

Synthèse du Cours 2 : Support de QoS et Ingénierie de Trafic

Master 2 Réseaux Informatiques

1 Approches de support de la QoS

1.1 Deux grandes approches :

- **Bout-en-bout (end-to-end) :**
 - Corrections des défauts du réseau (pertes, gigue, délai)
 - Le réseau est vu comme une **boîte noire**
 - Implémenté au niveau application ou transport
- **Réseau :**
 - Mécanismes intégrés au réseau pour garantir la QoS
 - Ingénierie de trafic : contrôle et gestion des ressources

1.2 Approches hybrides possibles :

- e2e + mécanismes QoS
- Surdimensionnement + mécanismes QoS

2 Ingénierie de Trafic

2.1 Définition (ITU/IETF) :

- Application de principes scientifiques pour **mesurer, modéliser, caractériser et contrôler** le trafic
- Objectif : **optimiser les performances** et l'utilisation des ressources

2.2 Composantes :

- **Gestion de trafic :**
 - Contrôle au niveau des nœuds (ordonnancement, conditionnement)
 - Contrôle d'accès aux ressources (admission, routage)
- **Gestion des ressources :**
 - Planification, dimensionnement, contrôle du routage

3 Objectifs et enjeux

3.1 Questions fondamentales :

- Comment **dimensionner** les ressources ?
- Peut-on **modéliser** la demande (trafic) ?
- Peut-on **garantir** des performances (SLA) ?

3.2 Propriétés souhaitées des mécanismes de contrôle :

- **Prévisibilité** (éviter la variabilité excessive)
- **Évolutivité** (scalabilité)
- **Équité** (souvent max-min)
- **Compromis** : stabilité vs convergence, prévisibilité vs efficacité, complexité vs fiabilité

4 Notion d'Équité

4.1 Équité Max-Min :

- Maximise le débit minimal alloué à chaque flux
- Les ressources excédentaires sont partagées équitablement

4.2 Mesure de l'équité :

- Indice d'équité :

$$\frac{(\sum_{i=1}^n X_i)^2}{n \sum_{i=1}^n X_i^2}$$

- Valeur entre 0 (inéquitable) et 1 (parfaitement équitable)

5 Outils et Mécanismes

5.1 Méthodes pour le calcul de bornes de QoS :

- **Borne déterministe** : garanties strictes
- **Borne statistique** : garanties probabilistes

5.2 Mécanismes de contrôle :

- Modèles de trafic et polissage des sources
- Marquage (tagging) et priorités
- Contrôle d'admission et ordonnancement
- Gestion des buffers et contrôle de congestion

6 Objectifs des architectures QoS

6.1 Objectif principal :

- Offrir des **garanties quantifiées** (délai D, pertes P, etc.)

6.2 Vision globale :

- Création d'une **architecture QoS intégrée** capable de supporter tous les types de services
- Gestion cohérente et prédictible de la qualité de service

7 Points clés à retenir

- La QoS peut être approchée par le **réseau** ou par les **extrémités**
- L'**ingénierie de trafic** combine gestion de trafic et gestion des ressources
- L'**équité** est un principe fondamental dans le partage des ressources
- Les **mécanismes de contrôle** permettent d'offrir des garanties quantifiables
- L'objectif final est une architecture **QoS cohérente** à l'échelle du réseau

8 Classification des Services QoS et leurs Invariants

8.1 Services Premium (Garanties de performance quantifiées)

- **Types de services** : GS, EF, GBR, rt-VBR
- **Invariants associés** :
 - **Spécification de trafic** stricte (paramètres de trafic garantis)
 - **Conditionnement** rigoureux (policing/shaping)
 - **Ordonnancement** prioritaire (EF, strict priority)
 - **Calcul de bornes** déterministes (délai maximal garanti)
 - **Contrôle d'admission** obligatoire (CAC - Connection Admission Control)
 - **Gestion de buffer** réservée (buffers dédiés)
 - **Garanties quantifiées** : délai, gigue, débit, pertes

8.2 Services Better than Best Effort (Service intermédiaire)

- **Types de services** : AF, CL, ABR, nrt-VBR, non-GBR
- **Invariants associés** :
 - **Spécification de trafic** souple (plages de valeurs)
 - **Conditionnement** adaptatif (marking, remarking)
 - **Ordonnancement** pondéré (WFQ, CBQ)
 - **Calcul de bornes** statistiques (probabilistes)
 - **Contrôle d'admission** conditionnel
 - **Gestion de buffer** partagée avec priorités
 - **Garanties relatives** : meilleur que le Best Effort

8.3 Services Best Effort (Service de base)

- **Types de services** : UBR, BE, DB
- **Invariants associés** :
 - **Aucune spécification** de trafic requise
 - **Conditionnement** minimal ou absent
 - **Ordonnancement** FIFO (First In First Out)
 - **Aucun calcul de bornes** garanti
 - **Contrôle d'admission** inexistant
 - **Gestion de buffer** best-effort
 - **Aucune garantie** de performance

9 Outils et Mécanismes Invariants par Objectif

9.1 Objectif 1 : Qualité acceptable sans garanties quantifiées

- **Invariants utilisés :**
 - Ordonnancement basique
 - Gestion de buffer simple
 - Contrôle de congestion réactif
- **Approche :** Optimisation globale plutôt que garanties individuelles

9.2 Objectif 2 : Garanties quantifiées

- **Invariants utilisés :**
 - Spécification de trafic précise
 - Conditionnement strict
 - Ordonnancement prioritaire
 - Calcul de bornes déterministe
 - Contrôle d'admission rigoureux
- **Approche :** Engagements numériques vérifiables

9.3 Objectif 3 : Architecture QoS intégrée

- **Invariants utilisés :** TOUS les mécanismes
 - Combinaison de tous les outils précédents é *Gestion hiérarchique des ressources*
 - *Intégration des différentes classes de service*
- **Approche :** Gestion globale et cohérente

10 Tableau Synthétique des Associations

Invariant	Premium	Better than BE	Best Effort
Spécification de trafic	✓(Stricte)	✓(Souple)	✗
Conditionnement	✓(Rigoureux)	✓(Adaptatif)	✗
Ordonnancement	✓(Prioritaire)	✓(Pondéré)	✓(FIFO)
Calcul de bornes	✓(Déterministe)	✓(Statistique)	✗
Contrôle d'admission	✓(Obligatoire)	✓(Conditionnel)	✗
Gestion de buffer	✓(Réservée)	✓(Partagée)	✓(BE)
Garanties	Quantifiées	Relatives	Aucune

11 Points Clés à Retenir

- Chaque **classe de service** utilise un sous-ensemble spécifique d'invariants
- Le niveau de **garantie** détermine la complexité des mécanismes employés
- Les invariants sont **hiérarchiques** : les services premium utilisent tous les mécanismes
- L'architecture finale **combine** intelligemment ces invariants selon les objectifs