

# Plan

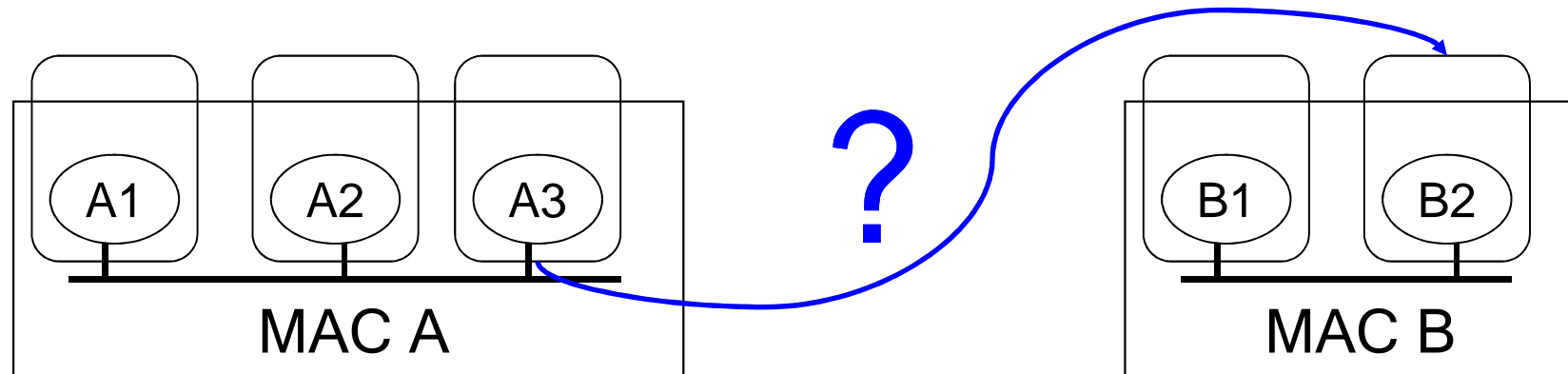
## Service Réseau, Routage et IP

- Les fonctionnalités
  - Modes de connexion
  - L'adressage
  - Routage
  - Contrôle de flux
- Internet Protocol ( IP)
  - L'adressage
  - Fonctionnalités
  - IPv6

# Couche Réseau - Généralité

## Quelques rappels :

- ◆ L'unité d'information élémentaire est le **paquet**
- ◆ Le rôle de cette couche est d'acheminer des paquets entre un système source et un système destination ne se trouvant pas sur le même médium.
  - Les couches MAC sont insuffisantes



- ◆ La couche *Réseau* rend des services à la couche transport et demande des services à la couche liaison de données.

# Fonctionnalités

## Fonctionnalités obligatoires

- Modes de connexion
- Désignation des réseaux, des systèmes (adressage)
- Calcul de routes, gestion du routage
- Pilotage de la transmission des données de couche liaison en couche liaison

## Fonctionnalités facultatives

- Contrôle de flux

## Quelques protocoles de couche réseau

IP, X25, IPX, AAL, ...

ARP, RARP, ICMP,...

# Connexions

## Modes de connexion

- Mode connecté
  - mise en place d'un circuit virtuel
  - communication en 3 phases :
    - établissement d'un circuit virtuel
    - échange des données
    - libération circuit virtuel
  - Exemple: RTC, ATM, X25, ...
- Mode non connecté
  - envoi des paquets sur le réseau (Datagramme) avec une adresse complète
  - commutation de paquets (routage)
  - Exemple : IP

# Adressage

## Adressage

- L'adresse permet de déterminer de façon unique le destinataire d'un paquet et son emplacement géographique.

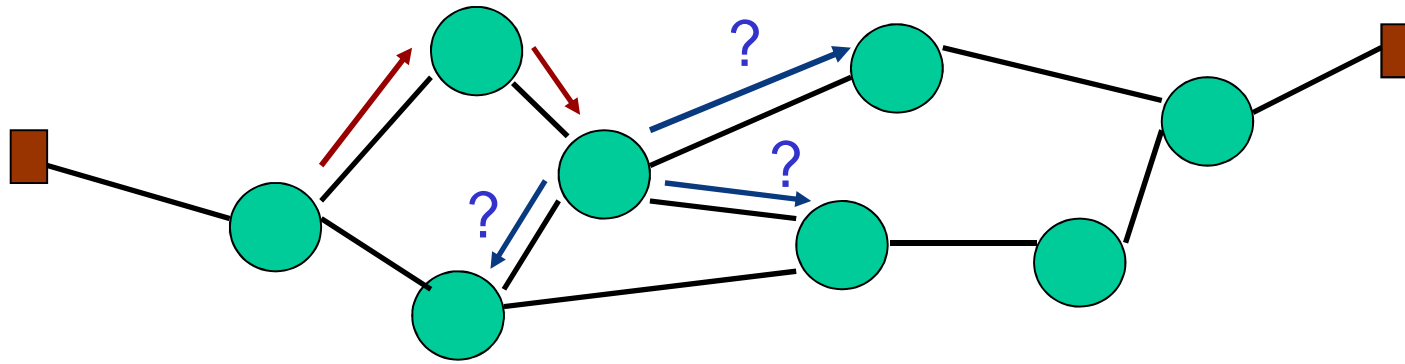
Ex : N° téléphone pour le RTC

N° IP pour une machine

- mode connecté après création circuit virtuel :
  - N° du circuit virtuel
- mode non connecté:
  - L'adresse complète pour chaque paquet

# Routage (1)

L'acheminement des paquets vers un destinataire dans un réseau maillé est réalisé par un procédé appelé **routage**



A chaque nœud correspond un routeur contenant *une table et mettant en place des algorithmes permettant l'acheminement des paquets dans Internet* et éventuellement la mise à jour des tables automatiquement.

Les nœuds routent du mieux qu'ils peuvent (notion de best effort d'IP);

# Routage (2)

## Politiques de calcul

- Fixe (une fois pour toutes)
- Adaptative aux modifications de topologie ou de charge

## Participants aux calculs

- Un centre (routage centralisé)
- Tout ou partie des systèmes appelés routeurs (routage distribué ou réparti)

## Portée du calcul

- Le prochain pas (hop by hop)
- Toute la route (source routing)

## Routage hiérarchique

- Si le réseau est organisé en régions

## Méthodes de calcul

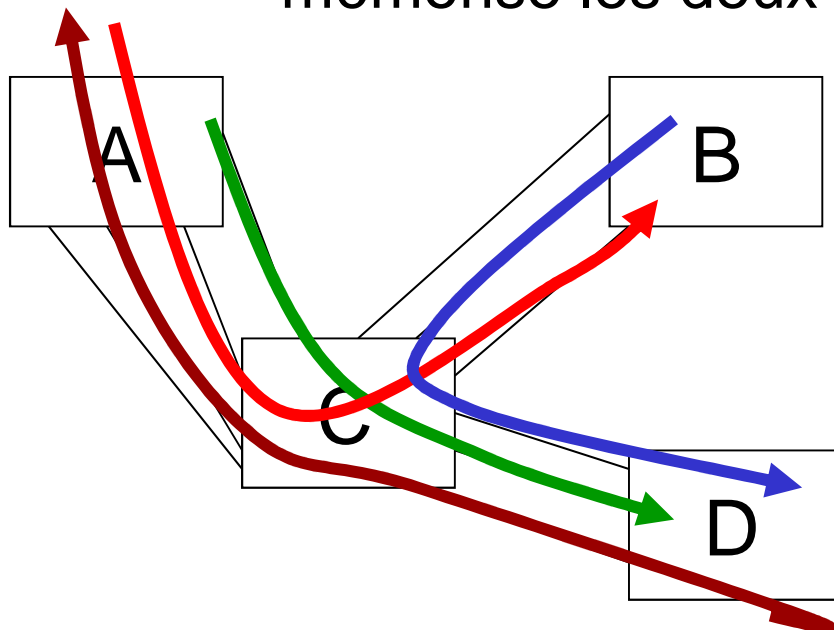
- Aléatoire (dirigé ou non)
- Inondation
- Local (hot potatoe)
- Avec table de routage
  - Fixes
  - Adaptatives
    - Nécessitent la transmission d'informations d'état de la topologie et de la charge
    - Protocoles d'échange d'informations de routage : RIP, BGP, OSPF, IS-IS...

# Routage (3)

## Procédure de routage pour le *mode connecté*

Le calcul de route permet de décider sur quelle ligne de sortie un paquet entrant doit être retransmis.

- ◆ *Calcul à l'établissement de connexion du Circuit Virtuel (CV) à utiliser pendant la communication*
- ◆ Chaque commutateur a une « table de commutation » qui mémorise les deux liens participant à un circuit virtuel.



ENTREE		SORTIE	
nœud, N°Voie		nœud, N°Voie	
A	1	B	2
A	0	D	1
D	0	A	2
B	1	D	2

Table du commutateur C



# Routage (4)

## Procédure de routage pour le mode non connecté

- ◆ Utilisation d'une table de routage  
=> donne le destinataire suivant  
(obtenu après comparaison entre les informations de la table de routage et le destinataire du paquet)
- ◆ La table de routage peut-être créée d'une façon
  - statique
  - dynamique -> protocole de routage (RIP, OSPF, BGP,...)

Attention, ne pas confondre un protocole routé (IP,..) et un protocole de routage (qui permet de créer les tables de routage)...

# Contrôle de flux

## Contrôle de flux

- But :
  - Eviter la surcharge du réseau
  - Eviter l'engorgement des routeurs

## Méthodes possibles

- Pré allocation des tampons (mode connecté)
- Destruction des paquets « perdus »
- Méthode isarithmique
  - Nb fixe de jetons dans le réseau

# Le service IP (v4)

Transmission d'un bloc d'octets entre systèmes désignés par une adresse IP

## Caractéristiques

- Destinataire unique ou multiple
- Mode non connecté
  - pas de garantie de livraison
  - pas d'avertissement en cas de non livraison
- Mais, ...livraison sans erreur quand le paquet arrive

## Une facilité, deux primitives (envoyer/recevoir)

- paramètres qualité : priorité, délai de transmission, ...

## Points d'accès

- jusqu'à 254 points d'accès par entité-IP

◆ **Adresse IP pour chaque carte réseau, pas par hôte**

# L'adressage IP, version 4 (1)



**Adresse Internet** : 4 octets = 32 bits

- Première composante : identificateur du réseau (géographique)
- Seconde composante : identificateur d'hôte



**Classes des réseaux IP**

	0	1		8		16		24		31			
A	0	Id.réseau			Id.hôte								
B	1	0	Id.réseau				Id.hôte						
C	1	1	0	Id.réseau					Id.hôte				
D	1	1	1	0	Id.groupe								

11000001 00110110 00110011 01100111  
193 . 54 . 51 . 67

*Notation en 4 entiers notés en base 10*

# L'adressage IP, version 4 (2)

## ◆ Adresses spéciales :

- Adresse d'un réseau : l'id hôte -> tous les bits à 0
- Adresse de diffusion : l'id hôte -> tous les bits à 1
- Adresse d'interface = id de la machine hôte

Ex : adresse réseau : 16.0.0.0 ou 193.55.97.0

adresse diffusion : 120.255.255.255 ou 198.23.23.255

adresse interface: 134.23.67.234

## ◆ Adresses RFC1918 : en A : 10.0.0.0

en B : 172.16.0.0 - 172.31.0.0

en C : 192.168.0.0 - 192.168.255.0

## ◆ Masque par défaut d'un réseau

Pour calculer l'adresse du réseau auquel appartient un hôte

Classe A : 255.0.0.0

Classe B : 255.255.0.0

Classe C : 255.255.255.0

# Fonctionnement d'une table de routage (1)



Effectué pour chaque PDU-IP à transmettre  
Confrontation de l'adresse-IP destination à la table de routage de l'entité-IP ayant actuellement le paquet

## Table de routage de l'entité-IP d'appellation 193.54.51.1

Si l'adresse-IP destination est de la forme	193.54.51.0	192.168.51.0	193.54.49.0	0.0.0.0
avec le masque	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	0.0.0.0
expédier à l'entité d'appellation	193.54.51.1	193.54.51.8	193.54.51.241	193.54.51.254
par la couche MAC	In0	In0	In0	In0

## Table de routage de l'entité-IP d'appellation 193.54.51.241, 193.54.49.14 et 192.168.51.241

Si l'adresse-IP destination est de la forme	193.54.51.0	192.168.51.0	193.54.49.0	0.0.0.0
avec le masque	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	0.0.0.0
expédier à l'entité d'appellation	193.54.51.241	192.168.51.241	193.54.49.14	193.54.49.126
par la couche MAC	hme0:1	hme0:2	hme0	hme0

La table de routage ne donne que le prochain système sur la route vers la destination

# Fonctionnement d'une table de routage (2)

## Table de routage sous Windows XP

```
C:\ Invite de commandes
Microsoft Windows XP [version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\ISIMA>netstat -r

Table de routage
=====
Liste d'Interfaces
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x10003 ...00 50 fc 4c a6 f6 ..... Carte réseau Fast Ethernet PCI Realtek RTL81
39 Family
0x10004 ...00 21 9b 79 ca 83 ..... Intel(R) 82566DM-2 Gigabit Network Connectio
n
=====
Itinéraires actifs :
Destination réseau      Masque réseau      Adr. passerelle    Adr. interface  Métrique
0.0.0.0                0.0.0.0            172.16.79.254      172.16.65.100    1
127.0.0.0              255.0.0.0          127.0.0.1          127.0.0.1        1
172.16.64.0            255.255.240.0      172.16.65.100      172.16.65.100    20
172.16.65.100          255.255.255.255    127.0.0.1          127.0.0.1        20
172.16.255.255         255.255.255.255    172.16.65.100      172.16.65.100    20
224.0.0.0              240.0.0.0          172.16.65.100      172.16.65.100    20
255.255.255.255        255.255.255.255    172.16.65.100      172.16.65.100    1
255.255.255.255        255.255.255.255    172.16.65.100      10003             1
Passerelle par défaut : 172.16.79.254
=====
Itinéraires persistants :
Aucun

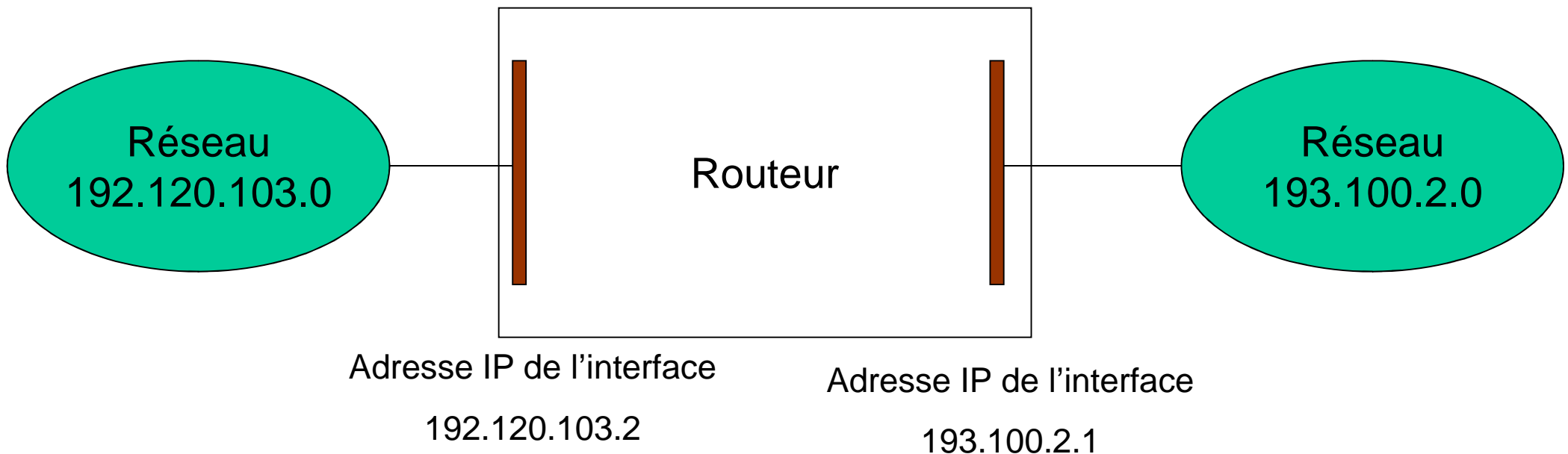
C:\Documents and Settings\ISIMA>
```

# Architecture d'un routeur

## ➤ Architecture du Routeur:

Station composée de plusieurs cartes réseau, lui permettant de se connecter à plusieurs réseaux locaux.

Dans ce cas, une carte réseau est appelée **une interface du routeur**

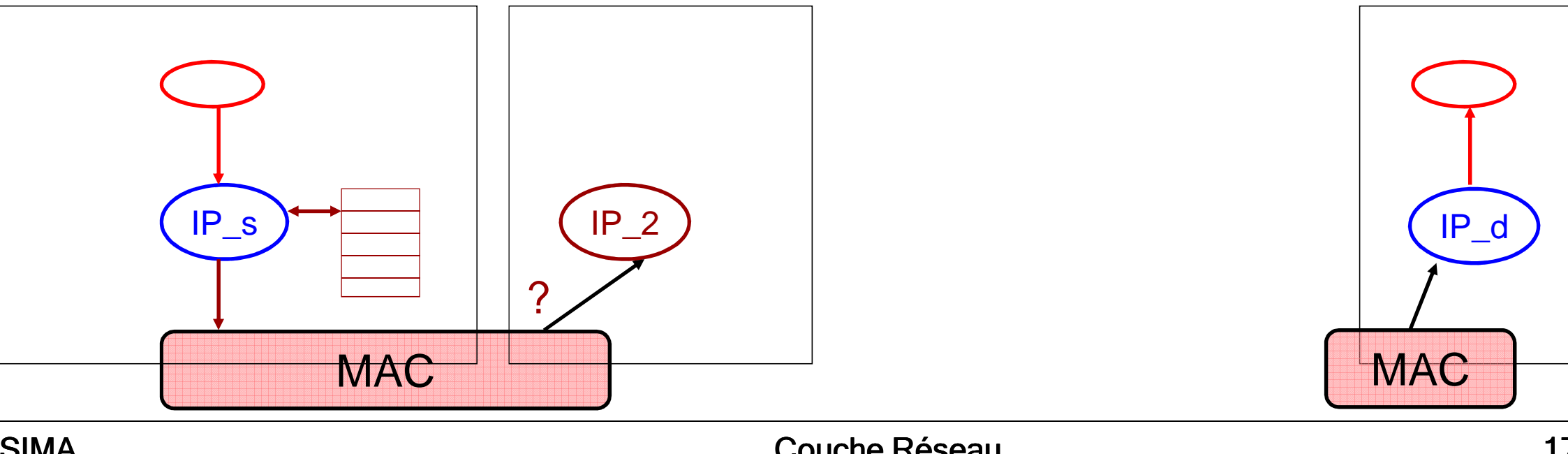




# Transmission d'une PDU IP (1)

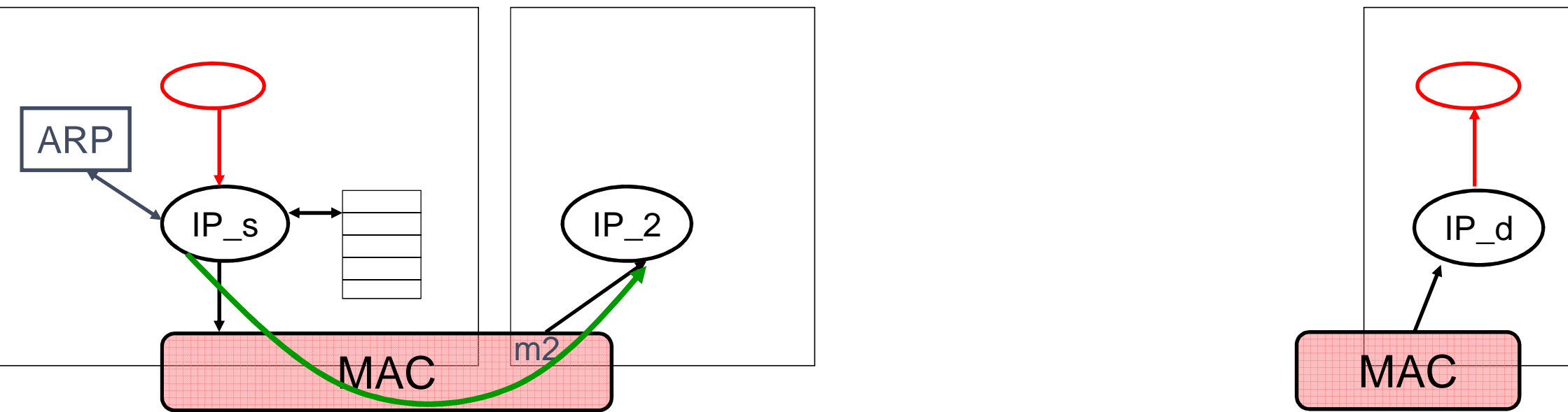
- 1) L'entité-IP expéditrice (ou source) (IP\_s) détermine à quelle entité-IP (IP\_d) expédier la PDU-IP.  
(utilisation du DNS si nécessaire)

Le calcul de route renvoie l'adresse-IP d'une entité-IP (IP\_2) liée à la même couche MAC que l'entité-IP (IP\_s)  
L'entité-IP (IP\_s) peut donc demander à la couche MAC d'effectuer la transmission.



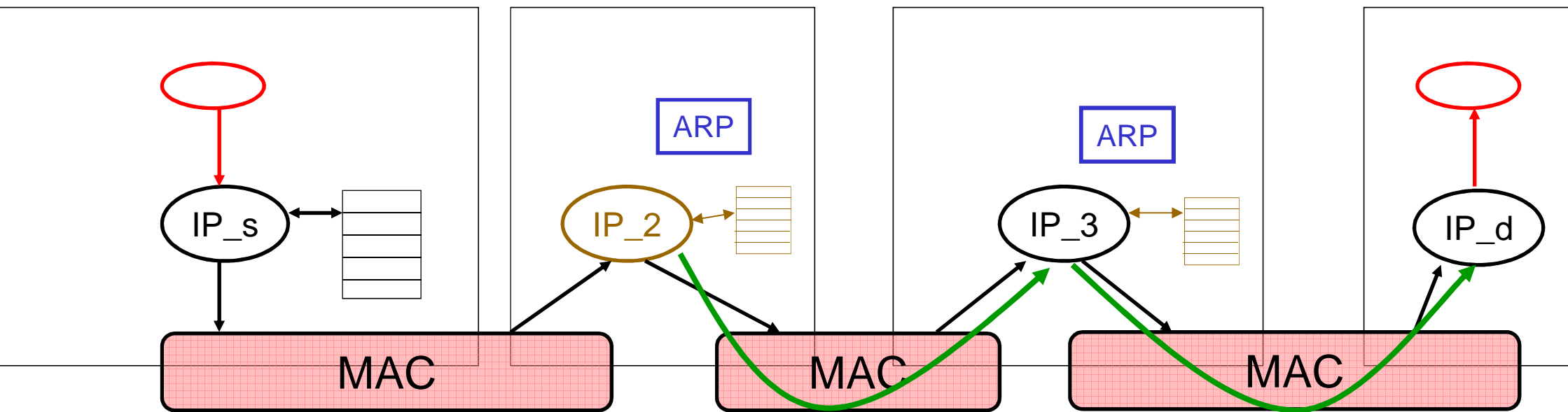
# Transmission d'une PDU IP (2)

- 2) L'entité-IP (IP\_s) demande à la couche MAC de transmettre la PDU\_IP  
Il faut l'appellation de l'entité-MAC (m2) servant l'entité-IP (IP\_2)  
Utilisation du service ARP (Address Resolution Protocol)
- 3) La couche MAC livre la PDU\_IP à l'entité-IP (IP\_2)



# Transmission d'une PDU IP (3)

- 4) L'entité-IP (IP\_2) analyse l'adresse-IP destinataire inscrite dans la PDU-IP reçue  
Si c'est sa propre adresse-IP, la PDU-IP est livrée au destinataire  
sinon l'entité-IP (IP\_2) examine sa table de routage pour transmettre la PDU-IP  
à une autre entité-IP, un peu plus loin sur la route vers la destination  
finale
- 5) Utilisation du service ARP pour que la couche MAC puisse livrer sa trame
- 6) etc...



# Les sous-réseaux (1)

## Raisons

- topographiques
- facilité de la gestion du réseau
- sécurité

## Différentes étapes

- Mettre en place la connectivité physique
- Choisir la taille des sous-réseaux
  - puissance de 2
  - pour chaque sous-réseau,  
1 adresse réseau + 1 adresse diffusion

**Réseaux sans classe (classless)  $\neq$  classfull**

# Les sous-réseaux (2)

## ◆ Calcul du masque du sous-réseau

- augmentation du masque du réseau de 1 bit par puissance de 2

Exemple pour un classe C:

Nb de sous-réseaux	Nb d'hôtes	Masque
2	126	255.255.255.128
4	62	255.255.255.192
8	30	255.255.255.224

## ◆ Numéros IP spéciaux (exemple)

masque réseau	Nb sous réseaux	Réseau	Diffusion	minIP	MaxIP	Nb hotes
128	2	0	127	1	126	126
		128	255	129	254	126
192	4	0	63	1	62	62
		64	127	65	126	62
		128	191	129	190	62
		192	255	193	254	62

## ◆ Une entrée dans la table de routage pour chaque sous-réseau

# IPv6 (1)

## Raisons:

- Croissance rapide d'internet ➡ manque d'adresses IP
- Tables de routage gigantesques...
- Des fonctionnalités manquantes à mettre en œuvre

## Caractéristiques:

- Adresse sur 16 octets (128 bits,  $8 * 16$  bits)
- Fonctionnalités nouvelles :
  - sécurité (chiffrement des paquets, authentification,...)
  - source routing
  - Gestion du temps réel
  - autoconfiguration (amélioration de DHCP, passage par ICMPv6)

# IPv6 (2)

## Format de l'en-tête du paquet: (min 40 octets)

Version (4 bits)	Priorité (8 bits)	Etiquette de flot (20 bits)	4 octets
Lg données (16 bits)	en-tête suivant (8 bits)	nb nœuds traversés (8 bits)	4 octets
Adresse émetteur (16 octets)			16 octets
Adresse récepteur (16 octets)			16 octets
Options			

Etiquette de flot : Pour s'assurer d'une QoS

Lg données : taille des données utiles (max 65536)

en-tête suivant : protocole encapsulé (4, IP : 6, TCP : 17, UDP : 58, ICMP,..)

Nb nœuds traversés : remplace le TTL

Actuellement, le champ option n'est pas utilisé dans la communication

# IPv6 (3)

## Les différentes sortes d'adresses

- **Unicast**

-> pour un destinataire unique

- **Multicast**

-> pour désigner un groupe d'interfaces, donc un groupe de machines

- **Anycast**

-> pour désigner une interface, appartenant à un groupe de machines

-> théoriquement, la machine la plus proche doit recevoir le paquet

- **Broadcast**

-> n'existe plus.



# Adressage IPv6 (1)

- Utilisation de la notation hexadécimale, en regroupant les chiffres par 4 et en les séparant par ':'  
ex : FEDC:E323:A65A:95F5:63D4:08BB:76F5:A234
- Disparition des sous-réseaux, apparition de **la taille du préfixe '/'** (nb de bits appartenant au préfixe)  
ex : 2F45:EE34:C23E::/48
- Elimination des 0 présents dans l'adresse:  
ex : 2001:0:0:0:0:342D:342F:FF45



2001::342D:342F:FF45

# Adressage IPv6 (2)

- Loopback : ::1/128
- Non spécifié : 0::0 -> utilisation avec DHCPv6
- Adresse de lien local :
  - > préfixe : FE80::/10 (1111111010...)
  - configuration automatique, adresse non routable
- Adresse de site local :
  - > préfixe : FEC::/10 (1111111011...)
  - configuration pour un site, adresse non routable au niveau d'Internet (correspond aux adresses privées)
- Adresse compatible avec Ipv4 (adresse mappée)
  - > 0::FFFF:adresse IPv4 (32 bits)

# Adressage IPv6 (3)

## Adresse Unicast

- 64 bits pour le réseau et 64 bits pour l'hôte
  - 48 bits pour le préfixe global de routage (topologie publique)
    - théoriquement, 3 premiers bits à : 001
    - 45 bits suivants dépendent de l'IANA, et donc AFNIC
  - 16 bits pour le réseau d'entreprise (topologie du site)
  - 64 bits -> interface ( unicast -> utilisation de icmpv6)

L'adresse commence en général par 2001:.... et se termine par l'adresse MAC modifiée:

3 octets (constructeur) + FFFE (16 bits) + 3 octets (unique MAC)

# Adressage IPv6 (4)

## Adresse Multicast

- Les 8 premiers bits sont à 1 : 11111111 → FF
- indicateur (8 b) + drapeau (4 b) + visibilité (4 b) + group Id (112 b)
  - Indicateur : FF
  - Drapeau : 000 puis 0 pour un groupe permanent, 1 sinon
  - Visibilité : sur internet, local à l'entreprise...
    - Node - Local (même médium)
    - Link - Local (même domaine broadcast)
    - Site - Local (même site)
    - Organization - Local (même entreprise)
    - Global
- Exemple : FF01::1 -> multicast pour node local et machines (id =1)  
FF05::2 -> multicast pour site-local et routers (id =2)