

Le télé-enseignement dans le réseau du CNAM et la QoS appliquée à la visioconférence

Brigitte Piot
CNAM/CEANTE
brigitte.piot@cnam.fr

Suan Ajirent
CNAM/DSI
suan.ajirent@cnam.fr

Lionel David
CORAP
Lionel.david@rap.prd.fr

Résumé

Le CNAM s'est particulièrement investi dans le télé-enseignement en s'appuyant d'une part sur la télé-formation, mode d'apprentissage individuel et d'autre part, sur le télé-cours, reproduction fidèle d'un cours en présentiel. Un dispositif technique, fixe et indéréglable, a été conçu, comprenant une partie audiovisuelle et une partie informatique. Suite à l'engouement des formateurs pour l'utilisation de ce dispositif, nous avons voulu perfectionner la transmission à distance qui s'appuie sur le protocole IP. Nous avons tenté de rendre prioritaire les flux réseaux de bout en bout, entre Nantes et Paris, sites pilotes, avec la participation active du CORAP, maître d'œuvre du Réseau Académique Parisien. L'article présente un retour d'expérience d'une étude seulement commencée.

Mots clefs

Visioconférence, Streaming, QoS, Métrologie

1 Contexte

Dans le cadre de la « formation ouverte à distance » (FOD), service national, le CNAM propose une offre globale de télé-enseignement qui est supportée par une plate-forme Web « Plei@d », développée en interne, et le « studio de cours » système automatisé de diffusion de télé-cours interactif ou non avec archivage. Le protocole IP est la base de la transmission malgré son aspect « best effort ». La qualité de service (QoS) doit permettre de faire passer les flux temps réel en priorité et ainsi de satisfaire les exigences de qualité d'image et de son, nécessaire au bon suivi d'un télé-cours.

2 Dispositif technique

2.1 La plate-forme de télé-formation

Les apprenants inscrits au CNAM utilisent individuellement une plate-forme Web leur donnant accès aux diverses ressources pédagogiques pour chaque cours.

Elle dispose de services dédiés à l'apprenant (comme la messagerie instantanée), au formateur et à l'administrateur. Elle ne sera pas décrite ici [1] car, dans notre propos, elle ne sert que de support aux ressources pédagogiques des télé-cours.

2.2 Le studio de cours

La conception du studio de cours a pour objectif d'offrir les moyens d'un cours en présentiel et à distance, s'intégrant naturellement dans la démarche pédagogique des formateurs avec un souci de simplicité et d'automatisation.

Le studio de cours est un ensemble d'équipements matériels et de logiciels standardisés et packagés, installé à demeure dans un lieu dédié (salle ou amphi). Une maintenance régulière, en partie automatisée, est indispensable.

Le matériel audiovisuel est semi professionnel, caméras micros, banc-titre, DVD, VHS, enceintes ainsi qu'un mixeur audio et un mélangeur vidéo afin de récupérer un flux vidéo PAL et un flux audio.

Deux ordinateurs PC et un automate pilotent l'installation :

- Le « pc visio » : il gère le flux vidéo et le flux audio qu'il encode et transmet en mode visioconférence et/ou diffusion.
- Le « pc prof » : le formateur dispose d'un pc qui gère ses ressources pédagogiques et d'un tableau blanc électronique, tactile, permettant le pilotage de cet ordinateur via des applications (navigateur, bureautique...), et l'annotation directe de ses présentations, debout, craie électronique en main. Ceci va constituer le flux vidéo VGA
- L'automate programmé permet de mettre en marche le studio dans sa totalité d'un tour de clé, de sélectionner des sources ou une scénarisation comme la mise en émission du studio (le formateur est dans le studio) ou en réception (seuls les apprenants sont dans le studio) ou en enregistrement. Le studio se pilote à distance grâce au serveur Web de l'automate, ceci à des fins de surveillance ou de correction.

Une vingtaine de studios dupliqués à l'identique sont opérationnels en région, dans les Dom et en Europe. D'autres installations sont en cours.

2.3 La transmission

Il y a 3 ans, au début du projet, 2 modes unicast se distinguaient (en dehors du multicast, écarté car il n'était pas disponible sur les sites en région)

- Le streaming : il est réservé aux apprenants distants principalement à leur domicile, l'interactivité est faible via la messagerie instantanée.
- Le H323 : c'est le choix réservé aux sites distants équipés de « studio de cours », mode complètement interactif.

Les deux modes sont possibles simultanément. L'archivage est effectué sur un serveur dédié et éventuellement sur le « pc visio » émetteur.

2.3.1 Le streaming ou diffusion

C'est la chaîne « producer-server-player »

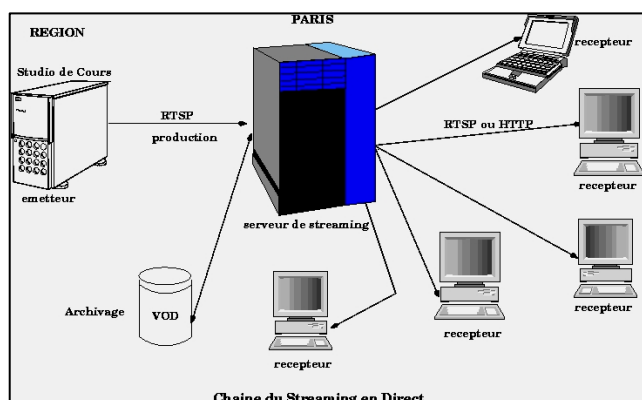


Figure 1 – le streaming

L'encodage, en plusieurs débits, 56k (modem) et 384K (ADSL), se fait sur le « Pc visio » avant émission vers le serveur central qui archive à la volée tout en délivrant la vidéo en direct au « player » des apprenants. L'image est de bonne qualité pour un encodage en format 768X576 avec un débit de 384K. Le décalage émission/réception, dû à la bufferisation, permet de pallier à un réseau engorgé. L'Internet est tout à fait adapté à ce mode de diffusion. L'archivage en ligne permet ensuite de consulter la vidéo, qui sera disponible après la fin du cours. En direct ou en « Vidéo à la Demande », un clic dans la plate-forme « Plei@d » donne accès à cette ressource non différenciée des autres ressources pédagogiques.

2.3.2 La visioconférence

C'est le H323, suite de protocoles, lourd et complexe qui est utilisé à ce jour. De nombreuses descriptions existent [2], mais il produit essentiellement des flux RTP/UDP

Le H 323 étant dérivé d'un protocole RTC, on comprend pourquoi il fonctionne bien entre deux sites. Mais dans l'optique contraignante de cours qui ont lieu à date et heure fixes et qui doivent être suivis en région, il a fallu doper le dispositif, pour pouvoir faire du multipoint.

- Acquisition d'un gatekeeper qui va authentifier et gérer les sites
- Acquisition d'un pont multipoint (15 points terminaux au maximum) pilotable par le gatekeeper, et d'une passerelle Numeris
- Enfin acquisition d'un logiciel de partage du pont par un système de réservation de tranches horaires avec vérification des capacités du pont, qui est, en fait, une brique du gatekeeper.

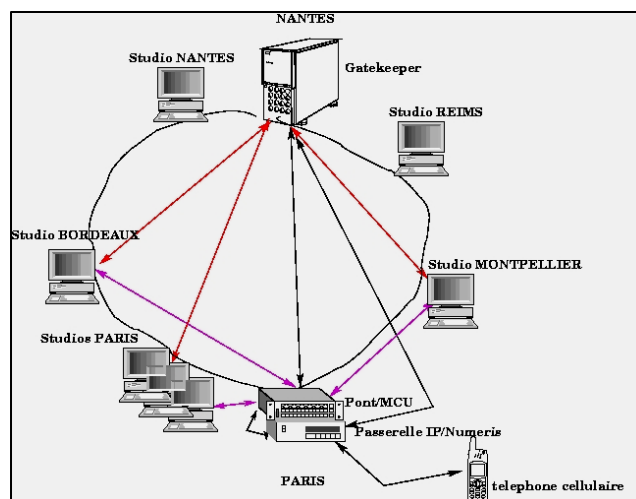


Figure 2 – Relations réseaux pour une visioconférence multipoint IP et Numeris

2.3.3 Les documents pédagogiques

On a constaté qu'un flux VGA transformé en PAL était suffisamment déformé pour qu'un texte devienne difficilement lisible, surtout si les préconisations concernant la taille et le choix de la police ainsi que la mise en page n'ont pas été suivies. Le H323 comprend une partie T120 pour transmettre un flux VGA. Mais il est primordial de transmettre aux apprenants la copie du tableau blanc électronique qui, le plus souvent, reproduit les transparents « PPT » du formateur, celui-ci les annotant au fur à mesure de son exposé. Ce tableau est relié au « pc prof » qui le gère. Il devient alors plus simple de faire une copie de l'écran du PC, fidèle reproduction du tableau blanc électronique, et de l'envoyer sur Internet en direction des studios distants. De nombreux logiciels savent faire cela, notre choix s'est porté sur TIGHTVNC, logiciel libre,

(<http://www.tightvnc.org>) dont le code source a été légèrement modifié. La version serveur tourne sur le « pc prof », pour le « viewer » on utilise l'applet java via la plate-forme Pleiad. Avec une bonne définition d'écran, c'est remarquable et synchronisé avec la vidéo en direct du formateur.

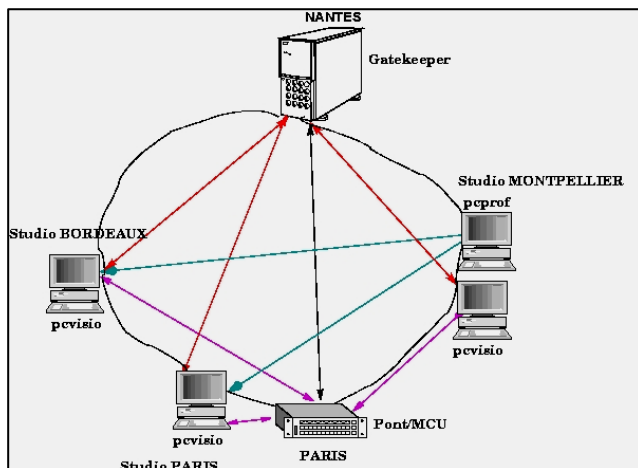


Figure 3 – Relations réseaux pour une visioconférence avec copie d'écran

2.3.4 Le télé-cours au CNAM

On peut alors dire qu'un télé-cours se déroule à la façon d'un cours classique, avec un formateur et

- des apprenants en présentiel dans un studio
- des apprenants distants dans d'autres studios, les studios étant reliés en visioconférence avec copie d'écran
- des apprenants distants (hors studios) dispersés reliés par diffusion en direct, avec messagerie instantanée.

Dans la situation « apprenants distants en studio », le cours est vidéoprojeté sur le tableau blanc électronique qui sert d'écran ; les apprenants peuvent voir leur formateur dans une fenêtre vidéo et suivre le déroulement des documents pédagogiques annotés en direct dans un « viewer » VNC lancé dans la plate-forme Pleiad. Les apprenants distants hors studio reçoivent la même vidéo en streaming, les documents pédagogiques sont disponibles sur la plate-forme Plei@d.



Figure 4 – Réception d'un télé-cours interactif

2.4 Cheminer dans les réseaux

2.4.1 Par où ?

Après un an d'utilisation, le bilan a montré que, en dehors des pannes franches qui ne permettent pas l'émission et/ou la réception, le dispositif donne une excellente qualité, c'est à dire des cours que l'on peut clairement suivre à distance

Pour des raisons de largeur de bande passante, le dispositif pont<->passerelle et le serveur de streaming sont à Paris, le gatekeeper est à Nantes, les studios sont sur une vingtaine de sites, les apprenants partout. Un simple calcul montre qu'une visioconférence Nantes<->Bordeaux<->Paris va traverser 3 réseaux locaux, 3 réseaux de collecte, et Renater en dorsale, soit 7 réseaux à emprunter au minimum.

2.4.2 Tester la qualité du réseau

Lorsque l'on suit un télé-cours en visioconférence en ne s'intéressant qu'à la forme, on remarque des pixellisations d'images et des déformations du son. Les causes en sont fréquemment le réseau. En effet, si les logiciels de visioconférence ou d'administration du pont ne sont pas interrogeables par SNMP (ce qui permettrait de collecter différentes valeurs réseau) on peut quand même mesurer entre autres, la perte de paquets, la latence et la gigue pendant le déroulement de la conférence. On constate que ces valeurs croissent lorsque la qualité se dégrade. Il est donc important d'effectuer une surveillance de la qualité globale du réseau en mettant en œuvre les logiciels suivants sur tous les sites équipés de studios :

- Un logiciel graphique de consommation de bande passante par sonde SNMP type « MRTG » sur chaque site.
- Un logiciel basique de traceroute mode Unix « PINGPLOTTER2 » <http://www.pingplotter.com> permet de conserver des traces graphiques de tous les routeurs traversés sur les sites entre Nantes et Paris et Paris et Nantes, montrant qu'il n'y a pas forcément symétrie sur les points d'engorgements.

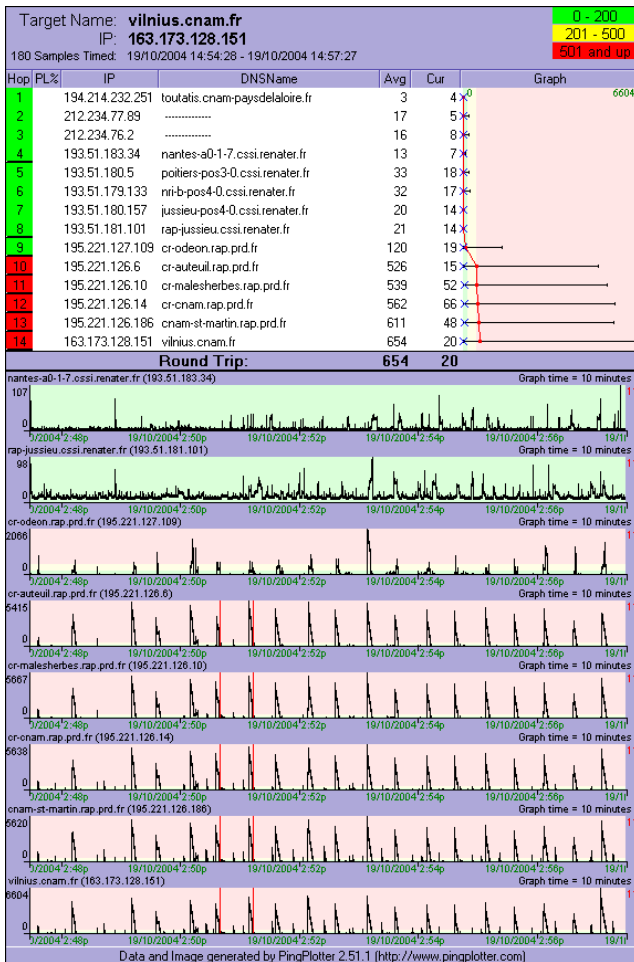


Figure 5 – Graphes de trafic entre Nantes et Paris « pingplotter2 »

- Un logiciel de performance, « IPERF » (<http://dast.nlanr.net/Projects/Iperf>) qui donne des renseignements précis sur la gigue, la perte de paquets et la largeur de bande passante disponible à un moment donné.

```
[root@XXX.cnam.fr ]# iperf -c XXX.cnam-paysdelaloire.fr -p 4000
-----
-----
Client connecting to 194.214.232.XXX,
TCP port 4000
TCP window size: 16.0 KByte (default)
-----
-----
[ 3] local 163.173.128.XXX port 56113
connected with 194.214.232.XXX port
4000
```

```
[ 3] 0.0-10.0 sec 6.20 MBytes 5.20
Mbits/sec
```

Figure 6 – Bande passante calculée par « Iperf » entre Paris et Nantes

Le suivi au quotidien des résultats donnés par ces logiciels tendent à démontré l'interêt éventuel de faire passer les flux visioconférence en priorité.

2.4.3 La QoS de bout en bout appliquée à la visioconférence entre « Studios de cours », en collaboration avec RAP (Réseau Académique Parisien)

L'étude de la QoS appliquée à la visioconférence vise à démontrer si son activation apporte une amélioration significative ou non à ce service. En effet, le surdimensionnement des réseaux haut débit n'exclut pas les cas de congestion incompatibles avec les contraintes imposées par la norme H323. Le transport de flux audio et vidéo en UDP impose avant tout un débit continu, régulier et une gigue faible. La perte de paquets engendre une dégradation sensible du son ou de l'image et ne peut pas dans ces conditions garantir un bon service de visioconférence.

Avec l'activation de la QoS, nous tenterons de vérifier l'impact sur les performances globales du réseau. Cette étude est un cas précis de déploiement de bout en bout entre Nantes et Paris et n'a pu être envisagé qu'à partir du moment où RENATER s'est engagé, à partir de 2003, dans le déploiement des classes de services sur son backbone. L'extension vers les réseaux de collecte est une condition nécessaire pour assurer le service de bout en bout et nécessite leur participation directe.

Dans notre cas précis, l'interconnexion s'établit via les réseaux de collecte de RAP et de Megalis, et RENATER.

- Megalis, réseau régional de Pays de la Loire propose des classes basées sur le champ « IP Precedence » mais sur le seul routeur du site.
- Renater a défini ses classes à partir de différentes valeurs du champ « DSCP », mais ces classes ne seront disponibles entre Nantes et Paris qu'en fin d'année 2005.
- RAP met en place la QoS conformément aux valeurs des champs DSCP définies par RENATER et propose sa participation active à l'expérimentation.

Le CNAM dans les 2 régions se conformera aux choix des opérateurs.

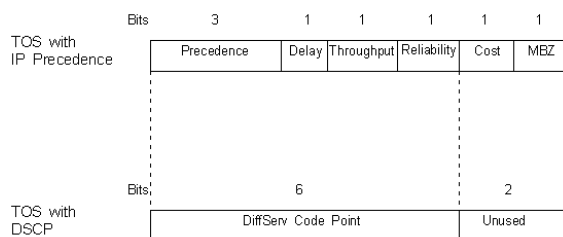


Figure 7 – Découpage du champ TOS

3 La QoS sur RAP

3.1 Les classes de service

Dans le cadre de la mise en œuvre de services de transport de voix sur IP, de visioconférence, de diffusion multimédia et de projets divers au sein de RAP et vers RENATER, les possibilités de gestion de la qualité de service pour certains flux devaient être envisagés. Des classes de services ont donc été déployées sur RAP afin de prioriser, à la demande des sites, un certain type de trafic.

Ces classes de service, pour la plupart, sont compatibles avec celles déjà déployées sur RENATER et GEANT. Leur fonctionnement sur RENATER et au-delà dépend des accords passés directement entre le site utilisateur et le réseau concerné. Il devient alors possible d'utiliser une classe de service de bout en bout entre deux sites de RAP ou un site de RAP et un site extérieur ayant accès à ces classes de service. Pour garantir une qualité de service de bout en bout, les valeurs DSCP et le traitement des flux pour chaque classe de service sont configurés de manière similaire aux réseaux RENATER et GEANT.

RAP met à disposition cinq classes de services dont voici la liste par ordre de priorité :

- Temps Réel
- Premium IP
- Better than Best Effort
- Best Effort
- Less than Best Effort

3.1.1 Temps Réel

Elle est utilisée entre sites de RAP pour les applications critiques, au premier rang desquelles la téléphonie sur IP (entre équipements dédiés) mais aussi la vidéosurveillance, la gestion technique de bâtiments, l'enseignement à distance...Ce service dispose d'une bande passante garantie.

3.1.2 Premium IP

Le champ d'utilisation de cette classe de service est compatible avec RENATER et GEANT. Elle dispose d'une bande passante garantie.

3.1.3 Better than Best Effort (BBE)

Cette classe de service permet de traiter le trafic avec de meilleures garanties que le Best Effort. Ce service est notamment utilisé pour les applications synchrones (visioconférence, transport de la voix entre équipements non dédiés), le multicast, etc. Son champ d'utilisation est compatible avec RENATER.

3.1.4 Best Effort (BE)

C'est la classe de trafic fournie par défaut aux sites de RAP.

3.1.5 Less than Best Effort (LBE)

Elle permet d'utiliser la bande passante disponible dans le réseau, après allocation des ressources pour les classes de service «supérieures» : si le réseau est correctement dimensionné, alors il est possible de disposer d'une bande passante conséquente, sans mettre en péril les flux associés aux autres classes de service. Cette classe ne dispose pas d'une bande passante garantie. Elle est notamment utilisée pour les transferts de sites miroir, les projets GRID, les grilles de calcul. Son champ d'utilisation est compatible avec RENATER et GEANT.

3.2 Les débits autorisés par classe de service

En l'absence de besoins spécifiques, les classes de service BBE, Premium IP et Temps Réel sont utilisables par chaque site dans la limite d'un débit maximum. Le tableau suivant présente le débit maximum utilisable par classe de service et par site :

Débit de raccordement (Mbit/s)	2	4	8	10	34	100	155	1000
Débit LBE (Mbits/s)	2	4	8	10	34	100	155	1000
Débit BE (Mbit/s)	2	4	8	10	34	100	155	1000
Débit BBE (Mbit/s)	0,5	1	2	2	8	20	20	50
Débit Premium IP (Mbit/s)	2	2	2	2	2	2	2	2
Débit Temps Réel (Mbit/s)	2	2	2	2	2	2	2	2

Tableau 1 - Débits autorisés par classe de service

Ce modèle est prévu pour répondre à la plupart des demandes dans la limite des ressources du réseau et n'entraîne aucun surcoût pour l'établissement demandeur. En cas de besoin supplémentaire, une configuration spécifique pourra être adoptée.

3.3 Les niveaux d'accès QoS

L'accès aux classes de service se fait par simple demande des sites auprès du CORAP. Dès 2006, chaque site pourra établir une convention d'utilisation des classes de service

avec le CORAP. Les sites accèdent aux classes de service de RAP selon 4 niveaux différents :

- **Niveau d'accès sans QoS** : Par défaut, le trafic d'un site est traité en Best Effort quelle que soit la valeur du champ DSCP.
- **Niveau d'accès QoS Simple** : Ce niveau d'accès permet au site d'utiliser les classes de service BE, BBE et LBE.
- **Niveau d'accès QoS Premium IP** : Ce niveau d'accès permet au site d'accéder aux classes de service LBE, BE, BBE et Premium IP.
- **Niveau d'accès QoS Temps Réel** : Il est disponible en complément de n'importe quel autre niveau d'accès et permet l'utilisation de la classe de service Temps Réel.

La classification du trafic s'effectue grâce au marquage DSCP sauf pour la classe de service Temps Réel qui s'effectue par ACLs. Le tableau suivant donne la correspondance entre le champ DSCP positionné par le site et la classe de service affectée au trafic sur RAP.

		Niveau d'accès aux classes de service de RAP			
		Aucun	Simple	Premium IP	Temps Réel
Classe de service sur RAP	LBE	-	8	8	-
	BE	0 à 63	0 à 1, 3 à 7, 9 à 63	0 à 1, 3 à 7, 9 à 45 et 47 à 63	-
	BBE	-	2	2	-
	Premium IP	-	-	46	-
	Temps Réel	-	-	-	ACLs

Tableau 2 - Niveaux d'accès aux classes de service de RAP

- **Cas particuliers** :
 - o IPv6 : La mise en œuvre s'effectuera ultérieurement

3.4 Mise en œuvre

Le trafic en entrée sur RAP est classifié en fonction du marquage DSCP défini dans le tableau 1 et du niveau d'accès. Une limitation de la bande passante par classe de service est mise en œuvre en entrée sur RAP pour le trafic provenant de RENATER, en sortie de RAP pour le trafic à destination de RENATER et en sortie de RAP pour le trafic à destination des sites. Le champ 802.1p (de la trame Ethernet) est remarqué en fonction de la classe de service

pour transporter l'information de QoS sur le backbone de RAP et traiter le trafic avec la même classe de service de bout en bout.

3.5 QoS et Spécifications de Niveau de Service (SLS)

Les classes de services déployées font l'objet de spécifications sur RAP. Il s'agit de préciser les caractéristiques réseaux (bande passante, gigue, perte de paquets, délai...) dans lesquelles sont garanties les services. Cela permet aux utilisateurs de les communiquer à leurs prestataires (intégrateur de solutions utilisant le réseau).

3.6 Exploitation de la QoS

3.6.1 Mise en œuvre sur demande

Les niveaux d'accès QoS sont fournis par simple demande au CORAP. Un descriptif de l'utilisation prévue des classes de service Premium IP et Temps Réel est demandé.

3.6.2 Suivi de la QoS et des SLS

3.6.2.1 Volumes de trafic par classe de service en provenance des sites

Cette métrologie, de type passive, est nécessaire car la limitation du trafic en entrée par classe de service n'est pas offerte sur les équipements de raccordement des sites.

- L'outil NfSen

NfSen (NetFlow Sensor, <http://nfsen.sourceforge.net>) est un logiciel graphique utilisant les outils nfdump (<http://nfdump.sourceforge.net>) qui collectent et analysent les données Netflow en ligne de commande. NfSen permet :

- D'afficher les données NetFlow : Flows, Packets et Bits en utilisant les bases RRD (Round Robin Database, <http://people.ee.ethz.ch/~oetiker/webtools/rrdtool>) pour générer des graphes
- De naviguer de manière graphique dans les données NetFlow
- D'analyser les données NetFlow dans un temps bien défini
- De créer un historique des données
- De **mesurer distinctement le volume de trafic par site pour chaque classe de service** en utilisant des filtres, configurable de la même manière qu'avec Ethereal sur les champs TOS et les adresses IP sources des sites.

L'outil NfSen ne permet pas d'effectuer ces mesures par interface.

- Déploiement

Pour chaque interface des équipements de RAP raccordant un site utilisateur des classes de service, la technologie sFlow (<http://www.sflow.org/>) est activée. Celle-ci effectue des statistiques sur le trafic en transit et les envoie à un collecteur.

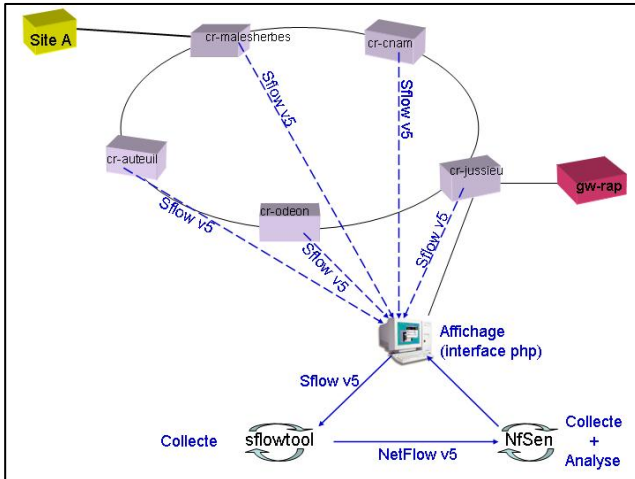


Figure 8 - Déploiement de NfSen sur RAP

Le collecteur utilise l'outil convertisseur sflowtool (<http://www.inmon.com/technology/sflowTools.php>) afin d'envoyer, à partir des données sFlow (version 5) reçues, des données NetFlow (version 5) à NfSen.

Le volume de trafic par classe de service est ainsi disponible sous forme de graphes pour chaque site :

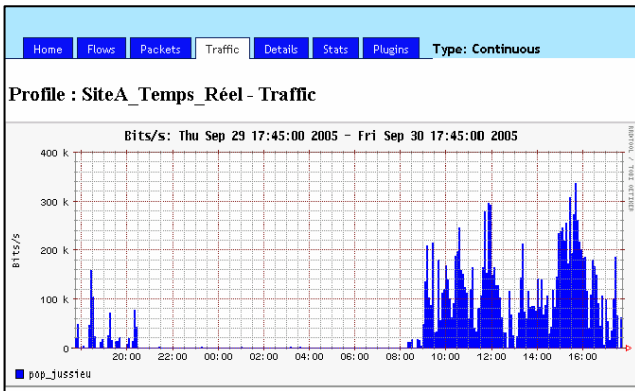


Figure 9 - Trafic pour un site en fonction de la CoS

3.6.2.2 Performances réseaux par classe de service

Une métrologie active est mise en place pour la vérification du respect des SLS.

- L'outil CosMon

CoSMon (Classe Of Service Monitoring) est une solution proposée par le CORAP qui s'appuie sur les outils IPerf (<http://dast.nlanr.net/Projects/Iperf>) et RRD. Il génère du trafic (requêtes UDP IPerf avec marquage DSCP) pour mesurer les performances du réseau en fonction de la classe de service (gigue, taux de perte de paquets) puis stocke et affiche (RRDtool) sous de forme de graphes les valeurs obtenues.

- Déploiement

Chaque site peut mettre en place un client CoSMon et vérifier la conformité de son SLS, si son niveau d'accès QoS en fait l'objet. Un serveur CoSMon est disponible sur RAP.

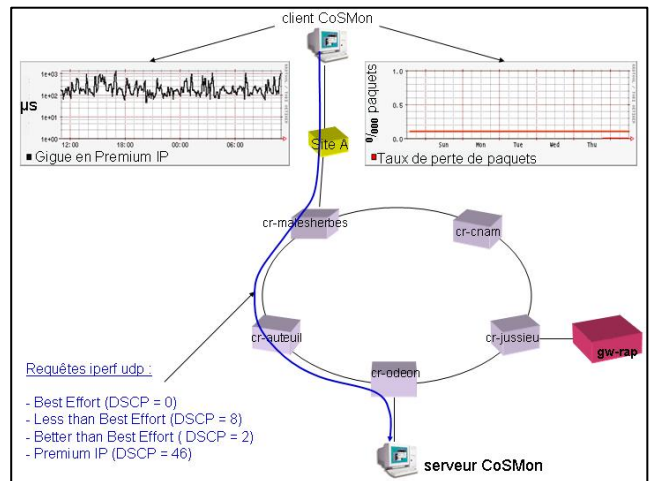


Figure 10 - Déploiement de CoSMon sur RAP

Pour obtenir la mesure du RTT, la prochaine version de CoSMon s'appuiera sur l'outil UDPMon.

3.6.3 Procédure d'exploitation

Les outils de métrologie mis en place permettent de surveiller le respect des SLS ainsi que le volume de trafic dans chaque classe de service pour chaque site. En cas de perturbation d'une classe de service (cas d'un trop fort afflux prioritaire ne respectant pas les limitations de débit), le CORAP s'engage à rétablir un service stable en 4 heures (GTR). Le niveau d'accès sans QoS est rétabli pour tout site à l'origine de la perturbation. Le CORAP, en relation avec le correspondant du/des site(s) à l'origine de la perturbation effectue une analyse afin de rétablir le niveau d'accès QoS initial.

4 La QoS déployée au CNAM

4.1 À Paris

Afin d'assurer la QoS de bout en bout et en collaboration avec RAP, nous avons respecté les classes de services

définies par RENATER et basées sur l'utilisation du champ DSCP (Differentiated Service Code Point).

La classe de service définie pour les applications synchrones (visioconférence, téléphonie) par RAP est BBE (Better than Best Effort) marquée avec la valeur DSCP 2.

4.1.1 Implémentation QoS chez Foundry Network

Le commutateur-routeur d'accès du CNAM à RAP est un Foundry Networks- Bigiron 4000 disposant d'une carte Jetcore. Ce dernier dispose des fonctions de limitation de bande passante et des fonctions de Qualité de Service.

Seules les fonctions de Qualité de Service ont été testées sur la dernière version IOS 7.8 disponible à ce jour.

Rappel QoS selon le modèle Diffserv :

- La classification, le marquage/remarquage, lissage du trafic (traffic shaper)
- L'introduction de priorité au sein des classes (Scheduling, PQ, WRR)
- Gestion du trafic dans une classe donnée (Queue management)

Gestion des files d'attente

L'introduction de priorité au sein des classes est assurée par deux algorithmes d'ordonnancement possibles :

- **Le Strict Priority (SP) :** Le SP permet d'écouler la bande passante d'une file d'attente complètement avant de passer à la suivante. Ainsi le trafic de la file d'attente de plus haute priorité est écoulé puis celui de la suivante jusqu'à la plus basse. Dès que du trafic se présente dans une file d'attente de priorité supérieure, le trafic de celle-ci est alors écoulé.
- **Le Weighted Round Robin (WRR) :** Le WRR s'appuie sur un principe de priorités avec des poids affectés à chacune de celles-ci. Le trafic est écoulé en fonction des priorités et des poids. Chaque file d'attente possède un droit de parole proportionnel à son poids. Cette bande passante représente ainsi la bande passante minimum garantie que pourra émettre chacune des files d'attente.

L'affectation des paquets aux différentes files d'attente s'appuie sur une classification en fonction :

- du port d'entrée,
- du Vlan,
- d'une adresse mac source,
- des champs TOS et DSCP
- des Champs IEEE 802.1p,
- des adresses IP source, destination et des ports TCP/UDP source et destination

Le marquage des champs 802.1p, TOS, DSCP sont proposés.

Il existe 4 files d'attente hardware sur chaque port :

- QoS0 (Best-effort)
- QoS1 (Normal)
- QoS2 (High)
- QoS3 (Premium)

Files matérielles	4
Classifications	802.1p, TOS (IP precedence), DSCP, ACLs
Rate-limiting	Oui par port (Entrée /Sortie), ACL
Gestion de la congestion Algorithme d'ordonnancement	Strict Priority (SP), Weighted Round Robin (WRR)
Contrôle de congestion (préventif)	Non
Remarquage	802.1p, TOS (IP precedence), DSCP
Lissage de trafic (Traffic shaping)	Non

Tableau 3 - Mécanismes de QoS chez Foundry-Bigiron 4000

4.1.2 Remarques

Nous observons qu'il n'existe aucune fonction pour éviter ou prévenir la congestion, pas d'algorithme de type RED (**Random Early Detection**) ou WRED (**Weighted Random Early Detection**) ni de fonction de type « Traffic Shaping » pour affiner la granularité et le taux d'admission.

Le matériel Foundry n'offre pas de support complet du modèle Diffserv. La configuration de la QoS se résume à 5 lignes de commande

Description	CLI
Le forcer à prendre en compte le champ DSCP	QoS-TOS trust DSCP
Définir l'algorithme d'ordonnancement et le poids (%) garanti pour chaque file d'attente	QoS mechanism weighted (WRR par défaut)
Effectuer le marquage du champ 802,1p (Cos)	QoS-TOS mark COS
Effectuer le mapping entre les champs 802.1p (CoS) -> DSCP	QoS-TOS map COS-DSCP 0 8 16 24 32 2 48 56

Effectuer le mapping DSCP-> files d'attente interne-> files d'attente hardware	QoS-TOS map DSCP-priority 2 to 5

Tableau 4 – Configuration QoS chez Foundry Network

La vérification de l'activation de la QoS est réduite au strict minimum :

- visualiser les files d'attentes hardware disponibles et l'algorithme d'ordonancement.
- visualiser la table de correspondance entre 802.1p et les files d'attente hardware.
- visualiser les tables de correspondance 802.1p, IP Precedence, DSCP.

Nous ne disposons d'aucune commande pour mesurer et démontrer l'activation de la QoS. Par exemple vérifier si les paquets arrivent dans les files d'attente définies ou obtenir un compteur sur une file d'attente sont impossibles.

Le mécanisme de détection de la congestion n'est pas précisé et par conséquent nous ignorons si la QoS est enclenchée seulement en cas de congestion ou active de façon permanente.

4.1.3 Impact sur les performances globales du réseau

L'activation de la QoS sur le réseau a engendré un effet de « passoire » différé sur les ACL, en un mot le routeur filtre « peu et aléatoirement », cela n'apparaissant que quelques jours après le rechargement. Les conséquences ont été désastreuses sur le réseau en termes de sécurité, avant d'identifier la cause du problème directement lié à l'activation de la QoS.

L'étude de la QoS est suspendue, en attente de patch annoncé par le constructeur. D'ores et déjà, elle met en évidence une implémentation très sommaire, insuffisamment documentée et non opérationnelle à cette date.

4.2 À Nantes

La structure Nantaise est beaucoup plus légère en terme de réseau informatique, et les studios de cours sont connectés au commutateur de sortie de site. Le champ DSCP est positionné à la valeur BBE pour les IP des studios de cours. RENATER n'altère pas le champ TOS quand il est positionné. Megalis met à zéro le premier bit du champ TOS ce qui autorise une valeur DSCP entre 0 et 31, donc cela reste possible pour la valeur BBE choisie par RAP. Néanmoins la mise en priorité n'interviendra qu'à l'entrée sur RAP.

5 Bilan

La QoS de bout en bout n'est envisageable qu'à partir du moment où les réseaux de collectes participent à son déploiement. Dans notre cas, seul RAP l'a rendue opérationnelle depuis Juillet 2005. Il restait à déterminer si les autres opérateurs effectuaient un marquage ou non du champ TOS (sans altération du champ), de façon à disposer au minimum d'une QoS « par bout » (entre RAP et le CNAM-Paris puis au niveau du réseau local CNAM-Nantes).

5.1 Équipements requis

Au plan matériel, nous avons pu vérifier que l'implémentation de la QoS exige un matériel récent ou le changement de cartes sur les châssis (coût non négligeable au niveau d'un réseau de collecte).

L'activation de la QoS sur du matériel hétérogène tant au niveau de RAP que du CNAM met en valeur des différences certaines d'implémentation de la QoS (support complet ou non du modèle Diffserv, implémentation propriétaire, fonction de limitation de bande passante disponible ou non, etc.). Néanmoins, ces niveaux différents ne rendent pas incompatible un déploiement de la QoS de bout en bout à partir du moment où les différents constructeurs s'accordent sur une implémentation « minimum » du modèle Diffserv (marquage 802.1p, IP Precedence, DSCP); par contre elles pourraient occasionner une inégalité dans le traitement et les performances globales du réseau. Les difficultés rencontrées dans l'activation de la QoS au niveau du CNAM n'ont pas permis de l'évaluer.

5.2 Métrologie

La QoS de bout en bout appliquée à la visioconférence implique que l'on dispose d'outils de métrologie permettant de vérifier une amélioration ou non de ce service. On peut déjà affirmer que ces outils ne sont pas disponibles chez la plupart des constructeurs et devront être à l'initiative des utilisateurs.

Dans notre expérience, nous disposons d'outils « généralistes » pour mesurer les performances globales du réseau. Mais mesurer la QoS nécessiterait un outil spécifique et commun aux différents intervenants. L'outil « CosMon » proposé par RAP a été déployé sur les sites du CNAM-Nantes, RAP et CNAM-Paris et a permis de réaliser des mesures partielles et limitées au tronçon RAP et CNAM-Paris.

6 Conclusion

Dans l'état actuel, nous ne pouvons pas affirmer que la QoS améliorera la qualité du télé-enseignement et de la visioconférence. Néanmoins, pour continuer nous souhaiterions que RENATER partage son expérience sur

l'efficacité de la QoS et fasse part de ces projets de déploiement au niveau national. Dans l'éventualité d'un déploiement national pour fin 2005, nous pourrions envisager de poursuivre notre expérimentation en espérant une évolution identique du réseau de collecte Megalis.

Par ailleurs, il restera à répondre à des questions de fond :

- Au niveau de la métrologie, comment vérifier que les différents opérateurs de réseaux intermédiaires (Megalis, Renater, RAP) fournissent chacun un niveau de QoS suffisant ou garanti ?
- Auprès de quelle(s) instance(s), un « client » pourra-t-il souscrire une garantie de QoS de bout en bout, impliquant plusieurs opérateurs réseau ?

L'approche d'une QoS appliquée au service de visioconférence met en valeur la problématique **du bout en bout** dans ses aspects tant techniques qu'administratifs. L'idée était d'apporter une amélioration possible à un service qui aujourd'hui sans QoS fonctionne à peu près raisonnablement. Cette entrée en matière devrait apporter des éléments de réponse pour une QoS de bout en bout appliquée à la téléphonie sur IP.

Glossaire

DSCP : DiffServ Code Point

TOS : Type Of Service

802.1P : Norme pour la classification au niveau 2

Bibliographie

- [1] Alain CAZES – CNAM/CEANTE, démonstration de Plei@d sur <http://ceante.pleiad.net>
- [2] Guy Bisiaux, Techniques, environnements et services de visioconférence IP. Dans *Actes du congrès JRES2003*, pages 433-446, Lille, Novembre 2003.
- [3] Franck SIMON – GIP RENATER, Implémentation des classes de services dans RENATER-3. Dans *Actes du congrès JRES2003*, pages 125-131, Lille, Novembre 2003
- [4] Alexandre SIMON – CIRIL, Principes de mécanismes de Qualité de Service, mesures de performances et mises en œuvre sur Lothaire. Dans *Actes du congrès JRES2003*, pages 111-124, Lille, Novembre 2003