

# Protocoles de routage

## 1. Protocoles de routage

### a. Rôle des protocoles de routage

Les protocoles de routage servent d'une part à mettre à jour les **tables de routage**, et d'autre part à calculer le chemin que doivent prendre les données pour arriver de l'expéditeur au destinataire.

On distingue deux types de routage, les routages statiques et les routages dynamiques.

Le **routage statique** est encore utilisé dans certains cas, notamment lorsque l'on configure une table de routage à la main. Il a l'avantage d'être sécurisé, et aussi de ne pas consommer de bande passante, puisqu'aucune information sur la structure du réseau ne circule sur celui-ci. Dès que la taille du réseau augmente, ou que sa configuration varie, ce type de routage est inadapté.

Dans le **routage dynamique**, les algorithmes de mise à jour des tables sont distribués : chaque routeur l'exécute ; et ils sont aussi itératifs : l'algorithme s'exécute en permanence. Les tables de routage ont une taille limitée.

Dans un réseau, chaque routeur oriente un paquet de données vers la sortie la plus proche de sa destination, sur la base de l'adresse de celle-ci. Pour déterminer la sortie la plus proche, le routeur se base sur une distance (ou coût ou métrique). Les routeurs se **relaient** le paquet de l'un à l'autre.

Le protocole décrémente aussi le TTL du paquet, et signale éventuellement à l'émetteur la destruction du paquet.

Dans un routeur, l'algorithme général de routage est :

**Entrée** : adresse *IP*, adresse de réseau *R* (obtenue à partir de *IP* avec le masque)

**Si** *IP* est dans la table de routage (i.e. on arrive dans le réseau local) :

Envoyer le paquet à cette adresse

**Sinon si** le routeur contient un chemin pour *R* :

Envoyer le paquet à l'étape suivante du chemin

**Sinon si** il existe un chemin par défaut :

Envoyer le paquet sur le chemin par défaut

**Sinon** :

Envoyer un message d'erreur à l'expéditeur

### b. **RIP** (routing information protocol) : protocole à vecteurs de distance

Le protocole RIP est un protocole créé en 1983, par l'université de Californie (UCB, University of California at Berkeley) pour UNIX BSD 4.2. Il provient des travaux de Bellman et Ford (1956-58).

Dans ce protocole, **chaque routeur conserve l'adresse des routeurs voisins**, et met à jour sa table de routage toutes les 30 secondes (avec une variabilité de +/- 5 secondes) en construisant les routes de proche en proche. La métrique utilisée pour optimiser l'envoi des paquets est le **nombre de sauts** entre routeurs (**hop** en anglais). Pour cela :

- Un routeur émetteur E envoie des messages aux routeurs voisins.
- Le voisin V répond en renvoyant sa table de routage (ou une partie éventuellement)
- Le routeur E analyse le message de V.
  - S'il y a une nouvelle route, E l'ajoute dans sa table sous condition. En effet, E va rajouter un saut à la métrique. Le nombre maximal de sauts autorisés est de 15 ; une route de plus de 15 sauts ne sera pas rajoutée dans la table
  - Si la route existe déjà dans la table, trois possibilités se présentent.
    - Soit le coût de la nouvelle route est inférieur au coût en mémoire. L'ancienne route est remplacée par la nouvelle
    - Soit le coût est supérieur et l'ancienne route passait déjà par le routeur voisin V. Cela signifie que l'état du réseau a changé (une panne par exemple). Si le nouveau coût (+ 1 pour la mise à jour du nombre de sauts) est inférieur ou égal à 15, E met à jour le coût. Si ce nouveau coût est supérieur à 15, la route est supprimée.
    - Soit le coût est supérieur et l'ancienne route ne passait pas par V. L'information n'a pas d'intérêt et est ignorée.

*Remarques :*

- On peut prendre comme nombre de sauts –la métrique– le nombre de routeurs traversés, ou bien le nombre de trajets entre routeurs. Les deux quantités diffèrent de 1.
- L'algorithme utilisé pour déterminer le cheminement des messages avec le protocole RIP est l'algorithme de Bellman-Ford, qu'on ne détaillera pas plus.
- Il y a trois versions du protocole RIP (RIPv1, RIPv2, RIPv6 comme next gen, pour l'IPv6)
- Le terme « vecteur de distance » vient du fait que la table de routage peut être considérée comme un vecteur (dans un espace avec beaucoup de dimensions, autant que le nombre d'entrées de la table), et que les coordonnées de ce vecteur sont les distances entre deux machines.
- Si une adresse de réseau n'apparaît pas pendant trois minutes, elle est considérée comme atteinte avec une métrique infinie, c'est à dire avec 16 sauts. Quand un routeur détecte qu'un réseau est inaccessible, il met donc à jour sa table avec 16 sauts pour cette adresse. Information qui sera transmise aux voisins soit lors de la prochaine mise à jour des tables (30 secondes avec RIPv1), soit immédiatement (RIPv2). Cette information est conservée 120 secondes puis supprimée.
- Le protocole RIP considère qu'un routeur est tombé en panne s'il n'a pas envoyé sa table depuis 180 secondes. Les routes passant par ce routeur sont alors retirées des tables.

*Inconvénients :*

- Blocage en cas d'informations contradictoires
- Surcharge du réseau, envoi de messages qui peuvent être lourds et fréquents (grosse consommation de bande passante).
- Métrique non optimale : certaines connexions sont plus rapides que d'autres, ce qui n'est pas pris en compte.
- Temps de convergence assez lent. Si on augmente le nombre de sauts possibles, la convergence est encore plus lente.
- Peu de sécurité
- Un changement sur le réseau peut mettre longtemps à être connu. Par exemple, sur un réseau de diamètre 6, il faut 180 secondes pour qu'une information à une extrémité parvienne à l'autre.

*Avantages :*

- Simple et facile à mettre en place
- Libre de droits
- Solide
- Efficace sur un petit réseau (10 routeurs ou moins)

c. **OSPF** (open shortest path first) : protocole à état de liens

Le protocole OSPF a été construit en 1987 pour répondre aux inconvénients de RIP. Il est plus complexe que RIP, seules les grandes lignes en seront données.

Ce protocole utilise comme métrique la bande passante, plus pertinente que le nombre de sauts.

L'unité de coût choisie est  $\frac{10^8}{\text{débit en bit par seconde}}$ .

Ainsi une liaison Fast Ethernet, de débit 100 Mbits/s, aura un coût de 1, une liaison fibre de 1 Gbit/s un coût de 0,1 etc. les débits « montants » et « descendants » peuvent être différents.

Quelques débits montants :

- Modem 56 Kbits/s maximum
- ADSL 13 Mbits/s
- Bluetooth 3 Mbits/s
- Ethernet 10 Mbits/s
- Wifi de 11 Mbits/s à 10 Gbits/s
- 4G 100 Mbits/s
- Satellite 50 Mbits/s
- FFTH (fibre) 10 Gbits/s maximum

Le réseau est segmenté en plusieurs zones, dites zones autonomes, reliées entre elles par une aire dorsale (backbone area) d'adresse 0.0.0.0. C'est donc cette adresse que l'on utilisera pour consulter un site distant sur le web par exemple. Des routeurs spécialisés (ABR : area border router) connectent entre eux les différentes zones.

A l'intérieur d'une zone, chaque routeur émetteur E envoie des messages « Hello » à tous ses voisins. Ces messages contiennent son identificateur (qui peut être par exemple la plus grande adresse IP de tous ses sous-réseaux), ainsi que les identificateurs des voisins déjà connus. Les voisins répondent par un message qui peut être de deux types. Si le routeur E est déjà connu, le message sera un simple accusé de réception. Si E n'est pas connu, le voisin V renvoie en envoyant les informations qu'il connaît sur la topologie du réseau (message LSA : linked state advertisement, d'où le nom « état de liens »). **Le coût du lien à un voisin est mesuré expérimentalement, et est également transmis.** Après plusieurs messages LSA, tous les routeurs de la zone connaissent la topologie du réseau. Cette étape est la diffusion/« inondation » (flooding) de messages dans tout le réseau.

La deuxième étape est le calcul des chemins optimaux. Ce calcul se fait avec l'algorithme de Dijkstra.

#### *Remarques :*

- Il y a trois versions du protocole OSPF. La première n'a jamais été implémentée, la dernière date de 2008 et est prévue pour l'IPv6.
- OSPF est le protocole conseillé pour les zones autonomes
- Dans la version centralisée, un routeur est désigné (Designated Router) pour centraliser les informations sur le réseau. Il va centraliser les informations pour éviter de surcharger le réseau. Chaque routeur transmet au DR ses routeurs voisins ainsi que le coût des liens. Toutes les 30 minutes ou bien en cas de changement, le DR diffuse la configuration du réseau à tous les routeurs avec des messages LSA.

#### *Inconvénients :*

- Nécessite des routeurs puissants pour le calcul et la mémorisation des chemins minimaux.
- Les données transmises aux routeurs voisins sont plus petites qu'avec le protocole RIP, mais doivent être transmises à tous les voisins.
- Plus complexe que RIP.
- Ne s'adapte pas à la charge des liens.

#### *Avantages :*

- Permet de router dans des réseaux de taille moyenne (100 routeurs ou moins).
- Diffusion moins fréquente des messages que RIP (30 minutes contre 30 secondes).
- Moins de surcharge de la bande passante.
- Converge rapidement.
- Un changement sur le réseau est connu immédiatement.

## 2. Et les gros réseaux ?

Le protocole RIP est adapté pour les petits réseaux, jusqu'à 10 routeurs, et le protocole OSPF pour les réseaux de taille moyenne, jusqu'à 100 routeurs. Et au-delà ?

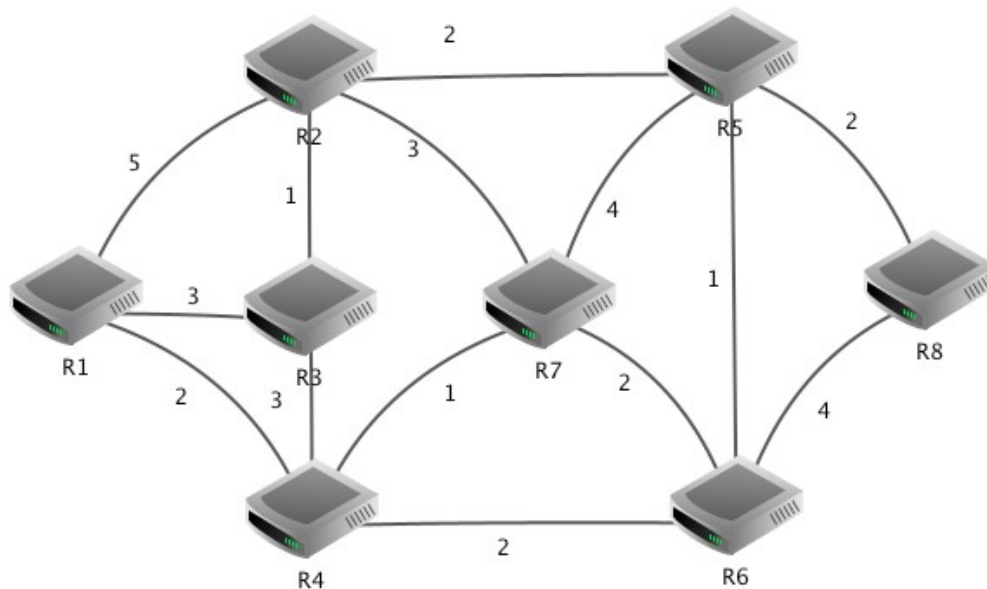
Les réseaux de très grande taille, dont internet, sont organisés en zones autonomes (autonomous zones ou systems, AS). Chaque zone autonome suit son protocole, souvent OSPF mais pas toujours, suivant les besoins spécifiques. Une université, une grande entreprise est une zone autonome par exemple. Les zones autonomes sont reliées par des routeurs suivant le protocole BGP (border gateway protocol).

A l'intérieur d'une AS, la performance est recherchée. Entre AS différents, il peut y avoir des décisions politiques de contrôle du trafic (exemple typique : la Chine). La performance peut passer après ces décisions.

## L'algorithme de Dijkstra

Edsger Wybe Dijkstra est un informaticien néerlandais (1930 – 2002), à qui l'on doit de nombreuses avancées théoriques et pratiques. Il y a plusieurs versions possibles de cet algorithme, et plusieurs manières de l'écrire. Le principe est d'explorer les différentes routes en commençant par les trajets de moindre coût.

*Exemple* : Calcul des chemins de coût minimal **à partir du routeur R1** dans le réseau suivant.



Sommet courant	coût	Sommets voisins	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
R1	0	R2, R3, R4	0, R1	5, R1	3, R1	2, R1	$\infty$ ?	$\infty$ ?	$\infty$ ?	$\infty$ ?