



**HAL**  
open science

## Signalisation de QdS dans un réseau satellite de nouvelle génération

Olivier Alphand, Pascal Berthou, Thierry Gayraud, Stephane Combes

► **To cite this version:**

Olivier Alphand, Pascal Berthou, Thierry Gayraud, Stephane Combes. Signalisation de QdS dans un réseau satellite de nouvelle génération. 11ème Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles (CFIP'2005), Mar 2005, Bordeaux, France. p.483-498. hal-00356870

**HAL Id: hal-00356870**

**<https://hal.science/hal-00356870>**

Submitted on 28 Jan 2009

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

---

# Signalisation de QoS dans un Réseau Satellite de Nouvelle Génération

O. Alphand\*, P. Berthou\*, T. Gayraud\*, S. Combes\*\*

\*LAAS-CNRS  
7, avenue du Colonel Roche  
31077 Toulouse cedex 4  
{prenom.nom}@laas.fr

\*\*Alcatel Space  
26 avenue JF. Champolion BP 1187,  
31037 Toulouse cedex 1  
stephane.combes@space.alcatel.fr

---

*RÉSUMÉ.* Les avancées conjuguées des transmissions et du codage ont permis l'apparition de d'un nouveau type de réseaux satellites géostationnaires. Avec une voie de retour par satellite et des mécanismes de commutation à bord, ces systèmes dédiés aux communications multimédia large bande sont conçus pour intégrer dans un futur proche l'offre des réseaux de nouvelle génération. Les enjeux majeurs de tels systèmes sont la fourniture de services évolués tels que la qualité de service (QoS), la diffusion ou la sécurisation des communications. Cet article présente l'implémentation d'une architecture DiffServ sur un réseau satellite de type DVB-S/RCS et détaille plus particulièrement les mécanismes de signalisation de la QoS. Ces fonctionnalités ont été implantées et testées dans une plateforme d'émulation satellite développée dans le cadre du projet européen Satip6.

*ABSTRACT.* Geostationary satellite networks are expected to be, in a very near future, an integral part of the Next Generation Networks (NGN) global infrastructure. The return channel via satellite defined by the DVB-RCS standard and the recent development of onboard switching capabilities in satellite make the provisioning of broadband multimedia services possible through satellite systems. In such systems, Quality of Service (QoS), multicast and security are the main issues to solve in order to provide evolved services. This article introduces the implementation of a DiffServ architecture on DVB-S/RCS systems and associated QoS signalisation mechanisms. All these functionalities were implemented in a satellite emulation testbed developed in the European SATIP6 project framework.

*MOTS-CLÉS:* Réseau Satellite, QoS, DVB-RCS, Signalisation, plateforme d'émulation.

*KEYWORDS:* Satellite network, QoS, DVB-RCS, Signalling, emulation testbed.

---

## 1. Introduction

Les réseaux par satellites suscitent depuis de nombreuses années l'intérêt des chercheurs et des industriels. Après l'enthousiasme des architectures de réseau par satellites à orbite basse (LEO), un recentrage vers les réseaux par satellite à orbite géostationnaire (GEO) s'est effectué, le problème des constellations de satellites étant considéré comme très complexe. La démocratisation des terminaux satellites DVB-S et l'évolution des transmissions et techniques de codage ont permis aux satellites géostationnaires de prendre une place prépondérante dans les systèmes de télécommunications actuels. Après la mise en place de services de diffusion de contenu IP utilisant des solutions satellite avec voie de retour terrestre, une solution satellite bidirectionnelle est standardisée à travers la norme DVB-RCS. Complémentaire des réseaux terrestres, elle permet d'offrir ainsi les services IP multimédia large bande dans les zones non couvertes ou à couverture difficile.

Cependant, en termes de qualité de service (QoS), les réseaux satellites souffrent de la comparaison avec les réseaux terrestres du fait d'un long délai de propagation, d'une bande passante plus limitée et d'erreurs de transmissions plus fréquentes. De ce fait, les délais, la bande passante et les taux d'erreurs doivent être gérés avec beaucoup d'attention afin de satisfaire les utilisateurs. Ceci explique pourquoi la gestion de la qualité de service est une préoccupation majeure dans les réseaux par satellite, et ce bien plus que dans les réseaux terrestres.

Afin d'évaluer et de démontrer les capacités des systèmes satellites de nouvelle génération ainsi que leur intégration avec les réseaux terrestres, une plate-forme d'émulation de réseau par satellite a été mise en œuvre dans le cadre du projet européen SATIP6 [1].

Cette plate-forme émule un système satellite complet basé sur DVB-RCS/S, qui est aujourd'hui la norme la plus avancée dans ce domaine et qui offre de nombreuses possibilités en terme de gestion de la qualité de service. Contrairement aux systèmes actuellement déployés, notre architecture offre des services différenciés et sélectionnables dynamiquement. DVB-RCS est utilisé pour la voie montante et DVB-S pour la voie descendante. La capacité du satellite à commuter à bord les paquets issus de la voie montante sur la voie descendante assure une connexion directe entre tous les utilisateurs, ce qui garantit des temps de communication de l'ordre de 250 ms (de l'ordre de 500 ms dans les systèmes « en étoile » déployés aujourd'hui).

Cet article s'intéresse à la gestion de la QoS dans un tel réseau satellite et tout particulièrement à la signalisation entre l'utilisateur et le réseau liée à cette gestion. En effet, si aujourd'hui de nombreux travaux ont été effectués sur les principes de mise en œuvre de la qualité de service dans les réseaux satellites, il existe très peu de solutions permettant à l'utilisateur de choisir, parmi ceux disponibles, le service adapté à ses besoins. Pourtant, la bande passante et par conséquent les services de qualité coûtent cher dans un contexte satellitaire, beaucoup plus que sur des réseaux

terrestres. De ce fait, il paraît naturel d'associer l'utilisateur à ces choix. Cet article propose deux mécanismes complémentaires, « orientés utilisateurs », de sélection de QoS. Bien que généralisables, ces mécanismes sont appliqués au contexte du réseau satellite et sont implémentés sur la plateforme d'émulation citée précédemment.

Cet article s'articule en trois parties. Les deux premiers paragraphes rappellent la norme DVB-RCS et les principaux mécanismes de signalisation de niveau IP. La plateforme d'émulation satellite et plus particulièrement l'architecture de QoS sont ensuite décrites dans la section 3. Les deux dernières sections 4 et 5 présentent les mécanismes de signalisation proposés.

## **2. Problématique de la QoS dans les réseaux satellites DVB-RCS/S**

### **2.1. L'architecture DVB-RCS**

La première norme DVB décrit un mécanisme de compression et de transmission vidéo basé sur MPEG-2 (Motion Picture Expert Group) qui utilise comme protocole de liaison de données MPEG-TS (MPEG Transport Stream). Ce n'est que plus tard que ces mécanismes furent adaptés aux systèmes satellites avec la norme DVB-S (DVB transmission via Satellite) qui définit un ensemble d'options permettant l'envoi de paquets MPEG-TS sur un lien satellite. Cette norme est devenue le standard de diffusion de la télévision numérique par satellite.

Jusque là, les terminaux satellites étaient simplement dédiés à la réception des trames DVB-S émises par un satellite et n'avaient pas la possibilité d'émettre du trafic. C'est en 1999, que l'ETSI proposa un standard pour la voie de retour par satellite nommé DVB-RCS (DVB Return Channel via Satellite) [3], offrant ainsi une capacité d'émission aux terminaux satellites.

Cette évolution a donné lieu à un nouveau type de topologie de réseau satellite qui vient compléter l'existant :

- Les satellites classiques, dits « transparents », qui propagent le signal montant sur la voie descendante sans aucun traitement additionnel. Les terminaux satellites (ST) n'étant pas aptes à recevoir un signal DVB-RCS tel quel (cela nécessiterait une infrastructure matérielle trop importante), une conversion DVB-RCS/DVB-S est effectuée par une passerelle au sol. Ainsi, toute communication de ST à ST passe forcément par la passerelle ce qui donne lieu à un « double bond » et une topologie communément appelée en « étoile ».
- Les satellites dotés de capacités de traitement à bord, dits satellites régénératifs, sont capables d'effectuer cette conversion et offrent ainsi la capacité de communication de ST à ST en un seul bond. Ces topologies sont dites « méshées ». Des mécanismes de commutation multi-spots, permettant la commutation à bord de paquets destinés à des zones de diffusion différentes, peuvent être ajoutés à ce type d'architectures.

D'autre part, comme tout protocole de liaison de données utilisant un médium à diffusion, DVB-RCS propose un mécanisme de résolution des contentions d'accès entre les différents terminaux qui tentent d'accéder simultanément au lien satellite. La méthode utilisée est de type MF-TDMA et se base sur une division fréquentielle correspondant aux fréquences des différentes porteuses, chacune divisée en trames puis en « unités temporelles » de durée fixe durant lesquelles un ST peut transmettre des données au format MPEG2-TS ou ATM. L'entité chargée de l'allocation des unités temporelles dans une trame (appelée « super-trame ») est le NCC (Network Control Center). Il a pour rôle de centraliser la gestion des ressources du satellite. Bien que potentiellement réalisable à bord du satellite, cette tâche est généralement effectuée au sol. Une trame de signalisation nommée TBTP (Terminal Burst Time Plan) contenant les instants de transmission de chaque terminal satellite du réseau est émise régulièrement.

#### *2.1.1. Mécanismes de bande passante à la demande*

Afin d'allouer la bande passante de manière dynamique et donc plus efficace, un mécanisme d'allocation de bande passante à la demande appelé DAMA (Demand Assigned Multiple Access) est défini par la norme. Il permet aux ST de requérir régulièrement auprès du NCC de la « capacité d'émission », c'est à dire des réservations d'intervalles temporels (des trames) pendant lesquels ils pourront émettre sans contention possible. Un cycle de requête/allocation impose une latence minimum (au moins un aller-retour dans le réseau satellite) et la difficulté d'implémentation d'un tel mécanisme consiste à minimiser le délai d'allocation (la réactivité du système) tout en optimisant l'utilisation du réseau. La norme définit 5 types de requêtes de capacité (CR) pour satisfaire les besoins des applications : des requêtes de bande passante fixe (Continuous Rate Assignment) ; des requêtes de bande passante variable (Rate Based Dynamic Capacity) ; des requêtes de transmission d'un volume de données (Volume Based Dynamic Capacity et Absolute Volume Based Capacity) et une allocation « bonus » offerte par le NCC quand il reste de la bande passante non utilisée (Free Capacity Assignment).

Si ces catégories de CR paraissent bien définies, les algorithmes d'allocation de la bande passante ne sont pas spécifiés dans la norme. Pourtant, la qualité de service offerte par le réseau dépend fortement des principes d'allocation mis en œuvre. La plateforme d'émulation implémente trois de ces CRs, ceux ci sont détaillés dans la section 3.2.1.

#### *2.1.2. Lien avec les couches supérieures*

Une architecture DVB-RCS à QoS doit donc intégrer plusieurs files de niveau MAC basées sur différents types de CR définis ci-dessus afin d'offrir des services différenciés. Dans un contexte IP, il est recommandé dans [12] de lier les différentes files d'un routeur *Diffserv* [4] aux différentes files de niveau MAC. La plateforme d'émulation implémente une telle architecture à QoS, définie dans le paragraphe 3.1.

## 2.2. Applications intégrant une signalisation de QoS

Pour les entreprises développant les logiciels multimédias, l'intégration d'une signalisation de QoS tel que RSVP n'a pas de sens dans la mesure où les opérateurs des réseaux de cœur n'assurent que très rarement le support d'une architecture de QoS. Cette intégration au niveau applicatif n'étant pas sans frais (en coût et en temps) pour les développeurs, elle n'est tout simplement pas considérée. Ainsi la majorité des applications n'offre pas de signalisation permettant d'interagir avec une architecture réseau à de QoS. Cet article propose deux solutions complémentaires permettant à l'utilisateur de préciser ses besoins applicatifs et de choisir entre différents services éventuellement disponibles au niveau réseau.

## 3. La plateforme d'émulation satip6

### 3.1. Présentation de la plateforme

L'objectif de cette plateforme est d'émuler aussi fidèlement que possible un système satellite DVB-RCS/S complet, c'est à dire le cœur de réseau, mais aussi des terminaux clients. Elle offre en plus une architecture de QoS innovante implémentant un algorithme d'allocation de la bande passante (DAMA) basé sur la mesure, des interactions fortes entre les couches DVB-RCS et IP pour une gestion optimisée de la QoS et des fonctionnalités originales de signalisation orientée utilisateur.

Il a été choisi d'implémenter séparément chaque élément de réseau, comme cela est le cas dans un réseau satellite réel. Comme le montre la Figure 1, la plateforme se compose de 11 ordinateurs de type PC. Une version minimale composée de sept ordinateurs permet la réalisation de scénarios unicast simples.

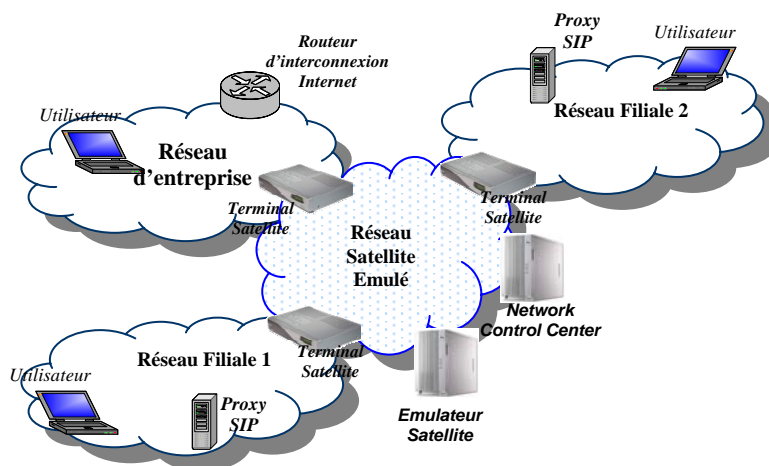


Figure 1. Architecture générale de la plateforme d'émulation satellite

Le paragraphe suivant donne une description rapide de chaque entité :

- *L'émulateur satellite (SE)*: Cet émulateur à été développé dans le cadre du projet européen BRAHMS [2] précédant Satip6. Il permet l'émulation de la liaison physique par des délais, des taux d'erreur binaire et l'émulation de spots (zones de couvertures), tout ceci de manière hautement configurable. Les délais et les modèles d'erreurs peuvent être basés sur des modèles statistiques classiques ou basés sur des distributions pré-calculées, ces dernières étant obtenues à partir de mesures réelles. Le canal satellite est quant à lui implanté au dessus d'Ethernet qui fournit un médium à diffusion avec une bande passante suffisante.
- *Le NCC (Network Control Center)* est au centre de la gestion du réseau satellite. Il est en charge de l'allocation des ressources radio aux terminaux satellites et gère la synchronisation globale du système. L'émission régulière de certaines tables (TBTP) permet la synchronisation des émissions des terminaux. Les algorithmes évoqués dans les sections 2.1.1 et 3.2.1 sont implémentés dans cette entité.
- *Les Terminaux Satellites (ST)* jouent le rôle de routeurs d'accès pour le réseau satellite et possèdent deux interfaces DVB-S et DVB-RCS et une interface réseau local (Ethernet). L'utilisation de ces protocoles est simulée par encapsulation de ces formats lors des émissions sur le réseau Ethernet. Les fonctionnalités suivantes sont implémentées : Calcul et émission des requêtes de capacité (CR) ; Décodage des trames DVB-S ; Ordonnancement des émissions selon les TBTP reçus ; Classification des paquets IP selon les politiques mises en place (voir 3.2.2).
- *Les Terminaux Utilisateurs (UT)* sont des systèmes classiques (Linux ou Windows) car toutes les fonctionnalités spécifiques au satellite sont déléguées aux terminaux satellites (ST). Les applications réelles sont donc déployables et peuvent être testées sur cette plateforme.
- *Les Proxy SIP* participent à la mise en œuvre de la qualité de service pour les applications multimédia. Leur fonctionnement est décrit dans la section 5.

### **3.2. Gestion de la QoS dans le terminal satellite**

Comme cela a été souligné dans la section 2.1, la Qualité de service est gérée dans le terminal satellite à deux niveaux : MAC et IP. Les mécanismes de niveau MAC ont pour objectif de maximiser l'utilisation des ressources entre les différents STs en offrant au ST différentes requêtes de capacité auprès du NCC. Le niveau IP offre quant à lui des services différenciés afin de répondre aux exigences de différentes classes de trafic en tirant parti des divers types d'allocation de capacité du niveau MAC. La Figure 2 offre une vision globale de l'architecture de QoS implémentée dans un terminal satellite.

3.2.1. QoS au niveau MAC

La principale difficulté au niveau MAC est d’offrir un algorithme de DAMA efficace. Cette efficacité passe à la fois par une judicieuse décomposition en classes de service MAC, la projection de ces classes de service sur les catégories de requête de capacité disponibles et enfin la pertinence des informations utilisées pour requérir dynamiquement des capacités auprès du NCC.

Les deux classes de service implémentées au niveau MAC dans le terminal satellite sont :

- La classe *DVB-RT* (Real-Time) dédiée aux applications aux contraintes temporelles fortes (VoIP, Visioconférence)
- La classe *DVB-NRT* (Non Real-Time) dédiée aux applications plus tolérantes voire non affectée par le délai, la gigue et la variation de bande passante (Peer to Peer, FTP ...)

Les requêtes de capacité implémentées dans l’émulateur sont les suivantes : CRA, VDBC et FCA.

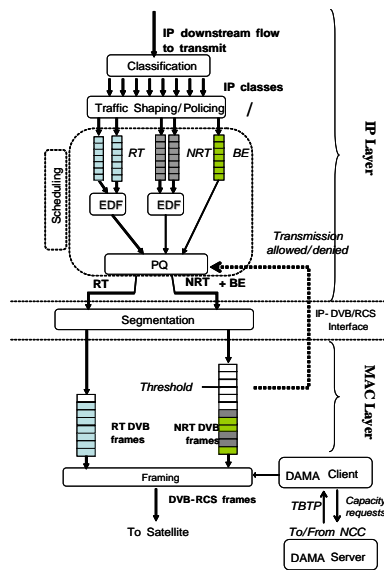


Figure 2. Architecture de QoS du terminal satellite

Afin de répondre aux exigences de la classe DVB-RT, la catégorie de requête de capacité retenue est le CRA. Elle correspond à un débit constant alloué à chaque supertrame au logon du terminal et pour toute la durée de sa connexion. De ce fait,



cette capacité est toujours disponible et n'est pas sujette à la latence introduite par le DAMA.

Quant à la classe DVB-NRT, elle bénéficie de capacités allouées à la fois par des requêtes de type VBDC et FCA. Les requêtes VBDC correspondent à un volume de cellules demandées au NCC calculé sur le taux d'occupation et de remplissage de la queue MAC DVB-NRT et qui sont actualisées et émises à chaque supertrame. L'algorithme est détaillé dans [7]. Ce type de réservation est vital afin de préserver les ressources du satellite puisqu'elle permet d'allouer les ressources nécessaires au ST à la cellule ATM près. Cependant, entre l'émission de la requête VBDC et la consommation effective de ces capacités par le ST, le cycle de requête /allocation ne peut descendre en deçà du RTT satellite (500ms) et peut aller jusqu'à plusieurs secondes si une supertrame ne suffit pas à écouler le volume requis par l'ensemble des ST à un instant précis (congestion au niveau du NCC). Ces requêtes étant cumulatives, les volumes accumulés au niveau du NCC sont réparties sur plusieurs supertrames jusqu'à ce que la congestion se résorbe.

Enfin, l'assignation des capacités FCA est réalisée automatiquement par le NCC et non à la demande du ST en redistribuant l'ensemble des cellules ATM d'une supertrame non réclamées par l'ensemble des STs entre ces derniers. Elle permet d'allouer pour les services AF et BE, dans des conditions de charge faible, un petit volume de capacité dans chacune des trames et par conséquent de réduire substantiellement la latence du DAMA.

### 3.2.2. QoS au niveau IP

Le niveau IP suit le modèle DiffServ en offrant 3 PHBs (classes de service) EF, AF, BE correspondant respectivement à nos services *Voice*, *FTP*, *Best Effort*.

L'ordonnanceur, quant à lui, assure la correspondance entre ces trois services de niveau IP et les deux files MAC sous-jacentes de la façon suivante : les paquets « Voice » sont orientés vers la classe MAC DVB-RT et les paquets « FTP » et « Best Effort » vers la classe MAC DVB-NRT. La politique d'ordonnement est basée sur les politiques de type PQ (Priority Queuing) et EDF (Early Deadline First). Afin de palier au problème de famine des classes moins prioritaires posé par la discipline PQ, le conditionnement du trafic réalisé par un DLB (Dual Leaky Bucket) assure une bonne répartition des ressources du ST entre les différents services. L'analyse comparative de politiques d'ordonnement basées sur différentes disciplines a été menée dans [8].

Enfin, la classification qui assure l'aspect dynamique de nos réservations de QoS est effectuée sur la base des informations des besoins applicatifs relayées par le QoS Agent et le Proxy SIP qui sont détaillés respectivement dans les sections 4 et 5

### 3.3. Interface : QoS Server

Comme cela vient d'être présenté, le terminal satellite s'apparente à un routeur implémentant des fonctionnalités *Diffserv*. Pour qu'un paquet de données reçu en entrée de ce routeur bénéficie des services associés à une classe, un mécanisme de signalisation doit être utilisé. Il existe deux alternatives :

- La signalisation peut-être faite « en ligne », c'est à dire transportée en même temps que le paquet. Cela peut-être fait par le marquage du champ TOS ou DSCP/TC des paquets IP.
- La signalisation peut être faite « à priori », c'est à dire avant le transfert effectif des données. Dans ce cas, un identificateur de flux est nécessaire pour permettre au routeur d'identifier et de traiter les paquets correspondants. Le quadruplet adresses/ports source et destination est généralement utilisé pour IPv4 (on parle alors de classification multi-champs). Le champ *FlowId* peut être utilisé pour les paquets IPv6.

La deuxième solution, qui s'apparente à une réservation, a été retenue pour l'implémentation du terminal satellite de la plateforme d'émulation. L'entité responsable de l'identification est appelée QoS Server. Lorsqu'une application souhaite utiliser un des services disponibles, elle doit transmettre préalablement au *QoS Server* un quintuplet : { @source, port source, @ destination, port destination, Identificateur de service } identifiant ce flux et la QoS désirée. L'application est responsable de la suppression de cette réservation, toutefois un chien de garde permet la suppression des réservations trop anciennes.

Cette solution possède l'avantage de pouvoir facilement être couplée à un mécanisme de contrôle d'admission qui est nécessaire dans une telle architecture. La *granularité par flux* et le *maintien d'état* dans le terminal satellite n'est pas problématique car un ST n'est pas un routeur de cœur et ne manipule qu'un petit nombre de flux.

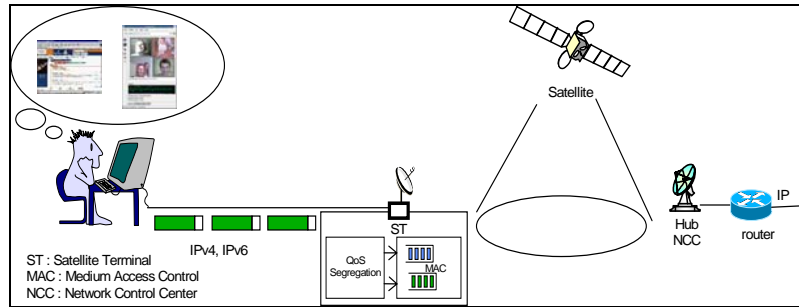
Bien sûr, il n'est pas du ressort de l'application d'effectuer ces réservations, car il serait nécessaire de modifier les applications existantes. Nous proposons pour cela deux mécanismes, auxquels l'application peut déléguer cette tâche, dans les paragraphes suivants.

## 4. Un agent de sélection pour les applications non adaptées à la QoS

### 4.1. De la QoS pour toutes les applications

Très peu d'applications sont aujourd'hui programmées pour être « conscientes » des mécanismes de QoS offerts par les réseaux sous-jacents. Comme les réseaux satellites nécessitent une gestion fine de la QoS et que les applications sont très souvent incapables de spécifier leurs besoins, notre proposition de QoS Agent offre

une solution « orientée utilisateur » permettant à toutes les applications de bénéficier des services du réseau.



**Figure 3.** Gestion de QoS par le ST

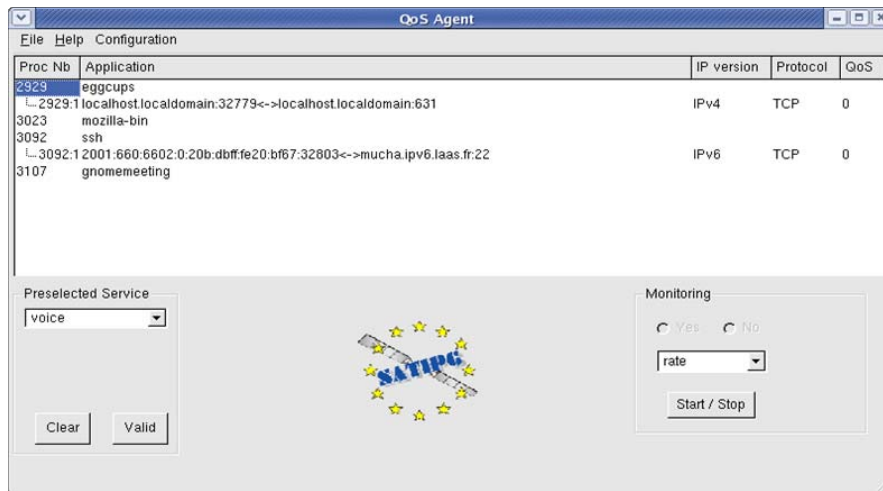
Installé sur le terminal utilisateur, le QoS Agent détecte les flux applicatifs, les associe statiquement ou dynamiquement avec l'intervention de l'utilisateur au niveau de QoS désiré, et configure le terminal satellite (par l'intermédiaire du QoS Server) afin qu'il prenne en compte la demande.

La Figure 3 rappelle l'architecture du système satellite et le rôle du terminal satellite dans la classification des flux et leur émission selon la politique choisie. L'utilisateur peut donc, à distance, grâce à l'usage des *QoS Agent* (localisé dans son terminal) et *Server* (localisé dans le ST), « configurer » son terminal satellite pour obtenir le service qu'il souhaite appliquer à une de ses applications en cours d'utilisation.

#### 4.2. Principe de fonctionnement

Le QoS Agent a été conçu pour offrir un mécanisme de signalisation des besoins de QoS aux applications qui ne sont pas programmées en conséquence et ce sans aucune modification.

Excepté le terminal utilisateur, aucune entité du réseau satellite (y compris son propre ST) ne peut avoir une vue précise des applications que l'utilisateur exécute. En effet, lorsqu'un paquet est émis sur le réseau, toute référence à l'application émettrice est masquée par les encapsulations successives. A part pour certaines applications dont les numéros de ports sont fixes et connus, il n'est pas possible pour une entité extérieure, à moins de désencapsuler systématiquement tous les paquets, d'identifier l'application émettrice et par conséquent la QoS qu'elle pourrait requérir.

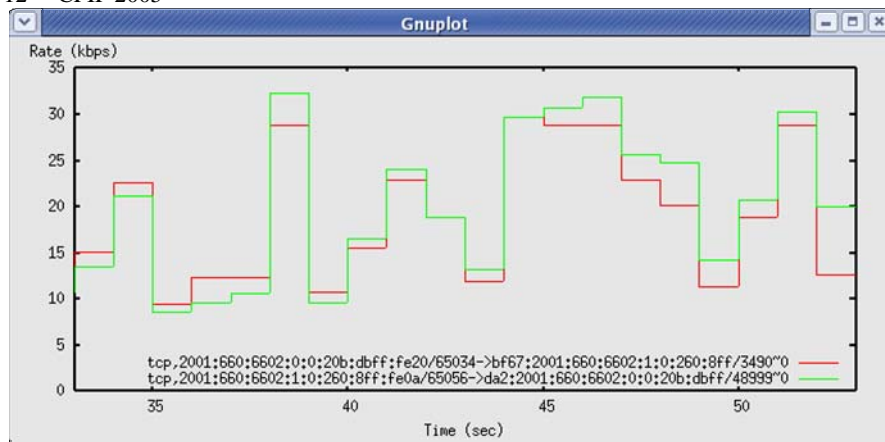


**Figure 4.** Interface graphique du QoS Agent

Le QoS Agent est donc un « démon » installé sur le terminal utilisateur qui détecte toutes les connexions sortantes des applications en cours d'utilisation. Une interface graphique (Figure 4) présente à l'utilisateur à tout moment l'état de ses connexions réseau et les applications qui en font usage.

Un module permet de sélectionner pour une application, c'est à dire pour l'ensemble des flux qu'elle manipule, ou pour un seul flux, un des services disponibles et de signaler ce choix au terminal satellite. Chaque fois que l'utilisateur sélectionne un service pour une application donnée, le QoS Agent signale au QoS Serveur situé sur le ST la liste des connexions concernées et le numéro du service associé par un protocole transactionnel dédié. Si les ressources ne sont pas disponibles, le QoS Agent en est informé immédiatement. Avec les informations reçues, le QoS Server est capable de marquer et de rediriger les paquets issus du terminal utilisateur vers la file de niveau IP correspondant au service requis dont l'architecture décrite en 3.2 assure le bon fonctionnement.

La visualisation par application du trafic sortant du terminal utilisateur est possible grâce à un module de « monitoring » intégré au *QoS Agent* (Figure 5), l'utilisateur pouvant quantifier l'amélioration apportée par la mise en œuvre du service choisi. La Figure 5 présente les variations instantanées du débit de deux connexions parallèles FTP.



**Figure 5.** Affichage du débit instantané des connexions

Il est à noter que ce système n'agit que sur les connexions sortantes car notre architecture vise la gestion de QoS sur le lien DVB-RCS montant. La voie descendante est considérée comme dimensionnée en conséquence et ne pose pas de problème de QoS.

Toutefois, dans le cas d'une communication bidirectionnelle et dans un scénario où les deux utilisateurs sont sur le réseau satellite, si le récepteur souhaite une amélioration d'un flux reçu, il doit la négocier avec l'hôte émetteur afin que celui-ci sélectionne (et paye en conséquence) un meilleur service. Le mécanisme décrit dans la section 5 est plus approprié à ce type d'applications.

### 4.3. Cas d'utilisations

Ce paragraphe détaille plus précisément deux cas réels dans lesquels le QoS Agent a pu être utilisé sur la plateforme d'émulation.

#### 4.3.1. Sélection d'un service « voix » pour une application de VoIP

Ce premier cas considère une entreprise composée de plusieurs filiales qui prône l'utilisation de la voix sur IP afin de réaliser des économies de communications. Elle recommande d'autre part, « quand cela est possible », à ses utilisateurs d'utiliser un service moins cher que le service garanti nommé « voix » qui est plus taxé qu'une communication téléphonique classique.

Ainsi, les *QoS Agent* activés par défaut sur l'ensemble des postes de l'entreprise sont préconfigurés par le service informatique pour associer toutes les communications de voix sur IP (par exemple les applications Gnomemeeting, Microsoft Messenger, ...) au service nommé « FTP » qui est l'équivalent d'un service AF. A l'initialisation d'une communication, les *QoS Agent* de l'appelant et de l'appelé configurent les STs pour appliquer le service approprié aux flux échangés.

Si, durant une conversation, la qualité du service *FTP* n'est plus suffisante pour garantir une qualité de conversation suffisante, les utilisateurs ont la possibilité de changer de service grâce au *QoS Agent*. Pour cela, les utilisateurs ouvrent l'interface graphique et sélectionnent pour l'application de VoIP utilisée le service « voix ». Dans ce cas la qualité est garantie et permet de continuer la communication malgré un surcoût temporaire.

A la fin de la communication, dès la coupure des connexions réseau, le *QoS Agent* informe le terminal satellite qu'il n'est plus nécessaire de maintenir cette association de QoS. La taxation s'arrête dès cet instant.

#### 4.3.2. Mise en place d'un serveur WEB associé à un service de type AF

A l'inverse du paragraphe précédent, ce cas d'utilisation se place du côté serveur, qui peut toutefois être vu comme un utilisateur particulier.

La même entité souhaite mettre en place un *intranet* pour faciliter les échanges de flux d'information dans l'entreprise. L'analyse du système a révélé que les performances d'accès au serveur constituent une contrainte forte. Il a donc été décidé d'associer tous les flux sortants du serveur Web au service « *FTP* ».

Pour cela, les administrateurs du réseau ont utilisé le *QoS Agent* localisé sur le serveur web, pour configurer le *ST* afin d'associer tous les flux sortants du serveur Web au service « *FTP* ». Un mécanisme de *joker* implémenté dans le *QoS Agent* permet d'effectuer automatiquement, pour le programme *httpd* (le serveur web), une association correspondant à : « tous les flux émis depuis le serveur web et depuis le port 80 utilisent le service *FTP* ». Le quintuplet de configuration émis vers le *ST* serait { @serveur\_web, 80, \*, \*, FTP }.

## 5. Signalisation de QoS par un Proxy SIP

Une solution alternative à celle du *QoS Agent* est d'automatiser cette réservation de ressource et ainsi de la rendre transparente aux utilisateurs qui ne seraient pas en mesure de choisir les classes de service les plus appropriées aux différents flux (audio et vidéo par exemple) générés par leur application. L'utilisation d'un protocole d'initiation de session véhiculant les caractéristiques de la session peut servir de support. Le protocole que nous avons retenu du fait de son succès actuel et du nombre croissant d'applications l'utilisant aussi bien dans le domaine public (code source libre) que privé (entreprise), est le protocole SIP.

Avant de détailler l'architecture, nous rappelons l'hypothèse de généralité vis-à-vis des applications qui, si elle est respectée, assure la compatibilité de notre architecture avec la majorité des applications SIP existantes. Ce deuxième mécanisme permet la mise en place de la QoS de manière transparente grâce à l'interprétation des messages SIP échangés entre les applications qui l'utilisent. De ce fait, l'application n'a pas à subir de modifications. La seule condition à respecter est que ces applications soient compatibles avec les spécifications [9] [10].

### 5.1. Un proxy SIP amélioré

L'entité à laquelle la réservation de QoS est déléguée est un proxy SIP standard auquel nous ajoutons des fonctionnalités avancées. La fonctionnalité première d'un proxy SIP est de relayer les messages SIP d'entités SIP en entités SIP jusqu'au destinataire. Afin de rendre la réservation de QoS transparente vis-à-vis de l'application, le proxy SIP amélioré intercepte les descriptions de session véhiculées par SIP entre l'appelant et l'appelé, en déduit les caractéristiques de chaque média impliqué dans la session et effectue les réservations et les libérations de ressource associées auprès du QoS Serveur au nom de l'application.

Pour répondre à nos exigences, ce proxy doit fonctionner de manière « *stateful* » afin de maintenir l'état de la session et d'assurer la libération des ressources. Pour cela, toutes les requêtes et réponses SIP doivent passer par ce même proxy, ce qui est possible si cela est signalé dans le champ *Record-Route* de l'entête SIP d'un message véhiculant un INVITE. Par ailleurs, le protocole de transport retenu est UDP plus adapté que TCP sur un lien satellite.

Les fonctionnalités dont il doit être enrichi sont les suivantes :

- un *analyseur SDP* rendant le proxy à même d'interpréter les descriptions de session répondant au format SDP véhiculées dans les messages SIP.
- Une *table des médias* qui est mise à jour durant l'établissement des sessions SIP. Chaque média est caractérisé par le quadruplet (IP Src, IP Dst, Port Src, Port Dst), le type de média (Audio, Vidéo ...) et le profil RTP associé. Les médias négociés entre l'appelant et l'appelé sont identifiés par l'intermédiaire d'un Call-ID, identifiant unique de la session SIP concernée.
- Un *mapping SDP/DiffServ* qui assure la correspondance entre le type de média (et le codec) et le service DiffServ (et le débit crête associé), conversion indispensable au module de QoS.
- Un *module de QoS* qui prend en charge la réservation des ressources associées à chaque média d'une session SIP auprès du QoS Serveur.

### 5.2. Localisation du proxy

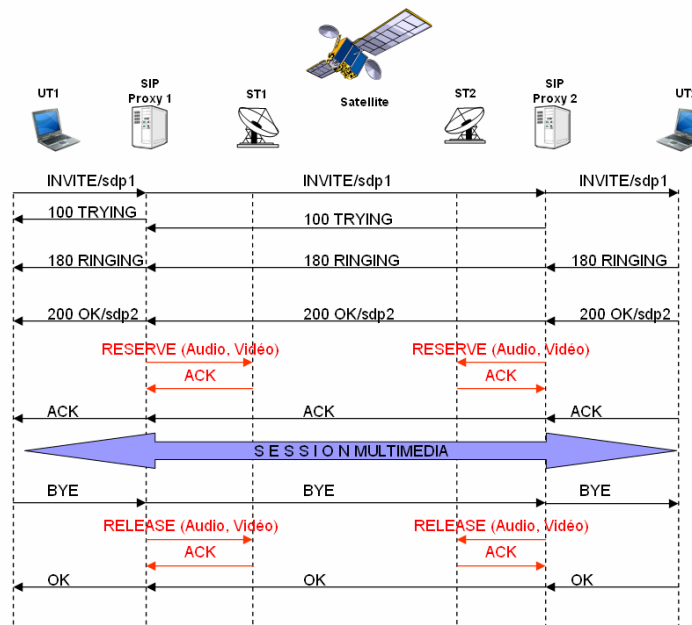
La réservation de Qualité de Service pour le trafic empruntant la voie montante du satellite a toujours lieu auprès du ST qui en a la charge.

Un proxy SIP avec QoS est déployé dans chacun des LANs interconnecté par le satellite. Cette architecture décentralisée se révèle particulièrement adaptée à une topologie d'accès « meshée » basée sur un satellite régénératif en répondant à la fois:

- aux exigences de *passage à l'échelle* en repoussant la gestion de la QoS par flux dans les LANs d'extrémité du réseau satellite ;

- au respect des *délais d'établissement* de session en minimisant le nombre d'allers-retours de la signalisation de session et de QoS sur le lien satellite. On considère ainsi, selon [4] [5], un temps d'établissement de 1.5 s comme étant un impératif pour la meilleure classe de trafic tandis que pour le Best-Effort, on peut se contenter de 7 s.

### 5.3. Cas d'utilisation



**Figure 6.** Etablissement d'une session SIP avec réservation de QoS par le proxy

La figure précédente illustre la mise en place classique de la QoS associée à l'établissement d'une session où deux interlocuteurs souhaitent communiquer par l'intermédiaire d'une visioconférence. Le proxy intercepte et convertit les descriptions SDP pour chaque média (Audio G711 et Vidéo H263) et effectue les réservations de ressource correspondantes auprès du QoS Serveur.

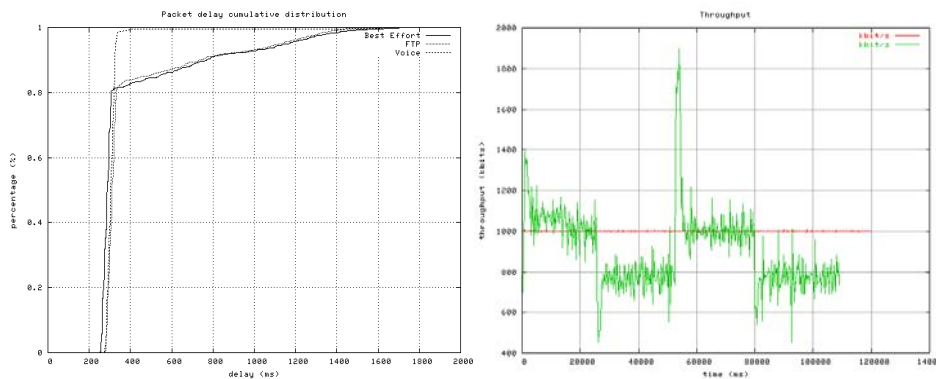
## 6. Mesures

Cette section présente une partie des résultats issus de l'évaluation des services implémentés dans la plateforme satip6.

La courbe Figure 7-(a) compare les délais de transmission subis par un flux audio UDP (codé à 64 kb/s) émis successivement avec les différents services (*Voice*, *FTP*, *BE*). Le réseau est dans un état de congestion (source de trafic perturbatrice



utilisant le service BE), ce qui permet de révéler au mieux l'influence des politiques de QoS, avec une charge proche de 100% et des requêtes supérieures à 120% de la capacité du lien montant (2 Mbits/s). On observe que le service *Voice* permet la réception de la quasi-totalité des données dans un temps inférieur à 350 ms. On pourrait s'étonner d'observer une même distribution des délais pour les services *FTP* et *BE*, avec 80% de réceptions en 350 ms, et 20% qui s'étalent sur 1,6 secondes. La différence réside dans le taux de perte lié au service *BE* qui est de 8% contre 0% pour le service *FTP* car, lors d'une congestion, les paquets émis en best effort sont rejetés par l'ordonnanceur.



**Figure 7 - (a) Comparaison des services, (b) influence du changement de service**

La courbe Figure 7-(b) montre l'influence du changement de service, grâce au QoS Agent, sur le débit d'une application. Un flux UDP de 1 Mbit/s est émis en best effort ; 25 secondes plus tard, un flux perturbateur venant saturer le lien montant est mis en concurrence ; le débit du flux initial tombe à 800 kbit/s. Après 25 secondes, le service '*Voice*' est appliqué au flux initial. Après un pic de débit qui correspond au « rattrapage » du temps de mise en place de la réservation, le débit se stabilise à nouveau autour de 1 Mbits/s. A  $t = 80s$ , le service est repassé en best effort.

Ces deux expérimentations montrent l'influence de la gestion de la qualité de service et la réactivité de sa signalisation sur des flux continus. L'impact de la variabilité du trafic renforce les résultats obtenus et illustre la réactivité du DAMA.

## 7. Conclusion et perspectives

Ces travaux s'intègrent dans le cadre d'une architecture DiffServ portée sur un système satellite bidirectionnel de type DVB-S/RCS. Deux solutions sont proposées pour permettre à des applications ne disposant pas de signalisation de QoS de bénéficier de cette architecture : l'une générique pour tout type d'application et déclenchée par l'utilisateur, l'autre automatique pour les applications basées sur SIP. Les tests et les démonstrations de la plateforme d'émulation ont permis de

souligner la généralité de ces approches et leur compatibilité avec un très grand nombre d'applications existantes.

Les travaux en cours s'articulent autour de deux thèmes : Avec d'une part l'évolution de la plateforme d'émulation pour intégrer un mécanisme de contrôle d'admission évolué grâce à un *bandwidth broker* garant du respect des SLAs ; Et d'autre part la généralisation des mécanismes de signalisation dans un environnement multi domaines, où une solution propriétaire n'est plus suffisante.

## 8. Bibliographie

- [1] Projet Européen SATIP6 (Contrat IST-2001-34344), <http://satip6.tilab.com>
- [2] Projet Européen BRAHMS (Contrat IST-99-10440), <http://brahms.tilab.com>
- [3] Digital Video Broadcasting (DVB): Interaction channel for Satellite Distribution Systems, ETSI EN 301 790, Nov. 2002
- [4] RFC 2475, An Architecture for Differentiated Services, S. Blake et al, déc. 1998
- [5] TIPHON: General aspects of QoS, ETSI TR 101 329 v2.1.1, June 1999
- [6] TIPHON: Definition of QoS classes, ETSI TR 101 329-2 v1.2.1, Dec. 2000
- [7] QoS Support for Interactive Communication with DVB/RCS Satellites, E. Impemba, T. Inzerilli, E. Paone, A. Pietrabissa, G. Tarquini, ISSCS04 Conference
- [8] Analysis and Simulation of Traffic Control for Resource Management in DVB-based Broadband Satellite Access Network, E. Impemba, T. Inzerilli, ASMS 2003
- [9] RFC 2543 - SIP: Session Initiation Protocol, M. Handley, H. Schulzrinne, E. Schooler, J. Rosenberg, Mars 1999
- [10] RFC 3262 - SIP: Session Initiation Protocol, J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, E. Schooler, Juin 2002
- [11] RFC 3312 - Integration of Resource Management and Session Initiation Protocol (SIP), G. Camarillo, W. Marshall, J. Rosenberg, Oct. 2002
- [12] ESA4223 : Integrated resources and QoS management in DVB-RCS networks. Technical Note 2 : Definition of QoS Architectures. S.Combes, L.Goegebeur, N.Sannier, A.luoras, Mai 2004.