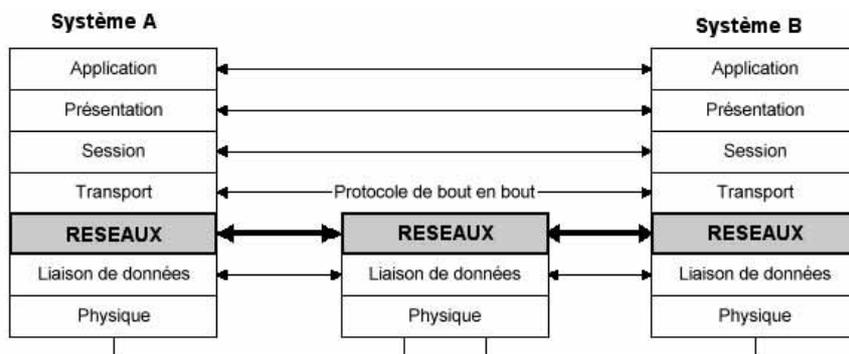


- Partie 6 - Routage IP

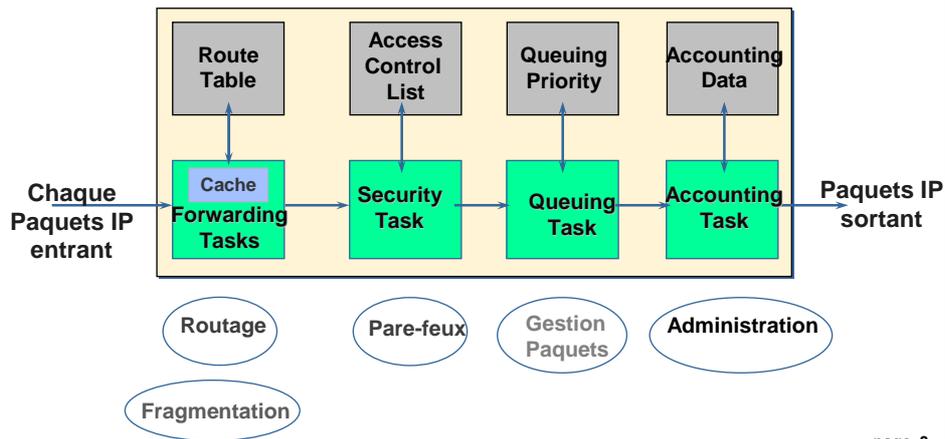
page 1

Couche réseau

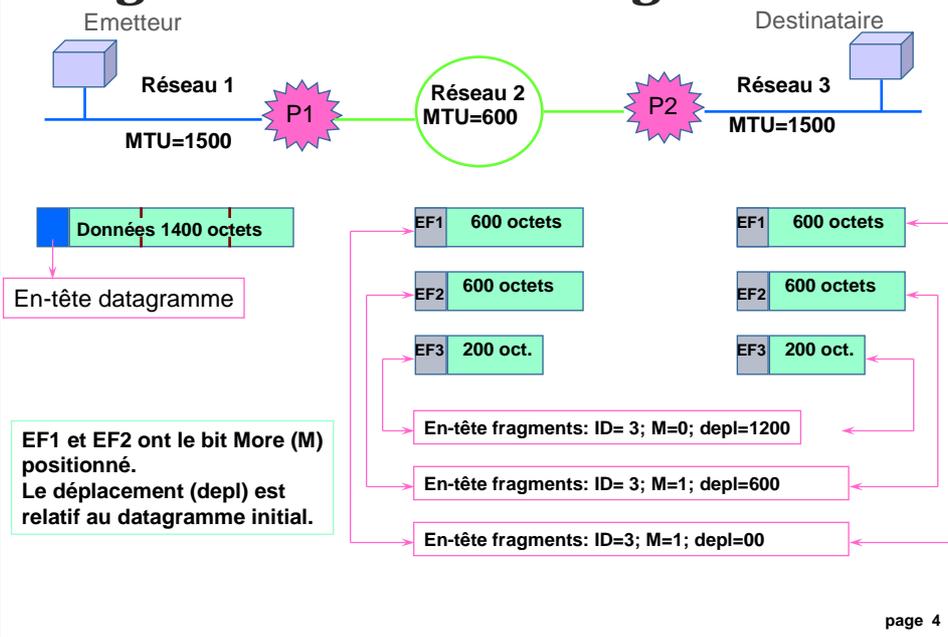


page 2

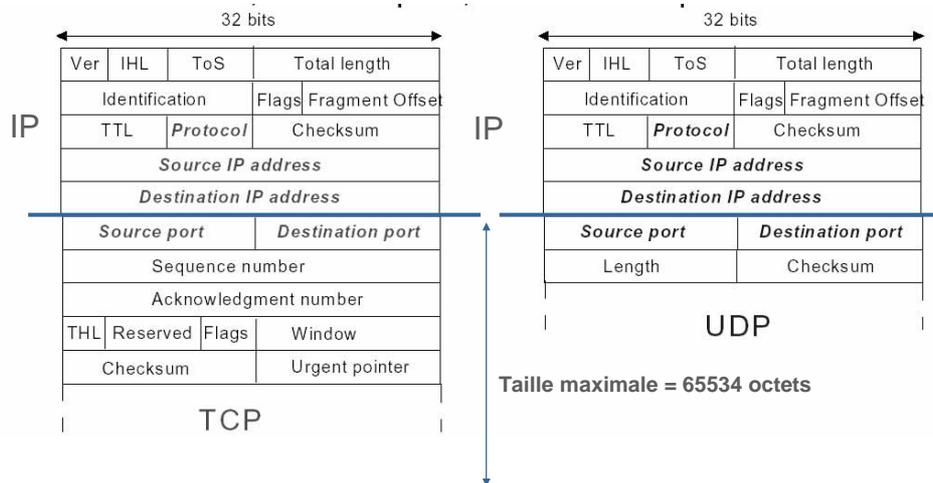
Fonctions d'un Routeur IP



Fragmentation des datagrammes IP



Structure des Paquets IP



page 5

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 6

Routage IP

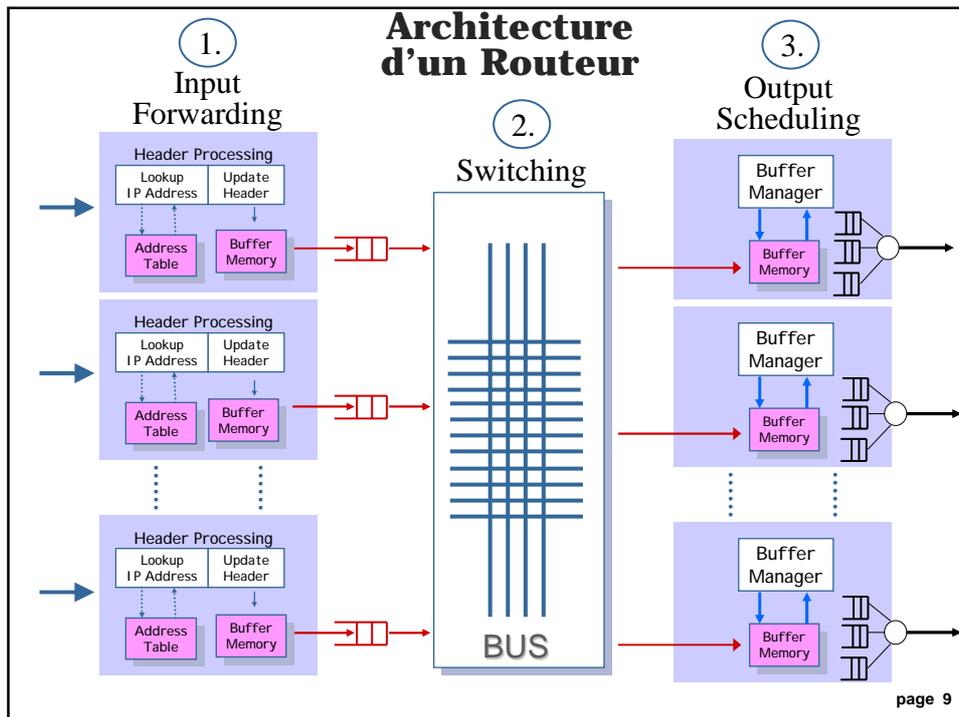
- Machines et routeurs participent au routage :
 - Ils possèdent tous deux une table de routage,
 - les machines doivent déterminer si le datagramme doit être délivré sur le réseau physique sur lequel elles sont connectées (routage direct) ou bien si le datagramme doit être acheminé vers un routeur; 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 7

Routage

- Le Routage est réalisé par 3 fonctions :
 1. Le relayage (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 8



Tâches d'une passerelle IP

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

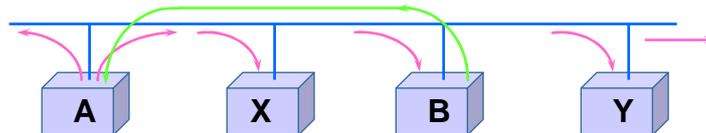
1. détermine si ce sont des données utilisateur (TCP ou UDP) ou de contrôle (ICMP) destinées à la passerelle (analyse du champ « Protocole »)
2. vérifie le checksum, si faux => destruction paquet
3. vérifie la liste de contrôle d'accès (optionnel : fonction de Pare-Feux)
4. décrémente la durée de vie (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

ARP

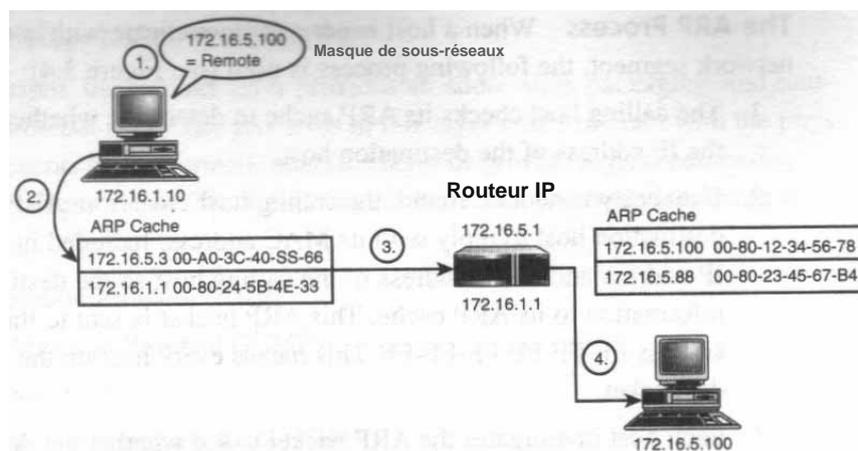
- L'association adresse physique - adresse IP de l'émetteur est incluse dans la requête ARP de manière à ce que les récepteurs enregistrent l'association dans leur propre mémoire cache,



- 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

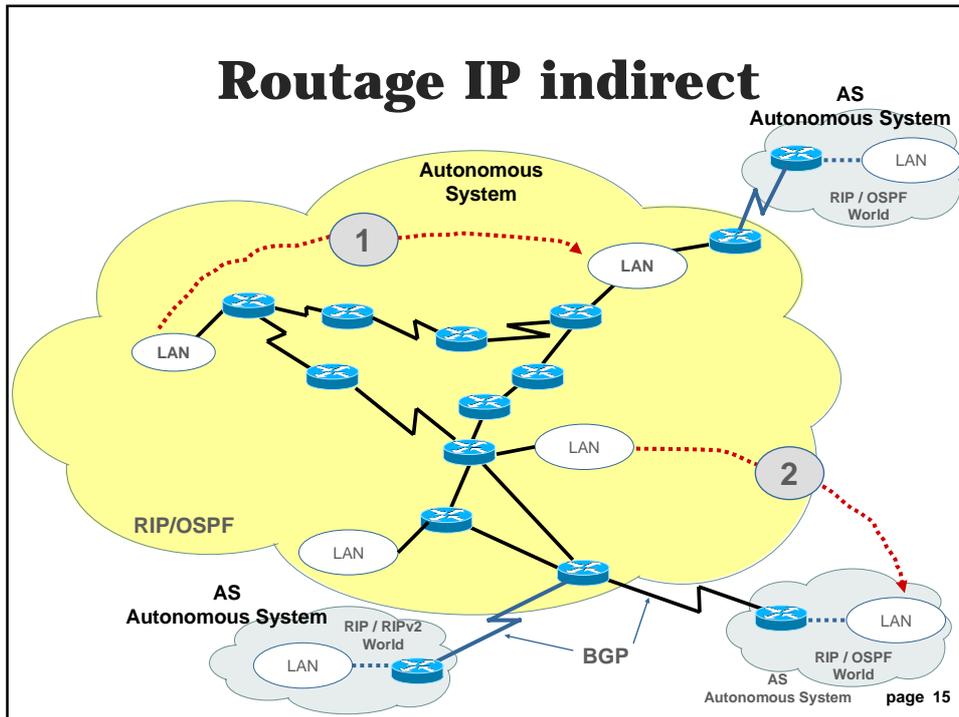
page 13

Cas 2 : Serveur distant Routage IP indirecte



page 14

ROUTAGE IP INDIRECT



ROUTAGE IP INTRA-DOMAINNE

Distance vector algorithm :

- 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) :

- 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

RIP : Routing Information Protocol

- 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, ...)
- De type Vecteur de distance
- 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 17

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]

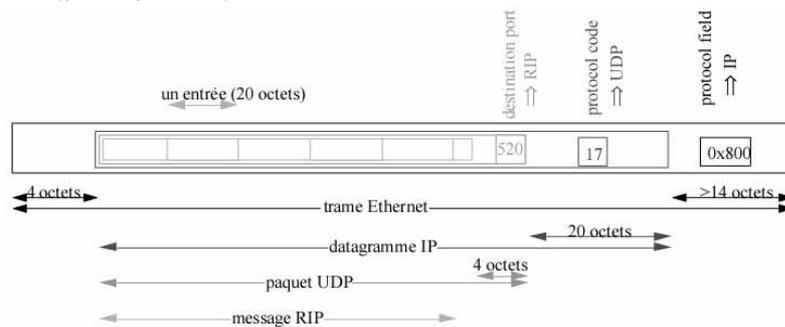
Optimisation :

- 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 18**

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 19

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>

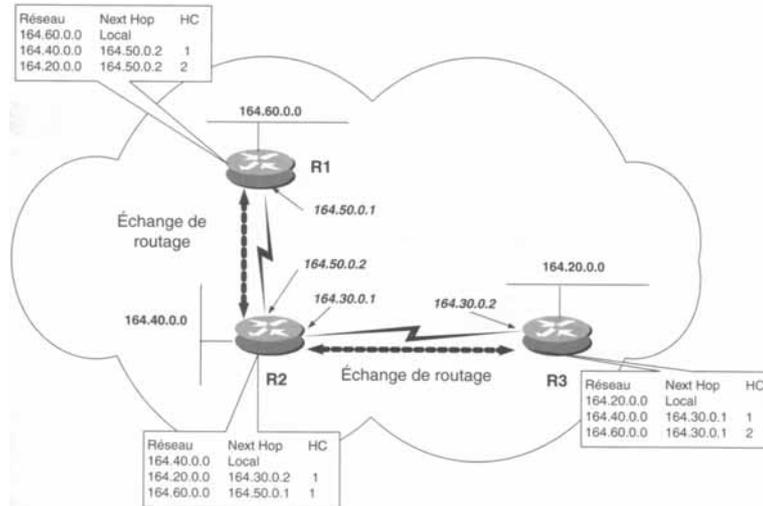
Tous les routeurs mettent à jour leur tables de routage en conséquence. L'adresse du prochain routeur est implicitement celui de l'émetteur du message de routage.

Etat des stations :

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

page 20

Routage IP intra-domaine Protocole RIP



page 21

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 22

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

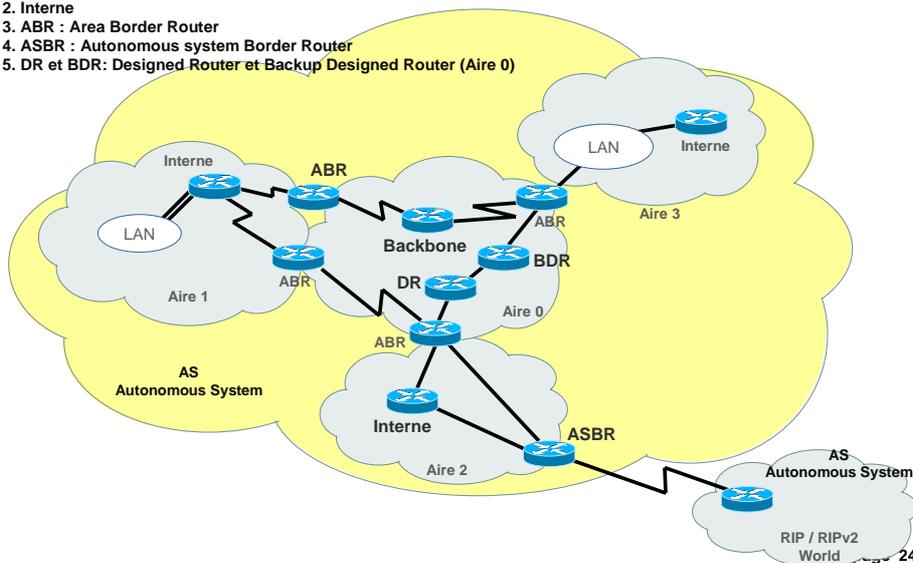
. spécifie la taille du champ "subnetID" dans le champ "hostID" de l'adresse IP.

page 23

Routage IP intra AS : OSPF

5 types de routeurs OSPF :

1. Backbone (Aire 0)
2. Interne
3. ABR : Area Border Router
4. ASBR : Autonomous system Border Router
5. DR et BDR: Designed Router et Backup Designed Router (Aire 0)

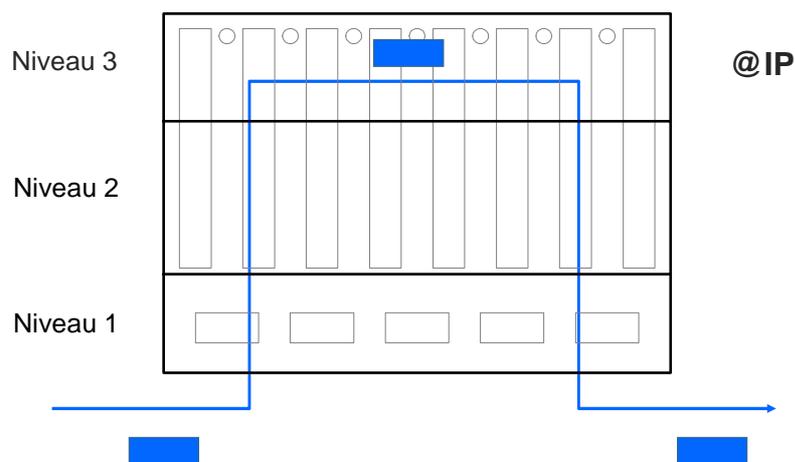


Routage IP intra AS: OSPF

- 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

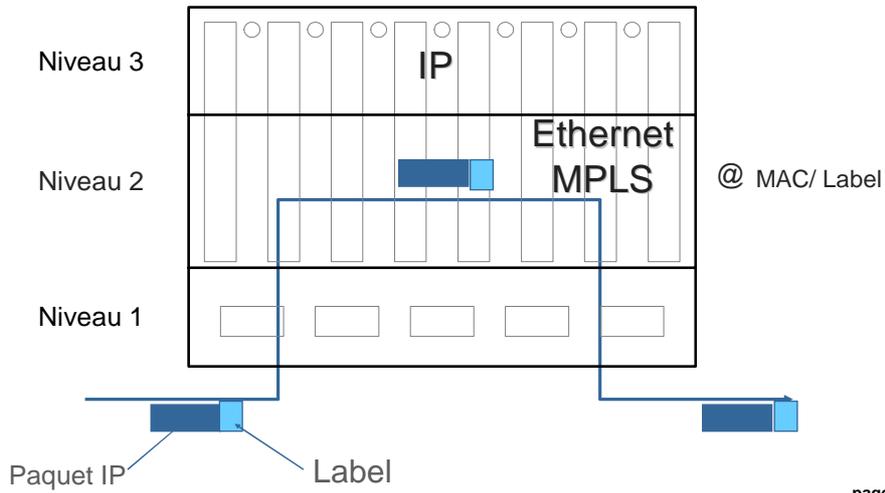
page 25

Mode datagramme Routage IP



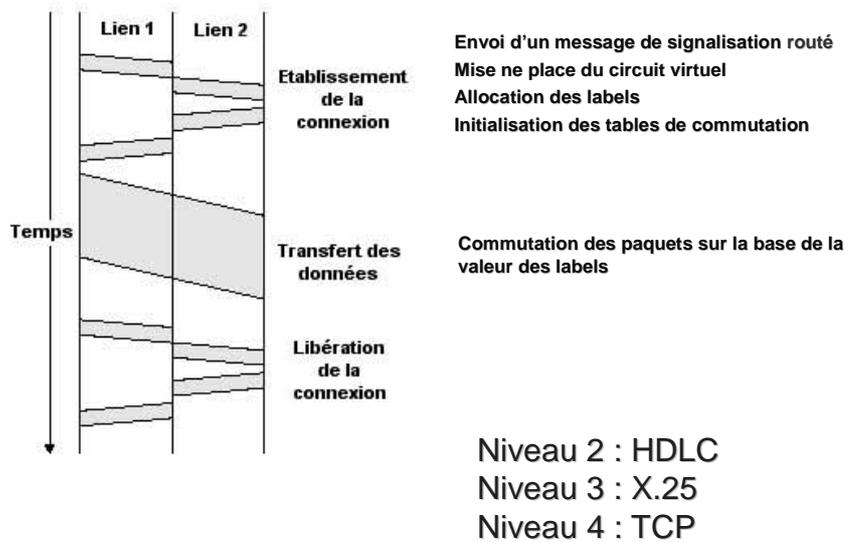
page 26

Mode circuit virtuel Commutation par Label



page 27

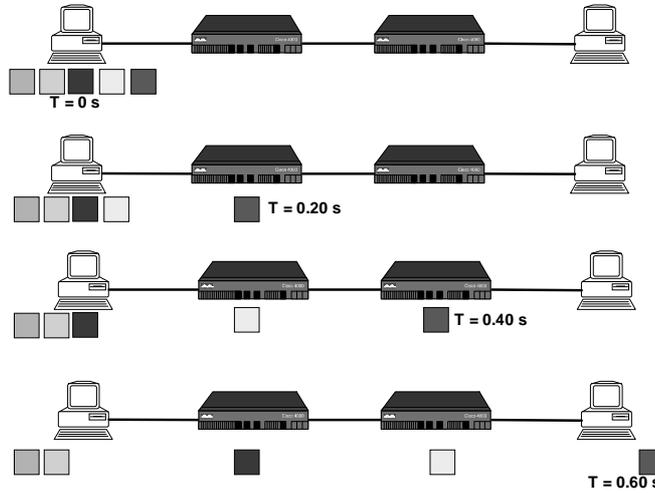
mode Connecté



page 28

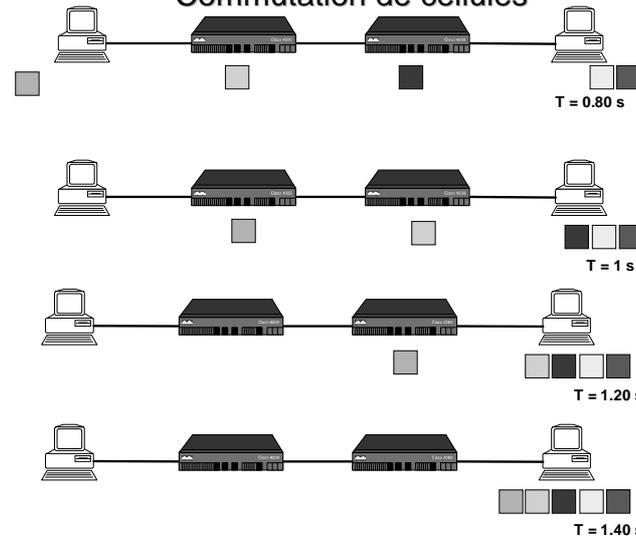
Impact de la taille des paquets Commutation de cellules

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



page 31

Impact de la taille des paquets Commutation de cellules



page 32