# Gestion de Trafic dans les Réseaux Privés Virtuels

Leila LAMTI
Leila.Lamti@enst-bretagne.fr

Département RSM
ENST de Bretagne - FRANCE

# Plan

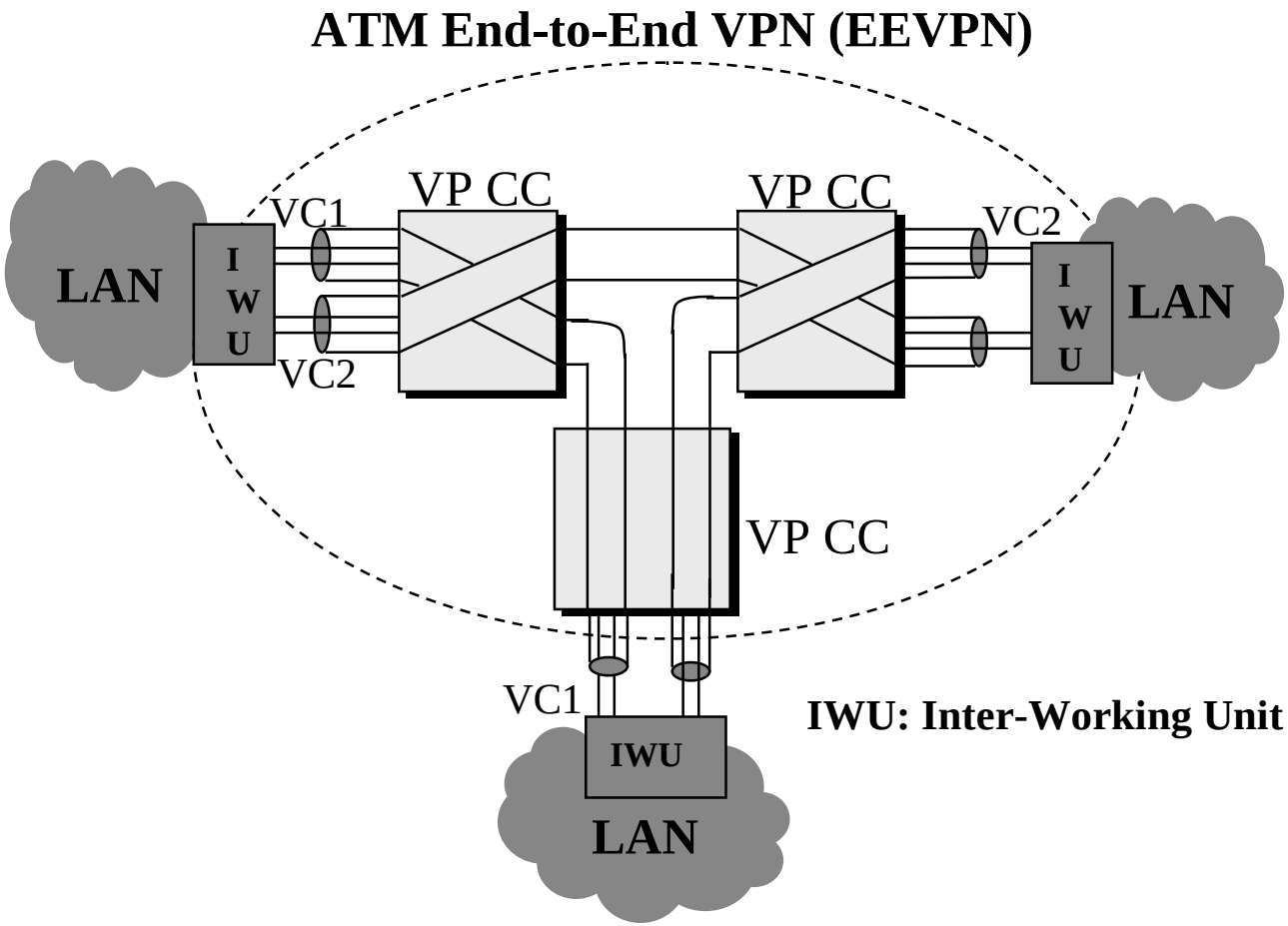
- Introduction.
- Le partage hiérarchique de la bande passante.
- Le modèle de gestion proposé.
- Implémentation et résultats.
- Travail en cours.
- Conclusion.

# Introduction

- Les Réseaux Privés Virtuels (VPN)
  - Solution pour l'interconnexion de sites d 'entreprises.
  - Alternative aux réseaux privés à base de lignes dédiées (SDH/SONET).
- Deux approches possibles:
  - VPN de type ATM.
  - VPN de type IP.

# Les modèles de connexion

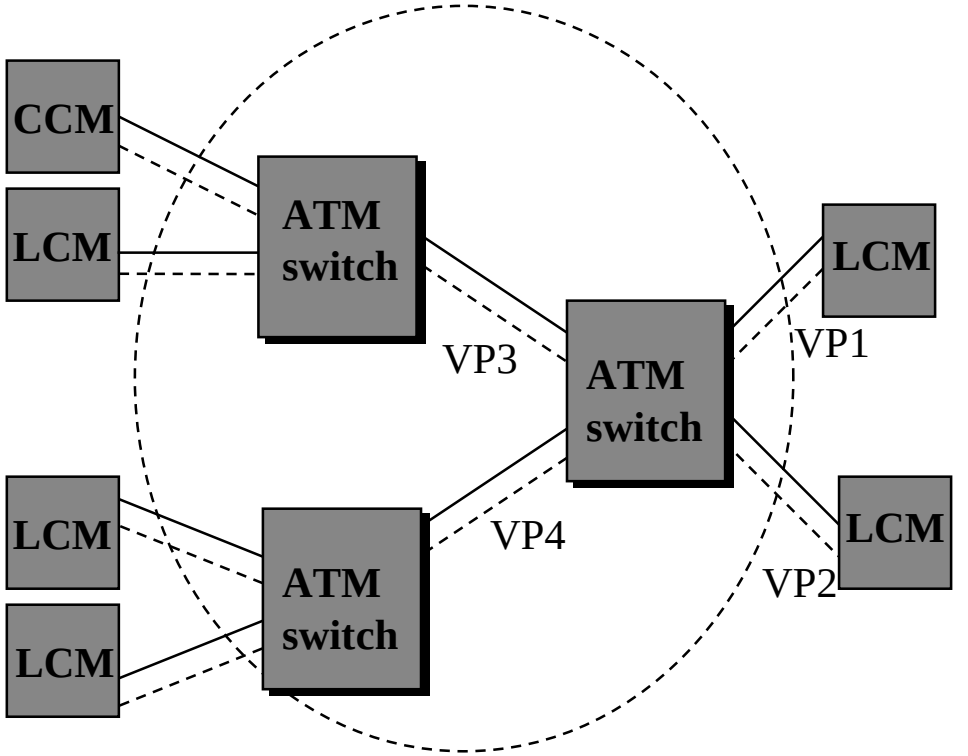
- Avantages:
  - Simplicité.
  - Contrôle du multiplexage sur les VPs par l'utilisateur.
- Inconvénients:
  - Fragmentation de la bande passante sur plusieurs VPs.
  - Problème de Scalability.



# Les modèles de connexion (suite)

- Avantages:
  - Multiplexage statistique entre les VPs.
  - Pas de ré-allocation due aux changements de profils de trafic.
- Inconvénients:
  - Fonction supplémentaire de routage des VCs.
  - Problème de congestion.
  - Complexité de la fonction de « policing »

**ATM Broadband VPN (BVPN)**

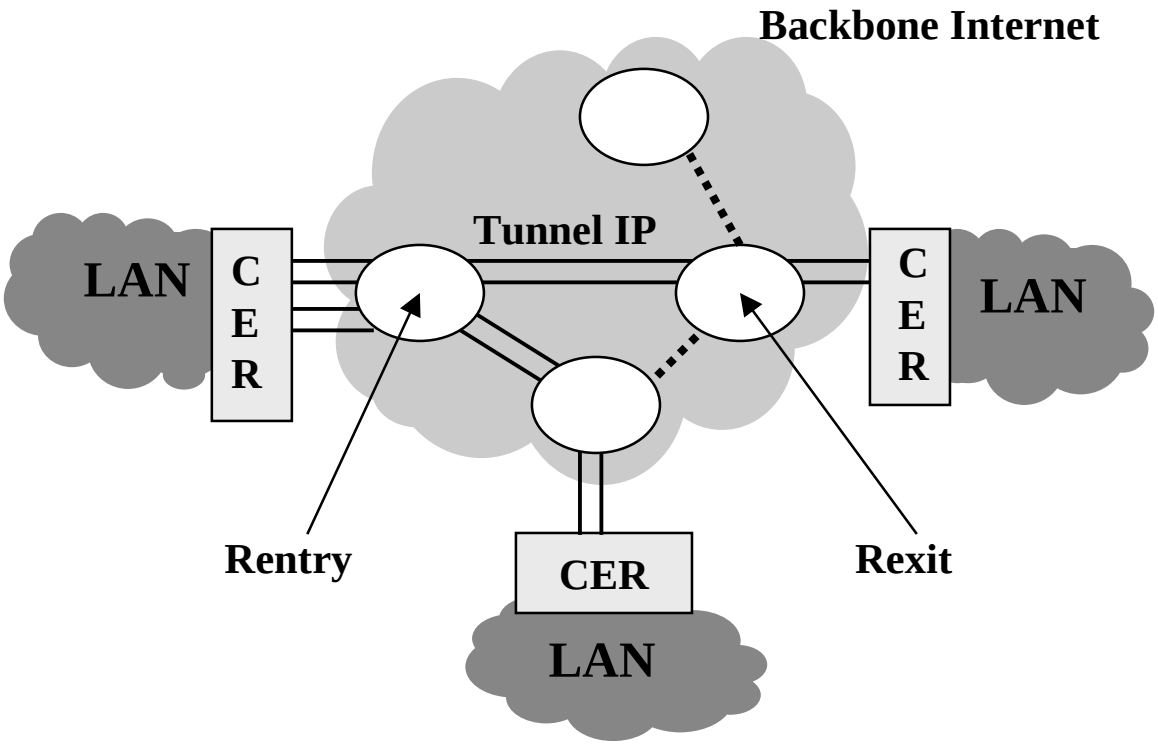



**CCM: Central Customer Manager**
**LCM: Local Customer Manager**

# Les modèles de connexion (suite)

- Utilisés pour des VPNs plus complexes.
- Création d'un tunnel:
  - Un mécanisme de signalisation
  - Une opération de gestion.
- Protocoles de « tunneling »:
  - MPLS (LDP pour la signalisation).
  - IP-in-IP protocol.
  - Ipsec …

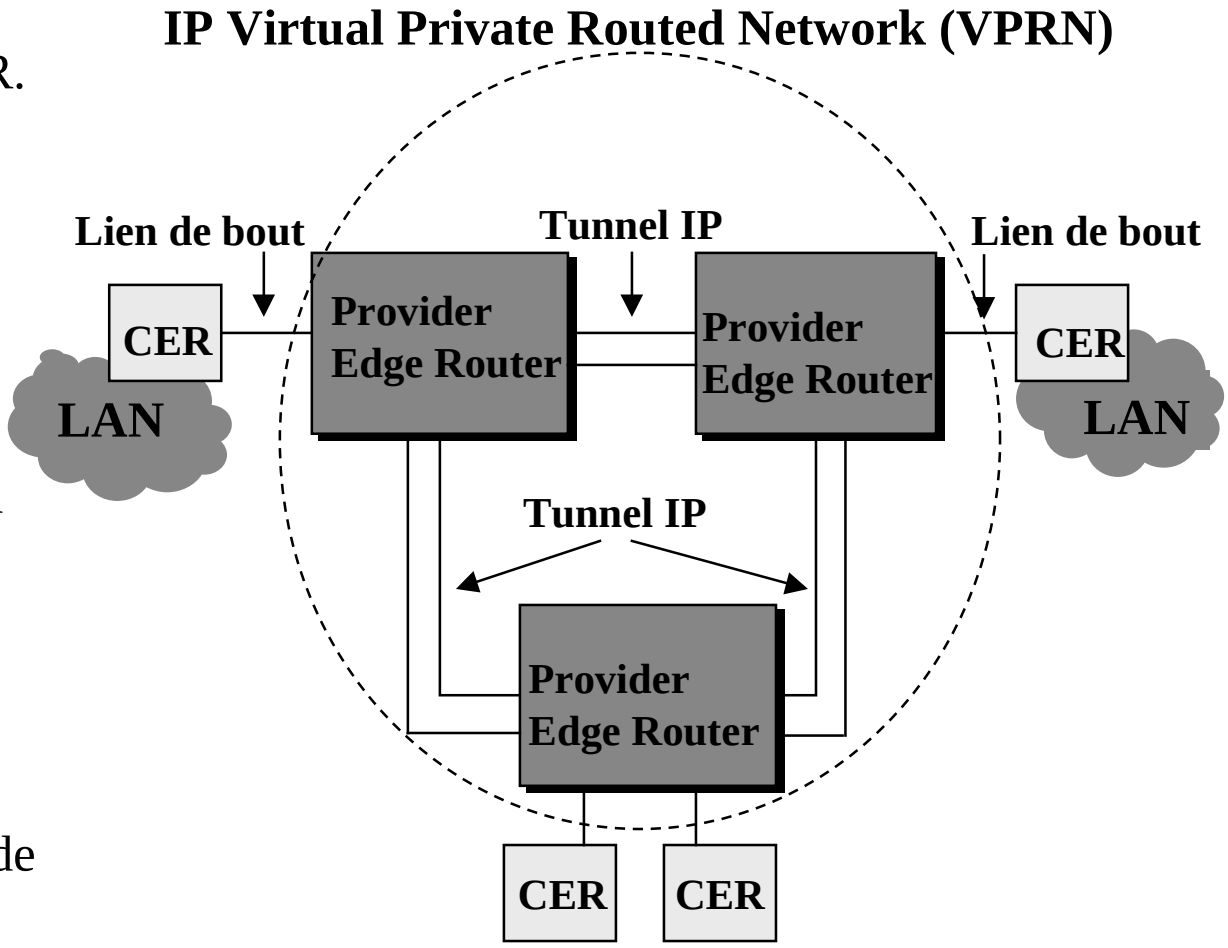
**IP Virtual Leased Lines (VLL)**




**CER: Customer Edge Router**

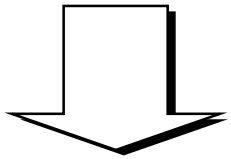
# Les modèles de connexion (suite)

- Configuration simple du CER.
- Création des tunnels par le provider.
- Echange d'information de proximité entre les routers.
- Chaque site est connecté à un « Provider Edge Router ».
- Configuration du VPN:
  - Une MIB centrale.
  - À travers les messages de routage.



# Gestion du trafic

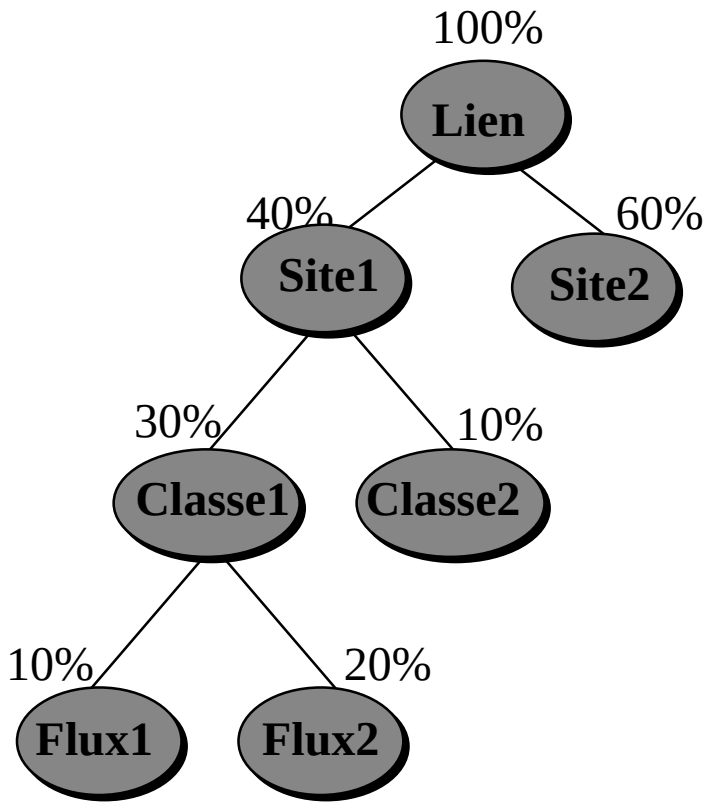
- Choix de la QoS sur les liens virtuels:
  - Construction d'une matrice de trafic ⇨ Processus complexe.
  - Sur-allocation de la bande passante ⇨ Fragmentation et gaspillage de la BP.
- Répartition de la bande passante:
  - Sans contrôle ⇨ Risque de congestion et possibles cas de non équité.
  - Sous-exploitation des ressources réseaux.



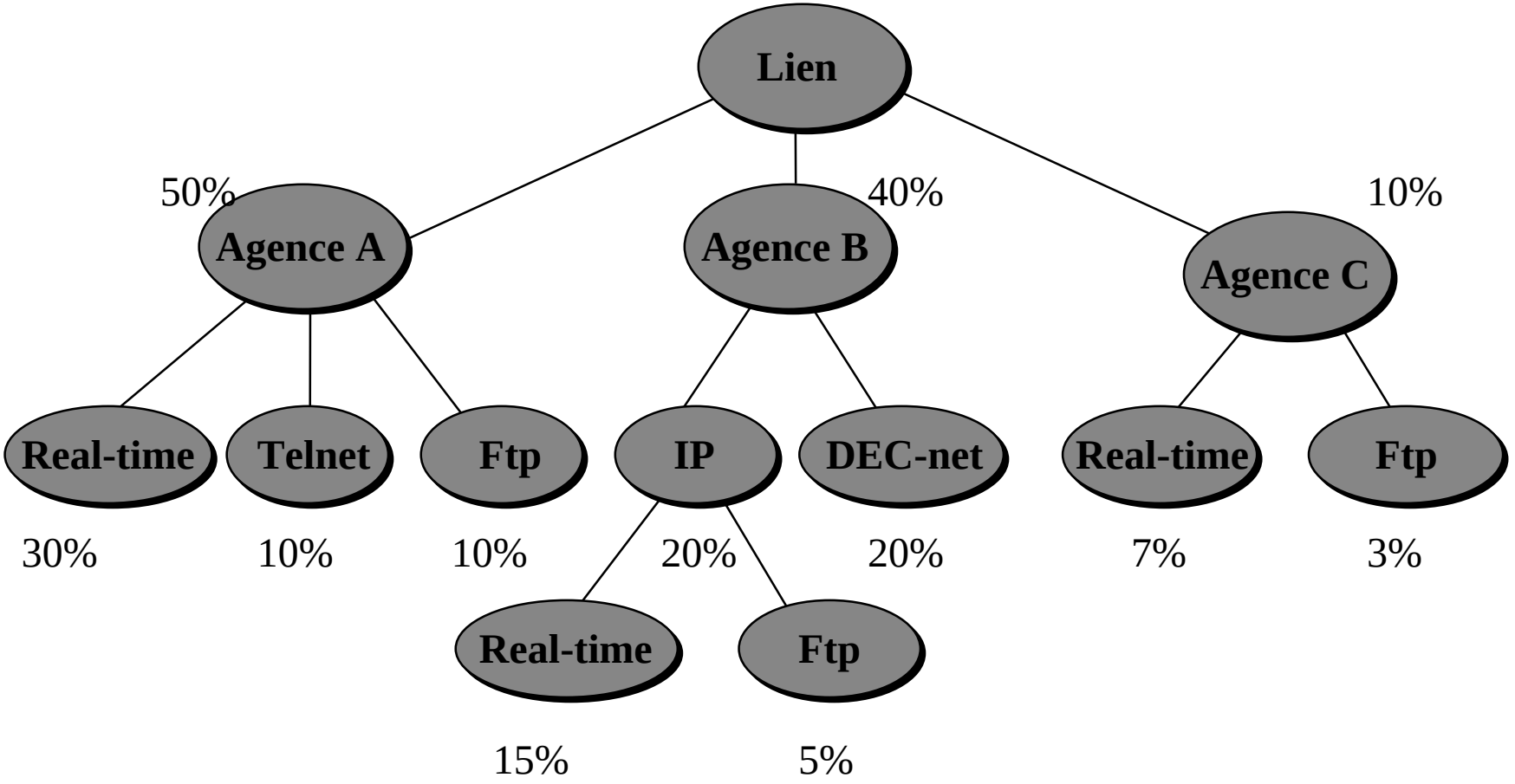
- Caractérisation du trafic en sortie sur les liens ⇨ Méthodes statistiques.
- Mécanismes d'ordonnancement équitable
- Fonctions de lissage de trafic.

# Les modèles hiérarchiques

- Class Based Queuing CBQ [Floyd, Jacobson 95].
- Hierarchical Packet Fair Queuing H-PFQ [Bennet, Zhang 96]
- Algorithme d'ordonnancement au niveau d'un router.
- Attribution des poids d'une façon statique.
- La somme des flux ne dépasse pas la capacité des liens.



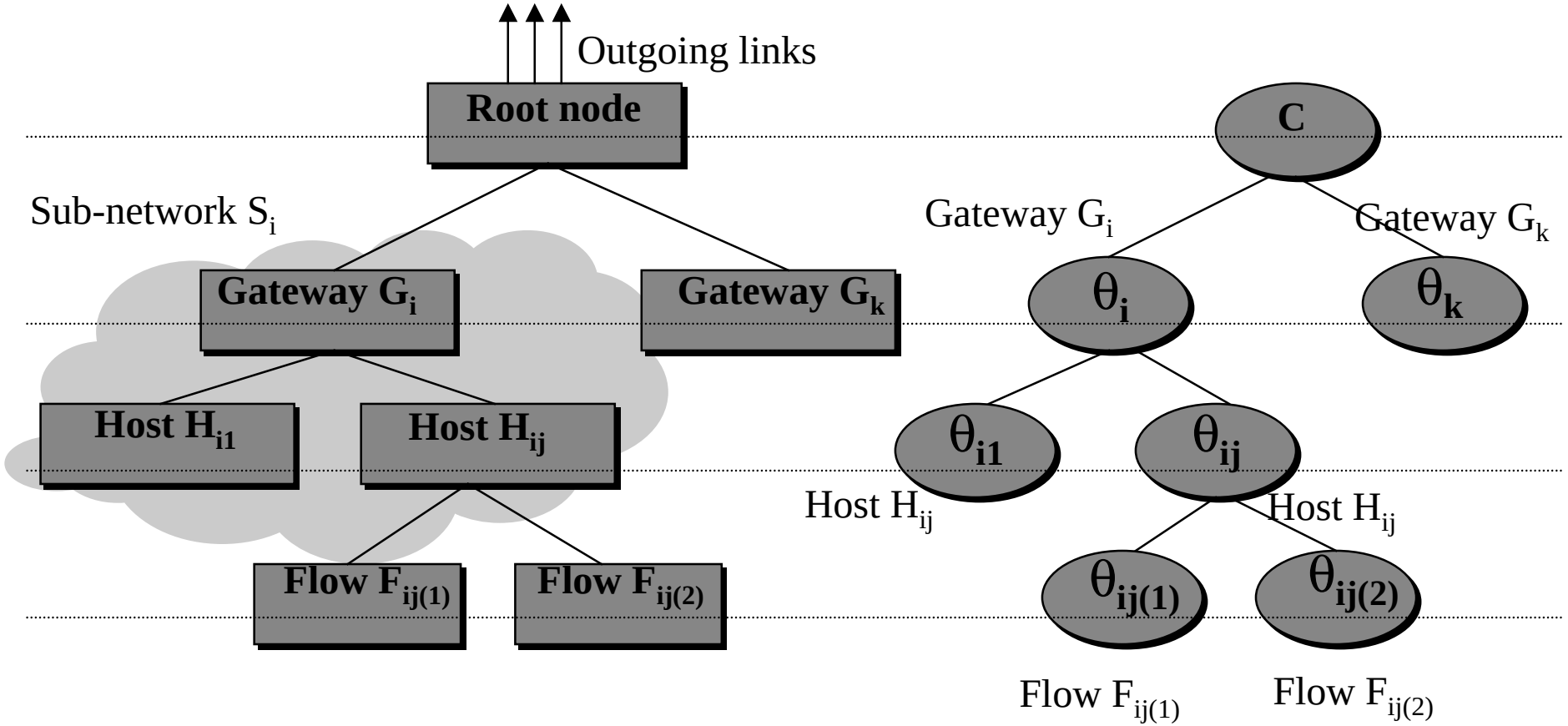
# Exemple


Lien
50%
Agence A
40%
Agence B
10%
Agence C
Real-time
Telnet
Ftp
IP
DEC-net
Real-time
Ftp
30%
10%
10%
20%
20%
7%
3%
Real-time
Ftp
15%
5%

# Modèle de gestion proposé

- Basé sur un modèle hiérarchique.
- Implémentation distribuée du mécanisme du contrôle.
- Les nœuds intermédiaires de la hiérarchie:
  - Représentent des équipements physiques.
  - Traitent un agrégat de flux.
  - Assurent une distribution équitable de l'excès de la bande passante.
- Les nœuds finaux (« leaf nodes »):
  - Implémentent un mécanisme de lissage de trafic couplé à une fonction d'ordonnancement équitable.
  - Echangent avec leur nœud père des messages de contrôle.

# Représentation hiérarchique



# Gestion d'un Lien

- Le « root node » gère le trafic en sortie sur tous les liens virtuels du VPN.
- Un lien virtuel de capacité C est partagé entre plusieurs « Gateways ».
- Une fonction de contrôle d'admission (CAC) au niveau du hôte.
- Conditions pour la garantie de la QoS:
  - $\sum \theta_i = 1 \ \forall \ i \in \{\text{Gateways}\}$
  - $\sum \theta_{ij} = \theta_i \ \forall \ j \in \{\text{Hôtes connectés au gateway } G_i\}$
  - $\sum \theta_{ij\,(k)} = \theta_{ij} \ \forall \ k \in \{\text{Flux crées par le hôte } H_{ij}\}$

# Mécanismes mis en oeuvre

•Au niveau des «leaf nodes»:

- •Fonction de lissage: «Traffic shaping».
- •Ordonnancement équitable: «Weighted Fair Queuing».

➪ *Intra-host regulation protocol*

•Au niveau des nœuds intermédiaires:

- •L'excès de bande passante est partagé entre les nœuds de la hiérarchie: Calcul dynamique des poids.
- •Echange de messages de contrôle avec les nœuds fils.

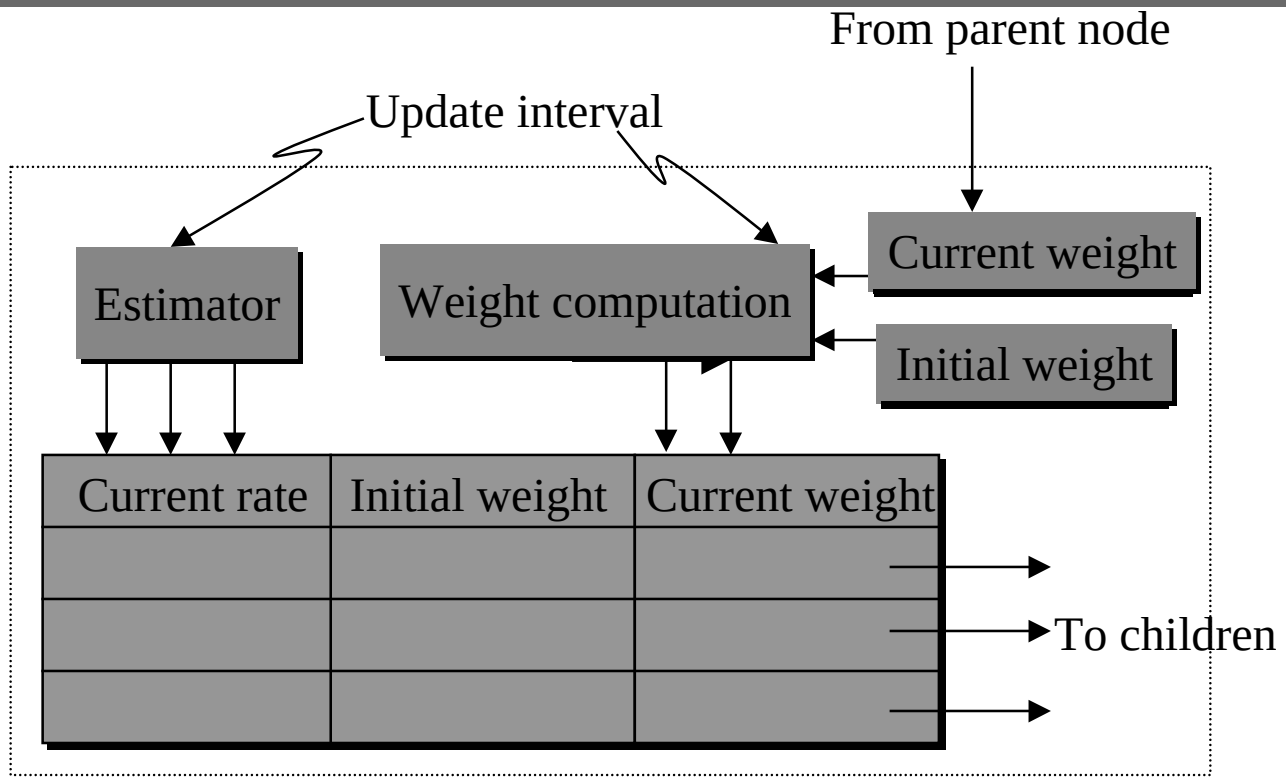
➪ *Inter-node bandwidth share protocol*

# Régulation inter-noeuds

- Chaque nœud $N_i$ a une capacité $C_i$.
- Pour un nœud fils $N_{ij}$ avec un poids $\theta_{ij}$:
  - $\Delta_{ij}$ = Capacité supplémentaire pour le nœud $N_{ij}$
  - $\lambda_{ij}$ = Débit effectif du noeud $N_{ij}$
  - $\sum\theta_k$ = Somme des poids des nœuds fils envoyant à un débit supérieur ou égal à leurs débits minimum.

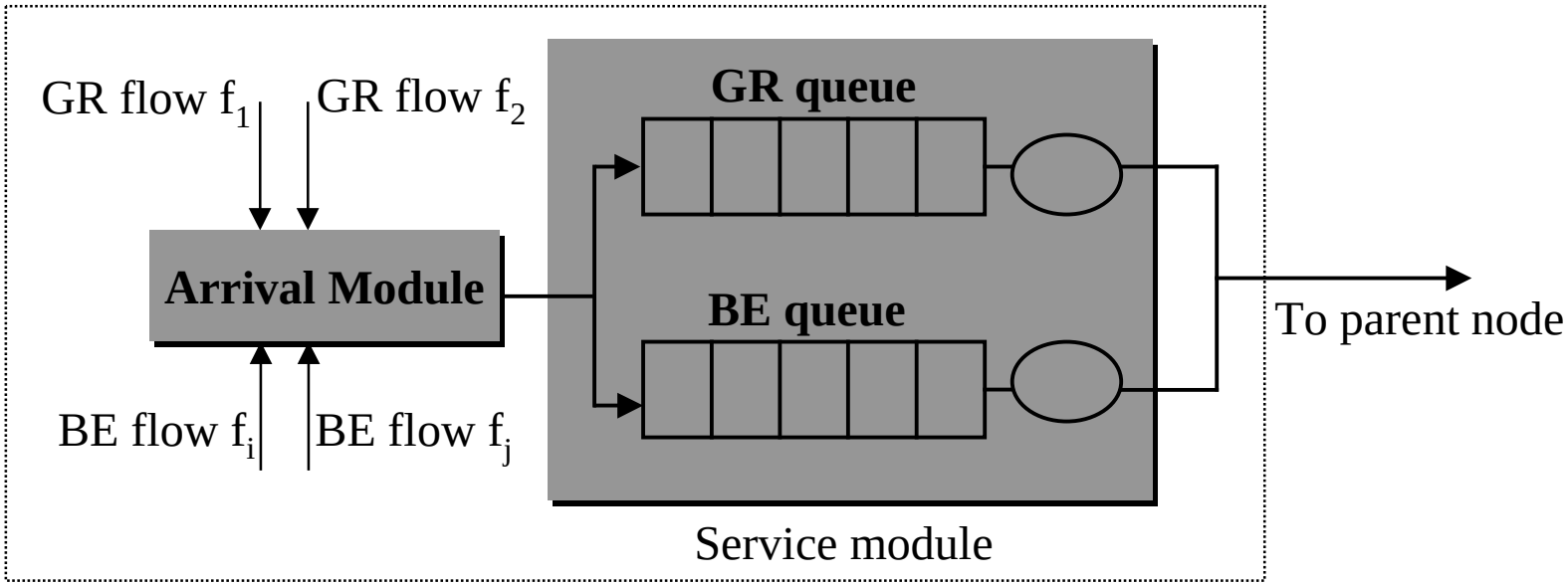
$$\Delta_{ij} = (C_i - \sum\lambda_{ij}).\theta_{ij} / \sum\theta_k$$

# Régulation inter-nœuds (suite)




- Calcul dynamique des poids.
- Echange périodique des messages de contrôle.

# Régulation Intra-hôte

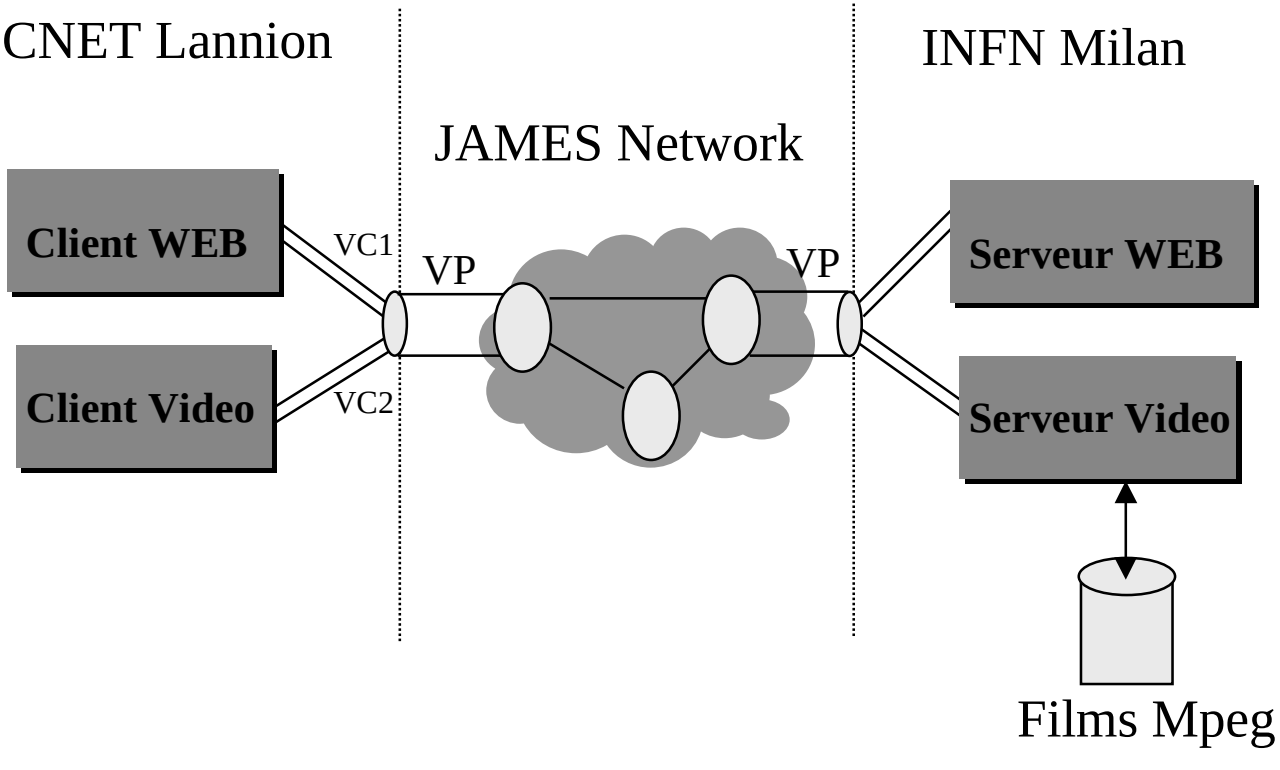



•Calcul d'un temps de départ théorique et d'une position dans la file GR pour chaque paquet garanti.

•Les paquets BE sont servis dès que la file GR est vide.

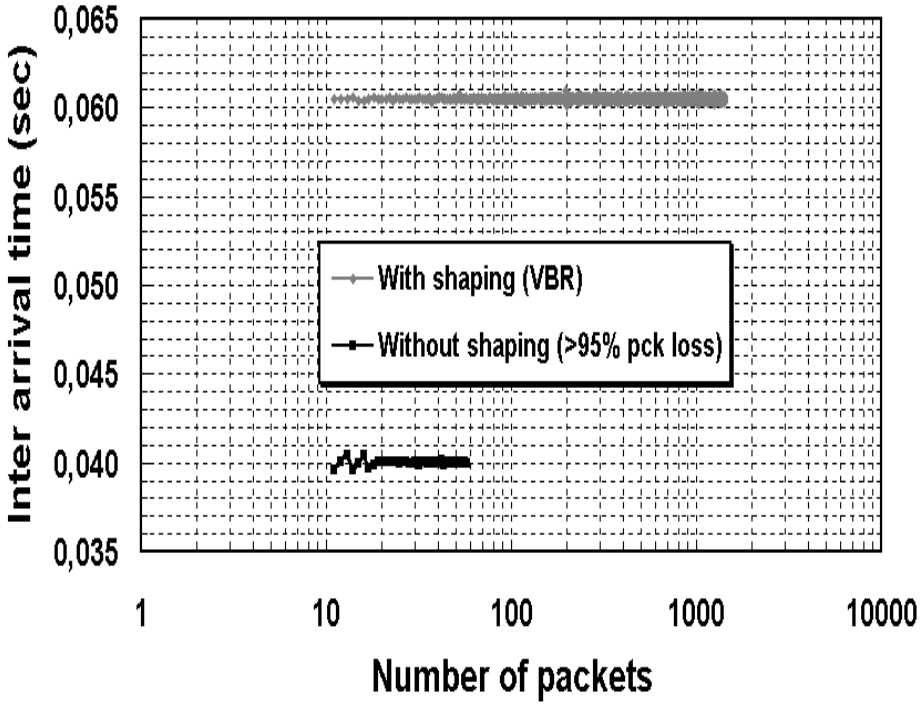
# Implémentation

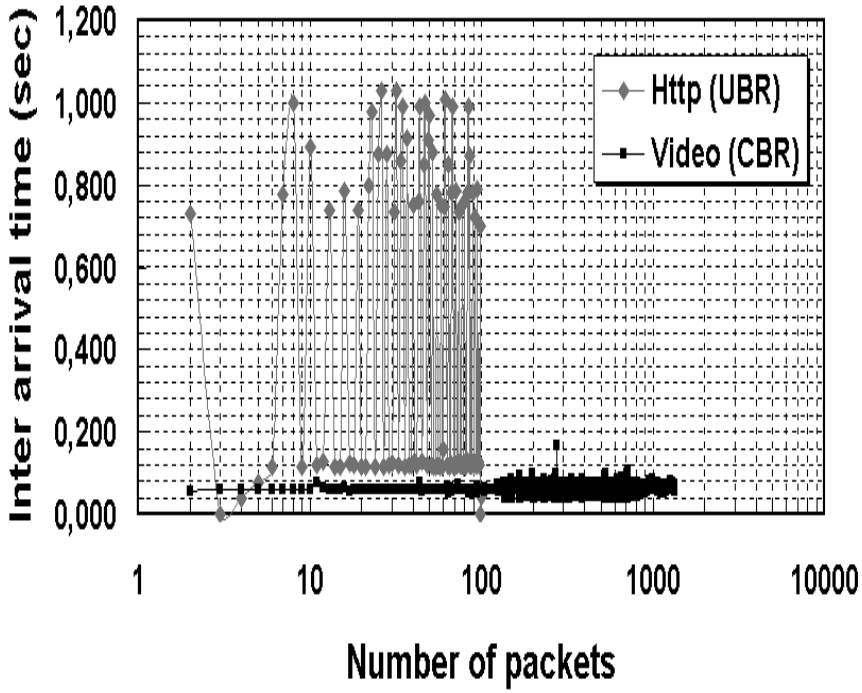
- Pile «Classical IP over ATM ».
- Implémentation dans le noyau d'un système Solaris 2.5.
- Tests avec le INFN Milan dans le cadre du projet «JAMES»




**Régulation intra-hôte**

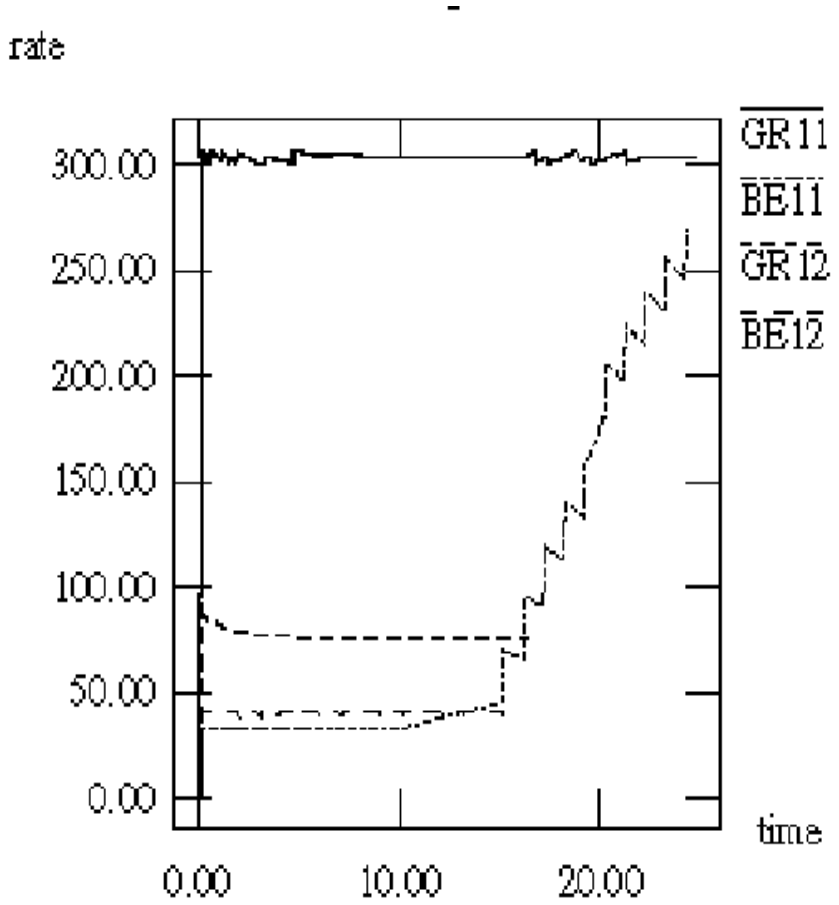
# Résultats


Inter arrival time (sec)
0,065
0,060
0,055
0,050
0,045
0,040
0,035
With shaping (VBR)
Without shaping (>95% pck loss)
1
10
100
1000
10000
Number of packets


Inter arrival time (sec)
1,200
1,000
0,800
0,600
0,400
0,200
0,000
Http (UBR)
Video (CBR)
1
10
100
1000
10000
Number of packets

# Implémentation(2)

- Protocole complètement distribué.
- Les gateways sont des routers IP.
- Les messages de contrôle sont des paquets IP.
- Implémentation du protocole dans le simulateur *ns*



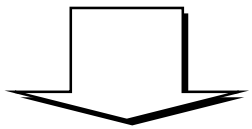
# Travail en cours

•Estimation des besoins en bande passante ⇨ Processus complexe.

•Analyse du trafic: standard dans les systèmes d'exploitation CISCO.

•Caractérisation du trafic ⇨ Allocation efficace des ressources réseaux.

•Mesures de statistiques ⇨ Estimation dynamique des besoins en bande passante.



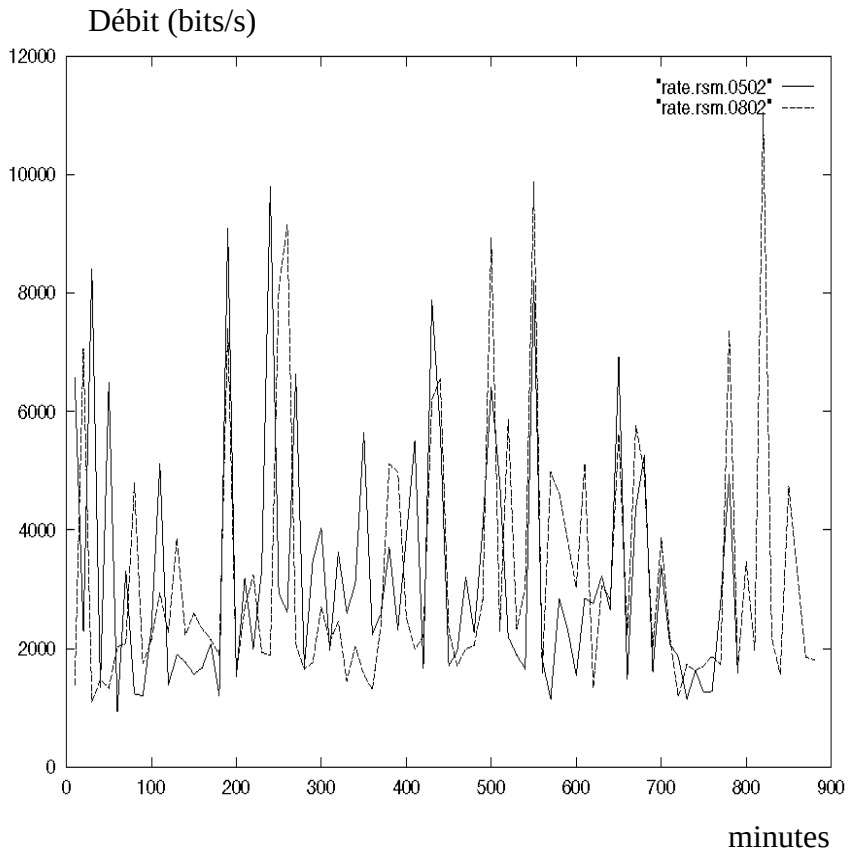
•Technique de lissage et d'ordonnancement des paquets en relation avec les résultats des statistiques.

# Caractérisation du trafic

- Corrélation entre les différents profils de trafic.
- Régularité moyenne observée à l'échelle d'une journée.
- Débits observés sur les liens du backbone MCI.
  - Wide-Area Internet Traffic Patterns and Characteristics - IEEE Network December 1997.
- Débits observés à la sortie d'un router:
  - Exemple: http://lethe.uwa.edu.au/mrtg-r/
- Débits observés sur notre campus:
  - Un profil journalier caractérise chaque machine.

# Modèle de représentation

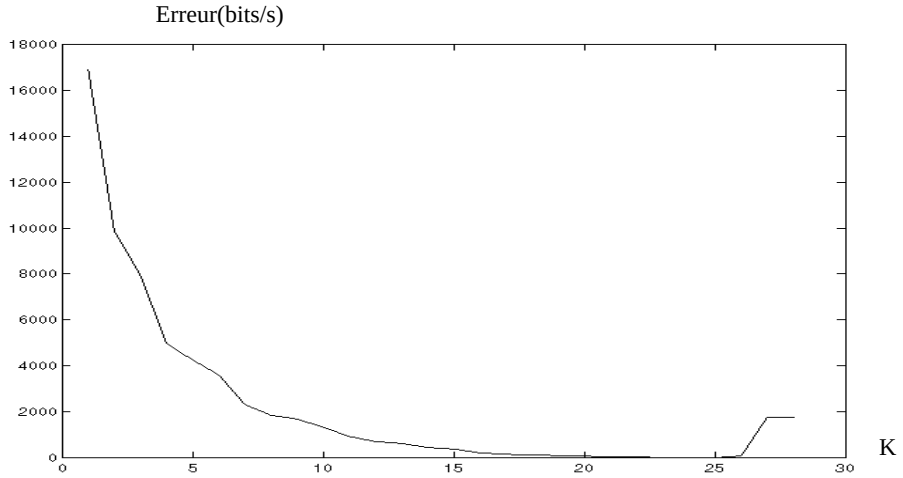
- Trafic observé très variable durant une journée ⇨ Débit moyen non représentatif.
- Une matrice de trafic pour tout le réseau.
- Stockage et représentation des données dans le router de sortie:
  - Analyse en composantes principales (ACP).



# Résultats

- Pour N machines:
  - Extraction d'une base de vecteurs propres $L_i$ (i=1..N).
  - Corrélation ⇨ Réduction de la taille de la base des vecteurs propres (K / K << N).

$$V_i = \sum_{j=1..K} a_{ij} \cdot L_j$$




Erreur de reconstitution en fonction de K

# Utilisation des vecteurs de trafic

1°) Utiliser les vecteurs de trafic pour estimer le débit total à réserver par intervalle.

2°) A l'arrivée d'un paquet au router de sortie:

- Si premier paquet venant d'une machine $M_i$, reconstituer le vecteur de trafic $V_i$.
- Tester si le paquet est conforme ou pas.
- Marquer le paquet en fonction du résultat du test de conformité.
- Utiliser un algorithme «work-conserving » pour l'ordonnancement et utilisant les étiquettes ajoutées aux paquets.

# Conclusion

- Gestion du trafic sur les liens d'un VPN ⇨ Améliore la répartition et l'utilisation de la bande passante.
- Modèle hiérarchique pour la répartition et le contrôle.
- Difficulté d'estimation des besoins en bande passante.
- Modèle statistique se basant sur des mesures réelles.
- Utilisation de la technique ACP pour la représentation des données.
- Elaboration d'un mécanisme d 'ordonnancement basé sur les résultats des mesures de statistiques.
- Prise en compte des fluctuations par des prédictions et des mesures des erreurs d'estimation.