



Faculté des Sciences et Techniques  
Marrakech



# Protocoles de routage

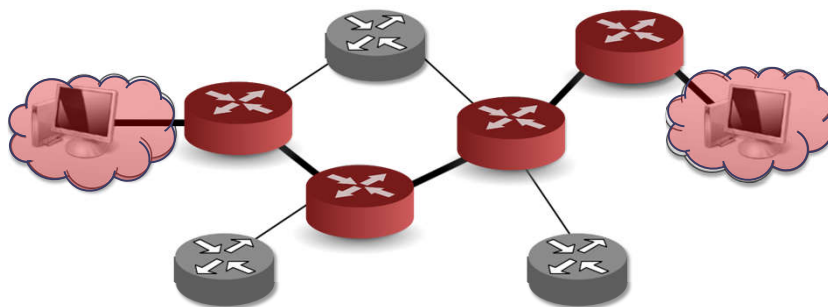
Pr. M. AIT HEMAD  
ait.hemad.m@gmail.com

## Routage

- On appelle "*routage*" toute technique basée sur des adresses de niveau 3 réseau permettant d'aiguiller une trame quelconque émise par un nœud d'un sous-réseau vers un nœud de destination pouvant être situé sur un autre sous-réseau.
- Des dispositifs matériels (comportant des logiciels) permettant d'effectuer cette tâche s'appellent des *Routeurs*.

## Routage

- Routeurs



## Routeur

- Un routeur est un « ordinateur » spécialisé pour cette tâche, ou une machine standard configurée pour cela.
- Il assure deux tâches essentielles :
  - La commutation de paquets (datagram forwarding) : choisir la meilleure interface de sortie en fonction de la destination d'un paquet et des informations de la table de routage
  - La gestion des protocoles de routage : échanger des informations avec d'autres routeurs pour maintenir et faire évoluer sa table de routage
    - Dans le cas d'un routage statique, cette fonction peut être absente

## Mise à jour des tables de routage

- Configurer les routeurs afin que les paquets empruntent le meilleur chemin disponible
  - Plus-court-chemin au sens d'une métrique de coût
    - nombre de routeurs traversés
    - débit
    - en km, distance réelle
    - coût financier
    - etc.
  - Une route par préfixe IP (au moins)

## Mise à jour des tables de routage

- Changement fréquents dans la table de routage
  - Disparition / apparition d'équipements
  - Évolution du coût des routes
- Comment remplir ou mettre à jour des tables de routage ?
  - Routage statique : configuration manuelle des tables de routage
  - Routage dynamique : configuration automatique par un protocole de routage

## Routage statique (ou routage fixe)

- Principe : configurer chaque routeur à la main
  - Construire, dans chaque routeur, une table indiquant, pour chaque destination, l'adresse du routeur suivant.
  - Cette table est construite par l'administrateur du réseau lors de configuration du réseau et à chaque changement de topologie.
  - Une fois configurées, les routes ne bougent plus (statiques)

## Routage statique (ou routage fixe)

- **Avantage :**
  - Le routeur n'a pas à consacrer une partie de ses ressources à l'entretien d'un protocole de routage (CPU, mémoire, ...)
  - Aucun bouclage de chemin n'est à craindre
- **Inconvénient :**
  - il n'existe pas de solution de secours en cas de rupture d'un lien.
  - Toute modification (par ex: la panne d'un équipement ou d'une interface ) requiert la remise à jour manuelle des tables de la plupart des routeurs
- **Domaines d'emploi**
  - Les petits réseaux
  - Réseaux dans lesquels il n'existe pas de redondance dans les routes

## Routage statique : Configuration

- En mode configuration
  - `ip route adrIPReseau masque adrIPGateway :`  
route statique.
- Par exemple :
  - Router(config)# ip route 192.168.20.0  
255.255.255.0 10.10.15.1
  - Routeur(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0  
212.14.100.1
    - route par défaut

## Routage dynamique

- Principe : les routeurs discutent entre eux
  - Toute modification du réseau est connue de tous les routeurs
  - Une fois configurés, les routeurs mettent à jour automatiquement leurs tables de routage

## Routage dynamique

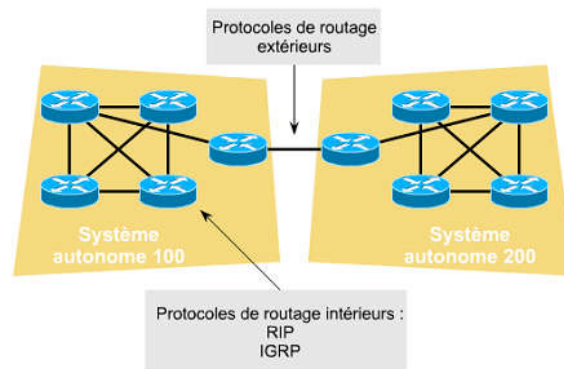
- Le protocole de routage consiste à définir comment sont échangées les informations de routage, et donc à :
  - découvrir les autres routeurs du réseau
  - construire les tables de routage
  - maintenir les tables de routage à jour

## Routage à plat, routage hiérarchique

- Problème : nombre de réseau aujourd'hui très grand
  - table de routage trop importante
- Solution:
  - le réseau est découpé en domaines appelés systèmes autonomes (AS, Autonomus System).
  - Chaque domaine est identifié, les messages n'appartenant pas au domaine sont éliminés
  - Domaine sous la responsabilité d'une autorité unique
    - Diminution de la taille de la table de routage
    - Architecture indépendante des autres systèmes autonome

## Routage à plat, routage hiérarchique

- Ce mode de découpage des réseaux conduit à définir deux familles de protocoles de routage



## Routage à plat, routage hiérarchique

- Deux familles de protocoles de routage :
  - IGP: protocole de routage entre routeurs d'un AS (intra AS)
    - Interior Gateway Protocol.
    - Exemples :
      - Distance-vecteur : RIP, IGRP
      - État des liens : OSPF, IS-IS
  - EGP: protocole de routage entre AS (inter AS)
    - Exterior gateway Protocol.
    - Exemple : BGP.

## Routage dynamique

- Deux grandes familles de protocoles de routage IGP :
  - Routage à vecteur de distance (distance vector) : basés sur algorithme de Bellman-Ford
  - Routage à état de lien (link state) : basés sur algorithme de Dijkstra

## Principe des algorithmes vecteur distance

- Principe des algorithmes vecteur distance
  - Routage vecteur distance ou routage de Bellman-Ford
  - Chaque nœud du réseau maintient une table de routage qui comporte une entrée par nœud du réseau et le coût pour joindre ce nœud.
  - Une route est composée de :
    - L'adresse du réseau de destination
    - L'adresse du routeur pour atteindre le réseau de destination (next hop)
    - La métrique (coût) : nombre de sauts= nombre de routeurs à traverser pour atteindre le réseau de destination

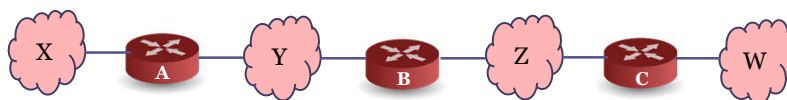


## Principe des algorithmes vecteur distance

- Périodiquement chaque nœud diffuse sa table de routage à ses voisins.
- Le nœud destinataire apprend ainsi ce que son voisin est capable de joindre.
- En réception, le routeur compare les routes reçues avec les siennes, il met à jour sa propre table de routage si :
  - Une route reçue est nouvelle
  - Une route reçue est meilleure (métrique inférieure) :
    - il incrémente le coût de cette entrée du coût affecté au lien par lequel il vient de recevoir cette route

## Principe des algorithmes vecteur distance : Exemple

- Étape 1 : Initialisation



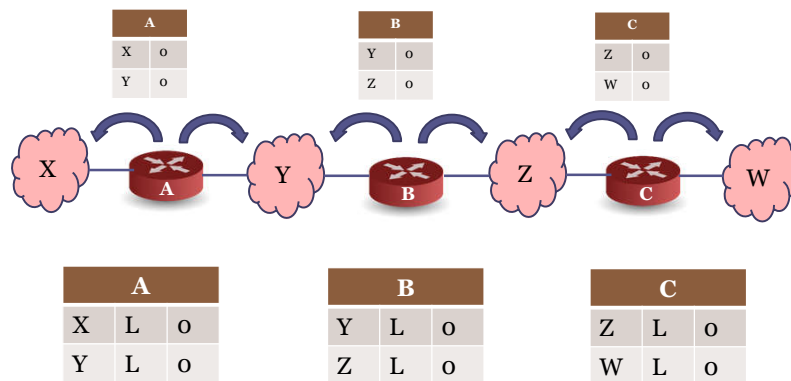
A		
X	L	o
Y	L	o

B		
Y	L	o
Z	L	o

C		
Z	L	o
W	L	o

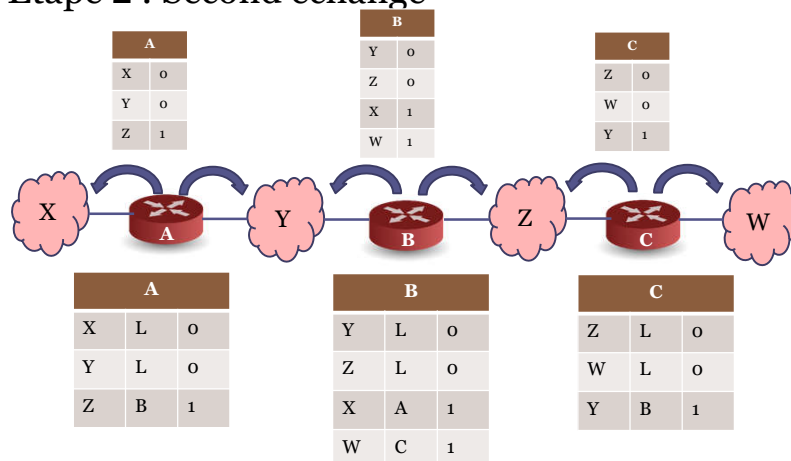
## Principe des algorithmes vecteur distance : Exemple

- Etape 2 : Premier échange



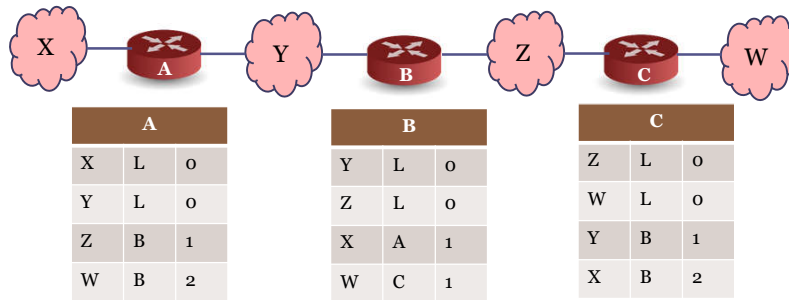
## Principe des algorithmes vecteur distance : Exemple

- Etape 2 : Second échange



## Principe des algorithmes vecteur distance : Exemple

- Étape 2 : Second échange



- Le routage dans le réseau a atteint sa stabilité → convergence des tables

## Principe des algorithmes vecteur distance

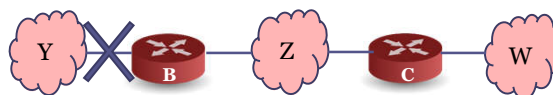
- Convergence des tables : tous les routeurs savent comment joindre n'importe quel autre routeur du réseau
  - les tables de routage sont stables
    - la réémission d'un vecteur de distance ne provoquera pas de changement dans une table de routage

## Principe des algorithmes vecteur distance

- Le routage par vecteur distance, avec ses variantes, peut conduire à la création de boucles dans le réseau.

## Problème de boucle : Exemple

- Coupure d'un lien

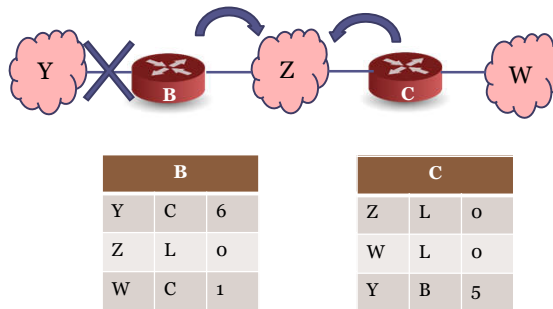


B		
Y	L	$\infty$
Z	L	0
W	C	1

C		
Z	L	0
W	L	0
Y	B	1

## Problème de boucle : Exemple

- Boucle dans le réseau

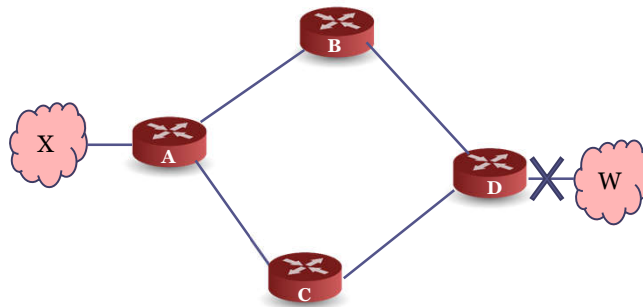


## Split horizon

- Appelée aussi l'horizon coupé ou partage de l'horizon
- Cette technique interdit aux routeurs de signaler qu'ils connaissent une destination au routeur par lequel ils l'ont apprise.
- Avec le split horizon, dans l'exemple précédant, nous n'aurions pas une boucle de routage

## Split horizon

- Mais le split horizon n'empêche pas toujours le comptage à l'infini comme dans l'exemple suivant :



## Comptage à l'infini

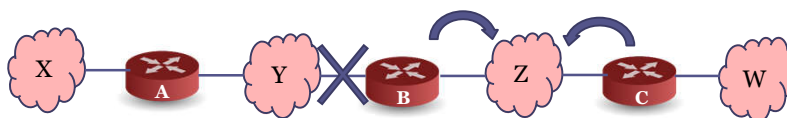
- Pour résoudre ce nouveau problème de comptage à l'infini
  - En définissant l'infini qui ainsi en devient fini
  - La plupart des protocoles à vecteur de distance fixent l'infini à 16

## Split horizon avec Poison-reverse

- Appelée aussi partage de l'horizon avec empoisonnement
- Cette technique est une variante du Split horizon.
  - Quand une route vers un réseau est annoncée avec une distance infinie, le destinataire de la mise à jour l'annonce aussi avec une métrique infinie sur toutes ces interfaces, y compris celles protégées par le Split-horizon

## Temporisateur d'invalidation de route

- Problème de changement de topologie



B		
Y	C	$\infty$
Z	L	0
X	A	1
W	C	1

C		
Z	L	0
W	L	0
Y	B	$\infty$
X	B	2

## Temporisateur d'invalidation de route

- Chaque route, on lui associe un temporisateur
- Ce temporisateur est appelée Temporisateur d'invalidation de route
  - Sa valeur est typiquement égale de 3 à 6 fois la période d'émission des mises à jour
- À la réception d'une route déjà connue dans une mise à jour, le routeur réarme le temporisateur associé.
- Lorsque le temporisateur expire, le routeur marque la route concernée comme étant injoignable.

## Mises à jour déclenchées

- Dès qu'un routeur remarque un changement d'état sur le sous-réseau directement connecté, il expédie immédiatement ses nouvelles informations.
- Cette technique contribue à accélérer la convergence du réseau



## Temporisateur de retenue Hold-down

- À chaque réception d'une mise à jour dans laquelle le coût d'une route déjà connue augment, le routeur arme un temporisateur et refuse toute mise à jour à coût égal ou augmenté pour cette route tant que ce temporisateur n'a pas expiré.
  - Ce temporisateur est appelé Temporisateur de retenue Hold-down
- Une mise à jour reçue avec un coût meilleur ou un coût égal 16 provoque la désactivation du temporisateur de retenue
  - NB: ce temporisateur n'est pas prévu par le RFC et son implémentation est le fait de Cisco

## Algorithmes de routage à vecteur distance

- Avantages :
  - Simplicité de l'algorithme (charge CPU faible)
  - Totalement décentralisé
  - Les bonnes nouvelles se propagent rapidement
- Inconvénients :
  - Convergence lente pour les grands réseaux
  - La taille des informations de routage est proportionnelle au nombre de réseaux
  - Bouclage, éventuellement à l'infini
  - Pas de chemins multiples

## Algorithmes de routage à vecteur distance

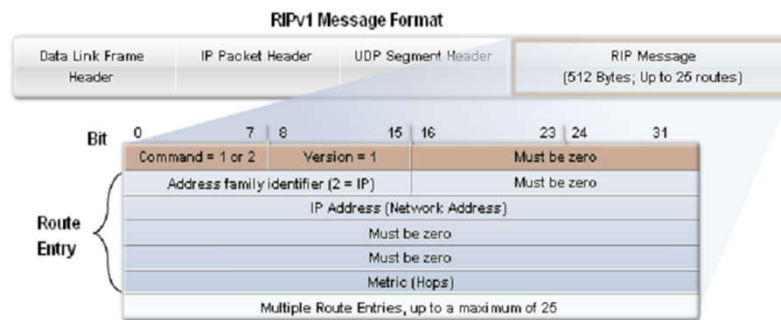
- Les principaux algorithmes de routage à vecteur distance sont :
  - RIP version 1
  - RIP version 2
  - IGRP et son successeur EIGRP

## RIP v1 (Routing Information Protocol)

- Définition
  - Le protocole RIP a été initialement spécifié en RFC 1058.
  - Il s'agit d'un protocole de routage à vecteur de distance.
- Caractéristiques
  - Temporisateur de mise à jour : 30 secondes
  - Métrique : compteur de sauts
  - Route inaccessible : Métrique=16
  - Temporisateur Hold down : 180 secondes
  - Mises à jour déclenchées : Oui
  - Masque de sous-réseau envoyé : Non

## Format de Message RIP

- Le message RIPv1 est un message à trous



## Format de Message RIP

- En-tête RIP (3 champs)
  - Command
    - 1 pour requête (Request)
    - 2 pour réponse (Response)
  - Version
    - 1 pour RIP version 1
  - "Must be zero"

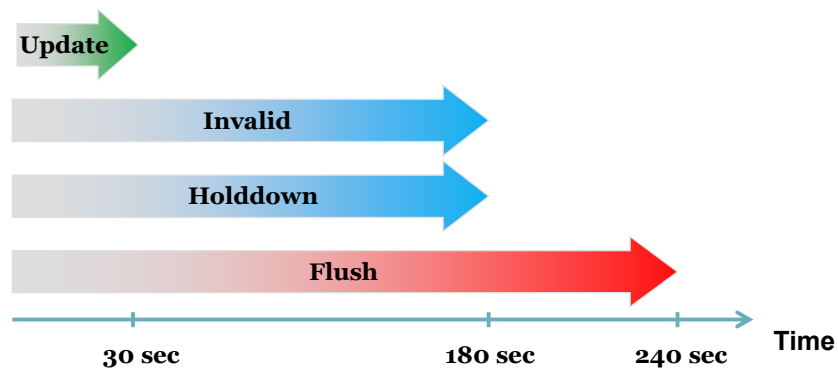
## Fonctionnement de RIP

- Initialisation
  - Chaque interface RIP envoie un message Request
    - Demande des tables de routage entières
  - Un message Response est envoyé par les voisins RIP
    - Si nouvelle route : l'installe dans les tables de routage
    - Si une route existante : la remplace si sa métrique est plus petite
- Périodiquement envoie des update pour mettre à jour les voisins

## Temporisateurs

- Mise à jour (Update)
  - Intervalle entre les mises à jour
- Invalid (Route-timeout)
  - Temps avant de considérer une route comme injoignable
- Retenue (Hold down)
  - Temps avant d'accepter l'entrée par une moins bonne
- Effacement (Route-Flush)
  - Temps avant suppression

## Temporisateurs



## Configuration de RIPv1

- Pour activer le protocole de routage RIP sur un routeur (en mode configuration)
  - commande `router rip`

## Activation de RIP : la commande `router rip`

```
Router# conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)# router ?
  bgp      Border Gateway Protocol (BGP)
  egp      Exterior Gateway Protocol (EGP)
  eigrp    Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)
  igrp     Interior Gateway Routing Protocol (IGRP)
  isis     ISO IS-IS
  iso-igrp IGRP for OSI networks
  mobile   Mobile routes
  odr      On Demand stub Routes
  ospf     Open Shortest Path First (OSPF)
  rip      Routing Information Protocol (RIP)
Router(config)# router rip
Router(config-router)#
```

## Activation de RIP : la commande `router rip`

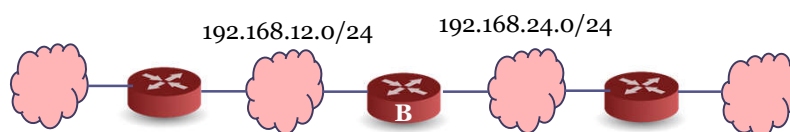
- La commande `router rip`
  - n'active pas directement le protocole
  - permet d'accéder à l'environnement de configuration
  - tant que le protocole n'est pas configuré aucun message sera envoyé
- La commande `no router rip`
  - utilisé pour arrêter le processus RIP
  - efface toute configuration RIP existante

## Spécification des réseaux : la commande network

- Pour déclarer les réseaux connectés directement (en mode configuration routeur)
  - commande **network**
    - Router(config-router)# **network** adresse-réseau-classful
    - Identifie les interfaces qui participent au protocole : c'est-à-dire toutes les interfaces dont l'adresse IP appartient au réseau défini dans **network**.
    - Ces interfaces vont émettre et recevoir des annonces de routage avec leurs voisins.

## Configuration de RIPv1

- Exemple :
  - RouterB(config)# router rip
  - RouterB(config-router)# network 192.168.12.0
  - RouterB(config-router)# network 192.168.24.0



## Configuration de RIPv1 : Vérification et Dépannage

- Commandes utiles :
  - `show ip route`
  - `show ip protocols`
  - `debug ip rip`

## Show ip route

- La commande `show ip route` :
  - Permet de lister toutes les routes (directement connectées, statiques, dynamiques)
- Exemple :

```
Router# show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile,
<output omitted>
Gateway of last resort is not set

R    192.168.4.0/24 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:02, Serial0/0/0
R    192.168.5.0/24 [120/2] via 192.168.2.2, 00:00:02, Serial0/0/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
R    192.168.3.0/24 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:02, Serial0/0/0
```



## Show ip route

```
R1# show ip route
<output omitted>
R    192.168.5.0/24 [120/2] via 192.168.2.2, 00:00:02, Serial0/0/0
```

↑                    ↑                    ↑                    ↑                    ↑                    ↑

Type de    Adresse du    Métrique    Passerelle    Dernière    Interface de sortie  
protocole    réseau                    mise à jour  
                                 Distance                    reçue  
                                 Administrative

## Valeur de distance administrative

- Ordre de préférence entre les protocoles de routage
- Par défaut:

Route Source	Administrative Distance
Directly connected route	0
Static route	1
EIGRP summary route	5
RIP	120
EIGRP	90 (internal) 170 (external)
OSPF	110

## Show ip protocols

- La commande `show ip protocols` :
  - Permet d'afficher les paramètres et l'état actuel du protocole de routage configuré sur le routeur

## Show ip protocols

```
R #show ip protocols
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds, next due in 23 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Redistributing: rip
    Default version control: send version 1, receive any version
  Interface                Send  Recv  Triggered RIP  Key-chain
  FastEthernet0/0          1     1 2
  Serial0/0/0              1     1 2
  Serial0/0/1              1     1 2
  Automatic network summarization is in effect
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    192.168.2.0
    192.168.3.0
    192.168.4.0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    192.168.2.1      120          00:00:18
    192.168.4.1      120          00:00:22
  Distance: (default is 120)
```

## Show ip protocols

```
R #show ip protocols
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds, next due in 23 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Redistributing: rip
  Default version control: send version 1, receive any version
  Interface                Send Recv Triggered RIP Key-chain
  FastEthernet0/0           1    1 2
  Serial0/0/0               1    1 2
  Serial0/0/1               1    1 2
  Automatic network summarization is in effect
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    192.168.2.0
    192.168.3.0
    192.168.4.0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance    Last Update
    192.168.2.1      120        00:00:18
    192.168.4.1      120        00:00:22
  Distance: (default is 120)
```

Le protocole RIP est actif

## Show ip protocols

```
R #show ip protocols
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds, next due in 23 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Redistributing: rip
  Default version control: send version 1, receive any version
  Interface                Send Recv Triggered RIP Key-chain
  FastEthernet0/0           1    1 2
  Serial0/0/0               1    1 2
  Serial0/0/1               1    1 2
  Automatic network summarization is in effect
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    192.168.2.0
    192.168.3.0
    192.168.4.0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance    Last Update
    192.168.2.1      120        00:00:18
    192.168.4.1      120        00:00:22
  Distance: (default is 120)
```

La valeurs des temporisateurs

## Show ip protocols

```
R #show ip protocols
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds, next due in 23 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Redistributing: rip
  Default version control: send version 1, receive any version
  Interface          Send Recv Triggered RIP Key-chain
  FastEthernet0/0      1    1 2
  Serial0/0/0          1    1 2
  Serial0/0/1          1    1 2
  Automatic network summarization is in effect
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    192.168.2.0
    192.168.3.0
    192.168.4.0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    192.168.2.1      120           00:00:18
    192.168.4.1      120           00:00:22
  Distance: (default is 120)
```

Indique des éventuels  
filtrages et redistributions de  
routes externes

## Show ip protocols

```
R #show ip protocols
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds, next due in 23 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Redistributing: rip
  Default version control: send version 1, receive any version
  Interface          Send Recv Triggered RIP Key-chain
  FastEthernet0/0      1    1 2
  Serial0/0/0          1    1 2
  Serial0/0/1          1    1 2
  Automatic network summarization is in effect
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    192.168.2.0
    192.168.3.0
    192.168.4.0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    192.168.2.1      120           00:00:18
    192.168.4.1      120           00:00:22
  Distance: (default is 120)
```

la version du protocole RIP et  
les interfaces actives

## Show ip protocols

```
R #show ip protocols
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds, next due in 23 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Redistributing: rip
  Default version control: send version 1, receive any version
  Interface          Send Recv Triggered RIP Key-chain
  FastEthernet0/0    1     1 2
  Serial0/0/0        1     1 2
  Serial0/0/1        1     1 2
  Automatic network summarization is in effect
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    192.168.2.0
    192.168.3.0
    192.168.4.0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    192.168.2.1      120          00:00:18
    192.168.4.1      120          00:00:22
  Distance: (default is 120)
```

- Résumé automatique de routes est actif
- le nombre de chemins à gérer pour l'équilibrage de la charge.

## Show ip protocols

```
R #show ip protocols
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds, next due in 23 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Redistributing: rip
  Default version control: send version 1, receive any version
  Interface          Send Recv Triggered RIP Key-chain
  FastEthernet0/0    1     1 2
  Serial0/0/0        1     1 2
  Serial0/0/1        1     1 2
  Automatic network summarization is in effect
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    192.168.2.0
    192.168.3.0
    192.168.4.0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    192.168.2.1      120          00:00:18
    192.168.4.1      120          00:00:22
  Distance: (default is 120)
```

les réseaux qui seront  
annoncés aux autres nœuds

## Show ip protocols

```
R #show ip protocols
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds, next due in 23 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Redistributing: rip
  Default version control: send version 1, receive any version
  Interface                Send  Recv  Triggered RIP  Key-chain
  FastEthernet0/0          1     1 2
  Serial0/0/0              1     1 2
  Serial0/0/1              1     1 2
  Automatic network summarization is in effect
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    192.168.2.0
    192.168.3.0
    192.168.4.0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    192.168.2.1      120          00:00:18
    192.168.4.1      120          00:00:22
  Distance: (default is 120)
```

Adresse de la passerelle,  
distance administrative  
annoncée par les voisins,  
nombre de secondes après la  
dernière mise à jour reçue

## debug ip rip

- La commande **debug ip rip** :
  - Permet de visualiser certaines informations concernant les échanges RIP entre les routeurs
- La commande **no debug all**
  - Permet de désactiver la fonction debug.

## Debug ip rip : Exemple

```
R2#debug ip rip
RIP protocol debugging is on
RIP: received v1 update from 192.168.2.1 on Serial0/0/0
    192.168.1.0 in 1 hops
RIP: received v1 update from 192.168.4.1 on Serial0/0/1
    192.168.5.0 in 1 hops
RIP: sending v1 update to 255.255.255.255 via FastEthernet0/0
    (192.168.3.1)
RIP: build update entries
    network 192.168.1.0 metric 2
    network 192.168.2.0 metric 1
    network 192.168.4.0 metric 1
    network 192.168.5.0 metric 2
RIP: sending v1 update to 255.255.255.255 via Serial0/0/1
    (192.168.4.2)
RIP: build update entries
    network 192.168.1.0 metric 2
    network 192.168.2.0 metric 1
    network 192.168.3.0 metric 1
RIP: sending v1 update to 255.255.255.255 via Serial0/0/0
    (192.168.2.2)
RIP: build update entries
    network 192.168.3.0 metric 1
    network 192.168.4.0 metric 1
    network 192.168.5.0 metric 2
R2#undebug all
All possible debugging has been turned off
```

## Configuration de RIPv1: Autres commandes

- La commande **timers basic** :
  - Permet de changer la valeur des temporisateurs pour RIP
  - La syntaxe :
    - `timers basic {update} {invalid} {holddown} {flush}`
- Exemple :

```
Router#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#router rip
Router(config-router)#timers basic 30 180 180 240
Router(config-router)#
```

## Configuration de RIPv1: Autres commandes

- La commande **passive-interface** :
  - Permet d'empêcher l'interface d'envoyer des mises à jour
  - La syntaxe :
    - **passive-interface {type} {numéro}**
- Exemple :

```
Router#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#
Router(config)#router rip
Router(config-router)#network 192.168.10.0
Router(config-router)#network 10.0.0.0
Router(config-router)#neighbor 10.0.0.254
Router(config-router)#passive-interface fast 0/0
Router(config-router)#
```

## Configuration de RIPv1: Autres commandes

- La commande **ip split-horizon** :
  - Permet d'activer/désactiver Split Horizon
  - Split Horizon est actif par défaut
  - La syntaxe :
    - **[no] ip split-horizon**
- Exemple :

```
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#interface fastEthernet 0/0
Router(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.0.0.0
Router(config-if)#no ip split-horizon
Router(config-if)#
```



## Configuration de RIPv1: Autres commandes

- La commande **maximum-paths** :
  - Permet de changer le nombre max de liens avec la même métrique pouvant être utilisés pour la répartition de charge
  - Par défaut = 4
  - La syntaxe :
    - maximum-paths {nombre}
- Exemple :

```
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#router rip
Router(config-router)#maximum-paths 4
Router(config-router)#
```

## Configuration de RIPv1: Autres commandes

- La commande **version** :
  - Permet de changer la version de RIP à utiliser
  - Par défaut = version 1
  - La syntaxe :
    - version {1 | 2}
- Exemple :

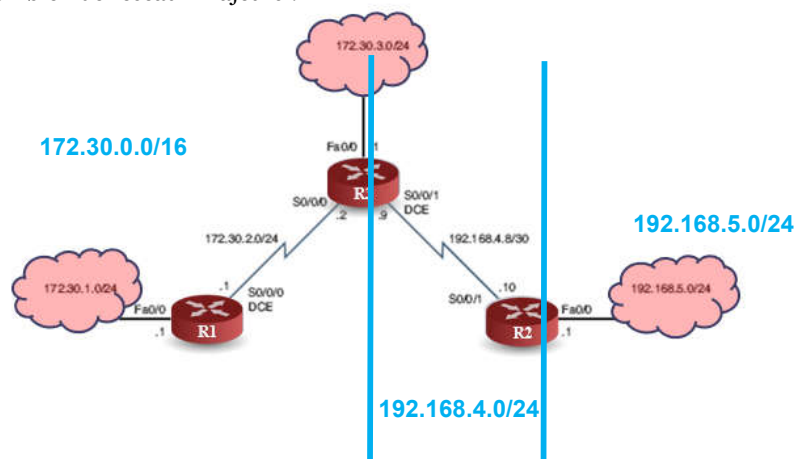
```
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#router rip
Router(config-router)#version 2
Router(config-router)#network 192.168.10.0
Router(config-router)#network 10.0.0.0
Router(config-router)#
```

## Agrégation Automatique

- La réduction du nombre d'entrées dans la table de routage augmente la performance lors de la recherche de correspondance.
- Certains protocoles de routage, comme RIP, agrègent automatiquement les routes dans certains routeurs.

## Comportement avec classe (classfull)

Combien de réseaux majeurs ?



## Classfull : Exemple -R1-

```

R1(config)# interface fa0/0
R1(config-if)# ip address 172.30.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)# interface S0/0/0
R1(config-if)# ip address 172.30.2.1 255.255.255.0
R1(config)# router rip
R1(config-router)# network 172.30.1.0
R1(config-router)# network 172.30.2.0
R1(config-router)# passive-interface FastEthernet 0/0
R1(config-router)# end
R1# show run
<output omitted>
!
router rip
passive-interface FastEthernet0/0
network 172.30.0.0

```

IOS automatiquement  
transforme les réseaux en  
classful

## Classfull : Exemple -R2-

```

R2(config)# interface S0/0/0
R2(config-if)# ip address 172.30.2.2 255.255.255.0
R2(config-if)# interface fa0/0
R2(config-if)# ip address 172.30.3.1 255.255.255.0
R2(config-if)# interface S0/0/1
R2(config-if)# ip address 192.168.4.9 255.255.255.252
R2(config-if)# no router rip
R2(config)# router rip
R2(config-router)# network 172.30.0.0
R2(config-router)# network 192.168.4.8
R2(config-router)# passive-interface FastEthernet 0/0
R2(config-router)# end
R2# show run
router rip
passive-interface FastEthernet0/0
network 172.30.0.0
network 192.168.4.0

```

IOS automatiquement  
transforme les réseaux en  
classful

## Classfull : Exemple -R3-

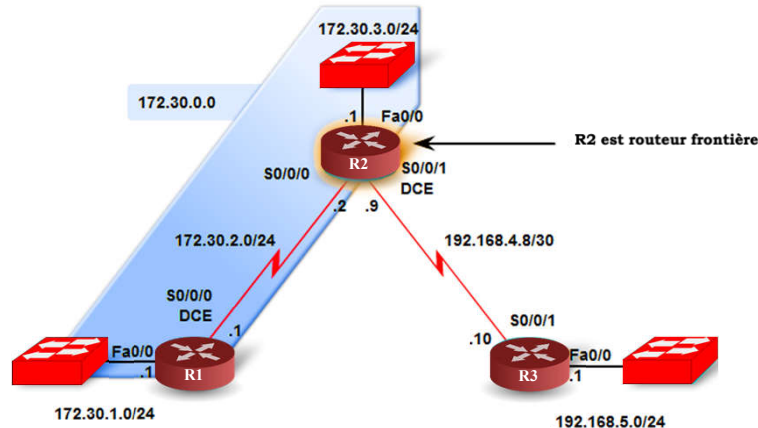
```

R3(config)# interface fa0/0
R3(config-if)# ip address 192.168.5.1 255.255.255.0
R3(config-if)# interface S0/0/1
R3(config-if)# ip address 192.168.4.10 255.255.255.252
R3(config-if)# no router rip
R3(config)# router rip
R3(config-router)# network 192.168.4.0
R3(config-router)# network 192.168.5.0
R3(config-router)# passive-interface FastEthernet 0/0
R3(config-router)# end
R3# show run
<output omitted>
!
router rip
passive-interface FastEthernet0/0
network 192.168.4.0
network 192.168.5.0
!
<output omitted>

```

## Agrégation Automatique: Routeur Frontière

- RIPv1 est un protocole classful qui agrège automatiquement les réseaux classful lors du passage entre des "frontières" d'adresses

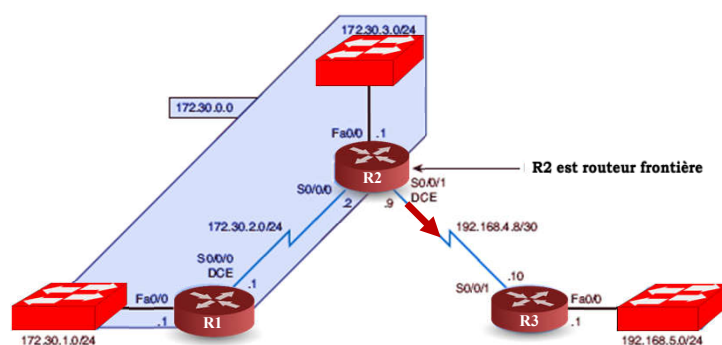


## Agrégation Automatique: Routeur Frontière

- Les routeurs frontières n'annoncent pas de détails de sous-réseaux
- Les routeurs de bordure procèdent à un résumé automatique

## Agrégation Automatique: Routeur Frontière -Exemple-

- Les mises à jour pour 172.30.1.0, 172.30.2.0 et 172.30.3.0 seront automatiquement annoncées comme 172.30.0.0 quand elles sont envoyées par l'interface Serial 0/0/1 de R2.



## Traitement des mises à jour RIP

```
R2# show ip route
      172.30.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
R       172.30.1.0 [120/1] via 172.30.2.1, 00:00:18, Serial0/0/0
C       172.30.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
C       172.30.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
      192.168.4.0/30 is subnetted, 1 subnets
C       192.168.4.8 is directly connected, Serial0/0/1
R       192.168.5.0/24 [120/1] via 192.168.4.10, 00:00:16, Serial0/0/1
```

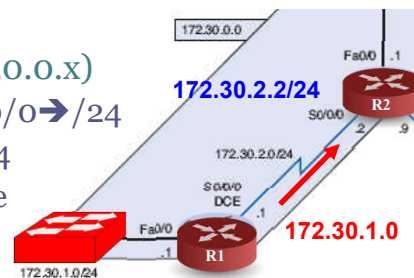
- Les protocoles classful n'incluent pas le masque dans les updates.
- Cependant, la table de routage inclut des routes RIPv1 avec l'adresse réseau et le masque
- ➔ Alors comment déterminer le masque qui sera rajouté à une route dans la table de routage ?

## Règles pour le traitement des mises à jour RIPv1

- Les deux règles suivantes déterminent le fonctionnement de RIPv1:
  - Si un update et l'interface dont il est issu appartiennent au même grand réseau, le masque de l'interface est utilisé pour les routes apprises
  - Si un update et l'interface dont il est issu appartiennent à différents grands réseaux, le masque classful de l'adresse est utilisé pour les routes apprises

## Traitement des mises à jour RIPv1: Exemple 1/2

- Même réseau classful que l'update arrivant
  - Update: 172.30.1.0 en 1 saut
  - Interface d'entrée :
    - Serial 0/0/0 - 172.30.2.2/24
- ➔ Même réseau classful (172.30.0.x)
  - Appliquer le masque de So/o/o ➔ /24
  - Le sous-réseau 172.30.1.0 /24 est rajouté à la table de routage

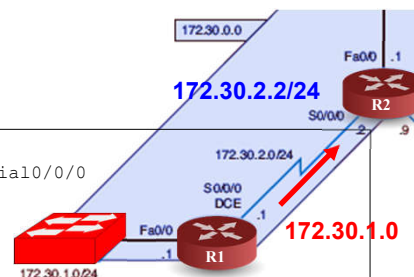


## Traitement des mises à jour RIPv1: Exemple 2/2

- Même réseau classful (172.30.0.x)
  - Appliquer le masque de So/o/o interface, /24

```
R2# debug ip rip (selected output)
RIP: received v1 update from 172.30.2.1 on Serial0/0/0
      172.30.1.0 in 1 hops

R2# show ip route (selected output)
      172.30.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
R       172.30.1.0 [120/1] via 172.30.2.1, 00:00:18, Serial0/0/0
```

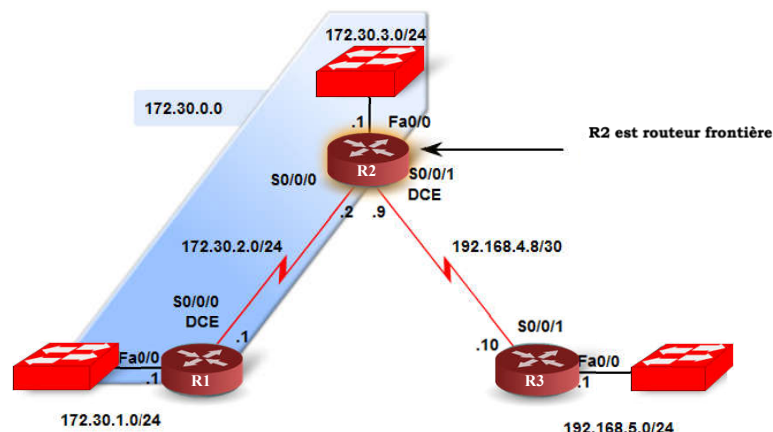


## Envoi des mises à jour RIP

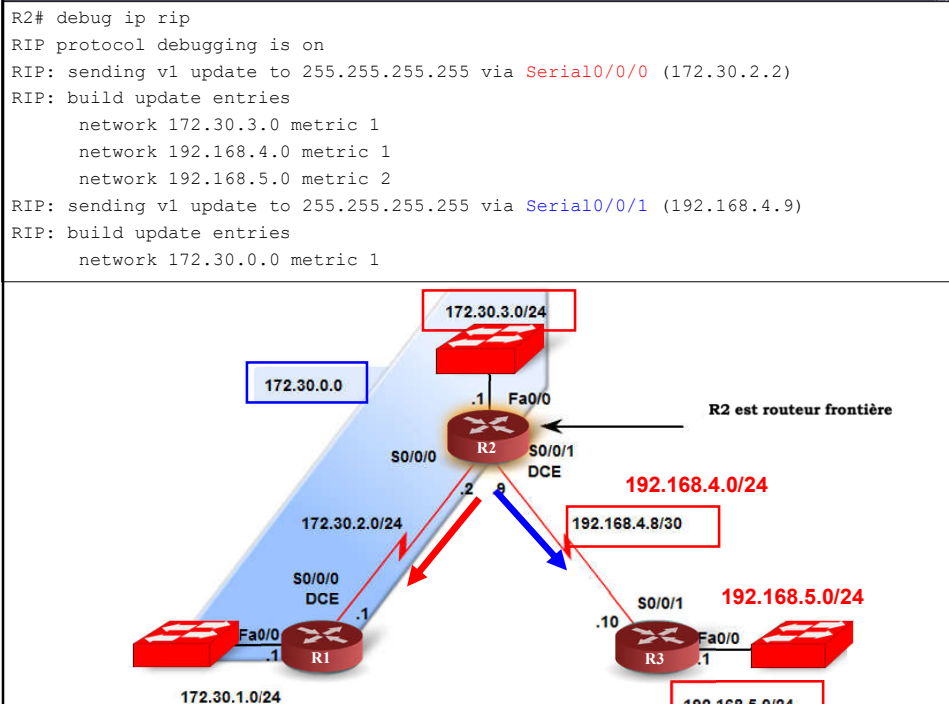
- Même principe du traitement des updates reçus : déterminer si on doit ou pas agréger les routes envoyées

- Quel est le réseau classful de l'interface de sortie ?
- Quel est le réseau classful du réseau à envoyer en update ?
- Sont ils dans le même réseau classful ?
  - Oui : Envoie les adresses des sous-réseaux
  - Non : Envoie une adresse agrégée – le réseau classful

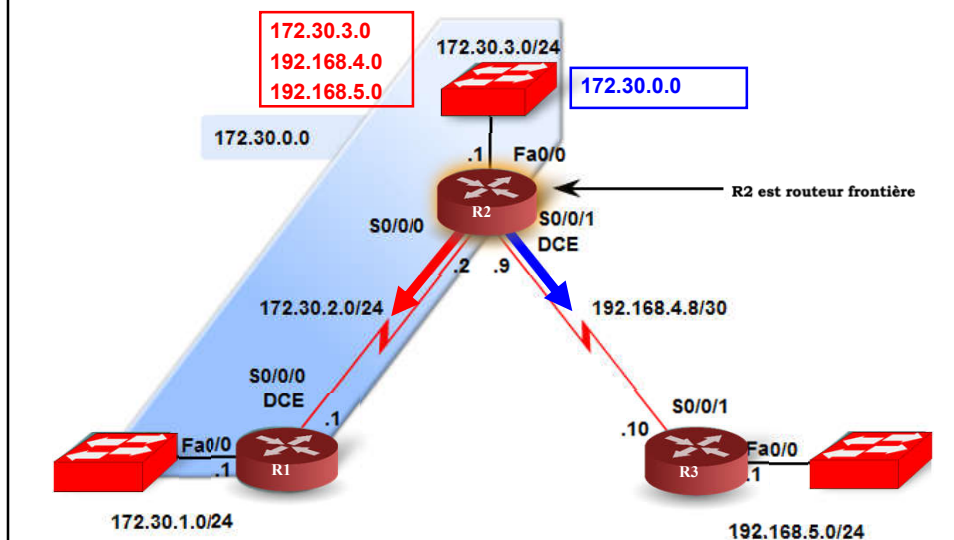
## Envoi des mises à jour RIP : Exemple







## Envoi des mises à jour RIP : Exemple



## Vérification des tables de routage

```
R1# show ip route
<output omitted>
Gateway of last resort is not set
  172.30.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C    172.30.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C    172.30.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
R    172.30.3.0 [120/1] via 172.30.2.2, 00:00:17, Serial0/0/0
R    192.168.4.0/24 [120/1] via 172.30.2.2, 00:00:17, Serial0/0/0
R    192.168.5.0/24 [120/2] via 172.30.2.2, 00:00:17, Serial0/0/0
```

```
R3# show ip route
<output omitted>
Gateway of last resort is not set
R    172.30.0.0/16 [120/1] via 192.168.4.9, 00:00:15, Serial0/0/1
  192.168.4.0/30 is subnetted, 1 subnets
C    192.168.4.8 is directly connected, Serial0/0/1
C    192.168.5.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

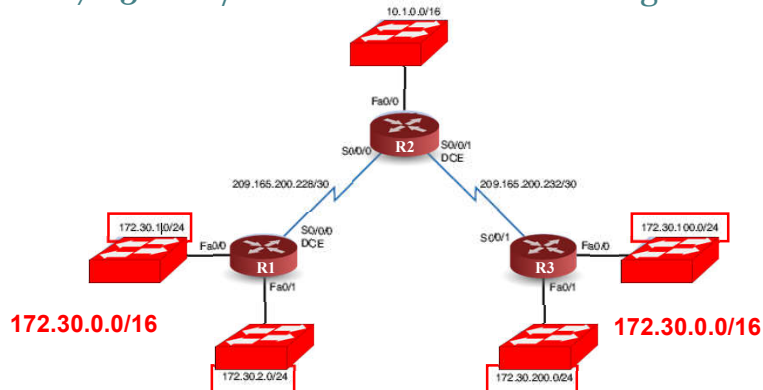
## Avantages de l'Agrégation Automatique

```
R3# show ip route
<output omitted>
Gateway of last resort is not set
R    172.30.0.0/16 [120/1] via 192.168.4.9, 00:00:15, Serial0/0/1
  192.168.4.0/30 is subnetted, 1 subnets
C    192.168.4.8 is directly connected, Serial0/0/1
C    192.168.5.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

- Des messages d'update plus petits sont reçus et envoyés, ce qui réduit l'utilisation de la bande passante entre R2 et R3
- R3 a une seule route vers 172.30.0.0/16, peu importe le nombre de sous-réseaux et la façon comme ils sont découpés
- Une seule route permet d'accélérer le processus de recherche dans la table de routage de R3

## Inconvénients de l'Agrégation Automatique

- Les réseaux non-contigus, deux ou plus sous-réseaux séparés par une autre réseau (d'une autre classe)
  - 172.30.0.0/16 est un réseau non-contigu



## Les réseaux non-contigus ne convergent pas

```

• R1(config)# router rip
• R1(config-router)# network 172.30.0.0
• R1(config-router)# network 209.165.200.0

• R2(config)# router rip
• R2(config-router)# network 10.0.0.0
• R2(config-router)# network 209.165.200.0

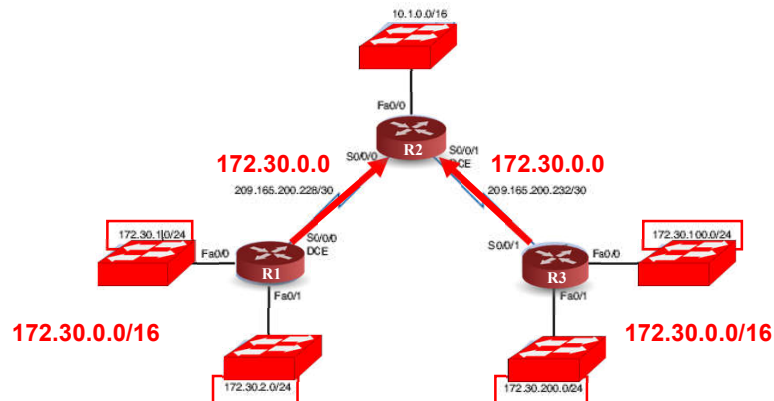
• R3(config)# router rip
• R3(config-router)# network 172.30.0.0
• R3(config-router)# network 209.165.200.0

```

- La configuration de RIPv1 est correcte, mais il est incapable de déterminer tous les réseaux dans cette topologie non-contigüe

## Les réseaux non-contigus ne Convergent pas avec RIPv1

- Les deux routeurs feront l'annonce à R2 du réseau agrégé 172.30.0.0



## Les réseaux non-contigus ne Convergent pas avec RIPv1

```
R1# show ip route
```

```

    172.30.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C       172.30.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       172.30.2.0 is directly connected, FastEthernet0/1

```

```
R3# show ip route
```

```

    172.30.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C       172.30.100.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       172.30.200.0 is directly connected, FastEthernet0/1

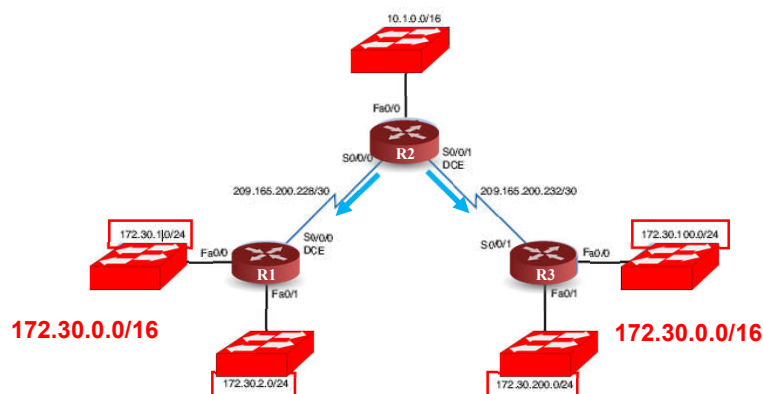
```

## Les réseaux non-contigus ne Convergent pas avec RIPv1

- R2 a deux routes de même coût pour le réseau 172.30.0.0
  - R2 fera de l'équilibrage de charge entre les deux liens
  - Ainsi, R1 aura la moitié des paquets et R3 l'autre moitié, même si le destinataire n'appartient pas à son sous-réseau

```
R2# show ip route
R    172.30.0.0/16 [120/1] via 209.165.200.234, 00:00:14, Serial0/0/1
      [120/1] via 209.165.200.229, 00:00:19, Serial0/0/0
```

## Les réseaux non-contigus ne Convergent pas avec RIPv1



```
R2# show ip route
R    172.30.0.0/16 [120/1] via 209.165.200.234, 00:00:14, Serial0/0/1
      [120/1] via 209.165.200.229, 00:00:19, Serial0/0/0
```

## Limites de RIP v1

- n'envoie pas les masques de sous-réseau dans ses mises à jour.
- les mises à jour sont diffusées
- pas d'authentification
- ne supporte ni le VLSM ni le CIDR (Classless InterDomain Routing)

## RIPv2

- RIP v2 est une version améliorée de RIP v1.
  - **Améliorations apportées**
    - L'information de masque de sous-réseau
    - Authentification optionnelle des messages
    - Étiquetage des routes (route interne, externe, etc...)
    - Adresse de saut suivant (peut éviter un saut inutile)
    - Multicast au lieu de Broadcast (224.0.0.9)

## RIPv2

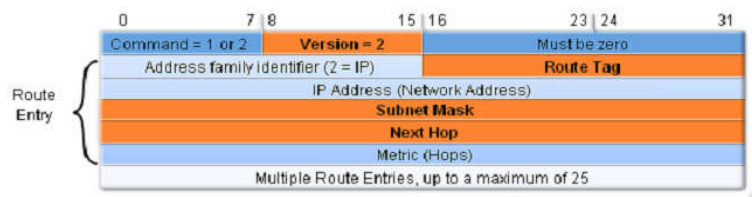
- Les deux versions de RIP partagent ces caractéristiques et limitations:
  - Utilisation de nombre de sauts comme métrique.
  - Utilisation des compteurs de retenue pour empêcher les boucles de routage (valeur par défaut : 180 secondes).
  - Utilisation de «split horizon» pour éviter les boucles
  - Utilisation 16 sauts comme métrique de mesure infinie.
  - Utilisation de mises à jour déclenchées lors des modifications pour accélérer la convergence
  - Maximum hop count de 15 sauts

## RIPv1 Vs RIPv2

RIP v1	RIP v2
Facile à configurer	Facile à configurer
Prend en charge uniquement un protocole de routage par classes (classful).	Prend en charge l'utilisation du routage CIDR (Classless)
La mise à jour de routage ne contient aucune information de sous-réseau	Envoie des informations sur les masques de sous-réseau avec les mises à jour des routes
Ne supporte pas le routage CIDR ce qui oblige tous les équipements d'un même réseau à utiliser le même masque de sous-réseau	Supporte le routage CIDR ce qui permet à des équipements d'un même réseau d'utiliser différents masques de sous réseau
Aucune authentification dans les mises à jour	Permet l'authentification dans ses mises à jour de routage
Envoie les broadcasts sur 255.255.255.255	Envoie les mises à jour de routage en multicast sur 224.0.0.9 ce qui est plus efficace.

## Format de Message RIPv2

- Le message RIPv2 reprend le format du message RIPv1 et met à profit ses champs inutilisés.



## RIPv1 Vs RIPv2

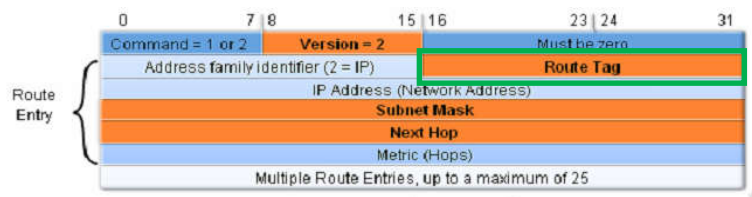
Comparing RIPv1 and RIPv2 Message Formats





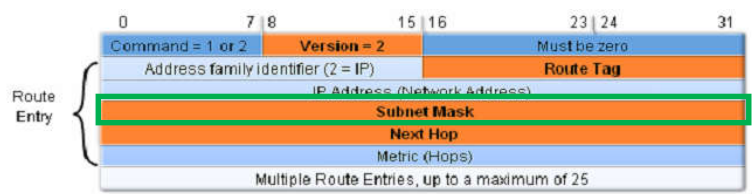
## Format de Message RIPv2

- Route Tag : fournir une méthode permettant de distinguer une route RIP interne d'une route externe



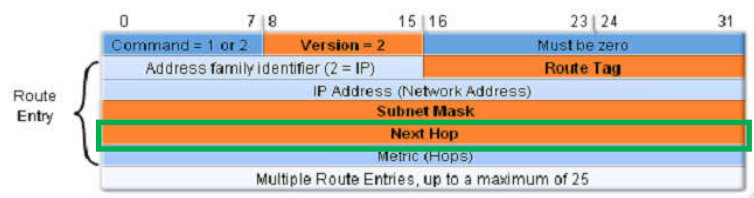
## Format de Message RIPv2

- Subnet Mask: permet d'inclure un masque 32 bits associé à l'adresse.



## Format de Message RIPv2

Next Hop: Permet d'identifier une adresse du saut suivant mieux adaptée que l'adresse du routeur émetteur. Si le champ contient uniquement des zéros (0.0.0.0), l'adresse du routeur émetteur constitue la meilleure adresse du saut suivant



## Activation et Vérification de RIPv2

- La commande **version 2** est utilisée pour activer la Version 2

```
R1(config)# router rip
R1(config-router)# version 2
```

## Activation et Vérification de RIPv2

- Pour la restauration de RIP Version 1, on utilise l'une de ces deux commandes **version 1** ou **no version**

```
R1(config)# router rip
R1(config-router)# version 1

!or

R1(config)# router rip
R1(config-router)# no version
```

## Activation et Vérification de RIPv2

- Le comportement par défaut de RIPv1 :

```
R2# show ip protocols
<output omitted>
  Default version control: send version 1, receive any version
    Interface          Send    Recv    Triggered RIP Key-chain
    Serial0/0/0         1       1 2
    Serial0/0/1         1       1 2
  Automatic network summarization is in effect
<output omitted >
```

## Activation et Vérification de RIPv2

- Le comportement par défaut de RIPv2 :

```
R2# show ip protocols
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds, next due in 1 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Outgoing update filter list for all interfaces is
  Incoming update filter list for all interfaces is
  Redistributing: static, rip
  Default version control: send version 2, receive version 2
    Interface          Send      Recv      Triggered RIP Key-chain
    Serial0/0/0         2         2
    Serial0/0/1         2         2
  Automatic network summarization is in effect
  <output omitted for brevity>
```

## Réglage de compatibilité

- Les commandes d'interface **ip rip send** et **ip rip receive** peuvent être utilisés pour forcer la compatibilité entre les versions

```
R1(config-router)# ip rip send version [1] [2]
```

```
R1(config-router)# ip rip receive version [1] [2]
```

## Agrégation automatique et RIPv2

- Par défaut, RIPv2 fait l'agrégation automatique lors du passage entre deux réseaux classful, exactement comme RIPv1

```
R1# show ip protocols
Routing Protocol is "rip"
<output omitted>
  Default version control: send version 2, receive version 2
    Interface      Send    Recv    Triggered RIP Key-chain
    FastEthernet0/0    2      2
    FastEthernet0/1    2      2
    Serial0/1/0        2      2
Automatic network summarization is in effect
```

## Agrégation automatique et RIPv2

- Désactivation de l'agrégation automatique RIPv2
  - Utilisation de la commande **no auto-summary**

```
R1 (config) # router rip
R1 (config-router) # no auto-summary
```

```
R1# show ip protocols
<output omitted>
Automatic network summarization is not in effect
<output omitted>
```

## RIPv2 et VLSM

- RIPv2 inclut les masques dans les mises à jour.
- Exemple :

```
R3# debug ip rip
RIP: sending v2 update to 224.0.0.9 via FastEthernet0/0
(172.30.100.1)
RIP: build update entries
    10.1.0.0/16 via 0.0.0.0, metric 2, tag 0
    172.30.1.0/24 via 0.0.0.0, metric 3, tag 0
    172.30.2.0/24 via 0.0.0.0, metric 3, tag 0
    172.30.110.0/24 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
    172.30.200.16/28 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
    172.30.200.32/28 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
    192.168.0.0/16 via 0.0.0.0, metric 2, tag 0
    209.165.200.228/30 via 0.0.0.0, metric 2, tag 0
    209.165.200.232/30 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
```

## Authentification et RIPv2

- Au contraire de RIPv1, RIPv2 permet l'authentification des routeurs
- L'authentification permet la vérification des émetteurs
  - Sécurité : empêche qu'un intrus injecte des mauvaises routes dans un réseau RIPv2

## Authentification et RIPv2

- Étapes pour configurer l'authentification RIPv2
  - Étape 1 : créer une *keychain* (porte-clé)
  - Étape 2: créer une clé (ou plusieurs) dans le *keychain*
    - Attribuer un mot de passe à la clé
  - Étape 3: activer l'authentification dans l'interface, en spécifiant le *keychain* à utiliser
  - Étape 4: Spécifier si l'interface utilisera de l'authentification par texte en clair ou MD5
  - Étape 5: Optionnellement, configurer la gestion des clés (date d'expiration, etc)

## Authentification et RIPv2

- Pour que l'authentification soit active, il faut que les deux routeurs activent leurs interfaces avec au moins un mot de passe en commun dans leurs *keychains*
  - Le mot de passe doit être le même, mais le nom des *keychains* peut être différent
  - Si plusieurs keys sont disponibles, le système parcourt le *keychain* jusqu'à trouver une clé qui correspond

## Authentification et RIPv2

- Exemple d'activation de l'authentification

```
R1(config)#key chain mesCles
R1(config-keychain)#key 1
R1(config-keychain-key)#key-string irisi_password
R1(config)#interface fastethernet 0/0
R1(config-if)#ip rip authentication key-chain mesCles
R1(config-if)#ip rip authentication mode md5
```

```
R2(config)#key chain Mykeys
R2(config-keychain)#key 1
R2(config-keychain-key)#key-string irisi_password
R2(config)#interface fastethernet 0/0
R2(config-if)#ip rip authentication key-chain Mykeys
R2(config-if)#ip rip authentication mode md5
```

## RIP : Conclusion

- Avantages:
  - Simple à mettre en œuvre
  - Peu de besoins CPU
  - Adapté aux petits réseaux
- Inconvénients:
  - Limitation à 15 sauts
  - Convergence lente
  - Trafic pouvant être important
  - Pas d'authentification (RIP v1)
  - Diffusion (Broadcast) (RIP v1)
  - Pas de gestion des sous-réseaux (RIP v1)
  - Métrique insuffisante