

Sorbonne Université, Master 2<sup>e</sup> informatique, spécialité réseaux

## TME 3 de l'UE ITQoS

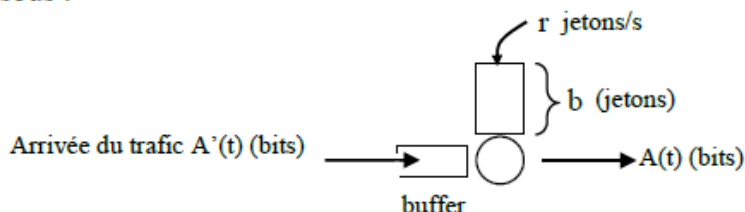
(cf. Cours 4)

 Compte rendu électronique (pdf)**Introduction**

Les architectures de qualité de service se basent sur divers mécanismes de contrôle de trafic. Dans ce TME, vous testerez la remise en forme implantée dans le système des routeurs CISCO en se basant sur le principe du seau percé (« leaky bucket ») ou le seau à jetons (« token bucket »).

Un seau percé (appelé aussi seau à jetons mais sans débit crête) est défini avec les paramètres  $b$  et  $r$  :

- $r$  : débit moyen maximal à long terme. C'est le débit de génération de jetons.
- $b$  : paramètre de sporadicité, appelé aussi paramètre de tolérance puisque grâce à ce paramètre on tolère l'envoi du trafic allant jusqu'à  $b$  bits à un débit supérieur à  $r$  pendant un certain temps (limité indirectement grâce à la quantité  $b$ ).  $b$  représente la taille du seau. Une possible représentation schématique du seau percé est montrée ci-dessous :



*Un paquet ne peut traverser le seau percé que s'il peut consommer l'équivalent de sa taille en jetons*

Le seau percé permet de *décrire* ou de *limiter* la **forme** d'un trafic à débit variable. Dans le cas où on l'utilise pour limiter la forme du trafic (« Traffic Shaping »), cela consiste à contraindre le trafic à respecter une forme (shape) définie par les paramètres  $b$  et  $r$  :

$$A(t) \leq b + r t$$

On transforme ainsi le trafic  $A'(t)$  non régulé "inconnu", en un trafic  $A(t)$  régulé "connu". Plus précisément on connaît le comportement maximal de  $A(t)$ .

La fonction  $\alpha(t) = b + r t$  est appelée aussi courbe d'arrivée. Elle correspond à la quantité maximale de données qu'une source de trafic est autorisée à envoyer pendant une durée de temps  $t$  quelconque.

Si  $b = 0$  (pas de seau), alors le seau percé contrôle le débit crête, puisqu'il n'y a aucune tolérance au-delà de  $r$ . Si  $b > 0$ , alors le seau percé contrôle le débit moyen. Néanmoins, il ne faut pas réduire le mécanisme du seau percé (ou du seau à jetons) à une simple limitation de débit puisqu'il permet de faire beaucoup plus : Une remise en forme du trafic.

On peut définir le mécanisme du seau à jetons comme étant un seau percé avec en plus le paramètre du débit crête  $p$ , avec  $b > 0$  et  $r < p$ .  $p$  est le débit maximal que le trafic ne peut pas dépasser à tout instant. Voir diapo 172 du cours 4. On a donc  $A(t) \leq p t$  et  $A(t) \leq b + r t$  ou autrement écrites :

$$A(t) \leq \min(p t, b + r t)$$

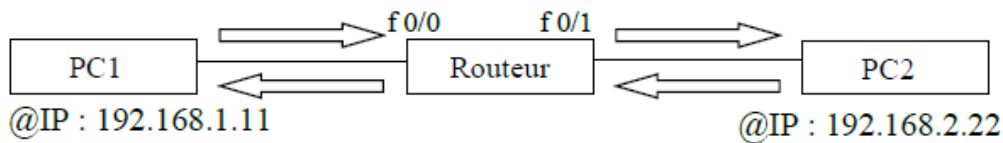
La fonction  $\alpha(t) = \min(p t, b + r t)$  est la courbe d'arrivée du seau à jetons de paramètres  $b, r$  et  $p$ . Voir diapo 173 cours 4.

Dans certains cas, le modèle fluide  $\min(p t, b + r t)$  n'est pas suffisant pour décrire fidèlement le trafic ou son comportement maximal. On utiliserait alors le modèle discret qui consiste à rajouter la taille maximale des paquets du trafic. Voir diapo 178 cours 4.

## Préparation

Avant de démarrer les tests de configuration, vous effectuez différentes préparations dans le but d'obtenir un accès à 3 machines : une machine nommée PC1, une machine nommée PC2 et un routeur CISCO connectant les deux machines.

La topologie visée :



D'abord, à partir d'un terminal, démarrez la machine virtuelle du TME qui est une machine virtuelle Scientific Linux 7 avec la commande :

`Vbox ITQoS20_2016` Cette commande vous demandera le mot de passe de votre compte.

Le démarrage prendra plusieurs minutes. Si vous n'êtes pas automatiquement en mode plein écran, vous pouvez l'activer si vous souhaitez en tapant simultanément [ Ctrl droite ] [ F ].

Accédez à la machine virtuelle SL7 avec le compte **itqos**.

A l'intérieur de la machine virtuelle SL7 :

Tapez dans un terminal **telnet PC1** pour accéder à PC1. Ouvrez un autre terminal, de préférence dans une autre fenêtre et non pas dans un autre onglet de la même fenêtre que PC1, et tapez **telnet PC2** pour accéder à PC2.


Afin de vérifier la topologie de la figure ci-dessus :


A partir du PC1, testez `ping -R pc2` ou  
A partir du PC2, testez `ping -R pc1`

Ces deux tests vous permettront aussi de retrouver les adresses IP des deux interfaces du routeur auxquelles les deux PCs sont connectés.

Pour accéder au routeur, ouvrez un autre terminal dans une autre fenêtre et tapez **telnet router**. Ensuite, tapez [Entrée] pour obtenir le prompt `Router>`. Au prompt, tapez `enable` pour passer en mode privilégié et obtenir le nouveau prompt `Router#`. L'interface du routeur est du type `vttysh` (Virtual Teletype SHell) qui vous permet de passer des commandes de configuration au routeur CISCO.

Nous nous intéressons naturellement dans ce TME uniquement au mécanisme de remise en forme. Néanmoins, vous pouvez consulter tous les paramètres de configuration du routeur avec la commande `show running-config` ou encore l'abréviation `sh run`. (ou encore `do sh run` en mode de configuration)

Pour connaître à tout moment la liste des commandes ou les suites possibles d'une commande vous tapez simplement '?'. Cette manœuvre est très recommandée voir même nécessaire quand vous tapez une commande quelconque et elle est à effectuer à chaque mot de la commande. La complétion par la touche Tabulation (  ) fonctionne aussi pour les commandes et leurs options. Exemple :

```
Router# configure [appuyer sur '?']
      Terminal Configuration terminal
Router# configure term [appuyer sur ]
Router# configure terminal
```

Vous pouvez ainsi consulter la liste de toutes les commandes disponibles et leur rôle en tapant immédiatement '?'.

La commande précédente vous permet de passer en **mode de configuration**. Vous pouvez aussi taper simplement :

```
Router# conf t [appuyer sur 'Entrée']
Router(config) #
```

**Les remarques suivantes sont valables aussi pour tous les prochains TMEs :**

Pour effectuer une configuration quelconque, deux manuels de configuration sont à consulter et/ou à télécharger depuis le site de CISCO en cas de besoin. Le premier est le « Cisco IOS Quality of Service Solutions Command Reference », le deuxième est le « Cisco IOS Quality of Service Solutions Configuration Guide ». Le premier vous donne la liste complète des commandes QoS et leur descriptif détaillé. Le deuxième vous donne un aperçu des solutions et outils de qualité de service dans CISCO avec des exemples d'utilisation.

**Méthodologie générale à suivre :** D'abord, on essaye de trouver la ou les commandes avec l'aide de la commande elle-même en tapant à chaque mot '?'. Si ce n'est pas suffisant, on consulte le "Command Reference" guide. Si pas de réussite, on consulte le "Configuration guide" pour mieux comprendre le mécanisme qu'on essaye de configurer. Si toujours pas de réussite, cela signifie que vous devez vous documenter beaucoup plus pour comprendre et maîtriser le mécanisme en question avant de pouvoir le configurer convenablement.

**Attention :** N'utilisez pas les moteurs de recherche sur Internet, pour chercher au hasard des exemples de configuration qui généralement peuvent être faux ou inadaptés aux scénarios de tests demandés. Les commandes du TME sont simples et les syntaxes peuvent être trouvées directement avec l'aide des commandes (en tapant à chaque mot '?') et/ou le "Command Reference" guide.

## Régulation ou remise en forme de trafic (« Traffic Shaping »)

```
Routeur(config-if)#traffic-shape ?  
  rate  configure token bucket: CIR (bps) [Bc (bits) [Be (bits)]]  
Routeur(config-if)#
```

Utilisez la commande `traffic-shape rate` à partir de l'interface adéquate du routeur afin de remettre en forme le trafic de PC1 vers PC2 avec un débit moyen de 2mbit/s (CIR). En plus du débit moyen et dans un premier temps choisissez les valeurs 2mbit et 1mbit respectivement pour les paramètres «committed-burst-size» (Bc) et «excess-burst-size» (Be). Pour la taille du buffer qui est le dernier paramètre de la commande, choisissez 0 afin de mieux voir le lien entre la génération des jetons et la transmission des paquets, puisque dans le cas où le buffer est nul, le routeur jette le paquet qui arrive au moment où le seau est vide car il n'y a pas de buffer pour mettre le paquet en attente.

(Attention : Dans un déploiement normal, la taille de ce buffer est largement supérieure à 0)

Les commandes `sh run` et `show traffic-shape` vous permettent de vérifier votre configuration.

**Remarque :** La commande `rate-limit` ne change pas la forme du trafic mais applique des actions immédiates comme le rejet de paquets si la valeur limite du débit est dépassée.

### Test 1

Afin de générer un trafic UDP et tester la configuration, lancez la commande `iperf` avec

l'option `-u -c` sur PC1, et avec l'option `-u -s` sur PC2. L'option `-b` permet de spécifier le débit d'envoi. Il est conseillé d'utiliser en plus les options `-t`, `-i` et `-f` pour améliorer les statistiques affichées par `iperf` :

Pour annuler l'effet d'une commande ou pour supprimer une configuration, utilisez la négation de la même commande en ajoutant au début le mot clé `no`. Exemple :  
`R(config)# no traffic-shape ...`

Utilisez donc les commandes suivantes :

- Sur PC2 : `iperf -u -s -f m -i 1`
- Sur PC1 : `iperf -u -c pc2 -f m -t 600 -i 10 -b 2.2m`

En plus du débit 2.2mbit/s, testez aussi le débit d'envoi 2.5mbit/s, 3mbit/s et 1.9mbit/s.

Aussi, consultez en parallèle les statistiques maintenues par le routeur avec les commandes `show traffic-shape statistics`

### Questions :

- 1/ Est-ce que le débit mesuré par le récepteur (PC2) est cohérent avec la valeur du CIR (2mbit/s) ? Si le débit d'envoi est inférieur à 2mbit/s, est-ce que le 'Shaping' est 'Active' ?
- 2/ Si le débit est supérieur à 2mbit/s, y a-t-il des pertes ? Le 'Shaping' est-il 'Active' ?

### Test 2

Variez la valeur de `Be` en testant `Be = 0, 2mbit, 5mbit et 10mbit`. Générez à chaque fois un trafic `iperf` avec le débit `-b 3m`, et observez surtout le débit reçu lors des premières secondes.

### Questions :



3/ Quelle est la taille maximale du seau ? Autrement dit, le nombre maximal de jetons pouvant être accumulés en vue d'une consommation ultérieure.

4/ Tracez la courbe d'arrivée à partir de l'affichage seconde par seconde de iperf sur PC2, avec  $b = 3\text{m}$  (iperf),  $cir = 2\text{ mbit/s}$ ,  $bc = 2\text{ mbit/s}$ ,  $be = 1\text{ mbit/s}$  (traffic-shape).

D'après cette courbe, quelle est la valeur du débit crête ? Quelle est la valeur du débit moyen ?

5/ L'implantation actuelle du traffic-shape, est-elle similaire à celle présentée dans la diapo n° 169 ou n°170 du Cours 4 ? (Voir aussi diapo n°175). Quelle est la valeur de l'intervalle  $T$  ?

6/

6.1/ Trouvez la formule permettant d'exprimer le débit moyen  $cir$  ( $r$ ) obtenu avec traffic-shape en fonction de  $bc$  et  $T$ .

6.2/ Trouvez la formule permettant d'exprimer le débit crête  $p$  obtenu avec traffic-shape en fonction de  $bc$ ,  $be$  et  $T$ .

6.3/ Trouvez la formule permettant d'exprimer le débit crête  $p$  obtenu avec traffic-shape en fonction de  $cir$  (débit moyen),  $bc$  et  $be$ .

7/ Vérifiez que  $MBD = b/(p-r)$

8/ Vérifiez que  $MBS = pb/(p-r)$

#### Test 3

Configurez la remise en forme pour obtenir la forme décrite par les paramètres suivants :

$r = 1\text{mbit/s}$ .

$p = 3\text{mbit/s}$ .

$MBD = 100\text{ms}$ .

Vérifiez votre configuration avec `show traffic-shape statistics`.

#### Question :

9/ Donnez la syntaxe complète de la commande de configuration avec tous les paramètres.

#### Test 4

Remplacez maintenant 0 par 100 pour la taille maximale du buffer attaché au shaper (le dernier paramètre de la commande traffic-shape).

#### Question :


10/ Quelle est l'utilité de ce changement ? (Autrement dit quelle est l'utilité d'un buffer) ?

Remarque : Choisir une taille de buffer nettement plus grande (eg. 1000, 2000, etc.) est acceptable aussi si on souhaite uniquement remettre en forme le trafic. Dans ce cas, les paquets sont rejetés au niveau du shaper seulement si le débit de ces paquets à l'entrée du shaper est supérieur au débit autorisé pendant une durée trop longue.

Sorbonne Université, Master 2<sup>e</sup> informatique, spécialité réseaux

## TME 3 partie 2 de l'UE ITQoS

(cf. Cours 5)

 [Compte rendu électronique \(pdf\)](#)**Introduction**

Les architectures de qualité de service se basent sur divers mécanismes de contrôle de trafic. Dans ce TME, vous testerez l'ordonnancement qui est associé aux interfaces de sortie. Il s'agit d'un mécanisme essentiel pour la QoS et notamment les ordonnanceurs permettant l'application du principe de *séparation* de trafic et le contrôle du *partage* de la bande passante des interfaces de sortie, c.-à-d. les liens de transmission du réseau.

**Test 1**

Tapez la commande :

```
Router# sh int f0/1
```

Questions :

1/ Quel est l'ordonnancement employé ?

2/ Combien de files d'attente (queue) logiques sont associées à l'interface de sortie FastEthernet0/1 ? Quelle est la taille maximale de cette file d'attente ?

**Ordonnancement « Priority Queueing »**

---

**Test 2**

Exécutez sur PC2 : `iperf -u -s -f m -i 1`

Exécutez sur PC1 : `iperf -u -c pc2 -f m -t 3600 -i 10 -b 3m`

Ouvrez un autre terminal. Connectez-vous à PC1 avec `telnet PC1`. Ensuite,

ré-exécutez sur PC1 : `iperf -u -c pc2 -f m -t 3600 -i 10 -b 3m`

Vous remarquerez que les deux connexions subissent des pertes car la bande passante maximale du routeur a été dépassée.

Sans arrêter les trafics précédents, utilisez les commandes `priority-group` et `priority-list` afin d'activer l'ordonnancement par priorité (« Priority Queueing ») au niveau de l'interface `fastethernet0/1`. Pour vous aider, voici les étapes à suivre avec l'aide affichée par les commandes en appuyant sur '?' :

**Router#conf t**

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

**Router(config)#int f0/1**

Router(config-if)#?

Interface configuration commands:

```
.
.
.
priority-group    Assign a priority group to an interface
random-detect     Enable Weighted Random Early Detection (WRED) on
rate-limit        Rate Limit
```

Router(config-if)#priority-group ?

<1-16> Priority group

Router(config-if)#priority-group 1 ?

<cr>

**Router(config-if)#priority-group 1**

**Router(config-if)#exit**

Router(config)#?

```
.
.
.
pppoe-forwarding  enable pppoe forwarding
priority-list      Build a priority list
privilege          Command privilege parameters
```

Router(config)#priority-list ?

<1-16> Priority list number

Router(config)#priority-list 1 ?

```
default          Set priority queue for unspecified datagrams
interface         Establish priorities for packets from a named interfa
protocol          priority queueing by protocol
queue-limit       Set queue limits for priority queues
```

Router(config)#priority-list 1 protocol ?

```
.
.
.
http             HTTP
ip               IP
ipv6             IPV6
```

Router(config)#priority-list 1 protocol ip ?

```
high
medium
normal
low
```

Router(config)#priority-list 1 protocol ip high ?

```
fragments        Prioritize fragmented IP packets
gt               Prioritize packets greater than a specified size
```

list	To specify an access list
lt	Prioritize packets less than a specified size
tcp	Prioritize TCP packets 'to' or 'from' the specified port
udp	Prioritize UDP packets 'to' or 'from' the specified port
<cr>	

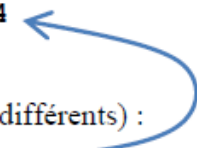
```
Router(config)#priority-list 1 protocol ip high udp ?
<0-65535>      Port number
biff            Biff (mail notification, comsat, 512)
bootpc          Bootstrap Protocol (BOOTP) client (68)
bootps          Bootstrap Protocol (BOOTP) server (67)
discard         Discard (9)
dnsix           DNSIX security protocol auditing (195)
domain          Domain Name Service (DNS, 53)
domain          Domain Name Service (53)

Router(config)#priority-list 1 protocol ip high udp 50164 ?
<cr>
```

```
Router(config)#priority-list 1 protocol ip high udp 50164
Router(config)#do sh int f0/1
```

50164 étant le numéro de port local d'un des deux clients (vos numéros sont différents) :

```
[ 3] local 192.168.1.11 port 50164 connected with 192.168.2.22 port
```



### Questions :

3/ Quelle est maintenant la stratégie d'ordonnancement associée à l'interface de sortie f0/1 ?

4/ Combien y a-t-il de files d'attente logiques ? Quelle est la file la plus prioritaire ?

5/ Décrivez le débit obtenu par chaque connexion. Décrivez aussi les tailles instantanées et maximales des files d'attentes (high et normal).

6/ Si le débit de la connexion prioritaire dépasse la capacité du lien (par exemple 5m), que se passe-t-il avec la connexion non-prioritaire (normal) ? Comment appelle-t-on ce phénomène ?

### Ordonnancement « Fair Queueing »

---

#### Test 3

D'abord, désactiver avec la commande `no priority-group` l'ordonnancement par priorité.

Ensuite, changez le débit du premier client à 2mbit/s et le débit du second client à 4mbit/s.

Maintenant, toujours à partir de l'interface fastEthernet 0/1 du routeur, trouvez la commande qui permet d'activer l'ordonnancement « Fair Queueing ». Lancez cette commande sans paramètres. (Nous découvrirons les paramètres ultérieurement).



Questions :

7/ Pourquoi il n'y a plus de pertes de paquets de la connexion à 2mbit/s alors que la connexion à 4mbit/s subit plus de pertes ?

8/ Décrivez le débit obtenu par chaque connexion.

**Test 4**

Avec la commande **no** supprimez l'ordonnancement « fair queueing ».

Il faut être sûr que cela a été bien réalisé.

Maintenant, tapez les commandes suivantes :

```
Router#conf t
Router(config)#int f0/1
Router(config-if)#traffic-shape rate 1030624 1030624 0 1000
```

Ensuite, avec le même serveur, créez 4 clients qui envoient vers le serveur avec les débits suivants : 0.2mbit/s, 0.26mbit/s, 0.4mbit/s et 0.5mbit/s.

Au niveau du serveur, l'affichage iperf devrait ressembler à celui-ci :

[ 3]	399.0-400.0	sec	0.02	MBytes	0.20	Mbits/sec	113.174	ms	0/	17	(0%)
[ 4]	399.0-400.0	sec	0.03	MBytes	0.26	Mbits/sec	50.511	ms	0/	22	(0%)
[ 6]	399.0-400.0	sec	0.03	MBytes	0.27	Mbits/sec	37.931	ms	10/	33	(30%)
[ 5]	399.0-400.0	sec	0.03	MBytes	0.27	Mbits/sec	85.299	ms	19/	42	(45%)

Question :

9/ Quelle est l'interprétation la plus probable de ce résultat ?

Vérifiez votre réponse avec la commande suivante :

```
Router#show traffic-shape queue
```

et uniquement après, regardez la figure au verso de cette page  
(documentation CISCO, Section Traffic Shaping)

---

**Avant de quitter la salle, éteignez la machine virtuelle avec le menu du bureau de la machine virtuelle et NON le menu de Virtual Box.**

---

