

## Réseaux de Campus R301

### Cours 2: Le routage

- Protocoles de routage
- OSPF zone simple & multizone

1

Taux de disponibilité	Durée d'indisponibilité
97%	11 jours
98%	7 jours
99%	3 jours et 15 heures
99,9%	8 heures et 48 minutes
99,99%	53 minutes
99,999%	5 minutes
99,9999%	32 secondes

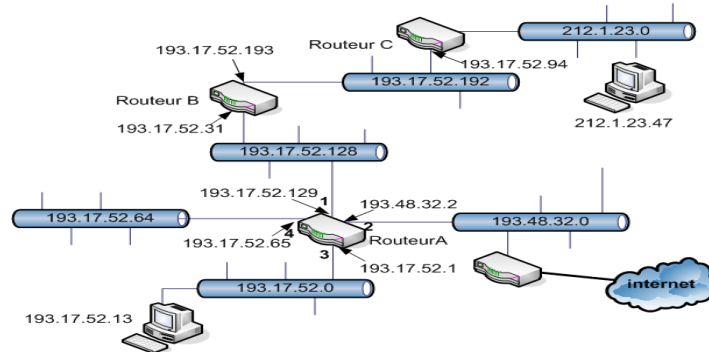
Ce deuxième cours s'inscrit dans la continuité du premier cours (STP) sur la haute disponibilité du réseau LAN

2

# Protocoles de routage

Le routage, au sens informatique, est la fonction mise en œuvre par un élément du réseau (hôte, routeur, commutateur --> niveau 3OSI) pour acheminer un paquet jusqu'à sa destination.

La prise de décision est faite par ce matériel en comparant l'adresse IP de destination du paquet avec sa table de routage.



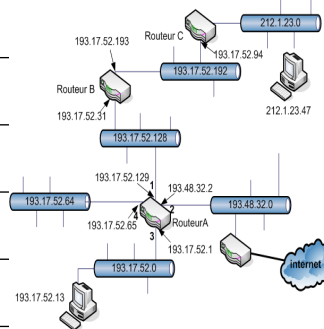
3

Table de routage du routeur A

Réseaux directement connectés à A

Adresse du réseau destination	Adresse du prochain routeur	Interface empruntée	Métrique (ici Nombre de sauts)
193.17.52.128	193.17.52.129	gigabitEth 1	0 (direct)
193.48.32.0	193.48.32.2	gigabitEth 2	0 (direct)
193.17.52.0	193.17.52.1	gigabitEth 3	0 (direct)
193.17.52.64	193.17.52.65	gigabitEth 4	0 (direct)
193.17.52.192	193.17.52.131	gigabitEth 1	1
212.1.23.0	193.17.52.131	gigabitEth 1	2
0.0.0.0	193.48.32.1	gigabitEth 2	0

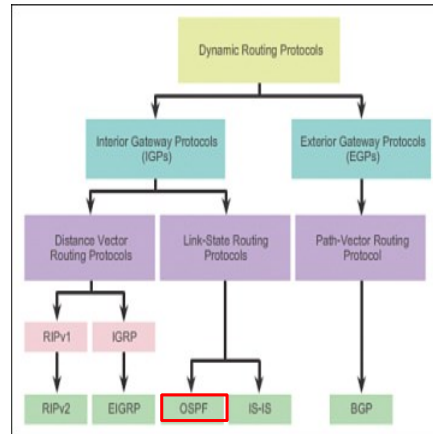
Route par défaut



4

## Protocoles de routage dynamique

- Les protocoles de routage dynamique sont utilisés par les routeurs pour partager des informations sur l'accessibilité et l'état des réseaux distants.
- Grâce à un algorithme de routage, chaque routeur détermine le meilleur chemin pour joindre un réseau distant.
- Si ce réseau distant devient inaccessible ou bien si le chemin pour l'atteindre est modifié, quelque soit l'algorithme utilisé, les routeurs participant au même processus de routage dynamique s'efforceront de déterminer un nouvel itinéraire assurant ainsi une haute disponibilité du réseau.
- Les protocoles de routage dits « Intérieurs » sont utilisés pour les LAN
- Ce cours traite du plus répandu à savoir OSPF



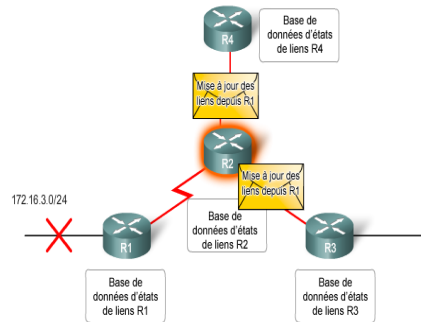
5

## Routage OSPF

6

## Routage OSPF

- Protocole de routage à état de liens
- Convergence plus rapide
- Mesure des coûts (Cisco, bande passante)
- Bases de données d'états de liens identiques (LSDB)
- SPF : algorithme de Dijkstra
- Détermine les voisins sur les liens directement connectés
- Paquets LSP (Link-State Packet) pour chaque lien directement connecté
- Inondation des voisins par des paquets LSP



7

## Routage OSPF

Pour le protocole de routage à état de liens, les routeurs:

- Indiquent à leurs voisins leur identifiant, les réseaux auxquels ils sont connectés et le coût du lien pour atteindre chaque réseau
- Propagent les informations (identifiant, réseau et coût) reçues d'un voisin aux autres voisins.
- Dans un réseau en adressage IPv4, c'est OSPFv2 (1991) qui est implémenté (IPv6 > OSPFv3)
- La distance administrative (AD) est de 110 (AD = fiabilité ou préférence du protocole de routage).

8

## Routage OSPF

- Protocole de routage à état de liens
- Convergence plus rapide
- Mesure des coûts (Cisco, bande passante)
- SPF : algorithme de Dijkstra
- Détermine les voisins sur les liens directement connectés
- Paquets LSP (Link-State Packet) pour chaque lien directement connecté
- Inondation des voisins par des paquets LSP
- Bases de données d'états de liens identiques (LSDB)

9

## Routage OSPF

- Convergence plus rapide

OSPF propage rapidement les changements de réseau. Les changements de routage déclenchent des mises à jour de routage OSPF. Ce protocole est donc plus efficace que les protocoles de routage à vecteur de distance, tels que RIPv2. (RIPv2 utilise des mises à jour régulières toutes les 30 secondes.)

- Mesure des coûts (Cisco, bande passante)

Avec le protocole OSPF, le coût (ou l'état) d'un lien dépend de la bande passante uniquement. Les bandes passantes supérieures ont un coût plus faible.

10

## Mesure des coûts du routage OSPF

- Pour calculer un coût, Cisco IOS cumule les bandes passantes des interfaces de sortie depuis le routeur vers le réseau de destination.
- Le coût d'une interface est déterminé par le calcul de 10 à la puissance 8 divisé par la bande passante en bits/s.
- Les résultats des interfaces avec une bande passante supérieure ou égale à 100 Mbit/s ont un coût de routage OSPF égal à 1.
- La bande passante de référence peut être modifiée de façon à l'adapter à des réseaux dont les liaisons sont supérieures à 100 Mbit/s grâce à la commande OSPF *auto-cost reference-bandwidth*.
- OU, indiquez directement le coût d'une liaison :  
 R1(config)#interface serial 0/0/0  
 R1(config-if)#ip ospf cost 1562

Valeurs par défaut des coûts du routage Cisco OSPF

Type d'interface	Bande passante de référence en bit/s	Bande passante par défaut en bit/s	Coût	Coût identique en raison de la bande passante de référence
Gigabit Ethernet 10 Gbit/s	100,000,000	÷ 10,000,000,000	1	
Gigabit Ethernet 1 Gbit/s	100,000,000	÷ 1,000,000,000	1	
Fast Ethernet 100 Mbit/s	100,000,000	÷ 100,000,000	1	
Ethernet 10 Mbit/s	100,000,000	÷ 10,000,000	10	
Série 1,544 Mbit/s	100,000,000	÷ 1,544,000	64	
Série 128 kbit/s	100,000,000	÷ 128,000	781	
Série 64 kbit/s	100,000,000	÷ 64,000	1562	

11

## Routage OSPF

- Protocole de routage à état de liens
- Convergence plus rapide
- Mesure des coûts (Cisco, bande passante)
- **SPF : algorithme de Dijkstra**
- **Détermine les voisins sur les liens directement connectés**
- Paquets LSP (Link-State Packet) pour chaque lien directement connecté
- Inondation des voisins par des paquets LSP
- Bases de données d'états de liens identiques (LSDB)

12

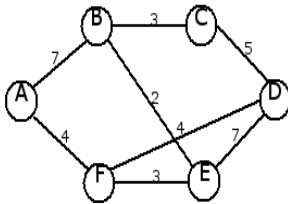
## Routage OSPF

- Le protocole OSPF utilise l'algorithme du plus court chemin pour choisir la meilleure route.
- La CPU traite les tables de voisinage et la topologie à l'aide de l'algorithme SPF de Dijkstra.
- Il est basé sur le coût cumulé pour atteindre une destination. L'algorithme SPF crée une arborescence SPF en y plaçant chaque routeur à la racine et en calculant le plus court chemin jusqu'à chaque nœud. L'arborescence SPF est ensuite utilisée pour calculer les meilleures routes. Le protocole OSPF insère les meilleures routes dans la base de données de transfert qui sert à créer la table de routage.

13

### ❑ Construction du paquet d'état de lien à transmettre (Link State)

➤ l'émetteur donne la liste des routeurs voisins directs et le coût associé



A
B 7
F 4

B
A 7
C 3
E 2

C
B 3
D 5

D
C 5
E 7
F 4

E
B 2
D 7
F 3

F
A 4
D 4
E 3

Diffusion de ces informations à tout le réseau par inondation (flooding) exceptée la ligne entrante

Calcul de la matrice de coûts

➤ Construite à partir des informations reçues

➤ Constitue une représentation de la topologie du réseau

De \ À	A	B	C	D	E	F
A	0	7	0	0	0	4
B	7	0	3	0	2	0
C	0	3	0	5	0	0
D	0	0	5	0	7	4
E	0	2	0	7	0	3
F	4	0	0	4	3	0

14

14

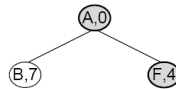
❑ Lors du calcul du chemin optimal, une route peut posséder 3 états:

- Validée : à partir de la racine il n'existe aucun autre chemin plus court pour atteindre le nœud ; ( bulles grisées)
- Découverte : nouvelle route pour joindre le nœud suivant à partir d'un nœud nouvellement validée
- En attente : nouvelle route dont on ne sait si elle peut être validée ou pas (en blanc) i.e. s'il existe une route plus courte pour atteindre le nœud extrémité

Table des coûts						
A De	A	B	C	D	E	F
A		7	0	0	0	4
B	7		3	0	2	0
C	0	3		5	0	0
D	0	0	5		7	4
E	0	2	0	7		3
F	4	0	0	4	3	

Routes validées	Routes Découvertes	En attente
A,0	AB,7 en attente AF,4 validée	AB,7

A	B	C	D	E	F
B 7	A 7	B 3	C 5	B 2	A 4
F 4	C 3	D 5	E 7	D 7	D 4
	E 2		F 4	F 3	E 3



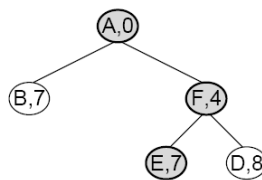
15

15

Table des coûts						
A De	A	B	C	D	E	F
A		7	0	0	0	4
B	7		3	0	2	0
C	0	3		5	0	0
D	0	0	5		7	4
E	0	2	0	7		3
F	4	0	0	4	3	

Routes validées	Routes Découvertes	En attente
A,0	AB,7 en attente AF,4 validée	AB,7
AF,4	FE,7 validée FD,8 en attente	AB,7 FD,8

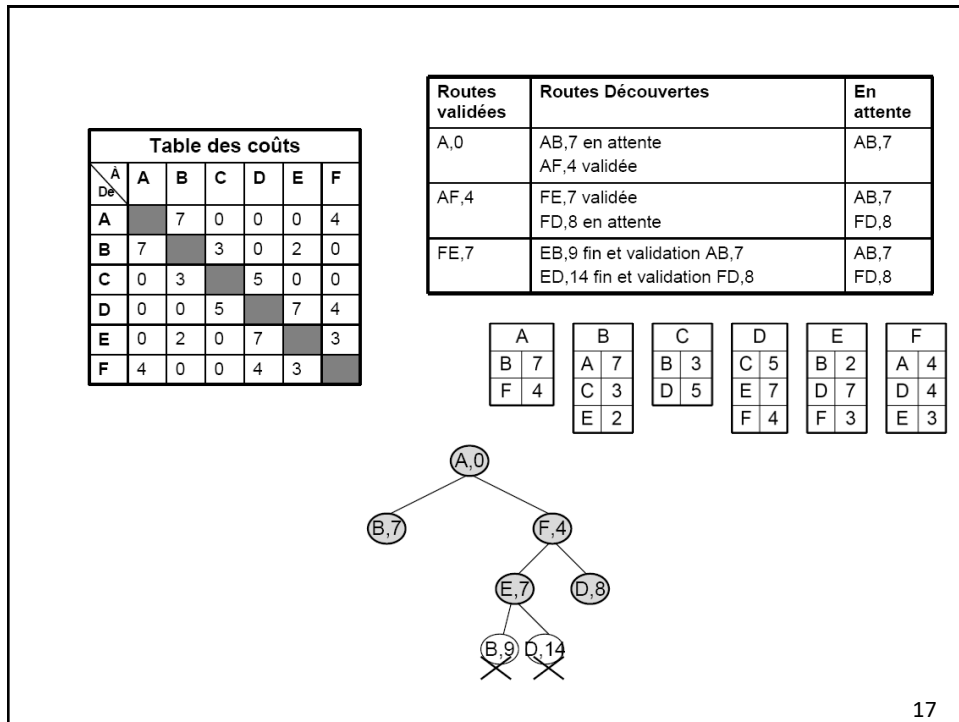
A	B	C	D	E	F
B 7	A 7	B 3	C 5	B 2	A 4
F 4	C 3	D 5	E 7	D 7	D 4
	E 2		F 4	F 3	E 3



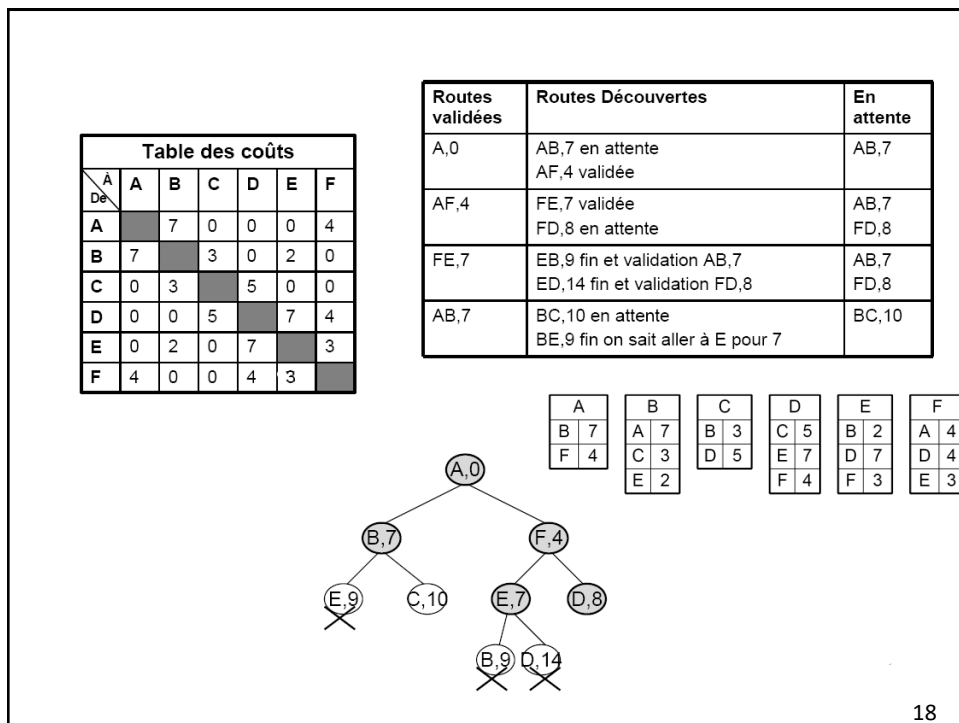
16

16

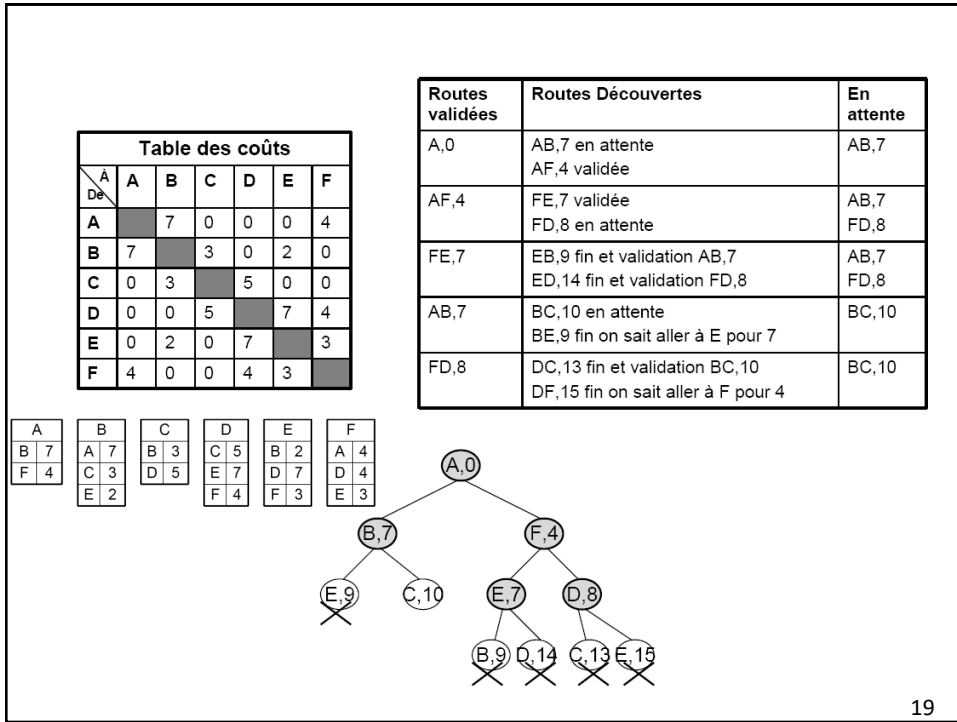




17

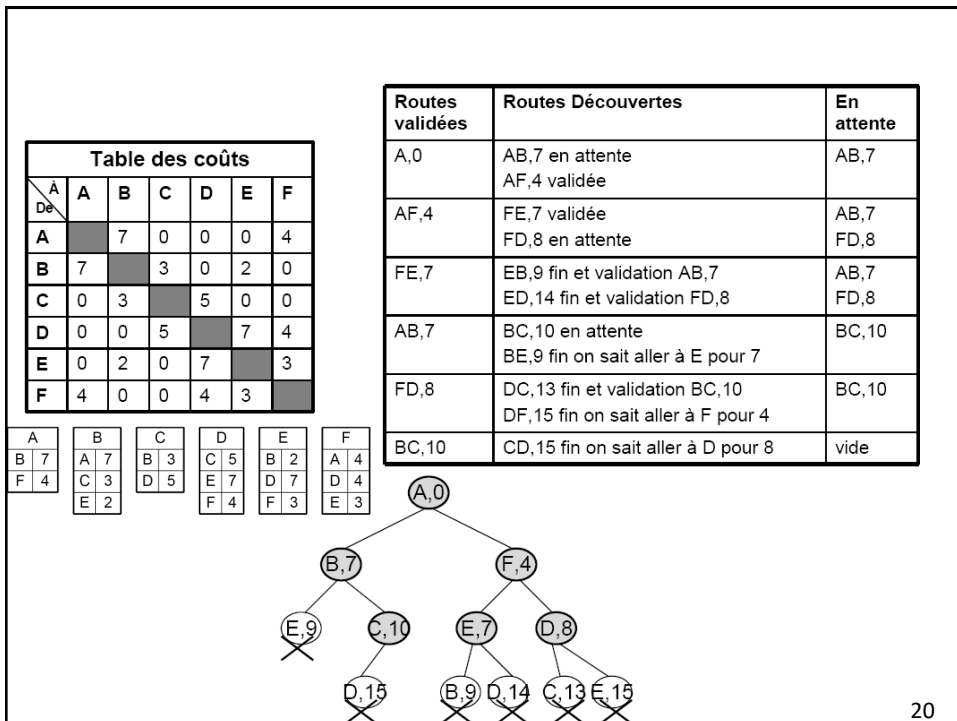


18



19

19



20

20

## Types de réseaux, DR et BDR

OSPF classifie les réseaux en 3 grands types selon les technologies de couche 2 utilisées:

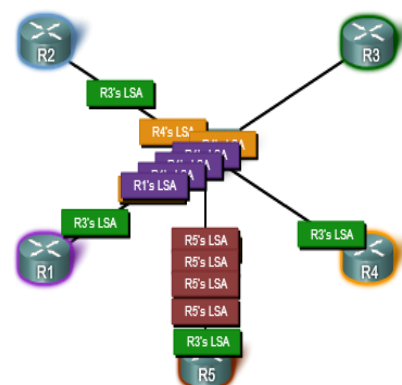
- ♦ Les réseaux de type "point à point permanent" (Liaison série utilisant PPP ou HDLC) le routeur sait qu'il n'y a, à l'autre extrémité de la liaison, qu'un seul routeur !
- ♦ Les réseaux de type "broadcast" tels que les LAN (Ethernet ou anciennement Token Ring) sont connectés au routeur par des interfaces LAN. Ils peuvent supporter plusieurs routeurs et si un routeur est HS, les autres ne sont pas sensé le détecter puisque pour eux la connexion au LAN est toujours active ! OSPF identifie ce type de réseau comme des BMA (Broadcast Multi Access). Sur ce type de réseau il devra mettre en place un mécanisme qui lui permettra de savoir si ses routeurs voisins sont toujours actifs ou non afin de mettre à jour sa LSDB si nécessaire.
- ♦ Les réseaux multiaccès n'autorisant pas l'émission de "broadcast" (Frame Relay ou ATM). Sur ces réseaux une même interface donne accès à différents voisins en fonction de la destination de la connexion. Ces réseaux sont appelés des NBMA (None Broadcast Multi Access).

21

## Routage OSPF et réseaux à accès multiple

- Les routeurs à état de liens inondent les voisins de leurs paquets d'état de liens lorsque le protocole OSPF est initialisé ou que la topologie change.
- Dans le cadre d'un réseau à accès multiple, cette inondation peut devenir excessive.
- Sur les réseaux à accès multiple, OSPF choisit un routeur désigné (**DR**) et un routeur désigné de sauvegarde (**BDR**) en cas d'indisponibilité du routeur désigné.
- Tous les autres routeurs deviennent des DROthers
- Les DROthers forment des contiguïtés complètes avec le DR et le BDR du réseau, et transmettent leur LSA au DR et au BDR avec l'adresse de multidiffusion 224.0.0.6 (IPv6 FF02::06)

Scénario d'inondation de LSA



22

## Routage OSPF et réseaux à accès multiple

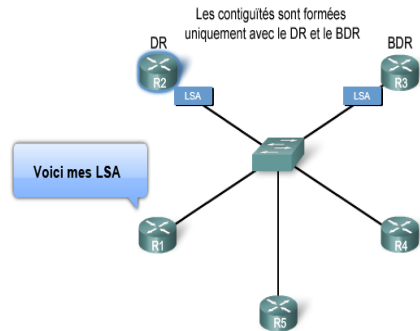
### Élection du DR/BDR

Comment le DR et le BDR sont-ils élus ?

Les critères suivants sont appliqués :

1. DR : routeur dont la priorité d'interface OSPF est la plus élevée.
2. BDR : routeur dont la priorité d'interface OSPF est la deuxième plus élevée.
3. Si les priorités d'interface OSPF sont identiques, l'ID de routeur le plus élevé prévaut.

DR et BDR dans un réseau à accès multiple

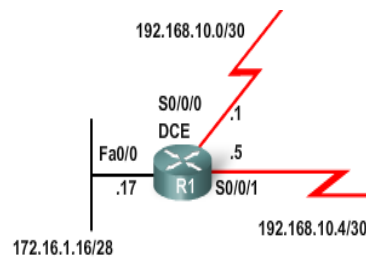


23

## ID de routeur OSPF

1. Utilisez l'adresse IP configurée avec la commande OSPF `router-id`.
2. Si `router-id` n'est pas configuré, le routeur choisit l'adresse IP la plus élevée parmi ses interfaces de bouclage IP.
3. Si aucune interface de bouclage n'est configurée, le routeur choisit l'adresse IP active la plus élevée parmi ses interfaces physiques.

ID de routeur =  
192.168.10.5



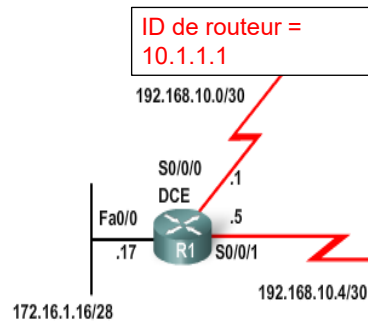
Vérification

```
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
  ***r  ultat omis***
```

24

## ID de routeur OSPF

```
R1(config)#interface loopback 0
R1(config-if)#ip address 10.1.1.1
255.255.255.255
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#router-id 10.1.1.1
Reload or use "clear ip ospf
process" command, for this to take
effect
```



**Vérification** → 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 10.1.1.1
  Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa
  ***résultat omis***
```

25

## Types de liens dans la terminologie OSPF

- Un lien vers un **réseau de terminaison** "**Stub network**" c'est à dire qui ne comprend pas d'autre routeur. Ce lien n'amènera donc pas vers d'autres réseaux IP. Il s'agit d'une interface Ethernet d'un routeur connecté à des terminaux (via un commutateur), d'une interface de loopback ou d'un routeur ne connaissant pas encore d'autres routeurs rattachés sur un réseau.
- Un lien vers un **réseau de transit** "**Transit Network**" c'est à dire qui comprend un autre routeur ou plus et qui est de plus à accès multiples. Ce réseau peut donc servir à faire transiter les paquets vers d'autres réseaux IP (d'où son nom) et il faudra élire le DR et BDR sur ce type de lien.
- Un lien vers un réseau **point à point** c'est à dire qui comprend seulement un autre routeur mais qui n'est pas à accès multiple. Ce réseau peut donc aussi servir à faire transiter des paquets vers d'autres réseaux IP mais il ne faudra pas élire de DR et BDR sur ce type de lien.

26

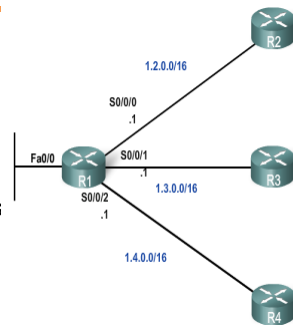
## Routage OSPF

- Protocole de routage à état de liens
- Convergence plus rapide
- Mesure des coûts (Cisco, bande passante)
- SPF : algorithme de Dijkstra
- Détermine les voisins sur les liens directement connectés
- Paquets LSP (Link-State Packet) pour chaque lien directement connecté
- Inondation des voisins par des paquets LSP
- Bases de données d'états de liens identiques (LSDB)

27

## Types de paquet OSPF

- Type 1 - Hello
- Type 2 - Database Description (DBD)
- Type 3 - Link-State Request (LSR)
- Type 4 - Link-State Update (LSU) – Plusieurs types
- Type 5 - Link-State Acknowledgement (LSAck)

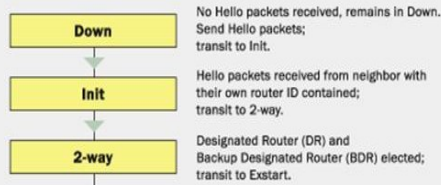


Type	Nom du paquet	Description
1	Hello	Découvre les voisins et forme des contiguïtés entre eux
2	DBD (Database Description)	Vérifie la synchronisation de la base de données entre les routeurs
3	LSR (Link-State Request)	Demande des enregistrements d'état de liens spécifiques d'un routeur à un autre
4	LSU (Link-State Update)	Envoie les enregistrements d'état de liens spécifiquement demandés
5	LSAck (Link-State Acknowledgement)	Accuse réception des autres types de paquet

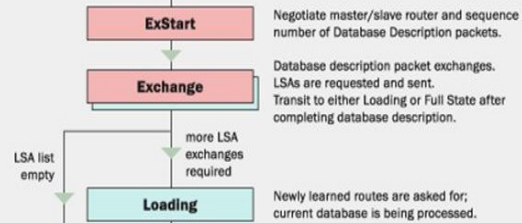
28

# OSPF

## Neighbor Discovery — Hello Protocol



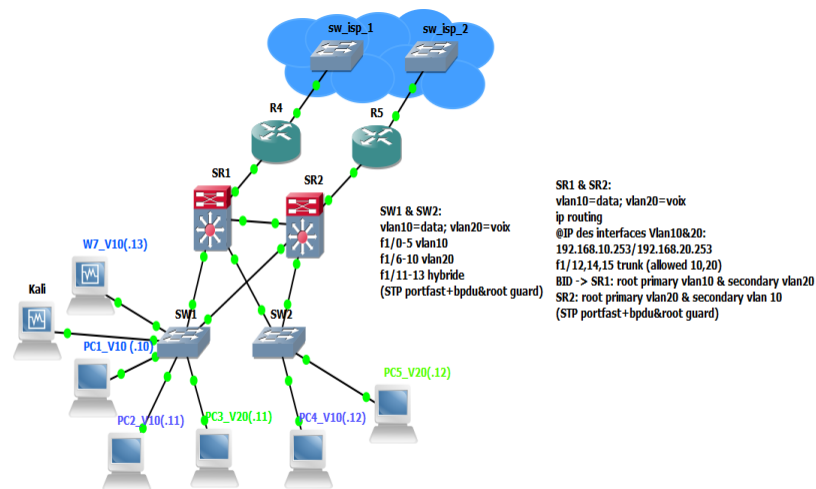
## Database Synchronization



## Route Calculations

**Full State**  
The router is synchronized with the neighbor and route calculations begin.

29



Maquette sous GNS3 ayant permis d'effectuer les captures de trames des diapos suivantes...

30

Frame 22: 90 bytes on wire (720 bits), 90 bytes captured (720 bits)

Ethernet II, Src: c4:01:14:64:f1:0d (c4:01:14:64:f1:0d), Dst: IPv4mcast\_00:00:05 (00:00:00:00:00:05)

Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.4.1 (10.1.4.1), Dst: 224.0.0.5 (224.0.0.5)

Open Shortest Path First

OSPF Header

OSPF Version: 2

Message Type: Hello Packet (1)

Packet Length: 44

Source OSPF Router: 1.1.1.1 (1.1.1.1)

Area ID: 0.0.0.0 (backbone)

Packet checksum: 0xe9a4 [correct]

Auth Type: Null

Auth Data (none)

OSPF Hello Packet

Network Mask: 255.255.255.248

Hello Interval: 10 seconds

Options: 0x12 (L, E)

Router Priority: 1

Router Dead Interval: 40 seconds

Designated Router: 0.0.0.0

Backup Designated Router: 0.0.0.0

OSPF LLS Data Block

**Emission de messages Hello à intervalle régulier**

**Réponse du voisin qui passe à l'état « Init State ». La relation de voisinage est alors active.**

**Neighbor Discovery – Hello Protocol**

**Down** No Hello packets received, remains in Down. Send Hello packets; transit to Init.

**Init** Hello packets received from neighbor with their own router ID contained; transit to 2-way.

**2-way** Designated Router (DR) and Backup Designated Router (BDR) elected; transit to Exstart.

Frame 23: 94 bytes on wire (752 bits), 94 bytes captured (752 bits)

Ethernet II, Src: c4:04:0d:54:00:00 (c4:04:0d:54:00:00), Dst: c4:01:14:64:f1:0d

Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.4.4 (10.1.4.4), Dst: 10.1.4.1 (10.1.4.1)

Open Shortest Path First

OSPF Header

OSPF Version: 2

Message Type: Hello Packet (1)

Packet Length: 48

Source OSPF Router: 192.168.33.61 (192.168.33.61)

Area ID: 0.0.0.0 (backbone)

Packet checksum: 0xf9b5 [correct]

Auth Type: Null

Auth Data (none)

OSPF Hello Packet

Network Mask: 255.255.255.248

Hello Interval: 10 seconds

Options: 0x12 (L, E)

Router Priority: 1

Router Dead Interval: 40 seconds

Designated Router: 10.1.4.4

Backup Designated Router: 0.0.0.0

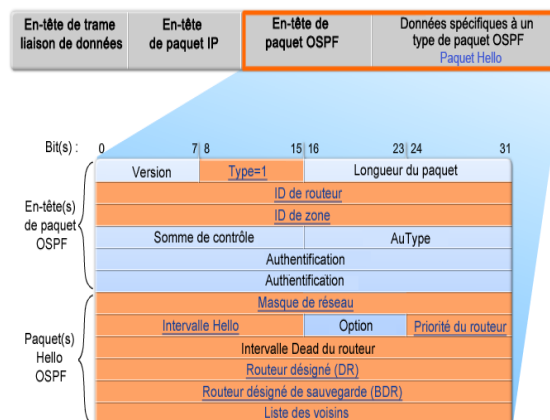
Active Neighbor: 1.1.1.1

OSPF LLS Data Block

31

## OSPF – paquets Hello

- Découvrir les voisins OSPF
- Former des contiguïtés avec les voisins
- Annoncer les paramètres
  - Intervalle Hello (par défaut, 10 ou 30 secondes)
  - Intervalle Dead (par défaut, 4 x Hello)
  - Type de réseau
- Élection d'un DR et d'un BDR (réseau à accès multiple)

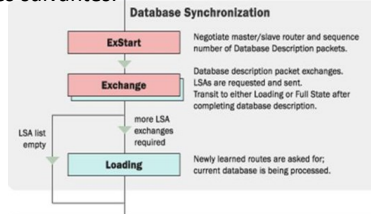


32



Après découverte d'un voisin, les 2 routeurs synchronisent leurs bases de données OSPF pour que celles-ci soient identiques, ce qui comprend les étapes suivantes:

- Etat « Exstart »: Le routeur échange avec son voisin des messages DB Description « Database Description » vide pour négocier (grâce au bit M/S Master/Slave) qui sera le maître et qui sera l'esclave pour l'échange de la base de données ainsi que le numéro de séquence initial



```

Ethernet II, Src: c4:04:0d:34:00:00 (c4:04:0d:34:00:00), Dst: c4:01:14:64:f1:0d (c4:01:14:64:f1:0d)
Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.4.4 (10.1.4.4), Dst: 10.1.4.1 (10.1.4.1)
Open Shortest Path First
  OSPF Header
  OSPF DB Description
  LSA Header
    LS Age: 1955 seconds
    Do Not Age: False
    Options: 0x22 (DC, E)
    LS Type: Router-LSA (1)
    Link state ID: 1.1.1.1
    Advertising Router: 1.1.1.1 (1.1.1.1)
    LS Sequence Number: 0x80000003
    LS Checksum: 0x2fdf
    Length: 60
  LSA Header
  LSA Header
    LS Age: 4 seconds
    Do Not Age: False
    Options: 0x22 (DC, E)
    LS Type: Router-LSA (1)
    Link state ID: 192.168.33.61
    Advertising Router: 192.168.33.61 (192.168.33.61)
    LS Sequence Number: 0x80000003
    LS Checksum: 0x7bed
    Length: 48
  LSA Header
  LSA Header
  LSA Header
  LSA Header
  LSA Header
  OSPF LLS Data Block

```

- Etat « Exchange »: Les routeurs s'envoient des messages DB Description contenant des LSA « Link-State Advertisements » pour donner un résumé de leur base de données à état de liens.

- Etat « Full Adjacency »: Lorsque l'état « loading » est complet c'est-à-dire que les bases de données des routeurs sont synchronisées, ceux-ci passent dans l'état « Full » pour ce voisin.

33

- Etat « Loading »: Après avoir reçu le message DB Description de son voisin, le routeur de destination envoie un message LSR « Link-State Request » pour demander plus d'informations sur toutes les entrées de la base de données de son voisin qui ne sont pas dans sa propre base.

```

Frame 36: 178 bytes on wire (1424 bits), 178 bytes captured (1424 bits)
Ethernet II, Src: c4:01:14:64:f1:0d (c4:01:14:64:f1:0d), Dst: c4:04:0d:34:00:00 (c4:04:0d:34:00:00)
Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.4.1 (10.1.4.1), Dst: 10.1.4.4 (10.1.4.4)
Open Shortest Path First
  OSPF Header
  Link State Request
    LS Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 1.1.1.1
    Advertising Router: 1.1.1.1 (1.1.1.1)
  Link State Request
  Link State Request
  Link State Request
    LS Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 192.168.33.61
    Advertising Router: 192.168.33.61 (192.168.33.61)
  Link State Request
    LS Type: Network-LSA (2)
    Link State ID: 10.1.4.1
    Advertising Router: 1.1.1.1 (1.1.1.1)
  Link State Request
  Link State Request
  Link State Request
  Link State Request
    LS Type: AS-External-LSA (ASBR) (5)
    Link State ID: 0.0.0.0
    Advertising Router: 3.3.3.3 (3.3.3.3)
  Link State Request

```

34

- ♦ Celui-ci lui répond par un message LSU « Link-State Update » qui contient des LSA donnant une description détaillée de sa base de données pour les informations

Frame 38: 478 bytes on wire (3824 bits), 478 bytes captured (3824 bits)

Ethernet II, Src: c4:04:0d:54:00:00 (c4:04:0d:54:00:00), Dst: c4:01:14:64:f1:0d (c4:01:14:64:f1:0d)

Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.4.4 (10.1.4.4), Dst: 10.1.4.1 (10.1.4.1)

Open Shortest Path First

OSPF Header

LS Update Packet

Number of LSAs: 10

LS Type: Router-LSA

LS Age: 1956 seconds

Do Not Age: False

Options: 0x22 (DC, E)

LS Type: Router-LSA (1)

Link State ID: 1.1.1.1

Advertising Router: 1.1.1.1 (1.1.1.1)

LS Sequence Number: 0x80000003

LS Checksum: 0x2f0f

Length: 60

Flags: 0x00

Number of Links: 3

Type: Transit ID: 192.168.20.253 Data: 192.168.20.253 Metric: 1

Type: Transit ID: 192.168.10.253 Data: 192.168.10.253 Metric: 1

Type: Transit ID: 10.1.4.1 Data: 10.1.4.1 Metric: 1

LS Type: Router-LSA

LS Type: Router-LSA

LS Type: Router-LSA

LS Age: 5 seconds

Do Not Age: False

Do Not Age: False

Options: 0x22 (DC, E)

LS Type: Router-LSA (1)

Link State ID: 192.168.33.61

Advertising Router: 192.168.33.61 (192.168.33.61)

LS Sequence Number: 0x80000003

LS Checksum: 0x7b6d

Length: 48

Flags: 0x02 (E)

Number of Links: 2

Type: Stub ID: 192.168.33.0 Data: 255.255.255.0 Metric: 10

Type: Stub ID: 10.1.4.0 Data: 255.255.255.248 Metric: 10

LS Type: Network-LSA

LS Type: Network-LSA

LS Type: Network-LSA

LS Age: 1956 seconds

Do Not Age: False

Options: 0x22 (DC, E)

LS Type: Network-LSA (2)

Link State ID: 192.168.10.253

Advertising Router: 1.1.1.1 (1.1.1.1)

LS Sequence Number: 0x80000001

LS Checksum: 0xa2a3

Length: 32

Netmask: 255.255.255.0

Attached Router: 1.1.1.1

Attached Router: 192.168.20.252

LS Type: Network-LSA

LS Type: AS-External-LSA (ASBR)

LS Type: AS-External-LSA (ASBR)

35

- ♦ Pour terminer après réception de ce LSU, le routeur envoie un LSAck « Link-state Acknowledgement » qui est un accusé de réception d'état de liaisons:

63 85.036798 10.1.4.4 10.1.4.1 OSPF 118 LS Acknowledge

Frame 63: 118 bytes on wire (944 bits), 118 bytes captured (944 bits)

Ethernet II, Src: c4:04:0d:54:00:00 (c4:04:0d:54:00:00), Dst: c4:01:14:64:f1:0d (c4:01:14:64:f1:0d)

Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.4.4 (10.1.4.4), Dst: 10.1.4.1 (10.1.4.1)

Open Shortest Path First

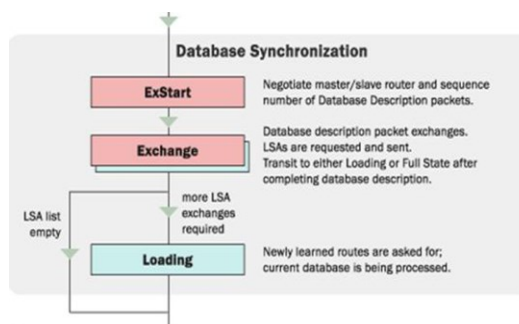
OSPF Header

LSA Header

LSA Header

LSA Header

- ♦ Etat « Full Adjacency » lorsque l'état « loading » est complet c'est-à-dire que les bases de données des routeurs sont synchronisées, ceux-ci passent dans l'état « Full » pour ce voisin.



36

## OSPF – Paquets LSU

- LSU (Link-State Update)
- LSA (Link-State Advertisement) (interchangeables)
- Plusieurs types de LSA

Les LSU contiennent des LSA (annonces d'état de liens)

Type	Nom du paquet	Description
1	Hello	Découvre les voisins et forme des contiguïtés entre eux
2	DBD	Vérifie la synchronisation de la base de données entre les routeurs
3	LSR	Demande des enregistrements d'état de liens spécifiques d'un routeur à un autre
4	LSU	Envoie les enregistrements d'état de liens spécifiquement demandés
5	LSAck	Accuse réception des autres types de paquet

- Les termes LSA et LSU sont souvent utilisés de manière interchangeable.
- Un paquet LSU contient une ou plusieurs LSA.
- Les LSA contiennent des informations de routage concernant les réseaux de destination.
- Les spécificités des LSA sont traitées dans le cours CCNP.

Type de LSA	Description
1	LSA de routeur
2	LSA de réseau
3 ou 4	LSA récapitulatives
5	LSA externes du système autonome
6	LSA OSPF de multidiffusion
7	Défini pour les zones Not-So-Stubby
8	LSA d'attributs externes pour le protocole BGP (Border Gateway Protocol)
9, 10, 11	LSA opaques

37

## Configuration du routage OSPF de base

```

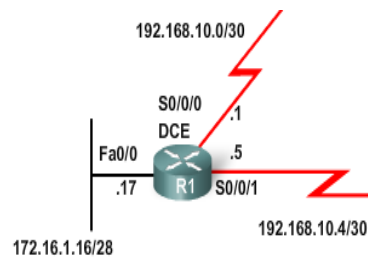
R1(config)#int fa 0/0
R1(config-if)#ip address 172.16.1.17 255.255.255.240

R1(config)#int s 0/0/0
R1(config-if)#ip address 192.168.10.1 255.255.255.252

R1(config)#int s 0/0/1
R1(config-if)#ip address 192.168.10.5 255.255.255.252

R1(config-if)#router ospf 1
R1(config-router)#network 172.16.1.16 0.0.0.15 area 0
R1(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.3 area 0
R1(config-router)#network 192.168.10.4 0.0.3 area 0

```



Syntaxe de la commande :

**router ospf process-id**

**network network-address  
wildcard-mask area area-id**

38

## Mise en œuvre du routage OSPF à zones multiples

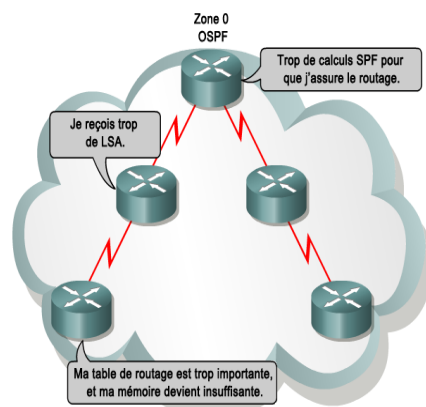
39

### Problèmes liés à OSPF dans le cas de réseaux très étendus

- Calculs fréquents de l'algorithme SPF
- Table de routage importante
- LSDB de grande taille

Solution :

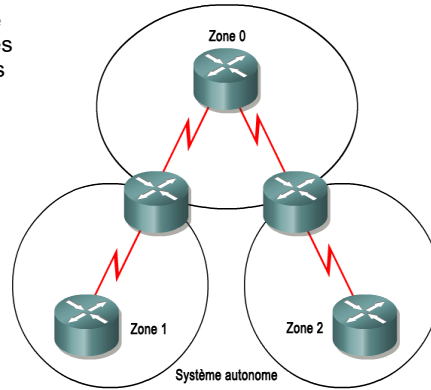
- Scinder le réseau en plusieurs zones OSPF



40

## Zones OSPF

- **Diminution de la fréquence des calculs SPF** : des informations de route détaillées existent dans chaque zone, les changements d'état de liens ne sont pas diffusés dans les autres zones.
- **Réduction de la taille des tables de routage** : au lieu d'annoncer des routes explicites en dehors de la zone, les routeurs peuvent être configurés de sorte à récapituler les routes dans une ou plusieurs annonces récapitulatives.
- **Réduction de la surcharge des LSU** : plutôt que d'émettre un paquet LSU sur chaque réseau à l'intérieur d'une zone, un routeur peut annoncer une seule route récapitulative ou un plus petit nombre de routes entre les zones.

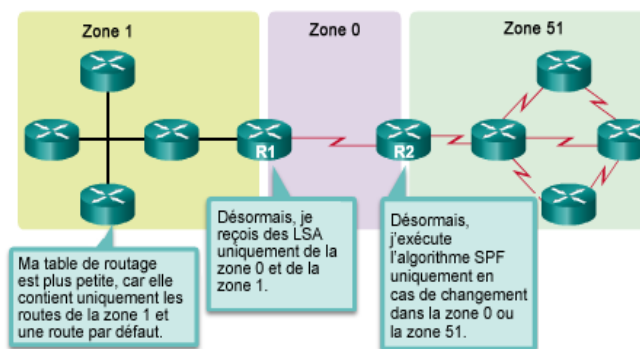


41

## Pourquoi choisir le routage OSPF à zones multiples ?

Le routage OSPF à zones multiples nécessite une conception réseau hiérarchique dans laquelle existe une zone principale, appelée zone de backbone (Area 0), à laquelle toutes les autres zones doivent se connecter.

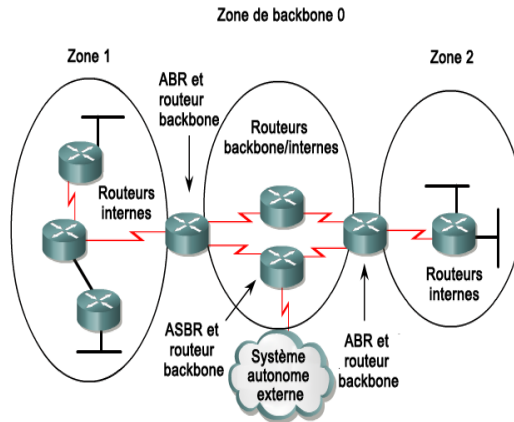
### Avantages du protocole OSPF à zones multiples



42

## Types de routeur OSPF

- Routeurs internes
  - Toutes les interfaces situées dans la même zone
  - LSDB identiques
- Routeurs backbone
  - Au moins 1 interface dans la zone 0
- Routeurs ABR
  - Interfaces situées dans plusieurs zones
- Routeurs ASBR
  - Au moins 1 interface dans un réseau non-OSPF



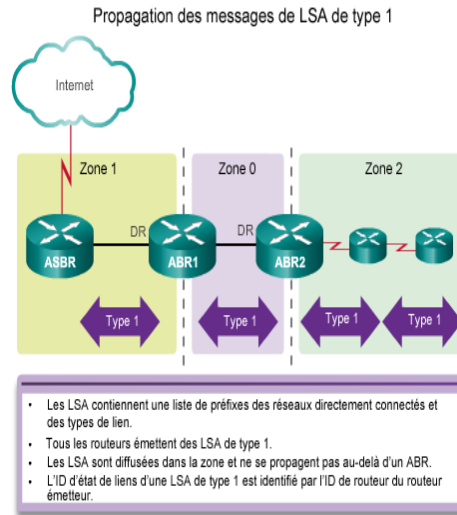
43

## Types de LSA échangées entre les zones

44

## LSA OSPF de type 1 – LSA de routeur

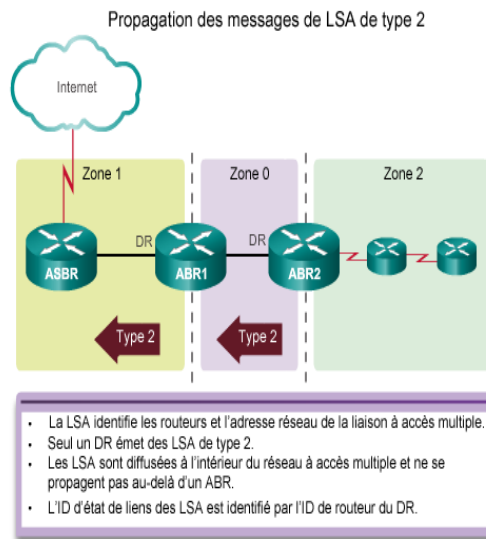
- Une seule LSA de routeur (type 1) pour chaque routeur d'une zone
  - Comprend une liste de liens directement connectés
  - Chaque lien est identifié par le préfixe IP attribué au lien et par son type
- Identifiée par l'ID de routeur du routeur émetteur
- Diffusée uniquement dans sa zone sans traverser l'ABR



45

## LSA OSPF de type 2 – LSA de réseau

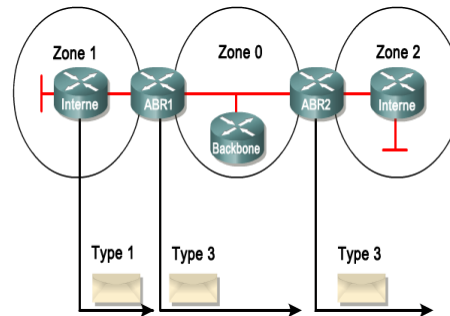
- Une seule LSA de routeur (type 2) pour chaque diffusion de transit ou de réseau NBMA par zone
  - Comprend la liste des routeurs connectés au lien de transit
  - Comporte le masque de sous-réseau du lien
- Annoncée par le DR du réseau de diffusion
- Diffusée uniquement dans sa zone sans traverser l'ABR



46

## LSA OSPF de type 3 – LSA récapitulative

- Annonce servant à diffuser des informations de réseau aux zones situées en dehors de la zone émettrice (inter-zone)
  - Décrit le numéro de réseau et le masque du lien
- Émise par l'ABR de la zone émettrice
- Ré-émission par les ABR suivants en vue d'une inondation à travers le système autonome
- Par défaut, les routes ne sont pas récapitulées. Des LSA de type 3 sont diffusées pour chaque sous-réseau

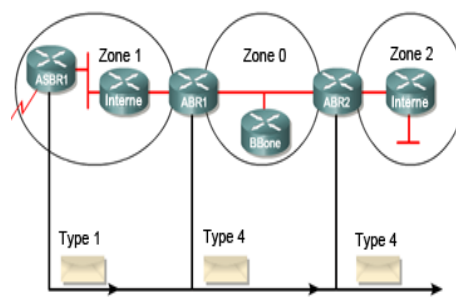


- La LSA décrit une adresse réseau apprise par les LSA de type 1.
- Une LSA est nécessaire pour chaque sous-réseau
- Les LSA de type 3 sont diffusées par les ABR dans d'autres zones et sont ré-émises par d'autres ABR.
- L'ID d'état de liens des LSA est identifié par l'adresse réseau.
- Par défaut, les routes muettes ne sont pas récapitulées, mais devraient l'être.

47

## LSA OSPF de type 4 – LSA récapitulative

- Permet d'annoncer un ASBR à toutes les autres zones du système autonome
- Émise par l'ABR de la zone émettrice
- Ré-émission par les ABR suivants pour les diffuser à travers le système autonome
- Contient l'ID de routeur de l'ASBR



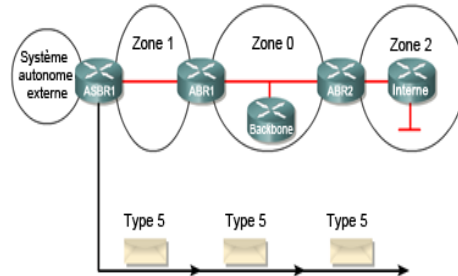
- La LSA sert à annoncer un ASBR à d'autres zones et à fournir une route vers ce dernier.
- Les ABR émettent des LSA de type 4.
- La LSA est créée par l'ABR émetteur et ré-émise par d'autres ABR.
- L'ID d'état de liens de la LSA est identifié par l'ID de routeur du routeur ASBR.

48



## LSA OSPF de type 5 – LSA externe

- Sert à annoncer les réseaux issus d'autres systèmes autonomes
- Annoncée et détenue par l'ASBR émetteur
- Diffusée à travers tout le système autonome
- Routeur annonceur (ASBR) non modifié à travers tout le système autonome
- LSA de type 4 nécessaire pour localiser l'ASBR
- Par défaut, les routes ne sont pas récapitulées



- La LSA sert à annoncer des adresses réseau externes (non-OSPF).
- Un ASBR émet des LSA de type 5.
- La LSA est diffusée à travers toute la zone et ré-émise par d'autres ABR.
- L'ID d'état de liens de la LSA est identifié par l'adresse réseau externe.
- Par défaut, les routes ne sont pas récapitulées, mais devraient l'être.

49

## Routes OSPF – Table de routage

Descripteur de routage		Description
O	LSA OSPF interne à une zone (LSA de routeur) et LSA de réseau	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réseaux situés à l'intérieur de la zone du routeur</li> <li>• Annoncés par les LSA de routeur et de réseau</li> </ul>
O IA	OSPF inter-zone (LSA récapitulative)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réseaux situés à l'extérieur de la zone du routeur, mais dans le périmètre du système autonome OSPF</li> <li>• Annoncés par des LSA récapitulatives</li> </ul>
O E1	Routes externes de type 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réseaux situés à l'extérieur du système autonome du routeur</li> </ul>
O E2	Routes externes de type 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Annoncés par des LSA externes</li> </ul>

50

## Entrées de la table de routage OSPF

Entrées de routeur et de la table de routage réseau

```

R1# show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, LL - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, L - LISP
       + - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is 192.168.10.2 to network 0.0.0.0

O*E2 0.0.0.0/0 [110/1] via 192.168.10.2, 00:00:19, Serial0/0/0
    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
    C 10.1.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
    L 10.1.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
    C 10.1.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
    L 10.1.2.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
    O 10.2.1.0/24 [110/648] via 192.168.10.2, 00:04:34, Serial0/0/0
    O IA 192.168.1.0/24 [110/1295] via 192.168.10.2, 00:01:48, Serial0/0/0
    O IA 192.168.2.0/24 [110/1295] via 192.168.10.2, 00:01:48, Serial0/0/0
    192.168.10.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
    C 192.168.10.0/30 is directly connected, Serial0/0/0
    L 192.168.10.1/32 is directly connected, Serial0/0/0
    O 192.168.10.4/30 [110/1294] via 192.168.10.2, 00:01:55, Serial0/0/0
R1#

```

- O : les LSA de routeur (type 1) et de réseau (type 2) annoncent les détails relatifs à l'intérieur d'une zone (la route est interne à la zone)
- O IA : les LSA récapitulatives apparaissent dans la table de routage sous forme d'IA (routes entre les zones)
- O E1 ou OE 2 : LSA externes signalées comme étant des routes de type externe 1 (E1) ou externe 2 (E2)

51

## Entrées de la table de routage OSPF

Entrées de la table de routage OSPFv3

```

R1# show ipv6 route
IPv6 Routing Table - default - 9 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, U - Per-user Static route
       B - BGP, R - RIP, H - NHRP, I1 - ISIS L1
       I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary, D - EIGRP
       EX - EIGRP external, ND - ND Default, NDp - ND Prefix, DCS - Destination
       NDC - Redirect, O - OSPF Intra, OI - OSPF Inter, OE1 - OSPF ext 1
       OE2 - OSPF ext 2, ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2

OE2 ::0 [110/1], tag 10
    via FE80::2, Serial0/0/0
    C 2001:DB8:CAFE::64 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0, directly connected
    L 2001:DB8:CAFE::1/128 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0, receive
    O 2001:DB8:CAFE::64 [110/648]
    via FE80::2, Serial0/0/0
    OI 2001:DB8:CAFE::64 [110/1295]
    via FE80::2, Serial0/0/0
    C 2001:DB8:CAFE:A001::64 [0/0]
    via Serial0/0/0, directly connected
    L 2001:DB8:CAFE:A001::1/128 [0/0]
    via Serial0/0/0, receive
    O 2001:DB8:CAFE:A002::64 [110/1294]
    via FE80::2, Serial0/0/0
    L FF00::8 [0/0]
    via Null0, receive
R1#

```

- O : les LSA de routeur (type 1) et de réseau (type 2) annoncent les détails relatifs à l'intérieur d'une zone (route interne à la zone)
- OI : les LSA récapitulatives apparaissent dans la table de routage sous forme d'IA (routes inter-zone)
- O E1 ou OE 2 : LSA externes signalées comme étant des routes de type externe 1 (E1) ou externe 2 (E2)

52

## Routes OSPF – Table de routage

### Routes externes

- **E2 (par défaut) :** le coût des routes du paquet O E2 correspond au coût externe. Utilisez ce type si un seul ASBR annonce une route externe au système autonome.
- **E1 :** calcule le coût en ajoutant un coût externe au coût interne de chaque lien que le paquet croise.

RouterB>show ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP  
 D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area  
 N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2  
 R1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2  
 i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1,  
 L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area,  
 \* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR,  
 P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

```

172.31.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
O IA 172.31.2.0 [110/1563] via 10.1.1.1, 00:12:35, FastEthernet0/0
O IA 172.31.1.0 [110/782] via 10.1.1.1, 00:12:35, FastEthernet0/0
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 6 subnets, 2 masks
C 10.200.200.13/32 is directly connected, Loopback0
C 10.1.3.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
O 10.1.2.0/24 [110/782] via 10.1.3.4, 00:12:35 Serial0/0/0
C 10.1.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O 10.1.0.0/24 [110/782] via 10.1.1.1, 00:12:37, FastEthernet0/0
O E2 10.254.0.0/24 [110/50] via 10.1.1.1, 00:12:37, FastEthernet0/0

```

53

## Calcul des routes OSPF

### Étapes de convergence OSPF

```

R1# show ip route | begin Gateway
Gateway of last resort is 192.168.10.2 to network 0.0.0.0
O*E2 0.0.0.0/0 [110/1] via 192.168.10.2, 00:00:19, Serial0/0/0
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
C 10.1.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L 10.1.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
C 10.1.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L 10.1.2.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
O 10.2.1.0/24 [110/648] via 192.168.10.2, 00:04:34, Serial0/0/0
O IA 192.168.1.0/24 [110/1295] via 192.168.10.2, 00:01:48, Serial0/0/0
O IA 192.168.2.0/24 [110/1295] via 192.168.10.2, 00:01:48, Serial0/0/0
192.168.10.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
C 192.168.10.0/30 is directly connected, Serial0/0/0
L 192.168.10.1/32 is directly connected, Serial0/0/0
O 192.168.10.4/30 [110/1294] via 192.168.10.2, 00:01:55, Serial0/0/0
R1#

```

- Calculer les routes OSPF internes à une zone.
- Calculer le meilleur chemin jusqu'aux routes OSPF inter-zones.
- Calculer la meilleure route jusqu'aux réseaux externes non-OSPF.

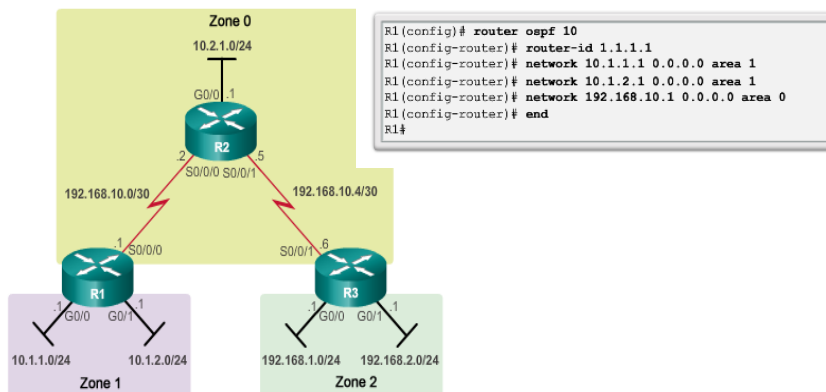
1. Tous les routeurs calculent les meilleurs chemins vers les destinations internes à leur zone et ajoutent ces entrées à la table de routage.
2. Tous les routeurs calculent les meilleurs chemins vers les autres zones dans l'inter-réseau (inter-zone) ou les LSA de type 3 et 4.
3. Tous les routeurs calculent les meilleurs chemins jusqu'aux destinations du système autonome externe (type 5). Ils sont signalés par le descripteur de routage O E1 ou O E2.

54

## Configuration du routage OSPF à zones multiples

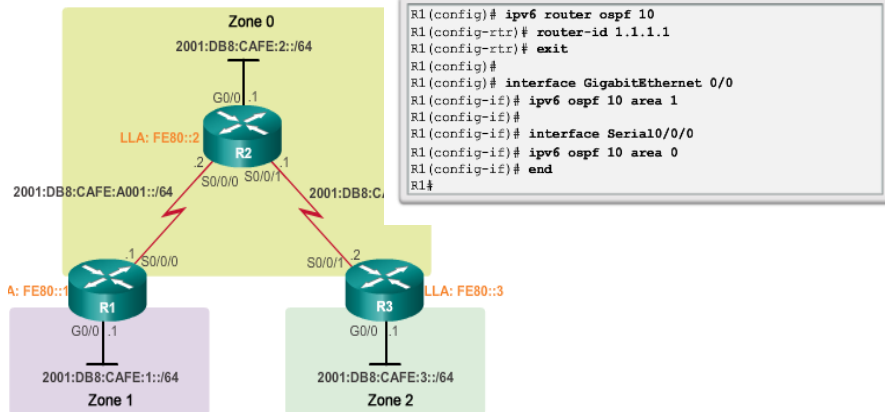
55

## Configuration du routage OSPFv2 à zones multiples



56

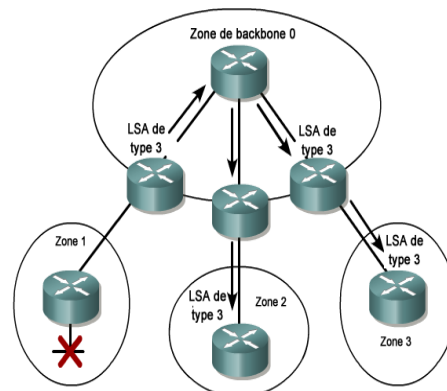
## Configuration du routage OSPFv3 à zones multiples



57

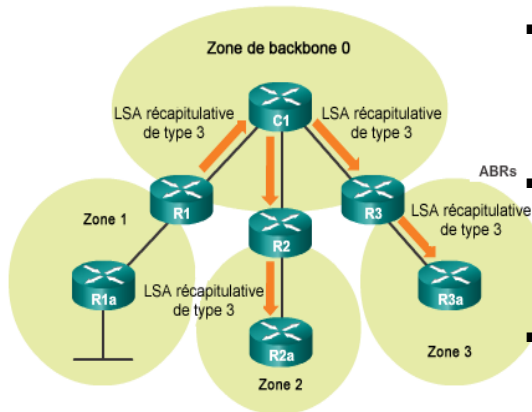
## Récapitulation des routes OSPF

- Réseaux OSPF étendus - Grand nombre de LSA envoyées
- Tous les routeurs OSPF concernés doivent recalculer leur LSDB et l'arborescence SPF
- **Récapitulation des routes inter-zone** : configurée sur les ABR et s'applique aux routes de chaque zone
- **Récapitulation des routes externes** : routes externes qui sont annoncées dans le réseau OSPF via la redistribution des routes. Configurée sur les ASBR uniquement
- Les plages d'adresses qui sont récapitulées doivent être contiguës



58

## Récapitulation des routes OSPF



- R1 transmet une LSA récapitulative au routeur principal C1.
- C1 transmet à son tour la LSA récapitulative à R2 et R3.
- R2 et R3 la transfèrent à leurs routeurs internes respectifs.

59

## Calcul d'une route récapitulative

Récapituler 10.1.1.0/24 et  
10.1.2.0/24

Étape 1	Étape 2	Certains bits sont différents
10.1.1.0	00001010.00000001.00000000.00000000	01.00000000
10.1.2.0	00001010.00000001.00000000.00000000	10.00000000
Correspondance des 22 premiers bits		
Étape 3		
10.1.0.0	00001010.00000001.00000000.00000000	00.00000000
255.255.252.0	11111111.11111111.11111111.00000000	00.00000000
/22		

10.1.0.0/22 ou 10.1.0.0 255.255.252.000

60

## Configurer la récapitulation des routes inter-zone

**R1**

```
R1(config)# router ospf 10
R1(config-router)# area 1 range 10.1.0.0 255.255.252.0
R1(config-router)#
```

**R1# show ip route ospf | begin Gateway**  
Gateway of last resort is not set

```

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
O 10.1.0.0/22 is a summary, 00:00:09, Null0
O 10.2.1.0/24 [110/648] via 192.168.10.2, 00:00:09,
Serial0/0/0
O IA 192.168.1.0/24 [110/1295] via 192.168.10.2, 00:00:09,
Serial0/0/0
O IA 192.168.2.0/24 [110/1295] via 192.168.10.2, 00:00:09,
Serial0/0/0
192.168.10.0/24 is variably subnetted, 3 subnets
masks
O 192.168.10.0/30 [110/1294] via 192.168.10.2,
00:00:09, Serial0/0/0
R1#
```

**R3**

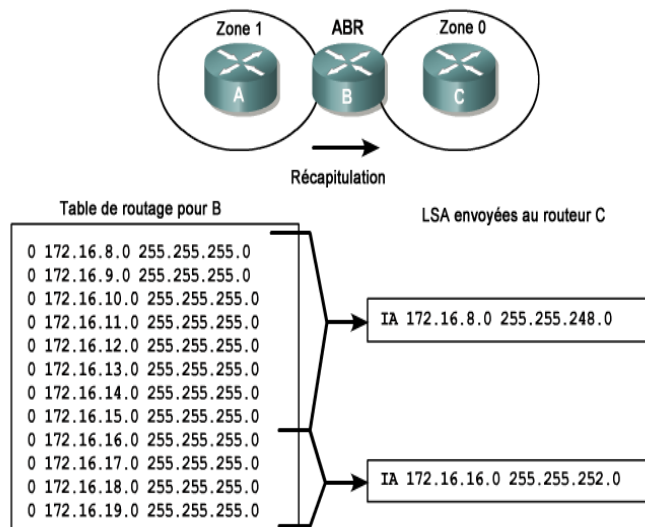
```
R3# show ip route ospf | begin Gateway
Gateway of last resort is not set
```

```

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
O IA 10.1.0.0/22 [110/1295] via 192.168.10.5, 00:00:06,
Serial0/0/1
O 10.2.1.0/24 [110/648] via 192.168.10.5, 00:29:23,
Serial0/0/1
192.168.10.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2
masks
O 192.168.10.0/30 [110/1294] via 192.168.10.5,
00:29:23, Serial0/0/1
R3#
```

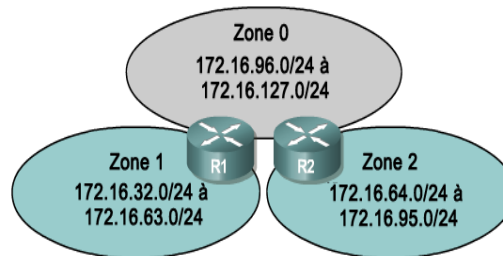
61

## Récapitulation des routes OSPF - VLSM



62

## OSPF - Récapitulation des routes inter-zone

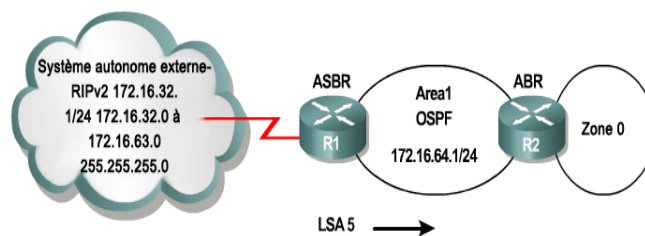


```
R1(config)# router ospf 100
R1(config-router)#network 172.16.32.1 0.0.0.0 area 1
R1(config-router)#network 172.16.96.1 0.0.0.0 area 0
R1(config-router)#area 0 range 172.16.96.0 255.255.224.0
R1(config-router)#area 1 range 172.16.32.0 255.255.224.0
```

```
R2(config)# router ospf 100
R2(config-router)#network 172.16.64.1 0.0.0.0 area 2
R2(config-router)#network 172.16.127.1 0.0.0.0 area 0
R2(config-router)#area 0 range 172.16.96.0 255.255.224.0
R2(config-router)#area 2 range 172.16.64.0 255.255.224.0
```

63

## OSPF - Récapitulation des routes ASBR



```
R1#
router ospf 100
network 172.16.64.1 0.0.0.0 area 1
summary-address 172.16.32.0 255.255.224.0
```

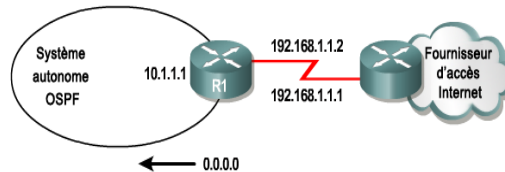
Remarque : les routes RIPv2 doivent également être redistribuées dans OSPF, dans cet exemple

64



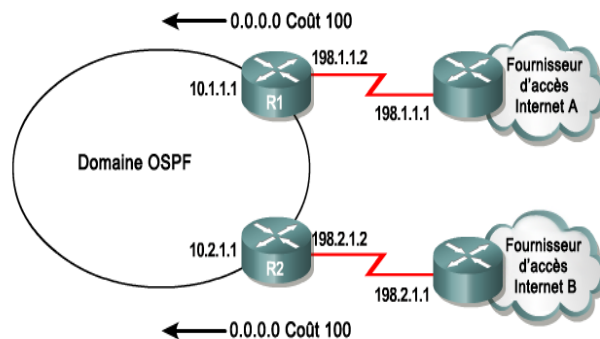
## Route par défaut OSPF

- Deux méthodes :
  - default-information originate
  - default-information originate always
- Le mot clé « always » autorise l'annonce de la route par défaut même si le routeur annonceur n'a pas de route par défaut
- Valeur de mesure facultative pour indiquer la préférence



65

## Exemple de route OSPF par défaut



```
R1#
router ospf 100
network 10.1.1.1 0.0.0.0 area 0
default-information originate metric 10
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 198.1.1.1
```

```
R2#
router ospf 100
network 10.2.1.1 0.0.0.0 area 0
default-information originate metric 100
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 198.2.1.1
```

66

## Vérifier les configurations du routage OSPFv2 et OSPFv3

67

## Vérifier le routage OSPFv2 à zones multiples

Commandes pour la vérification :

- **show ip ospf neighbor**
- **show ip ospf**
- **show ip ospf interface**
- **show ip protocols**
- **show ip ospf interface brief**
- **show ip route ospf**
- **show ip ospf database**

*Pour OSPFv3,  
remplacer  
simplement ip par ipv  
6*

68

## Vérifier les paramètres généraux du protocole OSPF à zones multiples

```
R1# show ip protocols
*** IP Routing is NSF aware ***

Routing Protocol is "ospf 10"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 1.1.1.1
  It is an area border router
  Number of areas in this router is 2. 2 normal 0 stub 0 nssa
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    10.1.1.1 0.0.0.0 area 1
    10.1.2.1 0.0.0.0 area 1
    192.168.10.1 0.0.0.0 area 0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    3.3.3.3          110           02:20:36
    2.2.2.2          110           02:20:39
  Distance: (default is 110)

R1#
```

```
R1# show ip ospf interface brief
Interface  PID  Area  IP Address/Mask  Cost  State  Nbrs  F/C
Se0/0/0    10   0     192.168.10.1/30  64    P2P    1/1
Gi0/1      10   1     10.1.2.1/24     1     DR     0/0
Gi0/0      10   1     10.1.1.1/24     1     DR     0/0
R1#
```

69

## Vérifier les routes OSPF

```
R1# show ip route ospf | begin Gateway
Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
O       10.2.1.0/24 [110/648] via 192.168.10.2, 00:26:03,
                                             Serial0/0/0
O IA 192.168.1.0/24 [110/1295] via 192.168.10.2, 00:26:03,
                                             Serial0/0/0
O IA 192.168.2.0/24 [110/1295] via 192.168.10.2, 00:26:03,
                                             Serial0/0/0
    192.168.10.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
O       192.168.10.4/30 [110/1294] via 192.168.10.2, 00:26:03,
                                             Serial0/0/0
R1#
```

70

## Vérifier la LSDB OSPF à zones multiples

### Vérification de la LSDB OSPF sur R1

```
R1# show ip ospf database
      OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 10)
```

Router Link States (Area 0)					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
1.1.1.1	1.1.1.1	725	0x80000005	0x00F9B0	2
2.2.2.2	2.2.2.2	695	0x80000007	0x003DB1	5
3.3.3.3	3.3.3.3	681	0x80000005	0x00FF91	2
Summary Net Link States (Area 0)					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	
10.1.1.0	1.1.1.1	725	0x80000006	0x00D155	
10.1.2.0	1.1.1.1	725	0x80000005	0x00C85E	
192.168.1.0	3.3.3.3	681	0x80000006	0x00724E	
192.168.2.0	3.3.3.3	681	0x80000005	0x006957	

Router Link States (Area 1)					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
1.1.1.1	1.1.1.1	725	0x80000006	0x007D7C	2
Summary Net Link States (Area 1)					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	
10.2.1.0	1.1.1.1	725	0x80000005	0x004A9C	
192.168.1.0	1.1.1.1	725	0x80000005	0x00B593	
192.168.2.0	1.1.1.1	725	0x80000005	0x00AA9D	
192.168.10.0	1.1.1.1	725	0x80000005	0x00B3D0	
192.168.10.4	1.1.1.1	725	0x80000005	0x000E32	

R1#