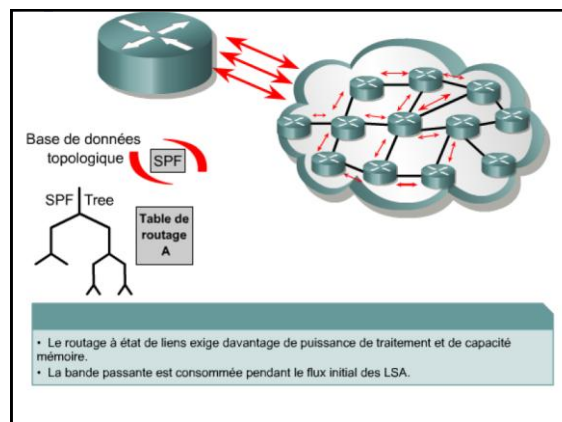


Routage à état de liens (LS)

Pr. Khalil Ibrahim

112



Etat de liens (LS)

- Le deuxième algorithme utilisé pour le routage est l'algorithme : **état de liens**.
- De tel algorithme **d'Edsger Dijkstra**, aussi connus sous le nom algorithmes SPF (Shortest Path First), maintiennent une base de données complexe d'informations topologiques.
- Un algorithme de routage à état de liens comporte toutes les données sur **les routeurs éloignés**, contrairement au vecteur de distance (**globale**).

114

Etat de liens

- Chaque routeur en parallèle avec les autres génère une base de données topologiques constituée **de toutes les mises à jour de routage**.
- L'algorithme SPF calcule l'accessibilité d'un réseau distant:
 - Le routeur génère une topologie logique arborescente (**arbre**) dans laquelle **il représente la racine**, qui comporte toutes les voies du réseau.
 - Ensuite, il trie toutes ces voies en fonction du **plus court chemin d'abord (SPF)**.
- Le routeur **liste ses chemins les plus courts** aux réseaux de destination ainsi que les ports correspondants, dans la table de routage.

115

Algorithme états de liens Dijkstra

- Topologie et coût des liens connus de tous les nœuds. **Tous les nœuds ont la même information.**
- Soit un graphe connecté $G=(V,E)$ avec
 - V un ensemble de nœuds,
 - E un ensemble de liens,
 - un poids c sur chaque lien et une source S .
- Objectif** : trouver les plus courts chemins de S vers tous les nœuds du graphe. **Ce qui fournit la table de routage de ce nœud.**
- S_i** : ensemble des nœuds de plus court chemins déjà calculés par l'algorithme à l'étape i .
- $D(v)$** : coût du chemin minimum de S au nœud V actuellement connu par l'algorithme.
- Iteratif** : après k itérations, le chemin de moindre coût vers les k destinations est trouvée.

116

Algorithme états de liens Dijkstra

- On commence avec le nœud source S . **Sa distance de la source est nulle.** Il est noté actif et étiqueté permanent.
- Tous les nœuds voisins de S sont examinés un après l'autre.
- Chaque nœud est étiqueté en indiquant le meilleur chemin connu au nœud source et la liaison à utiliser.
- A chaque tour, le nœud actif est celui qui, parmi tous les nœuds étiquetés du réseau a la valeur la plus faible. Son étiquette devient permanente.
- On recommence au point 2 avec le nouveau nœud actif.
- L'algorithme s'arrête quand l'étiquette de nœud destination est permanente.

117

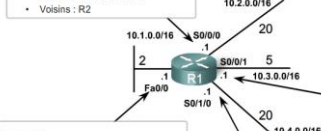
Processus de routage d'état des liaisons

1. Chaque routeur prend connaissance des réseaux qui lui sont connectés directement.
2. Chaque routeur est responsable de l'établissement de la communication (par l'envoi de paquets Hello) avec ses voisins situés sur les réseaux qui lui sont directement connectés.
3. Chaque routeur crée un paquet LSP (Link State Packet) stipulant l'état de chaque liaison directement connectée.
4. Chaque routeur inonde tous ses voisins avec ce paquet LSP, ceux-ci stockent ensuite tous les paquets LSP reçus dans une base de données.
5. Chaque routeur utilise cette base de données pour créer une carte topologique complète et calcule le meilleur chemin vers chaque réseau de destination.

Informations sur l'état des liaisons pour R1

Liaison 2 :

- Réseau 10.2.0.0/16
- Adresse IP 10.2.0.1
- Type de réseau : Serial
- Coût de cette liaison : 20
- Voisins : R2



Liaison 1 :

- Réseau 10.1.0.0/16
- Adresse IP 10.1.0.1
- Type de réseau : Ethernet
- Coût de cette liaison : 2
- Voisins : aucun

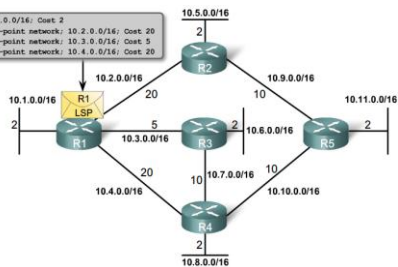
Liaison 3 :

- Réseau 10.3.0.0/16
- Adresse IP 10.3.0.1
- Type de réseau : Serial
- Coût de cette liaison : 5
- Voisins : R3

Liaison 4 :

- Réseau 10.4.0.0/16
- Adresse IP 10.4.0.1
- Type de réseau : Serial
- Coût de cette liaison : 20
- Voisins : R4

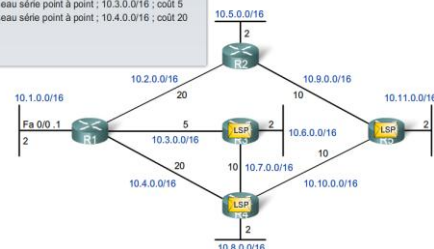
1. R1 : Ethernet network 10.1.0.0/16 ; Coût 2
 2. R1 -> R2 : Serial point-to-point network : 10.2.0.0/16 ; Coût 20
 3. R1 -> R3 : Serial point-to-point network : 10.3.0.0/16 ; Coût 5
 4. R1 -> R4 : Serial point-to-point network : 10.4.0.0/16 ; Coût 20



Inondation de paquets LSP à partir de R1

Contenu de l'état de la liaison de R1

- R1 : réseau Ethernet ; 10.1.0.0/16 ; coût 2
- R1 -> R2 : réseau série point à point ; 10.2.0.0/16 ; coût 20
- R1 -> R3 : réseau série point à point ; 10.3.0.0/16 ; coût 5
- R1 -> R4 : réseau série point à point ; 10.4.0.0/16 ; coût 20



Base de données d'état des liaisons de R1

Paquets LSP de R2 :

- Connecté au voisin R1 sur le réseau 10.2.0.0/16, coût : 20
- Connecté au voisin R5 sur le réseau 10.9.0.0/16, coût : 10
- Possède un réseau 10.5.0.0/16, coût : 2

Paquets LSP de R3 :

- Connecté au voisin R1 sur le réseau 10.3.0.0/16, coût : 5
- Connecté au voisin R4 sur le réseau 10.7.0.0/16, coût : 10
- Possède un réseau 10.6.0.0/16, coût : 2

Paquets LSP de R4 :

- Connecté au voisin R1 sur le réseau 10.4.0.0/16, coût : 20
- Connecté au voisin R3 sur le réseau 10.7.0.0/16, coût : 10
- Connecté au voisin R5 sur le réseau 10.10.0.0/16, coût : 10
- Possède un réseau 10.8.0.0/16, coût : 2

Paquets LSP de R5 :

- Connecté au voisin R2 sur le réseau 10.9.0.0/16, coût : 10
- Connecté au voisin R4 sur le réseau 10.10.0.0/16, coût : 10
- Possède un réseau 10.11.0.0/16, coût : 2

États des liaisons de R1 :

- Connecté au voisin R2 sur le réseau 10.2.0.0/16, coût : 20
- Connecté au voisin R3 sur le réseau 10.3.0.0/16, coût : 5
- Connecté au voisin R4 sur le réseau 10.4.0.0/16, coût : 20
- Possède un réseau 10.1.0.0/16, coût : 2

Destination	Chemin le plus court	Coût
Réseau local de R2	R1 -> R2	22
Réseau local de R3	R1 -> R3	7
Réseau local de R4	R1 -> R3 -> R4	17
Réseau local de R5	R1 -> R3 -> R4 -> R5	27

Arborescence SPF de R1

Table de routage pour R1

Informations de paquet SPF

- Réseau 10.5.0.0/16 via interface série de R2 0/0/0 à un coût de 22
- Réseau 10.6.0.0/16 via interface série de R3 0/0/1 à un coût de 7
- Réseau 10.7.0.0/16 via interface série de R3 0/0/1 à un coût de 15
- Réseau 10.8.0.0/16 via interface série de R3 0/0/1 à un coût de 17
- Réseau 10.9.0.0/16 via interface série de R2 0/0/0 à un coût de 30
- Réseau 10.10.0.0/16 via interface série de R3 0/0/1 à un coût de 25
- Réseau 10.11.0.0/16 via interface série de R3 0/0/1 à un coût de 27

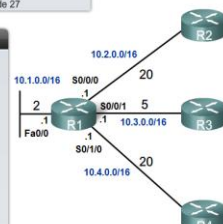
Table de routage pour R1

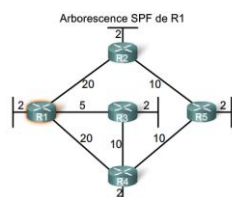
Réseaux directement connectés

- Réseau directement connecté 10.1.0.0/16
- Réseau directement connecté 10.2.0.0/16
- Réseau directement connecté 10.3.0.0/16
- Réseau directement connecté 10.4.0.0/16

Réseaux distants

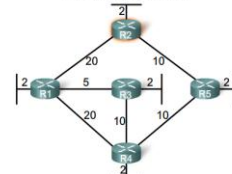
- 10.5.0.0/16 via interface série de R2 0/0/0, coût = 22
- 10.6.0.0/16 via interface série de R3 0/0/1, coût = 7
- 10.7.0.0/16 via interface série de R3 0/0/1, coût = 15
- 10.8.0.0/16 via interface série de R3 0/0/1, coût = 17
- 10.9.0.0/16 via interface série de R2 0/0/0, coût = 30
- 10.10.0.0/16 via interface série de R3 0/0/1, coût = 25
- 10.11.0.0/16 via interface série de R3 0/0/1, coût = 27





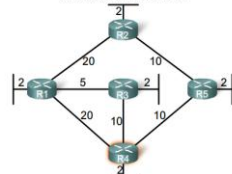
Destination	Chemin le plus court	Coût
Réseau local de R2	R1 à R2	22
Réseau local de R3	R1 à R3	7
Réseau local de R4	R1 à R3 à R4	17
Réseau local de R5	R1 à R3 à R4 à R5	27

Arborescence SPF de R2



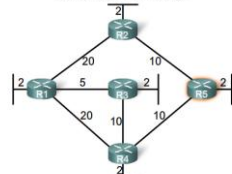
Destination	Chemin le plus court	Coût
Réseau local de R1	R2 à R1	22
Réseau local de R3	R2 à R1 à R3	27
Réseau local de R4	R2 à R5 à R4	22
Réseau local de R5	R2 à R5	12

Arborescence SPF de R4



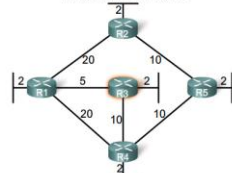
Destination	Chemin le plus court	Coût
Réseau local de R1	R4 à R3 à R1	17
Réseau local de R2	R4 à R5 à R2	22
Réseau local de R3	R4 à R3	12
Réseau local de R5	R4 à R5	12

Arborescence SPF de R5



Destination	Chemin le plus court	Coût
Réseau local de R1	R5 à R4 à R3 à R1	27
Réseau local de R2	R5 à R2	12
Réseau local de R3	R5 à R4 à R3	22
Réseau local de R4	R5 à R4	12

Arborescence SPF de R3



Destination	Chemin le plus court	Coût
Réseau local de R1	R3 à R1	7
Réseau local de R2	R3 à R1 à R2	27
Réseau local de R4	R3 à R4	12
Réseau local de R5	R3 à R4 à R5	22

Open Shortest Path First (OSPF)

- Un **coût** est associé sur chacun des liens en fonction: débit, délai, fiabilité, ...
- OSPF créée en 1987. Deux versions:
 - OSPFv2- OSPF pour les réseaux IPv4 (RFC 1247 et RFC 2328)
 - OSPFv3- OSPF pour les réseaux IPv6 (RFC 2740)
- Les nœuds maintiennent une copie complète de la topologie du réseau par échange de messages (**états des voisins**)
- Utilisation de l'algorithme de **Dijkstra** pour le calcul du plus court chemin
- Taille maximale recommandée du réseau est de 200 routeurs.
- **Lien**: désigne une interface du routeur
- **Etat de lien**: informations relatives à l'état de lien (@IPréseau, @IPinterface, Type d'interface, Coût du lien, Voisins).
- chaque routeur construit un paquet LSP (Link-State Packet) contenant l'état de chaque lien connecté directement.
- Inondation des paquets LSP par les routeurs immédiatement sera uniquement entre les routeurs de la même zone.

Message OSPF

Message OSPF encapsulé

En-tête de trame de liaison de données	En-tête de paquet IP	En-tête de paquet OSPF	Données spécifiques de type de paquet OSPF
--	----------------------	------------------------	--

- L'en-tête de paquet OSPF est inclus dans chaque paquet OSPF, quel que soit son type.
- L'en-tête de paquet OSPF et les données spécifiques relatives à son type sont ensuite encapsulés dans le paquet IP.
- Dans l'en-tête de paquet IP,
 - le champ protocole est défini à 89 pour indiquer OSPF, et
 - l'adresse de destination a pour valeur une des deux adresses multidiffusion suivantes : **224.0.0.5** ou **224.0.0.6**.
- Si le paquet OSPF est encapsulé dans une trame Ethernet, l'adresse MAC de destination est elle aussi une adresse multidiffusion : **01-00-5E-00-00-05** ou **01-00-5E-00-00-06**.

En-tête de trame de liaison de données	En-tête de paquet IP	En-tête de paquet OSPF	Données spécifiques de type de paquet OSPF
--	----------------------	------------------------	--

Trame de liaison de données (champs Ethernet affichés ici)

Adresse MAC source = adresse de l'interface d'envoi
Adresse MAC de destination = multidiffusion : 01-00-5E-00-00-05 ou 01-00-5E-00-00-06

Paquet IP

Adresse IP source = adresse de l'interface d'envoi
Adresse IP de destination = multidiffusion : 224.0.0.5 ou 224.0.0.6
Champ de protocole = 89 pour OSPF

En-tête de paquet OSPF

Code du type de paquet OSPF
ID du routeur et ID de la zone

Types de paquet OSPF

0x01 Hello
0x02 Description de base de données (DD)
0x03 Requête d'état de liens
0x04 Mise à jour d'état de liens
0x05 Accusé de réception d'état de liens

Type de paquets OSPF

- Hello** - les paquets Hello servent à établir puis à maintenir la contiguïté avec d'autres routeurs OSPF.
- DBD** - le paquet de description de base de données (Database Description - Description de base de données) contient une liste abrégée de la base de données d'état des liaisons du routeur expéditeur et est utilisé par les routeurs de destination pour contrôler la base de données d'état des liaisons locale.
- LSR** - les routeurs de destination peuvent alors demander plus d'informations sur n'importe quelle entrée de la DBD, en envoyant une requête LSR (Link-State Request - Requête d'état des liaisons).
- LSU** - les paquets LSU (Link-State Update - Mise à jour d'état de liaisons) sont utilisés pour répondre aux LSR, ainsi que pour annoncer de nouvelles informations.
- LSAck** - lors de la réception d'une LSU, le routeur envoie un LSAck (Link-State Acknowledgement - Accusé de réception d'état des liaisons) pour confirmer la bonne réception de cette LSU.
- Les paquets de mise à jour d'états des liaisons (LSU) sont les paquets utilisés pour la mise à jour du routage OSPF.

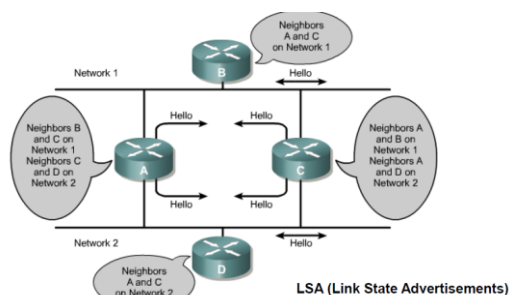
Protocole Hello

En-tête de trame de liaison de données	En-tête de paquet IP	En-tête de paquet OSPF	Données spécifiques de type de paquet OSPF
--	----------------------	------------------------	--

Paquet Hello



Protocole Hello



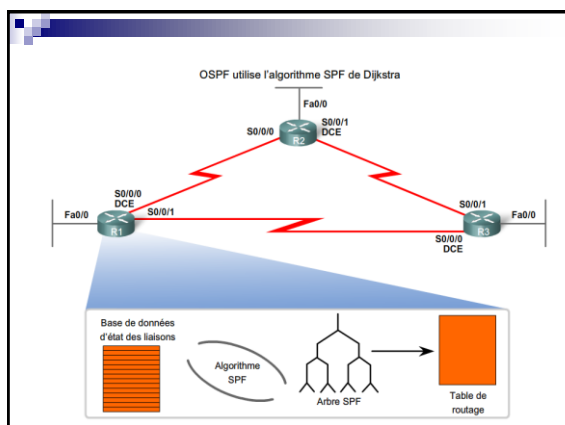
- Le premier type de paquet OSPF est le paquet hello:
 - découvrir des voisins OSPF et établir des contiguïtés ;
 - annoncer les paramètres sur lesquels les deux routeurs doivent s'accorder pour devenir voisins ;
 - définir le routeur désigné (DR) et le routeur désigné de secours sur les réseaux à accès multiple, de type Ethernet et Frame Relay.
- Les champs importants :
 - Type :** type de paquet OSPF : Hello (1), DD (2), LS Request (3) (requête d'état des liaisons), LS Update (4) (mise à jour d'état des liaisons), LS ACK (5) (accusé de réception d'état des liaisons)
 - ID du routeur :** ID du routeur d'origine
 - ID de la zone :** zone d'origine du paquet
 - Masque de réseau :** masque de sous-réseau associé à l'interface expéditrice
 - Intervalle Hello :** nombre de secondes qui s'écoulent entre deux envois de paquets Hello
 - Priorité du routeur :** utilisé dans la sélection du routeur désigné ou du routeur désigné de secours (étudié par la suite)
 - Routeur désigné (DR) :** ID du routeur désigné, le cas échéant
 - Routeur désigné de secours (BDR) :** ID du routeur désigné de secours, le cas échéant
 - Liste des voisins :** indique l'ID de routeur OSPF du ou des routeurs voisins

Types d'intervalle

- Avant que deux routeurs puissent former une contiguïté de voisinage OSPF, ils doivent s'entendre sur trois valeurs :
 - l'intervalle Hello,
 - l'intervalle Dead (arrêt) et
 - le type de réseau.
- L'intervalle Hello OSPF indique la fréquence à laquelle un routeur OSPF envoie des paquets Hello.
 - Par défaut, les paquets OSPF Hello sont envoyés toutes les 10 secondes sur les segments à accès multiple et point à point et
 - toutes les 30 secondes sur les segments à accès NBMA (non-broadcast multiaccess) (X.25, ATM).
- Si l'intervalle Dead expire avant que les routeurs ne reçoivent un paquet Hello, OSPF supprime le voisin de sa base de données d'état des liaisons.
- Le routeur diffuse alors l'information d'état des liaisons concernant le voisin « hors service » vers toutes les interfaces OSPF.

Sélection d'un routeur désigné et d'un routeur désigné de secours

- Pour réduire le trafic OSPF sur les réseaux à accès multiple, OSPF choisit
 - un routeur désigné (DR) et
 - un routeur désigné de secours (BDR).
- Le DR est chargé de la mise à jour de tous les autres routeurs OSPF (appelés DROthers), lorsqu'une modification a lieu au niveau du réseau à accès multiple.
- Le BDR surveille le DR et prend sa place en tant que routeur désigné si ce dernier tombe en panne.



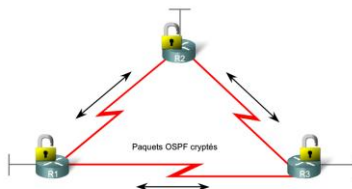
Distance administrative

La distance administrative correspond à la fiabilité (ou préférence) de la route source.

Source de la route	Distance administrative
Connectée	0
Statique	1
Résumé de routes EIGRP	5
BGP externe	20
EIGRP interne	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
EIGRP externe	170
BGP interne	200

Authentification d'OSPF

Les protocoles RIPv2, EIGRP, OSPF, IS-IS et BGP peuvent tous être configurés pour chiffrer et authentifier leurs informations de routage. Cette pratique garantit que les routeurs n'accepteront que les informations en provenance de routeurs ayant été configurés avec le même mot de passe ou les mêmes informations d'authentification.



OSPF Authentication

Cisco.com

Cleartext Authentication:

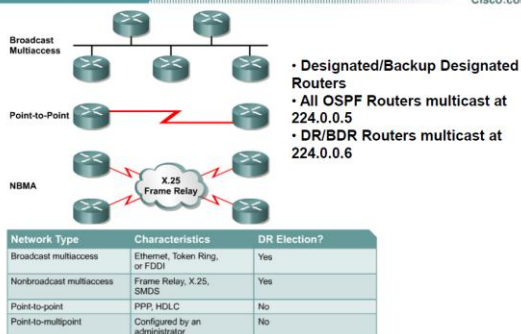
```
Router(Config-if)# interface fa0/0
Router(Config-if)# ip ospf authentication-key password
Router(Config-if)# exit
Router(Config)# router ospf process
Router(Config-router)# area area authentication
```

MD5 Authentication:

```
Router(Config-if)# interface fa0/0
Router(Config-if)# ip ospf message-digest-key num md5 type password
Router(Config-if)# exit
Router(Config)# router ospf process
Router(Config-router)# area area authentication message-digest
```

OSPF Network Types

Cisco.com



Configuration d'OSPF

- OSPF est activé à l'aide de la commande de configuration globale **router ospf process-id**. **R1(config)#router ospf 1**
- Le **process-id** (id de processus) est un nombre compris entre 1 et 65535 choisi par l'administrateur réseau.
- Le **process-id** n'a qu'une signification locale, ce qui veut dire qu'il n'a pas à correspondre à celui des autres routeurs OSPF pour établir des contiguïtés avec des voisins.
- Toute interface de routeur qui correspond à l'adresse réseau dans la commande **network** est activée pour envoyer et recevoir des paquets OSPF. Ce réseau (ou sous-réseau) sera inclus dans les mises à jour de routage OSPF. **Router(config-router)#network adresse réseau masque générique area area-id**.
- Masque générique = masque total - masque réseau**. EX. **255.255.255.255 - 255.255.255.240 = 0.0.0.15**
- Une zone OSPF est un groupe de routeurs qui partagent les informations d'état des liaisons.

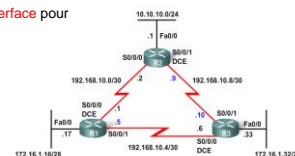
ID du routeur

- Tous les routeurs OSPF de la même zone doivent avoir les mêmes informations dans leur base de données d'état des liaisons, ce qui est possible parce que tous les routeurs diffusent leur état des liaisons individuel à tous les autres routeurs de la zone.
- L'ID de routeur OSPF permet d'identifier de façon unique chaque routeur du domaine de routage OSPF.
- Un ID de routeur est tout simplement une adresse IP.
- Les routeurs Cisco définissent leur ID de routeur en utilisant trois critères, suivant la priorité suivante :
 - L'adresse IP configurée à l'aide de la commande **router-id** du protocole OSPF.
 - Si **router-id** n'est pas configuré, le routeur choisit l'adresse IP la plus élevée parmi ses interfaces de bouclage IP.
 - Si aucune interface de bouclage n'est configurée, le routeur choisit l'adresse IP active la plus élevée parmi ses interfaces physiques.

Vérification de l'ID de routeur

La commande **show ip ospf interface** pour vérifier l'ID de routeur.
Show ip protocols

Cas sans bouclage



```

R1#show ip protocols
Routing Protocol is "ospf 1"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 192.168.10.5
  Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa
  ***results omitted***
  
```

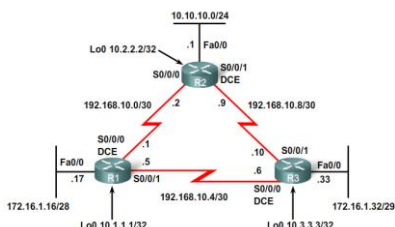
Configuration ID de routeur

- Une adresse de bouclage (loopback) est une interface virtuelle et est automatiquement à l'état actif lorsqu'elle est configurée.
Router(config)#interface loopback number
Router(config-if)#ip address ip-address masque de sous-réseau
- Configuration d'ID du routeur:
 - Router(config)#router ospf process-id**
 - Router(config-router)#router-id ip-address**
- Modification de l'ID de routeur:
 - ID de routeur peut être modifié en définissant une autre adresse IP au moyen de la commande **OSPF router-id**
 - Recharger le routeur: **Router#clear ip ospf process**

Vérification d'OSPF

- La commande **show ip ospf neighbor** peut être utilisée pour vérifier et réparer les relations de voisinage OSPF.
- Neighbor ID** - ID du routeur voisin.
- Pri** - priorité OSPF de l'interface.
- State** - état OSPF de l'interface. L'état FULL signifie que le routeur et son voisin ont des bases de données d'état des liaisons OSPF identiques.
- Dead Time** - durée de temps pendant laquelle le routeur attendra un paquet Hello OSPF du voisin avant de déclarer le voisin hors service. Cette valeur est réinitialisée lorsque l'interface reçoit un paquet Hello.
- Address** - adresse IP de l'interface du voisin à laquelle ce routeur est directement connecté.
- Interface** - interface sur laquelle ce routeur a établi une contiguïté avec son voisin.

Exemple



Exemple

```
R1#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
10.3.3.3	1	FULL/-	00:00:30	192.168.10.6	Serial0/0/1
10.2.2.2	1	FULL/-	00:00:33	192.168.10.2	Serial0/0/0

```
R2#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
10.3.3.3	1	FULL/-	00:00:36	192.168.10.10	Serial0/0/1
10.1.1.1	1	FULL/-	00:00:37	192.168.10.1	Serial0/0/0

```
R3#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
10.2.2.2	1	FULL/-	00:00:34	192.168.10.9	Serial0/0/1
10.1.1.1	1	FULL/-	00:00:38	192.168.10.5	Serial0/0/0

Mesure d'OSPF

Type d'interface	10 ⁹ bits/s = Coût
Fast Ethernet et plus rapide	10 ⁹ /100 000 000 bits/s = 1
Ethernet	10 ⁹ /10 000 000 bits/s = 10
E1	10 ⁹ /2 048 000 bits/s = 48
T1	10 ⁹ /1 544 000 bits/s = 64
128 Kbits/s	10 ⁹ /128 000 bits/s = 781
64 Kbits/s	10 ⁹ /64 000 bits/s = 1562
56 Kbits/s	10 ⁹ /56 000 bits/s = 1785

Par défaut, la bande passante est de 10 à la puissance 8, soit 100 000 000 bits/s ou 100 Mbits/s. Résultat : des interfaces ayant une bande passante de 100 Mbits/s et plus ont un même coût OSPF de 1.

La bande passante de référence peut être modifiée pour s'adapter aux réseaux ayant des liaisons d'une rapidité supérieure à 100 000 000 bits/s (100 Mbits/s) à l'aide de la commande OSPF **auto-cost reference-bandwidth**.

Plus le coût est faible, plus l'interface sera utilisée pour acheminer le trafic de données.

OSPF cumule les coûts des routes.

Modification du coût du lien

```
R1(config)#inter serial 0/0/0
```

```
R1(config-if)#bandwidth 64
```

```
R1(config-if)#inter serial 0/0/1
```

```
R1(config-if)#bandwidth 256
```

```
R1(config-if)#end
```

```
R1#show ip ospf interface serial 0/0/0
```

```
Serial0/0 is up, line protocol is up
```

```
Internet Address 192.168.10.1/30, Area 0
```

```
Process ID 1, Router ID 10.1.1.1, Network Type POINT_TO_POINT, Cost: 1562
```

```
Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT,
```

```
***résultat omis***
```

```
R1(config)#inter serial 0/0/0
```

```
R1(config-if)#ip ospf cost 1562
```

```
R1(config-if)#end
```

```
R1#show ip ospf interface serial 0/0/0
```

```
Serial0/0 is up, line protocol is up
```

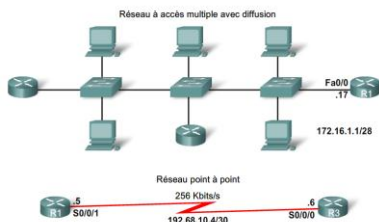
```
Internet Address 192.168.10.1/30, Area 0
```

```
Process ID 1, Router ID 10.1.1.1, Network Type POINT_TO_POINT, Cost: 1562
```

```
Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT,
```

```
***résultat omis***
```

Réseaux à accès multiple



Les LSA sur les réseaux à accès multiple peuvent présenter deux difficultés pour OSPF :

1. La création de contiguïtés multiples, une pour chaque paire de routeurs.
2. Une diffusion massive de LSA.

OSPF

- Établir la liste des routeurs voisins par envoie multicast d'un message HELLO (**état du lien avec le voisin**)
- Élire le routeur désigné (DR) et le routeur de secours (BDR) qui va donner la topologie du réseau à tout le monde.
- Découvrir les routes par une relation maître/esclave avec le DR.
- Le DR initie l'échange en transmettant à chaque routeur un résumé de sa base de données topologique via des **paquets appelés LSP**.
- Élire les routes à utiliser en appliquant l'algorithme SPF sur la base topologique.

Priorité d'OSPF

- Router(config-if)#ip ospf priority {0 - 255}
- La valeur de priorité par défaut était de 1 pour toutes les interfaces de routeur. C'était donc l'ID de routeur qui déterminait le DR et le BDR.
- Mais si vous remplacez la valeur par défaut, 1, par une valeur plus élevée, le routeur dont la priorité est la plus élevée devient le DR, et celui qui a la seconde priorité devient le BDR.
- Lorsqu'elle est attribuée à un routeur, la valeur 0 empêche sa sélection en tant que DR ou BDR.

Comparaison entre CV et LS

Comparaison du routage à vecteur de distance et à état de la liaison

Vecteur de distance	État de la liaison
Vue de la topologie réseau dans la perspective du voisin	Vue commune de toute la topologie du réseau
Additionne les vecteurs de distance d'un routeur à l'autre	Calcule le chemin le plus court aux autres routeurs
Mises à jour périodiques fréquentes : convergence lente	Mises à jour déclenchées par événement : convergence plus rapide
Copies des tables de routage passées aux routeurs voisins	Les mises à jour de routage à état de liaison sont passées aux autres routeurs.

155

© Cisco Systems, Inc. 1999

Border Gateway Protocol (BGP)

- Structure hiérarchique de l'Internet en systèmes autonomes (AS)
- AS** : Un ensemble de routeurs qui partagent des politiques de routage similaires et qui sont gérés dans un même domaine administratif.
- eBGP** : protocoles de routage entre les deux routeurs bordures de deux AS (BGP),
- iBGP** : protocoles de routage interne à un AS comme RIP, OSPF
- BGP est un protocole de type **vecteurs de distance**

156

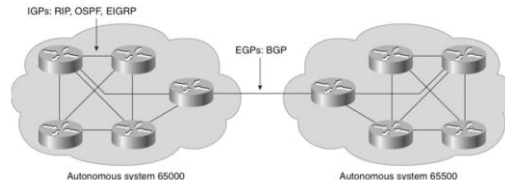
IGP versus EGP

Interior gateway protocol (IGP)

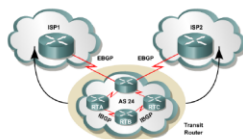
- Un protocole de routage qui opère à l'intérieur d'un Système Autonome (AS)
- RIP, OSPF et EIGRP

Exterior gateway protocol (EGP)

- Un protocole de routage qui opère entre deux ASs



BGP – concepts de base

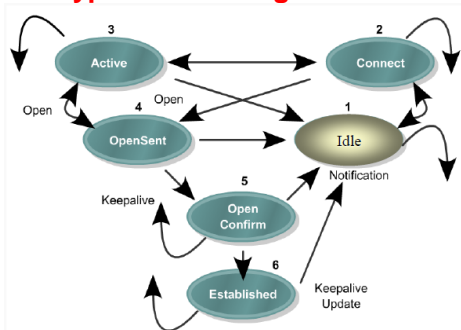


- BGP a pour objectif :
 - l'échange d'informations de routage entre les ASs
 - garantir le choix d'une route sans boucle (*loop-free*)
- BGP4 est la première version de BGP qui supporte CIDR et agrégation de routes
- IGPs comme RIP, OSPF et EIGRP utilisent des métriques
- BGP
 - n'utilise pas une métrique
 - fait les décisions selon des politiques de routage
 - n'indique pas les détails internes des ASs
 - ne représente qu'un arbre d'ASs
- show ip bgp** – commande IOS pour afficher la table de routage BGP

Border Gateway Protocol (BGP)

- Le but du protocole BGP est de pouvoir propager les routes vers d'autres AS.
- Les routes sont différentes entre celles apprises en interne et celles apprises en externe d'AS.
- Le protocole BGP utilise la connexion TCP (port 179).
- Le dialogue BGP est possible uniquement entre deux voisins BGP

Les types de message BGP



show ip bgp neighbors

```

R1# show ip bgp neighbors
BGP neighbor is 172.31.1.3, remote AS 64998, external link
BGP version 4, remote router ID 172.31.2.3
BGP state = Established, up for 00:19:10
Last read 00:00:10, last write 00:00:10, hold time is 180, keepalive
interval is 60 seconds
Neighbor capabilities:
  Route refresh: advertised and received(old & new)
  Address family IPv4 Unicast: advertised and received
Message statistics:
  InQ depth is 0
  OutQ depth is 0

      Sent      Rcvd
Opens:          7        7
Notifications:  0        0
Updates:       13       38
<output omitted>

```

Les types de message BGP

- **BGP Open:** Ce message établit le voisinage avec connexion TCP sur le port 179. Une fois ouverte la connexion, BGP échange plusieurs messages avec les paramètres de la connexion et les informations de routage. Chaque voisin s'identifie et spécifie ses paramètres BGP: La version du protocole BGP, le numéro d'AS, Son identifiant BGP, des paramètres optionnels
- **BGP Keepalive:** Le message est envoyé périodiquement (60 secondes) entre les pairs afin de garder la connexion ouverte
- **Update:** Les messages servent à annoncer des routes candidates, supprimer des routes, ou les deux (Network-Layer Reachability Information (NLRI), Attributs des chemins, routes supprimées)
- **Notification:** Un message est envoyé lorsqu'une erreur est détecté et toujours lorsqu'une connexion est fermée
- **BGP utilise 3 tables pour fonctionner :** Table de voisinage, •Table BGP, Table de routage

Attributs BGP

- **AS_PATH:** contient la liste des AS pour arriver à une destination, Le chemin pour atteindre un AS est représenté comme une séquence de numéros d'AS
- **NEXT_HOP:** indique l'adresse IP à contacter sur le prochain AS dans le chemin vers la destination
- **ORIGIN:** indique la manière dont l'information a été renseignée:
 - **IGP :**
 - La destination se situe à l'intérieur de l'AS d'origine, ce qui est par exemple le cas des routes annoncées avec la commande **network** BGP
 - Une origine IGP est indiquée avec un "I" dans la table BGP
 - **EGP :**
 - (Obsolète) Cette route aurait été apprise grâce à un protocole ancien (EGP) qui n'est plus utilisé
 - Indiquée avec un "e" dans la table BGP
 - **Incomplete :**
 - L'origine de la route est inconnue ou a été apprise par d'autres moyens, comme par exemple une redistribution de routes dans BGP

```

R1# show ip bgp
BGP table version is 24, local router ID is 172.16.1.2
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > internal
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

```

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*> 192.208.10.0	192.208.10.5	0	0	300	i
*> 172.16.1.0	0.0.0.0	0	32768	?	

i = route créée par la commande **network**

```

R1# show ip bgp
<output omitted>

```

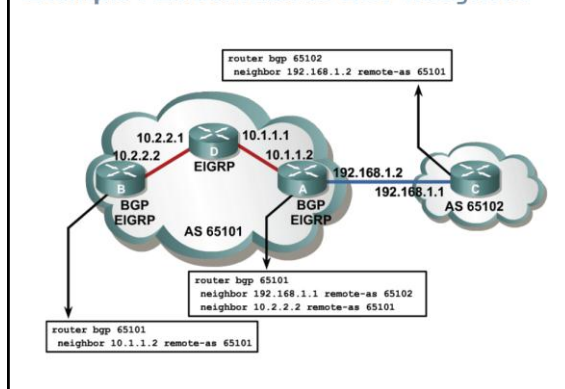
Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*> 10.1.1.0/24	0.0.0.0	0	32768	?	
*> 192.168.1.0/24	10.1.1.2	84	32768	?	
*> 192.168.2.0/24	10.1.1.2	74	32768	?	

? = Route créée par une méthode inconnue (redistribution, e général)

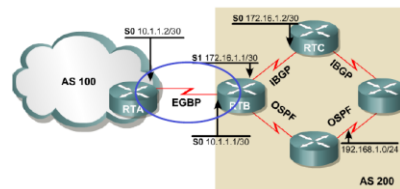
Configuration BGP

- Définir le numéro du système Autonome
Router(config)#**router bgp AS-number**
- Router(config-router)#**network network-number [mask networkmask]**
- Router(config-router)#**neighbor ip-address remote-as AS-number**
- La commande **Neighbor** – Utilisée pour établir une relation de voisinage avec un autre routeur BGP
- Le paramètre **AS-number** indique si le routeur est un voisin EBGp ou IBGP
- Pour désactiver une relation de voisinage BGP existante.
Router(config-router)#**neighbor {ip-address | peer-group-name} shutdown**

Exemple : La commande BGP neighbor

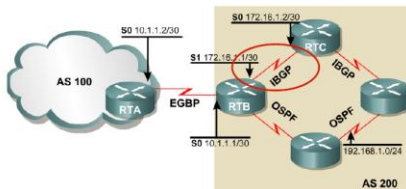


EBGP



- `RTA(config)#router bgp 100`
- `RTA(config-router)#neighbor 10.1.1.1 remote-as 200`
- `RTB(config)#router bgp 200`
- `RTB(config-router)#neighbor 10.1.1.2 remote-as 100`
- Observez que la valeur `remote-as 100` de la commande `neighbor` est différente de la valeur AS-number spécifiée par la commande `router bgp (200)`
- Avec deux numéros AS différents, RTB initie une connexion **EBGP** avec RTA

IBGP



- `RTB(config)#router bgp 200`
- `RTB(config-router)#neighbor 172.16.1.2 remote-as 200`
- `RTB(config-router)#neighbor 172.16.1.2 update-source loopback 0`
- `RTC(config)#router bgp 200`
- `RTC(config-router)#neighbor 172.16.1.1 remote-as 200`
- `RTC(config-router)#neighbor 172.16.1.1 update-source loopback 0`

Comment vérifier la config BGP

- Si le routeur n'a pas installé les routes prévues, on peut utiliser la commande `show ip bgp` pour vérifier les routes que BGP a apprises

```

RTA#show ip bgp
BGP table version is 3, local router ID is 10.2.2.2
Status codes: s - suppressed, d - damped, h - history, * - valid, > - best, i - internal
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
  
```

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
* 11.0.0.0	192.168.1.6	0	100	0	200 400 e
*> 110.1.1.1/32	10.1.1.1	0	100	0	i
*> 1172.16.1.0/24	10.1.1.1	0	100	0	i
* 192.168.1.32/27	192.168.1.6	0	100	0	200 i

```

RouterC#show ip bgp
BGP table version is 8, local router ID is 200.200.200.66
Status codes: s - suppressed, d - damped, h - history, * - valid, > - best, i - internal
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
  
```

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*> 11.0.0.0	0.0.0.0	0	32768	i	
*> 12.0.0.0	200.200.200.65			0	300 200 i
*> 192.10.2.0	200.200.200.65			0	300 i

- **BGP table version** – numéro de version interne, augmente à chaque update
- **local router ID** – adresse IP du routeur
- **Status codes** – Statut des entrées dans la table
 - s — l'entrée a été supprimée
 - * — l'entrée est valide
 - > — l'entrée est le meilleur chemin pour le réseau (path vector)
 - i — l'entrée a été apprise par une session IBGP

show ip bgp

```

RouterC#show ip bgp
BGP table version is 8, local router ID is 200.200.200.66
Status codes: s - suppressed, d - damped, h - history, * - valid, > - best, i - internal
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
  
```

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*> 11.0.0.0	0.0.0.0			0	32768 i
*> 12.0.0.0	200.200.200.65			0	300 200 i
i					
*> 193.10.2.0	200.200.200.65			0	300 i

- **Origin codes** – L'origine des entrées :
 - i — entrée originaire d'un IGP
 - e — entrée originaire d'un EGP
 - ? — entrée avec une origine non établie. Normalement est un routeur BGP appris à partir d'un IGP
- **Network** – adresse IP du réseau
- **Next Hop** – adresse IP du prochain saut. Une entrée 0.0.0.0 indique que le routeur a une route non-BGP vers la destination

show ip bgp

```

RouterC#show ip bgp
BGP table version is 8, local router ID is 200.200.200.66
Status codes: s - suppressed, d - damped, h - history, * - valid, > - best, i - internal
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop           Metric LocPrf  Weight Path
*> 11.0.0.0          0.0.0.0             0         32768 i
*> 12.0.0.0          200.200.200.65      0         300 200 i
*> 193.10.2.0        200.200.200.65      0         300 i

```

- **Metric** – Si affichée, indique une métrique du système interautonome
- **LocPrf** – Préférence locale, définie avec la commande **set local-preference**. La valeur défaut est de 100
- **Weight** – Poids d'une route, définie par les filtres de l'AS
- **Path** – Le chemin vers la destination