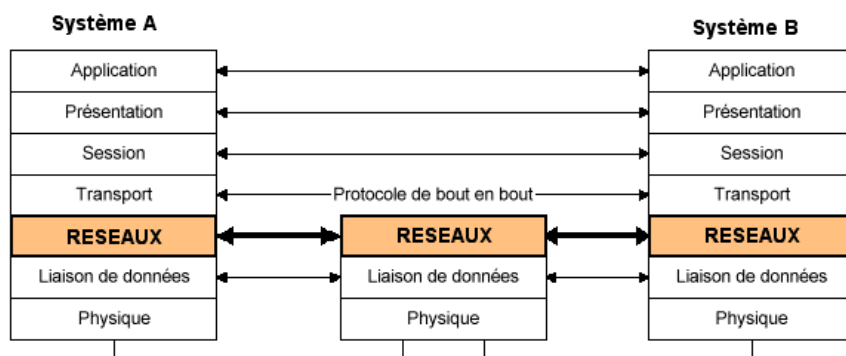


Internet et Routage

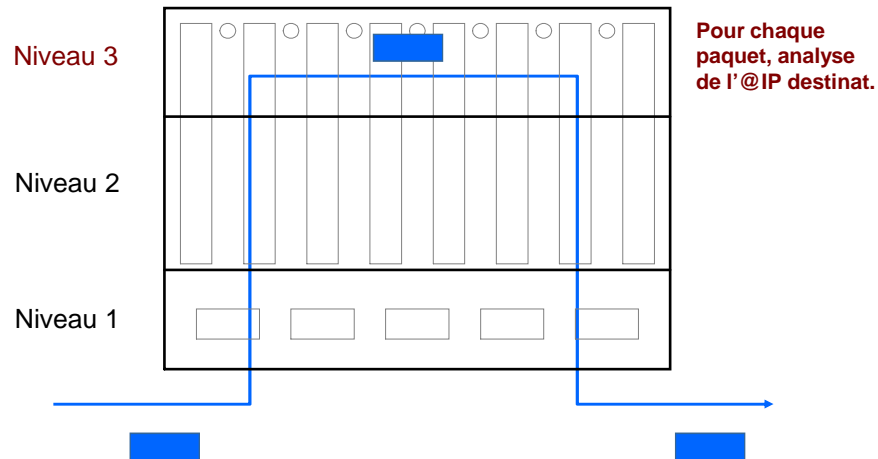
page 1

Couche réseau



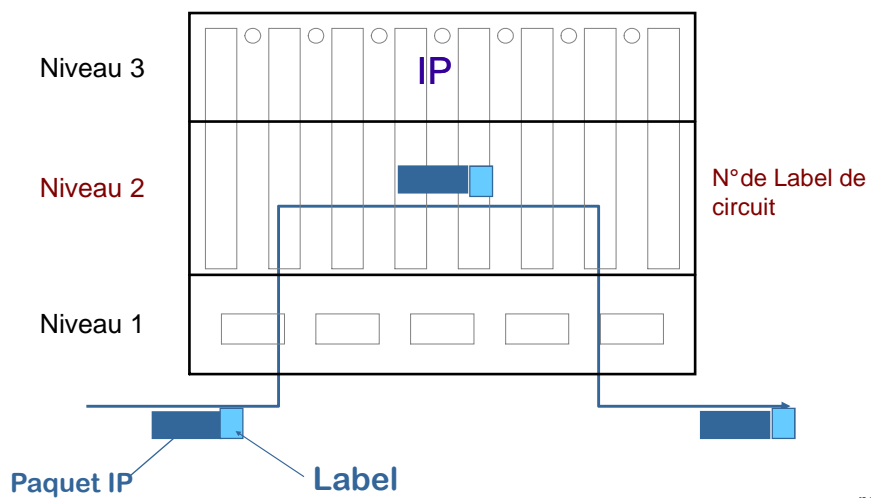
page 2

Mode datagramme Routage IP



page 3

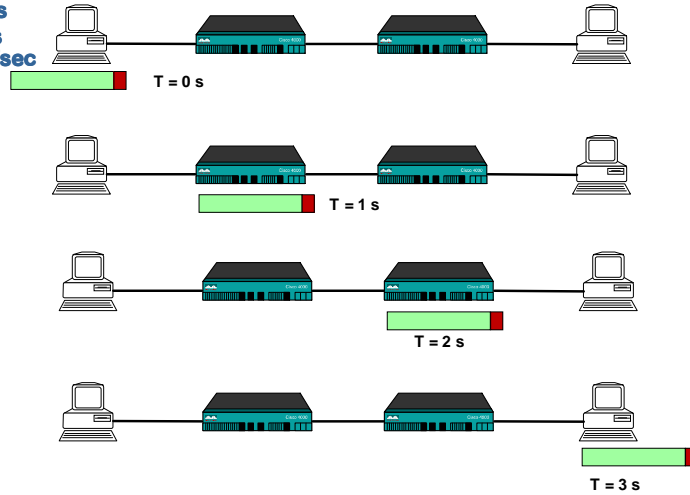
Mode circuit virtuel Commutation IP par Label



page 4

Impact de la taille des paquets Commutation de paquets IP

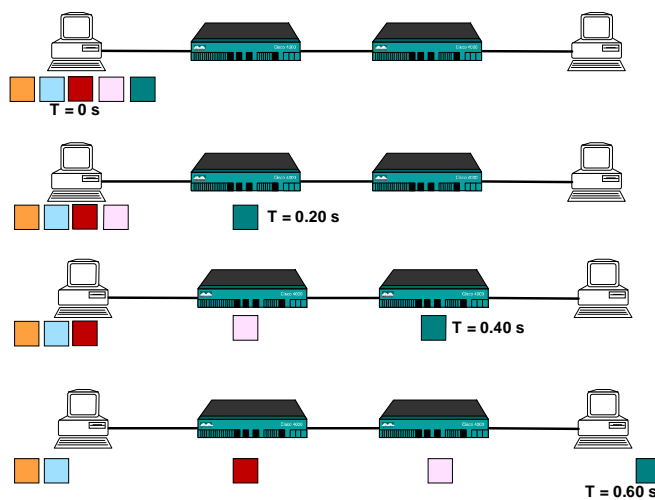
M = 1 Mbits
F = 1 Mbits
D = 1 Mbit/sec



page 5

Impact de la taille des paquets Commutation de cellules

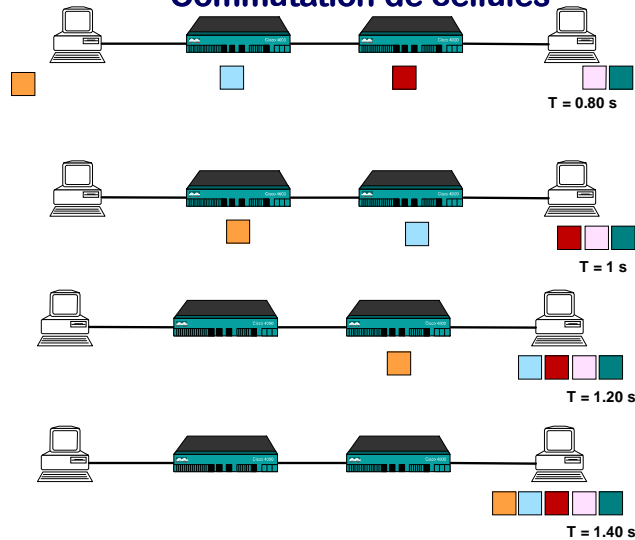
M = 1 Mbits
F = 200 Kbits
D = 1 Mbit/s



page 6

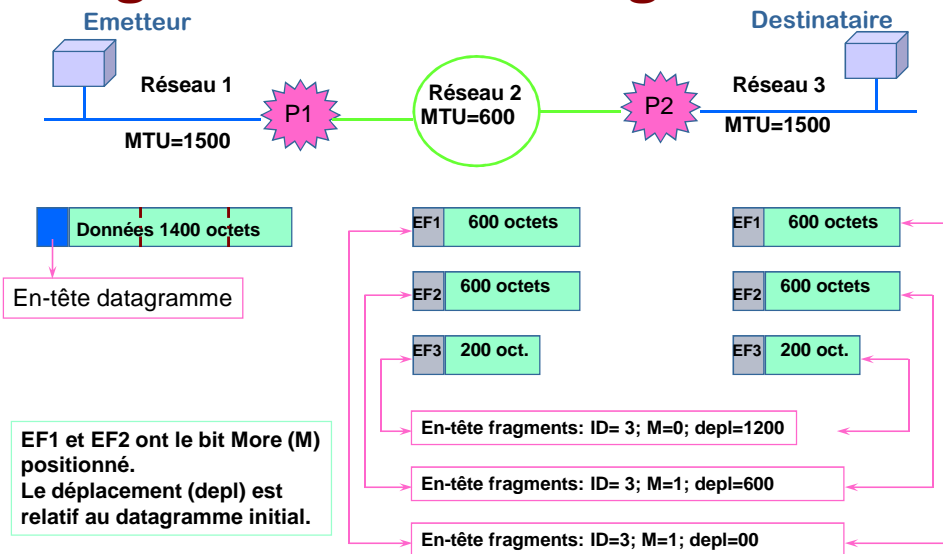
Impact de la taille des paquets

Commutation de cellules



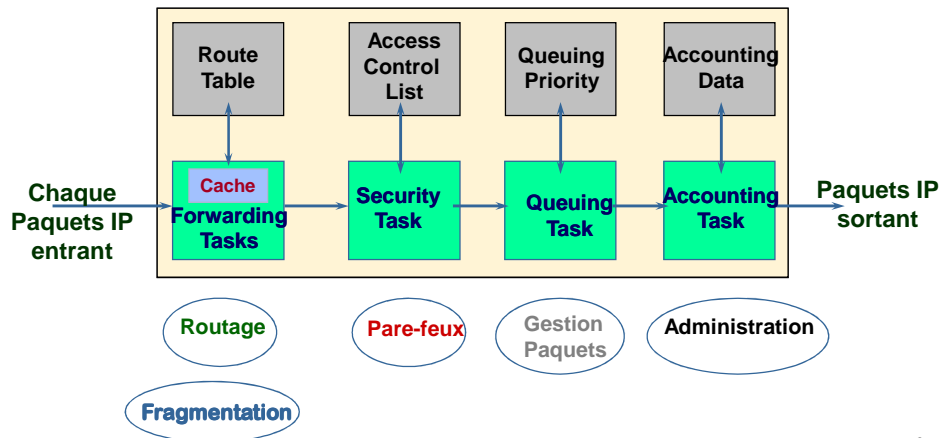
page 7

Fragmentation des datagrammes IP



page 8

Fonctions d'un Routeur IP



page 9

Routage IP

- Fonction qui permet de déterminer le meilleure chemin dans un réseau maillé vers une destination identifiée par une adresse de réseau IP.
- Utilisation de :
 - **TABLE DE ROUTAGE** (ou table d'acheminement) située dans chaque nœud : information nécessaire pour atteindre le prochain nœud vers la destination. Ex. Table de routage ip (netstat -r)
 - **ALGORITHME DE ROUTAGE** : fonction distribuée sur chaque noeuds qui a pour objectif de calculer les routes optimales pour atteindre une destination. Ex. Bellman-ford, Dijkstra,
 - **PROTOCOLES DE ROUTAGE** : pour rôle l'échanges des informations de routes calculées par les algorithmes de routage et qui permettent la mise à jour dynamique des tables de routage. Ex. RIP, OSPF

page 10

Routage IP

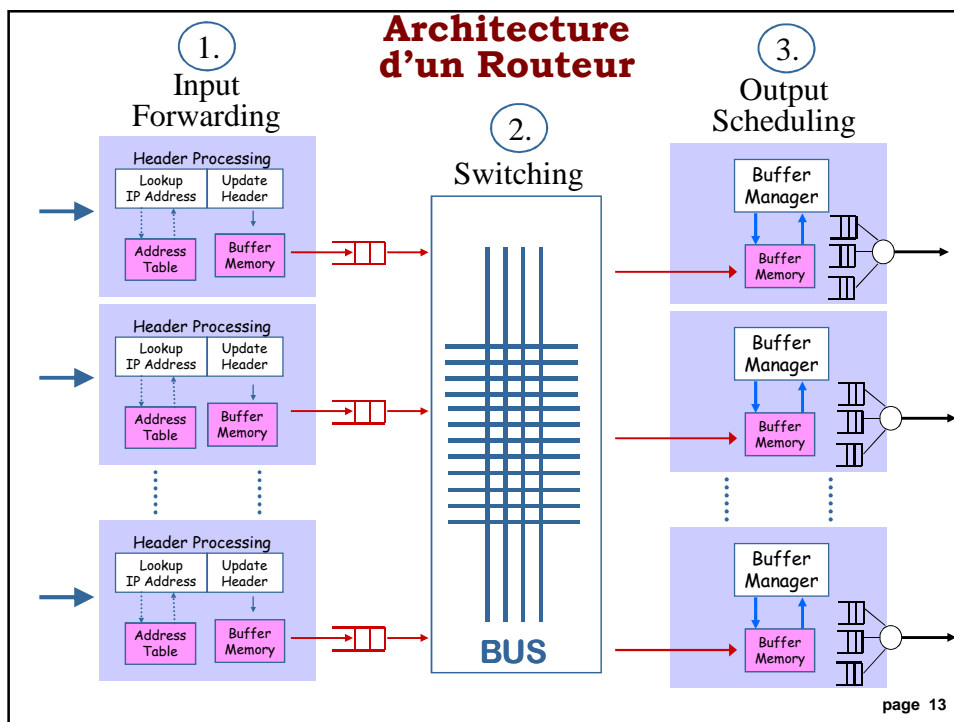
- Machines et routeurs participent au routage :
 - Ils possèdent tous deux une table de routage,
 - les machines doivent déterminer si le datagramme doit être délivré sur le réseau physique sur lequel elles sont connectées (**routage direct**) ou bien si le datagramme doit être acheminé vers un routeur; dans ce cas (**routage indirect**), elle doit identifier le routeur appropriée.
 - les routeurs effectuent le choix de routage vers d'autres routeurs afin d'acheminer le datagramme vers sa destination finale.
 - **Commande : netstat -r**

page 11

Routage

- Le Routage est réalisé par 3 fonctions :
 1. Le relaying (Forwarding) : calcul du port de sortie
 1. analyse de l'adresse de destination du paquet IP
 2. et consultation d'une table de routage
 3. Fragmentation du paquet en fonction du MTU (Maximum Transmission Unit) si besoin
 2. La commutation (Switching) : transfert du ou des fragments de paquet du paquet d'un port d'entrée vers un port de sortie à travers un bus;
 3. L'ordonnancement (Scheduling) : détermination de l'ordre d'émission des paquets sur la liaison de sortie
- 1. Routage statique et dynamique:
 - Les tables de routages peuvent être configurées en dur sur le routeur, on parle alors de "**routage statique**" (Téléphone).
 - Elles peuvent aussi être mises à jour automatiquement et dynamiquement, c'est le "**routage dynamique**" (Internet).

page 12



Tâches d'une passerelle IP

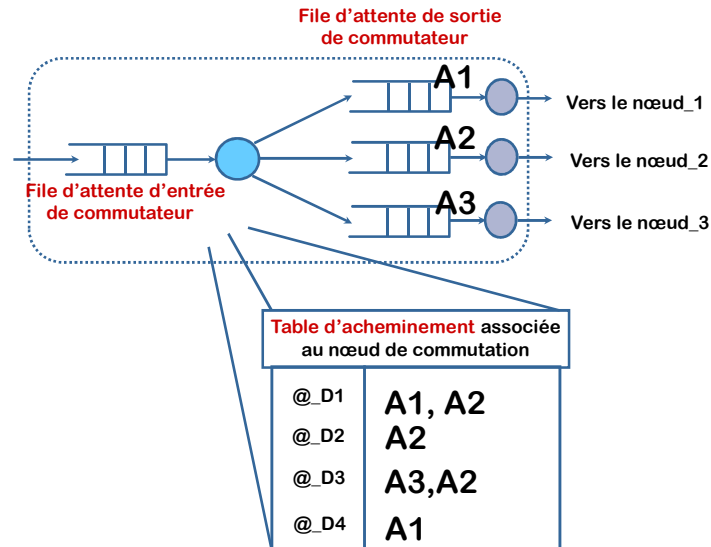
Pour chaque datagramme IP qui traverse une passerelle, le protocole IP :

1. détermine si ce sont des données utilisateur (TCP ou UDP) ou de contrôle (ICMP) destinées à la passerelle (analyse du champ « Protocole »)
2. vérifie le checksum, si faux => destruction paquet
3. vérifie la liste de contrôle d'accès (optionnel : fonction de Pare-Feux)
4. décrémente la durée de vie (TTL) du paquet, si nulle => destruction
5. **forwarding: décide du routage** (consulte la table de routage)
6. **fragmente** le datagramme si nécessaire (pour respecter le MTU de la prochaine liaison)
7. **reconstruit l'en-tête IP** avec les champs maj (TTL, ID, FLAG, OFFSET, Checksum)
8. **Switching: transmet** le ou les fragments du paquet IP vers le port de sortie à travers le bus
9. **Scheduling: ordonnancement** du paquet dans la file de sortie
10. Remise du paquet à la couche 2 puis à la couche 1 pour codage et transmission
11. mise à jours des statistiques de trafic (optionnel)

A réception dans l'hôte destinataire, IP :

- vérifie le checksum
- s'il y a eu fragmentation, mémorise puis **réassemble**
- **délivre au niveau supérieur** (TCP, UDP) les données et les paramètres par la primitive DELIVER

Noeud de commutation



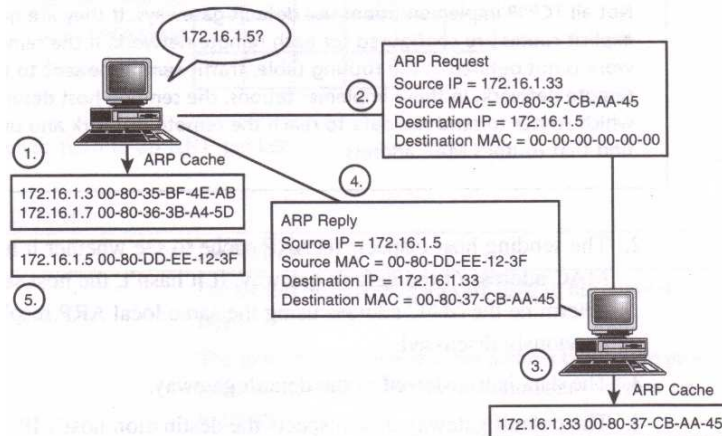
page 15

Commutation de paquets vs commutation de circuits

	Commutation de paquets	Commutation de circuits
Principes		
- Niveau d'exécution :	Couche 3	Couche 2
- mode de transfert: avantages	Datagramme robuste aux pannes, ressources optimisées	Circuit virtuel rapidité, séquençement
- Modèle du monde réel	Réseau postal	Réseau des chemins de fer
- type de service : avantages	non connecté pas d'états	Connecté Contrôle simplifié
Structure de données échangées : Taille Longueur	datagramme ou paquet variable grande (Ko)	Trame ou cellule fixe petite (octets)
Type de tables utilisés: Portée Protocole de mise à jour Fréquence de mise à jour Algorithme de calcul de routes Taille dépend du	Table de routage (routes) Un ou plusieurs domaines Statique ou dynamique (RIP, OSPF) 30 sec – 3 mns état de liens (Dijkstra), vecteur de distance (Bellman-ford) Nbre de réseaux destinations	Table de commutation (circuit) Locale (nœuds adjacents) Statique ou dynamique ms - RTT Auto-apprentissage (Ethernet), ou via table de routage et algo. associé Nbre de circuits actifs

page 16

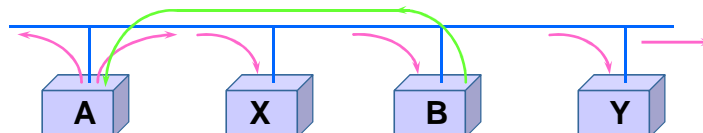
Cas 1 : Serveur local Routage IP directe ARP (Adresse Resolution Protocol)



page 17

ARP

- L'association **adresse physique - adresse IP** de l'émetteur est incluse dans la requête ARP de manière à ce que les récepteurs enregistrent l'association dans leur propre mémoire cache,



- Pour connaître l'adresse physique de B (PB) à partir de son adresse IP (IB), la machine A **diffuse une requête ARP** qui contient l'adresse IP de B (IB) vers toutes les machines;
- la machine B **répond avec un message ARP** qui contient la paire (IB, PB).
- Rem : champ type de la trame Ethernet: 0806 pour ARP

page 18

Cas 2 : Serveur distant

Routage IP indirecte

The diagram illustrates the process of indirect IP routing for a remote server. It shows a client computer on the left, a central IP router, and a server computer on the right. The client's ARP cache contains two entries: one for the local interface IP 172.16.1.10 and another for the remote server IP 172.16.5.3, which is mapped to the MAC address 00-A0-3C-40-SS-66. The router has two interfaces: 172.16.5.1 on the left and 172.16.1.1 on the right. The server's ARP cache contains two entries: one for the router's left interface IP 172.16.5.1 and another for the server's own IP 172.16.5.88, which is mapped to the MAC address 00-80-23-45-67-B4. The steps are numbered 1 through 4: 1. The client identifies the remote IP 172.16.5.100 as being outside its local subnet (172.16.5.100 = Remote). 2. The client checks its ARP cache for the remote IP. 3. The client finds the entry for 172.16.5.3 and sends a packet to the router's left interface (172.16.5.1). 4. The router receives the packet and forwards it to the server's left interface (172.16.5.1).

1. 172.16.5.100 = Remote

Masque de sous-réseaux

2. 172.16.1.10
ARP Cache
172.16.5.3 00-A0-3C-40-SS-66
172.16.1.1 00-80-24-5B-4E-33

3. 172.16.5.1
172.16.1.1

Routage IP

4. 172.16.5.100

ARP Cache
172.16.5.100 00-80-12-34-56-78
172.16.5.88 00-80-23-45-67-B4

page 19



Qu'est ce qu'un Système Autonome

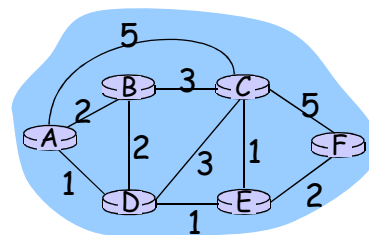
- Un réseau administré par une unique autorité
- Un réseau soumis à une même politique de routage
- Peut être constitué de plusieurs sous réseaux
- Identifié par un numéro de AS qui sont :
 - Attribué par l'ICANN
 - compris entre 1 et 65535 (n°privés entre 64512 et 65535)

page 21

Routage: définition

Objectif: détermine "meilleur" chemin (séquence des routeurs) à travers le réseau de la source à la destination.

- Utilisation du Graphe par les algorithmes de routage:
- noeuds de graphe sont des routeurs
- Arcs de graphe sont des liens physique
 - poids: délai, nombre de sauts,...



- "meilleur" chemin:
 - Typiquement un chemin à coût minimum
 - autre déf possible

DEA MISI 22

classification des algo. de routage

Global ou décentralisé?

Global:

- ❑ Une connaissance topologique
- ❑ Algorithme "link state"

Décentralisé:

- ❑ Processus itératif de calculs, échange des infos avec les voisins
- ❑ Algorithme "distance vector"

Statique ou dynamique?

Statique:

- ❑ Les routes changent lentement avec le temps

Dynamique:

- ❑ Les routes changent rapidement
 - Mise à jour périodique

DEA MISI 23

classification des algo. de routage

A partir de la source ou noeud par noeud?

A partir de la source:

- ❑ Le *chemin* est transporté par les paquets

Noeud par noeud:

- ❑ La *destination* est transportée par les paquets

Unicast ou multicast ?

Unicast:

- ❑ Un seul chemin par destination

Multicast/Multichemins:

- ❑ Plusieurs chemins par destination

DEA MISI 24

Routage IP intra-domaine

Distance vector algorithm : (utilisé avec le protocole RIP)

- algorithme simple,
- par diffusion d'un extrait des meilleurs chemins,
- (sous la forme d'un vecteur où chaque entrée contient une distance)
- entre voisins directs (de proche en proche)
- métrique simple : *hop count*.

Link state algorithm (pour information) : (utilisé avec le protocole OSPF)

- 2 phases :
 - diffusion à tous de la connaissance sur les liaisons locales
 - calcul local par chacun des meilleurs chemins sur les informations ainsi rassemblées
- exemple : Short Path First

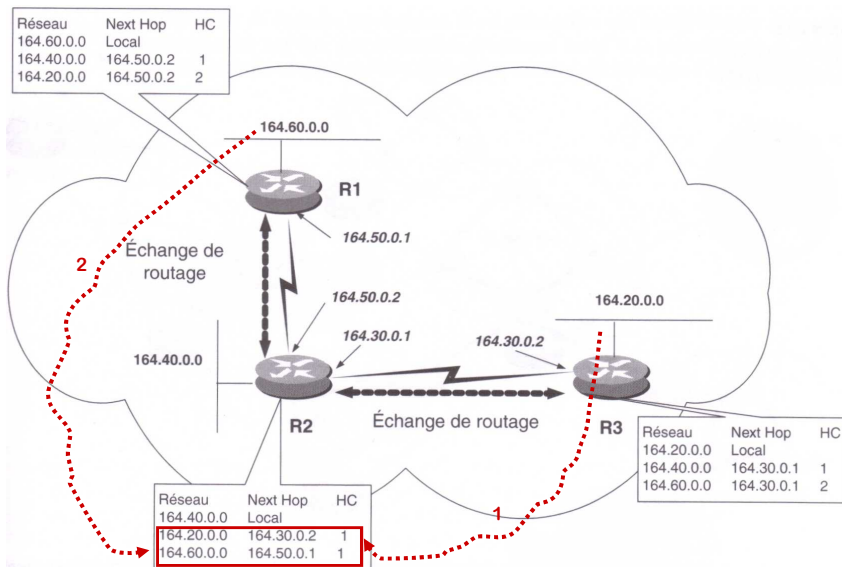
page 25

Algorithme Distance Vector

- Basé sur l'algorithme de Belman-Ford, calcul de routes distribué.
- Un routeur diffuse régulièrement à ses voisins les routes qu'il connaît (toute les 30sec. Avec RIP).
- Une route est composée d'une adresse destination, d'une adresse de passerelle et d'une métrique indiquant le nombre de sauts nécessaires pour atteindre la destination.
- Une passerelle qui reçoit ces informations compare les routes reçues avec ses propres routes connues et met à jour sa propre table de routage :
 - si une route reçue comprend un plus court chemin (nombre de prochains sauts +1 inférieur),
 - si une route reçue est inconnue.

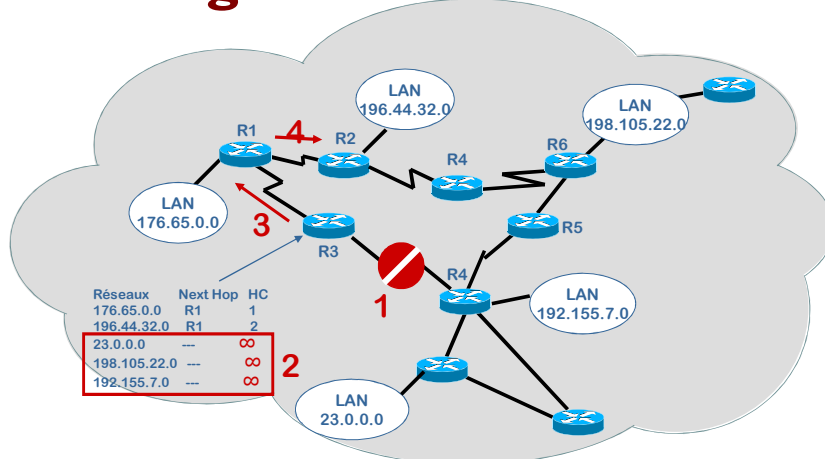
page 26

Algorithme Vector distance



page 27

Algo. V-D : pannes



1. R3 détecte qu'il n'y a plus de signal sur le port le reliant à R4;
2. R3 met toutes les routes passant par R4 à une distance **infinie** dans sa table
3. R3 envoie un nouveau vecteur de distances vers ses voisins actifs (R1)
4. La mise à jour se propage dans le réseau

page 28

Algorithme Distance Vector

Inconvénients :

- La taille des informations de routage est proportionnelle au nombre de routeurs du domaine,
- Métrique difficilement utilisable : lenteur de convergence,
- Bouclage, éventuellement à l'infini,
- Pas de chemins multiples
- Coût des routes externes arbitraire.

page 29

Algorithme V-D : Conclusion

- Algorithme simple (juste configurer l'adresse des routeurs)
- Les routeurs connaissent tous les autres routeurs par apprentissage
- La taille des informations de routage est proportionnelle au nombre de routeurs du réseau,
- Métrique (nombre de sauts) non réaliste
- lenteur de convergence: risque de bouclage/comptage, éventuellement à l'infini,
- Pas de gestion de chemins multiples vers une même destination

page 30

RIP : Routing Information Protocol

- **Protocole de routage de type Vecteur de distances**
- Protocole intérieur (Cf AS), RFC 1058.
- Proposé par l'université de Berkeley (BSD/*routed*)
- Conçu à l'origine pour les réseaux locaux, étendu aux réseaux distants
- Peu performant, mais le plus employé au monde (Appletalk, ...)
- Deux Version 1.0 et 2.0 (sécurisé par authentification)
- Fonctionne au dessus d'UDP/IP ; port 520 (Cf <1024)
- Les informations de routage sont émises toutes les 30 secondes et indiquent pour un routeur donné, la liste des réseaux accessibles avec leur distance (*next hop*).
- Si une route n'est pas rafraichie dans les 3 Mns la distance=infini
 - **Utilisation de temporisateurs**

page 31

RIP

Routing Information Protocol :

- RIP-1 : RFC 1058 - juin 1988.
- RIP-2 : RFC 1388 - juin 1993.

routed : Unix RIP routing daemon

commande *netstat -r* : visualise la table de routage

commande *route* : modifie la table de routage

fichier : */etc/hosts* : la table de routage initiale

RIP + UDP + IP

- . Port n°520 (service RIP)
- . Infini = 16 hops ⇒ étendue limitée
- . Période de diffusion des message de routage [15-45s]
- . Durée de validité d'un entrée (3 mn)
- . Délai aléatoire de diffusion immédiate [0-5s]

Optimisation :

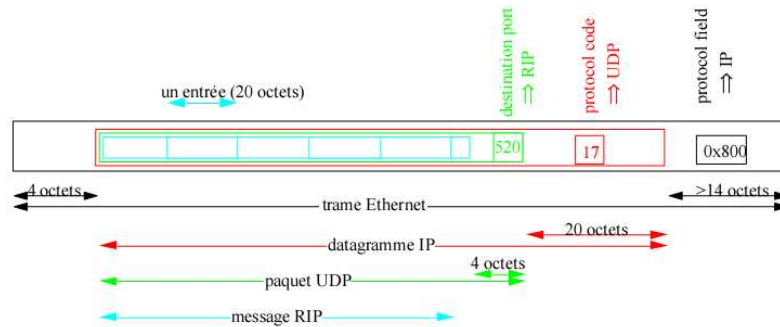
- RIP-1 utilise l'adresse de diffusion locale (255.255.255.255)
 - . Toutes les stations reçoivent une copie du message
- RIP-2 utilise l'adresse multicast réservée (224.0.0.9 : le groupe des routeurs)
 - . Seuls les routeurs RIP reçoivent une copie du message
 - ⇒ moins de surcharge pour les drivers IP des autres stations et autres routeurs.

page 32

RIP Encapsulation

Contraintes

- Les messages de routage ont une longueur limitée : 512 octets
 ➡ le MTU par défaut des datagrammes IP est de 576 octets !
- si les informations à transmettre sont plus longues, on diffuse plusieurs messages de routage.
- le protocole RIP est sans mémoire ("memoryless"), ces messages ne sont pas liés (par ex. pas de n°).



page 33

RIP principe

Etat initial :

- Chaque routeur connaît son environnement immédiat :
 - son adresse, ses interfaces,
 - ses (sous-)réseaux directs : distance = 0.

Chaque routeur maintient localement une liste (BdD) des meilleures routes

- ➡ table de routage <@ de destination, distance, @ du prochain routeur>

Chaque routeur actif diffuse un **extrait** de sa table de routage (message de routage) :

- Périodiquement (30s)
- A tous leurs voisins immédiats
- Une liste de couple <@ de destination, distance>

Tous les routeurs mettent à jour leur tables de routage en conséquence. L'adresse du prochain routeur est implicitement celui de l'émetteur du message de routage.

Etat des stations :

- Actif (les routeurs) diffusent leurs routes,
- Passif (les stations d'extrémité) écoutent.

page 34

RIP Format des messages

0	7	8	15	16	31 bits
command	version	routing domain			
address family	route tag				
IP address					
subnet mask					
next-hop address					
metric					
address family	route tag				
IP address					
subnet mask					
next-hop address					
metric					

Le champ "command" (8 bits) : code le type du message :

. 1 = demande d'information

- demande partielle pour certaines destinations (dont les entrées figurent dans la demande)

- demande totale (s'il y a une seule entrée associée à la demande tel que "address family"=0 et "metric"=16)

. 2 = réponse

- l'extrait des meilleures routes du routeur

- suit à une demande, envoi périodique, envoi spontané

Le champ "version" (8 bits) :

. 1 = RIP-1 (⇒ les champs "routing domain", "route tag", "subnet address", "next-hop address" sont inutilisés = 0)

. 2 = RIP-2

Le champ "routing domain" (16 bits) :

. RIP est générique :

- plusieurs domaines peuvent être gérés simultanément par le même routeur.

. 0 par défaut et obligatoire pour RIP-1

page 35

RIP Format des messages (2)

0	7	8	15	16	31 bits
command	version	routing domain			
address family	route tag				
IP address					
subnet mask					
next-hop address					
metric					
address family	route tag				
IP address					
subnet mask					
next-hop address					
metric					

Le champ "address family" (16 bits) : code le format d'adressage :

. les adresses peuvent être de longueur quelconque

. 2 = IP ⇒ (32 bits)

Le champ "route tag" (16 bits) :

. transmet des informations utilisées par le routage inter-domaine (EGP)

. 0 pour RIP-1

Le champ "IP address" (32 bits) : l'adresse de destination

. l'adresse d'un réseau IP (⇒ netid)

. l'adresse d'un sous-réseau IP (⇒ subnet mask : subnetid)

. l'adresse d'une station (⇒ @IP)

. l'adresse par défaut (⇒ n'importe quelle destination : 0.0.0.0)

Le champ "subnet mask" (32 bits) :

. 0 pour RIP-1

. spécifie la taille du champ "subnetID" dans le champ "hostID" de l'adresse IP.

page 36

Algorithme « Link State »

- Basés sur la technique *Shortest Path First (SPF)* :
 1. les passerelles maintiennent une carte complète du réseau et calculent les meilleurs chemins localement en utilisant cette topologie.
 2. les passerelles ne communiquent pas la liste de toutes les destinations connues (cf *Vector-Distance*),
 - Toute les 30 minutes environs
 3. une passerelle basée sur l'algorithme SPF, teste périodiquement l'état des liens qui la relie à ses routeurs voisins, puis diffuse périodiquement ces états (*Link-State*) à toutes les autres passerelles du domaine.
 - Via le protocole « Hello » pour OSPF
 4. Les messages diffusés ne spécifient pas des routes mais simplement l'état (up, down) entre deux passerelles.

page 37

Algorithme « Link State »

5. Lorsque un message parvient à une passerelle, celle-ci met à jour la carte de liens et recalcule localement pour chaque lien modifié, la nouvelle route selon l'algorithme de Dijkstra *shortest path algorithm* qui détermine le plus court chemin pour toutes les destinations à partir d'une même source.

– **Avantages :**

- Stabilité du réseau
- Peu de trafic de signalisation
- Routes alternatives avec répartition de charge

page 38

Algorithmes « Link State » Rôle des messages « Hello »

- Comment un routeur découvre-t-il ses voisins et les pannes de liaison ?
 - Via l'envoi périodique de message « Hello »
- Comment mesurer le délai des liaisons ?
 - Via également l'envoi de message « Hello » et la réception de ACK (RTT/2)
- Comment tenir compte de la charge réelle des liaisons ?
 - en mesurant le délai RTT avec des messages « Hello » situés en queue de buffer de l'interface de sortie
- Comment un routeur construit-il la topologie globale du réseau ?
 - Chaque routeur construit périodiquement (toute les 30 minutes) un message « Link State » qui décrit sa topologie locale. Chaque message contient :
 - l'identification du routeur (son adresse IP)
 - Un ensemble de couples (adresse du routeur voisin; délai pour atteindre ce voisin)
 - Un message « Link State » peut aussi être envoyé lorsque une liaison devient active ou inactive, ou les délais (charge) ont beaucoup changés.

page 39

L'algorithme de routage: états des liaisons(LS)

Algorithme Dijkstra

- les couts de liens connus par tous les noeuds
 - accomplis via "link state broadcast"
 - tous les noeuds ont la même information
- calcule les chemins a cout minimum d'un noeud ("source") vers les autres noeuds
 - donne une table de **routage** pour ce noeud
- iterative: après k iterations, le chemin a cout minimum est connu de la destination k

Notation:

- $c(i,j)$: cout de lien des noeuds i à j, le cout est à l'infini s'il n'y a pas de lien direct
- $D(v)$: la valeur courrante du chemin de la source vers la destination V
- $p(v)$: noeud predecesseur le long du chemin de la source vers v
- N : ensemble de noouds que leurs couts minimum sont definitivement connus

DEA MISI 40

Algorithme Dijkstra

```

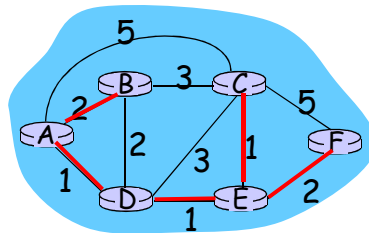
1 Initialization:
2  N = {A}
3  Pour tous les noeuds v
4    Si v est adjacent à A
5      Alors D(v) = c(A,v)
6      Sinon D(v) = infini
7
8  boucle
9    trouver w pas dans N avec D(w) est minimum
10   Ajouter w à N
11   m.à.j D(v) pour tout v adjacent à w
12   et non dans N
13    $D(v) = \min( D(v), D(w) + c(w,v) )$ 
14
15 until tous les noeuds dans N

```

DEA MISI 41

Algorithme Dijkstra: exemple

Step	start N	D(B),p(B)	D(C),p(C)	D(D),p(D)	D(E),p(E)	D(F),p(F)
→0	A	2,A	5,A	1,A	infinity	infinity
→1	AD	2,A	4,D		2,D	infinity
→2	ADE	2,A	3,E			4,E
→3	ADEB		3,E			4,E
→4	ADEBC					4,E
5	ADEBCF					



DEA MISI 42

Algorithme Dijkstra, discussion

Complexité d'algorithme: n noeuds

- Chaque itération: nécessite de vérifier tous les noeuds, w, pas dans N
- $n*(n+1)/2$ comparaisons: $O(n^2)$
- implementation possible: $O(n \log n)$

DEA MISI 43

Routage IP intra AS: OSPF

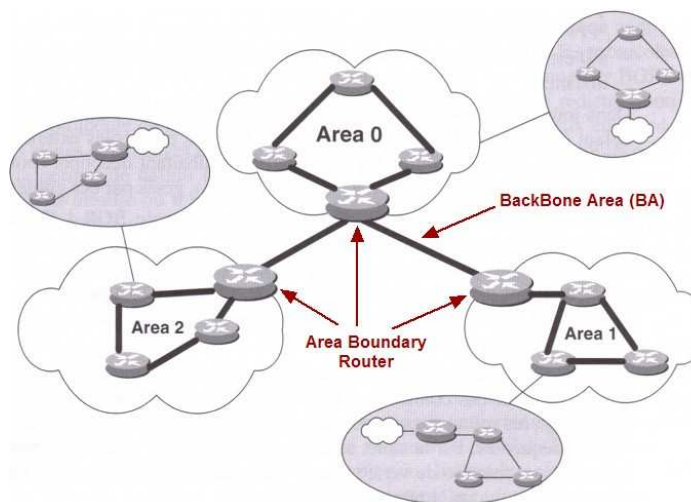
- Le protocole OSPF (Open Shortest Path First) a été développé en 1989/90 par IETF pour satisfaire aux spécifications du routage des réseaux privés de grande taille ou le nombre d'interconnexion est important.
- OSPF version 2 se trouve dans le **RFC 1583**.
- Basé sur l'algorithme de routage : Dijkstra
- **Avantages :**
 - Routage hiérarchique par zone
 - Stabilité du réseau
 - Peu de trafic de signalisation de routes
 - Routes alternatives avec répartition de charge si même coût
 - Métriques des routes plus complexes basées sur la bande passante des liens
 - Mais ne tiens pas compte de la charge réelle des liens
 - 10^8 / Bande passante en bps
 - Ethernet 10Mbps = 10
 - Fast Ethernet = 1
 - Sérial 64 Kbps = 1562

page 44

Routage IP intra-AS Protocole OSPF

- ◆ Le protocole OSPF (Open Shortest Path First) a été développé en 1989/90 par IETF pour satisfaire aux spécifications du routage des réseaux privés de grande taille ou le nombre d'interconnexion est important.
- ◆ La première version d'OSPF se trouve dans le **RFC 1247**, actuellement c'est OSPF version 2 qui fait référence, cette spécification se trouve dans le **RFC 1583**.
- ◆ Libre de droit contrairement à IGRP (Interior Gateway Routed Protocol) développé par Cisco pour ses routeurs multiprotocoles qui lui est protégé par des Brevets.
 1. OSPF inclut le routage par **type de service** (Type Service Routing). L'administrateur réseau peut définir plusieurs routes vers une destination donnée : une en fonction de chaque type de service (par ex : faible délai ou haut débit).
 2. Le protocole OSPF permet la décomposition d'un réseau et de ses routeurs en sous ensembles appelés "zones" (Areas) pour faciliter la gestion du réseau et sa croissance.

Routage IP – Intra-AS Protocole OSPF



OSPF v2

◆ Basés sur la technique *Shortest Path First (SPF)* :

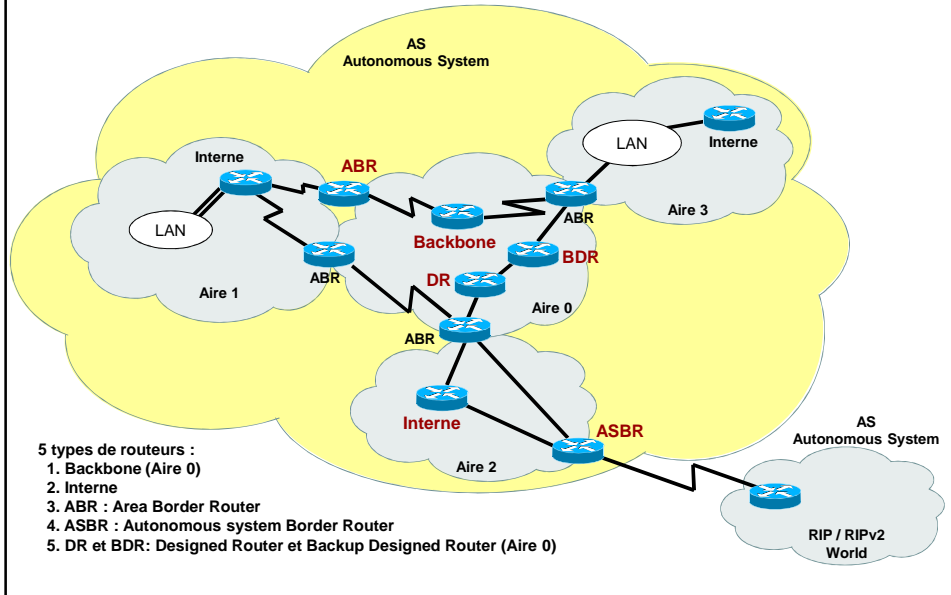
1. les passerelles maintiennent une carte complète du réseau et calculent les meilleurs chemins localement en utilisant cette topologie.
 - La Link-State dataBase (LSB)
2. les passerelles ne communiquent pas la liste de toutes les destinations (réseaux) connues (différence avec RIP),
3. une passerelle basée sur l'algorithme SPF, teste périodiquement l'état des liens qui la relie à ses routeurs voisins, puis diffuse périodiquement ces états (*Link-State*) à toutes les autres passerelles du domaine.
 - Via des messages de protocole « Hello »
 - Toutes les 30 minutes environs
4. Les messages diffusés ne spécifient pas des routes mais simplement l'état (up, down) entre deux passerelles.
5. Lorsque un message parvient à une passerelle, celle-ci met à jour la carte de liens et recalcule localement pour chaque lien modifié, la nouvelle route selon l'algorithme de « *Dijkstra shortest path algorithm* » qui détermine le plus court chemin pour toutes les destinations à partir d'une même source.

Routage Intra-AS : OSPF

● **Avantages :**

- Routage hiérarchique par zone
 - Stabilité du réseau
 - Peu de trafic de signalisation de routes
- Routes alternatives avec répartition de charge
- Sécurité par authentification des routeurs
- Métriques des routes plus complexes basées sur la bande passante des liens
 - Mais ne tiens pas compte de la charge réelle des liens
- 10^8 / Bande passante en bps
 - Ethernet 10Mbps = 10
 - Fast Ethernet = 1
 - Sérial 64 Kbps = 1562

Backbone IP OSPF



1ère Etape : Etablissement des adjacences

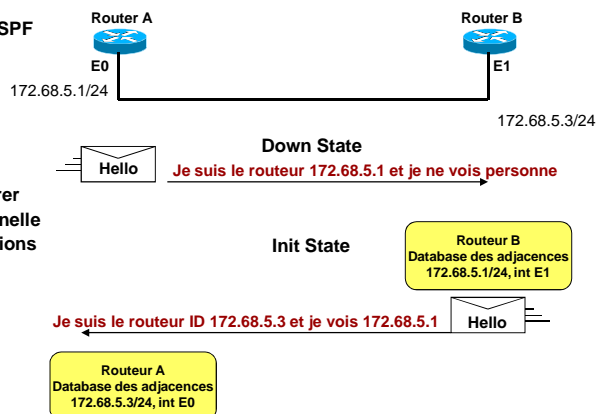
◆ Première étape du processus OSPF

- **Reconnaissance de leurs voisins**

◆ Réalisé par le protocole HELLO

- ◆ Etabli une adjacence pour assurer une communication bi-directionnelle avant d'échanger leurs informations de leurs états des liens

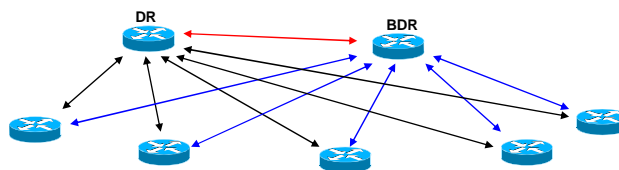
- ◆ C'est l'état d'initialisation



2ème Etape : Election du DR /BDR

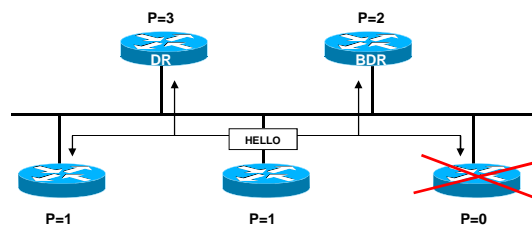
Election du Routeurs désignés (DR) et de son Backup (BDR) sur un réseau multi accès :

- DR : Designated Router
- BDR : Backup Designated Router
- Points de contact centralisant l'échange d'information des links State
- Stocke et distribue la Link State Data Base (LSB) aux autres routeurs du AS
- Réduit le trafic sur le domaine
- Utilise l'adresse multicast 224.0.0.5



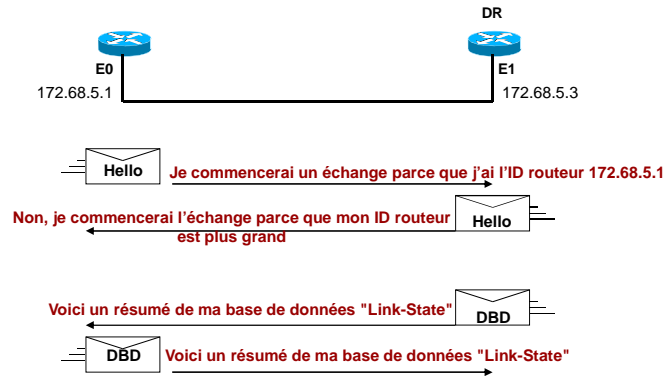
Election du DR /BDR

- ◆ Pendant l'échange des paquets Hello via multicast IP 224.0.0.5
- ◆ Le routeur ayant la plus haute priorité est élu
- ◆ Priorité P=0
 - Ne participe pas à l'élection
- ◆ Priorité P=1
 - Participe mais sera battu par une priorité plus haute
- ◆ Si pas de priorité
 - @IP la plus haute qui est élue



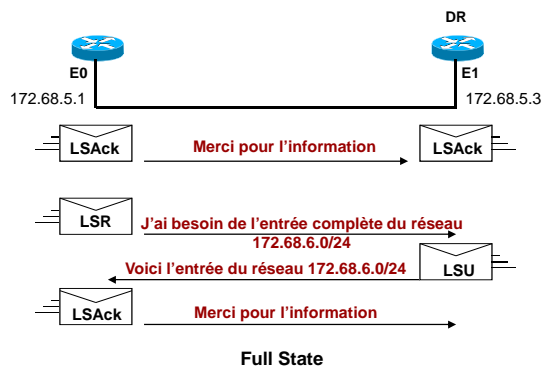
3ème Etape : Echange des routes

Une fois le DR et BDR élus les routeurs sont prêts à s'échanger leur information de routes avec le DR et le BDR: c'est « l'exchange State ».



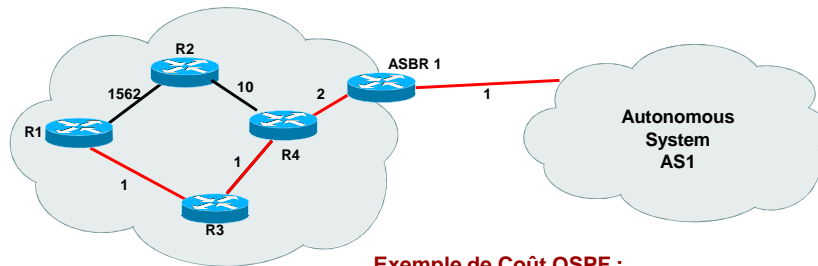
4ème Etape : Etat Complet

- Quand tous les routeurs ont établi une adjacence avec le DR et BDR. L'état final du processus est l'état « full state »



5ème Etape : Calcul de la Table de routage

- Quand tous les routeurs ont une copie identique de la table topologique, ils calculent le plus court chemin menant à tous les autres routeurs et de ce fait à tous les réseaux du système autonome (AS).



Exemple de Coût OSPF :

Ethernet	= $10^8/10\ 000\ 000$	= 10
Fast Ethernet	= $10^8/100\ 000\ 000$	= 1
Sérial 64 Kbps	= $10^8/64\ 000$	= 1562

6ème Etape : Mise à jour de la Table de routage

