

# Les protocoles de routage OSPF

## Fonctionnement général d'OSPF

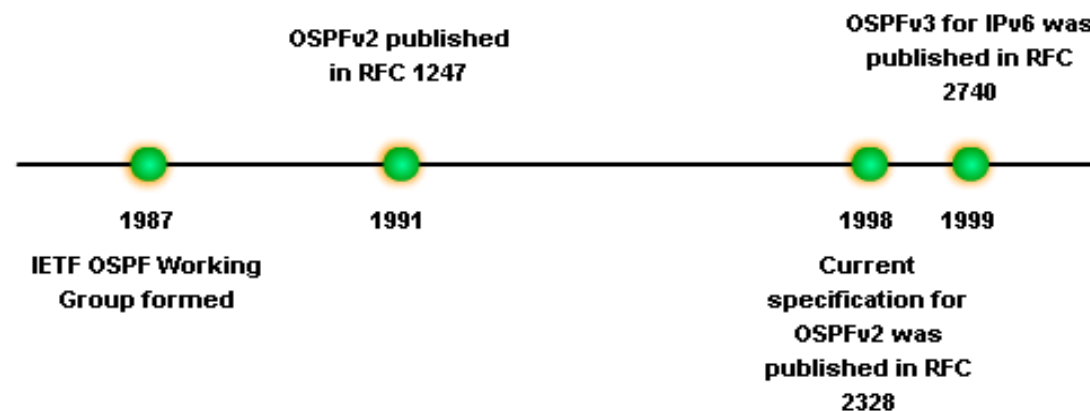
# OSPF ?

		Interior Gateway Protocols		Exterior Gateway Protocols	
		Distance Vector Routing Protocols	Link State Routing Protocols	Path Vector	
Classful		RIP	IGRP	EGP	
Classless		RIPv2	EIGRP	OSPFv2	IS-IS
IPv6		RIPng	EIGRP for IPv6	OSPFv3	IS-IS for IPv6
				BGPv4 for IPv6	

# Historique

- ▶ Début du travail sur ce protocole en 1987
- ▶ 1989 OSPFv1 released in RFC 1131
  - ▶ Version expérimental, jamais déployée
- ▶ 1991 OSPFv2 released in RFC 1247
  - ▶ L'ISO commence en même temps à travailler sur le protocole IS-IS
- ▶ 1998 OSPFv2 *updated* in RFC 2328
- ▶ 1999 OSPFv3 published in RFC 2740

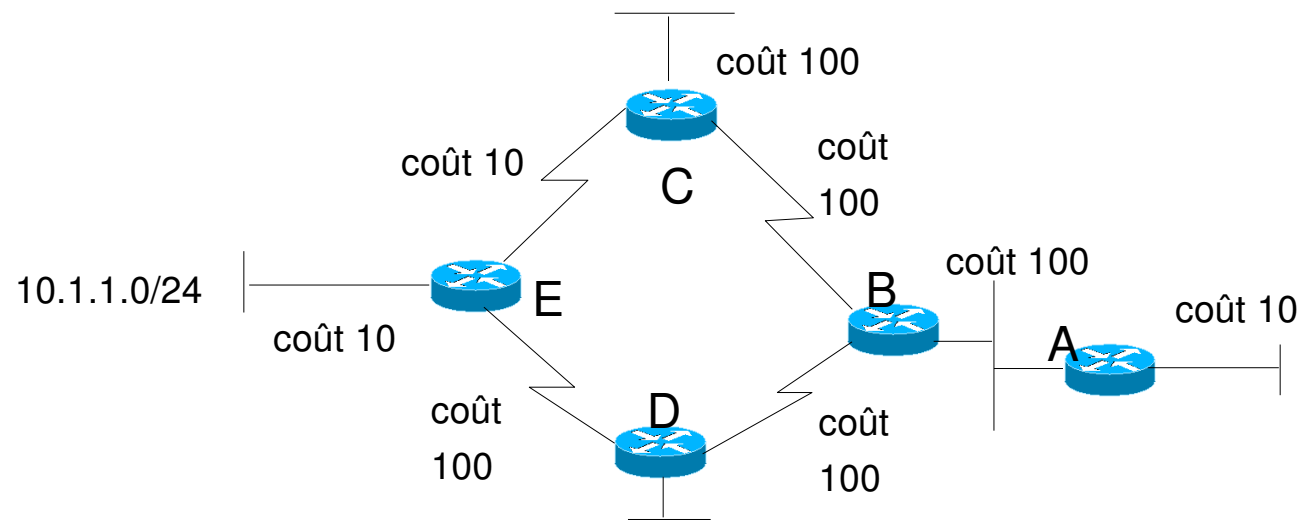
OSPF Development Timeline



# Les principes d'OSPF

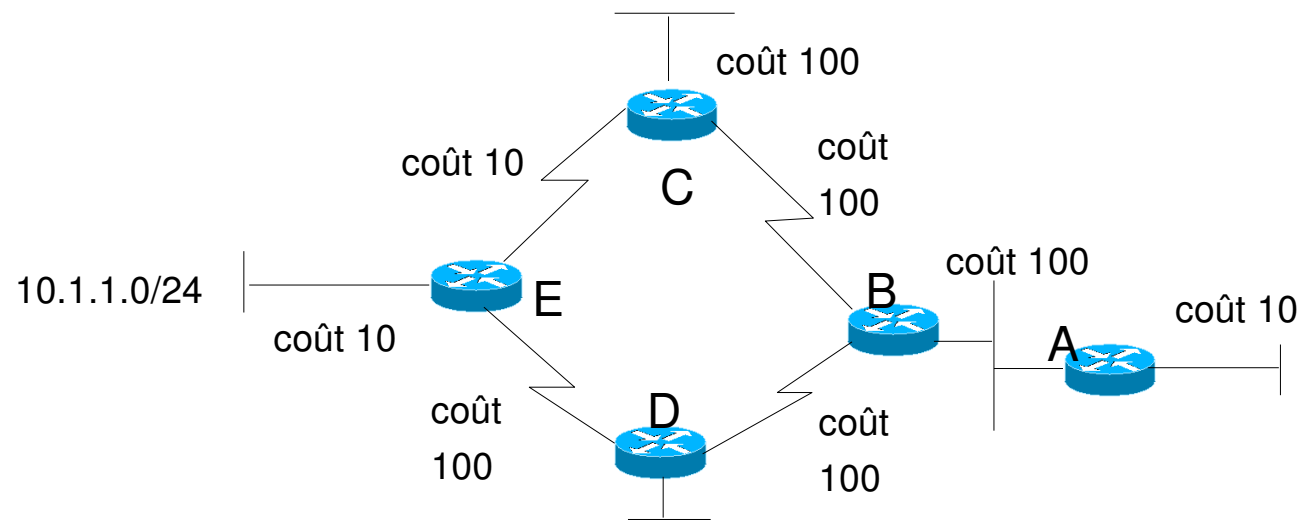
- ▶ Le protocole OSPF est un protocole de routage à état de lien
- ▶ Même objectif que les algorithmes à vecteurs distance
  - ▶ Obtenir une table de routage avec les meilleurs routes
  - ▶ Converger au plus vite vers une table de routage optimale
  - ▶ **Attention** : les sens de *meilleur* et *optimal* dépendent de la métrique !
- ▶ Avec un protocole à vecteur distance
  - ▶ Un routeur connaît ses voisins uniquement lors de la transmission de mise à jour de leur part
  - ▶ Lors d'un envoi d'une mise à jour à un voisin, ce voisin ne retourne aucune confirmation à l'expéditeur
- ▶ Avec un protocole à état de lien
  - ▶ Beaucoup d'informations sont transmises et nécessitent beaucoup de ressources
  - ▶ Chaque routeur doit connaître ses voisins avant d'échanger des informations

# Idée du fonctionnement



- ▶ Dans les protocoles à état de lien, B ne va pas donner à A le coût de la liaison mais la carte qu'il connaît du réseau avec les masques associés
- ▶ Ainsi, A va pouvoir calculer les meilleurs routes vers tous les sous-réseaux en se basant sur les informations topologiques transmises par B
- ▶ Comparativement aux protocoles à vecteur distance, les protocoles à états de liens doivent calculer les coûts vers toutes les sous-réseaux

# Idée du fonctionnement



- ▶ Avec les vecteurs distances, B dit à A : sous-réseaux 10.1.1.0, metric 3
- ▶ Avec les états de liens : A va apprendre puis calculer
  - ▶ A vers 10.1.1.0/24 : par C, coût 220
  - ▶ A vers 10.1.1.0/24 : par D, coût 310
  - ▶ Résultat : A mettra dans sa table de routage la route vers 10.1.1.0/24 par C

# Idée du fonctionnement

- ▶ L'algorithme utilisé pour trouver les meilleurs routes est appelé *Shortest Path First algorithm* : SPF
  - ▶ Appelé également *Dijkstra SPF algorithm* ou bien simplement *Dijkstra algorithm* du nom de son concepteur
- ▶ Les échanges d'informations ne se font pas dès le départ par un broadcast
  - ▶ Initialisation du processus par une recherche des voisins
  - ▶ Après qu'un routeur ait identifié un voisin, les routeurs s'échangent leurs informations topologiques

# Les paquets utilisés

- ▶ 5 types de paquets sont utilisés dont
  - ▶ *Hello packet* – permet de découvrir ses voisins et d'avertir son entourage de sa présence
  - ▶ *Database Description packets (DBD)* – contient un résumé de la base de données de chaque routeur dont les noms des routeurs connus
  - ▶ *Link-state request packets (LSR)* – pour faire une demande d'informations complémentaire par rapport à sa DBD
  - ▶ *Link-state updates packets (LSU)* – décrivent les changements de topologie et contient 7 types différents de LSA
    - ▶ *Link-state advertisements (LSA)* qui contient le sous-réseau, le masque, la métrique et d'autres informations sur les sous-réseaux
  - ▶ *Link-state Acknowledgement packets (LSAck)* – pour accuser réception des paquets OSPF reçus



# Fonctionnement détaillé d'OSPF

- ▶ Le déroulement complet d'OSPF est le suivant :
  - ▶ Chaque routeur
    - ▶ découvre son voisinage et conserve une liste de tous ses voisins
    - ▶ utilise un protocole fiable pour échanger les informations topologiques avec ses voisins
    - ▶ stocke les informations topologiques apprises dans leur base de données
    - ▶ exécute l'algorithme SPF pour calculer les meilleurs routes
    - ▶ place ensuite la meilleur route vers chaque sous-réseau dans sa table de routage
- ▶ Chaque routeur possède
  - ▶ Une table de ses voisins, appelé Neighbor table
  - ▶ Une base de données de la topologie du réseau, appelé Topology database
  - ▶ Une table de routage, appelé Routing table

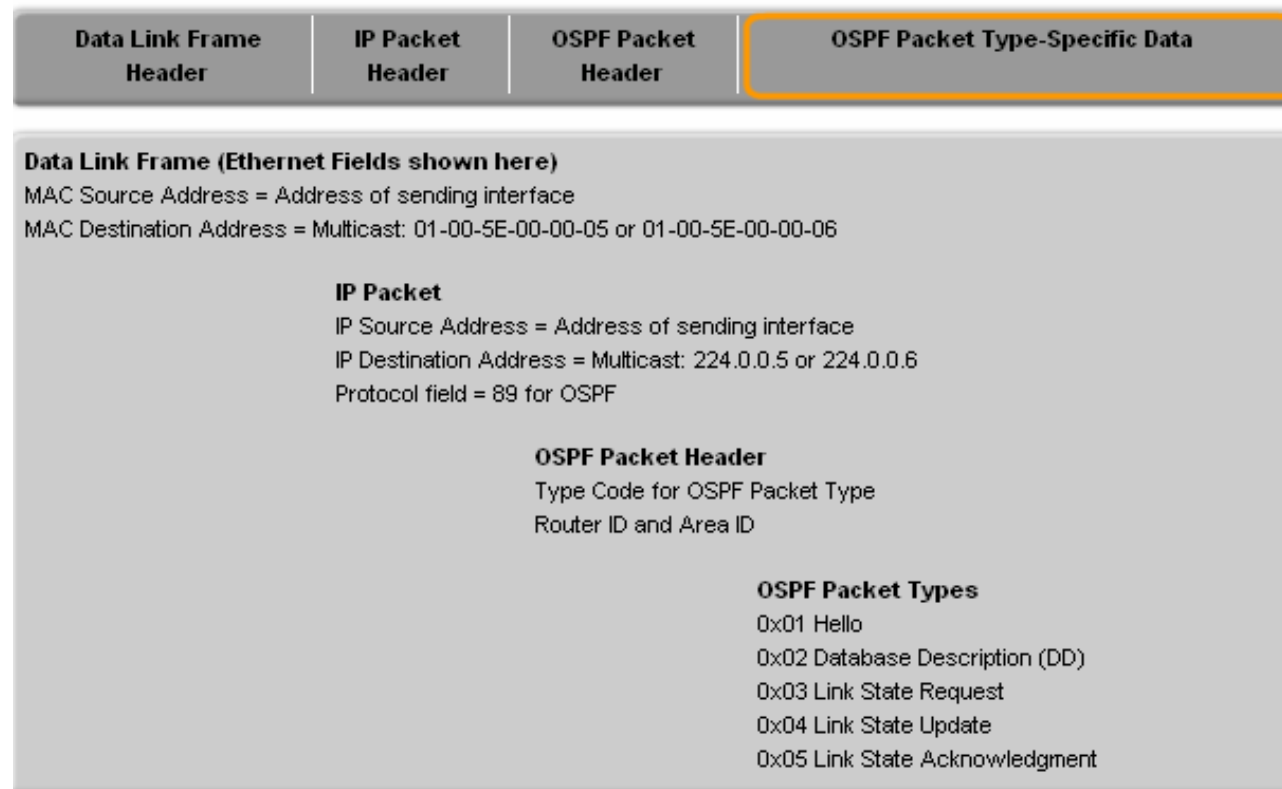
# Les protocoles de routage OSPF et EIGRP

## Fonctionnement détaillé d'OSPF

# Les messages OSPF

- Les messages OSPF sont encapsulés dans des paquets IP

## Encapsulated OSPF Message



# Les types de paquets OSPF

Type	Packet Name	Description
1	Hello	Discovers neighbors and builds adjacencies between them
2	Database Description (DBD)	Checks for database synchronization between routers
3	Link-State Request (LSR)	Requests specific link-state records from router to router
4	Link-State Update (LSU)	Sends specifically requested link-state records
5	Link-State Acknowledgement (LSAck)	Acknowledges the other packet types

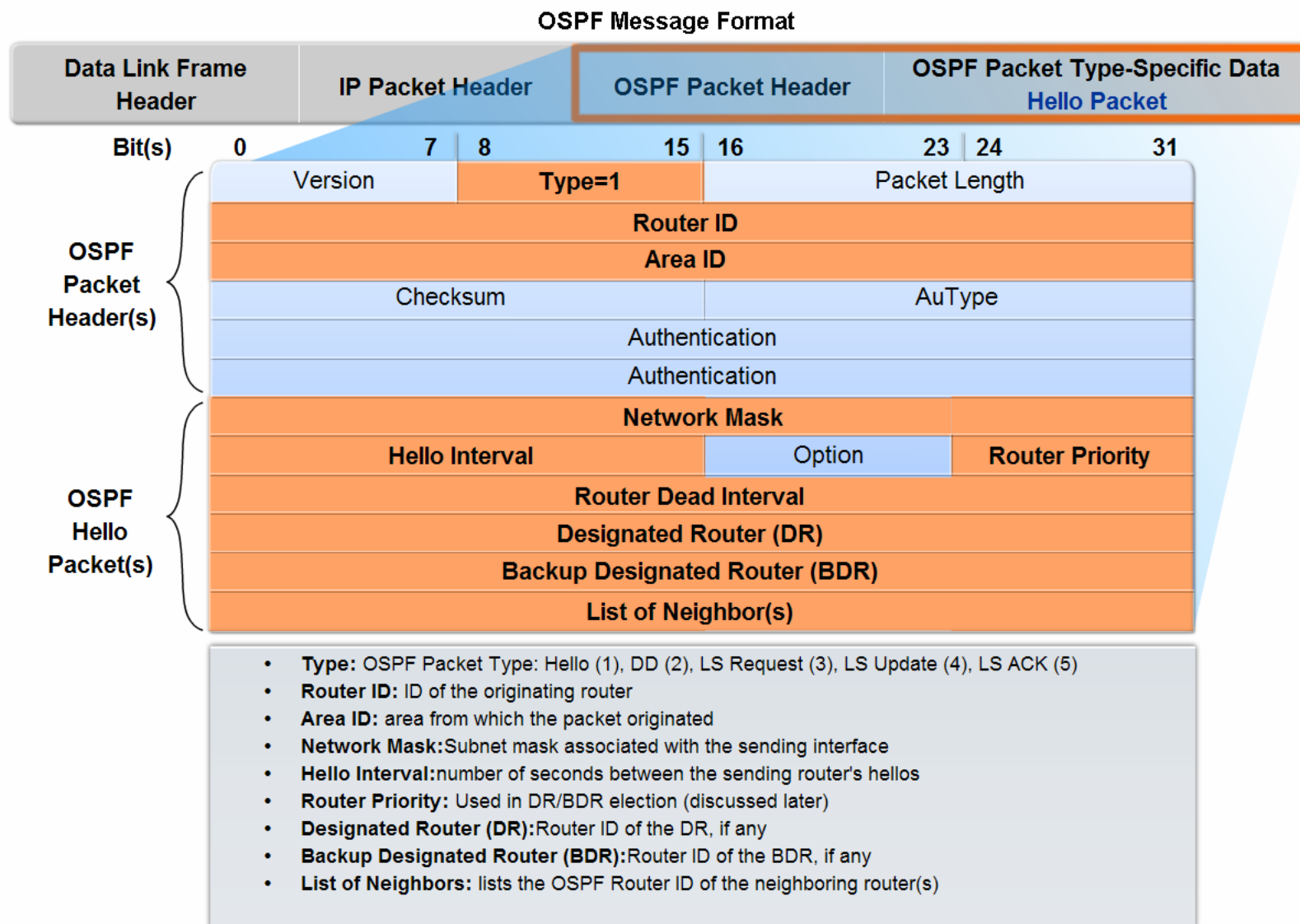
# Identification d'un routeur

- ▶ La base de données de la topologie du réseau contient la liste de tous les sous-réseaux, appelé lien, connu du routeur et de l'identité du routeur permettant de faire la liaison avec ce lien
- ▶ Il est facile d'identifier un sous-réseau et son masque associé, par contre identifier un routeur est plus compliqué !
- ▶ La solution utilisée doit permettre d'identifier, de façon unique sur le réseau un routeur par un identifiant appelé RID
- ▶ La solution choisie est de se baser sur les adresses IP de ceux-ci
  - ▶ Si le routeur possède une adresse loopback, il prendra l'adresse la plus grande parmi ses adresses de loopback
  - ▶ Sinon, il choisira la plus grande adresse IP de ses interfaces opérationnelles
- ▶ Chaque routeur choisit son OSPF RID à l'initialisation
- ▶ **Attention : le RID ne change pas, même si une nouvelle interface s'active. Les changements n'ont lieu que si le processus OSPF est réinitialisé (clear ip ospf process)**

# Découverte des voisins

- ▶ 2 routeurs OSPF deviennent voisins s'ils possèdent une interface sur le même sous-réseau
- ▶ Pour découvrir d'autres routeurs OSPF, un routeur OSPF diffuse par multicast un message du type *OSPF Hello*
- ▶ Les paquets Hello sont envoyés en multicast à l'adresse 224.0.0.5, c'est à dire à tous les routeurs qui « parlent » OSPF
  - ▶ Ces paquets sont envoyés toutes les
    - ▶ 10 secondes sur les réseaux supportant le broadcast
    - ▶ 30 secondes sur les autres
  - ▶ Ces paquets permettent à un routeur de
    - ▶ Découvrir ses voisins
    - ▶ Partager des paramètres de configuration
    - ▶ Elire le Designated Router et Backup Designated Router sur les « multiaccess networks » comme Ethernet et Frame Relay

# Le paquet Hello



# Découverte des voisins

- ▶ Chaque routeur a besoin de savoir si l'expédition de son message Hello est bien arrivé à destination
- ▶ Pour cela, si un routeur A reçoit d'un routeur B un message Hello
  - ▶ Il va prévenir B qu'il a bien reçu son message Hello en ajoutant B dans la liste de ses voisins dans le prochain message Hello qu'il expédiera à B
  - ▶ Ensuite, B fera de même en ajoutant A dans la liste de ses voisins dans son prochain message Hello
- ▶ Dès qu'un routeur voit son propre RID dans la liste des voisins incluse dans un message Hello provenant d'un autre routeur, il sait qu'une communication bi-directionnelle aussi appelé « two-way communication » est faite. A partir de cet instant, des informations LSA sont susceptibles d'être échangées

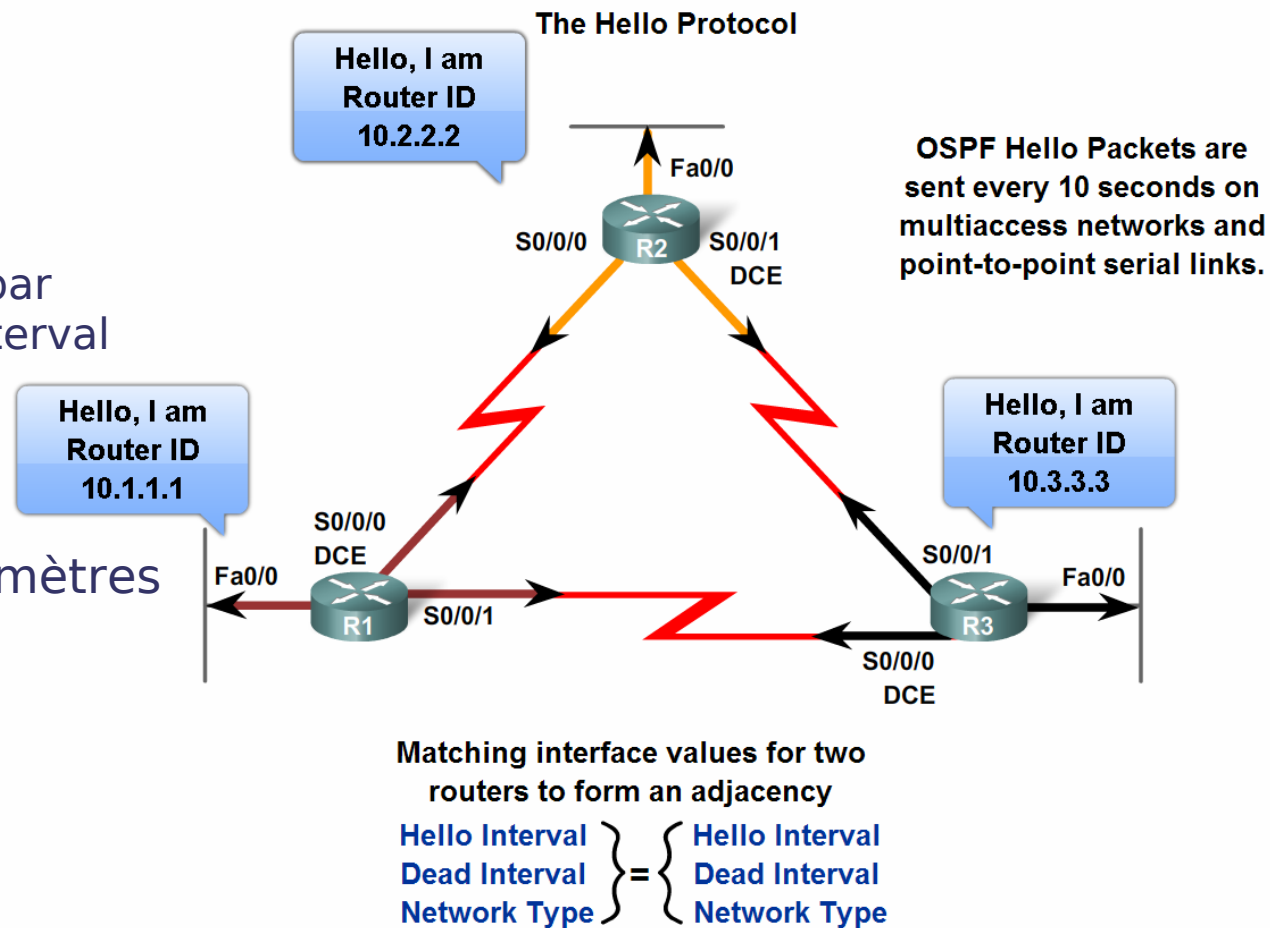


# Routeurs voisins ?

- ▶ Hello interval
  - ▶ 30 s sur les NBMA
  - ▶ 10 s sur les autres
- ▶ Dead Interval
  - ▶ Sur routeur Cisco, par défaut, 4 \* Hello Interval

- ▶ Il faut que les 3 paramètres soient identiques

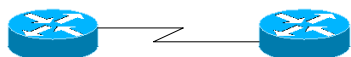
- ▶ Hello interval
- ▶ Dead Interval
- ▶ Network type



## Le « Designated Router »

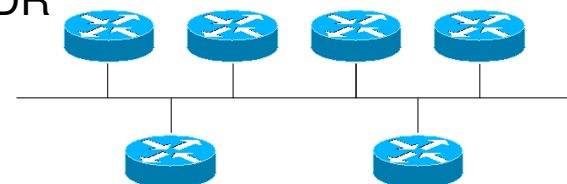
- Afin de diminuer le trafic réseaux entre tous les routeurs, dans certains cas, un routeur désigné est élu
- Ainsi, tous les échanges ne se font qu'avec ce routeur désigné

Pas de routeur désigné

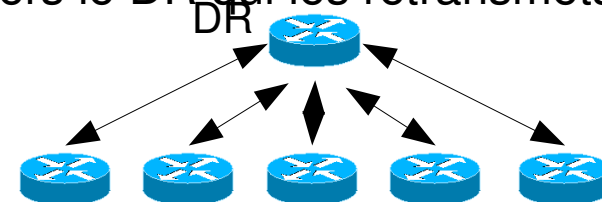


Sans DR sur un réseau de 10 routeurs, il y a 45 couples différents de routeurs entre lesquels des échanges devront avoir lieu !

DR



Après l'élection du DR, les Database Description packets vont vers le DR qui les retransmets à tous



# Élection du Designated Router

- ▶ Le DR est élu suivant le principe suivant :
  - ▶ Chaque routeur possède une priorité
  - ▶ Le routeur qui envoie un message Hello avec la plus grande priorité OSPF est élu DR
    - ▶ En cas d'égalité, c'est le routeur avec la plus grande adresse IP qui gagne
  - ▶ Si deux ou plus possèdent la plus haute priorité, celui avec le plus grand RID est élu DR
  - ▶ Généralement, celui avec la 2ème plus grande priorité devient BDR
  - ▶ Les valeurs des priorités varient entre 0 et 255
  - ▶ Une priorité de 0 signifie que le routeur ne sera jamais élu ni DR, ni BDR
  - ▶ Si un DR est élu et qu'un routeur apparaît dans le réseau avec une priorité supérieure, le DR ne sera réélu que si une défaillance du DR ou du BDR a lieu
    - ▶ Si le DR est en panne, le BDR devient DR et un nouveau BDR est élu
    - ▶ Si le BDR est en panne, un nouveau BDR est élu

# Échanges des données

- ▶ Sur une interface sans DR (liaison point à point par exemple)
  - ▶ Les mises à jour OSPF sont envoyées directement à tous les voisins
- ▶ Sur une interface avec un DR, les routeurs « non DR » envoient leurs mises à jour au DR et BDR en utilisant l'adresse multicast 224.0.0.6
  - ▶ Cette adresse désigne tous les routeurs OSPF DR, ce qui signifie que le DR et le BDR doivent être en écoute de cette adresse
- ▶ Le DR relaie les mises à jour à tous les routeurs OSPF en utilisant l'adresse 224.0.0.5
  - ▶ Le BDR reçoit les mises à jour mais ne les forward pas. Il se tient juste près au cas où le DR tombe en panne
- ▶ Les routeurs voisins échangent alors leur base de données topologiques entre-eux. Dès qu'un routeur a fait cet échange, il est dit être dans l'état « Full state »
- ▶ Un routeur « full state » échange des LSU avec ses voisins
  - ▶ Par conséquent, un routeur sera full-state avec un DR ou un BDR et « 2 way state » avec les autres non-DR

# Distance administrative

## Default Administrative Distances

Route Source	Administrative Distance
Connected	0
Static	1
EIGRP summary route	5
External BGP	20
Internal EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
External EIGRP	170
Internal BGP	200

## Les autres mécanismes ?

- ▶ Quand un routeur ne reçoit plus de messages « Hello » de la part d'un autre, au bout de l'intervalle de temps « *dead interval* », le routeur silencieux est considéré comme mort
  - ▶ Le « *dead interval* » par défaut est de  $4 * \text{« hello interval »}$
- ▶ Les boucles de routage sont naturellement supprimées grâce à l'algorithme SPF
  - ▶ Dès qu'un routeur est détecté défaillant, tout le monde est immédiatement averti
  - ▶ L'algorithme OSPF peut converger aussi vite que 5 secondes après détection d'une défaillance dans la plupart des cas

# L'authentification

- ▶ Possibilité, comme beaucoup d'autres protocoles de routage, d'authentifier les paquets
- ▶ Evite tout routeur « pirate » d'envoyer des mauvaises mise à jour
- ▶ 2 méthodes pour OSPF
  - ▶ Authentification plaintext : transmission en clair du mot de passe
  - ▶ Authentification message-digest
    - ▶ Création d'un hash MD5 et transmission de ce hash sur le réseau
- ▶ **Attention** : l'authentification ne crypte pas les tables de routage

# Les protocoles de routage OSPF et EIGRP

## Les messages LSU



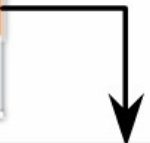
# Les types de messages LSU

Type	Packet Name	Description
1	Hello	Discovers neighbors and builds adjacencies between them
2	DBD	Checks for database synchronization between router
3	LSR	Requests specific link-state records from router to router
4	LSU	Sends specifically requested link-state records
5	LSAck	Acknowledges the other packet types

**The acronyms LSA and LSU are often used interchangeably.**

**An LSU contains one or more LSAs.**

**LSAs contain route information for destination networks.**



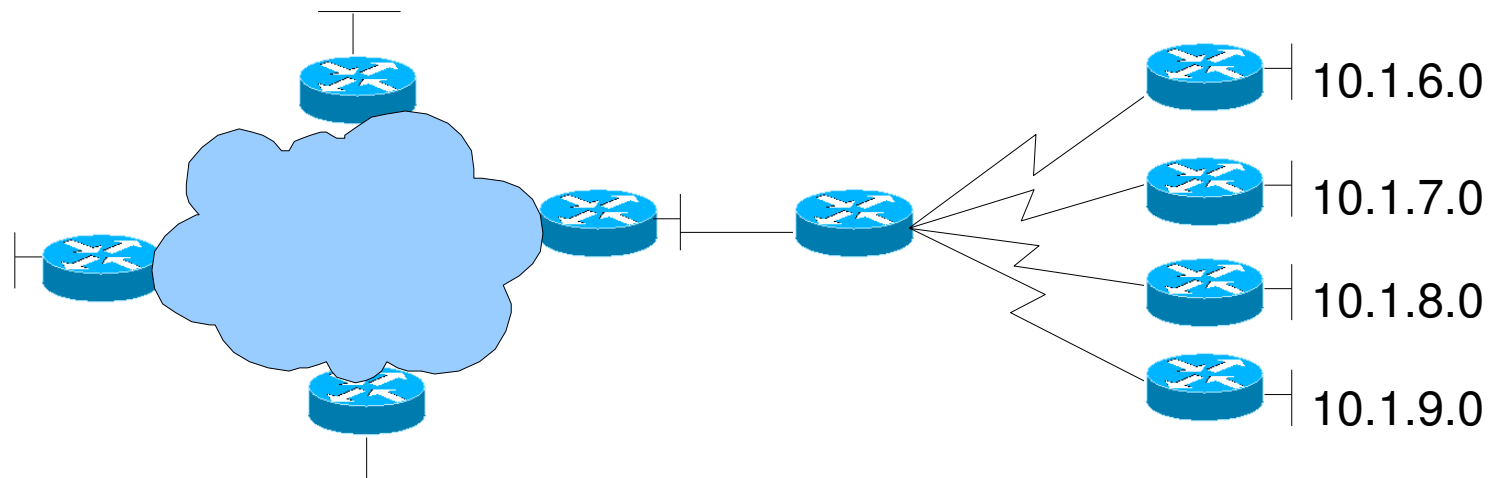
LSA Type	Description
1	Router LSAs
2	Network LSAs
3 or 4	Summary LSAs
5	Autonomous System External LSAs
6	Multicast OSPF LSAs
7	Defined for Not-So-Stubby Areas
8	External Attributes LSA for Border Gateway Protocol(BGP)
9,10,11	Opaque LSAs

# Les protocoles de routage OSPF et EIGRP

## Passage à l'échelle d'OSPF

## Sur grand réseau ?

- ▶ OSPF peut être utilisé sur de très petits réseaux comme les exemples présentés jusqu'à présent
- ▶ Sur de grands réseaux, les ingénieurs doivent étudier la mise en place d'OSPF pour tirer au mieux parti de ses fonctionnalités
- ▶ Prenons l'exemple suivant

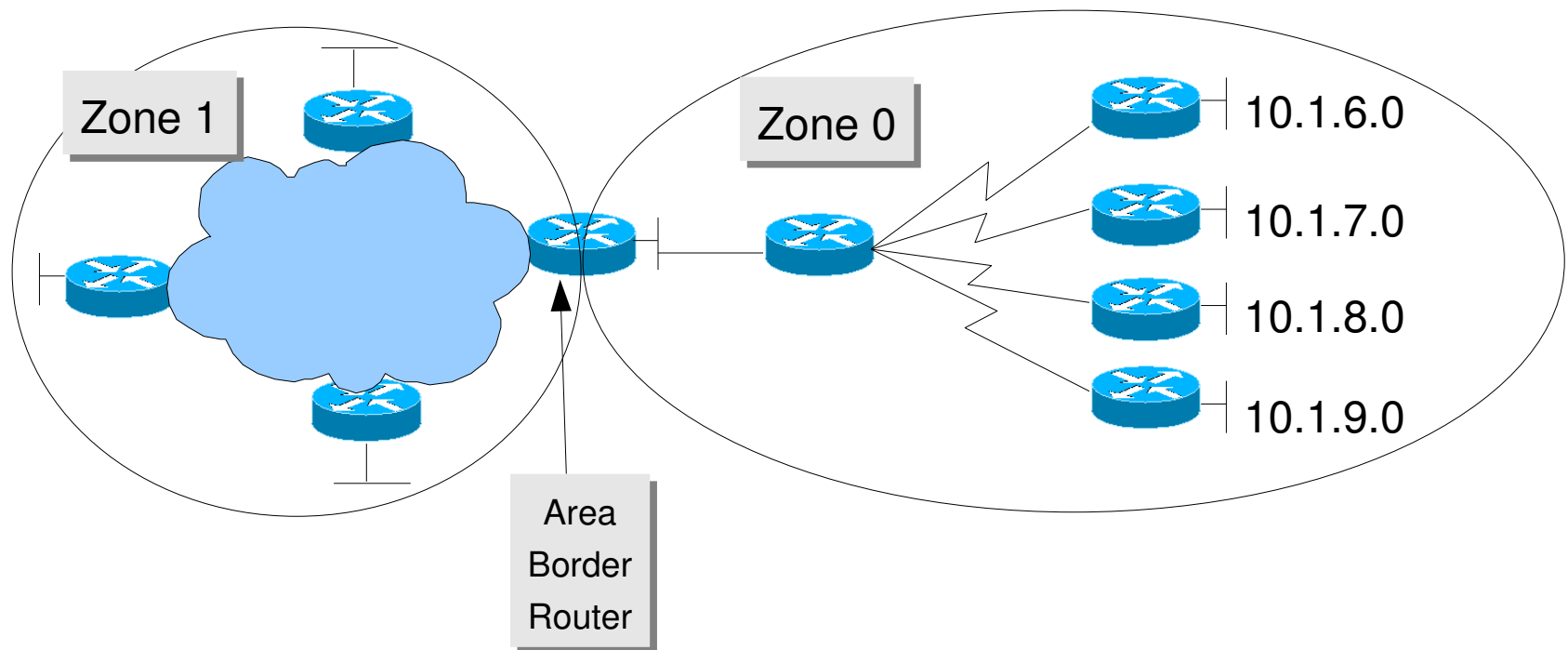


# Nouvelle fonctionnalité ?

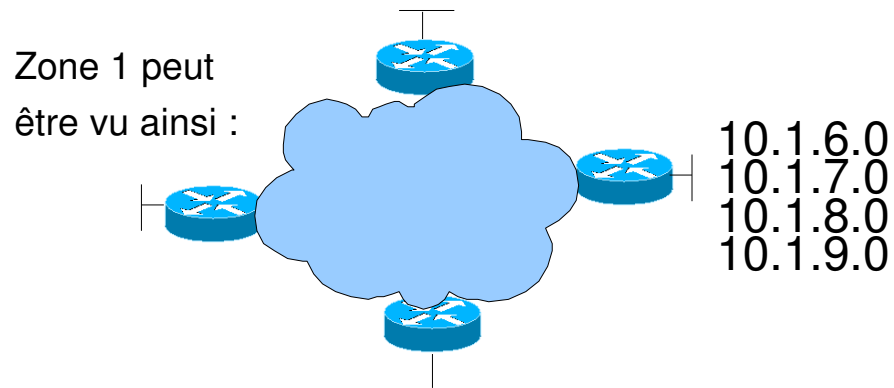
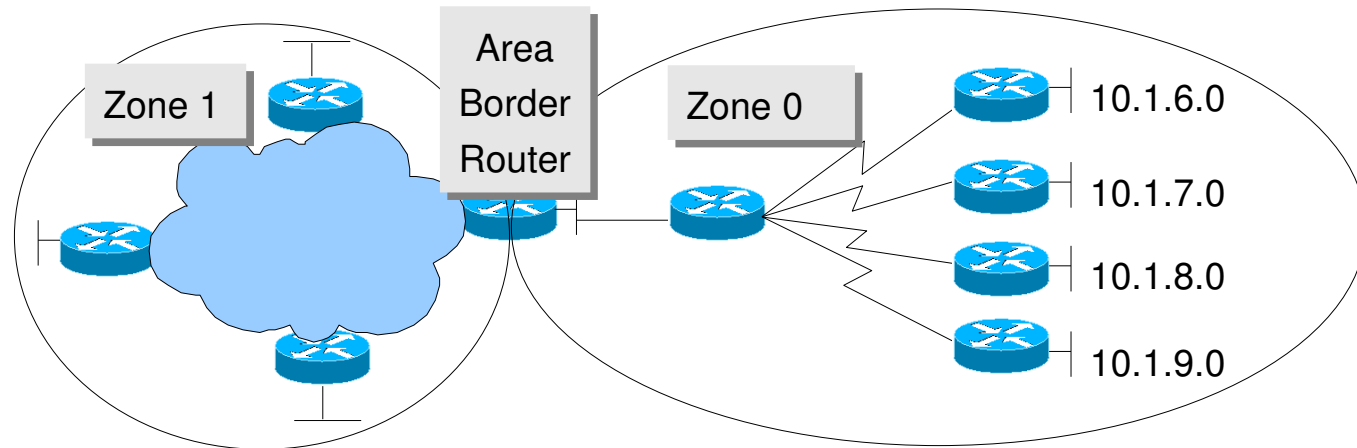
- ▶ Dans ce type de réseau, la topologie réseau est suffisamment petite pour être stockée sur tous les routeurs
- ▶ Supposons maintenant que nous avons 900 routeurs !
  - ▶ Plus le réseau est grand, plus il faudra de mémoire pour stocker la topologie du réseau
  - ▶ La résolution de l'algorithme SPF nécessitera plus de ressources de calcul
  - ▶ Un simple changement de status forcera à ré-exécuter sur tous les routeurs l'algo. SPF
- ▶ C'est pour cela que des solutions de passage à l'échelle permette de résoudre ces problèmes

# Le zone OSPF

- Les zones OSPF permettent d'isoler des parties du réseau afin de diminuer la taille de la topologie réseau à mémoriser sur chaque routeur



# Le zone OSPF



**Important** : le routeur ABR  
a toujours besoin des  
informations des 2 zones

# Comparatif

Fonctionnalité	Link State	Distance Vector
Temps de convergence	Rapide	Lent à cause de la détection des boucles
Suppression des boucles	Inhérent au protocole	Nécessite des mécanismes spécifiques
Besoin en Mémoire et CPU	Peut être important	Faible
Nécessite des efforts de conception pour les grands réseaux	Oui	Non
Protocole public ou propriétaire	OSPF publique	RIP public, IGRP propriétaire

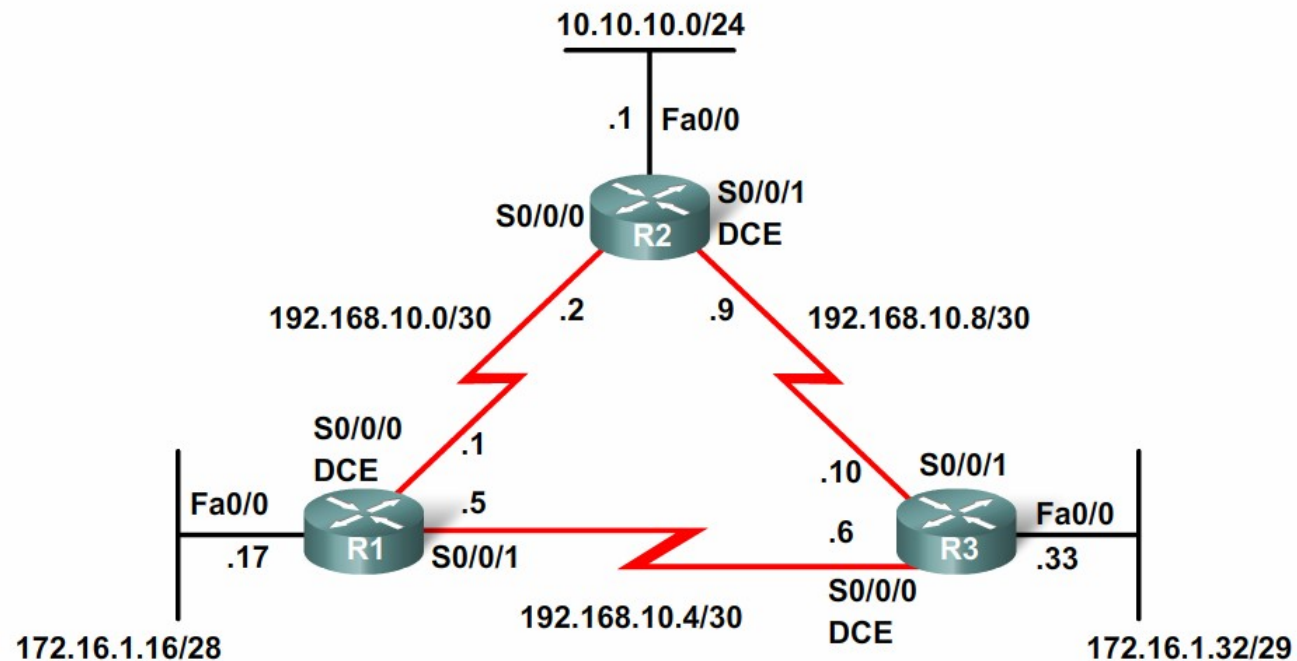
# Les protocoles de routage OSPF et EIGRP

## Configuration d'OSPF



# Configuration exemple

- Remarque : utilisation de réseaux non-continus (172.16.x.x) d'ou l'importance de transporter les masques réseaux pour le routage



# Configuration basique

## ► Activation du routage OSPF

Router(config)#**router ospf** *process-id*

### ► Process-id entre 1 et 65535

- Signification locale uniquement
- Permet d'avoir plusieurs processus OSPF
- Pour des usages et configurations inhabituelles

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

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

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

# Configuration basique

## ► Définition du réseau

### ► **network** *adresse wildcard\_mask area\_id*

- *adresse* : réseau devant être utilisé pour diffuser et écouter les messages OSPF
- *area\_id* : zone dans laquelle le réseau figure

```
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
```

# Configuration basique

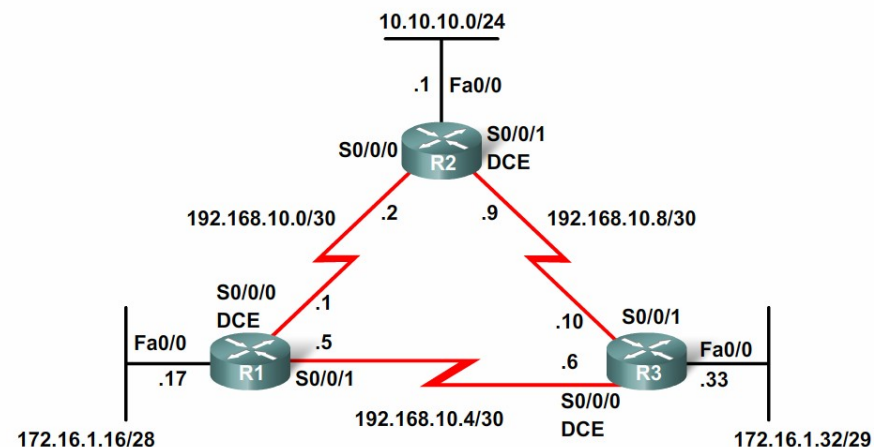
- Visualiser le Router ID
  - 3 solutions :
    - show ip protocols
    - show ip ospf
    - show ip ospf interface

```

R1#show ip protocols
Routing Protocol is "ospf 1"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 192.168.10.5
  Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa

R2#show ip protocols
Routing Protocol is "ospf 1"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 192.168.10.9
  Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa

R3#show ip protocols
Routing Protocol is "ospf 1"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 192.168.10.10
  Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa
  
```



# Configurer le loopback

```
R1 (config) #interface loopback 0  
R1 (config-if) #ip add 10.1.1.1 255.255.255.255
```

- ▶ Le Router ID (RID) est déterminé par soit l'adresse de loopback, soit par l'adresse IP d'une interface
- ▶ Avantage d'utiliser une adresse de loopback
  - ▶ Une interface de Loopback ne peut pas devenir défaillante
  - ▶ Apporte une plus grande stabilité à OSPF
- ▶ Pour faire prendre en compte une modification de RID
  - ▶ Router#clear ip ospf process

# Vérifier les configurations

- ▶ Visualiser les Neighbor adjacency table
  - ▶ Router#show ip ospf neighbor
- ▶ L'absence de voisin est indiquée par
  - ▶ Une absence de Router ID
  - ▶ Un état FULL non affiché
- ▶ Conséquence d'une absence de voisin
  - ▶ Aucune information link state ne sera échangée
  - ▶ L'arbre SPF et les tables de routages ne seront pas justes

```
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/ -	00:00:33	192.168.10.2	Serial0/0/0

# Configuration basique

## ► Les autres commandes disponibles

Command	Description
Show ip protocols	Displays OSPF process ID, router ID, networks router is advertising & administrative distance
Show ip ospf	Displays OSPF process ID, router ID, OSPF area information & the last time SPF algorithm calculated
Show ip ospf interface	Displays hello interval and dead interval

# La table de routage

- ▶ La commande `show ip route` permet de visualiser les routes apprises par OSPF
- ▶ La lettre O en début de ligne indique que la route a été apprise par OSPF
- ▶ Remarque : OSPF ne fait automatique d'agrégation de route

```
R1#show ip route

Codes: <some code output omitted>
       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
    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
```



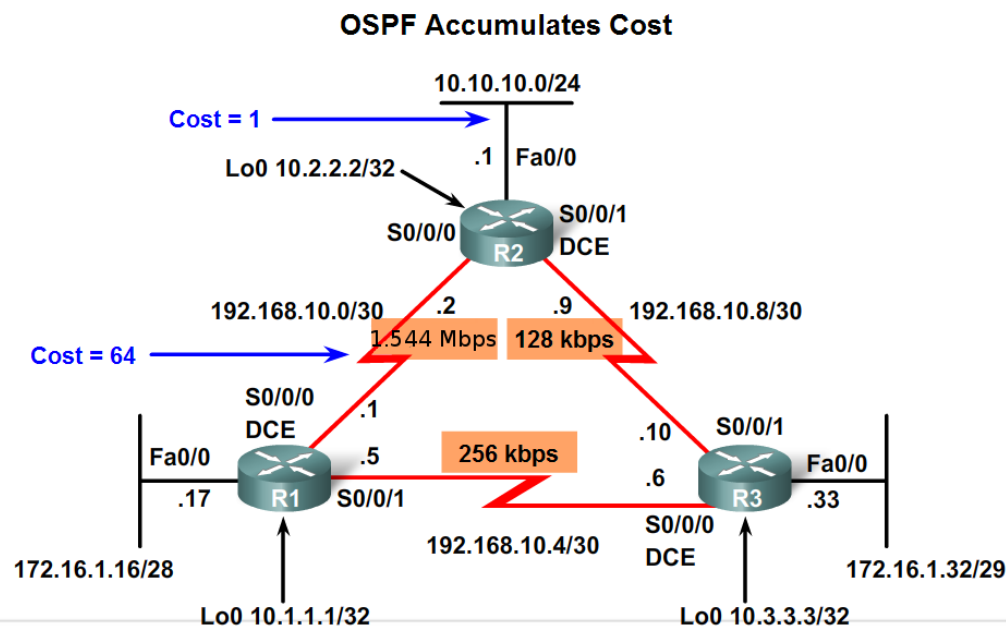
# Les métriques OSPF

- ▶ OSPF calcule le cout d'un lien par la formule
  - ▶  $10^8 / \text{bande passande}$
- ▶ Le meilleur route sera la route avec le plus petit cout
- ▶ La référence pour la bande passante est 100 Mb/s
  - ▶ Possibilité de la modifier avec la commande  
auto-cost reference-bandwidth

Interface Type	$10^8/\text{bps} = \text{Cost}$
Fast Ethernet and faster	$10^8/100,000,000 \text{ bps} = 1$
Ethernet	$10^8/10,000,000 \text{ bps} = 10$
E1	$10^8/2,048,000 \text{ bps} = 48$
T1	$10^8/1,544,000 \text{ bps} = 64$
128 kbps	$10^8/128,000 \text{ bps} = 781$
64 kbps	$10^8/64,000 \text{ bps} = 1562$
56 kbps	$10^8/56,000 \text{ bps} = 1785$

# Calcul du cout

- Le cout total d'une route est la somme des couts de chaque lien



```
R1#show ip route
Codes: <some code output omitted>
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

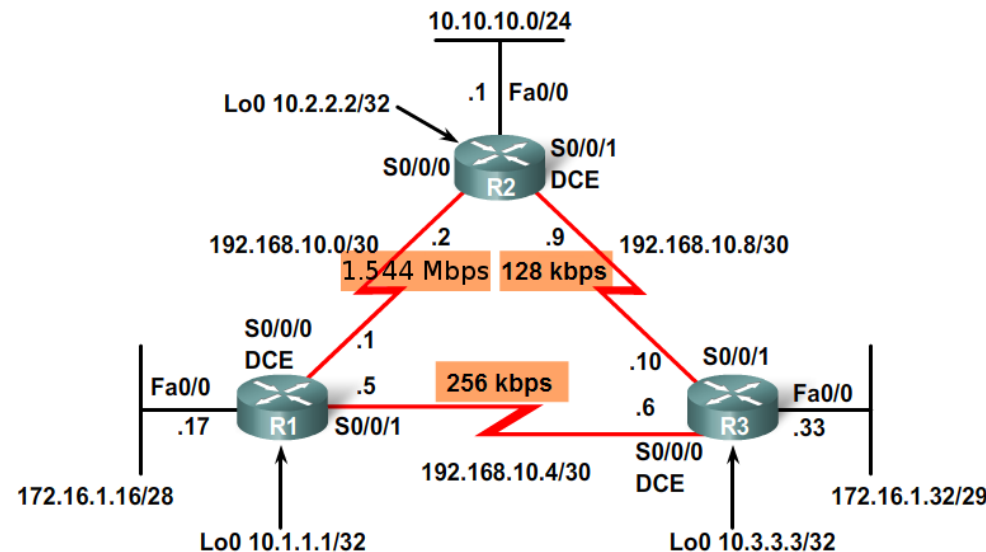
<route output omitted>
O      10.10.10.0/24 [110/65] via 192.168.10.2, 14:27:57, Serial0/0/0
```

**Accumulated Cost = 65**

# Visualiser le cout d'un lien

- La commande `show interface` permet de visualiser la bande passante définie sur une interface

Differences Between Default and Actual Bandwidth



```
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, DLY 20000 usec,
reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
```

# Modifier le cout

- ▶ Les 2 interfaces extrémités d'une liaison série doivent être configuré avec la même bande passante
  - ▶ Router(config-if)#bandwidth bandwidth-kbps
- ▶ La commande ip ospf cost permet de définir directement le cout d'une interface

```
R1(config)#inter serial 0/0/0
R1(config-if)#bandwidth 64
R1(config-if)#inter serial 0/0/1
R1(config-if)#bandwidth 256
R1(config-if)#end
R1#show ip ospf interface serial 0/0/0
Serial0/0 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: 1562
Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT,
<output omitted>
```

$$10^8 / 64,000 \text{ bps} = 1562$$

```
R1(config)#inter serial 0/0/0
R1(config-if)#ip ospf cost 1562
R1(config-if)#end
R1#show ip ospf interface serial 0/0/0
Serial0/0 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: 1562
Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT,
<output omitted>
```

No Calculation Needed