

# Réseaux – Protocoles de routage

## 1. Le routage IP

On rappelle que les données véhiculées dans un réseau informatique sont découpées en paquets encapsulés dans des segments TCP eux-mêmes encapsulés dans des datagrammes IP.

Le protocole IP assure l'acheminement de ces paquets qui passent généralement par plusieurs routeurs.

Chaque routeur lit l'entête IP de chaque datagramme et extrait l'adresse de destination.

Il envoie ensuite le datagramme à l'adresse fournie par la table de routage.

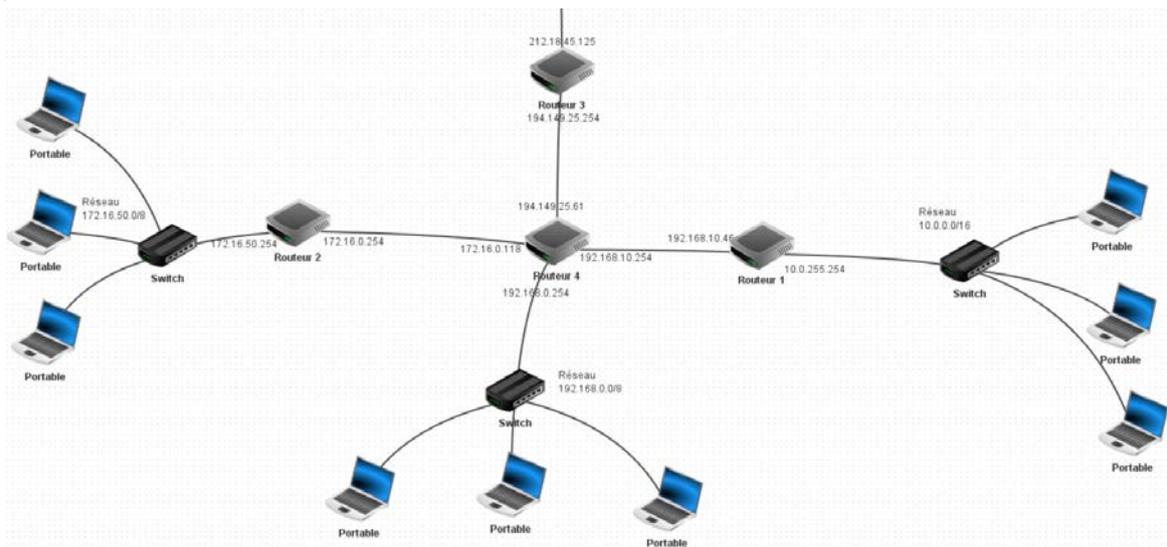
tracert adresseip permet de voir le chemin suivi par un paquet (tracert -4 adresse pour l'IPv4).

## 2. Table de routage

À partir de l'adresse de destination, la table de routage renvoie l'adresse du nœud suivant (autre routeur ou hôte de destination) où envoyer le paquet.

netstat -rn ou route print permet d'afficher la table de routage d'un routeur.

### Exemple



### Table de routage du routeur 4

Passerelle suivante est l'adresse du nœud suivant, la prochaine étape du paquet.

Interface est l'adresse de l'interface réseau du routeur, la sortie du routeur par laquelle on doit envoyer le paquet. Ici, le routeur a 4 interfaces réseaux. On peut aussi les désigner eth0, eth1, eth2, eth3.

127.0.0.1 est l'adresse locale du routeur. Ainsi, les quatre adresses du routeur sur les quatre différents réseaux renvoient vers l'adresse locale.

Les tables de routage peuvent avoir des colonnes supplémentaires, notamment une colonne métrique indiquant une valeur représentant la « longueur » du trajet. Cela peut être le nombre de sauts ou un indicateur prenant en compte la bande passante, l'état du réseau, la fiabilité d'une route ... Cette valeur est utilisée pour choisir la meilleure route.

IP de destination	Masque	Passerelle suivante	Via l'interface
192.168.0.254	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1
172.16.0.118	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1
192.168.10.254	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1
194.149.25.61	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1
192.168.0.0	255.255.255.0	192.168.0.254	192.168.0.254
172.16.0.0	255.255.255.0	172.16.0.118	172.16.0.118
192.168.10.0	255.255.255.0	192.168.10.254	192.168.10.254
194.149.25.0	255.255.255.0	194.149.25.61	194.149.25.61
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1
172.16.50.0	255.255.255.0	172.16.0.254	172.16.0.118
10.0.0.0	255.255.0.0	192.168.10.46	192.168.10.254
0.0.0.0	0.0.0.0	194.149.25.254	194.149.25.61

### Algorithme de la table de routage

Le fonctionnement de la table de routage peut être représenté par la fonction routage suivante.

routage(adresse\_destination) -> adresse\_noeud\_suivant :

Pour chaque ligne de la table de routage :

Si ligne.destination = adresse\_destination,

renvoyer ligne.passerelle

Sinon si ligne.destination & ligne.masque = adresse\_destination & ligne.masque,

renvoyer ligne.passerelle

renvoyer adresse\_par\_defaut

### Exercice

1. Construire sur la table de routage du routeur 1
2. Expliquer le traitement des paquets dans les cas suivants :
  - a) Le routeur 4 reçoit un paquet à destination de l'adresse 172.16.50.0.
  - b) Le routeur 4 reçoit un paquet à destination de l'adresse 172.16.50.18.
  - c) Le routeur 4 reçoit un paquet à destination de l'adresse 192.168.0.37.
  - d) Le routeur 1 reçoit un paquet à destination de l'adresse 192.168.0.37.
  - e) Le routeur 4 reçoit un paquet à destination de l'adresse 10.0.100.42.
  - f) Le routeur 4 reçoit un paquet à destination de l'adresse 66.50.12.87.

## 3. Protocoles de routage

Les protocoles de routage construisent et mettent à jour les tables de routage.

### 3.1. Protocole RIP

Le protocole RIP utilise le nombre de sauts comme métrique, avec une limite fixée à 15 sauts pour éviter les boucles. On va choisir la route minimisant ce nombre. C'est un des protocoles les plus simples à mettre en place mais il n'est pas très efficace puisqu'il ne tient pas compte de la vitesse des connexions (bande passante...). Une métrique à 1 signifie que la destination est connectée directement au routeur, une métrique égale à 16 qu'il n'est pas joignable. Toutes les trente secondes, un routeur reçoit les tables de routage des routeurs voisins et les utilise pour mettre à jour sa propre table de routage en rajoutant les nouvelles destinations accessibles en au plus 15 sauts et modifiant les routes des destinations existantes si une solution en moins de sauts apparaît.

### 3.2. Protocole OSPF

Le protocole OSPF est un des trois protocoles de routage les plus utilisés sur Internet (avec IS-IS et BGP).

Le réseau est découpé en plusieurs zones appelées aires (area en anglais). Il existe toujours une aire dorsale (area 0) à laquelle toutes les autres aires sont connectées.

Chaque routeur envoie régulièrement des messages hello à ses voisins immédiats et communique la liste des réseaux auxquels il est connecté par des messages propagés de proche en proche à tous les routeurs de son aire, ce qui permet de constituer, pour chaque aire, une base de données de l'état des liens Link-State Database (LSDB) commune à tous les routeurs de l'aire. À chaque route est associée une métrique tenant compte de divers critères. Cisco utilise une valeur par défaut égale à  $\frac{10^8}{\text{bande passante du lien en bit/s}}$ .

Chaque routeur utilise ensuite l'algorithme de Dijkstra, Shortest Path First (SPF), pour déterminer la route la plus rapide vers chacun des réseaux.

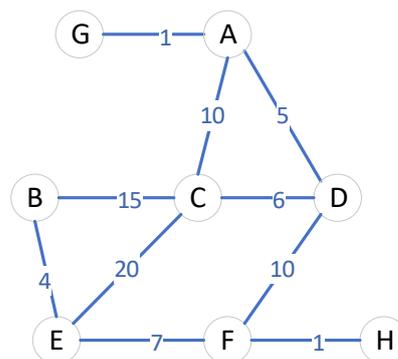
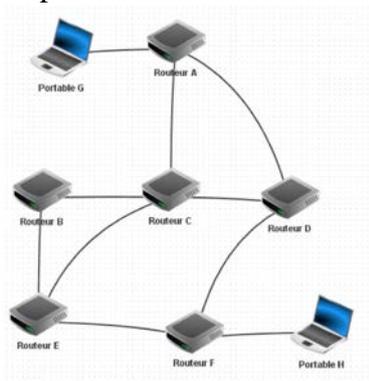
Les routeurs aux frontières de chaque aire (ABR, Area Border Router) font les transitions entre les aires.

Pour simplifier, on considèrera cette année que tous les routeurs du réseau sont dans la même aire.

En cas de changement de topologie (si un lien est rompu ou créé), de nouveaux messages sont propagés de proche en proche, la LSDB est mise à jour et l'algorithme SPF est exécuté à nouveau sur chaque routeur.

### 4. Représentation sous forme de graphe

Un réseau peut être schématisé sous forme de graphe.



Chaque **sommet**, désigné par une lettre, représente un routeur ou un hôte. Les **arêtes** entre les sommets correspondent aux sous-réseaux du graphe. On a de plus indiqué sur chaque arête un coût correspondant à la métrique choisie pour le protocole OSPF.

Ce graphe est **non orienté** (les liens sont à double-sens) et **pondéré** (un poids est affecté à chaque lien).

On pourrait construire un graphe dans lequel les sommets représenteraient les sous-réseaux et les arêtes les routeurs, mais on ne pourrait plus indiquer les coûts.

### 5. Construction de la table de routage

Suivant le protocole RIP, le routeur va privilégier les routes avec le moins de sauts. La table de routage est construite étape par étape en commençant par les sommets accessibles directement, puis ceux accessibles en un saut, puis deux sauts...

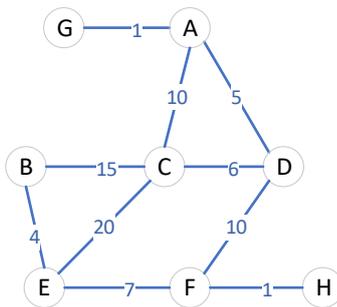
Suivant le protocole OSPF, le routeur va privilégier les routes avec le plus petit coût. La table de routage est construite étape par étape avec l'algorithme de Dijkstra en prenant à chaque fois le sommet de coût minimal et en rajoutant ou en réévaluant les accès aux sommets qui lui sont reliés.

## Exemple

Tables de routage simplifiée du routeur A

### Selon le protocole RIP

Destination	Passerelle	Nombre de sauts
G	Direct	1
C	Direct	1
D	Direct	1
B	C	2
E	C	2
F	D	2
H	D	3



### Selon le protocole OSPF

On applique d'abord l'algorithme de Dijkstra pour déterminer les routes les plus rapides (selon la métrique utilisée) pour atteindre chaque destination. On peut ensuite faire la table de routage.

Étape précédente	A	B	C	D	E	F	G	H
	0	$\infty$						
A(0)		$\infty$	10	5	$\infty$	$\infty$	1	$\infty$
G(1)		$\infty$	10	5	$\infty$	$\infty$		$\infty$
D(5)		$\infty$	10		$\infty$	15		$\infty$
C(10)		25			30	15		$\infty$
F(15)		25			22			16
H(16)		25			22			
E(22)		25						
B(25)								

Destination	Passerelle	Métrique
G	Direct	1
D	Direct	5
C	Direct	10
F	D	15
H	D	16
E	D	22
B	C	25

## 6. Jeu de rôle

Les élèves se mettent en binôme. Chaque binôme représente un routeur.

Le binôme choisit une adresse IP et deux ou trois routeurs voisins connectés.

Ensuite, on construit la table de routage par échanges de tables.

Au premier échange, on récupère que l'adresse de ses voisins.

Au deuxième échange, on récupère l'adresse des voisins des voisins... on continue jusqu'à ce que la table n'évolue plus.

On applique le protocole RIP : on conserve pour chaque destination le chemin nécessitant le moins de sauts.

Ensuite, les routeurs peuvent envoyer des messages ...