



Université  
De Boumerdes



Université  
De Limoges

---

**Département de physique/Infotronique  
IT/M2**

# **Routage statique**

*Réalisé par* : Dr RIAHLA

Docteur de l'université de Limoges (France)

Maitre de conférences à l'université de Boumerdes

---

2008/2009

# Routage statique

---

1. Notion de route
2. Routage statique
3. La table de routage (caractérise une route, Métrique associée à une route, La distance administrative)
4. Réseaux directement connectés
5. Routes statiques (vers l'adresse du saut suivant, vers une interface de sortie, Résolution d'une route, la recherche récursive, Établissement d'une route statique flottante, Routes résumées, Routes par défaut)

---

# Rappel sur l'adressage IPv4

# Couche Internet Adressage

---

- Le rôle fondamental de la couche réseau est de contrôler la *route empruntée par les paquets*. Cette fonction de contrôle nécessite une identification de tous les hôtes connectés sur le réseau.
- De la même façon que l'on repère l'adresse postale d'un bâtiment à partir de la ville, la rue et un numéro dans cette rue, on identifie un hôte réseau par une *adresse qui englobe les mêmes informations*.

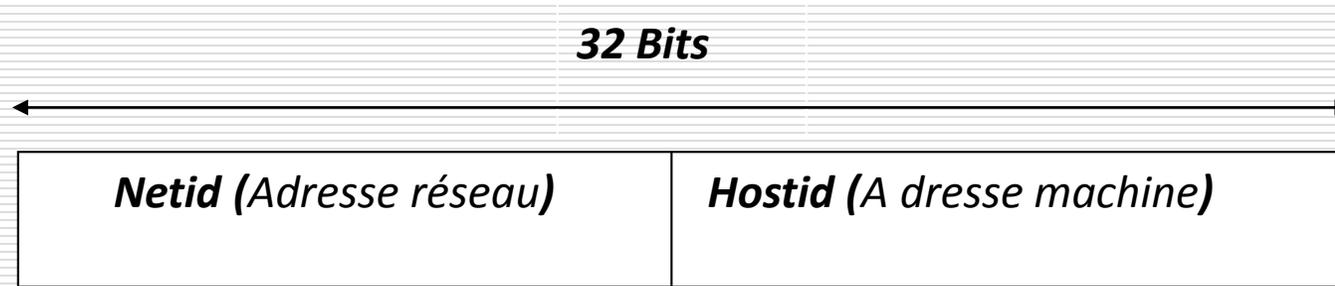
# Couche Internet Adressage

---

➤ L'adresse MAC ne permet pas l'interconnexion de réseaux, il va être nécessaire d'ajouter dans la couche supérieure, une adresse logique qui sera attribuée par l'administrateur du réseau, en coordination avec les organismes chargés de gérer l'attribution de ces adresses.

# Couche Internet Adressage

➤ TCP/IP utilisent des adresses de 32 bits, que l'on écrit sous forme de 4 numéros allant de 0 à 255 (4 fois 8 bits), on les note donc sous la forme xxx.xxx.xxx.xxx.



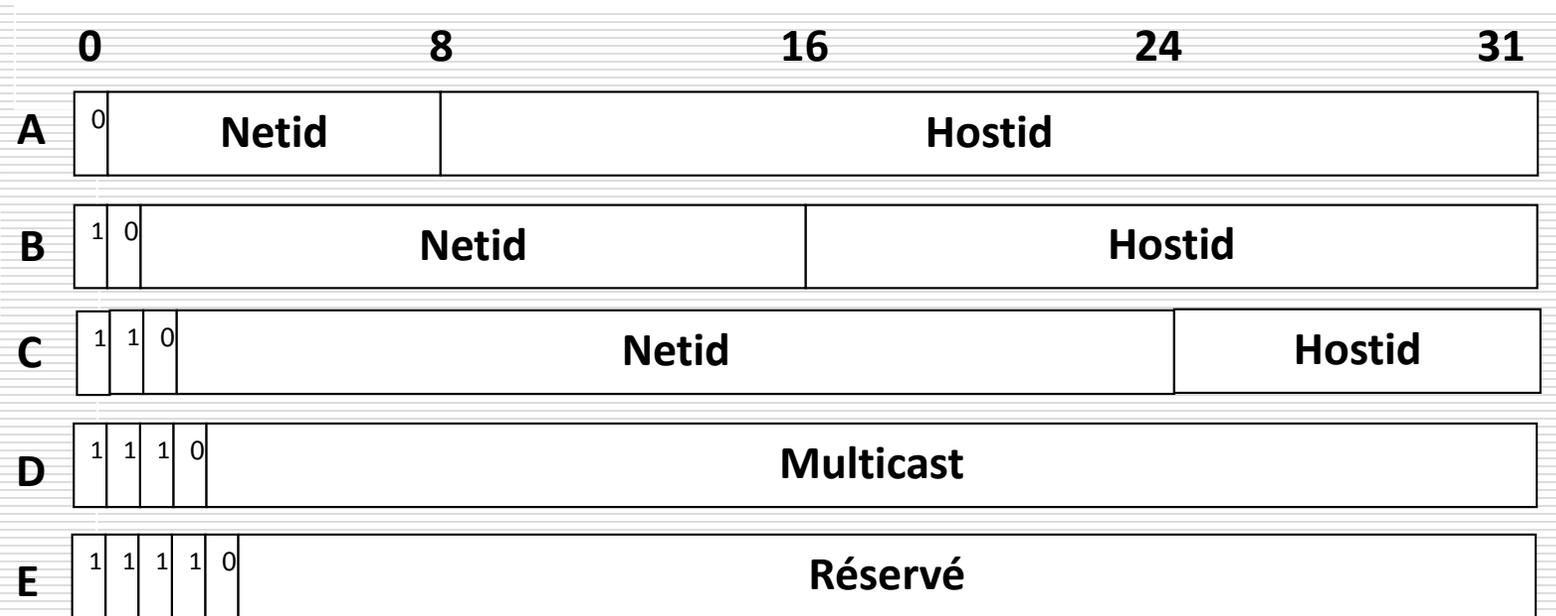
**ICANN** (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)

<http://www.adresseip.com>

# Couche Internet

## Les classes d'adresses

---



# Couche Internet

## Les classes d'adresses

---

Classe	Première adresse	Dernière adresse
<b>A</b>	<b>0.0.0.1</b>	<b>127.255.255.254</b>
<b>B</b>	<b>128.0.0.1</b>	<b>191.255.255.254</b>
<b>C</b>	<b>192.0.0.1</b>	<b>223.255.255.254</b>
<b>D</b>	<b>224.0.0.1</b>	<b>239.255.255.254</b>
<b>E</b>	<b>240.0.0.1</b>	<b>247.255.255.254</b>

# Couche Internet

## Le masque de réseau

---

Le masque de réseau sert à séparer les parties réseau et hôte d'une adresse. On retrouve l'adresse du réseau en effectuant un ET logique bit à bit entre une adresse complète et le masque de réseau.

<b>Classe</b>	<b>Masque réseau</b>
A	255.0.0.0
B	255.255.0.0
C	255.255.255.0

# Couche Internet

## Des adresses particulières

---

**Adresses réseau:** adresse IP dont la partie *hostid* ne comprend que des zéros. *192.20.0.0* désigne le réseau de classe B *192.20.*

**Adresse de boucle locale :** l'adresse réseau *127.0.0.0* est réservée pour la désignation de la machine locale,

**Adresses de diffusion :** la partie *hostid* ne contient que des 1

# Couche Internet

## Adressage Exemple

---

<b>Adresse complète:</b>	<b>192.168.100.1</b>
Masque de réseau:	255.255.255.0
Partie réseau:	192.168.100.
Partie hôte:	.1
Adresse Réseau:	192.168.100.0
Adresse de diffusion:	192.168.100.255

# Couche Internet

## Adresse des Sous-réseaux

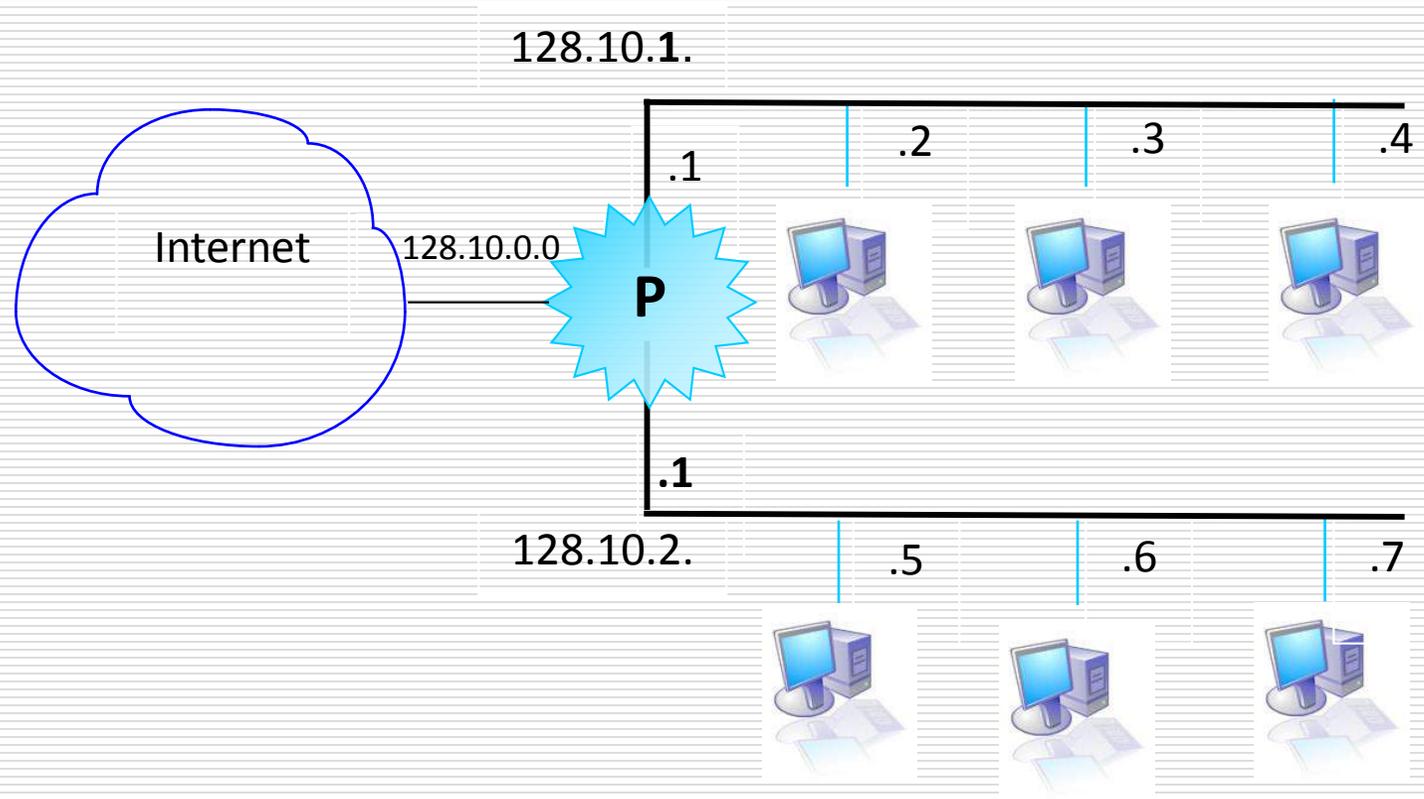
---

**Le principe en est simple:** Imaginons que nous disposions d'une classe B. Nous disposons donc de deux octets pour les adresses d'hôtes, soit 65 534 hôtes possibles (les adresses x.x.0.0, x.x.255.255 sont réservées). Ca ferait beaucoup de machines sur le même réseau.

<i>Netid (Adresse Internet)</i>	<i>Réseau physique</i>	<i>Machine</i>

# Couche Internet

## Adresse des Sous-réseaux



# Couche Internet

## Exemple pratique

---

**172.16.19.40/21**

- Quel est le masque sous réseau de cette adresse ?  
**255.255.248.0**
- Combien de bits ont été réservés pour les sous-réseaux privés ?  
**5 bits**
- Combien de sous-réseaux privés sont disponibles ?  
**mp30**
- Combien d'hôtes peut contenir chaque sous-réseau ?  
**2046**
- Quelle est l'adresse du sous-réseau de l'exemple ?  
**172.16.16.0.**
- Quelle est l'adresse de diffusion du sous-réseau de l'exemple ?  
**172.16.23.255**

# Couche Internet

## Concevoir un réseau privé

---

- **Le réseau privé ne sera *JAMAIS*** interconnecté avec d'autres. On peut utiliser n'importe quelle adresse.
- **Le réseau privé peut être interconnecté via une interface de routeur.** On doit utiliser les adresses réservées à cet usage.

<b>Classe</b>	<b>Masque réseau</b>	<b>Adresses réseau</b>
A	255.0.0.0	10.0.0.0 - 10.255.255.255
B	255.255.0.0	172.16.0.0 - 172.31.255.255
C	255.255.255.0	192.168.0.0 - 192.168.255.255

---

# Routage IP

# Couche Internet

## Routage des datagrammes IP

---

Le routage est le processus permettant, à un datagramme d'être acheminé vers le destinataire, lorsque celui-ci n'est pas sur le même réseau physique que l'émetteur.

Les routeurs forment une structure coopérative, de telle manière qu'un datagramme transite d'une passerelle vers une autre, jusqu'à ce que l'une d'entre elles le délivre à son destinataire.

# Couche Internet

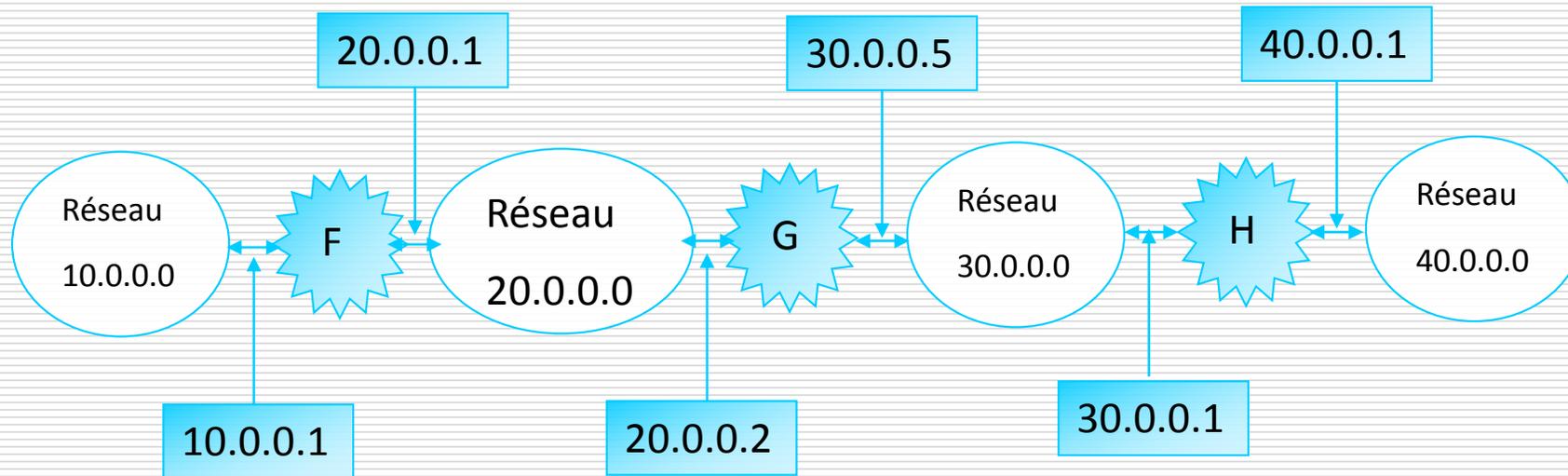
## Les Equipements de routage :

---

- **Une station** avec 2 cartes Ethernet connectée à 2 réseaux.
- **Un routeur** (Cisco, Bay Networks, Xyplex, ACC, ...).

# Couche Internet

## Exemple de routage



<b>Arriver aux machines du réseau</b>	10.0.0.0	20.0.0.0	30.0.0.0	40.0.0.0
<b>Router vers</b>	20.0.0.1	direct	direct	30.0.0.1

# Couche Internet

## Routage des datagrammes IP

---

**Le routage direct** : quand le datagramme doit être délivré sur le réseau physique, sur lequel elles sont connectées.

**Le routage indirect** : quand le datagramme doit être acheminé vers une passerelle, on doit identifier la passerelle appropriée.  
Nécessite **une table de routage IP**

La détermination du chemin est fait par **algorithme de routage.**

# Couche Internet

## Routage des datagrammes IP

---

### **Manuelle = Routage statique**

- commandes "route" des station unix
  - langage de commande des routeurs (ip route ...)
- boucles de routage!!!, trou noir!!!**

### • **Automatique = Routage dynamique**

- Processus sur les stations et les routeurs
- Echanges d'informations de routage : protocoles de routage

### • **Mixte : Routage statique et dynamique**

# Distinction entre ordinateur et routeur

---

- un ordinateur est un équipement relié à un seul réseau ;
- ★ un routeur est un équipement relié à au moins deux réseaux, éventuellement à un réseau où ne sont connectés que des routeurs (réseau d'interconnexion) ;
- ★ chacun dispose pour chaque connexion d'une carte réseau ;
- ★ chacun dispose pour chaque carte réseau d'une @MAC et d'une @IP ;
- ★ l'ordinateur est soit l'expéditeur initial, soit le destinataire final d'un datagramme ;
- ★ le routeur réémet, relaye, des datagrammes :
  - ◇ provenant d'une de ses interfaces (carte de connexion à un réseau) ;
  - ◇ vers une autre de ses interfaces ;

c'est à lui de choisir une étape sur le chemin que devra emprunter le datagramme pour atteindre l'ordinateur destinataire.

## Généralisation : algorithme de routage par sauts successifs, "next hop routing"

---

- Le datagramme va passer d'intermédiaire en intermédiaire, d'une «entité réseau» à une autre : il fait des «sauts» ou hop :
- l'entité réseau (ordinateur ou routeur) exécute le même algorithme : décider entre routage direct et indirect
- Dans le cas d'un routeur, le routage indirect peut faire le choix entre différentes adresses de routeurs.
- l'entité réseau doit déterminer l'adresse de prochain saut, c-à-d la prochaine étape du chemin d'acheminement du datagramme à transmettre.
- Un saut correspond à la transmission d'un datagramme à un routeur ou à la machine destinataire.

# Acheminement des messages ou routage

---

Pour acheminer un datagramme de la source à la destination, il faut déterminer un chemin allant du réseau origine au réseau destinataire :

- \* pour sortir du réseau origine, il faut un premier routeur (passerelle ou «gateway»)
- \* il faut ensuite trouver le routeur qui est connecté au réseau destination.

Deux cas possibles :

1. le routeur destination est directement accessible, c-à-d le réseau destination est directement connecté au réseau origine par l'intermédiaire du même routeur ;
2. le routeur destination n'est pas directement accessible : le message doit circuler via un ou plusieurs routeurs intermédiaires

Ce qui permet d'appliquer l'algorithme de base de recherche du prochain saut

- ▷ Routage direct : le datagramme est transmis à une machine dans le même réseau local
- ▷ Routage indirect : le datagramme est échangé entre routeurs jusqu'au réseau destination (pour le routeur connecté au réseau destination, la remise du datagramme se fait de manière directe).

## Comment trouver le routeur destination ?

---

**En théorie**, le routage devrait se faire en tenant compte de paramètres difficiles à évaluer comme l'encombrement du réseau, la longueur du datagramme ou le type de service mentionné dans l'en-tête du datagramme.

**En pratique**, l'acheminement des datagrammes se fait en fonction :

- ★ de la connaissance par un routeur, des autres routeurs auxquels il est connecté : table de routage ;
- ★ d'hypothèses statiques utilisées dans des algorithmes de calcul du plus court chemin (utilisation d'algorithmes pour construire la table de routage ou seulement de l'intelligence de l'administrateur réseau).

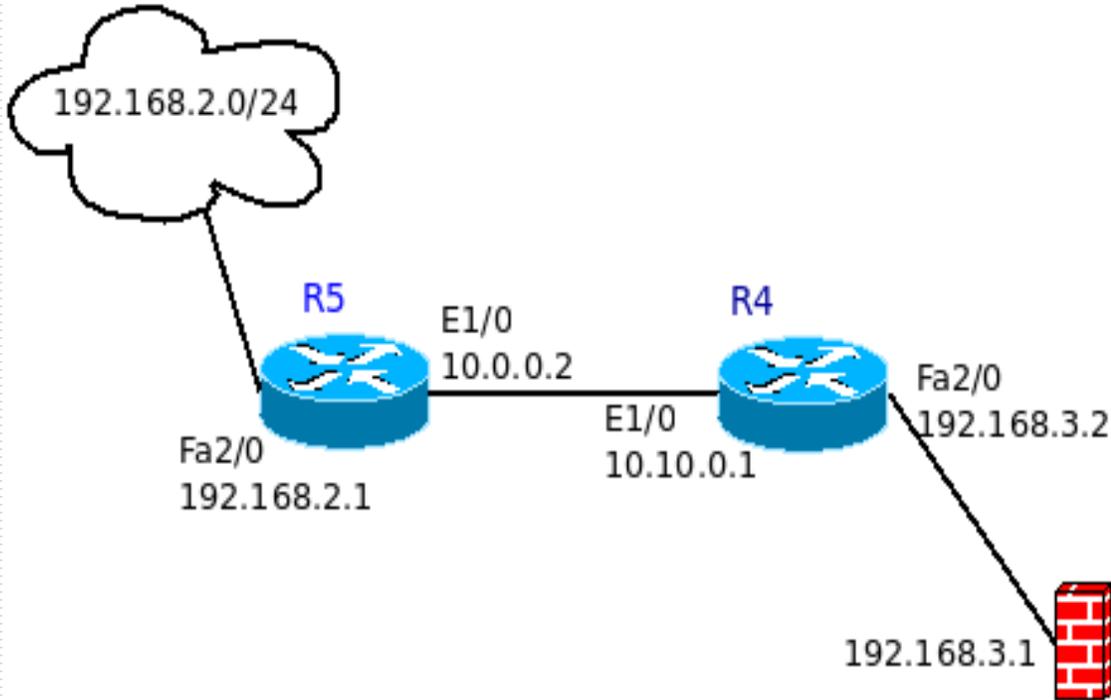
Chaque routeur prend une **décision au mieux**, «best effort», pour l'étape de routage qu'il réalise.

## Fonctionnement du routage sur un routeur :

---

- Il faut connaître des routeurs destinations pour accéder à d'autres réseaux
- Ces routeurs sont indiqués dans une table de routage ;
- Chaque entrée de la table contient :
  - ◊ un réseau de destination ;
  - ◊ une adresse de prochain saut, next hop :
    - ★ celle du prochain routeur à emprunter pour atteindre la destination (routage indirect) ;
    - ★ celle de l'interface du routeur s'il est connecté au réseau (routage direct).
- La table de routage contient une route par défaut (pour les destinations inconnues)

# Configurations routage statique



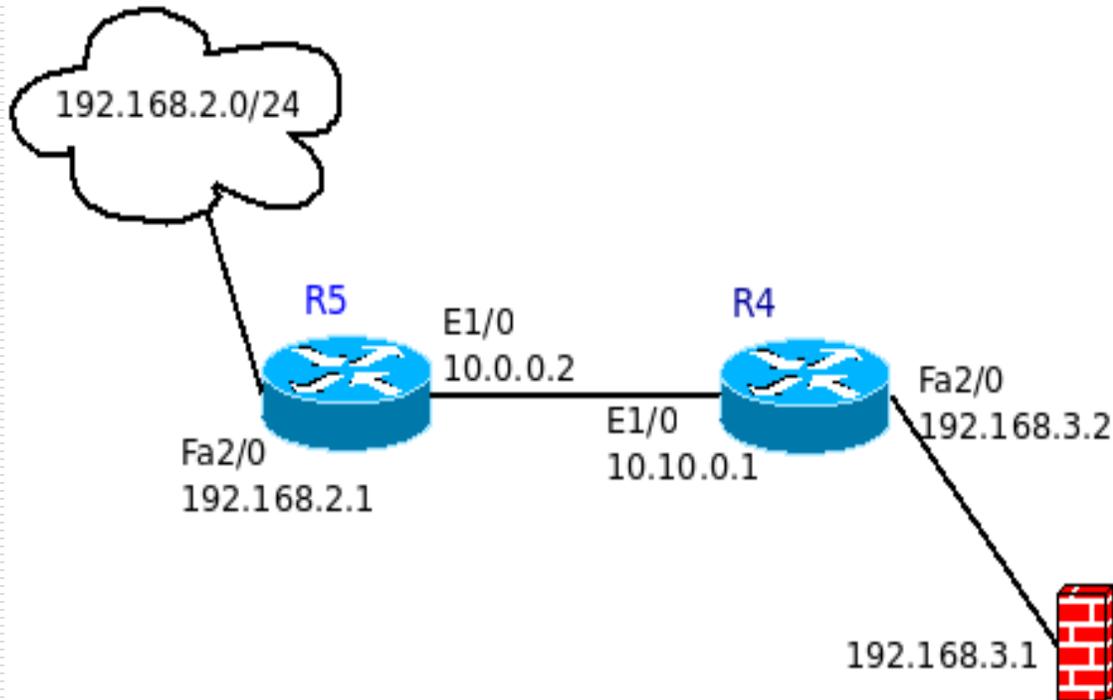
Rappel: Configuration d'une route/passerelle par défaut

```
R4(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0  
192.168.3.1
```

Suppression de la route par défaut

```
R4(config)#no ip route 0.0.0.0 0.0.0.0  
192.168.3.1
```

# Configurations routage statique



Configuration d'une route statique vers 192,168,2,0/24:

**R4(config)#ip route 192.168.2.0  
255.255.255.0 ethernet 1/0**

Autre possibilité: On peut aussi utiliser l'adresse IP du prochain routeur.

**R4(config)#ip route 192.168.2.0  
255.255.255.0 10.0.0.2**

Suppression de la route statique  
**R4(config)#no ip route 192.168.2.0  
255.255.255.0 ethernet 1/0**

# Configurations routage statique

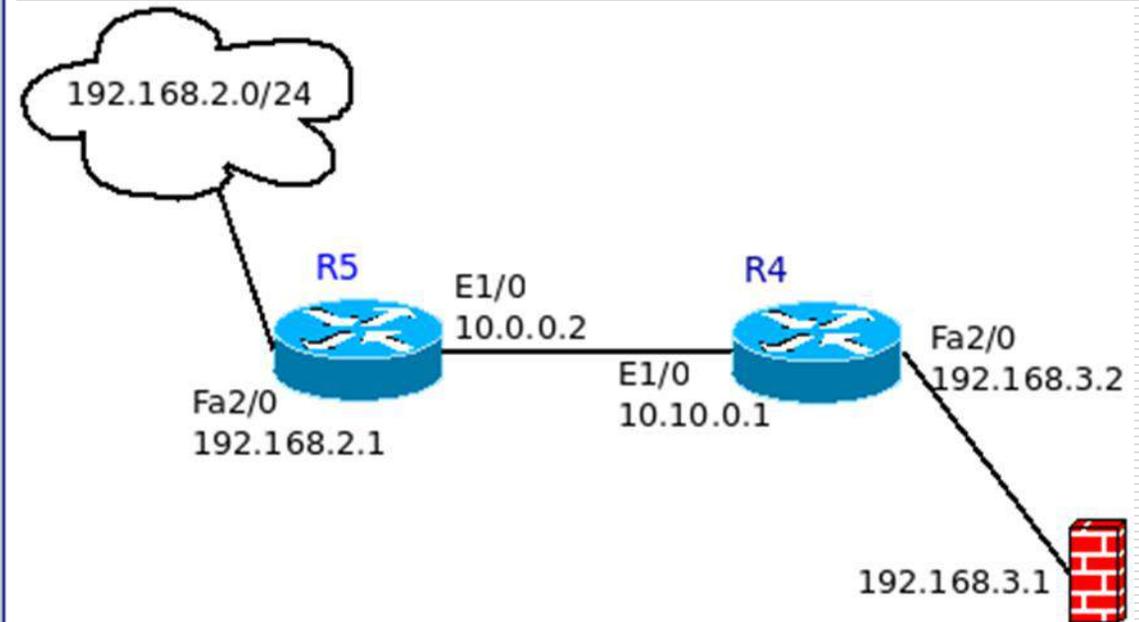
## Affichage de la table de routage

```
R4#show ip route
Codes: C - connected, S - static, 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
i - IS-IS, su - IS-IS summary, 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 192.168.3.1 to network 0.0.0.0

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C 10.0.0.0 is directly connected, Ethernet1/0
S 192.168.2.0/24 [1/0] via 10.0.0.2
C 192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet2/0
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.3.1
R4#
```

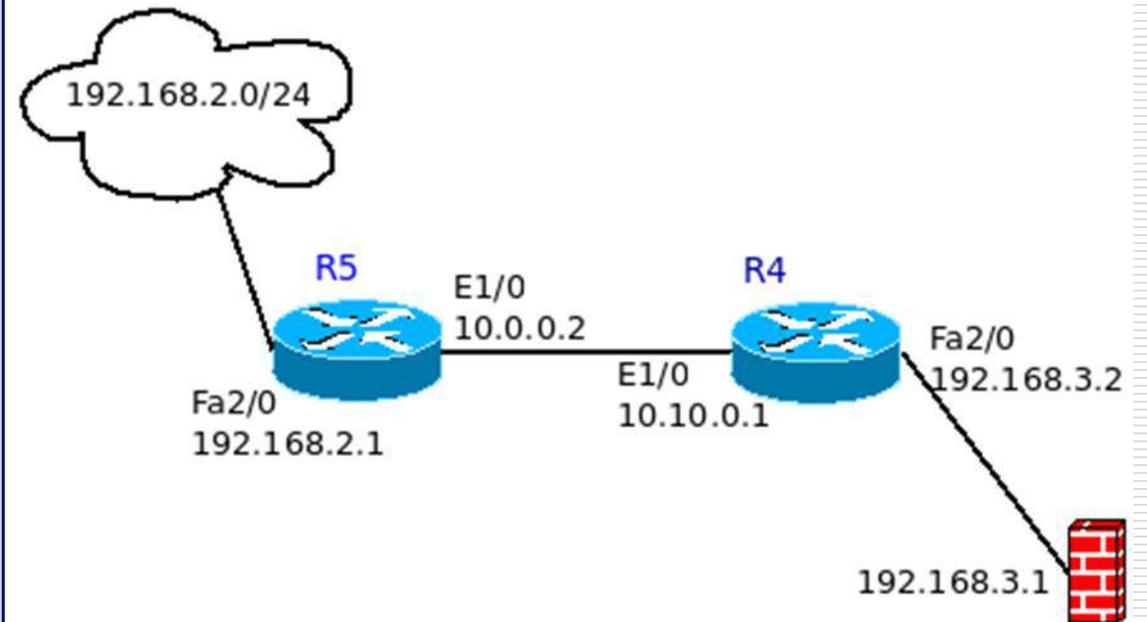
On remarque sur cette sortie de commande les réseaux directement connectés (C), les routes statiques (s) et la route par défaut.



## Extrait du fichier de configuration de R4 et R5

```
R4#sh run
Building configuration...

interface Ethernet1/0
ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
duplex half
!
interface FastEthernet2/0
ip address 192.168.3.2 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
!
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.3.1
ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 10.0.0.2
```

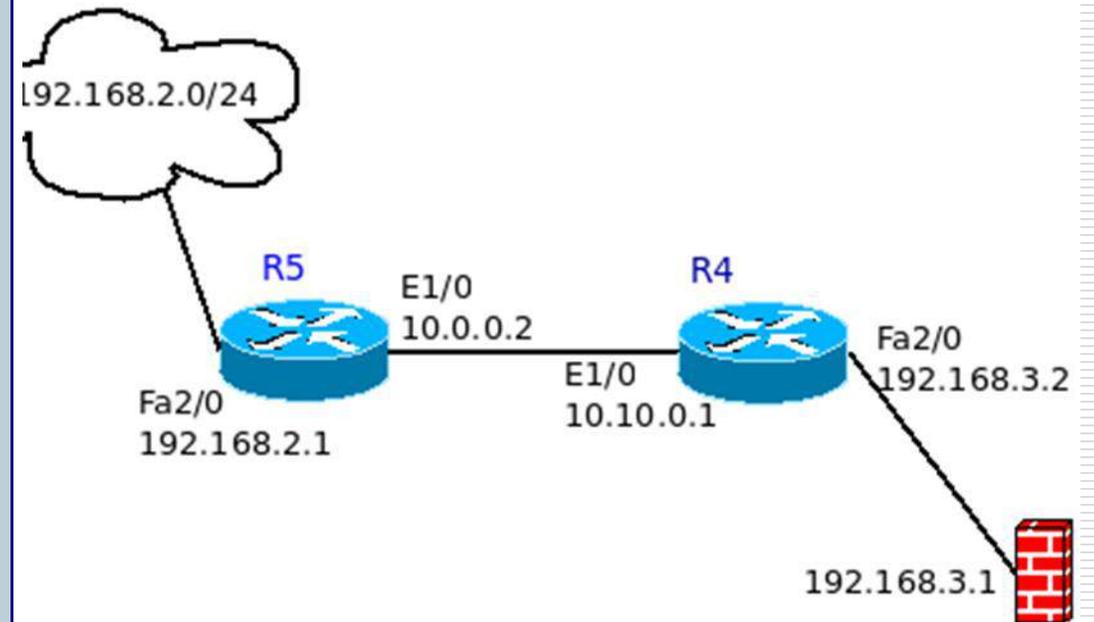


## Extrait du fichier de configuration de R4 et R5

```
R5#sh run
Building configuration...

interface Ethernet1/0
ip address 10.0.0.2 255.255.255.0
duplex half

interface FastEthernet2/0
ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
!
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.0.0.1
```

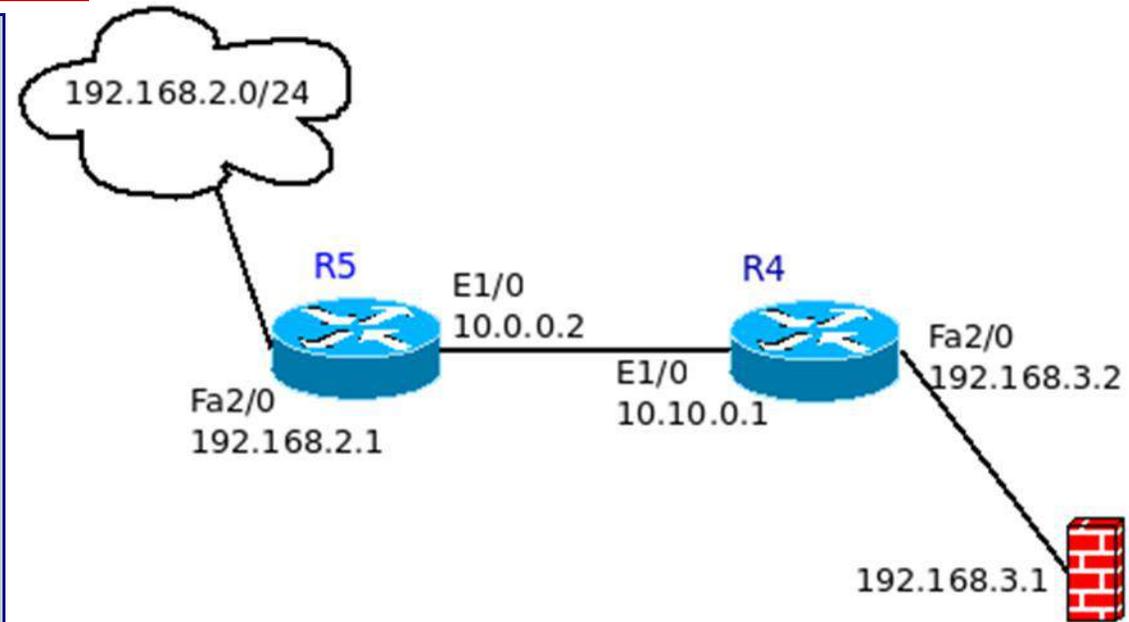


# Affichage des tables de routage

```
R4#show ip route
Codes: C - connected, S - static, 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
i - IS-IS, su - IS-IS summary, 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 192.168.3.1 to network 0.0.0.0

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C 10.0.0.0 is directly connected, Ethernet1/0
S 192.168.2.0/24 [1/0] via 10.0.0.2
C 192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet2/0
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.3.1
R4#
```

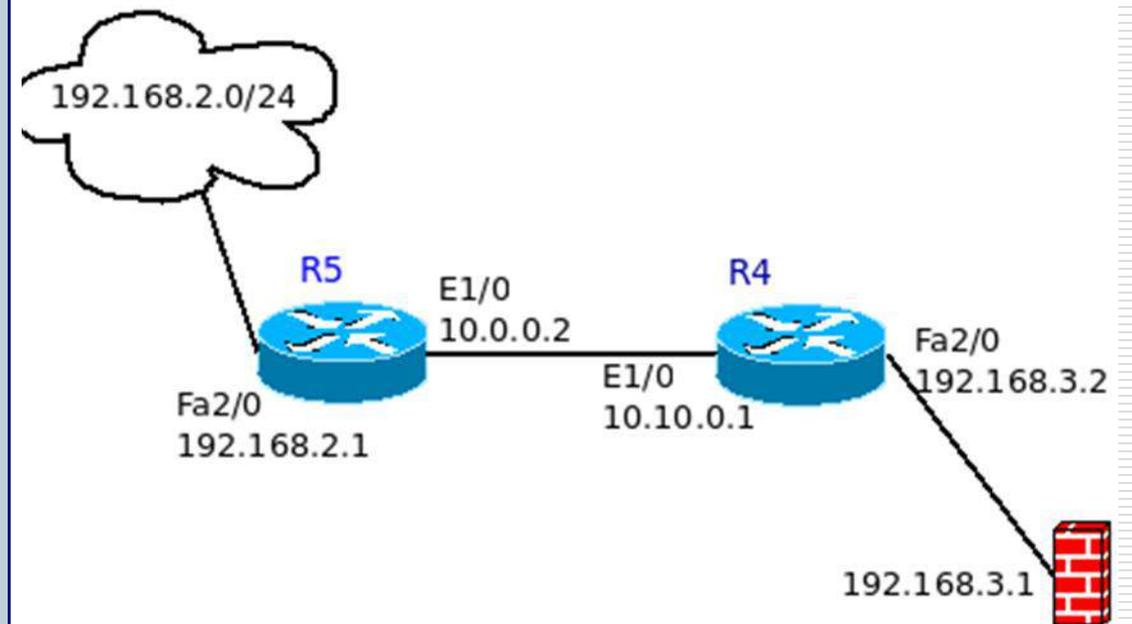


# Affichage des tables de routage

```
R5(config)#do show ip route
Codes: C - connected, S - static, 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
i - IS-IS, su - IS-IS summary, 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 10.0.0.1 to network 0.0.0.0

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C 10.0.0.0 is directly connected, Ethernet1/0
C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet2/0
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 10.0.0.1
R5(config)#
```



## Routage statique

---

- Avant qu'un routeur ne transfère un paquet, le processus de la table de routage doit déterminer l'interface de sortie à utiliser pour transférer le paquet. C'est ce que l'on appelle la **résolvabilité** d'une route
- la distance administrative
- Établissement d'une route statique flottante,
- La recherche récursive,
- Routes résumées,

## Qu'est-ce que la distance administrative ?

---

- Avant qu'un routeur ne transfère un paquet, le processus de la table de routage doit déterminer l'interface de sortie à utiliser pour transférer le paquet. C'est ce que l'on appelle la résolvabilité d'une route
- La plupart des protocoles de routage ont des structures et des algorithmes métriques qui ne sont pas compatibles avec d'autres protocoles.
- Dans un réseau avec plusieurs protocoles de routage, l'échange d'informations de routage et la capacité de sélectionner le meilleur chemin à travers les différents protocoles sont critiques.
- La distance administrative est la fonctionnalité que les routeurs utilisent afin de sélectionner le meilleur chemin quand il y a deux routes ou plus vers la même destination à partir de **deux protocoles de routage différents**.
- La distance administrative définit la **fiabilité** d'un protocole de routage.
- Chaque protocole de routage est classé du plus fiable (crédible) au moins fiable, à l'aide d'une valeur de distance administrative.

# Sélectionnez le meilleur chemin

---

- La distance administrative est le premier critère qu'utilise un routeur pour déterminer quel protocole de routage à utiliser si deux protocoles fournissent des informations de routage pour la même destination.
- La distance administrative mesure la fiabilité de la **source des informations de routage**.
- La distance administrative a seulement une signification locale, et n'est pas annoncée dans les mises à jour du routage.
- Plus la valeur de distance administrative est petite, plus le protocole est fiable.
- **Par exemple**, si un routeur reçoit un routage vers un certain réseau à partir de l'Open Shortest Path First (OSPF) (distance administrative par défaut - 110) et à partir de l'Interior Gateway Routing Protocol (IGRP) (distance administrative par défaut - 100), le routeur choisit l'IGRP parce qu'il est plus fiable.
- Ceci signifie que le routeur ajoute la version de routage de l'IGRP à la table de routage.
- Si vous perdez la source d'informations dérivée de l'IGRP (par exemple, en cas de coupure d'électricité), le logiciel utilise les informations dérivées de l'OSPF jusqu'à ce que les informations dérivées de l'IGRP réapparaissent.

## Tableau de valeur de distance par défaut

---

- Quand vous utilisez la redistribution de routage, de temps en temps vous avez besoin de modifier la distance administrative d'un protocole de sorte qu'il ait la priorité.
- Par exemple, si vous voulez que le routeur sélectionne les routages provenant de RIP (valeur par défaut 120) plutôt que de IGRP (valeur par défaut 100) vers la même destination, vous devez augmenter la distance administrative pour IGRP à plus de 120, ou diminuer la distance administrative de RIP à une valeur inférieure à 100.
- Vous pouvez modifier la distance administrative d'un protocole via la commande distance dans le mode de sous-configuration du processus de routage.
- Vous devez utiliser cette procédure généralement quand vous migrez le réseau d'un protocole de routage à un autre, et que ce dernier a une distance administrative plus élevée
- Cependant, un changement de la distance administrative peut provoquer des boucles de routage et des trous noirs.

# Tableau de valeur de distance par défaut

Source d'artère	Valeurs de distance par défaut
Interface connectée	0
Artère statique	1
Résumé de routage Enhanced interior gateway routing protocol (EIGRP)	5
Protocole BGP (Border Gateway Protocol) externe	20
EIGRP interne	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS (Intermediate System-to-Intermediate System)	115
Protocole d'informations de routage (RIP)	120
Exterior Gateway Protocol (EGP)	140
Routage à établissement de connexion à la demande (DDR)	160
EIGRP externe	170
BGP interne	200
Unknown*	255

\* Si la distance administrative est de 255, le routeur ne croit pas à la source de ce routage et n'installe pas le routage dans la table de routage.

```
R1(config)#router rip  
R1(config-router)#distance 90
```

## Autres applications de la distance administrative

---

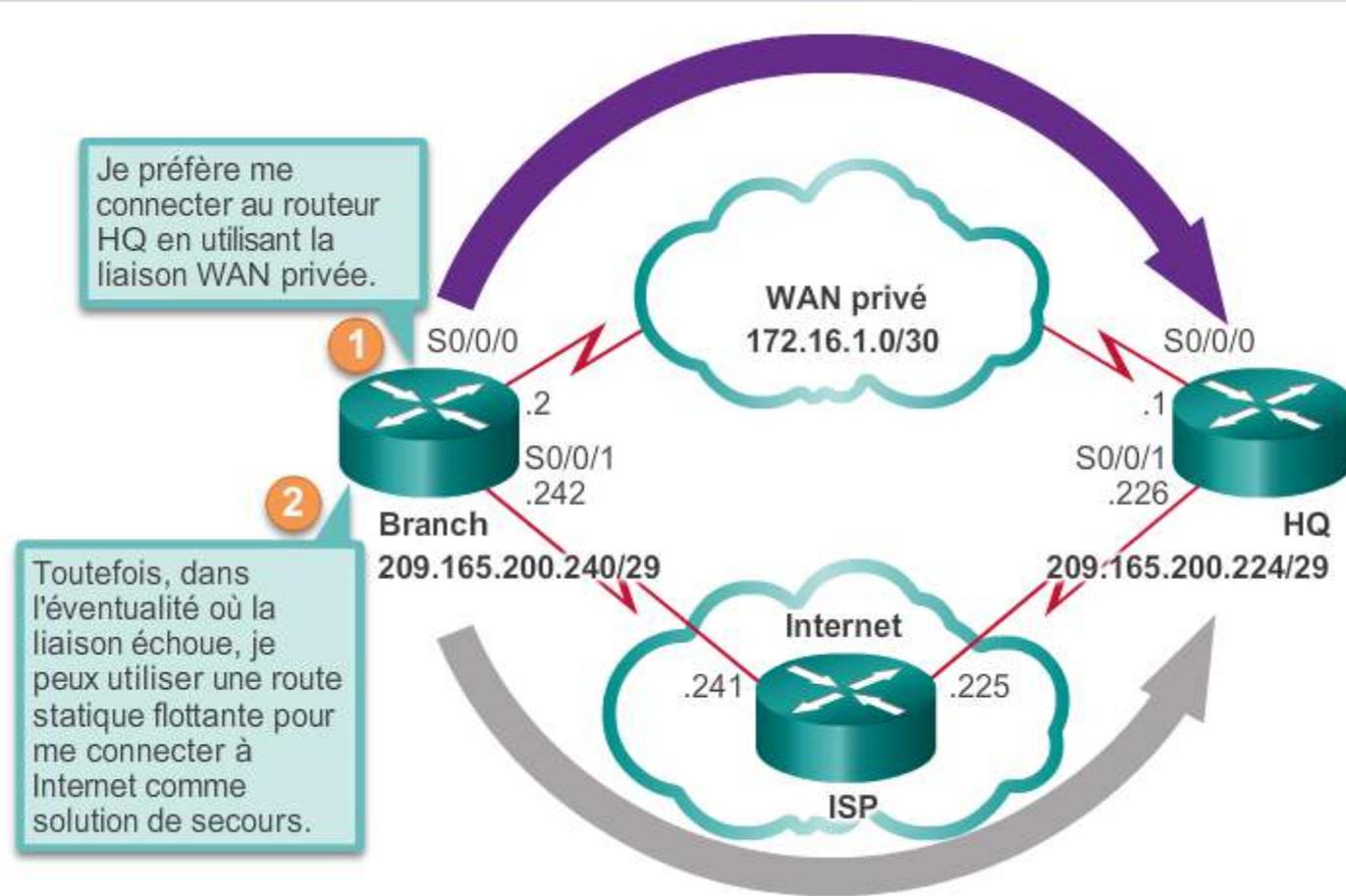
- Une raison commune de changer la distance administrative d'un routage est lorsque vous utilisez des routes statiques pour soutenir une route IGP existante.
- Ceci est normalement utilisé pour amener un lien de secours quand le principal échoue.

# Routage statique

---

- la distance administrative
- Établissement d'une route statique flottante,
- La recherche récursive,

- Établissement d'une route statique flottante,



# Établissement d'une route statique flottante,

---

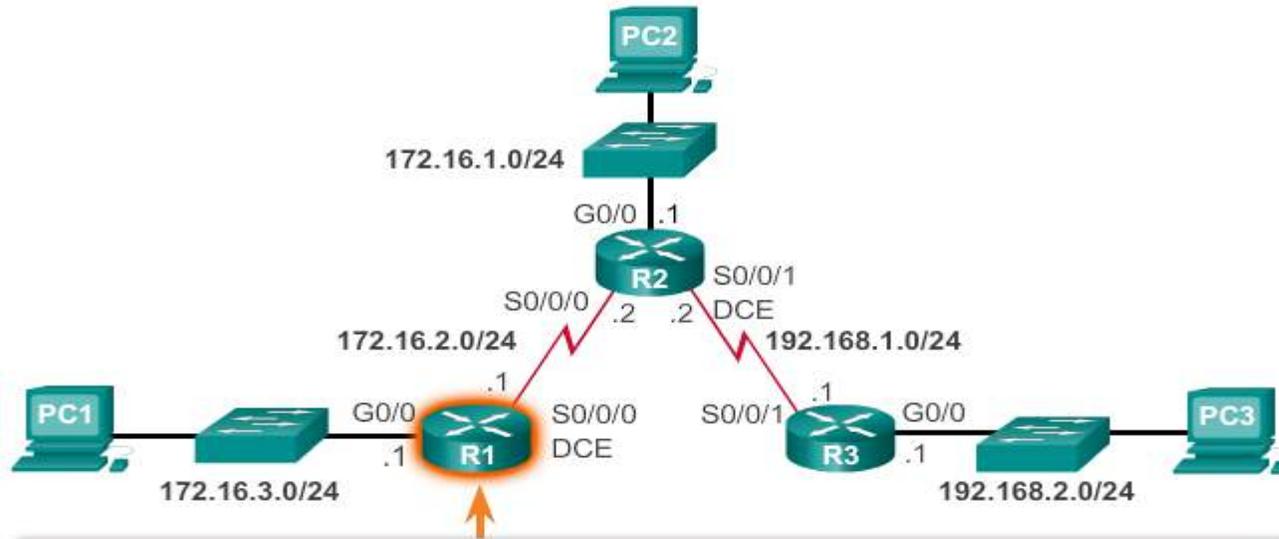
- Les routes statiques flottantes sont des routes statiques utilisées pour fournir un chemin de secours à une route statique ou une route dynamique principale,
- En cas d'échec de lien. La route statique flottante est utilisée uniquement lorsque la route principale n'est pas disponible.
- Pour cela, la route statique flottante est configurée avec une distance administrative plus élevée que la route principale.
- **Par exemple**, supposons qu'un administrateur souhaite créer une route statique flottante de secours pour une route apprise par le protocole EIGRP.
- La route statique flottante doit être configurée avec une distance administrative plus élevée que le protocole EIGRP. L'EIGRP possède une distance administrative de 90. Si la route statique flottante est configurée avec une distance administrative de 95, la route dynamique associée au protocole EIGRP est préférée à la route statique flottante. Si la route associée au protocole EIGRP est perdue, la route statique flottante est utilisée à la place.

# Routage statique

---

- la distance administrative
- Établissement d'une route statique flottante,
- La recherche récursive,

## La recherche récursive,



La Figure présente en détail le processus de base de transfert des paquets dans la table de routage pour R1. Lorsqu'un paquet est destiné au réseau 192.168.2.0/24, R1 :

```
R1 (config) # ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 172.16.2.2
R1 (config) # ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 172.16.2.2
R1 (config) # ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 172.16.2.2
R1 (config) #
```

## La recherche récursive,

```
S 172.16.1.0/24 [1/0] via 172.16.2.2
C 172.16.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
L 172.16.2.1/32 is directly connected, Serial0/0/0
C 172.16.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L 172.16.3.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
S 192.168.1.0/24 [1/0] via 172.16.2.2
S 192.168.2.0/24 [1/0] via 172.16.2.2
```

### recherche récursive?

1. Recherche une correspondance dans la table de routage et découvre qu'il doit envoyer les paquets vers l'adresse IPv4 de tronçon suivant **172.16.2.2**, (étiquette 1). Pour chaque route qui ne fait référence qu'à une seule adresse IPv4 de tronçon suivant et qui ne fait référence à **aucune interface de sortie**, l'adresse IPv4 de **tronçon suivant** doit être **résolue** à l'aide d'une **autre route** figurant dans la table de routage et disposant d'une interface de sortie.
2. R1 doit maintenant déterminer la façon d'atteindre 172.16.2.2 ; par conséquent, il recherche une deuxième fois une correspondance pour 172.16.2.2. Dans ce cas, l'adresse IPv4 correspond à la route pour le réseau connecté directement 172.16.2.0/24 avec l'interface de sortie Serial 0/0/0, (l'étiquette 2).

## La recherche récursive,

---

- Étant donné que les recherches récurrentes consomment des ressources du routeur, elles doivent être évitées si possible.
- Une route statique récursive est valide (c'est-à-dire qu'elle convient pour une insertion dans la table de routage) uniquement lors de la résolution du tronçon suivant spécifié, directement ou indirectement, vers une interface valide de sortie.
- **Exercice:**  
Configurer et vérifier les routes statiques du tronçon suivant sur R2 et R3.