



Chapitre 1 : Le Routage IP

Plan du cours

- Présentation des routeurs (Cisco)
- Le routage
- Définitions et principe du routage
- Table de routage
- Routage statique
- Routage dynamique
- Comparaison entre routage statique et routage dynamique
- Les protocoles de routage
- Comparaison entre les protocoles de routage
- Exercice d'application

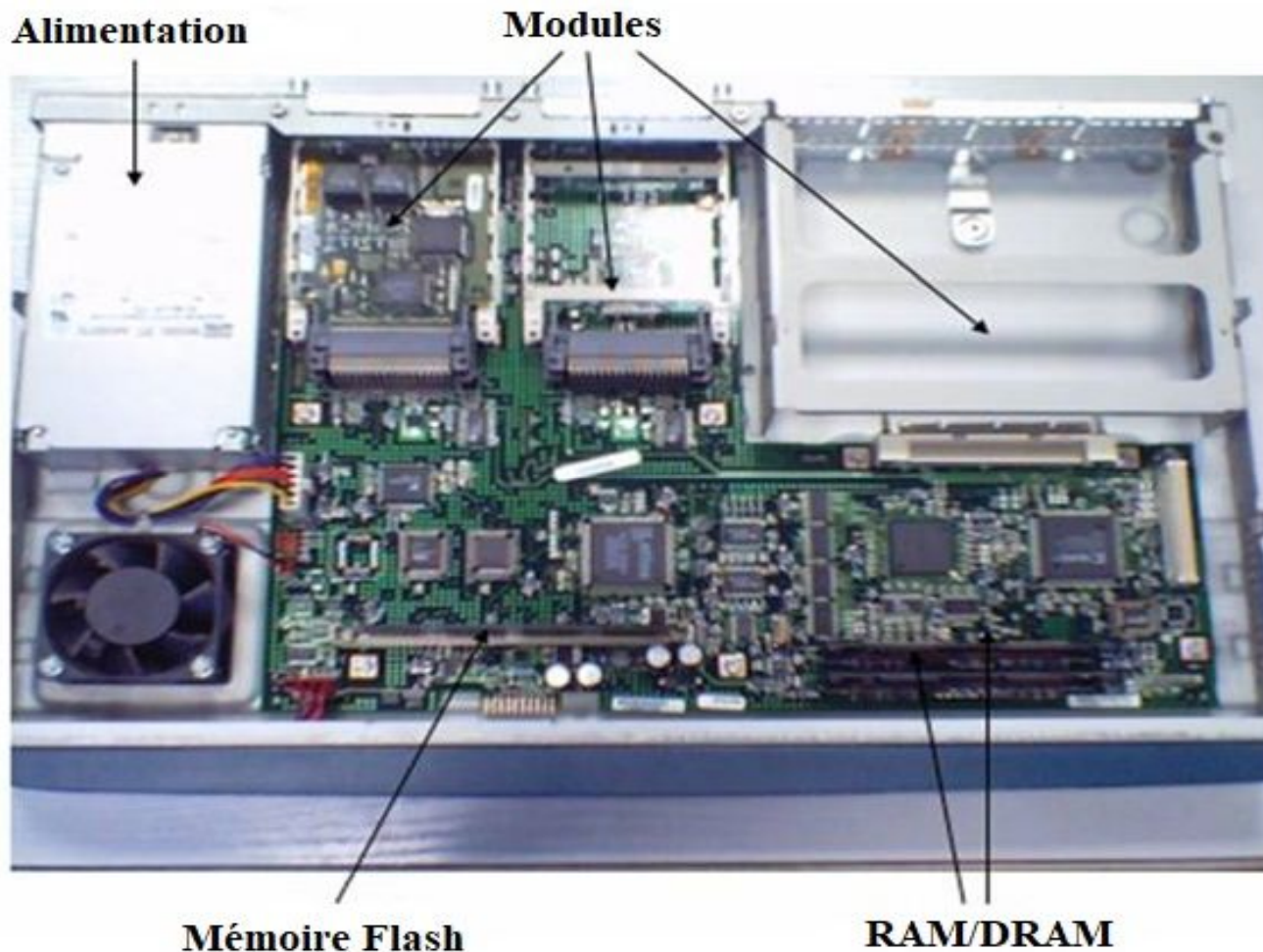
Présentation des routeurs (Cisco)

- Un **routeur** est un équipement de couche 3 permettant d'interconnecter des équipements de couche 2.
- Le routeur a deux fonctions principales :
 1. **La sélection du meilleur chemin** pour les paquets ;
 2. **La commutation de ces paquets** vers les interfaces appropriées.
- Ces fonctions sont appelées **routage**.
- Le rôle principal d'un routeur dans un WAN n'est pas le routage, mais la compatibilité des connexions vers et entre les diverses normes physiques et de liaison de données d'un réseau WAN.

Les composants de base d'un routeur

- Un routeur est un ordinateur spécial, donc il est doté des mêmes composants de base qu'un ordinateur.
- Le routeur est ainsi composé de matériels (Hardware) qui sont :
 - Le microprocesseur (CPU) ;
 - Les mémoires Flash ;
 - Les système de bus ;
 - Les interfaces d'entrée/sortie.
- Et de logiciels (Software) parmi lesquels, le **Système d'exploitation** du routeur (pour Cisco, il s'agit de l'IOS : Internetworking Operating System).

Illustration des composants hard d'un routeur



Les composants hard d'un routeur

- **Le microprocesseur** est responsable de l'exécution du SE du routeur. La puissance du microprocesseur est directement liée à la puissance de traitement du routeur.
- **La flash** représente une sorte de ROM effaçable et programmable. Sur beaucoup de routeurs, la flash est utilisée pour maintenir une image de l'IOS.
- **La ROM** contient le code pour réaliser les diagnostics de démarrage (POST: Power On Self Test). Elle stocke le programme d'amorçage (Bootstrap) et le logiciel de système d'exploitation de base.

Les composants hard d'un routeur (suite)

- **La RAM** est utilisé par le système d'exploitation pour maintenir les informations durant le fonctionnement. Elle peut contenir les tampons (buffer), les tables de routage, la table ARP, la configuration courante,...
- **Les interfaces d'entrée/sortie** permettent l'interfaçage du routage avec le monde extérieur. Les principales interfaces d'un routeur sont : FastEthernet (ou GigabitEthernet), Sériale, Token Ring et ATM. Ces interfaces permettent d'interconnecter différents types de réseaux au routeur.
- **Le module d'alimentation** fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement des composants internes. Les grands routeurs peuvent être dotés d'alimentations multiples ou modulaires.

Le système d'exploitation du routeur

- Pour Cisco, l'IOS Software releases utilise le format **A.B(C)D**, avec A, B, et C des nombres. D (si présent) est une lettre.
- A.B sont des nombres importants par rapport à la version.
- C est la version de mise à jour (maintenance version).
- D (si présent) indique que ce n'est pas une version majeure mais une extension d'une version majeure.
- Ces extensions apportent de nouvelles fonctionnalités et gèrent de nouveaux matériels.

Connexion au routeur

- Pour configurer un routeur, il faut s'y connecter. Cette connexion peut se faire :
- **Par le port console** (le mode par défaut) grâce à un câble dit console fourni par Cisco avec le routeur;
- **Par Telnet** sur les terminaux virtuels;
- **Par une connexion par modem** sur le port auxiliaire.
- Les paramètres pour la connexion série sont : *9600 baud – 8 bits de données – sans parité – 1 bit stop – pas de contrôle d'erreur.*

Définition du routage

- On appelle **routage** la fonction qui permet à un routeur de faire passer des paquets d'un réseau à un autre.
- Actuellement, la plupart des réseaux utilisent la pile TCP/IP, donc, le routage se fait à l'aide du protocole IP.
- Pour rappel, dans chaque paquet IP transmis sur un réseau, il y a un champ contenant l'adresse IP source et l'adresse IP de destination dans l'entête IP, et le routage se fait grâce à **l'adresse IP de destination**.

Principe du routage IP

- Si l'adresse de destination n'est pas dans le réseau local (déterminé avec le masque de réseau), les paquets sont envoyés à la passerelle (gateway, routeur) qui saura où et comment ces paquets doivent être envoyés dans le réseau.
- Chaque machine doit donc contenir dans ses paramètres TCP/IP, l'adresse IP, le masque de réseau, l'adresse de la passerelle et éventuellement l'adresse du (ou des) serveur(s) DNS.
- C'est dans ce sens que tous ces paramètres sont renseignés lors de la configuration TCP/IP d'une machine.

Table de routage

- Chaque routeur utilise une **table de routage** qui lui permet de choisir un certain chemin pour atteindre le réseau de destination.
- La table de routage est une table de correspondance entre l'adresse de la machine visée et le nœud suivant auquel le routeur doit délivrer le message.
- En réalité, il suffit que le message soit délivré sur le réseau qui contient la machine.
- Il n'est donc pas nécessaire de stocker l'adresse IP complète de la machine : seul l'identifiant réseau (Net_ID) a besoin d'être stocké.

Exemple de table de routage

Réseau de destination	Masque de sous réseau	Passerelle	Métrique
192.168.1.0	255.255.255.0	132.43.89.32	1
192.168.2.0	255.255.255.0	132.43.89.32	1
192.168.4.0	255.255.255.0	198.34.74.1	1
....
0.0.0.0	0.0.0.0	198.34.74.1	1

Exemple de table de routage (suite)

- En fonction de l'adresse IP de destination, le routeur va tenter de choisir la meilleure route à prendre. Si on reprend l'exemple ci-dessus, le choix de la route passe par les étapes suivantes :
 1. Le routeur reçoit un paquet dont le destinataire est 192.168.4.39;
 2. Il consulte sa table de routage pour vérifier si cette adresse IP correspond à l'un des réseaux qu'il connaît;
 3. Le réseau correspondant est le 192.168.4.0/255.255.255.0, il faudra donc passer la main au routeur 198.34.74.1.

Route par défaut

- Lorsqu'un routeur ne connaît pas le réseau de destination, il utilise **une route par défaut**, c'est à dire celle qu'on prend quand on ne sait pas faire autrement.
- Cette route est référencée sur chaque routeur par l'adresse **0.0.0.0**.
- Cette route par défaut est généralement utilisée pour aller sur Internet parce qu'on peut pas pointer vers tous les adresses réseaux de l'Internet.

Routage statique & Routage dynamique

- A l'image de l'adressage IP, il existe deux manières de configurer des routes sur un routeur:
- **Configuration statique** dans la quelle l'administrateur renseigne sur chaque routeur, toutes les routes. Cette méthode est appelée **routage statique**.
- **Configuration dynamique** des routes en faisant appel à des protocoles de routage. Il s'agit du **routage dynamique**.

Routage statique

- L'administrateur doit configurer les routes manuellement.
- Cette méthode est plus adaptée dans les petites réseaux et dont la topologie ne change pas régulièrement.
- Avec cette méthode, il y'a plus de chances pour se tromper surtout s'il y a beaucoup de routes à renseigner.
- D'autre part, si un routeur voisin change de configuration ou est en panne, les autres routeurs voisins ne seront pas au courant de cet événement.

Routage dynamique

- Nécessite de configurer un protocole de routage.
- Tous les routeurs ne prennent pas en charge n'importe quel protocole de routage.
- Ce routage est plus adapté aux grands réseaux, aux réseaux évolutifs mais il est plus difficile à mettre en place comparé au routage statique.
- Par contre, une fois ce système mis en place, tout se fait automatiquement . Si un routeur tombe en panne ou si un nouveau routeur arrive sur le réseau, les tables de routage sont mises à jour automatiquement.

Comparaison routage statique & dynamique

	Routage statique	Routage dynamique
Avantages	<ul style="list-style-type: none">▪ Simple à mettre en place	<ul style="list-style-type: none">▪ Choisit les routes en fonction de plusieurs critères.▪ Les routes sont modifiées en fonction des changements de topologie du réseau.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none">▪ Nécessite une intervention humaine pour chaque changement de topologie.▪ Les routes choisies sont toujours les mêmes.	<ul style="list-style-type: none">▪ Nécessite un protocole de routage.▪ Nécessite plus de bande passante surtout pour le trafic de signalisation.

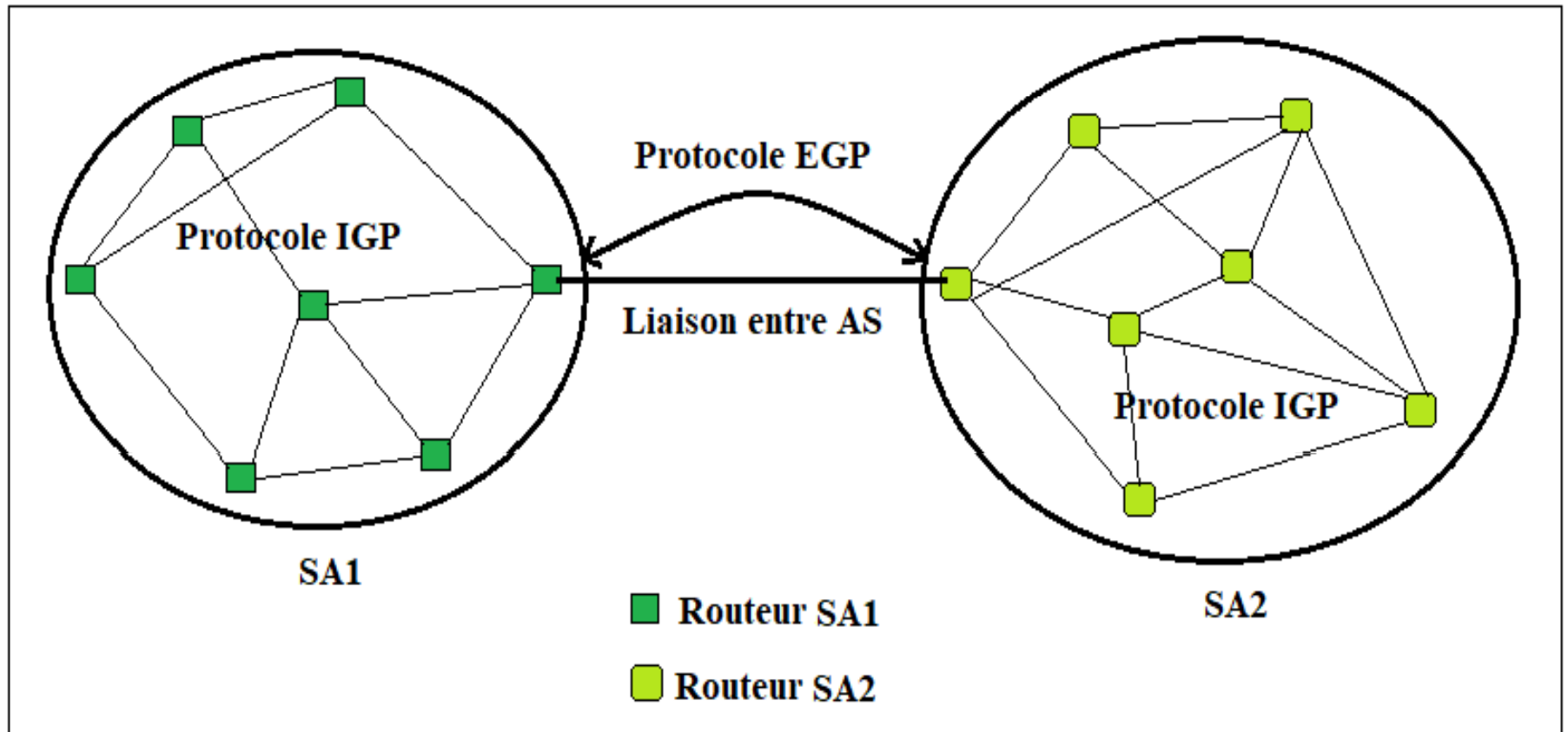
Protocole de routage

- Un protocole de routage est système de communication utilisé entre routeurs.
- Il permet l'échange d'informations sur la topologie du réseau entre les différents routeurs.
- Ces informations servent à construire et à mettre à jour une table de routage.
- Les protocoles de routage permettent donc aux routeurs de cartographier le meilleur chemin vers n'importe quel autre routeur (ou segment réseau) dans le même réseau ou encore sur Internet.
- **Exemple de protocoles de routage** : RIP, OSPF, IGRP, EIGRP.

Notion de Système Autonome (SA)

- Un SA est un ensemble d'équipements gérés par la même administration typiquement un FAI ou une plus grande organisation qui possède des connexions redondantes avec le reste du réseau Internet.
- Il s'agit d'une notion administrative et non technique.
- Internet est un ensemble de systèmes autonomes (SA).
- Chaque SA est administré par une entité unique et possède sa propre technologie de routage, qui peut être différente de celle des autres SA.
- Le protocole de routage utilisé au sein d'un SA est appelé IGP (Interior Gateway Protocol) et celui utilisé entre SA différents est appelé EGP (Exterior Gateway Protocol).

Exemple d'illustration de SA



Notion de SA (suite)

- Internet est un ensemble de SA interconnectés. Par conséquent tous les routeurs ne font pas le même travail selon le type de réseau sur lequel ils se trouvent.
- Il y a différents niveaux de routeurs parmi lesquels :
- **Les routeurs d'accès** qui connectent les LAN;
- **Les routeurs du core network** qui sont au cœur du réseau.

Les protocoles de routage

- Il existe deux grandes familles de protocoles de routage:
 - **Les protocoles à vecteur de distance;**
 - **Les protocoles à état des liens.**

Protocole de routage à vecteur de distance

- Ces protocoles déterminent la **direction (vecteur)** et la **distance** jusqu'à une liaison quelconque de l'inter-réseau.
- Ils sont basé sur le nombre de sauts (nombre de routeurs traversés pour atteindre une destination donnée).
- Le nombre de saut minimal est l'un des critères de routage pour le choix du meilleur chemin.
- Parmi ces protocoles, on peut citer :
- **RIP** (Routing Information Protocol);
- **IGRP** (Interior Gateway Routing Protocol);
- **EIGRP** (Enhanced GRP) qui est une version améliorée de IGRP.

Le protocole RIP

- Protocole à vecteur de distance.
- Le plus utilisé à ce jour dans les réseaux actuels.
- Il est basé sur l'algorithme de Bellman-Ford.
- Il calcule la distance jusqu'à un hôte en mesurant le nombre de sauts (routeurs) et privilégie le chemin le plus court (sélection de la meilleure route).
- Met à jours les tables de routage régulièrement.
- Il existe deux versions de RIP : **RIPv1** & **RIPv2**.

RIPv1

- Considéré comme un protocole IGP par classes (classful);
- Diffuse intégralement sa table de routage à chaque routeur voisin, à intervalles prédéfinis.
- L'intervalle par défaut est de 30 secondes.
- Utilise le nombre de sauts comme métrique, avec une limite de 15 sauts maximum.
- RIPv1 est un protocole très populaire car il est compatible avec tous les routeurs IP et il est simple à mettre en œuvre.

Caractéristiques de RIPv1

- RIPv1 n'envoie pas d'informations sur les masques de sous-réseau dans ses mises à jour.
- Il envoie des mises à jour sous forme de broadcasts sur 255.255.255.255.
- Il ne prend en charge ni le VLSM, ni l'authentification dans les mise à jour des informations de routage.

RIPv2

- RIPv2 est une version améliorée de RIPv1. Donc, les deux protocoles partagent un certain nombre de caractéristiques (vecteur de distance, mise à jour périodique,...).
- RIPv2 utilise des compteurs de retenue pour empêcher les boucles de routage (valeur par défaut : 180 secondes).
- Il utilise aussi la règle «split horizon» pour empêcher les boucles de routage.
- Il utilise 16 sauts comme métrique de mesure infinie.

Autres caractéristiques de RIPv2

- RIPv2 présente une fonctionnalité de routage CIDR lui permettant d'envoyer des informations sur les masques de sous réseau avec la mise à jour des routes.
- Il permet l'authentification dans ses mises à jour.
- Comme vérification d'authentification, il permet de choisir le type d'authentification à utiliser dans les paquets RIPv2.
- L'algorithme MD5 peut être utilisé pour authentifier la source d'une mise à jour de routage.
- En fin, pour une meilleure efficacité, RIPv2 utilise l'adresse de classe D 224.0.0.9 pour envoyer les mises à jour de routage en multicast.

Comparaison entre RIPv1 & RIPv2

RIP v1	RIP v2
<ul style="list-style-type: none">▪ Facile à configurer	<ul style="list-style-type: none">▪ Facile à configurer
<ul style="list-style-type: none">▪ Prend en charge uniquement un protocole de routage par classe (classful)	<ul style="list-style-type: none">▪ Prend en charge l'utilisation du routage CIDR (classless)
<ul style="list-style-type: none">▪ La mise à jour de routage ne contient aucune information de sous-réseau	<ul style="list-style-type: none">▪ Envoie des informations sur les masques de sous-réseau avec des mises à jour de routes
<ul style="list-style-type: none">▪ Ne supporte pas le routage CIDR, ce qui oblige tous les équipements d'un même réseau à utiliser le même masque de sous-réseau	<ul style="list-style-type: none">▪ Supporte le routage CIDR, ce qui permet à des équipements d'un même réseau d'utiliser différents masque de sous-réseau
<ul style="list-style-type: none">▪ Aucune authentification dans les mises à jour	<ul style="list-style-type: none">▪ Permet l'authentification dans ses mises à jour de routage
<ul style="list-style-type: none">▪ Envoie les broadcasts sur 255.255.255.255	<ul style="list-style-type: none">▪ Envoie les mises à jour de routage en multicast sur 224.0.0.9 ,ce qui est plus efficace

Protocoles de routage à état des liens

- Ces protocoles fonctionnent différemment des protocoles de vecteur de distance.
- Ils sont basés sur l'algorithme de Dijkstra.
- Ils peuvent utiliser plusieurs paramètres pour calculer la meilleure route à prendre.
- Les tables de routages sont mises à jour uniquement en cas de changement de topologie (changement de route, rupture de liens, etc.).
- Ces protocoles gèrent une base de données complexe d'informations topologiques sur les routeurs distants et sur leurs interconnexions.

Fonctionnement d'un protocole à état des liens

- Ces protocoles recueillent les informations de tous les autres routeurs du réseau ou à l'intérieur d'une zone du réseau préalablement définie.
- Une fois toutes les informations collectées, chaque routeur, indépendamment des autres, calcule ses meilleurs chemins vers toutes les destinations du réseau.
- Étant donné que chaque routeur met à jour sa propre vue du réseau, il y a moins de risque qu'il propage les informations incorrectes fournies par un de ses voisins.

Caractéristiques des protocoles à états des liens

- Ces protocoles réagissent rapidement aux changements qui interviennent sur le réseau.
- Ils envoient des mises à jour déclenchées lorsqu'un changement de topologie se produit dans le réseau. Ces mises à jour périodiques appelées rafraîchissements d'état de liens.
- Ils utilisent un mécanisme **HELLO** pour déterminer l'accessibilité de leurs voisins comme indiqué sur la schéma ci-dessous.

Illustration des messages HELLO

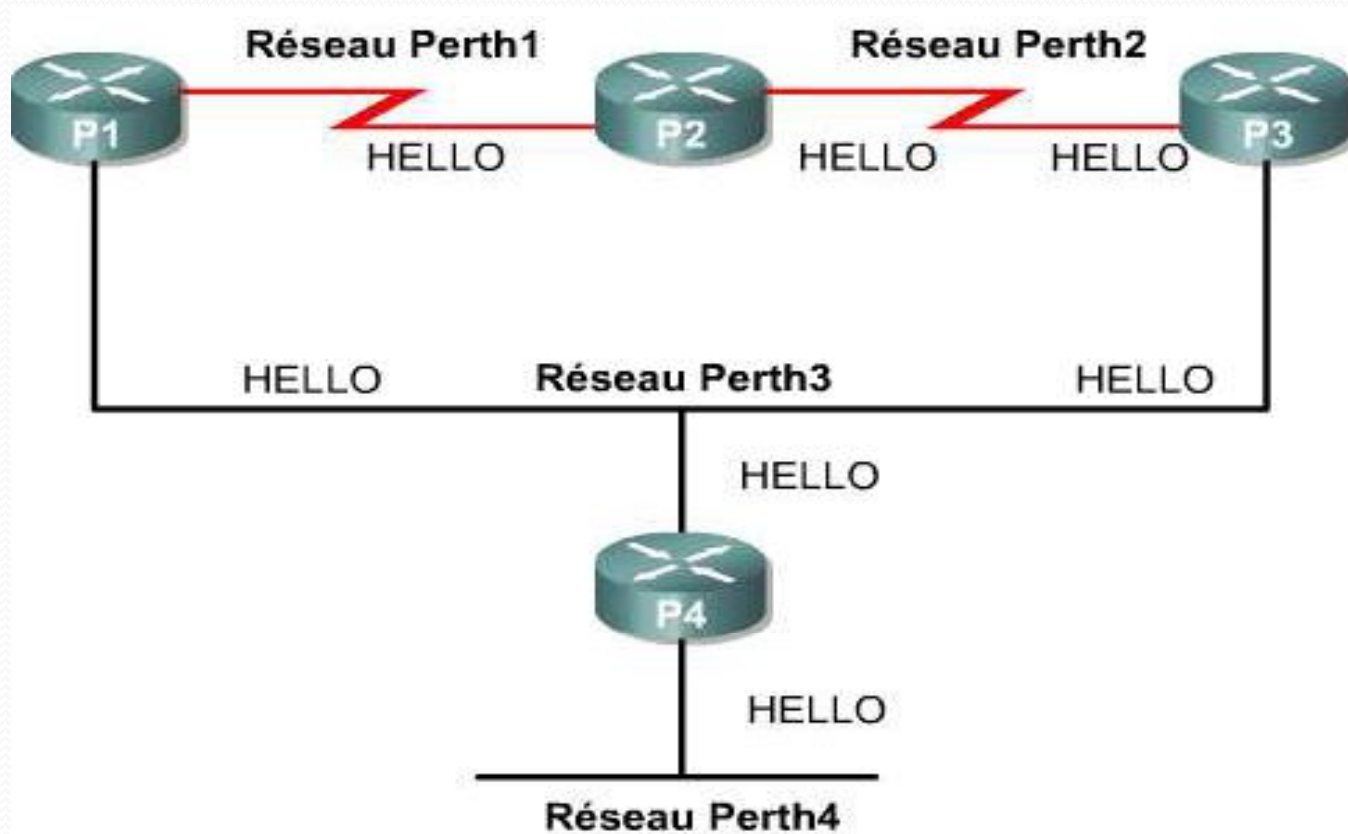


Illustration des messages HELLO (suite)

- Chaque routeur surveille l'état de ses voisins directement connectés par la diffusion multicast de paquets HELLO.
- Chaque routeur surveille aussi tous les routeurs de son réseau ou de sa zone au moyen de mises à jour de routage à état de liens(LSA).
- Les paquets HELLO contiennent des informations sur les réseaux qui sont reliés au routeur.
- Exemple, dans la figure ci- dessus, le routeur P4 a pris connaissance de ses voisins, P1 et P3, sur le réseau Perth3.

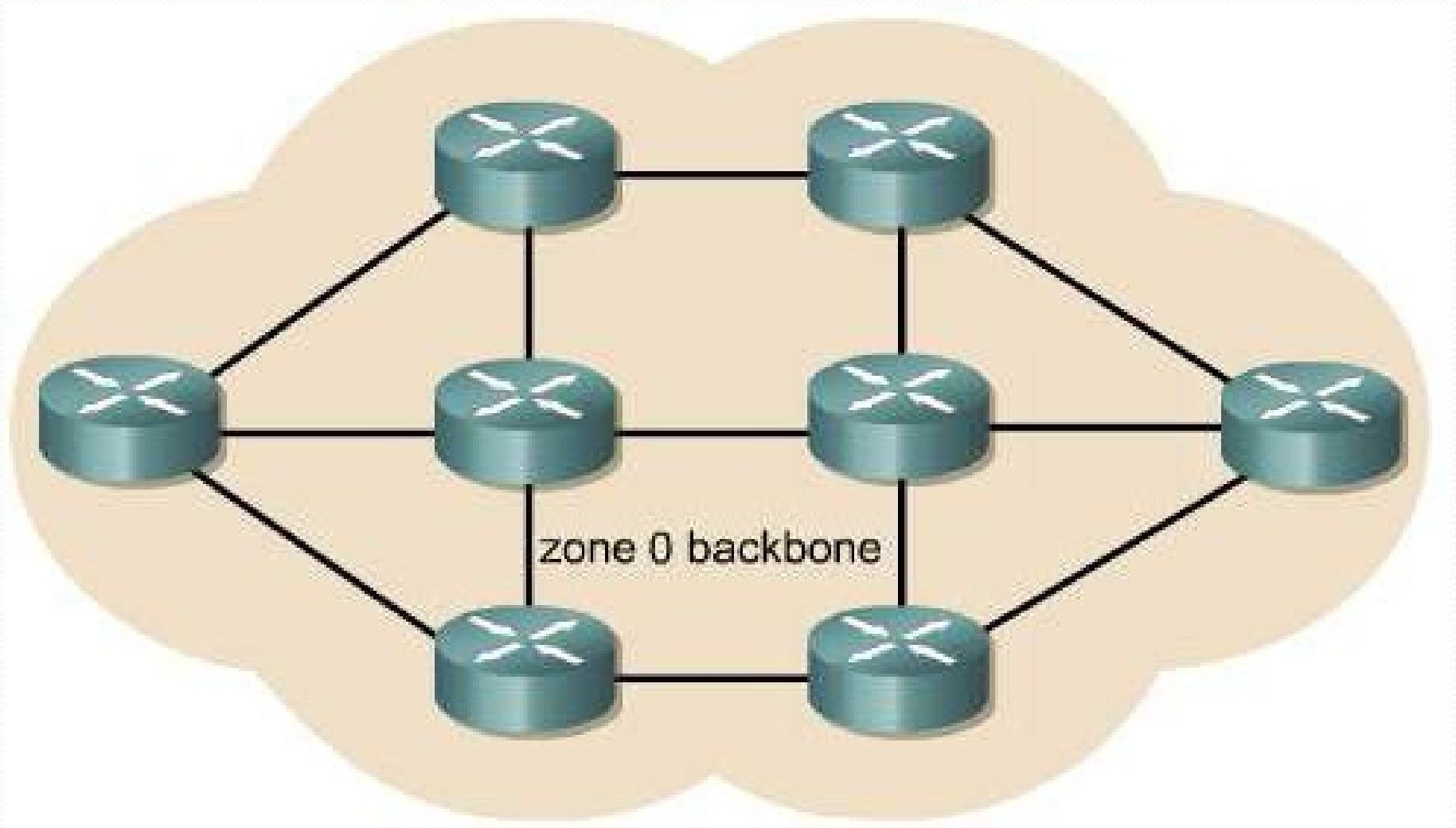
Le protocole OSPF

- OSPF (Open Shortest Path First) est un protocole de routage à état de liens basé sur des normes ouvertes.
- Il est spécifié dans différentes normes du groupe IETF (Internet Engineering Task Force).
- Le terme « Open » de OSPF signifie qu'il s'agit d'une norme ouverte au public et non-propriétaire.
- OSPF est en train de s'imposer comme protocole IGP de prédilection par rapport à RIPv1 et RIPv2, car il est évolutif.
- OSPF converge rapidement par rapport à RIP parce que ce dernier fait l'impasse sur des facteurs critiques tels que la bande passante dans la détermination de la route.

Le protocole OSPF (suite)

- OSPF surmonte les limitations de RIP et s'avère un protocole de routage robuste et évolutif adapté aux réseaux d'aujourd'hui.
- OSPF inclut des métriques de coûts tenant compte :
 - de la vitesse d'acheminement;
 - du trafic;
 - de la fiabilité;
 - de la sécurité.
- Un des inconvénients majeurs de OSPF est qu'il ne supporte que la pile protocolaire TCP/IP.

Notion de zone OSPF

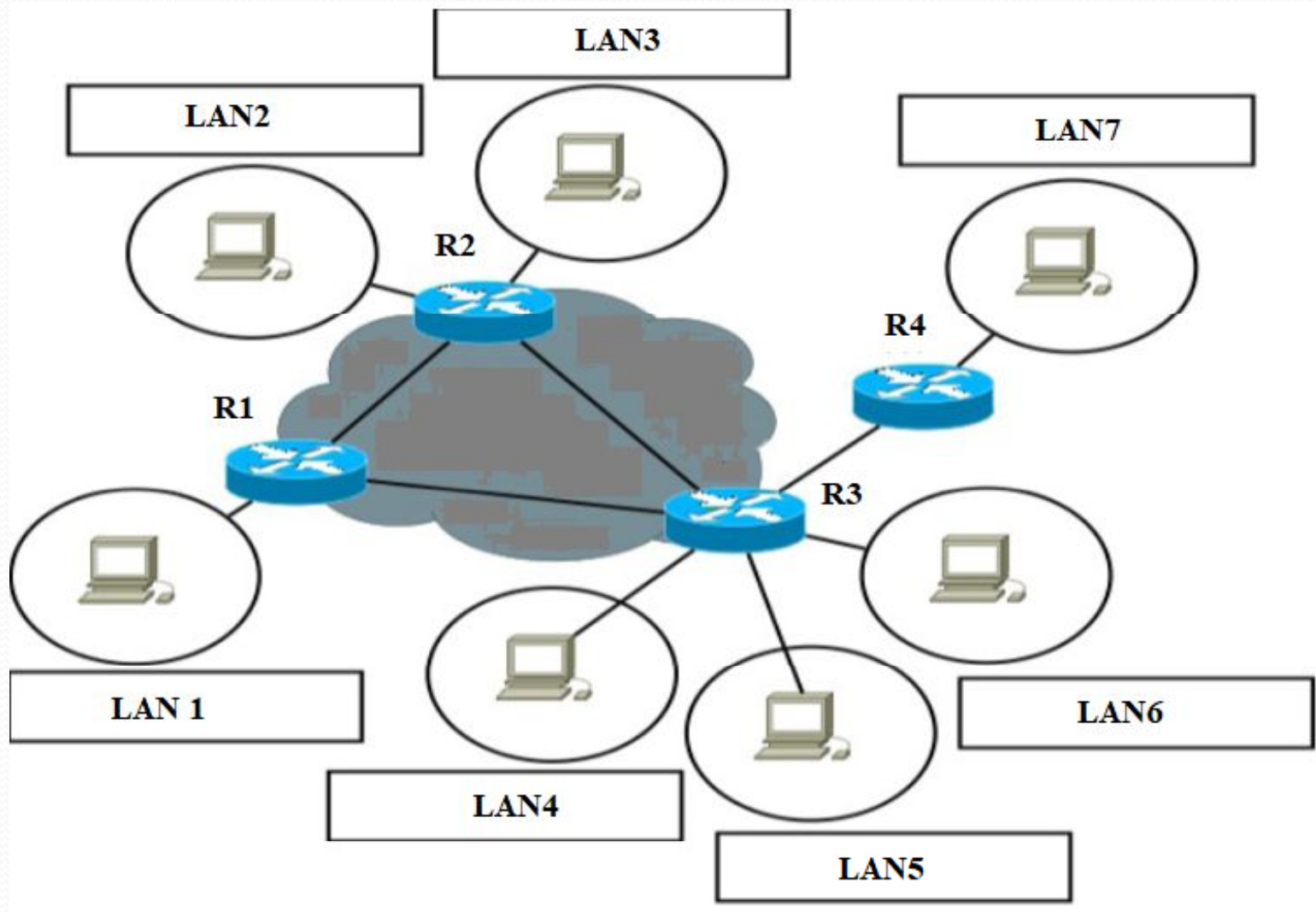


Comparaison entre routage à vecteur de distance & routage état de lien

Vecteur de distance	Etat de lien
<ul style="list-style-type: none">▪ Visualise la topologie du réseau du point de vu de leurs voisins▪ Ajoute des vecteurs de distance d'un routeur à l'autre▪ Mises à jour périodiques fréquentes▪ Convergence lente▪ Passe des copies des tables de routages aux routeurs voisins	<ul style="list-style-type: none">▪ Dispose d'une vue commune de la topologie▪ Calcule le plus court chemin vers les autres routeurs▪ Mises à jour déclenchées par événements▪ Convergence plus rapide▪ Passe les mises à jour du routage à état de lien aux autres routeurs voisins

Vecteur de distance	Etat de lien
<ul style="list-style-type: none">▪ Visualise la topologie du réseau du point de vu de leurs voisins▪ Ajoute des vecteurs de distance d'un routeur à l'autre▪ Mises à jour périodiques fréquentes▪ Convergence lente▪ Passe des copies des tables de routages aux routeurs voisins	<ul style="list-style-type: none">▪ Dispose d'une vue commune de la topologie▪ Calcule le plus court chemin vers les autres routeurs▪ Mises à jour déclenchées par événements▪ Convergence plus rapide▪ Passe les mises à jour du routage à état de lien aux autres routeurs voisins

Exercice d'application



Exercice d'application (suite)

1. Proposer un plan d'adressage logique pour tous les LAN (Ethernet) et les différentes interfaces des routeurs du schéma.
2. Etablir les tables de routage de chaque routeur.
3. Décrire clairement tout le processus pour l'envoi de paquets IP entre la machine du LAN 1 et celle du LAN 7.