

The diagram illustrates a network topology with the following components and connections:

- Internet**: Represented by a globe icon, connected to the Router.
- Routeur**: A wireless router connected to the Internet and the Commutateur.
- Commutateur**: A network switch connected to the Routeur, the Serveur, and the three Postes clients.
- Serveur**: A server connected to the Commutateur and the Imprimante réseau.
- Imprimante réseau**: A network printer connected to the Commutateur.
- Poste client**: Three desktop computers, each connected to the Commutateur.

Red lines indicate the network connections between these devices.

Les limites du routage statique

2

- ❑ A chaque changement dans la topologie (nouveau réseau ajouté, panne d'un routeur, lien coupé,...etc.) nécessite une intervention manuelle sur les routeurs de la topologie.
- ❑ Il faut connaître l'intégralité de la topologie pour saisir les informations de manière exhaustive pour que les réseaux communiquent entre eux.

- Les limites du routage statique :

- Il ne convient pas aux réseaux de grande taille.
 - Il devient une source d'erreur et de complexité supplémentaire quand la taille du réseau grandit.
- Seul contexte d'utilisation : **Routeurs d'extrémité.**

- Solution alternative :

Routage dynamique : Les informations relatives à la route sont mises à jour automatiquement entre les routeurs.

Routage dynamique : objectifs

3

- ❑ Le rôle principal est de découvrir dynamiquement les routes vers les réseaux d'un inter-réseau et les inscrire dans la table de routage sur routeur.
- ❑ S'il existe plus d'une route vers un réseau, inscrire la meilleure route dans la table de routage.
- ❑ Détecter les routes qui ne sont plus valides et les supprimer de la table de routage.
- ❑ Ajouter le plus rapidement possible de nouvelles routes ou remplacer le plus rapidement les routes perdues par la meilleure route actuellement disponible.

Protocoles de routage dynamique

- ❑ La mise en œuvre du routage dynamique dépend de deux fonctions de base :
 - La gestion d'une table de routage.
 - La distribution opportune des informations aux autres routeurs sous la forme de mises à jour du routage.
- ❑ Le routage dynamique s'appuie sur un protocole de routage pour partager les informations entre les routeurs.
- ❑ Un protocole de routage définit les règles utilisées par un routeur pour communiquer avec les routeurs voisins.
- ❑ Par exemple, un protocole de routage définit les informations suivantes :
 - Comment envoyer les mises à jour ?
 - Les informations contenues dans ces mises à jour ?
 - Le moment où les informations doivent être envoyées ?
 - Comment localiser les destinataires des mises à jour ?

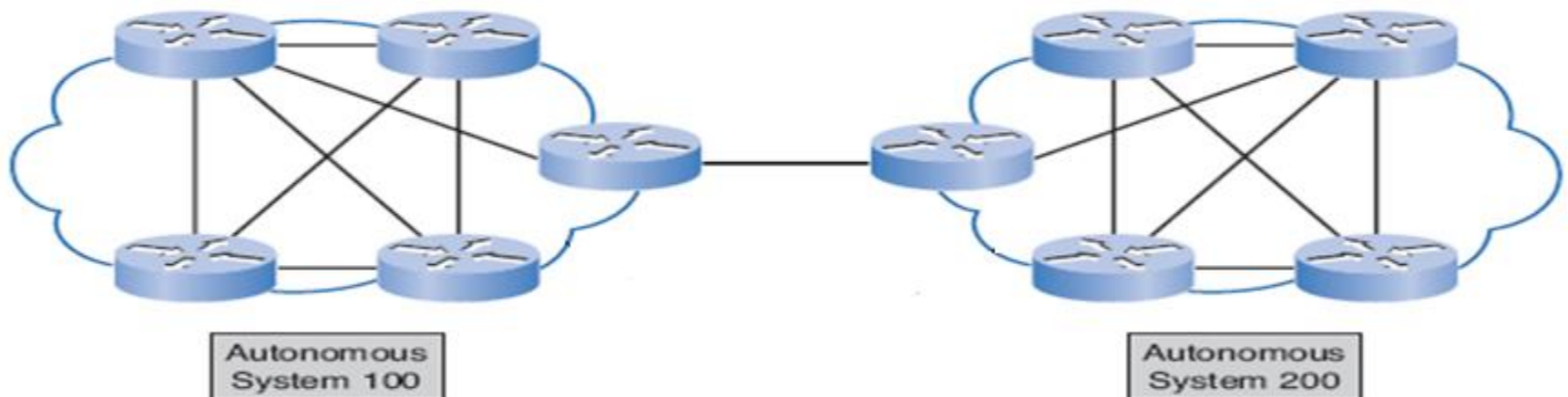
Système autonome ?

5

- ❑ Un système autonome (AS) est un ensemble de réseaux sous la même autorité administrative (autorité de gestion).

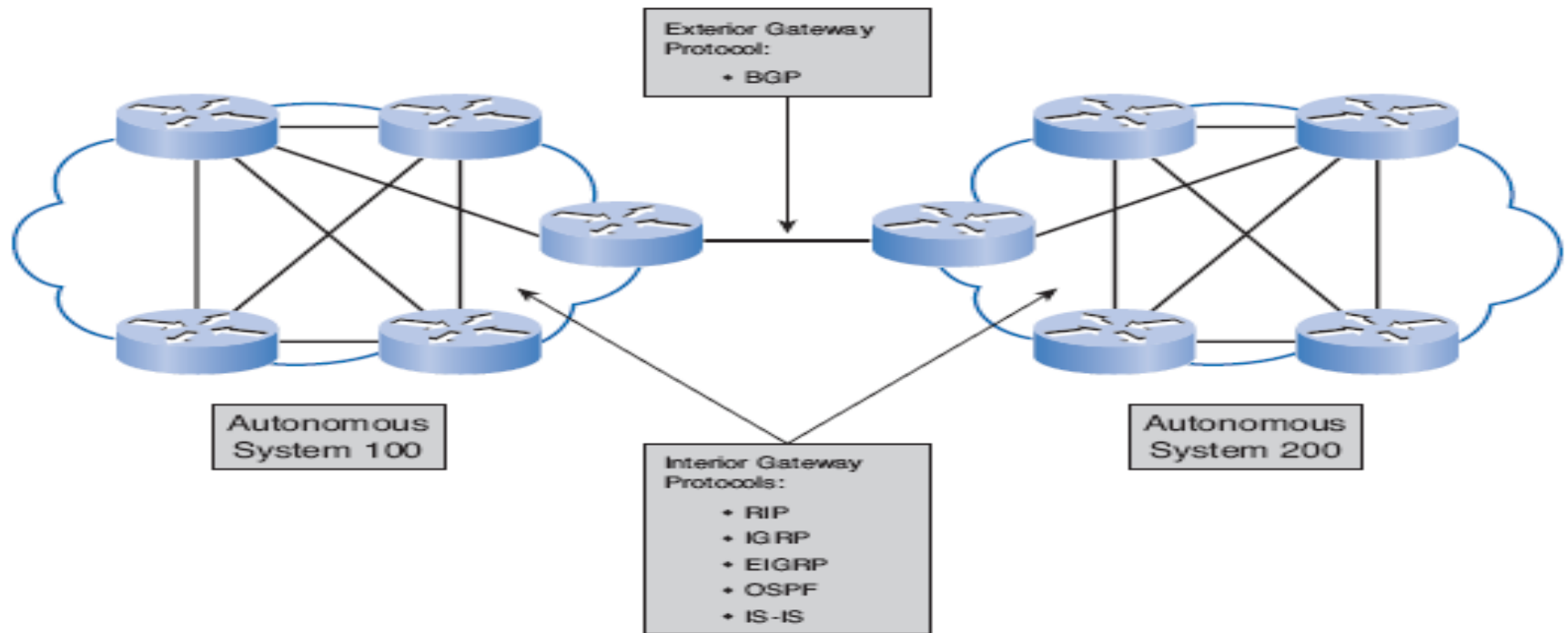
Exemple d'un système autonome :

- ❑ Réseau interne d'une entreprise.
 - ❑ Réseau d'un opérateur.
- ❑ Ces AS sont identifiés par des numéros de système autonome globaux attribués par l'IANA utilisés par les protocoles de routage externes.



Protocoles de routage intérieurs et extérieurs

6



❑ Protocole intérieur - Interior gateway protocols (IGP):

→ Utilisé pour la propagation des routes à l'intérieur d'un système autonome.

❑ Protocole extérieur - Exterior gateway protocols (EGP):

→ Utilisé pour la propagation des routes entre systèmes autonomes différents.

Les caractéristiques des protocoles de routage

7

Plusieurs caractéristiques permettent de différencier les protocoles de routage :

- ❑ Vitesse de convergence
- ❑ Métrique
- ❑ L'algorithme de routage
- ❑ Classful ou Classless
- ❑ Utilisation des ressources
- ❑ Evolutivité
- ❑ Implémentation et maintenance

Vitesse de convergence

8

- ❑ **La convergence** est obtenue lorsque les tables de routage de tous les routeurs deviennent consistantes.
- ❑ **La vitesse de convergence** définit la rapidité à laquelle les routeurs dans la topologie du réseau parviennent à partager les informations de routage et à disposer d'une base de connaissances cohérente.
- ❑ Plus la convergence est rapide, plus le protocole est recommandé.
- ❑ Des boucles de routage peuvent survenir lorsque des tables de routage incohérentes ne sont pas mises à jour en raison d'une convergence lente dans un réseau changeant.

Métrique

9

- ❑ La métrique d'une route est la valeur d'une route en comparaison à d'autres routes apprises par le même protocole de routage.
- ❑ Plus sa valeur est faible, meilleure est la route. Chaque protocole dispose de sa méthode de valorisation.
- ❑ On peut trouver toute une série de composantes de métrique parmi :
 - ❖ le nombre de sauts
 - ❖ la bande passante
 - ❖ le délai
 - ❖ la charge
 - ❖ la fiabilité
 - ❖ le coût
 - ❖

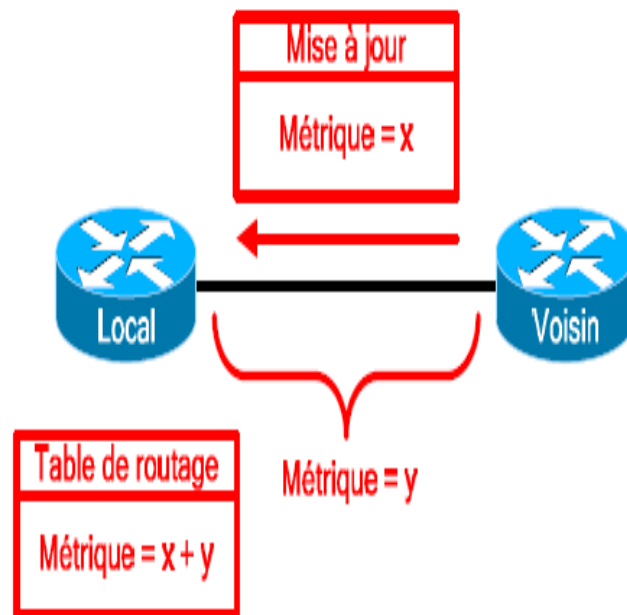
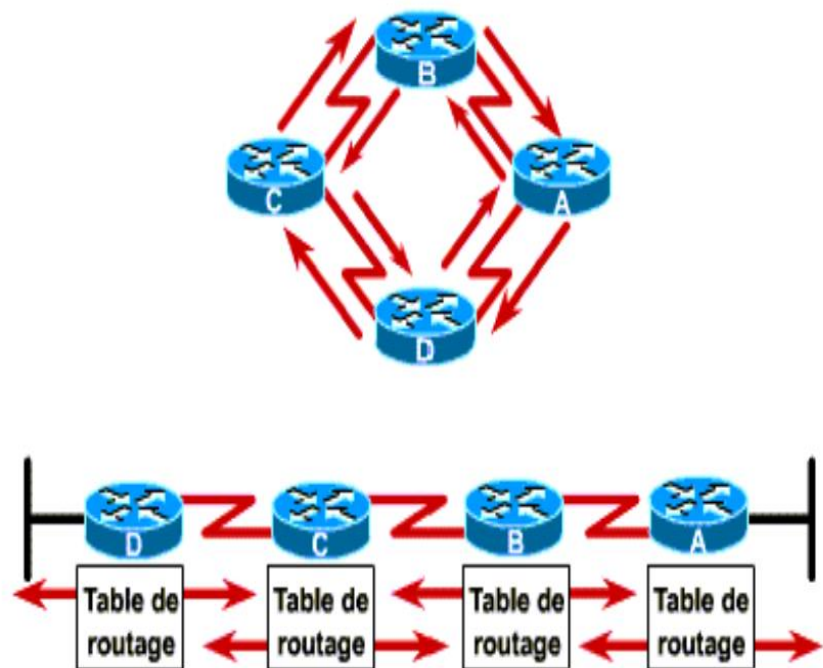
Algorithme de routage à vecteur de distance

10

- ❑ Les algorithmes de routage à vecteurs de distance (Bellman Ford) transmettent d'un routeur à l'autre des copies périodiques d'une table de routage.
- ❑ Ces mises à jour régulières entre les routeurs permettent de communiquer les modifications de topologie.
- ❑ Chaque routeur reçoit une table de routage des routeurs voisins auxquels il est directement connecté.
- ❑ L'algorithme cumule les distances afin de tenir à jour la base de données contenant les informations de topologie du réseau.
- ❑ Les algorithmes de routage à vecteurs de distance ne permettent pas à un routeur de connaître la topologie exacte d'un inter-réseau.

Algorithme de routage à vecteur de distance

11

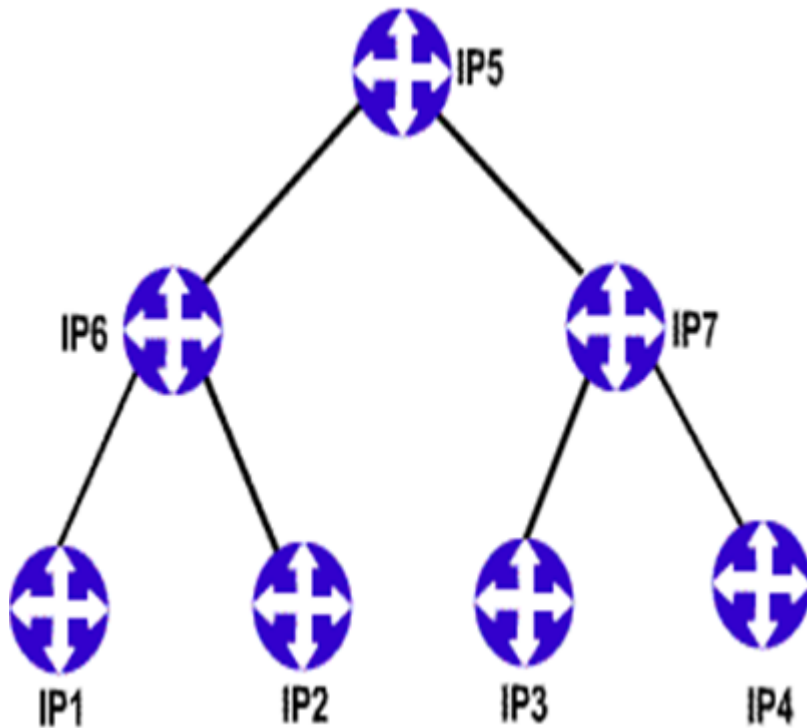


- Un routeur transmet périodiquement des copies de sa table de routage aux routeurs voisins et cumule les vecteurs de distance.
- La métrique locale pour une entrée dans la table de routage a pour valeur le résultat de l'addition entre la métrique incluse dans la mise à jour reçue par un voisin et de la valeur de la métrique vers ce voisin.

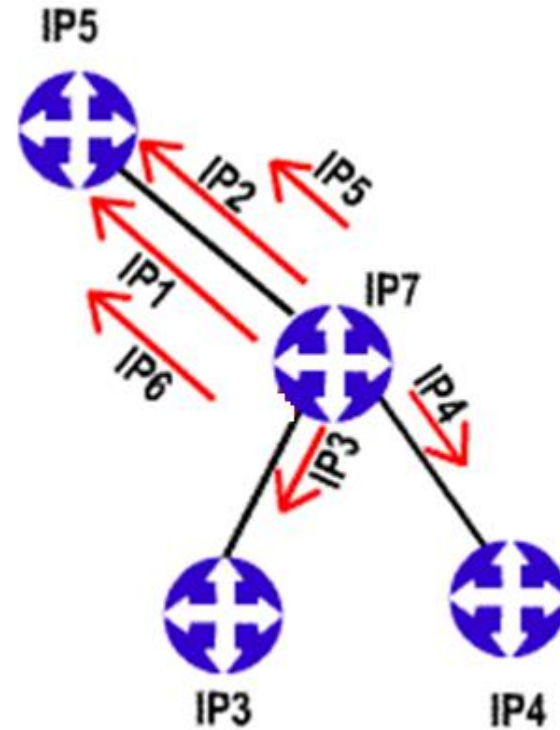
Exemple d'illustration

12

Topologie réelle du réseau



Réseau vu par le routeur IP7



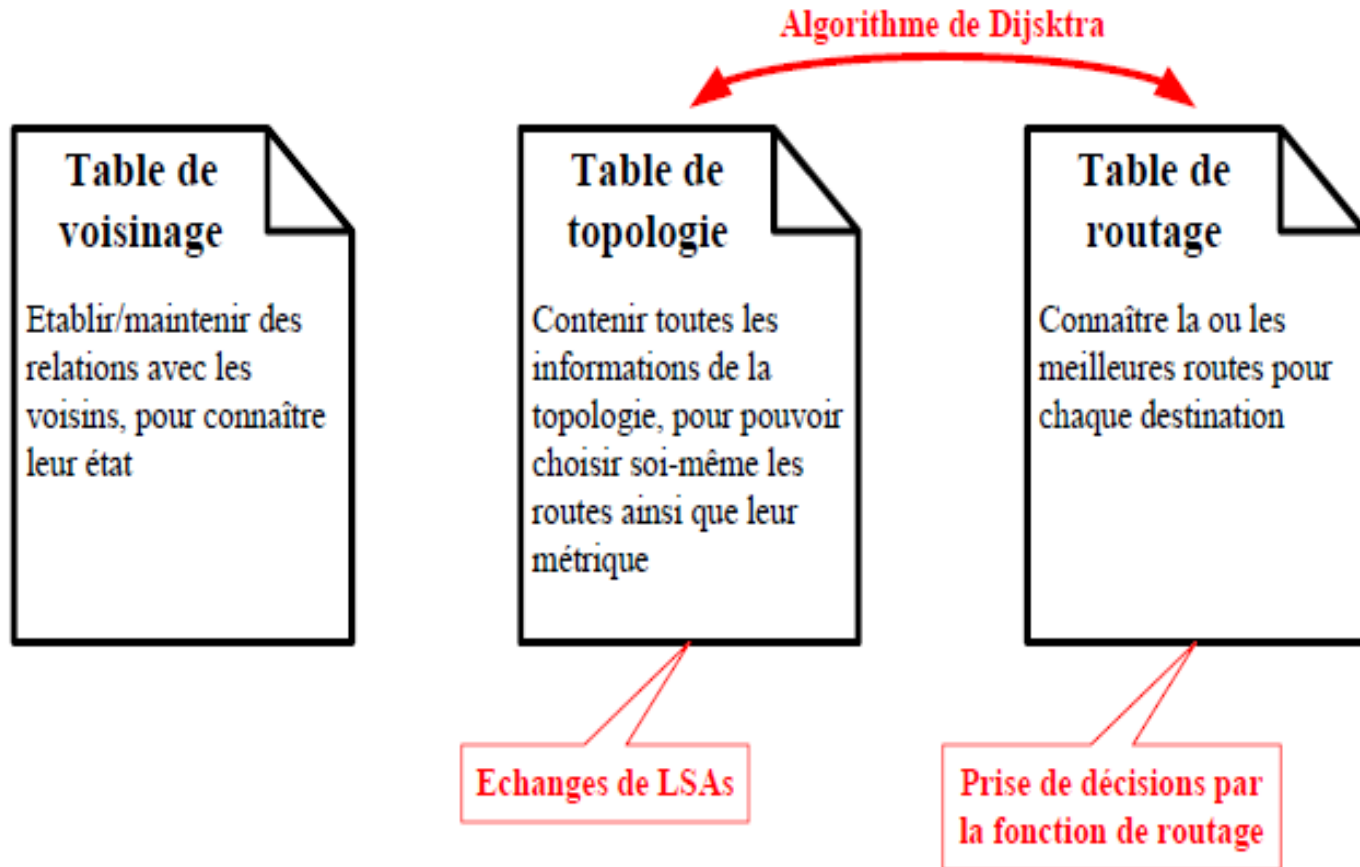
Algorithme de routage à état de liens

13

- ❑ Cet algorithme exploite le principe du plus court chemin d'abord (Shortest Path First).
- ❑ Il est basé sur l'utilisation :
 - D'une table de données topologiques.
 - De l'algorithme de Dijkstra.
 - D'un arbre du plus court chemin d'abord (SPF Tree).
- ❑ Les mises à jour de routage des protocoles à état des liens possèdent de grandes différences comparées à celles des protocoles à vecteur de distance :
 - Elles sont uniquement envoyées lors de modifications topologiques.
 - Elles contiennent des informations topologiques.
 - Elles sont incrémentielles.
 - Elles sont émises en multicast sur des adresses spécifiques.

Algorithme de routage à état de liens

14

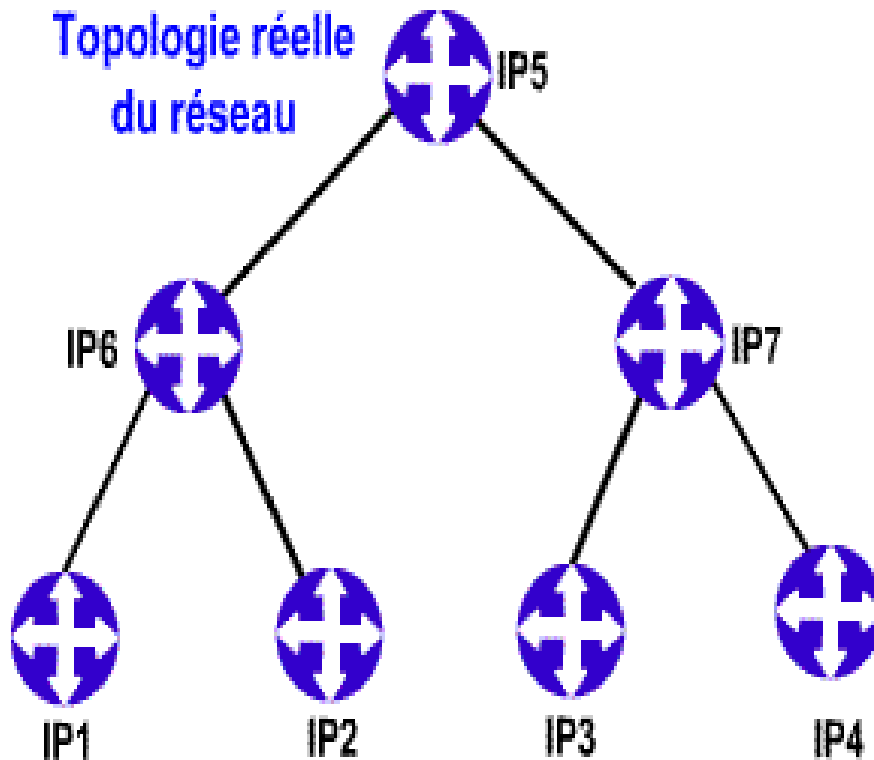


Le routage à état de liens se base donc sur l'utilisation de trois tables distinctes (au contraire des protocoles à vecteur de distance qui ne gèrent que la table de routage).

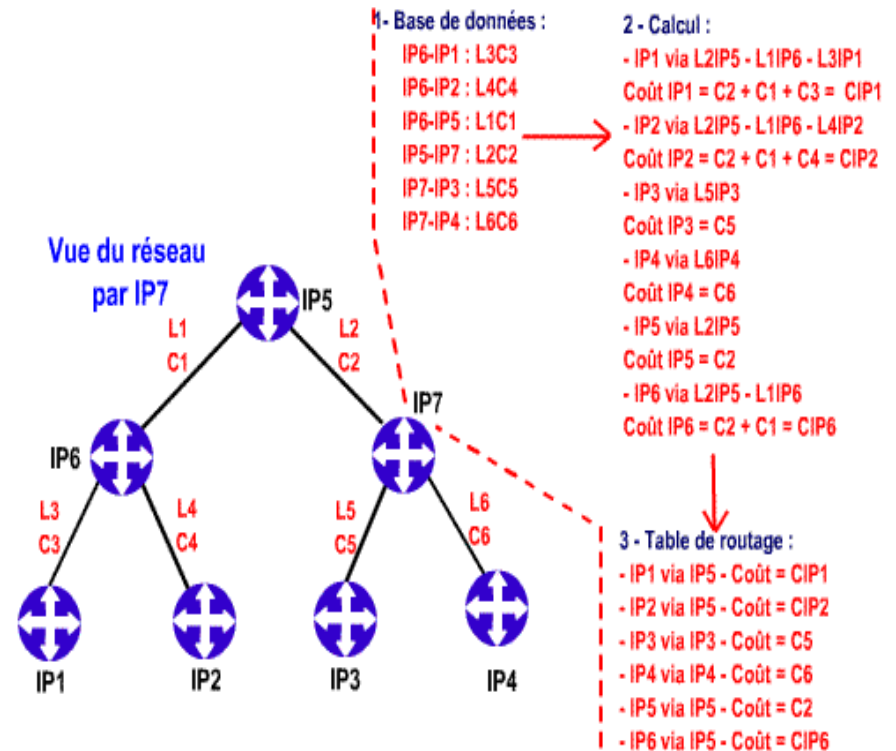
Exemple

15

Topologie réelle du réseau



Réseau vu par IP7



Protocoles Classful et Classless

16

- ❑ Tout protocole de routage peut être classifié soit comme :
 - Protocole de routage Classful
 - Protocole de routage Classless
- ❑ Les protocoles de routage pour IPv6 sont toujours classless.

Classful = pas d'envoi de masque.

Classless = envoie de masque.

Protocoles Classful

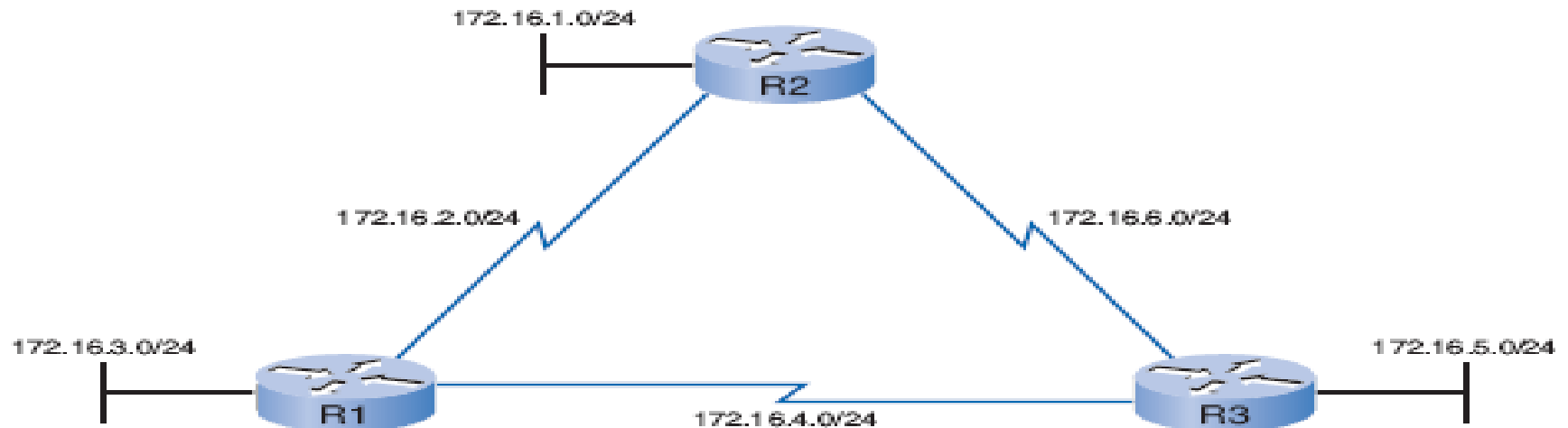
17

Les protocoles **Classful** n'envoient pas le masque lors des mises à jour de l'information de routage :

- ❑ C'est le cas des protocoles les plus anciens comme RIP v1.
- ❑ Conçus à l'époque où les adresses réseau étaient classés : Classe A, B, ou C (D et E ne sont pas routés d'habitude).
- ❑ Le protocole de routage n'avait pas besoin d'envoyer le masque : le masque était déterminé selon la valeur du premier octet de l'adresse du réseau.

Protocoles Classful

18

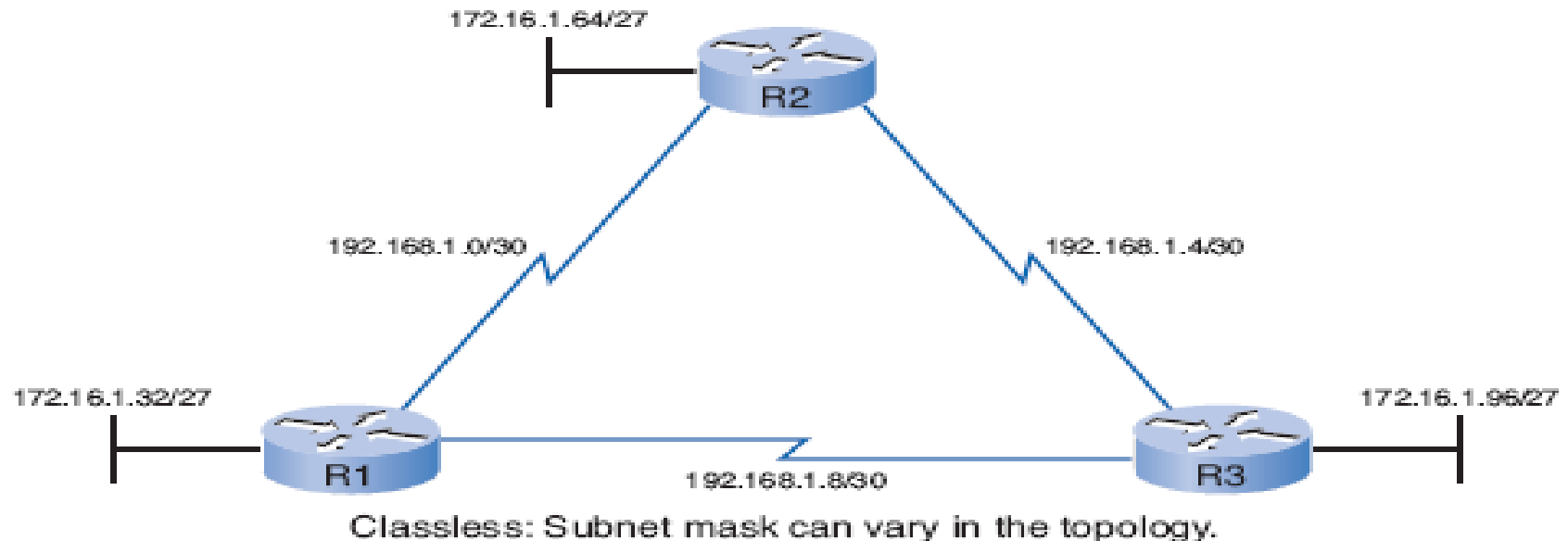


Classful: Subnet mask is the same throughout the topology.

- ❑ Le routage classful n'inclut pas le masque dans les mises à jour, donc ne supporte pas l'utilisation de VLSM et CIDR.
- ❑ Tout sous-réseau à l'intérieur d'un même « réseau classful majeur » doit porter le même masque.
- ❑ Autres limitations des protocoles classful incluent : Impossibilité de supporter les réseaux non contigus.

Protocoles Classless

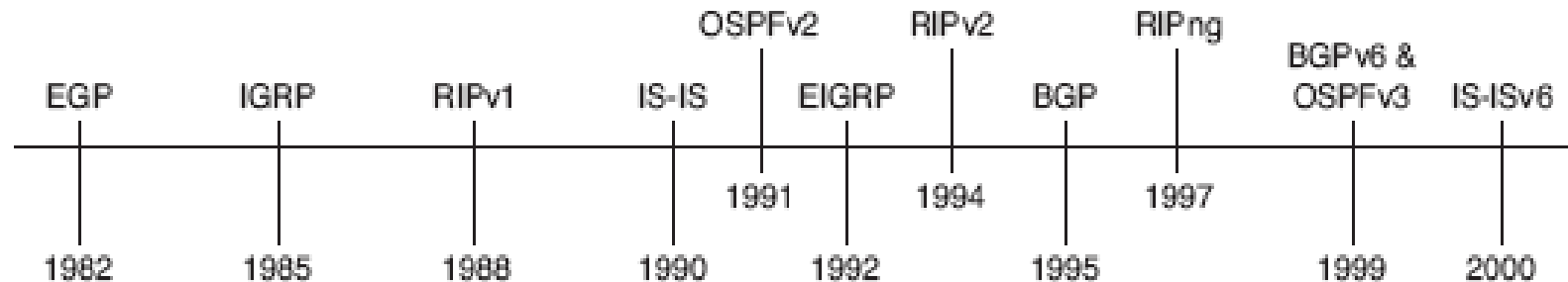
19



- ❑ Les protocoles **Classless** incluent le masque dans les mises à jour.
- ❑ Les réseaux aujourd'hui ne sont plus répartis en classes
 - Le masque ne peut pas être déterminé par le premier octet.
- ❑ La plupart des réseaux actuels requièrent des protocoles Classless car ils supportent :
 - VLSM, CIDR et Réseaux non-contigus.

Synthèse : protocoles de routage dynamique

20



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	BGPv4
IPv6	RIPv2	EIGRP for IPv6	OSPFv3	IS-IS for IPv6	BGPv4 for IPv6

Highlighted routing protocols are the focus of this course.

Distance administrative d'une route

21

- ❑ La distance administrative indique la préférence dans une table de routage pour des destinations apprises par un protocole de routage par rapport aux mêmes destinations apprises par un autre protocole de routage.
- ❑ Plus la valeur est faible et plus le protocole est préféré.

Route Source	Default Distance	Routing Table Entry
Connected interface	0	C
Static route out an interface	0	S
Static route to a next-hop address	1	S
EIGRP summary route	5	D
External BGP	20	B
Internal EIGRP	90	D
IGRP	100	I
OSPF	110	O
IS-IS	115	i
RIPv1, RIPv2	120	R
Exterior Gateway Protocol (EGP)	140	E
ODR	160	O
External EIGRP	170	D EX
Internal BGP	200	B
Unknown	255	

Identification dans la table de routage

22

Router# show ip route

Codes: R - RIP derived, O - OSPF derived,
 C - connected, S - static, B - BGP derived,
 * - candidate default route, IA - OSPF inter area route,
 i - IS-IS derived, ia - IS-IS, U - per-user static route,
 o - on-demand routing, M - mobile, P - periodic downloaded static route,
 D - EIGRP, EX - EIGRP external, E1 - OSPF external type 1 route,
 E2 - OSPF external type 2 route, N1 - OSPF NSSA external type 1 route,
 N2 - OSPF NSSA external type 2 route

Codes of protocol that
 derived the route

Gateway of last resort is 10.119.254.240 to network 10.140.0.0

This is the IP address and
 network information of the
 Gateway of last resort

O E2	10.110.0.0	[160/5]	via 10.119.254.6,	0:01:00,	Ethernet2
E	10.67.10.0	[200/128]	via 10.119.254.244,	0:02:22,	Ethernet2
O E2	10.68.132.0	[160/5]	via 10.119.254.6,	0:00:59,	Ethernet2
O E2	10.130.0.0	[160/5]	via 10.119.254.6,	0:00:59,	Ethernet2
E	10.128.0.0	[200/128]	via 10.119.254.244,	0:02:22,	Ethernet2
E	10.129.0.0	[200/129]	via 10.119.254.240,	0:02:22,	Ethernet2
E	10.65.129.0	[200/128]	via 10.119.254.244,	0:02:22,	Ethernet2
E	10.10.0.0	[200/128]	via 10.119.254.244,	0:02:22,	Ethernet2
E	10.75.139.0	[200/129]	via 10.119.254.240,	0:02:23,	Ethernet2
E	10.16.208.0	[200/128]	via 10.119.254.244,	0:02:22,	Ethernet2
E	10.84.148.0	[200/129]	via 10.119.254.240,	0:02:23,	Ethernet2
E	10.31.223.0	[200/128]	via 10.119.254.244,	0:02:22,	Ethernet2
E	10.44.236.0	[200/129]	via 10.119.254.240,	0:02:23,	Ethernet2
E	10.141.0.0	[200/129]	via 10.119.254.240,	0:02:22,	Ethernet2
E	10.140.0.0	[200/129]	via 10.119.254.240,	0:02:23,	Ethernet2

:: (Output omitted) ::

Router#

Col. A

Col. B

Col. C

Col. D

Col. E

Col. F

Col. G

(Check Table 1-1 below for the column descriptions.)

Identification dans la table de routage

23

Field	Description
Col. A	Indicates the protocol that derived the route. It can be one of the following values: I--IGRP derived; R--RIP derived; O--OSPF derived; C—connected; S--static E--EGP derived; B--BGP derived; i--IS-IS derived
Col. B	Type of route.
Col. C	Indicates the address of the remote network.
Col. D	The first number in the brackets is the administrative distance of the information source; the second number is the metric for the route.
Col. E	Specifies the address of the next router to the remote network.
Col. F	Specifies the last time the route was updated (in hours:minutes:seconds).
Col. G	Specifies the interface through which the specified network can be reached.

Le protocole de routage RIP

24

- ❑ RIP (Routing Information Protocol) fut le premier protocole utilisé.
- ❑ Protocole de routage à vecteur de distance.
- ❑ Un protocole encore très populaire : simple et facile à entretenir.
- ❑ Pourquoi étudier RIP ?
 - ❑ Encore en utilisation (il y a RIPng pour IPv6).
 - ❑ Permet de comprendre les mécanismes des protocoles dynamiques (versions classful (RIPv1) et classless (RIPv2)).

Caractéristiques de RIP

25

- ❑ Protocole de routage à vecteur de distance.
- ❑ Métrique : sauts (hop count).
- ❑ Les routes annoncées avec un hop count supérieur à 15 sont considérées inatteignables (unreachable).
- ❑ Les messages (mises à jour des tables de routage) sont broadcastés à chaque 30 secondes.
- ❑ RIPv2 utilise multicast.

RIPv1 (RFC 1058)

26

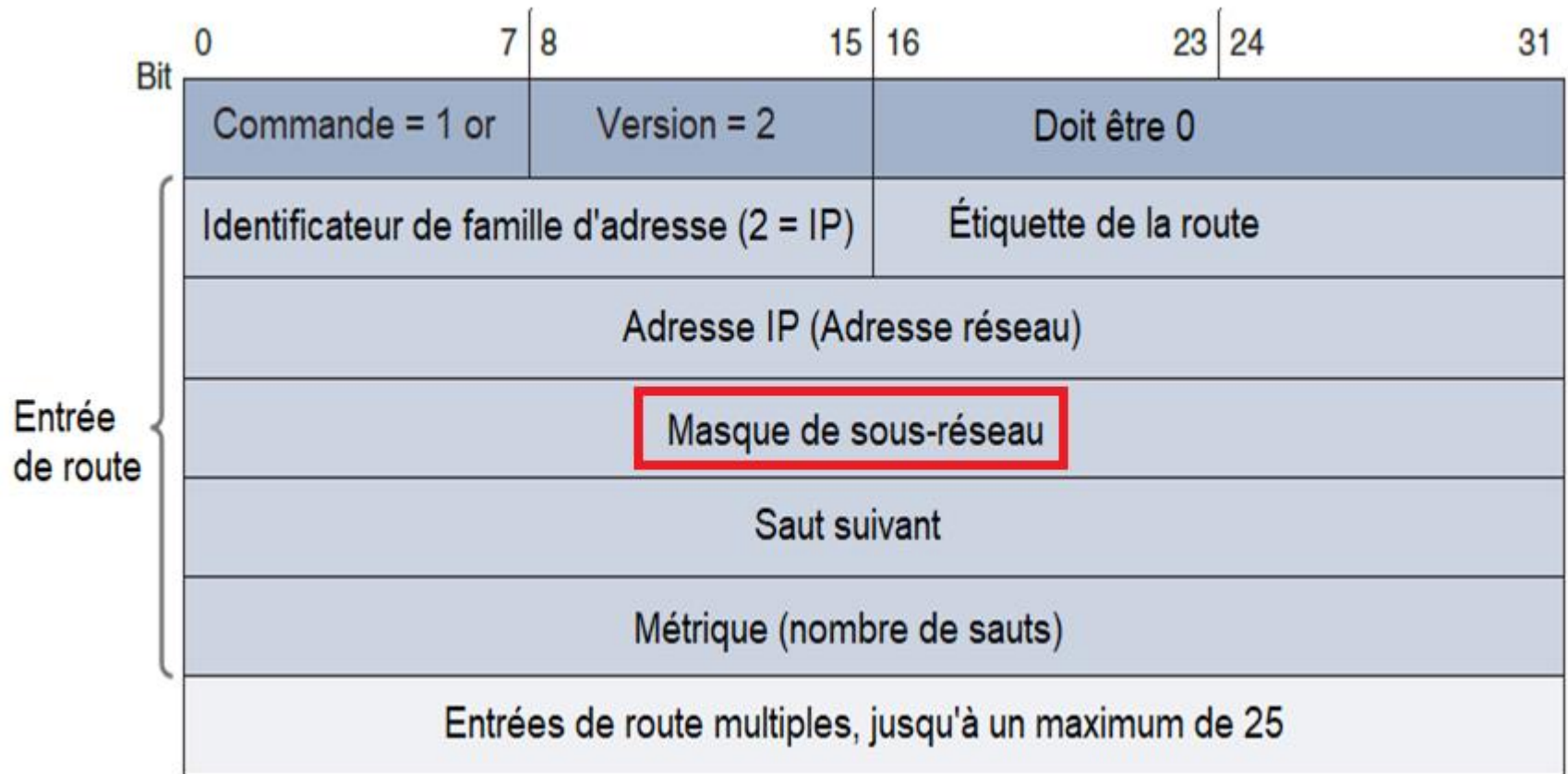
RIPv1

Bit	0	7	8	15	16	23	24	31
Entrée de route	Commande = 1 or		Version = 1		Doit être 0			
	Identificateur de famille d'adresse (2 = IP)				Doit être 0			
	Adresse IP (Adresse réseau)							
	Doit être 0							
	Doit être 0							
	Métrique (nombre de sauts)							
	Entrées de route multiples, jusqu'à un maximum de 25							

RIPv2 (RFC 1723)

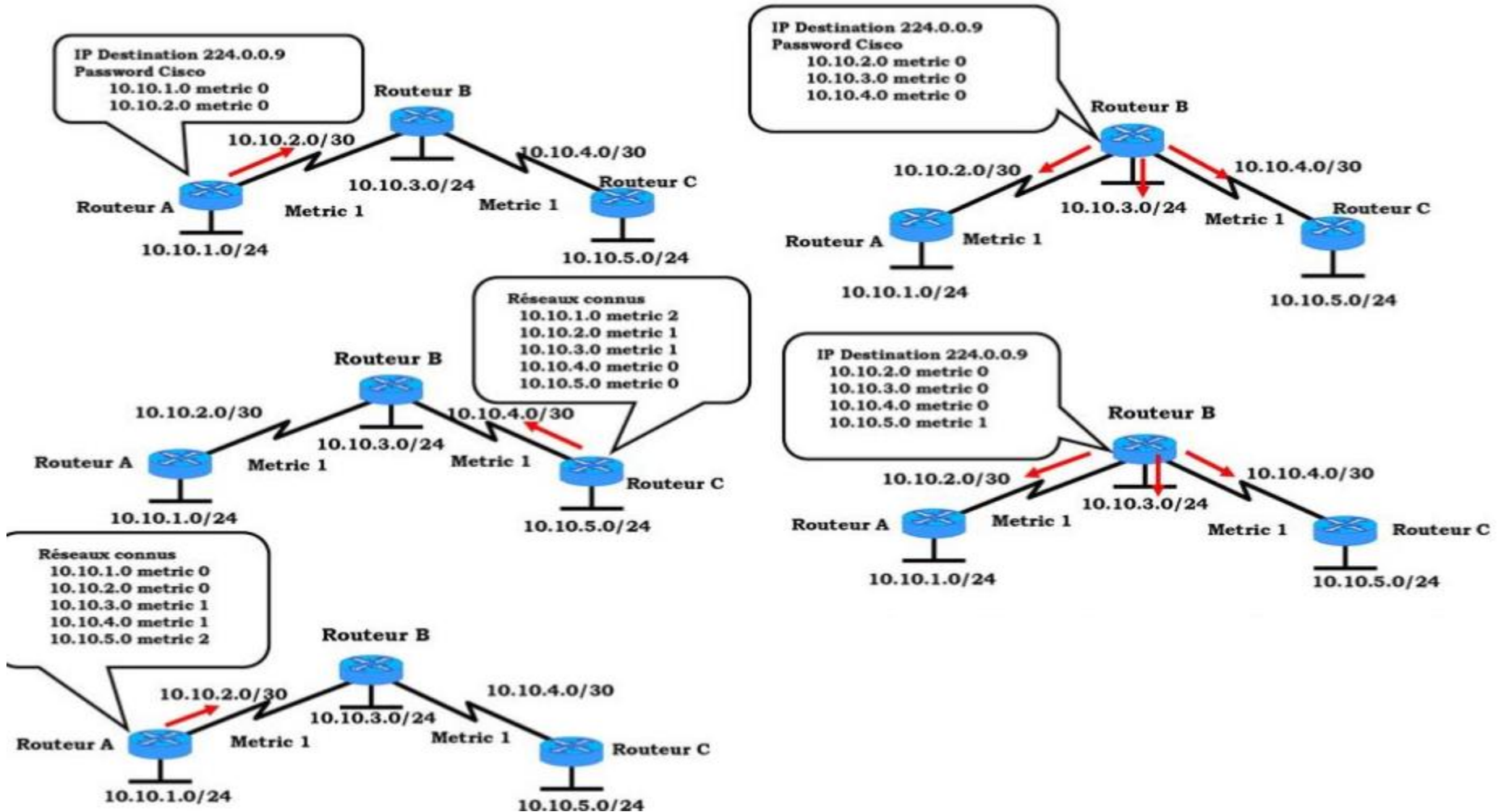
27

RIPv2



RIP v2 : Principe de fonctionnement

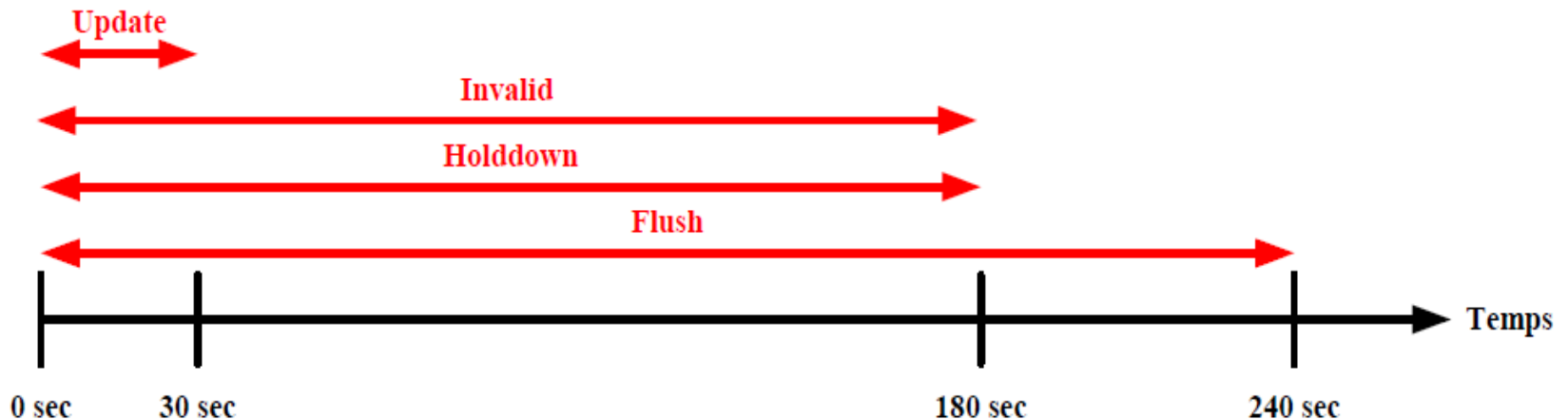
28



Les compteurs de RIP

29

- ❑ **Update** : Intervalle de temps entre les mises à jour périodiques (30 secondes par défaut).
- ❑ **Invalid** : Intervalle de temps après réception de la dernière mise à jour pour chaque entrée dans la table de routage avant de la considérer comme périmée.
- ❑ **Holddown** : Intervalle de temps après réception de la dernière mise à jour avant d'autoriser le remplacement de cette route par une autre moins bonne.
- ❑ **Flush** : Intervalle de temps après réception de la dernière mise à jour pour chaque entrée dans la table de routage avant de la supprimer de la table de routage.



RIP : Avantages et inconvénients

30

Les caractéristiques principales de RIP sont :

- Nombre de sauts (hop count) utilisé pour le calcul des métriques.
- Métrique maximale = 15 (métrique de mesure infinie = 16).
- Mises à jour périodiques toutes les 30 secondes.

Avantages	Inconvénients
Processus léger	Temps de convergence lent
Implémenté sur tous les systèmes d'exploitation	Nombre de sauts pour calculer les métriques
	Nombre de sauts limité à 15

RIPv1 vs RIPv2

31

RIPv1	RIPv2
Classful	Classless
Broadcast pour les mises à jour	Multicast (224.0.0.9) pour les mises à jour
Préfixes dans les mises à jour	Préfixes et masques de sous-réseau dans les mises à jour
	Support du VLSM
	Authentification des voisins

Procédure de configuration

32

Pour configurer un routeur en utilisant le protocole de routage RIP, il faut procéder comme suit :

- ❑ **Etape 1** : Activer le protocole RIP (commande **router rip**)
- ❑ **Etape 2** : Spécifier les réseaux directement connectés devant participer au processus de routage (commande **network**).
- ❑ **Etape 3 (optionnelle)** : Désactiver l'émission de mises à jour de routage vers les réseaux n'ayant pas de routeur(s) RIP autre(s) que le routeur local (commande **passive-interface**).
- ❑ **Etape 4 (optionnelle)** : Ajuster les différents compteurs de temps (commande **timers basic**).
- ❑ **Etape 5 (optionnelle)** : Choisir la version de RIP à utiliser (commande **version**).
- ❑ **Etape 6 (optionnelle)** : Propager la route par défaut existante sur le routeur local aux autres routeurs RIP du système autonome (commande **default-information originate**).
- ❑ **Etape 7 (optionnelle)** : Activer la répartition de charge entre plusieurs liens de même métrique (commande **maximum-paths**)

Etape 1 : Activer le protocole RIP

33

R1# **conf t**

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

R1(config)# **router ?**

bgp Border Gateway Protocol (BGP)

egp Exterior Gateway Protocol (EGP)

eigrp Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)

igrp Interior Gateway Routing Protocol (IGRP)

isis ISO IS-IS

iso-igrp IGRP for OSI networks

mobile Mobile routes

odr On Demand stub Routes

ospf Open Shortest Path First (OSPF)

rip Routing Information Protocol (RIP)

R1(config)# **router rip**

R1(config-router)#

Etape 2 : spécifications des réseaux

34

Syntaxe :

Router(config-router)# **network** directly-connected network-address

R1(config)# **router rip**

R1(config-router)# **network 192.168.1.0**

R1(config-router)# **network 192.168.2.0**

R2(config)# **router rip**

R2(config-router)# **network 192.168.2.0**

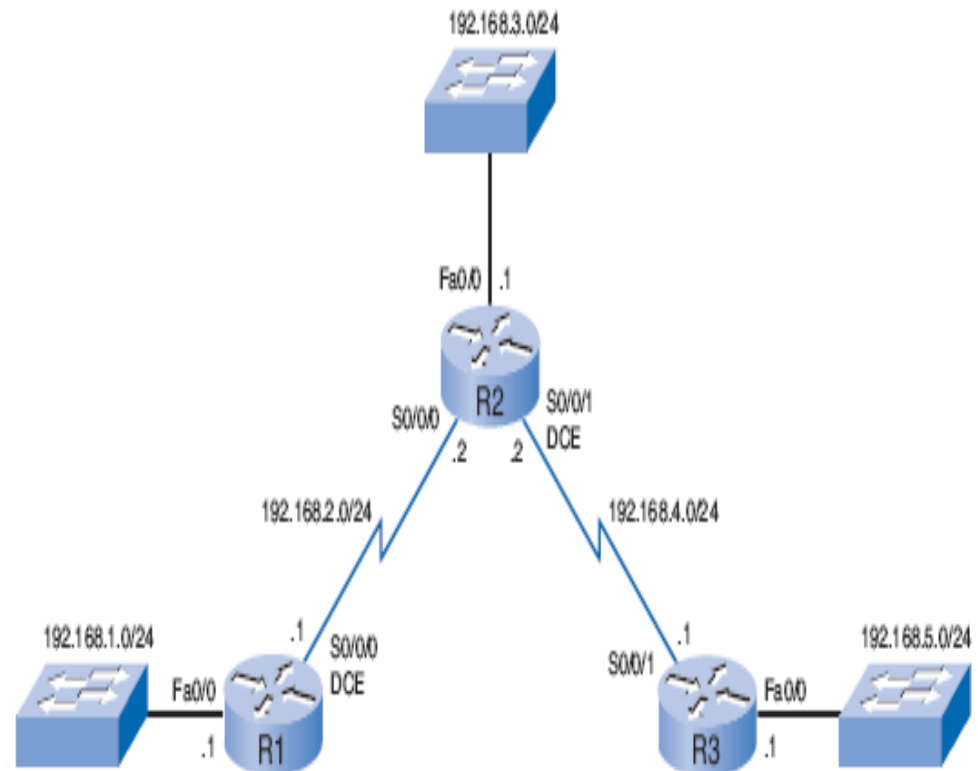
R2(config-router)# **network 192.168.3.0**

R2(config-router)# **network 192.168.4.0**

R3(config)# **router rip**

R3(config-router)# **network 192.168.4.0**

R3(config-router)# **network 192.168.5.0**



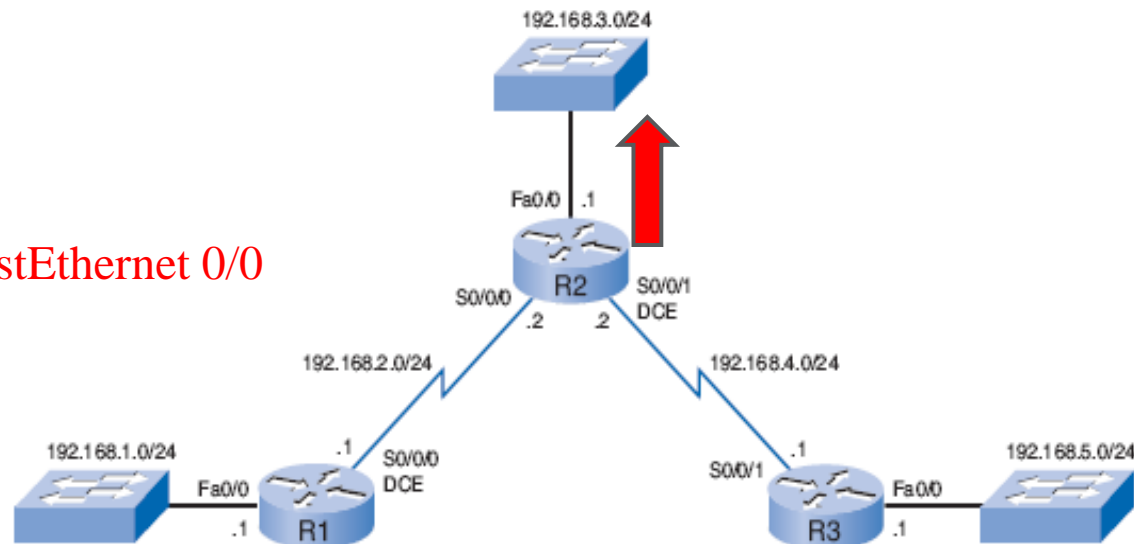
Etape 3 : Désactiver l'émission de mises à jour

35

- ✓ Désactiver l'émission de mises à jour de routage vers les réseaux n'ayant pas de routeur(s) RIP autre(s) que le routeur local.
- ✓ Empêche RIP d'envoyer des updates sur ces interfaces.
- ✓ Evite le gaspillage de la bande passante.
- ✓ Les dispositifs dans le LAN sont surchargés avec le traitement de messages RIPv1 (au moins jusqu'à la couche 2).
- ✓ Risque de sécurité.

R2(config)# router rip

R2(config-router)# passive-interface FastEthernet 0/0



Etape 4 : Ajuster les différents compteurs

36

RIP timers configuration

RIP timers configuration –

Update timer – 30

Route timeout timer (Invalid timer) – 180

Hold down timer – 180

Flush timer – 240

Router(config)# router rip

Router(config)# timers basic 20 80 80 120

Etape 5 : Choisir la version

37

```
R1# conf t
```

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

```
R1(config)# router ?
```

bgp Border Gateway Protocol (BGP)

egp Exterior Gateway Protocol (EGP)

eigrp Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)

igrp Interior Gateway Routing Protocol (IGRP)

isis ISO IS-IS

iso-igrp IGRP for OSI networks

mobile Mobile routes

odr On Demand stub Routes

ospf Open Shortest Path First (OSPF)

rip Routing Information Protocol (RIP)

```
R1(config)# router rip
```

```
R1(config-router)# version 2 // changer la version de RIP
```

Etape 6 : Propager la route par défaut

38

Étape 1 : suppression du réseau 192.168.4.0 de la configuration RIP de R2 : pas nécessaire d'envoyer des mises à jour entre R2 et R3 et nous ne voulons pas annoncer le réseau 192.168.4.0 à R1.

R2(config)#router rip

R2(config-router)#no network 192.168.4.0

Étape 2 : suppression complète du routage RIP de R3

R3(config)#no router rip

- configuration de la route statique (résumé) vers le réseau 172.30.0.0/16 sur R3

R3(config)#ip route 172.30.0.0 255.255.252.0 serial0/0/1

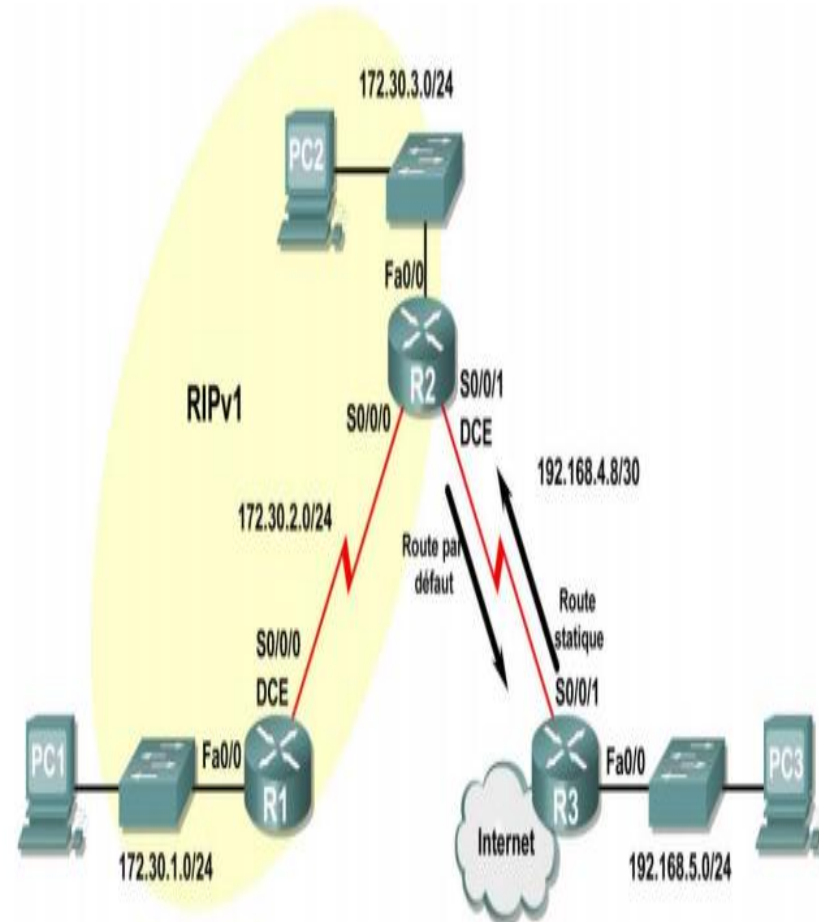
- configuration d'une route statique par défaut sur R2.

R2(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 serial 0/0/1

Étape 3 : configuration de R2 afin d'envoyer les informations de route statique par défaut vers R1

R2(config)#router rip

R2(config-router)#default-information originate



Etape 7 : Equilibrage de charge

39

- ❑ Quand un routeur apprend plusieurs routes vers un réseau donnée via plusieurs processus de routage (ou protocoles de routage, tels que RIP, RIPv2, IGRP, EIGRP et OSPF), il installe la route avec la plus faible distance administrative dans la table de routage.
- ❑ Parfois le routeur doit sélectionner une route parmi beaucoup apprises par l'intermédiaire du même processus de routage avec la même distance administrative.
- ❑ Six chemins différents configurés est le nombre maximal.

```
Router(config-router)# maximum-paths 5
```

Vérification

40

IOS fournit une panoplie de commandes permettant de visualiser l'état du protocole RIP ainsi que d'effectuer du débogage. Ces commandes sont les suivantes :

- ❑ **show ip protocols** : Affiche les compteurs RIP, les interfaces participant au processus de routage, les réseaux avertis ainsi que la version pour les mises à jour envoyées et reçues.
- ❑ **show ip rip database** : Affiche la FIB (Forward Information Base) de RIP.
- ❑ **debug ip rip [events]** : Affiche en temps réel les mises à jour RIP envoyées et reçues.

Motivation

41

Question : Peut-on exploité RIP dans un réseau de grand tailles ?

- ❑ RIP a une limite de 15 sauts : Un réseau qui couvre plus de 15 sauts (15 routeurs) est considéré comme inaccessible.
- ❑ Dans de grands réseaux, la convergence finit par être de l'ordre de plusieurs minutes. Cela pourrait entraîner des incohérences de routage.
- ❑ Le nombre de saut comme métrique pour comparer les routes vers la même destination n'est pas toujours fiable. (bande passante, charge,.....).
- ❑ Des diffusions régulières de la table de routage complète utilisent une grande quantité de bande passante.
- ❑ Les réseaux RIP sont des réseaux à topologie plane. Il n'y a aucun concept de zones ou de limites.

Réponse : RIP n'est pas approprié aux réseaux de grande taille.

→ Solution alternative : Protocole de routage OSPF.

Protocole de routage OSPF

42

Le protocole OSPF (Open Shortest Path First) est un protocole de routage à état de lien IP défini dans la RFC 2328.

- ❑ Proposé par l'IETF en 1988 et officialisé en 1991.
- ❑ Développé pour répondre aux limites de RIP.
- ❑ Il existe en 2 versions :
 - OSPFv2 pour IPv4.
 - OSPFv3 pour IPv6.

Les caractéristiques de l'OSPF

43

- ❑ Aucune limitation sur le nombre de sauts. → prend en charge des réseaux de grande taille.
- ❑ Support du VLSM.
- ❑ OSPF utilise le multicast IP pour envoyer des mises à jour de l'état des liaisons.
- ❑ Les mises à jour ne sont envoyées qu'en cas de modifications de routage(mises à jour incrémentielles). → meilleure utilisation de la bande passante.
- ❑ Meilleure convergence que RIP.
- ❑ Meilleur équilibrage de charge.
- ❑ Regroupement logique des réseaux où les routeurs peuvent être répartis en zones. → limite l'explosion des mises à jour de l'état des liaisons sur le réseau entier.
- ❑ L'authentification du routage à l'aide de différentes méthodes d'authentification par mot de passe.

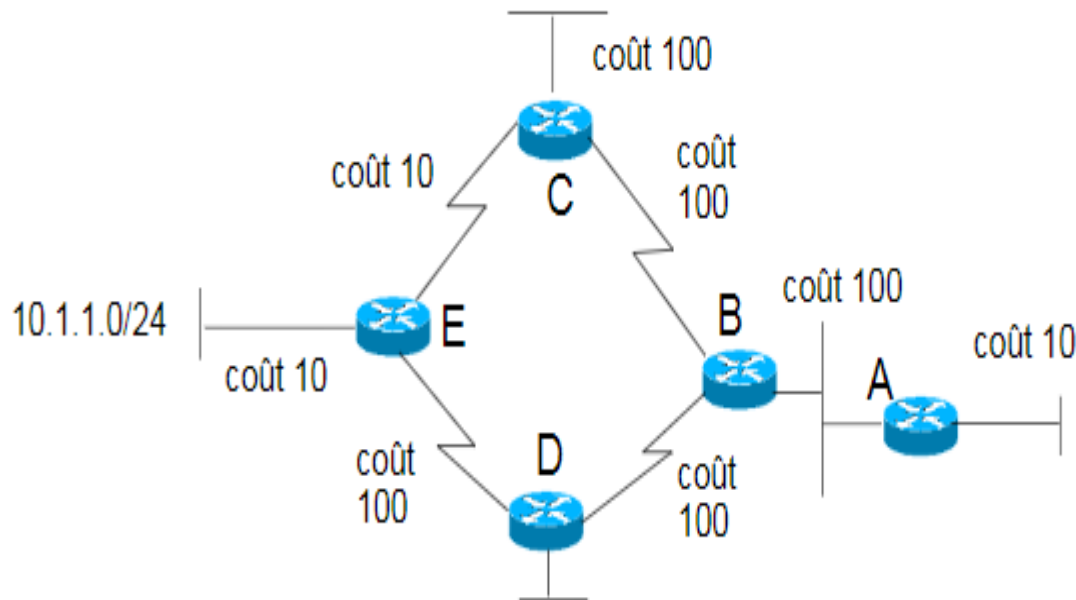
Idée de fonctionnement

44

- ❑ Avec les protocoles de routage à état de liens, chaque routeur a une image complète de la topologie du réseau, et peut de manière indépendante , prendre une décision sur une destination précise du réseau.
- ❑ Pour ce faire, chaque routeur conserve un enregistrement de :
 - ❑ Ses routeurs voisin immédiat.
 - ❑ Tous les autres routeurs dans le réseau, ou dans sa zone du réseau et leurs réseaux attachés.
 - ❑ Le meilleur chemins vers chaque destination.

Idée de fonctionnement

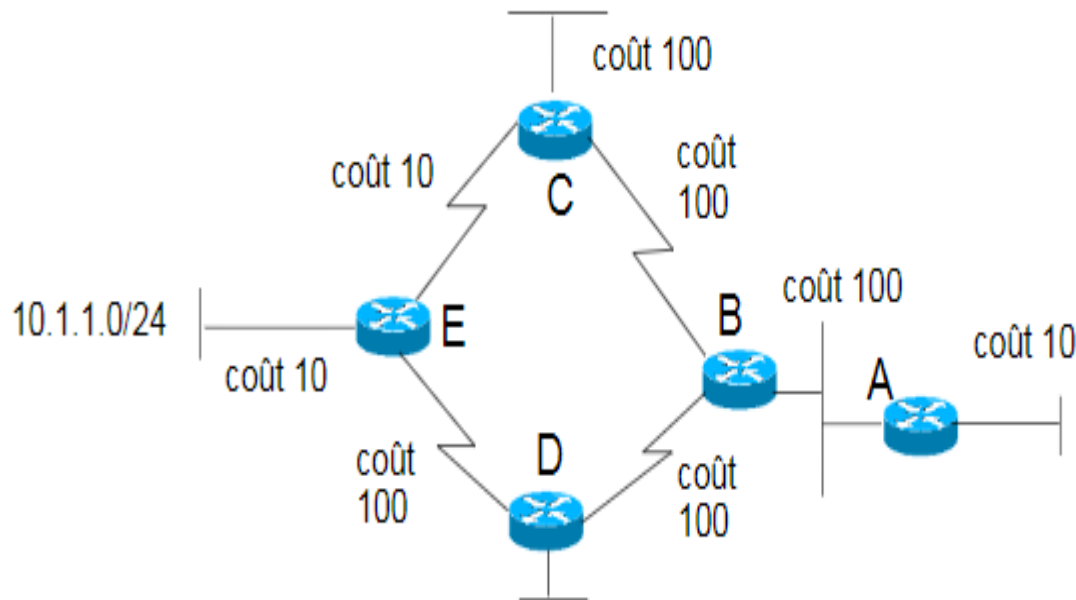
45



- ❑ 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 de fonctionnement

46



- ❑ 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

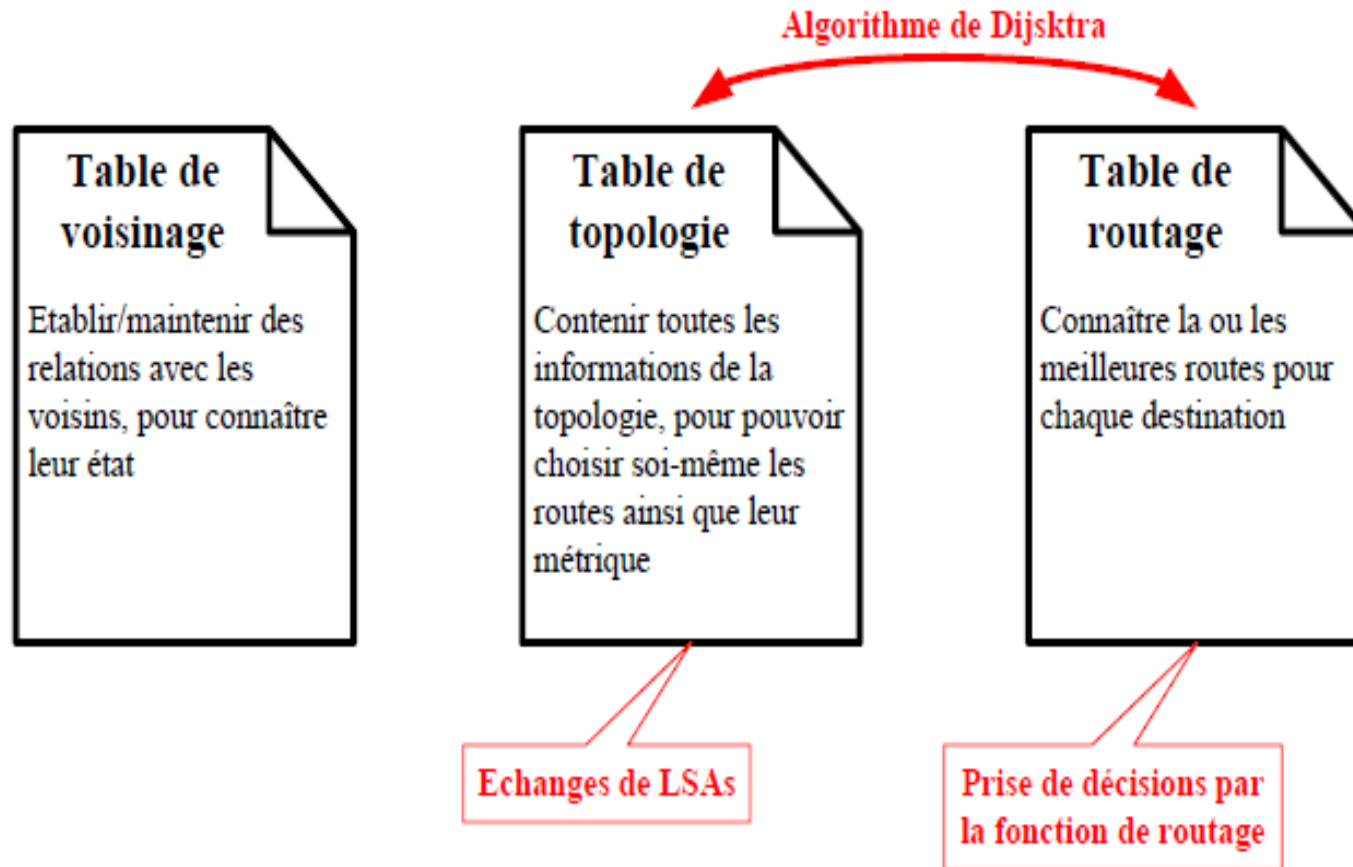
Principe de fonctionnement détaillé d'OSPF

47

- ❑ Le déroulement complet d'OSPF est le suivant :
 1. Chaque routeur découvre son voisinage et conserve une liste de tous ses voisins.
 2. Chaque routeur utilise un protocole fiable pour échanger les informations topologiques LSA : Link State Advertisement (annonce d'état de liaison) avec ses voisins.
 3. Chaque routeur stocke les informations topologiques apprises dans leur base de données (LSDB)
 4. Chaque routeur exécute l'algorithme SPF pour calculer les meilleurs routes.
 5. Chaque routeur place ensuite la meilleur route vers chaque sous-réseau dans sa table de routage.
- ❑ Chaque routeur possède donc :
 - Une table de ses voisins,
 - Une base de données de la topologie du réseau (LSDB)
 - Une table de routage

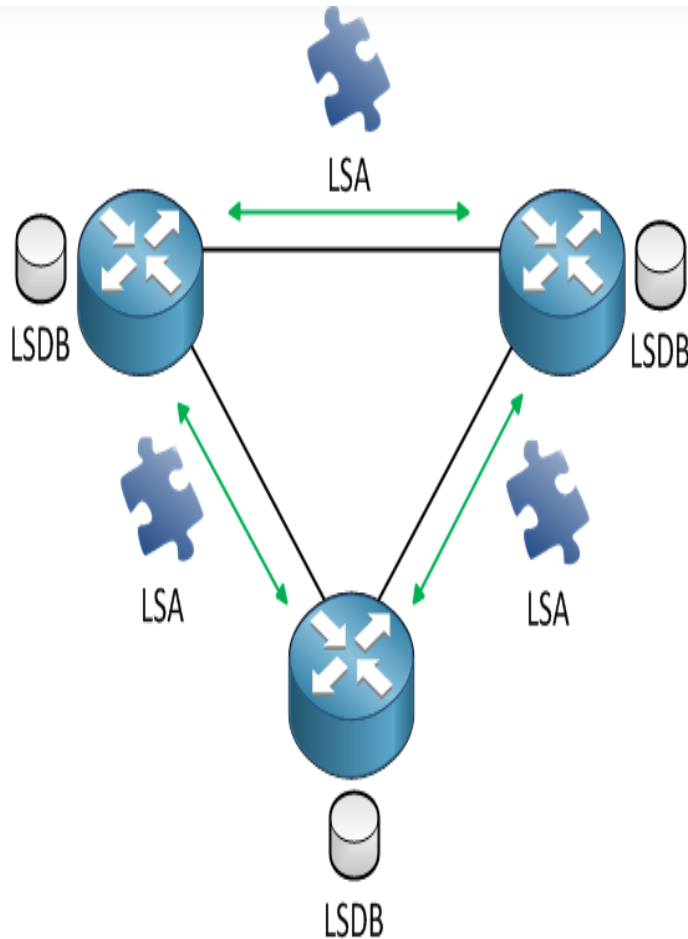
Principe de fonctionnement détaillé d'OSPF

48



Principe de fonctionnement détaillé d'OSPF

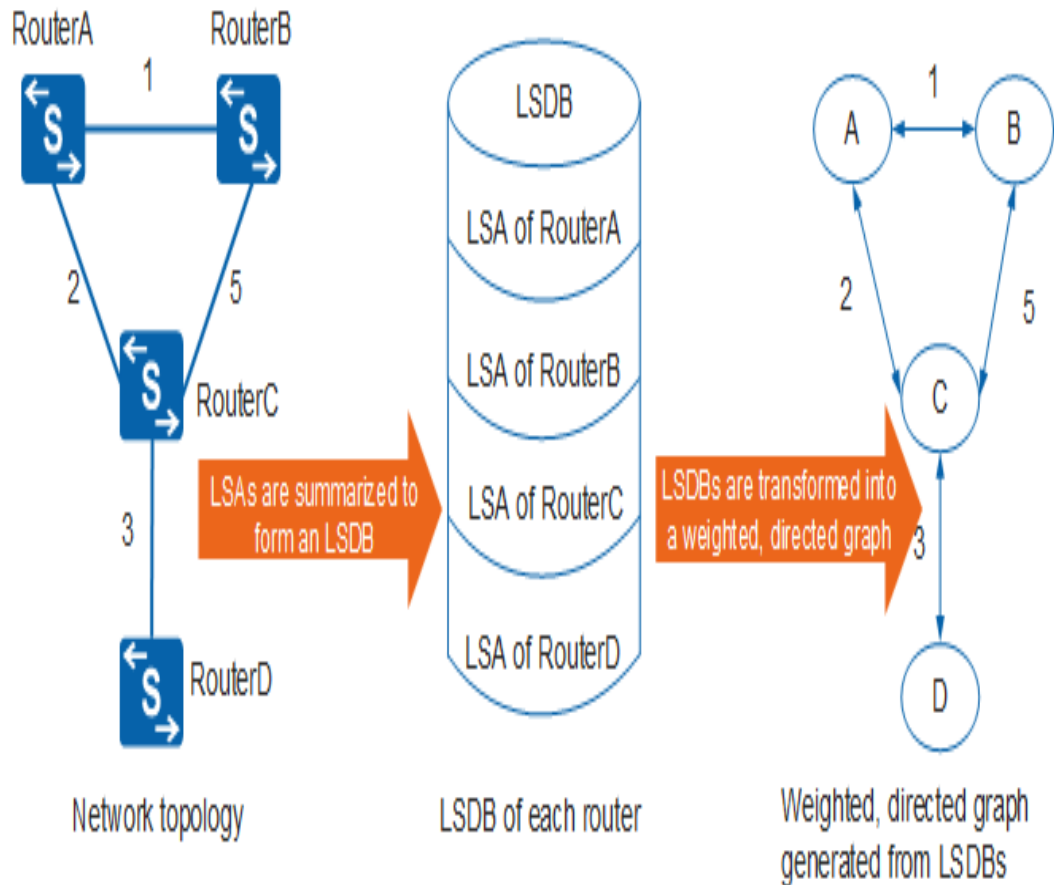
49



- ❑ L'annonce d'état de liaison (LSA) est un moyen de communication de base du protocole de routage OSPF pour le protocole IP.
- ❑ Il communique la topologie de routage local du routeur à tous les autres routeurs locaux de la même zone OSPF.

Principe de fonctionnement détaillé d'OSPF

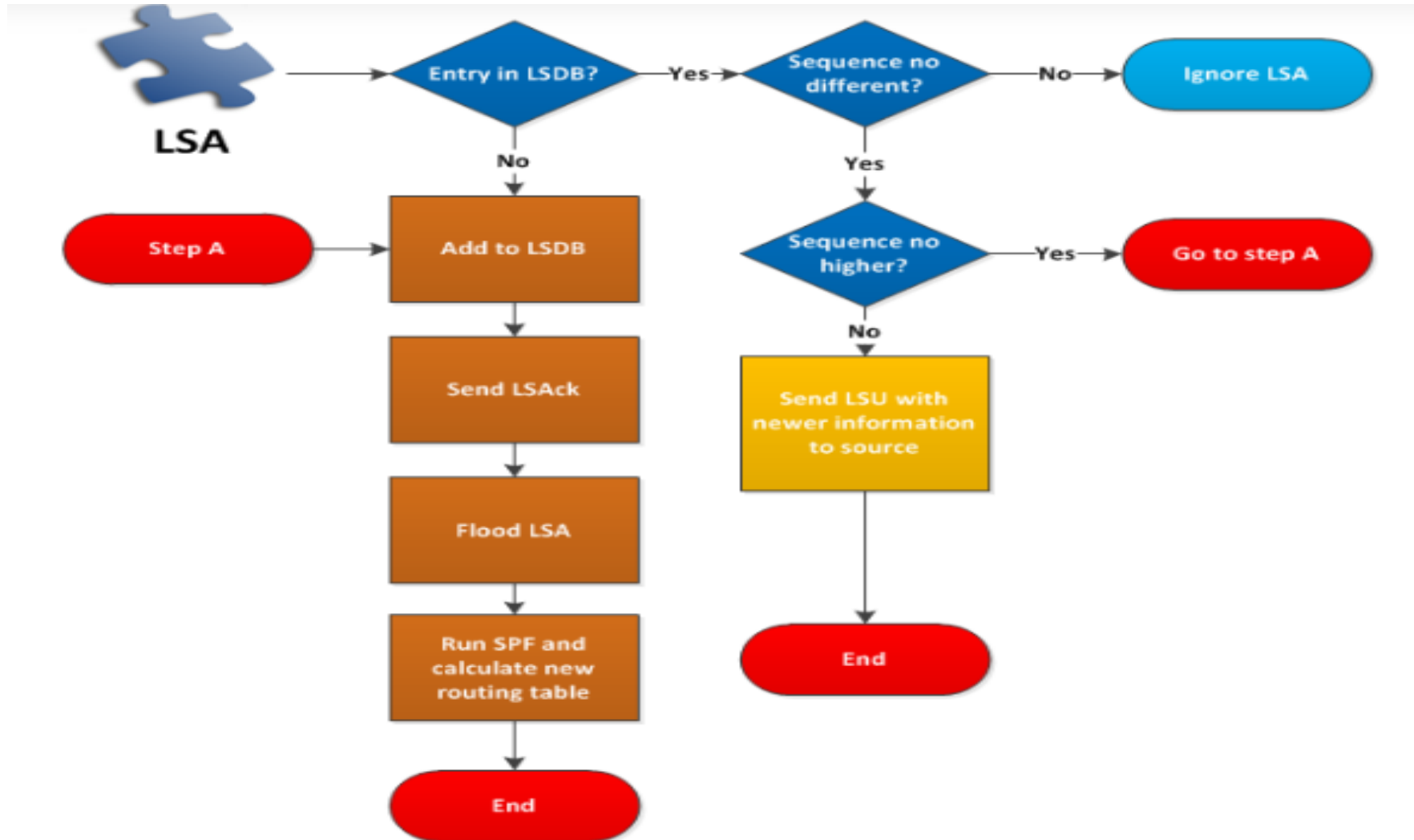
50



- ❑ Tous les routeurs doivent avoir ces annonces d'état de liaison afin qu'ils puissent construire leur base de données LinkState DataBase ou LSDB.
- ❑ En principe, toutes les annonces d'état de liaison (LSA) sont des pièces du puzzle qui construisent le (LSDB).
- ❑ Cette LSDB est notre image complète du réseau, en langage réseau nous appelons cette image topologie.

Principe de fonctionnement détaillé d'OSPF

51



Principe de fonctionnement détaillé d'OSPF

52

- ❑ 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.
- ❑ 5 types de paquets sont utilisés dont :

1. Hello

2. Database Description (DBD)

3. Link-State Request (LSR)

4. Link-State Update (LSU)

5. Link-State Acknowledgment (LSAck)

-Hello : Découverte de voisins, construction et maintenance des contiguités de voisinage.

-DBD : Ce paquet est utilisé pour vérifier si la LSDB entre 2 routeurs est la même. Le DBD est un résumé de la LSDB.

-LSR : Demande des enregistrements spécifiques d'état de liens d'un voisin OSPF.

-LSU : envoie les enregistrements d'état de liens qui ont été demandés. Ce paquet est comme une enveloppe qui contient plusieurs LSA.

-LSAck : le protocole OSPF est un protocole fiable, LSAck est un accusé de réception.

Principe de fonctionnement détaillé d'OSPF

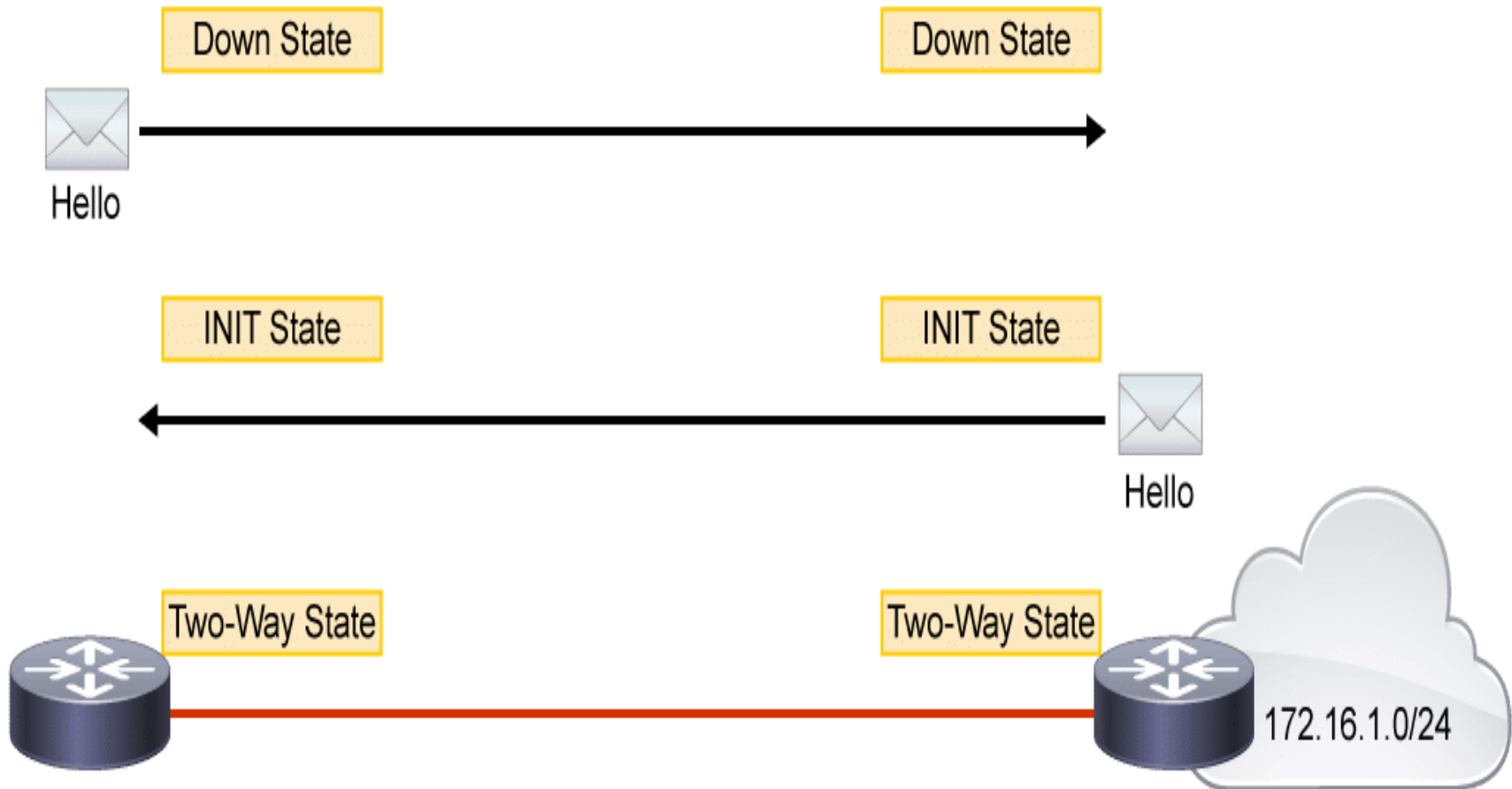
53

OSPF doit passer par 7 états pour avoir une relation de voisinage :

- 1) **DOWN** : aucun voisin détecté jusqu'à ce moment.
- 2) **Init** : Packet Hello reçu.
- 3) **Two-way** : ID de routeur trouvé dans paquet hello reçu.
- 4) **Extrat** : rôles de maître et esclave déterminés.
- 5) **Exchange** : paquets de description de base de données (DBD) envoyé.
- 6) **Loading** : échange des paquets LSRs(Link state request) et LSU (Link State Update)
- 7) **Full** : routeurs OSPF ont maintenant une contiguïté.

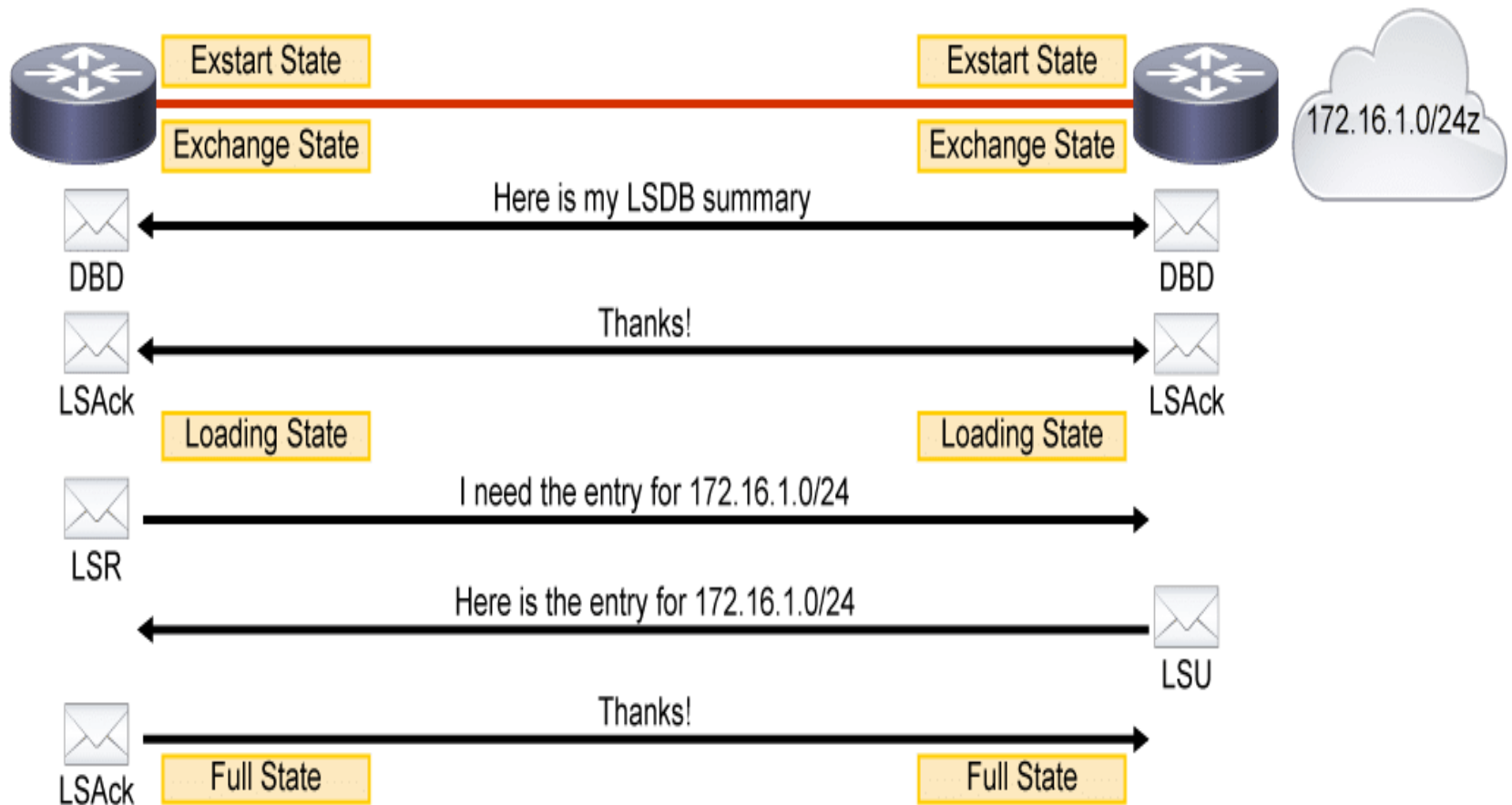
Principe de fonctionnement détaillé d'OSPF

54



Principe de fonctionnement détaillé d'OSPF

55



Métrique d'OSPF : le coût

56

- ❑ OSPF utilise une métrique appelée coût qui repose sur la bande passante d'une interface :

$$\text{COST} = \text{Reference bandwidth} / \text{Interface Bandwidth}$$

- ❑ La bande passante de référence est une valeur par défaut sur les routeurs CISCO égale à 100 Mbit/s.
- ❑ La métrique d'une route est l'addition des coûts d'un lien pour arriver à la destination.

Métrique d'OSPF : le coût

57

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

Coût identique grâce à la bande passante de référence

Problème : Les interfaces Fast Ethernet, Gigabit Ethernet et 10 Gigabits Ethernet, partagent le même coût, car le résultat de cette valeur ne peut être qu'un nombre entier.

Solution : Il est possible de modifier la valeur par défaut avec la commande : **auto-cost reference-bandwidth**

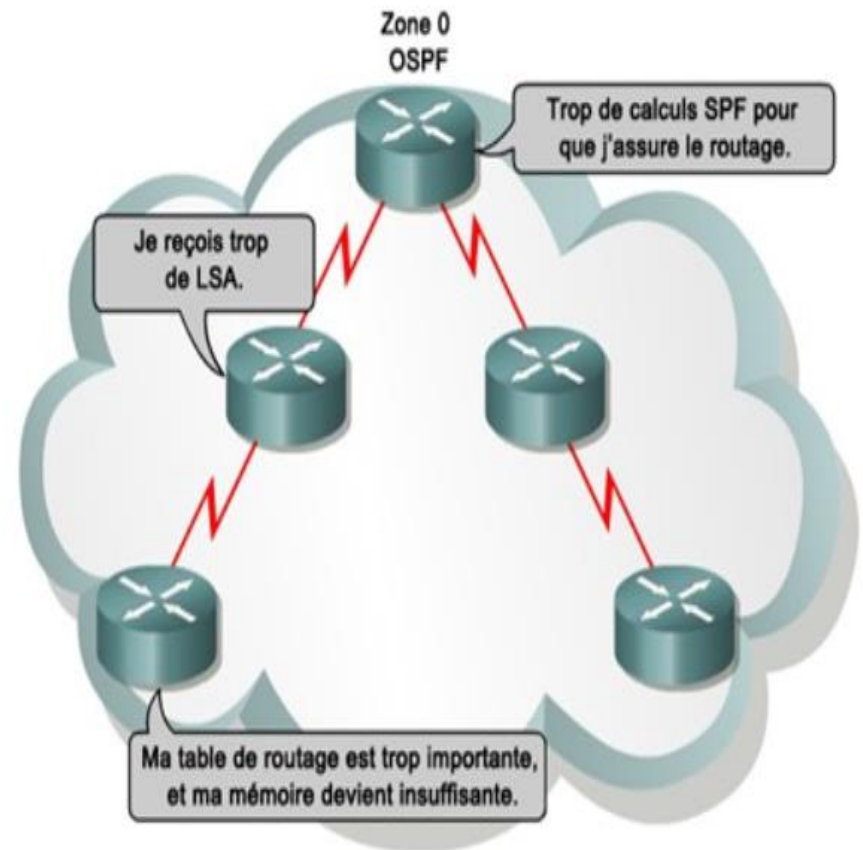
Problèmes Liés à OSPF : le cas de réseaux très étendus

58

- ❑ Calcul fréquents de l'algorithme SPF.
- ❑ Table de routage importante.
- ❑ LSDB de grande taille.

Solution :

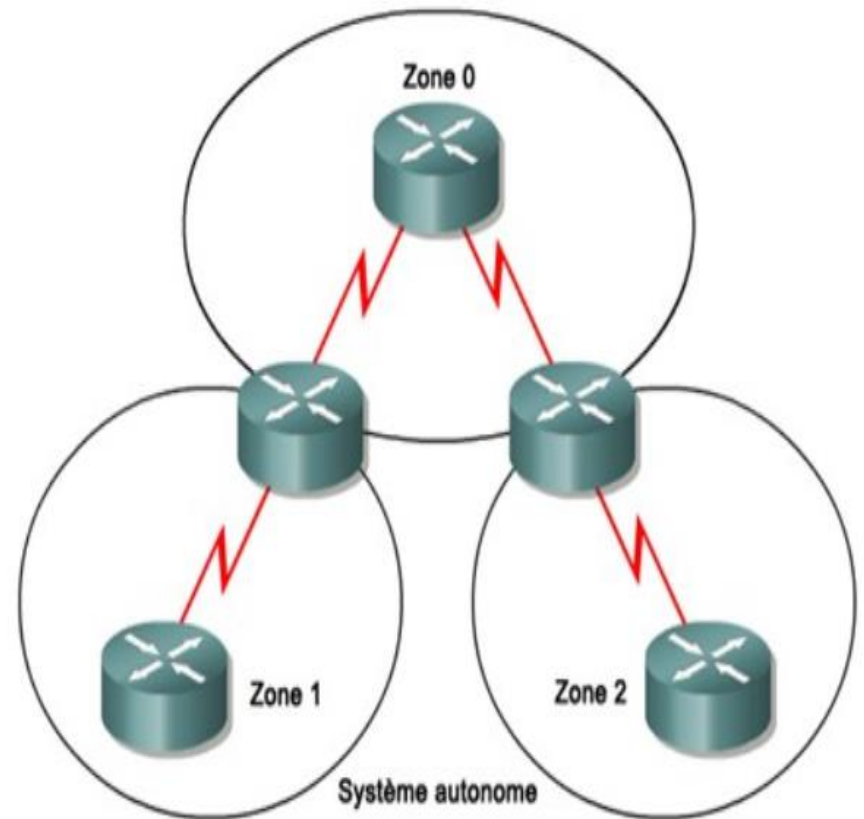
Scinder le réseau en plusieurs zones OSPF.



Zones OSPF

59

- ❑ Diminution de la fréquence des calculs SPF :
 - Les informations de route détaillées existent dans chaque zone.
 - Les changements d'état de liens ne sont pas diffusés dans les autres zones.
- ❑ Réduction de la taille des tables de routage.
- ❑ Réductions de la surcharge des LSU.

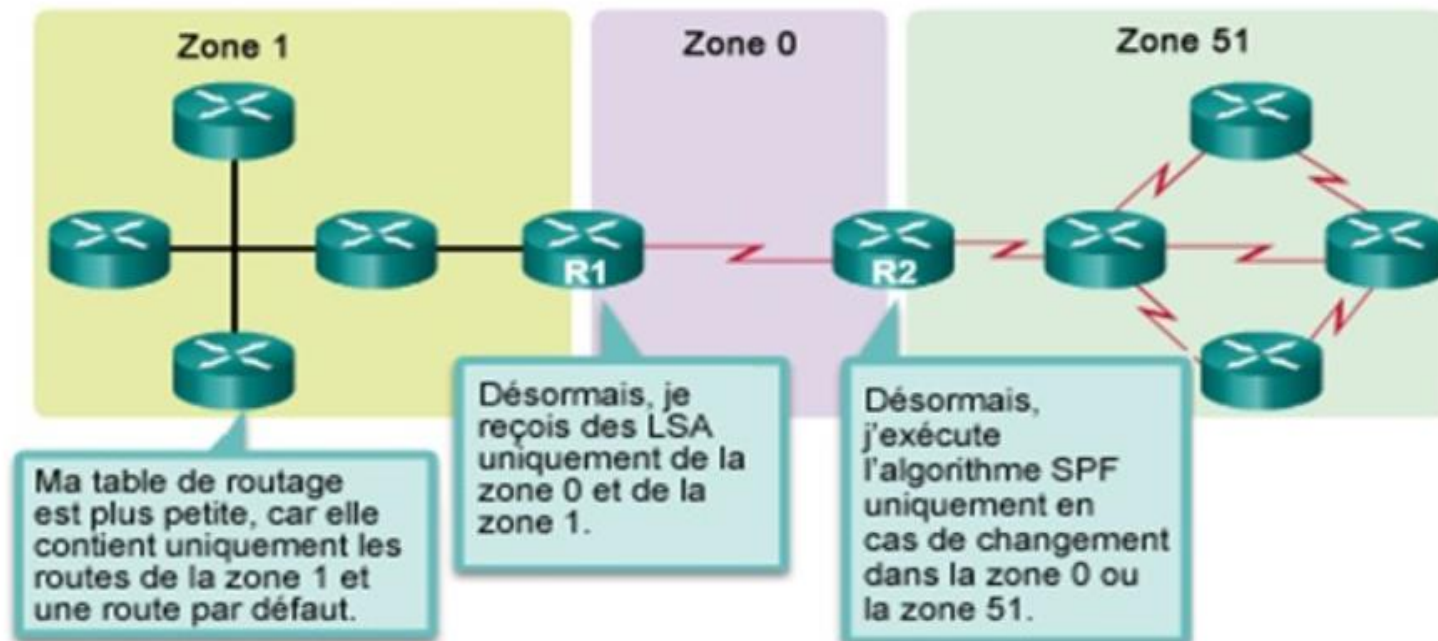


Pourquoi routage OSPF à zone multiple ?

60

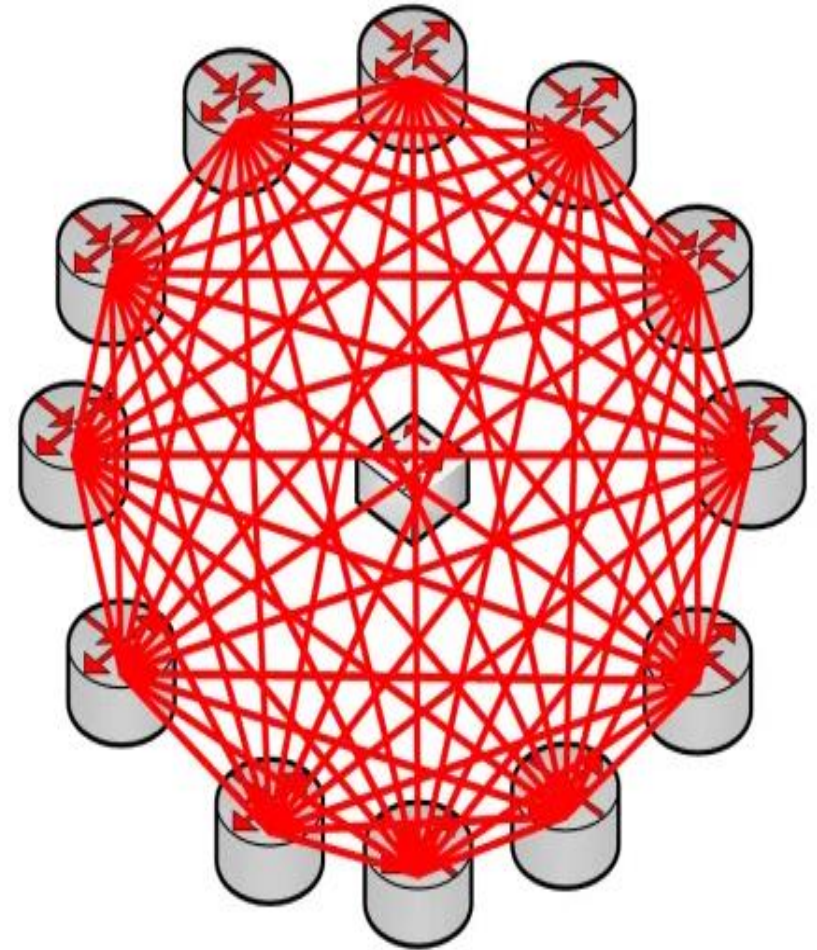
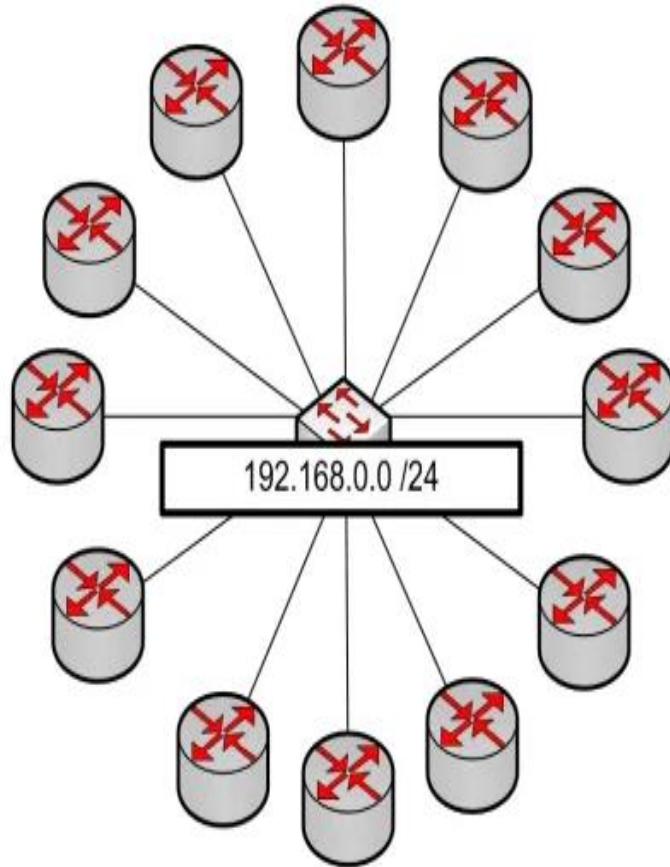
Le routage OSPF à zones multiples nécessite une conception réseau hiérarchique dans laquelle existe une zone principale, appelée zone de backbone (Area 0), à laquelle toutes les autres zones doivent se connecter.

Avantages du protocole OSPF à zones multiples



Problème liés aux réseaux OSPF de type broadcast

61

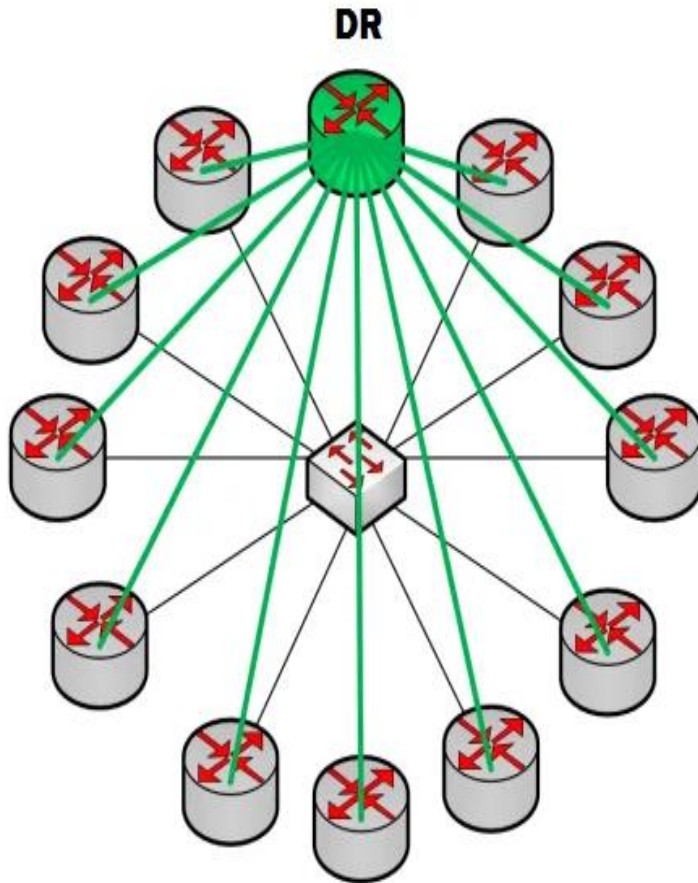


Problème : Trafic énorme à cause du nombre important de relation de voisinage entre les routeurs.

66 relations de voisinage

Solution : le routeur désigné (DR)

62

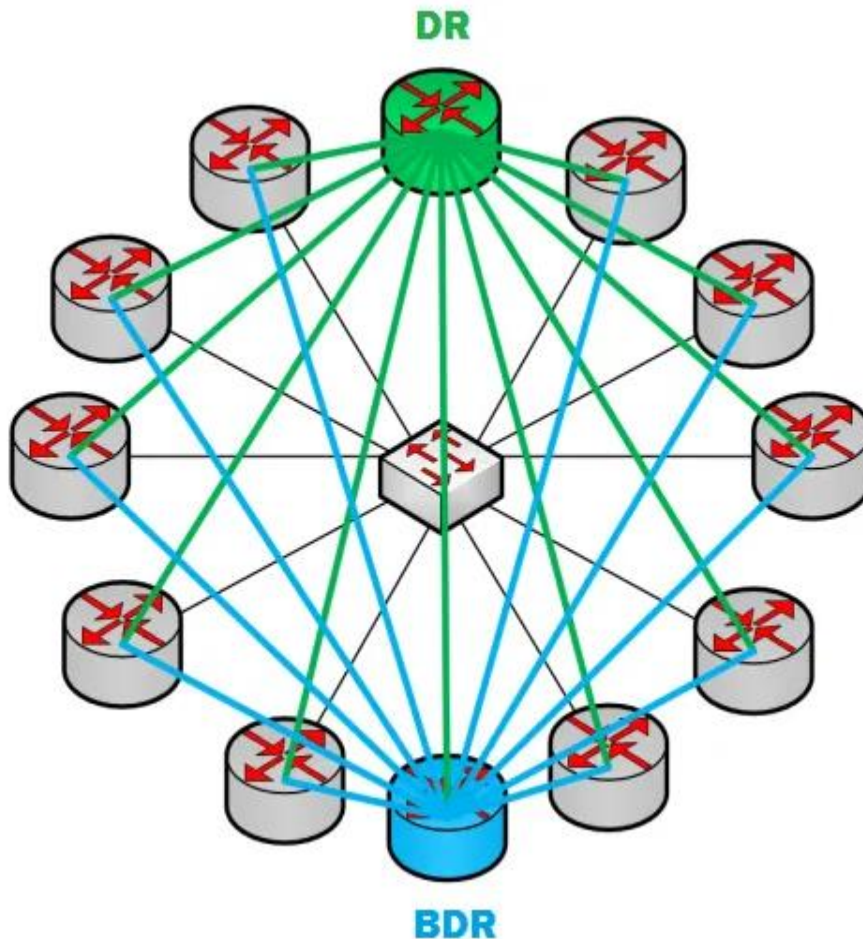


- ❑ Élire un chef d'orchestre (Routeur DR).
- ❑ Dans ce cas, chaque routeur va envoyer ses mises à jour uniquement au routeur DR.
- ❑ Le routeur DR aura la charge de remettre les mise à jours aux autres routeurs.

Problème : Mais si le DR tombe en panne !

Solution: routeur désigné de sauvegarde (BDR)

63



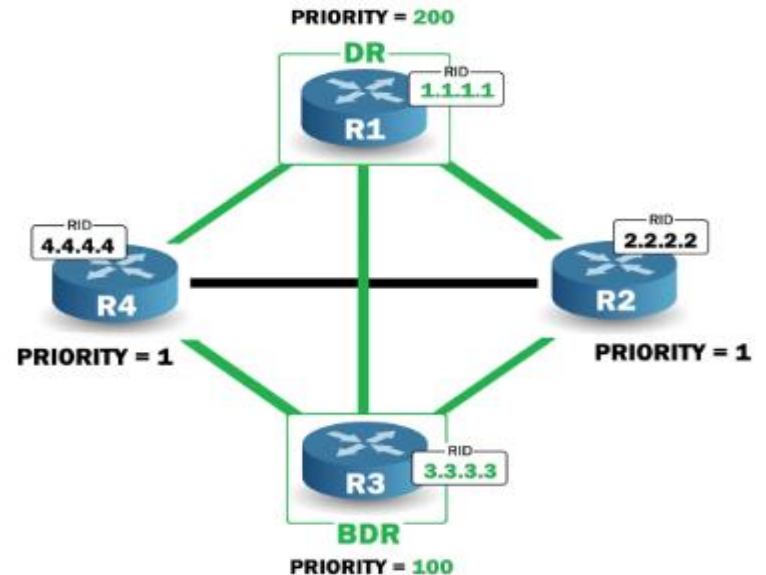
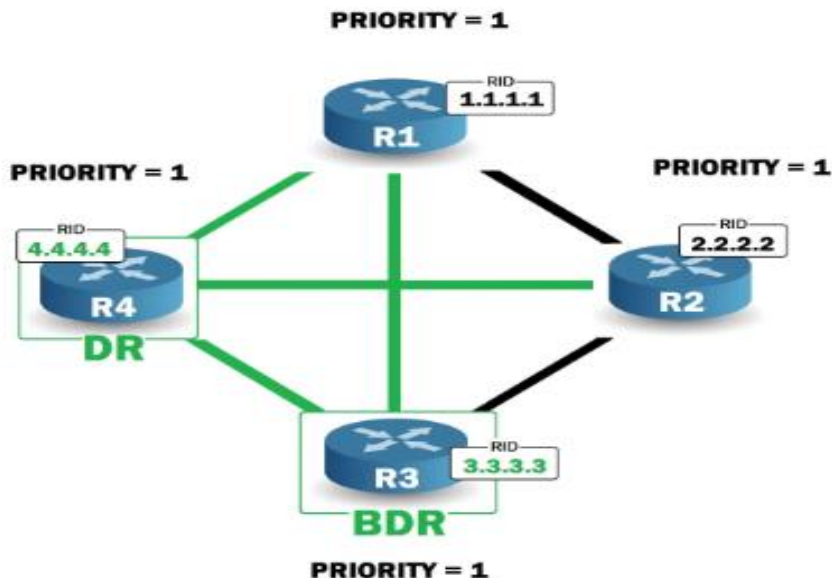
- ❑ Le routeur BDR remplacera le routeur DR si ce dernier tombe en panne.
- ❑ Remarque : les rôles DR et BDR seront mis en place uniquement si nos routeurs sont liés entre eux via un équipement de niveau 2 et qui partagent une même plage adresse IP.
- ❑ Si notre réseau OSPF est uniquement en point à point. Il n'aura pas de rôle DR et BDR.

Qui va être DR et BDR ?

64

Celui qui a :

- La priorité la plus haute (comprise entre 0 et 255)
- La valeur 0 sera ignoré et la valeur 1 est par défaut.
- Si tous les routeurs ont la même priorité : le routeur qui a le ID-router le plus élevé sera choisi.



Procédure de configuration

65

Pour configurer un routeur en utilisant le protocole de routage **OSPF**, il faut procéder comme suit :

- ❑ **Etape 1** : Activer le protocole OSPF (commande **OSPF id_Processus**).
- ❑ **Etape 2** : Spécifier les réseaux directement connectés devant participer au processus de routage (commande **network**).
- ❑ **Etape 3 (optionnelle)** : Désactiver l'émission de mises à jour de routage vers les réseaux n'ayant pas de routeur(s) OSPF autre(s) que le routeur local (commande **passive-interface**).
- ❑ **Etape 4 (optionnelle)** : Modification de la métrique OSPF
- ❑ **Etape 5 (optionnelle)** : Propager la route par défaut existante sur le routeur local aux autres routeurs OSPF (commande **default-information originate**).

Etape 1 : Activer le processus OSPF

66

- ❑ OSPF est activé avec la commande de configuration globale `router ospf process-id` :

R1(config)# router ospf process-id

- ❑ Le paramètre **process-id** est un nombre compris entre 1 et 65.535 et est choisi par l'administrateur réseau.
- ❑ L'ID de processus est significatif localement. Il n'a pas besoin de correspondre à d'autres routeurs OSPF pour établir des adjacences avec ces voisins.
- ❑ Exemple :

R1(config)# router ospf 10

Etape 2 : spécifications des réseaux

67

- La commande network est utilisée en mode configuration du routeur :

Router(config-router)# network network-address wildcard-mask area area-id

- Le masque générique (wildcard-mask) est habituellement configuré comme l'inverse d'un masque de sous-réseau.
- Le paramètre area-id fait référence à une zone OSPF.

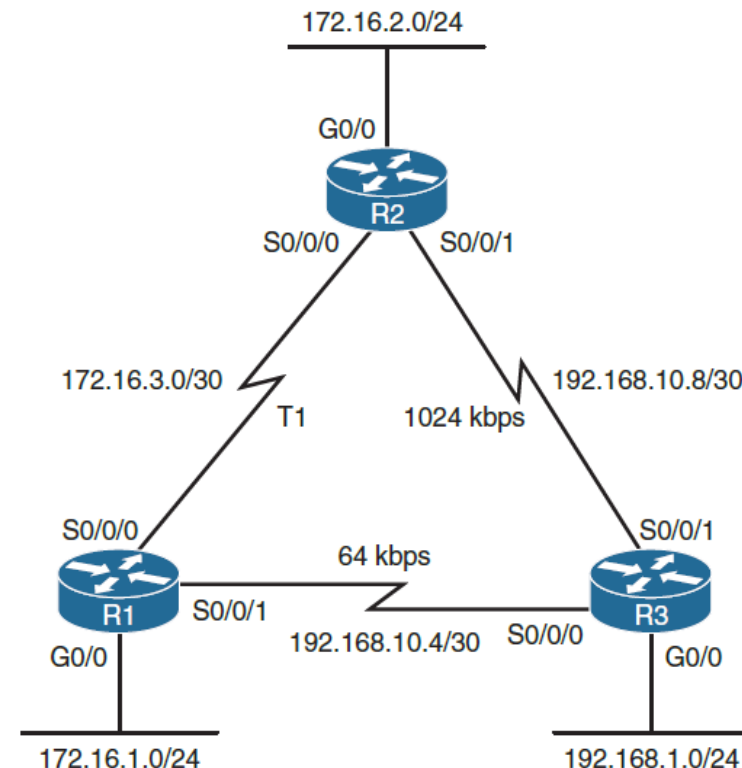
Exemple :

R2(config)# router ospf 10

R2(config-router)# network 172.16.2.0 0.0.0.255 area 0

R2(config-router)# network 172.16.3.0 0.0.0.3 area 0

R2(config-router)# network 192.168.10.8 0.0.0.3 area 0

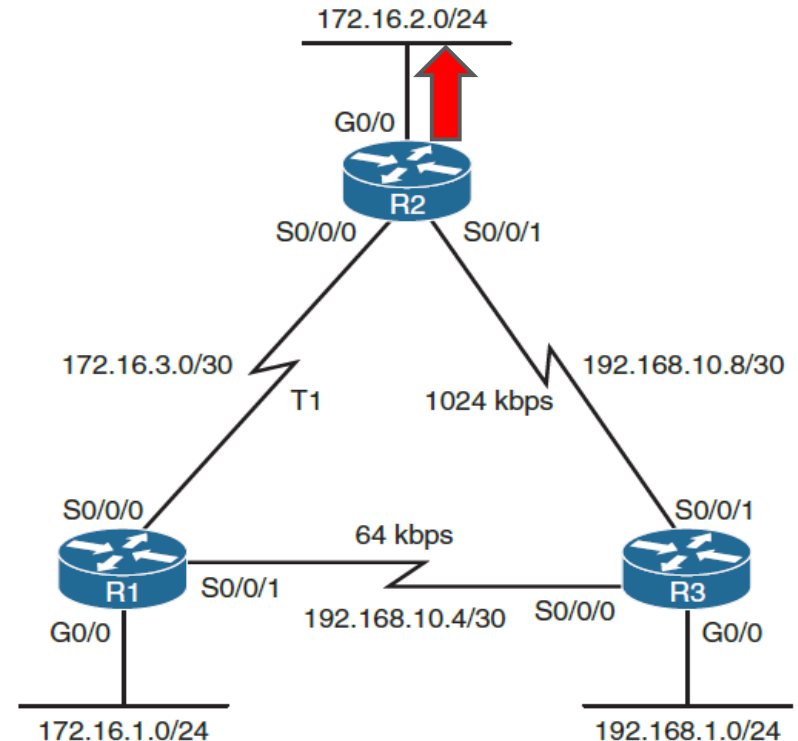


Etape 3 : Désactiver l'émission de mises à jour

68

Utilisez la commande `passive-interface` pour éviter que les mises à jour OSPF ne soient envoyées par des interfaces inutiles.

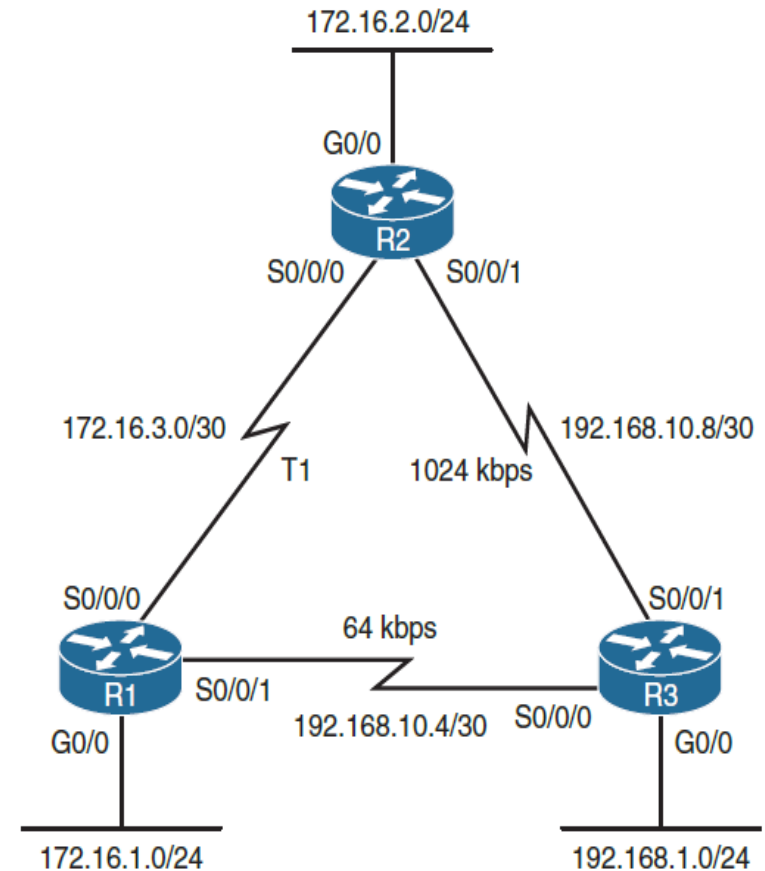
Router(config)# passive-interface gigabitethernet 0/0



Etape 4 : Modification de la métrique OSPF

69

- ❑ Sur les routeurs Cisco, la bande passante par défaut sur la plupart des interfaces série est réglée à la vitesse **T1**, soit **1,544 Mbps**. Mais dans notre topologie de la Figure A, nous avons les vitesses réelles suivantes :
- ❑ La liaison entre R1 et R2 fonctionne à **1544 kbps** (valeur par défaut).
- ❑ La liaison entre R2 et R3 fonctionne à 1024 kbps.
- ❑ La liaison entre R1 et R3 fonctionne à 64 kbps.
- ❑ Vous pouvez modifier la métrique OSPF de deux façons :
 - ❑ Utilisez la commande **bandwidth** pour modifier la valeur de bande passante utilisée par Cisco IOS dans le calcul de la mesure du coût OSPF.
 - ❑ Utilisez la commande **ip ospf cost**, qui vous permet de spécifier directement le coût d'une interface.



Etape 4 : Modification de la métrique OSPF

70

Comparaison des commandes bandwidth et ip ospf cost

Réglage de la bande passante de l'interface		Réglage manuel du coût OSPF
R1(config)# interface S0/0/1	ou	R1(config)# interface S0/0/1
R1(config-if)# bandwidth 64	ou	R1(config-if)# ip ospf cost 65535
R2(config)# interface S0/0/1	ou	R2(config)# interface S0/0/1
R2(config-if)# bandwidth 1024	ou	R2(config-if)# ip ospf cost 9765
R3(config)# interface S0/0/0	ou	R3(config)# interface S0/0/0
R3(config-if)# bandwidth 64	ou	R3(config-if)# ip ospf cost 65535
R3(config)# interface S0/0/1	ou	R3(config)# interface S0/0/1
R3(config-if)# bandwidth 1024	ou	R3(config-if)# ip ospf cost 9765

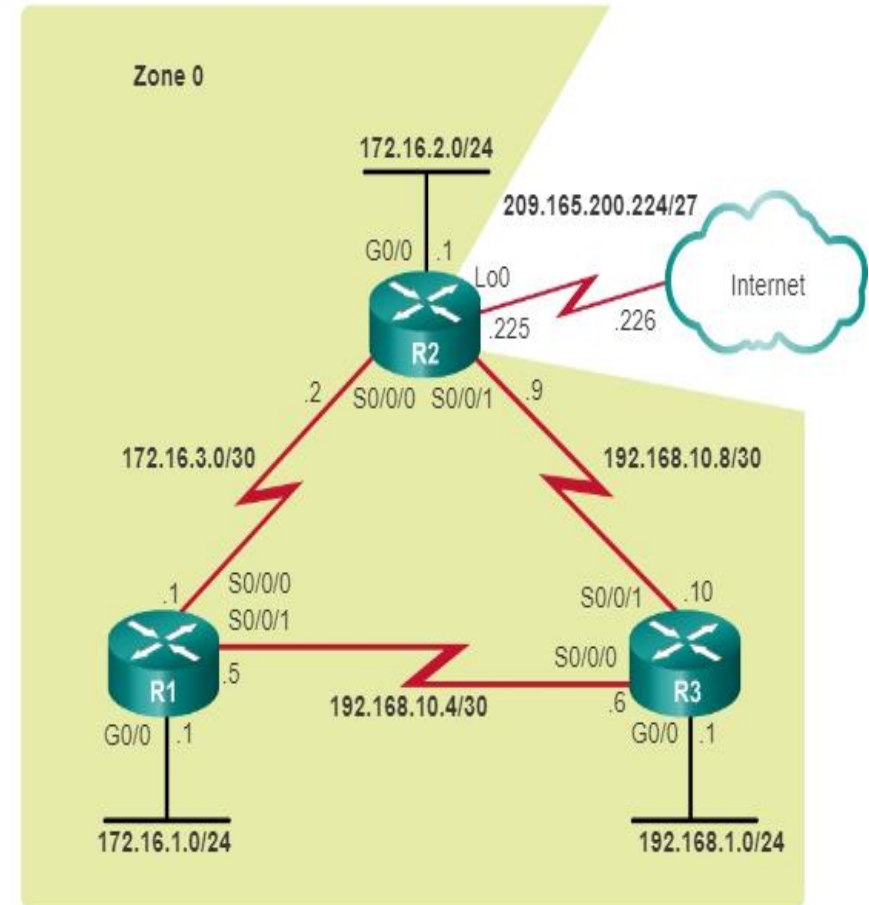
REMARQUE : L'interface à 64 kbps est réglée au coût maximum de OSPF 65535.

Etape 5 : Propager la route par défaut

71

Configuration d'une route par défaut sur R2

```
R2(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 209.165.200.226
R2(config)#
R2(config)# router ospf 10
R2(config-router)# default-information originate
R2(config-router)# end
R2#
```



Vérification

72

Commande de vérification	rôle
<code>show ip ospf</code>	Affiche le Processus OSPF
<code>show ip protocols</code>	Affiche toutes les sources d'informations de routage
<code>show ip ospf interface</code>	Affiche les détails sur les interfaces activées OSPF
<code>show ip ospf interface brief</code>	Affiche les informations concises sur les interfaces activées OSPF
<code>show ip ospf neighbor</code>	Affiche les listes des voisins
<code>show ip ospf database</code>	Affiche le sommaire de la LSDB
<code>show ip route ospf</code>	Affiche les routes apprises par OSPF

Comparatif : Interior Gateway Protocols

73

	Vecteur de distance				État des liens	
	RIPv1	RIPv2	IGRP	EIGRP	OSPF	IS-IS
Vitesse de convergence	Lente	Lente	Lente	Rapide	Rapide	Rapide
Évolutivité : taille du réseau	Faible	Faible	Faible	Élevée	Élevée	Élevée
Utilisation de VLSM	Non	Oui	Non	Oui	Oui	Oui
Utilisation des ressources	Faible	Faible	Faible	Moyenne	Élevée	Élevée
Implémentation et maintenance	Simple	Simple	Simple	Complexe	Complexe	Complexe