas conforme

Sinon le paquet est conforme

$$Tc = \min(Tc', B) - N$$

Pour l'algorithme de compteur de jetons en régime permanent, les variables Tc et LCT ne sont modifiées qu'à l'arrivée du paquet.

NOTE – Un paquet ne peut jamais être conforme si $N > B$.

A.3 L'algorithme de débit d'octets générique

Il existe deux variantes de l'algorithme de débit d'octets générique: l'une est l'algorithme de débit d'octets à ordonnancement virtuel et l'autre est l'algorithme de débit d'octets à fuite continue en régime permanent.

Pour ces deux algorithmes, les paramètres fixes sont les suivants à chaque flux IP:

- l'accroissement I en secondes par octet. I est associé à R par la relation $I = 1/R$;
- la limite L en secondes. L est associé à R et à B par la relation $L = B/R$.

A.4 L'algorithme de débit d'octets à ordonnancement virtuel

L'algorithme de débit d'octets à ordonnancement virtuel utilise la variable suivante:

- TAT en secondes est l'instant théorique d'arrivée du paquet suivant.

Initialement (à l'instant t_a de l'arrivée du premier paquet du flux):

- $TAT = t_a$.

L'instant théorique d'arrivée (TAT) n'est mis à jour qu'une fois qu'un paquet a été considéré comme conforme par l'algorithme.

A l'instant t_a d'arrivée d'un paquet de longueur N (octets):

Si $t_a < TAT + N*I - L$

Alors le paquet n'est pas conforme

Sinon le paquet est conforme

$TAT = \max(t_a, TAT) + N*I$

A.5 L'algorithme de débit d'octets à fuite continue en régime permanent

L'algorithme de débit d'octets à fuite continue en régime permanent utilise les variables suivantes:

- LCT est le dernier instant de conformité du flux (en secondes);
- X est le dernier compteur à fuite continue (en secondes).

Initialement (à l'instant t_a de l'arrivée du premier paquet du flux):

- $LCT = t_a$
- $X = 0$

A l'instant t_a d'arrivée d'un paquet de longueur N (octets):

$X' = X - (t_a - LCT)$

Si $X' + N*I > L$

Alors le paquet n'est pas conforme

Sinon le paquet est conforme

$X = \max(0, X') + N*I$

NOTE 1 – Equivalence des algorithmes:

- L'algorithme de débit d'octets à fuite continue en régime permanent est équivalent à l'algorithme de compteur de jetons en régime permanent: poser simplement $T_c = (L-X)*R$, $T_c' = (L-X')*R$ et utiliser $B = L*R$.
- L'algorithme de débit d'octets à ordonnancement virtuel est équivalent à l'algorithme de compteur de jetons en régime permanent. Observer simplement qu'après l'exécution de ces deux algorithmes, l'un présente $TAT = X + LCT$.

NOTE 2 – Relation entre l'algorithme GBRA et l'algorithme GCRA dans la Rec. UIT-T I.371:

En mode ATM, la longueur des cellules est $N = 53$ octets et le produit $N \cdot I$ devient égal à T qui est l'inverse du débit cellulaire. Si l'on pose $L = T + \tau$ où τ est la tolérance de l'algorithme GCRA, l'on peut voir que celui-ci est un cas particulier de l'algorithme GBRA (voir l'Annexe A/I.371).

Annexe B

Comportement de deux algorithmes de débit d'octets génériques coordonnés

La définition de conformité de la capacité de transfert en bande statistique (SBW) est fondée, en dehors du test de longueur maximale de paquet permise, sur deux instances de l'algorithme de débit d'octets générique (GBRA) (voir Annexe A) travaillant en mode coordonné. Cette coordination implique que les états de l'algorithme GBRA sont mis à jour si – et seulement si – une cellule qui arrive est conforme à toutes les instances applicables de l'algorithme GBRA. Un paquet IP subissant ce test est en conformité s'il satisfait au moins à l'algorithme GBRA maximal (R_p, B_p) et à l'algorithme GBRA à long terme (R_s, B_s).

La Figure B.1 montre le comportement qui résulte de l'exploitation de deux instances de l'algorithme GBRA en mode coordonné.

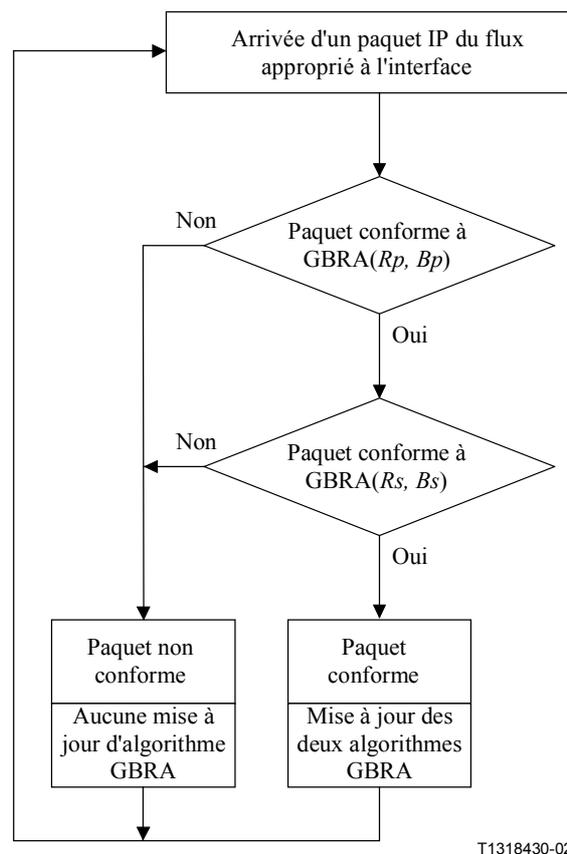


Figure B.1/Y.1221 – Comportement de deux algorithmes de débit d'octets génériques coordonnés

Appendice I

Illustration du comportement en compteur de jetons

Illustration du comportement en compteur de jetons

Introduction: Comportement en compteur de jetons

Il est possible d'utiliser un débit exprimé en octets/seconde afin de caractériser partiellement un flux. La valeur de ce débit pourra dépendre de la période pendant laquelle il est mesuré. Par exemple, une source qui envoie 50 octets toutes les millisecondes sera différent d'une source qui envoie 500 octets toutes les 10 millisecondes, bien que leur débit moyen à long terme soit le même. C'est afin de refléter cette différence lors de la caractérisation du flux que l'on fait appel à un compteur de jetons (voir Annexe A) comportant un débit de comptage R et une capacité de comptage B . En pratique, les flux réels n'auront peut-être pas la même structure récurrente que dans les exemples ci-dessus. La caractérisation par compteur de jetons pourra cependant être utilisée afin de caractériser le comportement "dans le cas le moins favorable" de tous les flux possibles dont tous les paquets sont conformes à un compteur de jetons ayant des paramètres (R, B) donnés. C'est ce qui sera décrit et illustré plus en détail ci-dessous.

I.1 Caractérisation d'un flux par compteur de jetons à débit et capacité uniques

Un flux est dit confiné ou soumis à une limite supérieure par un compteur de jetons dont le débit est R et la capacité B si tous les paquets de ce flux sont conformes à l'algorithme de compteur de jetons avec les paramètres de débit R et de capacité B (voir Annexe A).

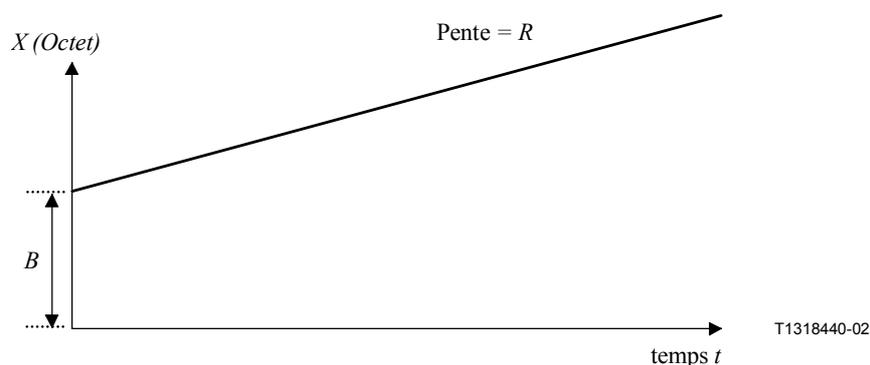


Figure I.1a/Y.1221 – Flux à débit unique et à capacité de comptage unique – Cas le moins favorable

La Figure I.1a montre le comportement du flux théoriquement le moins favorable qui est conforme à l'algorithme de compteur de jetons avec une capacité B et un débit R , le débit en ligne étant supposé infini. L'axe horizontal représente le temps écoulé depuis le premier paquet de ce flux et l'axe vertical montre le nombre maximal d'octets X qui peuvent avoir été envoyés dans le flux et qui peuvent encore passer par le compteur de jetons jusqu'à l'instant t . Ce cas du flux le moins favorable a envoyé une rafale de B octets (à un débit infini) suivi d'un flux constant de paquets de 1 octet, toutes les $1/R$ secondes. Noter que, dans un réseau IP réel, dont les paquets ont une longueur minimale supérieure à 1 octet, un flux réel ne peut pas présenter un tel débit de paquets. L'on vérifie facilement que c'est le comportement maximal permis par le compteur de jetons et c'est ce qui est indiqué par la ligne du haut dont la pente est égale au débit du remplissage de jetons R (c'est-à-dire que $X \leq B + t \times R$).

Un autre cas de flux le moins favorable peut présenter une structure récurrente de B octets (à débit infini) à intervalles réguliers de sorte que le débit moyen à long terme est égal au débit de comptage R . La Figure I.1b montre la trajectoire de ce flux sous la forme d'un trait discontinu. Dans un réseau IP réel, un flux réel peut réaliser un tel comportement ou s'en approcher. L'on vérifie facilement que pour envoyer la deuxième rafale de B octets, le flux doit réduire son activité (par exemple par un silence) pendant un nombre de jetons suffisant pour que le remplissage soit effectué de nouveau.

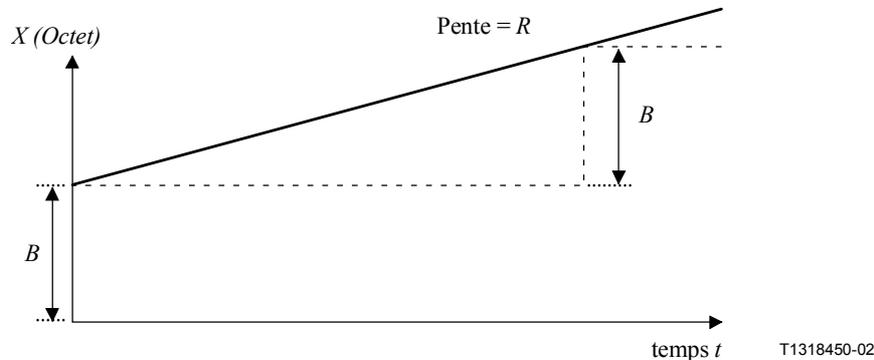


Figure I.1b/Y.1221 – Flux à débit unique et à capacité de comptage unique – Cas sporadique le moins favorable

La Figure I.1b montre également que l'expression $X \leq B + t \times R$ reste valide mais ne donne pas à chaque moment une représentation exacte du nombre réel d'octets envoyés dans ce flux.

Un troisième exemple montre un flux qui est moins actif pendant un certain temps puis qui reprend le comportement du cas le moins favorable comme dans les deux premiers exemples. C'est ce qui est illustré par la Figure I.1c.

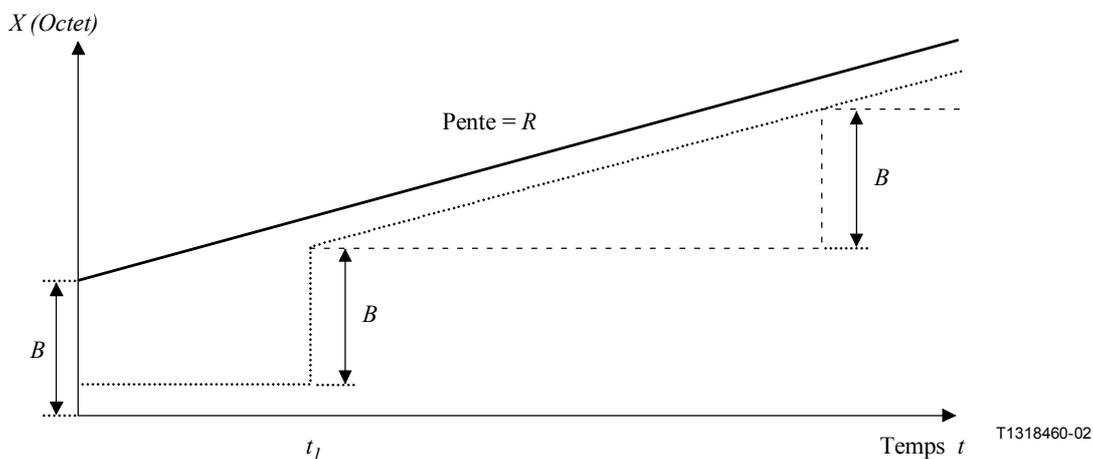


Figure I.1c/Y.1221 – Flux à débit unique et à capacité de comptage unique – Cas le moins favorable après une période d'inactivité

Le premier flux théoriquement le moins favorable reprend son activité maximale à l'instant t_1 . Etant donné l'activité modeste dans la période qui précède l'instant t_1 , le remplissage de jetons a été complètement effectué jusqu'à l'octet B . C'est-à-dire qu'au moment t_1 , le flux est contraint à envoyer une rafale non supérieure à B octets (à débit infini) et que ce flux peut donc présenter le comportement (possible seulement théoriquement) du cas le moins favorable de l'envoi de paquets

de 1 octet toutes les $1/R$ secondes. La Figure I.1c décrit la trajectoire de ce flux par un trait discontinu.

Un deuxième flux du cas le moins favorable, qui reprend son activité maximale à l'instant t_1 , montre une structure récurrente de B octets (à débit infini). Ce flux se trouve également contraint par la capacité B du compteur de jetons et, lorsque tous les jetons ont été consommés, ce flux doit attendre au moins pendant B/R secondes avant d'envoyer les prochains paquets de longueur B . La Figure I.1c décrit la trajectoire de ce flux par un trait discontinu.

Les flux réels peuvent présenter de nombreuses caractéristiques différentes, par exemple lors de l'envoi de paquets de longueur différente et à différents débits pendant la durée du flux.

C'est l'algorithme de compteur de jetons qui confine le flux à tout moment, des deux façons suivantes:

- il confine le flux à une longueur de rafale (ne dépassant pas B octets);
- et confine le flux à un débit (R octets/s) mesuré pendant une période suffisamment longue (mais ne dépassant pas B/R secondes) sans tenir compte de la longueur de rafale permise.

En fonction d'un ensemble approprié de paramètres de compteur de jetons, le réseau peut se fonder sur ces caractéristiques de flux simplifiées pour son attribution de ressources au lieu de demander à l'expéditeur du flux de spécifier ses caractéristiques de flux ou de source (éventuellement très compliquées et très diverses) et d'en tenir compte. Il peut y avoir plusieurs ensembles paramétriques (R, B) de compteur de jetons afin de caractériser un flux donné. Il appartient aux utilisateurs de choisir des ensembles paramétriques appropriés pour leurs flux.

NOTE – Il convient de noter qu'après une période suffisamment longue d'activité réduite, l'expression $X \leq B + t \times R$ reste valide mais n'est plus une représentation exacte du nombre maximal d'octets qui peuvent être envoyés dans le flux.

I.2 Caractérisation d'un flux avec deux débits et deux compteurs de jetons ($B_p < B_s$)

Lorsque deux débits sont définis pour un flux, deux compteurs de jetons sont utilisés. Le plus élevé des deux débits est désigné comme étant le débit maximal (R_p) et le débit inférieur est désigné comme étant le débit moyen (R_s). Lorsque la capacité de comptage de jetons est, pour le débit maximal, inférieure à la capacité de comptage de jetons pour le débit moyen (comme c'est le cas pour les services GS et CLS du groupe IETF), le débit maximal représente le débit à court terme. Le débit moyen (R_s) représente le débit à long terme.

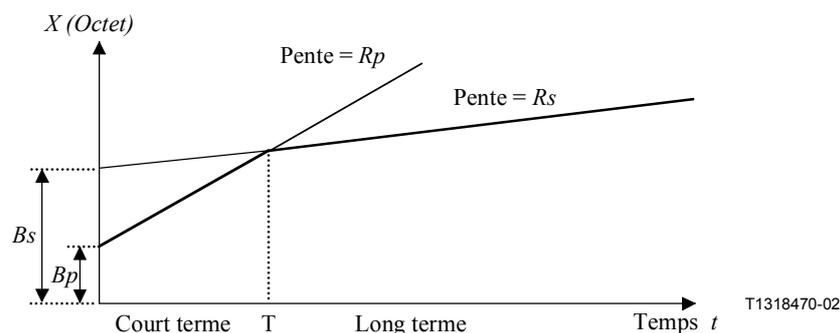


Figure I.2/Y.1221 – Flux à deux débits et deux compteurs de jetons ($B_p < B_s$) – Cas le moins favorable

La Figure I.2 montre le comportement d'un cas théoriquement le moins favorable de flux conforme à deux compteurs de jetons dont l'un a un débit R_p et une capacité de comptage B_p , tandis que l'autre a un débit R_s et une capacité B_s , avec $B_p < B_s$. Le débit en ligne est supposé infini. Le nombre d'octets X est le nombre maximal d'octets qui ont pu avoir été envoyés dans le flux en

fonction du temps t depuis l'arrivée du premier paquet et qui continuent à passer par les deux compteurs de jetons. Le nombre X est déterminé par les lignes dont les pentes sont égales aux débits R_p et R_s des compteurs de jetons. Aux instants précédant T , c'est le compteur de jetons à débit supérieur (soit R_p) qui domine le comportement du flux dans le cas le moins favorable, tandis qu'aux valeurs de temps au-delà de T , c'est le compteur de jetons à débit inférieur (soit R_s) qui domine le comportement du flux dans le cas le moins favorable. Ces régions sont indiquées dans la Figure I.2 comme étant à court terme et à long terme.

Les relations suivantes définissent le nombre maximal X en fonction du temps t . Elles sont indiquées par des traits gras dans la Figure I.2.

$$\mathbf{X \leq B_p + R_p \times t} \quad (0 \leq t \leq T)$$

$$\mathbf{X < B_s + R_s \times t} \quad (t \geq T)$$

Comme dans le cas décrit en I.1, un ensemble paramétrique approprié de compteur de jetons peut être utilisé afin de mieux caractériser certains flux par rapport à ce qui serait possible avec un compteur de jetons à débit unique. Le réseau peut se fonder sur ces caractéristiques de flux pour ses attributions de ressources.

NOTE – Comme dans le cas décrit en I.1, il convient de remarquer qu'après une période suffisamment longue d'activité réduite, les expressions ci-dessus restent valides mais ne donnent plus une représentation exacte du nombre maximal d'octets pouvant être envoyés dans le flux.

I.3 Caractérisation d'un flux avec deux débits et deux compteurs de jetons ($B_p > B_s$)

Lorsque deux débits sont utilisés et que la capacité de comptage de jetons au débit maximal est supérieure à celle du comptage au débit inférieur (comme c'est le cas dans le service Diffserv du groupe IETF), les deux lignes de profil qui sont indiquées dans la Figure I.2 ne se croisent plus. Le descripteur de trafic inclut les ensembles (R_p, B_p) et (R_s, B_s) afin de définir un compteur de jetons à débit garanti TB (R_s, B_s) , où R_s est le débit inférieur qui représente le profil de trafic au-dessous duquel le réseau garantit la remise des paquets. Les paquets conformes à ce débit TB sont considérés comme conformes. Ce cas est très proche de celui des paquets conformes lors de la caractérisation avec débit unique, examiné en I.1. A ce propos, ces paquets conformes sont également désignés sous l'appellation de *paquets verts*.

Le descripteur de trafic définit également un comptage maximal TB (R_p, B_p) dans lequel R_p est le débit supérieur qui représente le profil de trafic au-dessus duquel le réseau ne fournit pas de garantie de remise. Cela permet d'établir une distinction supplémentaire entre paquets non conformes au comptage TB moyen.

Un paquet non conforme au comptage TB maximal est appelé *paquet rouge*. Ce cas est très proche de celui des paquets non conformes lors de la caractérisation avec débit unique, examiné en I.1, mais avec un ensemble paramétrique différent de comptage de jetons.

Un paquet non conforme au débit de comptage inférieur mais conforme au débit de comptage supérieur est appelé *paquet jaune*. Le réseau peut offrir différents "engagements" relatifs à ces paquets non conformes (c'est-à-dire jaunes et rouges). Par exemple, l'on peut appliquer aux paquets jaunes un engagement moindre qu'aux paquets conformes (verts) et un meilleur engagement s'appliquera ensuite aux paquets rouges. La Figure I.3 décrit les lignes de pente R_s et R_p qui délimitent les trois régions suivantes:

$$\mathbf{X \leq B_s + R_s \times t} \quad \rightarrow \text{région conforme (vert)}$$

$$\mathbf{X > B_p + R_p \times t} \quad \rightarrow \text{région non conforme (rouge)}$$

$$\mathbf{B_s + R_s \times t < X \leq B_p + R_p \times t} \quad \rightarrow \text{région non conforme (jaune)}$$

NOTE – Une clarification est demandée concernant la distinction entre les deux régions non conformes (jaune et rouge).

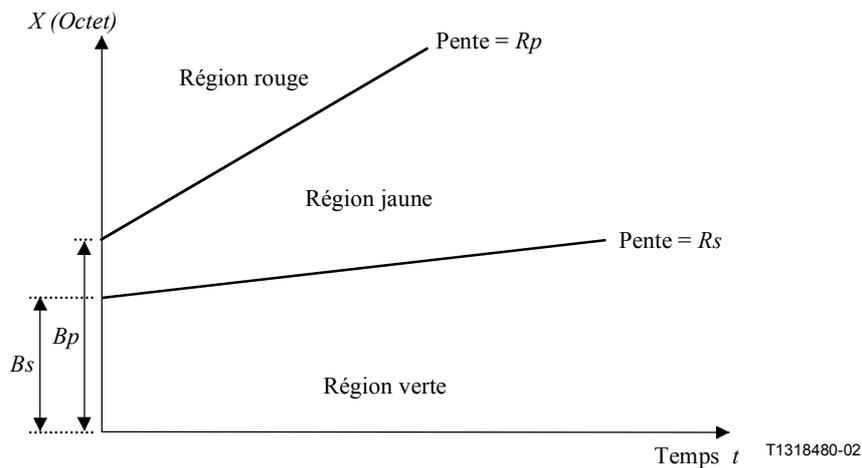


Figure I.3/Y.1221 – Flux à deux débits et deux compteurs de jetons ($B_p > B_s$) – Cas le moins favorable

La description des caractéristiques possibles d'un flux dans le cas le moins favorable devient plus floue dans cette configuration.

Comme pour le flux dans le cas le moins favorable décrit en I.1, l'on peut décrire un flux "dans le cas le moins favorable de paquets verts", où tous les paquets sont conformes au comptage $TB(R_s, B_s)$.

De même, on peut décrire un flux "dans le cas le moins favorable de paquets jaunes", où tous les paquets sont conformes au comptage $TB(R_p, B_p)$. Noter qu'un flux "dans le cas le moins favorable de paquets jaunes" se compose non seulement de paquets jaunes mais d'un mélange de paquets verts et jaunes.

Finalement, un flux qui est non conforme au comptage $TB(R_p, B_p)$ se composera d'un mélange de paquets rouges, jaunes et verts, selon la sévérité du débordement des compteurs de jetons respectifs.

Appendice II

Relation entre classe IPTC/QS et spécification IntServ/DiffServ de l'IETF

Le corps principal de la présente Recommandation décrit deux capacités de transfert IP (voir 6.1, 6.2) qui visent la compatibilité avec les descriptions et spécifications de service produites par les groupes IntServ et DiffServ de l'IETF. L'objectif est que les éléments de réseau et les réseaux conformes à ces spécifications puissent, par capacité ou par adaptation, prendre en charge les capacités de transfert IP spécifiées dans la présente Recommandation.

Le présent appendice informatif énumère et explique les différences les plus importantes entre les capacités de transfert IP et leurs contreparties IETF.

II.1 Capacité IPTC en bande spécialisée en association avec une classe de QS appropriée

La description de la capacité de transfert IP en bande spécialisée (DBW) indique (voir 6.1.1) que cette capacité vise la compatibilité avec le service garanti (GS, *guaranteed service*) [RFC 2212] et avec les services de bout en bout fondés sur le comportement de réexpédition accélérée bond par bond (EF-PHB, *expedited forwarding per-hop behavior*) [RFC 2598].

Etant donné que l'UIT-T utilise une combinaison de capacité IPTC et de classe de QS, l'analyse ci-après partira du principe qu'une classe de QS est choisie pour un flux donné avec des engagements de pertes spécifiés et des engagements de (variation de) délai spécifiés. Un flux caractérisé par la capacité DBW en combinaison avec une telle classe de QS sera ci-après désigné par "DBW". De même, un flux utilisant le service GS ou la réexpédition EF-PHB sera désigné par "GS" ou "EF", selon le cas.

La caractéristique commune aux modes DBW, GS et EF est que le réseau s'engage à transporter des paquets IP à un débit spécifié (en octets par seconde) avec un faible délai et une faible variation de ce délai.

Les différentes suivantes sont relevées:

- la capacité DBW permet au fournisseur du réseau d'ignorer (éventuellement tous) les paquets non conformes, tandis qu'en mode GS et EF les paquets non conformes sont censés être transportés au mieux. L'on s'attend que la possibilité de limiter le flux de paquets DBW au débit convenu et aux caractéristiques de l'algorithme GBRA (R_p, B_p) simplifiera beaucoup la gestion du trafic dans le réseau (par exemple lors de la formation de files d'attente selon les priorités) et minimisera les délais de file d'attente pour tout le trafic conforme. L'on s'attend également que la plupart des applications utilisant la capacité DBW (par exemple des médias à flux continu) seront en mesure de spécifier des paramètres appropriés et de produire du trafic dans ces limites (en paquets conformes);
- l'association avec une classe de QS permet aux engagements de bout en bout d'être connus de l'utilisateur préalablement (à l'accord sur un contrat de trafic). Le service garanti permet (par exemple au moyen du protocole RSVP) d'informer l'utilisateur du délai maximal de file d'attente que l'on s'attend à rencontrer sur le trajet particulier du flux. Cette information est fournie a posteriori (c'est-à-dire après l'exécution de la réservation). Il a par ailleurs été démontré que, sur un trajet comportant de nombreux bonds, le cumul des valeurs de délai maximal de file d'attente de chaque bond conduisait à des valeurs beaucoup plus grandes que le "délai maximal" (ou un fractile représentatif de celui-ci) mesuré sur ce trajet. Par conséquent, les informations cumulées ne présentent n'ont pour ainsi dire aucune valeur pratique pour l'utilisateur. Le mode EF ne spécifie pas de limite supérieure pour le délai (ou sa variation);
- la capacité DBW applique (en plus de la longueur maximale de paquet) la caractérisation de trafic minimal au moyen d'un seul ensemble paramétrique de comptage de jetons (R_p, B_p). La capacité GS nécessite la spécification d'un paramètre additionnel de débit maximal, mais sans la possibilité de spécifier une tolérance sur la variation du délai de paquet en 1 point concernant ce débit. Par ailleurs, la capacité GS est invoquée au moyen de deux ensembles paramétriques de trafic (T_{spec} et R_{spec} , qui peuvent avoir des valeurs différentes) plus un élément dit *terme de surlongueur*.

II.2 Capacité IPTC en bande statistique associée à une classe de QS appropriée

La description de la capacité de transfert IP en bande statistique (SBW) indique (voir 6.2.1) que cette capacité vise la compatibilité avec le service d'élément de réseau à charge commandée (CL, *controlled-load network element service*) [RFC 2211] et avec les services de bout en bout fondés sur le comportement de réexpédition assurée bond par bond (AF-PHB, *assured forwarding per-hop behavior*) [RFC 2597].

Etant donné que l'UIT-T utilise une combinaison de capacité IPTC et de classe de QS, l'analyse ci-après partira du principe qu'une classe de QS est choisie pour un flux donné avec des engagements de pertes spécifiés et des engagements de (variation de) délai spécifiés. Un flux caractérisé par la capacité SBW en combinaison avec une telle classe de QS sera ci-après désigné par "SBW". De même, un flux utilisant le service CL ou la réexpédition AF-PHB/PSC sera désigné par "CL" ou "AF", selon le cas.

La caractéristique commune aux modes SBW, CL et AF est que le réseau s'engage à transporter des paquets IP à un débit minimal spécifié (en octets par seconde) et permet le transport du trafic additionnel (ou excédentaire) dans les limites des ressources disponibles dans le réseau.

Les différences suivantes sont relevées:

- les capacités SBW et AF visent à prendre en charge les applications qui n'ont pas d'exigences strictes en termes de délai. Le service CL ne garantit pas de caractéristiques de délai quantifiées mais s'applique aux caractéristiques "à vide", c'est-à-dire à une variation de délai qui est petite par rapport au délai minimal (comme le délai de propagation). L'on s'attend que cette caractéristique sera difficile à réaliser en combinaison avec l'aptitude à prendre efficacement en charge le trafic excédentaire au-delà et en plus du débit garanti;
- la capacité SBW applique (en plus de la longueur maximale de paquet) deux ensembles paramétriques de comptage de jetons: (R_p, B_p) et (R_s, B_s) . La capacité CL nécessite la spécification du paramètre de débit maximal, mais sans la possibilité de spécifier une tolérance sur la variation du délai de paquet en 1 point concernant ce débit. Par ailleurs, la capacité CL est invoquée au moyen de deux ensembles paramétriques de trafic, T_{spec} et R_{spec} , qui peuvent avoir des valeurs différentes;
- actuellement, la capacité SBW distingue les paquets conformes et les paquets non conformes. La capacité AF distingue trois "priorités de raccordement" encore qu'elle ne soit appelée à prendre en charge qu'un minimum de deux probabilités différentes de raccordement.

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
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication