

Protocoles de routage



Exercice 1

Table de routage du routeur R4 :

Étape 0 :

Réseau destinataire	Passerelle	Interface	Distance
172.16.3.0/24		eth0	1
172.16.4.0/24		eth1	1

Étape 1 : Le routeur reçoit la table de routage de ses voisins directs construite à l'étape 0 puis met à jour sa table (les autres routeurs font de même) :

Réseau destinataire	Passerelle	Interface	Distance
172.16.3.0/24		eth0	1
172.16.4.0/24		eth1	1
172.16.0.0/24	172.16.3.2	eth0	2
172.16.1.0/24	172.16.3.2	eth0	2
172.16.6.0/24	172.16.3.2	eth0	2
172.16.2.0/24	172.16.4.3	eth1	2
172.16.5.0/24	172.16.4.3	eth1	2

Étape 2 : Le routeur reçoit la table de routage de ses voisins directs construite à l'étape 1 puis met à jour sa table (les autres routeurs font de même) :

Réseau destinataire	Passerelle	Interface	Distance
172.16.3.0/24		eth0	1
172.16.4.0/24		eth1	1
172.16.0.0/24	172.16.3.2	eth0	2
172.16.1.0/24	172.16.3.2	eth0	2
172.16.6.0/24	172.16.3.2	eth0	2
172.16.2.0/24	172.16.4.3	eth1	2
172.16.5.0/24	172.16.4.3	eth1	2
192.168.1.0/24	172.16.3.2	eth0	3
192.168.2.0/24	172.16.4.3	eth1	3

À la fin de cette étape, le protocole a convergé.

Exercice 2

Voici la table de routage du routeur A avec le protocole RIP (les switches ne sont pas des routeurs) :

Réseau destinataire	Passerelle	Interface	Distance
172.18.0.0/16		eth0	1
192.168.1.0/24		eth1	1
192.168.2.0/24		eth2	1
192.168.3.0/24	192.168.1.2	eth1	2
172.16.0.0/16	192.168.1.2	eth1	2
172.17.0.0/16	192.168.2.3	eth2	2

Le protocole converge à la fin de l'étape 1.

Soit M1 la machine ayant pour adresse IP 172.18.1.1/16;

Soit M2 la machine ayant pour adresse IP 172.16.5.3/16.

Le chemin qui sera emprunté par un paquet pour aller de M1 à M2 est : M1 - A - B - M2

Exercice 3

1. Voici le tableau complété (le dernier nombre des adresses des routeurs est donné au hasard, ainsi que les interfaces non indiquées) :

Routeur	Réseau destinataire	Passerelle	Interface	Distance
A	192.168.1.0/24	165.124.1.2	eth0	4
B	192.168.1.0/24	165.124.6.3	eth0	3
C	192.168.1.0/24	165.124.1.7	eth2	4
D	192.168.1.0/24	165.124.5.4	eth1	4
E	192.168.1.0/24	165.124.7.2	eth1	3
F	192.168.1.0/24	165.124.8.1	eth1	2
G	192.168.1.0/24		eth1	1

Il n'y a pas de passerelle pour la dernière ligne : la connexion est directe.

2. (a) Après rupture de la connexion, et après que la convergence soit à nouveau obtenue, le tableau devient le suivant :

Routeur	Réseau destinataire	Passerelle	Interface	Distance
A	192.168.1.0/24	165.124.2.3	eth1	6
B	192.168.1.0/24	165.124.1.3	eth1	6
C	192.168.1.0/24	165.124.3.5	eth1	5
D	192.168.1.0/24	165.124.5.4	eth1	4
E	192.168.1.0/24	165.124.7.2	eth1	3
F	192.168.1.0/24	165.124.8.1	eth1	2
G	192.168.1.0/24		eth1	1

- (b) Le vecteur distance envoyé par B à ses voisins pour atteindre 192.168.1.0/24, une fois qu'il a détecté la panne, est (192.168.1.0/24,16).

En effet, tous les réseaux qui étaient accessibles via le routeur F pour B sont à l'infini, donc la distance 16 (15 étant la limite du protocole RIP).

- (c)
- Les routeurs A et C reçoivent de B le vecteur trouvé à la question précédente.
On est dans le cas 4. du protocole : les routeurs A et C mettent leur table à jour pour propager l'information de la panne.
 - Le routeur C retransmet ce même vecteur à D.
Mais le routeur D avait une route plus courte en passant par E, donc on est dans le cas 3. du protocole : le routeur D ignore cette information.
 - Le routeur D transmet le vecteur (192.168.1.0/24,4) à C.
Comme à ce moment, le routeur C avait une distance infinie (de B), il remplace sa ligne en ajoutant 1 à la distance donnée par D. On est dans le cas 1. du protocole.

(d) Le vecteur est transmis par C à A et B est donc (192.168.1.0/24,5).

Les routeurs A et B mettrons à jour leur table en changeant leur vecteur en (192.168.1.0/24,6), avec le routeur C pour passerelle.

Exercice 4

Rappel : le coût pour une liaison à 1 Mbits/s est 100, celui pour une liaison à 10 Mbits/s est 10.

Pour obtenir ces valeurs on calcule avec la formule $\frac{10^8}{\text{débit}}$.

La table est la suivante (le réseau est assez simple pour s'éviter d'exécuter l'algorithme de Dijkstra formellement) :

Destination	Passerelle	Coût
Routeur B	Routeur C	20
Routeur C		10

Table de routage de R3 (selon les routeurs)

Cette fois-ci, la route empruntée est M1 - A - C - B - M2.

Exercice 5

Le coût pour les liaisons en fibre optique est $10^{-2} = 0,01$ car $\frac{10^8}{10^{10}}$.

Celui pour les liaisons en ADSL est 10.

Le tableau est le suivant :

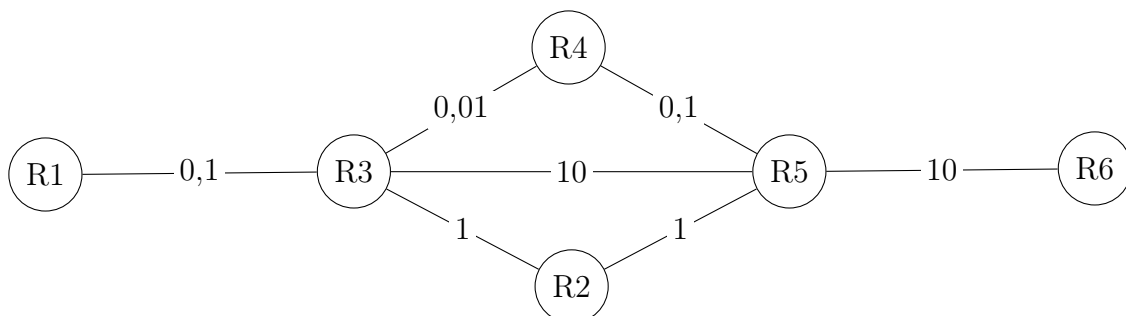
Routeur	Routeur destinataire	Passerelle	Interface	Coût
A	G	C	eth1	20,03
B	G	F	eth0	20
C	G	D	eth1	10,03
D	G	E	eth1	10,02
E	G	F	eth1	10,01
F	G		eth1	10

Exercice 6

Tout d'abord, indiquons la table des coûts :

Liaison	R1-R3	R3-R2	R3-R4	R3-R5	R2-R5	R4-R5	R5-R6
Débit	1 Gbits/s	100 Mbits/s	10 Gbits/s	10 Mbits/s	100 Mbits/s	1 Gbits/s	10 Mbits/s
Coût	0,1	1	0,01	10	1	0,1	10

On a donc :



On peut alors appliquer l'algorithme de Dijkstra.

1. Pour le routeur R1 :

R1	R2	R3	R4	R5	R6	Choix
0	∞	∞	∞	∞	∞	R1(0)
	∞	0,1(R1)	∞	∞	∞	R3(0,1)
	1,1(R3)		0,11(R3)	10,1(R3)	∞	R4(0,11)
	1,1(R3)			0,21(R4)	∞	R5(0,21)
	1,21(R5) 1,1(R3)				10,21(R5)	R2(1,1)
					10,21(R5)	R6(10,21)

Par suite, voici les routes depuis R1 :

- vers R2 : R1 - R3 - R1 (coût 1,1)
- vers R3 : R1 - R3 (coût 0,1)
- vers R4 : R1 - R3 - R4 (coût 0,11)
- vers R5 : R1 - R3 - R4 - R5 (coût 0,21)
- vers R6 : R1 - R3 - R4 - R5 - R6 (coût 10,21)

Finalement, voici la table de routage du routeur R1 selon les routeurs :

Réseau destinataire	Interface	Coût
R2	R3	1,1
R3		0,1
R4	R3	0,11
R5	R3	0,21
R6	R3	10,21

2. Pour le routeur R4 :

R1	R2	R3	R4	R5	R6	Choix
∞	∞	∞	0	∞	∞	R4(0)
∞	∞	0,01(R4)		0,1(R4)	∞	R3(0,01)
0,11(R3)	1,01(R3)			10,01(R3) 0,1(R4)	∞	R5(0,1)
0,11(R3)	1,1(R5) 1,01(R3)				10,1(R5)	R1(0,11)
	1,01(R3)				10,1(R5)	R2(1,01)
					10,1(R5)	R6(10,1)

Par suite, voici les routes depuis R4 :

- vers R1 : R4 - R3 - R1 (coût 0,11)
- vers R2 : R4 - R3 - R2 (coût 1,01)
- vers R3 : R4 - R3 (coût 0,01)
- vers R5 : R4 - R5 (coût 0,1)
- vers R6 : R4 - R5 - R6 (coût 10,1)

Finalement, voici la table de routage du routeur R4 selon les routeurs :

Réseau destinataire	Interface	Coût
R1	R3	0,11
R2	R3	1,01
R3		0,01
R5		0,1
R6	R5	10,1

EXERCICE 3 (4 points)

Cet exercice porte sur les représentations binaires et les protocoles de routage.

1. Une adresse IPv4 est représentée sous la forme de 4 nombres séparés par des points. Chacun de ces 4 nombres peut être représenté sur un octet.
 - a. Donner en écriture décimale l'adresse IPv4 correspondant à l'écriture binaire : 11000000.10101000.10000000.10000011
 - b. Tous les ordinateurs du réseau A ont une adresse IPv4 de la forme : 192.168.128.___ , où seul le dernier octet (représenté par ___) diffère. Donner le nombre d'adresses différentes possibles du réseau A.
2. On rappelle que le protocole RIP cherche à minimiser le nombre de routeurs traversés (qui correspond à la métrique). On donne les tables de routage d'un réseau informatique composé de 5 routeurs (appelés A, B, C, D et E), chacun associé directement à un réseau du même nom obtenues avec le protocole RIP :

Routeur A

Destination	Métrique
A	0
B	1
C	1
D	1
E	2

Routeur B

Destination	Métrique
A	1
B	0
C	2
D	1
E	2

Routeur C

Destination	Métrique
A	1
B	2
C	0
D	1
E	2

Routeur D

Destination	Métrique
A	1
B	1
C	1
D	0
E	1

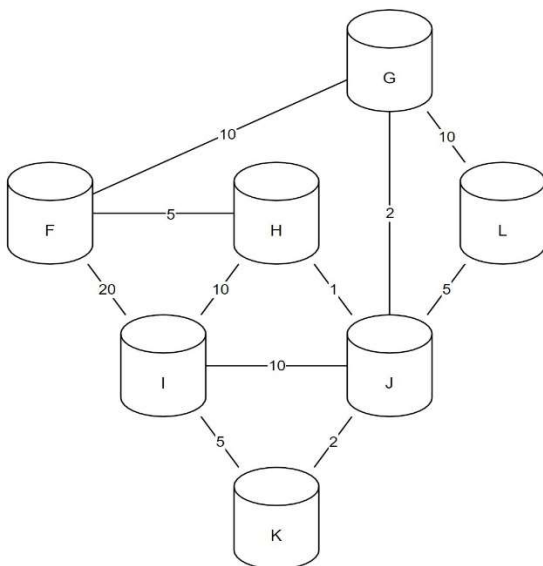
Routeur E

Destination	Métrique
A	2
B	2
C	2
D	1
E	0

- a. Donner la liste des routeurs avec lesquels le routeur A est directement relié.
- b. Représenter graphiquement et de manière sommaire les 5 routeurs ainsi que les liaisons existantes entre ceux-ci.
3. Le protocole OSPF est un protocole de routage qui cherche à minimiser la somme des métriques des liaisons entre routeurs. Dans le protocole de routage OSPF le débit des liaisons entre routeurs agit sur la métrique via la relation : $métrique = \frac{10^8}{débit}$ dans laquelle le débit est exprimé en bit par seconde (bps). On rappelle qu'un kbps est égal à 10^3 bps et qu'un Mbps est égal à 10^6 bps. Recopier sur votre copie et compléter le tableau suivant :

Débit	100 kbps	500 kbps	?	100 Mbps
Métrique associée	1 000	?	10	1

4. Voici la représentation d'un réseau et la table de routage incomplète du routeur F obtenue avec le protocole OSPF :



Routeur F

Destination	Métrique
F	0
G	8
H	5
I	
J	
K	
L	

Les nombres présents sur les liaisons représentent les coûts des routes avec le protocole OSPF.

- a. Indiquer le chemin emprunté par un message d'un ordinateur du réseau F à destination d'un ordinateur du réseau I. Justifier votre réponse.
- b. Recopier et compléter la table de routage du routeur F.
- c. Citer une unique panne qui suffirait à ce que toutes les données des échanges de tout autre réseau à destination du réseau F transitent par le routeur G. Expliquer en détail votre réponse.

EXERCICE 3 (4 points)

Cet exercice porte sur les réseaux et les protocoles de routages.

Rappels :

Une adresse IPv4 est composée de 4 octets, soit 32 bits. Elle est notée a.b.c.d, où a, b, c et d sont les valeurs des 4 octets.

La notation a.b.c.d/n signifie que les n premiers bits de l'adresse IP représentent la partie « réseau », les bits qui suivent représentent la partie « machine ».

L'adresse IPv4 dont tous les bits de la partie « machine » sont à 0 est appelée « adresse du réseau ».

L'adresse IPv4 dont tous les bits de la partie « machine » sont à 1 est appelée « adresse de diffusion ».

On considère le réseau représenté sur la Figure 1 ci-dessous :

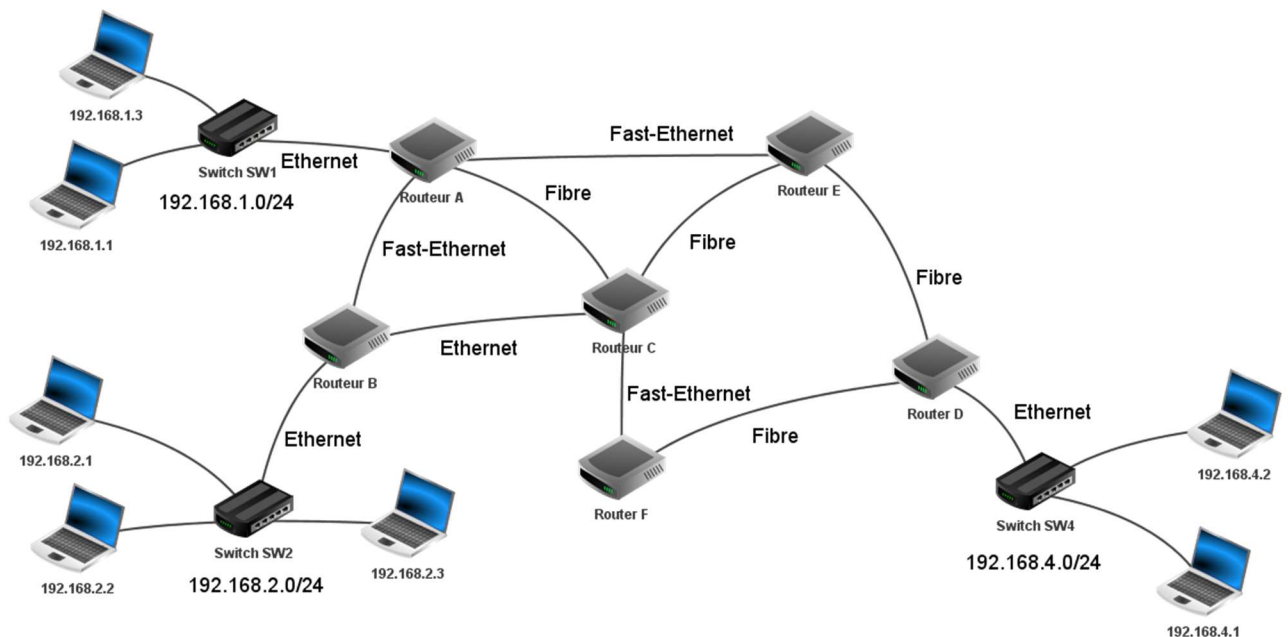


Figure 1 : schéma du réseau

1. On considère la machine d'adresse IPv4 192.168.1.1/24
 - a. Donner l'adresse du réseau sur lequel se trouve cette machine.
 - b. Donner l'adresse de diffusion (*broadcast*) de ce réseau.
 - c. Donner le nombre maximal de machines que l'on peut connecter sur ce réseau.
 - d. On souhaite ajouter une machine sur ce réseau, proposer une adresse IPv4 possible pour cette machine.
2.
 - a. La machine d'adresse IPv4 192.168.1.1 transmet un paquet IPv4 à la machine d'adresse IPv4 192.168.4.2
Donner toutes les routes pouvant être empruntées par ce paquet IPv4, chaque routeur ne pouvant être traversé qu'une seule fois.

- b. Expliquer l'utilité d'avoir plusieurs routes possibles reliant les réseaux 192.168.1.0/24 et 192.168.4.0/24
3. Dans cette question, on suppose que le protocole de routage mis en place dans le réseau est RIP. Ce protocole consiste à minimiser le nombre de sauts. Le schéma du réseau est celui de la figure 1.
Les tables de routage utilisées sont données ci-dessous :

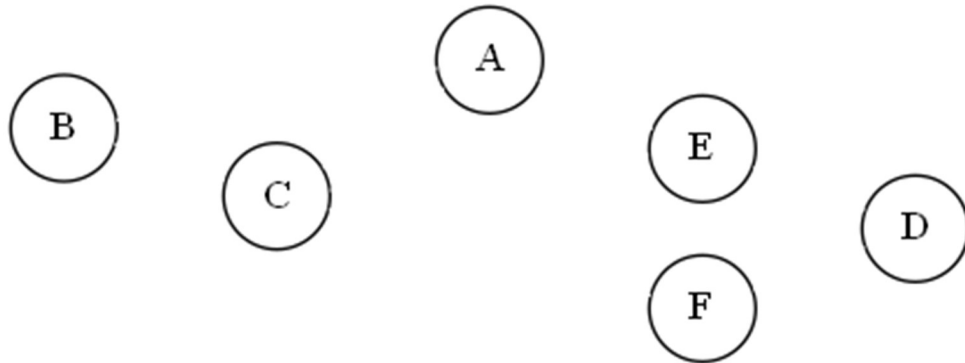
Routeur A		Routeur B		Routeur C	
Destination	passé par	Destination	passé par	Destination	passé par
B	...	A	A	A	A
C	...	C	C	B	B
D	E	D	C	D	E
E	...	E	C	E	E
F	C	F	C	F	F

Routeur D		Routeur E		Routeur F	
Destination	passé par	Destination	passé par	Destination	passé par
A	E	A	A	A	C
B	F	B	C	B	C
C	F	C	C	C	C
E	E	D	D	D	D
F	F	F	C	E	C

Tables de routage

- a. Recopier et compléter sur la copie la table de routage du routeur A.
- b. Un paquet IP doit aller du routeur B au routeur D. En utilisant les tables de routage, donner le parcours emprunté par celui-ci.
- c. Les connexions entre les routeurs B-C et A-E étant coupées, sur la copie, réécrire les tables de routage des routeurs A, B et C.
- d. Déterminer le nouveau parcours emprunté par le paquet IP pour aller du routeur B au routeur D.
4. Dans cette question, on suppose que le protocole de routage mis en place dans le réseau est OSPF. Ce protocole consiste à minimiser la somme des coûts des liaisons empruntées. Le coût d'une liaison est défini par la relation $\text{coût} = \frac{10^8}{d}$ où d représente le débit en bit/s et coût est sans unité. Le schéma du réseau est celui de la figure 1.

- a. Déterminer le coût des liaisons Ethernet ($d = 10^7$ bit/s), Fast-Ethernet ($d = 10^8$ bit/s) et Fibre ($d = 10^9$ bit/s).
- b. On veut représenter schématiquement le réseau de routeurs à partir du schéma du réseau figure 1.
Recopier sur la copie le schéma ci-dessous et tracer les liaisons entre les routeurs en y indiquant le coût.



- c. Un paquet IPv4 doit être acheminé d'une machine ayant pour adresse IPv4 192.168.2.1 à une machine ayant pour adresse IPv4 192.168.4.1
Écrire les routes possibles, c'est à dire la liste des routeurs traversés, et le coût de chacune de ces routes, chaque routeur ne pouvant être traversé qu'une seule fois.
- d. Donner, en la justifiant, la route qui sera empruntée par un paquet IPv4 pour aller d'une machine ayant pour adresse IPv4 192.168.2.1 à une machine ayant pour adresse IPv4 192.168.4.1

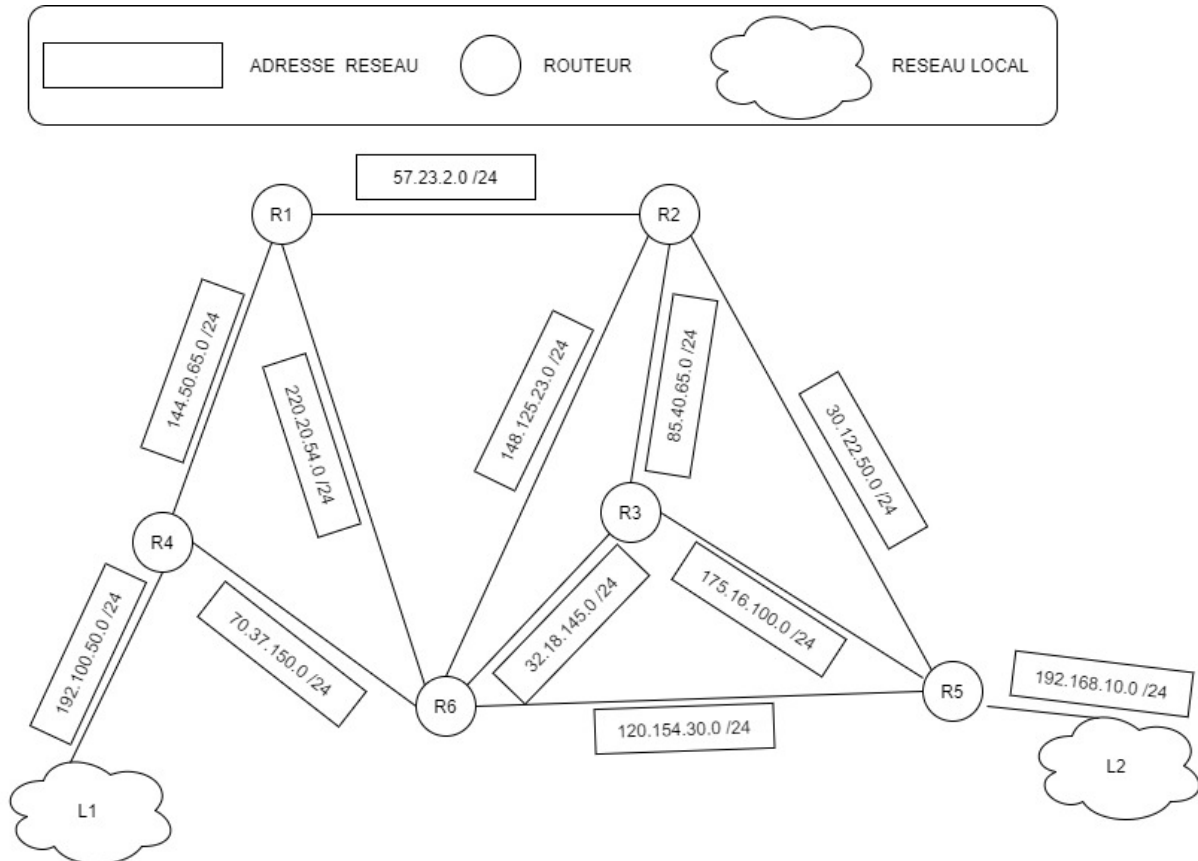
EXERCICE 5

Cet exercice porte sur les architectures matérielles, systèmes d'exploitation et réseaux (protocoles de routage) :

On représente schématiquement un réseau dans lequel :

L1 et L2 sont des réseaux locaux

R1, R2, R3, R4, R5, et R6 sont des routeurs.



1. Dans cet exercice, les adresses IPV4 sont composées de 4 octets O1.O2.O3.O4
O1,O2,O3 et O4 sont les représentations décimales de chacun des octets.

La notation "**O1.O2.O3.O4 / n**" est appelée la notation CIDR.

En notation CIDR, l'adresse IP d'une machine est composée d'une adresse IPv4 et d'une indication sur le masque de sous réseau. Par exemple : **172.16.1.10 / 16** signifie :

- Adresse IP décimale : 172.16.1.10
- Masque de sous-réseau en notation CIDR : 16

La notation CIDR /16 signifie que le masque de sous-réseau a les 16 bits de poids fort de son adresse IP à la valeur 1. C'est-à-dire, pour notre exemple:

11111111.11111111.00000000.00000000.

- a. Une machine cliente du réseau local L2 a pour adresse IPv4: 192.168.10.31 / 24
 Son adresse IP binaire est : 00110110. 00100101. 01111010.04 / 24
 Donner la conversion binaire du quatrième octet O4 de l'adresse IPv4 de la machine cliente.
- b. Donner le masque de sous-réseau en notation binaire puis en notation décimale.
- c. Combien peut-on connecter de machines sur ce sous-réseau ?

Les adresses IP des interfaces des routeurs sont données suivant la stratégie suivante: Le dernier octet (O4) a pour valeur décimale le numéro du routeur.
 Exemples :

Réseau 57.23.2.0		Réseau 148.128.23.0	
Routeur	IP de l'interface	Routeur	IP de l'interface
R1	57.23.2.1	R2	148.125.23.2
R2	57.23.2.2	R6	148.125.23.6

On communique des **extraits** de la table de routage des routeurs R1, R2, R3, R4 et R6 ci-dessous:

Routeur	Réseau destinataire	Passerelle	Interface
R1	192.168.10.0	57.23.2.2	57.23.2.1
R2	192.168.10.0	30.122.50.5	30.122.50.2
R3	192.168.10.0	175.16.100.5	175.16.100.3
R4	192.168.10.0	70.37.150.6	70.37.150.4
R6	192.168.10.0	120.154.30.5	120.154.30.6

2. Un paquet de données part du réseau local L1 pour aller vers L2.
 - a. En utilisant le schéma du réseau et l'extrait de la table de routage du routeur R4, vers quel routeur R4 envoie-t-il ce paquet, R1 ou R6 ? Justifiez
 - b. Nommez les routeurs traversés par ce paquet lorsqu'il va de L1 à L2.

3. La liaison est coupée entre R4 et R6 :

- a. Sachant que ce réseau utilise le protocole RIP (distance minimale en nombre de sauts), donner l'un des deux chemins possibles que pourra suivre un paquet de données allant de L1 vers L2.
- b. Dans les extraits de la table de routage, pour le chemin de la question 3.a., quelle(s) ligne(s) sera ou seront modifiée(s).

4. La liaison entre R4 et R6 est rétablie. Par ailleurs, on décide d'utiliser le protocole OSPF (distance liée au coût C minimal des liaisons) pour effectuer le routage. Le coût C des liaisons entre les routeurs est conditionné par la bande passante (BP) des liaisons entre les routeurs.

Le coût C est donné par la formule : $C = \frac{10^9}{BP}$

La bande passante (BP) peut s'exprimer en Mégabits par seconde. Plus BP est importante, plus le coût C des liaisons diminue. Le coût des liaisons est donné dans le tableau ci-dessous :

Liaison	R1 -	R1 -	R1 -	R2 -	R2 -	R2 -	R3 -	R3 -	R4 -	R5 -
	R4	R2	R6	R3	R5	R6	R5	R6	R6	R6
Coût	100	1	1	1	100	10	1	10	100	100

- a. Dessiner le réseau en y ajoutant les coûts entre les connexions. Déterminer le chemin parcouru par un paquet partant du réseau L1 et arrivant au réseau L2 en utilisant le protocole OSPF (le moindre coût)
- b. Indiquer pour quel(s) routeur(s) l'extrait de la table de routage sera modifié pour un paquet à destination de L2, avec le protocole OSPF.