

Chapitre 1: Principe de routage et de transfert de paquets

Fatma Louati Ben Mustapha

Routage dans les Réseaux

2^{ème} année Ingénieur Info

ENICarthage

Plan

Introduction: caractéristiques du réseau

1. Le routeur

1. Vue d'ensemble
2. Processeur et mémoire
3. Internetwork Operating System
4. Processus d'amorçage
5. Interfaces
6. Routeur et couche réseau

2. Configuration routeur de base

3. Élaboration table de routage

1. Exemple de table de routage
2. Principes d'une table de routage

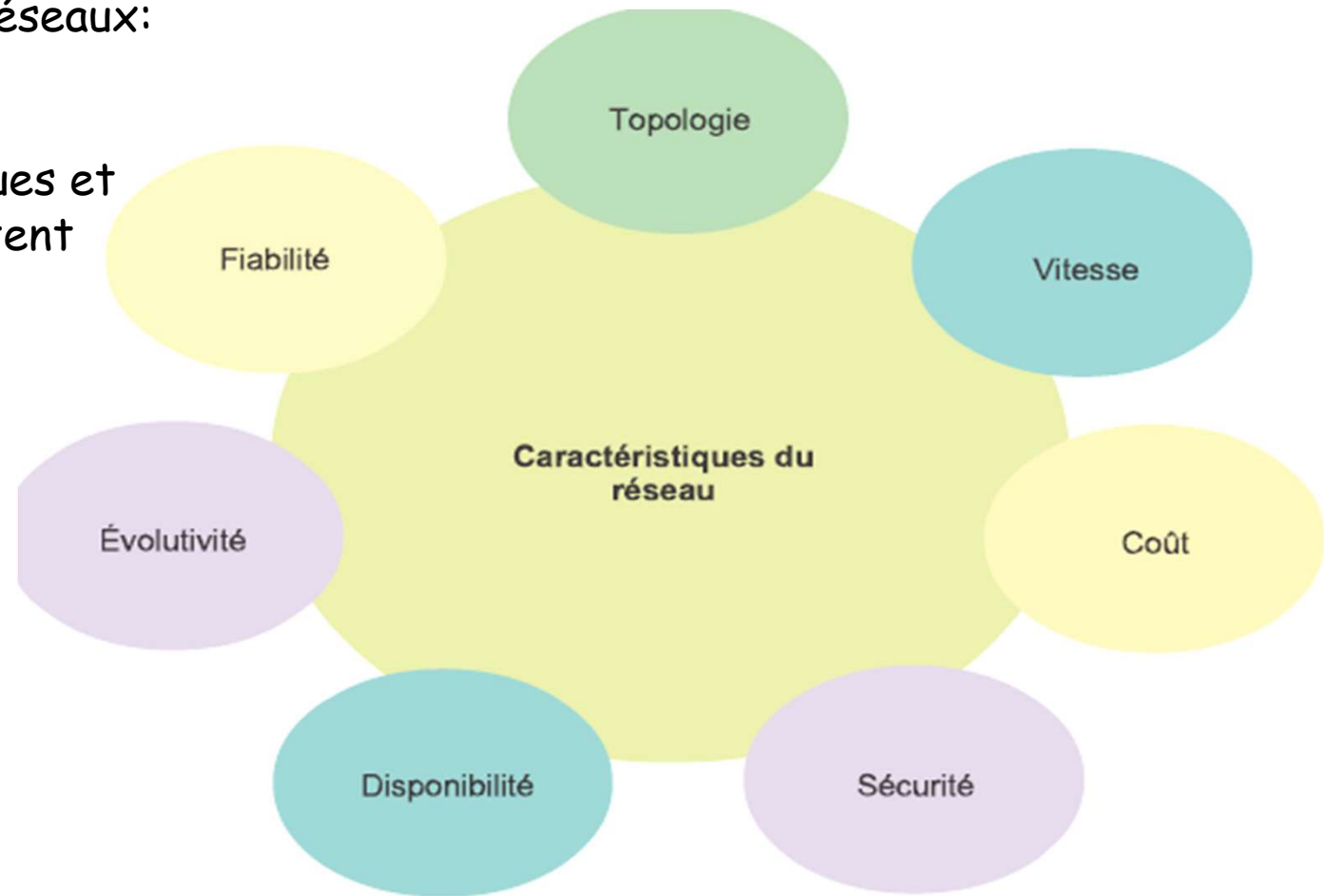
4. Détermination du chemin

5. La fonction de commutation




Caractéristiques du réseau

Utilisation de nombreux indicateurs en matière de structure et de performances pour étudier les réseaux:

Ces caractéristiques et attributs permettent de comparer différentes solutions réseau.

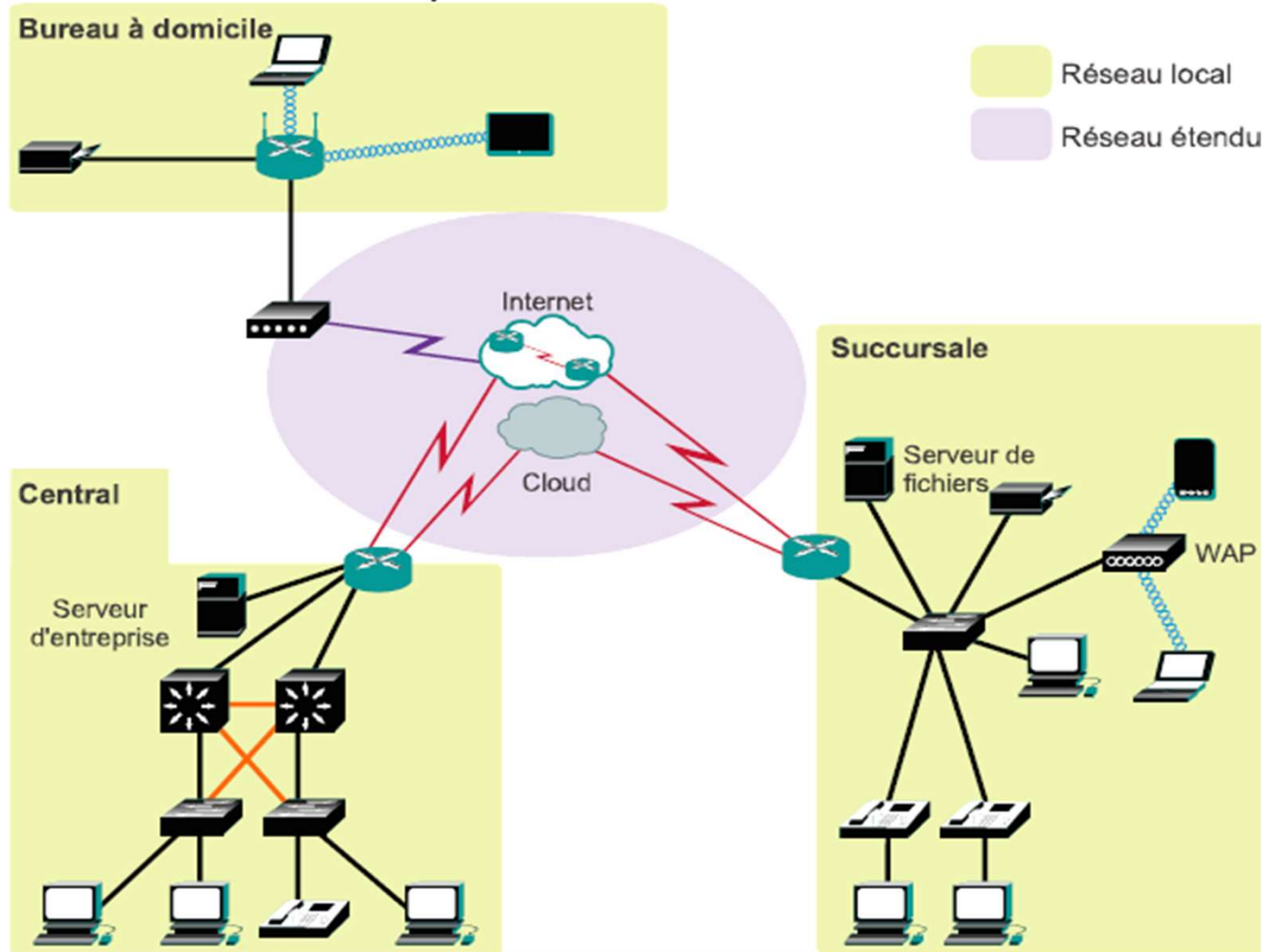


Caractéristiques du réseau

- **Topologie** 
 - Physique  configuration câbles et périphériques réseau
 - Logique  chemin de transmission de données
- **Vitesse**: débit des données pour une liaison du réseau (bits/s)
- **Coût**: dépenses consacrées à l'achat de composants réseau, ainsi qu'à l'installation et à la maintenance du réseau
- **Sécurité**: niveau de protection du réseau et des informations transmises sur le réseau (évolution en permanence)
- **Disponibilité**: probabilité d'être disponible lorsqu'on en a besoin
- **Évolutivité**: facilité d'accueillir plus d'utilisateurs et répondre à davantage de demandes de transmission de données
- **Fiabilité**: capacité à fonctionner sans incidents des éléments constitutifs du réseau (routeurs, commutateurs, ordinateurs, et serveurs). Probabilité de panne ou l'intervalle moyen entre les défaillances.

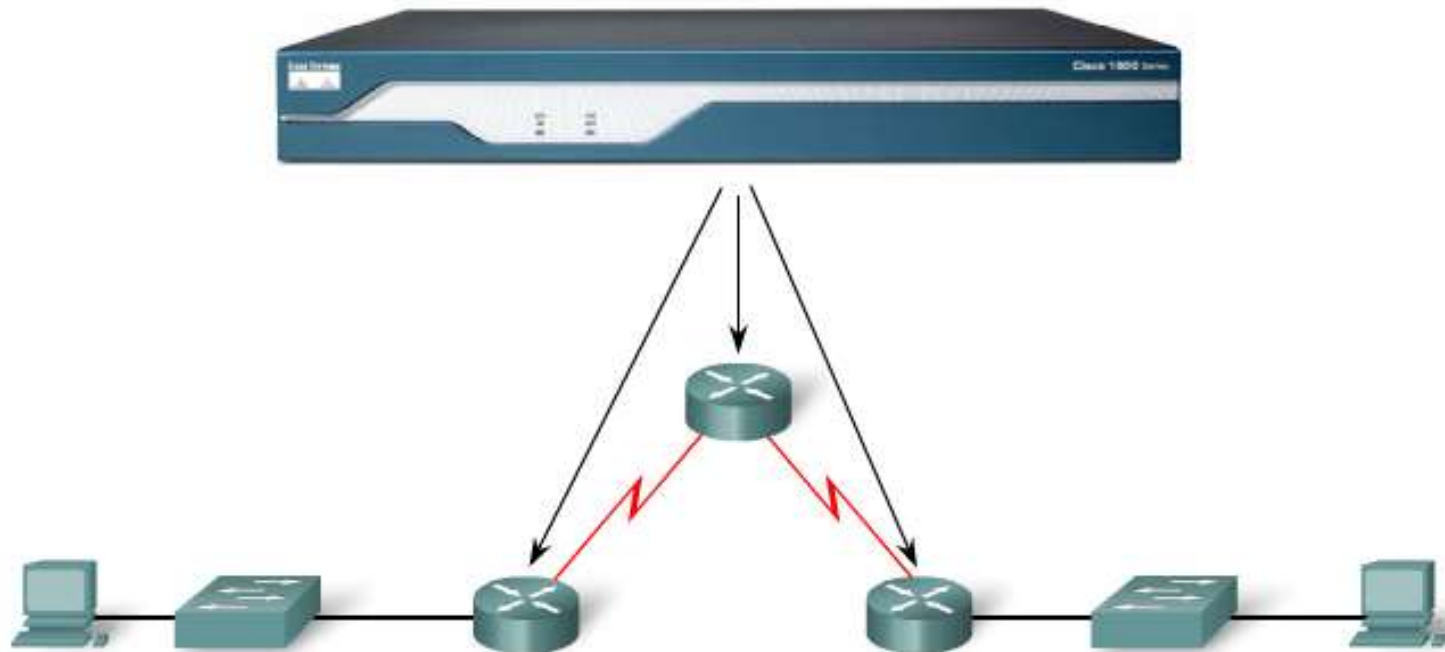
Exemple de réseau

Exemple de connexions LAN et WAN



1. Le routeur

- Centre du réseau = jonction, intersection, qui relie plusieurs réseaux IP
- But = relier un réseau à un autre
 - Responsable de transmission paquets à travers différents réseaux
 - Décision principale basée sur infos de couche 3: l'@ IP de destination
 - Transmission doit être **rapide et efficace**



1.1. Voyants LED

- La plupart des interfaces réseau disposent d'un ou deux voyants LED de liaison: voyant LED vert indique une bonne connexion, tandis qu'un voyant LED vert clignotant fait état d'une activité réseau
- Si voyant de liaison ne s'allume pas ➡ problème au niveau du câble réseau ou du réseau lui-même.
- Le port de commutateur auquel aboutit la connexion doit également présenter un voyant LED allumé.
 - Si l'une des extrémités ou les deux ne s'allument pas ➡ problème au niveau du câble
- Chaque périphérique dispose d'une série unique de LED. Description précise des LED dans documentation propre à chaque périphérique

1.2. Vue d'ensemble du routeur

- Routeur = ordinateur
 - Composants matériels et logiciels communs avec d'autres ordinateurs
 - Processeur
 - RAM
 - ROM
 - Système d'exploitation
- Contrairement à un ordinateur, un routeur ne dispose pas d'adaptateurs vidéo ou de carte son. Au lieu de cela, les routeurs sont équipés de ports spécialisés et de cartes réseau pour interconnecter les périphériques à d'autres réseaux
- Relie plusieurs réseaux ➡ plusieurs interfaces appartenant chacune à un réseau IP différent

1.2. Vue d'ensemble du routeur

■ Vue de face

- Routeur ISR 1841, relativement économique, destiné aux petites et moyennes entreprises et aux agences (combine fonctions de services de données, de sécurité et sans fil)



Diodes électroluminescentes (LED)
➡ état de connexion de chaque port

1.3. Vue d'ensemble du routeur

■ Vue arrière

Carte d'interface WAN haut débit (HWIC)
à détection automatique Cisco EtherSwitch
10BASE-T/100BASE-TX 4 ports

Logements de carte d'interface WAN
haut débit (HWIC)



Port USB à logement unique

Module Compact Flash
Mémoire utilisée pour stocker
l'image logicielle, les fichiers
de configurations et les fichiers
journaux

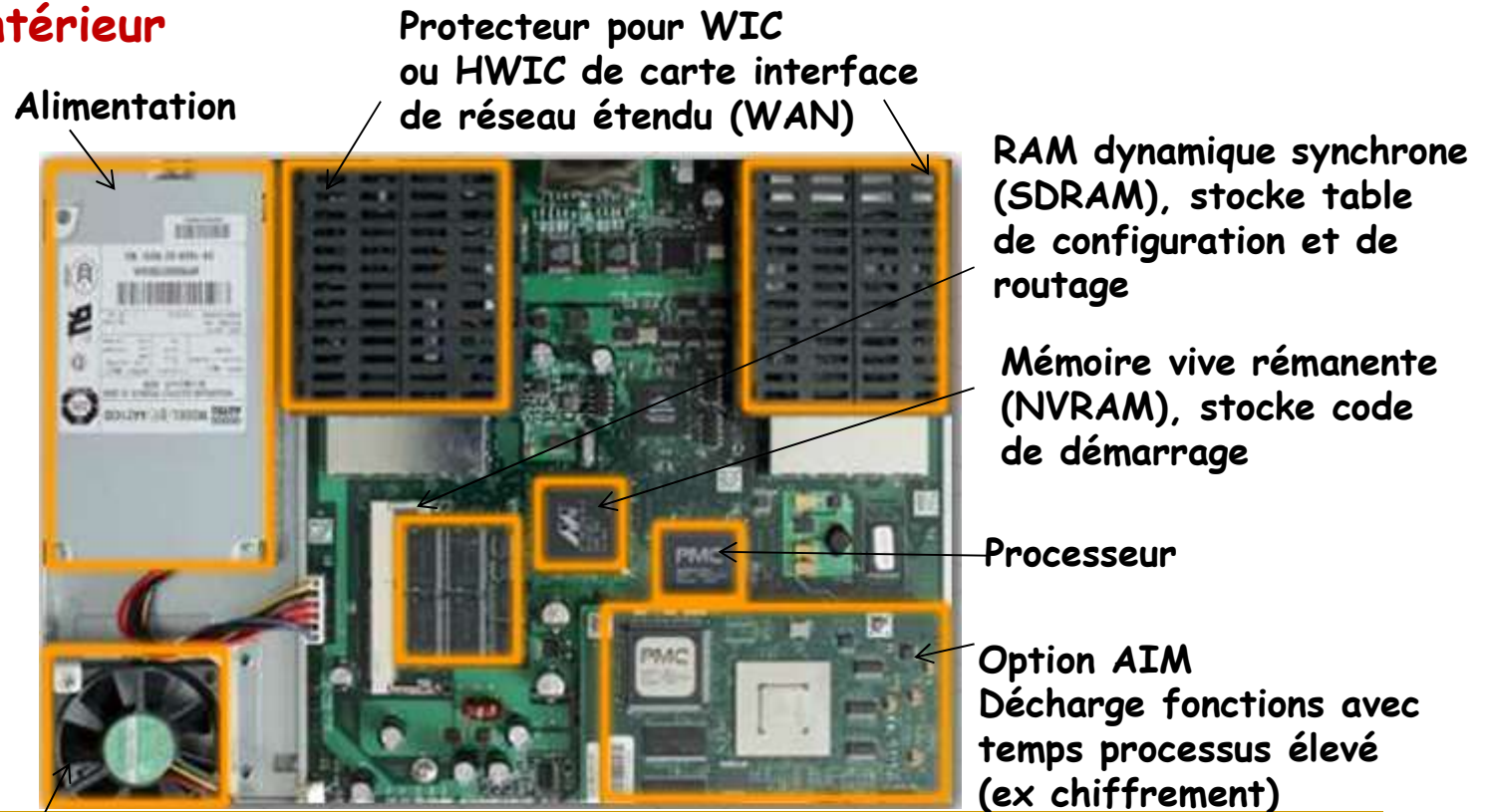
Ports Ethernets
Port console / Port auxiliaire

Alimentation

1.3. Processeur et mémoire

- Plusieurs modèles de routeurs mais même composants matériels
 - Selon le modèle, composants à différents emplacements

- **Vue de l'intérieur**



1.3. Processeur et mémoire

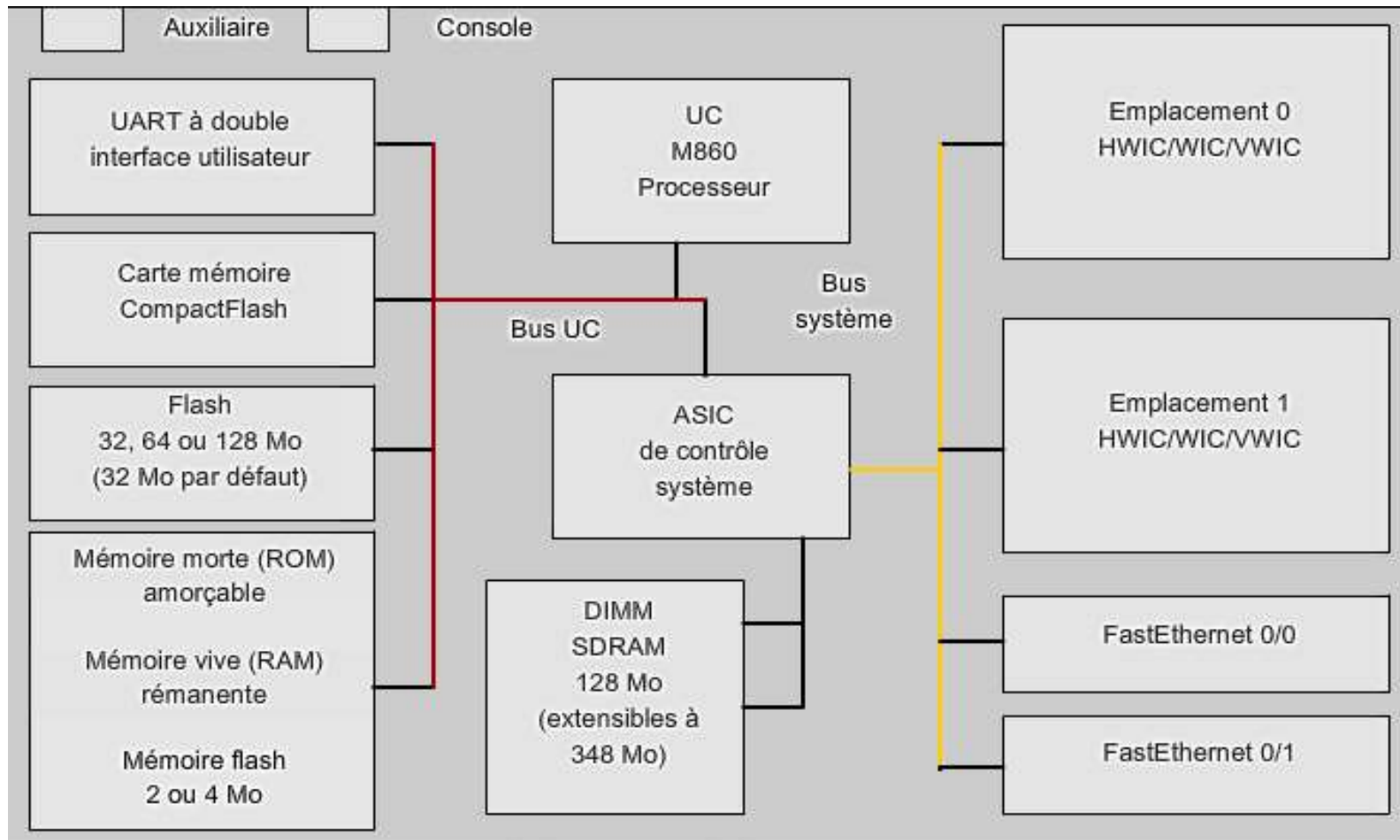
- Autres composants du routeur:
 - **Unité centrale (UC)**
 - **Mémoire vive (RAM):** volatile
 - **Mémoire morte (ROM):** permanente
 - **Mémoire flash:** non volatile pouvant être stockée et effacée électriquement. Ne perd pas son contenu lorsque le routeur est mis hors tension ou redémarré.
 - **Mémoire vive non volatile:** non volatile, ne perd pas les informations qu'elle contient lorsque le système est mis hors tension
 - S'oppose aux formes les plus courantes de mémoire vive, telles que la mémoire vive dynamique (DRAM), qui nécessite une alimentation continue pour conserver les informations

1.3. Processeur et mémoire

- **Unité centrale (UC):** Exécute instructions système d'exploitation
 - Initialisation système, fonctions de routage, commutation
- **Mémoire vive (RAM):** Stocke instructions et données requises pour exécution par UC:
 - IOS Cisco copié dans mémoire vive pendant amorçage
 - Fichier configuration en cours (running-config)
 - Table de routage IP
 - Cache ARP
 - Mémoire tampon de paquets : paquets stockés temporairement dans mémoire tampon lors de réception avant émission
- **Mémoire morte (ROM):** enregistre
 - Instructions d'amorçage
 - Logiciel de diagnostic de base
 - Version réduite d'IOS
- **Mémoire flash:** stockage permanent pour Cisco IOS
 - barrettes SIMM ou cartes PCMCIA (mise à niveau possible)
- **Mémoire vive non volatile:** stockage permanent pour fichier configuration initiale (startup-config)

1.3. Processeur et mémoire

- Schéma logique des composants internes d'un routeur Cisco 1841



1.4. Internetwork Operating System

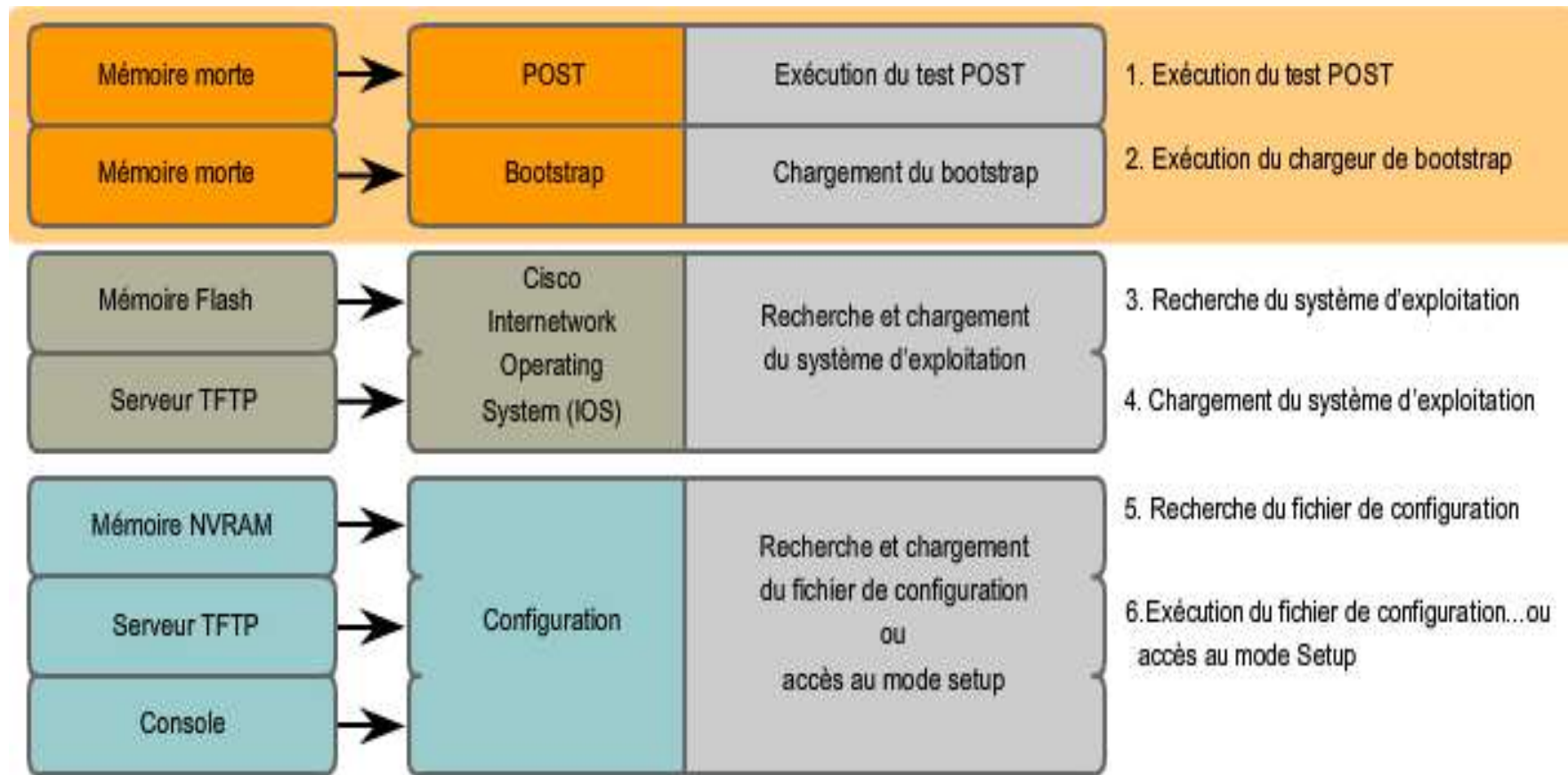
- Cisco Internetwork Operating System (IOS) = logiciel du système d'exploitation utilisé dans routeurs Cisco
 - Gestion ressources matérielles et logicielles du routeur: allocation mémoire, processus, sécurité et systèmes de fichiers
 - Multitâche, intégré aux fonctions de routage, de commutation, d'interconnexion et de télécommunications
- Image IOS = fichier contenant l'IOS entier pour un routeur donné
 - Selon modèle routeur et fonctions intégrées à l'IOS, création de nombreux types d'images IOS différentes
 - En général, plus l'IOS comprend de fonctions, plus l'image IOS est grande et plus la quantité de mémoire flash et de mémoire vive nécessaire au stockage et au chargement de l'IOS est importante
 - Ex fonctions telles que exécution IPv6 ou NAT

1.4. Internetwork Operating System

- Lors de l'amorçage, fichier configuration initiale enregistré dans mémoire vive non volatile copié dans mémoire vive et enregistré en tant que fichier de configuration en cours
- IOS exécute commandes configuration dans fichier « running-config »
- Toute modification est enregistrée dans la configuration en cours et immédiatement implémentée par l'IOS

1.5. Processus d'amorçage

- Quatre phases principales:
 1. Test automatique mise sous tension (POST): tester matériel (diagnostics)
 2. Chargement programme d'amorçage
 3. Localisation chargement logiciel Cisco IOS
 4. Localisation et chargement fichier config initiale ou passage en mode Config



1.5. Processus d'amorçage

- Vérification : **show version**
 - version logiciel Cisco IOS active, programme d'amorçage, info sur configuration matérielle: quantité de mémoire système, etc.

The diagram illustrates the output of the `show version` command on a Cisco router, with labels on the left pointing to specific lines of output on the right. The output is as follows:

```
Router#show version
Cisco Internetwork Operating System Software
IOS (tm) C2600 Software (C2600-I-M), Version 12.2(28), RELEASE SOFTWARE (fc5)

Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport
Copyright (c) 1986-2005 by cisco Systems, Inc.
Compiled Wed 27-Apr-04 19:01 by miwang
Image text-base: 0x8000808C, data-base: 0x80A1FECC

ROM: System Bootstrap, Version 12.1(3r)T2, RELEASE SOFTWARE (fc1)

CDATA[Copyright (c) 2000 by cisco Systems, Inc.
ROM: C2600 Software (C2600-I-M), Version 12.2(28), RELEASE SOFTWARE (fc5)
System returned to ROM by reload
System image file is "flash:c2600-i-mz.122-28.bin"

cisco 2621 (MPC860) processor (revision 0x200) with 60416K/5120K bytes of memory.

Processor board ID JAD05190MTZ (4292891495)
M860 processor: part number 0, mask 49
Bridging software.
X.25 software, Version 3.0.0.

2 FastEthernet/IEEE 802.3 interface(s)
2 Low-speed serial(sync/async) network interface(s)

32K bytes of non-volatile configuration memory.

16384K bytes of processor board System flash (Read/Write)

Configuration register is 0x2102
Router#
```

Labels on the left with arrows pointing to the corresponding lines in the output:

- Version de l'IOS ← IOS (tm) C2600 Software (C2600-I-M), Version 12.2(28), RELEASE SOFTWARE (fc5)
- Version du programme ← ROM: System Bootstrap, Version 12.1(3r)T2, RELEASE SOFTWARE (fc1)
- amorce ou bootstrap ← CDATA[Copyright (c) 2000 by cisco Systems, Inc.
- Modèle et UC ← cisco 2621 (MPC860) processor (revision 0x200) with 60416K/5120K bytes of memory.
- Quantité de mémoire vive (RAM) ← Processor board ID JAD05190MTZ (4292891495)
- Nombre et types d'interfaces ← 2 FastEthernet/IEEE 802.3 interface(s)
- Quantité de NVRAM ← 32K bytes of non-volatile configuration memory.
- Quantité de mémoire flash ← 16384K bytes of processor board System flash (Read/Write)

1.6. Interfaces du routeur

- **Ports de gestion**
 - Connecteurs physiques utilisés pour gérer le routeur (pas pour le transfert de paquets)
 - **Port de console**
 - Connecter un terminal pour configurer routeur sans accéder au réseau (pendant configuration initiale)
 - **Port auxiliaire**
 - Facultatif. Utilisé de façon similaire au port de console, permet de relier un modem

1.6. Interfaces du routeur

- **Interface** = connecteur physique dont le rôle principal est de recevoir et de transférer des paquets
 - Plusieurs interfaces pour se connecter à plusieurs réseaux
 - Remarque : une interface unique sur un routeur peut servir à se connecter à plusieurs réseaux (router on a stick)
 - Se connectent à différents types de réseaux ➡ nécessité de différents types de supports et de connecteurs



Réseau local (LAN)

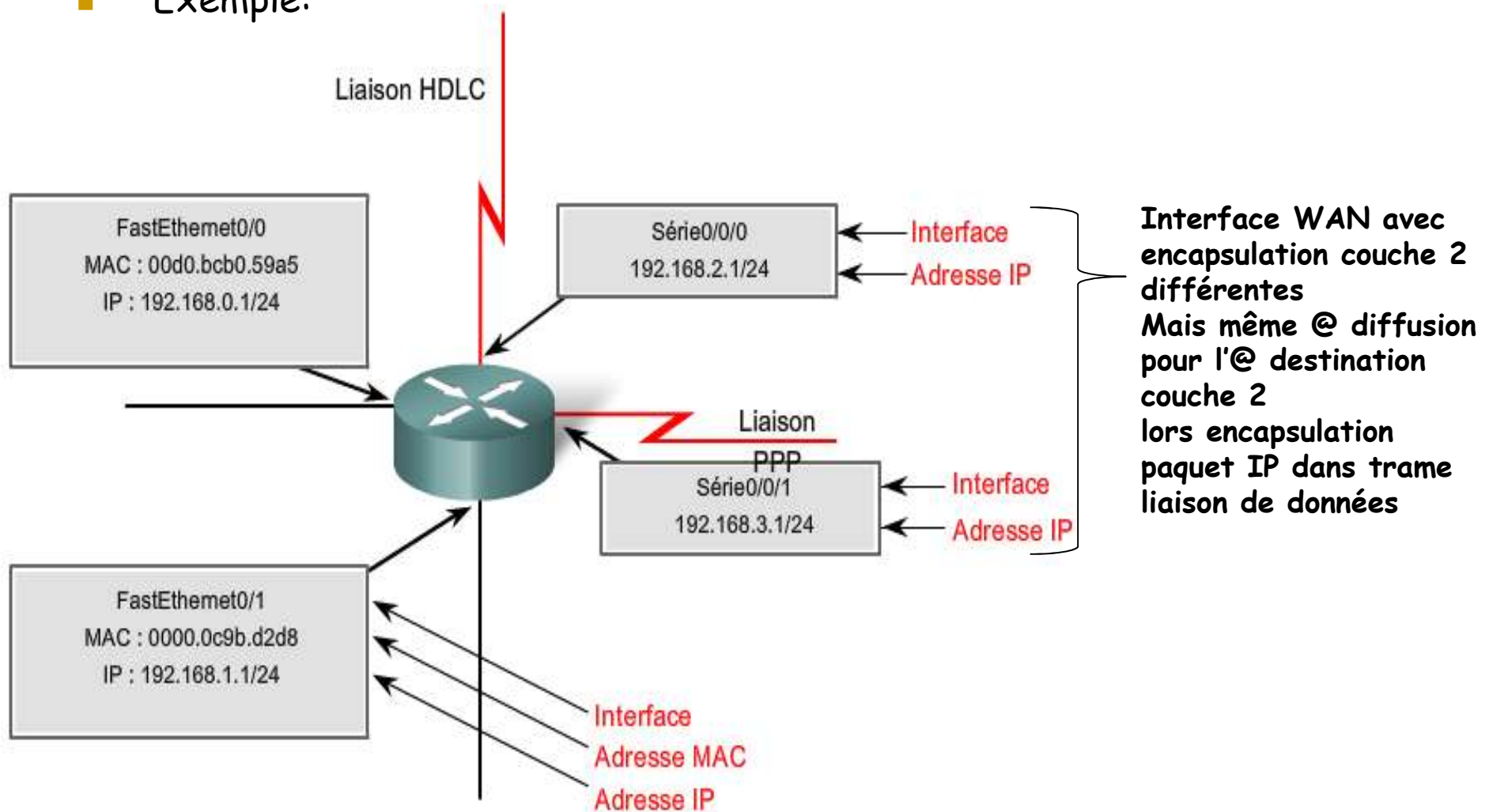
Réseau étendu (WAN)

1.6. Interfaces du routeur

- Chaque interface configurée avec @ IP et masque de sous-réseau d'un réseau différent
 - Dans Cisco IOS, deux interfaces actives du même routeur ne peuvent pas appartenir au même réseau
- Interfaces classées en deux groupes principaux :
 - **Interfaces LAN** - Ethernet et FastEthernet
 - Connecter routeur au réseau local (@MAC et protocole d'accès)
 - RJ45 prenant en charge des câbles à paires torsadées non blindées
 - Câble direct si routeur connecté à commutateur
 - Câble croisé si deux routeurs directement connectés ou carte PC directement connectée
 - **Interfaces WAN** - série, RNIS et Frame Relay
 - Connecter routeur à réseaux externes, distance importante
 - Encapsulation de couche 2 de différents types, PPP, Frame Relay et HDLC (High-Level Data Link Control)
 - Pas d'utilisation d'@MAC











1.6. Interfaces du routeur

- Exemple:




1.7. Accès à la console

- Nécessite:
 - Câble de console :
câble de console RJ-45 vers DB-9
 - Logiciel d'émulation de terminal : Tera Term, PuTTY, HyperTerminal

Port sur l'ordinateur	Câble requis	Port sur ISR	Émulation de terminal
 Port série	 Câble console	 Port de console RJ-45	 Tera Term
 USB Port Type-A	 USB vers RS-232 Adaptateur de port série	 CONSOLE	
	 USB Type-A vers USB Type-B Câble (Mini-B)	 EN	 PuTTY

- **Remarque:** Dans un environnement de production, des périphériques d'infrastructure sont couramment utilisés à distance à l'aide de Secure Shell (SSH) ou du protocole de transfert hypertexte sécurisé (HTTPS)
 - Accès à la console vraiment nécessaire uniquement lors de la configuration initiale d'un périphérique, ou si l'accès distant échoue

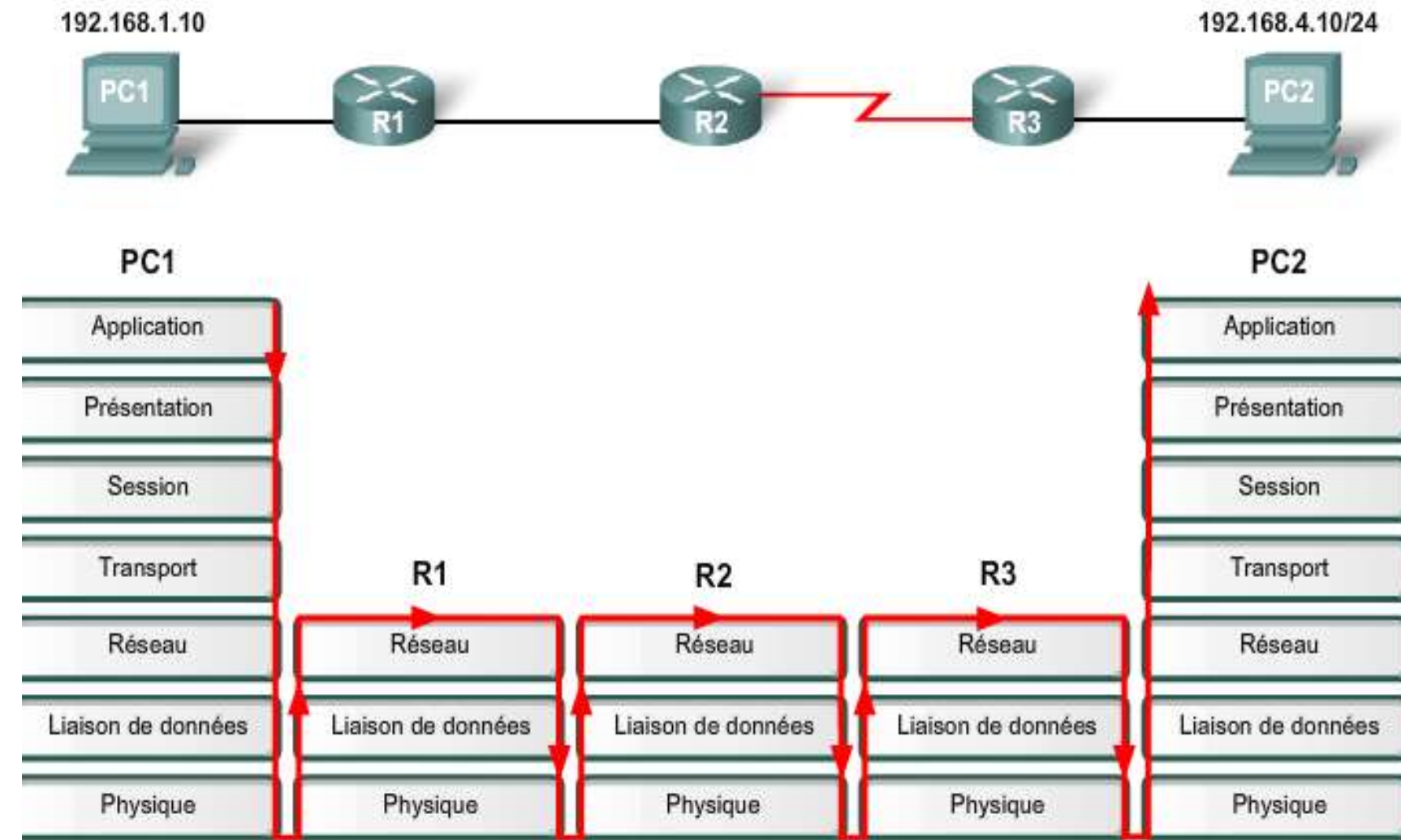
2. Fonction du routeur

- Principales fonction d'un routeur 
 - Détermine meilleur chemin pour envoi des paquets
 - Transfère les paquets vers leur destination
- Consultation de la table de routage pour déterminer le meilleur chemin à utiliser pour transférer un paquet:
 - Routeur reçoit un paquet, il examine l'adresse de destination du paquet et utilise la table de routage pour rechercher le meilleur chemin vers ce réseau
 - La table de routage contient également l'interface à utiliser pour transmettre des paquets vers chaque réseau connu. Une fois qu'une correspondance a été trouvée, le routeur encapsule le paquet dans la trame liaison de données de l'interface sortante ou de sortie et le paquet est transféré vers sa destination

2. Fonction du routeur

- Routage ↔ processus de décision de transfert de paquets
 - Basé sur informations paquet IP de couche 3 (@IP destination) →
routeur = relevant de la couche 3
 - Routeur reçoit paquet, examine @IP destination
 - Si ∉ réseaux directement connectés, transférer paquet à autre routeur ↔
 - Consultation table de routage
 - Si correspondance trouvée → paquet encapsulé trame liaison de données de couche 2 pour interface sortante (HDLC, Ethernet, etc.) → trame de couche 2 encodée dans signaux physiques de couche 1 utilisés pour représentation bits sur liaison physique
 - Au final, paquet atteint routeur dans le réseau correspondant à @IP destination paquet
- Routeur ↔ action au niveau 1, 2 et 3

2. Routeur et couche réseau



2.1. Élaboration table de routage

- Table de routage = fichier dans mémoire vive ↔ infos sur route à emprunter pour réseaux directement connectés et réseaux distants
 - Associations réseau/tronçon suivant ↔ une destination peut être atteinte de manière optimale en envoyant paquet à routeur « tronçon suivant » sur chemin vers destination finale
 - Association tronçon =
 - interface de sortie vers destination finale → réseaux distants
 - Besoin de **routage statique** ou **protocoles de routage dynamique** pour les rajouter
 - @ réseau destination paquet IP → réseaux directement connectés
 - Seuls réseaux affichés dans table tant que routage statique ou dynamique n'est pas configuré
 - Importance capitale pour décisions de routage ↔ impossible d'envoyer paquet à interface si non activée avec @IP et masque de sous-réseau

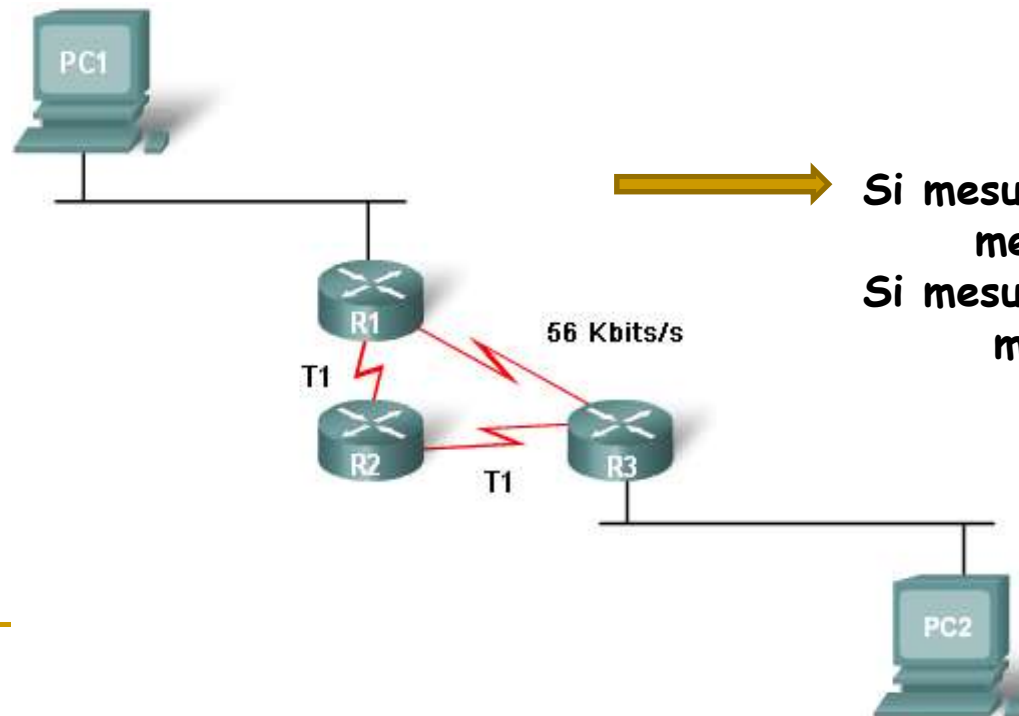
2.2. Principes d'une table de routage

Trois principes fondamentaux:

1. Chaque routeur prend sa décision seul, en se basant sur les informations disponibles dans sa table de routage
2. Le fait qu'un routeur ait certaines informations dans sa table de routage ne veut pas dire que les autres routeurs disposent des mêmes informations
3. Les informations de routage liées à un chemin menant d'un réseau à un autre ne fournissent pas d'informations de routage sur le chemin inverse ou de retour (routage asymétrique)

2.3. Détermination du chemin

- Meilleur chemin ↔ évaluation de plusieurs chemins menant au même réseau destination et choix chemin optimal ("le plus court")
 - Plusieurs chemins ↔ chaque chemin une interface sortie différente
 - Sélection par protocole de routage, utilisation valeur ou **mesure** pour déterminer distance à parcourir pour atteindre un réseau
 - Ex: Nombre de sauts (RIP), capacité bande passante (OSPF)



Si mesure = nombre de sauts alors
meilleur chemin = PC1/R1/R3/PC2

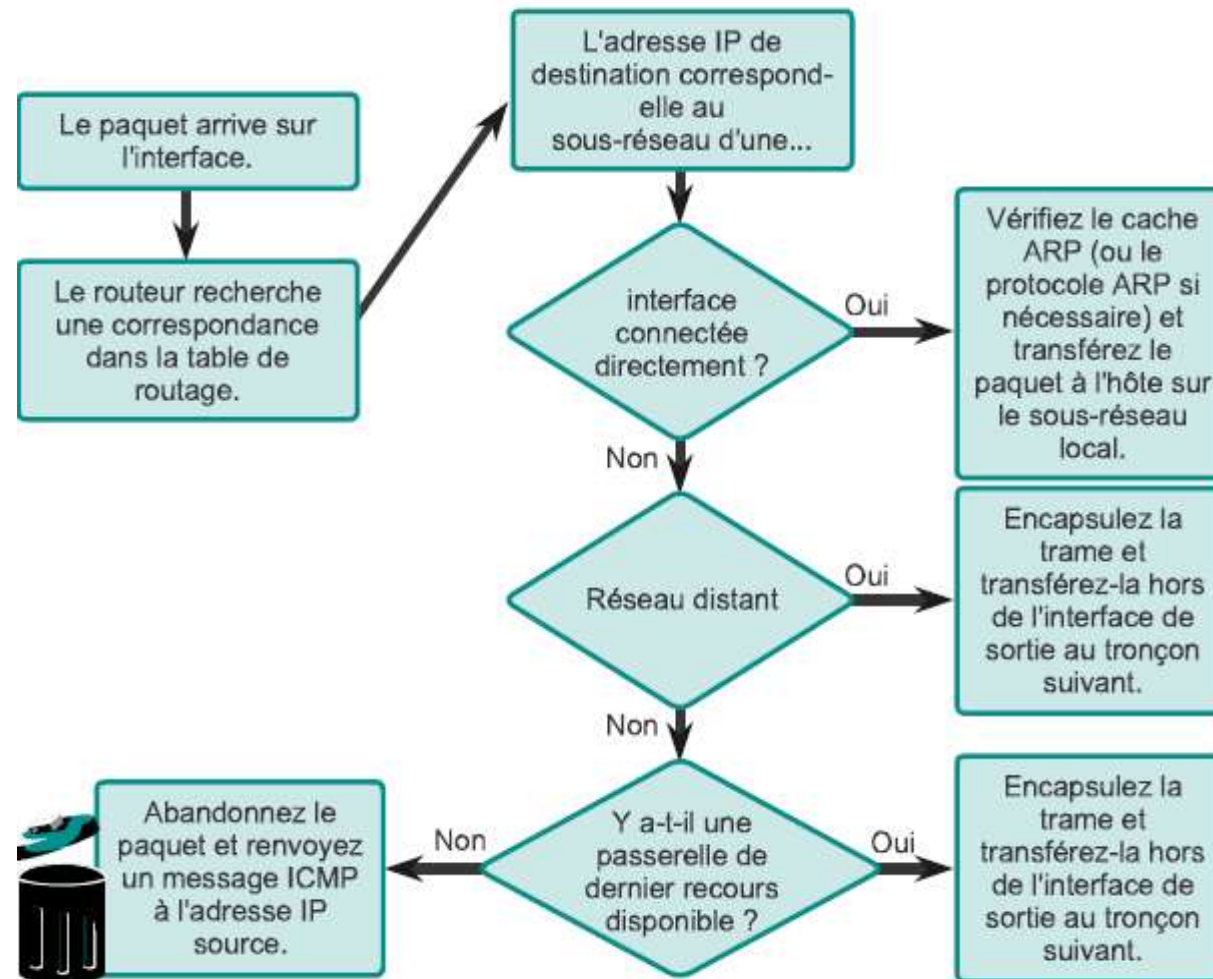
Si mesure = bande passante alors
meilleur chemin = PC1/R1/R2/R3/PC2

2.3. Détermination du chemin


- Si plusieurs chemins avec la même mesure \longleftrightarrow "mesure à coût égal"
 - \longrightarrow équilibrage de charge \longrightarrow
 - Amélioration de l'efficacité
 - Performance du réseau
 - Possibilité d'équilibrage de charge même si coût inégal pour certains protocoles de routage dynamique (EIGRP, IGRP)
- Après détermination chemin, trois possibilités:
 - Réseau directement connecté \longrightarrow paquet délivré à la destination
 - Réseau distant \longrightarrow paquet transféré à un autre routeur
 - Aucune route déterminée \longrightarrow route par défaut sinon paquet abandonné

2.3. Détermination du chemin

- Processus de prise de décisions relatives à la transmission de paquet:

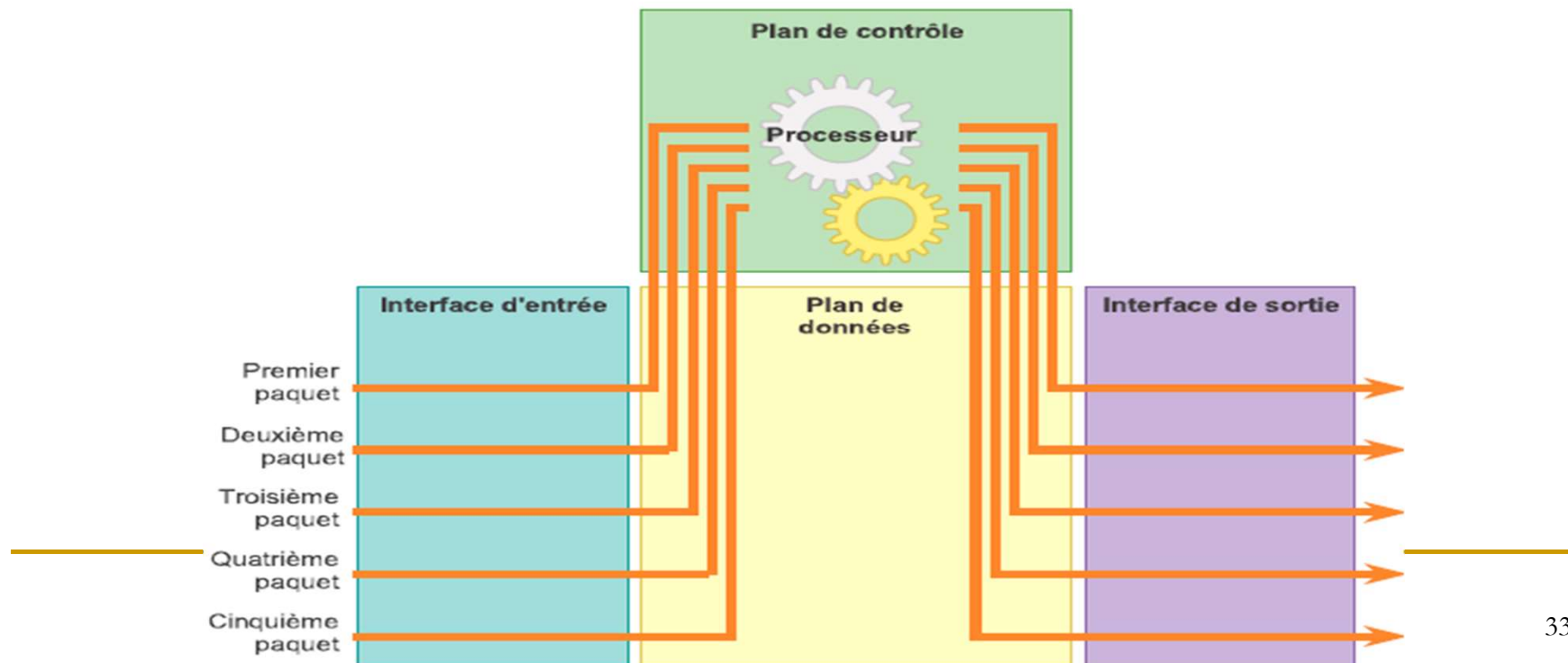


2.4. La fonction de commutation

- Fonction de commutation = processus utilisé pour accepter paquet sur une interface et le transférer à une autre interface
 - Responsabilité principale  encapsuler paquets dans type trame liaison de données adéquat pour liaison de données de sortie
- Actions d'un routeur
 1. Décapsuler paquet de couche 3
 2. Examiner @IP destination pour trouver meilleur chemin
 3. Encapsuler paquet dans nouvelle trame de couche 2 et transférer trame à interface de sortie

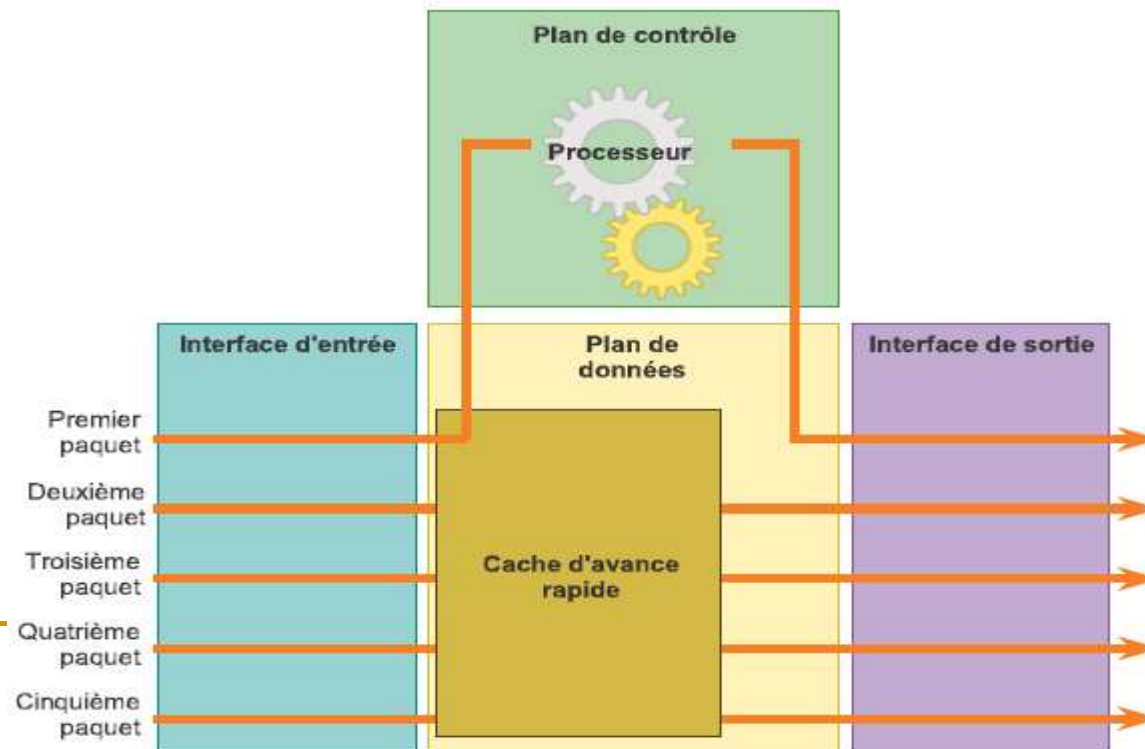
2.4.1. Mécanismes de commutation

- **Commutation de processus** : ancien mécanisme de transfert de paquets toujours disponible pour les routeurs Cisco
 - Paquet arrive sur interface, transféré au plan de contrôle où processeur fait correspondre @ destination avec une entrée de sa table de routage, puis détermine interface de sortie et transmet paquet.
 - Opération effectuée pour chaque paquet, même si la destination est identique pour une série de paquets ➡ mécanisme de commutation de processus très lent et rarement mis en œuvre dans réseaux modernes



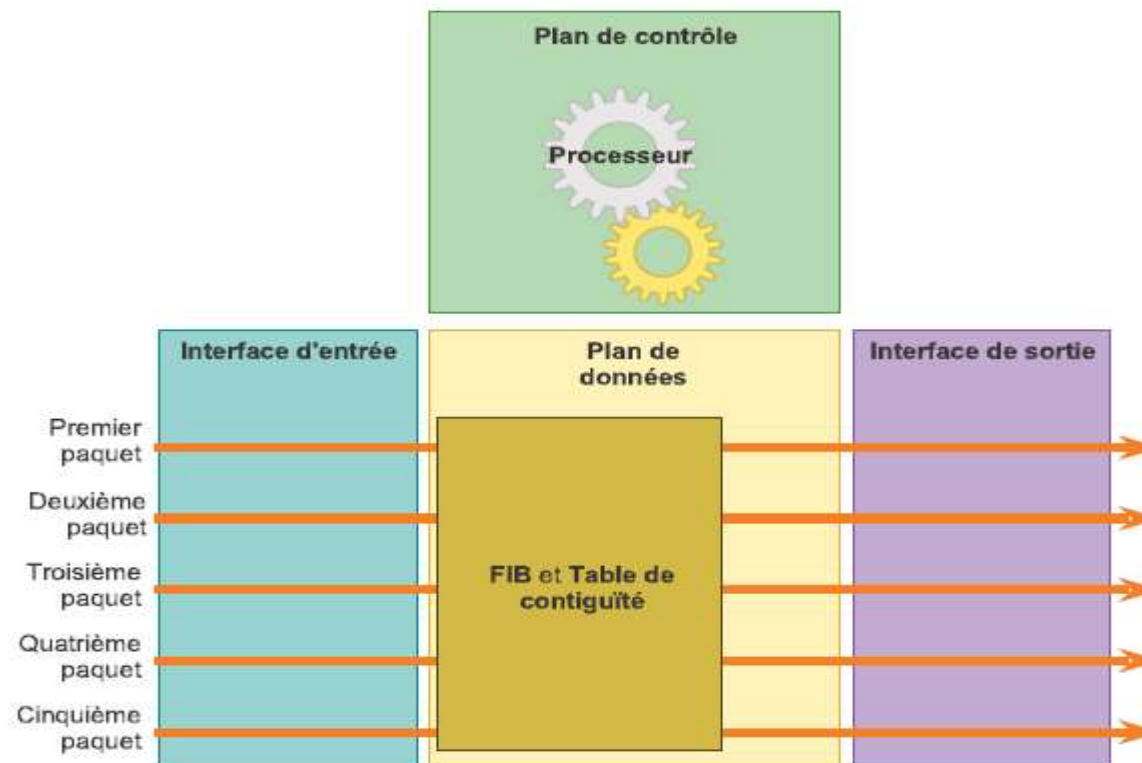
2.4.2. Mécanismes de commutation

- **Commutation rapide** : mécanisme plus courant utilise un cache à commutation rapide pour stocker les informations de tronçon suivant
 - Paquet arrive transféré au plan de contrôle où processeur recherche correspondance dans le cache à commutation rapide. Si rien, paquet commuté par processus et transféré à l'interface de sortie. Informations de flux pour le paquet également stockées dans cache à commutation rapide.
 - Si autre paquet même destination arrive, réutilisation informations de tronçon suivant du cache sans intervention du processeur.



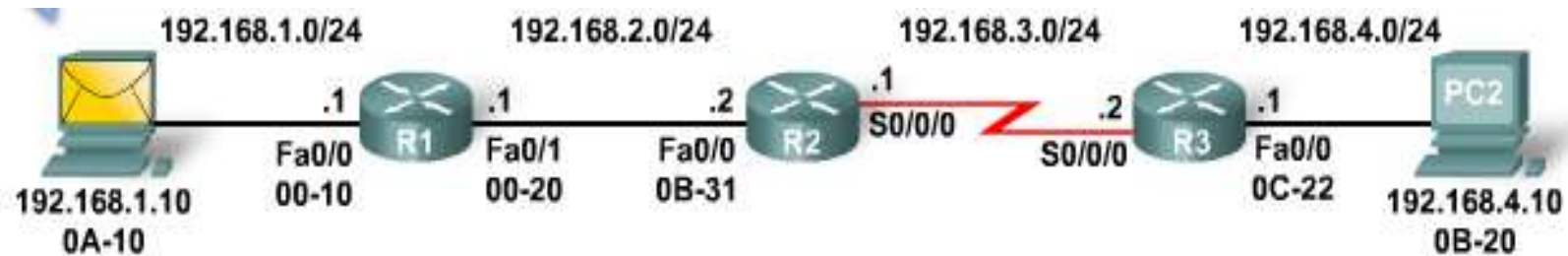
2.4.3. Mécanismes de commutation

- **CEF (Cisco Express Forwarding)** : mécanisme Cisco IOS le plus récent, le plus rapide et le plus prisé.
 - Génère table FIB et table de contiguïté. Entrées de table non déclenchées par paquets, mais par modifications (changement topologie) ➡ convergence réseau, tables FIB et de contiguïté contiennent toutes les informations qu'un routeur doit prendre en compte lors du transfert d'un paquet (recherches inverses pré-informatisées, informations de tronçon suivant pour les routes incluant l'interface et les informations de couche 2)



2.4. La fonction de commutation

Paquet à destination de PC2 ↔ Détermination du chemin (lecture données couche 3) → PC2 sur autre réseau → encapsulation paquet et envoi à la passerelle (recherche @MAC passerelle)



Trame de liaison de données de couche 2

Données de couche 3 du paquet

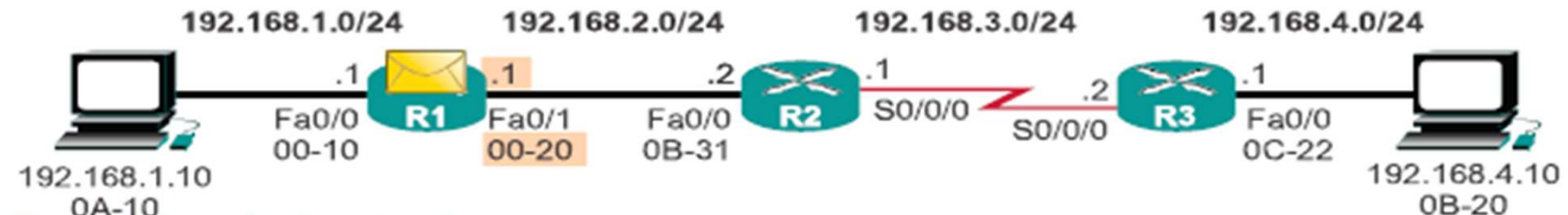
MAC dest. 00-10	MAC source 0A-10	Type 800	IP dest. 192.168.4.10	IP source 192.168.1.10	Champs IP	Données	Queue de bande
-----------------	------------------	----------	-----------------------	------------------------	-----------	---------	----------------

Cache ARP du PC1 pour le routeur R1

Adresse IP	Adresse MAC
192.168.1.1	00-10

2.4. La fonction de commutation

Paquet à destination de PC2 \longleftrightarrow R1 transfère le paquet à R2



Trame liaison de données de couche 2

Adresse MAC de destination	Adresse MAC source	Type	Source IP	Adresse IP de destination	Champs IP	Données	Code de fin
0B-31	00-20	0x800	192.168.1.10	192.168.4.10			

Cache ARP du routeur R1

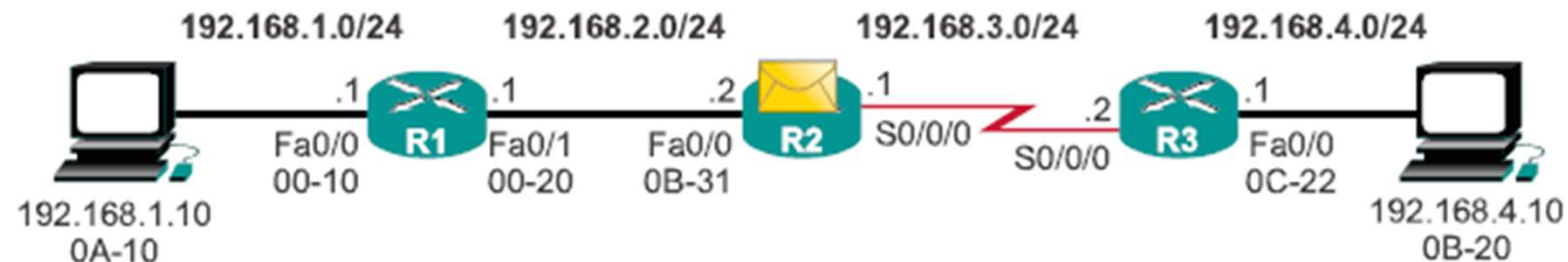
Adresse IP	Adresse MAC
192.168.2.2	0B-31

Table de routage du routeur R1

Réseau	Sauts	IP du tronçon suivant	Interface de sortie
192.168.1.0/24	0	Dir. Connectez-vous.	Fa0/0
192.168.2.0/24	0	Dir. Connectez-vous.	Fa0/1
192.168.3.0/24	1	192.168.2.2	Fa0/1
192.168.4.0/24	2	192.168.2.2	Fa0/1

2.4. La fonction de commutation

Paquet à destination de PC2 → R2 transfère le paquet à R3, il s'agit d'une liaison Série donc @MAC destination de diffusion et aucune adresse MAC source n'est requise



Trame liaison de données de couche 2

Données de couche 3 du paquet

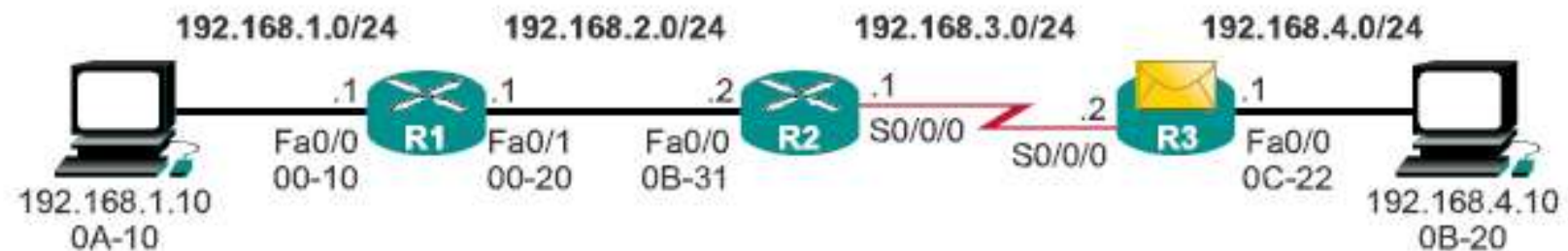
Adresse 0x8F	Contrôle 0x00	Type 0x800	Adresse IP source 192.168.1.10	Adresse IP de destination 192.168.4.10	Champs IP	Données	Code de fin
--------------	---------------	------------	--------------------------------	--	-----------	---------	-------------

Table de routage de R2

Réseau	Sauts	IP du tronçon suivant	Interface de sortie
192.168.1.0/24	1	192.168.3.1	Fa0/0/0
192.168.2.0/24	0	Dir. Connectez-vous.	Fa0/0/0
192.168.3.0/24	0	Dir. Connectez-vous.	S0/0/0
192.168.4.0/24	1	192.162.3.2	S0/0/0

2.4. La fonction de commutation

Paquet à destination de PC2 \longleftrightarrow R3 transfère le paquet à PC2



Trame liaison de données de couche 2

Données de couche 3 du paquet

Adresse MAC de destination 0B-20	Adresse MAC source 0C-22	Type 0x800	Adresse IP source 192.168.1.10	Adresse IP de destination 192.168.4.10	Champs IP	Données	Code de fin
-------------------------------------	-----------------------------	------------	-----------------------------------	---	-----------	---------	-------------

Cache ARP du routeur R3

Adresse IP	Adresse MAC
192.168.4.10	0B-20

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

3. Configuration

- Conception nouveau réseau ou mappage réseau existant ➡ important de fournir explications écrites sur réseau:
 - schéma de topologie présentant connectivité physique
 - table d'adressage listant:
 - Noms périphériques
 - Interfaces utilisées
 - Adresses IP et masques sous-réseau
 - Adresses passerelles par défaut périphériques finaux (PC)

3. Configuration

- Deux documents réseau utiles:
 - **Schéma de topologie:** référence visuelle présentant la connectivité physique et l'adressage de couche 3 logique. Souvent créé à l'aide d'un logiciel, tel que Microsoft Visio
 - **Table d'adressage:** noms de périphérique, interfaces, adresses IPv4, masques de sous-réseau et adresses de passerelle par défaut.

3.1. Configuration routeur de base

- Étape à suivre:

Syntaxe des commandes de configuration des paramètres de base d'un routeur	
Attribution d'un nom au routeur	Router (config) # hostname <i>name</i>
Définition des mots de passe	Router (config) # enable secret <i>password</i>
	Router (config) # line console 0
	Router (config-line) # password <i>password</i>
	Router (config-line) # login
	Router (config) # line vty 0 4
	Router (config-line) # password <i>password</i>
	Router (config-line) # login
Configuration d'une bannière de message du jour	Router (config) # banner motd # <i>message</i> #

3.1. Configuration routeur de base

- Configuration des interfaces

Syntaxe des commandes de configuration des paramètres de base d'un routeur	
Configuration d'une interface	Router(config)# interface type number
	Router(config-if)# ip address address mask
	Router(config-if)# description description
	Router(config-if)# no shutdown
Enregistrement des modifications apportées à un routeur	Router# copy running-config startup-config
Vérification des informations renvoyées par les commandes show	Router# show running-config
	Router# show ip route
	Router# show ip interface brief
	Router# show interfaces

- **Description:** conseillée sur chaque interface (documenter sur réseau: type, présence éventuelle d'autres réseaux, etc.))
 - Texte limité à 240 caractères
 - Sur réseaux de production, utile au cas de dépannage
 - Si interface connectée à FAI ou opérateur, entrer info tierces de connexion et de contact

3.1. Configuration de base: exemple

```
Router>enable
```

```
Router#
```

```
Router#config t
```

```
Router(config)#hostname R1
```

```
R1(config)#
```

```
R1(config)#enable secret class
```

```
R1(config)#line console 0
```

```
R1(config-line)#password cisco
```

```
R1(config-line)#login
```

```
R1(config-line)#exit
```

```
R1(config)#line vty 0 4
```

```
R1(config-line)#password cisco
```

```
R1(config-line)#login
```

```
R1(config-line)#exit
```

```
R1(config)#banner motd #
```

```
Enter TEXT message. End with  
the character '#'
```

```
!! Unauthorized Access  
Prohibited!!#
```



```
R1(config)#interface
```

```
FastEthernet0/0
```

```
R1(config-if)#ip address  
192.168.1.1 255.255.255.0
```

```
R1(config-if)#description R1 LAN
```

```
R1(config-if)#no shutdown
```

```
R1(config-line)#exit
```

```
R1(config)#interface Serial0/0
```

```
R1(config-if)#ip address  
192.168.2.1 255.255.255.0
```

```
R1(config-if)#description Link to  
R2
```

```
R1(config-if)#clock rate 64000
```

```
R1(config-if)#no shutdown
```

3.2. Configuration IPv6

- Contrairement à l'adressage IPv4, les interfaces IPv6 ont généralement plus d'une adresse IPv6
 - Au minimum, un périphérique IPv6 doit comporter une adresse link-local IPv6, mais il est très probable qu'il ait aussi une adresse de monodiffusion globale IPv6.
 - IPv6 permet également à une interface de disposer de plusieurs adresses de monodiffusion globale IPv6 du même sous-réseau

3.2. Configuration IPv6

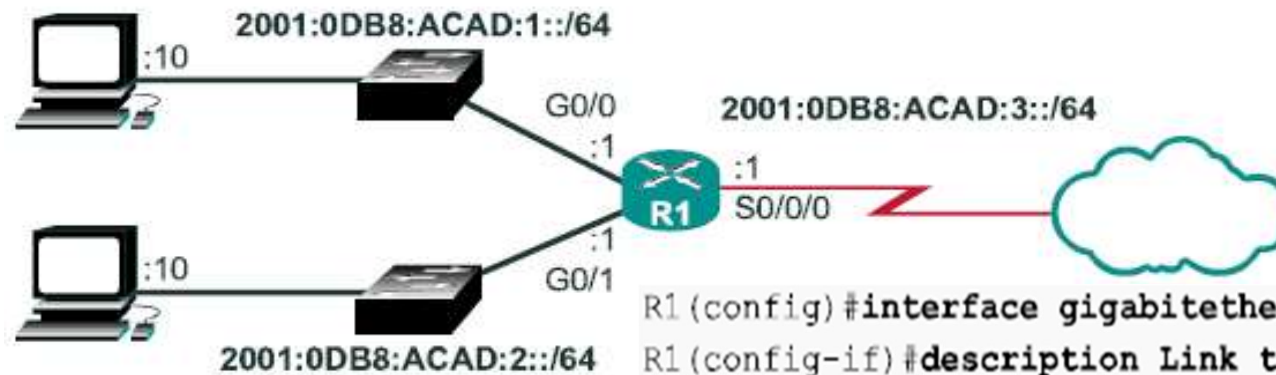
- Routeur = Configuration interface IPv6 semblable à celle d'IPv4
- La plupart des commandes de configuration et de vérification IPv6 de Cisco IOS sont semblables aux commandes utilisées pour l'IPv4
 - Seule différence: utiliser **ipv6** au lieu d'**ip** dans les commandes
- Une interface IPv6 doit être
 - **Configurée** avec l'adresse IPv6 et le masque de sous-réseau.
Commande de configuration d'interfaceipv6:
address *ipv6-address/prefix-length* [**link-local** | **eui-64**]
 - **Activée** avec la commande **no shutdown**

2.2. Configuration IPv6

- Commandes pouvant être utilisées pour créer de manière statique une adresse de monodiffusion globale ou link-local IPv6 :
 - `ipv6 address ipv6-address /prefix-length` :
 - Crée une adresse IPv6 de monodiffusion globale
 - `ipv6 address ipv6-address /prefix-length eui-64` :
 - Configure une adresse IPv6 de monodiffusion globale à l'aide d'un identificateur d'interface (ID) dans les 64 bits de poids faible de l'adresse IPv6 au moyen du processus EUI-64
 - `ipv6 address ipv6-address /prefix-length link-local` :
 - Configure une adresse link-local statique sur l'interface utilisée à la place de l'adresse link-local qui est automatiquement configurée lorsque l'adresse IPv6 de monodiffusion globale est attribuée à l'interface ou activée via la commande d'interface `ipv6 enable`.
 - `ipv6 enable` sert à créer automatiquement une adresse link-local IPv6, qu'une adresse de monodiffusion globale IPv6 ait été attribuée ou non

3.2. Configuration IPv6

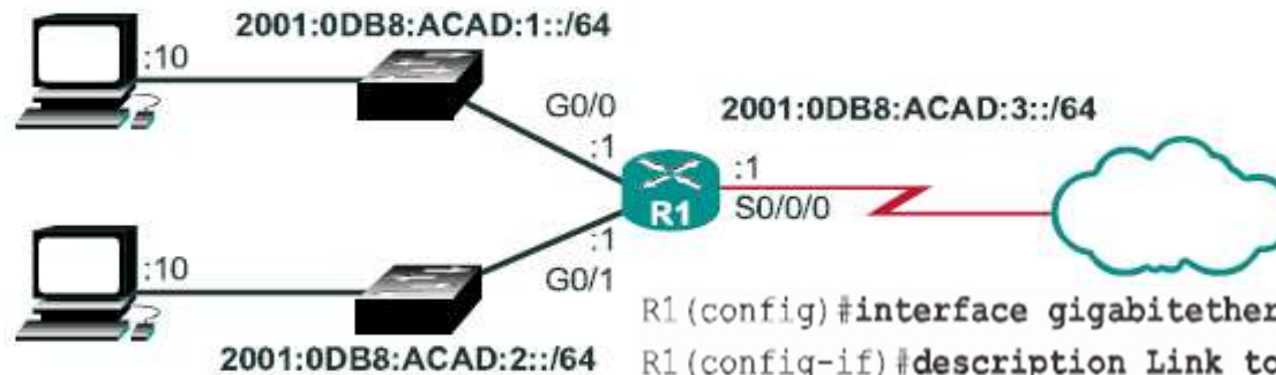
- Exemple:



```
R1(config)#interface gigabitethernet 0/0
R1(config-if)#description Link to LAN 1
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:acad:1::1/64
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#
*Feb  3 21:38:37.279: %LINK-3-UPDOWN: Interface
GigabitEthernet0/0, changed state to down
*Feb  3 21:38:40.967: %LINK-3-UPDOWN: Interface
GigabitEthernet0/0, changed state to up
*Feb  3 21:38:41.967: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on
Interface GigabitEthernet0/0, changed state to up
```


3.2. Configuration IPv6

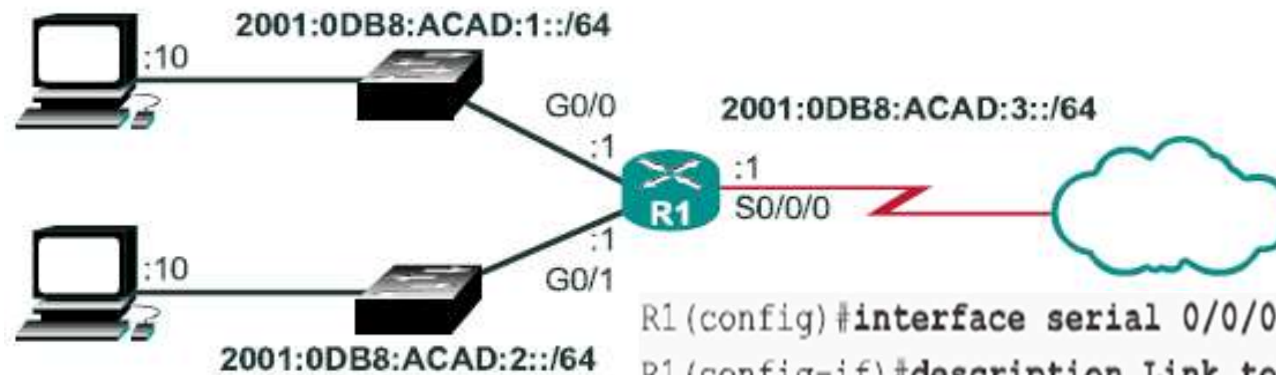
- Exemple:



```
R1(config)#interface gigabitethernet 0/1
R1(config-if)#description Link to LAN 2
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:acad:2::1/64
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#
*Feb  3 21:39:21.867: %LINK-3-UPDOWN: Interface
GigabitEthernet0/1, changed state to down
*Feb  3 21:39:24.967: %LINK-3-UPDOWN: Interface
GigabitEthernet0/1, changed state to up
*Feb  3 21:39:25.967: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on
Interface GigabitEthernet0/1, changed state to up
```

3.2. Configuration IPv6

- Exemple:



```
R1 (config) #interface serial 0/0/0
R1 (config-if) #description Link to R2
R1 (config-if) #ipv6 address 2001:db8:acad:3::1/64
R1 (config-if) #clock rate 128000
R1 (config-if) #no shutdown
R1 (config-if) #
*Feb  3 21:39:43.307: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial0/0/0,
changed state to down
```

3.3. Config. interface de bouclage

- **Interface de bouclage:** interface logique interne au routeur, non affectée à un port physique, ne peut donc jamais être connectée à un autre périphérique
 - Automatiquement placée en état « up », tant que le routeur fonctionne
- **Utilité:**
 - En cas de test et de gestion d'un périphérique Cisco IOS
 - Garantie qu'au moins une interface est toujours disponible
 - Rôle essentiel dans processus qui utilisent une adresse IPv4 d'interface à des fins d'identification, comme le protocole OSPF
 - En activant une interface de bouclage, le routeur utilise l'adresse de l'interface de bouclage toujours disponible pour l'identification, et non une adresse IP attribuée à un port physique qui peut tomber en panne

3.3. Config. interface de bouclage

- Activation:
 - Router(config)# interface loopback *numéro*
 - Router(config-if)# ip address *ip-address subnet-mask*
- Plusieurs interfaces de bouclage peuvent être activées sur un routeur
- L'adresse IPv4 de chaque interface de bouclage doit être unique et ne doit pas être utilisée par une autre interface

3.4. Configuration des périphériques

- Configuration des périphériques avec informations d'adressage IP:
Adresse IP, Masque de sous réseau et Passerelle par défaut
 - **De manière statique** : manuellement. L'adresse IP du serveur DNS peut également être configurée.
 - **De manière dynamique** : fournies par serveur via protocole DHCP. Le serveur DHCP indique une adresse IP, un masque de sous-réseau et une passerelle par défaut valides pour les périphériques finaux.
- **Pour IPv6** : la commande `ipv6 unicast-routing`
 - Routeur commence à envoyer des messages d'annonce de routeur ICMPv6 depuis l'interface
 - Permet à un PC connecté à l'interface de configurer automatiquement une adresse IPv6 et de définir une passerelle par défaut sans avoir besoin des services d'un serveur DHCPv6
 - Autrement, un PC connecté au réseau IPv6 peut obtenir son adresse IPv6 statiquement ou via DHCPv6

3.5. Exemple table de routage



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

Afficher table de routage
 utilisée par IOS pour choix
 meilleur chemin

Afficher informations sur
 configuration interface
 (@IP, état)

show interfaces contient en
 plus des statistiques

R1#**show ip interface brief**

Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
FastEthernet0/0	192.168.1.1	YES	manual	up	up
FastEthernet0/1	unassigned	YES	manual	administratively down	down
Serial0/0/0	192.168.2.1	YES	manual	up	up
Serial0/0/1	unassigned	YES	manual	administratively down	down
Vlan1	unassigned	YES	manual	administratively down	down

3.5. Exemple table de routage



```
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
```

Affichage réseaux directement connectés (aucun routage statique, aucun protocole dynamique)

Table de routage avec réseau distant pour PC1
Les ordinateurs possèdent aussi une table de routage !!!

```
C:\>route print

=====
Interface List
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x2 ...00 11 25 af 40 9b ..... Intel(R) PRO/1000 MT Mobile Connection
=====

Active Routes:
Network Destination        Netmask          Gateway           Interface        Metric
0.0.0.0                    0.0.0.0          192.168.1.1       192.168.1.1       10
127.0.0.0                  255.0.0.0        127.0.0.1         127.0.0.1         1
192.168.1.0                255.255.255.0    192.168.1.1       192.168.1.1       10
192.168.1.10               255.255.255.0    127.0.0.1         192.168.1.1       10
224.0.0.0                  240.0.0.0        192.168.1.10      192.168.1.10      10
255.255.255.255            255.255.255.255  192.168.1.10      192.168.1.10      1
Default Gateway:          192.168.1.1
=====
```

3.5. Exemple table de routage



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
```

Une route dynamique ↔ rajoutée avec le protocole RIP

Une route statique ↔ rajoutée manuellement sans protocoles

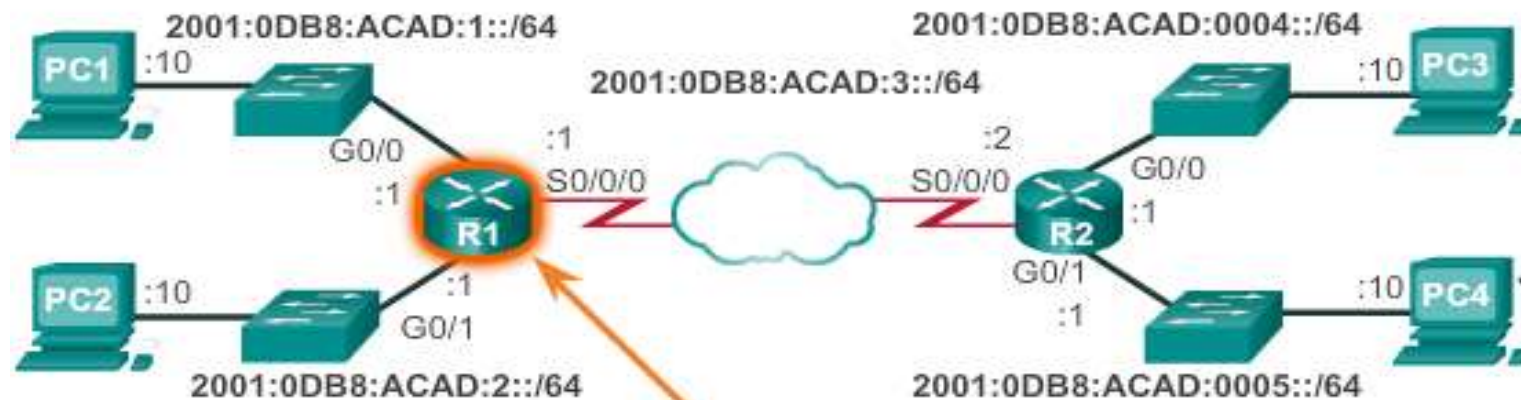
R1#show ip route

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
R 192.168.4.0/24 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:20, Serial0/0/0
```


3.5. Exemple table de routage IPv6



Après IOS 15, entrées (L) route locale dans table de routage IPv6
(L = adresse IPv4 attribuée à l'interface du routeur)

```
R1# show ipv6 route
IPv6 Routing Table - default - 5 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static,
        U - Per-user Static route, B - BGP, R - RIP
        H - NHRP, I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2
        IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary, D - EIGRP
        EX - EIGRP external, ND - ND Default
        NDp - ND Prefix, DCE - Destination, NDr - Redirect
        O - OSPF Intra, OI - OSPF Inter, OE1 - OSPF ext 1
        OE2 - OSPF ext 2, ON1 - OSPF NSSA ext 1
        ON2 - OSPF NSSA ext 2
C    2001:DB8:ACAD:1::/64 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0, directly connected
L    2001:DB8:ACAD:1::1/128 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0, receive
C    2001:DB8:ACAD:2::/64 [0/0]
    via GigabitEthernet0/1, directly connected
L    2001:DB8:ACAD:2::1/128 [0/0]
    via GigabitEthernet0/1, receive
L    FF00::/8 [0/0]
    via Null0, receive
```

4. Le routeur aujourd'hui

- Nouvelles demandes réseaux actuels vis-à-vis des routeurs:
 - Assurer disponibilité ➡ accessibilité réseaux (chemins de remplacement)
 - Fournir services intégrés de données, vidéo et voix sur réseaux filaires et sans fil (hiérarchisation de la QoS des paquets IP)
 - Réduire impact vers, virus et autres attaques (filtrage des paquets)

- Aujourd'hui
 - Routeurs ajoutés aux satellites dans l'espace ↔ capables d'acheminer trafic IP entre satellites, d'une manière similaire à l'envoi de paquets sur terre ➡ réduire délais et accroître flexibilité des réseaux