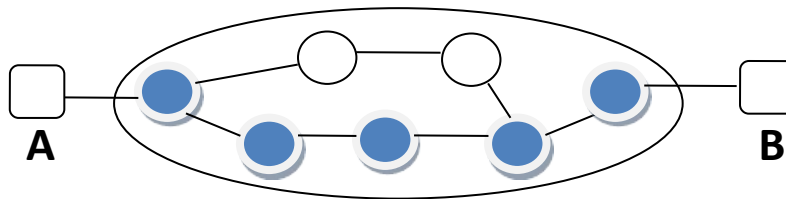


Noms et prénoms : **GUARDIA Quentin et HARMALI Anis**

1. Analyse des Performances : Commutation IP vs Routage IP

On considère le réseau d'un opérateur dont la topologie est donnée dans la figure suivante. C'est un réseau transportant des paquets IP d'une extrémité à l'autre du réseau (du sous-réseau A au sous-réseau B) à travers 5 nœuds d'interconnexion.



On veut comparer les performances de ce réseau dans le cas où les nœuds sont des routeurs IP qui fonctionnent en mode datagramme, avec le cas où les nœuds sont des commutateurs IP fonctionnant par circuit virtuel.

On suppose que le temps de traversée moyen d'une liaison par un paquet est de 0.3 secondes si le réseau est commuté (mode circuit virtuel) et de 0.4 secondes si le réseau est routé (mode datagramme). Ces temps sont les mêmes dans les deux sens du réseau : de l'émetteur vers le récepteur (A vers B) et du récepteur vers l'émetteur (B vers A).

On supposera également qu'un contrôle de flux est effectué de bout en bout par les terminaux avec un acquiescement groupé des paquets. Un acquiescement, sous la forme d'un paquet, est transmis du récepteur vers l'émetteur tous les « n » paquets émis. On devra également prendre en compte, si nécessaire, les délais aller-retour de la phase d'établissement et de la phase de libération du circuit virtuel, dans le calcul du délai de transmission totale.

1. Quelle est la solution qui donnera le temps de réponse (délai de transmission totale) le plus court pour faire parvenir les 15 paquets au récepteur, si une fenêtre de bout en bout de taille $n=3$ est utilisée et que le flot de paquets de l'émetteur vers le récepteur est de 15 paquets (disponibles simultanément chez l'émetteur au début de la communication)? Calculer numériquement les délais de transmission pour chaque mode de transfert, et détailler vos approximations si vous en faites pour répondre à cette question. On supposera que les paquets sont de petite taille et que donc le temps d'émission et le temps de séjour dans les nœuds sont négligeables (nuls).

Par commutation :

Établissement : 2 allés

Paquets : 15 allés

Acquiescements : $15/3=5$ allés

Libération : 2 allés

Sachant qu'il y a 5 routeurs à traverser.

Temps total : $(2+15+5+2)*6*0,3=43.2$ secondes

Par routage :

Paquets : 15 allés

Acquittements : $15/3=5$ allés
Sachant qu'il y a 5 routeurs à traverser.
Temps total : $(15+5)*6*0,4=48$ secondes

Dans ces conditions, une transmission par commutation est plus rapide.

2. Quelle est la solution qui donnera le temps de réponse (délai de transmission totale) le plus court pour faire parvenir les 15 paquets au récepteur, si l'on réduit la taille de la fenêtre à $n=2$? Calculer numériquement les délais de transmission pour chaque mode de transfert.

Par commutation :

Établissement : 2 allés
Paquets : 15 allés
Acquittements : $15/2=8$ allés (arrondi au supérieur)
Libération : 2 allés
Sachant qu'il y a 5 routeurs à traverser.
Temps total : $(2+15+8+2)*6*0,3=48.6$ secondes

Par routage :

Paquets : 15 allés
Acquittements : $15/2=8$ allés (arrondi au supérieur)
Sachant qu'il y a 5 routeurs à traverser.
Temps total : $(15+8)*6*0,4=55.2$ secondes

Dans ces conditions, une transmission par commutation est plus rapide.

2. MPLS

1. Quel est l'objectif des FEC (Forwarding Equivalence Class) ?

FEC est un terme utilisé en MPLS pour décrire un ensemble de paquets partageant le même chemin et traités de la même manière, c'est-à-dire qu'ils peuvent être liés à la même étiquette MPLS.

2. Le champ portant le shim label MPLS, que l'on ajoute, par exemple, dans une trame Ethernet, est normalisé. Décrivez le format du shim label.

La label SHIM contient 4 champs :

- référence (20 bits) : la valeur de référence
- bits expérimentaux (3 bits) : à utiliser pour les expérimentations, peut être utilisé pour indiquer la classe de QoS
- bit stacking (1 bit) : mis à 1 si la référence est la dernière dans une pile de références
- TTL (8 bits) : comme le champ TTL dans IP

3. Quels sont les différences entre un LSR et un LER ?

LER est un LSR qui fait l'interface entre un domaine MPLS et le monde extérieur.

4. Qu'est ce qu'un LSP ?

Un Label Switched Path est un chemin traversant le réseau MPLS. Il démarre par le ingress LER, qui lui fixe le label du chemin à suivre. Puis les routeurs font suivre le LSP. Le label est retiré par le dernier routeur du chemin (egress LER), qui dirige le paquet en fonction des informations dans l'en-tête du paquet

5. Pourquoi dans MPLS, c'est toujours le nœud downstream qui attribue le label ?
C'est le nœud downstream qui attribue le label au nœud suivant, il s'agit du sens de propagation. Que ce soit de manière sollicitée ou non.
6. Soit un paquet IP entrant dans un LSP comme illustré dans la figure 1 ci-dessous. Complétez la figures 1 par les valeurs de TTL aux niveaux IP et MPLS.

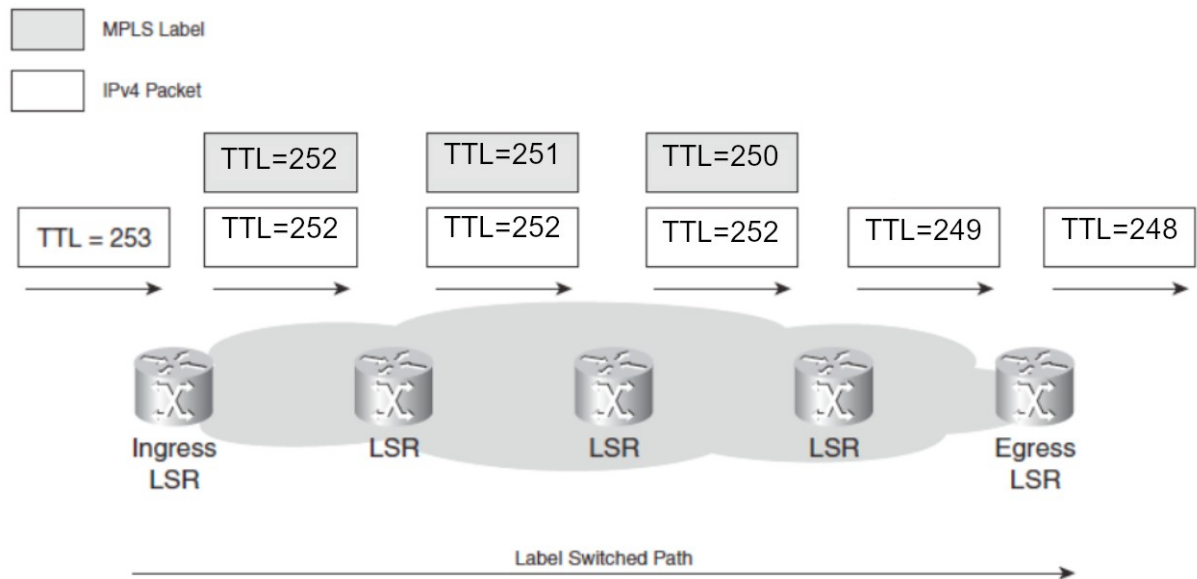
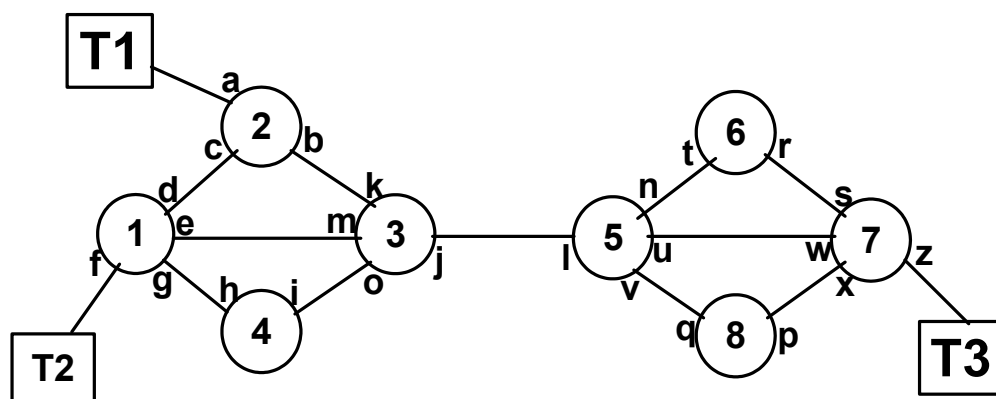


Figure 1

3. Commutation de labels MPLS

On considère un réseau de télécommunication utilisant la technologie IP MPLS au moyen de l'établissement de circuits virtuels (logiciellement programmable) et la commutation de labels. Ce réseau est composé de 8 nœuds de commutation MPLS interconnectés de la manière indiquée dans la figure ci-dessous. T1, T2 et T3 sont des terminaux.



Trois circuits virtuels (connexions) sont ouverts dans ce réseau :

- Circuit virtuel 1 entre T1 et T3 : passant par les nœuds 2 – 3 – 5 – 7
- Circuit virtuel 2 entre T2 et T3 : passant par les nœuds 1 – 3 – 5 – 7
- Circuit virtuel 3 entre T2 et T3 : passant par les nœuds 1 – 3 – 5 – 7

Compléter les tables de commutation de labels ci-dessous pour chaque commutateur appartenant aux trois circuits virtuels. Les ports des commutateurs sont identifiés par des lettres tels que indiqués dans la figure ci-dessus.

	Entrée (IN)		Sortie (OUT)		
N° du commutateur	N° port	N° label	N° label	N° port	N° du circuit virtuel
1	f	3	4	e	2
1	f	10	3	e	3
2	a	2	5	b	1
3	k	5	6	j	1
3	m	4	3	j	2
3	m	3	4	j	3
5	l	6	12	u	1
5	l	3	3	u	2
5	l	4	4	u	3
7	w	12	4	z	1
7	w	3	8	z	2
7	w	4	9	z	3

4. Les commandes réseaux

Pour les postes sous UNIC/LINUX : veuillez ajouter les répertoires /usr/bin, /sbin et /usr/sbin dans la variable d'environnement PATH.

Les commandes réseaux (unix et windows) de base sont:

- **Ifconfig (ipconfig)** affiche ou configure les interfaces réseaux de la machine, l'option -a permet de connaître toutes les interfaces;
 - -a (/all) plus d'infos sont affichées;
- **route** affiche ou configure la table de routage de la machine:
 - -F (PRINT): table de routage du noyau;
 - -n: affiche les adresse IP (pas de résolution DNS);
- **netstat** affiche de nombreuses informations sur la configuration réseau de la machine:
 - -i infos sur les interfaces;
 - -r infos sur la table de routage;
 - -t connexions tcp;
 - -u connexions udp;
 - -l ports en écoute;
 - -c affiche les infos en continu;
 - -n affiche les adresses IP (pas de résolution DNS).

- **arp** permet d'afficher le cache ARP de la machine. L'option -n indique de ne pas faire de résolution DNS;
 - -a infos sur la table arp;
- **ping** permet d'envoyer des ICMP ECHO_REQUEST vers une machine du réseau.
- **tracert (tracert)** affiche la route suivie par les datagrammes IP entre la machine locale et une autre machine. L'option -n indique de ne pas faire de résolution DNS;
- **host (nslookup)** interroge un serveur DNS pour connaître l'adresse IP d'une machine à partir de son nom ou l'inverse;
- **dhclient -r eth0 (ipconfig /release) et dhclient eth0 (ipconfig /renew)** : met fin à votre bail DHCP courant et interroge le serveur DHCP pour renouveler votre bail

1. Tester chacune de ces commandes et identifier :

- la liste des interfaces sur votre machine ;
 ipconfig donne ces éléments :
 Carte réseau sans fil Connexion au réseau local* 1
 Carte réseau sans fil Connexion au réseau local* 2
 Carte réseau sans fil Wi-Fi
 Carte Ethernet Connexion réseau Bluetooth
- l'adresse IP de votre machine ;
 Adresse IPv4. : 10.188.229.51(préfééré) (ipconfig)
- le nom de la machine d'adresse IP **193.50.159.71**;
 warg.u-pem.fr (nslookup)
- l'adresse IP de la machine de nom « www.yahoo.fr »
 212.82.100.150 (nslookup)
- l'adresse MAC de la carte réseau ;
 Adresse physique : 68-3E-26-71-AF-98 (ipconfig /all)
- l'adresse et le masque de votre réseau ;
 ipconfig donne :
 Masque de sous-réseau. : 255.255.0.0
 Passerelle par défaut. : 10.188.0.1

- g. la table de routage de votre machine.

```
C:\Users\qguar>netstat -r

=====
Liste d'Interfaces
11...68 3e 26 71 af 99 .....Microsoft Wi-Fi Direct Virtual Adapter
 9...6a 3e 26 71 af 98 .....Microsoft Wi-Fi Direct Virtual Adapter #2
 6...68 3e 26 71 af 98 .....Intel(R) Wi-Fi 6 AX201 160MHz
12...68 3e 26 71 af 9c .....Bluetooth Device (Personal Area Network)
 1.....Software Loopback Interface 1
=====

IPv4 Table de routage
=====
Itinéraires actifs :
Destination réseau      Masque réseau  Adr. passerelle  Adr. interface  Métrique
0.0.0.0                 0.0.0.0        10.188.0.1       10.188.229.51   55
10.188.0.0              255.255.0.0    On-link          10.188.229.51   311
10.188.229.51           255.255.255.255 On-link          10.188.229.51   311
10.188.255.255          255.255.255.255 On-link          10.188.229.51   311
127.0.0.0               255.0.0.0      On-link          127.0.0.1       331
127.0.0.1               255.255.255.255 On-link          127.0.0.1       331
127.255.255.255         255.255.255.255 On-link          127.0.0.1       331
224.0.0.0               240.0.0.0      On-link          127.0.0.1       331
224.0.0.0               240.0.0.0      On-link          10.188.229.51   311
255.255.255.255         255.255.255.255 On-link          127.0.0.1       331
255.255.255.255         255.255.255.255 On-link          10.188.229.51   311
=====
Itinéraires persistants :
Aucun

IPv6 Table de routage
=====
Itinéraires actifs :
If Metric Network Destination      Gateway
1    331  ::1/128                On-link
6    311  fe80::/64              On-link
6    311  fe80::95b1:36eb:7724:719e/128
                                On-link
1    331  ff00::/8               On-link
6    311  ff00::/8               On-link
=====
Itinéraires persistants :
Aucun
```

- h. La liste des adresses MAC des machines en communication avec vous.

```
C:\Users\qguar>arp -a

Interface : 10.188.229.51 --- 0x6
Adresse Internet      Adresse physique      Type
10.188.0.1            b0-41-6f-02-dc-2e     dynamique
10.188.255.255        ff-ff-ff-ff-ff-ff     statique
224.0.0.2             01-00-5e-00-00-02     statique
224.0.0.22            01-00-5e-00-00-16     statique
224.0.0.250           01-00-5e-00-00-fa     statique
224.0.0.251           01-00-5e-00-00-fb     statique
224.0.0.252           01-00-5e-00-00-fc     statique
239.255.255.250       01-00-5e-7f-ff-fa     statique
255.255.255.255       ff-ff-ff-ff-ff-ff     statique
```

- i. L'adresse MAC de votre routeur (gateway) par défaut
D'après la question précédente, b0-41-6f-02-dc-2e

2. Donner la liste des routeurs par lesquels passent des datagrammes entre vous et la machine **www.google.com**.

```
C:\Users\qguar>tracert www.google.com

Détermination de l'itinéraire vers www.google.com [142.250.201.164]
avec un maximum de 30 sauts :

  1    1 ms    <1 ms    1 ms  lanspeedtest.wifirst.fr [10.188.0.1]
  2    1 ms    1 ms    1 ms  172.22.2.1
  3    2 ms    2 ms    2 ms  172.21.49.154
  4    2 ms    2 ms    4 ms  GooglePNI01parth2-crco01parth2.core.wifirst.net [46.193.247.54]
  5    3 ms    3 ms    3 ms  108.170.245.1
  6    2 ms    2 ms    2 ms  142.251.64.127
  7    3 ms    2 ms    2 ms  par21s23-in-f4.1e100.net [142.250.201.164]
```

3. En utilisant la commande **ping** déterminer la valeur du « **Round Trip Time** » moyen (en ms) entre votre machine et **www.google.com**. Quelle est la signification du paramètre « RTT » ?

ping donne le résultat suivant :

Minimum = 2ms, Maximum = 9ms, Moyenne = 4ms

Ainsi le RTT moyen est de 4ms. Le RTT est le temps que met un paquet à traverser le réseau.

5. Trouver l'adresse IP du serveur **www.google.com** ainsi que l'adresse IP de votre serveur DNS.

```
C:\Users\qguar>nslookup www.google.com
Serveur :  lanspeedtest.wifirst.fr
Address:  10.188.0.1

Réponse ne faisant pas autorité :
Nom :      www.google.com
Addresses: 2a00:1450:4007:816::2004
           142.250.201.164
```

6. éditer le fichier /etc/hosts (windows/system32/drivers/etc/hosts) et décrire son contenu.

Il contient des adresses IP et les associe à des noms d'hôtes, comme 127.0.0.1 et localhost par défaut.

7. éditer le fichier /etc/services (windows/system32/drivers/etc/services) et décrire son contenu.

Le fichier indique les ports et protocoles utilisés par chaque service, par exemple il associe ftp à 21/tcp.

8. Lancer wireshark sur votre poste, et renouveler le bail de votre adresse IPv4 avec votre serveur DHCP. Capturez les échanges de messages DHCP et indiquer l'adresse IPV4 de votre serveur DHCP ainsi que la durée de votre bail en secondes.

Je mets le réseau sur écoute sur Wireshark. Je lance la commande ipconfig /renew. J'arrête l'écoute. Je filtre pour trouver les paquets DHCP. Je trouve que le temps de validité du bail est de 604800 secondes, l'adresse IP du serveur est 10.188.0.1

*Wi-Fi

Fichier Editer Vue Aller Capture Analyser Statistiques Telephonie Wireless Outils Aide

dhcp

No.	Time	Source	Protocol	Info
468	14.534483	10.188.229.51	DHCP	DHCP Request - Transaction ID 0x473b3fe5
469	14.536946	10.188.0.1	DHCP	DHCP ACK - Transaction ID 0x473b3fe5

Magic cookie: DHCP

- > Option: (53) DHCP Message Type (ACK)
- > Option: (54) DHCP Server Identifier (10.188.0.1)
- ✓ Option: (51) IP Address Lease Time
 - Length: 4
 - IP Address Lease Time: (604800s) 7 days
- > Option: (58) Renewal Time Value
- > Option: (59) Rebinding Time Value
- > Option: (1) Subnet Mask (255.255.0.0)

Option 51: IP Address Lease ...dress_lease_time), 4 byte(s) | Paquets: 841 · Affichés: 2 (0.2%) · Perdus: 0 (0.0%) | Profile: Default