**UF Interconnexion avancée et réseaux grande distance**

**Bureau d’étude QoS : Description générale du sujet**

**Le travail à réaliser sera réduit du fait de la situation particulière de cette année**

**Ces simplifications apparaîtront en rouge dans le sujet, qui à ce jour présente les mêmes ambitions qu’en 2018/19**

4e année IR orientation SC

Enseignants : S. Abdellatif, C. Chassot, V. Nicomette, N. Van Wambeke (Thales)

**Plan du document**

1. Objectif 4. Evaluation du BE

2. Pré requis 5. Travail demandé

3. Organisation du BE

1. **Objectif**

Le bureau d’étude (BE) QoS est couplé aux cours « Réseaux grande distance » et « Interconnexion avancée » (partie QoS, routage dans l’Internet). Il vise à faire acquérir des compétences théoriques et pratiques pour concevoir et mettre en œuvre, en les intégrant :

* une solution de gestion statique de la QoS dans un réseau de cœur. Mots clefs : MPLS, DiffServ, VPN à QoS ;
* une solution de gestion dynamique de la QoS sur un réseau de site. Mots clefs : DiffServ, SLA, contrôle d’admission, signalisation.

1. **Pré requis**

Les prérequis nécessaires au BE correspondent aux compétences suivantes acquises dans le cadre des cours Réseaux grande distance et Interconnexion avancée :

* notions de QoS “statique” (via SLA) et “dynamique” (via requête de type RSVP);
* services pour entreprise : VPN niveau 2 et 3 basés sur MPLS ;
* bases sur les notions associées à la gestion de la QoS dans l’Internet ;
* modèles d’architecture de gestion de la QoS (IntServ et) DiffServ.

1. **Organisation du BE**

**Durée** : 2 séances de TD + 5 séances de TP + Travail personnel

**Répartition des TD, TP :**

1) **Partie *réseaux de site*** : 2 TD suivi de 2 TP

* TD 1
  + Présentation du BE et séance de questions / réponses entre étudiants et enseignants
  + Modélisation de la solution à implanter au niveau des réseaux de site sur la base de cas d'utilisation et de scénarios
  + Identification générale des tests à réaliser pour valider la solution
* TD 2
  + Choix d’implantation de la solution à implanter au niveau des réseaux de site
  + Présentation de la suite OpenJSIP, incluant le softphone Jitsi
  + Présentation de l’outil TC (Traffic Control)
  + Organisation du travail à mener en TP
* TP 1 et 2
  + Implantation de la solution en JAVA (ou dans un autre langage).
  + Note : travail à poursuivre au delà des séances de TP

2) ***Partie réseau de cœur*** : 1 TP

* Prise en main de la configuration des mécanismes orientés QoS de routeurs IP Cisco d’un domaine DiffServ
* Prise en main de la configuration des mécanismes QoS d’équipements Cisco d’un domaine DiffServ MPLS
* En fonction de l’avancée des étudiants : Ingénierie de trafic sur un nuage MPLS

Note : 2 TP MPLS VPN niveau 2 et 3 effectués dans le cadre du cours réseaux grande distance servent de pré requis à ce BE.

3) **Partie *Intégration*** : 2 TP consécutifs sur une journée

* Intégration partie site et partie coeur
* Evaluation basée sur une mise en oeuvre des scénarios de test initiés en TD

**Organisation du travail**

En TD, les étudiants travaillent de façon individuelle. En TP, les étudiants d’un groupe de TP sont répartis en équipes de 5 ou 6.

* Les équipes travaillent de façon indépendante. Chaque équipe travaille sur l’intégralité du BE (réseaux de site, coeur et intégration)
* Pour la partie réseaux de site (et pour chaque équipe)
  + x étudiants travaillent la partie TC
  + y étudiants travaillent sur la partie BB
  + y étudiants travaillent sur la partie Proxy SIP
* Pour la partie réseaux de coeur :
  + Le premier TP est préparatoire au BE et permet aux étudiants de prendre en main la configuration sur équipements Cisco des mécanismes de gestion de la QoS dans un domaine DiffServ IP et MPLS.
  + Un travail à la maison sera demandé aux étudiants pour définir les modèles de service offerts par le prestataire de service, et les solutions pour y parvenir.
  + La mise en place du réseau de coeur sera effectuée lors des 2 séances d’intégration par l’ensemble du groupe.

1. **Evaluation du BE**

L’évaluation du travail se fait individuellement et par équipe :

* L’évaluation du travail individuel (50% de la note) sera basée sur une appréciation de la qualité de la contribution de chaque étudiant au travail d’équipe, fournie par :
  + le(les) enseignant(s) ayant encadré les TD / TP,
    - l’étudiant concerné (auto appréciation),
    - les autres étudiants de son équipe.
* L’évaluation du travail d’équipe (50% de la note) sera basée sur une appréciation de la qualité des réalisations résultant :
  + du test des réalisations lors du dernier TP, sur la base de scénarios initiés en TD et définis de façon plus complète par chaque équipe,
  + d’un rapport de projet décrivant les phases de spécification, de mise en oeuvre et de test, ainsi que l’état de l’art demandé dans la partie réseau de coeur,
  + *d’une soutenance du projet.*

1. **Travail demandé**

Le travail demandé consiste à définir et à mettre en oeuvre un système de gestion de QoS dans le contexte applicatif et réseau illustré Figure 1.

Le but de ce système est de permettre la réservation dynamique de ressources en bande passante nécessaires à la mise en oeuvre d’applications interactives de type voix sur IP (VoIP) en présence de trafic exogène de type transfert de fichier (ftp).

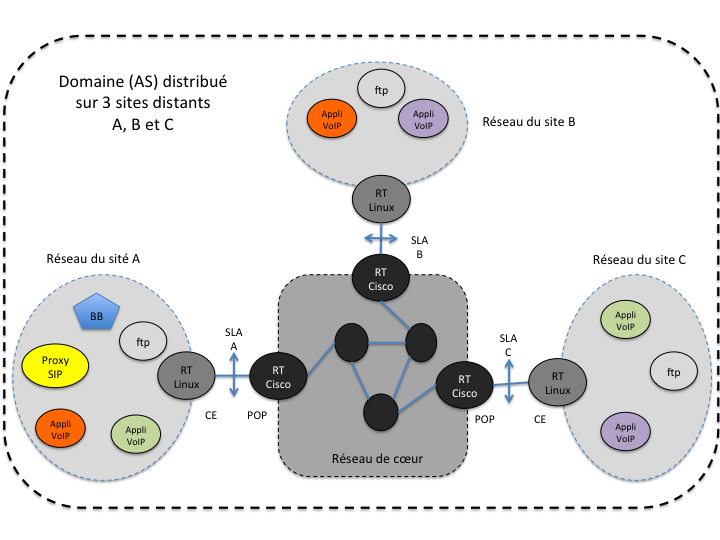


Figure 1 : Contexte applicatif et réseau

**A) Description du contexte**

**Contexte Applicatif**

Les applications distribuées envisagées pour le BE sont de deux types :

* des applications classiques de type transfert de fichiers, ne nécessitant aucune autre forme de QoS qu’une garantie d’ordre et de fiabilité sur le transfert de leur données.
* des applications de voix sur IP (VoIP) nécessitant pour leur exécution une garantie de qualité de service (débit garanti, délai borné) sur le transfert de leur données. Selon le codec manipulé, la distribution de ces applications dans de bonnes conditions pour les utilisateurs finaux nécessite qu’une certaine quantité de bande passante leur soit attribuée. La mise en oeuvre de ces applications comporte une phase d’initialisation de session basée sur le protocole SIP (Session Initiation Protocol), intégrant la notion de proxy SIP, décrit plus loin.

**Contexte réseau**

Le réseau est constitué de différentes entités désignées par *réseau de coeur* et *réseau de site* sur la Figure 1.

1) Le **réseau de coeur** est un réseau IP/MPLS d’un prestataire de service de données grande distance (opérateur) dédié aux services pour entreprise. Il comprend trois points de présence (POP) répartis sur trois sites géographiques différents ainsi que trois routeurs internes organisés selon la topologie décrite à la Figure 1.

Deux types de solutions sont commercialisés par le prestataire :

* des solutions d’interconnexion de sites via deux offres de service :
  + Services VPN de niveau 3 de type IP,
  + Service VPN de niveau 2 de type Ethernet.

Ces offres permettent d’étendre les réseaux locaux de site en les connectant aux réseaux des autres sites via des tunnels, typiquement MPLS, qui traversent l’infrastructure suscitée (partagée entre tous les clients de l’opérateur). Plusieurs classes de service peuvent y être associées, certaines offrant des garanties sur le débit, le délai et le taux de perte de paquets. Le but est de permettre à tout client de déployer et de gérer ses solutions de téléphonie sur IP, de visioconférence ainsi que l’échange de données critiques. L’isolation du trafic des clients constitue le niveau de sécurisation des échanges inter-sites garanti par défaut par l’opérateur gestionnaire du réseau de coeur. Enfin, l’opérateur s’engage sur un niveau de disponibilité des services très élevé.

* des solutions d’accès à Internet à très haut débit, paramétrables par un client vis à vis :
  + de critères de performances exprimés sous la forme d’un débit garanti,
  + du niveau de sécurisation souhaité (avec / sans détection d’attaques, d’intrusion, ...)

On suppose que cet opérateur a négocié un contrat de trafic (SLA) statique avec un certain nombre de clients (un SLA par client), ici représentés par 3 réseaux de sites A, B et C. Ces SLA définissent les règles de classification, de marquage, d’ordonnancement et de policing permettant aux client de se voir offrir 2 classes de service : Premium et Best Effort.

**2) Les réseaux de site** sont constitués de machines hôtes connectés via un switch Ethernet et hébergeant des applications de VoIP ou autres (transfert de fichier par exemple), et d’un routeur de bordure (Linux). Le réseau du site A est équipé de 2 éléments supplémentaires : un *proxy SIP* et un *Bandwitdh Broker* (BB). Les sites B et C ne sont pas équipés en BB ni en proxy SIP.

* **Le routeur de bordure (CE)** a pour rôle de mettre en oeuvre les mécanismes de classification, de policing, de marquage et d’ordonnancement permettant de respecter le SLA (S*ervice Level Agreement*) négocié avec l’opérateur. La mise en oeuvre de ces fonctions repose sur l’utilitaire TC (*Traffic Control*).
* **Rôle et principes de fonctionnement d’un *Bandwitdh Broker* (BB).** Pour gérer le SLA négocié avec l’opérateur, les réseaux de site s’appuient sur le *Bandwitdh Broker* du site A. Celui-ci est chargé de gérer les requêtes de QoS formulées pour répondre aux besoins en QoS du trafic applicatif émis par les hôtes du réseau. Le rôle du BB est de mettre en oeuvre un contrôle d’admission des requêtes de QoS et de configurer les fonctions de QoS du routeur de bordure approprié via l’API offerte par ce dernier pour y accéder (i.e. TC : *Traffic Control :* [*http://tldp.org/HOWTO/Traffic-Control-HOWTO/index.html*](http://tldp.org/HOWTO/Traffic-Control-HOWTO/index.html)).
* **Rôle et principes de fonctionnement d’une infrastructure de VoIP basée sur SIP.** Une infrastructure de téléphonie sur IP déployée dans l’Internet repose sur le protocole SIP (*Session Initiation Protocol*) pour l’établissement et la négociation des sessions applicatives (négociation des codecs, des adresses IP, etc..). La description complète du protocole SIP est disponible à l’URL *:* [*http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt*](http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt). Une version plus digeste du protocole est disponible à l’URL *:* [*http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=1463*](http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=1463)*.*

**B) Travail demandé sur la partie réseaux de site** (2 TD + 2 TP + travail personnel en dehors)

Le travail à effectuer consiste à spécifier et à implémenter le contrôle d’admission et la signalisation nécessaire pour aboutir à la réservation des ressources en bande passante de la classe PREMIUM nécessaires à la bonne distribution des applications de VoIP considérées précédemment. Il est demandé de se focaliser par ordre décroissant sur :

* la phase de réservation de ressources aboutissant positivement ;
* la phase de réservation de ressources aboutissant négativement ;
* la phase de libération de ressources.

Les principes du processus de réservation de ressources sont les suivants.

**1) Phase de réservation de ressources**

Le processus démarre durant la phase d’initiation de la session de VoIP par le biais du protocole SIP. Dans ce qui suit, la terminologie suivante sera utilisée :

* on désignera par client SIP l’entité appelante, c’est à dire à l’initiative de l’appel ;
* on désignera par serveur SIP l’entité appelée, c’est à dire celle qui reçoit l’appel.

Ces deux entités sont localisées au niveau des hôtes d’extrémité. La communication est bidirectionnelle une fois la communication établie. On considère que le codec indiqué par le client SIP est disponible côté serveur SIP.

**La procédure de réservation de ressources est alors la suivante :**

Lorsque la requête du client SIP arrive au Proxy SIP, celui-ci transmet le message d’invitation (PDU SIP “INVITE”) au serveur SIP.

Lorsque le message d’accord (PDU “OK”) transmis par le serveur SIP arrive au niveau du Proxy, celui-ci effectue en tant normal l’envoi d’un PDU OK au client SIP. Pour les besoins de la réservation de ressources, cet envoi est différé de la façon suivante : avant l’envoi du message OK au client SIP, le proxy SIP établit un contact avec le BB pour réclamer la réservation des ressources en bande passante de classe PREMIUM nécessaires pour le codec considéré.

Le BB vérifie alors si la requête est admissible en évaluant la quantité de bande passante de classe PREMIUM disponible du point de vue de chacun des sites (appelant et appelé). Il s’appuie pour cela sur l’état d’utilisation de la bande passante de classe PREMIUM négociée dans les SLA dont bénéficient les deux sites.

Si la requête est admissible :

* le BB met à jour sa base de gestion des SLA puis configure le routeur de bordure (CE(s) de la Figure 1) de chacun des sites, de façon à ce que les paquets IP échangés entre les entités de VoIP considérés soient correctement classés, contrôlés et ordonnancés.
* une fois l’acquittement reçu de la part des deux routeurs de bordure, le BB renvoie une réponse positive à la requête de réservation de ressources du Proxy, qui peut alors envoyer un message final d’accord (PDU SIP OK) au client SIP. La communication peut débuter.

Si la requête n’est pas admissible :

* le BB renvoie une réponse négative à la requête de réservation de ressources du Proxy SIP, qui annule alors l’initialisation de la session en envoyant un message de terminaison (PDU SIP “Bye”) au client et au serveur SIP.

**2) Phase de libération de ressources**

Lorsqu’une session se termine, l’entité SIP qui initie la fermeture envoie un message de fermeture (PDU SIP “BYE”) au proxy SIP.

Le proxy SIP contacte alors le BB qui procède à la désinstallation de la configuration des routeurs de bordure concernés et à la mise à jour de sa table de gestion des SLA. Le proxy SIP propage finalement le message “BYE” à l’entité SIP non initiatrice de la fermeture.

**C) Travail demandé sur la partie réseaux de coeur** (1 TP + travail personnel en dehors)

Le travail demandé se présente comme suit :

* Etablir le format des SLA (classes de service supportée, garanties associées, portée du service, profil des traffic, policing, etc.). ~~Afin de faire correspondre vos choix à une réalité commerciale, ce travail reposera sur une étude des offres actuelles des principaux prestataires du marché (Orange, Colt, Verizon, Altitude, Comptel).~~
* Identifier les solutions techniques et éditer les procédures permettant de mettre en place les services VPN et le service d’accès à Internet commercialisés par l'opérateur.
* Mettre en place l’infrastructure IP-MPLS de l'opérateur et déployer les solutions techniques suscitées pour lui permettre de supporter graduellement les services contractés par ses clients.
* Caractériser les services VPN utilisés par le client considéré dans ce BE en spécifiant explicitement le(s) SLA(s) établis avec l'opérateur.
* Mettre en place les services auxquels a souscrit le client.
* ~~Mettre en place les bases d’un système de surveillance (« monitoring ») et de « reporting » permettant de collecter des informations et des statistiques sur le trafic de chaque client pour lui éditer des rapports (mensuels) décrivant le profil d’utilisation de ses services ainsi que les performances dont il a bénéficié.~~

**D) Travail d’intégration et de test demandé** (2 derniers TP ⬄ « journée BE QoS »)

La phase d’intégration (2 TP consécutifs aboutissant à une démonstration) consiste à faire fonctionner ensemble les deux parties du BE (accès et cœur) et à mettre en oeuvre les tests expérimentaux qui permettront de valider la solution proposée.

La définition des tests expérimentaux devra être préparée en amont des TP. Elle sera à exposer en quelques transparents (powerpoint ou autre) aux enseignants en charge de l’évaluation du travail. S’en suivra l’exécution des tests expérimentaux ainsi qu’une phase d’échange entre les enseignants et l’équipe concernée.

Les modalités d’organisation d’évaluation (horaires, durée, etc.) seront fournies lors des TP (à priori 20 à 30 minutes à par équipe).

\* \* \*

\*