

LE PROTOCOLE IPV4

Anthony Busson

Introduction

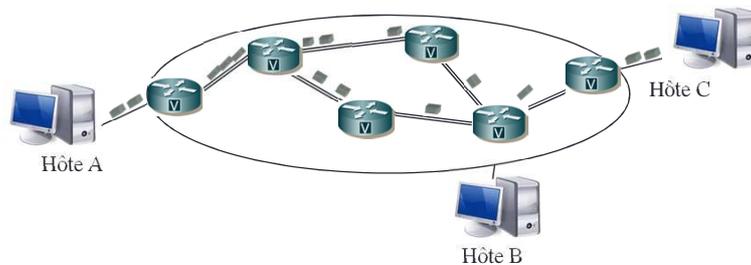
Retour sur le modèle OSI



Définition d'un adressage indépendant de la technologie. Définit les procédures d'interconnexions des réseaux. Définition de l'acheminement.

Service en mode non connecté (Datagram)

- Protocole très simple pour augmenter les capacités d'acheminement
- Une seule phase
 - Transfert des données
- Service non fiable
- Plusieurs chemins possibles pour des paquets d'un même message



Ce que définit le protocole IP (RFC 791)

- Format/Architecture d'adressage
- Format des Paquets
- Opération à effectuées dans les Hôtes et les routeurs

- Un certain nombre de protocoles sont satellites au protocole IP:
 - Messages de contrôles : ICMP
 - Gestion des groupes pour le multicast : IGMP
 - Résolution d'adresse : ARP
 - Protocoles de routage : RIP, OSPF, BGP, etc.

Plan du cours

- Adressage IP
- Format des paquets
- Procédure d'acheminement (routage)
- ARP
- ICMP

Adressage IP

Adressage des stations

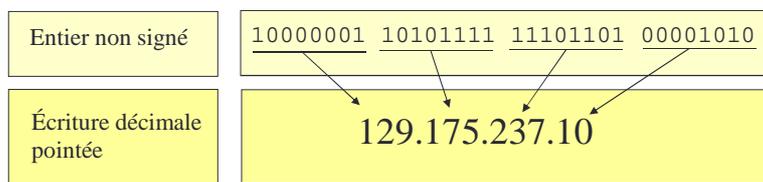
- Identifie de manière unique un équipement sur Internet

Une interface = Une adresse IP

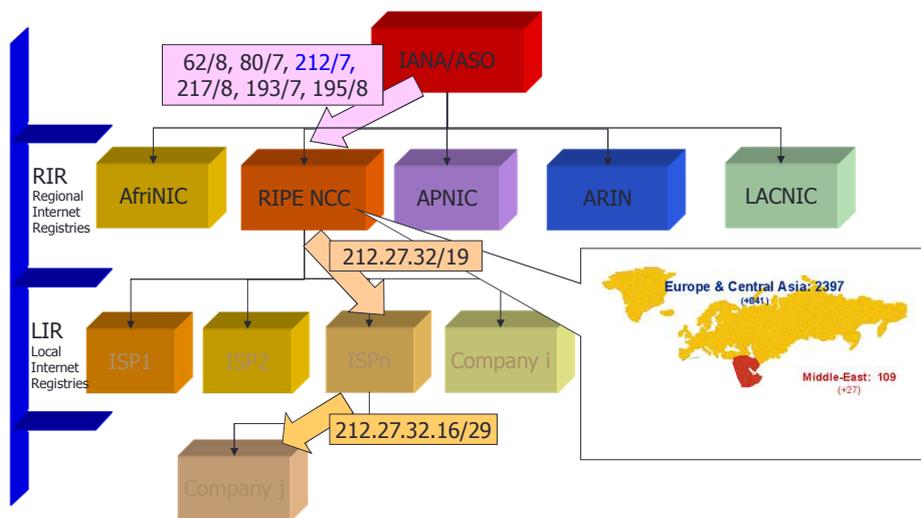
- Un PC/routeur a donc autant d'adresses que d'interfaces.
- En IPv4, pas plus d'une adresse par interface.

Format des adresses IP

- Les adresses IP sont codées sur 4 octets (32 bits)
- Elles sont gérées comme des entiers non signés (u_int32) par les systèmes
- Ils sont écrits sous forme « décimal pointés » par les administrateurs



Architecture du routage Internet : Assignation des plages d'adresses

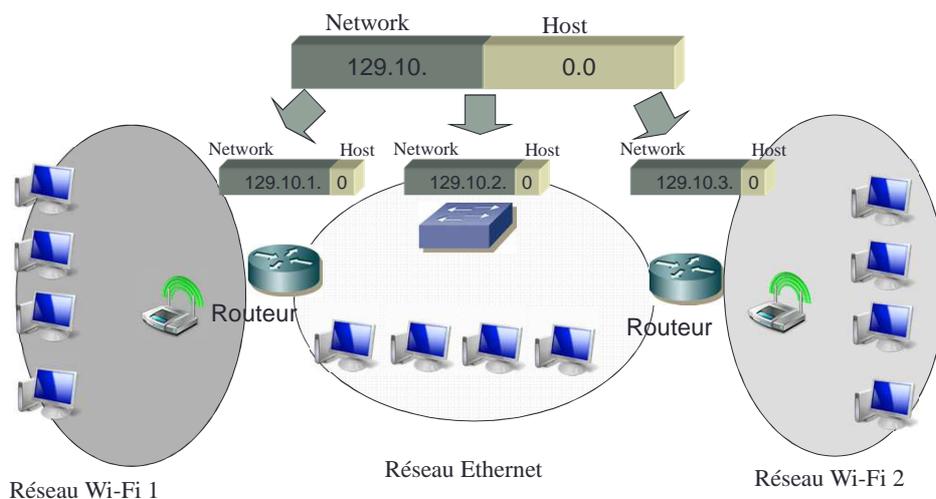


Notion de sous réseau

- Un nouveau découpage de la plage d'adresse IP est faite au sein du site
- On assigne à chaque sous-réseau une sous plage d'adresses
- Sous-réseau = réseau physique
- Une adresse IP est décomposé en 2 parties

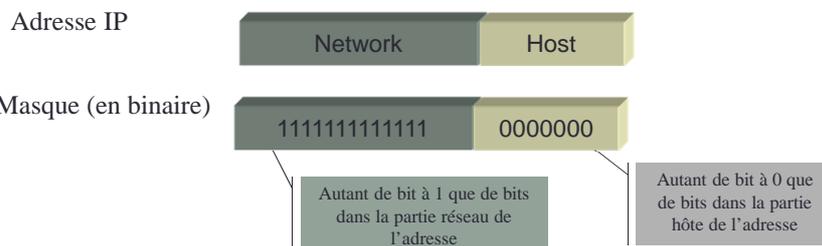


Exemple de sous réseau



Adresse réseau - hôte

- La séparation réseau – hôte n'est pas fixe
- L'information sur la taille est nécessaire au routage
- La taille de la partie réseau est exprimée au travers du masque de réseau
- Principe:



Masque de réseau: Netmask

- Utile au routeur et à l'entité IP de la station
 - pour tester si 2 stations sont sur le même sous-réseau
 - l'opération est la suivante
 - **Netmask & Adresse-IP1 = Netmask & Adresse-IP2** \Leftrightarrow les deux adresses appartiennent au même réseau
- Pour calculer l'adresse réseau
 - Adresse réseau = Adresse-IP & Netmask
- Attention 2 notations pour les adresses / masques
 - 129.12.13.34.11 255.255.255.0
 - 129.12.13.34.11/24

Les adresses particulières

Adresse source uniquement

0.0.0.0 Cet hôte. Utiliser comme adresse IP source.

Adresse source ou destination

127.0.0.1 Adresse de rebouclage / loopback.

Adresse destination uniquement

255.255.255.255 Adresse de diffusion sur le LAN (Local Area Network).

b1.b2.255.255 Adresse de diffusion restreinte (sur le sous réseau IP).

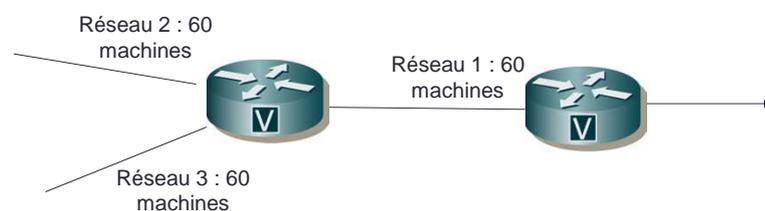
Adresses gérées au niveau du système (ni source – ni destination).

b1.b2.0.0 Adresse du sous réseau IP.

255.255.0.0 Masque de réseau.

Exercice : subnetting

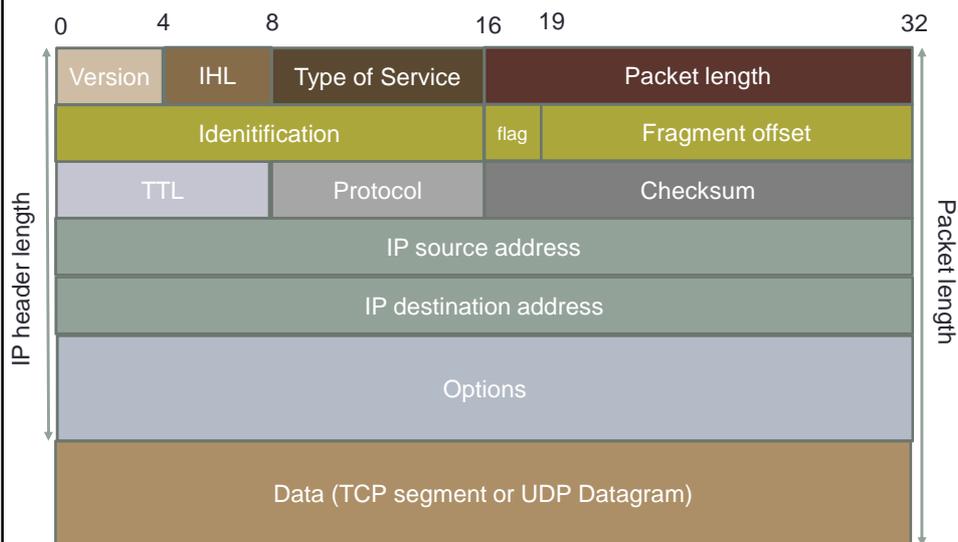
- On a obtenu une adresse de classe C (200.12.156.0/24) pour notre réseau.
- Celui-ci à la topologie suivante:



- Proposez un plan d'adressage et une adresse IP valide pour chacun des 3 sous-réseaux.

IP: Format des paquets

Format du paquet IP



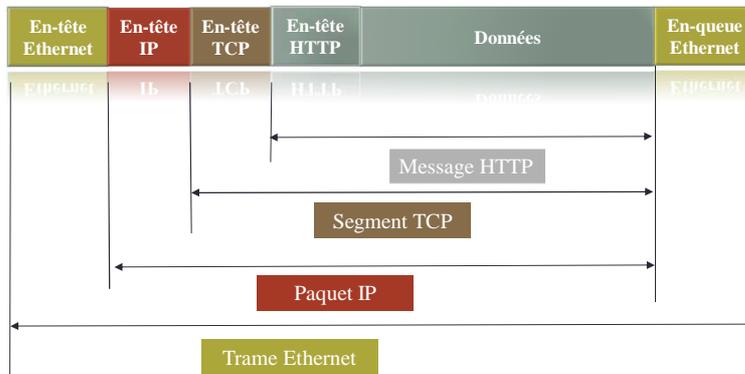
Option IP



- Liste des options possibles:
 - Routage à la source lâche ou stricte
 - Enregistrement de routes.

Encapsulation

- Les paquets IP sont encapsulé dans ...
- Exemple:

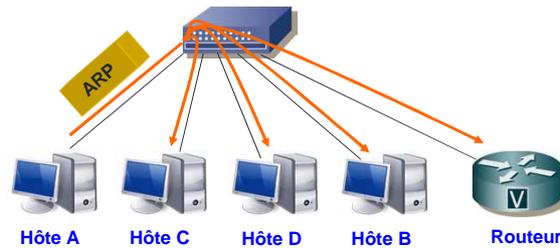


ARP (Address Resolution Protocol) La résolution d'adresses

La résolution d'adresse

- l'adresse physique est l'adresse sur le sous-réseau soit :
 - l'adresse Ethernet / Wi-Fi (IEEE 802)
- Comment associer une adresse IP à une adresse physique ?
 - Dépendent du type de réseau
 - Deux catégories :
 - Résolution statique (table)
 - Résolution dynamique
 - Exemple de résolution dynamique pour Ethernet, Wi-Fi : ARP

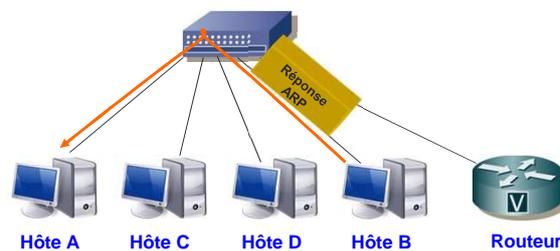
Address Resolution Protocol



Fonctionnement de l'ARP (exemple avec l'Ethernet)

- Recherche par A de l'adresse Ethernet de B (l'adresse IP de B est supposée connue).
- Diffusion (en Ethernet: FF-FF-FF-FF-FF) d'une requête ARP.

Address Resolution Protocol



Fonctionnement de l'ARP (exemple avec l'Ethernet)

- Recherche par A de l'adresse Ethernet de B (l'adresse IP de B est supposée connue).
- Diffusion (en Ethernet: FF-FF-FF-FF-FF) d'une requête ARP.
- Si un Hôte reconnaît son adresse IP, il répond en unicast à l'émetteur de la requête. L'un des champs de la réponse contient alors l'adresse MAC de B.

Requête ARP

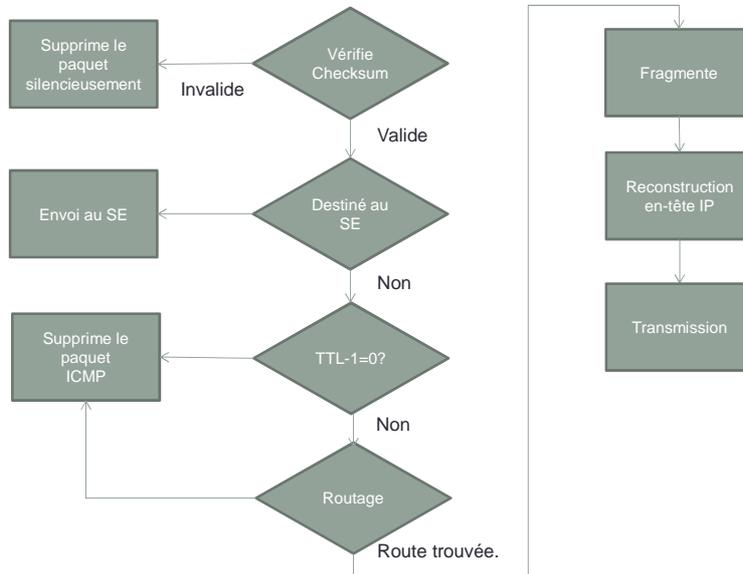
- *Format des requêtes/réponses*
 - *Encapsulés directement dans les trames de niveau 2.*

0		8		16		31	
HARDWARE				PROTOCOL			
HLEN		PLEN		OPERATION			
SENDER HA (OCTETS 0-3)							
SENDER HA (OCTETS 4-5)				SENDER IA (OCTETS 0-1)			
SENDER IA (OCTETS 2-3)				TARGET HA (OCTETS 0-1)			
TARGET HA (OCTETS 2-5)							
TARGET IA (OCTETS 0-3)							

- Un paquet envoyé entraîne un échange ARP (1 broadcast + 1 réponse)
 - Trafic énorme
 - Gestion de caches pour minimiser les échanges

IP: Acheminement des paquets et routage

Acheminement



Routage direct - indirect

- Lorsqu'une machine veut émettre un paquet
 - Applique son masque de réseau (ET logique) à l'adresse IP destination. Elle obtient une adresse réseau.
 - Compare cette adresse réseau à sa propre adresse réseau:
 - Si elles sont identiques : routage direct (requête ARP au destinataire)
 - Si elles sont différentes : routage indirecte (on envoi le paquet au routeur: requête ARP au routeur)

Configuration du client

- 3 éléments à configurer
 - Adresse IP
 - Masque de réseau
 - Adresse du routeur

Attention: donné l'adresse du routeur du même sous réseau (un routeur a plusieurs interfaces).

Sous linux

```
ifconfig eth0 192.168.1.2 netmask 255.255.255.0
route add default gw 192.168.1.1
```

Sur un routeur cisco (assignation d'une adresse à une interface):

```
router(conf)#interface fastEthernet 0/1
router(conf-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
router(conf-if)#no shutdown
router(conf-if)#end
```

Table de routage (1)

- La table de routage permet à un routeur/hôte de connaître le prochain saut (destinataire finale ou routeur)
- Elle est basée uniquement sur les adresses réseaux
- Si routage indirecte, elle indique l'adresse IP du prochain saut et l'interface à utiliser (facultatif) sinon elle indique l'interface (+un flag)
- Structure (adresse réseau ; netmask ; adresse IP du prochain saut ; interface)
- Algorithme de sélection: pour chaque ligne
 - Appliqué le masque de réseau à l'adresse IP destination et comparer avec l'adresse réseau.
 - Si il n'y a pas correspondance passé à l'entrée suivante
 - Sinon envoyé le paquet au prochain saut.

Exemple : on reçoit le paquet IP à destination de 192.168.129.11

Adresse réseau	netmask	@IP prochain saut	Interface
132.23.15.0	255.255.255.0	142.15.1.1	eth0
10.0.0.0	255.0.0.0	142.15.1.2	eth0
192.168.64.0	255.255.128.0	124.3.2.4	eth1
192.168.128.0	255.255.192.0	124.3.2.1	eth1

Question : pourquoi a-t-on besoin de l'adresse IP du prochain saut et pas juste de l'interface?

Table de routage (2)

- Plusieurs entrées de la table de routage peuvent correspondre (dû à l'agrégation des adresses réseau)
- Règle: sélectionner parmi les entrées de la table de routage dont l'adresse réseau correspond au paquet à acheminer celle qui a le plus long masque de réseau (le plus de 1 en binaire).

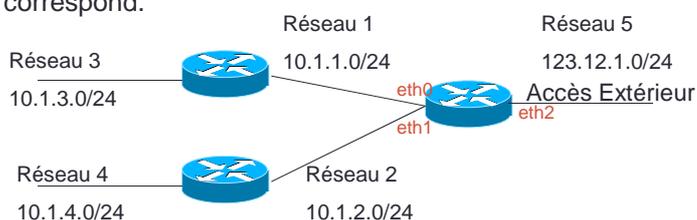
Exemple : on reçoit le paquet IP à destination de 192.168.129.11

Adresse réseau	netmask	@IP prochain saut	Interface
132.23.15.0	255.255.255.0	142.15.1.1	eth0
192.168.0.0	255.255.0.0	142.15.1.2	eth0
192.168.64.0	255.255.128.0	124.3.2.4	eth1
192.168.128.0	255.255.192.0	124.3.2.1	eth1

En pratique les entrées sont classées du plus grand masque de réseau au plus petit.

Route par défaut

- Il y a dans la majorité des cas, une route par défaut. Une route que l'on choisit si aucune entrée de la table de routage ne correspond.



10.1.1.0	255.255.255.0	U	eth0
10.1.2.0	255.255.255.0	U	eth1
123.12.1.0	255.255.255.0	U	eth2
10.1.3.0	255.255.255.0	10.1.1.2	eth0
10.1.4.0	255.255.255.0	10.1.2.2	eth1
0.0.0.0	0.0.0.0	123.12.1.4	eth2

Route par défaut →

Table de routage d'un routeur

Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP, O - OSPF,
B - BGP, > - selected route, * - FIB route
K * 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
C>* 160.1.0.0/16 is directly connected, eth1
R>* 160.2.0.0/16 via 163.0.1.1, eth0, 00:37:51
B>* 161.0.0.0/16 via 160.1.0.1, eth1, 00:44:57
B 162.0.0.0/16 via 160.2.0.2, 00:31:04
R>* 162.0.0.0/16 via 163.0.1.1, eth0, 00:36:12
C>* 163.0.1.0/24 is directly connected, eth0
R>* 163.0.2.0/24 via 163.0.1.1, eth0, 00:45:06
R>* 192.168.1.0/24 via 163.0.1.1, eth0, 00:38:04

Routage statique

- Rajouter manuellement des entrées dans la table de routage.
- Pour les petits réseaux
- Pour la route par défaut.

Sous linux

```
route add -net 10.1.3.0 netmask 255.255.255.0 gw 10.1.1.1
```

La commande « ip route » fonctionne également.

Sur un routeur cisco :

```
router(conf)#ip route 10.1.0.0 255.255.255.0 10.0.0.1
```

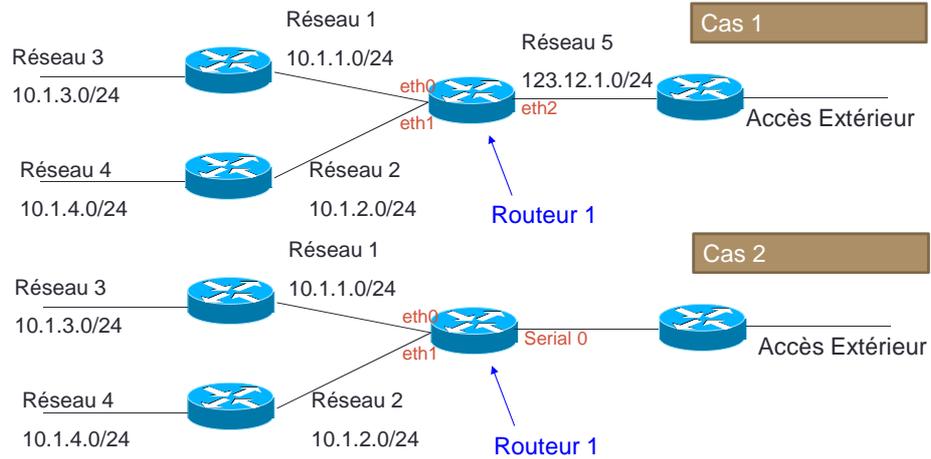
```
router(conf)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.0.0.2
```

```
router(conf)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 serial 0/2
```

```
router(conf)#exit
```

Exercice

- Quelles sont les commandes à taper sur le routeur 1 pour avoir une table de routage à jour.



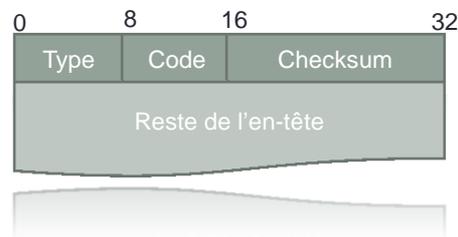
36

ICMP (Internet Control Messages Protocol)

ICMP

Internet Control Message Protocol

- Encapsulé dans un paquet IP
- Permet a un routeur/PC de renvoyer un compte-rendu sur un problème rencontré dans le relayage d'un paquet
- Peut servir à autre chose : ping, etc.
- Son format est le suivant:



Exercice (1/2)

Type	Code	Description
0 – Echo Reply	0	Echo reply (used to ping)
	0	Destination network unreachable
	1	Destination host unreachable
	2	Destination protocol unreachable
	3	Destination port unreachable
	4	Fragmentation required, and DF flag set
	5	Source route failed
3 – Destination Unreachable	6	Destination network unknown
	7	Destination host unknown
	9	Network administratively prohibited
	10	Host administratively prohibited
	11	Network unreachable for TOS
	12	Host unreachable for TOS
	13	Communication administratively prohibited
	14	Host Precedence Violation
	15	Precedence cutoff in effect

Exercice (2/2)

Type	Code	Description
4 – Source Quench	0	Source quench (congestion control) - obsolete
	0	Redirect Datagram for the Network
5 – Redirect Message	1	Redirect Datagram for the Host
	2	Redirect Datagram for the TOS & network
	3	Redirect Datagram for the TOS & host
8 – Echo Request	0	Echo request (used to ping)
	0	TTL expired in transit
11 – Time Exceeded	1	Fragment reassembly time exceeded
	0	Pointer indicates the error
12 – Parameter Problem: Bad IP header	1	Missing a required option
	2	Bad length

ROUTAGE DYNAMIQUE: PROTOCOLES VECTEUR DE DISTANCE

Le routage dynamique

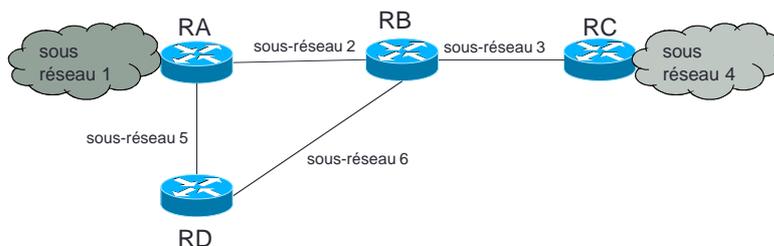
- Principe: mettre à jour les tables de routages à jour sans intervention manuelle
 - Apprentissage des sous réseaux et des routes de manière automatique
 - Apprentissage dynamique: les tables de routage sont mis à jour en fonction des changements de topologie:
 - Changement de routes (rupture de liens, chemin plus court, etc.)
 - Ajout de nouveau réseau
 - Suppression de réseaux plus accessibles

Distance vector - Principes

- Les protocoles de type « Distance vector » sont basés sur des algorithmes développés par Bellman-Ford
- Le terme « distance vector » vient du fait que les routes sont annoncées au moyen de vecteurs (destination, distance), où distance est une métrique (le nombre de sauts pour atteindre la destination)
- Les routeurs diffusent régulièrement à leurs voisins leurs tables de routage (destination – coût)
- Un routeur qui reçoit ces informations compare les routes reçues avec ses propres routes connues et met à jour sa propre table de routage

Distance vector – Cas d'école

- 5 routeurs et 6 liaisons de coût unité



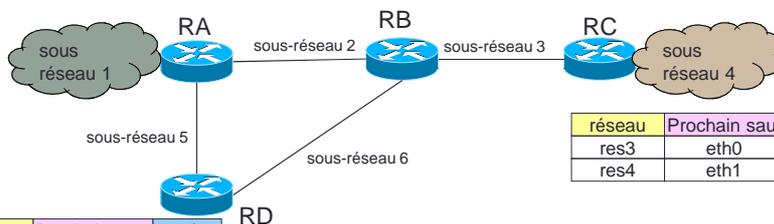
Au démarrage

- Les routeurs n'ont qu'une connaissance minimale de la topologie du réseau : ils ne connaissent que les sous réseaux auxquelles ils sont raccordés.

Distance vector – Table initiale

réseau	Prochain saut	coût
res1	eth0	1
res2	eth1	1
res5	eth2	1

réseau	Prochain saut	coût
res2	eth0	1
res3	eth1	1
res6	eth2	1



réseau	Prochain saut	coût
res5	eth0	1
res6	eth1	1

réseau	Prochain saut	coût
res3	eth0	1
res4	eth1	1

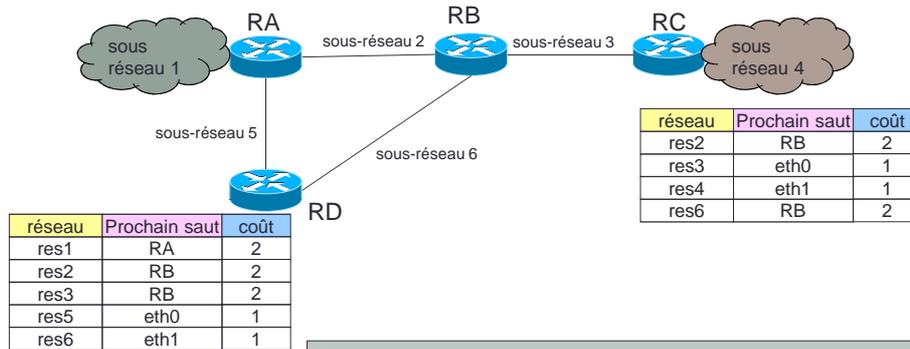
Au démarrage

- Les routeurs n'ont qu'une connaissance minimale de la topologie du réseau : ils ne connaissent que les sous réseaux auxquelles ils sont raccordés.

Distance vector – Après le 1^{er} échange

réseau	Prochain saut	coût
res1	eth0	1
res2	eth1	1
res3	RB	2
res5	eth2	1
res6	RB	2

réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	eth0	1
res3	eth1	1
res4	RC	2
res5	RA	2
res6	eth2	1



réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	RB	2
res3	RB	2
res5	eth0	1
res6	eth1	1

réseau	Prochain saut	coût
res2	RB	2
res3	eth0	1
res4	eth1	1
res6	RB	2

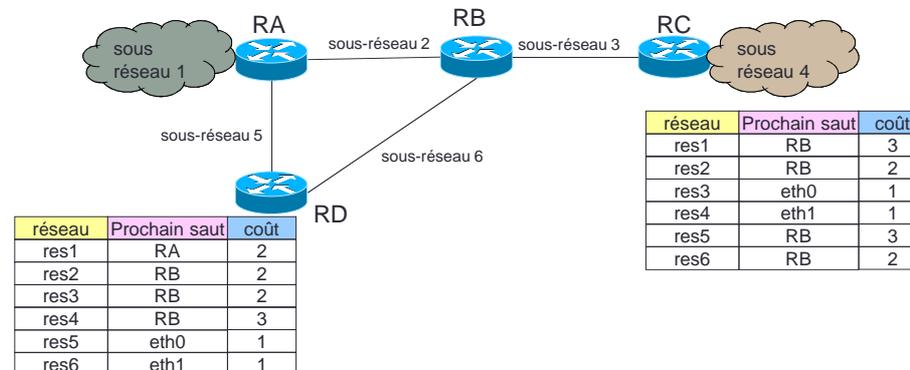
Echange des tables de routage (vecteur de distance)

- Les routeurs échangent leur table de routage.
- Les nouveaux réseaux sont rajoutés à la table de routage. Leurs métriques est incrémentées de 1.

Distance vector – Après le 2^{ème} échange

réseau	Prochain saut	coût
res1	eth0	1
res2	eth1	1
res3	RB	2
res4	RB	3
res5	eth2	1
res6	RB	2

réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	eth0	1
res3	eth1	1
res4	RC	2
res5	RA	2
res6	eth2	1



réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	RB	2
res3	RB	2
res4	RB	3
res5	eth0	1
res6	eth1	1

réseau	Prochain saut	coût
res1	RB	3
res2	RB	2
res3	eth0	1
res4	eth1	1
res5	RB	3
res6	RB	2

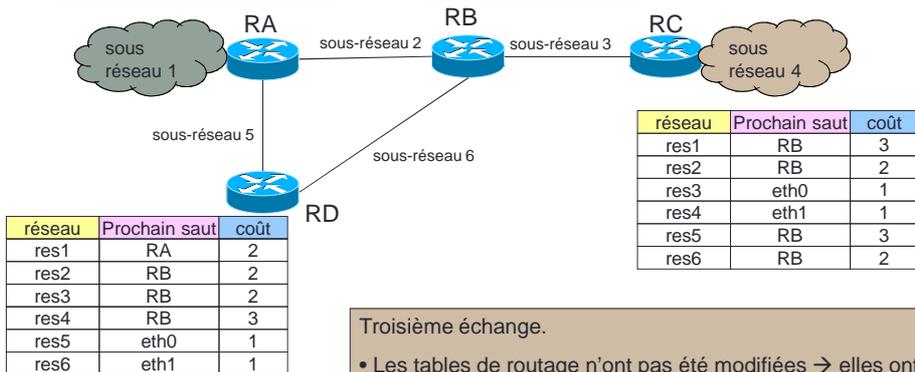
Deuxième échange.

- On connaît tous les sous réseaux.

Distance vector – Après le 3^{ème} échange

réseau	Prochain saut	coût
res1	eth0	1
res2	eth1	1
res3	RB	2
res4	RB	3
res5	eth2	1
res6	RB	2

réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	eth0	1
res3	eth1	1
res4	RC	2
res5	RA	2
res6	eth2	1



Troisième échange.

- Les tables de routage n'ont pas été modifiées → elles ont convergées.

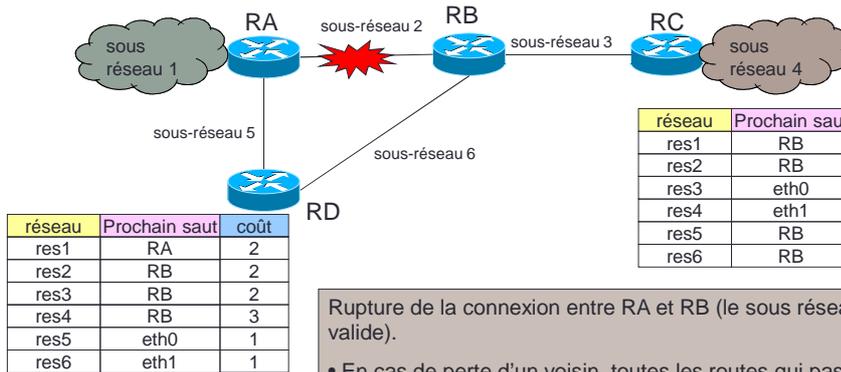
Règles

- A la réception d'un sous réseau venant d'un voisin
 - On rajoute celle-ci si on ne la connaît pas encore
 - Sinon, on compare la métrique à celle de la table de routage
 1. si plus court, on prend en compte la nouvelle route dans la table de routage
 2. si plus long mais provenant du prochain saut, on met à jour la métrique dans la table de routage
 3. Sinon, on ne change rien.

Distance vector – rupture

réseau	Prochain saut	coût
res1	eth0	1
res2	eth1	1
res3	RB	∞
res4	RB	∞
res5	eth2	1
res6	RB	∞

réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	∞
res2	eth0	1
res3	eth1	1
res4	RC	2
res5	RA	∞
res6	eth2	1



réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	RB	2
res3	RB	2
res4	RB	3
res5	eth0	1
res6	eth1	1

réseau	Prochain saut	coût
res1	RB	3
res2	RB	2
res3	eth0	1
res4	eth1	1
res5	RB	3
res6	RB	2

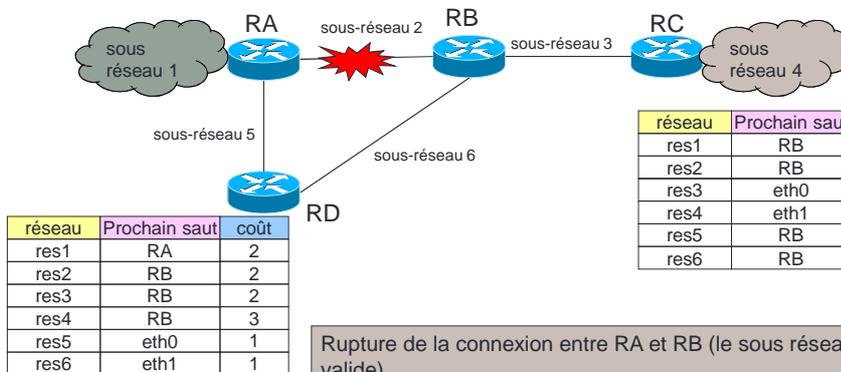
Rupture de la connexion entre RA et RB (le sous réseau reste valide).

- En cas de perte d'un voisin, toutes les routes qui passe par ce voisin sont mises avec une métrique infinie.

Distance vector – propagation du cout infini

réseau	Prochain saut	coût
res1	eth0	1
res2	eth1	1
res3	RB	∞
res4	RB	∞
res5	eth2	1
res6	RB	∞

réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	∞
res2	eth0	1
res3	eth1	1
res4	RC	2
res5	RA	∞
res6	eth2	1



réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	RB	2
res3	RB	2
res4	RB	3
res5	eth0	1
res6	eth1	1

réseau	Prochain saut	coût
res1	RB	∞
res2	RB	2
res3	eth0	1
res4	eth1	1
res5	RB	∞
res6	RB	2

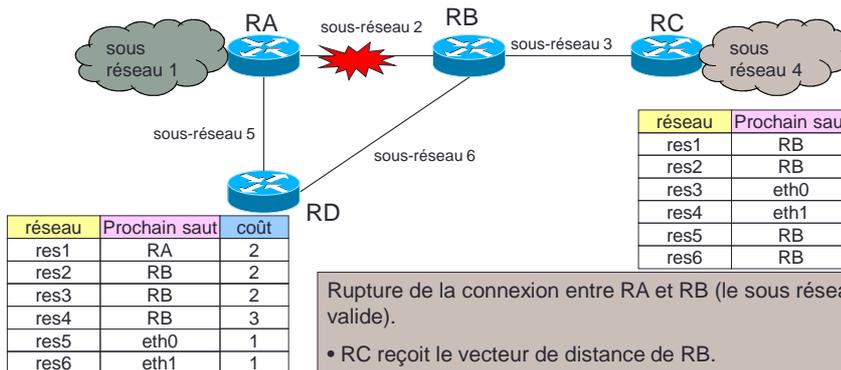
Rupture de la connexion entre RA et RB (le sous réseau reste valide).

- RC reçoit le vecteur de distance de RB

Distance vector – nouveau chemin

réseau	Prochain saut	coût
res1	eth0	1
res2	eth1	1
res3	RD	3
res4	RD	4
res5	eth2	1
res6	RD	2

réseau	Prochain saut	coût
res1	RD	3
res2	eth0	1
res3	eth1	1
res4	RC	2
res5	RD	2
res6	eth2	1



réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	RB	2
res3	RB	2
res4	RB	3
res5	eth0	1
res6	eth1	1

réseau	Prochain saut	coût
res1	RB	∞
res2	RB	2
res3	eth0	1
res4	eth1	1
res5	RB	∞
res6	RB	2

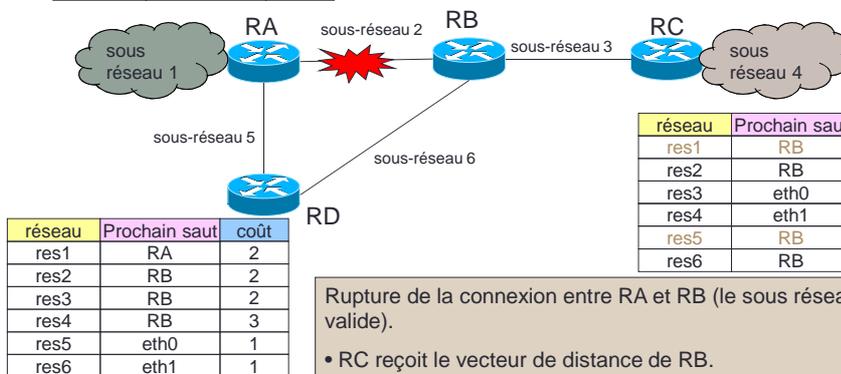
Rupture de la connexion entre RA et RB (le sous réseau reste valide).

- RC reçoit le vecteur de distance de RB.
- RB et RA reçoivent le vecteur de RD.

Distance vector – nouveau chemin

réseau	Prochain saut	coût
res1	eth0	1
res2	eth1	1
res3	RD	3
res4	RD	4
res5	eth2	1
res6	RD	2

réseau	Prochain saut	coût
res1	RD	3
res2	eth0	1
res3	eth1	1
res4	RC	2
res5	RD	2
res6	eth2	1



réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	RB	2
res3	RB	2
res4	RB	3
res5	eth0	1
res6	eth1	1

réseau	Prochain saut	coût
res1	RB	4
res2	RB	2
res3	eth0	1
res4	eth1	1
res5	RB	3
res6	RB	2

Rupture de la connexion entre RA et RB (le sous réseau reste valide).

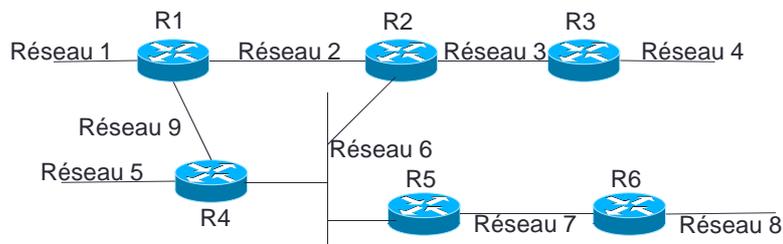
- RC reçoit le vecteur de distance de RB.
- RB et RA reçoivent le vecteur de RD.
- RC reçoit le vecteur de RB.

Algorithme vecteur de distance

- Échange régulier des tables de routage
- Simplicité de l'algorithme
- Convergence lente
- Métrique basique (nombre de sauts)
- Boucles de routages.

Exercice 22: Distance Vector cas simple

- Soit la topologie suivante:
 1. Donnez les tables de routages initiales.
 2. Donnez les vecteurs de distance lors du premier échange. Quelles sont alors les tables de routages?
 3. Donnez les vecteurs de distances des échanges 2, 3 et 4. Quelles sont alors les tables de routages?



Réseau X: 10.0.x.0/24

Exercice 23: boucle de routage

- On considère la topologie ci-dessous.
- Les tables de routages sont censées avoir convergées.
 - Donnez les tables de routages des routeurs.
- On suppose que le lien entre les routeurs R1 et R2 est rompu.
 - Quelle est la table de routage et le vecteur de distance de R2?
 - On suppose que R3 émet son vecteur de distance avant R2. Déroulez le scénario des échanges des vecteurs de distance et de l'évolution des tables de routage de R2 et R3.
 - Si il y a un problème, proposez une solution.
- La solution proposée est elle toujours efficace?



RIP
Routing Information Protocol

RIP : caractéristiques principales

- RIP est un standard IETF
- Définit successivement dans les RFC suivants
 - RFC 1058 (RIPv1)
 - RFC 2453 (RIPv2)
 - RFC 2080 (RIPng)
- RIP :
 - Technologie Distance Vector
 - VLSM (pour RIPv2 et RIPng)
 - Plusieurs mécanisme pour éviter les boucles:
 - Split horizon,
 - Triggered update.

RIP Database

- RIP conserve un certain nombre d'informations sur les sous-réseaux

Network	Netmask	Next_Hop	Metric	Route change flag	Time_out	Garbage collection
129.1.10.0	255.255.255.0	111.1.1.1	3	0	150	120
129.2.20.0	255.255.255.0	111.1.1.1	5	0	170	120

Route change flag: indique si la route a été modifié récemment.

Timeout: temps après lequel le sous réseau sera considéré inatteignable.

Garbage Collection: temps durant lequel le réseau avec une métrique infinie reste dans la table.

Exercice 24: RIP

- Soit la table RIP ci-dessous. On suppose que l'on reçoit le message ci-dessous 4 secondes après (et rien d'autre) de la part de 111.1.1.1. Décrivez la nouvelle table et les actions opérés par le routeur.

Network	Netmask	Next_Hop	Metric	Route change flag	Time_out	Garbage collection
129.1.10.0	255.255.255.0	111.1.1.1	3	0	150	120
129.2.20.0	255.255.255.0	111.1.1.1	5	0	170	120
19.3.2.0	255.255.255.0	111.1.1.1	5	0	3	120
111.1.1.0	255.255.255.0	-	1	0	180	120

IP Address	Netmask	Next Hop	Metric
129.1.10.0	255.255.255.0	0.0.0.0	2
129.2.20.0	255.255.255.0	0.0.0.0	7
15.15.15.0	255.255.255.0	0.0.0.0	1

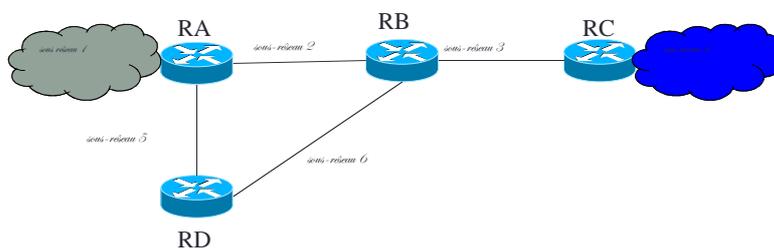
ROUTAGE DYNAMIQUE
ALGORITHME LINK-STATES

Protocole de type Link State Principes

- LINK STATE = État de liens
- Chaque routeur prend à sa charge la découverte de ses voisins
- Chaque routeur construit un paquet dit « Link State Packet » LSP qui contient la liste de liaisons vers ses voisins et des coûts associés
- Le LSP est transmis à tous les autres routeurs et chaque routeur conserve le LSP le plus récent émis par chaque routeur
- Chaque routeur dispose alors d'une vision complète et à jour de la topologie du réseau et peut ainsi calculer les routes vers chaque destination

Link state – Cas d'école

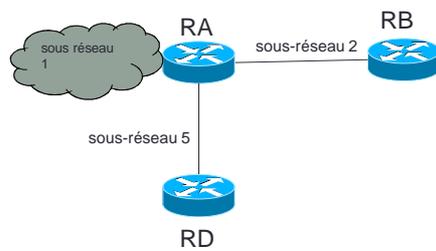
- 5 routeurs et 6 liaisons de coût unitaire



Au démarrage

- Les routeurs n'ont qu'une connaissance minimale de la topologie du réseau : ils ne connaissent que les sous réseaux auxquelles ils sont raccordés.
- Chaque routeur construit la liste de l'état de ses liens (sous réseaux et routeurs voisins).

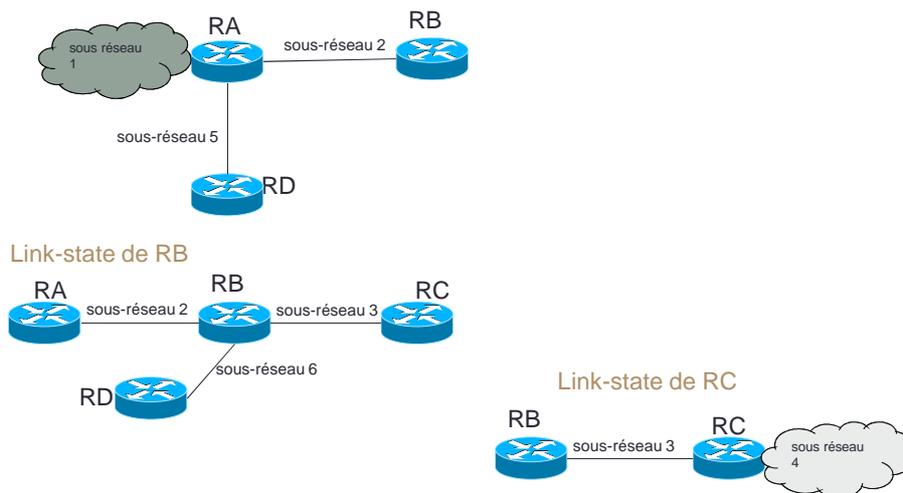
Link state – Cas d'école



Exemple avec RA

- Les routeurs n'ont qu'une connaissance minimale de la topologie du réseau : ils ne connaissent que les sous réseaux auxquelles ils sont raccordés.
- Chaque routeur construit la liste de l'état de ses liens (sous réseaux et routeurs voisins).

Link state – Cas d'école



RA reçoit les « link-states » des autres routeurs.

Algorithme Link State Construction et envoi des LSP

- Les LSP sont construits et envoyés périodiquement ou sur un des événements suivants
 - découverte d'un nouveau voisin
 - le coût d'un lien existant a changé
 - le lien vers un voisin est rompu
- Protocole peu bavard si le réseau est stable

Synthèse comparative Vector Distance - Link State

Envoi de toute la table de routage à intervalles réguliers et sur mises à jour déclenchées(triggered update) sur toutes les interfaces	Envoi de mises à jour incrémentales quand un changement est détecté et a minima toutes les 30 minutes
Métrique basique (nombre de sauts)	Métrique riche et complexe
Connaissance du réseau basé sur l'information reçue de ses voisins directs	Connaissance du réseau basé sur l'information reçue de tous les routeurs
Algorithme Bellman Ford	Algorithme Dijkstra
Consomme peu de ressources sur les routeurs mais gourmand en bande passante	Consomme des ressources sur les routeurs mais peu gourmand en bande passante
Convergence lente (dépend du protocole)	Convergence rapide (inondation)

OSPF (OPEN SHORTEST PATH FIRST)

OSPF : caractéristiques principales

- OSPF est un standard IETF
- Définit successivement dans les RFC 1247, 1583, 2178 (OSPFv2)
 - Des extensions sont proposées pour le multicast, la QoS et l'ingénierie de trafic.
- OSPF :
 - Technologie Link State
 - VLSM
 - Métrique riche
 - Routage hiérarchique

Remark: OSPF Hierarchy (1)

- OSPF définit une hiérarchie à 2 niveaux : Intra-area et Inter-area (à l'intérieur d'un même AS)
- L'A.S. est divisé en aires de routage indépendantes interconnectées par une aire spécifique (le backbone: aire 0).
- Aucune information topologique sont échangé entre les aires (seuls des informations agrégées sont échangées).

