

IP ROUTING

OSPFv2 et OSPFv3

[François-Emmanuel Goffinet](#)

Formateur IT

Version 15.11

Introduction

- Ce cours vise les objectifs des certifications Cisco ICND1 (100-101) et ICND2 (200-101, 200-120) sur les sujets du routage dynamique OSPFv2 et OSPFv3.
- Orienté constructeur, le propos est divisé en trois parties progressives :
 - L'essentiel OSPF,
 - Opérations au sein d'une zone OSPF
 - et enfin, Opérations OSPF multi-zones.
- Remarque sémantique : la notion d'*area* OSPF est traduite ici par le terme de "zone" OSPF. La notion d'*adjacency* est traduite par "adjacence", "contiguïté" ou encore "voisinage".
- Il est conseillé de se munir d'un lab cisco réel ou virtuel.

Objectifs ICND1

4. Technologies de Routage IP

4.7. Configurer et vérifier OSPF (zone unique)

- 4.7.a. Zone unique

- 4.7.b. Configurer OSPF v2

- 4.7.c. Configurer OSPF v3

- 4.7.d. ID de routeur

- 4.7.e. Interface passive

Objectifs ICND2

2. Technologies de routage IP

2.5 Configurer et vérifier OSPF (multi-area)

2.5.a Adjacences, voisinage

2.5.b Etats OSPF

2.5.c Configurer OSPv2

2.5.d Configurer OSPv3

2.5.e Router ID

2.5.f Comprendre les types LSA et leur motivation

4. Diagnostic

4.5 Diagnostiquer et résoudre des problèmes OSPF

4.5.a Vérifier les neighbor adjacencies

4.5.b Vérifier les compteurs hello and dead

4.5.c Vérifier l'OSPF area

4.5.d Vérifier la valeur MTU de l'interface

4.5.e Vérifier le type de réseau

4.5.f Vérifier les états de voisinage

4.5.g Vérifier la table topologique OSPF

Sommaire

I. L'essentiel OSPF

[1. Introduction à OSPF](#)

[2. Hiérarchie OSPF](#)

[3. Le fonctionnement d'OSPF dans une zone](#)

[4. Configuration OSPF](#)

[5. L'algorithme du chemin le plus court](#)

II. Opérations au sein d'une zone

[6. Messages OSPF](#)

[7. Etats de voisinage OSPF](#)

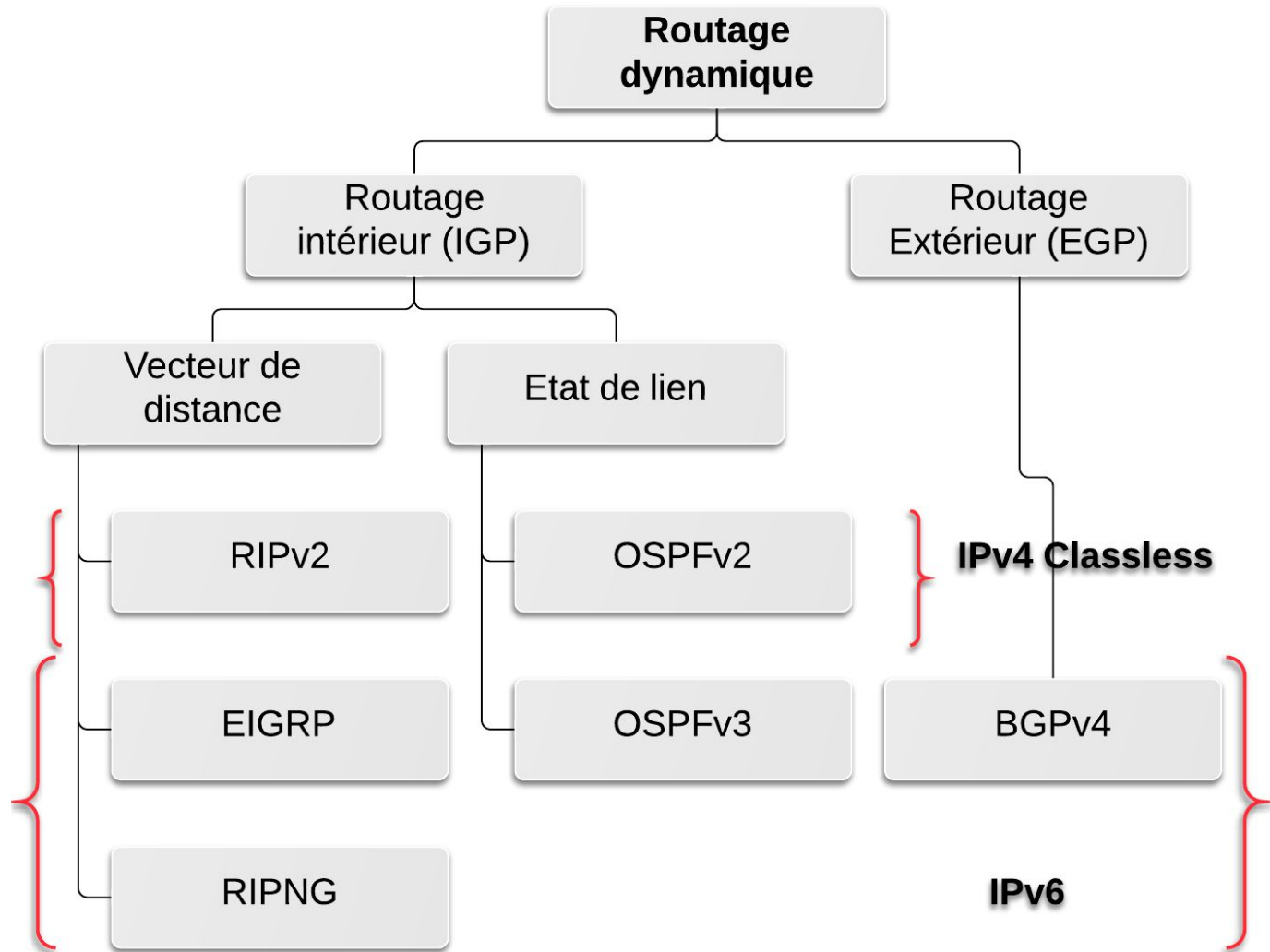
[8. Election DR-BDR](#)

[9. Maintien des informations de routage](#)

I. L'essentiel OSPF

1. Introduction à OSPF

Classification des protocoles de routage



Protocole à vecteur de distance

Un protocole de routage à vecteur de distance est celui qui utilise un algorithme de routage qui additionne les distances pour trouver les meilleures routes (Bellman-Ford). Les routeurs envoient l'entièreté de leur table de routage aux voisins. Ils sont sensibles aux boucles de routage. Dans ce type de protocole, aucun routeur ne remplit de fonction particulière. On parlera de connaissance "plate" de l'inter-réseau ou de routage non-hiérarchique. Ils convergent lentement. On citera RIP comme étant représentatif. EIGRP est aussi un protocole à vecteur de distance entièrement optimisé par Cisco Systems.

Protocole de routage à état de lien

- Un protocole de routage à état de lien utilise un algorithme plus efficace (Dijkstra ou Shortest Path First). Les routeurs collectent l'ensemble des coûts des liens et construisent de leur point de vue l'arbre de tous les chemins possibles. Les meilleures routes sont alors intégrées à la table de routage.
- On parlera de routage hiérarchique (à deux niveaux).
- On citera OSPF et IS-IS.
- Ils convergent très rapidement.
- Les routeurs entretiennent des relations de voisinage maintenues.

Distances administratives (par défaut)

La distance administrative est le poids administratif d'une route apprise par un protocole de routage. Une distance administrative faible donne la préférence pour une route apprise. Une route EIGRP sera préférée à une route RIP. Par défaut, une route statique sera préférée à toute autre route dynamique.

<u>Méthode de routage</u>	<u>Distance administrative</u>
---------------------------	--------------------------------

Réseau connecté	0
Route statique	1
Ext-BGP	20
Int-EIGRP	90
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
Int-BGP	200
Inconnu	255

Comparatif protocoles de routage

Vecteur de distance	Etat de lien
Algorithme Bellman-Ford (RIP)	Algorithme Dijkstra (OSPF)
Facile à configurer	Compétences requises
Partage des tables de routage	Partage des liaisons
Réseaux plats	Réseaux conçus (design) organisés en <i>areas</i>
Convergence plus lente	Convergence rapide, répartition de charge
Topologies limitées	Topologies complexes et larges
Gourmand en bande passante	Relativement discret
Peu consommateur en RAM et CPU	Gourmand en RAM et CPU
Mises à jour régulière en broadcast/multicast	Mises à jour immédiate
Pas de signalisation	Signalisation fiable et en mode connecté
RIPv1 - UDP520 - 255.255.255.255 RIPv2 - UDP520 - 224.0.0.9 EIGRP - Cisco Systems (DUAL) 224.0.0.10, FF02::A, RTP	OSPFv2/v3 - IP89 - 224.0.0.5, 224.0.0.6, FF02::5, FF02::6 IS-IS

OSPF (Open Shortest Path First)

- Le protocole OSPF (Open Shortest Path First) a été développé par l'IETF pour répondre au besoin d'un protocole de routage intérieur (IGP, Internal Gateway Protocol) dans la pile des protocoles TCP/IP, non-propriétaire et hautement fonctionnel.
- Les discussions sur la création d'un IGP commun et inter-opérable pour l'Internet commença en 1987.
- La version actuelle d'OSPFv2 est décrite dans la [RFC 2328](#) (1998). Une version 3 est définie dans la [RFC 5340](#) et permet l'utilisation d'OSPF dans un réseau IPv6 (2008) et même d'embarquer des routes IPv4.
- Son principal concurrent sur les infrastructures homogènes d'entreprises est EIGRP, propriétaire Cisco.
- OSPF est un protocole de routage à états de liens.

Limites de RIP (1/2)

La croissance rapide et l'expansion des réseaux a poussé RIP à ses limites. RIP comporte certaines restrictions qui peuvent causer des problèmes dans les réseaux larges :

- RIP a une limite de **15 sauts**. Un réseau qui comporte plus de 15 sauts (15 routeurs) est considéré comme inaccessible.
- RIPv1 **ne supporte pas** les masques à longueur variable (VLSM : Variable Length Subnet Mask). Compte tenu du manque d'adresses IP et de sa flexibilité, le VLSM comporte des avantages considérables dans les plans d'adressage.
- L'envoi périodique de l'entièreté des tables de routage en diffusion (broadcast) ou Multicast consomme une grande quantité de **bande passante**.
- RIP **converge plus lentement** qu'OSPF. Dans les très grands réseaux, la convergence doit être rapide.

Limites de RIP (2/2)

- **RIP ne prend pas en compte les paramètres de délai et de coût.** Les décisions de routage sont uniquement basées sur le nombre de sauts quelque soit la bande passante ou les délais des lignes .
- Les réseaux RIP sont des **réseaux plats**. Il n'y a pas de concept d'area (zone) ou de boundary (frontière). Avec l'introduction du routage sans classe (classless) et l'utilisation intelligente de l'agrégation et de la summarization des routes, les réseaux RIP ont moins de succès.
- RIP est sensible aux **boucles de routage**.
- Il reste néanmoins facile à déployer.

Certaines améliorations ont été introduites dans une version nouvelle de RIP appelée RIPv2. RIPv2 supporte le VLSM, permet l'authentification et les mises à jour de routage multicast.

Toutefois, ces améliorations restent faibles car RIPv2 est encore limité par le nombre de sauts et une convergence lente qui conviennent mal aux réseaux étendus.

Caractéristiques comparatives (1/2)

- Il n'y a pas de limite du nombre de sauts. OSPF étant un protocole de routage à état de lien, chaque routeur possède une connaissance complète des réseaux au sein d'une zone (area). Aussi, le danger de boucles de routage n'étant a priori plus présent, la limite du nombre de sauts n'est plus nécessaire.
- L'utilisation intelligente du **VLSM** améliore les plans d'adressage (allocations d'adresses IP). Il supporte aussi l'agrégation et la **summarization** de routes.
- Il utilise **IP multicast** pour envoyer ses mises à jour d'état de lien. Cette méthode prend moins de ressources aux routeurs qui n'écoutent pas de paquets OSPF. Aussi, ces mises à jour sont envoyées uniquement lors d'un changement de topologie. On économise de manière évidente la bande passante. Les mises à jour sont seulement incrémentielles et opportunes.

Caractéristiques comparatives (2/2)

- OSPF offre une **meilleure convergence** que RIP parce que les changements de routage sont propagés instantanément et (non périodiquement) de manière incrémentielle grâce aux relations de voisinage entretenues.
- OSPF est meilleur pour la **répartition de charge (load balancing)**.
- Le choix du meilleur chemin est basé sur le **coût** (la bande passante inversée). Cette métrique peut être définie manuellement sur les interfaces.
- OSPF permet une définition logique des réseaux où les routeurs peuvent être répartis en **zones (area)**. Cela évitera une explosion de mises à jour d'états de lien sur l'ensemble du réseau. On peut également ainsi fournir un mécanisme d'agrégation des routes et stopper la propagation inutile des informations de sous-réseaux existants.
- Il permet l'**authentification de routage** par l'utilisation de différentes méthodes d'identification avec mots de passe.
- Il permet le transfert et l'étiquetage des routes extérieures injectées dans un Système Autonome (AS) pour permettre de les maintenir par des EGPs comme BGP.

Les éléments clés d'OSPF

- Les routeurs OSPF entretiennent une **relation orientée connexion** avec les routeurs d'un même segment physique. Dans la terminologie OSPF, on parlera d'**adjacency**, en français, **d'adjacence** ou de **contiguïté**.
- Au lieu d'envoyer des mises à jour entière lors d'un changement topologique, OSPF envoie des **mises à jour incrémentielles**.
- OSPF n'est pas limité par une segmentation dépendante de l'adressage IP ou des sous-réseaux, il utilise la **notion d'area** pour désigner un groupe de routeurs.
- OSPF supporte entièrement les possibilités du **VLSM** et de la **summarization manuelle** des routes.
- Grâce à la possibilité de donner des **rôles** particuliers aux routeurs, la communication inter-area/inter-routeurs est efficace.
- Bien qu'OSPF permette une communication inter-area, il reste un protocole de routage intérieur (**IGP**).

Que signifie Link-States / Etats de liens ?

- OSPF est un protocole à **état de lien**.
- Nous pouvons penser qu'un lien est l'interface d'un routeur.
- L'état d'un lien est une description de cette interface et de la relation qu'elle entretient avec ses routeurs voisins.
- Une description de cette interface pourrait comprendre, par exemple, son adresse IP, le masque, le type de réseau connecté, les routeurs connectés, etc.
- L'ensemble de ces états de liens forme la *link-state database*. La ***link-state database* ou *topology table***, est identique sur tous les routeurs d'une area (zone).

Exemple d'état de lien OSPF

Un Link State Advertisement (LSA) est l'information de routage échangée par les routeurs dans des messages Link State Update (LSU).

▽ Router-LSA

```
.000 0001 1010 1101 = LS Age (seconds): 429 ←
0... .... = Do Not Age Flag: 0
▷ Options: 0x22 (DC, E)
LS Type: Router-LSA (1)
Link State ID: 172.31.255.2 (172.31.255.2)
→ Advertising Router: 172.31.255.2 (172.31.255.2)
→ Sequence Number: 0x8000000b
Checksum: 0xbc60
Length: 48
▷ Flags: 0x01 (B)
Number of Links: 2
▷ Type: Transit ID: 192.168.4.3 Data: 192.168.4.2 Metric: 10
▷ Type: Stub ID: 192.168.3.0 Data: 255.255.255.0 Metric: 10
```

Support d'IPv6 : OSPFv3

OSPFv2 et OSPFv3 ont des messages, un algorithme et un fonctionnement très proches. Parmi d'autres, on notera au moins deux différences. En OSPFv3 :

- Des messages renommés et nouveaux
- Deux approches de configuration OSPFv3 sous Cisco IOS :
 - Une configuration traditionnelle (uniquement IPv6)
 - L'approche par address-family (supportant aussi bien IPv4 qu'IPv6)

2. Hiérarchie OSPF

Area ou zone

- Une caractéristique principale d'OSPF est de supporter des inter-réseaux très larges. Ceci est possible grâce au regroupement des routeurs dans des entités logiques appelées **area** ou **zone**.
- La communication inter-area ne laisse passer l'échange d'informations minimales de routage uniquement pour que les zones soient connectées.
- Il en résulte que **les efforts de calcul de routes ne s'opèrent qu'au sein d'une même zone**. Les routeurs d'une zone ne sont pas affectés (en calcul) par les changements intervenus dans une autre zone.
- Dans un contexte où OSPF demande beaucoup de ressources en CPU et en mémoire, cette notion de conception est très importante.

Opérations et rôles

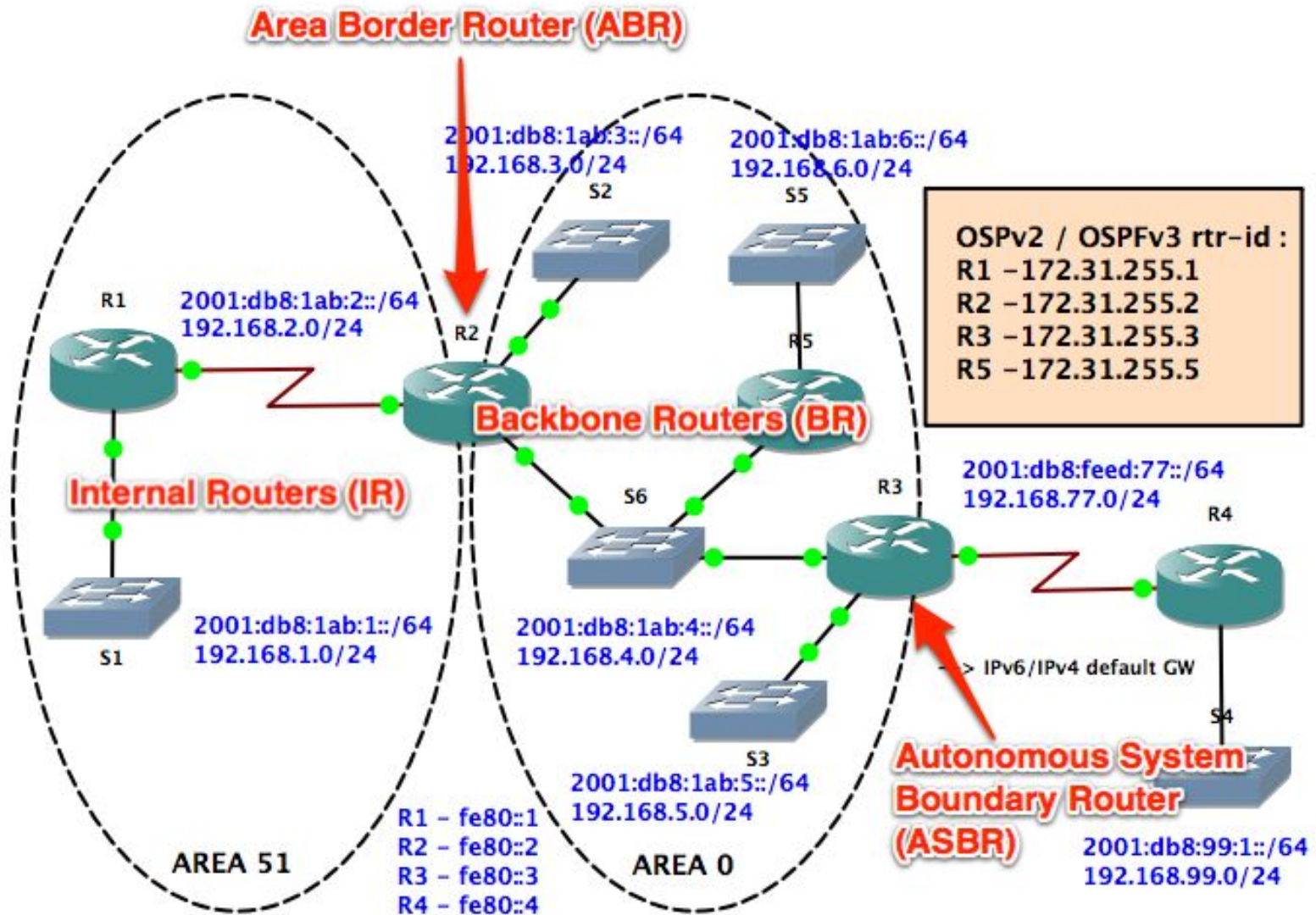
Un routeur OSPF peut prendre en charge trois types d'opérations :

1. opérations dans une zone,
2. connexions inter-zones
3. et connexions avec d'autres systèmes autonomes (AS).

Un routeur OSPF remplit un rôle et une responsabilité particulière qui dépend de l'hiérarchie OSPF établie :

- Internal Router (IR)
- Backbone Router (BR)
- Area Border Router (ABR)
- Autonomous System Boundary Router (ASBR) □

Hiérarchie OSPF



Internal Router (IR)

- Un IR remplit des fonctions au sein d'une zone (area) uniquement.
- Sa fonction primordiale est d'entretenir à jour sa base de donnée avec tous les réseaux de sa zone (area), sa base de donnée d'états de lien (link-state database), qui est identique sur chaque IR.
- Il renvoie toute information aux autres routeurs de sa zone (area), le routage ou l'inondation (flooding) des autres zones requiert l'intervention d'un Area Border Router (ABR).

Backbone Router (BR)

- Une des règles de conception OSPF est que chaque zone (area) dans l'inter-réseau doit être connectée à une seule zone, la **zone 0** ou la **backbone area**.
- Les BR ont une interface connectée à la backbone area.

Area Border Router (ABR)

- □ Un ABR connecte deux ou plusieurs zones (area) dont l'area 0.
- Un ABR possède autant de bases de données d'états de lien qu'il y a d'interfaces connectées à des zones différentes.
- Chacune de ces bases de données contient la topologie entière de la zone connectée et peut donc être *summarisée*, c'est-à-dire agrégée en une seule route IP.
- Ces informations peuvent être transmises à la zone de backbone pour la distribution.
- Un élément clé est qu'un ABR est l'endroit où l'agrégation doit être configurée pour réduire la taille des mises à jour de routage qui doivent être envoyées ailleurs.
- Donc quand on parle des capacités d'OSPF de minimiser les mises à jour de routage, on peut directement penser au rôle rempli par les ABR.

Autonomous System Boundary Router (ASBR)

- □□ OSPF est un IGP (Interior Gateway Protocol), autrement dit □ il devra être connecté au reste de l'Internet par d'autres AS.
- Ce type de routeur fera en quelque sorte office de passerelle vers un ou plusieurs AS. L'échange d'information entre un AS OSPF et d'autres AS est le rôle d'un ASBR
- Les informations qu'il reçoit de l'extérieur seront redistribuées au sein de l'AS OSPF.

3. Le fonctionnement d'OSPF dans une zone

Fonctionnement dans une zone

- Pour chaque zone (area) une table d'états de lien est construite et maintenue.
- La table de routage est construite à partir de cette base de donnée.
- Ce résultat est obtenu grâce à l'application de l'algorithme de routage SPF.

Étape 1 : Découverte des voisins

- D'abord, l'interface d'un routeur doit trouver ses voisins et entretenir une relation avec chaque voisin L2.
- Il utilise des paquets Hello.
- Dès son initialisation ou à la suite d'un changement dans la topologie, un routeur va générer un link-state advertisement (LSA).
- Cette annonce va représenter la collection de tous les états de liens de voisinage du routeur.

Étape 2 : Inondations et mises-à-jour

- Tous les routeurs de la zone (area) vont s'□échanger ces états de liens par inondation (flooding).
- Chaque routeur qui reçoit des mises à jour d'□état de lien (link-state update), en gardera une copie dans sa link-state database
- et propagera la mise à jour auprès des autres routeurs.

Étape 3 : Calcul des routes

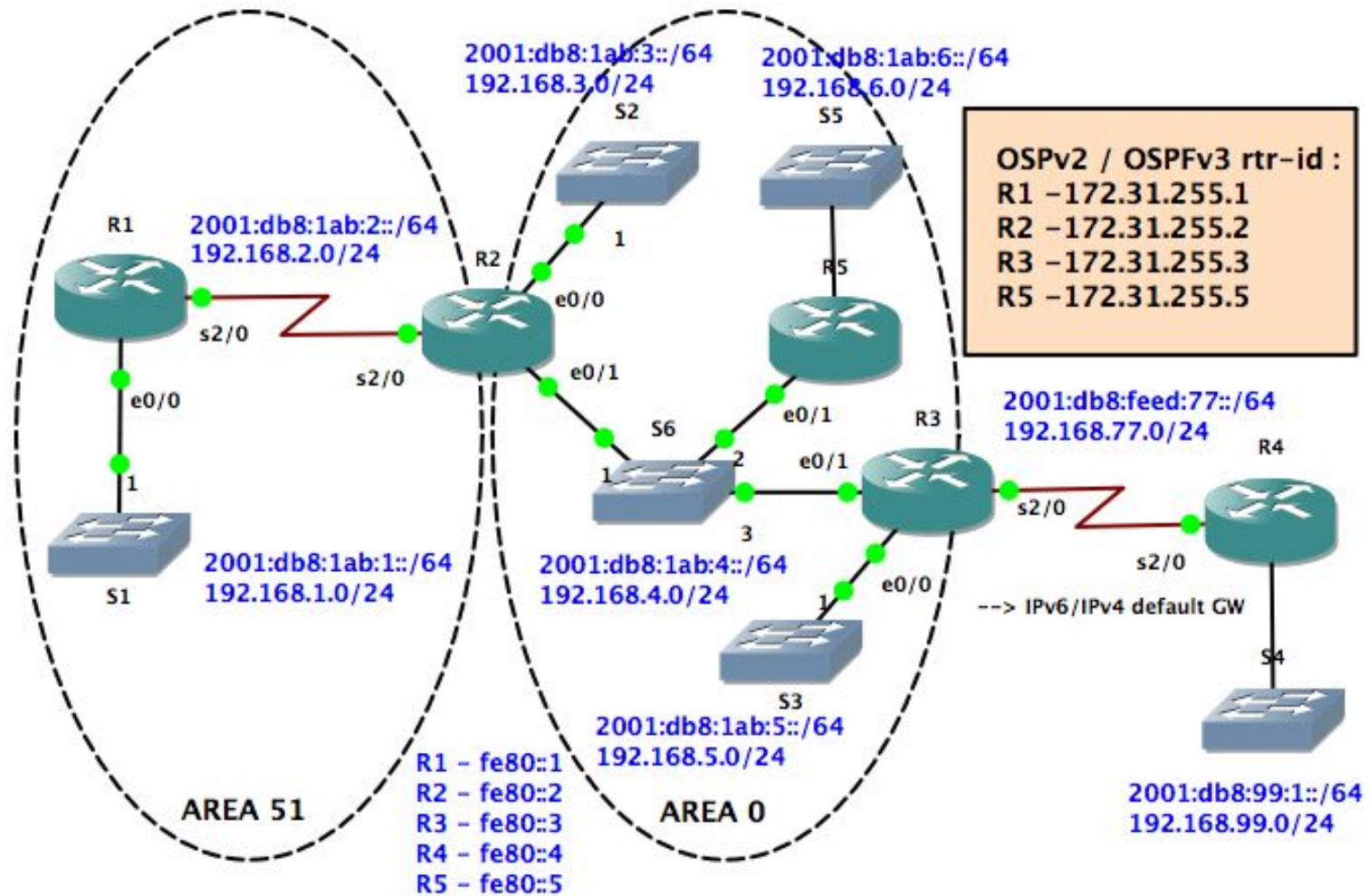
- Après que la base de données de chaque routeur ait été complétée, chacun va calculer l'arbre du chemin le plus court (Shortest Path Tree) vers toutes les destinations avec l'algorithme Dijkstra.
- Il construira alors la table de routage (routing table), appelée aussi forwarding database, en choisissant les meilleures routes à inscrire.

Étape 4: Maintenance des routes

- Si il n'y a pas de modification topologique, OSPF sera très discret.
- Par contre en cas de changement, il y aura échange d'informations (par des paquets d'état de lien) et l'algorithme Dijkstra recalculera les chemins les plus courts à inscrire dans la table de routage.

4. Configuration OSPF

Topologie OSPFv2 OSPFv3



Description de la topologie

- Un processus OSPFv2 pour IPv4
- et un processus OSPFv3 pour IPv6

Deux zones pour chacun des processus :

- Une zone de backbone : 0
- Une zone 51

Rôles OSPF :

- Backbone Routers (BR) : R2, R5 et R3
- Area Border Router (ABR) : R2
- Autonomous System Border Router (ASBR) : R3

Interfaces

Chaque interface du routeur dispose d'une adresse :

- IPv4 privée
- IPv6 link-local identique sur chacune
- IPv6 globale (adresse de documentation)

Une interface Loopback 0 avec une adresse unique 172.31.255.1/32 (R1), 172.31.255.2/32 (R2), 172.31.255.3/32 (R3) et 172.31.255.5/32 (R5) permet de déterminer ID OSPFv2.

Routing IPv4

Six réseaux participent au routage IPv4 au sein d'OSPFv2 :

- **192.168.1.0/24 (area 51)**
- **192.168.2.0/24 (area 51)**
- **192.168.3.0/24 (backbone area 0)**
- **192.168.4.0/24 (backbone area 0)**
- **192.168.5.0/24 (backbone area 0)**
- **192.168.6.0/24 (backbone area 0)**

Une **route statique par défaut** et une route pour **192.168.99.0/24** est redistribuée dans OSPFv2 à partir de l'ASBR (R3). Soit huit réseaux IPv4 à connaître, huit états de liens (Link-State, LSA).

Le routeur externe R4 dispose d'une route IPv4 par défaut vers R3.

Routing IPv6

Six réseaux participent au routage IPv6 au sein d'OSPFv2 :

- **2001:DB8:1AB:1::/64 (area 51)**
- **2001:DB8:1AB:2::/64 (area 51)**
- **2001:DB8:1AB:3::/64 (backbone area 0)**
- **2001:DB8:1AB:4::/64 (backbone area 0)**
- **2001:DB8:1AB:5::/64 (backbone area 0)**
- **2001:DB8:1AB:6::/64 (backbone area 0)**

Une **route statique par défaut** et une route pour **2001:DB8:99:1::/64** est redistribuée dans OSPFv2 à partir de l'ASBR (R3). Soit huit réseaux IPv6 à connaître, huit états de liens (Link-State, LSA).

Le routeur externe R4 dispose d'une route IPv6 par défaut vers R3.

Activation du routage IPv6

Jusqu'aux IOS récents le routage IPv6 n'est pas activé par défaut comme en IPv4 depuis l'IOS 12 (`ip routing`):

```
R2 (config) #ipv6 unicast-routing
```

Configuration des interfaces

```
R2(config)# interface e0/0
R2(config-if)# ip address 192.168.3.2 255.255.255.0
R2(config-if)# ipv6 address FE80::2 link-local
R2(config-if)# ipv6 address 2001:DB8:1AB:3::2/64
R2(config-if)# exit
R2(config)# interface e0/1
R2(config-if)# ip address 192.168.4.2 255.255.255.0
R2(config-if)# ipv6 address FE80::2 link-local
R2(config-if)# ipv6 address 2001:DB8:1AB:4::2/64
R2(config-if)# exit
R2(config-if)# interface s2/0
R2(config-if)# ip address 192.168.2.2 255.255.255.0
R2(config-if)# ipv6 address FE80::2 link-local
R2(config-if)# ipv6 address 2001:DB8:1AB:2::2/64
R2(config-if)# exit
```

Configuration OSPF

Trois éléments sont à retenir dans une configuration minimale d'OSPF :

- OSPF Process ID
- Router ID
- Les interfaces passives

OSPF Process ID

Le process ID est le numéro du processus OSPF qui est lancé sur le routeur. On fixe une valeur locale au routeur qui n'a rien à voir avec les numéros de zones (area).

En OSPFv2 :

```
(config) # router ospf pid  
(config-router) #
```

En OSPFv3 :

```
(config) # ipv6 router ospf pid  
(config-rtr) #
```

Router ID

Chaque routeur de la topologie dispose d'un identifiant unique codé sur 32 bits.

On le représente par une adresse IP administrativement en OSPFv2 et OSPFv3.

En OSPFv2, s'il n'est pas fixé sur les routeur Cisco, l'adresse IP la plus élevée des interfaces de loopback est utilisée, et en leur absence, ce sera l'adresse IP la plus élevée parmi les interfaces physiques.

```
(config-router)# router-id A.B.C.D
```

En OSPv3, on sera obligé de le fixer.

```
(config-rtr)# router-id A.B.C.D
```

Interfaces passives

Les interfaces dites “passives” sont celles qui n’envoient aucun message d’un protocole de routage comme OSPF.

En effet, sur les interfaces LAN de la topologie on ne trouve aucun routeur sous maîtrise.

Par contre, cette mesure n’empêche pas l’interface de prendre en compte des messages OSPF.

```
(config-router) # passive-interface interface
```

Configuration OSPFv2 et OSPFv3

```
R2 (config)# interface lo0
R2 (config-if)# ip add 172.31.255.2 255.255.255.255
R2 (config-if)# exit
R2 (config)# router ospf 1
R2 (config-router)# passive-interface e0/0
R2 (config-router)# exit
R2 (config)# ipv6 router ospf 1
R2 (config-rtr)# passive-interface e0/0
R2 (config-rtr)# router-id 172.31.255.2
R2 (config-rtr)# exit
```


Activation d'OSPF

Activer un protocole de routage en Cisco IOS consiste à déclarer une interface (et son réseau) dans le processus de routage dynamique.

Cette action a pour effet à la fois :

1. d'activer la capacité de l'interface à transmettre et à recevoir des informations de routage,
2. à transporter des annonces pour le réseau connecté à l'interface.

En OSPF, on précise la zone (area) à laquelle participe l'interface.

Activation d'OSPF

En OSPFv2, on prenait l'habitude d'utiliser la commande `network` par exemple pour déclarer le réseau de l'interface `e0/1` de `R2` :

```
(config-router)#network 192.168.4.0 0.0.0.255 area 0
```

En OSPFv3 de manière obligatoire, mais aussi en OSPFv2, il sera plus aisé d'agir sur l'interface :

```
(config)# interface e0/1
```

```
(config-if)# ip ospf pid area area-id
```

```
(config-if)# ipv6 ospf pid area area-id
```

Activation OSPFv2 et OSPFv3

```
R2 (config)# interface e0/0
R2 (config-if)# ip ospf 1 area 0
R2 (config-if)# ipv6 ospf 1 area 0
R2 (config-if)# exit
R2 (config)# interface e0/1
R2 (config-if)# ip ospf 1 area 0
R2 (config-if)# ipv6 ospf 1 area 0
R2 (config-if)# exit
R2 (config)# interface s2/0
R2 (config-if)# ip ospf 1 area 51
R2 (config-if)# ipv6 ospf 1 area 51
R2 (config-if)# exit
```

Vérification de base OSPF

Destinations (routes) apprises :

```
# show ip route
```

```
# show ipv6 route
```

Configuration du routage OSPF :

```
# show ip protocols
```

```
# show ipv6 protocols
```

Éléments à vérifier :

- Process ID
- Distance administrative,
- OSPF Router ID,
- zones (areas),
- Réseau participants

Table de routage OSPFv2

```
R5#show ip ospf rib
```

```
    OSPF Router with ID (172.31.255.5) (Process ID 1)
```

```
    Base Topology (MTID 0)
```

```
OSPF local RIB
```

```
Codes: * - Best, > - Installed in global RIB
```

```
*> 192.168.1.0/24, Inter, cost 84, area 0 via 192.168.4.2, Ethernet0/1
*> 192.168.2.0/24, Inter, cost 74, area 0 via 192.168.4.2, Ethernet0/1
*> 192.168.3.0/24, Intra, cost 20, area 0 via 192.168.4.2, Ethernet0/1
* 192.168.4.0/24, Intra, cost 10, area 0, Connected via 192.168.4.5,
Ethernet0/1
*> 192.168.5.0/24, Intra, cost 20, area 0 via 192.168.4.3, Ethernet0/1
* 192.168.6.0/24, Intra, cost 10, area 0, Connected via 192.168.6.5,
Ethernet0/0
*> 192.168.99.0/24, Ext2, cost 20, tag 0 via 192.168.4.3, Ethernet0/1
*> 0.0.0.0/0, Ext2, cost 1, tag 1 via 192.168.4.3, Ethernet0/1
```

Table de routage IPv4

R5 a-t-il appris des destinations IPv4 ?

R5#show ip route

```
Gateway of last resort is 192.168.4.3 to network 0.0.0.0
O*E2  0.0.0.0/0 [110/1] via 192.168.4.3, 00:00:53, Ethernet0/1
      172.31.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      172.31.255.0/24 is directly connected, Loopback0
L      172.31.255.5/32 is directly connected, Loopback0
O IA   192.168.1.0/24 [110/84] via 192.168.4.2, 00:00:58, Ethernet0/1
O IA   192.168.2.0/24 [110/74] via 192.168.4.2, 00:00:58, Ethernet0/1
O      192.168.3.0/24 [110/20] via 192.168.4.2, 00:00:58, Ethernet0/1
      192.168.4.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.4.0/24 is directly connected, Ethernet0/1
L      192.168.4.5/32 is directly connected, Ethernet0/1
O      192.168.5.0/24 [110/20] via 192.168.4.3, 00:00:53, Ethernet0/1
      192.168.6.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.6.0/24 is directly connected, Ethernet0/0
L      192.168.6.5/32 is directly connected, Ethernet0/0
O E2   192.168.99.0/24 [110/20] via 192.168.4.3, 00:00:53, Ethernet0/1
```

Table de routage IPv6

R5 a-t-il appris des destinations IPv6 ?

R5#show ipv6 route

IPv6 Routing Table - default - 11 entries

```
OE2 ::/0 [110/1], tag 1 via FE80::3, Ethernet0/1
OE2 2001:DB8:99:1::/64 [110/20] via FE80::3, Ethernet0/1
OI 2001:DB8:1AB:1::/64 [110/84] via FE80::2, Ethernet0/1
OI 2001:DB8:1AB:2::/64 [110/74] via FE80::2, Ethernet0/1
O 2001:DB8:1AB:3::/64 [110/20] via FE80::2, Ethernet0/1
C 2001:DB8:1AB:4::/64 [0/0] via Ethernet0/1, directly connected
L 2001:DB8:1AB:4::5/128 [0/0] via Ethernet0/1, receive
O 2001:DB8:1AB:5::/64 [110/20] via FE80::3, Ethernet0/1
C 2001:DB8:1AB:6::/64 [0/0] via Ethernet0/0, directly connected
L 2001:DB8:1AB:6::5/128 [0/0] via Ethernet0/0, receive
L FF00::/8 [0/0] via Null0, receive
```

Vérification de la config OSPFv2

R5#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 172.31.255.5
  Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
  Routing on Interfaces Configured Explicitly (Area 0):
    Ethernet0/1
    Ethernet0/0
  Passive Interface(s):
    Ethernet0/0
  Routing Information Sources:
    Gateway          Distance      Last Update
    172.31.255.2      110          00:12:23
    172.31.255.3      110          00:12:17
  Distance: (default is 110)
```


Vérification de la config OSPFv3

```
R5#show ipv6 protocols
```

```
IPv6 Routing Protocol is "ospf 1"
```

```
Router ID 172.31.255.5
```

```
Number of areas: 1 normal, 0 stub, 0 nssa
```

```
Interfaces (Area 0):
```

```
Ethernet0/1
```

```
Ethernet0/0
```

```
Redistribution:
```

```
None
```

Voisinage OSPF

Table des voisins OSPFv2 de R5 :

R5#**show ip ospf neighbor**

Nearbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
172.31.255.2	1	FULL/DROTHER	00:00:35	192.168.4.2	Ethernet0/1
172.31.255.3	1	FULL/BDR	00:00:32	192.168.4.3	

Table des voisins OSPFv3 de R5 :

R5#**show ipv6 ospf neighbor**

OSPFv3 Router with ID (172.31.255.5) (Process ID 1)

Nearbor ID	Pri	State	Dead Time	Interface ID	Interface
172.31.255.2	1	FULL/DROTHER	00:00:36	4	Ethernet0/1
172.31.255.3	1	FULL/BDR	00:00:33	4	

Etats de liens

Veillez comparer cette table avec celles des autres routeurs de la topologie.

La base de donnée d'états de liens OSPFv2 de R5 :

```
R5#show ip ospf database
```

```
OSPF Router with ID (172.31.255.5) (Process ID 1)
```

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
172.31.255.2	172.31.255.2	196	0x80000002	0x00E241	2
172.31.255.3	172.31.255.3	191	0x80000002	0x000E10	2
172.31.255.5	172.31.255.5	195	0x80000002	0x0019FF	2

Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
192.168.4.5	172.31.255.5	190	0x80000002	0x0093F0

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
192.168.1.0	172.31.255.2	227	0x80000001	0x009C1E
192.168.2.0	172.31.255.2	227	0x80000001	0x002D96

Type-5 AS External Link States

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Tag
0.0.0.0	172.31.255.3	233	0x80000001	0x001EC5	1
192.168.99.0	172.31.255.3	233	0x80000001	0x00D331	0

5. L'algorithm SPF et métrique OSPF

Origine

- L'algorithmme du chemin le plus court est celui qui est utilisé par OSPF pour déterminer le meilleur chemin vers un réseau de destination.
- Avec cet algorithmme, le meilleur chemin est celui qui a le coût le moins cher, le plus faible. Il a été conçu par E. W. Dijkstra (1930-2002), un mathématicien néerlandais (<http://www.cs.utexas.edu/users/EWD/>).
- Publié en 1959, son utilisation dépasse largement le monde des réseaux.

Algorithme

- L'algorithme considère un réseau de noeuds connectés par des liens point à point.
- Chaque lien (LSA) a un coût.
- Chaque noeud a un nom et possède une base de donnée complète de tous les liens et a donc ainsi une connaissance complète de la topologie physique.
- Tous les routeurs de la base de donnée d'état de lien sont identiques.
- L'algorithme du chemin le plus court va alors calculer une topologie sans boucle en utilisant le noeud en question comme point de départ et en examinant à son tour les informations des ses noeuds contigus.

Métrique OSPF

OSPF utilise comme métrique le coût (cost) pour déterminer le meilleur chemin vers une destination. La valeur par défaut du coût dépend de la valeur de la bande passante d'un lien. En général, plus la bande passante diminue plus le coût est élevé.

La formule de calcul du coût d'un lien est :

$$10^8 \text{ bps} / \text{bandwidth} = 100\,000\,000 \text{ bps} / \text{bandwidth}$$

Soit pour un lien 100 Mbps :

$$100\,000\,000 \text{ bps} / 100\,000\,000 \text{ bps} = 1$$

Coûts OSPF

Voici les valeurs par défaut du coût par rapport au type de média sur les IOS Cisco :

Support	Coût
T1 (ligne série 1544kbps)	64
E1 (ligne série 2048kbps)	48
Ethernet	10
Fast Ethernet 100Mbps, FDDI	1

On peut changer la référence de calcul (à faire sur tous les routeurs), 1 par défaut. Pour s'adapter au 10 G :

```
(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 100
```


Calcul du coût le plus faible

Pour calculer le coût le plus faible vers une destination, le routeur exécutera l'algorithme SPF. Pour simplifier, l'algorithme SPF fait la somme des coûts à partir de lui-même (root) vers tous les réseaux de destination. S'il existe plusieurs chemins possibles vers une destination, celui qui a le coût le plus faible est choisi. Par défaut, OSPF inscrit quatre routes équivalentes dans sa table de routage pour permettre la répartition de charge (Load Balancing).

Modifier le coût d'une liaison

Le coût d'une liaison doit être identique sur chaque interface d'un lien.

On peut **fixer** le coût d'une liaison administrativement :

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

On peut aussi **l'influencer** administrativement :

```
(config-if) #bandwidth bw-in-kbps
```

Vérifier le coût d'une liaison

```
R5#show interface e0/0
```

```
Ethernet0/0 is up, line protocol is up  
  Hardware is AmdP2, address is aabb.cc00.0300 (bia aabb.cc00.0300)  
  Internet address is 192.168.6.5/24  
  MTU 1500 bytes, BW 10000 Kbit/sec, DLY 1000 usec,  
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255  
  Encapsulation ARPA, loopback not set  
  Keepalive set (10 sec)
```

```
R5#show ip ospf interface e0/0
```

```
Ethernet0/0 is up, line protocol is up  
  Internet Address 192.168.6.5/24, Area 0, Attached via Interface  
  Enable  
  Process ID 1, Router ID 172.31.255.5, Network Type BROADCAST,  
  Cost: 1000
```

Distance administrative (AD) OSPF

La distance administrative (AD) est la valeur de préférence d'un protocole du routage sur un autre. La distance administrative par défaut d'OSPF sur un routeur Cisco est **110**.

Pour modifier cette valeur (à configurer de manière cohérente sur tous les routeurs) :

```
(config-router)#distance ?  
  <1-255>  Administrative distance  
  ospf     OSPF distance  
(config-router)#distance ospf ?  
  external  External type 5 and type 7 routes  
  inter-area Inter-area routes  
  intra-area Intra-area routes
```

Répartition de charge / Load Balancing

OSPF est capable de répartir la charge de trafic sur des liens à coûts égaux : 4 par défaut.

Pour modifier cette limite :

```
(config-router) #maximum-paths    ?  
    <1-32>    Number of paths
```

II. Opérations au sein d' une zone OSPF

6. Messages OSPF

Relations de voisinage

Avant de s'□échanger des informations de routage, les routeurs OSPF établissent des relations ou des états avec leurs voisins afin de partager efficacement les informations d'□états de lien.

Messages OSPF

- Un protocole à vecteur de distance comme RIP (ou IGRP) utilise aveuglément le broadcast ou le multicast en envoyant par chaque interface leur table de routage complète toutes les 30 secondes (par défaut).
- A contrario, les routeurs OSPF comptent 5 différents types de paquets pour identifier leurs voisins et mettre à jour les informations de routage à état de lien.
- OSPF utilise l'Unicast et deux adresses Multicast pour livrer ces messages :
 - **224.0.0.5, FF02::5** (Tous les routeurs OSPF)
 - **224.0.0.6, FF02::6** (Les routeurs DR/BDR OSPF)

5 types de messages OSPF

Type de paquet OSPF	Description
Type 1 □ Hello	Établit et maintient les informations de contiguïté (adjacency information) avec les voisins.
Type 2 □ Database Description packet (DBD)	Décrit le contenu des bases de données d'état de liens (link-state database) des routeurs OSPF.
Type 3 □ Link-state request (LSR)	Demande des éléments spécifiques des bases de données d'état de liens (link-state database) des routeurs OSPF.
Type 4 □ Link-state update (LSU)	Transporte les link-state advertisements, les LSA, aux routeurs voisins.
Type 5 □ Link-state acknowledgment (LSAck)	Accusés de réception des LSA des voisins.

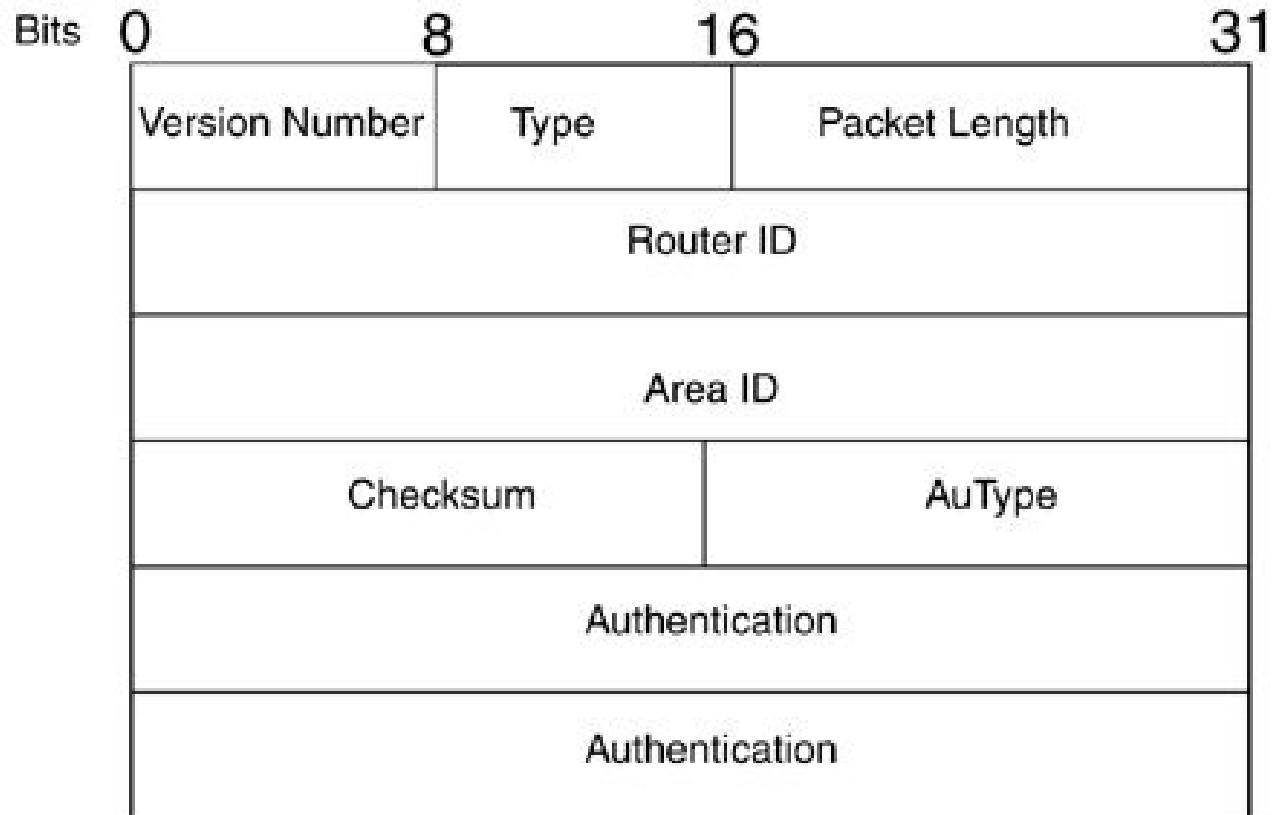
Hello OSPF

Quand un routeur commence un processus de routage OSPF sur une interface, il envoie un paquet Hello et continue à envoyer ces paquets à intervalles réguliers. Ces paquets Hello seront utilisés dans les états de voisinage **Init** et **Two-way**.

Paquets Hello (type 1)

- A la couche 3 du modèle OSI, les paquets Hello sont adressés en multicast **224.0.0.5** ou **FF02::5**. Ces adresses correspondent à « tous les routeurs OSPF ». Les routeurs OSPF utilisent ces paquets Hello pour initier de nouvelles adjacences et pour s'assurer que les routeurs voisins sont fonctionnels.
- Les paquets Hello sont envoyés toutes les **10 secondes** par défaut sur un réseau multiaccès et point-à-point, et toutes les **30 secondes** sur un **NBMA**.
- Dans un réseau multi-accès, le protocole Hello élit un DR et un BDR.

En-tête OSPFv2



Remarquons ici particulièrement le champ **Router ID** dont nous avons parlé plus haut. On notera aussi l'Area ID d'une taille de 32 bits.

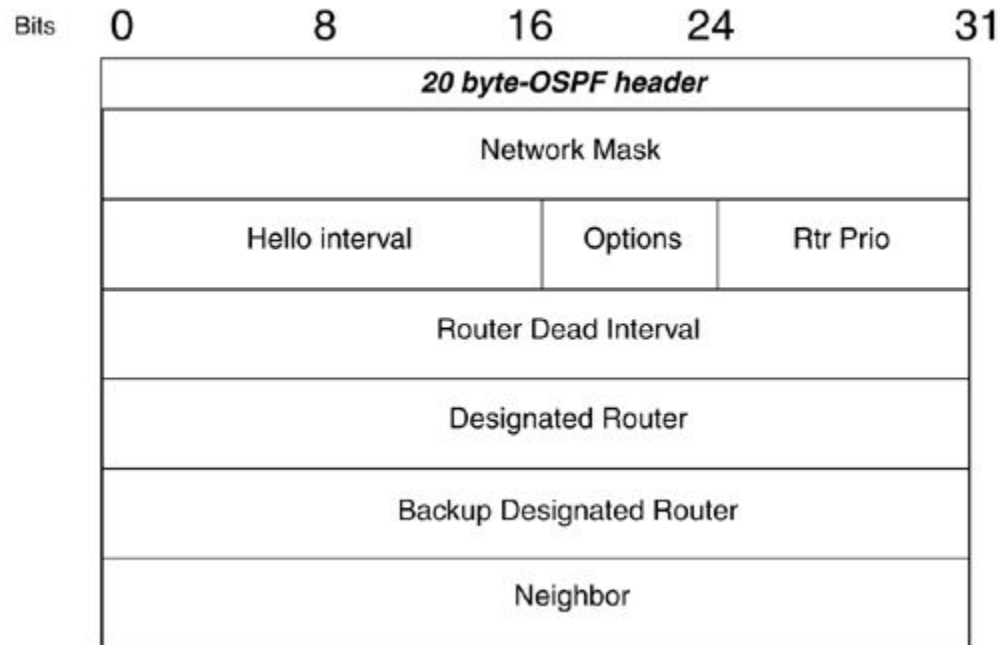
Router ID OSPF

- Le champ **Router ID** est utilisé pour identifier de manière unique un routeur OSPF. Il est important que ce Router ID soit unique dans le processus de routage !
- Il prendra **la valeur de la plus haute adresse IP du routeur (32 bits)**. Puisqu'une adresse IP est censée être unique dans un réseau, elle convient bien pour remplir ce champ.
- Aussi, parce qu'un routeur supporte de multiples adresses IP assignées pour l'interconnexion des réseaux, on utilisera volontiers l'adresse IP d'interfaces de loopback (virtuelles) qui ne participeront pas nécessairement au routage.
- Leur avantage est aussi dans le fait que ces interfaces ne tombent jamais (en fonction d'une dépendance à un lien physique).

Interface de loopback

- Notons enfin que pour remplir par défaut ce champs **Router ID**, les IOS Cisco prendront toujours en compte l'IP de l'interface de loopback, la plus élevée, quand bien même des interfaces physiques auraient une IP plus élevée.
- Par contre, en absence d'interface de loopback, sur du matériel Cisco, l'IPv4 la plus élevée d'une interface physique sera prise.
- En OSPFv3, selon les versions IOS, on sera obligé de **fixer ce Router ID**. Selon les points de vue, il serait préférable de maîtriser cet identifiant

Charge du paquet Hello



Un Paquet Hello transporte des informations que tous les voisins doivent agréer avant qu'une adjacence ne soit formée et avant que les informations d'état de lien ne soient échangées. Notons le champ « Rtr Prio » qui intervient dans la désignation des rôles entre routeurs OSPF.

Aussi les délais configurés sur les interfaces doivent correspondre autrement le processus d'adjacence ne peut pas continuer.

Détails d'un paquet type 1 Hello

```
▶ Ethernet II, Src: aa:bb:cc:00:03:10 (aa:bb:cc:00:03:10), Dst: IPv4mcast_05 (01:00:5e:00:00:05)
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.4.3 (192.168.4.3), Dst: 224.0.0.5 (224.0.0.5)
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 52
    Source OSPF Router: 172.31.255.3 (172.31.255.3)
    Area ID: 0.0.0.0 (0.0.0.0) (Backbone)
    Checksum: 0x61d1 [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  ▼ OSPF Hello Packet
    Network Mask: 255.255.255.0 (255.255.255.0)
    Hello Interval [sec]: 10
    ▶ Options: 0x12 (L, E)
      Router Priority: 1
      Router Dead Interval [sec]: 40
      Designated Router: 192.168.4.3 (192.168.4.3)
      Backup Designated Router: 192.168.4.5 (192.168.4.5)
      Active Neighbor: 172.31.255.2 (172.31.255.2)
      Active Neighbor: 172.31.255.5 (172.31.255.5)
    ▶ OSPF LLS Data Block
```

Vérification des délais OSPFv2

```
R5#show ip ospf interface e0/1
```

```
Ethernet0/1 is up, line protocol is up
```

```
Internet Address 192.168.4.5/24, Area 0, Attached via Interface Enable
```

```
Process ID 1, Router ID 172.31.255.5, Network Type BROADCAST, Cost: 10
```

```
Topology-MTID      Cost      Disabled      Shutdown      Topology Name
```

```
0                10         no           no           Base
```

```
Enabled by interface config, including secondary ip addresses
```

```
Transmit Delay is 1 sec, State DROTHER, Priority 1
```

```
Designated Router (ID) 172.31.255.3, Interface address 192.168.4.3
```

```
Backup Designated router (ID) 172.31.255.2, Interface address 192.168.4.2
```

```
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
```

```
oob-resync timeout 40
```

```
Hello due in 00:00:03
```

```
...
```

```
Neighbor Count is 2, Adjacent neighbor count is 2
```

```
Adjacent with neighbor 172.31.255.2 (Backup Designated Router)
```

```
Adjacent with neighbor 172.31.255.3 (Designated Router)
```

```
Suppress hello for 0 neighbor(s)
```

Vérifications des délais OSPFv3

```
R5#show ipv6 ospf interface e0/1
```

```
Ethernet0/1 is up, line protocol is up
```

```
Link Local Address FF02::5, Interface ID 4
```

```
Area 0, Process ID 1, Instance ID 0, Router ID 172.31.255.5
```

```
Network Type BROADCAST, Cost: 10
```

```
Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
```

```
Designated Router (ID) 172.31.255.5, local address FF02::5
```

```
Backup Designated router (ID) 172.31.255.3, local address FE80::3
```

```
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
```

```
Hello due in 00:00:00
```

```
Graceful restart helper support enabled
```

```
...
```

```
Neighbor Count is 2, Adjacent neighbor count is 2
```

```
Adjacent with neighbor 172.31.255.2
```

```
Adjacent with neighbor 172.31.255.3 (Backup Designated Router)
```

```
Suppress hello for 0 neighbor(s)
```

Délais

Si les paquets Hello sont envoyés toutes les 10 secondes (**hello-interval**) sur les réseaux Ethernet et point-à-point, ils sont envoyés toutes les 30 secondes en NBMA.

Le **dead-interval** est la durée après laquelle un lien est considéré “down” par OSPF. Par défaut 4 x le délai Hello : respectivement 40 et 120 secondes.

Configuration du délai hello

Les délais doivent correspondre sur les interfaces autrement la relation de voisinage OSPF ne peut pas s'établir.

Pour changer des délais :

```
(config-if)#ip ospf hello-interval ?  
  <1-65535>  Seconds
```

Vérification des délais

```
# show ip ospf interface e0/1
Ethernet0/1 is up, line protocol is up
  Internet Address 192.168.4.5/24, Area 0, Attached via Interface Enable
  Process ID 1, Router ID 172.31.255.5, Network Type BROADCAST, Cost: 1000
  Topology-MTID      Cost      Disabled      Shutdown      Topology Name
        0             1000         no            no            Base
  Enabled by interface config, including secondary ip addresses
  Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 255
  Designated Router (ID) 172.31.255.5, Interface address 192.168.4.5
  Backup Designated router (ID) 172.31.255.3, Interface address
  192.168.4.3
  Timer intervals configured, Hello 3, Dead 12, Wait 12, Retransmit 5
```

Configuration du dead interval

Par défaut le dead interval est 4 x le hello interval.

Le dead interval se fixe de manière administrative ou en fixant le nombre de hellos à la seconde :

```
(config-if)#ip ospf dead-interval ?
```

```
<1-65535>  Seconds
```

```
minimal    Set to 1 second
```

```
(config-if)#ip ospf dead-interval minimal ?
```

```
hello-multiplier  Set multiplier for Hellos
```

```
(config-if)#ip ospf dead-interval minimal hello-multiplier ?
```

```
<3-20>  Number of Hellos sent within 1 second
```

Type 2 DBD

Ces paquets sont utilisés au moment de l'état **ExStart**, les routeurs vont déterminer qui commence à envoyer les informations. Ici, le principe est d'établir une relation Maître/Esclave entre deux routeurs. Le routeur qui déclare la plus haute ID (la priorité n'intervient plus) commencera et orchestrera l'échange en tant que maître.

Les routeurs sont maintenant prêts à s'engager dans le processus **Exchange**.

Le maître mène l'esclave à un échange de paquets Database Description (DBDs) qui décrivent la base de données de liens de chaque routeur dans les détails.

Ces descriptions comportent le type d'état de lien, l'adresse du routeur qui fait l'annonce, le coût du lien et un numéro de séquence.

Type 2 DBD

```
‣ Frame 15: 218 bytes on wire (1744 bits), 218 bytes captured (1744 bits)
‣ Ethernet II, Src: aa:bb:cc:00:03:10 (aa:bb:cc:00:03:10), Dst: aa:bb:cc:00:04:
‣ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.4.3 (192.168.4.3), Dst: 192.168.4.5
▽ Open Shortest Path First
  ▾ OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: DB Description (2)
    Packet Length: 172
    Source OSPF Router: 172.31.255.3 (172.31.255.3)
    Area ID: 0.0.0.0 (0.0.0.0) (Backbone)
    Checksum: 0xdaf7 [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  ‣ OSPF DB Description
    ▾ LSA Header
      .000 0001 1010 1100 = LS Age (seconds): 428
      0... .... .... .... = Do Not Age Flag: 0
    ‣ Options: 0x22 (DC, E)
      LS Type: Router-LSA (1)
      Link State ID: 172.31.255.2 (172.31.255.2)
      Advertising Router: 172.31.255.2 (172.31.255.2)
      Sequence Number: 0x8000000b
      Checksum: 0xbc60
      Length: 48
    ‣ LSA Header
    ‣ LSA Header
    ‣ LSA Header
    ‣ LSA Header
    ‣ LSA Header
    ‣ LSA Header
    ‣ OSPF LLS Data Block
```

Types 3 LSR, 4 LSU, 5 LSAck

Chacun des routeurs compare les informations qu'il reçoit avec ce qu'il sait déjà. Si des DBDs annoncent des nouveaux états de lien ou des mises à jours d'état de lien, le routeur qui les reçoit entre alors en état **Loading** et envoie des paquets LSR (Type 3) à propos des nouvelles informations. En réponse aux paquets LSR, l'autre enverra des informations complètes d'état de lien des paquets LSUs (Type 4). Les LSUs transportent des états de lien, des LSAs.

Les routeurs confirment la réception des LSAs en envoyant des paquets LSAck (Type 5), qui contiennent une correspondance aux numéros de séquences envoyés dans les LSAs.

Quand l'état Loading est terminé, les routeurs entrent en **Full Adjacency**. Il faudra qu'ils entrent dans cet état avant de créer leur table de routage et de router le trafic. **A ce moment, les routeurs d'une même zone ont une base de données d'état de lien identique.**

Type 3 LSR

```
‣ Frame 22: 142 bytes on wire (1136 bits), 142 bytes captured (1136 bits)
‣ Ethernet II, Src: aa:bb:cc:00:04:10 (aa:bb:cc:00:04:10), Dst: aa:bb:cc:00:03:
‣ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.4.5 (192.168.4.5), Dst: 192.168.4.3
▽ Open Shortest Path First
  ▽ OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Request (3)
    Packet Length: 108
    Source OSPF Router: 172.31.255.5 (172.31.255.5)
    Area ID: 0.0.0.0 (0.0.0.0) (Backbone)
    Checksum: 0xe173 [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  ▽ Link State Request
    LS Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 172.31.255.2
    Advertising Router: 172.31.255.2 (172.31.255.2)
‣ Link State Request
‣ Link State Request
‣ Link State Request
‣ Link State Request
‣ Link State Request
‣ Link State Request
```

Type 4 LSU

```

▶ Frame 23: 322 bytes on wire (2576 bits), 322 bytes captured (2576 bits)
▶ Ethernet II, Src: aa:bb:cc:00:03:10 (aa:bb:cc:00:03:10), Dst: aa:bb:cc:00:04:
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.4.3 (192.168.4.3), Dst: 192.168.4.5
▼ Open Shortest Path First
  ▶ OSPF Header
  ▼ LS Update Packet
    Number of LSAs: 7
    ▼ Router-LSA
      .000 0001 1010 1101 = LS Age (seconds): 429
      0... .... .... .... = Do Not Age Flag: 0
      ▶ Options: 0x22 (DC, E)
      LS Type: Router-LSA (1)
      Link State ID: 172.31.255.2 (172.31.255.2)
      Advertising Router: 172.31.255.2 (172.31.255.2)
      Sequence Number: 0x8000000b
      Checksum: 0xbc60
      Length: 48
      ▶ Flags: 0x01 (B)
      Number of Links: 2
      ▶ Type: Transit ID: 192.168.4.3 Data: 192.168.4.2 Metric: 10
      ▶ Type: Stub ID: 192.168.3.0 Data: 255.255.255.0 Metric: 10
    ▶ Router-LSA
    ▶ Network-LSA
    ▶ Summary-LSA (IP network)
    ▶ Summary-LSA (IP network)
    ▶ AS-External-LSA (ASBR)
    ▶ AS-External-LSA (ASBR)
```

Type 5 LSAck

```

> Frame 32: 198 bytes on wire (1584 bits), 198 bytes captured (1584 bits)
> Ethernet II, Src: aa:bb:cc:00:04:10 (aa:bb:cc:00:04:10), Dst: IPv4mcast_06 (01:00:5e:00:00:06)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.4.5 (192.168.4.5), Dst: 224.0.0.6 (224.0.0.6)
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    Version: 2
    Message Type: LS Acknowledge (5)
    Packet Length: 164
    Source OSPF Router: 172.31.255.5 (172.31.255.5)
    Area ID: 0.0.0.0 (0.0.0.0) (Backbone)
    Checksum: 0x53e5 [correct]
    Auth Type: Null (0)
    Auth Data (none): 0000000000000000
  ▼ LSA Header
    .000 0001 1010 1101 = LS Age (seconds): 429
    0... .... .... .... = Do Not Age Flag: 0
  > Options: 0x22 (DC, E)
    LS Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 172.31.255.2 (172.31.255.2)
    Advertising Router: 172.31.255.2 (172.31.255.2)
    Sequence Number: 0x8000000b
    Checksum: 0xbc60
    Length: 48
  > LSA Header
  > LSA Header
  > LSA Header
  > LSA Header
  > LSA Header
  > LSA Header
```

7. Etats de voisinage OSPF

Septs Etats OSPF

1. Ces cinq types de messages font en sorte qu'OSPF soit capable de communications complexes et sophistiquées.
2. Les interfaces OSPF peuvent rencontrer 7 états et correspondent à deux moments :
 - 2.1. d'une part, **la découverte des voisins**
 - 2.2. et, d'autre part, **la découverte des routes**

Découverte des voisins

Les trois premières étapes visent à découvrir le voisin :

- 1. Down State**
- 2. Init State**
- 3. Two-Way State**

1. Down State

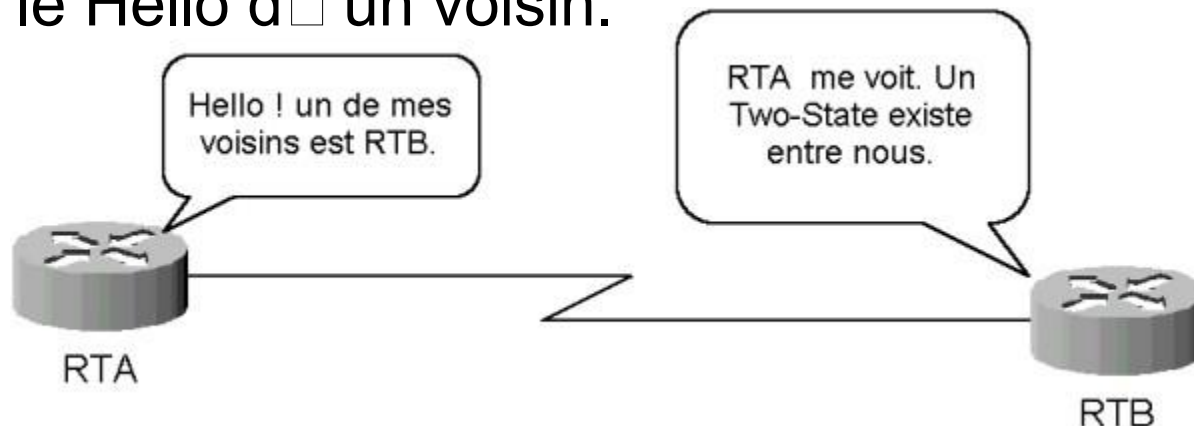
- Dans cet état, il n'y a pas d'échange d'informations entre les voisins.
- OSPF attend le prochain état qui est l'Init State.

2. Init State

- Les routeurs OSPF envoient des paquets Type 1 (Hello) à des intervalles réguliers pour établir une relation avec les routeurs voisins.
- Quand une interface reçoit le premier paquet Hello, le routeur entre en **Init State**, ce qui signifie que le routeur sait qu'il y a un voisin en face et il attend d'entrer en relation avec lui dans la prochaine étape.
- Il y a deux catégories de relations abouties en OSPF :
 - **Two-Way (3)**
 - **Full Adjacency (7)**
- Un routeur doit de toute façon recevoir un Hello d'un voisin avant de tenter d'établir une relation OSPF.

3. Two-Way State

- Utilisant des paquets Hello, chaque routeur OSPF tente d'établir un **Two-Way State** ou une communication bidirectionnelle avec chaque voisin qui est dans le même réseau IP.
- En d'autres termes, les paquets Hello embarquent la liste des voisins OSPF connus de l'expéditeur.
- Un routeur entre en Two-Way State quand il se voit dans le Hello d'un voisin.



Échange des routes

- Le Two-Way State est la relation la plus basique qu'un voisin OSPF puisse établir, mais dans cette relation aucune information de routage n'est partagée.
- Pour apprendre l'état des liens des autres routeurs et construire une table de routage, chaque routeur doit former une contiguïté entière (*full adjacency*).
- Les 4 étapes suivantes sont :

4. Exstart State

5. Exchange State

6. Loading State

7. Full State

Adjacences

- Une adjacency est une relation avancée entre des routeurs OSPF qui implique une série d'□ états progressifs qui ne comptent pas seulement des paquets Hello mais aussi les quatre autres types de paquets.
- Les routeurs qui tentent de devenir contigus ou adjacents avec un autre échangent des informations de routage (LSA) avant que toute adjacency soit entièrement établie.
- La première étape est le **ExStart State**.

4. Exstart State

- Techniquement, quand un routeur entre en **Exstart State**, la conversation est caractérisée par une contiguïté (adjacency) mais les routeurs ne sont pas encore entièrement adjacents (Full Adjacency).
- L'**ExStart** est établi en utilisant des paquets de Type 2 database description (DBD).
- Les deux routeurs voisins utilisent ces paquets pour négocier qui sera le “maître” et qui sera l’ “esclave” dans la relation.
- Le routeur avec la plus haute OSPF ID « gagnera » et deviendra “maître”.
- Quand ces rôles sont définis, l'état Exchange intervient et l'échange d'informations de routage peut commencer.

Négociation Exstart

- Négociation Exstart quand l'interface e0/1 de R5 redémarre :

Et0/1: Nbr 172.31.255.2: **Prepare dbase exchange**

Et0/1: Send DBD to 172.31.255.2 seq 0x11F2 opt 0x52 flag 0x7 len 32

Et0/1: Nbr 172.31.255.3: **Prepare dbase exchange**

Et0/1: Send DBD to 172.31.255.3 seq 0x2113 opt 0x52 flag 0x7 len 32

Et0/1: Rcv DBD from 172.31.255.3 seq 0x26D0 opt 0x52 flag 0x7 len 32 mtu 1500 state **EXSTART**

Et0/1: First DBD and we are not SLAVE

Et0/1: Rcv DBD from 172.31.255.3 seq 0x2113 opt 0x52 flag 0x2 len 172 mtu 1500 state **EXSTART**

Et0/1: NBR Negotiation Done. We are the **MASTER**

Et0/1: Nbr 172.31.255.3: Summary list built, size 0

Et0/1: Send DBD to 172.31.255.3 seq 0x2114 opt 0x52 flag 0x1 len 32

Et0/1: Rcv DBD from 172.31.255.2 seq 0x743 opt 0x52 flag 0x7 len 32 mtu 1500 state **EXSTART**

Et0/1: First DBD and we are not SLAVE

Et0/1: Rcv DBD from 172.31.255.2 seq 0x11F2 opt 0x52 flag 0x2 len 172 mtu 1500 state **EXSTART**

Et0/1: NBR Negotiation Done. We are the **MASTER**

5. Exchange State

- Dans cet état **Exchange**, les routeurs voisins vont utiliser des messages Type 2 DBD pour s'envoyer l'un à l'autre des informations de routage.
- En d'autres mots, Les routeurs décrivent leur link-state database aux autres.
- Les routeurs comparent ce qu'ils apprennent avec ce qu'ils connaissent déjà de leur link-state database.
- S'ils apprennent des informations sur des liens qu'ils ne possèdent pas, ils demandent une mise à jour complète à leur voisin.
- Les informations de routage complètes sont échangées dans le **Loading State**.

6. Loading State

- Après que la base de données ait été décrite à chaque routeur, dans la phase **Loading State**, ils peuvent demander des informations plus complètes en utilisant des Type 3 packets, appelés link-state requests (LSRs).
- Quand un routeur reçoit un LSR, il répond avec une mise à jour en utilisant un Type 4 link-state update (LSU) packet.
- Ces paquets Type 4 LSU contiennent les link-state advertisements (LSAs) qui sont le cœur du protocole de routage à état de lien.
- Les LSU sont accusés de réception par des LSAs, link-state acknowledgments.

7. Full Adjacency

- Lorsque le Loading State est complet, les routeurs sont entièrement adjacents.
- Chaque routeur garde une liste de ses routeurs **voisins** appelée adjacency database.
- Elle ne doit pas être confondue avec la link-state database ou la forwarding database.

Communication Exchange

- Après la phase Exstart, les phases Exchange et Loading mènent à la phase Full Adjacency :

Et0/1: Nbr 172.31.255.2: **Summary list built, size 0**

Et0/1: Send DBD to 172.31.255.2 seq 0x11F3 opt 0x52 flag 0x1 len 32

Et0/1: Rcv DBD from 172.31.255.3 seq 0x2114 opt 0x52 flag 0x0 len 32 mtu 1500 state **EXCHANGE**

Et0/1: Exchange Done with 172.31.255.3

Et0/1: **Send LS REQ** to 172.31.255.3 length 108 LSA count 7

Et0/1: Rcv DBD from 172.31.255.2 seq 0x11F3 opt 0x52 flag 0x0 len 32 mtu 1500 state **EXCHANGE**

Et0/1: Exchange Done with 172.31.255.2

Et0/1: Send LS REQ to 172.31.255.2 length 108 LSA count 7

Et0/1: **Rcv LS UPD** from 172.31.255.3 length 288 LSA count 7

Et0/1: Synchronized with 172.31.255.2, state FULL

Et0/1: Synchronized with 172.31.255.3, state FULL

Journaux OSPF

On peut activer la journalisation OSPF :

R5#debug ip ospf ?

<1-65535>	Process ID number
adj	OSPF adjacency
database-timer	OSPF database timer
events	OSPF miscellaneous events
flood	OSPF flooding
hello	OSPF hello
lsa-generation	OSPF LSA generation
monitor	OSPF SPF monitoring
packet	OSPF received packets
retransmission	OSPF retransmission
rib	OSPF RIB
scheduler	OSPF process scheduling
spf	OSPF SPF
tree	OSPF database tree

8. Election DR BDR

Topologies OSPF

- Une relation de voisinage est nécessaire pour que les routeurs OSPF partagent des informations de routage.
- Un routeur va tenter de devenir adjacent (contigu) avec au minimum un autre routeur d'un réseau IP auquel il est connecté.
- Certains routeurs (leur interfaces) essaient de devenir adjacents avec tous ses voisins dans un même réseau.
- Tout ceci est déterminé par le type de réseau auxquels ils sont connectés (Multi-accès ou Point-à-point).
- Lorsqu'une adjacence est formée entre deux voisins, les informations à état de lien sont alors échangées.

Interfaces OSPF

Topologie	Caractéristiques	Election DR
Broadcast Multiaccés	Ethernet, FDDI, Token Ring	Oui
NBMA (Non Broadcast MA)	Frame Relay, X.25, SMDS	Oui
Point-to-Point	PPP, HDLC	Non
Circuit à la demande	Configuré par un administrateur	Non

Les interfaces OSPF reconnaissent automatiquement deux types de réseaux :

- Broadcast multi-access, comme Ethernet
- Point-to-point networks

Contrairement aux réseaux NBMA et Circuits à la demande, il n'y a pas besoin de les configurer explicitement.

Relations OSPF sur Ethernet

- Dans un réseau multi-accès, beaucoup de routeurs peuvent être connectés.
- Si chaque routeur doit établir une adjacence complète (Full Adjacency) avec tous les autres routeurs et échanger des informations d'état de lien avec chaque voisin, les machines pourraient subir des surcharges.
- S'il y a 5 routeurs, 10 relations d'adjacence seront nécessaires et 10 états de lien envoyés.
- S'il y a 10 routeurs qui partagent un réseau Ethernet, 45 adjacences seront nécessaires.
- En général, pour n routeurs, $n*(n-1)/2$ adjacences seront formées.

Notion de DR

- La solution à cette surcharge est l'organisation de l'élection d'un routeur désigné (designated router, DR).
- Ce routeur devient adjacent à tous les autres routeurs dans un segment de broadcast.
- Tous les autres routeurs sur le même segment envoient leur informations d'état de lien au DR.
- Le DR agit comme porte-parole pour le segment.
- En utilisant les exemples chiffrés exposés ci-avant, seulement 5 et 10 ensembles de link-state seront envoyés.
- Le DR se chargera de renvoyer les informations d'état de lien à tous les autres routeurs du segment avec l'adresse multicast 224.0.0.5 ou FF02::5.

Notion de BDR

- Malgré tout le bénéfice en efficacité de cette procédure d'élection, il y a un désavantage : le DR sera un point unique de rupture.
- Un second routeur est aussi élu comme routeur désigné de sauvegarde (backup designated routeur, BDR).
- Pour être sûr que les DR et BDR voient l'état de lien de tous les routeurs sur le segment, l'adresse multicast 224.0.0.6 ou FF02::6 est utilisée pour TOUS les routeurs désignés (DR et BDR).
- Les autres routeurs qui ne sont ni DR ni BDR sont appelés DROTHER (DRO) et s'arrêtent à l'état Two-Way, sans échange d'informations de routage.

Réseaux Point-à-point

- Sur un réseau point-à-point, seuls deux points existent.
- Il n'y a pas d'élection de DR ou BDR.
- Chaque routeur devient entièrement adjacent avec l'autre.

Élection DR-BDR

- L'élection d'un DR et d'un BDR ne concerne que les réseaux Multi-accès comme Ethernet (MA) ou Frame-Relay (NBMA).
- En fait, ce statut concerne surtout une interface d'un routeur puisque c'est elle qui identifie le type de réseau concerné.
- Voici le rappel du processus électoral.

Processus électoral

Au moment de l'initialisation d'une interface OSPF :

- élection d'un BDR
- et puis, en l'absence d'un DR, le BDR quitte son statut pour devenir DR.

En cas de perte du DR :

- le BDR quitte son statut pour devenir DR.

En cas de perte du BDR :

- élection d'un BDR

Critère électoral

Le premier critère électoral est la priorité la plus élevée sur les interfaces du réseau partagé (MA).

- Une valeur de 0 le disqualifie pour l'élection.
- Une valeur de 255 le qualifie automatiquement.

Le second critère intervient lorsque des routeurs sont ex-aequo. Lorsque les priorités sont identiques pour le choix d'un BDR, **c'est le routeur qui a la plus haute ID OSPF** qui remporte l'élection.

Le choix de l'ID OSPF pour un routeur est une autre procédure indépendante !

Choix de l'ID OSPF

- L'ID OSPF d'un routeur se décide au démarrage d'OSPF sur un routeur.
- On peut le configurer administrativement en OSPFv2 et de manière obligatoire en OSPFv3.
- En l'absence de configuration manuelle (OSPFv2), le champ de 32 bits sera rempli par l'adresse IP la plus élevée parmi toutes les interfaces du routeur avec une préférence absolue pour l'adresse IP la plus élevée des interfaces de Loopback sur un routeur Cisco.

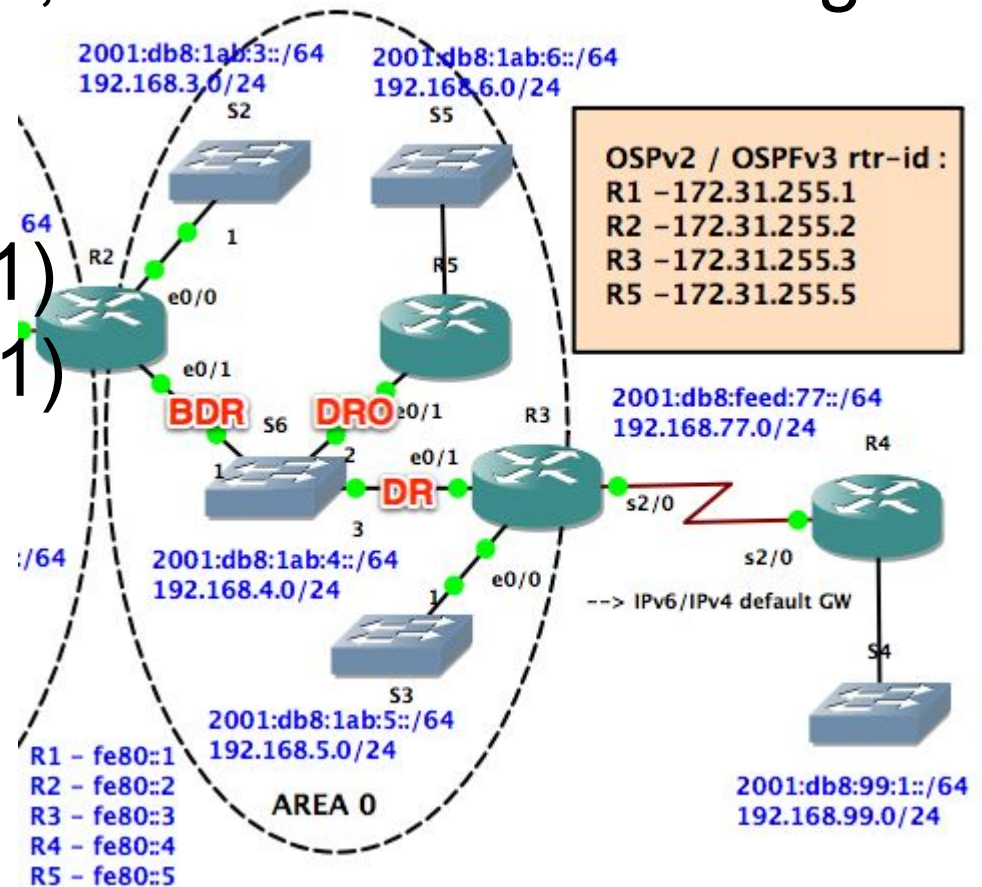
Processus détaillé

1. OSPF sélectionne un routeur au hasard et examine sa liste de voisins. Nous appelons ce routeur, le routeur X. Cette liste de routeurs voisins consiste en la liste de tous les routeurs qui ont commencé une communication bidirectionnelle entre eux (ceux qui sont entrés en Two-Way), c'est-à-dire ceux qui ont atteint la communication la plus avancée avec leurs voisins sans former une adjacence compète.
2. Le routeur X retire de sa liste tous les routeurs qui sont inéligibles à devenir DR, en l'occurrence les routeurs qui une priorité sur leur interface à 0. Tous les autres routeurs sont concernés par la prochaine étape.
3. Le BDR est choisi le premier parmi les routeurs qui a la plus haute priorité. Si plus d'un routeur ont la même priorité, ils doivent être départagés. Les valeurs des priorités peuvent être définies manuellement (sur l'interface) ou sont attribuées par défaut (valeur de 1). Le routeur prendra alors le routeur qui a la plus haute ID OSPF pour départager les ex-aequo. S'il y a déjà un DR, alors le routeur reste inéligible à ce moment.
4. Si aucun autre routeur ne se déclare lui-même pour devenir DR, alors l'actuel BDR devient DR.
5. Si le routeur X est maintenant le nouveau DR, alors les étapes 3 et 4 sont répétées pour obtenir un BDR et ensuite on passe à l'étape 6. Par exemple, si le routeur X est le DR, il ne participe pas à l'élection quand l'étape 3 est répétée. C'est ainsi que l'on évite qu'un routeur se déclare lui-même DR et BDR.
6. A la suite de ces calculs, les routeurs place leurs interfaces dans un état (DR, BDR, DROTHER) en conséquence.
7. Le DR commence alors à envoyer des paquets Hello pour construire les adjacences nécessaires.

Observation du processus électoral

Dans cette topologie, suite à un redémarrage de e0/1 de R5 :

- R3 est DR (e0/1)
- R2 est BDR (e0/1)
- R5 est DRO (e0/1)



Election DR /BDR

```
R5#debug ip ospf adj
```

OSPF adjacency debugging is on

```
R5#clear ip ospf process
```

Reset ALL OSPF processes? [no]: yes

```
*Oct  6 11:07:42.862: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 172.31.255.2 on Ethernet0/1 from FULL to DOWN, Neighbor Down: Interface down or detached
```

```
*Oct  6 11:07:42.862: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 172.31.255.3 on Ethernet0/1 from FULL to DOWN, Neighbor Down: Interface down or detached
```

```
*Oct  6 11:07:42.866: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 172.31.255.2 on Ethernet0/1 from LOADING to FULL, Loading Done
```

```
*Oct  6 11:07:42.866: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 172.31.255.3 on Ethernet0/1 from LOADING to FULL, Loading Done
```

Et0/1: **2 Way** Communication to 172.31.255.3, state 2WAY

Et0/1: **2 Way** Communication to 172.31.255.2, state 2WAY

Et0/1: **DR/BDR election**

Et0/1: Elect BDR 172.31.255.2

Et0/1: Elect DR 172.31.255.3

Et0/1: DR: 172.31.255.3 (Id) BDR: 172.31.255.2 (Id)

Vérification DR BDR DRO

```
R5#show ip ospf interface e0/1
```

```
Ethernet0/1 is up, line protocol is up
```

```
Internet Address 192.168.4.5/24, Area 0, Attached via Interface Enable
```

```
Process ID 1, Router ID 172.31.255.5, Network Type BROADCAST, Cost: 10
```

```
Topology-MTID      Cost      Disabled      Shutdown      Topology Name
```

```
0                10         no           no           Base
```

```
Enabled by interface config, including secondary ip addresses
```

```
Transmit Delay is 1 sec, State DROTHER, Priority 1
```

```
Designated Router (ID) 172.31.255.3, Interface address 192.168.4.3
```

```
Backup Designated router (ID) 172.31.255.2, Interface address 192.168.4.2
```

```
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
```

```
oob-resync timeout 40
```

```
Hello due in 00:00:03
```

```
...
```

```
Neighbor Count is 2, Adjacent neighbor count is 2
```

```
Adjacent with neighbor 172.31.255.2 (Backup Designated Router)
```

```
Adjacent with neighbor 172.31.255.3 (Designated Router)
```

```
Suppress hello for 0 neighbor(s)
```

Vérification DR BDR DRO

R5#sh ip ospf neighbor

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
172.31.255.2	1	FULL/BDR	00:00:37	192.168.4.2	Ethernet0/1
172.31.255.3	1	FULL/DR	00:00:30	192.168.4.3	Ethernet0/1

R2#show ip ospf neighbor

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
172.31.255.3	1	FULL/DR	00:00:38	192.168.4.3	Ethernet0/1
172.31.255.5	1	FULL/DROTHER	00:00:32	192.168.4.5	Ethernet0/1
172.31.255.1	0	FULL/ -	00:00:33	192.168.2.1	Serial2/0

R3#show ip ospf neighbor

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
172.31.255.2	1	FULL/BDR	00:00:33	192.168.4.2	Ethernet0/1
172.31.255.5	1	FULL/DROTHER	00:00:30	192.168.4.5	Ethernet0/1

Priorité OSPF

- Le processus électoral du DR ou du BDR peut être truqué.
- Le routeur avec la plus haute priorité par rapport à ses routeurs voisins gagnera l'élection DR.
- Le second avec la plus haute priorité gagnera l'élection BDR.
- Une fois que l'élection est terminée, les rôles sont déterminés jusqu'au moment où l'un est en panne, même si de nouveaux routeurs s'ajoutent au réseau avec une plus haute priorité.
- Les paquets Hello informent les nouveaux venus de l'existence et de l'identification des DR et BDR.

Priorité OSPF

- Par défaut, tous les routeurs OSPF ont la même priorité d' une valeur de 1. Une priorité prendra une valeur de 8 bits, de 0 à 255.
- Elle est assignée sur une interface, le cas échéant, manuellement.
- Une priorité de 0 assurera un routeur qu'il ne gagnera pas une élection sur une interface tandis qu'une priorité de 255 assurera sa victoire.
- Le champ « Router ID » est utilisé pour départager des routeurs qui auraient éventuellement la même priorité. On a vu plus haut que ce champ prendra la valeur de l'adresse IP la plus élevée sur le routeur, avec sur les IOS Cisco, une préférence absolue pour les interfaces de loopback.

Configuration de la priorité OSPF

Pour forcer à nouveau l'élection, on fixe la priorité OSPF à son maximum (255) :

```
R5(config)# interface e0/0
```

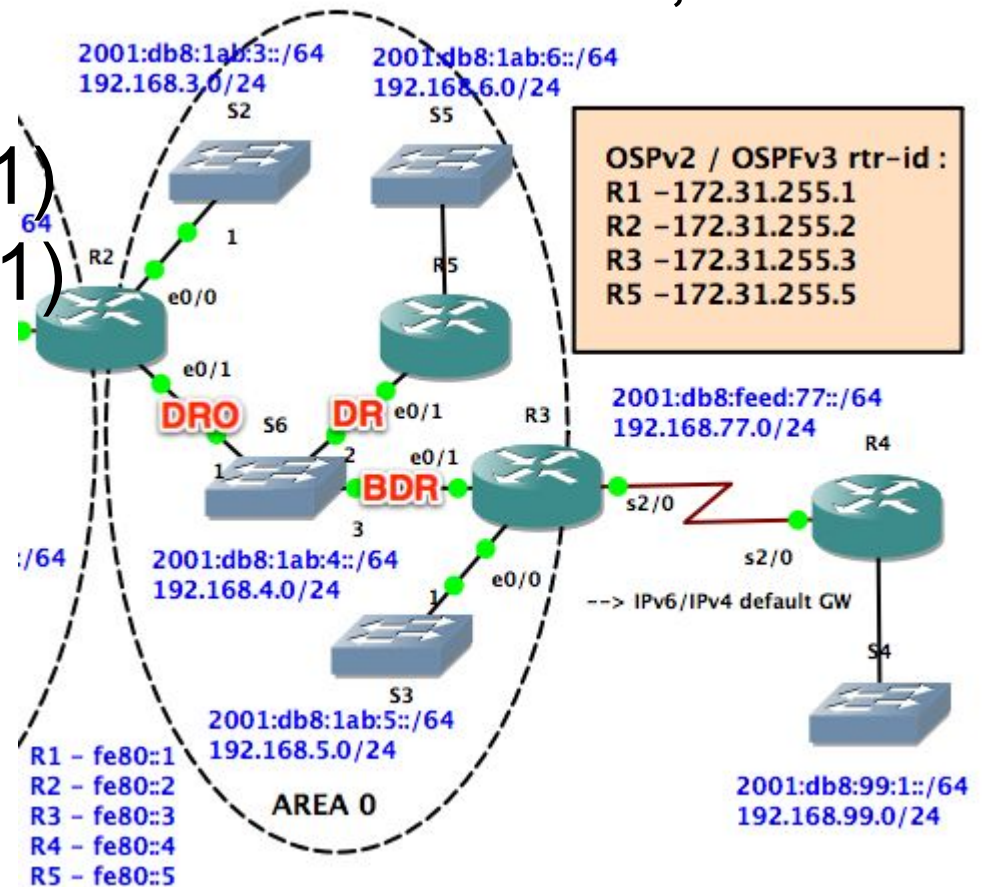
```
R5(config-if)# ip ospf priority 255
```

```
R5(config-if)# ipv6 ospf priority 255
```

Après redémarrage

Après **redémarrage** des interfaces R2, R3 :

- R5 est DR (e0/1)
- R3 est BDR (e0/1)
- R2 est DRO (e0/1)



Vérification DR

```
R5#show ip ospf interface e0/1
```

```
Ethernet0/1 is up, line protocol is up
```

```
Internet Address 192.168.4.5/24, Area 0, Attached via Interface Enable
```

```
Process ID 1, Router ID 172.31.255.5, Network Type BROADCAST, Cost: 10
```

```
Topology-MTID      Cost      Disabled      Shutdown      Topology Name
```

```
0                  10         no           no           Base
```

```
Enabled by interface config, including secondary ip addresses
```

```
Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 255
```

```
Designated Router (ID) 172.31.255.5, Interface address 192.168.4.5
```

```
Backup Designated router (ID) 172.31.255.3, Interface address 192.168.4.3
```

```
...
```

```
Neighbor Count is 2, Adjacent neighbor count is 2
```

```
Adjacent with neighbor 172.31.255.2
```

```
Adjacent with neighbor 172.31.255.3 (Backup Designated Router)
```

```
Suppress hello for 0 neighbor(s)
```

Vérification DR BDR DRO

R5#show ip ospf neighbor

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
172.31.255.2	1	FULL/DROTHER	00:00:34	192.168.4.2	Ethernet0/1
172.31.255.3	1	FULL/BDR	00:00:39	192.168.4.3	Ethernet0/1

R2#show ip ospf neighbor

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
172.31.255.3	1	FULL/BDR	00:00:34	192.168.4.3	Ethernet0/1
172.31.255.5	255	FULL/DR	00:00:36	192.168.4.5	Ethernet0/1
172.31.255.1	0	FULL/ -	00:00:33	192.168.2.1	Serial2/0

R3#show ip ospf neighbor

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
172.31.255.2	1	FULL/DROTHER	00:00:37	192.168.4.2	Ethernet0/1
172.31.255.5	255	FULL/DR	00:00:37	192.168.4.5	Ethernet0/1

Exercice : élections DR/BDR

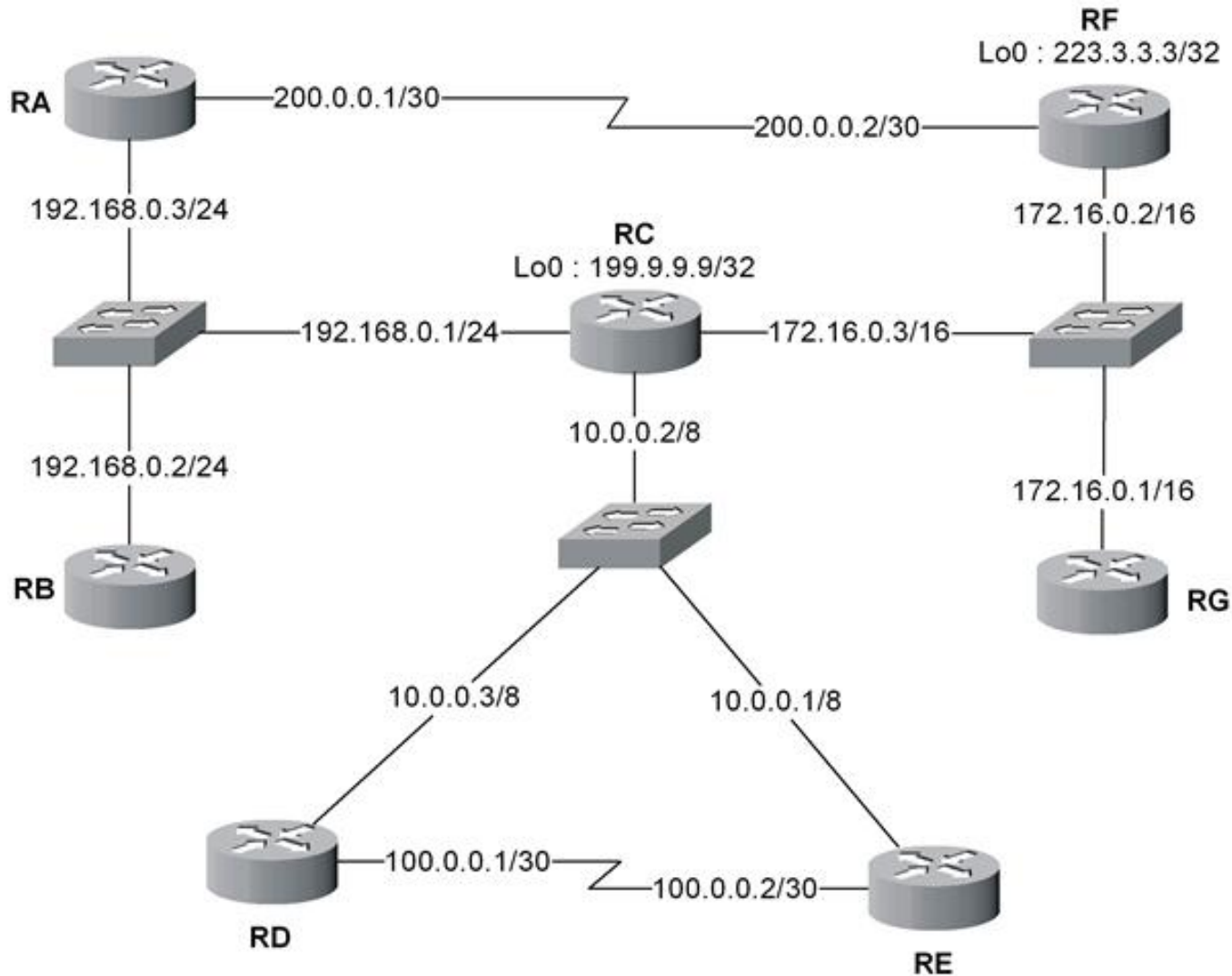
Voici un exercice. Quels sont les réseaux concernés par une élection DR/BDR et quel est le rôle de chaque routeur en considérant que les priorités OSPF sont mises à leur valeur par défaut de 1 ?

Il y a trois réseaux concernés par une élection DR/BDR :

- 192.168.0.0/24 : RA, RB et RC
- 172.16.0.0/16 : RC, RF et RG
- 10.0.0.0/8 : RC, RD et RE

Comme toutes les interfaces concernées de chaque routeur sont à la même priorité, c'est l'ID OSPF qui déterminera le DR et le BDR de chaque réseau.

Topologie OSPF



Router ID

- RA : 200.0.0.1
- RB : 192.168.0.2
- RC : 199.9.9.9
- RD : 100.0.0.1
- RE : 100.0.0.2
- RF : 223.3.3.3
- RG : 172.16.0.1

Rôles OSPF

Les routeurs peuvent avoir autant de rôles qu'il y a de réseaux concernés par une élection.

- 192.168.0.0/24 :
 - RA est DR,
 - RC est BDR
 - et RB est DROther
- 172.16.0.0/16 :
 - RC est BDR,
 - RF est DR
 - et RG est DROther
- 10.0.0.0/8 :
 - RC est DR,
 - RD est DROther
 - et RE est BDR

9. Maintien des informations de routage

Adjacence Two-Way

- Cette première étape correspond à un des 7 états d'un interface OSPF. Dans des conditions de configuration correcte, les interfaces voisines iront de l'**Init State** au moins jusqu'au **Two-Way State**.
- Si la liaison est point-à-point, les routeurs voisins deviendront **full adjacents**.
- Dans le cas d'un réseau multi-accès, les routeurs vont entrer dans un processus d'élection pour devenir DR, BDR ou aucun des deux (DROTHER).
- Si une élection est nécessaire, autrement dit si les interfaces partagent un réseau multiaccès, les routeurs entrent dans l'étape : Election d'un DR et d'un BDR. Sinon, les routeurs entrent dans l'état ExStart décrit dans l'étape 3 : Découverte des routes.

Élection DR/BDR

- Parce que les réseaux multi-accès peuvent comporter plus de deux routeurs, OSPF élit un DR pour être le point central des mises à jour link-state.
- Le rôle du DR est critique. Pour cette raison, un BDR est élu comme remplaçant immédiat du DR. Cette élection est organisée en fonction du type de réseau (une interface LAN dans un réseau multiaccès).
- Cela signifie qu'un routeur qui a trois interfaces LAN OSPF pourrait prendre trois rôles OSPF à la fois.
- Quand une élection est finie et qu'une communication bidirectionnelle est établie (Two-way), les routeurs sont prêts à échanger des informations de routage avec les routeurs adjacents et à construire leur base de données de liens.

Découverte des liens (routes).

Les routeurs entrent en **Full Adjacency** avant de créer leur table de routage et de router le trafic.

- Sur une connexion point-à-point
- Le DR et BDR avec les DRO (**224.0.0.5, FF02::5**)
- Un DRO uniquement avec le DR et le BDR (**224.0.0.6, FF02::6**)

A ce moment, les routeurs d'une même zone ont une base de données d'état de lien identique.

Sélection des routes appropriées.

Après qu'un routeur ait complété sa link-state database, il peut créer sa table de routage et commencer à transférer le trafic.

Comme déjà vu, OSPF utilise une métrique, le coût (Cost), pour déterminer le meilleur chemin vers une destination. La valeur par défaut du coût dépend de la valeur de la bande passante d'un lien.

Pour calculer le coût le plus faible vers une destination, le routeur exécutera l'algorithme SPF. En simplifiant, l'algorithme SPF fait la somme des coûts à partir de lui-même (root) vers tous les réseaux de destination.

Répartition de charge

S'il y a plusieurs chemins possibles vers une destination, celle qui a le coût le plus faible est choisie.

Par défaut, OSPF inscrit quatre routes équivalentes dans sa table de routage pour permettre la répartition de charge (Load Balancing).

Dead Interval

Quand un routeur a installé ses routes dans la table de routage, il doit maintenir minutieusement ses informations de routage. Lorsqu'il y a changement d'un état de lien, les routeurs OSPF utilisent un processus d'inondation (flooding) pour avertir les autres routeurs.

L'interval de mort (dead interval) du protocole Hello fournit un mécanisme simple pour déclarer un lien rompu.

Quand une interface n'a plus de nouvelles d'un lien après cette période (habituellement 40 secondes), le lien est réputé down.

Changement topologique

Le routeur qui a constaté le lien down envoie un LSU avec les nouvelles information d'état de lien. Oui, mais à qui ?

Transmissions sur un réseau point-à-point

Sur un réseau point-à-point, il n'y a ni DR ni BDR. Les nouvelles informations d'état de lien sont envoyées sur l'adresse Multicast 224.0.0.5 ou FF02::5. Tous les routeurs OSPF écoutent à cette adresse.

Transmissions sur un réseau multi-accès

Sur un réseau multi-accès, un DR et un BDR existent et maintiennent les adjacences avec tous les autres routeurs du réseau.

- Si un DR ou un BDR a besoin d'envoyer une mise à jour d'état de lien, il le fera à destination de l'adresse 224.0.0.5 ou FF02::5.
- Quoi qu'il en soit, les autres routeurs (DRO) du réseau sont adjacents uniquement au DR ou au BDR et n'envoient des LSUs qu'à ceux-ci. C'est pour cette raison que les DR et BDR ont leur propre adresse de destination multicast 224.0.0.6 ou FF02::6. Les routeurs qui ne sont pas DR/BDR envoient leurs LSUs sur 224.0.0.6 ou FF02::6, autrement dit, « tous les routeurs DR/BDR ».

Inondation (flooding)

Quand un DR reçoit et accuse réception d'un LSU destiné à 224.0.0.6, il inonde de LSU tous les autres routeurs du réseau sur 224.0.0.5. Chaque routeur accusera réception du LSU avec un LSAck.

Si un routeur OSPF est connecté à un autre réseau, il inonde de LSU les autres réseaux en transférant le LSU au DR d'un réseau multi-accès ou au routeur adjacent sur un réseau point-à-point. Le DR, à son tour, "multicaste" le LSU à ses routeurs non DR/BDR de son propre réseau et ainsi de suite.

Dès qu'un routeur reçoit un LSU, il met à jour sa link-state database et met en oeuvre l'algorithme SPF pour calculer les nouvelles routes à inscrire dans sa table de routage. Après l'expiration du compteur SPF, la route est inscrite dans la table de routage.

Rafraîchissement des LSAs

Sur les routeurs Cisco, une vieille route est toujours utilisée pendant que l'algorithme SPF calcule la nouvelle route.

Il est important de remarquer que même si aucun changement topologique n'intervient, les informations de routage OSPF sont régulièrement rafraîchies. Chaque entrée LSA dispose de sa propre durée de vie. Le compteur a une durée par défaut de **30 minutes**. Après que cette durée de vie soit écoulée, le routeur à l'origine de cette information renvoie un LSU au réseau pour vérifier que le lien est toujours actif.

III. Opérations OSPF multi-zones

En préparation

- Communication inter-zone (routes, types LSA, stub areas types)
- Authentification OSPFv2 (plain-text, md5)
- OSPF NBMA (labs)
- Liens virtuels
- Comparatif OSPFv2/OSPFv3/EIGRP
- Authentification et chiffrement OSPFv3
- OPSFv3 address-families

Notes

Références

- <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/open-shortest-path-first-ospf/7039-1.html>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Open_Shortest_Path_First
- https://en.wikipedia.org/wiki/Open_Shortest_Path_First
- <https://tools.ietf.org/html/rfc5340>
- *31 Days Before Your CCNA Routing and Switching Exam*, 3rd Edition, By [Allan Johnson](#), May 7, 2014 by [Cisco Press](#). Part of the [31 Days](#) series.
- *31 Days Before Your CCENT Certification Exam*, 2nd Edition By [Allan Johnson](#), Dec 18, 2013 by [Cisco Press](#). Part of the [31 Days](#) series.
- *CCNP Routing and Switching v2.0 Official Cert Guide Library*, By [Kevin Wallace](#), [David Hucaby](#), [Raymond Lacoste](#), Dec 23, 2014 by [Cisco Press](#). Part of the [Official Cert Guide](#) series.
- *Designing Cisco Network Service Architectures (ARCH) (Authorized Self-Study Guide)*, 2nd Edition, By [Keith T. Hutton](#), [Mark D. Schofield](#), [Diane Teare](#), Dec 24, 2008 by [Cisco Press](#). Part of the [Self-Study Guide](#) series.

Droits

[Cisco Systems est une marque réservée.](#)

OSPFv2 et OSPFv3 de goffinet@goffinet.eu est mis à disposition selon les termes de la [licence Creative Commons Attribution - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International](#)