



---

# Réseaux IP

## Introduction à la qualité de service (QOS) : Queuing

---

*Auteurs :*

M. Samuel RIEDO  
M. Maic QUEIROZ

*Encadrant :*

M. François BUNTSCHU

## Introduction

Dans le cadre de ce TP nous nous sommes intéressés aux files d'attente. Pour ce faire, nous avons simulé l'utilisation d'un service triple play (VoIP, streaming et internet) au travers d'un réseau composé de deux routeurs interconnectés par une ligne série. L'interconnexion série avait pour objectif de limiter la bande passante du réseau et donc forcer l'utilisation des files d'attente.

## Problème 1

Établissez un plan d'adressage complet et détaillé en précisant toutes les interfaces des routeurs et PCs.

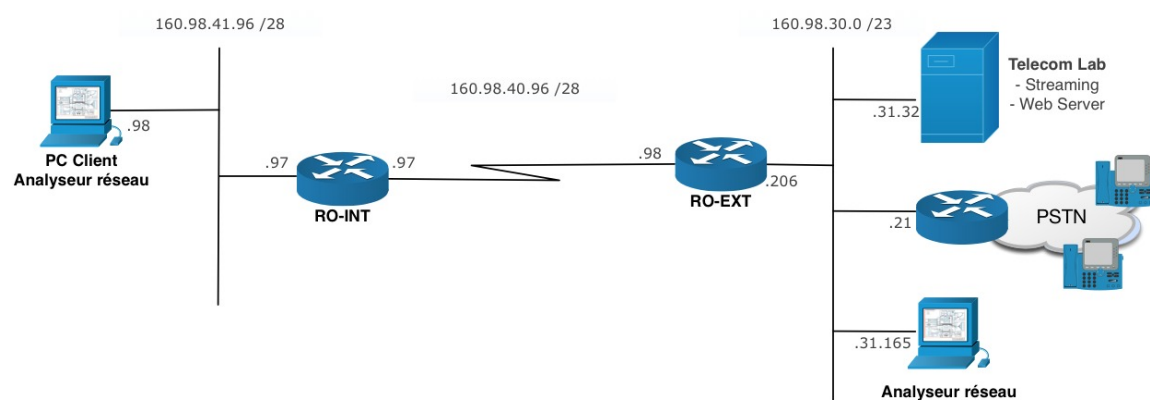


FIGURE 1 – Infrastructure du réseau.

## Problème 2

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.

Les accès à internet, au service de streaming ainsi que les appels téléphoniques sont opérationnels.

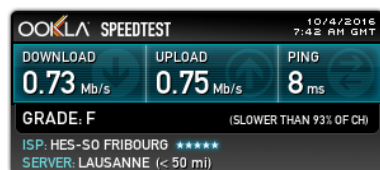


FIGURE 2 – Accès à Internet.

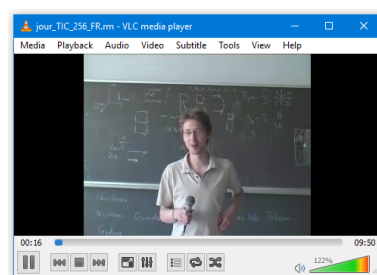


FIGURE 3 – Vidéo en streaming.

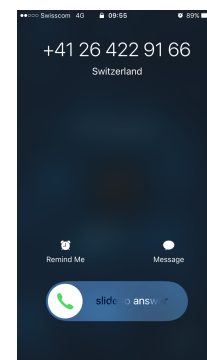


FIGURE 4 – Appel téléphonique.

Ci-dessous, la table de routage du routeur extérieur “ro-ext” :

```

COM1 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
Switch>
ro-ext>
ro-ext>
ro-ext>
ro-ext>
ro-ext>
ro-ext>show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
        ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
        o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 160.98.30.1 to network 0.0.0.0

O 160.98.0.0/16 is variably subnetted, 17 subnets, 2 masks
O 160.98.40.160/28 [110/65] via 160.98.30.210, 00:41:57, FastEthernet0/0
O 160.98.41.160/28 [110/66] via 160.98.30.210, 00:41:57, FastEthernet0/0
O 160.98.40.128/28 [110/65] via 160.98.30.208, 00:52:36, FastEthernet0/0
O 160.98.41.128/28 [110/66] via 160.98.30.208, 00:52:36, FastEthernet0/0
O 160.98.40.144/28 [110/65] via 160.98.30.209, 00:52:36, FastEthernet0/0
O 160.98.41.144/28 [110/66] via 160.98.30.209, 00:52:37, FastEthernet0/0
C 160.98.40.96/28 is directly connected, Serial0/0/0
O 160.98.41.96/28 [110/65] via 160.98.40.97, 00:47:19, Serial0/0/0
O 160.98.40.112/28 [110/65] via 160.98.30.207, 00:42:35, FastEthernet0/0
O 160.98.41.112/28 [110/66] via 160.98.30.207, 00:42:35, FastEthernet0/0
O 160.98.40.64/28 [110/65] via 160.98.30.204, 00:44:17, FastEthernet0/0
O 160.98.41.64/28 [110/66] via 160.98.30.204, 00:38:42, FastEthernet0/0
O 160.98.40.80/28 [110/65] via 160.98.30.205, 00:52:46, FastEthernet0/0
O 160.98.41.80/28 [110/66] via 160.98.30.205, 00:42:57, FastEthernet0/0
O 160.98.40.32/28 [110/65] via 160.98.30.202, 00:52:46, FastEthernet0/0
O 160.98.41.32/28 [110/66] via 160.98.30.202, 00:42:08, FastEthernet0/0
C 160.98.30.0/23 is directly connected, FastEthernet0/0
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 160.98.30.1
ro-ext>
ro-ext>

```

FIGURE 5 – Table de routage ro-ext.

Enfin, voici le sniffing Wireshark vu depuis l’extérieur du réseau :

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	CiscoInc_5d:4e:90	Broadcast	ARP	60	Who has 160.98.31.56? Tell 160.98.31.56
2	0.000002	207.46.194.10	160.98.41.98	TCP	60	80-61709 [RST, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=0 Len=0
3	0.018216	160.98.41.98	151.101.13.108	TCP	60	61635-80 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=252 Len=0
4	0.058339	151.101.13.108	160.98.41.98	TCP	66	80-61635 [ACK] Seq=1 Ack=2 Win=69 Len=0
5	0.066778	160.98.41.98	5.187.56.27	TCP	66	61873-843 [SYN] Seq=0 Win=8192 Len=0
6	0.082150	160.98.41.98	52.2.56.199	TCP	60	61696-80 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=251 Len=0
7	0.083121	160.98.41.98	172.217.16.134	TCP	60	61606-80 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=255 Len=0
8	0.090401	172.217.16.134	160.98.41.98	TCP	66	80-61606 [ACK] Seq=1 Ack=2 Win=344 Len=0
9	0.175336	52.2.56.199	160.98.41.98	TCP	66	80-61696 [ACK] Seq=1 Ack=2 Win=87 Len=0
10	0.413123	160.98.30.1	224.0.0.5	OSPF	146	Hello Packet
11	0.480559	160.98.30.205	224.0.0.5	OSPF	118	Hello Packet
12	0.554029	160.98.30.210	224.0.0.5	OSPF	118	Hello Packet
13	0.635303	160.98.41.98	74.125.133.147	TCP	60	61487-80 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=256 Len=0
14	0.654384	74.125.133.147	160.98.41.98	TCP	66	80-61487 [ACK] Seq=1 Ack=2 Win=343 Len=0
15	0.746053	160.98.41.98	104.84.183.113	TCP	60	61498-80 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=255 Len=0
16	0.759778	104.84.183.113	160.98.41.98	TCP	66	80-61498 [ACK] Seq=1 Ack=2 Win=946 Len=0
17	1.344589	160.98.41.98	185.94.180.125	TCP	60	61708-80 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=6424 Len=0
18	1.369268	185.94.180.125	160.98.41.98	TCP	60	80-61708 [ACK] Seq=1 Ack=2 Win=5606 Len=0
19	1.868935	160.98.41.98	160.98.2.64	TLSv1_	427	Application Data
20	1.871479	160.98.2.64	160.98.41.98	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
21	1.871590	160.98.2.64	160.98.41.98	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
22	1.871711	160.98.2.64	160.98.41.98	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
23	1.871838	160.98.2.64	160.98.41.98	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
24	1.871961	160.98.2.64	160.98.41.98	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
25	1.872085	160.98.2.64	160.98.41.98	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
26	1.872208	160.98.2.64	160.98.41.98	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
27	1.872344	160.98.2.64	160.98.41.98	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
28	1.872443	160.98.2.64	160.98.41.98	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
29	1.872574	160.98.2.64	160.98.41.98	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
30	1.872683	160.98.2.64	160.98.41.98	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
31	1.872821	160.98.2.64	160.98.41.98	TLSv1_	1514	Application Data[TCP segment of a reassembled PDU]
32	1.872943	160.98.2.64	160.98.41.98	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
33	1.873065	160.98.2.64	160.98.41.98	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
34	1.873185	160.98.2.64	160.98.41.98	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
35	1.873315	160.98.2.64	160.98.41.98	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]

FIGURE 6 – Sniffing Wireshark sur ro-ext.

## Problème 3

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).

Les routeurs étaient configurés en mode FIFO, aucun service n'était prioritaire ou défavorisé. Au lancement du test, les pings entre le PC et le routeur ne prenaient que 65ms en moyenne.

Le téléchargement du fichier, avec uniquement des pings effectués en arrière-plan, se déroule à la vitesse maximum de la ligne entre le PC et le routeur, soit environ 760 kb/s.



FIGURE 7 – Débit du stream.

À ce moment, les queues du routeur étaient vides, ce qui est anormal. En effet, la vidéo n'étant pas fluide, induisant que le débit entre ro-int et ro-ext n'était pas suffisant. Néanmoins, la ligne entre ro-ext et le serveur de streaming, elle, est suffisante pour recevoir les 1 Mb/s du film.

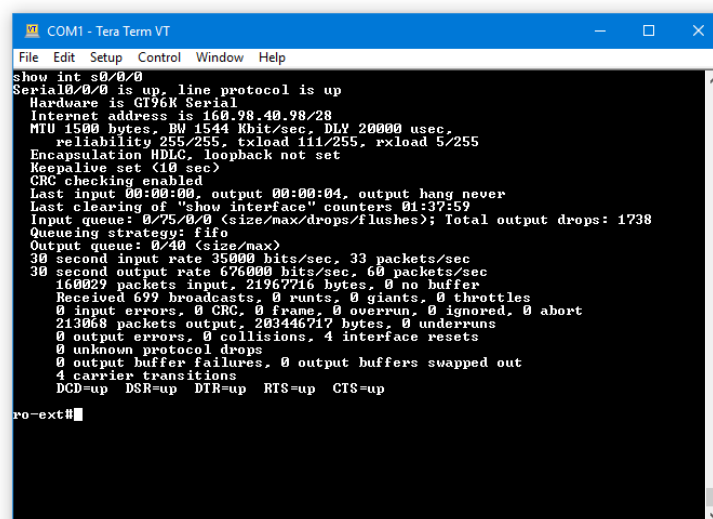
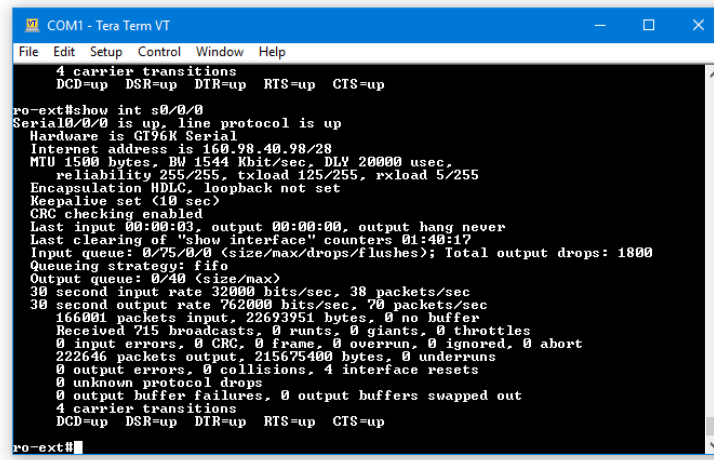


FIGURE 8 – État du buffer du routeur pendant le streaming.

De même, lorsque, en plus du streaming vidéo et des requêtes ping, nous téléchargeons un fichier, la vidéo sature plus encore. Le débit du fichier est de seulement 84kb/s et le temps de réponse moyen des pings passe à 3 secondes. Néanmoins, la encore, le buffer du routeur reste vide, ce qui devrait être le contraire.



```

COM1 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
4 carrier transitions
DCD=up DSR=up DIR=up RTS=up CTS=up

pro-ext#show int s0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up
Hardware is GT96K Serial
Internet address is 169.98.40.98/28
MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
reliability 255/255, txload 125/255, rxload 5/255
Encapsulation HDLC, loopback not set
Keepalive set (10 sec)
CRC checking enabled
Last input 00:00:03, output 00:00:00, output hang never
Last clearing of "show interface" counters 01:40:17
Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 1800
Queueing strategy: fifo
Output queue: 0/40 (size/max)
30 second input rate 32000 bits/sec, 38 packets/sec
30 second output rate 762000 bits/sec, 70 packets/sec
166001 packets input, 22693951 bytes, 0 no buffer
Received 715 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
22646 packets output, 215675400 bytes, 0 underruns
0 output errors, 0 collisions, 4 interface resets
0 unknown protocol drops
0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
4 carrier transitions
DCD=up DSR=up DIR=up RTS=up CTS=up

pro-ext#

```

FIGURE 9 – État du buffer du routeur pendant le streaming et le téléchargement web.

La qualité de l'audio lors d'un appel, est, elle, correct à l'oreille.

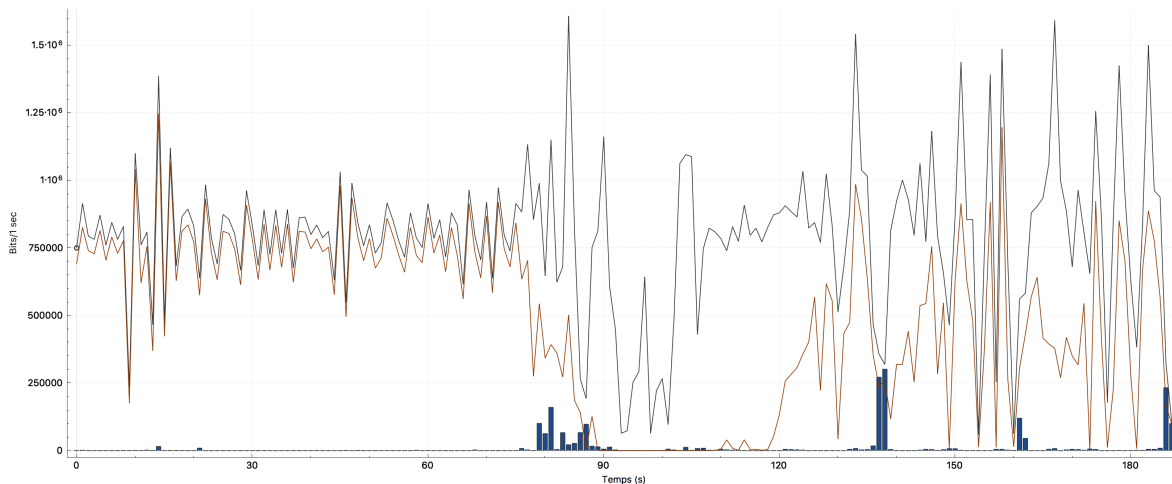


FIGURE 10 – Trafic vu depuis le routeur intérieur.

En brun, le trafic internet (streaming & téléchargement), en noir le débit total de la ligne, et en bleu les erreurs.

La figure 10 montre la répartition du trafic. Il est ainsi possible de remarquer que le trafic le plus important est composé du streaming et du téléchargement (en brun sur le graphique). Le reste du trafic est composé de la VoIP ainsi que des informations de routages. Les erreurs sont représentées par les tiges bleues et présentes principalement lors des pics de trafic. L'utilisation du trafic entre les services est très inégale tout au long de la mesure. Ceci est causé par l'absence de priorité entre les différents services.

## Problème 4

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 :

`show int s0/0`

`show queue s0/x`

`show queuing`

Dans la configuration actuelle, le stream vidéo sera celui ayant le plus haut débit du fait de sa priorité 1. Du fait que le fichier vidéo demande 11 Mb/s et que notre ligne n'est que de 768 kb/s, la vidéo ne sera pas fluide.

Les autres services, tels que le téléchargement et la voix, sont très lents (34 kb/s pour un fichier de 10 Mb.

Les appels audio sont, du fait de leur basse priorité et de la saturation de la ligne, incompréhensibles.

```
COM1 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
ro-ext#
ro-ext#
ro-ext#
ro-ext#
ro-ext#show interfaces serial 0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up
Hardware is GT96K Serial
Internet address is 160.98.40.98/28
MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
reliability 255/255, txload 114/255, rxload 5/255
Encapsulation HDLC, loopback not set
Keepalive set (10 sec)
CRC checking enabled
Last input 00:00:00, output 00:00:01, output hang never
Last clearing of "show interface" counters 00:03:10
Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
Queueing strategy: priority-list 1
Output queue (queue priority: size/max/drops):
high: 0/20/0, medium: 0/40/0, normal: 0/60/0, low: 23/80/0
30 second input rate 35000 bits/sec, 34 packets/sec
30 second output rate 692000 bits/sec, 61 packets/sec
2654 packets input, 526921 bytes, 0 no buffer
Received 22 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
4797 packets output, 6805207 bytes, 0 underruns
0 output errors, 0 collisions, 0 interface resets
0 unknown protocol drops
0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
--More--
```

FIGURE 11 – État des queues du routeur ro-ext.

La figure 11 illustre l'état des queues du routeur ro-ext. Il est étonnant que seule la queue de priorité low soit bufferisée. L'ensemble des services n'étant pas fluide, elles devraient toutes l'être.

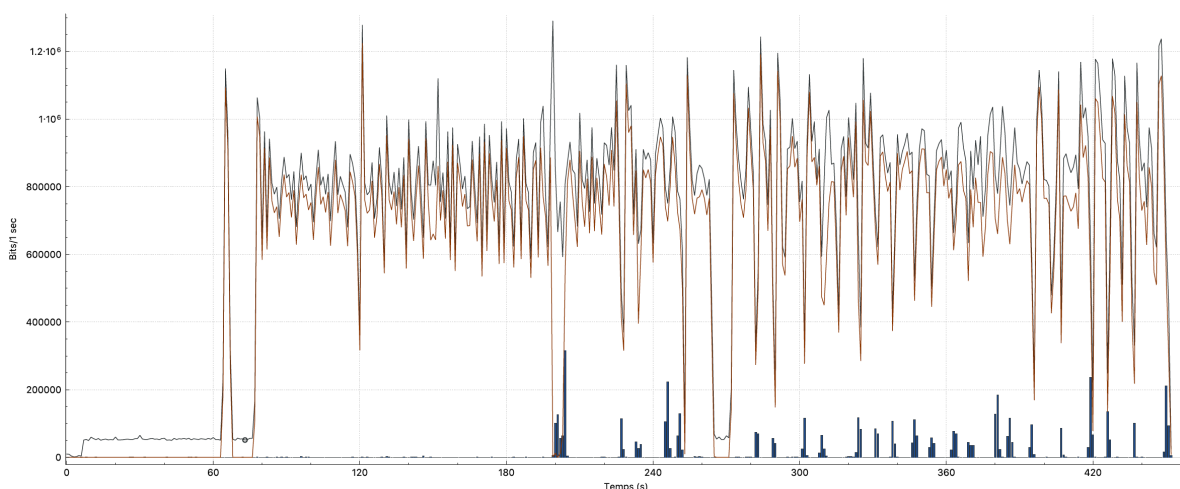


FIGURE 12 – Trafic vu depuis le routeur intérieur.

En brun, le trafic internet (streaming & téléchargement), en noir le débit total de la ligne, et en bleu les erreurs.

## Problème 5

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. La VOIP a été priorisée dans ce dernier exemple, au détriment du streaming vidéo, passé en priorité 103. Les pings étaient toujours rapides, avec une moyenne à 65 ms lorsqu'aucun autre processus n'était lancé. Le stream passait avec une moyenne à 700 kb/s, ce qui saturait le flux vidéo avec un encodage de 1 Mb/s, ne laissant que 90 kb/s en moyenne pour le téléchargement d'un fichier sur le serveur de l'école.

```
COM1 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
show int s0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up
Hardware is GT96K Serial
Internet address is 100.98.40.98/28
MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
reliability 255/255, txload 122/255, rxload 5/255
Encapsulation HDLC, loopback not set
Keepalive set (10 sec)
CRC checking enabled
Last input 00:00:00, output 00:00:01, output hang never
Last clearing of "show interface" counters 00:01:46
Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
Queueing strategy: priority list 1
Output queue (queue priority: size/max/drops):
  high: 0/20/0, medium: 0/40/0, normal: 0/60/0, low: 40/80/0
30 second input rate 35000 bits/sec, 34 packets/sec
30 second output rate 74000 bits/sec, 65 packets/sec
3532 packets input, 47136 bytes, 0 no buffer
Received 13 broadcasts, 0 runs, 0 giants, 0 throttles
0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
6652 packets output, 167182 bytes, 0 underruns
0 output errors, 0 collisions, 0 interface resets
0 unknown protocol drops
0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
0 carrier transitions
DCD-up BDR-up DTR-up RTS-up CTS-up
ro-ext#
```

FIGURE 13 – État des queues du routeur ro-ext sans téléchargement.

```
COM1 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
ro-ext#show int s0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up
Hardware is GT96K Serial
Internet address is 100.98.40.98/28
MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
reliability 255/255, txload 125/255, rxload 7/255
Encapsulation HDLC, loopback not set
Keepalive set (10 sec)
CRC checking enabled
Last input 00:00:00, output 00:00:05, output hang never
Last clearing of "show interface" counters 00:03:29
Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 174
Queueing strategy: priority list 1
Output queue (queue priority: size/max/drops):
  high: 0/20/0, medium: 0/40/0, normal: 0/60/0, low: 79/80/174
30 second input rate 43000 bits/sec, 45 packets/sec
30 second output rate 75000 bits/sec, 65 packets/sec
726 packets input, 72897 bytes, 0 no buffer
Received 25 broadcasts, 0 runs, 0 giants, 0 throttles
0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
13421 packets output, 1944585 bytes, 0 underruns
0 output errors, 0 collisions, 0 interface resets
0 unknown protocol drops
0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
0 carrier transitions
DCD-up BDR-up DTR-up RTS-up CTS-up
ro-ext#
```

FIGURE 14 – État des queues du routeur ro-ext avec téléchargement.

Il apparaît alors que de nombreux paquets sont en file d'attente pour le service de téléchargement. Une grande partie des paquets sont même supprimés, expliquant donc le très faible débit de téléchargement. Lors des appels audio, la voix du destinataire était parfaitement claire, du fait que ce service était prioritaire sur les autres. Néanmoins, comme le flux audio n'est pas très important, le débit du streaming et du téléchargement n'ont que très peu été impactés.

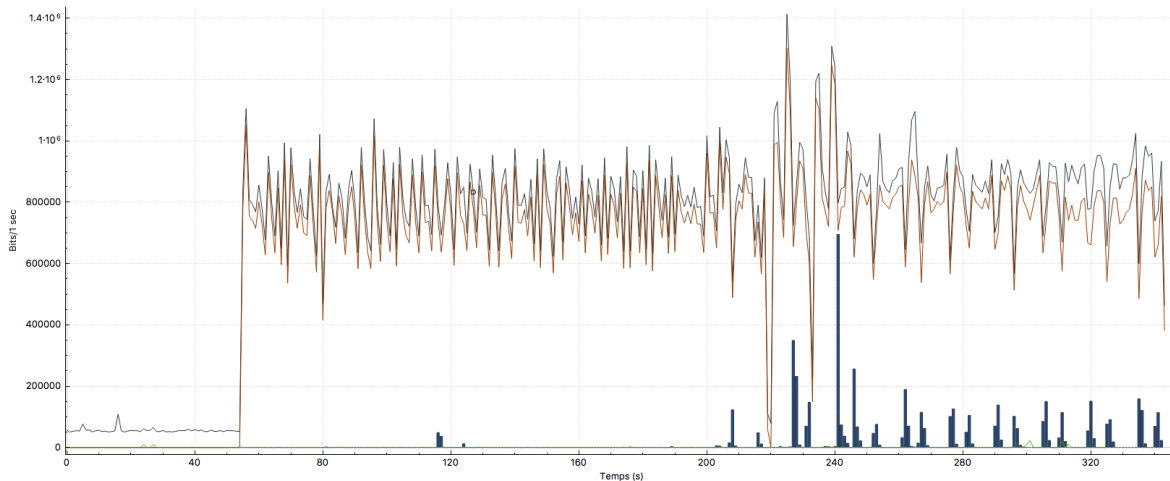


FIGURE 15 – Trafic vu depuis le routeur intérieur.

En brun, le trafic internet (streaming & téléchargement), en noir le débit total de la ligne, en bleu les erreurs et en vert la VOIP.

## Conclusion

Ce TP fut une intéressante approche du fonctionnement des files d'attente dans les routeurs, et des manières de les paramétrer. Bien que nous ayons parfaitement assimilé le Queuing, il est néanmoins étrange qu'en pratique, les files d'attente soient restées vides alors que la ligne était surchargée (voir problème 3 & 4).

## Table des figures

1	Infrastructure du réseau. . . . .	1
2	Accès à Internet. . . . .	1
3	Vidéo en streaming. . . . .	1
4	Appel téléphonique. . . . .	1
5	Table de routage ro-etx. . . . .	2
6	Sniffing Wireshark sur ro-ext. . . . .	2
7	Débit du stream. . . . .	3
8	État du buffer du routeur pendant le streaming. . . . .	3
9	État du buffer du routeur pendant le streaming et le téléchargement web. . . . .	4
10	Trafic vu depuis le routeur intérieur. En brun, le trafic internet (streaming & téléchargement), en noir le débit total de la ligne, et en bleu les erreurs. . . . .	4
11	État des queues du routeur ro-ext. . . . .	5
12	Trafic vu depuis le routeur intérieur. En brun, le trafic internet (streaming & téléchargement), en noir le débit total de la ligne, et en bleu les erreurs. . . . .	5
13	État des queues du routeur ro-ext sans téléchargement. . . . .	6
14	État des queues du routeur ro-ext avec téléchargement. . . . .	6
15	Trafic vu depuis le routeur intérieur. En brun, le trafic internet (streaming & téléchargement), en noir le débit total de la ligne, en bleu les erreurs et en vert la VOIP. . . . .	6

Fribourg, le 10 octobre 2016

---

Samuel Riedo

---

Maic Queiroz