

1

SupNum

Institut Supérieur du Numérique



Matière : Services Réseaux

Année Universitaire 2024-2025

Cours de Routage IP

Plan de Cours

2

I. Introduction

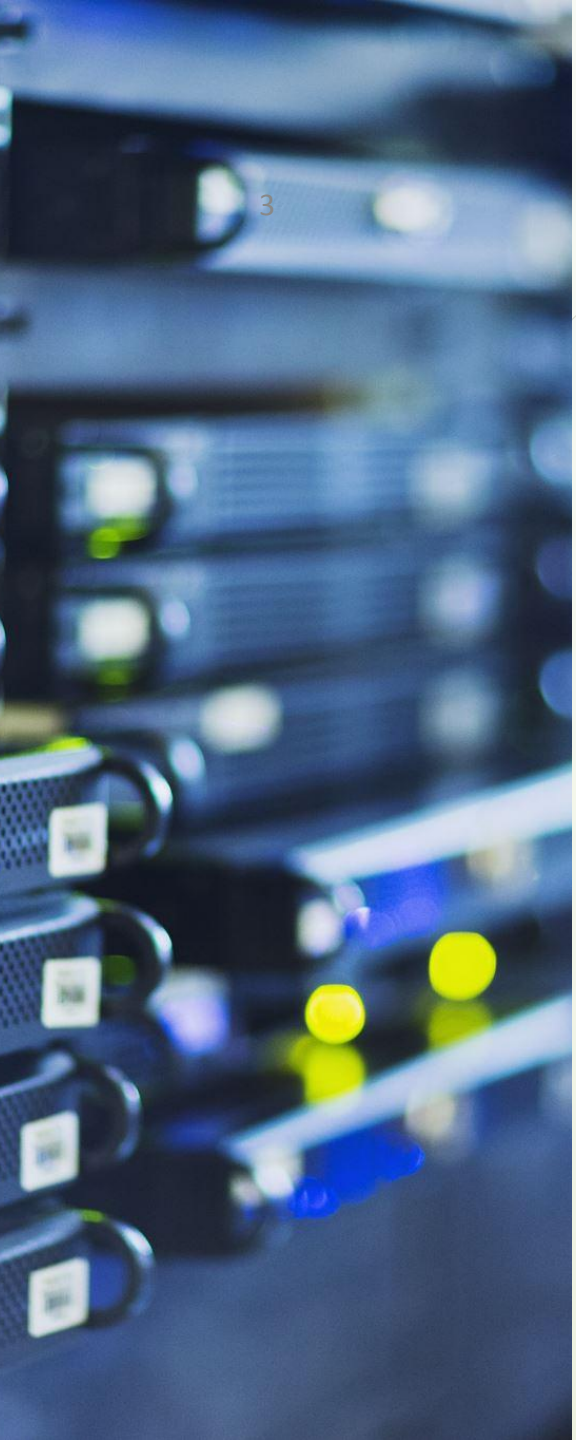
- Qu'est ce que le routage ?
- Pourquoi faire du routage sur un réseau ?
- Principes du routage ip
- Protocoles de routage ip

II. Routage Statique

- Définition, avantages et inconvénient
- Route par défaut
- Configuration

II. Routage Dynamique

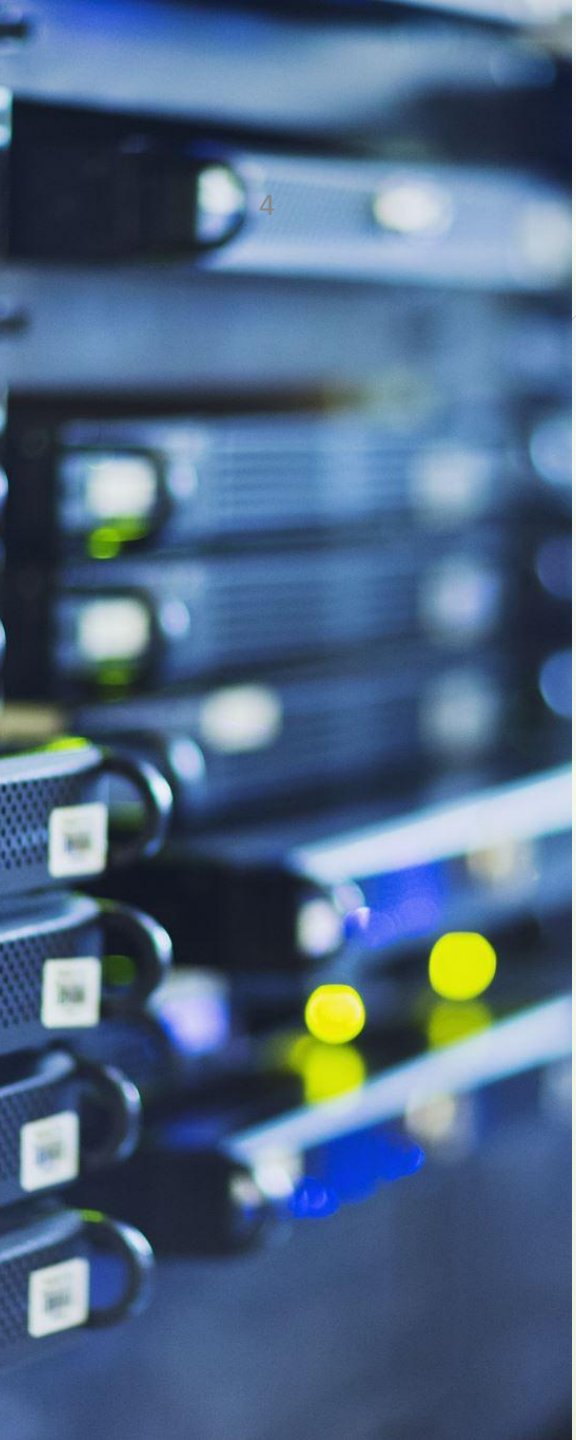
- Systemes autonomes
- Classes des protocoles de routage (Vecteur de distance et Etat de lien).
- Protocole de routage interne(IGP) : Exemple , RIP et OSPF.
- Protocole de routage externe(EGP) : Exemple , BGP.
- Configuration : RIP v1 , RIP v2 et OSPF



Introduction

Qu'est ce que le routage ?

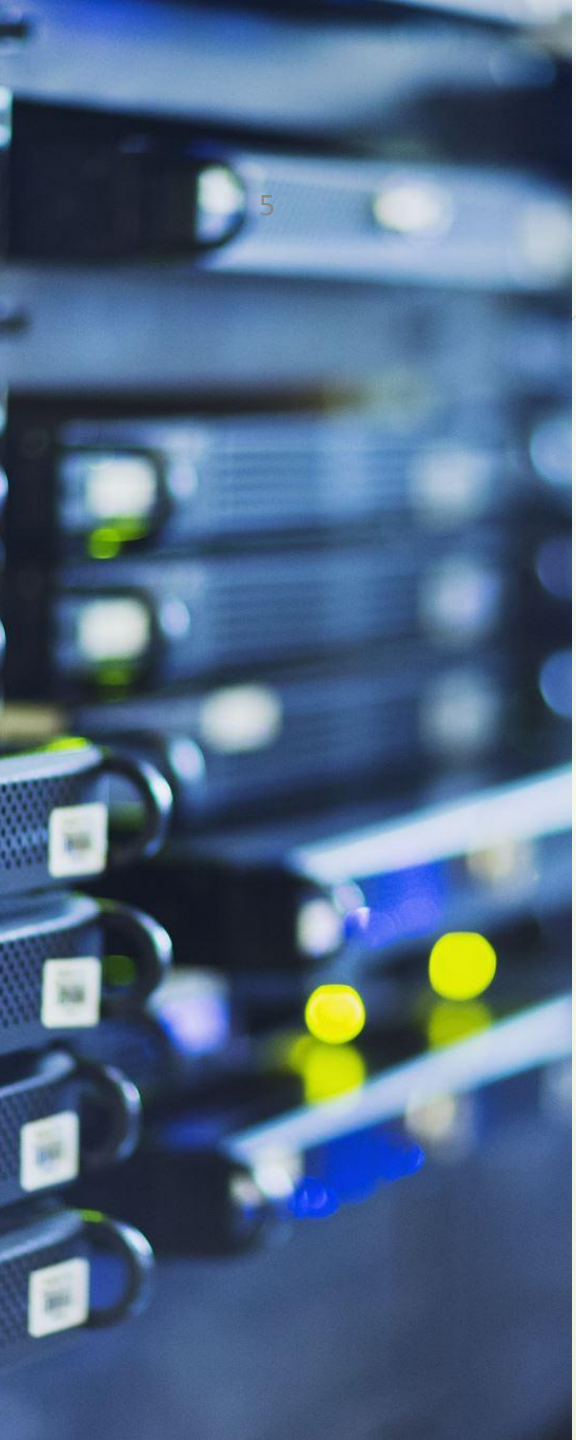
- Processus par lequel un élément (courrier, appels téléphoniques, trains, paquets IP, ...) va être acheminé d'un endroit à un autre.
 - Un élément faisant du routage doit connaître :
 - La destination,
 - De quelle source il peut apprendre les chemins d'accès à la destination voulue,
 - Les itinéraires possibles pour atteindre la destination,
 - Le(s) meilleur(s) itinéraire(s) pour atteindre la destination,
 - Un moyen d'actualiser les itinéraires.



Introduction

Pourquoi faire du routage sur un réseau ?

- Un équipement sur un réseau local
 - Peut atteindre directement les machines sur le même segment sans routage (ARP).
 - Ne peut pas atteindre les équipements sur un autre réseau (ou sous-réseau) sans un intermédiaire.
- Qui doit faire du routage sur un réseau ?
 - Équipement connecté à 2 réseaux ou sous-réseaux au moins,
 - Station de travail avec 2 interfaces réseau au moins,
 - Routeur (CISCO, Juniper, BayNetworks, ...)



Introduction

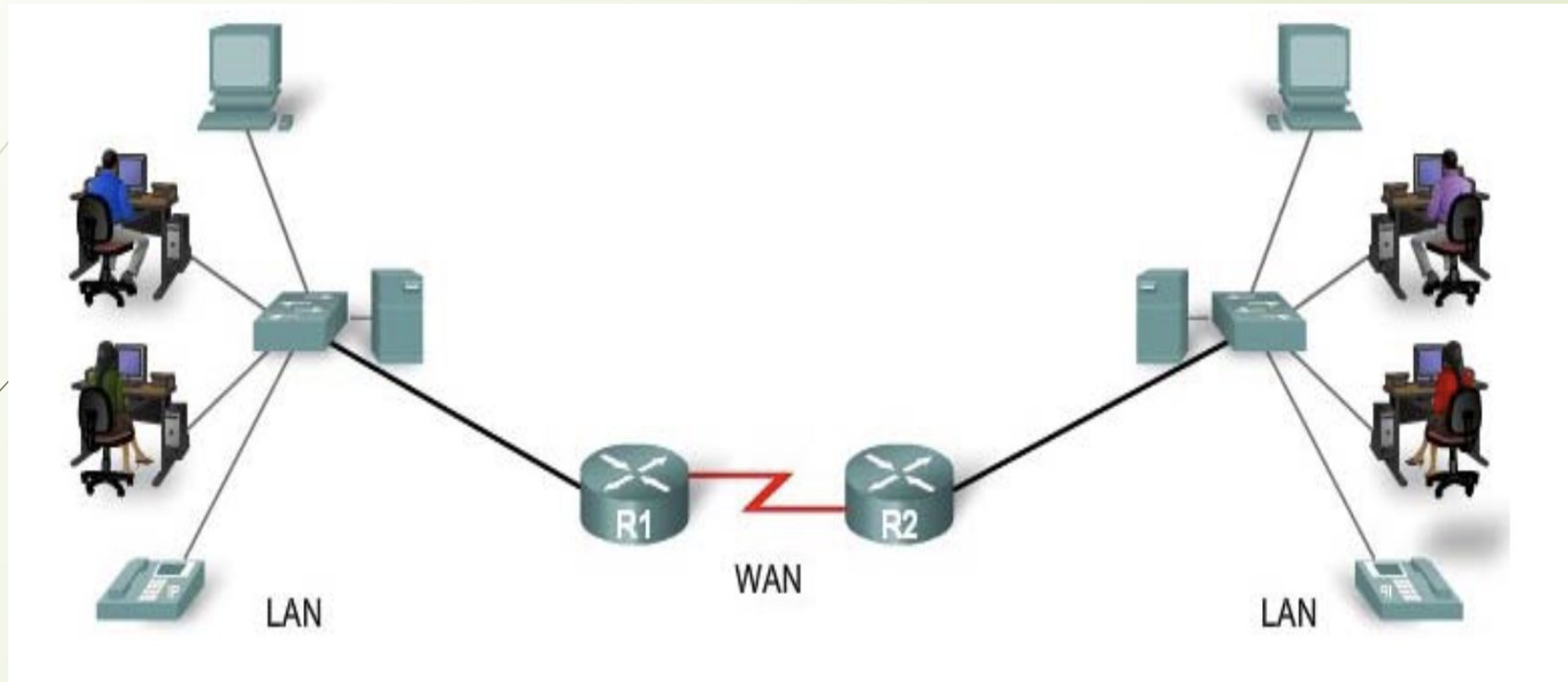
Principes du routage ip

- ❑ Routage IP basé uniquement sur l'adresse du destinataire
- ❑ Chaque équipement du réseau sait atteindre un équipement d'un autre réseau, s'il existe au moins un équipement de routage pour acheminer les paquets à l'extérieur du réseau local.
- ❑ Les informations de routage sont mémorisées dans la table de routage des équipements (routeurs).
- ❑ Cette table doit être périodiquement mise à jour :
 - ❑ Manuellement : routage STATIQUE
 - ❑ Automatiquement : routage DYNAMIQUE
- ❑ Le routage s'effectue sur deux opérations:
 - ❑ La sélection de la meilleure voie,
 - ❑ La commutation du paquet sur l'interface appropriée.
- ❑ Faire la distinction entre protocole routable (IP, IPX) : comment les informations sont organisées pour être transportées sur le réseau.
- ❑ protocole de routage (rip, ospf, bgp etc):comment est réalisé l'acheminement des paquets.

I. Introduction

6

Routeur : Fonctions d'un routeur



- ❖ Déterminer le meilleur chemin pour envoyer les paquets à leurs destinations (protocole de routage)
- ❖ Transférer les paquets vers leur destinations (protocole routé IP)
- ❖ Commuter les paquets (Packet Switching) vers le port de sortie
- ❖ Segmenter les réseaux en plusieurs sous réseau

I. Introduction

Routeur : Interfaces du routeur

- Une interface est un port physique dont le rôle est de recevoir et de transférer des paquets. Chaque interface connecte un réseau différent

1. Interfaces LAN

- Connecter le routeur au réseau local (Ethernet, Fastethernet, Gigabitethernet)
- Possède une adresse MAC et a sa propre adresse IP
- Une cache ARP est associée à chaque interface LAN

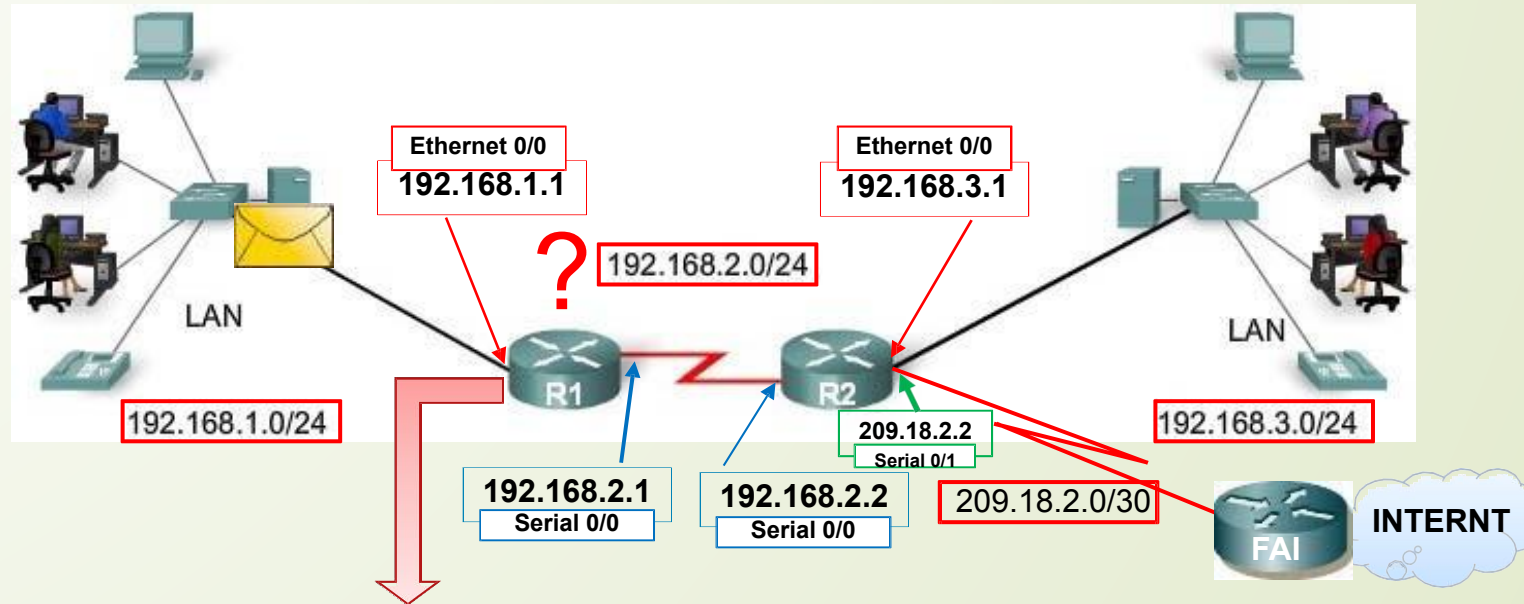
2. Interface WAN

- Connecter les routeurs à des réseaux étendus externes (Serial, ADSL, Gigabitethernet)
- Chaque interface WAN a sa propre adresse IP
- Les adresses de couche 2 diffèrent suivant la technologie (encapsulation) utilisée. Ex. PPP et HDLC: diffusion, Frame Relay: DLCI

I. Introduction

Routeur : Table de routage

- Le routeur se base sur sa **table de routage** pour déterminer le **meilleur chemin** vers la destination



Type route	Réseau Destination	Préfix	Distance Administrative	Métrique	Interface de sortie locale	Tronçon suivant
Directement connecté	192. 168. 1. 0	/24	0	0	Ethernet 0/0	----
Directement connecté	192. 168. 2. 0	/24	0	0	Serial 0/0	----
Route Dynamique: RIP	192. 168. 3. 0	/24	120	1	Serial 0/0	192. 168. 2. 1
Route Statique	0. 0. 0. 0	/0	1	0	Serial 0/0	192. 168. 2. 1

I. Introduction

Routeur : Table de routage

Table de routage: Métrique

- La table de routage ne contient que les **meilleures routes**
- **Métrique**: Une valeur numérique utilisée par les protocoles de routage pour déterminer le meilleur chemin
- Une métrique dont la valeur est la **plus petite** reflète le **meilleur chemin**
- Exemple de métriques utilisées par certains protocoles de routage dynamique :
 - **Nombre de sauts**: nombre de routeur pour atteindre la destination
 - **Bande passante**: vitesse du lien (exprimée en une fraction 1/BandePassante)

Route Dynamique: RIP	192. 168. 3. 0	/24	120	1	Serial 0/0	192. 168. 2. 1
Route Dynamique: RIP	192. 168. 3. 0	/24	120	3	Serial 0/2	192. 168. 5. 1

Meilleur chemin

II. Routage Statique

Définition

10

En routage statique, les informations sont mises à jour manuellement à chaque modification topologique de l'interréseau.

II. Routage Statique

Avantages et Inconvénients

11

1. Avantages du routage statique

- Facile à configurer
- Plus sécurisé
- Aucune ressource supplémentaire n'est requise

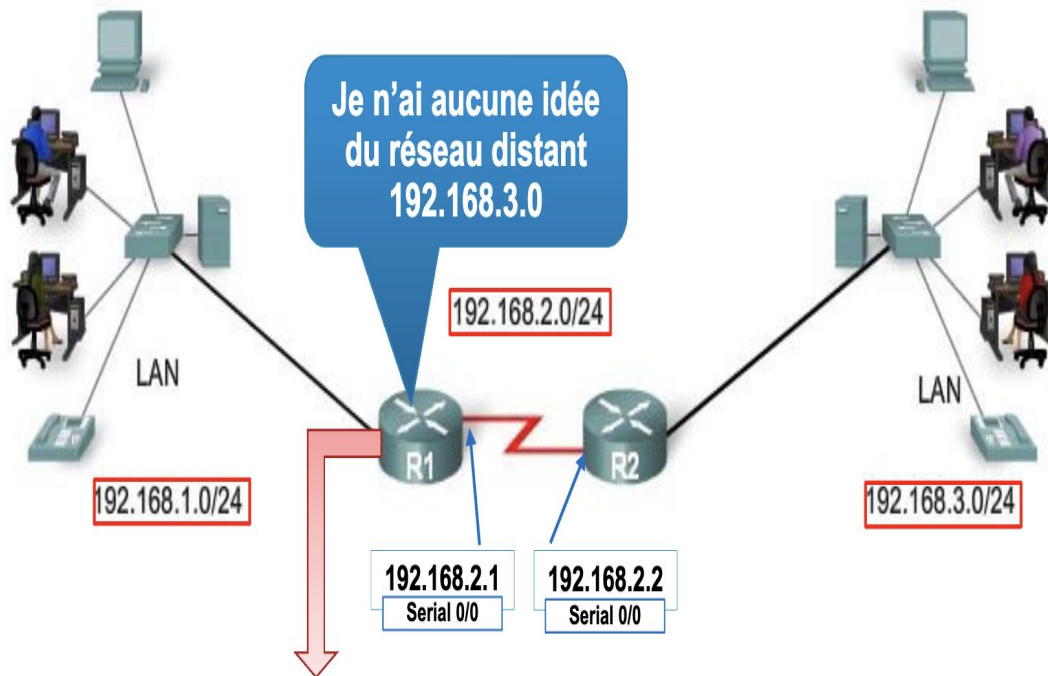
2. Inconvénients du routage statique

- Risque d'erreur
- Mise à jour manuelle des routes statiques
- Maintenance devient fastidieuse avec l'expansion du réseau (petits réseaux)

II. Routage Statique

Exemple

12



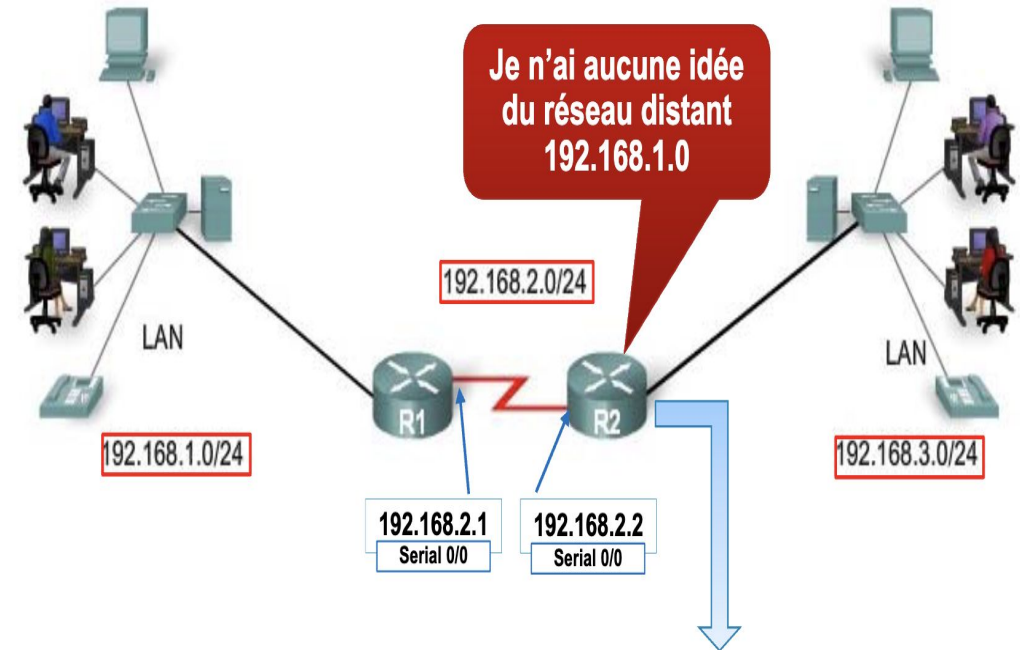
route 192.168.3.0 255.255.255.0 Serial 0/0 192.168.2.2

@ IP du réseau de destination

Masque sous-réseau de la destination

Interface de sortie locale

@ IP du tronçon suivant: @ IP de l'interface directe du voisin



route 192.168.1.0 255.255.255.0 Serial 0/0 192.168.2.1

@ IP du réseau de destination

Masque sous-réseau de la destination

Interface de sortie locale

@ IP du tronçon suivant: @ IP de l'interface directe du voisin

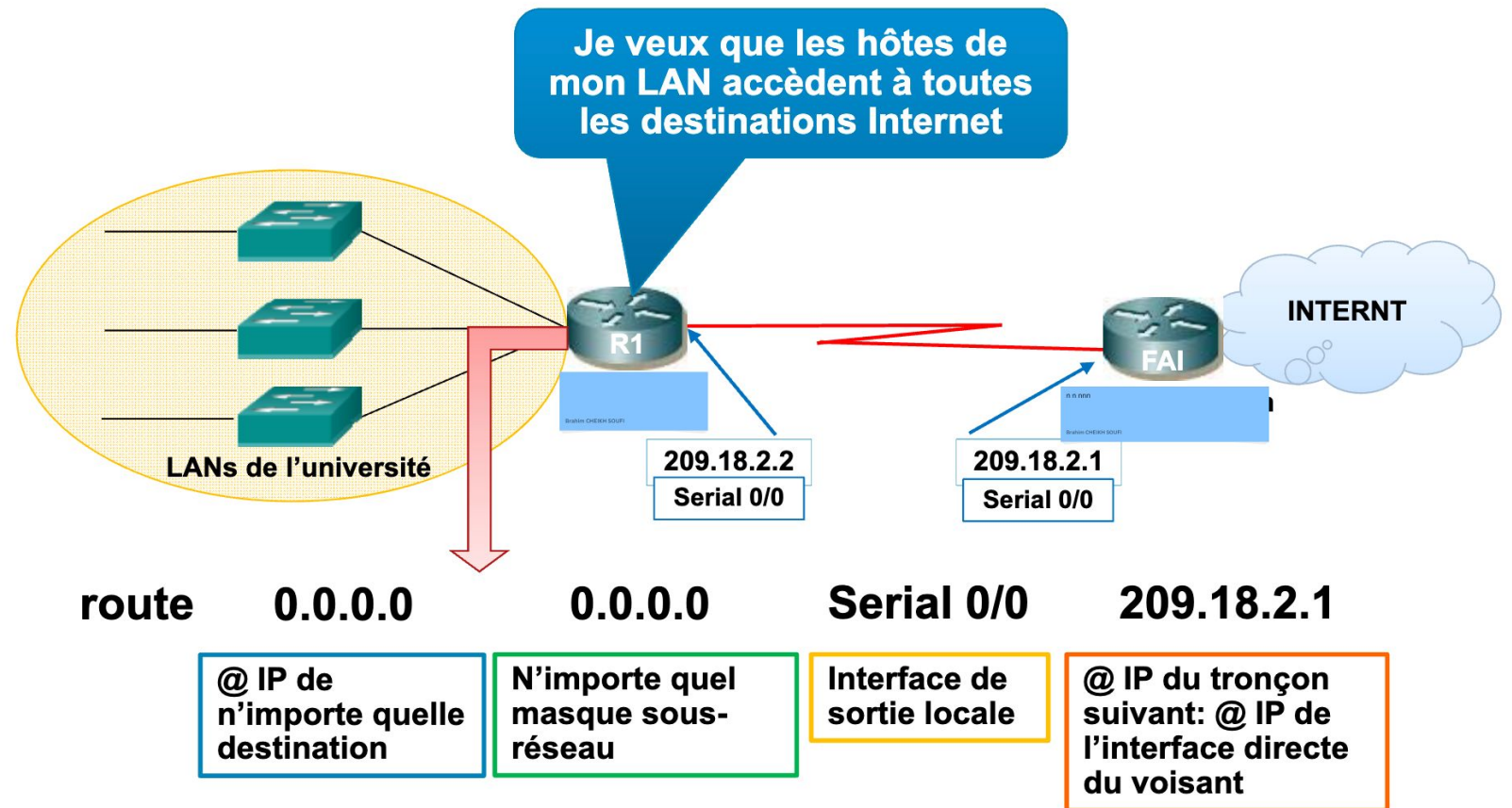
À présent, les hôtes des LANs 192.168.1.0 et 192.168.1.0 peuvent communiquer

II. Routage Statique

Route par défaut

13

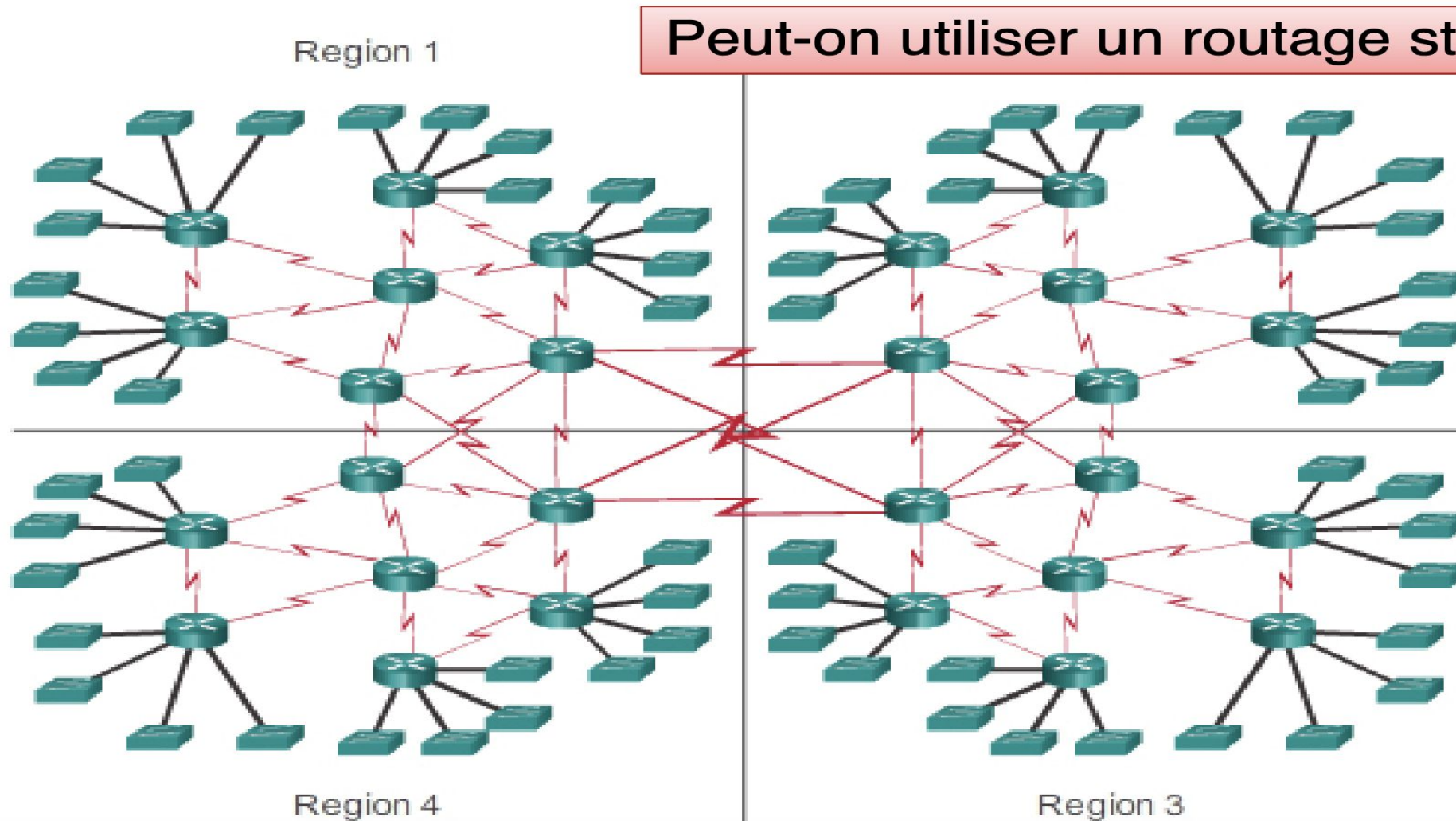
- **Facilite** la circulation des données sur un réseau de grande taille,
- Pour **atteindre** une destination inconnue.
- utilisée si le prochain saut ne figure pas explicitement dans la table de routage.



II. Routage Statique

Problème

14



III. Routage Dynamique

Principes généraux du routage dynamique

Dans un environnement complexe, la mise en œuvre du routage statique est souvent difficile à maintenir .

La mise en place d'un mécanisme de routage dynamique permet de faciliter les mises à jour.

Chaque routeur diffuse la liste des réseaux sur lesquels il est connecté.

Chaque routeur met à jour sa table de routage à partir des informations reçues depuis les autres

III. Routage Dynamique

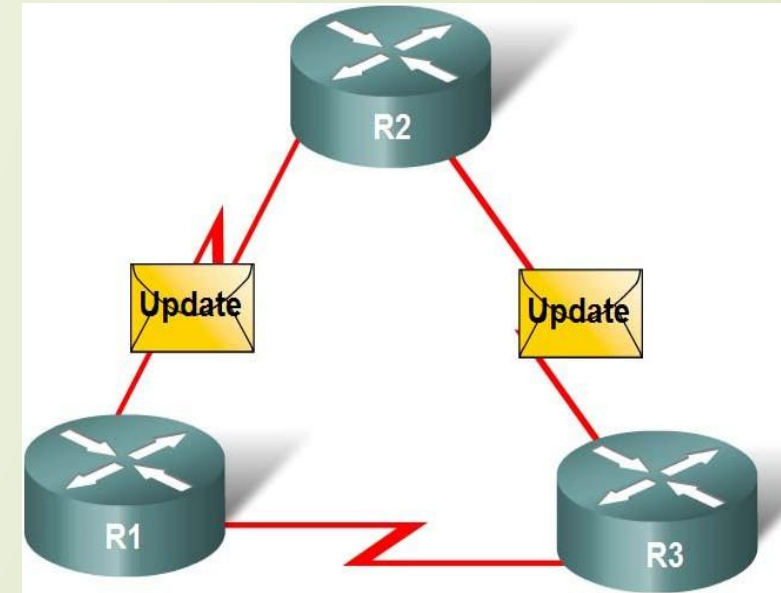
Avantages & Inconvénients

1. Avantages:

- Partager entre routeur et de manière dynamique des informations sur le réseaux distants
- Découvrir des réseaux distants et mettre à jour les tables de routage dès lors qu'une topologie est modifiée.
- Déterminent le meilleur chemin (et le meilleur chemin de secours) vers chaque destination.

2. Inconvénients:

- Consommer du temps processeur et la bande passante du lien réseau
- Problèmes de sécurité



III. Routage Dynamique

Composants d'un Protocole de Routage

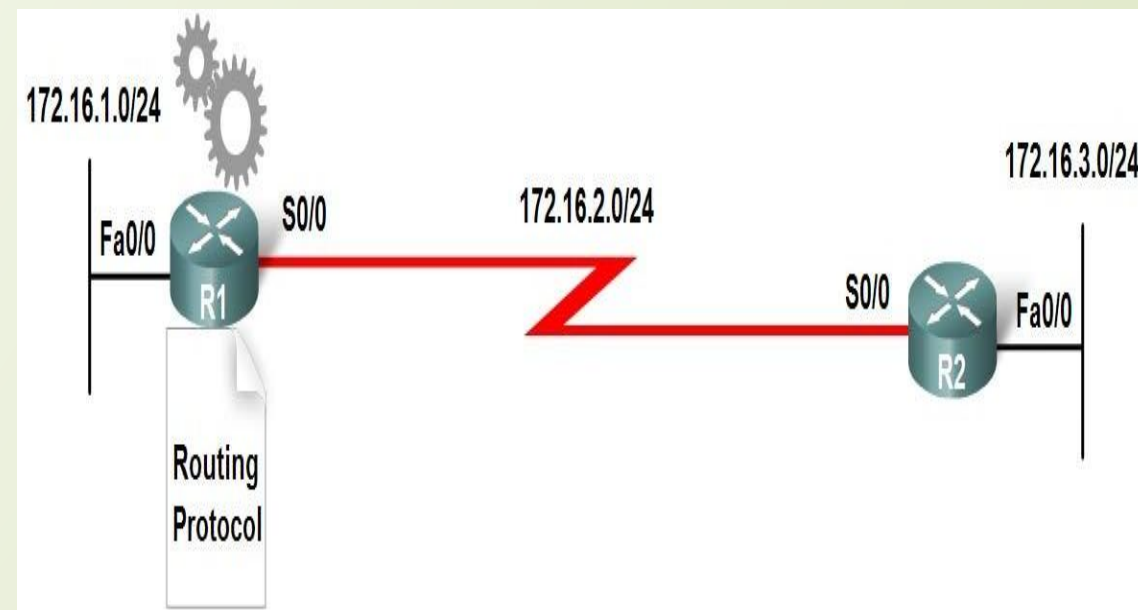
1. **Algorithme:** pour déterminer le meilleur chemin

Ex. RIP □ Bellman, OSPF □ Djikistra, EIGRP □ Dual

2. **Structures de données/bases de données:** pour conserver les informations de routage

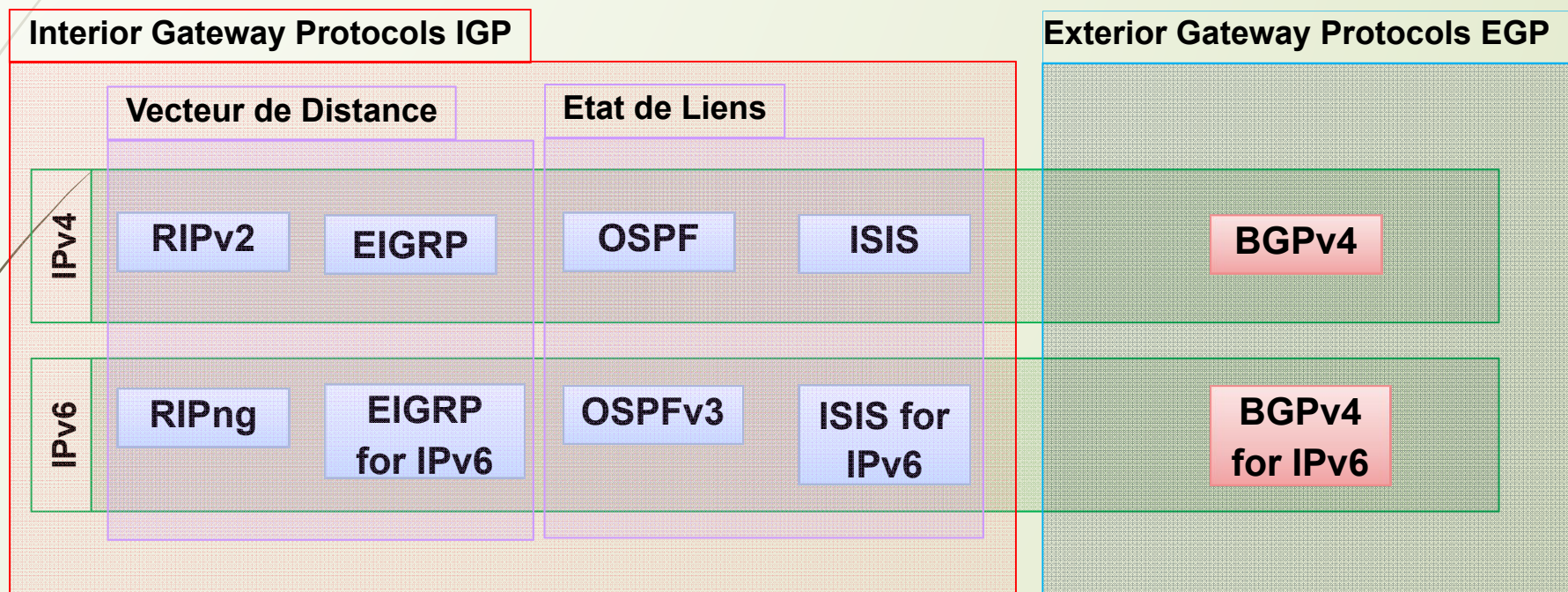
3. **Messages:**

- messages pour découvrir les routeurs voisins
- informations de routage (Mise-à-jour)



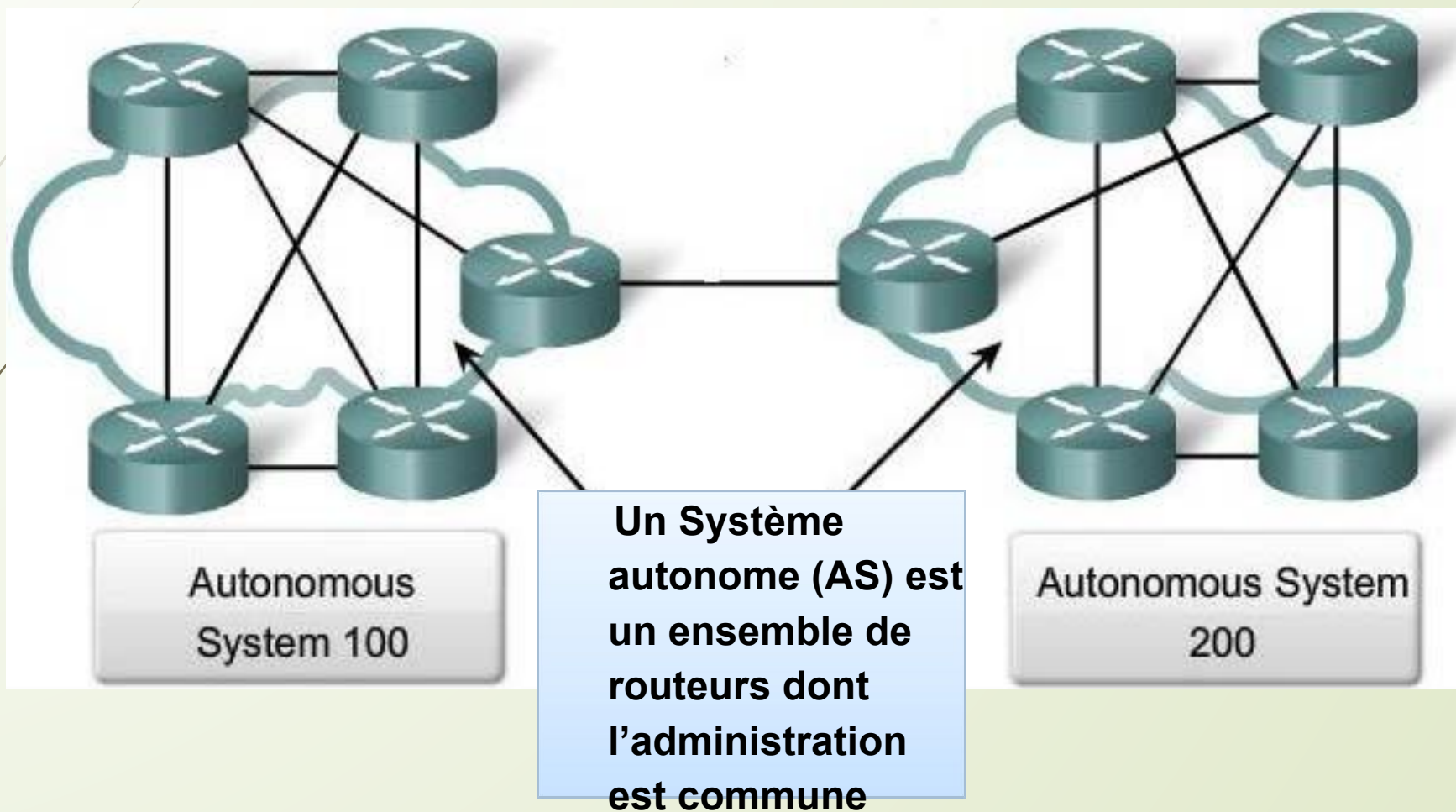
III. Routage Dynamique

Classification des protocoles de routage



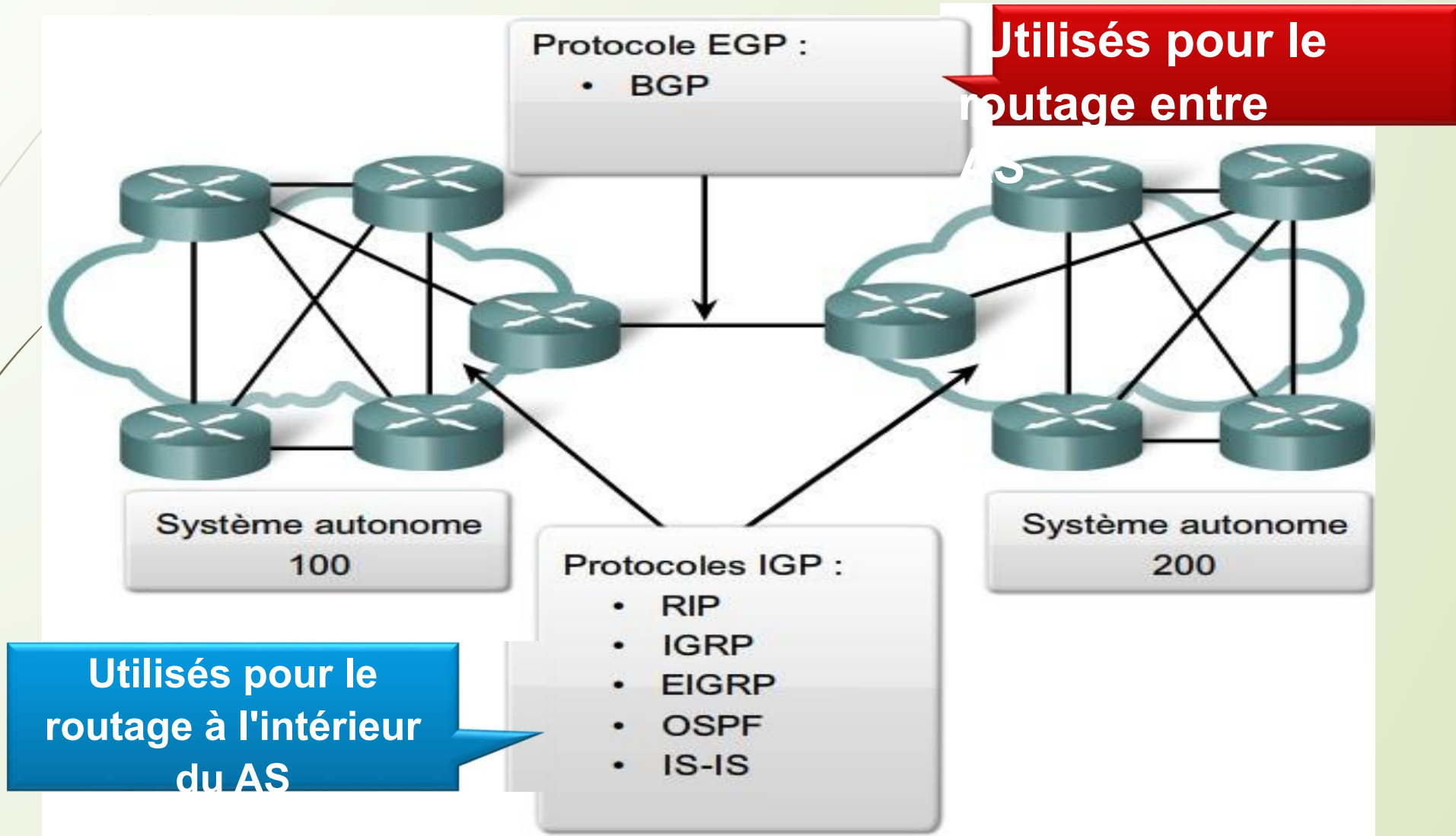
III. Routage Dynamique

Système Autonome



III. Routage Dynamique

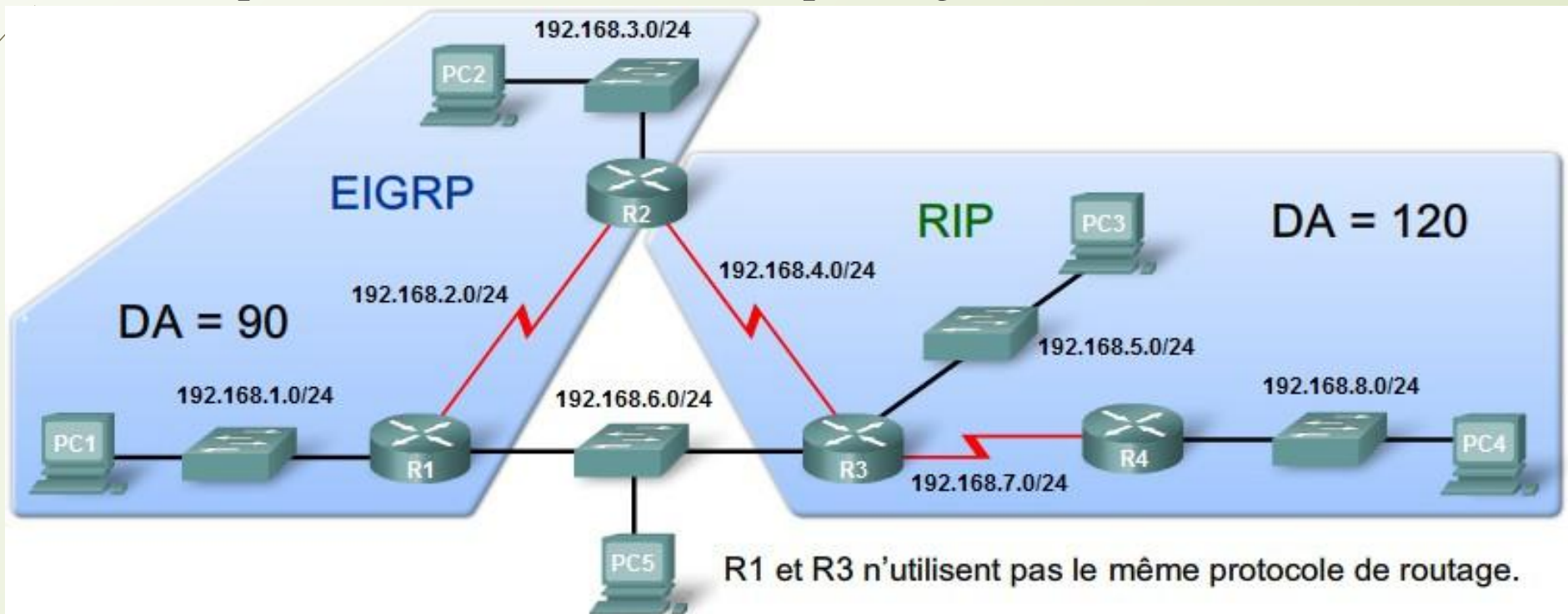
Protocoles de routage IGP vs EGP



III. Routage Dynamique

Distance administrative

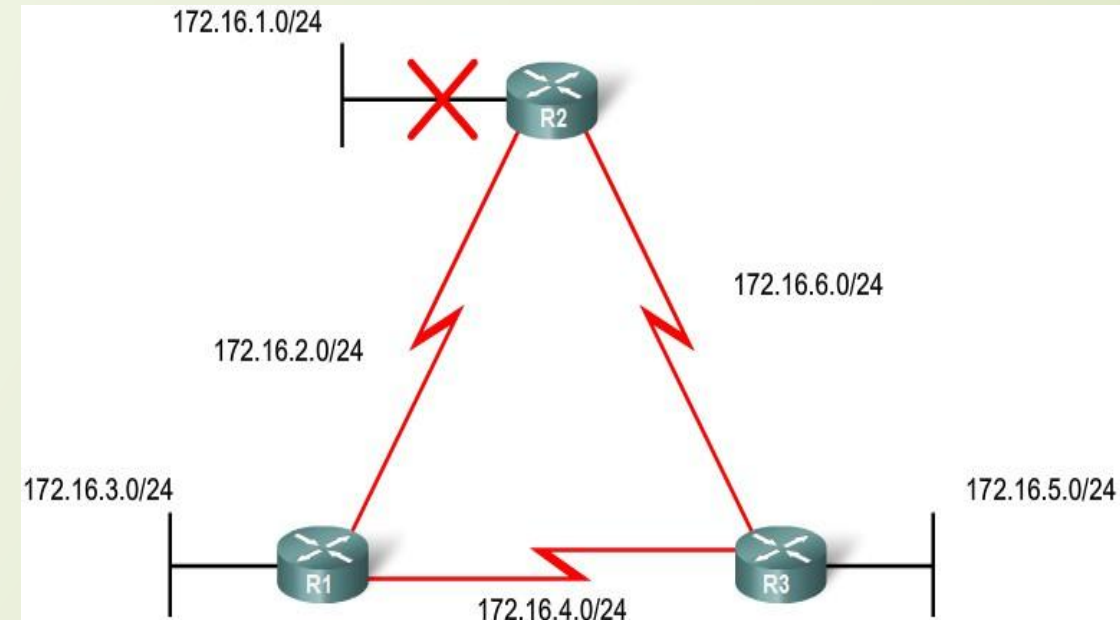
- La distance administrative (DA) est une valeur qui définit la préférence d'une source de routage
- C'est une valeur entière comprise entre 0 et 255. Plus la valeur est faible, plus la source de la route est privilégiée



III. Routage Dynamique

Distance administrative

- On parle de convergence lorsque les tables de routage de tous les routeurs sont parfaitement cohérentes
- Un réseau n'est pas complètement opérationnel tant qu'il n'est pas convergé.
- Le temps de convergence doit être bref
- RIP met du temps à converger, EIGRP et OSPF sont plus rapides



III. Routage Dynamique

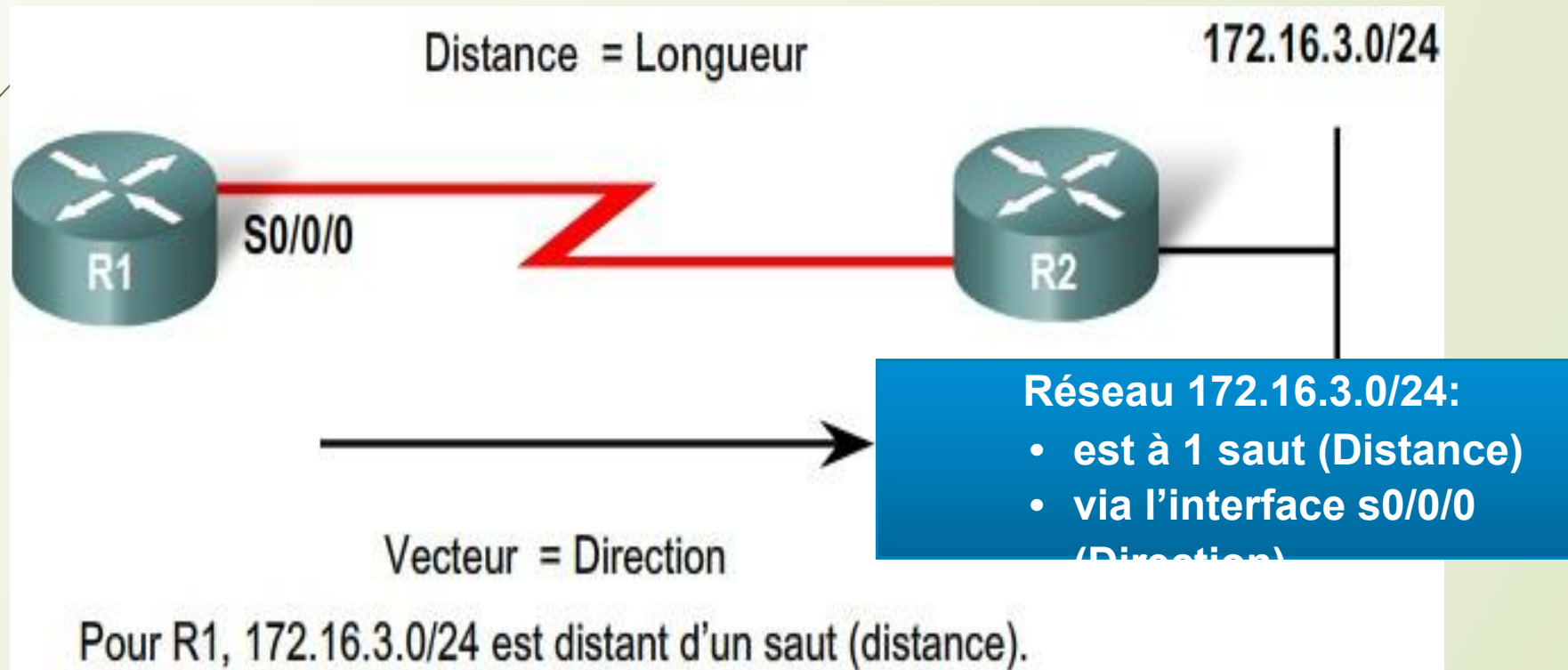
Distance administrative

Origine de la route	Distance administrative
Connecté	0
Statique	1
Récapitulatif de routage du protocole EIGRP	5
Protocole BGP externe	20
EIGRP interne	90
Protocole IGRP	100
Protocole OSPF	110
Protocole de routage IS-IS	115
Protocole RIP	120
Protocole EIGRP externe	170
Protocole BGP interne	200

Protocoles de Routage à Vecteur de distance

Définitions

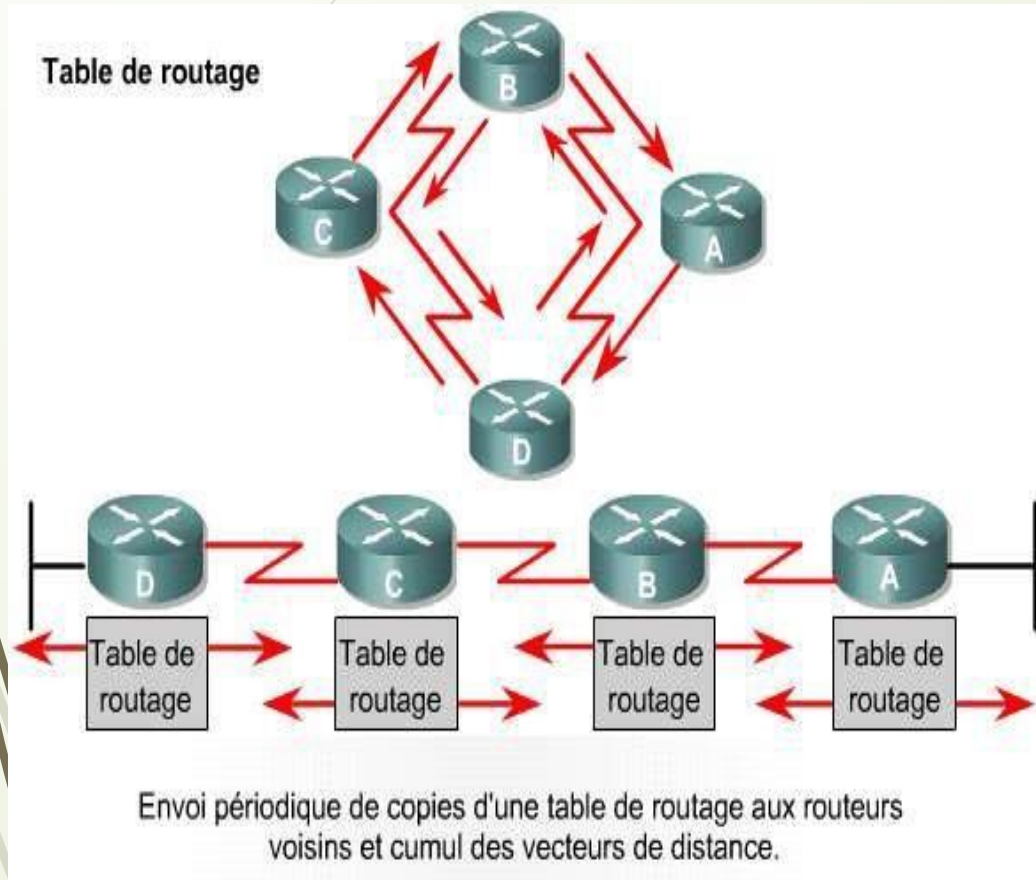
- Les routes sont annoncées sous la forme de vecteurs de
 - Distance: **la métrique**
 - Direction: **tronçon suivant** ou **interface de sortie**



Protocoles de Routage à Vecteur de distance

26

Définitions



- Les algorithmes de routage à vecteur de distance transmettent régulièrement des copies de table de routage d'un routeur à l'autre. Ces mises à jour régulières entre les routeurs permettent de communiquer les modifications topologiques. Les algorithmes de routage à vecteur de distance sont également appelés algorithmes Bellman-Ford.
- Chaque routeur reçoit une table de routage des routeurs voisins auxquels il est directement connecté

Protocoles de Routage à Vecteur de distance

27

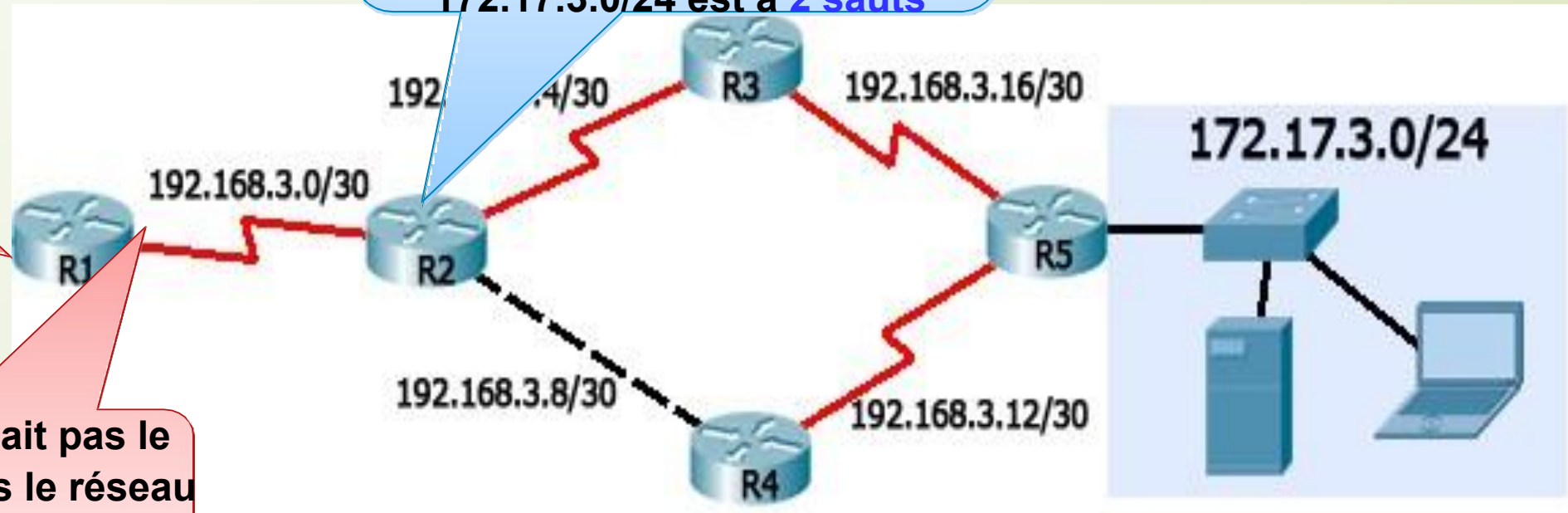
Caractéristiques

- Les protocoles de routages n'ont pas connaissance **de toute la topologie du réseau**, ni chemin complet vers la destination

R1 sait maintenant qu'il existe une route à **3 sauts** vers le réseau 172.17.3.0/24 via **R2**

R2 envoie une mise à jour à R1 disant "à ma connaissance le réseau 172.17.3.0/24 est à **2 sauts**"

Mais R2 ne connaît pas le **chemin entier** vers le réseau 172.17.3.0/24 (via R3 ou R4)



Routing Information Protocol

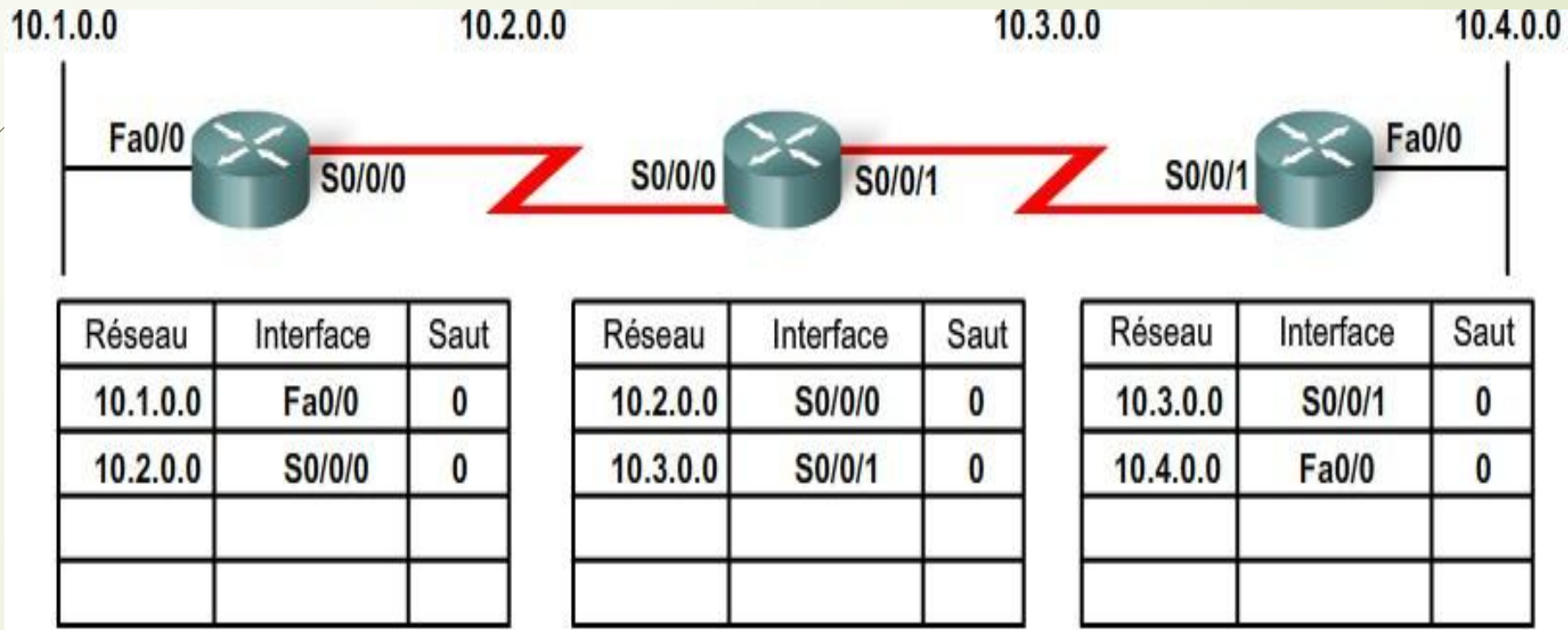
RIPv1

- **Vecteur de distance**
- Distance administrative: **120**
- Métrique: **nombre de sauts**
- **Nombre de sauts > 15** □ route inaccessible
- Mise à jour diffusée chaque **30s**

Opération Protocole RIP

Découverte du réseau: Démarrage à froid

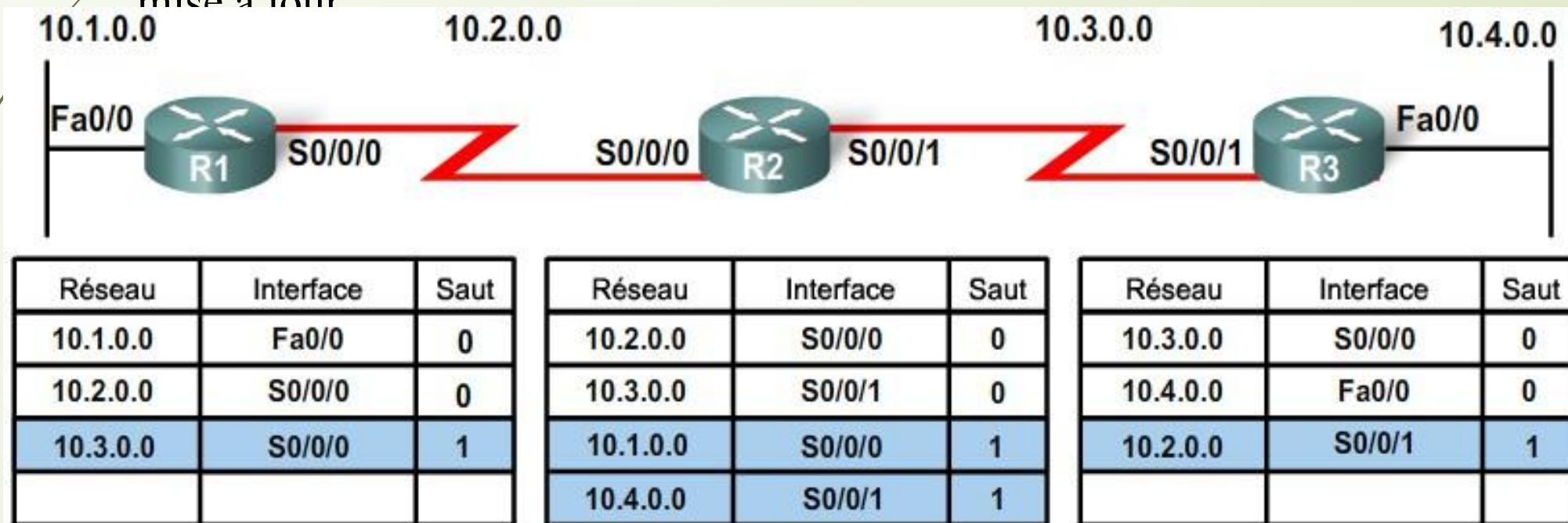
- Le routeur détecte initialement ses **propres réseaux connectés directement**



Opération Protocole RIP

Découverte du réseau: Échange initial

- les routeurs commencent à échanger des mises à jour de routage
- L'échange initial des mises à jour de routage n'incluent que des informations sur leurs réseaux directement connectés
- Toute nouvelle route est ajoutée à la table de routage, sa métrique est mise à jour



Routing Information Protocol

RIPv2

- Vecteur de distance
- Distance administrative: 120
- Métrique: nombre de sauts
- Nombre de sauts > 15 □ route inaccessible
- Mise à jour envoyées en multidiffusion chaque 30s (à l'@ 224.0.0.9)
- SANS classe: RIPv2 envoie le masque sous-réseau dans la mise à jour
- Supporte pas le VLSM et le CIDR
- Supporte l'authentification

Routing Information Protocol

RIPv1 Vs RIPv2

RIP V1	RIP V2
Facile à configurer	Facile à configurer
Prend en charge uniquement un protocole de routage par classes (classful)	Prend en charge l'utilisation du routage CIDR (Classless)
La mise à jour de routage ne contient aucune information de sous-réseau	Envoie des informations sur les masques de sous-réseau avec les mises à jour des routes
Ne supporte pas le routage CIDR ce qui oblige tous les équipements d'un même sous-réseau à utiliser le même masque de sous-réseau	Supporte le routage CIDR ce qui permet à des équipements d'un même réseau d'utiliser différents masques de sous-reseau
Aucune authentification dans les mises à jour	Permet l'authentification dans ses mises à jour de routage
Envoie les broadcasts sur 255.255.255.255	Envoie les mises à jour de routage en multicast sur 224.0.0.9 ce qui est plus efficace

Protocoles à état de lien

33

■ Définition:

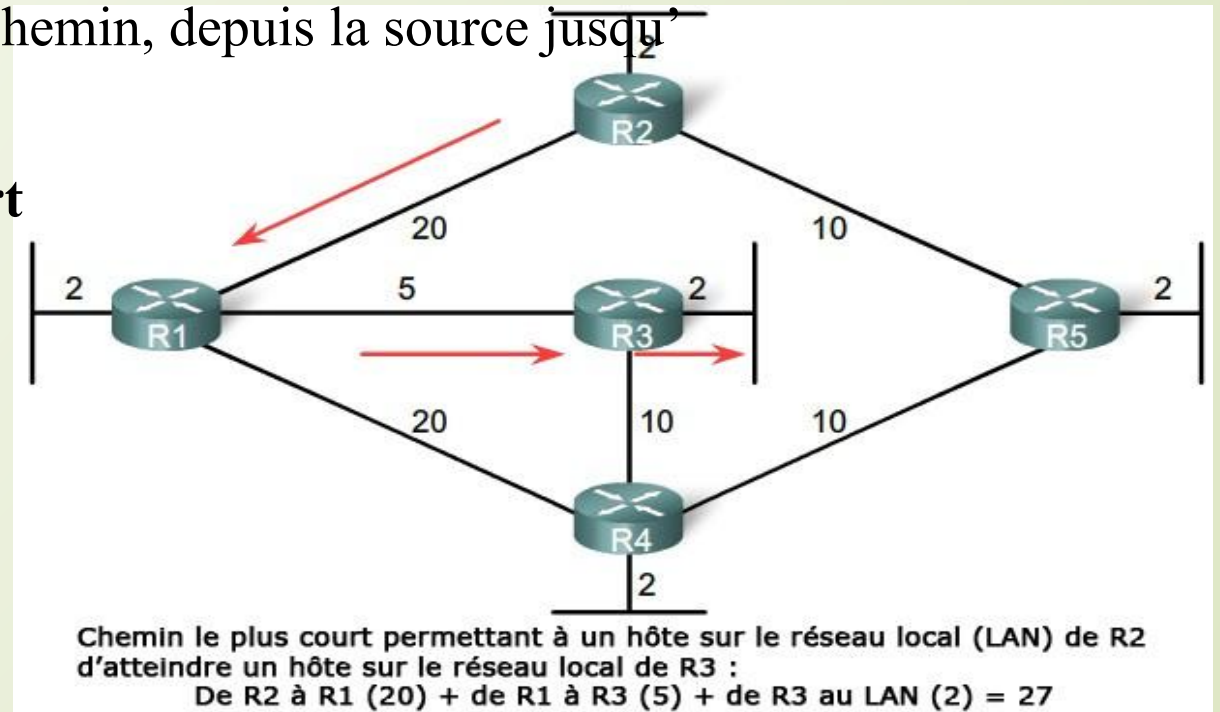
- **Lien (Link):** C'est une interface sur un routeur
- **État de liens (Link state):** C'est l'information sur l'état des liens: @IP, Type de lien, coût, voisins, ...

■ Construits autour de l'algorithme SPF de **Dijkstra**.

- **Cumule les coûts** de chaque chemin, depuis la source jusqu'à la destination
- Choisit le chemin **le plus court**

■ Chaque routeur détient une carte de toute la topologie du réseau.

■ Protocole de routage à état de lien: **OSPF, ISIS**



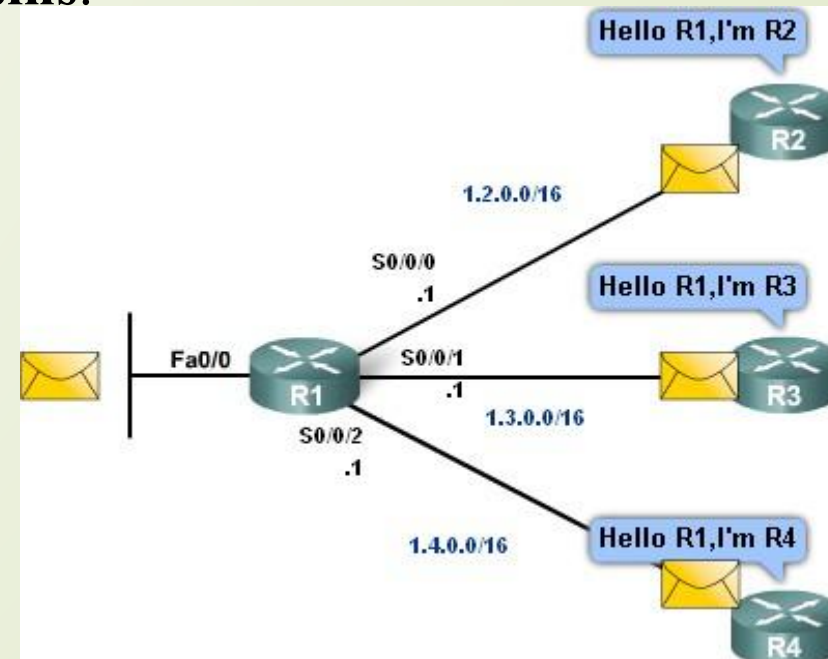
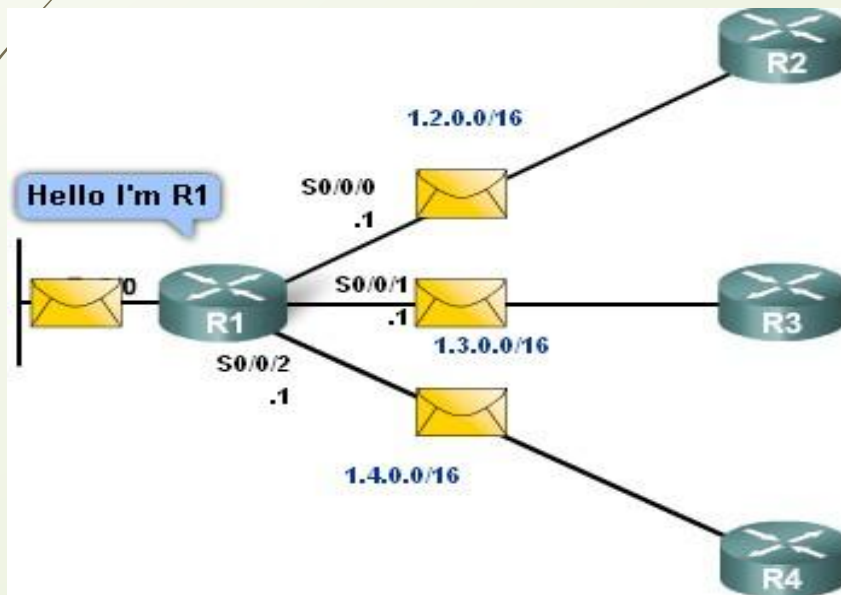
Open Shortest Path First (OSPF)

- **Open source**
- Protocole à **état de lien**, algorithme de **Djikistra (ou SPF)**
- Distance administrative: **110**
- Métrique: **Coût**
- Mises à jours à état de lien sont **déclenchées** et envoyées en **multidiffusion** (224.0.0.5 et/ou 224.0.0.6)
- Détient trois structure de données:
 - **Table de voisinage**: créer en s'échangeant des paquets hello avec les voisins
 - **Base de donnée à état de lien**: contient tous les chemins vers toutes destinations, créée en échangeant les M à j à état de lien
 - **Table de routage**: contient les meilleures routes

Opérations OSPF

1- Envoi de paquets Hello aux voisins

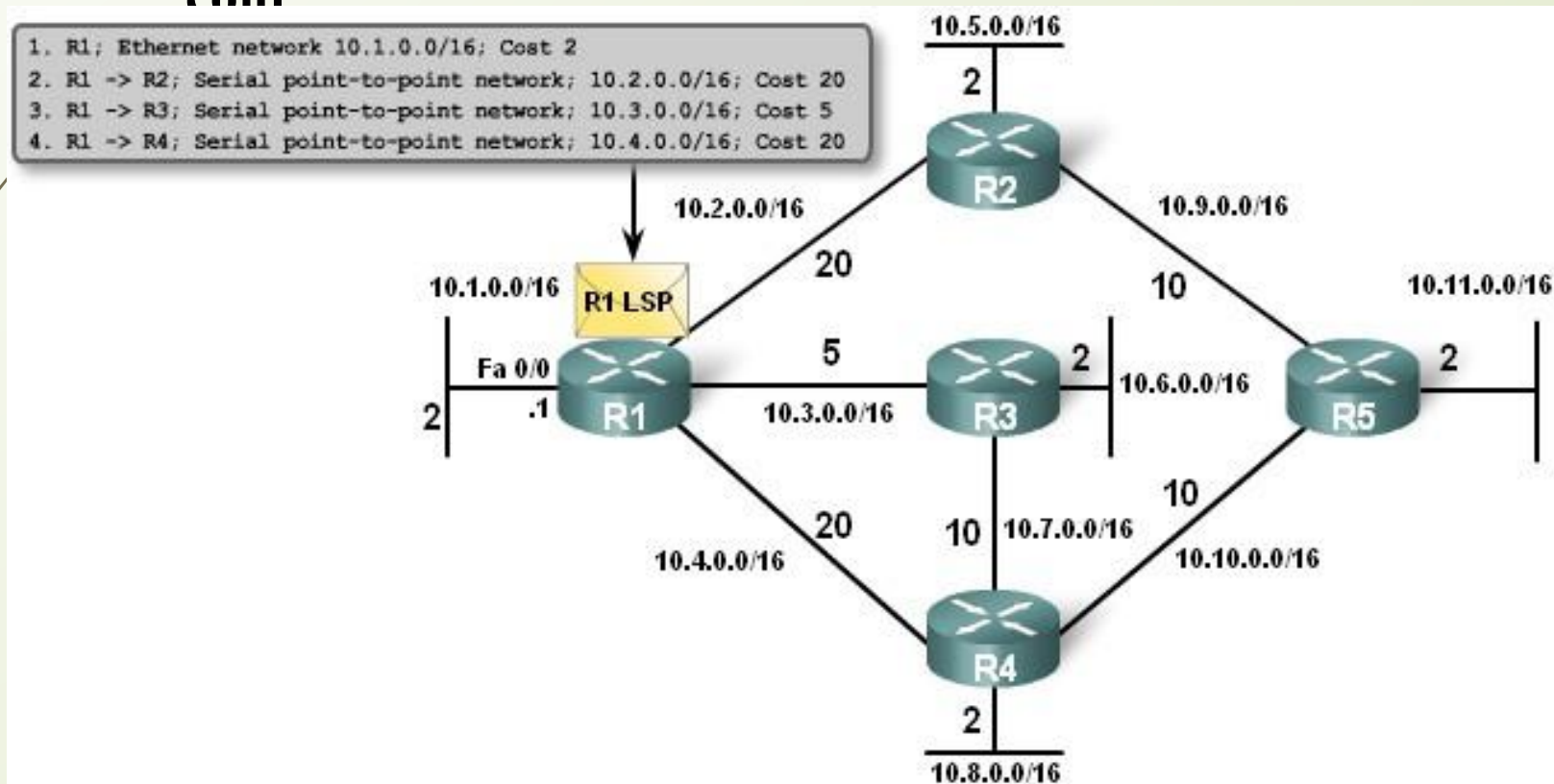
- Chaque routeur est responsable **de la détection de ses voisins** sur les réseaux directement connectés.
- Les routeurs avec protocoles de routage à état de liens utilisent le **protocole Hello** pour détecter les voisins.



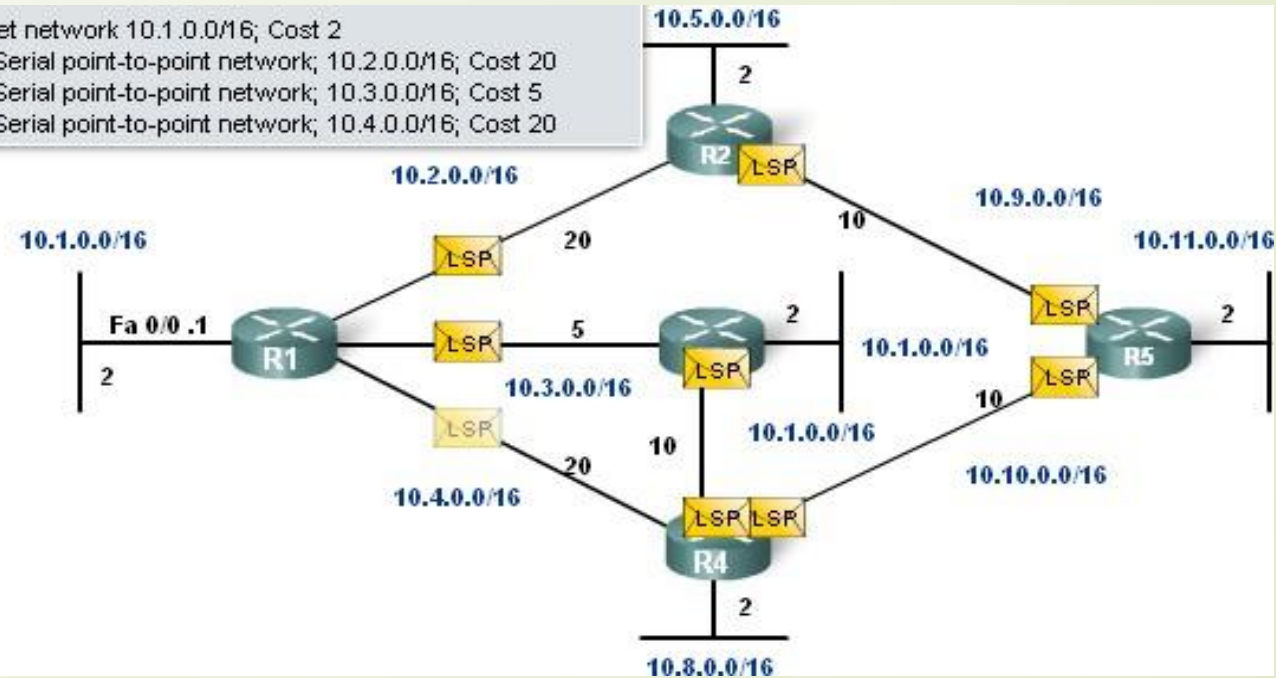
Opérations OSPF

2- Création des paquets à état de lien (LSP)

- Chaque routeur construit son propre LSP contenant:
 - État de chaque lien **directement connecté**
 - Inclut des informations : **l'ID routeur, le type du lien & le coût**



- ```
R1; Ethernet network 10.1.0.0/16; Cost 2
R1 -> R2; Serial point-to-point network; 10.2.0.0/16; Cost 20
R1 -> R3; Serial point-to-point network; 10.3.0.0/16; Cost 5
R1 -> R4; Serial point-to-point network; 10.4.0.0/16; Cost 20
```



# Opérations OSPF

## 4- Création d'une base de données à état de liens

- Les LSP reçus formeront la **base de donnée à état de lien**
- Cette BD contient **toutes les destinations possibles** du réseau

### R1 Link-State Database

#### R1's Link-State Database LSPs from R2:

- Connected to neighbor R1 on network 10.2.0.0/16, cost of 20
- Connected to neighbor R5 on network 10.9.0.0/16, cost of 10
- Has a network 10.5.0.0/16, cost of 2

#### LSPs from R3:

- Connected to neighbor R1 on network 10.3.0.0/16, cost of 5
- Connected to neighbor R4 on network 10.7.0.0/16, cost of 10
- Has a network 10.6.0.0/16, cost of 2

#### LSPs from R4:

- Connected to neighbor R1 on network 10.4.0.0/16, cost of 20
- Connected to neighbor R3 on network 10.7.0.0/16, cost of 10
- Connected to neighbor R5 on network 10.10.0.0/16, cost of 10
- Has a network 10.8.0.0/16, cost of 2

#### LSPs from R5:

- Connected to neighbor R2 on network 10.9.0.0/16, cost of 10
- Connected to neighbor R4 on network 10.10.0.0/16, cost of 10
- Has a network 10.11.0.0/16, cost of 2

#### R1 Link-states:

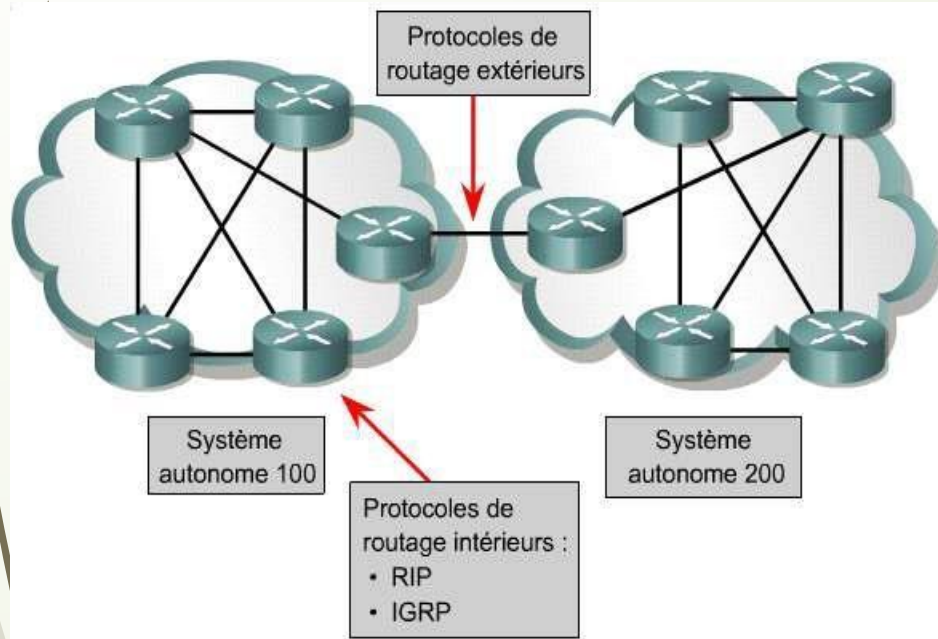
- Connected to neighbor R2 on network 10.2.0.0/16, cost of 20
- Connected to neighbor R3 on network 10.3.0.0/16, cost of 5
- Connected to neighbor R4 on network 10.4.0.0/16, cost of 20

# Vecteur de distance Vs Etat de lien

| Vecteur de distance                                               | Etat de lien                                                          |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Visualise la topologie du réseau du point de vue de leurs voisins | Dispose d'une vue commune de la topologie                             |
| Ajoute des vecteurs de distance d'un routeur à l'autre            | Calcule le plus court chemin vers les autres routeurs                 |
| Mises à jour périodiques fréquentes et convergence lente          | Mises à jour déclenchées par événement et convergence plus rapide     |
| Passe des copies des tables de routage aux routeurs               | Passe les mises à jour du routage à état de liens aux autres routeurs |

# Protocoles de routage Externe (EGP): BGP

40



## BGP: Interconnexion de réseaux de différents opérateurs ⇒

- Chaque opérateur se débrouille pour router ses propres informations en interne.
- Protocole commun d'information de routage

### EGP (Exterior Gateway Protocol)

- Ce protocole de routage est conçu pour une utilisation entre deux réseaux différents qui sont sous le contrôle de deux organisations différentes. En règle générale ils sont utilisés pour la communication entre les fournisseurs d'accès ou entre une société et un FAI.
- Par exemple, une société pourra exécuter le BGP, un protocole de routage extérieur, entre l'un de ses routeurs et un routeur installé chez un FAI.

### Les informations suivantes sont nécessaires pour que le routage puisse commencer:

- ☐ Une liste des routeurs voisins avec lesquels échanger des informations de routage.
  - ☐ Une liste de réseaux à annoncer comme étant directement accessibles.
  - ☐ Le numéro du système autonome du routeur local.
- 
- Un protocole de routage extérieur doit isoler les systèmes autonomes. Souvenez-vous que les systèmes autonomes sont gérés par différentes administrations. Les réseaux doivent disposer d'un protocole pour communiquer entre ces différents systèmes.

Fin de  
Cours

