



Bachelor of Science HES-SO in Telecommunications

Technologies de l'information et de la communication

Réseaux IP

- Travail pratique -

Introduction à la Qualité de Service (QoS) : Queuing

François Buntschu
francois.buntschu@hefr.ch

Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg (HEIA-FR)

Table des matières

1.	Introduction	3
2.	Objectifs.....	3
3.	Architecture proposée & Configuration d'expérience	3
3.1.	Schéma du réseau.....	4
3.2.	Configuration des routeurs Cisco.....	4
3.2.1.	Configuration de l'interface série	5
3.2.2.	Configuration IP.....	6
3.3.	Préparation du Softphone.....	7
3.4.	Préparation des analyseurs	7
4.	Travaux à réaliser	8
4.1.	Configuration de test et de mesure	8
4.1.1.	Objectifs.....	8
4.1.2.	Flux de donnée, comment les générer.....	8
4.1.3.	Flux de données, comment les observer et les mesurer	9
4.1.4.	Scénario de test pour les mesures.....	9
4.2.	Mesures	10
4.2.1.	Mode FIFO	10
4.2.2.	Mode Priority Queueing (PQ).....	10
4.2.3.	Partie OPTIONNELLE - Mode Weighted Fair Queueing (WFQ).....	12
5.	Références / Documentations	13
6.	Temps à disposition et rapport	13
	Annexe : Mode de configuration des routeurs Cisco	14

1. INTRODUCTION

Avec l'arrivée des services de type « Triple Play » (Vidéo, Voix, Données), la notion de qualité de service prend toute son importance. Il est en effet primordial qu'un appel téléphonique soit de qualité satisfaisante, alors qu'un transfert de fichier tolère sans problème un ralentissement (délai) ou des congestions.

2. OBJECTIFS

Ce travail pratique est dédié à la qualité de service (QoS) et principalement aux mécanismes de queues (Queuing).

Afin d'observer les mécanismes de priorisation, nous allons générer du trafic suffisamment conséquent pour observer des perturbations.

Dans une seconde phase, nous introduirons des priorisations sur une des interfaces d'un routeur afin de pouvoir favoriser certain trafic dans la transmission.

L'exécution du laboratoire conduira les participants à :

- Installer et configurer une topologie classique de réseau d'accès
- Mesurer et constater les effets des perturbations liées à une mauvaise gestion des priorités des paquets
- Configurer le réseau d'accès afin de garantir une meilleure qualité de service

3. ARCHITECTURE PROPOSÉE & CONFIGURATION D'EXPÉRIENCE

L'architecture proposée comprend les éléments suivants :

- PC de la place de travail
- 2 Routeurs Cisco 2800 ou 2900 (routeurs avec interfaces sérieles)
- 2 Analyseurs de protocoles Wireshark
- 2 Hubs ou Switch avec port de *mirroring*

La première étape du travail consiste à configurer les routeurs et la ligne série selon un plan d'adressage cohérent, à générer du trafic afin de saturer la liaison série et de modifier les priorités pour pouvoir en observer les conséquences.

3.1. Schéma du réseau

Afin de permettre aux étudiants de comprendre ce thème, l'architecture suivante sera installée :

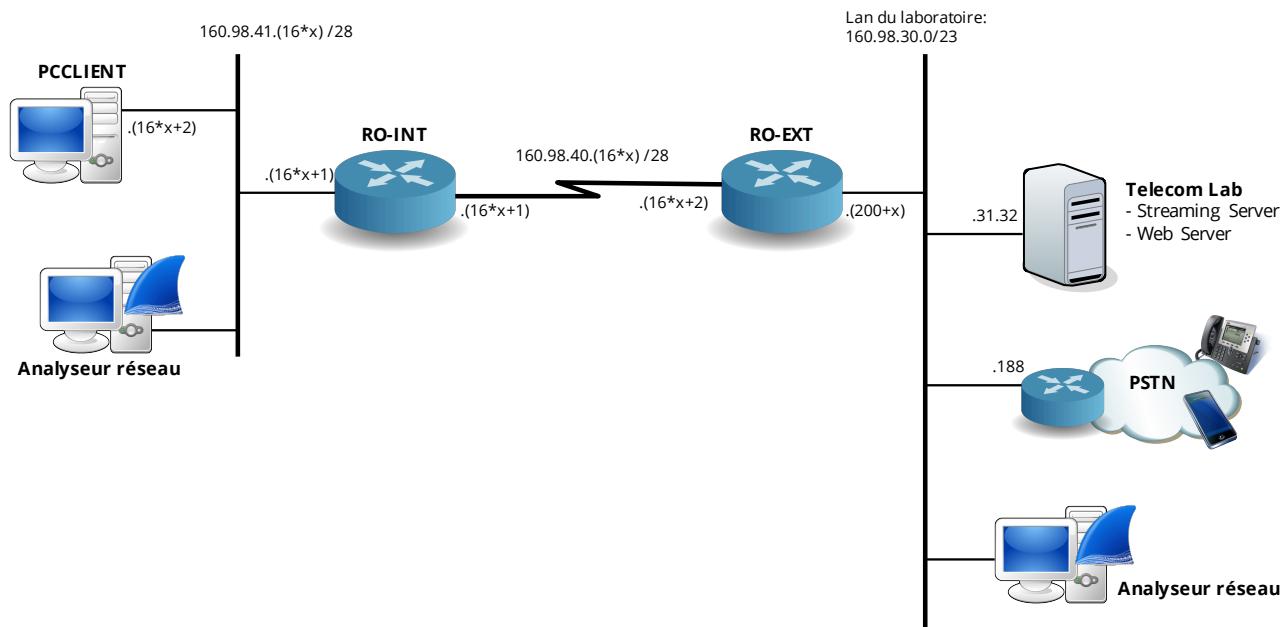


Figure 1 : Infrastructure du réseau

Remarques :

- a) « x » est le numéro de votre place de travail
- b) Veuillez utiliser un routeur Cisco 2900 pour RO-EXT
- c) Il faut se connecter sur les PCs du laboratoire avec l'utilisateur « lte » et le mot de passe « telecomC10 »

3.2. Configuration des routeurs Cisco

En principe, les équipements Cisco ont une configuration vierge au début du TP.

- ▶ Afin d'effacer toute configuration préalable, il est conseillé d'exécuter les commandes suivantes (en mode privilégié)¹ :

```
Router>enable
Router#erase startup-config
Router#reload
```

- ▶ A la question demandant si l'on veut configurer le routeur (« initial configuration dialog »), répondez « no » ou pressez Control-C, puis taper les commandes suivantes :

```
Router>en
Router#configure terminal
Router(config)#no service config
Router(config)#end
Router#
```

- ▶ Donnez un nom au routeur :

```
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#hostname ro-yyyy                                     (avec yyyy=int ou ext)
```

¹ Nécessaire si vous n'obtenez pas le mode questions/réponses au démarrage du routeur.

```
| ro-yyy(config)#end
| ro-yyy#
```

- Les interfaces peuvent être vérifiées de la manière suivante :

```
ro-yyy# show interface FastEthernet 0/01
Ethernet0/0 is administratively down, line protocol is down
  Hardware is QUICC Ethernet, address is 0010.7bdf.32f1 (bia 0010.7bdf.32f1)
  MTU 1500 bytes, BW 10000 Kbit, DLY 1000 usec, rely 255/255,  load 1/255
  Encapsulation ARPA, loopback not set, keepalive set (10 sec)
  ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
  Last input never, output never, output hang never
  Last clearing of "show interface" counters never
  Queueing strategy: fifo
  Output queue 0/40, 0 drops; input queue 0/75, 0 drops
  5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
  5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
    0 packets input, 0 bytes, 0 no buffer
    Received 0 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
    0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
    0 input packets with dribble condition detected
    0 packets output, 0 bytes, 0 underruns
    0 output errors, 0 collisions, 0 interface resets
    0 babbles, 0 late collision, 0 deferred
    0 lost carrier, 0 no carrier
    0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
```

- Si l'interface est "administratively down" il faut l'activer de la façon suivante :

```
ro-yyy #configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
ro-yyy config)#interface FastEthernet 0/0
ro-yyy (config-if)#no shutdown
ro-yyy (config-if)#end
ro-yyy #
```

3.2.1.Configuration de l'interface série

L'interface série se configure (adresse et routage) exactement comme une autre interface. Le débit de la ligne (horloge) est configuré uniquement du côté DCE² de la manière suivante :

```
ro-yyy#configure terminal
ro-yyy(config)#interface serial 0/0/03
ro-yyy(config-if)#clock rate 768000
ro-yyy(config-if)#load-interval 30
ro-yyy(config-if)#no shutdown
ro-yyy(config-if)#end
ro-yyy#
```

¹ Attention au type de routeur que vous utilisé, pour un Cisco 2800 : FastEthernet 0/0, pour un Cisco 2900 : GigaEthernet 0/0

² Le DCE est en principe du côté du câble femelle ou est noté sur le câble. Sinon la commande suivante vous permet de déterminer le type de câble connecté sur votre routeur :

```
| ro-yyy#show controller serial 0/0
```

³ Attention au type de routeur que vous utilisé, pour un Cisco 2800 : Serial 0/0/0, pour un Cisco 2900 : Serial 0/2/0

3.2.2. Configuration IP

La première étape consiste à câbler et configurer les interfaces IP des deux routeurs ainsi que de valider le routage sur tout le montage. Rappel : <x> correspond au numéro de votre table de travail.

- ▶ Routeur « externe » :

```
ro-ext#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
ro-ext(config)#interface FastEthernet 0/0
ro-ext(config-if)#ip address 160.98.30.(200+x) 255.255.254.0
ro-ext(config-if)#exit
ro-ext(config)#interface serial 0/0/0
ro-ext(config-if)#ip address 160.98.40.(16*x+2) 255.255.255.240
ro-ext(config-if)#exit
ro-ext(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 160.98.30.11
ro-ext(config)#router ospf 1
ro-ext(config-router)#network 160.98.40.(16*x) 0.0.0.15 area 0
ro-ext(config-router)#network 160.98.30.0 0.0.1.255 area 0
ro-ext(config-router)#default-information originate2
ro-ext(config-router)#exit
```

- ▶ Routeur « interne » :

```
ro-int#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
ro-int(config)#interface FastEthernet 0/0
ro-int(config-if)#ip address 160.98.41.(16*x+1) 255.255.255.240
ro-int(config-if)#exit
ro-int(config)#interface serial 0/0/0
ro-int(config-if)#ip address 160.98.40.(16*x+1) 255.255.255.240
ro-int(config-if)#exit
ro-int(config)#router ospf 1
ro-int(config-router)#network 160.98.40.(16*x) 0.0.0.15 area 0
ro-int(config-router)#network 160.98.41.(16*x) 0.0.0.15 area 0
ro-int(config-router)#exit
```

!! Il faut modifier la configuration IP des PC pour qu'ils aient l'adresse IP 160.98.41.(16*x+2) avec le subnet mask = 255.255.255.240 et la passerelle par défaut = 160.98.41.(16*x+1).

→ N'oubliez pas de configurer un serveur DNS : 160.98.2.111

¹ La gateway 160.98.30.1 correspond au routeur de la HEIA-FR

² Propagation de la route par défaut vers ro-int

3.3. Préparation du Softphone

Démarrer le softphone **Bria 4** depuis le menu (ou le bureau) de votre machine (Figure 2).

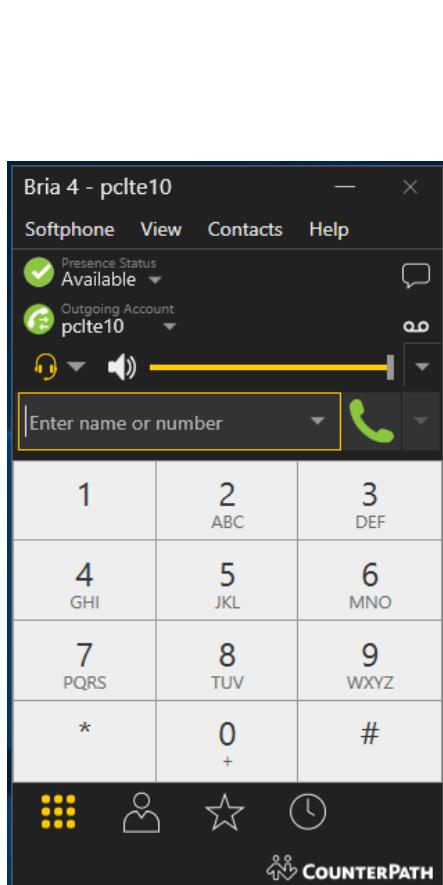


Figure 2 : Softphone Bria 4 de CounterPath

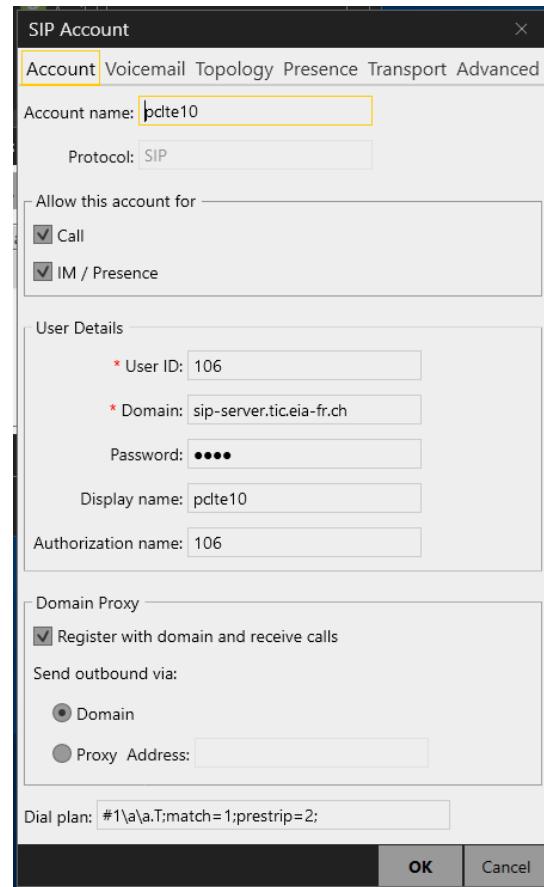


Figure 3 : Configuration SIP du softphone

Il est en principe déjà configuré, mais afin de pouvoir effectuer des appels vers l'extérieur depuis l'outil de téléphonie sur IP (VoIP), il faut s'assurer que les paramètres mentionnés sur la Figure 3 sont correctement configurés (*Menu Softphone, puis Account Settings*).

Attention : le *User ID* et l'*Authorization name* correspondent à « **1x6** » (remplacer le x avec le numéro de votre table, par exemple 116 pour la table 1 ou 146 pour la table 4) et le mot de passe est « **1243** ».

3.4. Préparation des analyseurs

Démarrer Wireshark et familiarisez-vous avec l'option « **IO Graph** » dans le menu « **Statistics** ».

4. TRAVAUX À RÉALISER

Tâches

- P1: Etablissez un plan d'adressage complet et détaillé en précisant toutes les interfaces des routeurs et PC's.
- P2: Tester et documenter le bon fonctionnement de l'infrastructure (connectivité IP, table de routage, accès aux différents services, ...) et valider (vérifier) la configuration des analyseurs de protocoles.

4.1. Configuration de test et de mesure

Ce chapitre décrit :

- a) comment les différents types de trafic seront générés pour la mesure
- b) comment on mesurera ces différents types de trafic
- c) quel sera le scénario utilisé pour les trois mesures effectuées dans ce TP, soit du queuing de type FIFO, Priority Queuing et Weighted Fair Queuing

4.1.1. Objectifs

La demande de transmission en termes de flux qui circulera sur l'interface série sera en principe largement supérieure à la largeur de bande à disposition. Il va donc falloir définir des stratégies de priorisation qui feront l'objet des mesures et observations qui suivent.

Ces stratégies seront à appliquer sur l'interface série du routeur externe car c'est bien là que le flux de donnée est le plus important et devra donc être priorisé. Les configurations qui suivent sont donc à appliquer uniquement sur ce routeur.

4.1.2. Flux de donnée, comment les générer

Selon la figure ci-dessous, 4 flux de donnée distincts seront activés :

- Trafic de streaming vidéo entre le PCCLIENT et le serveur de streaming (tlabs.tic.heia-fr.ch) au travers de VLC¹. Utiliser un stream qui est codé à **plus de** 768 kb/s.
- Trafic ICMP entre le PCCLIENT et l'interface Ethernet du routeur externe. Ce trafic est généré à l'aide de la commande ping

```
ping -t 160.98.30.(200+x) -l 3000
```

- Trafic HTTP entre le PCCLIENT et le Server Web sur lequel le serveur APACHE a été activé et où se trouve des fichiers de différentes tailles.
- Trafic Voix sur IP entre le softphone du PCCLIENT et l'infrastructure VoIP du laboratoire.

¹ Il faut se connecter avec **Firefox** sur le serveur de streaming et choisir la bonne application lorsque l'on sélectionne une vidéo.

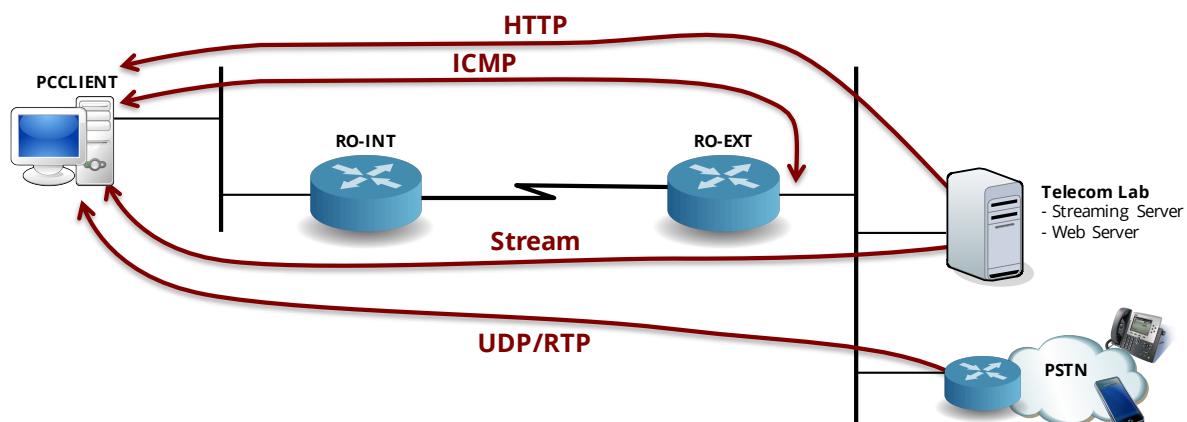


Figure 4 : Diagramme des flux

4.1.3. Flux de données, comment les observer et les mesurer

Plusieurs moyens de mesure peuvent être utilisés pour observer les différentes conditions d'utilisation

- Visualiser le trafic et l'état des queues des deux routeurs par la commande
`show int s0/x`
- Temps de réponse moyen des ping (flux ICMP)
- A l'aide des analyseurs de protocole, vérifier le débit des différents flux au moyen des statistiques disponibles avec « **IO Graphs** », utiliser comme unité les « **bits/Ticks** »
- Bande passante effective utilisée par le lecteur de stream (flux vidéo)¹
- Qualité « relative » d'une connexion vocale avec le monde PSTN.
- Si vous utilisez le navigateur Firefox, la bande passante utilisée lors de téléchargement est affichée.

Ces moyens sont à utiliser en fonction des conditions et flux actifs, quel que soit le mode de mise en queue utilisé.

4.1.4. Scénario de test pour les mesures

Le scénario de test proposé ci-dessous permettra d'évaluer les différentes conditions de fonctionnement de mise en queue des paquets. Il sera **répété** pour chacun des modes listés ci-dessous. Le but étant au final d'avoir TOUS les flux en parallèle sur la ligne.

1. Générer des paquets ICMP de 3000 bytes entre le PCCLIENT et l'interface Ethernet du routeur externe et évaluer le temps de réponse
2. Démarrer le client de streaming à partir du PCCLIENT (Real player) et observer la bande passante utilisée à l'aide de l'utilitaire (*Tool->Playback statistics*)
3. Visualiser l'état des queues
4. Dans la même configuration, lancer une requête http à partir du browser du PCCLIENT sur le serveur Web (<http://tlabs.tic.heia-fr.ch/qos>) et mesurer le temps de transfert pour différentes tailles de fichiers. Poursuivre l'observation du temps de réponse des pings et de la bande passante du streaming pendant le transfert.
5. Visualiser l'état des queues des routeurs

¹ Attention : VLC charge les vidéos en TCP et RealPlayer le fait en UDP.

6. Se connecter vers l'horloge parlante « 0161 » avec le softphone et constater la qualité de la connexion.
7. Réinitialiser les compteurs de queue des deux routeurs avec la commande (dans le mode privilégié) :

```
clear counters
```

4.2. Mesures

4.2.1. Mode FIFO

Le mode FIFO (first in first out) traite les paquets dans l'ordre dans lequel ils arrivent sans autre forme de traitement que la règle du premier arrivé - premier servi. Pour cela il faut valider que la *stratégie de queueing* est bien le FIFO (avec la commande `show interface serial 0/0`), sinon il faut l'activer de la manière suivante :

```
ro-ext#configure terminal
ro-ext(config)#interface serial 0/0
ro-ext(config-if)#no fair-queue
ro-ext(config-if)#end
ro-ext#
```

Questions

P3: Lancer le scénario de test, appliquer et commenter les méthodes d'observations et effectuer les mesures prévues dans les paragraphes précédents (4.1.3 & 4.1.4).

4.2.2. Mode Priority Queueing (PQ)

Le mode PQ vous permet de définir comment le trafic sera priorisé dans le réseau. Durant la transmission, le mode PQ donne la priorité absolue au traitement des queues de hautes importances par rapport à celles d'importance moindre.

Les paquets arrivant dans l'interface sont classés dans une des quatre queues (high, medium, normal, low) suivant les critères définis par l'utilisateur.

La première étape consiste à définir une série d'access-list qui permettra ensuite de définir les canaux à prioriser, les noms entre crochets <> sont à remplacer par leurs adresses IP respectives :

```
ro-ext(config)#access-list 101 permit udp host <Streaming_Server> host <pcclient>
ro-ext(config)#access-list 101 permit ospf any any1
ro-ext(config)#access-list 102 permit tcp host <Web_Server> eq www host <pcclient>
ro-ext(config)#access-list 103 permit ip host 160.98.30.188 host <pcclient>
ro-ext(config)#access-list 104 permit ip any any
```

► L'adresse IP 160.98.30.188 correspond à la passerelle PSTN du laboratoire.

En fonction de la version IOS² du routeur que vous utilisez (12.x ou 15.x), la configuration du *Priority Queueing* se fait différemment.

Pour les routeurs fonctionnant avec la version **12.x** :

- La commande `priority-list` permet d'assigner des priorités sur les flux désignés par les access-list.
- Cette commande affecte une priorité haute au trafic de streaming (access-list 101)


```
| ro-ext(config)#priority-list 1 protocol ip high list 101
```

¹ Il est important de prioriser le protocole OSPF pour que le routage IP fonctionne toujours même en cas de forte charge sur la ligne série.

² IOS = *Internetworking Operating System*, système d'exploitation des routeurs Cisco

- ▶ Cette commande affecte une priorité basse au trafic http (access-list 102)


```
| ro-ext(config)#priority-list 1 protocol ip low list 102
```
- ▶ Cette commande affecte une priorité normale au reste du trafic (access-list 103)


```
| ro-ext(config)#priority-list 1 protocol ip normal list 103
```

Pour activer le mode « PQ », appliquer les commandes suivantes :

- ▶ Appliquer sur l'interface le priority group :

```
| ro-ext#configure terminal
| ro-ext(config)#interface serial 0/0
| ro-ext(config-if)#no fair-queue
| ro-ext(config-if)#priority-group 1
| ro-ext(config-if)#end
ro-ext#
```

Pour les routeurs fonctionnant avec la version **15.x** :

- ▶ Cette commande affecte une priorité haute au trafic de streaming (access-list 101)

```
| ro-ext(config)# class-map high
| ro-ext(config-cmap)# match access-group 101
```

- ▶ Cette commande affecte une priorité basse au trafic http (access-list 102)

```
| ro-ext(config)# class-map low
| ro-ext(config-cmap)# match access-group 102
```

- ▶ Cette commande affecte une priorité normale au reste du trafic (access-list 103)

```
| ro-ext(config)# class-map medium
| ro-ext(config-cmap)# match access-group 103
```

- ▶ Cette commande affecte les priorités aux différentes classes de trafic

```
| ro-ext(config)# policy-map Labo_Qos
| ro-ext(config-pmap)#class high
| ro-ext(config-pmap-c)#priority level 1
| ro-ext(config-pmap)#class medium
| ro-ext(config-pmap)#class low
| ro-ext(config-pmap-c)#priority level 2
```

Pour activer le mode « PQ », appliquer les commandes suivantes :

- ▶ Appliquer sur l'interface le priority group :

```
| ro-ext#configure terminal
| ro-ext(config)#interface serial 0/0
| ro-ext(config-if)#service-policy output Labo_Qos
| ro-ext(config-if)#end
ro-ext#
```

- ▶ Afficher l'état des classes de trafic :

```
| ro-ext# show policy-map interface s0/0
```

- ▶ Effacer les statistiques sur les différentes classes de trafic avec la commande (dans le mode privilégié)

```
| clear counters
```

Questions

- P4: Lancer à nouveau le scénario de test, appliquer et commenter les méthodes d'observations et effectuer les mesures prévues dans les paragraphes précédents (4.1.3 & 4.1.4). Compléter vos observations avec les commandes suivantes (uniquement valables en mode PQ et WFQ). Visualiser le trafic et l'état des queues en utilisant les commandes ci-après.
show access-lists

Pour les routeurs fonctionnant avec la version **12.x** :

show int s0/x, show queue s0/x, show queuing int s0/x

Pour les routeurs fonctionnant avec la version **15.x** :

show int s0/x, show policy-map interface s0/x

- P5: Inverser les priorités et appliquer les observations et les mesures prévues dans le paragraphe précédent. Par exemple attribuer la priorité haute pour le trafic http et la priorité basse pour le streaming. Commenter.

Attention : maintenez une priorité élevée pour le protocole de routage OSPF.

4.2.3. Partie OPTIONNELLE - Mode Weighted Fair Queueing (WFQ)

Quand le mode FIFO est en fonction, le trafic est renvoyé dans l'ordre dans lequel il a été reçu sans se soucier de la consommation de la bande passante. Prenons le cas d'un transfert d'un gros fichier arrivant juste avant une petite requête TCP dans la queue FIFO.

La requête TCP devra attendre la fin du transfert des paquets transportant le gros fichier avant de pouvoir être acheminée. Ce traitement n'est pas équitable. Le mode WFQ surmonte cette limitation des files d'attente de type FIFO.

WFQ permet donc de d'allouer dynamiquement et de façon équitable la bande passante pour tout le trafic réseau.

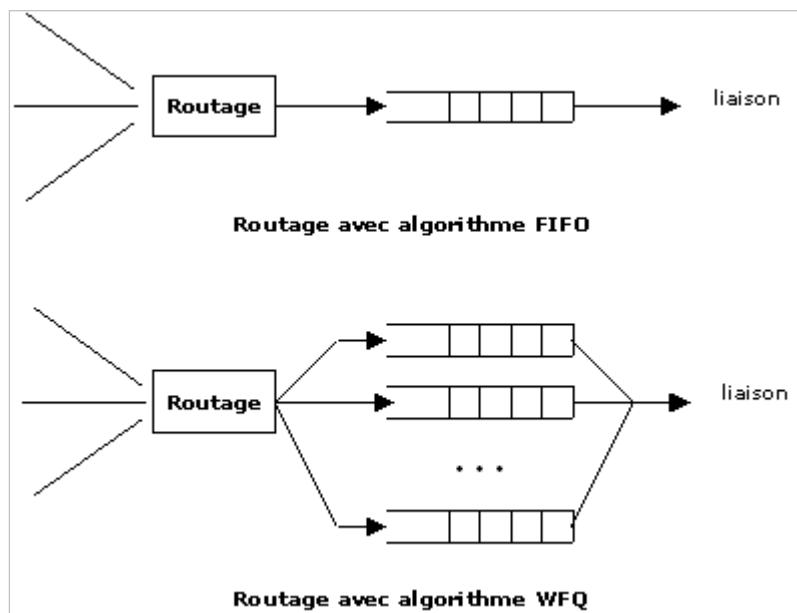


Figure 5 : FIFO & WFQ

- Supprimer le *priority group* sur l'interface et configurer le mode de queuing par défaut (WFQ), pour IOS **12.x** ou IOS **15.x M** ou **T**:

```
ro-ext#configure terminal
ro-ext(config)#interface serial 0/0
ro-ext(config-if)#no priority-group 1
ro-ext(config-if)#fair-queue
ro-ext(config-if)#end
ro-ext#
```

Questions

P6: Lancer à nouveau le scénario de test, appliquer et commenter les méthodes d'observations et effectuer les mesures prévues dans les paragraphes précédents (4.1.3 & 4.1.4), en les complétant avec les commandes d'observation des queues suivantes (uniquement valables en mode PQ et WFQ).

Visualiser le trafic et l'état des queues, selon les commandes utilisée précédemment.

Ne pas oublier de rétablir la configuration IP des PCs en mode DHCP !!

5. RÉFÉRENCES / DOCUMENTATIONS

- [1] RFC 3022 (NAT)
- [2] D. Comer, TCP/IP vol. 5. Prentice-Hall.
- [3] T. Martinson/F. Buntschu, Notes de cours Réseaux IP
- [4] Travail pratique de P.Joye/P-H. Rey sur le queueing

6. TEMPS À DISPOSITION ET RAPPORT

La séance dure 4 périodes. Un rapport contenant mesures et explications doit être rendu au plus tard 7 jours après la réalisation du TP.

Le rapport insistera plus sur ce qui a été observé que sur l'exactitude absolue des réponses.

ANNEXE : MODE DE CONFIGURATION DES ROUTEURS CISCO

La figure ci-dessous présente les différents modes d'exploitation des routeurs Cisco 2600 ainsi que la manière de passer d'un mode à l'autre. Les pages qui suivent présentent les fonctions disponibles dans chacun des modes.

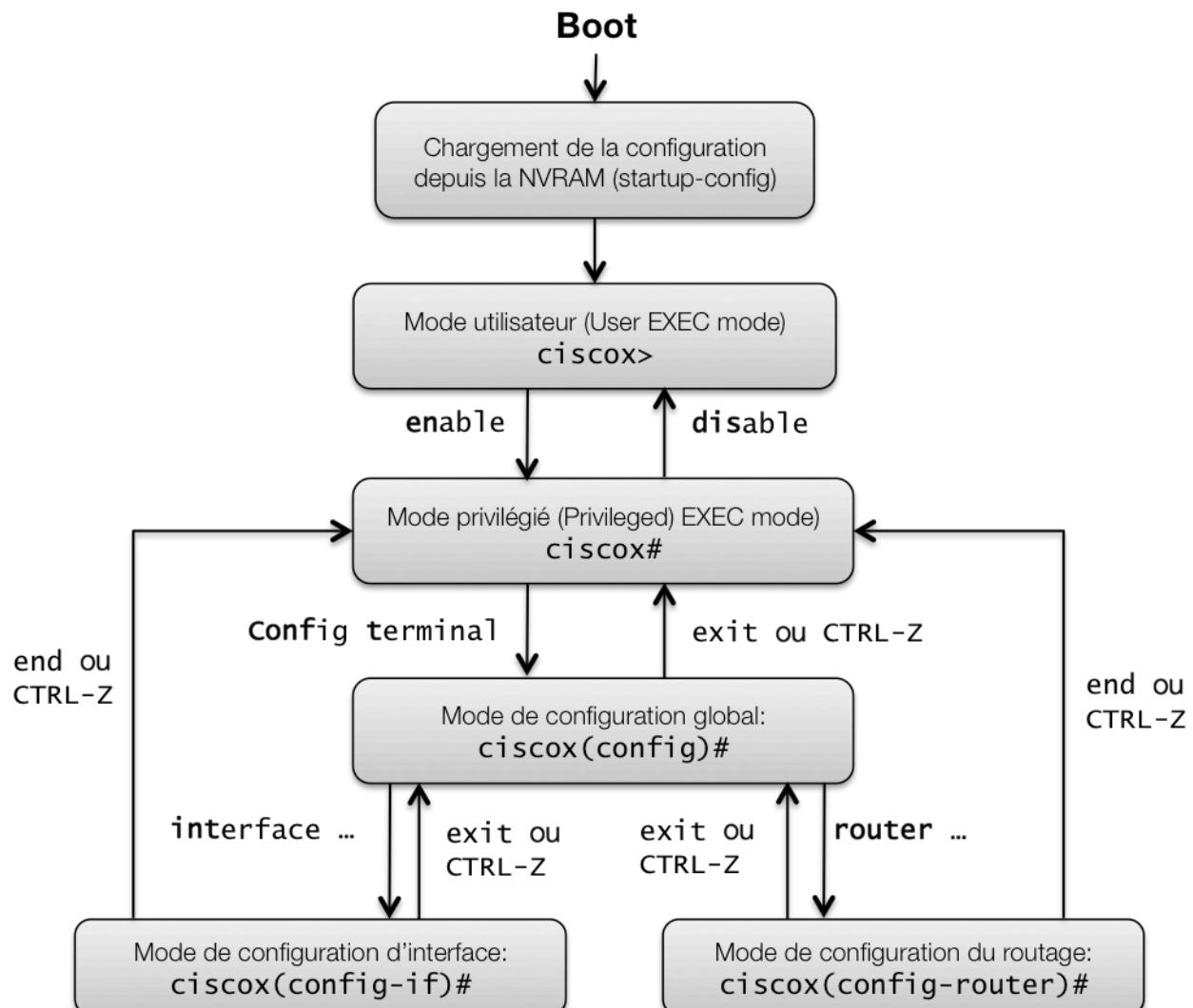


Figure 6 : Mode de configuration