

# Interconnexion de réseaux & Routage

Module R4 – RT1A  
IUT de Caen à IFS

1

## Sommaire

- Concepts de l'interconnexion
- Principe du routage
- Routage inter-réseaux
- Routage statique / Routage dynamique
- Le protocole ARP
- Le protocole ICMP
- Conclusion

2

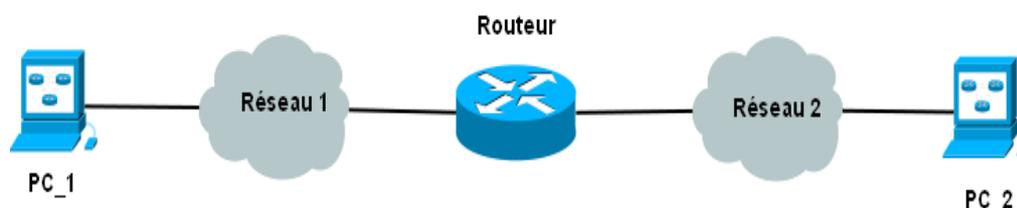
# Concepts d'interconnexion (1)

- L'**interconnexion** : faire transiter des informations depuis un réseau vers un autre réseau par des nœuds spécialisés appelés **passerelles**.
- Les **routeurs** sont des unités d'interconnexion de réseaux qui fonctionnent au niveau de **la couche 3 du modèle OSI** (couche réseau).
- Les routeurs utilisent l'**adressage** de la couche réseau pour déterminer la **destination des données** pendant leur **acheminement** dans l'inter-réseau.

3

## Interconnexion niveau 3

- Les routeurs possèdent une connexion sur chacun des réseaux:

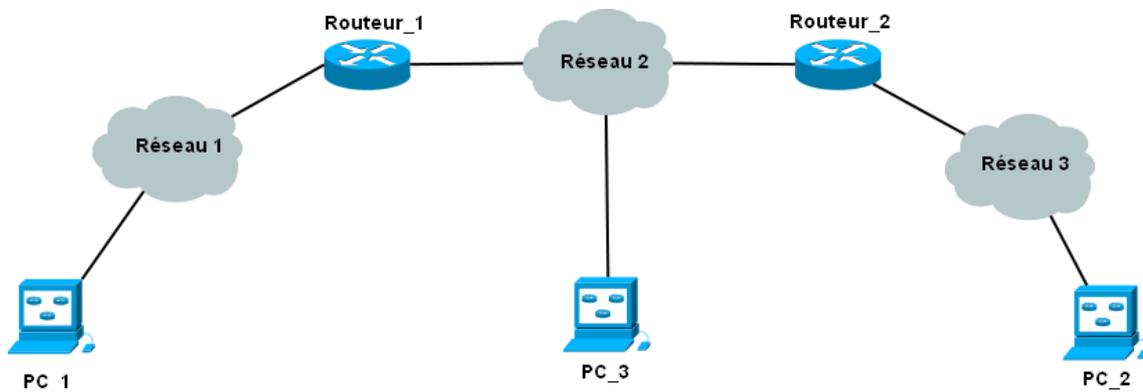


- Le rôle du routeur est **d'acheminer** les paquets en provenance du réseau 1 et à destination du réseau 2 (aussi dans l'autre sens).

4

# Interconnexion niveau 3

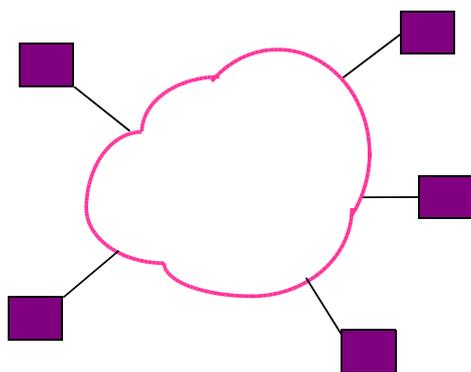
- Exemple d'interconnexions de réseaux:



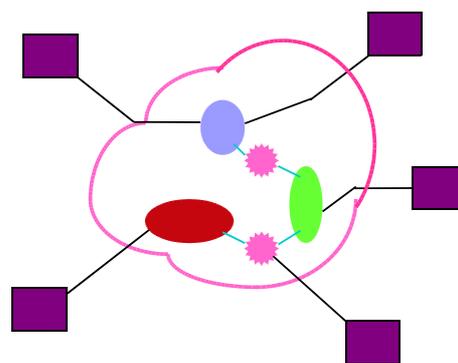
5

## Concepts d'interconnexion (2)

- A l'intérieur de chaque réseau, les nœuds utilisent la technologie spécifique de leur réseau sous-jacents (Ethernet, ATM, etc)
- La couche réseau masque ses spécificités, faisant apparaître l'ensemble de ces réseaux disparates comme un seul et unique réseau.



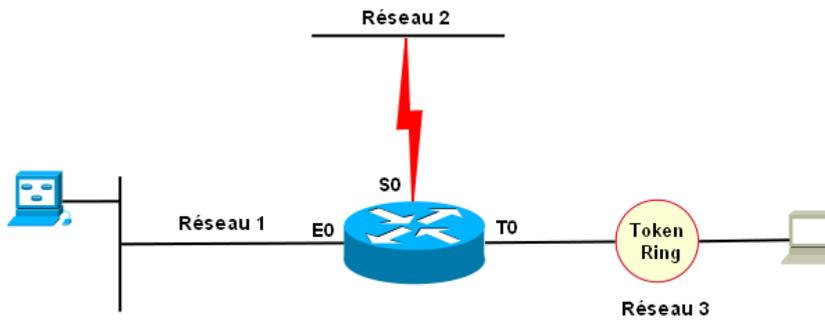
Vue utilisateur



Vue réelle du réseau

6

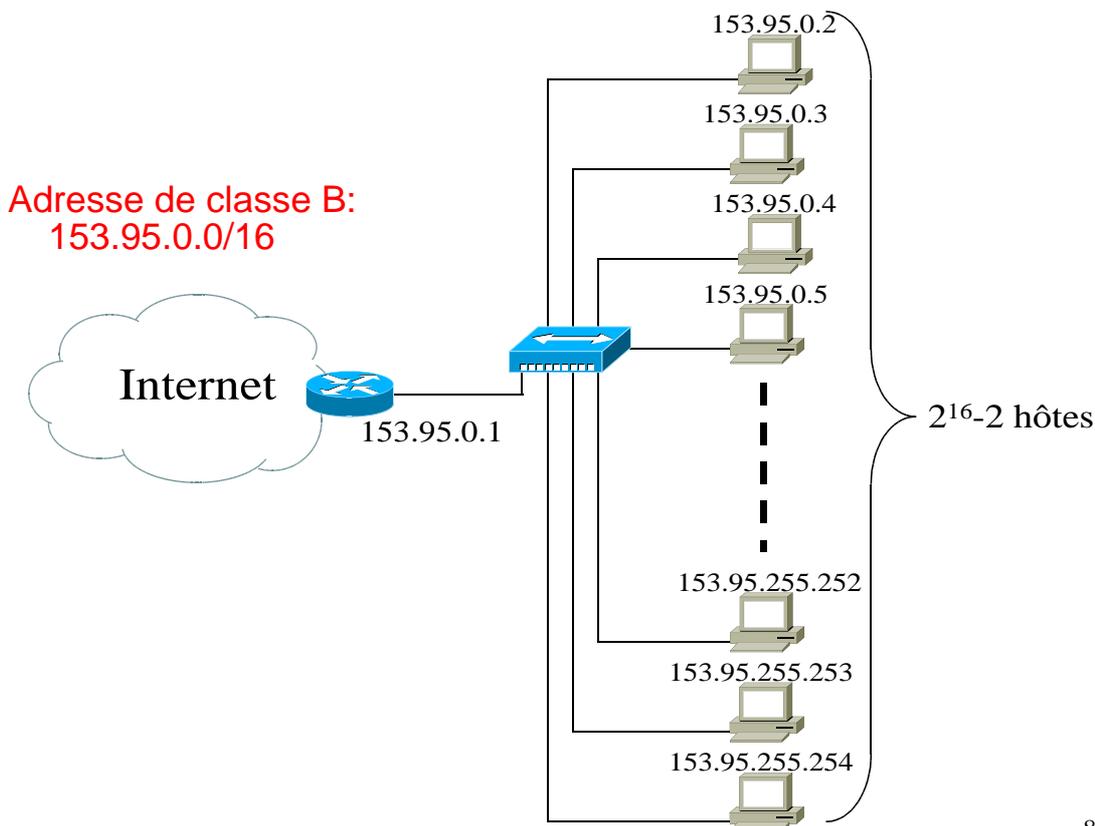
# Concepts d'interconnexion (3)



- Le routeur de la figure permet d'interconnecter trois réseaux ayant chacun une technologie spécifique.
- Les détails physiques des réseaux interconnectés sont cachés vis-à-vis de l'utilisateur.

7

## Interconnexions de sous-réseaux



8

## Interconnexion de sous-réseaux : Exemple

- On souhaite créer au minimum 200 sous réseaux pouvant comporter chacun 200 machines.
  - On prélève 8 bits ( $2^8=256 > 200$ ) sur les 16 bits de l'identifiant machine
  - Le masque associé : 255.255.255.0
- Exemples de sous-réseaux :
  - Sous-réseau 0 → 153.95.0.X
  - Sous-réseau 1 → 153.95.1.X
  - Sous-réseau 2 → 153.95.2.X

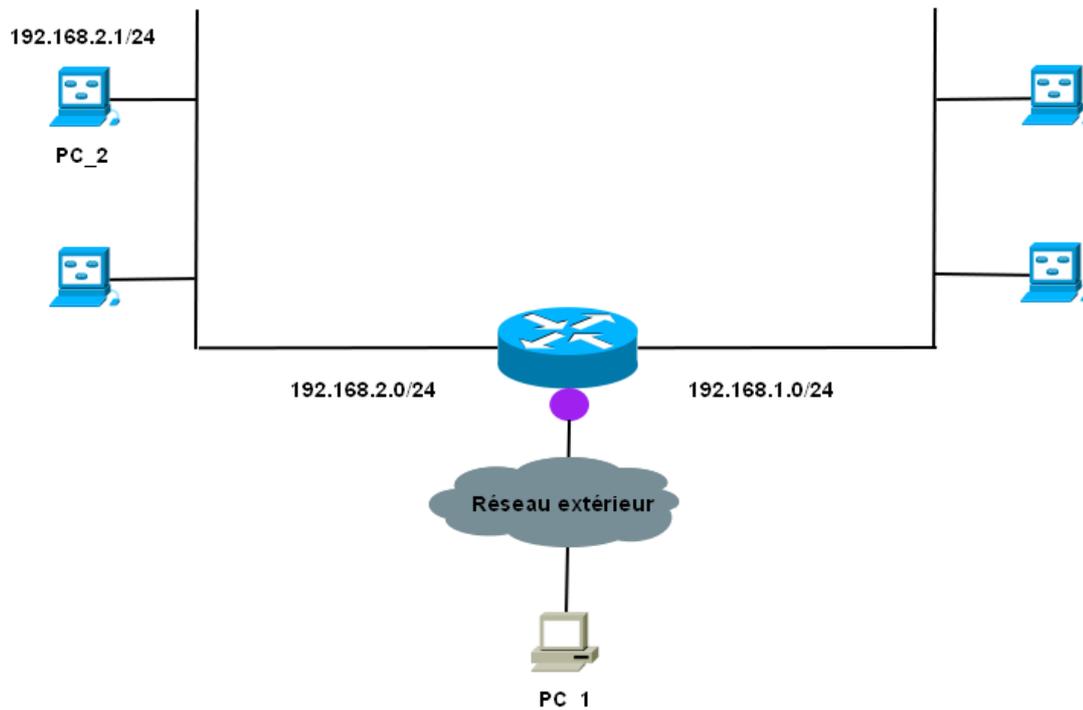
9

## Routage

- Processus permettant à des paquets de trouver **un chemin** pour atteindre leur destination.
- Mécanismes nécessaires au routage :
  - ♦ **Mécanisme d'adressage pour la localisation de la source et de la destination**
  - ♦ **Mécanisme de sélection du chemin**
- Le routage s'effectue sur la base de **table de routage IP** qui contient les informations relatives aux différentes destination possibles et à la façon de les atteindre.

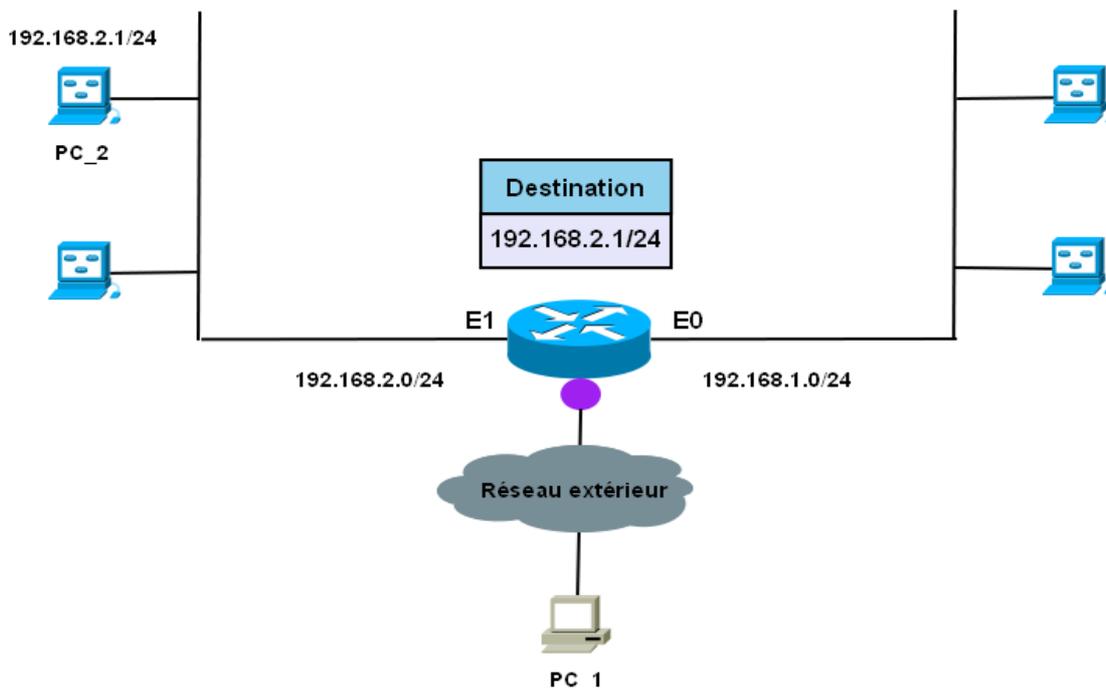
10

# Principe du routage IP (1)



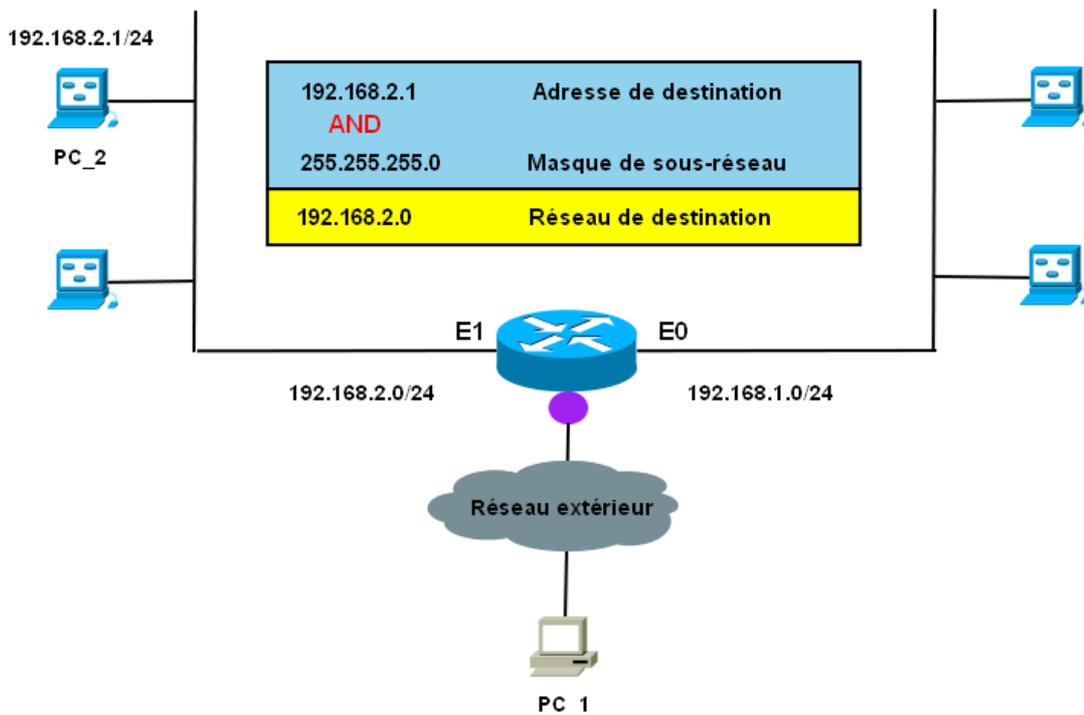
11

# Principe du routage IP (2)



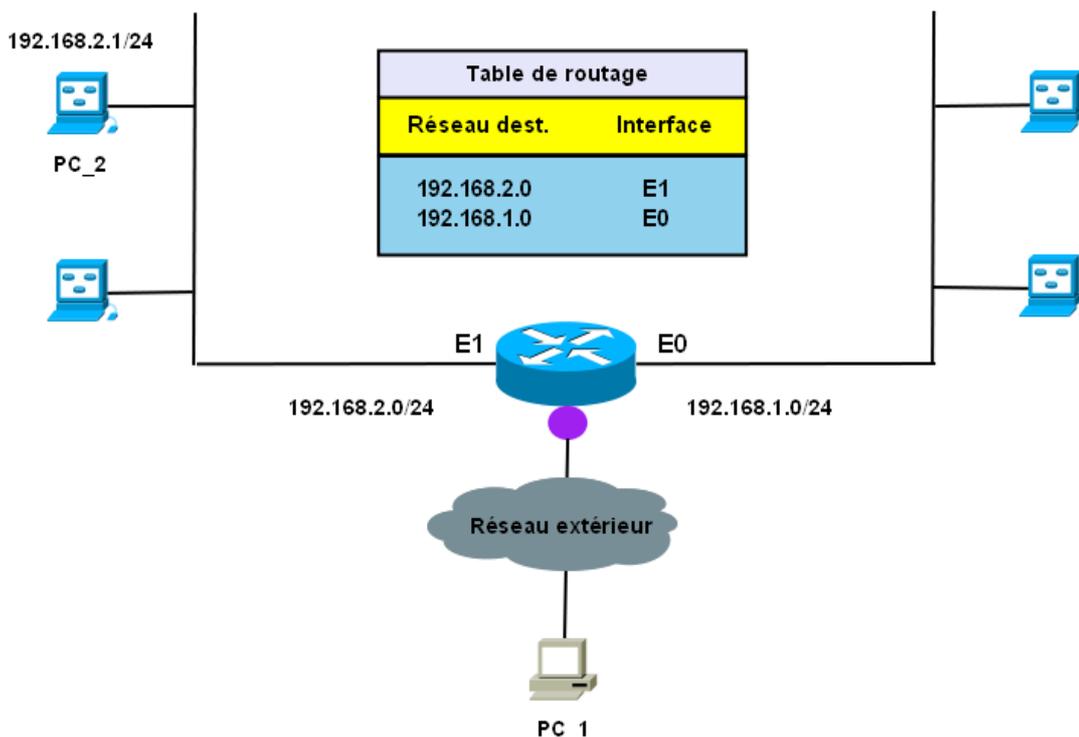
12

# Principe du routage IP (3)



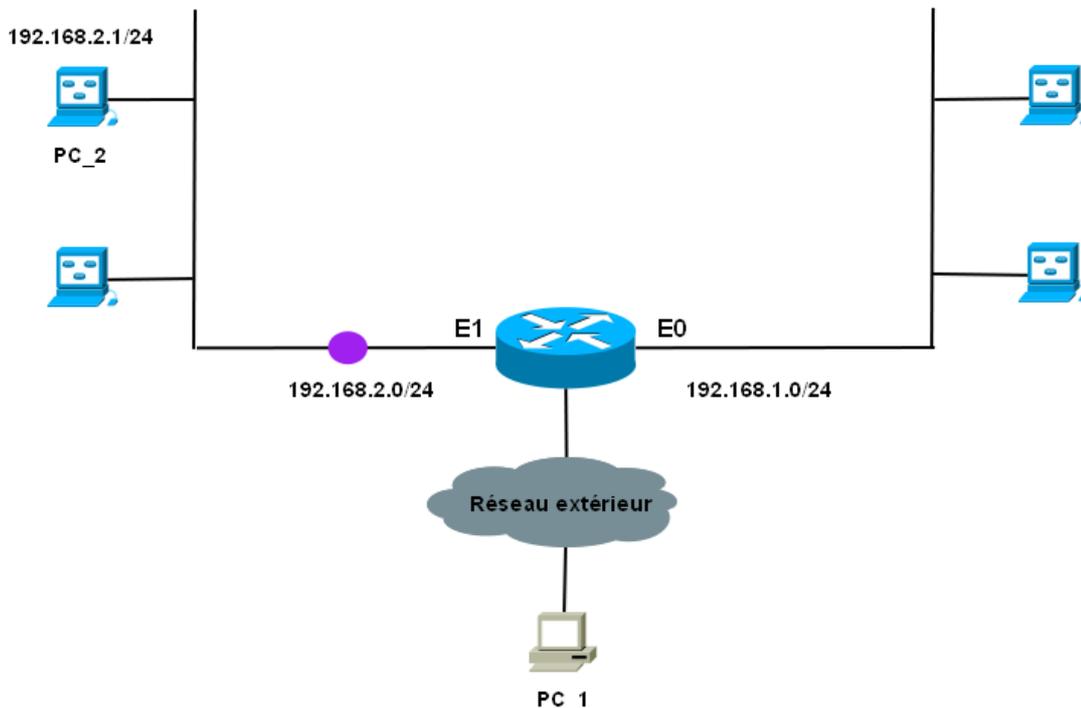
13

# Principe du routage IP (4)



14

## Principe du routage IP (4)



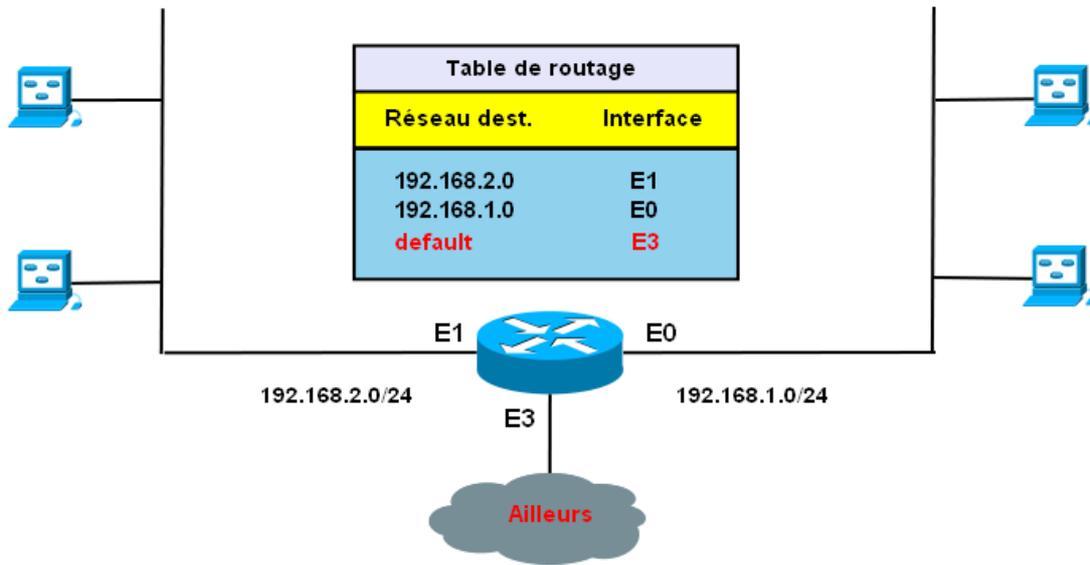
15

## Principe du routage IP (5)

- Si aucune route n'est trouvée dans la table de routage, le paquet est détruit sauf:
  - ♦ S'il existe une **route par défaut** ;
- Une route par défaut permet d'acheminer un paquet dont la destination ne correspond à aucune autre route de la table de routage.

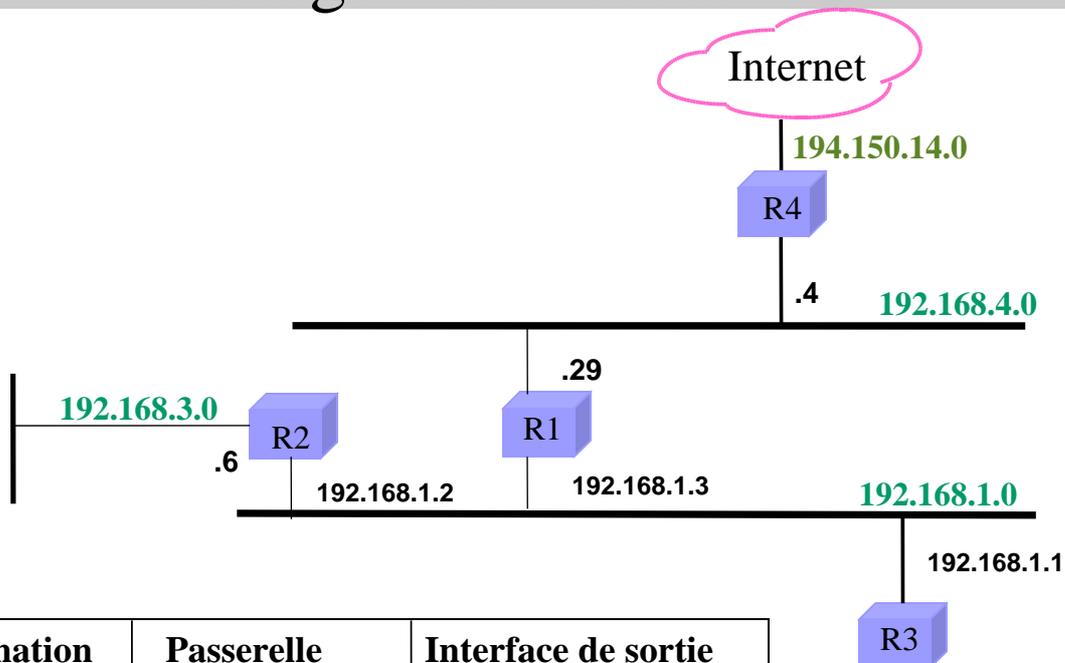
16

# Route par défaut



17

# Routage inter-réseaux



Destination	Passerelle	Interface de sortie
192.168.3.0	192.168.1.2	192.168.1.1
192.168.1.0	directly connected	192.168.1.1
Default	192.168.1.3	192.168.1.1

Table de routage de R3

18

# Routage IP: algorithme de base

## Route\_IP(datagramme, table\_de\_routage)

IPDest ← Extraire du datagramme l'adresse IP destination

Ires ← Calculer l'adresse réseau de destination

**Si** l'adresse Ires correspond à l'adresse réseau du réseau local **Alors**

- ♦ Envoyer le datagramme vers sa destination sur ce réseau.
- ♦ La couche IP locale tente la translation adresse logique IPDest en une adresse physique (protocole ARP)

**Sinon** // ce n'est pas une adresse accessible, il faut alors consulter la table routage IP locale

• **Si** Ires est dans la table de routage **Alors**

- ♦ Router le datagramme selon les indications de la table (vers un autre noeud du réseau local, avec résolution adresse IP -> adresse physique)

**Sinon** // Ires n'est pas dans la table

- ♦ Prendre la route par défaut indiquée dans la table (si abs => erreur)
- ♦ Router le datagramme selon les indications de l'entrée par défaut de la table (vers la passerelle par défaut)

• **Finsi**

**Finsi**

19

# Routage IP

- Les datagrammes sont traités différemment selon qu'il sont reçus par une machine ou une passerelle :
- **Machine** : IP examine l'adresse destination à l'intérieur du datagramme:
  - Si cette adresse IP est identique à celle de la machine, le contenu du datagramme est transmis à la couche supérieure.
  - Sinon, le datagramme est rejeté;
- **Passerelle** : IP examine l'adresse destination :
  - Si le datagramme est arrivé au réseau destination final, celui-ci est alors délivrée à la machine destination.
  - Si le datagramme n'a pas atteint sa destination finale, il est routé selon l'algorithme de routage précédemment décrit.

20

Comment un routeur peut-il connaître les différents chemins le reliant aux autres routeurs ?

- ◆ Routage statique
- ◆ Routage dynamique

21

## Routage Statique

- L'administrateur réseau configure manuellement la table de routage en spécifiant les routes.
- Avantages:
  - Réduction de la charge du système, car aucune mise à jour de routage n'est envoyée.
- Inconvénients:
  - Mise à jour manuelle en cas de changement de la topologie du réseau,
  - Fastidieux et risque d'erreur important si c'est un grand réseau.

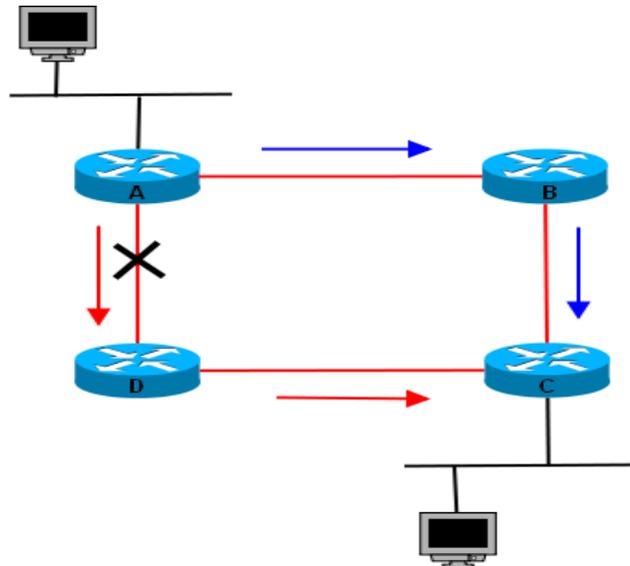
22

# Routage dynamique (1)

- L'administrateur réseau met en place un **protocole de routage** établissant automatiquement les chemins entre les routeurs.
- **Avantages:**
  - Prise en compte automatique d'un changement de la topologie du réseau.
- **Inconvénients:**
  - Augmentation de la charge du système, car des mises à jour de routage doivent être envoyées pour apprendre des routes.

23

# Routage dynamique (2)



- Soit une route statique entre les routeur A et D
- **Le chemin entre A et D est indisponible :**
  - ♦ **pas de communication possible avec le réseau destination**
- Avec le routage dynamique, un autre chemin existe via B

24

# ARP: Address Resolution Protocol

- **Le besoin**

- Pour communiquer, les équipements émetteurs ont besoin des adresses IP et adresses MAC des équipements de destination.
- Les applicatifs ne connaissant que des adresses IP, comment établir le lien adresse IP/adresse MAC (l'interface physique) ?

- **La solution : protocole ARP**

- Protocole de bas niveau qui masque les détails d'adressage du réseau physique,
- Protocole permettant l'association entre une adresse IP et une adresse physique.

25

## Protocole ARP

- **ARP est constitué de deux parties :**

- Détermination des adresses physiques lors de l'émission d'un paquet,
- Réponse aux requêtes formulées par d'autres machines.

- **Principe :**

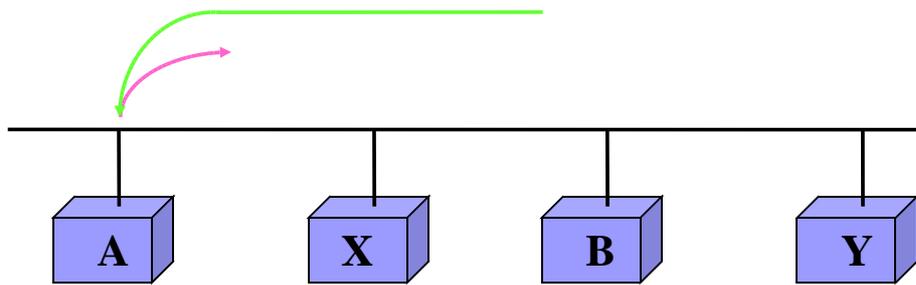
- La machine émet un message contenant son adresse IP et son adresse physique,
- Les machines non concernées ne répondent pas,
- **Gestion cache : tables ARP avec couples (@IP, @ MAC)**
  - ♦ Une requête est lancée uniquement si aucune entrée dans le cache

- L'association **adresse IP/adresse physique** de l'émetteur est incluse dans la requête ARP de manière à ce que les récepteurs enregistrent l'association dans leur propre mémoire cache.

26

# Protocole ARP (suite)

- La machine A veut envoyer un datagramme à la machine B
- Elle connaît son adresse IP (IB), mais pas son adresse MAC :
  - A diffuse une requête ARP vers toutes les machines avec une @ MAC de broadcast (FF.FF.FF.FF.FF.FF) avec type = 0806 et l'adresse IP de B
- Toutes les machines reçoivent la requête
- Seul B répond à A avec un message ARP qui contient la paire (IB, PB)



27

# Communication inter-réseau

Comment communiquer avec des équipements qui ne se trouvent pas sur le même segment de réseau physique?

- Le problème comporte deux volets :
  - Obtenir l'adresse MAC de l'hôte de destination,
  - Transférer les paquets de données d'un segment de réseau vers un autre pour parvenir à l'hôte de destination.

28

# Détermination de l'adresse MAC

- ARP utilise des **paquets de broadcast**:
  - Les routeurs ne transmettent pas les paquets de broadcast.
  - Pour atteindre un autre équipement situé sur un autre segment, il faut connaître **le routeur** permettant de l'atteindre.
- La machine source compare son adresse à celle de destination:
  - Si la machine de destination ne se trouve pas sur le même segment, la machine source envoie le datagramme vers la passerelle.
- Le routeur (rôle de **Proxy ARP**) :
  - capture les paquets ARP
  - Répond avec son adresse MAC aux requêtes dans lesquelles l'adresse IP n'est pas comprise dans la plage d'adresses du sous-réseau local.

29

# Protocole ICMP

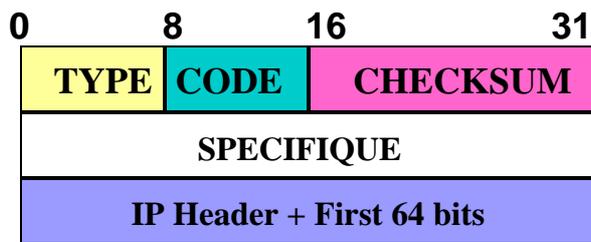
- ICMP (Internet Control Message Protocol) :
  - ICMP est souvent considéré comme faisant partie de la couche IP.
  - Envoie des messages et rapporte les erreurs concernant l'acheminement des paquets.
- Message envoyé par l'équipement destinataire ou un routeur intermédiaire; du fait d'un problème d'interconnexion ou pour modifier le comportement de l'émetteur (machine destination déconnectée, TTL du datagramme expirée)
- Les messages ICMP sont transmis à l'intérieur de datagrammes IP

Entete IP

Message ICMP complet

30

# ICMP : messages d'erreurs



Format des messages d'erreurs ICMP

- CODE indique le codage de l'erreur rapportée; elle est spécifique à chaque type d'erreur,
- SPECIFIQUE est un champ de données spécifique au type d'erreur,
- IP HEADER + FIRST 64 bits contient l'en-tête IP + les premiers 64 bits de données du datagramme pour lequel le message est émis.

31

# ICMP : messages d'erreurs

- Lorsqu'une passerelle émet un message ICMP de type destination inaccessible (type = 3), le champ code décrit la nature de l'erreur :
  - 0 Network Unreachable
  - 1 Host Unreachable
  - 2 Protocol Unreachable
  - 3 Port Unreachable
  - 4 Fragmentation Needed and DF set to 1
  - 5 Source Route Failed
  - 6 Destination Network Unknown
  - 7 Destination Host Unknown
  - ...

32

# ICMP : messages d'erreurs

<u>TYPE</u>	<u>Message ICMP</u>	<u>TYPE</u>	<u>Message ICMP</u>
0	Echo Reply	13	Timestamp Request
3	Destination Unreachable	14	Timestamp Reply
4	Source Quench	15	Information Request (obsolete)
5	Redirect (change a route)	16	Information Reply (obsolète)
8	Echo Request	17	Address Mask Reques
11	Time Exceeded (TTL)	18	Address Mask Reply
12	Parameter Problem with a Datagram		

33

## Références

- **Support Cours CCNA – (site de Cisco)**
- **Book : CCNA ICND, Exam Certification Guide**
- **Central Web**
- **Michel RIVEILL, INP Grenoble (Slides)**

34