

# Routage: Principes

Hainaut Patrick 2020

## But de cette présentation

- Nous avons vu l'adressage IP et les principes sous-jacents
- Le routage des paquets IP a déjà été évoqué dans d'autres présentations mais nous allons ici concentrer notre propos sur les différentes formes que ce routage peut prendre
- Le but est de bien comprendre le trajet d'un paquet IP à travers un réseau LAN ou WAN

## Manipulations

- La matière vue dans cette présentation est sujette à expérimentations
- On peut s'entraîner avec du matériel réel mais si on n'en possède pas, il y a d'autres solutions
  - Cisco Packet Tracer mais il faut avoir un compte étudiant chez Cisco
  - GNS3 qui est un simulateur réseau libre de droit

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

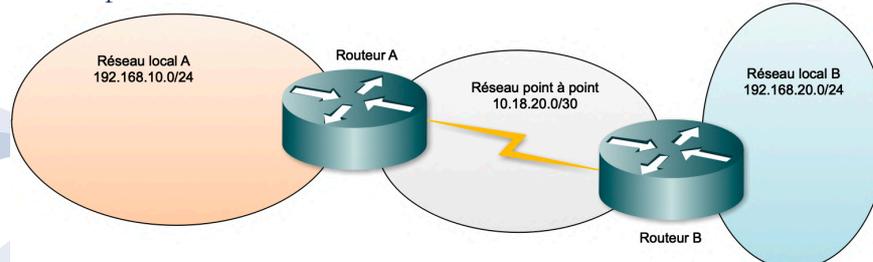
## Routeurs et routage

- Un routeur sert à interconnecter plusieurs réseaux (au moins deux)
- Un routeur possède donc au moins deux interfaces réseaux
- Chaque interface réseau d'un routeur doit être dans un réseau différent
- Remarque: on parle ici de routeurs professionnels, pas de (modem-) routeurs multifonction (routeur + switch + point d'accès sans fil)

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Routeurs et routage

- Exemple 1:



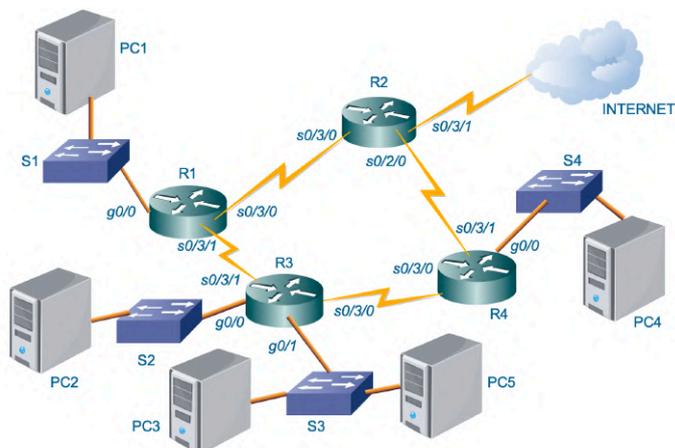
Les routeurs A et B ont chacun deux interfaces réseaux

Au niveau d'un routeur, chaque interface est dans un réseau différent

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Routeurs et routage

- Exemple 2:

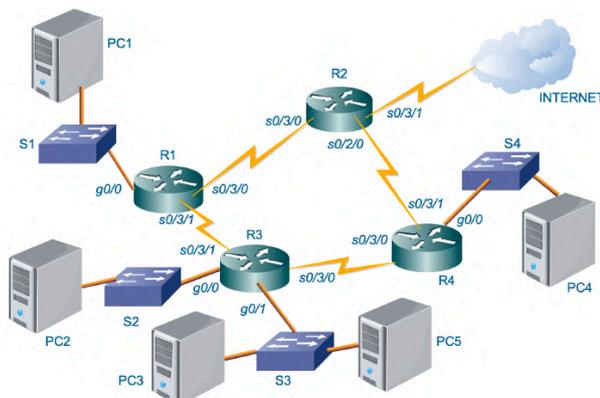


Chaque interface d'un routeur est dans un réseau différent, on a donc 9 réseaux différents: 5 réseaux terminaux et 4 réseaux entre les routeurs

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Routeurs et routage

- Exemple 2:



- Chaque PC aura comme adresse de passerelle (gateway), l'adresse IP de l'interface du routeur auquel il est connecté à travers le switch (qui est transparent au niveau adressage IP)

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Notion de route

- Via ses interfaces réseaux, le routeur reçoit des paquets IP qu'il doit transmettre vers une adresse de destination
- Il va donc, à chaque fois, consulter sa table de routage pour trouver une route vers le réseau de l'adresse de destination
- Si il trouve une correspondance, le paquet IP est acheminé jusqu'au nœud suivant où le processus est à nouveau mis en œuvre, et cela jusqu'à ce que le paquet IP atteigne sa destination

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

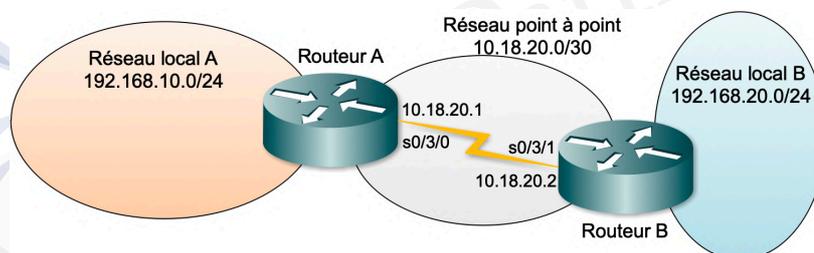
## Notion de route

- Si il n'y a pas de correspondance vers le réseau de destination dans la table de routage, le paquet IP est supprimé et la source prévenue
- A l'arrivée dans un nœud, le TTL (time to live) du paquet IP est décrémenté et quand il atteint 0, le paquet est supprimé et la source prévenue

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Notion de route

- Une route se présente donc comme l'association entre une adresse réseau (le réseau de destination) et l'adresse IP du prochain routeur permettant d'atteindre ou de s'approcher de la destination

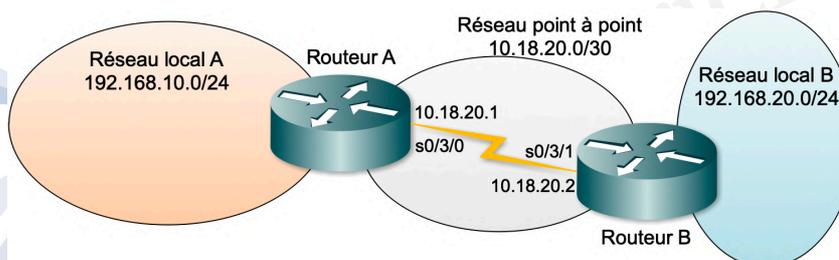


- Si on reprend l'exemple 1, dans la table de routage du routeur A, on pourrait trouver par exemple: 192.168.20.0/24 via 10.18.20.2

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Notion de route

- A la place de l'adresse du prochain routeur (ou prochain saut), on peut spécifier le port de sortie sur le routeur actuel

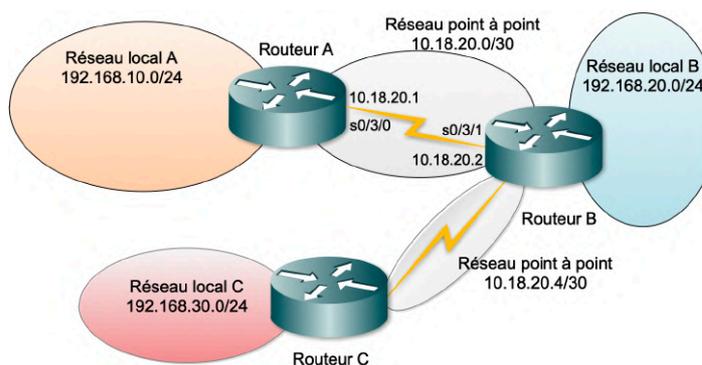


- Dans la table de routage du routeur A, ça donne par exemple: 192.168.20.0/24, s0/3/0

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Notion de route

- Si le réseau est plus complexe, le principe reste le même



- Pour une route vers le réseau C à partir du routeur A, on trouvera par exemple dans sa table de routage: 192.168.30.0/24 via 10.18.20.2, 10.18.20.2 étant l'adresse du prochain routeur

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Route par défaut

- Il y a des cas où on ne peut pas lister, dans la table de routage, tous les réseaux de destination, par exemple dans le cas d'une passerelle vers Internet
- On utilise alors une route par défaut, qui est la route prise quand aucune autre correspondance n'est trouvée dans la table de routage
- C'est la route « 8 fois 0 »

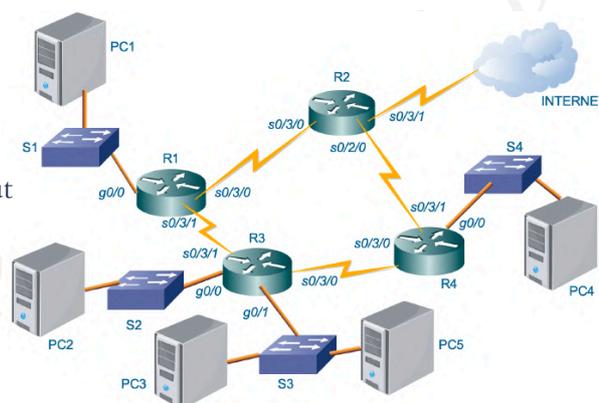
Exemple: 0.0.0.0/0 via 10.18.20.2 ou 0.0.0.0/0, s0/3/0

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Route par défaut

- Attention, une seule route par défaut par équipement !

- Si on reprend l'exemple 2 et qu'on configure une route par défaut sur les routeurs, elle sortira par une seule interface par routeur



- Exemples: 0.0.0.0/0, s0/3/0 sur R1, 0.0.0.0/0, s0/3/1 sur R2, ...

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Types de routage

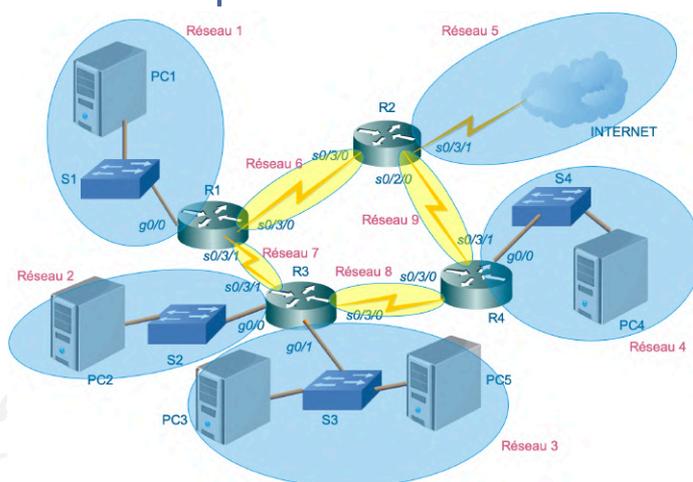
- Au niveau des règles de routage, on distinguera

le routage: - automatique  
- statique  
- dynamique

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Routage automatique

- Ce sont les routes vers les réseaux directement connectés



- Si on reprend l'exemple 2, ce sont pour R3 par exemple, les routes vers les réseaux 2, 3, 7 et 8

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Routage automatique

- Voici un exemple de ce que on pourrait trouver dans la table de routage de R3, une fois les interfaces réseaux connectées et configurées:

```
R3#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
C       10.0.0.48/28 is directly connected, FastEthernet0/0
C       10.0.0.120/30 is directly connected, Serial0/3/0
C       10.0.0.144/30 is directly connected, Serial0/3/1
       172.20.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C       172.20.0.0 is directly connected, FastEthernet0/1
```

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Routage automatique

- Ces règles sont automatiquement insérées, dans la table de routage, par le routeur
- Il est important de noter que si une interface n'est pas active (shutdown), la route correspondante n'apparaît pas
- Si une interface n'est pas configurée ou connectée, elle est d'office inactive

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Adresse de boucle locale (loopback)

- On peut configurer, sur les routeurs, des interfaces virtuelles loopback qui sont toujours actives quel que soit l'état des interfaces physiques
- En lui affectant une adresse IP quelconque (on n'est pas limité à l'étendue 127.0.0.0/8), on crée une route directement connectée
- On peut s'en servir pour du filtrage, les paquets destinés à ce réseau étant éliminés
- C'est aussi un moyen d'identifier le routeur, notamment en OSPF

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Adresse de boucle locale (loopback)

- On utilise pour cela les commandes:  
**Router(Config)#int loopback *numéro\_d'interface***  
**Router(Config-if)#ip address *adresse\_ip masque\_de\_s/r***
- Exemple:  
**Router(Config)#int loopback 0**  
**Router(Config-if)#ip address 1.1.1.1 255.255.255.0**

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Routage statique

- Ce sont les routes que l'administrateur va rentrer à la main
- Ex1: **routeur(config)# ip route 172.30.0.0 255.255.255.0 10.0.10.25**

On crée ici une route vers le réseau 172.30.0.0/24 avec comme adresse de prochain saut (l'adresse du prochain routeur rencontré) 10.0.0.10.25

- Ex2: **routeur(config)# ip route 172.20.0.0 255.255.255.0 g0/0**

Idem mais on précise ici l'interface de sortie du routeur sur lequel on écrit la règle

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Routage statique

- Ex3: **routeur(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 s0/3/0**

Ici, c'est la route par défaut qui sort par s0/3/0

s0/3/0 est donc l'interface de passerelle du routeur

On aurait pu préciser l'adresse du prochain saut à la place de l'interface de sortie

- Remarque: si, dans une route statique, on précise l'interface de sortie plutôt que l'adresse de prochain saut, la route est considérée par le routeur comme directement connectée

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Routage statique

- Exemple de table de routage avec des réseaux directement connectés et trois routes statiques dont une route par défaut

```

R6#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

C    172.20.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
S    172.20.0.128/29 is directly connected, FastEthernet0/0
S    172.20.0.144/29 is directly connected, Serial0/3/0
S    172.20.0.152/29 [1/0] via 172.20.0.185
C    172.20.0.168/30 is directly connected, Serial0/3/1
C    172.20.0.184/30 is directly connected, Serial0/3/0
S*  0.0.0.0/0 is directly connected, Serial0/3/1
  
```

Signification des codes →  
 Réseau directement connecté →  
 Route statique →

Route par défaut (route statique) ←

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Routage statique

- Avantages:
  - Les ressources du routeur et la bande passante du réseau ne sont pas encombrées par les messages d'information et de routage
  - Une bonne sécurité puisqu'il n'y a pas d'informations diffusées sur le réseau
  - Les chemins étant définis par l'administrateur et ne variant pas, les pannes éventuelles sur le réseau sont plus faciles à diagnostiquer

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Routage statique

- Inconvénients:
  - A chaque fois que le réseau évolue et que la topologie change, l'administrateur doit intervenir
  - Si un équipement ou une interface tombe en panne, une partie des liaisons sont indisponibles tant que l'administrateur n'est pas intervenu
  - Pour des réseaux de grandes tailles, la configuration du routage peut devenir assez long et complexe. Il faut en effet connaître l'intégralité de la topologie pour saisir les informations de manière exhaustive et correcte pour que les réseaux communiquent entre eux
- On réservera donc le routage statique pour les petits réseaux

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Routage statique

- Les informations de routage statique peuvent être introduites:
  - Dans un routeur : nous prendrons comme exemple les routeurs Cisco  
Voir ppt: cisco1, exo2, exo3, exo4
  - Dans un serveur : nous prendrons comme exemple des serveurs sous Linux Ubuntu et CentOS et des serveurs sous Windows Server 2016  
Voir ppt: manip5, ex5, exo2, exo3, exo4
  - Dans un PC : nous prendrons comme exemple des PC sous Windows  
Voir ppt: exo2

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Routage dynamique

- Un routeur utilisant un protocole de routage dynamique va partager les informations concernant les réseaux qu'il connaît avec d'autres routeurs utilisant le même protocole de routage
- Le contenu des tables de routage est adapté automatiquement en fonction des événements qui surviennent sur le réseau (modification de topologie, panne, encombrement, ...)
- Le temps entre un événement et sa prise en compte dans les tables de routage s'appelle **le temps de convergence**

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

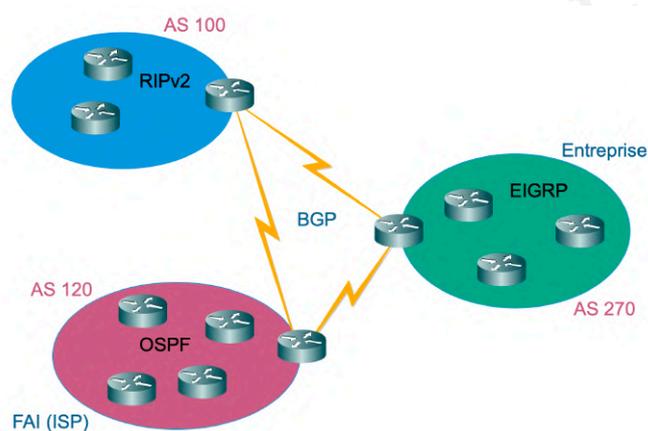
## Notion de système autonome

- On ne peut pas propager les informations de chaque routeur vers le monde entier, ça consommerait beaucoup trop de bande passante et ça poserait des problèmes de sécurité
- On va plutôt créer des entités, appelées systèmes autonomes (autonomous system), qui regroupent des réseaux et des routeurs utilisant le même protocole de routage et gérées par une même autorité administrative
- L'assemblage de ces AS constitue le réseau mondial

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Notion de système autonome

- Exemple 3:

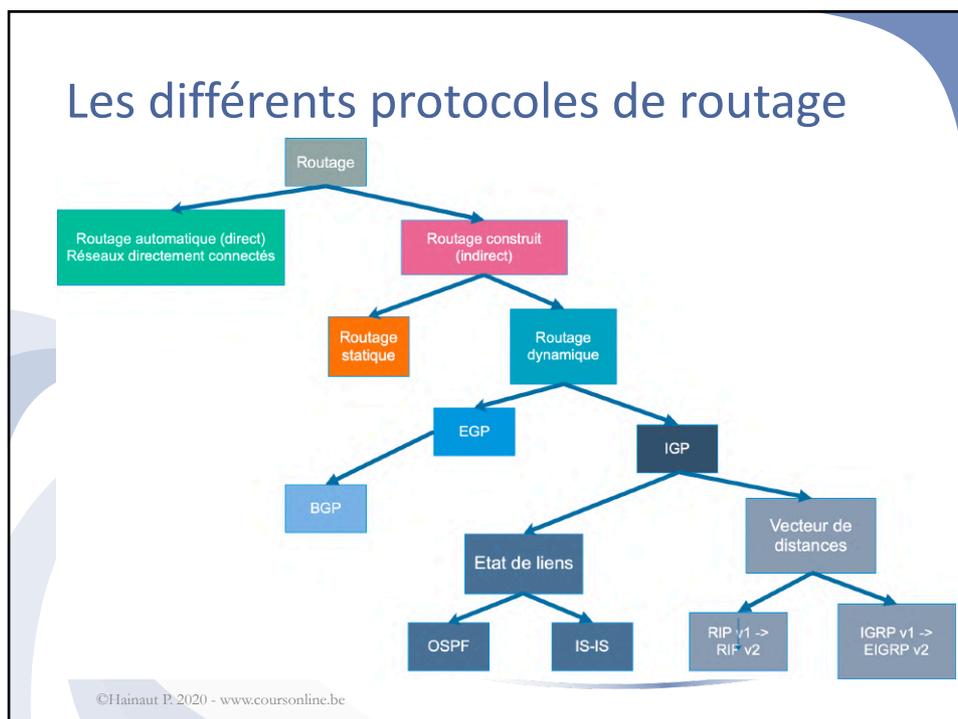


©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Protocoles de routage internes et externes

- Les protocoles utilisés dans un système autonome appartiennent à la famille des IGP (Interior Gateway Protocol)
- Entre les systèmes autonomes, on utilise les protocoles EGP (Exterior Gateway Protocol) mais un seul protocole est actuellement utilisé: **BGP** (Border Gateway Protocol)

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be



## Caractéristiques d'une route

- Dans un réseau complexe avec une multitude de systèmes autonomes et de routeurs dont certains redondants pour assurer une bonne tolérance de pannes, il n'est pas évident de trouver le chemin le plus efficace
- Pour cela, on tiendra compte de deux critères:
  - La métrique d'une route
  - La distance administrative

## La métrique d'une route

- Pour déterminer le chemin idéal, le protocole de routage va se baser sur certains éléments:
  - Le nombre de sauts nécessaire pour atteindre la destination
  - La bande passante maximum des liens traversés
  - La charge des liens traversés
  - La fiabilité des liens traversés
  - ...
- La prise en compte de certains de ces éléments (fonction du protocole de routage choisi) détermine le coût d'une route et donc sa métrique

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## La métrique d'une route

- Un protocole de routage peut fournir plusieurs routes pour une même destination
- Dans ce cas, il ne place dans sa table de routage que la route la plus efficace
- Pour un protocole de routage donné, la meilleure route est celle dont la métrique est **la plus faible**
- Les autres routes sont ignorées mais pas perdues
- Dans le cas où une route présente dans la table ne serait plus valable (suite à une panne par exemple), l'une des routes ignorées jusque là prendrait sa place (pour autant qu'il y en ai une)

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

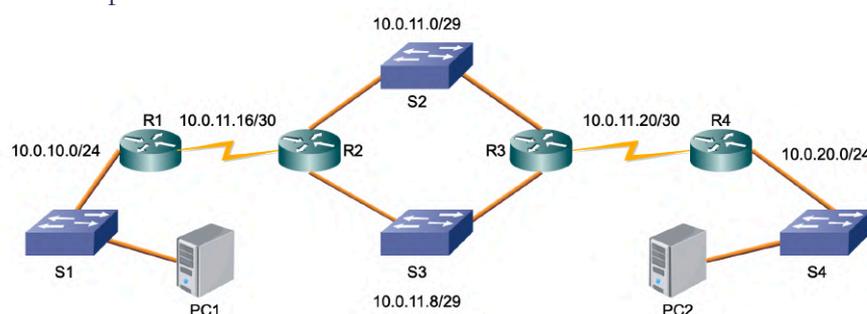
## La métrique d'une route

- Dans le cas où deux routes ont une métrique identique, on parle de chemins à coût égal
- C'est le seul cas où le routeur ne choisit pas une route mais prend les deux routes (ou davantage) en compte pour faire progresser le trafic vers le réseau de destination
- Le trafic est alors réparti sur les deux liens, ce qu'on appelle **le partage de charge à coût égal**

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## La métrique d'une route

- Exemple 4:



- Il y a deux liaisons entre R2 et R3
- Sur R2, nous aurons, à chaque fois, deux routes de métriques identiques vers les réseaux 10.0.11.20/30 et 10.0.20.0/24

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## La métrique d'une route

- Voici la table de routage de R2 de l'exemple 4 avec la mise en œuvre du partage de charge par le protocole RIPv2

Pas de route  
par défaut

Une route  
RIPv2 vers  
le réseau  
10.0.10.0

Deux routes  
RIPv2 vers  
la même  
destination

```
R2#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter
       area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
R   10.0.10.0/24 [120/1] via 10.0.11.17, 00:00:03, Serial0/3/0
C   10.0.11.0/29 is directly connected, FastEthernet0/0
C   10.0.11.8/29 is directly connected, FastEthernet0/1
C   10.0.11.16/30 is directly connected, Serial0/3/0
R   10.0.11.20/30 [120/1] via 10.0.11.14, 00:00:06, FastEthernet0/1
   [120/1] via 10.0.11.6, 00:00:06, FastEthernet0/0
R   10.0.20.0/24 [120/2] via 10.0.11.6, 00:00:06, FastEthernet0/0
   [120/2] via 10.0.11.14, 00:00:06, FastEthernet0/1
```

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## La métrique d'une route

- Remarque: la métrique d'une route est propre à chaque protocole de routage
- Comparer deux métriques n'a de sens que si elles sont issues du même protocole de routage

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## La distance administrative

- Dans certains cas, (si un routeur fait la jonction entre deux AS par exemple), il peut y avoir plusieurs protocoles de routage sur le routeur et plusieurs routes, pour un même réseau de destination, issues de protocoles de routage différents
- Comme, dans ce cas, on ne peut pas comparer les métriques, on utilisera un autre paramètre pour choisir une route; la distance administrative
- **La distance administrative** représente le degré de confiance associé à chacun des protocoles de routage

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## La distance administrative

- Sa valeur est comprise entre 0 et 255, le routeur prenant la route à distance administrative **la plus faible**
- Par défaut, on a :
  - Route directement connectée : DA = 0 (une confiance absolue)
  - Route statique : DA = 1 (c'est l'administrateur qui entre la route, on considère qu'il sait ce qu'il fait)
  - Route issue de EIGRP : DA = 90
  - Route issue de IGRP : DA = 100
  - Route issue de OSPF : DA = 110
  - Route issue de RIP : DA = 120
  - DA = 255 (source non fiable, la route n'est pas installée dans la table de routage)

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Distance administrative et métrique

- Exemple de table de routage avec des réseaux directement connectés et trois routes statiques dont une route par défaut

```
R6#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

172.20.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
C    172.20.0.128/29 is directly connected, FastEthernet0/0
S    172.20.0.144/29 is directly connected, Serial0/3/0
S    172.20.0.152/29 [1/0] via 172.20.0.185
C    172.20.0.168/30 is directly connected, Serial0/3/1
C    172.20.0.184/30 is directly connected, Serial0/3/0
S*  0.0.0.0/0 is directly connected, Serial0/3/1
```

Réseaux directement connectés  
 DA = 0  
 Métrique = - R6#

Route Statique  
 DA = 1  
 Métrique = 0

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Distance administrative et métrique

- Voici la table de routage de R2 de l'exemple 4 avec la mise en œuvre du partage de charge par le protocole RIPv2

```
R2#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter
       area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
R    10.0.10.0/24 [120/1] via 10.0.11.17, 00:00:03, Serial0/3/0
C    10.0.11.0/29 is directly connected, FastEthernet0/0
C    10.0.11.8/29 is directly connected, FastEthernet0/1
C    10.0.11.16/30 is directly connected, Serial0/3/0
R    10.0.11.20/30 [120/1] via 10.0.11.14, 00:00:06, FastEthernet0/1
    [120/1] via 10.0.11.6, 00:00:06, FastEthernet0/0
R    10.0.20.0/24 [120/2] via 10.0.11.6, 00:00:06, FastEthernet0/0
    [120/2] via 10.0.11.14, 00:00:06, FastEthernet0/1
```

Une route RIPv2 avec une DA de 120 et une métrique de 1

Une route RIPv2 avec une DA de 120 et une métrique de 2

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Résolution d'une route

- Pour le protocole de routage, tout ce qui importe c'est de trouver quelle sortie emprunter avec le paquet IP
- Si on reprend la table de routage suivante et qu'on veuille atteindre l'adresse 172.20.0.155/29, le routeur parcourt la table et trouve la ligne surlignée comme correspondance

```
R6#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

    172.20.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
   C   172.20.0.128/29 is directly connected, FastEthernet0/0
   S   172.20.0.144/29 is directly connected, Serial0/3/0
   S   172.20.0.152/29 [1/0] via 172.20.0.185
   C   172.20.0.168/30 is directly connected, Serial0/3/1
   C   172.20.0.184/30 is directly connected, Serial0/3/0
   S*  0.0.0.0/0 is directly connected, Serial0/3/1
```

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Résolution d'une route

- Celle-ci renvoyant à l'adresse 172.20.0.185, le routeur parcourt une deuxième fois la table pour trouver enfin l'interface de sortie: s0/3/0
- C'est ce qu'on appelle **la recherche récursive**

```
R6#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

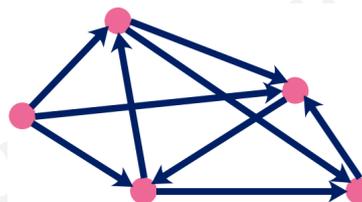
Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

    172.20.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
   C   172.20.0.128/29 is directly connected, FastEthernet0/0
   S   172.20.0.144/29 is directly connected, Serial0/3/0
   S   172.20.0.152/29 [1/0] via 172.20.0.185
   C   172.20.0.168/30 is directly connected, Serial0/3/1
   C   172.20.0.184/30 is directly connected, Serial0/3/0
   S*  0.0.0.0/0 is directly connected, Serial0/3/1
```

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Protocoles de routage à vecteur de distance (DV)

- Toute cette famille de protocoles utilisent un algorithme dont l'objet est de trouver le plus court chemin depuis un sommet dans un graphe pondéré



- Cet algorithme fut utilisé pour la première fois en 1967 en tant qu'algorithme de routage dans le réseau ARPANET
- Pourquoi vecteur de distance ? Parce que dans cette famille, les routes sont annoncées comme des vecteurs

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Protocoles de routage à vecteur de distance (DV)

- La route se définit comme une direction associée à une distance
- Chaque routeur du réseau dépend de ses voisins pour apprendre les routes et contribue à l'apprentissage de ses voisins en leur annonçant les routes qu'il connaît
- L'information de topologie circule de proche en proche sur le réseau

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Protocoles de routage à vecteur de distance: caractéristiques générales

- Un routeur diffuse de façon périodique la totalité de sa table de routage sur toutes ses interfaces qui participent au protocole
- Le seul protocole dérogeant à cette règle est EIGRP -> voir plus loin
- Mises à jour diffusées :
  - dans la version la plus simple, un routeur type vecteur de distance envoie ses mises à jour vers l'adresse de diffusion
  - Les routeurs voisins qui mettent en œuvre le même protocole entendent et mettent à profit ces mises à jour

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Protocoles de routage à vecteur de distance: caractéristiques générales

- Mises à jour périodiques :
  - la période qui sépare deux émissions de mises à jour est fixe
  - La valeur choisie varie selon les implémentations de 10 à 90 secondes
  - C'est un compromis entre un temps de convergence réduit (on diminue la période entre deux mises à jour) et une faible consommation de bande passante (on augmente la période)
- Mises à jour totales :
  - à nouveau dans leur version la plus simple, les protocoles type vecteur de distance placent l'ensemble de la table de routage dans les mises à jour
  - C'est donc au routeur qui entend la mise à jour d'extraire l'information dont il a besoin et d'ignorer celle qui n'est pas pertinente pour lui

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

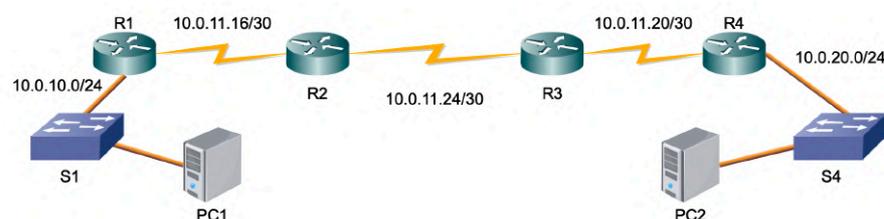
## Protocoles de routage à vecteur de distance: routes indisponibles

- Le routeur associe un temporisateur à chaque route entrée dans la table
- Un routeur qui reçoit une route déjà connue dans une mise à jour rétablit le temporisateur à sa valeur initiale
- Si les mises à jour cessent de parvenir au routeur pour la route concernée, le temporisateur finit par expirer et le routeur marque cette route comme étant injoignable
- Il l'annoncera comme telle lors de sa prochaine émission de mise à jour
- Ce temporisateur d'espérance de vie est appelé temporisateur d'invalidation de route (*Route Invalidation Timer*) et sa valeur est typiquement égale à 3 à 6 fois la période d'émission des mises à jour

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Protocoles de routage à vecteur de distance: partage d'horizon

- Soit le réseau suivant:

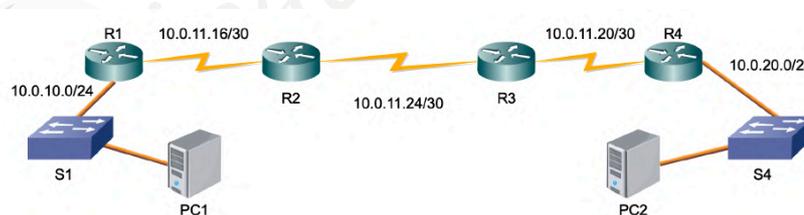


- Si chaque routeur diffuse la totalité de sa table de routage sur toutes ses interfaces, R2 va diffuser à R3 des informations qu'il a appris de R3 et vice-versa
- C'est inutile et même dangereux !

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Protocoles de routage à vecteur de distance: partage d'horizon

- Dans le cas où le réseau 10.0.10.0/24 devient injoignable et que R2 qui l'a détecté va informer le reste du réseau via une mise à jour, il pourrait recevoir, entre-temps, une mise à jour de R3 l'informant d'une route possible vers ce réseau (illusoire puisqu'elle passe par R2) -> mettre à jour sa table et réinitialiser le timer ...
- On rentre dans une boucle de routage



©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Protocoles de routage à vecteur de distance: partage d'horizon

- Pour éviter cela, on utilise le partage d'horizon (split horizon)
- Deux types:
  - Partage d'horizon simple: on n'inclut pas, dans une mise à jour à destination d'une interface particulière, les informations apprises via cette interface
  - Partage d'horizon avec empoisonnement de route inverse: La règle consiste à annoncer comme injoignable sur une interface tout réseau appris via cette interface

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Protocoles de routage à vecteur de distance: comptage à l'infini

- Dans certains cas, malgré le partage d'horizon, on peut rentrer dans une boucle de routage où le coût d'une route augmente à l'infini
- Pour éviter cela, on va limiter l'infini à 16
- Donc, toute route ou tout réseau ayant un coût de 16 est considéré comme injoignable

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Protocoles de routage à vecteur de distance: comptage à l'infini

- Conséquences:
  - Le nombre de sauts dans un réseau pour lequel on a fait le choix d'un protocole de routage à vecteur de distance est limité à 15
  - Ceci cantonne l'utilisation de cette famille de protocoles à des réseaux faiblement étendus

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Protocoles de routage à vecteur de distance: mises à jour déclenchées

- Avec les mises à jour à intervalle régulier, le temps de convergence peut être long
- Supposons un intervalle de 30 sec et 14 sauts, cela donne 7 min pour qu'il y ait convergence ...
- En plus des mises à jour régulières, on peut prévoir des mises à jour déclenchées

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Protocoles de routage à vecteur de distance: mises à jour déclenchées

- Une mise à jour est déclenchée dès qu'un changement de coût se produit sur une route qu'il s'agisse d'un changement à la hausse ou à la baisse
- L'installation d'une nouvelle route dans la table de routage est considéré comme un changement de coût et provoque également une mise à jour déclenchée
- Le temps de convergence s'en trouve évidemment très amélioré

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Protocoles de routage à vecteur de distance (DV)

- La famille des protocoles à vecteur de distance comprend:
  - RIP (*Routing Information Protocol*) et ses évolutions (dont RIPv2)
  - IGRP (*Interior Gateway Routing Protocol*), protocole propriétaire CISCO et son évolution EIGRP
  - Remarque: EIGRP est considéré comme un protocole DV se comportant comme un protocole à états de liens

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## RIPv1 et RIPv2

- RIPv1 est le premier protocole à vecteur de distance mis au point à l'époque d'Arpanet et de l'adressage classfull
- Le masque de sous-réseau n'était donc pas diffusé avec les informations de routage
- RIPv2 a été mis au point avec l'avènement de l'adressage classless (CIDR)
- Le masque de sous-réseau n'est pas déduit de la classe d'adresse et est transmis dans les informations de routage

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## RIPv1 et RIPv2

- RIP fournit le résultat attendu sur des réseaux de petite et moyenne envergure et de fait est très largement répandu
- Les défauts de RIP sont bien connus :
  - le nombre de sauts entre deux hôtes est limité à 16
  - le protocole est long à converger
  - La métrique, constituée par le nombre de sauts, n'est pas intelligente en ce sens qu'elle ne tient compte ni de la bande passante des liens ni de leur charge

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## RIPv1 et RIPv2: messages

- Les messages RIP sont encapsulés dans des datagrammes UDP
- Le port source et le port destination ont le même numéro: 520
- RIP utilise deux types de messages :
  - La requête RIP permet à un routeur d'interroger ses voisins afin d'obtenir une mise à jour
  - La réponse RIP transporte la mise à jour
- Un routeur annonce une route directement connectée avec une métrique égale à 1 et une route ou un réseau injoignable avec une métrique égale à 16

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## RIPv1 et RIPv2: fonctionnement

- Au démarrage, un routeur RIP diffuse une requête RIP sur l'ensemble de ses interfaces participant au protocole
- Puis le processus RIP se place à l'écoute des messages RIP en provenance des autres routeurs
- Chaque routeur voisin qui reçoit la requête génère un message de réponse RIP et y place un extrait de sa table de routage

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## RIPv1 et RIPv2: fonctionnement

- En régime établi, toutes les 30 secondes environ et indépendamment de toute requête, chaque routeur RIP génère de façon gratuite un message de réponse RIP et y place également un extrait de sa table de routage
- L'extrait de la table de routage contient toutes les routes à l'exception de celles supprimées par la règle de partage d'horizon
- Tout message de réponse RIP est traité de manière identique, qu'il ait été obtenu suite à une requête RIP ou de façon gratuite

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## RIPv2: mise en œuvre sous CISCO

- La commande R1(config)#**router rip** active le processus RIP
- La commande R1(config-router)#**version 2** active la version 2 du protocole
- La commande R1(config-router)#**network** adresse\_de\_reseau permet d'indiquer au processus quels réseaux majeurs sont à prendre en compte

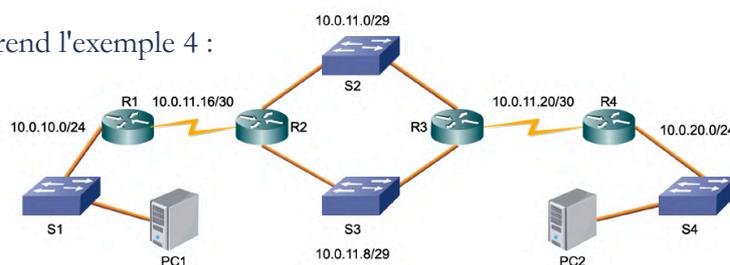
Exemple: R1(config-router)#**network** 10.0.0.0

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## RIPv2: mise en œuvre sous CISCO

- Même si RIPv2 fonctionne en mode classless, la commande network se base toujours sur les classes de base

- Si on reprend l'exemple 4 :

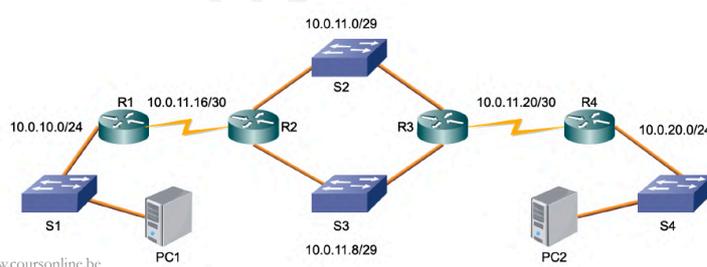


- Puisque l'ensemble des sous-réseaux a été obtenu par division du réseau 10.0.0.0, une seule commande network est nécessaire

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## RIPv2: mise en œuvre sous CISCO

- Si on veut que le routeur tienne compte de tous les sous-réseaux, il faut désactiver l'agrégation automatique gérée par le routeur par la commande R1(config-router)#**no auto-summary**
- Exercice: utilisez RIPv2 pour configurer le réseau de l'exemple 4



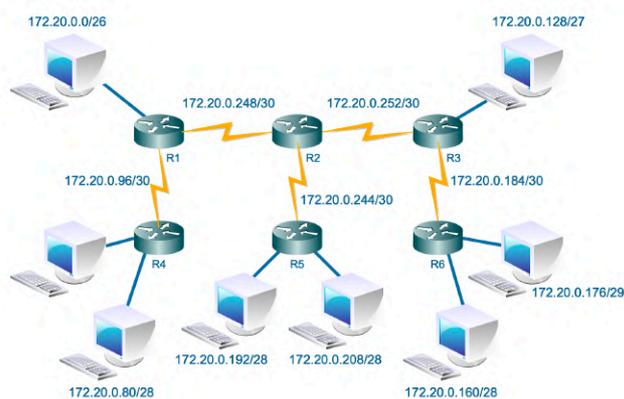
## RIPv2: mise en œuvre sous CISCO

- La commande R1#**debug ip rip** permet d'examiner l'activité du protocole et de voir des éventuelles erreurs se produire
- La commande R1#**show ip route summary** permet de voir le nombre de réseaux et de vérifier le fonctionnement sans classe de RIPv2

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## RIPv2: exercice 2

- Configurez ce réseau en utilisant RIPv2



- Testez l'effet de l'agrégation automatique

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## EIGRP

- Propriétaire CISCO, son utilisation est donc limité aux réseaux 100% Cisco
- Protocole de routage sans classe, évolution d'IGRP
- Supporte l'authentification forte par signature MD5 de ses échanges
- Les routeurs découvrent leurs voisins puis entretiennent les relations de voisinage à l'aide de messages Hello émis de façon périodique
- La métrique est composite et peut faire intervenir la bande passante, le délai, la fiabilité et la charge des liens.

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## EIGRP

- Les mises à jour émises par un routeur sont non périodiques, partielles, ciblées et fiables :
  - non périodiques : les mises à jour sont événementielles, c'est à dire qu'elles n'interviennent que lors d'un changement de métrique ou de topologie
  - partielles : les mises à jour ne contiennent que les routes qui ont changé et non tout le contenu de la table de routage
  - ciblées : les mises à jour envoyées à un voisin le sont parce que les changements relatés par la mise à jour affectent ce voisin
  - fiables : les mises à jour sont transportées à l'aide du protocole RTP (*Reliable Transport Protocol*), protocole conçu par CISCO et qui garantit la remise, l'intégrité et le séquençement des paquets

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## EIGRP

- EIGRP est capable de partage de charge à coût égal mais aussi, et c'est le seul IGP à revendiquer cette faculté, capable de partage de charge à coût inégal au prix d'une légère configuration

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## EIGRP: séquence d'opérations

- EIGRP utilise une séquence d'opérations très analogue à celle du protocole à états de liens :
  - 1. Un routeur EIGRP cherche à découvrir ses voisins et à faire connaître sa propre existence en générant des messages Hello de façon régulière et en exploitant les messages éventuellement reçus afin de déterminer qui sont ses voisins
  - 2. L'établissement d'une relation de voisinage s'accompagne d'échanges de mises à jour de topologie permettant à deux voisins d'égaliser leur perception ou leur connaissance du réseau
  - 3. Chaque routeur exploite sa table de topologie EIGRP pour construire sa table de routage

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## EIGRP: Table de topologie

- EIGRP gère une table intermédiaire, la table de topologie, de laquelle il construit sa table de routage
- Chaque réseau inconnu et annoncé par un voisin est ajouté à la table de topologie
- Si le réseau annoncé est déjà connu via un ou plusieurs autres voisins, le voisin qui annonce est ajouté à la collection de voisins qui ont également annoncé ce réseau

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## EIGRP: Successeur potentiel

- Un réseau est déplacé de la table de topologie vers la table de routage quand il existe un successeur potentiel (ou successeur faisable) pour ce réseau
- Dans la collection de voisins ayant annoncé le réseau, les successeurs potentiels sont ceux qui ont annoncé une métrique inférieure à la métrique en cours dans la table de routage
- Le routeur considère les successeurs potentiels comme des voisins situés en aval vis à vis du réseau objet
- Autrement dit, le routeur doit être en amont de tous les successeurs potentiels pour une route donnée

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## EIGRP: Protocole de transport RTP

- protocole propriétaire CISCO pour assurer un transport fiable du trafic d'acheminement
- Employé à la place de TCP parce qu'il peut assurer un transport fiable mais sans connexion (et qu'il pouvait aussi fonctionner avec IPX et Apple Talk)
- RTP s'encapsule dans IP et est identifié par le numéro de protocole 88
- RTP est capable de multidiffusion, avec comme adresse de destination 224.0.0.10, adresse de classe D qui identifie le groupe des routeurs EIGRP

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Configuration EIGRP: Bases

- Pour activer EIGRP:  
**router(config)#router EIGRP 25**
- 25 est le numéro de AS, qui doit être compris entre 1 et 65535
- Si le domaine est un système autonome destiné à être annoncé au reste du monde via BGP, son numéro est géré par l'IANA dont la liste se trouve sur le site:  
<http://www.iana.org/assignments/asnumbers/asnumbers.xml>
- On peut annuler cette commande par:  
**router(config)#no router EIGRP 25**

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Configuration EIGRP: Bases

- Pour activer une interface:  
**router(config-router)#network 192.168.10.254 0.0.0.0**
- 192.168.10.254 est l'adresse de l'interface à inclure dans le protocole de routage EIGRP
- 0.0.0.0 est le masque générique qui utilise une logique inversée (on indique les bits qu'il faut ignorer)
- Avec 0.0.0.0, on ne prend que l'adresse 192.168.10.254

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Configuration EIGRP: Bases

- On peut aussi activer plusieurs interfaces faisant partie d'un réseau majeur avec une seule commande:  
**router(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.255**
- *0.0.0.255* permettra de prendre en compte toute interface du réseau 192.168.10.0/24
- *0.0.0.3* correspond à un /30, *0.0.0.7* à un /29, ...
- Remarque: la méthode précédente systématise et évite qu'on oublie des interfaces ou qu'on en inclue en trop

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Configuration EIGRP: Bases

- Pour trouver le masque inversé, ont fait:

255.255.255.255 – le masque de sous-réseaux (subnet mask)  
= le masque inversé (wildcard mask)

- Exemples:

$255.255.255.255 - 255.255.255.252 = 0.0.0.3$   
 $255.255.255.255 - 255.255.128.0 = 0.0.127.255$

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

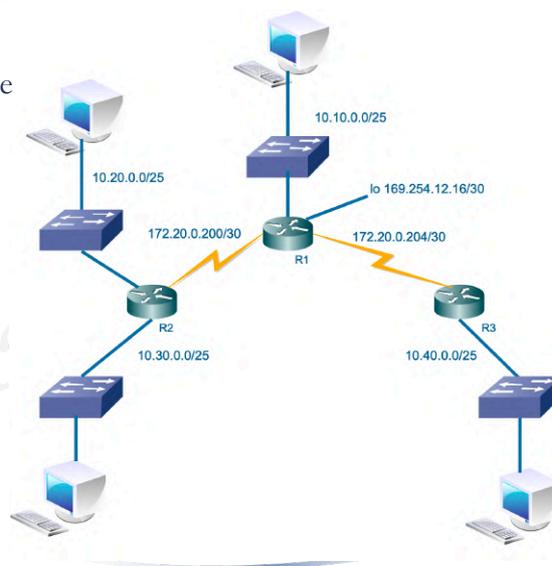
## Configuration EIGRP: Bases

- Pour voir les relations de voisinage établies:  
**router#show ip eigrp neighbors**
- Pour afficher le contenu de la base de données topologique:  
**router#show ip eigrp topology**

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## EIGRP - Exercice

- Mettre EIGRP en œuvre sur tous les routeurs
- Les routeurs prennent la dernière adresse disponible
- Une route par défaut doit être configurée sur R1 vers lo et propagée sur R2 et R3
- Tous les PC doivent pouvoir se joindre et joindre l'adresse lo



©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## OSPF

- OSPF (Open Shortest Path First) est un protocole à état de liens développé par l'IETF (Engineering Task Force) pour devenir le protocole IGP de référence
- C'est un protocole ouvert qui peut s'utiliser avec toutes les marques de routeurs professionnels

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## OSPF – Points forts

- Convergence rapide
- Capacité à prendre en compte de grands réseaux
- Supporte VLSM et les routes résumées (protocole classless)
- Métrique basée sur la bande passante des liens
- Division de l'espace d'adressage en zones pour limiter le trafic de contrôle
- Les échanges OSPF peuvent être authentifiés
- Prise en compte de routes issues d'autres protocoles à l'aide du marquage de routes (*route tagging*)...

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## OSPF – Points faibles

- OSPF consomme de la mémoire pour gérer les bases de données:
  - La base de données de voisinage (*OSPF neighbors*)
  - La base de données des états de liens de chacun des autres routeurs appelée LSDB (*Link State DataBase*).
- OSPF consomme de la ressource CPU, surtout au démarrage du protocole quand le routeur doit construire l'ensemble des bases de données pour ensuite extraire sa table de routage.
- Plus les réseaux sont grands, plus OSPF est complexe à mettre en œuvre notamment à cause de la topologie à base de zones
- Une panne ou une erreur de conception sont plus difficiles à diagnostiquer/corriger qu'avec un protocole à vecteur de distance

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## OSPF – Principe de fonctionnement

- Dans OSPF, chaque routeur établit des relations de voisinage avec ses voisins immédiats en envoyant des messages *hello* à intervalle régulier
- Chaque routeur communique ensuite la liste des réseaux auxquels il est connecté par des messages *Link-state advertisements* (LSA) propagés de proche en proche à tous les routeurs du réseau
- L'ensemble des LSA forme une base de données LSDB pour chaque zone, qui est identique pour tous les routeurs participants dans cette zone
- Chaque routeur utilise ensuite l'algorithme SPF pour déterminer la route la plus rapide vers chacun des réseaux connus dans la LSDB
- Le bon fonctionnement d'OSPF requiert donc une complète cohérence dans le calcul SPF, il n'est donc par exemple pas possible de filtrer des routes ou de les résumer à l'intérieur d'une zone.
- En cas de changement de topologie, de nouveaux LSA sont propagés de proche en proche, et l'algorithme SPF est exécuté à nouveau sur chaque routeur

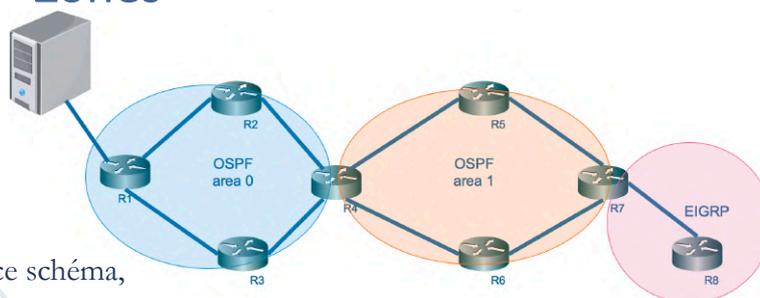
©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## OSPF - Zones

- Pour préserver les ressources (diminution de la charge CPU notamment), on segmente l'ensemble des routeurs en groupes connexes appelés *zones* ou *aires*, à la frontière desquels on peut procéder à des résumés
- On créera donc des zones de 15 routeurs maximum
- Chaque sous-réseau appartient à une seule zone
- Il existe toujours une aire dorsale (*backbone area*), *area 0* ou encore *area 0.0.0.0* à laquelle toutes les autres aires sont connectées

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

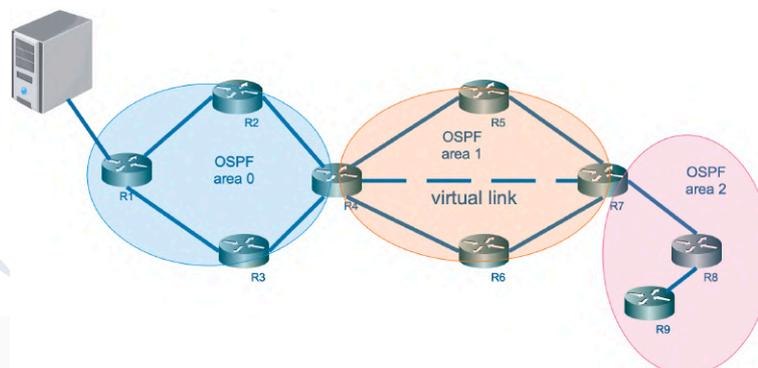
## OSPF - Zones



- Dans ce schéma,
  - R1, R2, R3, R5, R6 seront des IR (Internal Router) qui ont toutes leurs interfaces dans la même zone
  - R4 sera un ABR (Area Border Router), il est connecté à deux zones OSPF
  - R7 sera un ASBR (Autonomous System Boundary Router) car il reçoit des routes venant d'un autre protocole de routage
  - R1, R2, R3, R4 seront des BR (Backbone Router) car ils ont au moins une interface dans la zone 0

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## OSPF - Zones



- La zone 2 n'étant pas reliée physiquement à la zone 0, un lien virtuel doit être créé entre ces deux zones, en passant par une autre zone de transit, ici la zone 1

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## OSPF – router-id

- OSPF a besoin d'identifier chaque routeur participant au protocole
- Pour ça, il attribue un router-id sous forme d'adresse IP qu'il définit à partir:
  - de l'adresse de loopback la plus haute définie sur le routeur
  - à défaut, à partir de l'adresse IP la plus haute présente sur une de ces interfaces physiques
- L'utilisateur peut aussi définir explicitement ce router-id
- L'attribution du router-id a lieu uniquement à l'initialisation du processus OSPF et persiste ensuite, indépendamment de la reconfiguration ou du changement d'état des interfaces

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

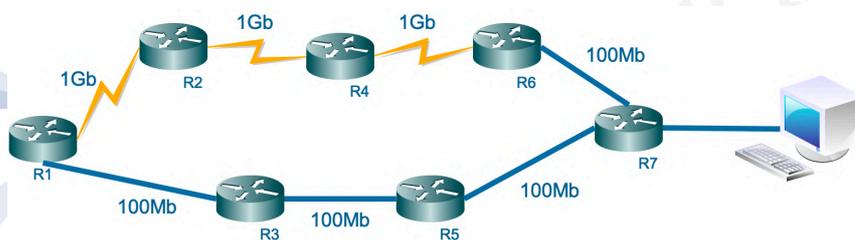
## OSPF – Algorithme SPF

- L'algorithme SPF est l'œuvre d'un physicien, mathématicien néerlandais à l'origine notamment de l'utilisation des sémaphores et de l'algorithme qui porte son nom
- L'algorithme du plus court chemin, devenu algorithme de Dijkstra, répond à cette question : quel est le plus court chemin entre deux sommets d'un graphe connexe dont le poids lié aux arêtes est positif ou nul ?
- Cet algorithme est utilisé pour OSPF mais aussi dans un tas d'application, notamment dans le calcul d'itinéraires routiers

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## OSPF – Algorithme SPF

- Contrairement à RIP, on tient compte du coût d'une liaison
- Plus elle est rapide, moins elle est chère

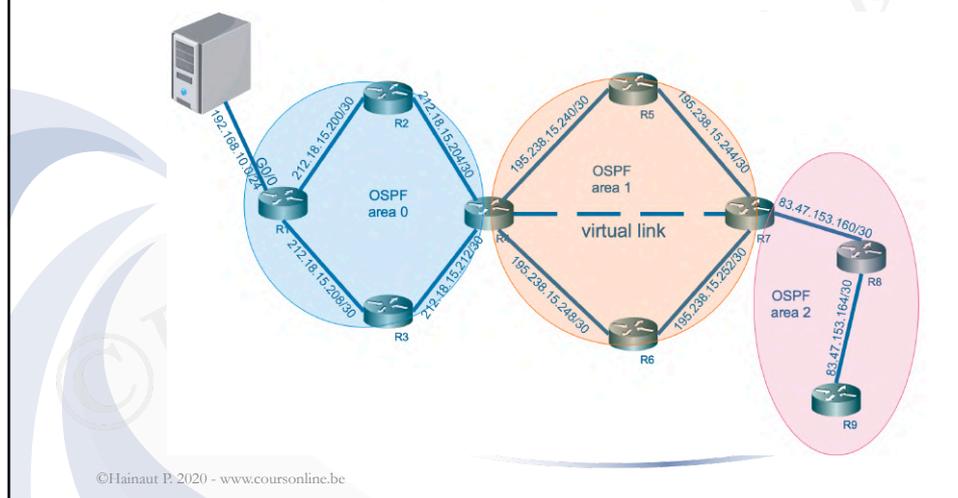


- Dans le schéma ci-dessus, pour atteindre le réseau du PC à partir de R1,
  - RIP prendrait le chemin R1 – R3 – R5 – R7
  - OSPF prendrait le chemin R1 – R2 – R4 – R6 – R7

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Configuration OSPF - Bases

- Prenons comme exemple, le réseau suivant:



## Configuration OSPF - Bases

- Pour activer OSPF:  
**R1(config)#router ospf 1**
- 1 est le numéro de processus OSPF, local au routeur, qui permet de différencier deux processus OSPF éventuels sur le même routeur
- **R1(config-router)#router-id 1.1.1.1**
- 1.1.1.1 est l'identifiant du routeur défini manuellement si on ne veut pas qu'OSPF le définisse à partir de l'adresse IP la plus haute

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Configuration OSPF - Bases

- On peut aussi définir une interface loopback (qui servira alors de router-id):  
**R1(config)#int loopback 0**  
**R1(config)#ip addr 10.0.0.1 255.255.255.0**
- Pour éviter de surcharger le schéma de cet exemple, on considère ici qu'on n'a pas attribué de router-id et qu'on n'a pas défini d'interfaces loopback

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Configuration OSPF - Bases

- On déclare ensuite les réseaux directement connectés au routeur:  
**R1(config-router)# network 192.168.10.0 0.0.0.255 area 0**  
**R1(config-router)# network 212.18.15.200 0.0.0.3 area 0**  
**R1(config-router)# network 212.18.15.208 0.0.0.3 area 0**
- On utilise, comme en EIGRP, le masque inversé
- On spécifie la zone du routeur, en commençant par la zone 0, indispensable

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Configuration OSPF - Bases

- Le réseau 192.168.10.0/24 est un réseau final
- Il n'est pas nécessaire d'exécuter OSPF sur cette interface (ce lien)
- On tapera donc la commande suivante:  
**R1(config-router)#passive-interface g0/0**

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Configuration OSPF - Bases

- Le coût d'un lien (une interface) dépend de son débit
- A l'origine, la formule est  $100/\text{débit}$  ce qui donne 1 pour le 100 Mb/s
- Si on travaille en gigabit ou en 10Gb, on peut changer la bande passante de référence par la commande:  
**R1(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 1000 (ou 10000)**
- On peut aussi changer le coût d'une interface:  
**R1(config-if)#ip ospf cost 2 (exemple)**

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Configuration OSPF - Bases

- Dans cet exemple, la zone 2 n'est pas contiguë à la zone 0
- On va donc créer un lien virtuel entre R4 et R7 à travers la zone 1
- Pour créer ce lien virtuel, nous utilisons la commande:  
**Router(config-router)#area *area-id* virtual-link *router-id***
- Comme on n'a rien défini pour le router-id, le système prendra l'adresse IP la plus haute de chaque routeur concerné

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Configuration OSPF - Bases

- Dans cet exemple, ça donnera:  
**R4(config-router)#area 1 virtual-link 195.238.15.254**  
**R7(config-router)#area 1 virtual-link 212.18.15.214**
- **Area 1** est la zone de transit
- L'adresse IP est le router-id de l'autre routeur
- On considère, ici arbitrairement, que dans les réseaux entre routeurs, l'adresse IP la plus basse est à gauche

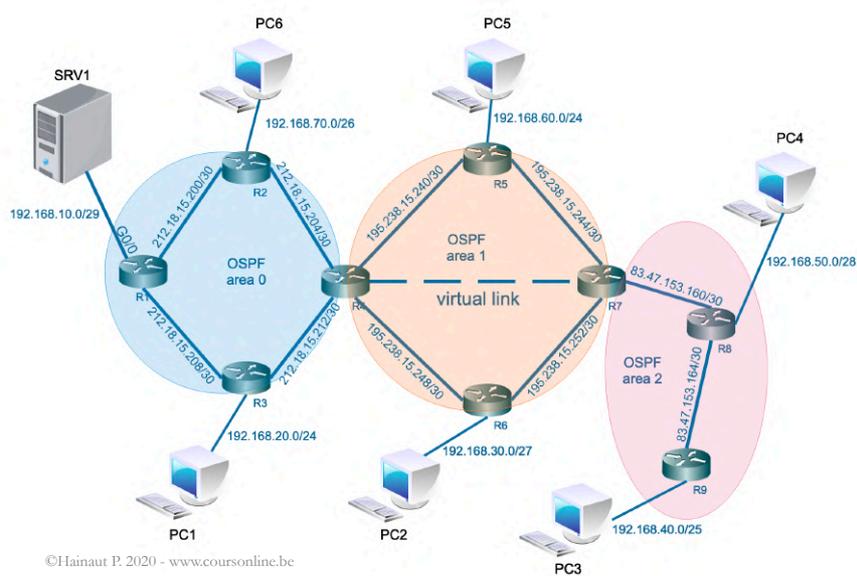
©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Configuration OSPF - Bases

- Quelques commandes permettent de vérifier le bon fonctionnement d'OSPF:
- Voir les voisins:  
**R1#show ip ospf neighbor**
- Voir la LSDB:  
**R1#show ip ospf database**
- Voir la table de routage:  
**R1#show ip route**

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Exercice OSPF



## Exercice OSPF

- Configurez le schéma de la page précédente en utilisant OSPF
- Pour les réseaux finaux, les routeurs prennent la dernière adresse disponible
- Tous les PC doivent pouvoir se joindre et joindre le serveur

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be

## Conclusion

- Nous en savons maintenant plus sur quelques protocoles de routage dynamique
- Source principale: CISCO Protocoles de routage dynamique – Configuration avancée des routeurs, André Vaucamps, éditions ENI

©Hainaut P. 2020 - www.coursonline.be