

École Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Module

Routage des réseaux

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

1

Structuration du cours

1. Concept de routage & Principe de transfert de paquet
2. Routage statique
3. Protocoles de routage à vecteur de distance
4. Etude détaillée des tables de routage
5. Protocole EIGRP
6. Protocoles de routage à états de liens
7. Protocole OSPF
8. Evolutivité des réseaux & routage

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

2

Chapitre 7

Protocole OSPF

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

3

- Présentation, format de messages & algorithme OSPF
- Configuration de base et mesures OSPF
- OSPF & réseaux d'accès multiples
- Configuration OSPF avancée
- OSPF en IPv6
- OSPF à zones multiples

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

4

Chapitre 7

Présentation, format de messages & algorithme OSPF

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

5

Présentation générale

- **OSPF (Open Shortest Path First)** = protocole de routage d'état des liaisons qui a été développé pour remplacer le protocole de routage à vecteur de distance RIP (inacceptable dans des réseaux plus grands)
- protocole de routage sans classe qui utilise le concept de zones pour son évolutivité.
- Mesure OSPF, ou coût \Rightarrow la bande passante
- **Principaux avantages :**
 - convergence rapide,
 - évolutivité vers la mise en œuvre de réseaux bien plus importants.

Protocoles IGP

Protocoles EGP

	Protocoles de routage à vecteur de distance		Protocoles de routage d'état des liaisons		Protocole BGP
Par classe	RIP	IGRP			EGP
Sans classe	RIPv2	EIGRP	OSPFv2	IS-IS	BGPv4
IPv6	RIPng	EIGRP pour IPv6	OSPFv3	IS-IS pour IPv6	BGPv4 pour IPv6

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

6

ENICARTHAGE
المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Origine du protocole OSPF

- 1989 => spécifications OSPFv1 publiée dans le document RFC 1131
 - ↳ protocole de routage expérimental, qui ne fut jamais déployé.
- 1991 => spécifications OSPFv2 présenté dans le document RFC 1247
 - ↳ Protocole recommandé par IETF comme protocole IGP
- 1998 => spécifications OSPFv2 mise à jour dans le document RFC 2328
 - ↳ Document RFC d'actualité pour OSPF.

The timeline diagram illustrates the progression of OSPF versions:

- 1989: Publication de OSPFv2 dans la RFC 1247
- 1991: Constitution du groupe de travail IETF OSPF
- 1998: Publication de OSPFv3 pour IPv6 dans la RFC 2740
- 1999: Publication de la spécification OSPFv2 actuelle dans la RFC 2328

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

7

ENICARTHAGE
المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Encapsulation de message OSPF

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

Trame de liaison de données (champs Ethernet affichés ici)
 Adresse MAC source = adresse de l'interface d'envoi
 Adresse MAC de destination = multidiffusion : 01-00-5E-00-00-05 ou 01-00-5E-00-00-06

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

En-tête de paquet OSPF
 Code du type de paquet OSPF
 ID du routeur et ID de la zone

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

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

8

Types de paquets OSPF

Type	Nom de paquet	Description
1	Hello	Découvre les voisins et crée des contiguités entre eux
2	Description de base de données (DBD)	Vérifie la synchronisation de la base de données entre les routeurs
3	Requête d'état des liaisons (LSR)	Demande des enregistrements d'état des liaisons spécifiques d'un routeur à un autre
4	Mise à jour d'état des liaisons (LSU)	Envie les enregistrements d'état des liaisons spécifiquement demandés
5	Accusé de réception d'état des liaisons (LSAck)	Accuse réception des autres types de paquet

- **Paquet Hello** ⇒ servent à établir puis à maintenir la contiguïté avec d'autres routeurs OSPF.
- **Paquet DBD (DataBase Description)** ⇒ contient une liste abrégée de la BD d'état des liaisons du routeur source et est utilisé par les routeurs destination pour contrôler leurs BDs locaux.
- **Paquet LSR (Link-State Request)** ⇒ requête envoyé suite à la réception de DBD, permettant de demander plus d'informations sur n'importe quelle entrée de la DBD.
- **Paquet LSU (Link-State Update)** ⇒ réponse aux LSR, permettant d'annoncer de nouvelles informations, plusieurs types.
- **Paquet LSACK (Link-State Acknowledgement)** ⇒ accusé de réception, envoyé suite à la réception d'un paquet LSU

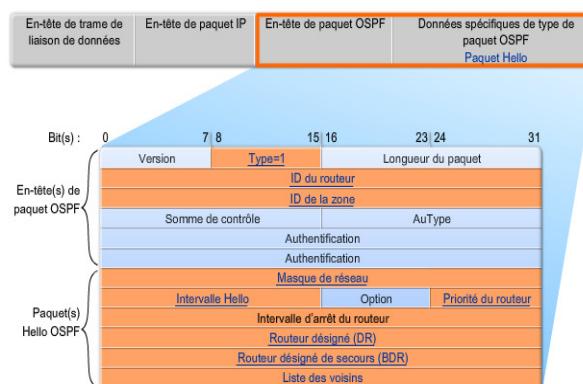
F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

9

Protocole Hello (1)

Paquet Hello ≡ Premier type de paquet OSPF utilisé pour:

- découvrir des voisins OSPF et établir des contiguités
- annoncer les paramètres sur lesquels les deux routeurs doivent s'accorder pour devenir voisins
- définir le routeur désigné (DR) et le routeur désigné de secours sur les réseaux à accès multiple, de type Ethernet et Frame Relay



F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

10

ENICARTHAGE المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Protocole Hello (2)

- Type** ⇒ type de paquet OSPF, 1 si paquet Hello
- ID du routeur** ⇒ Identificateur du routeur source
- ID de la zone** ⇒ zone d'origine du paquet
- Masque de réseau** ⇒ du SR associé à l'interface source du paquet
- Intervalle Hello** ⇒ nombre de secondes qui s'écoulent entre deux envois de paquets Hello
- Priorité du routeur** ⇒ utilisé dans la sélection du routeur désigné (DR) ou du routeur désigné de secours (BDR) dans un réseau d'accès multiple
- Routeur désigné (DR)** ⇒ ID du routeur désigné
- Routeur désigné de secours (BDR)** ⇒ ID du routeur désigné de secours
- Liste des voisins** ⇒ IDs ou des routeurs OSPF voisins

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

11

ENICARTHAGE المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Protocole Hello (3)

Détection des voisins :

- Les routeurs OSPF envoient des paquets Hello contenant leurs ID sur toutes les interfaces OSPF pour déterminer s'il existe des voisins sur ces liaisons.
- La réception d'un paquet Hello OSPF confirme à un routeur qu'il existe un autre routeur OSPF sur la liaison ⇒ Etablissement des contiguités avec le voisin.

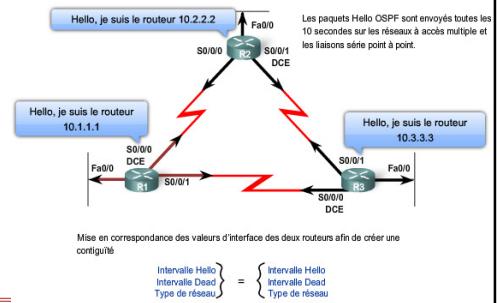
F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

12

Protocole Hello (4)

Intervalles des paquets Hello & Dead:

- **Intervalle Hello** = période d'envoie de paquets Hello, par défaut, elle est de 10 secondes sur les segments à accès multiple et point à point
- **Intervalle Dead** = période pendant laquelle le routeur attendra de recevoir un paquet Hello avant de déclarer le voisin « hors service ». Par défaut, elle est de 40 secondes pour les segments à accès multiple et point à point.
- Deux routeurs forment une contiguïté de voisinage OSPF lorsqu'ils s'entendent sur les trois valeurs : l'intervalle Hello, l'intervalle Dead et le type de réseau.
- Si intervalle Dead expire avant que les routeurs ne reçoivent un paquet Hello:
 - **Suppression du voisin de la base** de données d'état des liaisons.
 - **Diffusion** du routeur de l'information concernant le voisin « hors service » vers toutes les interfaces OSPF.



F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

13

Types de paquets LSU et mise à jour d'états des liaisons OSPF

- Un paquet **LSU** est utilisé pour la mise à jour du routage OSPF, il peut contenir dix types différents d'annonces d'état des liaisons (LSA).
- Un LSU contient une ou plusieurs LSA et les deux termes peuvent s'utiliser pour désigner les informations d'état des liaisons propagées par les routeurs OSPF.

Les LSU contiennent des LSA (Link-State Advertisements)

Type	Nom de paquet	Description
1	Hello	Découvre les voisins et crée des contiguïtés entre eux
2	DBD	Vérifie la synchronisation de la base de données avec le routeur
3	LSR	Demande des enregistrements d'état de liaisons spécifiques d'un routeur à un autre
4	LSU	Envvoie les enregistrements d'état de liaisons spécifiquement demandés
5	LSAck	Reconnait les autres types de paquet

- Les acronymes LSA et LSU sont souvent utilisés indifféremment.
- Une LSU contient une ou plusieurs LSA.
- Les LSA contiennent des informations de routage pour les réseaux de destination.
- Les LSA spécifiques sont traitées dans CCNP.

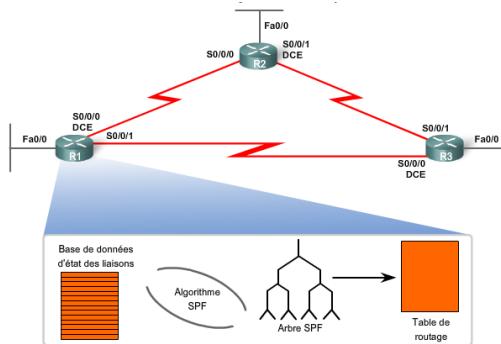
Type de LSA	Description
1	LSA du routeur
2	LSA du réseau
3 ou 4	LSA résumées
5	LSA externes du système autonome
6	LSA OSPF de multidiffusion
7	Défini pour les zones Not-So-Stubby
8	LSA d'attributs externes pour le protocole BGP (Border Gateway Protocol)
9, 10, 11	LSA opaques

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

14

Algorithmes OSPF (1)

- ① Conservation de chaque routeur d'une BD locale des liaisons contenant les **LSA reçues** de tous les autres routeurs.
- ② Utilisation de l'**algorithme SPF du plus court chemin de Dijkstra (SPF)** pour créer une arborescence SPF.
- ③ L'arborescence SPF est ensuite utilisée pour fournir à la **table de routage IP** les meilleurs chemins vers chaque réseau.



F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

15

Algorithmes OSPF (2)

Remarques :

- Si modification sur le réseau \Rightarrow réception du routeur de nouvelles informations (ajout, suppression ou modification de liaison):
 - Nouvelle exécution de l'algorithme SPF pour créer une nouvelle arborescence et mettre à jour les tables de routage
- Si liaison instable \Rightarrow exécution sans cesse de l'algorithme SPF en continu :
 - Pas de convergence correcte (temps de traitement + temps de réception des LSU)
 - Consommation énormes des ressources (processeur & mmoire) + temps de calcul qui dépend de la taille de la zone

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

16

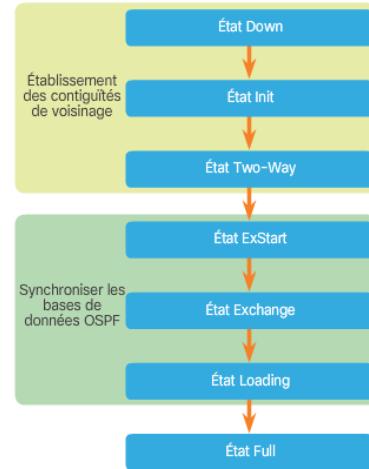
Etats opérationnels OSPF (1)

- Lorsqu'un routeur OSPF est initialement connecté à un réseau, il tente de :

- Créer des contiguités avec ses voisins
- Procéder à l'échange des informations de routage
- Calculer les meilleures routes
- Converger

Plusieurs états du routeur OSPF pour atteindre la convergence :

- État Down
- État Init
- État Two-Way
- État ExStart
- État Exchange
- État Loading
- État Full



Etats opérationnels OSPF (2)

État ExStart

- Négocier la relation maître/esclave et le numéro d'ordre de paquet DBD.
- Le maître lance l'échange de paquet DBD.

État Exchange

- Les routeurs échangent des paquets DBD.
- Si des informations supplémentaires relatives au routeur sont requises, alors transition vers Loading ; sinon, transition vers Full.

État Loading

- Les paquets LSR et LSU permettent d'obtenir des informations supplémentaires sur les routes.
- Les routes sont traitées à l'aide de l'algorithme SPF.
- Transition vers l'état Full.

État Down

- Aucun paquet Hello reçu = Down.
- Le routeur envoie des paquets Hello.
- Transition vers l'état Init.

État Init

- Les paquets Hello sont reçus du voisin.
- Ils contiennent des ID de routeur du routeur expéditeur.
- Transition vers l'état Two-Way.

État Two-Way

- Sur les liaisons Ethernet, choisissez un DR et un BDR.
- Transition vers l'état ExStart.

État Full

Les routeurs ont convergé.

ENICARTHAGE المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Etablissement des contigüités de voisinage (1)

- Pour découvrir un voisin, le routeur transmet, sur l'interface activé OSPF, un paquet Hello qui contient son ID de routeur à partir de toutes les interfaces compatibles OSPF.
 - ID de routeur = adresse IP qui permet d'identifier de façon unique un routeur spécifique parmi ses homologues OSPF
- Lorsqu'un routeur voisin compatible OSPF reçoit un paquet Hello avec un ID de routeur qui ne figure pas dans sa liste de voisins, le routeur destinataire tente d'établir une contiguïté avec le routeur initiateur.

1. R1: de l'état down vers état Init

2. R2: Etat Init

R2 reçoit le paquet Hello de R1 et ajoute l'ID du routeur R1 à sa liste de voisins, puis envoie un paquet Hello à R1.

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

19

ENICARTHAGE المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Etablissement des contigüités de voisinage (2)

3. R1: Etat Two-Way

R1 reçoit le paquet Hello avec son ID répertorié dans la liste de voisins ⇒ ajoute l'ID du routeur R2 dans sa liste de voisins OSPF & passe de l'état « Init » à l'état « Two-Way ».

Remarque:

- Si 2 voisins contigus interconnectés via un lien point à point ⇒ passent immédiatement de l'état Two-Way à la phase de synchronisation de base de données.
- Si 2 routeurs interconnectés via un réseau Ethernet commun ⇒ processus de sélection de routeur désigné (DR) et routeur désigné de secours (BDR).

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

20

ENICARTHAGE
المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Distance administrative OSPF

Distances administratives par défaut

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

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

21

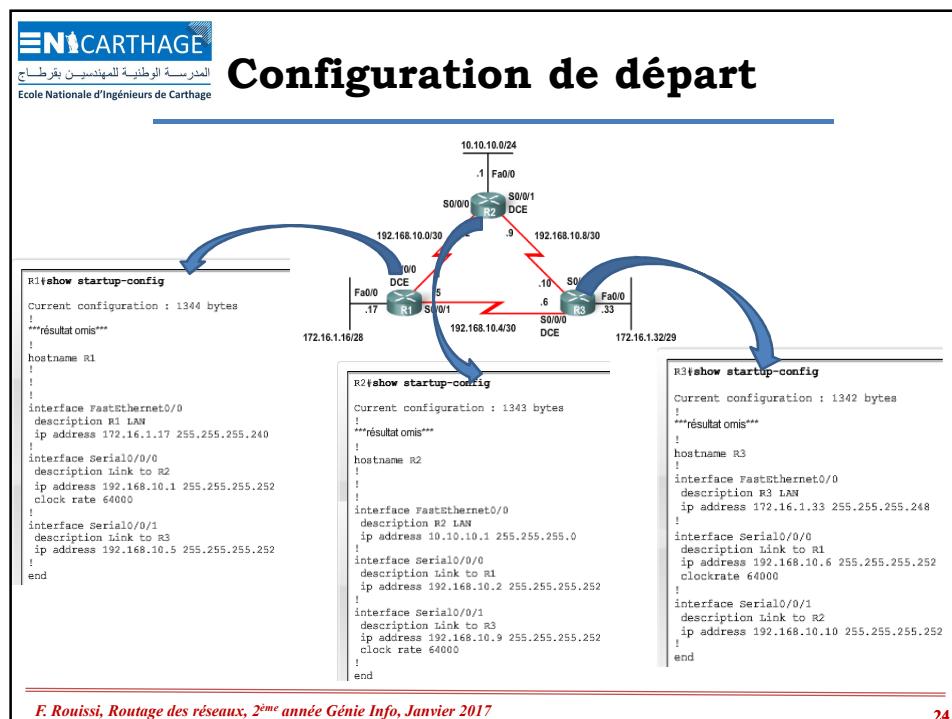
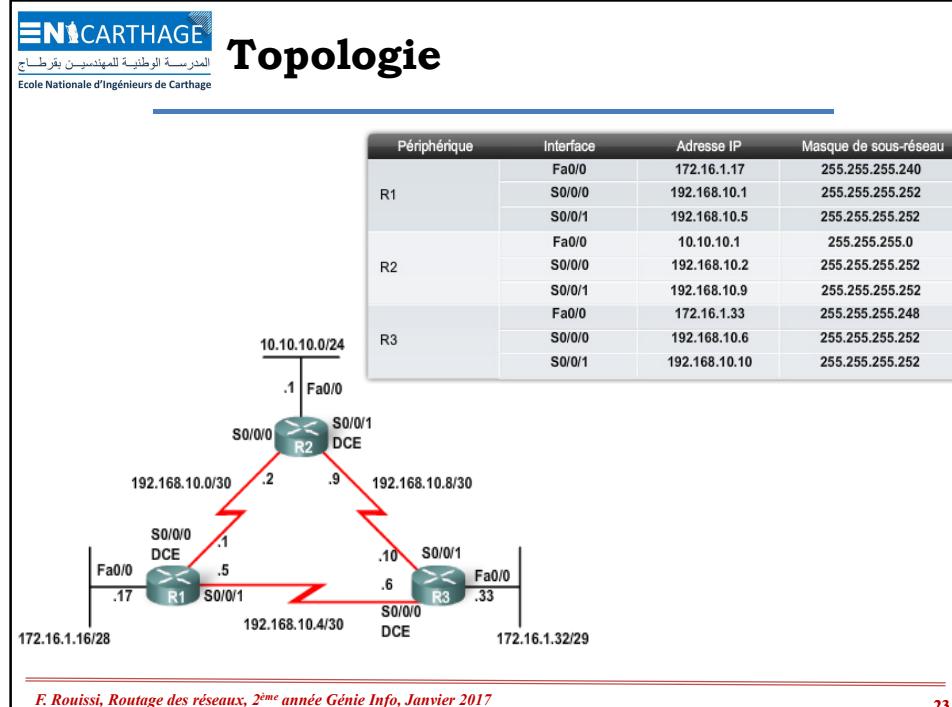
ENICARTHAGE
المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Chapitre 7

Configuration de base & mesures OSPF

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

22



ENICARTHAGE
المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Activation du routage OSPF

- commande de configuration globale:
R1(config) # router ospf [process-id].
- **process-id (id de processus)** = nombre **compris entre 1 et 65535** choisi par l'administrateur réseau, ayant une signification locale \Rightarrow **n'intervient pas** pour l'établissement des contiguités avec des voisins
 - Doit être le même ID de processus sur tous les routeurs pour des raisons de cohérence.

```
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#

```

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

25

ENI CARTHAGE
المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Configuration des sous-réseaux OSPF (1)

- Commande « **network** » ⇒ permet d'activer l'interface correspondante pour envoyer et recevoir des paquets OSPF.

Router(config-router)#*network adresse réseau masque générique area area-id*

- Masque générique ■ valeur à 32 bits spécifiant au routeur quel numéro de sous-réseau vérifier ⇒ fonction comparable au masques de sous-réseaux, mais différence au niveau de la correspondance de « 1 » et « 0 ».

```

R1(config)#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 0.0.0.3 area 0
R1(config-router)#network 192.168.10.4 0.0.0.3 area 0

R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#network 10.10.10.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.3 area 0
R2(config-router)#network 192.168.10.8 0.0.0.3 area 0

R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#network 172.16.1.32 0.0.0.7 area 0
R3(config-router)#network 192.168.10.4 0.0.0.3 area 0
R3(config-router)#network 192.168.10.8 0.0.0.3 area 0

```

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

Configuration des sous-réseaux OSPF (2)

Remarques:

- Toute interface de routeur qui correspond à l'adresse réseau dans la commande « **network** » est activée pour envoyer et recevoir des paquets OSPF.
- Masque générique indispensable** dans la commande de l'OSPF avec l'@réseau pour spécifier l'interface ou la plage d'interfaces qui seront activées pour OSPF ⇒ **Contrairement à EIGRP**
- Le paramètre « **area area-id** » sert à spécifier **la zone OSPF**
 - ↳ **Zone OSPF** ≡ groupe de routeurs qui partagent les informations d'état des liaisons.
 - ↳ les routeurs OSPF de la même zone doivent avoir les **mêmes informations** dans leur base de données d'état des liaisons
- Un réseau OSPF peut être configuré sous forme **de plusieurs zones** ⇒ avoir des bases de données d'état des liaisons **plus petites** et **limitation des problèmes d'instabilité réseau**

ID du routeur OSPF (1)

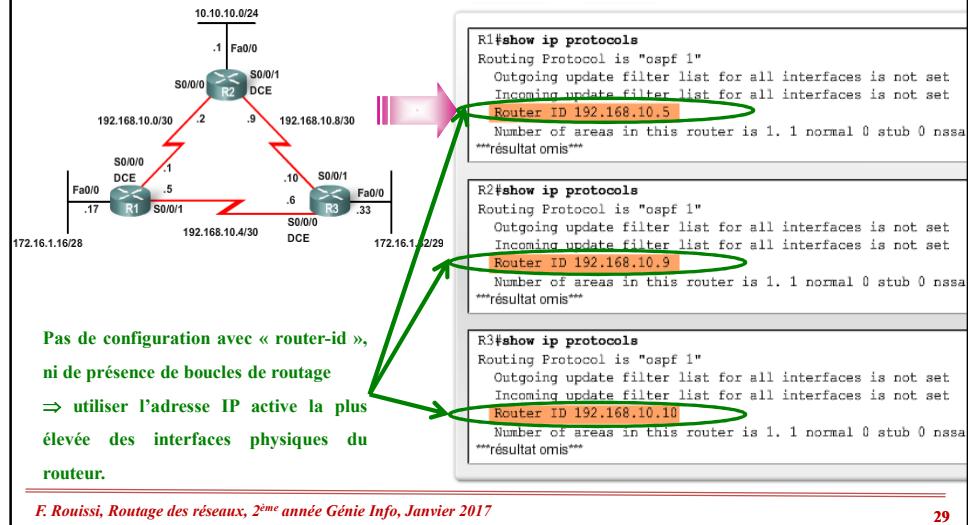
- ID de routeur** ≡ une adresse IP qui permet d'identifier de façon unique chaque routeur du domaine de routage OSPF.
- Défini en utilisant trois critères, suivant **la priorité** :
 - L'adresse IP configurée à l'aide de la commande « **router-id** » du protocole OSPF.
 - Sinon le routeur choisit l'adresse IP la plus élevée parmi les interfaces de bouclage IP configurées sur le routeur
 - Si aucune interface de bouclage n'est configurée, le routeur choisit l'adresse IP active la plus élevée parmi ses interfaces physiques.

L'ID du routeur est déterminé dans l'ordre suivant :

- Utiliser l'adresse IP configurée à l'aide de la commande OSPF router-id.
- Si l'ID de routeur n'est pas configuré, celui-ci choisit l'adresse IP la plus élevée de l'une de ses interfaces en mode bouclé.
- Si aucune interface en mode bouclé n'est configurée, le routeur choisit l'adresse IP active la plus élevée de l'une de ses interfaces physiques.

ID du routeur OSPF (2)

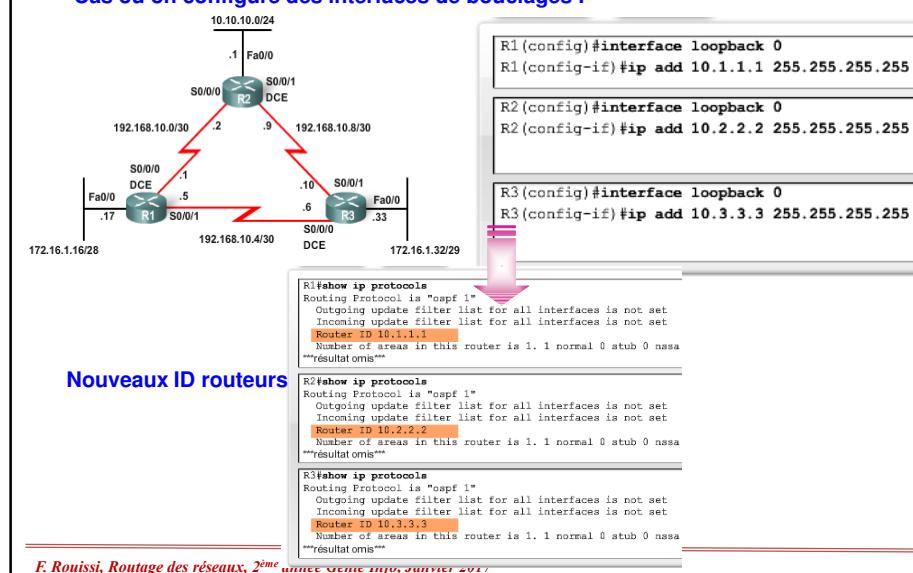
- Pour vérifier l'ID du routeur, commande « show ip protocols »



29

ID du routeur OSPF (3)

Cas où on configure des interfaces de bouclages :



30

ID du routeur OSPF (4)

Remarques:

- Pour vérifier l'ID de routeur, on peut utiliser dans certaines versions d'IOS les commandes:
 - « show ip ospf »
 - ou « show ip ospf interface »
- la modification d'un ID de routeur nécessite son rechargement ⇒ commande :
Router # clear ip ospf process
- Si deux routeurs portent le même ID dans OSPF ⇒ **disfonctionnement du routage**, affichage de message de type :
% OSPF-4-DUP_RTRID1: Detected router with duplicate router ID

Vérification de l'OSPF (1)

- « show ip ospf neighbor » ⇒ vérification des contiguités et **relations de voisinage OSPF**
- « show ip protocols » ⇒ vérification des **données de configuration OSPF** (ID de processus OSPF, ID de routeur, réseaux d'annonce du routeur, voisins et distance administrative).
- « show ip ospf » ⇒ affichage des **informations de zone OSPF**, ainsi que la dernière fois où l'algorithme SPF a été calculé.
- « show ip ospf interface » ⇒ vérification des **intervalles Hello et Dead**

R1#show ip ospf neighbor						
Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface	
10.3.3.3	1	FULL/ -	00:00:30	192.168.10.6	Serial0/0/1	
10.2.2.2	1	FULL/ -	00:00:35	192.168.10.2	Serial0/0/0	

R2#show ip ospf neighbor						
Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface	
10.3.3.3	1	FULL/ -	00:00:30	192.168.10.10	Serial0/0/1	
10.1.1.1	1	FULL/ -	00:00:35	192.168.10.1	Serial0/0/0	

Différence des BD relatives aux routeurs voisins
durée de temps pendant laquelle le routeur attendra un paquet Hello avant de déclarer le voisin hors service.

Affichage des éléments:

- Neighbor ID** - ID du routeur voisin.
- Pri** - priorité OSPF de l'interface.
- State** - état OSPF de l'interface (FULL⇒ les voisins ont des BD d'état des liaisons identiques).
- Dead Time**.
- Address** - adresse IP de l'interface du voisin à laquelle ce routeur est directement connecté.
- Interface** - interface sur laquelle ce routeur a établi une contiguïté avec son voisin.

Vérification de l'OSPF (2)

Remarques:

- Si pas d'établissement de contiguïté OSPF entre 2 routeurs \Rightarrow pas d'affichage de l'ID de routeur du routeur voisin ou de l'état FULL.
- Causes :
 - masques de sous-réseau ne correspondent pas \Rightarrow routeurs sur des réseaux séparés ;
 - compteurs OSPF Hello ou compteurs d'arrêt ne correspondent pas ;
 - types de réseau OSPF ne correspondent pas ;
 - commande OSPF « network » est manquante ou incorrecte.
- Conséquences :
 - Pas d'échange d'informations d'état des liaisons.
 - Bases de données d'état des liaisons incomplètes \Rightarrow arborescences SPF et tables de routage imprécises.
 - Routes vers les réseaux de destination peuvent soit ne pas exister, soit ne pas être les meilleurs chemins.

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

33

Vérification de l'OSPF (3)

« show ip protocols »

```
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
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    172.16.1.16 0.0.0.15 area 0
    192.168.10.0 0.0.0.3 area 0
    192.168.10.4 0.0.0.3 area 0
  Reference bandwidth unit is 100 mbps
  Routing Information Sources:
    Gateway          Distance      Last Update
    10.2.2.2           110        11:29:29
    10.3.1.3           110        11:29:29
  Distance: (default is 110)
```

« show ip ospf »

```
R1#show ip ospf
***résumé omis***
  Routing Process "ospf 1" with ID 10.1.1.1
  Start time: 00:00:19.540, time elapsed: 11:31:15.776
  Supports only simple TOS (TOS0) routes
  Supports opaque LSA
  Supports Link-local Signaling (LLS)
  Supports area transit capability
  Router is not originating router-LSAs with maximum metric
  Initial SPF schedule delay 5000 msec
  Minimum hold time between two consecutive SPFs 10000 msec
  Maximum wait time between two consecutive SPFs 10000 msec
  Incremental-SPF disabled
  Minimum LSA interval 5 secs
  Minimum LSA arrival 1000 msec
  Area BACKBONE(0)
    Number of interfaces in this area is 3
    Area has no authentication
    SPF algorithm last executed 11:30:31.628 ago
    SPF algorithm executed 5 times
    Area ranges are
  ***résumé omis***
```

« show ip ospf interface »

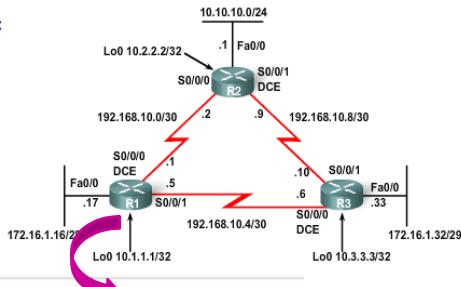
```
R1#show ip ospf interface serial 0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up
  Internet Address 192.168.10.1/30, Area 0
  Process ID 1, Router ID 10.1.1.1, Network Type POINT_TO_POINT, Cost: 64
  Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT,
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Retransmit 5
  Neighbor re-scan interval 40
  Hello due in 00:00:07
  Supports link-local Signaling (LLS)
  Index 2/2, flood queue length 0
  Next 0x00/0x00(0)
  Last flood scan length is 1, maximum is 1
  Last flood scan time is 0 msec, maximum is 4 msec
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
    Adjacent with neighbor 10.2.2.2
  Suppress hello for 0 neighbor(s)
```

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

34

Examen de la table de routage (1)

- « show ip route »:



R1#show ip route

```
Codes: ***résultat omis***  
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area  
Gateway of last resort is not set  
  
192.168.10.0/30 is subnetted, 3 subnets  
c 192.168.10.0 is directly connected, Serial0/0/0  
c 192.168.10.4 is directly connected, Serial0/0/1  
o 192.168.10.8 [110/128] via 192.168.10.2, 14:27:57, Serial0/0/0  
    172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks  
o 172.16.1.32/29 [110/65] via 192.168.10.6, 14:27:57, Serial0/0/1  
c 172.16.1.16/28 is directly connected, FastEthernet0/0  
o 10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks  
o 10.10.10.0/24 [110/65] via 192.168.10.2, 14:27:57, Serial0/0/0  
c 10.1.1.1/32 is directly connected, Loopback0
```

- Uniquement 4 réseaux directement connectés ⇒ OSPF n'annonce pas les interfaces de bouclage !!!

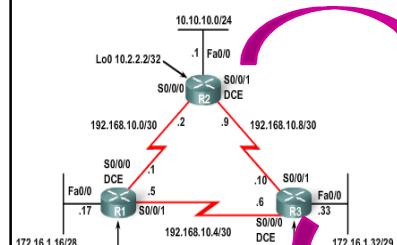
↳ chaque routeur répertorie sept réseaux connus.

- Pas de résumé automatique ⇒ OSPF est un protocole sans classe à part entière.

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

35

Examen de la table de routage (2)



R2#show ip route

```
Codes: ***résultat omis***  
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area  
Gateway of last resort is not set  
  
192.168.10.0/30 is subnetted, 3 subnets  
c 192.168.10.0 is directly connected, Serial0/0/0  
o 192.168.10.4 [110/128] via 192.168.10.1, 14:31:18, serial0/0/0  
c 192.168.10.8 is directly connected, Serial0/0/1  
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks  
o 172.16.1.32/29 [110/65] via 192.168.10.10, 14:31:18, serial0/0/0  
o 172.16.1.16/28 [110/65] via 192.168.10.1, 14:31:18, serial0/0/0  
o 10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks  
c 10.2.2.2/32 is directly connected, Loopback0  
c 10.10.10.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

R3#show ip route

```
Codes: ***résultat omis***  
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area  
Gateway of last resort is not set  
  
192.168.10.0/30 is subnetted, 3 subnets  
o 192.168.10.0 [110/845] via 192.168.10.9, 14:31:52, serial0/0/1  
    [110/845] via 192.168.10.5, 14:31:52, serial0/0/0  
c 192.168.10.4 is directly connected, Serial0/0/0  
c 192.168.10.8 is directly connected, Serial0/0/1  
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks  
c 172.16.1.32/29 is directly connected, FastEthernet0/0  
o 172.16.1.16/28 [110/782] via 192.168.10.5, 14:31:52, serial0/0/0  
o 10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks  
c 10.3.3.3/32 is directly connected, Loopback0  
o 10.10.10.0/24 [110/782] via 192.168.10.9, 14:31:52, serial0/0/1
```

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

36

Mesures OSPF (1)

- **Coût OSPF** = mesure utilisée en OSPF, associé au niveau de la **sélection de chaque interface de routeur**.
- À chaque routeur, le coût d'une interface = 10^8 (soit 100 Mbits/s) divisé par la bande passante en bits/s.
↳ Le résultat est appelé **bande passante de référence**.
- La bande passante de référence est celle par défaut. Elle peut être modifiée pour s'adapter aux réseaux ayant des liaisons d'une rapidité supérieure à 100 Mbits/s avec commande « **OSPF auto-cost reference-bandwidth** ».
- Le coût est configurable par un administrateur système.
- Plus le coût est faible, plus l'interface sera utilisée pour acheminer le trafic de données.

Valeurs de coût OSPF Cisco

Type d'interface	$10^8 / \text{bits/s} = \text{Coût}$
Fast Ethernet et plus rapide	$10^8 / 100\ 000\ 000 \text{ bits/s} = 1$
Ethernet	$10^8 / 10\ 000\ 000 \text{ bits/s} = 10$
E1	$10^8 / 2\ 048\ 000 \text{ bits/s} = 48$
T1	$10^8 / 1\ 544\ 000 \text{ bits/s} = 64$
128 Kbits/s	$10^8 / 128\ 000 \text{ bits/s} = 781$
64 Kbits/s	$10^8 / 64\ 000 \text{ bits/s} = 1562$
56 Kbits/s	$10^8 / 56\ 000 \text{ bits/s} = 1785$

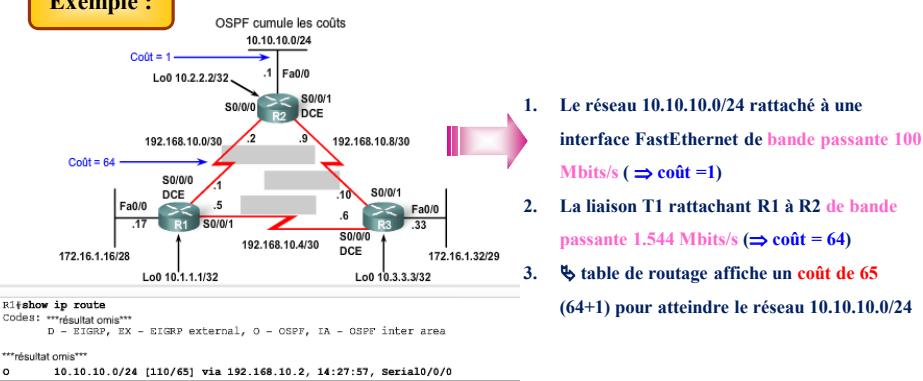
F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

37

Mesures OSPF (2)

- Pour calculer un coût, l'IOS de Cisco **cumule les bandes passantes** des interfaces de sortie depuis le routeur vers **le réseau de destination**.

Exemple :



F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

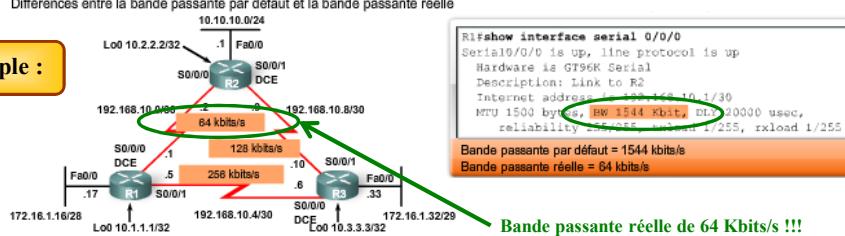
38

Mesures OSPF (3)

- Attention à la valeur de la **bande passante par défaut** et la celle de la **bande passante réellement utilisé**:
 - **Exemple :** on ne paye qu'une fraction de connexion T1 au fournisseur d'accès, soit le quart d'une connexion T1 totale (384 Kbits/s) ⇒ IOS considère une bande passante T1 alors que bande réelle est 348 Kbits/s
 - OSPF calcule automatiquement le coût en utilisant la **valeur de la bande passante par défaut**
 - Nécessité de **modifier la valeur de la bande passante** (par configuration) pour qu'OSPF calcule le **coût exact** de la liaison ⇒ table de routage avec des informations de chemin précises
- Commandes pour vérifier la bande et/ou le coût : « **show interface** », « **show ip route** », « **show ip ospf interfaces** »

Differences entre la bande passante par défaut et la bande passante réelle

Exemple :



```
R1#show interface serial 0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up
  Hardware is GT96K Serial
  Description: Link to R2
  Internet Address is 192.168.10.1/30
  MTU 1500 bytes, BW 1544 kbit/s, RELAY 20000 usec,
  reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
  Bande passante par défaut = 1544 kbit/s
  Bande passante réelle = 64 kbit/s
```

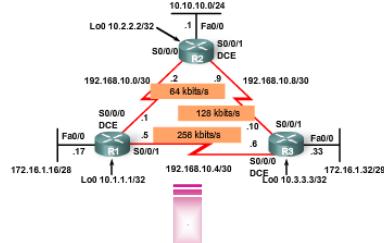
Bande passante réelle de 64 Kbits/s !!!

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

39

Mesures OSPF (4)

Differences entre la bande passante par défaut et la bande passante réelle



```
R1#show ip ospf interface serial 0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up
  Internet Address 192.168.10.1/30, Area 0
  Process ID 1, Router ID 10.1.1.1, Network Type POINT_TO_POINT, Cost 64
  **resultat ormis**"
  La valeur de coût OSPF 64 n'équivaut pas à 64 kbit/s.
  La valeur de coût OSPF d'une liaison 64 kbit/s est de 1562.
```

R1 affecte effectivement un coût de 64 à l'interface série 0/0/0 !!!

R1 pense que ses deux interfaces série sont connectées à des liaisons T1 (donc coût = 64 chacune) et les 2 chemins à coût égal (128 = 64 + 64), bien qu'une de ses liaisons soit de 64 Kbits/s et l'autre, de 256 Kbits/s !!!

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

40

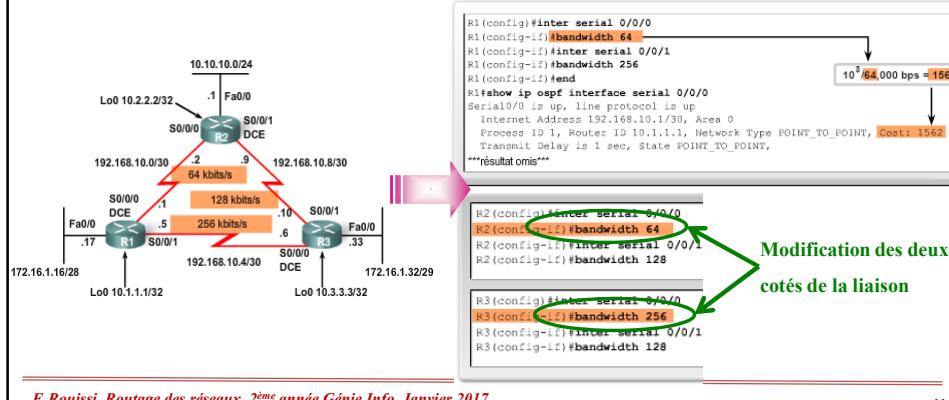
Modification du coût de la liaison (1)

- Commande « **bandwidth** » ⇒ permet de modifier la valeur de la bande passante utilisée par l'IOS dans le calcul de la mesure de coût OSPF.

```
Router(config-if) # bandwidth bandwidth-kbps
```

- Commande « **ip ospf cost** » ⇒ permet de spécifier directement le coût d'une interface.

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



Modification du coût de la liaison (3)

Commandes équivalentes

Commandes bandwidth

```

Router R1
R1(config)#interface serial 0/0/0
R1(config-if)#bandwidth 64

R1(config)#interface serial 0/0/1
R1(config-if)#bandwidth 256

Router R2
R2(config)#interface serial 0/0/0
R2(config-if)#bandwidth 64

R2(config)#interface serial 0/0/1
R2(config-if)#bandwidth 128

Router R3
R3(config)#interface serial 0/0/0
R3(config-if)#bandwidth 256

R3(config)#interface serial 0/0/1
R3(config-if)#bandwidth 128
  
```

Commandes ip ospf cost

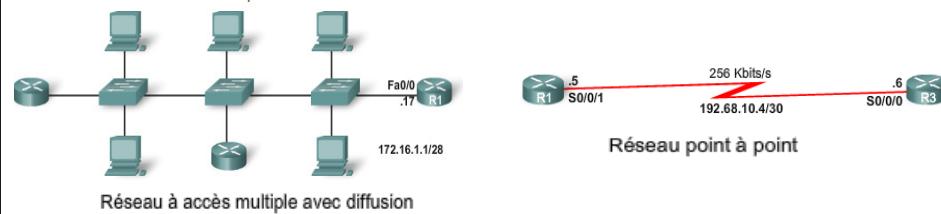
=	Router R1
=	R1(config)#interface serial 0/0/0
=	R1(config-if)#ip ospf cost 1562
=	R1(config)#interface serial 0/0/1
=	R1(config-if)#ip ospf cost 390
=	Router R2
=	R2(config)#interface serial 0/0/0
=	R2(config-if)#ip ospf cost 1562
=	R2(config)#interface serial 0/0/1
=	R2(config-if)#ip ospf cost 781
=	Router R3
=	R3(config)#interface serial 0/0/0
=	R3(config-if)#ip ospf cost 390
=	R3(config)#interface serial 0/0/1
=	R3(config-if)#ip ospf cost 781

Chapitre 7

OSPF & réseaux d'accès multiples

Problématique des réseaux d'accès multiples (1)

- Réseau à accès multiple = réseau comportant plus de deux périphériques sur le même support partagé, à différence d'un réseau point à point où il ne comporte que deux périphériques.
 - ↳ réseaux de diffusion car tous les périphériques peuvent voir toutes les trames.
 - ↳ réseaux à accès multiple, car de nombreux hôtes peuvent être membres du même réseau.
- Contraire des réseaux point à point, où le réseau ne comporte que deux périphériques, un à chaque extrémité.

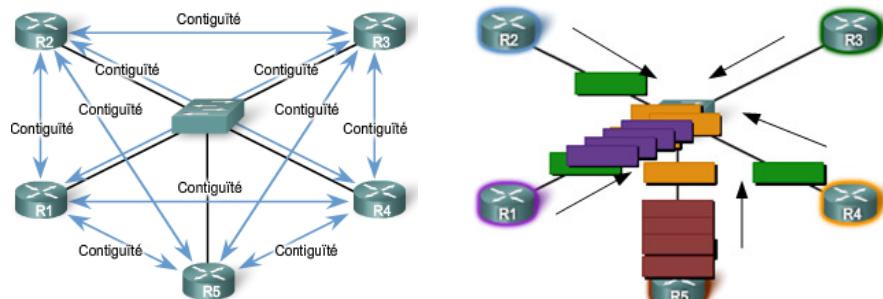


F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

45

Problématique des réseaux d'accès multiples (2)

- Les LSA sur les réseaux à accès multiple peuvent présenter deux difficultés pour OSPF :
 1. Crédit de contiguité multiples, une pour chaque paire de routeurs.
 2. Diffusion massive de LSA.

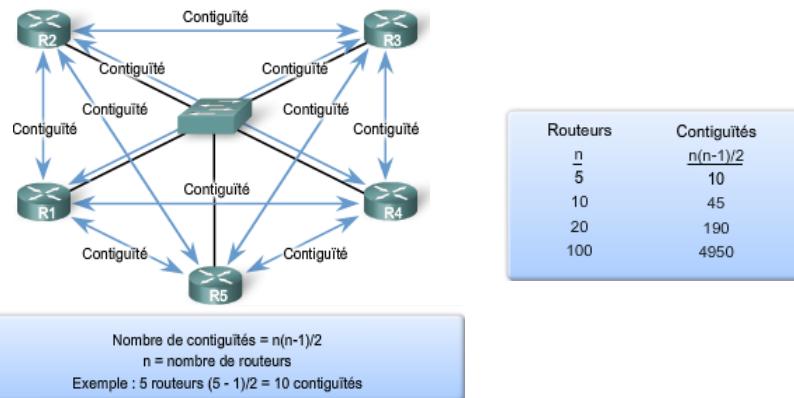


F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

46

Problématique des réseaux d'accès multiples (3)

- Contiguïté créée entre chaque paire de routeurs \Rightarrow nombre de contiguïtés inutile, d'où nombre excessif de LSA circulerait entre les routeurs du même réseau.



F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

47

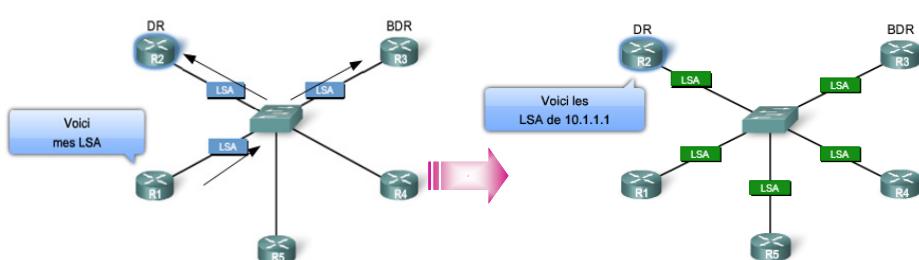
Problématique des réseaux d'accès multiples (4)

Solution pour les réseaux d'accès multiples

- Utilisation du **routeur désigné (DR : Designed Router)**
- OSPF sélectionne un routeur DR comme **point de collecte et de distribution des LSA envoyées et reçues**.
- Routeur BDR (Backup Designated Router)** ≡ routeur **désigné de secours**, choisi en cas de défaillance du routeur DR.
- Tous les autres routeurs dans le réseau d'accès multiples deviennent des **DROthers**.

Les contiguïtés sont constituées uniquement avec le DR et le BDR.

DR envoie des LSA à tous les autres routeurs.



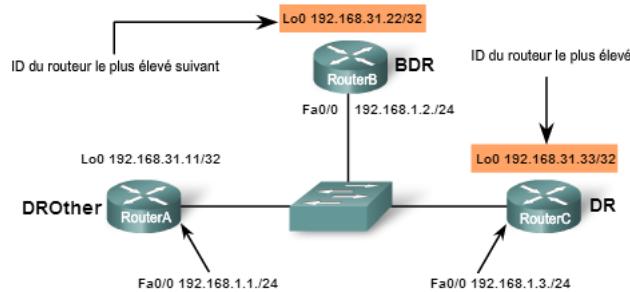
F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

48

Processus de sélection de DR/BDR (1)

- Procédure de sélections de DR/BDR **n'a pas lieu dans les réseaux point à point.**
- Seulement dans les réseaux à accès multiple.

Exemple de topologie à accès multiple :



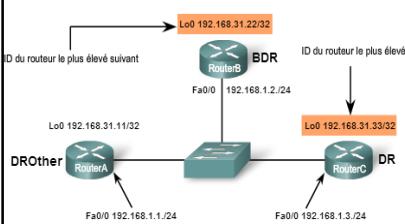
- trois routeurs qui partagent un réseau Ethernet **192.168.1.0/24.**
- Chacun des routeurs est configuré avec une adresse IP sur l'interface Fast Ethernet et une **adresse de bouclage pour l'ID de routeur.**

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

49

Processus de sélection de DR/BDR (2)

- Choix selon **les critères suivants** en ordre :
 1. **DR** ⇒ le routeur avec la priorité d'interface OSPF la plus élevée.
 2. **BDR** ⇒ le routeur dont la priorité d'interface OSPF est la seconde valeur la plus élevée.
 3. Si les priorités d'interface OSPF sont égales (exemple : valeur par défaut), c'est le routeur dont l'**ID est le plus élevé qui est choisi.**
- Pour afficher la valeur de priorité ⇒ commande «**show ip ospf neighbor**»
- Pour afficher l'état du routeur (DR, BDR ou DROther) ⇒ commande «**show ip ospf interface**»



RouterA#show ip ospf neighbor					
Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
192.168.31.33	1	FULL/DR	00:00:39	192.168.1.3	FastEthernet0/0
192.168.31.22	1	FULL/BDR	00:00:36	192.168.1.2	FastEthernet0/0

RouterB#show ip ospf neighbor					
Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
192.168.31.3	1	FULL/DR	00:00:34	192.168.1.3	FastEthernet0/0
192.168.31.1	1	FULL/DROTHER	00:00:38	192.168.1.1	FastEthernet0/0

RouterC#show ip ospf neighbor					
Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
192.168.31.22	1	FULL/BDR	00:00:35	192.168.1.2	FastEthernet0/0
192.168.31.11	1	FULL/DROTHER	00:00:32	192.168.1.1	FastEthernet0/0

La priorité est égale à la valeur par défaut 1.

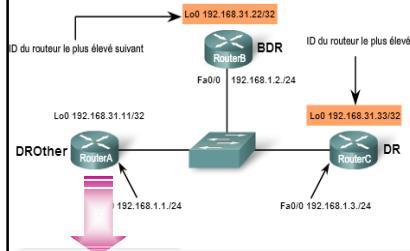
Même priorité (par défaut) pour les 3 routeurs:

- Router C ⇒ DR
- RouterB ⇒ BDR
- RouterA ⇒ DROther

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

50

ENICARTHAGE Processus de sélection de DR/BDR (3)



- DROthers ne constituent des **contiguïtés FULL (complètes)** qu'avec le DR et le BDR, mais continue de fournir des contiguïtés de voisinage avec les autres DROthers qui rejoignent le réseau (en recevant **ttrs des paquets Hello**).

```
RouterA#show ip ospf interface fastethernet 0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
  Internet Address 192.168.1.1/24, Area 0
  Process ID 1, Router ID 192.168.31.11, Network Type BROADCAST, Cost: 1
  Transmit Delay is 1 sec, State DROOTHER, Priority 1
  Designated Router (ID) 192.168.31.22, Interface address 192.168.1.2
  Backup Designated router (ID) 192.168.31.33, Interface address 192.168.1.3
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
  nob-retransmit 40
  Hello due in 0:00:06
  Supports Link-local Signaling (LLS)
  Index 1/1, flood queue length 0
  Next 0x0(0)/0x0(0)
  Last flood scan length is 0, maximum is 1
  Last flood scan time is 0 msec, maximum is 0 msec
  Neighbor Count is 2, Adjacent neighbor count is 2
    Adjacent with neighbor 192.168.31.22 (Backup Designated Router)
    Adjacent with neighbor 192.168.31.33 (Designated Router)
  Suppress hello for 0 neighbor(s)
```

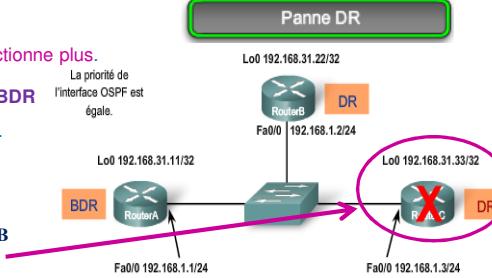
- Lorsque deux routeurs DROther constituent une contiguïté de voisinage, l'état du voisin est **2WAY**.

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

51

ENICARTHAGE Synchronisation de la sélection DR/BDR (1)

- Le processus de sélection très rapide (quelques secondes): lors de l'amorçage des routeurs ou lorsqu'une commande « **network** » OSPF est configurée
 - Si l'amorçage d'un des routeurs a pris moins de temps que les autres, il se peut qu'il devienne le DR pourtant son ID n'est pas le plus élevé.
- Une fois le **DR sélectionné**, il le reste (**même si : un nouveau routeur est ajouté, un DR plus ancien est revenu à la topologie**) jusqu'à ce que l'une des situations suivantes se produise :
 - DR tombe en panne**
 - processus OSPF sur le DR échoue**
 - interface à accès multiple du DR ne fonctionne plus.**
- Si DR ne fonctionne pas correctement \Rightarrow **BDR** prend le relais et un nouveau BDR est choisi.
- Router C tombe en panne**
 \Rightarrow Le BDR précédent prend la relève \Rightarrow **Router B nouveau DR**
 \Rightarrow **Router A nouveau BDR**

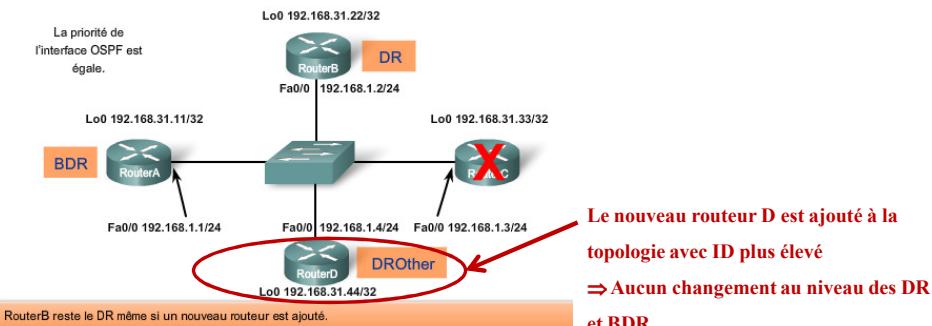


F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

52

Synchronisation de la sélection DR/BDR (2)

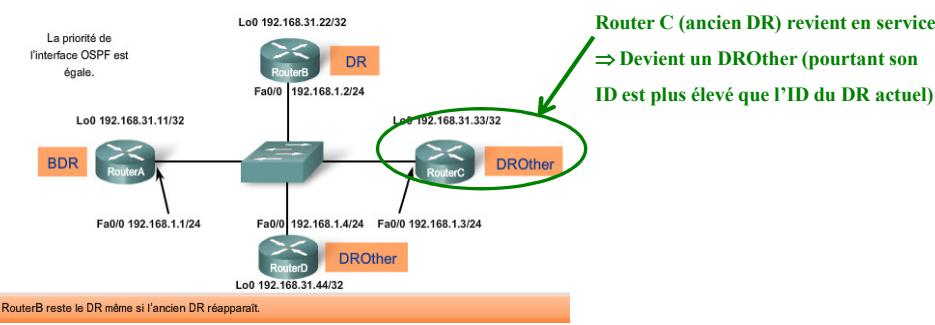
- Si un **nouveau routeur** entre dans le réseau une fois DR et BDR sélectionnés => **aucun processus de sélection**, même si sa priorité d'interface OSPF ou son ID de routeur est **plus élevé** que ceux du DR ou du BDR courants.
- En cas de **défaillance du DR actuel**, le **BDR devient DR**, et un nouveau routeur est sélectionné comme nouveau BDR

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

53

Synchronisation de la sélection DR/BDR (3)

- Si un **ancien DR revient** sur le réseau, il ne récupère pas le statut de DR automatiquement
- Nouveau processus de sélection de DR et/ou sauf si panne

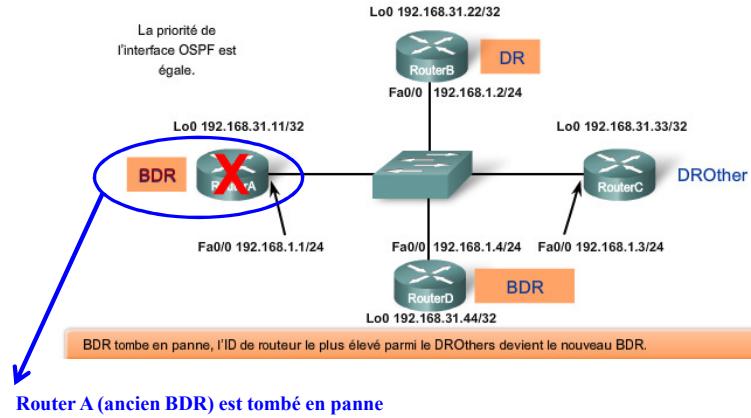
F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

54

ENICARTHAGE Synchronisation de la sélection DR/BDR (4)

- Si le BDR s'arrête, une sélection s'opère **parmi les DRothers** pour voir lequel va devenir le nouveau BDR

■ Le **DR reste le même** tant qu'il n'est pas tombé en panne !!!



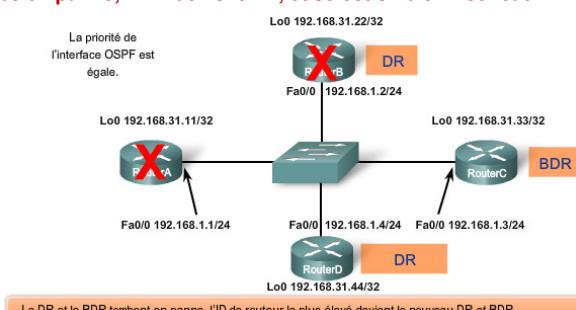
⇒ Procédure de sélection de BDR entre les DROthers ⇒ RouterD (ID plus élevé) gagne

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

55

ENICARTHAGE Synchronisation de la sélection DR/BDR (5)

- Si DR tombe en panne, BDR devient DR, et sélection d'un nouveau BDR



- Pour contrôler le choix des routeurs DR et BDR:

- **1^{re} alternative** : démarrer le DR en premier, le BDR ensuite, après tous les autres routeurs ;
- **2^{eme} alternative** : arrêter l'interface de tous les routeurs, activer ensuite l'interface du DR (commande « no shutdown »), puis sur le BDR, après sur tous les autres routeurs.
- **3^{eme} alternative** : changer la priorité d'interface OSPF

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

56

ENICARTHAGE المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Priorité d'interface OSPF

- Au lieu d'utiliser l'ID du routeur pour sélectionner les DR et BDR, il est préférable de contrôler le choix de ces routeurs en modifiant (par configuration) la valeur de la priorité de l'interface OSPF \Rightarrow forcer la sélection
- Valeur par défaut de la priorité est 1
- Pour modifier la valeur de la priorité \Rightarrow commande «ip ospf priority»

Router(config-if)#ip ospf priority {0 - 255}

```

RouterA(config)#interface fastethernet 0/0
RouterA(config-if)#ip ospf priority 200

RouterB(config)#interface fastethernet 0/0
RouterB(config-if)#ip ospf priority 100

RouterA#show ip ospf neighbor
Neighbor ID      Pri   State        Dead Time    Address          Interface
192.168.31.22    100   FULL/BDR    00:00:30    192.168.1.2    FastEthernet0/0
192.168.31.33    1     FULL/DROTHER 00:00:30    192.168.1.3    FastEthernet0/0
RouterB#show ip ospf neighbor
Neighbor ID      Pri   State        Dead Time    Address          Interface
192.168.31.11    1     FULL/DR     00:00:37    192.168.1.1    FastEthernet0/0
192.168.31.33    1     FULL/DROTHER 00:00:38    192.168.1.3    FastEthernet0/0
RouterC(config)#end
RouterC#show ip ospf neighbor
Neighbor ID      Pri   State        Dead Time    Address          Interface
192.168.31.22    100   FULL/BDR    00:00:32    192.168.1.2    FastEthernet0/0
192.168.31.11    200   FULL/DR     00:00:31    192.168.1.1    FastEthernet0/0
  
```

Les rôles DR et BDR changent.

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

57

ENICARTHAGE المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Synchronisation des bases de données OSPF (1)

Rappel :

- Si 2 voisins contigus interconnectés via un lien point à point \Rightarrow passent immédiatement de l'état Two-Way à la phase de synchronisation de base de données.
- Si 2 routeurs interconnectés via un réseau Ethernet commun \Rightarrow processus de sélection de routeur désigné (DR) et routeur désigné de secours (BDR).

R1 possède une priorité par défaut de 1 et le second ID de routeur le plus élevé. Il s'agira du BDR sur cette liaison.

R2 possède une priorité par défaut de 1 et l'ID de routeur le plus élevé. Il s'agira du DR sur cette liaison.

- Après l'état Two-Way, les routeurs passent aux états de synchronisation de base de données.
- Utilisation de quatre types de paquets OSPF lors du processus d'échange et de synchronisation des bases de données (LSBD).

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

58

Synchronisation des bases de données OSPF (1)

Rappel :

- Si 2 voisins contigus interconnectés via un lien point à point \Rightarrow passent immédiatement de l'état Two-Way à la phase de synchronisation de base de données.
- Si 2 routeurs interconnectés via un réseau Ethernet commun \Rightarrow processus de sélection de routeur désigné (DR) et routeur désigné de secours (BDR).



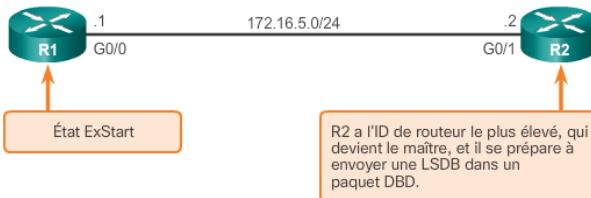
R1 possède une priorité par défaut de 1 et le second ID de routeur le plus élevé. Il s'agira du BDR sur cette liaison.

R2 possède une priorité par défaut de 1 et l'ID de routeur le plus élevé. Il s'agira du DR sur cette liaison.

- Après l'état Two-Way, les routeurs passent aux états de synchronisation de base de données.
- Utilisation de quatre types de paquets OSPF lors du processus d'échange et de synchronisation des bases de données (LSBD) : DBD, LSAck, LSR & LSU

Synchronisation des bases de données OSPF (2)

- Dans l'état ExStart, création d'une relation maître/esclave entre chaque routeur et ses routeurs DR et BDR adjacents.
- Maître pour l'état Exchange = routeur dont l'ID est le plus élevé \Rightarrow le routeur DR



R2 a l'ID de routeur le plus élevé, qui devient le maître, et il se prépare à envoyer une LSDB dans un paquet DBD.

Synchronisation des bases de données OSPF (3)

- Dans l'état Exchange, les routeurs maître et esclave échangent un ou plusieurs paquets DBD.
- Un paquet DBD comprend des informations sur le type d'état de liens, l'adresse du routeur expédiant les annonces, le coût du lien et le numéro d'ordre (numéro utilisé pour déterminer la date des informations d'état de liens reçues).
- Si le paquet DBD comprend une entrée d'état de liens plus récente, le routeur passe à l'état « Loading ».

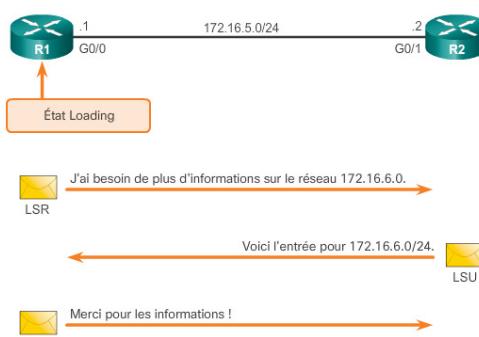


F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

61

Synchronisation des bases de données OSPF (4)

- Si un routeur veut obtenir des informations de routes supplémentaires \Rightarrow envoie un paquet LSR
- Le routeur recevant un LSR répond par un LSU : contenant les informations complètes
- Le routeur source, renvoie un LSAck, et ajoute ensuite les nouvelles entrées d'état de liens dans sa LSDB.
- Une fois que tous les paquets LSR ont été envoyés pour un routeur donné, les routeurs adjacents sont considérés comme étant synchronisés et ayant l'état Full.



F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

62

Chapitre 7

Configuration OSPF avancée

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

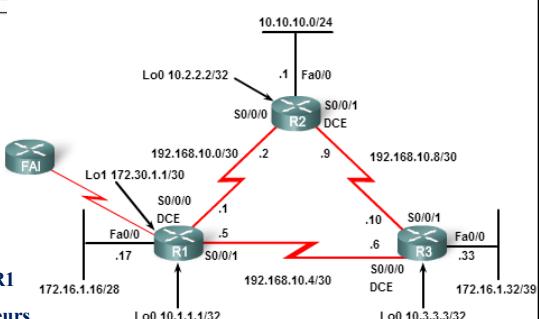
63

Redistribution du routage OSPF par défaut (1)

- **ASBR (Autonomous System Boundary Router)** = routeur situé entre un domaine de routage OSPF et un réseau non OSPF
- Le routeur ASBR, situé à la périphérie d'un réseau, peut servir à diffuser une **route par défaut** aux autres routeurs du domaine de routage OSPF \Rightarrow commande «**default-information originate** »
- Un routeur ayant une route par défaut **annoncé** est marqué de la mention « **gateway of last resort** »

```
R1(config)#interface loopback 1
R1(config-if)#ip add 172.30.1.1 255.255.255.252
R1(config-if)#exit
R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 loopback 1
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#default-information originate
```

- R1 est un **routeur d'extrémité** du domaine OSPF \Rightarrow R1 est un **ASBR**
- Configuration d'une **route par défaut** sur R1 puis demande de diffusion aux autres routeurs du domaine



F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

64

Redistribution du routage OSPF par défaut (2)

```

    graph TD
      R1[Router R1] --- S1[192.168.10.0/30]
      R1 --- S2[192.168.10.4/30]
      R1 --- S3[192.168.10.8/30]
      R1 --- S4[192.168.10.10/24]
      R1 --- S5[192.168.10.32/32]
      
      R2[Router R2] --- S6[192.168.10.0/30]
      R2 --- S7[192.168.10.4/30]
      R2 --- S8[192.168.10.8/30]
      R2 --- S9[192.168.10.24/24]
      
      R3[Router R3] --- S10[192.168.10.0/30]
      R3 --- S11[192.168.10.4/30]
      R3 --- S12[192.168.10.8/30]
      R3 --- S13[192.168.10.10/24]
      R3 --- S14[192.168.10.32/32]
      
      S1 --- R1
      S2 --- R1
      S3 --- R1
      S4 --- R1
      S5 --- R1
      
      S6 --- R2
      S7 --- R2
      S8 --- R2
      S9 --- R2
      
      S10 --- R3
      S11 --- R3
      S12 --- R3
      S13 --- R3
      S14 --- R3
      
      R1 --- R2
      R1 --- R3
      R2 --- R3
  
```

R1#show ip route

```

Codes: ***résultat omis***
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

  192.168.10.0/30 is subnetted, 3 subnets
  c 192.168.10.0 is directly connected, Serial0/0/0
  c 192.168.10.4 is directly connected, Serial0/0/1
  o 192.168.10.8 [110/115] via 192.168.10.10, 00:00:25, Serial0/0/1
    172.16.1.16/28 [110/391] via 192.168.10.6, 00:00:58, Serial0/0/1
    172.16.1.16/29 [110/392] via 192.168.10.6, 00:00:58, Serial0/0/1
    172.16.1.16/30 [110/393] via 192.168.10.6, 00:00:58, Serial0/0/1
    172.16.1.16/31 [110/394] via 192.168.10.6, 00:00:58, Serial0/0/1
  c 192.168.10.10/24 is directly connected, FastEthernet0/0
  c 0.0.0.0/0 is directly connected, Loopback0
  * 0.0.0.0/0 [110/1] via 192.168.10.10, 00:00:13, Serial0/0/1
  
```

R2#show ip route

```

Codes: ***résultat omis***
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

Gateway of last resort is 192.168.10.10 to network 0.0.0.0

  192.168.10.0/30 is subnetted, 3 subnets
  o 192.168.10.4 [110/1171] via 192.168.10.10, 00:00:25, Serial0/0/0
  c 192.168.10.8 is directly connected, Serial0/0/1
  o 172.16.1.16/28 [110/782] via 192.168.10.10, 00:00:25, Serial0/0/1
    172.16.1.16/29 [110/1172] via 192.168.10.10, 00:00:25, Serial0/0/1
    172.16.1.16/30 [110/1173] via 192.168.10.10, 00:00:25, Serial0/0/1
    172.16.1.16/31 [110/1174] via 192.168.10.10, 00:00:25, Serial0/0/1
  o 10.0.0.0/9 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
  c 10.2.2.2/32 [110/1] via 192.168.10.10, 00:00:25, Loopback0
  o 10.10.10.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
  o 0.0.0.0/0 [110/1] via 192.168.10.10, 00:00:13, Serial0/0/1
  
```

R3#show ip route

```

Codes: ***résultat omis***
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

Gateway of last resort is 192.168.10.10 to network 0.0.0.0

  192.168.10.0/30 is subnetted, 3 subnets
  o 192.168.10.0 [110/1952] via 192.168.10.5, 00:00:38, Serial10/0/0
  c 192.168.10.4 is directly connected, Serial10/0/0
  c 192.168.10.8 is directly connected, Serial10/0/1
  o 172.16.0.0/16 [110/391] via 192.168.10.5, 00:00:38, Serial10/0/1
    172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
    o 172.16.1.16/29 [110/392] via 192.168.10.5, 00:00:38, Serial10/0/1
    o 172.16.1.16/30 [110/393] via 192.168.10.5, 00:00:38, Serial10/0/1
  c 10.0.0.0/9 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
  c 10.3.3.3/32 [110/782] via 192.168.10.9, 00:00:38, Serial10/0/1
  c 10.10.10.0/24 [110/1] via 192.168.10.5, 00:00:27, Serial10/0/1
  
```

route OSPF externe de Type 2 (E2).

le coût de la route est un coût externe (=1), qui ne prend pas en compte le coût interne permettant d'atteindre cette route.

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

Réglages du protocole OSPF (1)

Modification de la bande passante de référence

- Bande passante de référence \equiv valeur 10^8 utilisée par les interfaces pour calculer les coûts des liaisons à l'aide de la formule $100\ 000\ 000/\text{bande passante}$
- Les interfaces avec un débit de 100 Mbits/s et plus ont un coût OSPF de 1.
- Pour obtenir des calculs de coûts plus précis, ajustement des valeurs de bande passante de référence à l'aide de la commande «auto-cost reference-bandwidth 1-4294967» (en Mbits/s)

```

R1(config-if)#router ospf 1
R1(config-router)#auto-cost reference-bandwidth ?
<1-4294967> The reference bandwidth in terms of Mbytes per second

R1(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 10000
% OSPF: Reference bandwidth is changed.
Please ensure reference bandwidth is consistent across all routers

R2(config-if)#router ospf 1
R2(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 10000
% OSPF: Reference bandwidth is changed.
Please ensure reference bandwidth is consistent across all routers

R3(config-if)#router ospf 1
R3(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 10000
% OSPF: Reference bandwidth is changed.
Please ensure reference bandwidth is consistent across all routers

```

ENI CARTHAGE المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Réglages du protocole OSPF (2)

```
R1#show ip route
Codes: * = resultat omnis*** 
      D = EIGRP, EX = EIGRP external, O = OSPF, IA = OSPF inter area
      E1 = OSPF external type 1, E2 = OSPF external type 2
      S* = 0.0.0.0/0 is directly connected, Loopback0

Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

  192.168.10.0/30 is subnetted, 3 subnets
C    192.168.10.0 is directly connected, Serial0/0/0
C    192.168.10.4 is directly connected, Serial0/0/1
O    192.168.10.8 [110/1171] via 192.168.10.6, 00:00:58, Serial0/0/1
  172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
O    172.16.1.32/29 [110/391] via 192.168.10.6, 00:00:58, Serial0/0/1
C    172.16.1.16/28 is directly connected, FastEthernet0/0
  172.30.0.0/30 is subnetted, 1 subnets
C    172.30.1.0 is directly connected, Loopback1
  10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
O    10.10.10.0/24 [110/1172] via 192.168.10.6, 00:00:58, .
C    10.1.1.1/32 is directly connected, Loopback0
S*   0.0.0.0/0 is directly connected, Loopback1
```

R1 avant

```
R1#show ip route
Codes: * = resultat omnis*** 
      D = EIGRP, EX = EIGRP external, O = OSPF, IA = OSPF inter area
      E1 = OSPF external type 1, E2 = OSPF external type 2
      S* = 0.0.0.0/0 is directly connected, Loopback0

Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

  192.168.10.0/30 is subnetted, 3 subnets
C    192.168.10.0 is directly connected, Serial0/0/0
C    192.168.10.4 is directly connected, Serial0/0/1
O    192.168.10.8 [100/11718] via 192.168.10.6, 00:01:33, Serial0/0/1
  172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
O    172.16.1.32/29 [110/3916] via 192.168.10.6, 00:01:33, Serial0/0/0
C    172.16.1.16/28 is directly connected, FastEthernet0/0
  172.30.0.0/30 is subnetted, 1 subnets
C    172.30.1.0 is directly connected, Loopback1
  10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
O    10.10.10.0/24 [110/11728] via 192.168.10.6, 00:01:33, Serial0/0/0
C    10.1.1.1/32 is directly connected, Loopback0
S*   0.0.0.0/0 is directly connected, Loopback1
```

R1 après

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

67

ENI CARTHAGE المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Réglages du protocole OSPF (3)

Modification des intervalles OSPF

- Les intervalles Dead et Hello OSPF peuvent être **modifiés manuellement** à l'aide des commandes d'interface suivantes :

```
Router(config-if)#ip ospf hello-interval seconds
Router(config-if)#ip ospf dead-interval seconds
```

Router(config-if)#ip ospf hello-interval seconds

Router(config-if)#ip ospf dead-interval seconds

Modification des intervalles

Voisins de R1 avant modification des intervalles

Voisins de R1 après modification des intervalles

```
R1#show ip ospf neighbor
Neighbor ID      Pri  State      Dead Time           Address          Interface
10.3.3.3          0    FULL/ -    00:00:35             192.168.10.6    Serial0/0/1
10.2.2.2          0    FULL/ -    00:00:35             192.168.10.2    Serial0/0/0
```

Intervalle Dead par défaut de 40 secondes

Perte de contiguïté entre R1 et R2 car Dead modifié uniquement sur l'une des extrémités de la liaison série entre R1 et R2

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

68

Chapitre 7

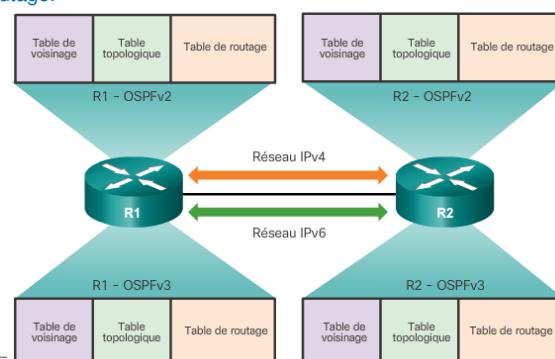
OSPF en IPv6

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

69

OSPFv3

- OSPFv3 ≡ l'équivalent OSPFv2 pour l'échange de **préfixes IPv6**.
 - échange les informations de routage pour insérer les préfixes distants dans la **table de routage IPv6**
 - prend en charge **à la fois** les protocoles IPv4 et IPv6.
 - utilise également **l'algorithme SPF** pour déterminer les meilleurs chemins dans l'ensemble du domaine de routage.
- OSPFv2 et OSPFv3 ont chacun des **tables de contiguïté**, des **tables topologiques** OSPF et des **tables de routage IP** différentes.



F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

70

Similitudes entre OSPFv2 & OSPFv3

OSPFv2 et OSPFv3

État de liens	Oui
Algorithme de routage	SPF
Métrique	Coût
Zones	Prend en charge la même hiérarchie à deux niveaux
Types de paquets	Mêmes 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	ID de routeur de 32 bits : déterminé par le même processus dans les deux protocoles

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

71

Différences entre OSPFv2 & OSPFv3

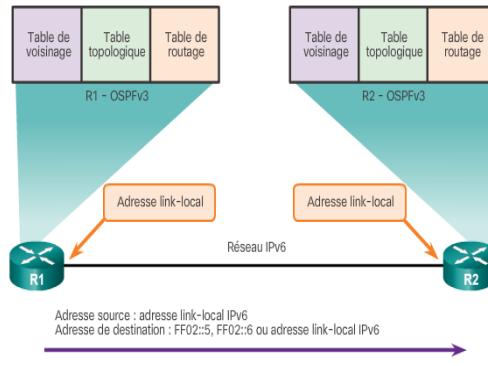
	OSPFv2	OSPFv3
Annonces	Réseaux IPv4	Préfixes IPv6
Adresse source	Adresse IPv4 source	Adresse link-local IPv6
Adresse de destination	Options possibles : <ul style="list-style-type: none"> • Adresse de multidiffusion IPv4 voisine • Adresse de multidiffusion tous les routeurs OSPF 224.0.0.5 • Adresse de multidiffusion 224.0.0.6 DR/BDR 	Options possibles : <ul style="list-style-type: none"> • Adresse link-local IPv6 voisine • Adresse de multidiffusion tous les routeurs OSPFv3 FF02::5 • Adresse de multidiffusion FF02::6 DR/BDR
Announce des réseaux	Configuration au moyen de la commande de configuration de routeur <code>network</code>	Configuration au moyen de la commande de configuration d'interface <code>ipv6 ospf process-id area area-id</code>
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 de configuration globale <code>ipv6 unicast-routing</code> doit être configurée.
Authentification	Texte clair et MD5	Authentification par agent IPv6

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

72

Adresses link-local

- Les routeurs exécutant OSPF échangent des messages entre voisins directement connectés:
 - Utilisation des **adresses link-local IPv6** ⇒ permet à un périphérique de communiquer avec d'autres périphériques IPv6 sur la même liaison et uniquement sur cette liaison (sous-réseau).
- Messages OSPFv3 envoyés :
 - Adresse IPv6 source : adresse link-local IPv6 de l'interface de sortie.
 - Adresse IPv6 de destination :
 - Si monodiffusion :** adresse link-local IPv6 du voisin.
 - Si multidiffusion :** l'adresse FF02::5 pour tous les routeurs OSPF, ou l'adresse FF02::6 pour les routeurs DR/BDR.

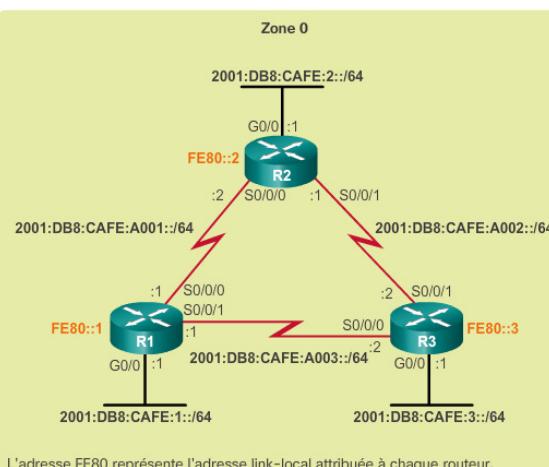


F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

73

Configuration OSPFv3 (1)

Topologie :



aucune adresse IPv4 n'est configurée pour les routeurs.

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

74

ENI CARTHAGE
المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Configuration OSPFv3 (2)

Etapes de configuration du protocole OSPFv3:

Étape 1: Activez le routage monodiffusion IPv6 : `ipv6 unicast-routing`.

Étape 2 : (Facultatif) Configurez des adresses link-local.

Étape 3 : Configurez un ID de routeur 32 bits en mode de configuration de routeur OSPFv3 au moyen de la commande `router-id rid`.

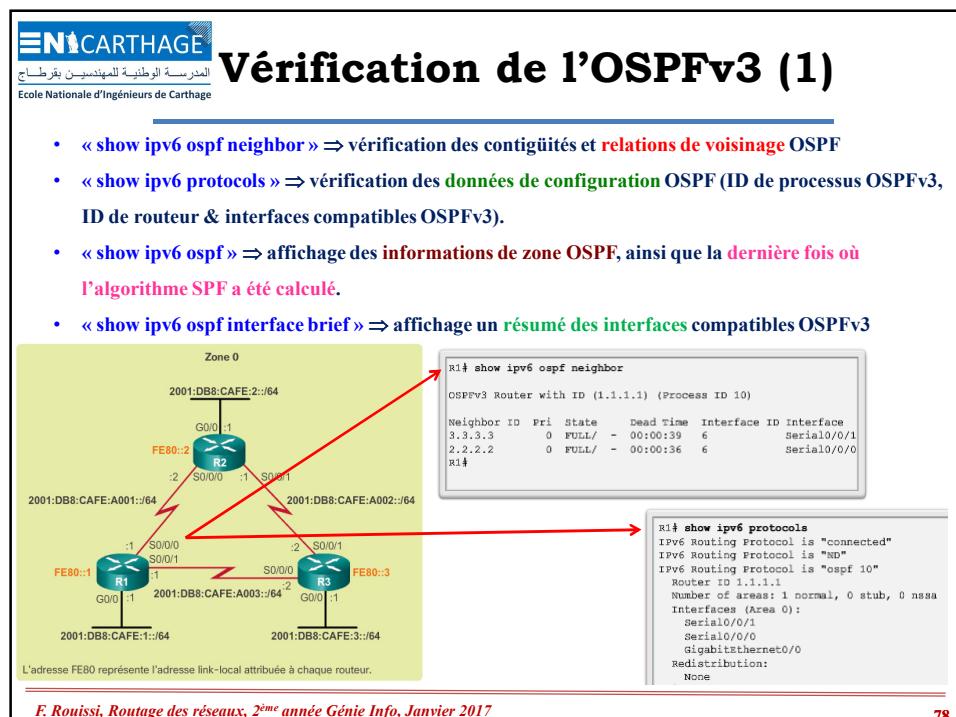
Étape 4 : Configurez des paramètres de routage facultatifs tels que la modification de la bande passante de référence.

Étape 5 : (Facultatif) Configurez des paramètres spécifiques d'interface OSPFv3. Par exemple, modifiez la bande passante des interfaces.

Étape 6 : Activez le routage IPv6 au moyen de la commande `ipv6 ospf area .`

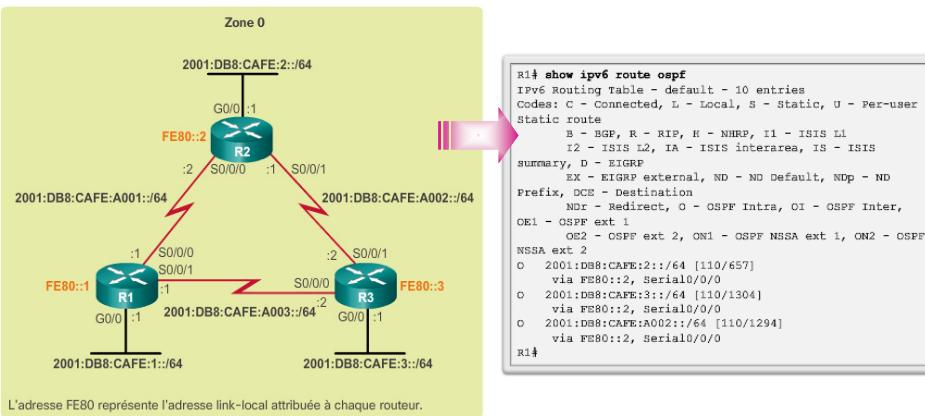
F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

75



Vérification de l'OSPFv3 (2)

- « show ipv6 route » ⇒ la totalité de la table de routage
- « show ipv6 route ospf » ⇒ informations sur des routes OSPF dans la table de routage



F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

79

Chapitre 7

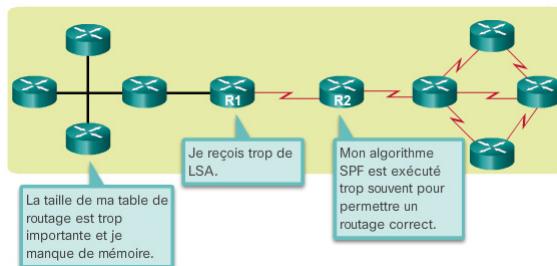
OSPF à zones multiples

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

80

Problématique

- OSPF à zone unique est utile sur les réseaux **de petites tailles et non complexes**
- Si zone trop grande => **problèmes de :**
 - **Taille excessive de la table de routage de grande taille** : surtout que OSPF n'effectue pas une récapitulation de route par défaut.
 - **Taille excessive de la base de données d'états de liens (LSDB)** : chaque routeur doit conserver une entrée pour chaque réseau, même si elles ne sont pas sélectionnées pour la table de routage.
 - **Fréquence élevée des calculs de l'algorithme SPF** : trop de cycles de processeur par les routeurs pour recalculer l'algorithme SPF et à mettre à jour la table de routage

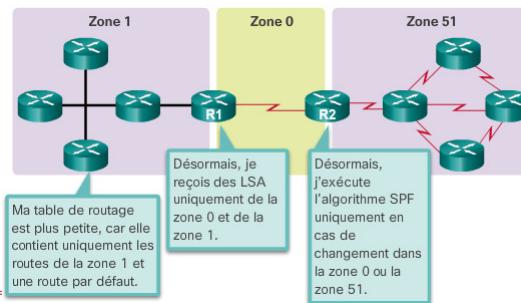


F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

81

Présentation du protocole OSPF à zones multiples

- **OSPF à zones multiples** utile pour les déploiements de réseaux plus importants afin de **réduire** la charge de traitement et de stockage.
- nécessite une conception de **réseau hiérarchique**:
 - **zone fédératrice** = zone principale (zone 0)
 - toutes les autres zones doivent être reliées à la zone principale
- Avec le routage hiérarchique, le routage s'effectue toujours entre les zones (**routage interzone**), alors que la plupart des opérations de routage fastidieuses, comme le recalcul de la base de données, est conservée **dans une zone**.

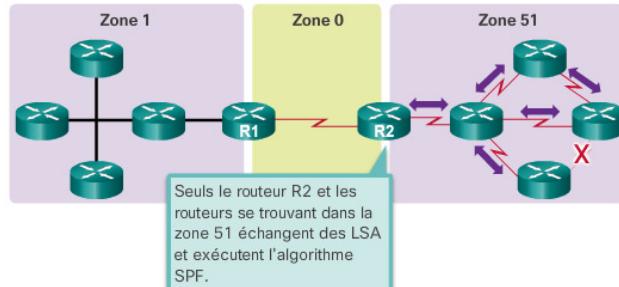


F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

82

Avantages du protocole OSPF à zones multiples

- **Réduction de la taille des tables de routage** : réduction du **nombre d'entrées** dans la table de routage, car les adresses réseau peuvent être **récapitulées** entre les zones.
- **Réduction de la surcharge liée aux mises à jour d'état de liens** : réduction du **traitement et de mémoire**.
- **Réduction de la fréquence des calculs SPF** : l'inondation des LSA cessé à la frontière de la zone.



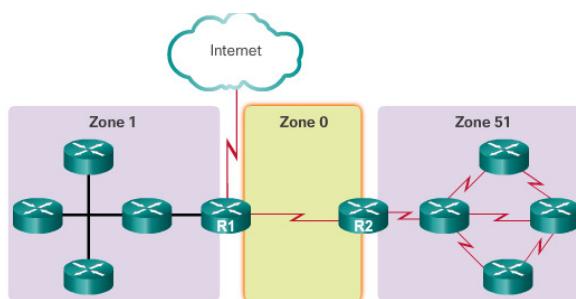
F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

83

Hiérarchie à deux couches (1)

Zone fédératrice (transit):

- également appelée **zone OSPF 0**, zone OSPF dont la principale fonction est de faire circuler de manière rapide et efficace les paquets IP
- Définie comme étant le **centre auquel toutes les autres zones OSPF sont connectées**
- En général, les utilisateurs finaux sont **introuvable**s dans une **zone fédératrice**



F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

84

ENI CARTHAGE
المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Hiérarchie à deux couches (2)

Zone normale (non fédératrice):

- met en relation les utilisateurs et les ressources.
- généralement configurées dans des groupements fonctionnels ou géographiques.

- Par défaut, 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.
- Le nombre optimal de routeurs par zone dépend de la stabilité du réseau
- Recommandations de Cisco:

- 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.

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

85

ENICARTHAGE
 المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
 Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Types de routeurs OSPF (1)

- Quatre types de routeurs :
 1. **Routeur interne** : toutes ses interfaces se situent dans la même zone.
 - Les LSDB de tous les routeurs internes à une zone sont identiques.
 2. **Routeur fédérateur** : routeur situé dans la zone fédératrice.
 - Transfère les informations de routage provenant des routeurs ABRs aux autres ABRs

The diagram illustrates the four types of OSPF routers and their placement within zones:

- Routeurs fédérateurs** (Federation Routers): Represented by Router R1, which is located at the boundary between the Internet and Zone 0.
- Routeurs internes** (Internal Routers): Represented by Router R2, which is located within Zone 0, and also includes routers within Zone 51.
- Internet**: Represented by a cloud icon, showing its connection to Router R1.
- Zone 0**: A yellow oval containing Router R1 and several internal routers.
- Zone 51**: A purple oval containing Router R2 and several internal routers.

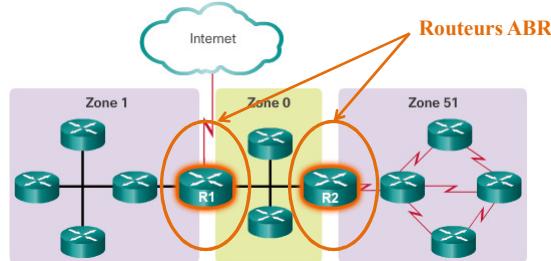
F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

86

Types de routeurs OSPF (2)

3. Routeur ABR (Area Border Router) : possédant des interfaces dans différentes zones.

- doit gérer des LSDB distinctes pour chaque et est capable de router entre les zones.
- Représente un point de sortie pour la zone \Rightarrow les informations de routage destinées à une autre zone ne peuvent y parvenir que par l'intermédiaire de l'ABR de la zone locale.
- Peut être configuré pour récapituler les informations de routage issues des LSDB des zones associées.
- distribue des informations de routage à la zone fédératrice.
- Dans un réseau à zones multiples, une zone peut comporter un ou plusieurs ABR



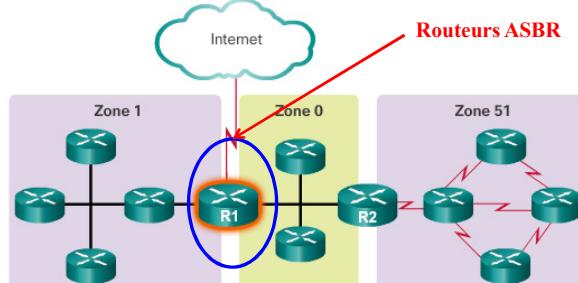
F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

87

Types de routeurs OSPF (3)

4. Routeur ASBR (Autonomous System Boundary Router) :

- routeur possédant au moins une interface associée à un inter-réseau externe (autre système autonome), par exemple un réseau non OSPF
- peut importer des informations relatives au réseau non-OSPF dans le réseau OSPF, et inversement \Rightarrow processus appelé « redistribution des routes ».



Remarque : Un routeur peut appartenir à plusieurs types de routeur. Exemple : R1 est ABR, ASBR et routeur fédérateur

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

88

Types d'annonces LSA OSPF

- **LSA (Link-State Advertisement)** = annonces d'état de liens :
 - éléments de base d'une LSDB OSPF
 - jouent le rôle d'enregistrements de base de données et fournissent des **détails spécifiques** au réseau OSPF
 - diffèrent dans la manière dont elles sont **émises et propagées** à travers le domaine de routage.
- Chaque liaison du routeur est définie comme un type de LSA :
 - comprend un **champ d'ID de lien** qui identifie, par numéro de réseau et masque, l'objet auquel le lien est connecté ⇒ **différentes significations** de l'ID selon le type LSA
- une implémentation OSPF à zones multiples prend en charge **5 types de LSA**

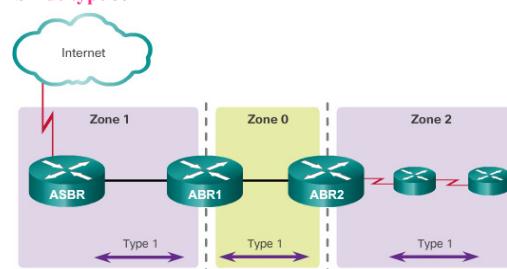
Type de LSA	Description
1	LSA de routeur
2	LSA de réseau
3 et 4	LSA de récapitulation
5	LSA externe du système autonome

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

89

LSA OSPF de type 1

- **LSA Type 1 ≡ LSA de routeur**
 - Utilisés par les routeurs pour annoncer leurs liens OSPF **directement connectés aux voisins**
 - diffusées **uniquement dans la zone** depuis laquelle elles ont été émises ⇒ **ABR** les annoncent ensuite aux autres zones à l'aide des **LSA de type 3**.
- L'**ID de lien** d'une LSA de type 1 est identifié par **l'ID de routeur d'origine**.



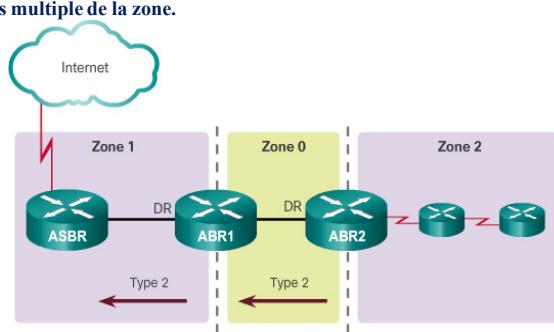
- Les LSA de type 1 contiennent une liste des types de lien et des préfixes de réseau connectés directement.
- Tous les routeurs émettent des LSA de type 1.
- Les LSA de type 1 sont diffusées au sein de la zone et ne se propagent pas au-delà du routeur ABR.
- L'ID d'état de liens d'une LSA de type 1 est identifié par l'ID de routeur du routeur d'origine.

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

90

LSA OSPF de type 2

- LSA Type 2 ≡ LSA de réseau
 - créée pour chaque réseau à accès multiple de la zone.
 - Utilisés pour fournir aux autres routeurs des informations sur les réseaux à accès multiple présents au sein de la même zone
 - contiennent l'ID du routeur et l'adresse IP du routeur désigné (DR), ainsi que l'ID de tous les autres routeurs du segment à accès multiple
 - ne sont pas transférées en dehors d'une zone donnée.



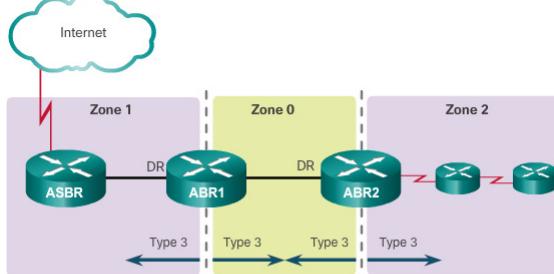
- Les LSA de type 2 identifient les routeurs et les adresses réseau des liens à accès multiple.
- Seul un DR émet des LSA de type 2.
- Les LSA de type 2 sont diffusées au sein du réseau à accès multiple et ne se propagent pas au-delà du routeur ABR.
- L'ID d'état de liens d'une LSA de type 2 est identifié par l'ID de routeur désigné (DR).

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

91

LSA OSPF de type 3

- LSA Type 3 ≡ LSA de récapitulation
 - Utilisés par les ABR pour annoncer les réseaux issus d'autres zones
 - Après la convergence d'une zone OSPF, l'ABR crée une LSA de type 3 pour chaque réseau OSPF appris ⇒ propagation aux autres zones
 - ↳ problèmes d'inondation
 - ↳ il est fortement recommandé de configurer manuellement la récapitulation des routes sur l'ABR.



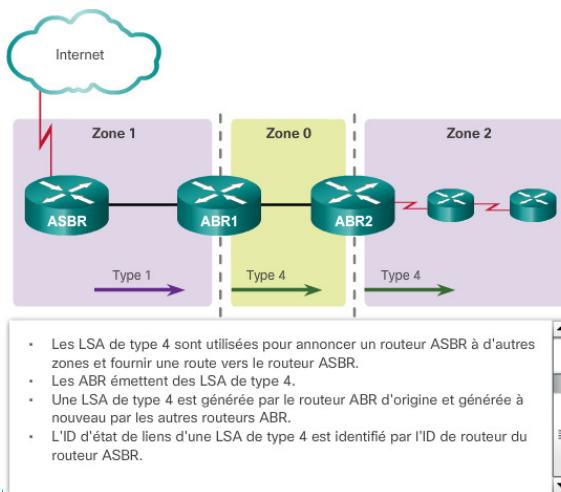
- Une LSA de type 3 décrit l'adresse réseau apprise par les LSA de type 1.
- Une LSA de type 3 est requise pour chaque sous-réseau.
- Les routeurs ABR diffusent les LSA de type 3 dans d'autres zones, où elles sont régénérées par d'autres ABR.
- L'ID d'état de liens d'une LSA de type 3 est identifié par l'adresse réseau.
- Par défaut, les routes ne sont pas récapitulées.

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, ...

92

LSA OSPF de type 4

- LSA Type 4 ≡ LSA de récapitulation
 - Utilisés avec le type 5 collectivement pour identifier un ASBR et annoncer les réseaux externes dans un domaine de routage OSPF.
 - générée par un ABR uniquement lorsqu'un ASBR est présent dans une zone
 - identifie l'ASBR et annoncent une route jusqu'à ce dernier.

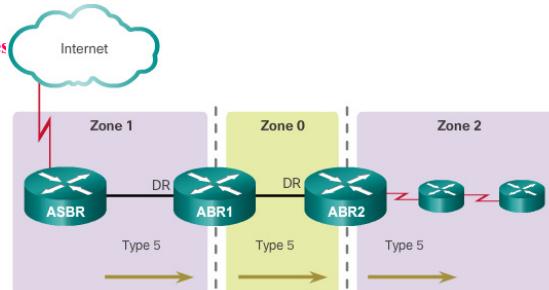


F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

93

LSA OSPF de type 5

- LSA Type 5 ≡ entrées LSA externe du système autonome
 - décrivent les routes menant à des réseaux externes au système autonome OSPF
 - émises par l'ASBR et diffusées au système autonome entier
 - Si réseau grand ⇒ propagation de nombreuses LSA Type 5
 - ↳ problèmes d'inondation
 - ↳ il est fortement recommandé de configurer manuellement la récapitulation des routes sur l'ASBR.



- Les LSA de type 5 sont utilisées pour annoncer les adresses réseau externes (non OSPF).
 - Un ASBR émet des LSA de type 5.
 - Les LSA de type 5 sont diffusées dans toute la zone et générées à nouveau par les autres routeurs ABR.
 - L'ID d'état de liens d'une LSA de type 5 est l'adresse réseau externe.
 - Par défaut, les routes ne sont pas récapitulées.

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

94

Entrées de la table de routage (1)

Types de routes OSPF dans une topologie OSPF à zones multiples :

- **O : route interne** à la zone
 - La **zone** concernée est décrite par les **LSA de routeur** (type 1) et de **réseau** (type 2)
- **O IA** : routes régénérées dans la zone locale par les routeurs internes :
 - suite à la réception d'un **LSA récapitulative** ou **LSA externe** par un **routeur ABR**, celui-ci les ajoute à sa base LSDB et les **diffuse** dans la zone
 - Les routeurs internes incorporent ensuite ces 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)**.

Entrées de la table de routage (2)

```
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#
```

Calcul de routes OSPF

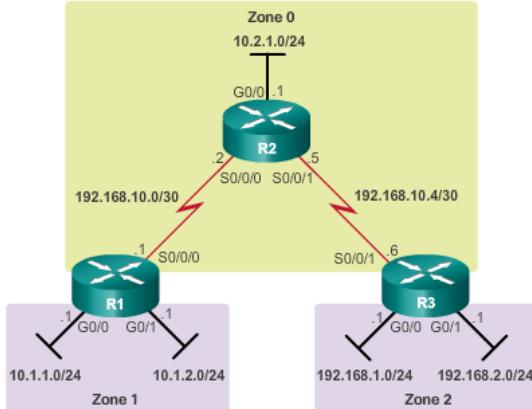
- Application de l'**algorithme SPF** par chaque routeur sur sa LSDB pour le calcul des meilleures routes
- **Ordre de calcul :**
 1. D'abord, calcul par tous les routeurs des meilleurs chemins vers les **destinations internes** à leur zone & ajout dans leurs tables de routage des **routes « O »** ⇒ utilisation des **LSA de type 1 et 2**
 2. Ensuite, calcul par tous les routeurs des meilleurs chemins vers les autres zones comprises **dans l'inter-réseau** & ajout **des routes « O IA »** ⇒ utilisation des **LSA de type 3 et 4**
 3. Enfin, calcul par tous les routeurs, sauf ceux servant de zones d'extrémité, des meilleurs chemins jusqu'aux **destinations externes** du système autonome & ajout des **routes « O E1 » ou « O E2 »** ⇒ utilisation **des LSA de type 5**
 4. **Convergence** ⇒ tous les routeurs peuvent communiquer avec **n'importe quel réseau** à l'**intérieur ou à l'extérieur** du système autonome OSPF.

Implémentation du protocole OSPF à zones multiples

- **Étape 1. Regroupement des exigences et paramètres du réseau:** détermination du nombre d'hôtes, périphériques réseau, modèle d'adressage IP, taille du domaine de routage & des tables de routage, risques de modification de la topologie...
- **Étape 2. Définition des paramètres OSPF :** Choix de l'implémentation OSPF à zone unique ou à zones multiples. Si implémentation OSPF à zones multiples, détermination de :
 - **Plan d'adressage IP détaillé**, ainsi que plan de segmentation en sous-réseaux IP.
 - **Zones OSPF** : routeurs de type ABR et ASBR.
 - **Topologie du réseau** : liens entre les équipements du réseau appartenant à différentes zones OSPF, détermination des liens principaux et de secours, ainsi que les points de récapitulation et de redistribution.
- **Étape 3. Configuration** OSPF à zones multiples sur la base des paramètres définis précédemment.
- **Étape 4. Vérification.**

ENICARTHAGE Configuration OSPF à zones multiples (1)

Topologie :



- R1 est un **routeur ABR**. Il dispose d'interfaces dans la zone 1 et d'une dans la zone 0.
- R2 est un **routeur fédérateur interne**, car toutes ses interfaces se situent dans la zone 0.
- R3 est un **ABR**. Il a 2 interfaces dans la zone 2 et une dans la zone 0.

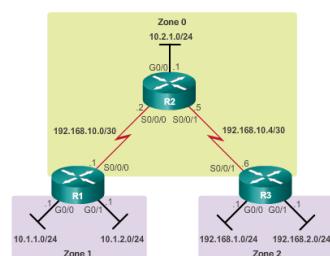
F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

99

ENICARTHAGE Configuration OSPF à zones multiples (2)

Configuration de R2 :

```
R2(config)# router ospf 10
R2(config-router)# router-id 2.2.2.2
R2(config-router)# network 192.168.10.0 0.0.0.3 area 0
R2(config-router)# network 192.168.10.4 0.0.0.3 area 0
R2(config-router)# network 10.2.1.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)# end
R2#
*Apr 19 18:11:04.029: %OSPF-5-ADJCHG: Process 10, Nbr 1.1.1.1 on Serial0/0/0 from LOADING to FULL, Loading Done
R2#
*Apr 19 18:11:06.781: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by Console
```



Configuration de R1 :

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

Configuration de R3 :

```
R3(config)# router ospf 10
R3(config-router)# router-id 3.3.3.3
R3(config-router)# network 192.168.10.6 0.0.0.0 area 0
R3(config-router)# network 192.168.1.1 0.0.0.0 area 2
R3(config-router)# network 192.168.2.1 0.0.0.0 area 2
R3(config-router)# end
*Apr 19 18:12:55.881: %OSPF-5-ADJCHG: Process 10, Nbr 2.2.2.2 on Serial0/0/1 from LOADING to FULL, Loading Done
```

Remarque : Aucune commande spéciale n'est nécessaire. Un routeur devient un ABR lorsqu'il a deux interfaces différentes zones.

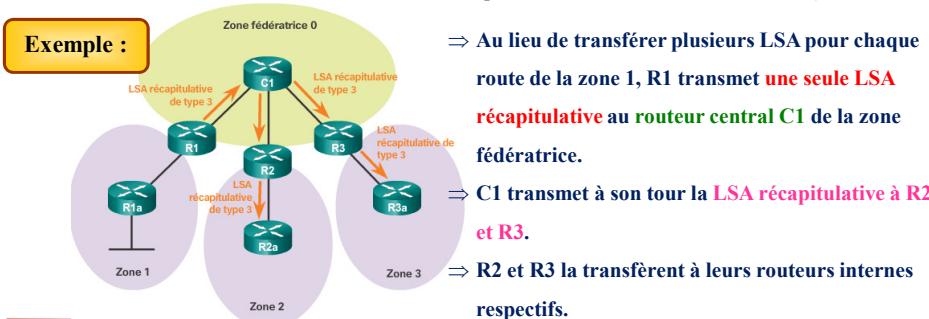
F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

100

Récapitulation des routes OSPF (1)

- La récapitulation = réduire la taille des tables de routage en regroupant plusieurs routes dans une seule annonce à diffuser à la zone fédératrice.
- Au lieu d'envoyer à la zone fédératrice une LSA type 3 par réseau, le routeur ABR peut consolider tous les réseaux (de la même zone) en une annonce sur deux.
- LA récapitulation de routes permet de :
 - améliorer la stabilité du réseau (réduire l'inondation des LSA)
 - Améliorer l'utilisation des ressources (bande passante, CPU & mémoire consommée)

Exemple :

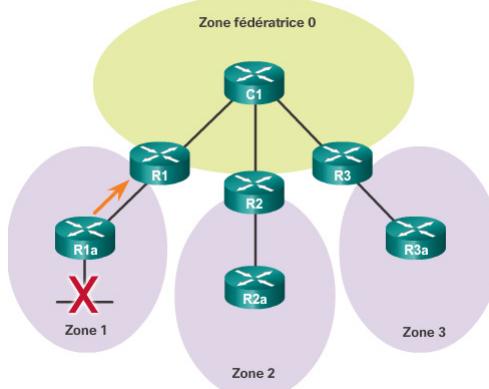


F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

101

Récapitulation des routes OSPF (2)

- Si défaillance d'un lien réseau, le routeur interne envoie une LSA au routeur ABR,
 - Le routeur ABR ne propage quand même pas la mise à jour :
 - car une route récapitulative a été configurée pour lui
- ↳ Aucune inondation LSA spécifique au lien ne sort de la zone.



F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{ème} année Génie Info, Janvier 2017

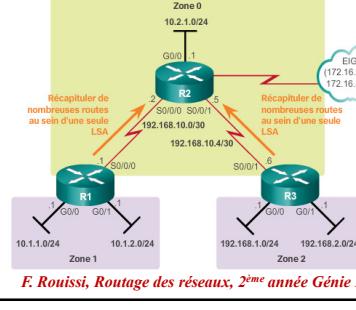
102

ENICARTHAGE Récapitulation des routes OSPF (3)

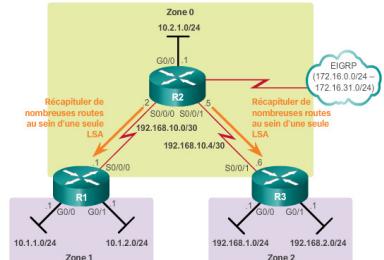
المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

- la récapitulation ne peut être configurée que sur des routeurs ABR ou ASBR:
 - Les routeurs ABR récapitulent les LSA de type 3
 - les routeurs ASBR récapitulent les LSA de type 5.
- Par défaut, les LSA récapitulatives (LSA de type 3) et les LSA externes (LSA de type 5) ne contiennent pas de route récapitulative (agrégée)
- la récapitulation de route peut être configurée comme :
 - Récapitulation de route interzone : sur les routeurs ABR
 - Récapitulation de route externe : sur les routeurs ASBR

Routes interzone sur des routeurs ABR



Routes externes sur un routeur ASBR



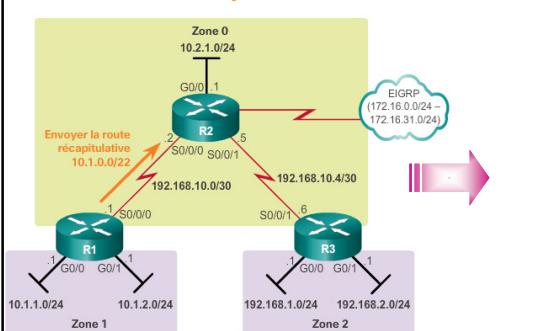
F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

103

ENICARTHAGE Récapitulation des routes OSPF (4)

المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

- Récapitulation de route interzone : sur les routeurs ABR:
 - s'applique aux routes issues de chaque zone
 - Elle ne s'applique pas aux routes externes injectées dans le protocole OSPF via la redistribution.
 - Lorsque la récapitulation est activée sur un routeur ABR, celui-ci injecte dans la zone fédératrice une LSA unique de type 3 décrivant la route récapitulative.
 - La métrique de la route récapitulative = coût le plus bas de l'ensemble des sous-réseaux de la plage d'adresses récapitulatives.



Tables de routage avant récapitulation

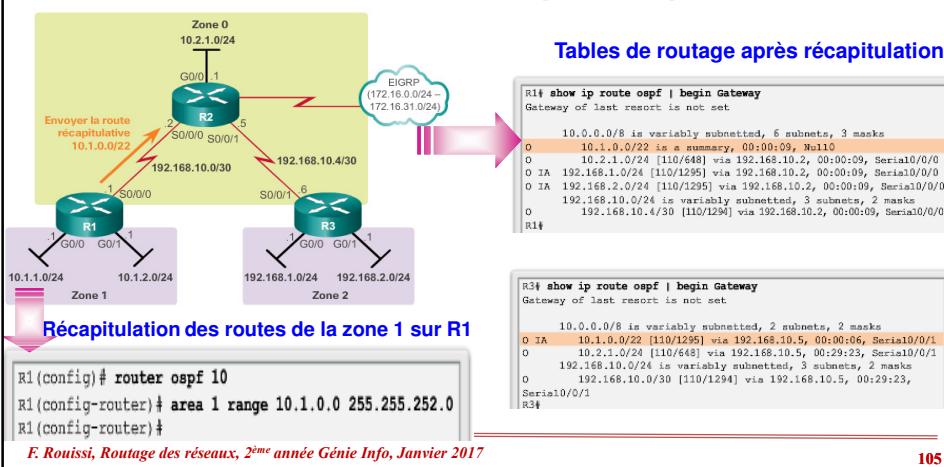
R1# show ip route ospf begin Gateway	
Gateway of last resort is not set	
0 IA	10.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
0	10.2.1.0/24 [110/648] via 192.168.10.2, 00:00:49, Serial0/0/0
0 IA	192.168.1.0/24 [110/1295] via 192.168.10.2, 00:00:49, Serial0/0/0
0 IA	192.168.2.0/24 [110/1295] via 192.168.10.2, 00:00:49, Serial0/0/0
0	192.168.10.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
0	192.168.10.4/30 [110/1294] via 192.168.10.2, 00:00:49, Serial0/0/0
R3# show ip route ospf begin Gateway	
Gateway of last resort is not set	
0 IA	10.0.0.0/8 is subnetted, 3 subnets
0 IA	10.2.1.0/24 [110/1293] via 192.168.10.5, 00:27:14, Serial0/0/1
0 IA	10.2.1.0/24 [110/648] via 192.168.10.5, 00:27:57, Serial0/0/1
0	192.168.10.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
0	192.168.10.0/30 [110/1294] via 192.168.10.5, 00:27:57, Serial0/0/1

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

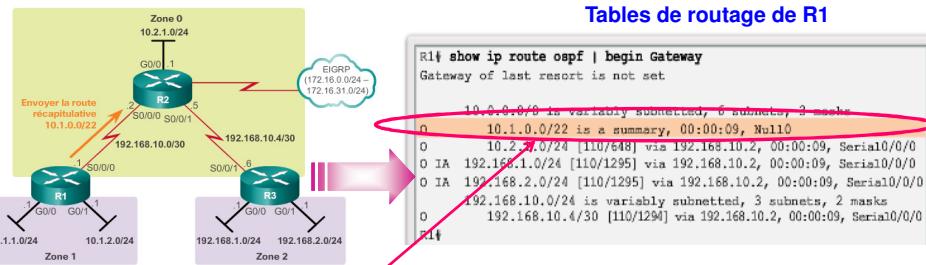
ENICARTHAGE Récapitulation des routes OSPF (5)

- Pour configurer manuellement la récapitulation des routes interzone sur un routeur ABR, commande
Router (config-router) # area area-id range address mask

⇒ demande au routeur ABR de récapituler les routes pour une zone donnée, avant de les injecter dans une zone différente, via la zone fédératrice, sous la forme de LSA récapitulatives de type 3.



ENICARTHAGE Récapitulation des routes OSPF (6)



Nouvelle entrée de la route récapitulative, avec comme interface de sortie Null0.

⇒ Création automatique sur l'ABR d'une fausse route récapitulative vers Null0, lorsque la récapitulation manuelle est configurée ⇒ Objectif : éviter les boucles de routage.

Tables de routage de R2

```
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
O 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#
```

Une seule entrée interne à la zone pour la route récapitulative 10.1.0.0/22.

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

106

Vérification de la configuration OSPF à zones multiples (1)

- « 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 »

Vérification du statut OSPF sur R1

```
R1# show ip protocols
*** IP Routing is OSPF 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:
    10.1.1.0 0.0.0.0 area 1
    10.1.2.0 0.0.0.0 area 1
    192.168.10.0 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)
```

Vérification des interfaces OSPF sur 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#
```

Vérification de la LSDB 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  0x00F980 2
2.2.2.2      2.2.2.2    695  0x80000007  0x003D81 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  0x000155
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#
```

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

107

Vérification de la configuration OSPF à zones multiples (2)

Vérification du protocole OSPFv3 à zones multiples:

- « show ipv6 protocols »
- « show ipv6 ospf interface brief »
- « show ipv6 route ospf »
- « show ipv6 ospf database »

Vérification des routes à zones multiples

```
R1# show ipv6 route ospf
IPv6 Routing Table - default - 8 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, U - Per-user Static
route
  B - BGP, R - RIE, 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, DCE -
  Destination
  NDA - Redirect, O - OSPF Intra, OI - OSPF Inter, OEI - OSPF
  ext 1
  OEG2 - OSPF ext 2, OMI - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
  0 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
  O 2001:DB8:CAFE:A002::/64 [110/1294]
    via FE80::2, Serial0/0/0
R1#
```

Vérification des interfaces compatibles OSPFv3

```
R1# show ipv6 ospf interface brief
Interface  PID  Area  Intf ID  Cost  State Nbrs F/C
Se0/0/0    10   0     6       647  P2P  1/1
Gi0/0      10   1     3       1     DR   0/0
R1#
```

F. Rouissi, Routage des réseaux, 2^{me} année Génie Info, Janvier 2017

108