

Routage OSPF

I. Introduction

Il existe deux familles de protocoles de routage :

- Les protocoles à **vecteur de distance**
- Et les protocoles à **état de lien**

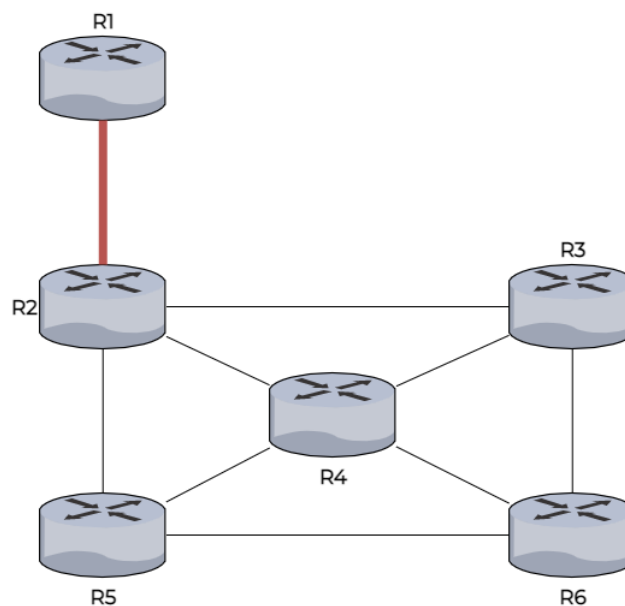
Ces deux familles ont leurs particularités et leurs ressemblances.

a. Les protocoles à vecteur de distance

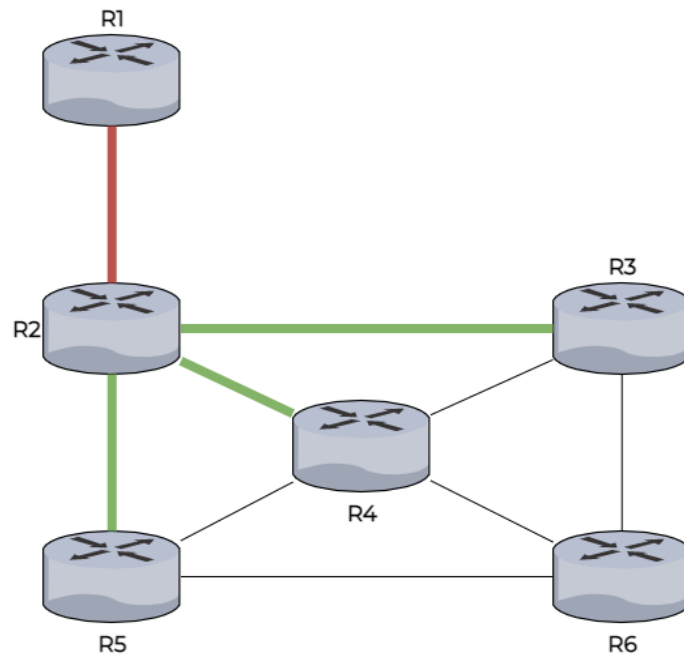
Le but du protocole de routage est de remplir la table de routage d'un routeur. Cette table de routage est remplie en choisissant le meilleur chemin vers un réseau. Pour choisir le meilleur chemin, le routeur se base sur le nombre de sauts qu'il doit parcourir pour atteindre un réseau. Chaque saut représente un routeur à traverser.

Il s'agit en fait de l'algorithme de Bellman-Ford. Les routeurs voisins s'échangent leurs informations afin de remplir leur table de routage. Pour vous aider à comprendre, prenons un exemple où chaque routeur cherche la meilleure direction pour aller au routeur R1 :

Ici R1 s'annonce à R2 et R2 ajoute R1 à sa table de routage qui vaut 1 saut.



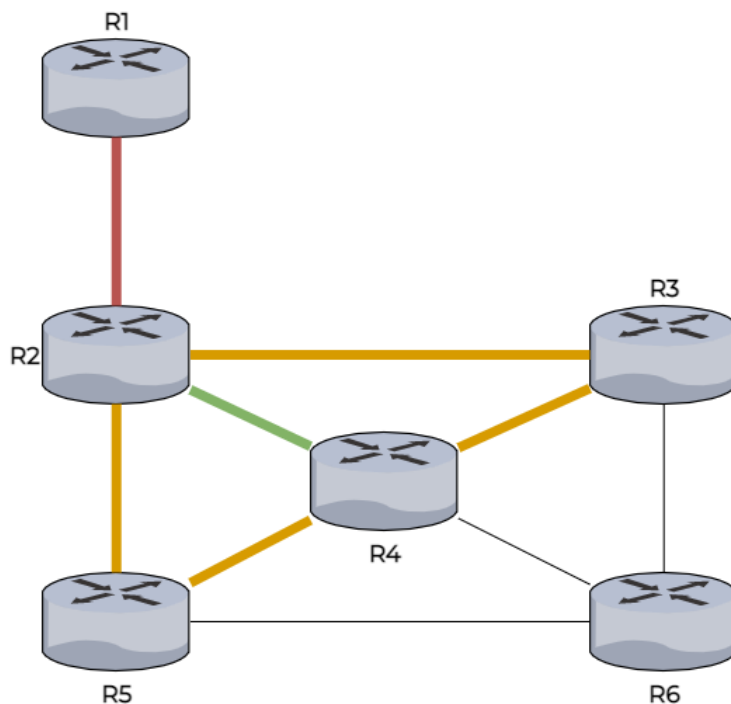
R2 transmet l'information à R3, R4 et R5 qui mettent à jour leurs tables de routage, avec comme valeur 2 sauts pour se rendre à R1.



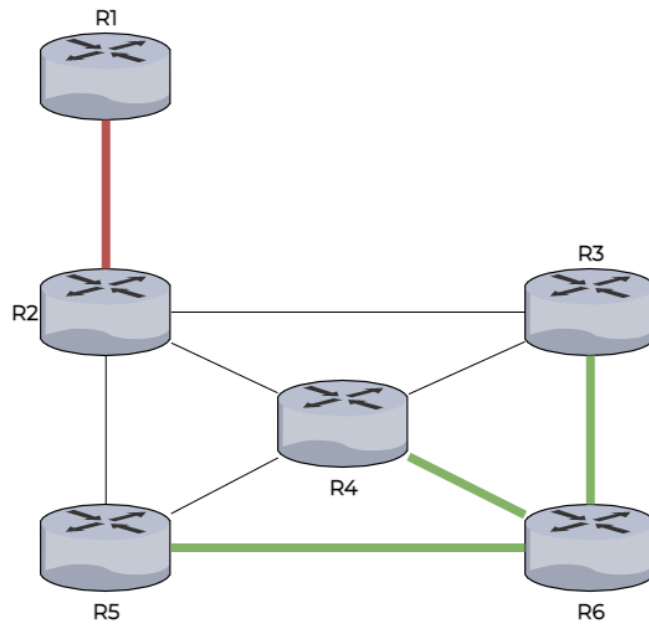
R4 reçoit l'information de plusieurs routeurs :

- De R2 une distance de 2 sauts
- De R3 et R5 il reçoit une distance de 3 sauts.

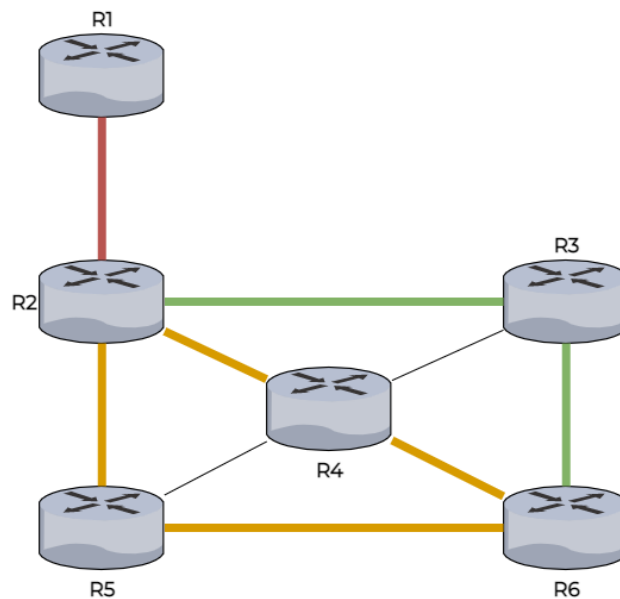
R4 choisit donc pour sa table de routage le chemin passant par R2 (le plus court chemin).



R6 reçoit à son tour des informations de R3, R4 et R5 mais chaque routeur lui donne le même nombre de sauts.



Il choisit donc aléatoirement son chemin vers R1 ou en fonction du nom du routeur ou de son adresse MAC. Ici, il choisit R3.



Chaque routeur connaît donc le chemin à suivre pour rejoindre R1. Cette opération se répète pour chaque routeur afin de remplir les tables de routage de tous les routeurs. En cas de panne, la mise à jour périodique de cet algorithme permet aux tables de routage de se mettre à jour avec de nouvelles routes, même si cela peut prendre un certain temps avant de se diffuser à l'ensemble du réseau.

L'avantage de cet algorithme est que les informations ne sont pas gourmandes en ressource (CPU, RAM) pour le routeur.

Dans cette famille, vous trouverez les protocoles **RIP et EIGRP**

b. Les protocoles de routage à état de lien

Le but ici aussi est de remplir la table de routage de chaque routeur.

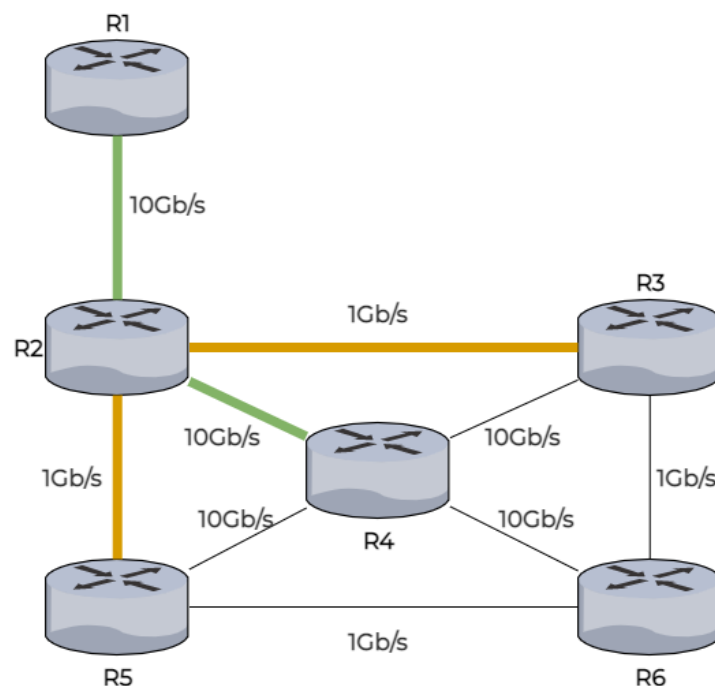
Quelle différence ?

Tout d'abord, dans ce protocole, chaque routeur va avoir connaissance de la **topologie du réseau**, et non seulement que les prochains sauts pour rejoindre un réseau distant.

D'autre part, la qualité de **la bande passante** est prise en compte afin d'établir la meilleure route.

Dans ce type de protocole, chaque routeur va ainsi commencer par établir la liste de ses voisins directs, en leur envoyant des messages, que l'on appelle **Hello**. Ces messages contiennent l'adresse IP/Masque ainsi que la bande passante.

Observez par exemple R2. Il va établir sa table de voisinage en envoyant des messages à R1, R3, R4 et R5.



Ainsi, il va obtenir cette table de voisinage :

Table de voisinage R2

R1	10Gb/s
R3	1Gb/s
R4	10Gb/s
R5	1Gb/s

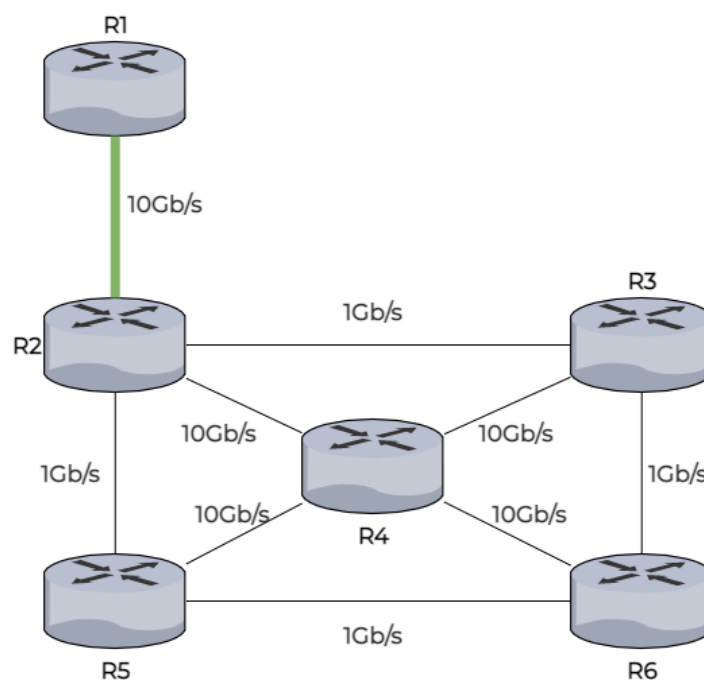
Et il ne va pas garder cette information pour lui ! Effectivement, R2 va la partager avec tous les routeurs du réseau, de R1 à R6 qui vont en faire de même avec leurs propres tables de voisinage. C'est ainsi que chaque routeur connaît la topologie entière du réseau.

Une fois cette topologie connue de tous, chaque routeur va alors créer une route vers chaque routeur du réseau.

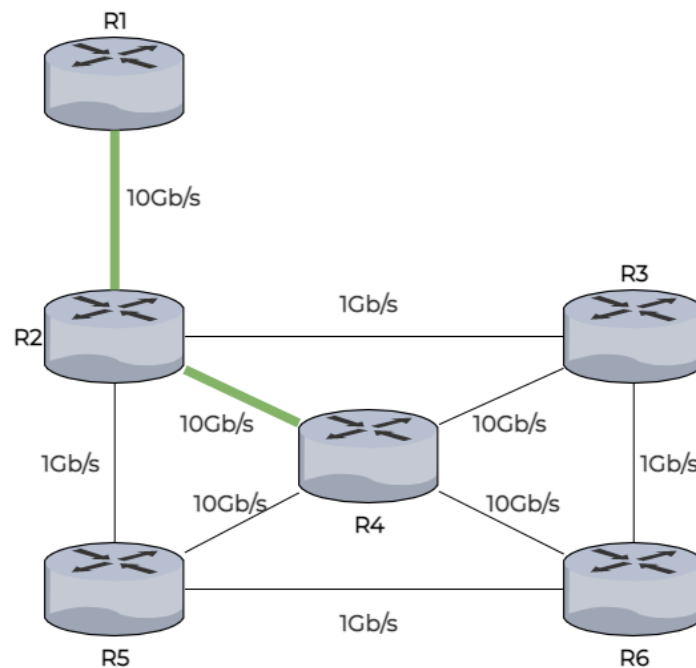
Pour créer cette route, les routeurs utiliseront **l'algorithme de Dijkstra qui** se sert du coût des routes, dans notre cas, de la bande passante.

Dans notre exemple où R1 cherche le meilleur chemin vers R6 cela donne :

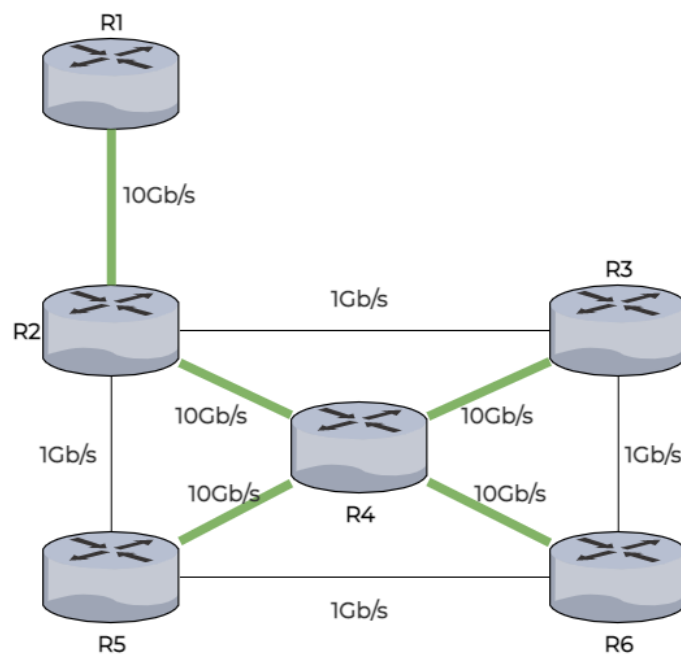
Le routeur R1 regarde le meilleur lien dont il dispose dans son voisinage, ici il n'y a que R2.



Il regarde ensuite depuis les routeurs qu'il a associés, le chemin le plus rapide vers un autre routeur. De R2 le chemin le plus rapide vers un autre routeur est le chemin le menant à R4.



Les meilleurs chemins partant de R1, R2 ou R4 (c'est-à-dire le réseau connu) partent tous de R4 et permettent au routeur R1 de connaître la totalité des chemins menant aux autres routeurs. Le meilleur chemin pour R1 d'accéder à R6 est donc via R2 puis R4.



La totalité des chemins est maintenant connue du routeur R1.

À l'inverse des protocoles à vecteur distance, la convergence est assez rapide. Le point négatif, vous l'avez probablement deviné, c'est bien sûr que la reconnaissance du réseau demande beaucoup de ressources aux routeurs.

Dans cette famille, vous trouverez les protocoles **OSPF et IS-IS**.

II. Le routage OSPF

Le protocole OSPF est le protocole de routage dynamique intérieur TCP/IP. Il fonctionne selon le principe des protocoles à état de lien qui utilisent l'algorithme Dijkstra.

Contrairement à un protocole de routage à vecteur de distance, OSPF collecte l'état de toutes les liaisons au sein **d'une zone** (*area*) et calcule de son point de vue toutes les routes pour les destinations de la zone.

Le protocole fonctionne en connectant les zones entre elles.

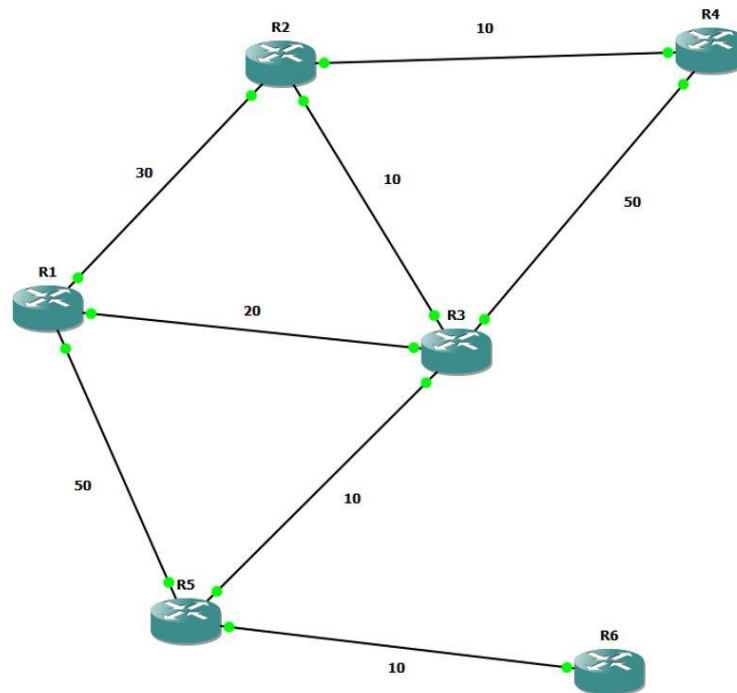
a. Principales caractéristiques :

- En OSPF, il n'y a pas de limite du nombre de sauts comme en RIP. OSPF étant un protocole de routage à état de lien, chaque routeur possède une connaissance complète des réseaux au sein d'une zone (*area*).
- Il utilise le Multicast pour envoyer ses mises à jour d'état de lien. Aussi, ces mises à jour sont envoyées uniquement lors d'un changement de topologie. On économise la bande passante.
- OSPF offre une meilleure convergence que RIP parce que les changements de routage sont propagés instantanément et (non périodiquement) de manière incrémentielle grâce aux relations de voisinage entretenues.
- OSPF est meilleur pour la répartition de charge (*load balancing*). Le choix du meilleur chemin est basé sur le coût.
- OSPF permet une définition logique des réseaux où les routeurs peuvent être répartis en zones (*area*). Cette fonctionnalité empêche une explosion de mises à jour d'états de lien sur l'ensemble du réseau.
- OSPF autorise l'authentification des informations de routage par l'utilisation de différentes méthodes d'identification avec mots de passe.

b. Un protocole à état de lien

Ce veut dire que tous les routeurs connaissent la topologie complète du réseau. A partir de la topologie et des caractéristiques des liens, le routeur peut choisir le meilleur chemin pour chaque destination.

Prenons l'exemple suivant :



Chaque routeur présent sur la topologie, a connaissance de l'existence de chaque routeur et de chaque lien. Les valeurs indiquées sur les liens, représentent leur coût (la métrique). Plus il est faible, meilleur est le lien.

Le calcul du coût est le suivant : $100\,000 \text{ Kbps} / \text{bande passante du lien (en Kbps)}$.

La valeur la plus faible est 1. Il est possible de modifier le calcul de la formule en cas de lien ayant une bande passante supérieure à 100 Mbps.

Prenons R4, il cherche à joindre R6.

Il va utiliser l'algorithme de Dijkstra, pour trouver le plus court chemin (en se basant sur le coût des liens).

Ici, le plus court chemin est donc : R4 -> R2 -> R3 -> R5 -> R6.

Le routeur va faire de même pour chaque destination possible. Une fois cela fait, la table de routage est construite.

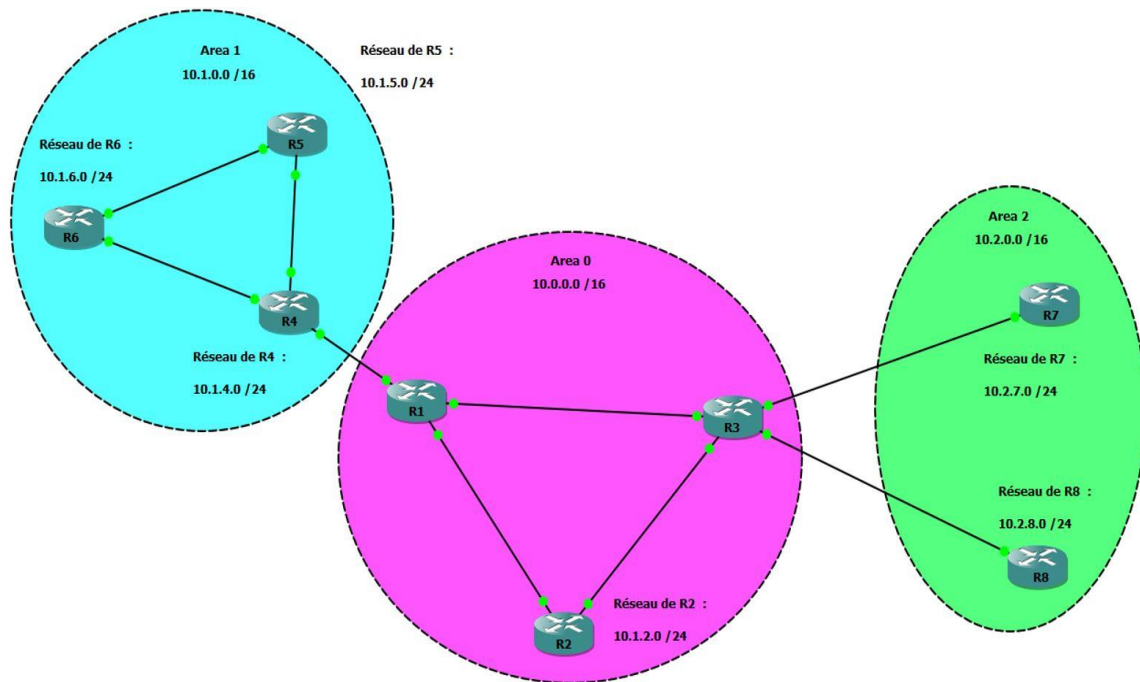
c. Aires OSPF

OSPF introduit la notion d'area. Le but étant d'alléger le processus OSPF (fractionner les zones de calcul).

Au sein d'une même zone, tous les routeurs se connaissent.

Pour ce qui est des autres zones, les routeurs n'ont connaissance que des réseaux accessibles (des routes).

Prenons un exemple :



Dans chacune des zones, tous les routeurs se connaissent.

R2 connaît donc R1 et R3

Par contre, R2 ne connaît pas R4, R5, R6, etc...

En bref, **le routeur ne connaît que la topologie de sa propre zone.**

Néanmoins, les routeurs ont connaissance des routes vers les autres zones.

Par exemple, R1 connaît la route pour 10.2.7.0 / 24. Il sait juste qu'il doit passer par R3.

Il est d'ailleurs possible, de résumer ces routes (Summarization).

A ce moment-là, R3 n'annoncerait, par exemple, plus que 10.2.0.0 / 16

Il est très fréquent de vouloir résumer les routes, pour ensuite les annoncer dans une autre zone.

Il est donc important que l'adressage soit hiérarchique afin que les réseaux à l'intérieur d'une zone puissent être résumés.

L'adressage hiérarchique n'est pas la seule contrainte. Il faut aussi que toutes les zones soient connectées à la zone 0. Il ne serait donc pas possible d'ajouter une zone 3, dernière la zone 2 (simplement connectée à R7).

Les routeurs qui connectent deux zones sont appelés des **ABR – Area Border Router**.

Pour faire simple, ils servent à connecter les zones.

Ils empêchent les infos sur les liens de sortir des zones. Mais ils redistribuent tout de même les routes entre les zones.

De plus, ils permettent de faire des résumés de route.

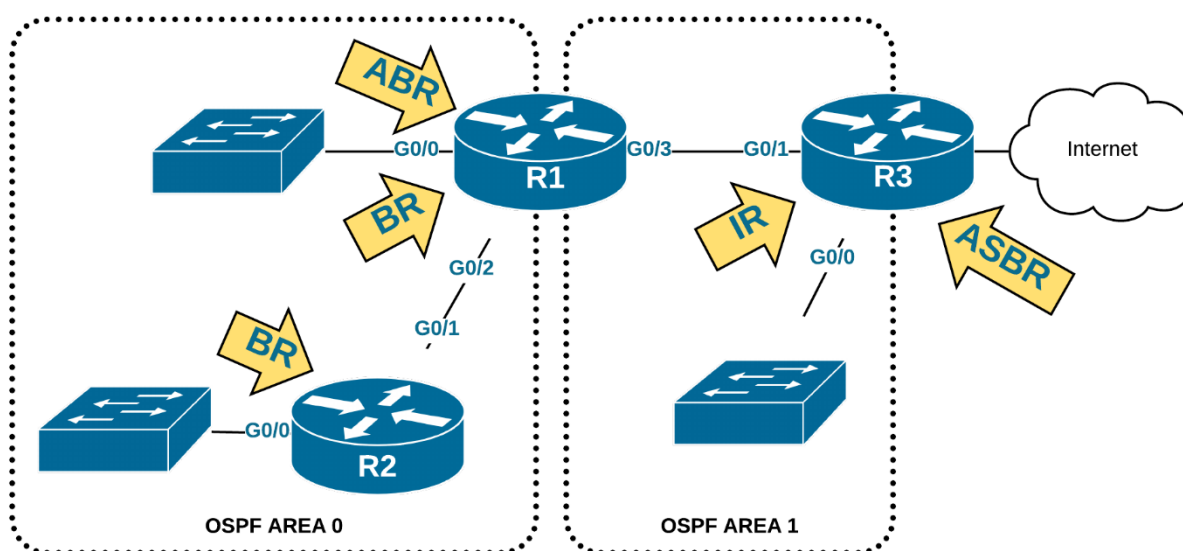
Enfin, les **ASBR – Autonomous System Border Router** sont des routeurs qui font le lien avec d'autres protocoles de routage. Ils injectent dans OSPF des routes venant d'autres protocoles de routage.

Par exemple, R8 pourrait être connecté à un réseau RIP. Il aurait alors pour rôle de redistribuer les routes RIP dans nos zones.

En bref, les zones permettent donc d'alléger le processus OSPF. Les routeurs n'ont pas besoin de retenir la topologie complète du réseau. De plus, le calcul du plus court chemin sera plus simple (moins de ressources CPU utilisées, convergence plus rapide).

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

1. Internal Router (IR)
2. Backbone Router (BR)
3. Area Border Router (ABR)
4. Autonomous System Boundary Router (ASBR)



OSPF Internal Router (IR)

Un **IR** remplit des fonctions au sein d'une zone (*area*) uniquement, autre que la zone Backbone.

Sa fonction primordiale est d'entretenir à jour avec tous les réseaux de sa zone (*area*) sa base de données d'états de lien (*link-state database*) qui est identique sur chaque IR.

Il renvoie toute information aux autres routeurs de sa zone (*area*).

OSPF Backbone Router (BR)

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

Les **BR** ont une interface connectée à la *Backbone area*.

OSPF Area Border Router (ABR)

Un **ABR** connecte au moins deux zones (area) dont l'*area 0*. Un ABR possède autant de bases de données d'états de lien qu'il y a d'interfaces connectées à des zones différentes.

Chacune de ces bases de données contient la topologie entière de la zone connectée et peut donc être "summarisée", c'est-à-dire agrégée en une seule route IP. Un élément clé est qu'un ABR est l'endroit où l'agrégation doit être configurée pour réduire la taille des mises à jour de routage qui doivent être envoyées ailleurs.

Donc quand on parle des capacités de OSPF de minimiser les mises à jour de routage, on peut directement penser au rôle rempli par les ABR.

OSPF Autonomous System Boundary Router (ASBR)

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

Les informations qu'il reçoit de l'extérieur seront redistribuées au sein de l'AS OSPF.

A retenir :

- Utilité des zones : localiser les MAJ à la zone, réduire la taille de la topologie à connaître
- Toutes les zones doivent être connectées à la zone 0
- L'adressage doit être hiérarchique (pour le résumé entre les zones)
- **ABR** : fait le lien entre plusieurs zones
- **ASBR** : injecte des routes venant d'autres protocoles de routage

d. Types de paquets

Le Hello

Afin de découvrir les voisins, et d'entretenir les relations de voisinage, le routeur envoie des messages **HELLO**. Ceux-ci sont envoyés toutes les **10** secondes, en **multicast** sur l'adresse **224.0.0.5**. Sans réponse à **4** HELLO successifs, on considère le voisin comme DOWN.

Il contient :

- L'ID du routeur

- Le Netmask (masque de sous réseau) *
- L'ID de l'area *
- Les timers Hello et Dead *
- La liste de voisin
- La priorité du routeur (élection maître esclave, élection DR / BDR)
- L'IP du DR et du BDR
- La password (si configuré) *

Les champs marqués d'une étoile doivent correspondre entre les routeurs (sinon, la relation n'est pas possible).

Le DBD – Data Base Description

Résumé de tous les liens que le routeur connaît. Quand un voisin voit un lien non connu dans le DBD, il le demande avec un LSR

Le LSR – Link State Request

Permet de demander plus d'infos sur un lien. La réponse est un LSA

Le LSA – Link State Advertisement

MAJ contenant des infos sur un lien.

Le LSU – Link State Update

Contient plusieurs LSA

Le LSAck

Accusé réception des DBD, LSR, LSA, LSU (les Hello n'ont pas d'accusé réception)

e. Les relations de voisinage

Attaquons maintenant le plus gros morceau. Nous allons étudier les relations de voisinage en OSPF. Il y a 8 étapes dans une relation entre deux routeurs OSPF. Il est important de bien les comprendre. Ainsi, le fonctionnement d'OSPF sera plus clair.

Etape 1 : Déterminer son Router ID

La première étape consiste à déterminer son ID. L'ID identifie le routeur au sein du processus OSPF. Il est possible de choisir l'ID à la main, avec la commande « router-id » suivie d'une adresse IP. Sinon, l'ID est choisi automatiquement.

Le routeur prend l'IP la plus haute d'une interface de loopback. S'il n'y a pas de Loopback, le routeur prend l'IP la plus haute d'une interface physique. Pour qu'un changement d'ID soit pris en compte, il faut redémarrer le processus OSPF.

Etape 2 : Ajout des interfaces au processus OSPF

Pour que le routeur envoie des messages **HELLO**, il faut lui dire sur quelle interface le faire. Pour cela, nous verrons qu'il faut utiliser la commande « network ... ». Une fois cela fait, le routeur passe à l'étape 3.

Etape 3 : Envoi de message HELLO

Comme dit précédemment, les messages HELLO permettent de créer et d'entretenir les relations de voisinage.

Pour rappel, voici ce que contiennent les messages **HELLO** ?

- L'ID du routeur
- Les Timer HELLO et DEAD *
- Le masque de sous réseau *
- L'ID de l'Area *
- La liste de voisin
- La priorité du routeur (pour devenir DR, à 1 par défaut, la plus grande gagne)
- L'adresse du DR / BDR
- Le mot de passe pour l'authentification (si utilisée) *

Etape 4 : Réception d'un HELLO

Les champs marqués avec des étoiles doivent correspondre entre les routeurs, pour qu'une relation se forme.

Si l'un des champs ne correspond pas, le routeur ignore le HELLO.

Si tout est bon, il répond par un **HELLO REPLY**.

Etape 5 : Envoi d'un REPLY HELLO

Si le routeur qui reçoit le HELLO se voit dans la liste de voisin incluse dans le HELLO, cela veut dire que le routeur à l'origine du HELLO le connaît déjà.

Le routeur qui a reçu le HELLO se contente alors d'envoyer un HELLO REPLY, et de remettre à zéro le DEAD TIMER de ce voisin. Le processus s'arrête alors ici. Des Hello seront tout de même **envoyés toutes les 10s**.

Si le routeur ne se voit pas dans la liste de voisin, une nouvelle relation commence.

Pour faire simple :

- Déjà voisin : envoi d'un REPLY, Dead Timer de ce voisin remis à 0, fin du processus.
- Pas encore voisin : début d'une nouvelle relation -> passage à l'étape 6.

Etape 6 : Détermination du maitre et de l'esclave

Entre les deux voisins, le routeur ayant la plus haute priorité devient le maitre. En cas d'égalité, le plus haut routeur ID gagne l'élection.

Celui qui est devenu le maitre envoie alors un **DBD – Data Base Description**.

Il s'agit d'un résumé de la base de données Link State (la topologie).

Puis l'esclave fait de même.

Etape 7 : Demande de détails sur la topologie

A partir des résumés de la base de données, le routeur détermine ce que le voisin connaît et qu'il ne connaît pas.

L'esclave envoie donc des **LSR – Link State Request** au maitre, pour lui demander des infos plus détaillées sur certains liens

Le maitre répond par des **LSU – Link State Update**.

Ensuite, c'est au maitre d'envoyer des **LSR**, et à l'esclave de répondre par des **LSU**.

Après chaque message, un **LSAck** est envoyé comme accusé de réception.

Etape 8 : Les voisins sont synchronisés

Une fois cela fait, le maitre et l'esclave auront synchronisé leur base de données. Tous les liens connus par le maitre, seront connus par l'esclave (et inversement) et il est maintenant possible de lancer l'algorithme Dijkstra.

Il ne faut pas oublier qu'une fois les 8 étapes passées, les voisins continuent de s'échanger des Hello (étape 1 à 5). Ils s'échangent aussi des LSU à chaque fois qu'un changement sur le réseau requière une MAJ.

A retenir :

1. Déterminer le routeur ID (choix manuel > plus haute IP Loopback > Plus haute IP interface)
2. Ajout d'interface (commande « network »)
3. Envoie de Hello toutes les 10s
4. Réception de Hello (vérification des champs Hello, Netmask, Area ID, Password)
5. Envoi d'un Reply (reset Dead Timer ou création d'une nouvelle relation de voisinage)
6. Election du maitre esclave puis envoi de DBD – Data Base Description
7. Echange LSR – Link State Request et LSU – Link State Update
8. Synchronisation finie, lancement de l'algorithme Dijkstra

f. Etats d'une relation de voisinage

Une relation de voisinage peut passer par plusieurs états :

Down : Nous n'avons pas encore reçus de Hello du voisin, mais nous essayons de le joindre

Init : On reçoit un Hello du voisin, mais notre routeur n'est pas listé dans le champ Neighbors

2-Way : La relation est créée (notre routeur est listé dans le champ Neighbors). Election DR / BDR si nécessaire

Exchange : Echange de DBD – Data Base Description

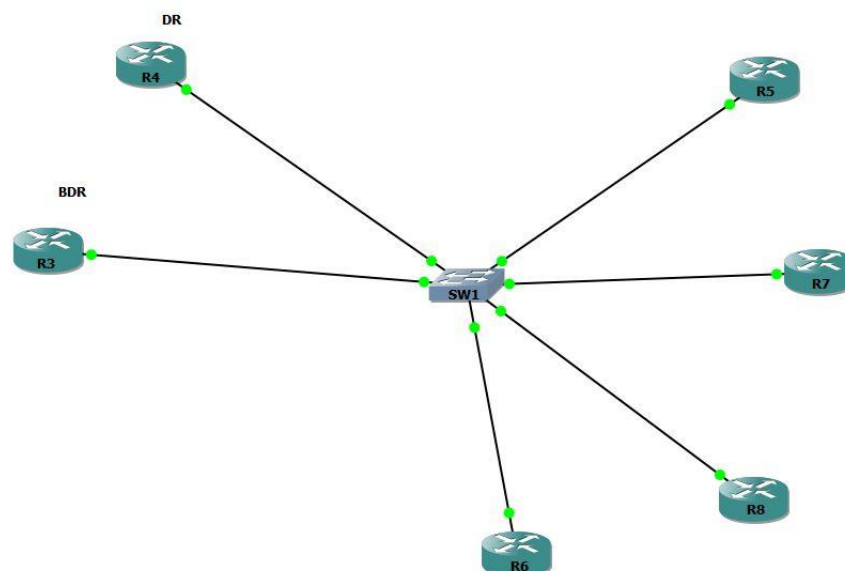
Loading : Echange de LSU – Link State Update

Full : Bases de données synchronisées

g. OSPF sur un réseau Multi Access

Sur un réseau Multi Access, le protocole OSPF peut engendrer un engorgement du réseau.

Voici un exemple :



Dans ce cas-là, chaque routeur va établir une relation avec les 5 autres routeurs. Ensuite, chaque relation va faire l'objet de multiples échanges (DBD, LSR, LSU, etc...). De plus, à chaque changement, beaucoup de messages vont transiter.

Imaginez la même topologie avec 10 ou 20 routeurs. La quantité de message transitant va vite devenir problématique....

OSPF propose donc d'élire un routeur comme DR – Designated Router, et un autre comme BDR – Backup Designated Router. Quand un routeur souhaite envoyer une MAJ de routage, il l'envoie au DR et au BDR sur l'IP 224.0.0.6.

Ensuite, le DR va renvoyer le message aux autres routeurs sur l'IP 224.0.0.5.

Par exemple, si R6 veut envoyer une MAJ, il va seulement l'envoyer à R4 et R3 (les DR et BDR).

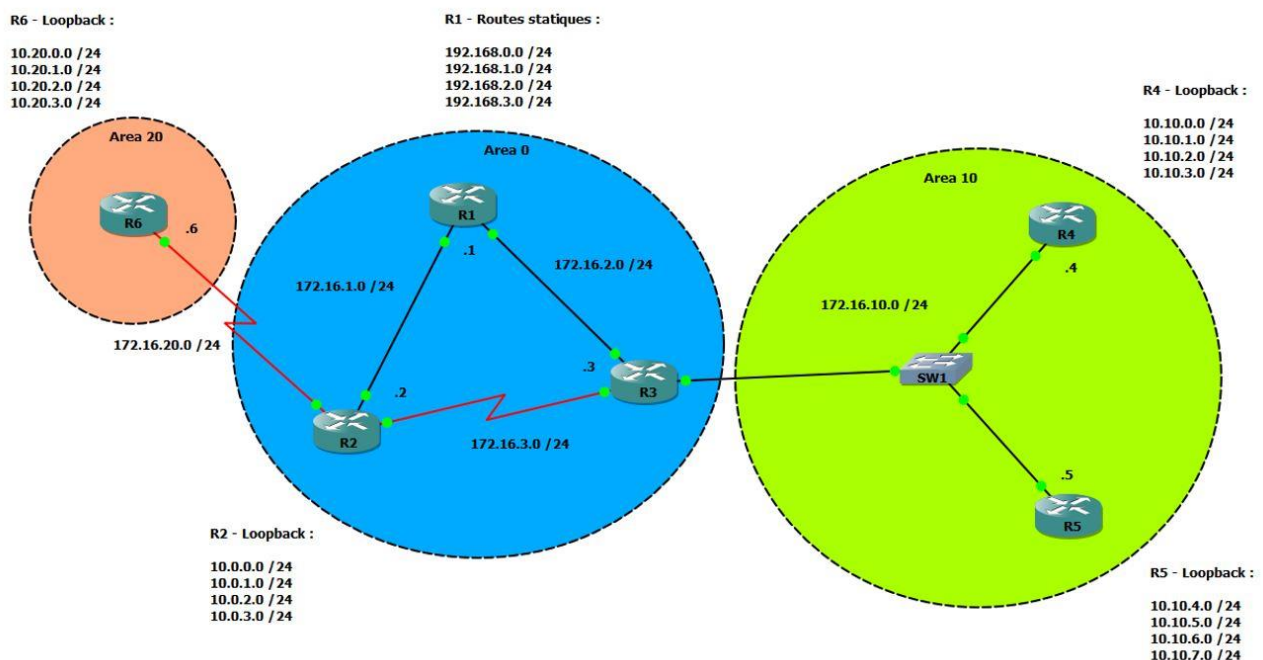
Ensuite, R4 va renvoyer la MAJ aux autres routeurs.

Le DR et le BDR sont choisis à la suite d'une élection. Celui qui gagne l'élection est celui qui a la priorité la plus élevée. En cas d'égalité, c'est celui qui a l'ID de routeur de plus haut. Seules les relations avec le DR et BDR passent en état FULL. Les relations avec les autres routeurs (les DROthers) restent en 2-Way.

III. Configuration d'OSPF

a. Topologie

Voici la topologie :



Le réseau est divisé en 3 zones. Les routeurs R2, R6, R4 et R5 ont des interfaces de Loopback, symbolisant des réseaux reliés aux routeurs.

R1 possède des routes statiques. Il servira à simuler une connexion vers d'autres réseaux.

Le but est de mettre en place l'OSPF dans les 3 zones, et de rendre les réseaux accessibles depuis tous les routeurs.

b. Area 0

Commençons par configurer R1 :


```
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#router-id 1.1.1.1
R1(config-router)#network 172.16.1.1 0.0.0.0 area 0
R1(config-router)#network 172.16.2.1 0.0.0.0 area 0
```

Le numéro « 1 » après la commande « routeur OSPF », correspond au processus ID. Il a une signification locale. Cela permet d'activer plusieurs processus OSPF sur le routeur. Nous utiliserons toujours « 1 ».

Ici, nous avons choisi de configurer le routeur ID à la main. Bien entendu, nous aurions pu laisser OSPF le choisir.

Libre à vous de choisir une IP adéquate. Pour la simplicité de cette démonstration, nous choisirons une IP qui représente le nom du routeur.

Dans les commandes « Network » on peut fournir directement l'IP de l'interface. Ensuite, il faut indiquer le numéro de la zone.

Faisons de même sur les autres routeurs.

```
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#router-id 2.2.2.2
R2(config-router)#network 172.16.1.2 0.0.0.0 area 0
R2(config-router)#network 172.16.3.2 0.0.0.0 area 0
R2(config-router)#network 10.0.0.0 0.0.3.255 area 0
```

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#router-id 3.3.3.3
R3(config-router)#network 172.16.3.3 0.0.0.0 area 0
R3(config-router)#network 172.16.2.3 0.0.0.0 area 0
```

Vérifions que les relations de voisinage sont bonnes :

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

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
3.3.3.3	1	FULL/BDR	00:00:39	172.16.2.3	FastEthernet0/1
2.2.2.2	1	FULL/DR	00:00:36	172.16.1.2	FastEthernet0/0

Puis, vérifions la table de routage :

```
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C      172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C      172.16.2.0 is directly connected, FastEthernet0/1
O      172.16.3.0 [110/74] via 172.16.2.3, 00:00:04, FastEthernet0/1
          [110/74] via 172.16.1.2, 00:00:04, FastEthernet0/0
    10.0.0.0/32 is subnetted, 4 subnets
O      10.0.3.1 [110/11] via 172.16.1.2, 00:00:04, FastEthernet0/0
O      10.0.2.1 [110/11] via 172.16.1.2, 00:00:04, FastEthernet0/0
O      10.0.1.1 [110/11] via 172.16.1.2, 00:00:05, FastEthernet0/0
O      10.0.0.1 [110/11] via 172.16.1.2, 00:00:05, FastEthernet0/0
```

R1 peut voir les réseaux qui sont connectés à R2.

Jusqu'ici tout semble bon !

c. Area 20

Faisons le lien avec l'area 20, pour cela, revenons sur R2. Il faut le connecter à la zone.

```
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#network 172.16.20.2 0.0.0.0 area 20
```

Faisons de même sur R6 :

```
R6(config-router)#network 172.16.20.6 0.0.0.0 area 20
*Mar  1 00:15:07.051: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 2.2.2.2 on Serial0/0
from LOADING to FULL, Loading Done
```

Nous pouvons directement voir que la relation est passée à l'état FULL. Il faut encore dire à R6 d'agir sur les réseaux 10.20.0.0 /22

```
R6(config-router)#network 10.20.0.0 0.0.3.255 area 20
```

Plaçons-nous sur R3 pour voir s'il connaît les routes pour 10.20.0.0 /22

```

R3#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    172.16.0.0/24 is subnetted, 5 subnets
O IA   172.16.20.0 [110/84] via 172.16.2.1, 00:05:29, FastEthernet0/0
C       172.16.10.0 is directly connected, FastEthernet0/1
O       172.16.1.0 [110/20] via 172.16.2.1, 00:05:29, FastEthernet0/0
C       172.16.2.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       172.16.3.0 is directly connected, Serial0/0
    10.0.0.0/32 is subnetted, 8 subnets
O       10.0.3.1 [110/21] via 172.16.2.1, 00:05:29, FastEthernet0/0
O       10.0.2.1 [110/21] via 172.16.2.1, 00:05:31, FastEthernet0/0
O       10.0.1.1 [110/21] via 172.16.2.1, 00:05:31, FastEthernet0/0
O       10.0.0.1 [110/21] via 172.16.2.1, 00:05:31, FastEthernet0/0
O IA   10.20.3.1 [110/85] via 172.16.2.1, 00:01:49, FastEthernet0/0
O IA   10.20.2.1 [110/85] via 172.16.2.1, 00:01:49, FastEthernet0/0
O IA   10.20.1.1 [110/85] via 172.16.2.1, 00:01:50, FastEthernet0/0
O IA   10.20.0.1 [110/85] via 172.16.2.1, 00:01:50, FastEthernet0/0

```

En effet, R3 qui est dans la zone 0, et qui n'est pas directement connecté à R6, connaît les routes pour 10.20.2.0 /22

Les routes possèdent le tag « IA ».

Cela veut dire que c'est une route vers une autre area.

Remarque : R3 a choisi R1 comme Next Hop, au lieu de R2. Cela est dû au fait que la bande passante est meilleure du côté de R1 (ce qui est normal, car R2 – R3 est un lien série). Nous pouvons aussi voir la métrique de cette route : 85.

Nous avons oublié de configurer quelque chose sur R6 : son ID !!

```

R2#show ip ospf neighbor

```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
3.3.3.3	0	FULL/ -	00:00:36	172.16.3.3	Serial0/1
1.1.1.1	1	FULL/BDR	00:00:35	172.16.1.1	FastEthernet0/0
10.20.3.1	0	FULL/ -	00:00:31	172.16.20.6	Serial0/0

R6 est donc identifié par sa plus haute IP de Loopback. On peut laisser comme ça, ou modifier le router ID.

Voici comment le modifier :

```

R6(config-router)#router-id 6.6.6.6
Reload or use "clear ip ospf process" command, for this to take effect

```

R301

CM2

Comme nous l'indique le routeur, il faut remettre à zéro le process OSPF.

```
R6#clear ip ospf process
Reset ALL OSPF processes? [no]: y
```

Attention, cette commande va provoquer une interruption de service. En effet, les relations avec les voisins vont être coupées pendant quelques secondes. R2 a bien pris connaissance du nouvel ID de R6 :

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

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
3.3.3.3	0	FULL/ -	00:00:37	172.16.3.3	Serial0/1
1.1.1.1	1	FULL/BDR	00:00:37	172.16.1.1	FastEthernet0/0
6.6.6.6	0	FULL/ -	00:00:32	172.16.20.6	Serial0/0

d. Area 10

Dans la zone 10 les rôles DR / BDR vont entrer en jeu.

Mettons en place la configuration de base que vous connaissez bien.

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#network 172.16.10.3 0.0.0.0 area 10
```

```
R4(config)#router ospf 1
R4(config-router)#router-id 4.4.4.4
R4(config-router)#network 172.16.10.4 0.0.0.0 area 10
R4(config-router)#network 10.10.0.0 0.0.3.255 area 10
```

```
R5(config)#router ospf 1
R5(config-router)#router-id 5.5.5.5
R5(config-router)#network 172.16.10.5 0.0.0.0 area 10
R5(config-router)#network 10.10.4.0 0.0.3.255 area 10
```

Vérifions les relations de voisinage :

```
R4#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
3.3.3.3	1	FULL/DR	00:00:38	172.16.10.3	FastEthernet0/0
5.5.5.5	1	FULL/DROTHER	00:00:34	172.16.10.5	FastEthernet0/0

R4 voit bien ses voisins. De plus R3 est le DR.

Si l'on souhaite forcer un routeur à devenir le DR, il suffit de changer sa priorité :

```
R4(config)#interface fastEthernet 0/0
R4(config-if)#ip ospf priority 200
```

Par défaut la priorité est à 1.

Une priorité de 0 signifie que le routeur ne peut pas devenir le DR / BDR

```
R5(config)#interface fastEthernet 0/0
R5(config-if)#ip ospf priority 0
```

Pour que le statut DR / BDR change, il faut réinitialiser le process OSPF.

```
R3#clear ip ospf process
```

e. Verifications

Si vous avez bien suivi les étapes, vous pourrez constater que tous les routeurs connaissent toutes les routes.

Voyons R1 :

```
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    172.16.0.0/24 is subnetted, 5 subnets
O IA   172.16.20.0 [110/74] via 172.16.1.2, 00:00:14, FastEthernet0/0
O IA   172.16.10.0 [110/20] via 172.16.2.3, 00:00:14, FastEthernet0/1
C       172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       172.16.2.0 is directly connected, FastEthernet0/1
O       172.16.3.0 [110/74] via 172.16.2.3, 00:00:14, FastEthernet0/1
        [110/74] via 172.16.1.2, 00:00:14, FastEthernet0/0
    10.0.0.0/32 is subnetted, 16 subnets
O IA   10.10.1.1 [110/21] via 172.16.2.3, 00:00:05, FastEthernet0/1
O IA   10.10.0.1 [110/21] via 172.16.2.3, 00:00:05, FastEthernet0/1
O IA   10.10.3.1 [110/21] via 172.16.2.3, 00:00:05, FastEthernet0/1
O IA   10.10.2.1 [110/21] via 172.16.2.3, 00:00:05, FastEthernet0/1
O IA   10.10.5.1 [110/21] via 172.16.2.3, 00:00:05, FastEthernet0/1
O IA   10.10.4.1 [110/21] via 172.16.2.3, 00:00:06, FastEthernet0/1
O IA   10.10.7.1 [110/21] via 172.16.2.3, 00:00:07, FastEthernet0/1
O IA   10.10.6.1 [110/21] via 172.16.2.3, 00:00:06, FastEthernet0/1
O       10.0.3.1 [110/11] via 172.16.1.2, 00:00:17, FastEthernet0/0
O       10.0.2.1 [110/11] via 172.16.1.2, 00:00:17, FastEthernet0/0
O       10.0.1.1 [110/11] via 172.16.1.2, 00:00:17, FastEthernet0/0
O       10.0.0.1 [110/11] via 172.16.1.2, 00:00:17, FastEthernet0/0
O IA   10.20.3.1 [110/75] via 172.16.1.2, 00:00:17, FastEthernet0/0
O IA   10.20.2.1 [110/75] via 172.16.1.2, 00:00:17, FastEthernet0/0
O IA   10.20.1.1 [110/75] via 172.16.1.2, 00:00:17, FastEthernet0/0
O IA   10.20.0.1 [110/75] via 172.16.1.2, 00:00:17, FastEthernet0/0
S       192.168.0.0/24 is directly connected, Null0
S       192.168.1.0/24 is directly connected, Null0
S       192.168.2.0/24 is directly connected, Null0
S       192.168.3.0/24 is directly connected, Null0
```

En plus des liens entre les routeurs et des routes statiques, R1 connaît les réseaux 10.10.0.0/22, 10.20.0.0/22, 10.0.0.0/22.

Mais ne peut-on pas optimiser ? Mettons en place de la Route Summarization pour simplifier les choses !

f. Route Summarization

Le résumé de routes fonctionne de manière un peu particulière en OSPF.

Il doit être mis en place sur les ABR – Area Border Router.

Donc pour résumer les routes de l'area 20, il faut utiliser R2.

Et pour la zone 10, il faut se placer sur R3.

Voyons comment faire.

```
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#area 20 range 10.20.0.0 255.255.252.0
```

Ainsi, R2 annoncera une route résumée pour 10.20.0.0/22.

Vérifions cela sur R3 :

```
R3#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    172.16.0.0/24 is subnetted, 5 subnets
O IA   172.16.20.0 [110/84] via 172.16.2.1, 00:01:27, FastEthernet0/0
C       172.16.10.0 is directly connected, FastEthernet0/1
O       172.16.1.0 [110/20] via 172.16.2.1, 00:01:27, FastEthernet0/0
C       172.16.2.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       172.16.3.0 is directly connected, Serial0/0
    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 13 subnets, 2 masks
O       10.10.1.1/32 [110/11] via 172.16.10.4, 00:24:47, FastEthernet0/1
O       10.10.0.1/32 [110/11] via 172.16.10.4, 00:24:48, FastEthernet0/1
O       10.10.3.1/32 [110/11] via 172.16.10.4, 00:24:48, FastEthernet0/1
O       10.10.2.1/32 [110/11] via 172.16.10.4, 00:24:48, FastEthernet0/1
O       10.10.5.1/32 [110/11] via 172.16.10.5, 00:24:48, FastEthernet0/1
O       10.10.4.1/32 [110/11] via 172.16.10.5, 00:24:48, FastEthernet0/1
O       10.10.7.1/32 [110/11] via 172.16.10.5, 00:24:49, FastEthernet0/1
O       10.10.6.1/32 [110/11] via 172.16.10.5, 00:24:49, FastEthernet0/1
O       10.0.3.1/32 [110/21] via 172.16.2.1, 00:01:29, FastEthernet0/0
O       10.0.2.1/32 [110/21] via 172.16.2.1, 00:01:29, FastEthernet0/0
O       10.0.1.1/32 [110/21] via 172.16.2.1, 00:01:29, FastEthernet0/0
O       10.0.0.1/32 [110/21] via 172.16.2.1, 00:01:29, FastEthernet0/0
O IA   10.20.0.0/22 [110/85] via 172.16.2.1, 00:01:29, FastEthernet0/0
```

La table de routage est un peu plus simple non ?

Faisons de même pour la zone 10.

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#area 10 range 10.10.0.0 255.255.248.0
```

Puis vérifions sur R1 :

```
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    172.16.0.0/24 is subnetted, 5 subnets
O IA   172.16.20.0 [110/74] via 172.16.1.2, 00:05:30, FastEthernet0/0
O IA   172.16.10.0 [110/20] via 172.16.2.3, 00:05:30, FastEthernet0/1
C       172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       172.16.2.0 is directly connected, FastEthernet0/1
O       172.16.3.0 [110/74] via 172.16.2.3, 00:05:30, FastEthernet0/1
        [110/74] via 172.16.1.2, 00:05:30, FastEthernet0/0
    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
O IA   10.10.0.0/21 [110/21] via 172.16.2.3, 00:00:37, FastEthernet0/1
O       10.0.3.1/32 [110/11] via 172.16.1.2, 00:05:31, FastEthernet0/0
O       10.0.2.1/32 [110/11] via 172.16.1.2, 00:05:31, FastEthernet0/0
O       10.0.1.1/32 [110/11] via 172.16.1.2, 00:05:31, FastEthernet0/0
O       10.0.0.1/32 [110/11] via 172.16.1.2, 00:05:31, FastEthernet0/0
O IA   10.20.0.0/22 [110/75] via 172.16.1.2, 00:05:32, FastEthernet0/0
S       192.168.0.0/24 is directly connected, Null0
S       192.168.1.0/24 is directly connected, Null0
S       192.168.2.0/24 is directly connected, Null0
S       192.168.3.0/24 is directly connected, Null0
```

La table est plus petite !

g. Redistribution de route

Que faire des routes statiques sur R1? Nous avons dit qu'elles symbolisent une connexion vers d'autres réseaux (non représentées sur le schéma).

Comme les routes existent déjà, il faut les redistribuer.

OSPF sera chargé de dire aux autres routeurs que R1 connaît des routes vers des réseaux externes.

La configuration est la suivante:

```
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#redistribute static subnets metric 200 metric-type 2
```


Voici ce que signifient les mots clés :

- **Subnets** : le routeur va redistribuer les réseaux classfull et classless (sans le mot clé « subnets », si nous avons une route 182.168.2.0 /27, elle ne serait pas redistribuée)
- **Metric 200** : les routes auront une métrique de 200
- **Metric-type 2** : la métrique n'évolue pas quand la route est redistribuée entre les routeurs (cad que R2 aura une métrique de 200 pour 192.168.0.0 /22, pareil pour R6)

Constatons le résultat :

```
R2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    172.16.0.0/24 is subnetted, 5 subnets
C       172.16.20.0 is directly connected, Serial0/0
O IA    172.16.10.0 [110/30] via 172.16.1.1, 00:04:16, FastEthernet0/0
C       172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
O       172.16.2.0 [110/20] via 172.16.1.1, 00:04:16, FastEthernet0/0
C       172.16.3.0 is directly connected, Serial0/1
    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 10 subnets, 4 masks
O IA    10.0.0.0/21 [110/31] via 172.16.1.1, 00:04:16, FastEthernet0/0
C       10.0.2.0/24 is directly connected, Loopback2
C       10.0.3.0/24 is directly connected, Loopback3
C       10.0.0.0/24 is directly connected, Loopback0
C       10.0.1.0/24 is directly connected, Loopback1
O       10.20.3.1/32 [110/65] via 172.16.20.6, 00:31:30, Serial0/0
O       10.20.2.1/32 [110/65] via 172.16.20.6, 00:31:30, Serial0/0
O       10.20.1.1/32 [110/65] via 172.16.20.6, 00:31:30, Serial0/0
O       10.20.0.0/22 is a summary, 00:31:30, Null0
O       10.20.0.1/32 [110/65] via 172.16.20.6, 00:31:30, Serial0/0
O E2 192.168.0.0/24 [110/200] via 172.16.1.1, 00:04:18, FastEthernet0/0
O E2 192.168.1.0/24 [110/200] via 172.16.1.1, 00:04:18, FastEthernet0/0
O E2 192.168.2.0/24 [110/200] via 172.16.1.1, 00:04:18, FastEthernet0/0
O E2 192.168.3.0/24 [110/200] via 172.16.1.1, 00:04:18, FastEthernet0/0
```

R2 a connaissance des routes externes. De plus, la métrique n'a pas augmenté.

La table de routage a encore grandidonc.... Encore un peu de summarization !

```
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#summary-address 192.168.0.0 255.255.252.0
```

Ce type de résumé ne peut se faire que sur un ASBR – Autonomous System Border Router. C'est-à-dire, un routeur qui faire le lien avec un autre AS. En l'occurrence R1.


```

R2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    172.16.0.0/24 is subnetted, 5 subnets
C      172.16.20.0 is directly connected, Serial0/0
O IA   172.16.10.0 [110/30] via 172.16.1.1, 00:19:00, FastEthernet0/0
C      172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
O      172.16.2.0 [110/20] via 172.16.1.1, 00:19:00, FastEthernet0/0
C      172.16.3.0 is directly connected, Serial0/1
    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 10 subnets, 4 masks
O IA   10.10.0.0/21 [110/31] via 172.16.1.1, 00:19:00, FastEthernet0/0
C      10.0.2.0/24 is directly connected, Loopback2
C      10.0.3.0/24 is directly connected, Loopback3
C      10.0.0.0/24 is directly connected, Loopback0
C      10.0.1.0/24 is directly connected, Loopback1
O      10.20.3.1/32 [110/65] via 172.16.20.6, 00:46:14, Serial0/0
O      10.20.2.1/32 [110/65] via 172.16.20.6, 00:46:15, Serial0/0
O      10.20.1.1/32 [110/65] via 172.16.20.6, 00:46:15, Serial0/0
O      10.20.0.0/22 is a summary, 00:46:15, Null0
O      10.20.0.1/32 [110/65] via 172.16.20.6, 00:46:15, Serial0/0
O E2 192.168.0.0/22 [110/200] via 172.16.1.1, 00:02:15, FastEthernet0/0

```

h. Calcul du coût

Pour finir, attardons-nous un peu sur le calcul de coût en OSPF. Nous avons vu que le coût d'un lien représente sa bande passante.

Voici la correspondance :

- Lien Série 56 Kbps : 1785
- Lien série T1 1.544 Mbps : 64
- Lien Ethernet 10 Mbps : 10
- Lien FastEthernet : 1
- Lien Gigabit Ethernet : 1

La métrique d'une route est l'addition de tous les coûts des liens entre le routeur et la destination. Mais vous avez sûrement remarqué que le coût ne diminue plus après les liens FastEthernet.

En effet, le protocole OSPF a été inventé il y a plus de 20 ans. A l'époque, il était impensable d'arriver à des liens si rapides. Pour corriger le problème, et que les liens Gigabits soient bien pris en compte, il faut changer le calcul du coût.

Voici comment faire :

```

R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 1000

```

Ainsi, les liens Gigabit auront un coût de 1, et les liens FastEthernet un coût de 10.

Attention, cette configuration est à appliquer sur tous les routeurs.