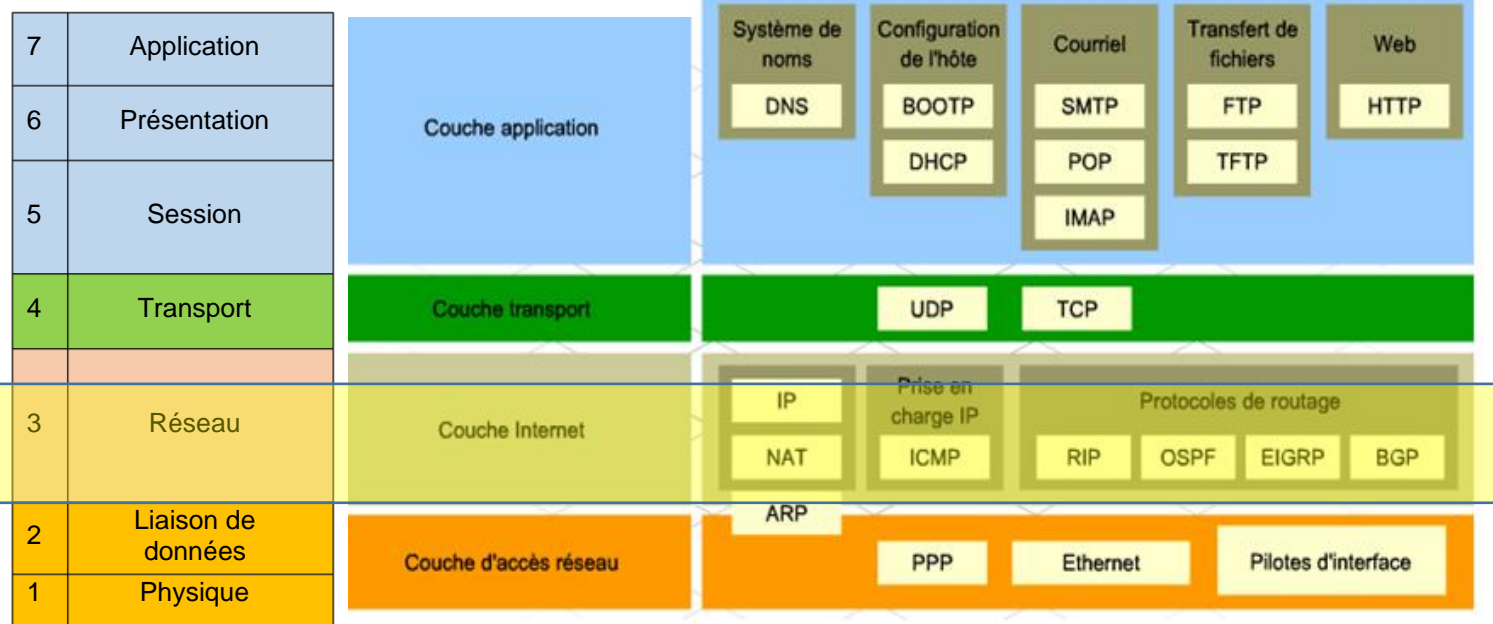


# Les routeurs

## Modèle OSI

## Modèle TCP/IP



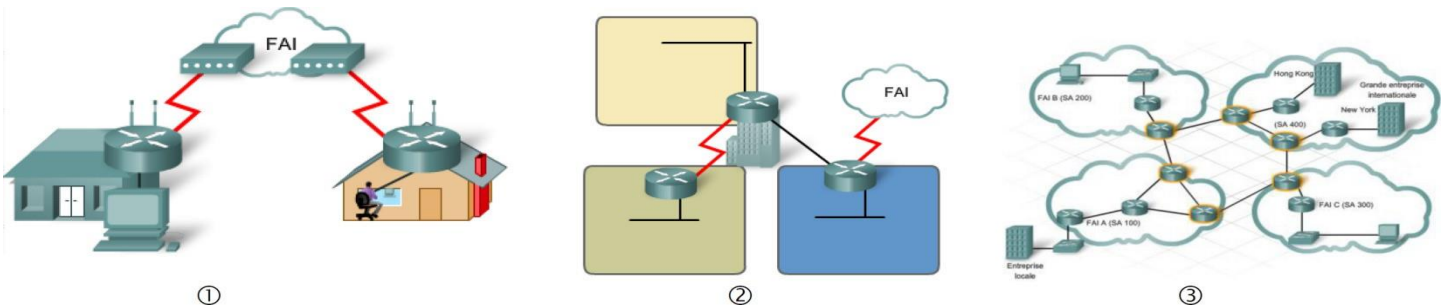
1	Un routeur, pour quoi faire ? .....	2
2	Commutation des paquets entre les réseaux .....	3
3	Comment trouver le routeur de sortie ? .....	9
3.1	L'adresse de destination est-elle locale (appartient à la machine) ? .....	9
3.2	L'adresse de destination est-elle directement connectée ? .....	9
3.3	L'expéditeur connaît-il la passerelle ? .....	10
4	Interfaces du routeur. ....	11
4.1	Côté Côté LAN. ....	11
4.2	Côté WAN. ....	11
5	Table de routage. ....	12
5.1	Adresse de destination. ....	12
5.2	Table de routage. ....	12
5.3	Types de routes. ....	13
6	Mécanisme de décision. ....	13
7	Routage statique .....	14
7.1	Quand utiliser les routes statiques ? .....	14
8	Routage dynamique. ....	15
8.1	Détection automatique de réseaux. ....	15
8.2	Maintenance des tables de routage. ....	15
8.3	Protocoles de routage IP .....	15
8.4	Meilleur chemin et métrique. ....	15
9	Comparaison des différents algorithmes de routage .....	16
9.1	Algorithme routage statique .....	16
9.2	Algorithme vecteur – distance (Distance Vector) .....	16
9.3	Algorithme état de lien (Link Vector) .....	17
9.4	Algorithme hybride .....	17
10	Synthèse des algorithmes de routage .....	18
11	Fonction de commutation. ....	19
12	ANNEXE : Commandes de bases IOS de paramétrage des routeurs CISCO .....	20
12.1	Configuration initiale du routeur .....	20
12.2	Adressage IP d'une interface. ....	20
12.4	Routage statique. ....	21
12.5	Routage RIP. ....	22
12.6	Routage OSPF. ....	23
13	Origine des sources qui ont permis d'élaborer ce document .....	23

## 1 Un routeur, pour quoi faire ?

Dans un petit réseau d'entreprise ou chez les particuliers, tous les ordinateurs sont reliés directement et accèdent à Internet en passant par un routeur. (1)

Lorsque l'entreprise est importante, établie sur différents sites, elle dispose de plusieurs réseaux, reliés entre eux par des routeurs. (2)

Internet, réseau des réseaux, est constitué de milliers de routeurs, capables d'acheminer l'information d'un ordinateur à un autre. (3)



Lancez l'invite de commandes windows et testez la commande suivante :

```
C:\...> tracert www.lycee-charlesdefoucauld.fr
```

Quel est le résultat de cette commande **tracert** (**traceroute** sous linux) ?

```
Détermination de l'itinéraire vers www.lycee-charlesdefoucauld.fr [89.87.172.41]
avec un maximum de 30 sauts :

 1    1 ms    <1 ms    <1 ms    FREEBOX [192.168.1.254]
 2    8 ms     6 ms     5 ms    4vh54-1-88-121-64-254.fbx.proxad.net [88.121.64.254]
 3    7 ms    13 ms     7 ms    213.228.13.62
 4   13 ms    15 ms    14 ms    p11-crs16-1-be1125.intf.routers.proxad.net [194.149.163.189]
 5   11 ms    12 ms    11 ms    th2-9k-3-be1001.intf.routers.proxad.net [194.149.162.86]
 6   11 ms    11 ms    11 ms    la110.rpt02-th2.net.bbox.fr [194.117.192.9]
 7   13 ms    13 ms    14 ms    be43.cbr01-cro.net.bbox.fr [212.194.171.146]
 8    *        *        *        Délai d'attente de la demande dépassé.
 9   12 ms    12 ms    11 ms    89.89.100.173
10   35 ms    25 ms    21 ms    195.36.144.209
11   23 ms    23 ms    24 ms    static-csq-cds-105062.business.bouyguestelecom.com [164.177.105.62]
12   23 ms    24 ms    23 ms    static-qvn-qvs-172041.business.bouyguestelecom.com [89.87.172.41]
```

A quoi correspondent les colonnes 1 à 5 du résultat du lancement de cette commande ?

- Colonne 1 : Numéro d'ordre du routeur traversé
- Colonne 2 : Temps mis pour le 1<sup>er</sup> essai
- Colonne 3 : Temps mis pour le 2<sup>ème</sup> essai
- Colonne 4 : Temps mis pour le 3<sup>ème</sup> essai
- Colonne 5 : Nom et adresse IP du routeur

On peut même avoir un aperçu plus visuel des routes empruntées en allant par exemple sur les pages suivantes :

<http://www.yougetsignal.com/tools/visual-tracert/> ou <http://www.monitis.com/traceroute/>

En cherchant de la documentation sur internet, cherchez de la documentation sur la commande **nslookup**.

**nslookup** est un programme informatique de recherche d'information dans le Domain Name System (DNS), qui associe nom de domaine et adresses IP. **nslookup** permet donc d'interroger les serveurs DNS pour obtenir les informations définies pour un domaine déterminé.

Avec cette commande, trouvez l'adresse IPV4 associée à [www.lycee-charlesdefoucauld.fr](http://www.lycee-charlesdefoucauld.fr)

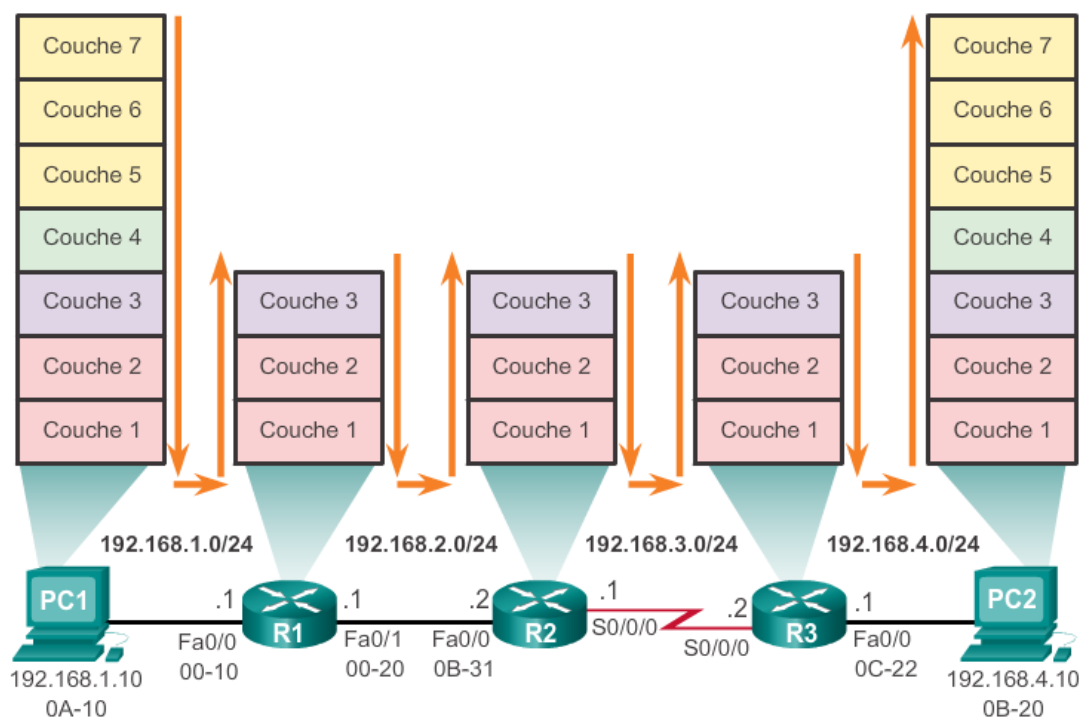
```
C:\Users\Vincent>nslookup www.lycee-charlesdefoucauld.fr
Serveur : UnKnown
Address: 192.168.1.254

Réponse ne faisant pas autorité :
Nom : www.lycee-charlesdefoucauld.fr
Address: 89.87.172.41
```

## Commutation des paquets entre les réseaux

Modèle OSI			
	Type de Donnée	Couche	Fonction
Couches Hautes	Donnée	7. Application	Point d'accès aux services réseaux
		6. Présentation	Gère le <b>chiffrement</b> et le déchiffrement des données, convertit les données machine en données exploitables par n'importe quelle autre machine
		5. Session	Communication Interhost, gère les sessions entre les différentes applications
	Segments	4. Transport	Connexion bout à bout, connectabilité et <b>contrôle de flux</b> . Intervient la notion de port.
Couches Matérielles	Paquet/Datagramme	3. Réseau	Détermine le parcours des données et l'adressage logique
	Trame	2. Liaison	Adressage physique (Adresse MAC)
	Bit	1. Physique	Transmission des signaux sous forme binaire

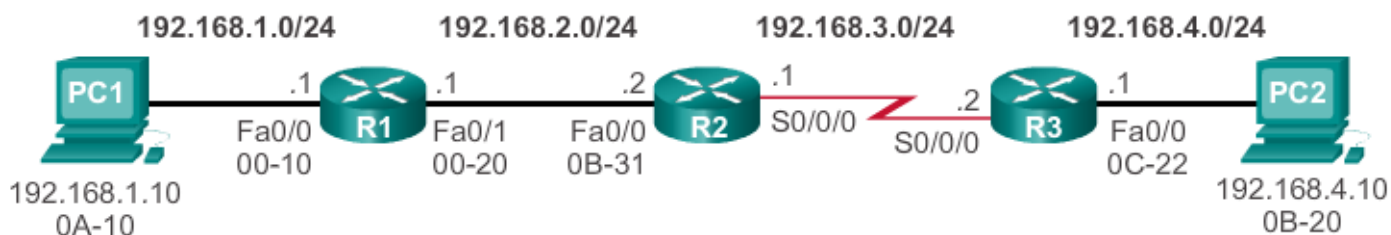
La couche IP appartient à la couche **RESEAU** du modèle OSI. C'est donc elle qui intervient principalement dans le processus de routage. A ce stade, les éléments transmis sont **des paquets ou datagrammes**



Quand un routeur reçoit un paquet destiné à un autre réseau, il effectue les trois étapes principales suivantes :

- **Étape 1.** Il désencapsule le paquet de couche 3 en supprimant l'en-tête et le code de fin (trailer) de la trame de couche 2.
- **Étape 2.** Il examine l'adresse IP de destination du paquet IP pour trouver le meilleur chemin dans la table de routage.
- **Étape 3.** Si le routeur trouve un chemin vers la destination, il encapsule le paquet de couche 3 dans une nouvelle trame de couche 2 et transfère la trame à l'interface de sortie

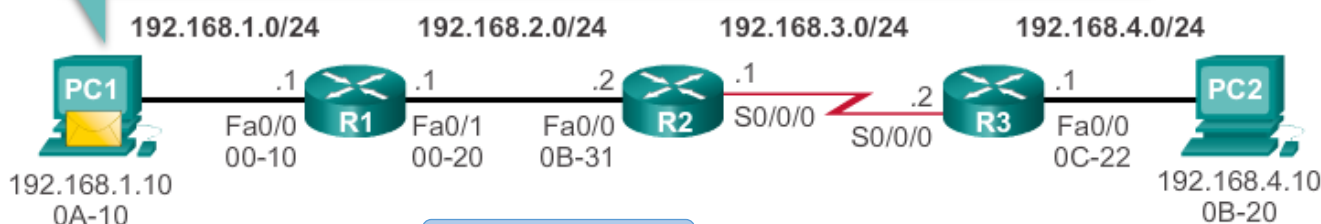
### Analyse détaillée d'un exemple :



### Le PC1 doit envoyer un paquet au PC2

#### Étape 1 : De PC1 à R1

Comme le PC2 se trouve sur un autre réseau, j'encapsule le paquet et je l'envoie au routeur sur MON réseau. Il faut que je choisisse une adresse MAC...



Complétez

Trame liaison de données de couche 2

Données de couche 3 du paquet

@MAC DEST <b>00-10</b>	@MAC SRC <b>0A-10</b>	Type 0x800	Adresse IP source <b>192.168.1.10</b>	Adresse IP de destination <b>192.168.4.10</b>	Champs IP	Données	Code de fin
---------------------------	--------------------------	------------	--	--	-----------	---------	-------------

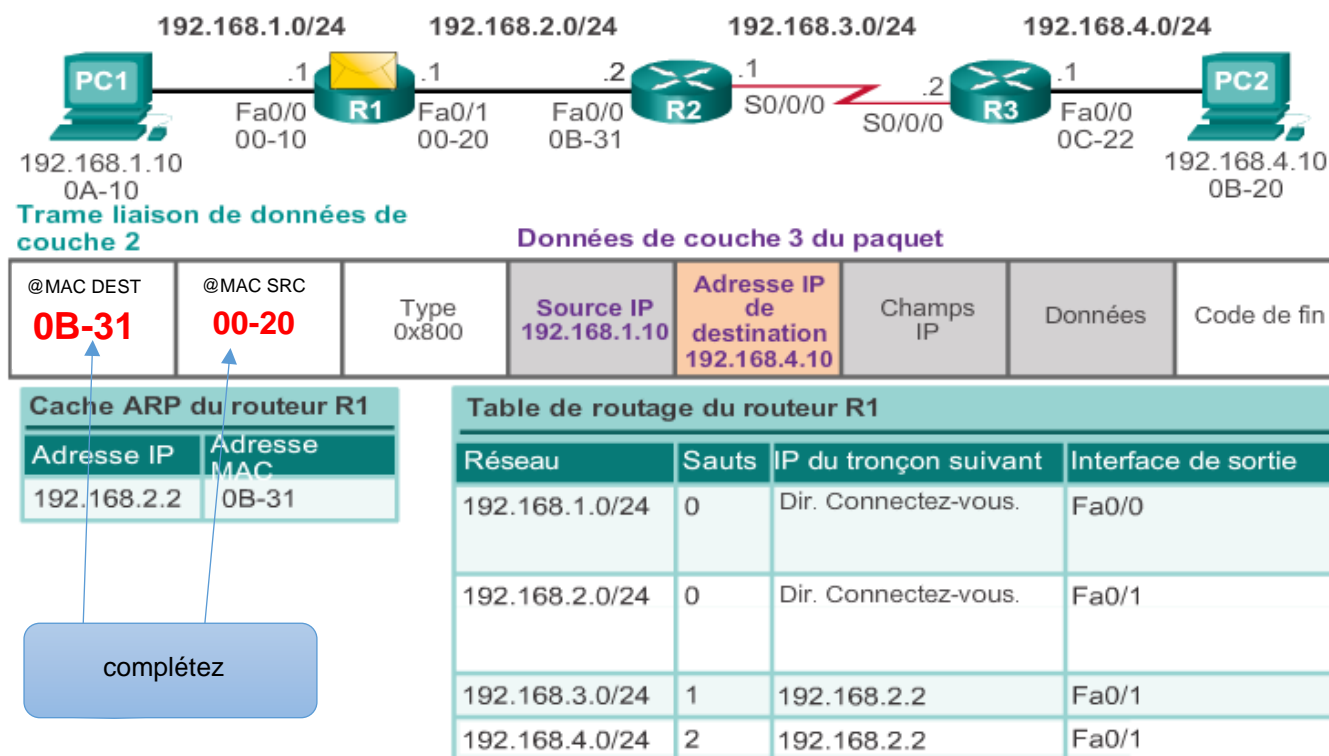
#### Cache ARP du PC1 pour R1

Adresse IP	Adresse MAC
192.168.1.1	00-10

Pour déterminer l'adresse MAC de la passerelle par défaut, le PC1 recherche dans sa table ARP l'adresse IPv4 de la passerelle par défaut et son adresse MAC associée.

S'il n'existe pas d'entrée ARP dans la table ARP pour la passerelle par défaut, le PC1 envoie une requête ARP. Le routeur R1 renvoie une réponse ARP. Le PC1 peut alors transférer le paquet à l'adresse MAC de la passerelle par défaut, l'interface Fa0/0 du routeur R1.

## Etape 2 : De R1 à R2

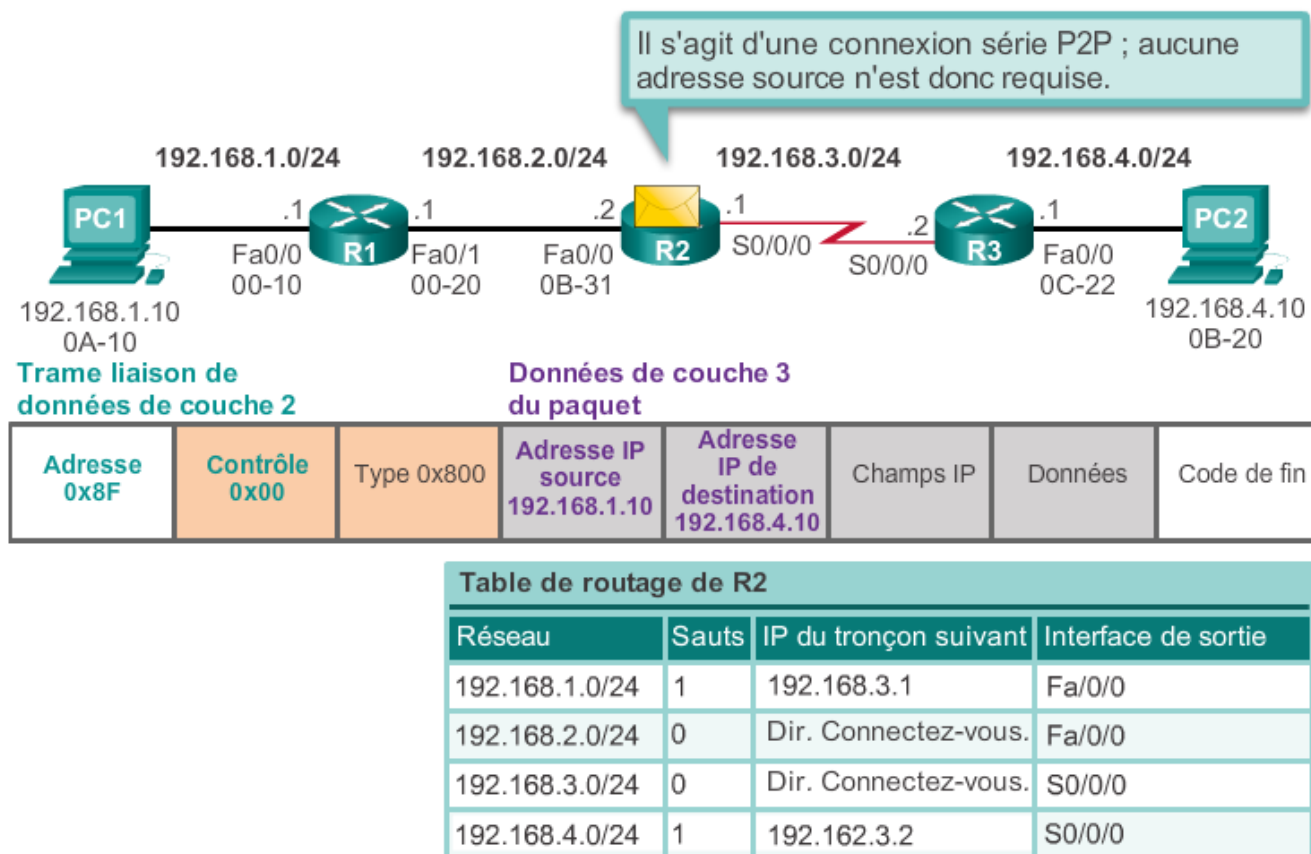


1. R1 examine l'adresse MAC de destination, qui correspond à l'adresse MAC de l'interface de réception, FastEthernet 0/0. R1 copie, par conséquent, la trame dans sa mémoire tampon.
2. R1 constate que le type d'Ethernet indiqué est 0x800, ce qui signifie que la trame Ethernet contient un paquet IPv4 dans sa partie données.
3. R1 désencapsule la trame Ethernet.
4. Comme l'adresse IPv4 de destination du paquet ne correspond à aucune adresse de réseau connecté directement de R1, ce dernier consulte sa table de routage pour acheminer ce paquet. R1 recherche dans la table de routage une adresse réseau qui inclut l'adresse IPv4 de destination du paquet en tant qu'adresse hôte dans ce réseau. Dans cet exemple, la table de routage comprend une route vers le réseau 192.168.4.0/24. L'adresse IPv4 de destination du paquet est 192.168.4.10, ce qui correspond à une adresse IPv4 d'hôte sur ce réseau.

La route que R1 trouve au réseau 192.168.4.0/24 a l'adresse IPv4 de tronçon suivant 192.168.2.2 et l'interface de sortie FastEthernet 0/1. Cela signifie que le paquet IPv4 est encapsulé dans une nouvelle trame Ethernet avec **l'adresse MAC de destination de l'adresse IPv4 du routeur de tronçon suivant**.

Comme l'interface de sortie se trouve sur un réseau Ethernet, R1 doit convertir l'adresse IPv4 du tronçon suivant en adresse MAC de destination à l'aide du protocole ARP :

1. R1 recherche l'adresse IPv4 de tronçon suivant 192.168.2.2 dans son cache ARP. Si l'entrée ne se trouve pas dans le cache ARP, R1 envoie une requête ARP depuis son interface FastEthernet 0/1 et R2 renvoie une réponse ARP. R1 met ensuite à jour le cache ARP avec une entrée pour 192.168.2.2 et l'adresse MAC associée.
2. Le paquet IPv4 est maintenant encapsulé dans une nouvelle trame Ethernet et transféré à l'interface FastEthernet 0/1 de R1.

**Etape 3 : De R2 à R3**

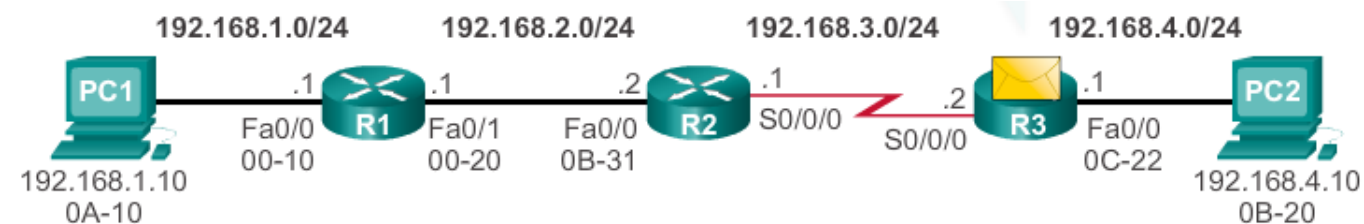
1. R2 examine l'adresse MAC de destination, qui correspond à l'adresse MAC de l'interface de réception, FastEthernet 0/0. R2 copie, par conséquent, la trame dans sa mémoire tampon.
2. R2 constate que le type d'Ethernet indiqué est 0x800, ce qui signifie que la trame Ethernet contient un paquet IPv4 dans sa partie données.
3. R2 désencapsule la trame Ethernet.
4. Comme l'adresse IPv4 de destination du paquet ne correspond à aucune adresse d'interface de R2, le routeur consulte sa table de routage pour acheminer ce paquet. R2 recherche dans sa table de routage l'adresse IPv4 de destination du paquet en procédant de la même façon que R1.

La table de routage de R2 contient une route vers le réseau 192.168.4.0/24, avec une adresse IPv4 du tronçon suivant 192.168.3.2 et une interface de sortie Serial 0/0/0. Comme l'interface de sortie ne se trouve pas sur un réseau Ethernet, R2 n'est pas tenu de convertir l'adresse IPv4 du tronçon suivant en adresse MAC de destination.

5. Le paquet IPv4 est maintenant encapsulé dans une nouvelle trame liaison de données et envoyé à l'interface de sortie Serial 0/0/0.

Lorsque l'interface est une connexion série point à point (P2P), le routeur encapsule le paquet IPv4 dans le format de trame liaison de données utilisé par l'interface de sortie (HDLC, PPP, etc.). Comme il n'y a aucune adresse MAC sur les interfaces série, R2 définit l'adresse de destination liaison de données sur l'équivalent d'une diffusion.



**Etape 4 : De R3 à PC2****Trame liaison de données de couche 2****Données de couche 3 du paquet**

@MAC DEST	@MAC SRC	Type	Adresse IP source	Adresse IP de destination	Champs IP	Données	Code de fin
<b>0B-20</b>	<b>0C-22</b>	0x800	192.168.1.10	192.168.4.10			

complétez

**Table de routage du routeur R3**

Réseau	Sauts	IP du tronçon suivant	Interface de sortie
192.168.1.0/24	2	192.168.3.1	S0/0/0
192.168.2.0/24	1	192.168.3.1	S0/0/0
192.168.3.0/24	0	Dir. Connectez-vous.	S0/0/0
192.168.4.0/24	0	Dir. Connectez-vous.	Fa0/0

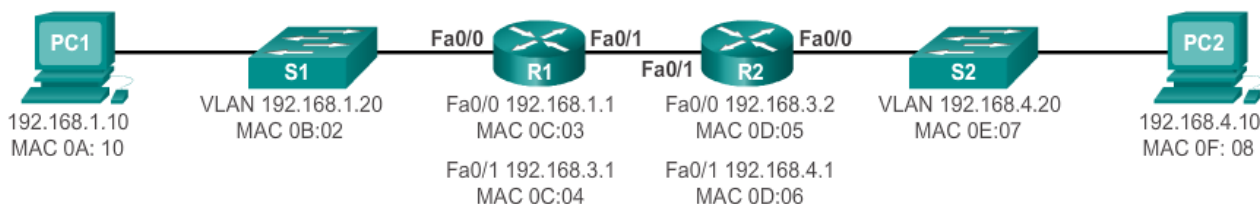
1. R3 copie la trame PPP liaison de données dans sa mémoire tampon.
2. R3 désencapsule la trame PPP liaison de données.
3. R3 recherche dans sa table de routage l'adresse IPv4 de destination du paquet. La table de routage comprend une route vers un réseau connecté directement sur R3. Cela signifie que le paquet peut être directement envoyé au périphérique de destination, sans avoir à passer par un autre routeur.

Comme l'interface de sortie est un réseau Ethernet connecté directement, R3 doit convertir l'adresse IPv4 de destination du paquet en adresse MAC de destination :

1. R3 recherche l'adresse IPv4 de destination du paquet dans son cache de protocole ARP. Si la saisie ne figure pas dans le cache ARP, R3 envoie une requête ARP depuis son interface FastEthernet 0/0. Le PC2 renvoie une réponse ARP contenant son adresse MAC. R3 met à jour son cache ARP avec une entrée pour 192.168.4.10 et l'adresse MAC qui a été renvoyée dans la réponse ARP.
2. Le paquet IPv4 est encapsulé dans une nouvelle trame liaison de données Ethernet et transféré à l'interface FastEthernet 0/0 de R3.
3. Lorsque le PC2 reçoit la trame, il examine l'adresse MAC de destination, qui correspond à l'adresse MAC de l'interface de réception, sa carte réseau Ethernet. Le PC2 copie alors le reste de la trame dans sa mémoire tampon.
4. Le PC2 constate que le type d'Ethernet indiqué est 0x800, ce qui signifie que la trame Ethernet contient un paquet IPv4 dans sa partie données.
5. Le PC2 désencapsule la trame Ethernet et transmet le paquet IPv4 au processus IPv4 de son système d'exploitation.

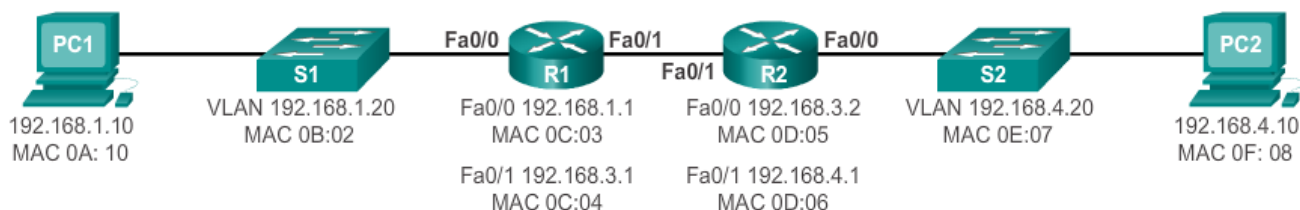
## Exercice : complétez les cases manquantes

Le PC1 envoie des données au PC2. Tous les périphériques respectent le protocole ARP. Indiquez le début du trafic.



Trame liaison de données de couche 2			Paquet de données de couche 3				
Adresse MAC de destination	Adresse MAC source	Type 0x800	Adresse IP source	Adresse IP de destination	Champs IP	Données	Code de fin
0C:03	0A:10		192.168.1.10	192.168.4.10			

Le routeur R2 a maintenant reçu la trame de PC1 et doit l'envoyer au PC2. Etablissez la trame suivante de transfert vers PC2



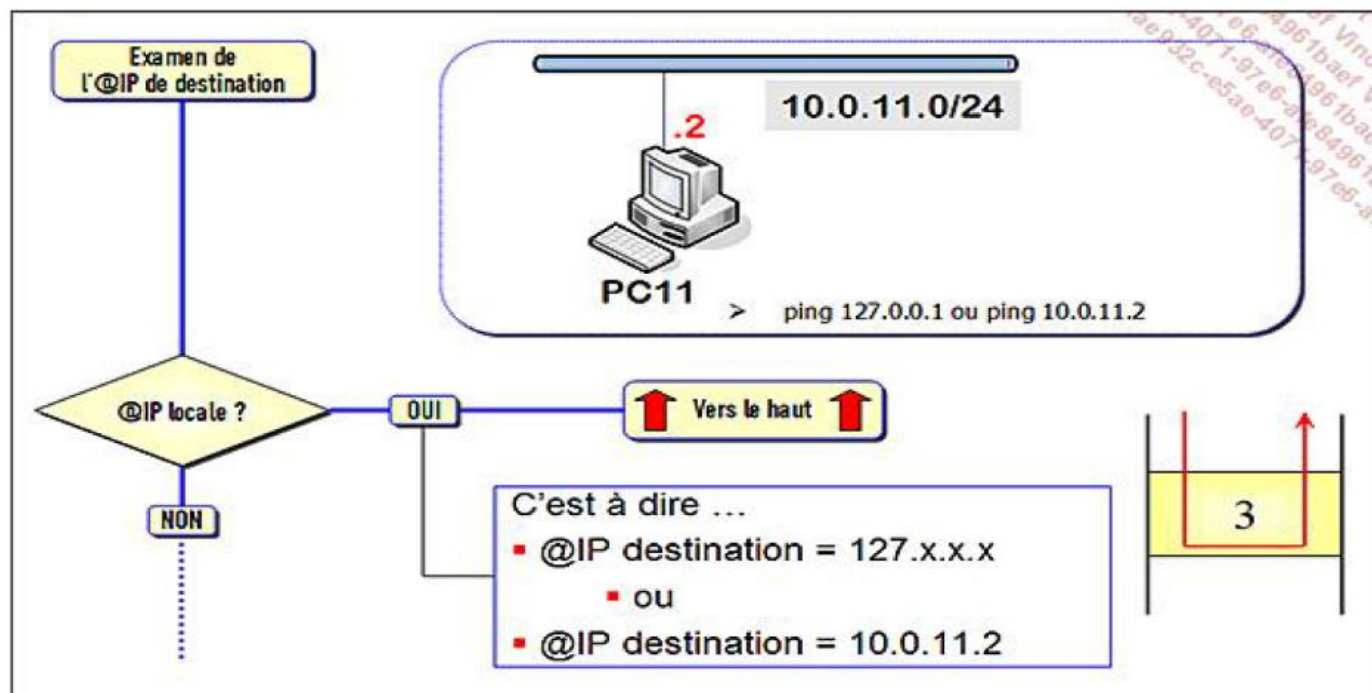
Trame liaison de données de couche 2			Paquet de données de couche 3				
Adresse MAC de destination	Adresse MAC source	Type 0x800	Adresse IP source	Adresse IP de destination	Champs IP	Données	Code de fin
0F:08	0D:05		192.168.1.10	192.168.4.10			



## 2 Comment trouver le routeur de sortie ?

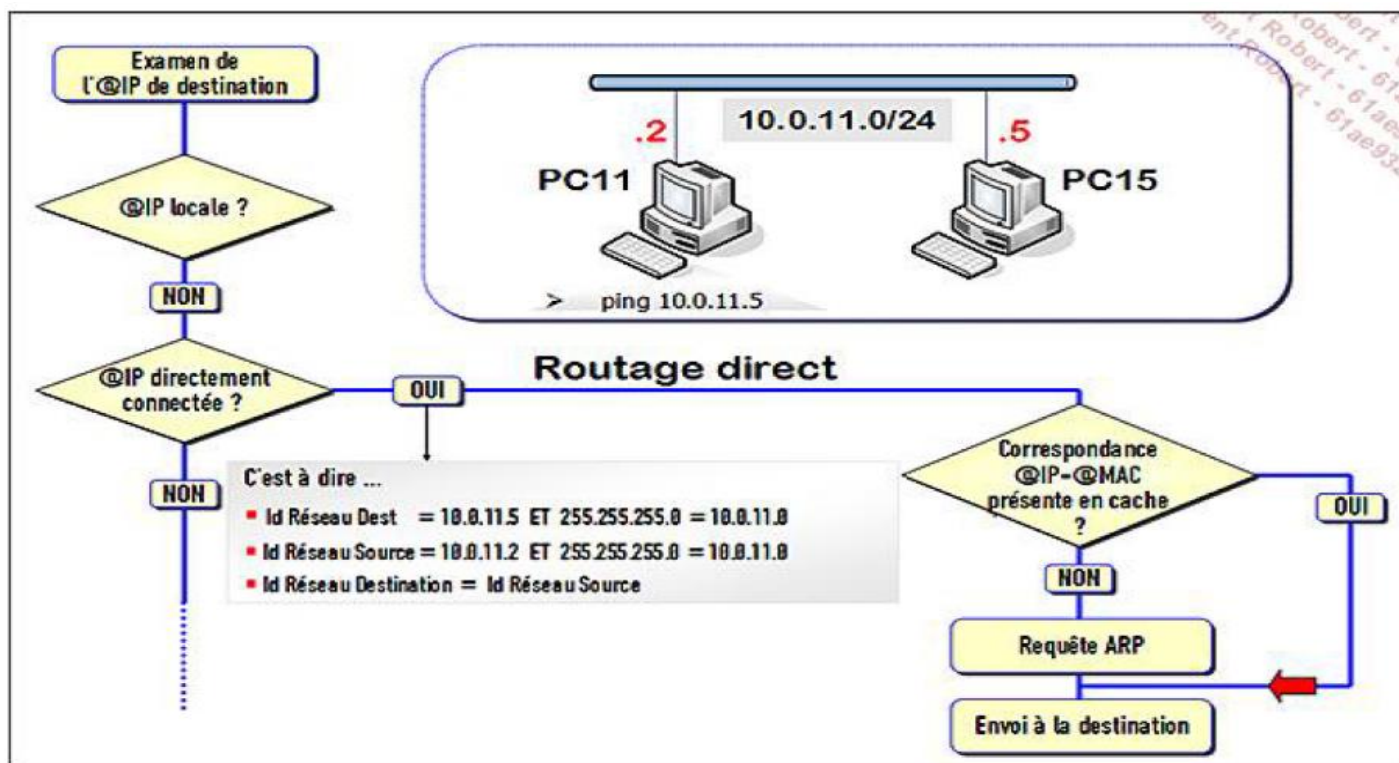
### 2.1 L'adresse de destination est-elle locale (appartient à la machine) ?

Si c'est le cas, le datagramme passe directement du buffer émission au buffer réception et n'est pas remis à la couche liaison.



### 2.2 L'adresse de destination est-elle directement connectée ?

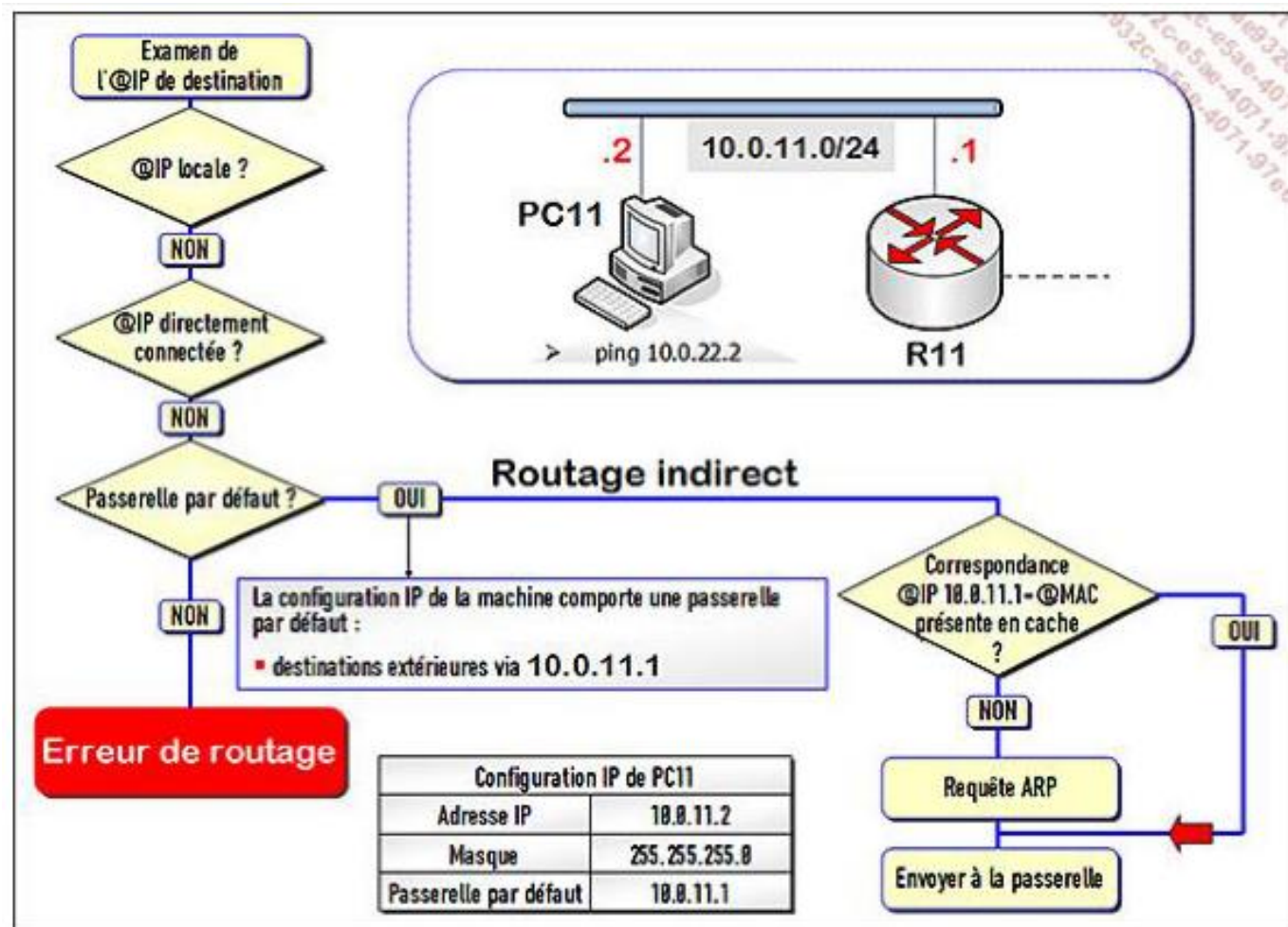
Il s'agit de déterminer si le destinataire et l'expéditeur partagent le même réseau. Si la réponse est oui, les deux hôtes peuvent communiquer sans nécessiter de périphérique intermédiaire de couche réseau (sans routeur). Il reste pour l'expéditeur à vérifier qu'il dispose de la correspondance @physique-@logique dans son cache ARP ou à déclencher une requête ARP au cas où cette correspondance manquerait, puis à remettre le datagramme à la couche liaison.



### 2.3 L'expéditeur connaît-il la passerelle ?

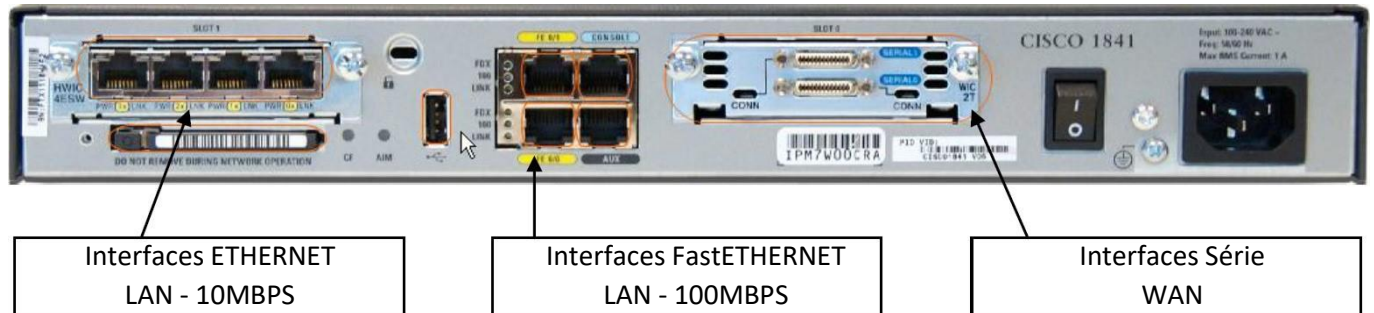
Si le test d'adjacence a montré que le destinataire n'est pas directement connecté, la solution consiste alors à confier le datagramme à un périphérique intermédiaire : le routeur, qui fait office de passerelle vers le réseau qui héberge le destinataire. L'adresse de la passerelle par défaut est un élément clé de la configuration IP de la machine.

Dans l'exemple ci-contre, le PC11 d'adresse 10.0.11.2/24 tente un ping sur l'adresse extérieure 10.0.22.2. La configuration IP de PC11 comporte la passerelle par défaut 10.0.11.1



### 3 Interfaces du routeur.

Un routeur relie plusieurs réseaux. Pour ce faire, il dispose de plusieurs interfaces, chacune appartenant à un réseau IP différent. Ces interfaces peuvent être connectées à des réseaux locaux (LAN) ou à des réseaux étendus (WAN). Les connecteurs et les supports de transmission sont donc spécifiques. Néanmoins, toutes les interfaces possèdent leur propre adresse IP.

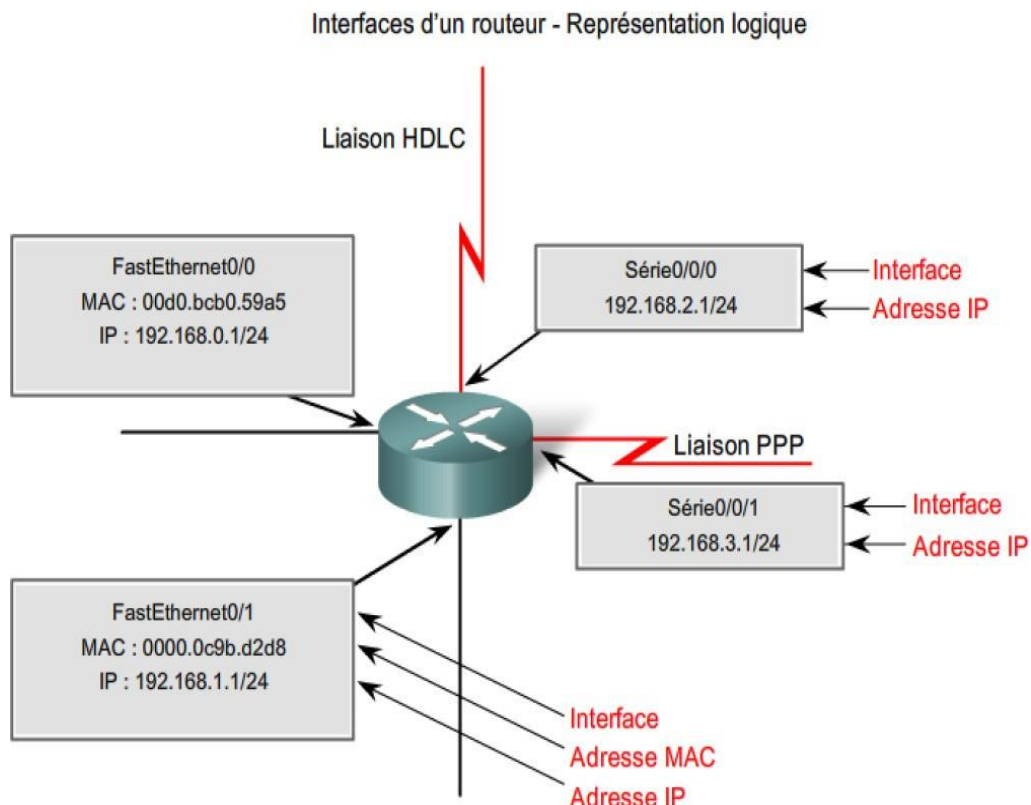


#### 3.1 Côté Côté LAN.

Côté LAN, le routeur possède généralement une interface Ethernet. Le connecteur est de type RJ45. Comme une carte réseau Ethernet de PC, une interface Ethernet de routeur possède également une adresse MAC de couche 2 et participe au réseau local Ethernet de la même manière que tous les autres hôtes de ce réseau. Il fait généralement office de passerelle par défaut pour les machines connectées sur cette interface.

#### 3.2 Côté WAN.

Les interfaces WAN servent à connecter les routeurs à des réseaux externes, généralement sur une distance géographique importante. L'encapsulation de couche 2 peut être de différents types, notamment PPP, Frame Relay et HDLC (High-Level Data Link Control). À l'instar des interfaces LAN, chaque interface WAN a sa propre adresse IP et son propre masque de sous-réseau.



## 4 Table de routage.

### 4.1 Adresse de destination.

Lorsqu'un routeur reçoit un paquet, il examine l'adresse IP de destination pour savoir où le transférer. L'adresse de destination est composée d'une partie réseau et d'une partie hôte. Le routeur s'intéresse à la partie réseau. Pour cela, il effectue un ET logique entre l'adresse et le masque correspondant. Exemple :

<b>Adresse de destination</b>	<b>194</b>	<b>·</b>	<b>51</b>	<b>·</b>	<b>7</b>	<b>·</b>	<b>49</b>
<b>Masque de sous-réseau</b>	<b>255</b>	<b>·</b>	<b>255</b>	<b>·</b>	<b>252</b>	<b>·</b>	<b>0</b>
<b>Adresse de réseau</b>	<b>194</b>	<b>·</b>	<b>51</b>	<b>·</b>	<b>4</b>	<b>·</b>	<b>0</b>

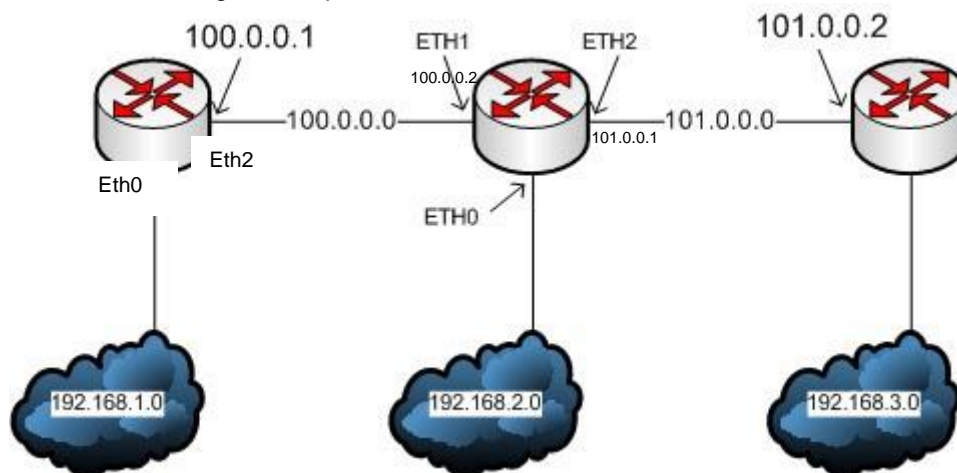
### 4.2 Table de routage.

Un routeur utilise une table de routage pour déterminer le lieu d'expédition des paquets. La table de routage contient un ensemble de routes. Chaque route décrit la passerelle ou l'interface utilisée par le routeur pour atteindre un réseau donné. Une route possède quatre composants principaux :

- le réseau de destination ;
- le masque de sous-réseau ;
- l'adresse de passerelle ou d'interface ;
- le coût de la route ou la mesure.

Réseau	Masque	Moyen de l'atteindre	Métrique
192.168.2.0	255.255.255.0	eth0	0
100.0.0.0	255.0.0.0	eth1	0
101.0.0.0	255.0.0.0	eth2	0
192.168.1.0	255.255.255.0	100.0.0.1	1
192.168.3.0	255.255.255.0	101.0.0.2	1

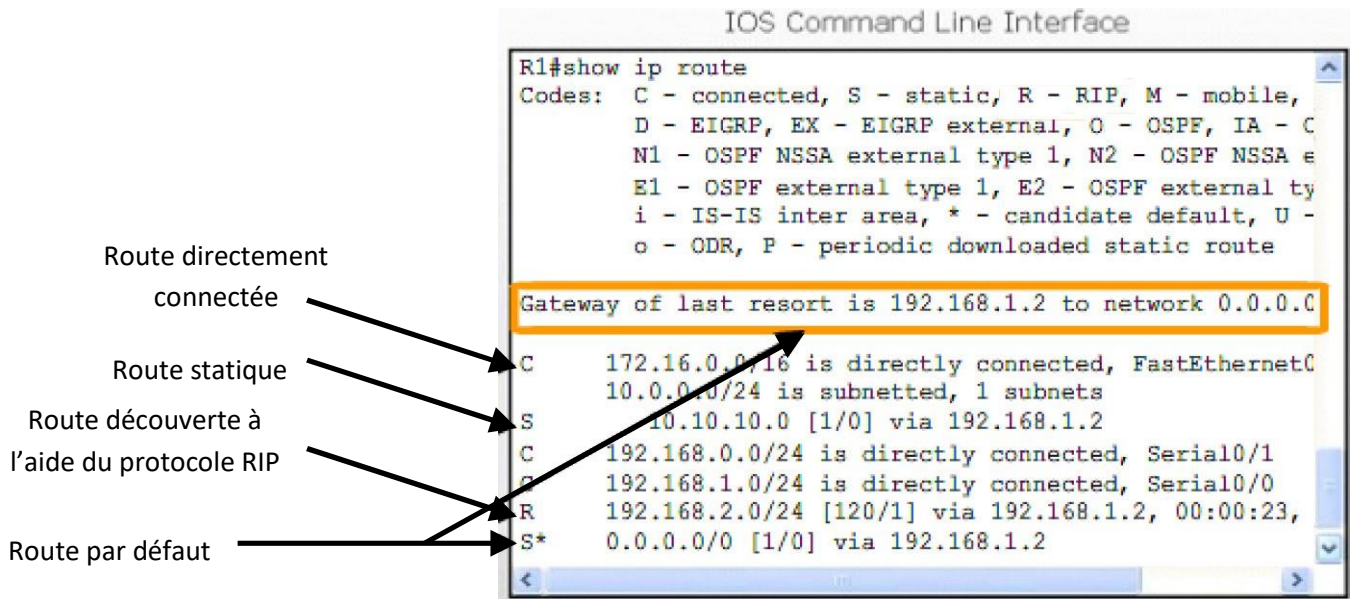
Cette table de routage correspond au routeur du milieu dans le réseau ci-dessous.



Par exemple, pour atteindre le réseau 192.168.1.0, le routeur central devra transmettre le message à l'adresse 100.0.0.1 via l'interface Eth1 et devra franchir 1 autre routeur avant d'arriver à destination.



### 4.3 Types de routes.



Une table de routage peut contenir différents types de routes. Elles sont classées en 4 grandes catégories. La table de routage ci-dessous présente ces catégories.

- **Routes directement connectées (C) :** Il s'agit des réseaux directement reliés au routeur.
- **Routes statiques (S) :** Ce sont des routes programmées manuellement, en indiquant l'adresse et le masque de destination, ainsi que la passerelle correspondant.
- **Routes dynamiques (R) ou (O) ou (D) :** Ces routes ont été envoyées au routeur par les routeurs voisins. Il peut ainsi apprendre la configuration du réseau en échangeant avec ses voisins. Il existe différents protocoles dynamique, parmi lesquels on peut citer RIP, OSPF, BGP.
- **Route par défaut (S\*) :** La route par défaut est un type de route statique qui spécifie une passerelle à utiliser lorsque la table de routage ne contient pas de chemin vers le réseau de destination.

**Si le routeur ne trouve pas de route correspondant à l'adresse de destination** et qu'il ne possède pas de route par défaut, le message est tout simplement détruit. L'expéditeur est alors informé par un message ICMP.

Un routeur contient la plupart du temps ces 4 types de routes simultanément.

## 5 Mécanisme de décision.

1. Chaque routeur prend sa décision tout seul, en fonction des informations disponibles dans sa table de routage.
2. Le fait qu'un routeur dispose de certaines informations dans sa table de routage ne signifie pas que les autres routeurs ont les mêmes informations.
3. Les informations de routage concernant un chemin menant d'un réseau à un autre ne fournissent aucune information sur le chemin inverse ou le chemin de retour.

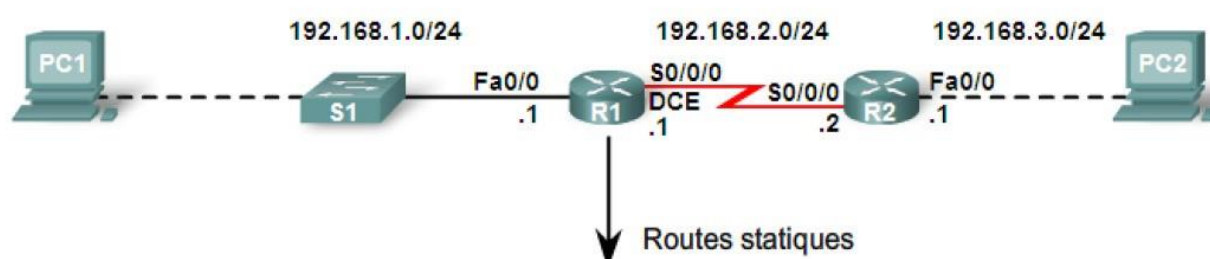
## 6 Routage statique

### 6.1 Quand utiliser les routes statiques ?

Les routes statiques doivent être utilisées dans les cas suivants :

- **Un réseau ne comporte que quelques routeurs.** Dans ce cas, l'utilisation d'un protocole de routage dynamique ne présente aucun bénéfice substantiel. Au contraire, le routage dynamique risque d'accroître la charge administrative.
- **Un réseau est connecté à Internet par le biais d'un seul FAI.** Il n'est pas nécessaire d'utiliser un protocole de routage dynamique sur ce lien car le FAI représente le seul point de sortie vers Internet.
- **Un réseau de grande taille est configuré dans une topologie Hub and Spoke.** Une topologie Hub and Spoke est constituée d'un emplacement central (le concentrateur ou « Hub ») et de multiples terminaisons (les rayons ou « spokes »), chaque rayon ayant une seule connexion au concentrateur.

Routes connectées et routes statiques



```
R1#show 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
```

```
C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
S    192.168.3.0/24 [1/0] via 192.168.2.2
```

**Remarque importante :** Si une route est défectueuse, le routeur continue à vouloir l'utiliser. C'est une des limites du routage statique.



## 7 ROUTAGE DYNAMIQUE.

Dès que le réseau atteint une certaine taille (avec plusieurs routeurs), il est nécessaire de mettre en œuvre un routage dynamique. Les protocoles de routage dynamique sont utilisés par les routeurs pour partager des informations sur l'accessibilité et l'état des réseaux distants. Les protocoles de routage dynamique effectuent plusieurs tâches, notamment :

- détection de réseaux.
- mise à jour et maintenance des tables de routage.

### 7.1 Détection automatique de réseaux

Concrètement, les routeurs s'échangent leurs tables et établissent un « meilleur chemin » s'il en existe plusieurs. Ce meilleur chemin dépend du protocole utilisé (voir plus loin).

### 7.2 Maintenance des tables de routage

Après la découverte initiale des réseaux, les protocoles de routage dynamique les mettent à jour et les gèrent dans leurs tables de routage. Les protocoles de routage dynamique déterminent également un nouveau meilleur chemin si le chemin initial devient inutilisable (ou si la topologie change).

### 7.3 Protocoles de routage IP

Il existe plusieurs protocoles de routage dynamique IP. Voici quelques-uns des protocoles de routage dynamiques les plus répandus en matière de routage des paquets IP :

- protocole RIP (Routing Information Protocol)
- protocole IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)
- protocole EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)
- protocole OSPF (Open Shortest Path First)
- protocole IS-IS (Intermediate System-to-Intermediate System)
- protocole BGP (Border Gateway Protocol)

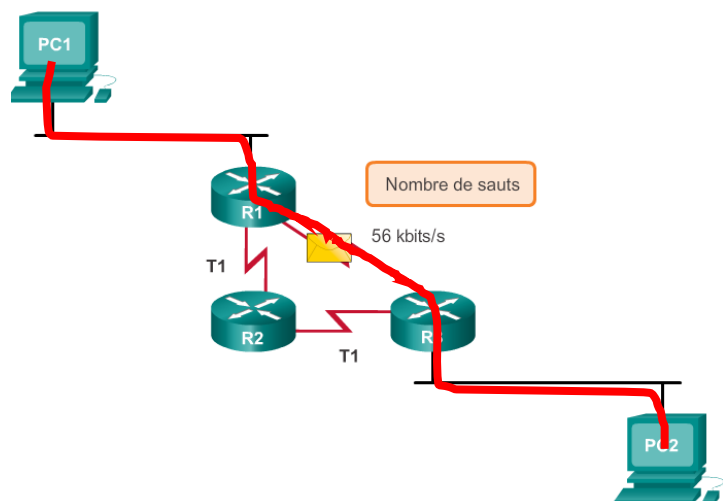
### 7.4 Meilleur chemin et métrique.

La détermination du meilleur chemin d'un routeur implique d'évaluer plusieurs chemins menant au même réseau de destination et de choisir le chemin optimal ou « le plus court » pour atteindre ce réseau.

Le meilleur chemin est sélectionné par un protocole de routage, qui utilise une valeur ou une métrique pour déterminer la distance à parcourir pour atteindre un réseau.

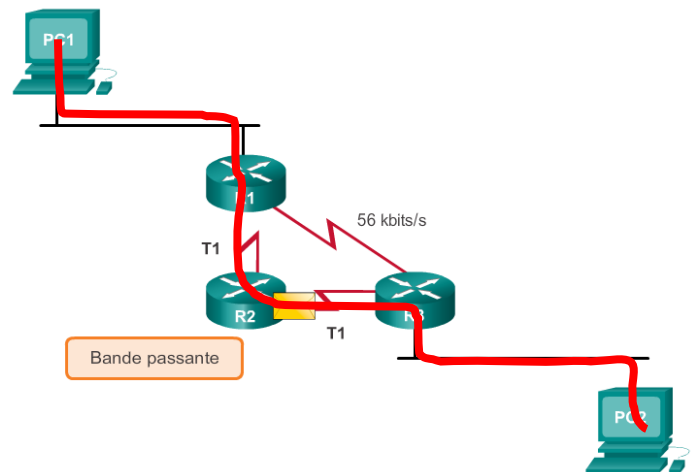
#### **Protocoles à vecteur de distance.**

Certains protocoles de routage, tels que le protocole **RIP**, se basent sur le nombre de sauts simples, qui représente le nombre de routeurs entre un routeur et le réseau de destination.



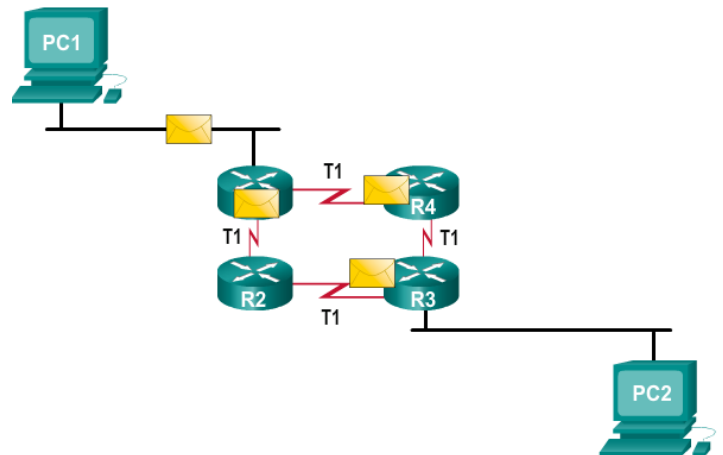
### Protocoles à état de liens.

Pour relier un routeur au réseau de destination, d'autres protocoles de routage, tels que le protocole **OSPF**, déterminent le chemin le plus court en examinant la bande passante des liens et en utilisant ceux dont la bande passante est la meilleure.



### Protocoles à équilibrage de charge.

Lorsqu'un routeur contient deux chemins ou plus vers une destination avec des métriques à coût égal, le routeur transmet les paquets en utilisant de manière égale les deux chemins. C'est ce que l'on appelle l'équilibrage de charge à coût égal. La table de routage contient le réseau de destination unique, mais plusieurs interfaces de sortie, une pour chaque chemin de coût égal. Le routeur transfère les paquets en utilisant les différentes interfaces de sortie répertoriées dans la table de routage. **Seul le protocole EIGRP prend en charge l'équilibrage de charge à coût inégal.**



## 8 Comparaison des différents algorithmes de routage

Les algorithmes utilisés pour l'établissement de ces tables de routage sont les suivants :

### 8.1 Algorithme routage statique

La table de routage est décrite de manière statique dans la configuration de l'équipement.

### 8.2 Algorithme vecteur – distance (Distance Vector)

La table de routage complète est diffusée périodiquement et uniquement aux **voisins** sur toutes les interfaces de l'équipement de routage.

L'information diffusée est :

- Adresse du réseau concerné
- Adresse du routeur par où passer (vecteur)
- Nombre de sauts (distance)

Les avantages de cet algorithme sont :

- Administration simple
- Algorithme simple

Les inconvénients de cet algorithme sont :

- Convergence (stabilisation) de la cartographie du réseau lente (problème de **comptage à l'infini**)
- Le coût est basé sur le nombre de sauts et non sur la vitesse du lien
- Volume d'informations transmis augmente rapidement avec la taille du réseau

**Proposition d'exposé : Le comptage à l'infini et les solutions existantes pour pallier ce problème.**

### 8.3 Algorithme état de lien (Link Vector)

Chaque équipement de routage possède la topologie complète du réseau.

- Chaque noeud diffuse périodiquement à tous les routeurs l'état de ses liens (par technique de flooding).
- Chaque noeud construit un arbre sous forme d'un graphe représentatif de la topologie du réseau.

Le coût d'une route peut être fonction de :

- Nombre de sauts
- Largeur de bande
- Priorité du protocole
- Coût d'utilisation
- Délais d'acheminement

Les avantages de cet algorithme sont que tous les équipements de routage calculent la mise à jour au même instant et donc, la convergence est très rapide.

Les inconvénients de ce type d'algorithme sont :

- Algorithme coûteux en termes de RAM et CPU
- Le type de diffusion utilisée nécessite l'utilisation d'une adresse de la classe D(adresse de **multicast**).
- L'ordre de démarrage des équipements de routage influe grandement sur l'image finale de la topologie du réseau.
- Sur un **balbutiement** du réseau (lien qui tombe et qui remonte), il peut y avoir des incohérences temporaires de la topologie réseau obtenue.

### 8.4 Algorithme hybride

Ce type d'algorithme combine les caractéristiques des 2 algorithmes précédents.

## 9 Synthèse des algorithmes de routage

Le tableau suivant présente une synthèse des différents algorithmes avec leurs avantages et inconvénients :

Protocole	RIP	RIP-2	EIGRP	OSPF	EGP	BGP-4
Type	IGP	IGP	IGP	IGP	EGP	EGP
Algorithme	DV	DV	DV	LV	DV	DV
Métrique	Saut	Saut	Vitesse	Administratif	Politique	Politique
Convergence	Lente	Lente	Rapide	Rapide	Lente	Rapide
Support VLSM	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Oui

Les abréviations suivantes sont utilisées dans ce tableau :

- IGP : Interior Gateway Protocol
- EGP : External Gateway Protocol
- VLSM : Variable-Length Subnet Masking (masque de sous réseau de longueur variable)
- DV : Distance Vector
- LV : Link Vector

Le domaine administratif représente le degré de fiabilité de la route. Plus il est faible, plus la source de la route est fiable. Par exemple, une route statique a un domaine administratif de 1, alors qu'une route découverte par le protocole EIGRP a un domaine administratif de 90. Sur deux routes distinctes menant à la même destination, le routeur choisit celle présentant le plus faible domaine administratif. Si le routeur doit choisir entre une route statique et une route EIGRP, la route statique est prioritaire.

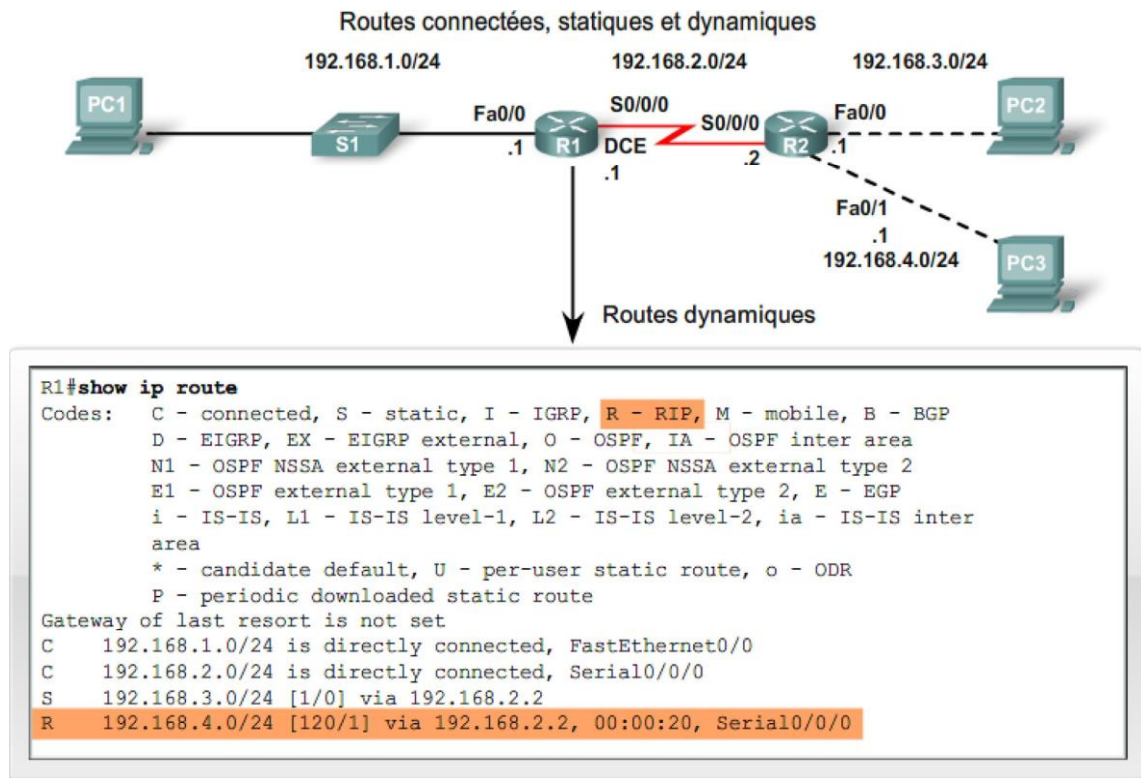
Les tableaux ci-dessous présentent les distances administratives et le coût (métrique) de chaque liaison.

Origine de la route	Distance administrative	Mesure(s) par défaut
Connecté	0	0
Statique	1	0
Résumé du routage EIGRP	5	
Protocole BGP externe	20	Valeur attribuée par l'administrateur
Protocole EIGRP interne	90	Bande passante, délai
Protocole IGRP	100	Bande passante, délai
Protocole OSPF	110	Coût de la liaison (bande passante)
Protocole de routage IS-IS	115	Coût de la liaison (valeur attribuée par l'administrateur)
Protocole RIP	120	Nombre de sauts
Protocole EIGRP externe	170	
Protocole BGP interne	200	Valeur attribuée par l'administrateur

Tableau des distances administratives

Medium	Coût
Ligne série 56kbps	1785
T1 (ligne série 1544kbps)	64
E1 (ligne série 2048kbps)	48
Token Ring 4 Mbps	25
Ethernet	10
Token Ring 16Mbps	6
Fast Ethernet 100Mbps, FDDI	1

Tableau des coûts OSPF



Dans l'illustration ci-dessus la route dynamique déclarée utilise le protocole RIP. L'indication entre crochets [120/1] est décomposée comme suit :

- Le premier nombre représente la **Distance Administrative** ou fiabilité du protocole utilisé (120 pour RIP).
- Le second chiffre est la **métrique**. Ici, 1 seul routeur sépare R1 de PC3.

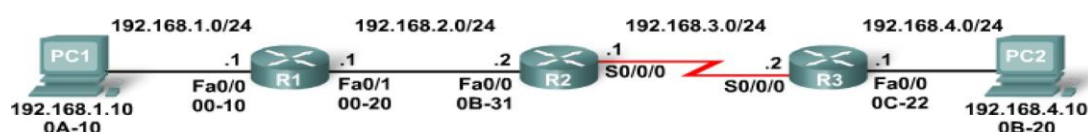
## 10 Fonction de commutation.

Que fait un routeur d'un paquet qu'il a reçu d'un réseau et qui est destiné à un autre réseau ? Le routeur effectue les trois étapes principales suivantes :

1. Il décapsule le paquet de couche 3 en supprimant l'en-tête et la queue de bande de la trame de couche 2.
2. Il examine l'adresse IP de destination du paquet IP pour trouver le meilleur chemin dans la table de routage.
3. Il encapsule le paquet de couche 3 dans une nouvelle trame de couche 2 et transfère la trame à l'interface de sortie.

Il est fort possible que le paquet soit encapsulé dans un type de trame de couche 2 différent de celui dans lequel il a été reçu. Par exemple, le paquet peut être reçu par le routeur sur une interface FastEthernet, encapsulé dans une trame Ethernet et transféré d'une interface série encapsulé dans une trame PPP.

L'illustration ci-dessous présente un chemin qui utilisera des liaisons Ethernet et Série.



Dans tous les cas, les adresses IP Source et Destination ne changent pas.

## 11 ANNEXE : Commandes de bases IOS de paramétrage des routeurs CISCO

Précisions sur le site : <http://routeur.clema.net.com/configuration-base-routeur-cisco.php>

### 11.1 Configuration initiale du routeur

<pre>Router&gt;enable Router#configure terminal Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z. Router(config)#hostname NOM_DU_ROUTEUR NOM_DU_ROUTEUR(config)#enable secret PASSWORD_MODE_PRIVILEGIE NOM_DU_ROUTEUR(config)#line console 0 NOM_DU_ROUTEUR(config-line)#password MOT_DE_PASSE_CONSOLE NOM_DU_ROUTEUR(config-line)#login NOM_DU_ROUTEUR(config-line)#exit NOM_DU_ROUTEUR(config)#line vty 0 4 NOM_DU_ROUTEUR(config-line)#password MOT_DE_PASSE_TELNET NOM_DU_ROUTEUR(config-line)#exit NOM_DU_ROUTEUR(config)#service password-encryption NOM_DU_ROUTEUR(config)#banner motd "ACCES RESERVE AUX PERSONNES AUTORISEES" NOM_DU_ROUTEUR(config)# NOM_DU_ROUTEUR(config)#exit NOM_DU_ROUTEUR# %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console  NOM_DU_ROUTEUR#copy running-config startup-config Destination filename [startup-config]? Building configuration... [OK] NOM_DU_ROUTEUR#</pre>	<p>Passage en mode privilégié</p> <p>Définition du nom du routeur</p> <p>Mot de passe mode privilégié</p> <p>Mot de passe connexion console</p> <p>5 connexions telnet simultanées</p> <p>Mot de passe connexion telnet</p> <p>Cryptage des mots de passe</p> <p>Définition d'une bannière de connexion</p> <p>Sauvegarde configuration</p>
--	---

Pour supprimer une commande, il suffit de la réécrire en la faisant précéder de **no**, par exemple :

```
routeur-cisco(config)#no hostname
```

### 11.2 Adressage IP d'une interface

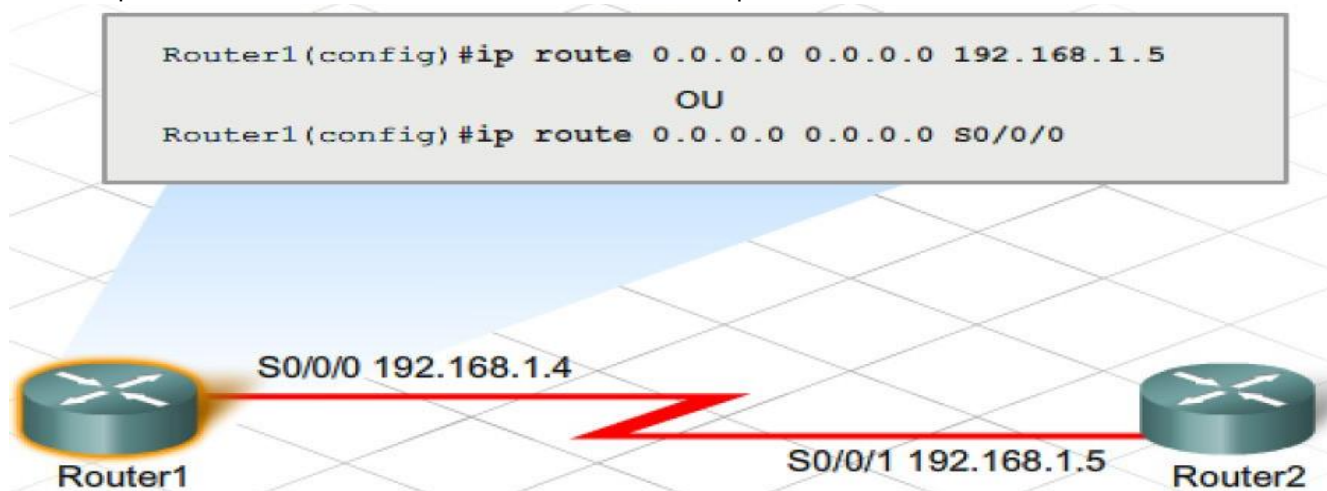
<pre>Router(config)#interface fastEthernet 0/0 Router(config-if)#ip address 192.168.100.1 255.255.255.0 Router(config-if)#no shutdown ... Router# show ip interface brief</pre>	<p>Configuration de l'interface</p> <p>Définition @IP et masque</p> <p>Activation de l'interface</p> <p>Décrit les interfaces du routeur</p>
---	--



## 11.4 Routage statique.

### 10.1.1. Configuration d'une route par défaut.

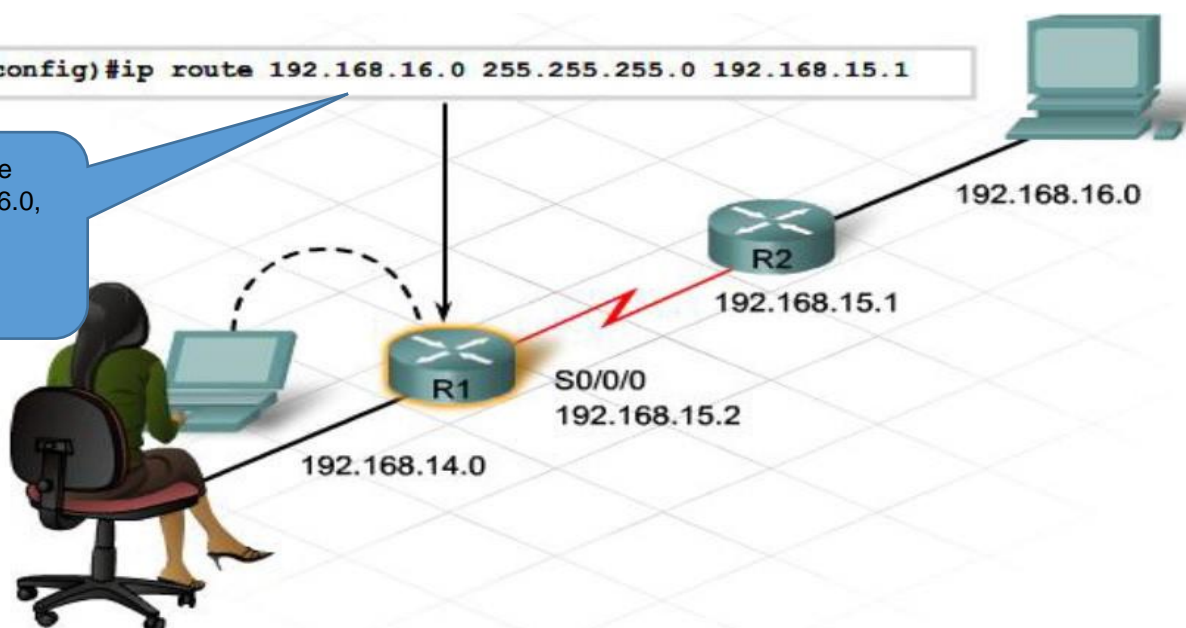
Dans le cas où la route n'est pas connue par le routeur, il redigera les paquets vers l'interface de la route par défaut, c'est-à-dire 192.168.1.5 dans le 1<sup>er</sup> exemple ci-dessous.



### 10.1.2. Configuration d'une route statique.

```
R1(config)#ip route 192.168.16.0 255.255.255.0 192.168.15.1
```

Pour atteindre le réseau 192.168.16.0, on passe par l'interface 192.168.15.1



### 10.1.3. Activation du routage.

```
Router(config)# iprouting
```

### 10.1.4. Vérifier la table de routage.

```
Router# show ip route
```

La lettre C devant une route indique un réseau directement connecté.

La lettre S indique une route statique.

Le symbole \* indique la route par défaut (si elle est déclarée).

## 11.5 Routage RIP.

### 10.2.1. Configuration de base.

RIP est un protocole à vecteur de distance courant, pris en charge par la plupart des routeurs. Il s'agit d'un choix approprié pour les petits réseaux dotés de plusieurs routeurs.

Pour la configuration la plus basique du protocole RIPv2, trois commandes sont à retenir :

Router(config)# <b>router rip</b>	Active le routage RIP
Router (config-router)# <b>version 2</b>	Spécifie la version (1 ou 2)
Router(config-router)# <b>network [numéro_réseau]</b>	Déclare les réseaux connectés directement au routeur
Router(config)# <b>ip default-network [numéro_réseau]</b>	destination par défaut

### 10.2.2. Vérifications.

Router# <b>show ip route</b>	Affiche la table de routage
------------------------------	-----------------------------

La lettre C devant une route indique un réseau directement connecté.

La lettre S indique une route statique.

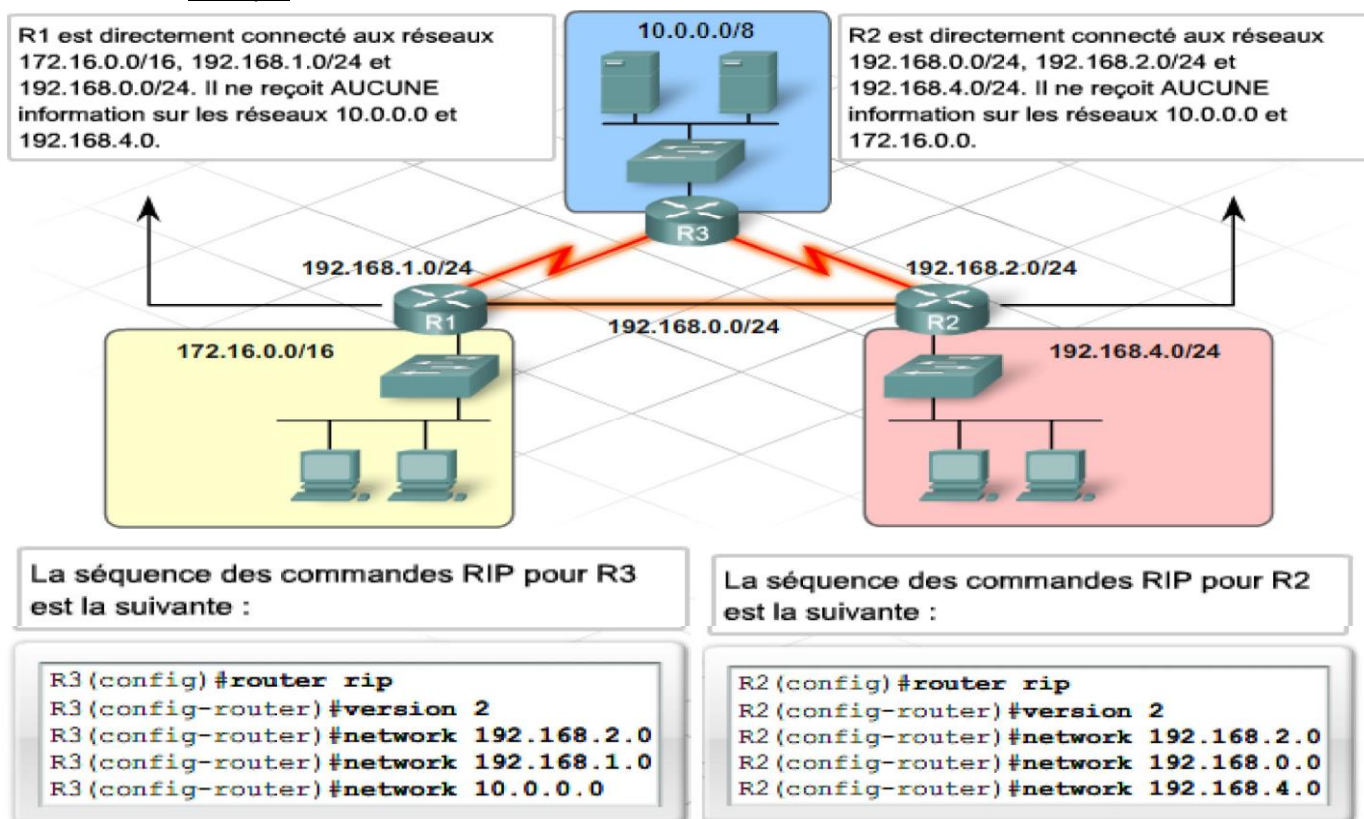
La lettre R indique une route découverte grâce au protocole RIP.

Le symbole \* indique la route par défaut (si elle est déclarée).

La commande show ip protocols vérifie que le routage RIP est configuré, que les interfaces correctes envoient et reçoivent des mises à jour RIP et que le routeur annonce les réseaux appropriés.

La commande debug ip rip peut être utilisée pour observer les réseaux annoncés dans les mises à jour de routage à mesure que celles-ci sont envoyées et reçues. A utiliser avec parcimonie...

### 10.2.3. Exemple



Dans cette configuration, chaque routeur est connecté à un réseau local. En plus des réseaux interrouteurs, cela fait 6 réseaux.

## 11.6 Routage OSPF.

### 10.3.1. Activation du routage.

OSPF est activé à l'aide de la commande de configuration globale **router ospf process-id**. Le process-id (id de processus) est un nombre compris entre 1 et 65535 choisi par l'administrateur réseau. Le process-id n'a qu'une signification locale, ce qui veut dire qu'il n'a pas à correspondre à celui des autres routeurs OSPF.

```
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#
```

Il faut ensuite déclarer les réseaux participants par la commande

```
Router(config-router)# network réseau masque-generique area
```

Vous noterez que le masque est différent de ceux habituellement utilisés : il s'agit du **masque générique**. Pour simplifier, c'est l'inverse du masque normal.

Le champ area fait référence à la zone OSPF. Une zone OSPF est un groupe de routeurs qui partagent les informations d'état de liens.

```
R1(config-router)#network 172.16.1.16 0.0.0.15 area 0
R1(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.3 area 0
R1(config-router)#network 192.168.10.4 0.0.0.3 area 0
```

Pour que l'OSPF fonctionne de manière appropriée, il est essentiel de définir la bande passante des interfaces séries.

Exemple: La bande passante d'une liaison série à 64kbits/s

```
Router(config)# interface serial 0/0
Router(config-if)# bandwidth 64
```

L'instruction de configuration suivante propagera la route par défaut à tous les routeurs situés dans la zone OSPF :

```
Router(config-router)# default-information originate
```

### 10.3.2. Vérifications.

```
Router# show ip route
```

Affiche la table de routage

La lettre C devant une route indique un réseau directement connecté.

La lettre S indique une route statique.

La lettre O indique une route découverte grâce au protocole OSPF.

Le symbole \* indique la route par défaut (si elle est déclarée).

La commande **show ip ospf neighbor** peut être utilisée pour vérifier et réparer les relations de voisinage OSPF.

## 12 Origine des sources qui ont permis d'élaborer ce document

- Un document que j'ai trouvé très clair d'un enseignant en Bac Pro SEN de l'académie de Lyon ; je le remercie vivement ☺
- Extraits du livre « Notions de base sur les réseaux aux éditions ENI »
- Des tutoriels du site « Developpez.com »
- Des documents internet divers...