

Chapitre 11

Implémenter le protocole OSPF

1. Présentation du protocole OSPF

1.1. Définition du protocole OSPF

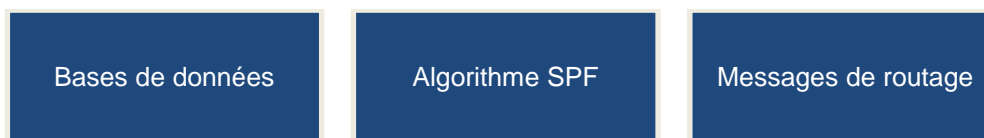
- **OSPF** (Open Shortest Path First) est un **protocole de routage à état de liens**.
- Le protocole OSPF présente des avantages considérables par rapport aux autres protocoles tel que RIP car il offre une **convergence plus rapide** et **s'adapte mieux aux réseaux de plus grande taille**.

1.2. Caractéristiques du protocole OSPF

Sans classe	Il est sans classe (il prend en charge VLSM et CIDR).
Efficace	C'est le changement de topologie qui déclenche des mises à jour de routage (pas de mises à jour régulières).
Convergence rapide	Il diffuse rapidement les modifications apportées au réseau.
Évolutif	Il fonctionne bien sur les petits et les grands réseaux (utilisation de zones).
Sécurité	Il prend en charge l'authentification MD5 pour les chiffrer les informations de routage.

1.3. Composants du protocole OSPF

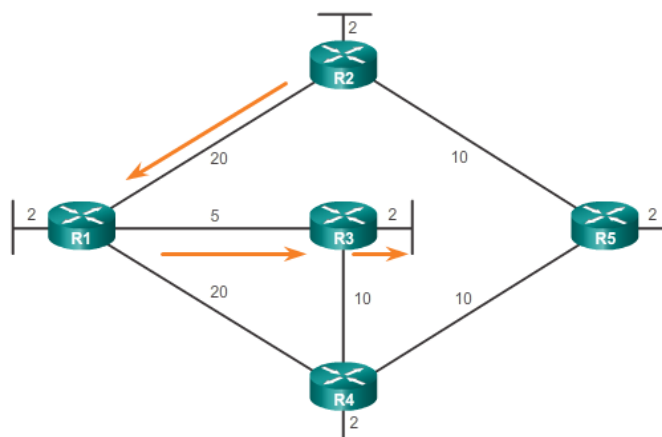
- Les trois composants principaux du protocole OSPF incluent :

a) *Bases des données OSPF*

Base de données	Table	Description
BD de contiguïté	Table de voisinage	<ul style="list-style-type: none"> - Elle contient la liste de tous les routeurs voisins avec lesquels un routeur a établi une communication bidirectionnelle. - Cette table est unique pour chaque routeur. - Pour afficher cette table : show ip ospf neighbor
BD d'états de liens (LSDB)	Table topologique	<ul style="list-style-type: none"> - Elle contient des informations relatives à tous les autres routeurs du réseau (topologie du réseau). - Tous les routeurs au sein d'une zone possèdent des LSDB identiques - Pour afficher cette table : show ip ospf
BD de réacheminement	Table de routage	<ul style="list-style-type: none"> - Elle contient la liste des routes générées lors de l'exécution d'un algorithme sur la LSDB. - Pour afficher cette table : show ip route

b) Algorithme SPF

- Les tables de voisinage et de topologie sont traitées à l'aide de l'**algorithme SPF de Dijkstra**.
- L'algorithme SPF est basé sur le **coût cumulé** permettant d'atteindre une destination.
- Exemple** : le chemin le plus court permettant à un hôte sur le LAN de R2 d'atteindre un hôte sur le LAN de R3 est : De R2 à R1 (20) + de R1 à R3 (5) + de R3 au LAN (2) = 27

c) Messages de routage

- OSPF échange les messages de routage grâce à cinq types de paquets appelés **LSP** (Link-State Packet) :

Type	Nom du paquet	Description
1	Hello	Découvre les voisins et crée des contiguités entre eux.
2	DBD (DataBase Description)	Vérifie la synchronisation de la base de données entre les routeurs.
3	LSR (Link-State Request)	Demande des informations d'état de liens spécifiques d'un routeur à un autre.
4	LSU (Link-State Update)	Envoie des informations d'état de liens spécifiquement demandés.
5	LSAck (Link-State Acknowledgment)	Paquet d'accusé de réception d'état de liens qui reconnaît les autres types de paquet.

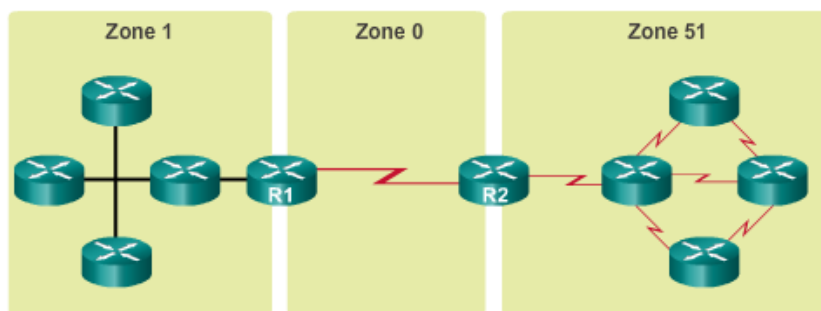
1.4. Notion de zone

- Pour offrir l'efficacité et l'évolutivité, le protocole OSPF prend en charge le routage à l'aide de **zones**.
- Une **zone OSPF** est un groupe de routeurs qui partagent les mêmes informations de routage dans leurs LSDB.
- Le protocole OSPF peut être mise en œuvre de deux manières différentes :

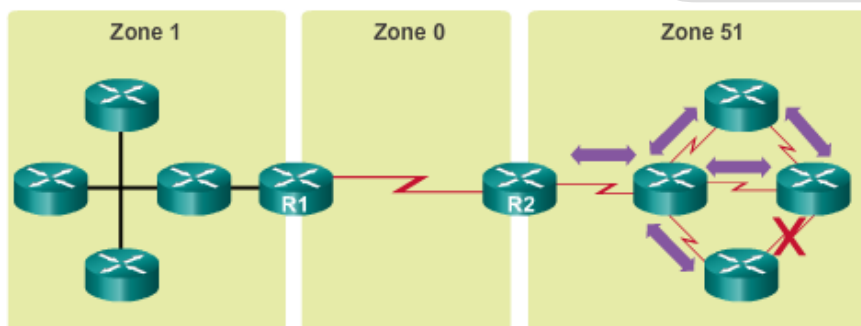
OSPF à zone unique	<ul style="list-style-type: none"> Tous les routeurs sont situés dans une zone appelée zone fédératrice (zone 0). Il est utile sur les plus petits réseaux comportant peu de routeurs. <div style="text-align: center;"> </div>
---------------------------	--

OSPF multizones

- Il est mis en œuvre à l'aide de plusieurs zones, de façon hiérarchique.
- Toutes les zones doivent se connecter à la zone de réseau fédérateur (zone 0).
- Les routeurs reliant les zones sont appelés routeurs ABR (Area Border Router).



- L'utilisation de zones multiples présente plusieurs avantages :
 - **Réduction de la taille des tables de routage** : Moins d'entrées dans la table de routage parce que les adresses réseau peuvent être récapitulées entre les zones.
 - **Réduction de la surcharge liée aux mises à jour d'état de liens** : Réduit les exigences de traitement et de mémoire.
 - **Réduction de la fréquence des calculs SPF** : l'impact des mises à jour de routage est limité parce que l'inondation des paquets LSA s'arrête à la limite de zone.

**1.5. Distance administrative d'OSPF**

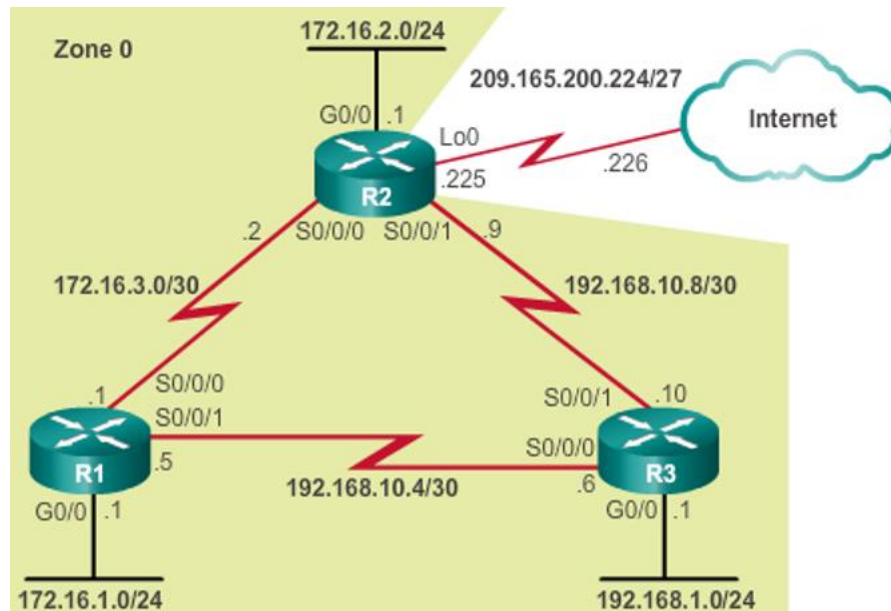
- **Rappel** : La distance administrative correspond à la fiabilité (ou préférence) de l'origine de la route.
- Voici les distances administratives par défaut de certains protocoles de routage :

Protocole	Distance administrative
BGP externe	20
EIGRP interne	90
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120

- **Remarque** : Plus la valeur de distance administrative est **petite**, plus le protocole est **fiable**. Par exemple, le protocole OSPF est préférable au protocole RIP.

2. Configuration du protocole OSPFv2 à zone unique

2.1. Topologie de référence



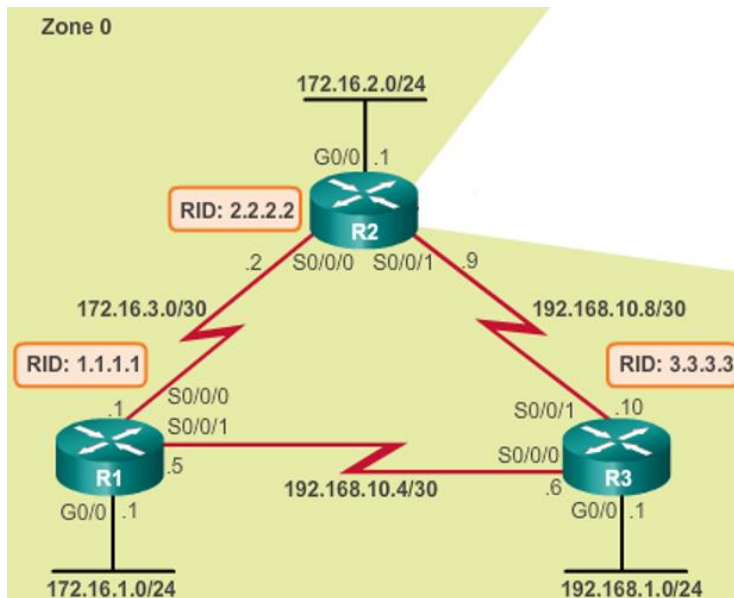
2.2. Activation du protocole OSPF

- La commande pour activer le protocole OSPFv2 est : `R1(config)# router ospf process-id`
- **process-id** est un nombre compris entre 1 et 65 535 choisi par l'administrateur réseau.

2.3. ID de routeur

- Chaque routeur doit disposer d'un identifiant (ID de routeur).
- L'ID de routeur est utilisé pour participer à un domaine OSPF et pour :
 - Identifier le routeur de façon unique au sein du domaine OSPF.
 - Participer à la sélection du routeur désigné (DR) dans un réseau à accès multiple.
- L'ID de routeur peut être défini par un administrateur ou attribué automatiquement par le routeur.
- Voici l'ordre de priorité de l'ID de routeur :
 1. L'ID de routeur est explicitement configuré par la commande **router-id**
 2. Si l'ID de routeur n'est pas configuré explicitement (commande **router-id**), le routeur utilise l'adresse de l'interface de bouclage active comme ID de routeur.
 3. Si aucune interface de bouclage n'est configurée sur le routeur, ce dernier utilise l'adresse IPv4 la plus élevée de ses interfaces actives.

- **Exemple** : Attribution manuelle des ID de routeur avec la commande **router-id**



```
R1(config)# router ospf 10
R1(config-router)# router-id 1.1.1.1
R1(config-router)# end
R1#
*Mar 25 19:50:36.595: %SYS-5-CONFIG_I:
console by console
R1#
R1# show ip protocols
*** IP Routing is NSF aware ***

Routing Protocol is "ospf 10"
  Outgoing update filter list for all:
  Incoming update filter list for all:
  Router ID 1.1.1.1
  Number of areas in this router is 0.
  nssa
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
  Routing Information Sources:
```

- Parfois, un ID de routeur doit être modifié. Cependant, un routeur OSPF actif n'autorise pas la modification de l'ID de routeur tant que le routeur n'a pas été redémarré ou que le processus OSPF n'a pas été effacé.
- Pour réinitialiser l'ID de routeur, il est préférable de supprimer le processus OSPF par la commande **clear ip ospf process** (en mode privilège).

2.4. Utilisation d'une interface de bouclage comme ID de routeur

- Un ID de routeur peut également être affecté au moyen d'une interface de bouclage.
- L'adresse IPv4 de l'interface de bouclage doit être configurée avec un masque de sous-réseau 32 bits (255.255.255.255).
- **Exemple** : Le routeur R1 utilise l'adresse de l'interface de bouclage comme ID de routeur, à supposer qu'aucun ID de routeur n'ait été explicitement configuré ou appris précédemment.

```
R1(config)# interface loopback 0
R1(config-if)# ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
R1(config-if)# end
```

2.5. Utilisation du masque générique

- OSPFv2 utilise obligatoirement le masque générique (wildcard-mask) pour activer le routage sur les interfaces.
- Masque générique est une chaîne de 32 chiffres binaires. C'est l'inverse du masque de sous-réseau.
- Pour calculer le masque générique on soustrait le masque de sous-réseau de 255.255.255.255.

- **Exemple 1** : calcul du masque générique pour /24

Masque de sous-réseau	255.255.255.255
	- 255.255.255.000
Masque générique	000.000.000.255

- **Exemple 2** : calcul du masque générique pour /26

Masque de sous-réseau	255.255.255.255
	- 255.255.255.192
Masque générique	000.000.000.063

2.6. Utilisation de la commande network

- La commande **network** détermine quelles interfaces (ou réseau) participent au processus de routage pour une zone OSPF.
- Il existe deux façons pour utiliser la commande network dans le routage OSPFv2 :

Commande network avec le masque générique	<pre>R1(config)# router ospf 10 R1(config-router)# network 172.16.1.0 0.0.0.255 area 0 R1(config-router)# network 172.16.3.0 0.0.0.3 area 0 R1(config-router)# network 192.168.10.4 0.0.0.3 area 0</pre>
Commande network avec le masque à quatre zéros	<pre>R1(config)# router ospf 10 R1(config-router)# network 172.16.1.1 0.0.0.0 area 0 R1(config-router)# network 172.16.3.1 0.0.0.0 area 0 R1(config-router)# network 192.168.10.5 0.0.0.0 area 0</pre>

2.7. Configuration des interfaces passives

- Par défaut, les messages OSPF sont acheminés à partir de toutes les interfaces compatibles OSPF. Cependant, ces messages ne doivent réellement être envoyés qu'à partir des interfaces connectées aux autres routeurs compatibles OSPF.
- L'envoi de messages inutiles sur un réseau local affecte le réseau de trois façons :
 - **Utilisation inefficace de la bande passante**
 - **Utilisation inefficace des ressources**
 - **Risques de sécurité accrus**
- Voici la commande pour configurer une interface comme étant interface passive pour OSPF :

```
R1(config)# router ospf 10
R1(config-router)# passive-interface GigabitEthernet 0/0
```

- Il est important de savoir qu'une contiguïté de voisinage ne peut pas être établie via une interface passive.

2.8. Propagation de route statique par défaut

- Pour propager une route par défaut, le routeur concerné doit être configuré avec :
 - Une route statique par défaut en utilisant la commande **ip route**.
 - La commande de configuration de routeur **default-information originate**.

- Dans ce cas, le routeur devient donc la source des informations de la route par défaut et la route statique par défaut est propagée dans les mises à jour OSPF vers les autres routeurs.
- **Exemple :** le routeur R2 est configuré avec un bouclage pour simuler une connexion à l'internet. Une route par défaut est configurée et propagée à tous les autres routeurs OSPF du domaine de routage.

```

R2 (config) # interface lo1
R2 (config-if) # ip address 64.100.0.1 255.255.255.252
R2 (config-if) # exit
R2 (config) # ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 loopback 1
%Default route without gateway, if not a point-to-point
interface, may impact performance
R2 (config) # router ospf 10
R2 (config-router) # default-information originate
R2 (config-router) # end

```

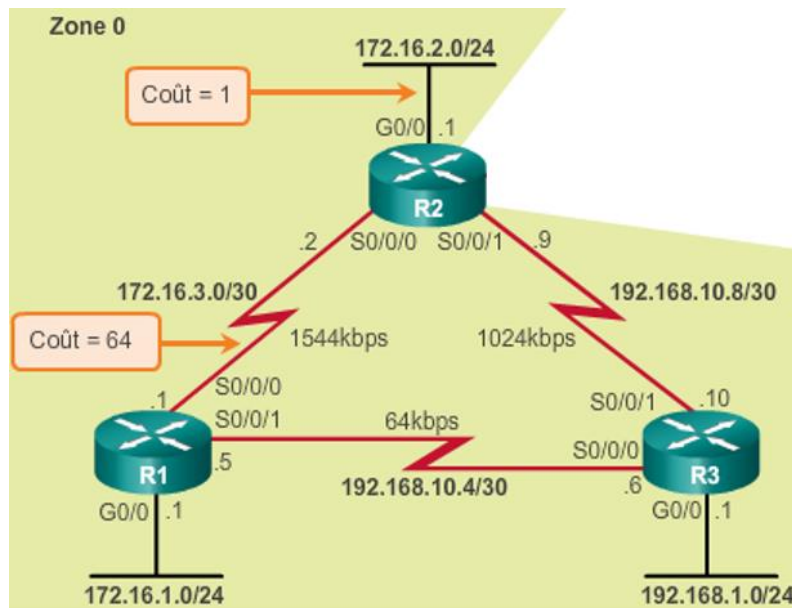
2.9. Réglage du coût OSPF

- OSPF utilise le **coût** comme métrique. Un **coût plus faible indique un meilleur chemin**.
- Le coût d'une interface est inversement proportionnel à la bande passante de l'interface. Par conséquent, une bande passante plus élevée indique un coût plus faible. La formule utilisée pour calculer le coût OSPF est la suivante : **Coût = bande passante de référence / bande passante de l'interface** où la bande passante de référence vaut **100 000 000 bit/s**.
- Voici les valeurs par défaut du coût OSPF pour les interfaces :

Type d'interface	Bande passante de référence en bits/s	Bande passante par défaut en bits/s	Coût
10 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

Coût identique grâce à la bande passante de référence

- Le coût d'une route OSPF est la valeur cumulée depuis un routeur jusqu'au réseau de destination. Dans l'exemple suivant, le coût permettant d'atteindre le réseau local de R2 172.16.2.0/24 à partir de R1 devrait être comme suit :



Coût du lien série entre R1 et R2 = 64

Coût du lien Gigabit Ethernet sur R2 = 1

Coût total jusqu'à 172.16.2.0/24 = 65

```
R1# show ip route | include 172.16.2.0
O        172.16.2.0/24 [110/65] via 172.16.3.2,
        Serial0/0/0

R1#
R1# show ip route 172.16.2.0
Routing entry for 172.16.2.0/24
  Known via "ospf 10", distance 110, metric 65,
  area
  Last update from 172.16.3.2 on Serial0/0/0, 0:
  Routing Descriptor Blocks:
    * 172.16.3.2, from 2.2.2.2, 03:39:15 ago, via
    Route metric is 65, traffic share count is
```

- **Remarque** : OSPF utilise la même valeur du coût (valeur 1) pour les interfaces Fast Ethernet, Gigabit Ethernet et 10 Gigabit Ethernet. Ceci est dû au fait que la métrique OSPF utilise uniquement des **entiers** comme coût final d'un lien en arrondissant le résultat de la formule à l'entier le plus proche, qui est 1. Pour corriger cette situation, il est possible de :

- Régler la bande passante de référence avec la commande **auto-cost reference-bandwidth** (la valeur donnée est exprimée en **Mbps**) sur chaque routeur OSPF.
- Régler la bande passante de l'interface avec la commande **bandwidth valeur** (La valeur est exprimée en Kbps). La commande **no bandwidth** permet de réinitialiser la bande passante de l'interface.

```
R1(config)# int s0/0/1
R1(config-if)# bandwidth 64
R1(config-if)# end
R1#
*Mar 27 10:10:07.735: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console
R1#
R1# show interfaces serial 0/0/1 | include BW
MTU 1500 bytes, BW 64 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
R1#
R1# show ip ospf interface serial 0/0/1 | include Cost:
Process ID 10, Router ID 1.1.1.1, Network Type
POINT_TO_POINT, Cost: 15625
```

- Définir manuellement la valeur de coût OSPF avec la commande **ip ospf cost** sur les interfaces nécessaires. Un avantage de la configuration d'un coût par rapport à la définition de la bande passante d'une interface est que le routeur ne doit pas calculer la métrique lorsque le coût est configuré manuellement. Dans l'exemple suivant, la bande passante de l'interface série 0/0/1 est réinitialisée sur la valeur par défaut et le coût OSPF est manuellement défini sur 15 625 :


```

R1(config)# int s0/0/1
R1(config-if)# no bandwidth 64
R1(config-if)# ip ospf cost 15625
R1(config-if)# end
R1#
R1# show interface serial 0/0/1 | include BW
MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
R1#
R1# show ip ospf interface serial 0/0/1 | include Cost:
Process ID 10, Router ID 1.1.1.1, Network Type POINT_TO_POINT,
Cost: 15625

```

2.10. Vérification du protocole OSPF

Vérifier les voisins OSPF	show ip ospf neighbor
Vérifier les paramètres OSPF	show ip protocols
Vérifier les interfaces OSPF	show ip ospf interface [brief]
Vérifier les informations du processus OSPF	show ip ospf

3. Configuration du protocole OSPFv3 à zone unique

3.1. Comparaison des protocoles OSPFv2 et OSPFv3

- OSPFv3 est l'équivalent de l'OSPFv2 pour l'échange de préfixes IPv6.
- Les similitudes entre OSPFv2 et OSPFv3 sont :

Etat de liens	Oui
Algorithme de routage	SPF
Métrique	Coût
Zones	Prend en charge la même hiérarchie à deux niveaux.
Types de paquets	Même paquets Hello, DBD, LSR, LSU et LSAck.
Détection de périphérique voisin	Transitions par les mêmes états au moyen des paquets Hello.
DR et BDR	La fonction et le processus de sélection sont identiques.
ID du routeur	Il est déterminé par le même processus dans les deux protocoles.

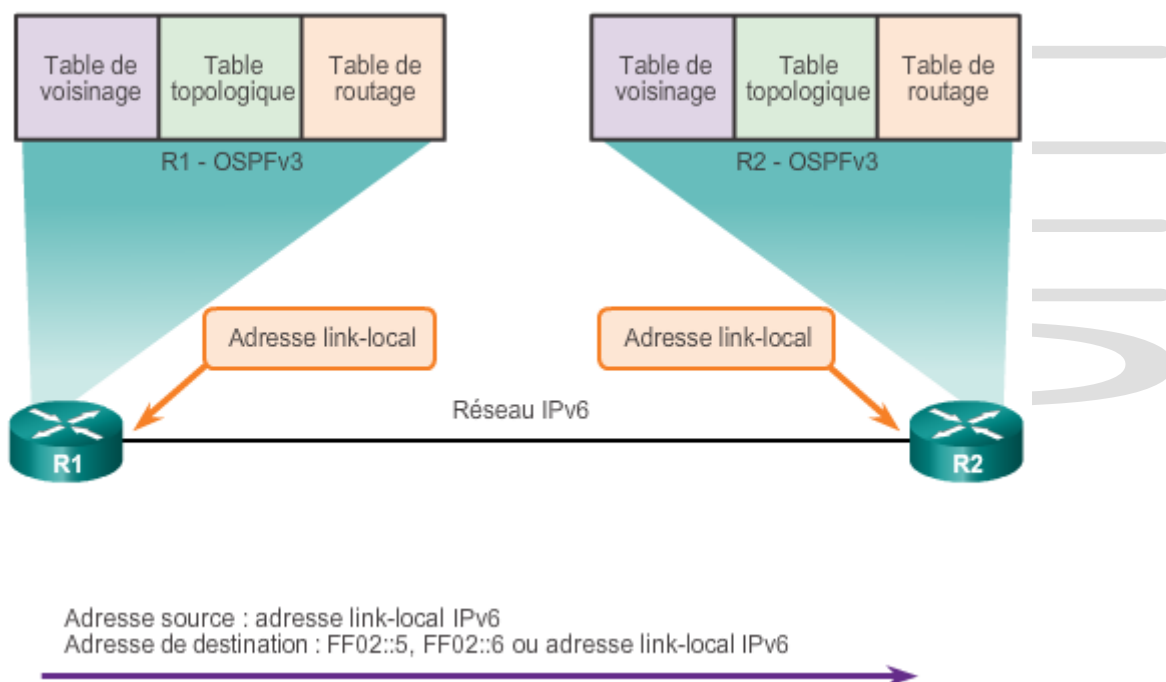
- Les différences entre OSPFv2 et OSPFv3 sont :

	OSPFv2	OSPFv3
Annonces	Réseaux IPv4	Préfixe IPv6
Adresse source	Adresse IPv4 source	Adresse link-local IPv6
Adresse de destination	Options possibles : <ul style="list-style-type: none"> Adresse de multidiffusion IPv4 voisine Adresse de multidiffusion de tous les routeurs OSPFv2 224.0.0.5 Adresse de multidiffusion 224.0.0.6 DR/BDR 	Options possibles : <ul style="list-style-type: none"> Adresse link-local IPv6 voisine Adresse de multidiffusion de tous les routeurs OSPFv3 FF02::5 Adresse de multidiffusion FF02::6 DR/BDR
Annonce des	Configuration au moyen de la commande	Configuration au moyen de la commande

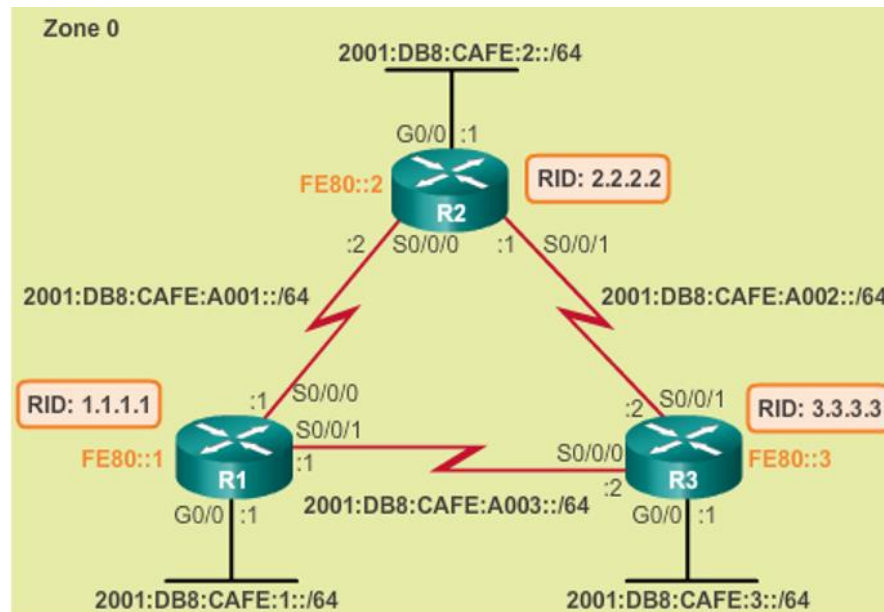
réseaux	network.	ipv6 ospf process-id area area-id
Routage de monodiffusion IP	Le routage de monodiffusion IPv4 n'est pas activé par défaut.	Le transfert de monodiffusion IPv6 n'est pas activé par défaut. La commande ipv6 unicast-routing doit être configurée.
Authentification	Texte clair et MD5	Authentification par agent IPv6

3.2. Adresses link-local

- Les routeurs exécutant un protocole de routage dynamique, tel qu'OSPF, échangent des messages entre voisins sur le même sous-réseau ou lien. Ces routeurs doivent uniquement envoyer et recevoir des messages de routage avec leurs voisins connectés directement.
- Les adresses link-local IPv6 sont idéales à cet égard. Une adresse link-local IPv6 permet à un périphérique de communiquer avec d'autres périphériques IPv6 sur la même liaison. Les paquets associés à une adresse source ou de destination link-local ne peuvent pas être acheminés au-delà de leur liaison d'origine.
- Dans l'exemple suivant, les messages OSPFv3 sont envoyés au moyen de :
 - Adresse IPv6 source** : Il s'agit de l'adresse link-local IPv6 de l'interface de sortie.
 - Adresse IPv6 de destination** : Les paquets OSPFv3 peuvent être envoyés à une adresse de monodiffusion en utilisant l'adresse link-local IPv6 du voisin. Ils peuvent également être envoyés au moyen d'une adresse de multidiffusion. L'adresse FF02::5 est l'adresse pour tous les routeurs OSPF, tandis que FF02::6 est l'adresse de multidiffusion du DR/BDR.



3.3. Configuration du protocole OSPFv3



- On commence par l'attribution des adresses IPv6 aux différentes interfaces des routeurs (interfaces physiques et link-local) :

```
R1(config)# ipv6 unicast-routing
R1(config)#
R1(config)# interface GigabitEthernet 0/0
R1(config-if)# description R1 LAN
R1(config-if)# ipv6 address 2001:DB8:CAFE:1::1/64
R1(config-if)# no shut
R1(config-if)#
R1(config-if)# interface Serial0/0/0
R1(config-if)# description Link to R2
R1(config-if)# ipv6 address 2001:DB8:CAFE:A001::1/64
R1(config-if)# clock rate 128000
R1(config-if)# no shut
R1(config-if)#
R1(config-if)# interface Serial0/0/1
R1(config-if)# description Link to R3
R1(config-if)# ipv6 address 2001:DB8:CAFE:A003::1/64
R1(config-if)# no shut
R1(config-if)# end
```

```
R1(config)# interface GigabitEthernet 0/0
R1(config-if)# ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface Serial0/0/0
R1(config-if)# ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface Serial0/0/1
R1(config-if)# ipv6 address fe80::1 link-local
```

- OSPFv3 nécessite l'affectation d'un ID de routeur 32 bits pour que le protocole OSPF puisse être activé sur une interface. L'attribution d'un RID (Router ID) pour OSPFv3 suit la même procédure que celle d'OSPFv2.

```
R1(config)# ipv6 router ospf 10
R1(config-rtr)#
*Mar 29 11:21:53.739: %OSPFv3-4-NORTRID: Process OSPFv3-1-IPv6 could not pick a router-id, please configure manually
R1(config-rtr)#
R1(config-rtr)# router-id 1.1.1.1
R1(config-rtr)#
R1(config-rtr)# auto-cost reference-bandwidth 1000
% OSPFv3-1-IPv6: Reference bandwidth is changed. Please ensure reference bandwidth is consistent across all routers.
```

- Une fois les interfaces des routeurs et les RID sont correctement configurés, on passe à l'activation du protocole OSPFv3 sur des interfaces :

```
R1(config)# interface GigabitEthernet 0/0
R1(config-if)# ipv6 ospf 10 area 0
R1(config-if)#
R1(config-if)# interface Serial0/0/0
R1(config-if)# ipv6 ospf 10 area 0
R1(config-if)#
R1(config-if)# interface Serial0/0/1
R1(config-if)# ipv6 ospf 10 area 0
```

- Voici les commandes pour vérifier la configuration OSPF :

Vérifier les voisins OSPFv3	R1# show ipv6 ospf neighbor
Vérifier les paramètres de protocole OSPFv3	R1# show ipv6 protocols
Vérifier les paramètres des interfaces OSPFv3	R1# show ipv6 ospf interface brief
Vérifier la table de routage	R1# show ipv6 route ospf

4. Protocole OSPF à zones multiples

4.1. Hierarchie à deux couches des zones OSPF

- Le routage OSPF à zones multiples est mis en œuvre selon une hiérarchie de zones à deux couches :

Zone fédératrice (Transit)	<ul style="list-style-type: none"> Zone OSPF dont la principale fonction est de faire circuler de manière rapide et efficace les paquets IP. Elle est également appelée zone OSPF 0. Elle est connectée à d'autres types de zone OSPF. En général, les utilisateurs finaux sont introuvables dans une zone fédératrice.
Zone normale (Non fédératrice)	<ul style="list-style-type: none"> Elle met en relation les utilisateurs et les ressources. Une zone normale n'autorise pas le trafic issu d'une autre zone à utiliser ses liens pour parvenir à d'autres zones. L'ensemble du trafic provenant des autres zones doit passer par une zone de transit.

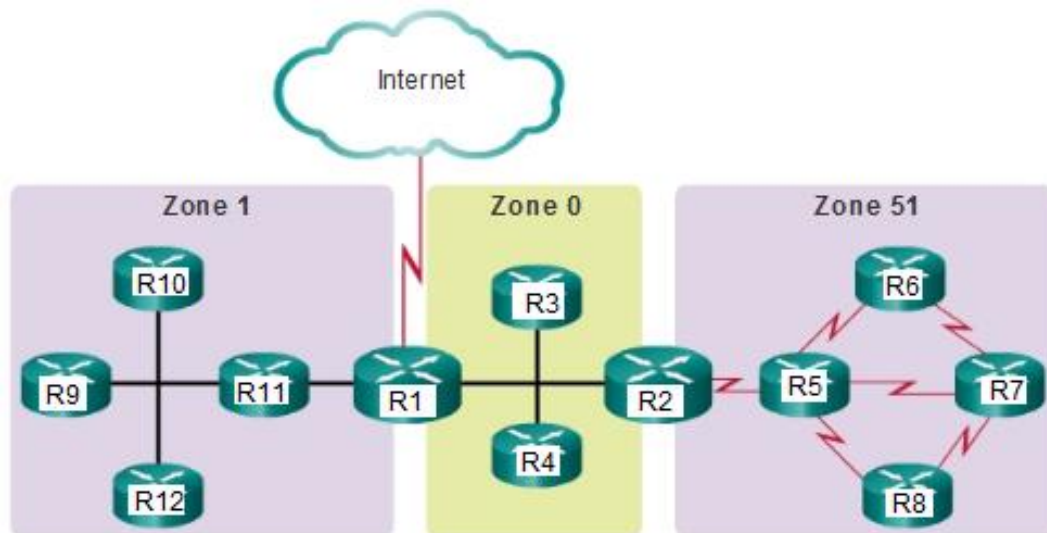
- Remarque** : Le nombre optimal de routeurs par zone dépend de certains facteurs (ex. stabilité du réseau, ...).

Toutefois, Cisco recommande de suivre les consignes suivantes :

- Une zone ne doit pas contenir plus de 50 routeurs.
- Un routeur ne doit pas être inclus dans plus de trois zones.
- Un routeur ne doit pas présenter plus de 60 voisins.

4.2. Types de routeurs OSPF

- Les différents types de routeur OSPF contrôlent le trafic entrant et sortant des zones.
- Les routeurs OSPF sont classifiés suivant la fonction qu'ils remplissent au sein du domaine de routage.
- Il existe quatre types de routeur OSPF :



Routeur interne	<ul style="list-style-type: none"> - Routeur dont toutes les interfaces se situent dans la même zone. Les LSDB de tous les routeurs internes à une zone sont identiques. - Exemple : R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11 et R12
Routeur fédérateur	<ul style="list-style-type: none"> - Routeur situé dans la zone fédératrice. Généralement, la zone fédératrice est définie sur la zone 0. - Exemple : R1, R2, R3 et R4
Routeur ABR (Area Border Router)	<ul style="list-style-type: none"> - Routeur possédant des interfaces dans différentes zones. Il doit gérer des LSDB distinctes pour chaque zone à laquelle il est connecté et être capable de router entre les zones. - Exemple : R1 et R2
Routeur ASBR (Autonomous System Boundary Router)	<ul style="list-style-type: none"> - Routeur possédant au moins une interface associée à un autre système autonome (par exemple un réseau non OSPF). Un ASBR peut importer des informations relatives au réseau non-OSPF dans le réseau OSPF, et inversement, suivant un processus appelé redistribution des routes. - Exemple : R1

4.3. Entrées de table de routage OSPF

- Les routes OSPF d'une table de routage sont identifiées grâce aux descripteurs suivants :

O	Signifie que la route est interne à la zone.
O IA	Lorsqu'un routeur ABR reçoit des LSA récapitulatives, il les ajoute à la base LSDB et les régénère dans la zone locale. Lorsqu'un ABR reçoit des LSA externes, il les ajoute à sa LSDB et les diffuse dans la zone. Les routeurs internes incorporent ensuite les informations à leurs bases de données. Les LSA récapitulatives apparaissent dans la table de routage sous forme d'IA (routes interzones)
O E1 ou O E2	Les LSA externes apparaissent dans la table de routage marquées en tant que routes externes de type 1 (E1) ou de type 2 (E2).

```
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, 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, H - NHRP, l - LISP
       + - replicated route, % - next hop override

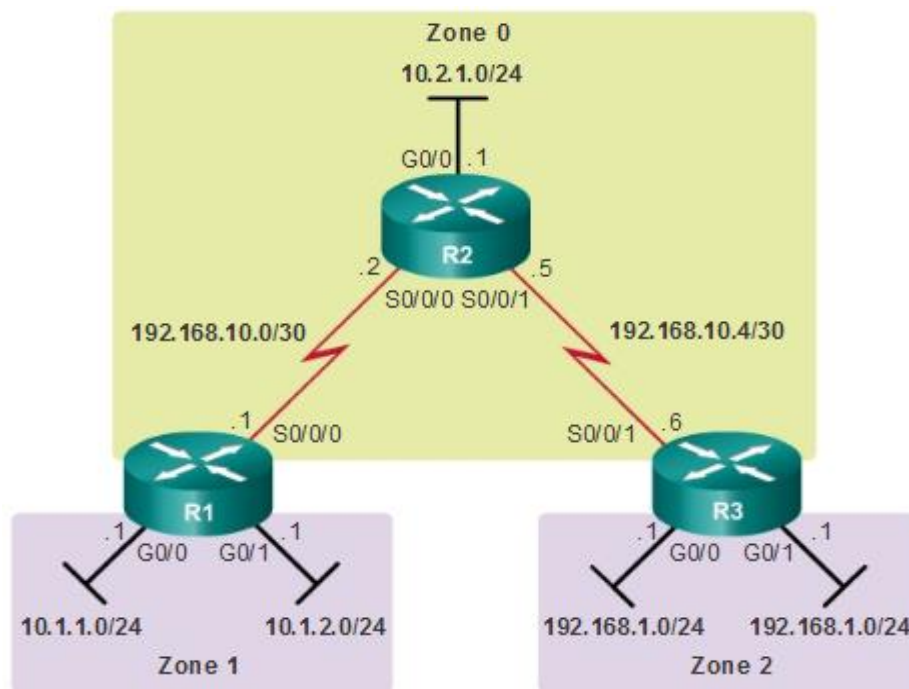
Gateway of last resort is 192.168.10.2 to network 0.0.0.0

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
```

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

OE2 ::0 [110/1], tag 10
    via FE80::2, Serial0/0/0
C  2001:DB8:CAFE:1::/64 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0, directly connected
L  2001:DB8:CAFE:1::1/128 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0, receive
O  2001:DB8:CAFE:2::/64 [110/648]
    via FE80::2, Serial0/0/0
OI 2001:DB8:CAFE:3::/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
```

4.4. Configuration du routage OSPFv2 à zones multiples



- La configuration du protocole OSPF à zones multiples est identique à celle à zone unique.

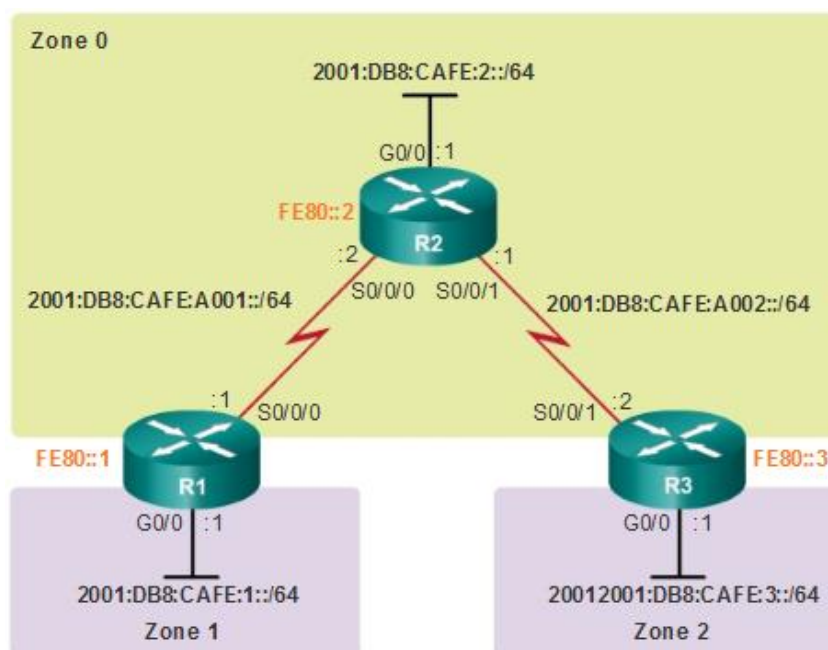
Il faut juste faire attention à la zone.

```
R1(config)# router ospf 10
R1(config-router)# router-id 1.1.1.1
R1(config-router)# network 10.1.1.1 0.0.0.0 area 1
R1(config-router)# network 10.1.2.1 0.0.0.0 area 1
R1(config-router)# network 192.168.10.1 0.0.0.0 area 0
```

- Les commandes de vérification utilisées pour une topologie OSPF à zone unique peuvent également être utilisées pour vérifier la topologie OSPF à zones multiples :
 - Show ip ospf neighbor**
 - Show ip ospf**
 - Show ip ospf interface**
 - Show ip protocols**
 - Show ip ospf interface brief**
 - Show ip route ospf**

4.5. Configuration du routage OSPFv3 à zones multiples

- Tout comme l'implémentation OSPFv2, la configuration du routage OSPFv3 à zones multiples reste simple. Un routeur devient un ABR lorsqu'il a deux interfaces différentes zones.
- Exemple** : configuration du routage OSPFv3 sur R1



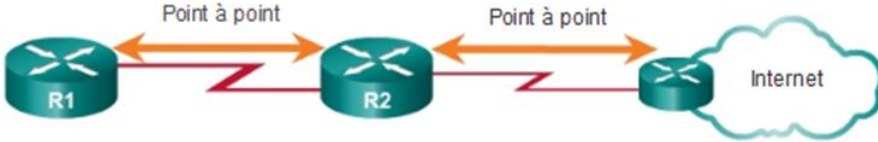
```

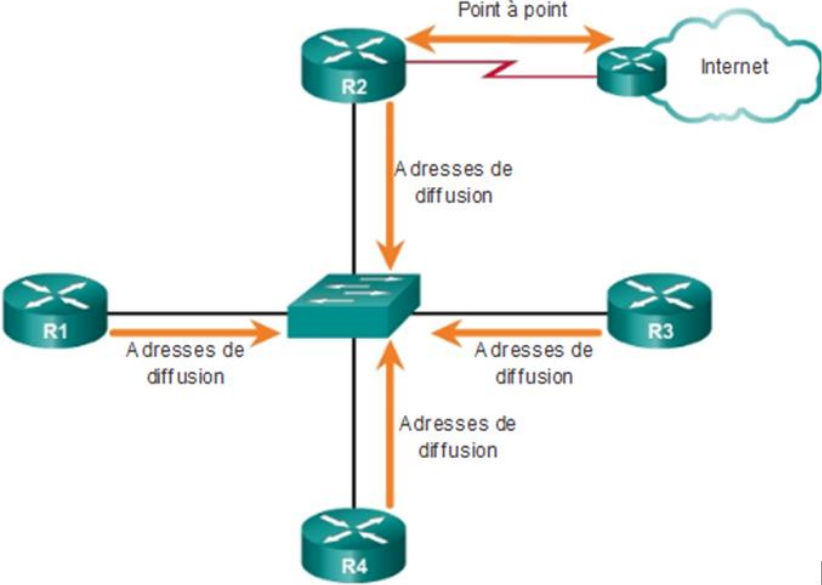
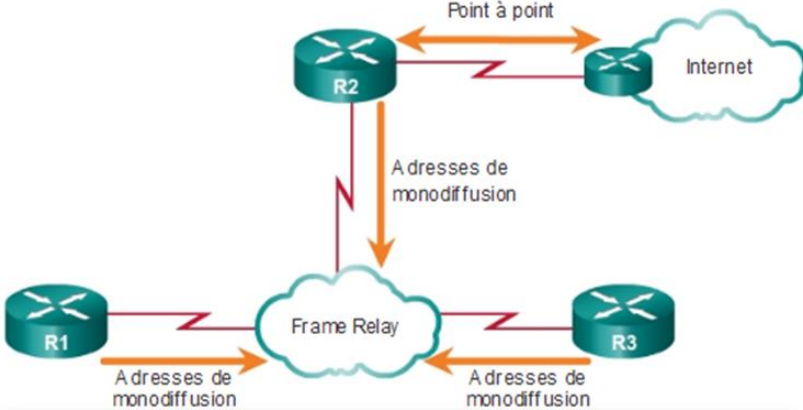
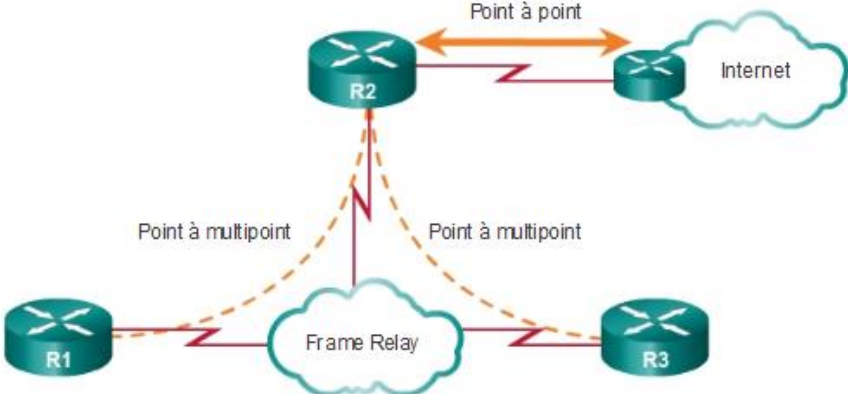
R1(config)# ipv6 router ospf 10
R1(config-rtr)# router-id 1.1.1.1
R1(config-rtr)# exit
R1(config)#
R1(config)# interface GigabitEthernet 0/0
R1(config-if)# ipv6 ospf 10 area 1
R1(config-if)#
R1(config-if)# interface Serial0/0/0
R1(config-if)# ipv6 ospf 10 area 0

```

5. OSPF dans les réseaux à accès multiple

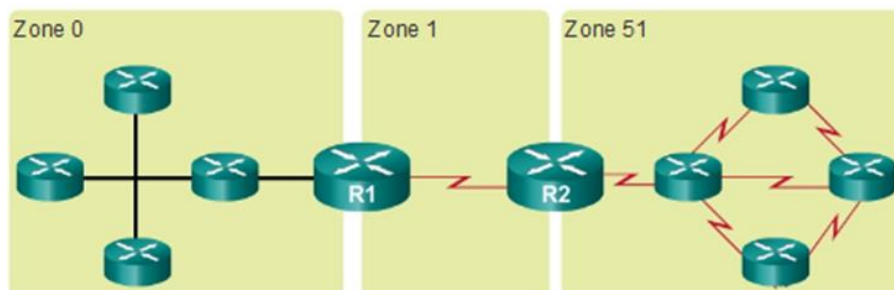
5.1. Types de réseaux OSPF

Point à point	<ul style="list-style-type: none"> • Deux routeurs interconnectés sur un lien commun. • Aucun autre routeur n'est présent sur ce lien. • Cette configuration est souvent utilisée pour les liens de réseaux étendus. 
Accès multiple avec diffusion	<ul style="list-style-type: none"> • Routeurs multiples interconnectés sur un réseau Ethernet.

	
<p>Accès NBMA (Nonbroadcast multiaccess)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Accès multiple sans diffusion, où des routeurs multiples sont interconnectés dans un réseau ne permettant pas les diffusions, par exemple Frame Relay. 
<p>Point à multipoint</p>	<ul style="list-style-type: none"> Routeurs multiples interconnectés dans une topologie Hub and Spoke sur un réseau à accès NBMA. Cette configuration est souvent utilisée pour connecter des sites d'agences (spokes) à un site central (hub). 

Liens virtuels

- Réseau OSPF spécial utilisé pour interconnecter des zones OSPF distantes à la zone fédératrice.
- Dans l'exemple suivant, la zone 51 ne peut pas se connecter directement à la zone 0. Une zone OSPF spéciale doit être configurée pour connecter la zone 51 à la zone 0. La zone 1 de R1 et de R2 doit être configurée sous forme de lien virtuel.

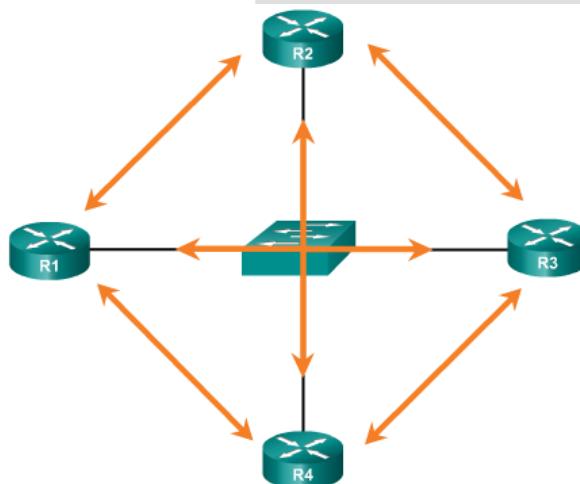
**5.2. Problèmes des réseaux OSPF à accès multiple**

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

Création de contiguïtés multiples	<ul style="list-style-type: none"> • Les réseaux Ethernet pourraient éventuellement interconnecter de nombreux routeurs OSPF via un lien commun. • La création de contiguïtés avec chaque routeur est inutile et non souhaitée.
Inondation massive de paquets LSA	<ul style="list-style-type: none"> • Les routeurs à état de liens diffusent leurs paquets à état de liens à chaque initialisation du protocole OSPF ou à chaque modification de la topologie. • Cette diffusion peut devenir excessive.

- Formule de calcul du nombre de contiguïtés :

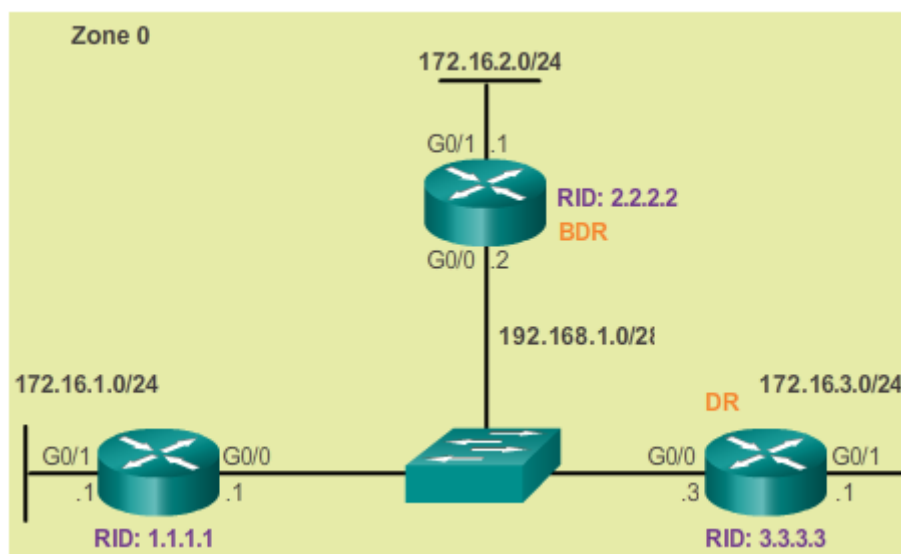
Routeurs n	Contiguïtés $n(n-1)/2$
4	6
5	10
10	45
20	190
50	1225

**5.3. DR, BDR et DROthers**

- La solution pour gérer le nombre de contiguïtés et la diffusion des paquets LSA sur un réseau à accès multiple est le **routeur désigné (DR = Designated Router)**.
- Le DR est le point de collecte et de distribution des paquets LSA envoyés et reçus sur les réseaux à accès multiple.
- Un **BDR** est choisi au cas où le DR est défaillant.
- Tous les autres routeurs deviennent des **DROthers** (DROther est le routeur qui n'est ni le routeur DR ni le routeur BDR).
- Les DROthers envoient leurs LSA uniquement au DR et au BDR.

5.4. Élection de DR et BDR

- Le routeur dont la **priorité de l'interface est plus élevée** sera élu comme DR.
- Le routeur dont la priorité d'interface est en deuxième position est sélectionné comme BDR.
- La priorité d'interface est comprise entre **0** et **255**.
- La priorité par défaut de l'interface vaut **1**



- Il est ainsi possible de définir manuellement la priorité de l'interface :

Pour une interface OSPFv2	R1(config-if)# ip ospf priority valeur
Pour une interface OSPFv3	R1(config-if)# ipv6 ospf priority valeur

- Dans le cas où les priorités d'interfaces sont égales, on compare les ID des routeurs (RID = Router ID). Le routeur dont l'ID est le plus élevé sera le DR, alors que le routeur dont l'ID est le deuxième plus élevé sera le BDR.
- L'ID de routeur peut être déterminé de trois façons :
 - Il peut être configuré manuellement (par la commande **router-id**)

- Si aucun ID de routeur n'est configuré manuellement, le RID est déterminé par l'adresse IP de bouclage la plus élevée.
- Si aucune interface de bouclage n'est configurée, le RID est déterminé par l'adresse IPv4 active la plus élevée.

6. OSPF sécurisé

6.1. Mises à jour de routage sécurisées

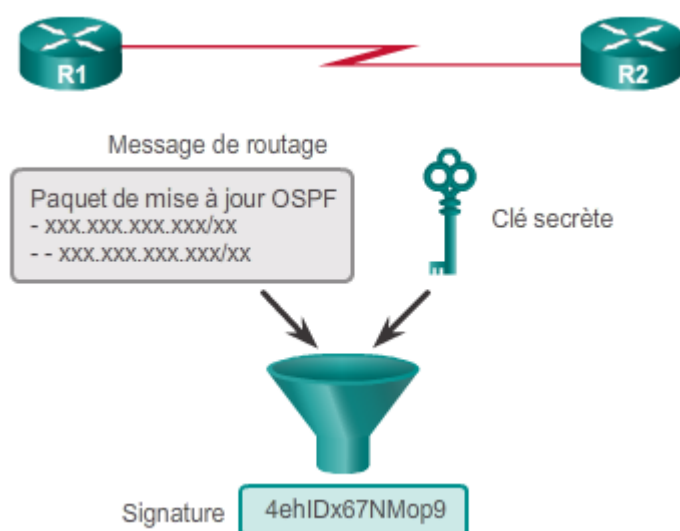
- L'**authentification OSPF** permet aux routeurs d'échanger des informations de mise à jour de routage de façon sécurisée.
- Les types d'authentification OSPF sont les suivantes :

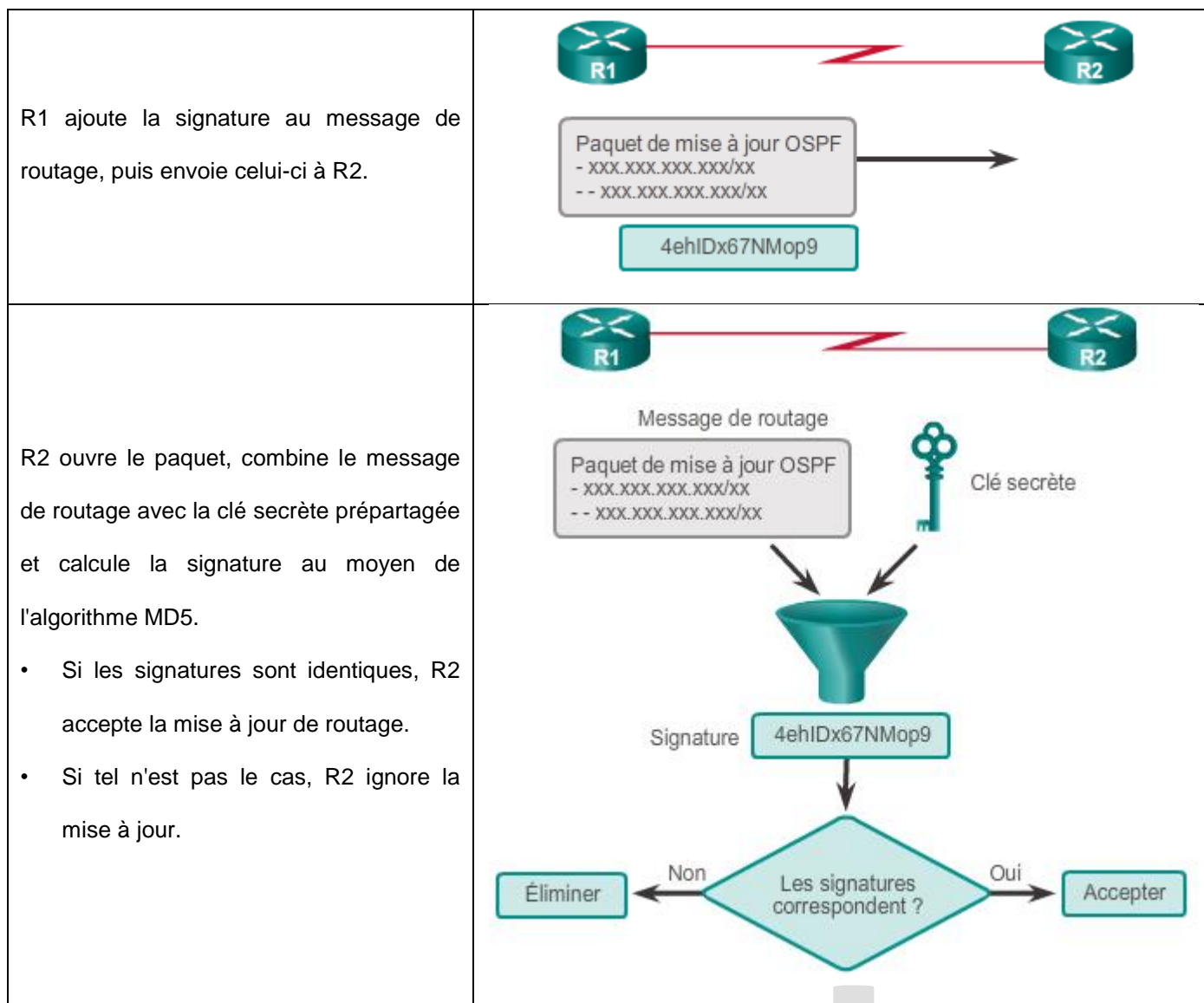
Null	<ul style="list-style-type: none"> - Méthode par défaut. - Aucune authentification n'est utilisée pour OSPF.
Authentification par simple mot de passe	<ul style="list-style-type: none"> - Appelée également authentification en texte clair. - Le mot de passe est présent en texte clair dans la mise à jour envoyée sur le réseau. - Ancienne méthode d'authentification OSPF.
Authentification MD5	<ul style="list-style-type: none"> - Méthode d'authentification la mieux sécurisée et la plus recommandée. - Le mot de passe est calculé au moyen de l'algorithme MD5. - L'expéditeur est authentifié lorsque le résultat de l'algorithme correspond au résultat prévu.

6.2. Authentification MD5

R1 combine le message de routage et la clé secrète prépartagée, puis il calcule la signature (= valeur de hachage) au moyen de l'algorithme MD5.

MD5 ne chiffre pas le message : son contenu peut donc être lu facilement.





- **Remarque :** OSPFv3 (OSPF pour IPv6) n'inclut aucune fonction d'authentification. Il se base entièrement sur l'authentification IPSec pour sécuriser les communications entre voisins.