

# Cours n°1

## **Introduction :**

# **couches du modèle TCP/IP et adresses**

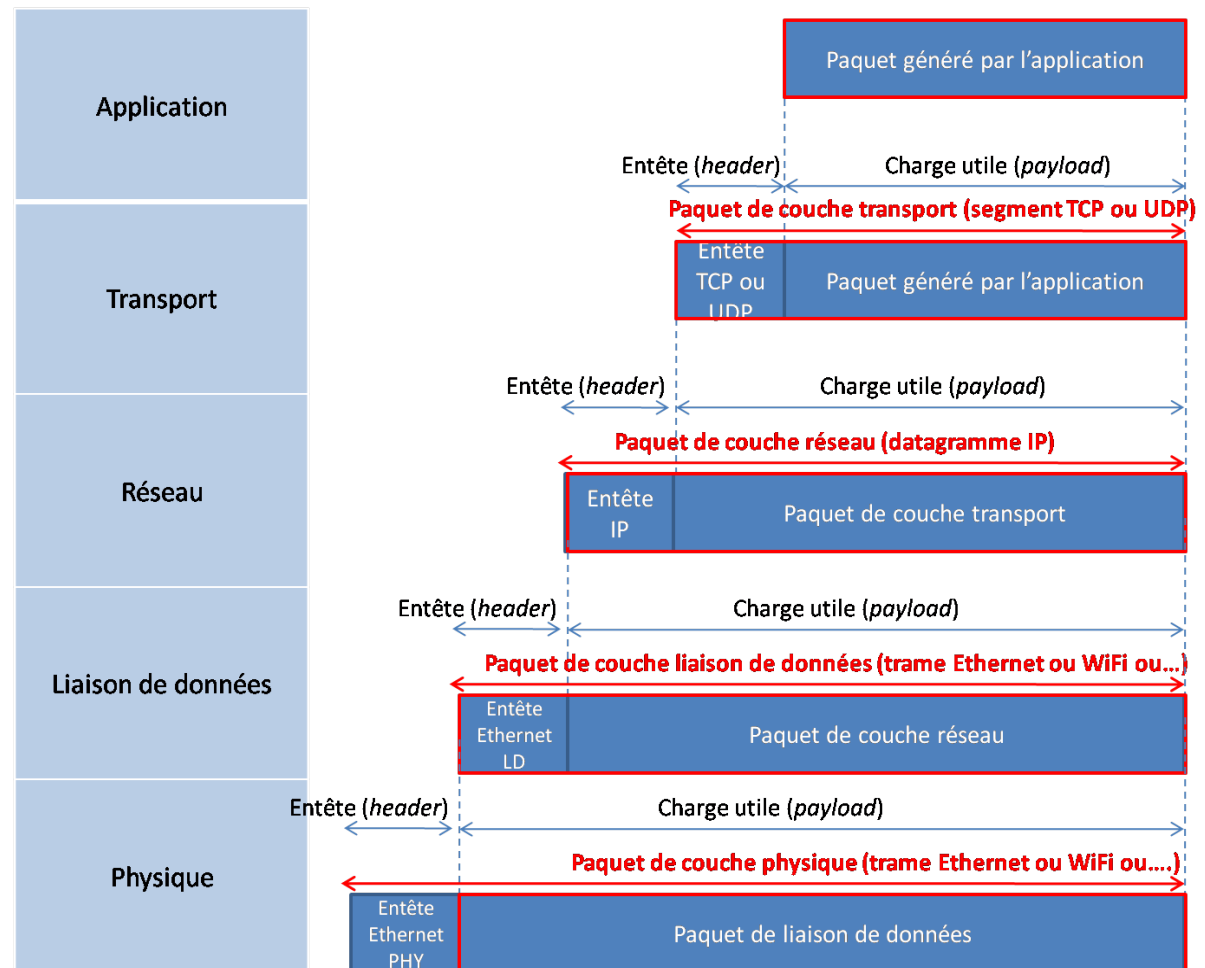
Basé sur le cours SI4 – 2015-2016 de  
L. Sassatelli

# Les couches du modèle TCP/IP

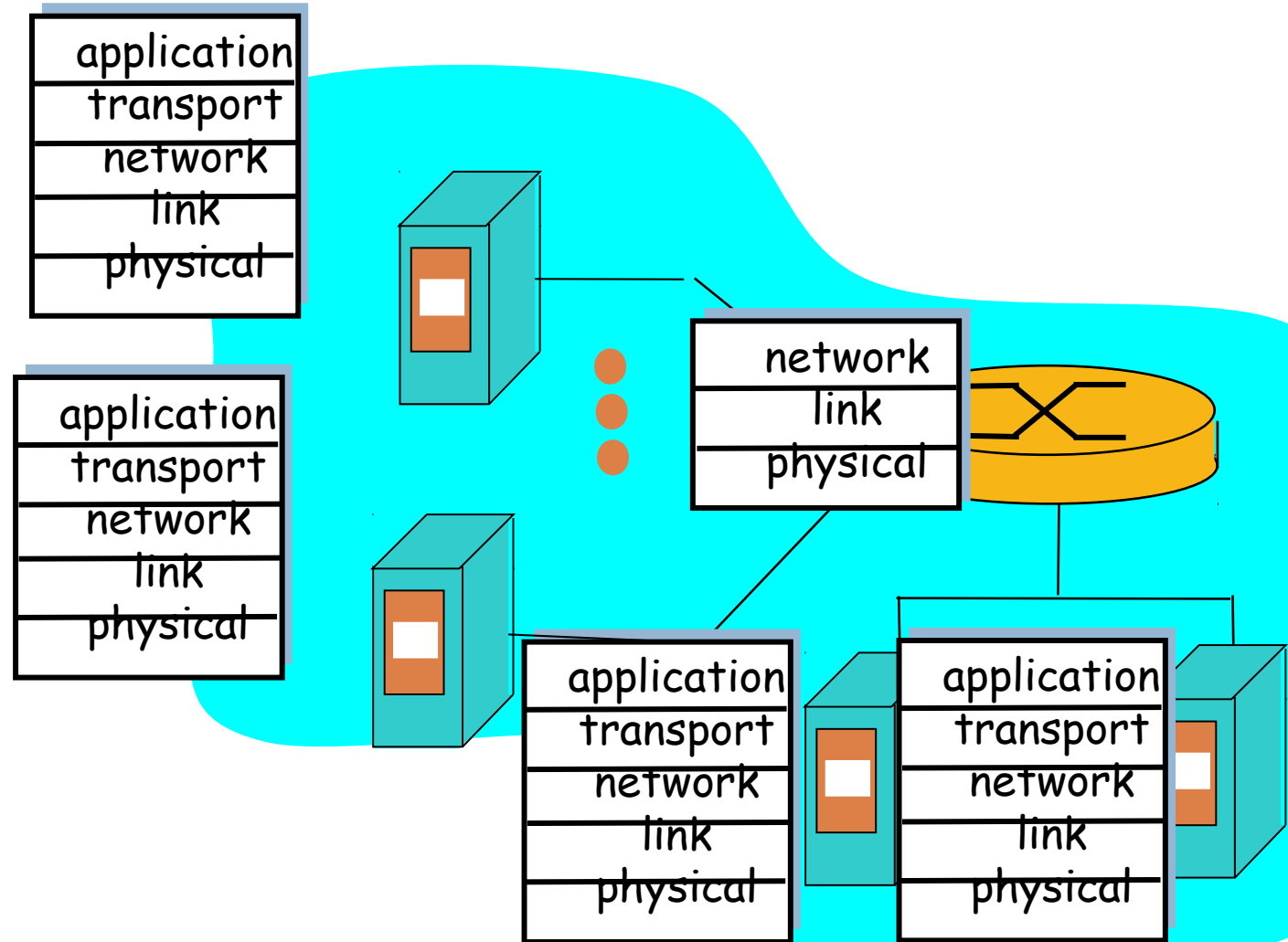
Couche	Sous-problème	Exemple de protocole
Application	Communication machine/utilisateur	http, ftp, ssh,...
Transport	Faire communiquer 2 processus entre eux indépendamment de ce qui se passe sur le réseau	TCP, UDP
Réseau	Trouver le chemin entre les 2 machines (la suite d'équipements intermédiaires à traverser)	IP
Liaison de données	Gérer l'accès au medium (câble, sans-fil, fibre, ...), comme accès multiple, correction d'erreur, etc.	Ethernet, WiFi,...
Physique	Assurer la traduction bit/ondes électromagnétiques	Ethernet, WiFi,...

# L'encapsulation

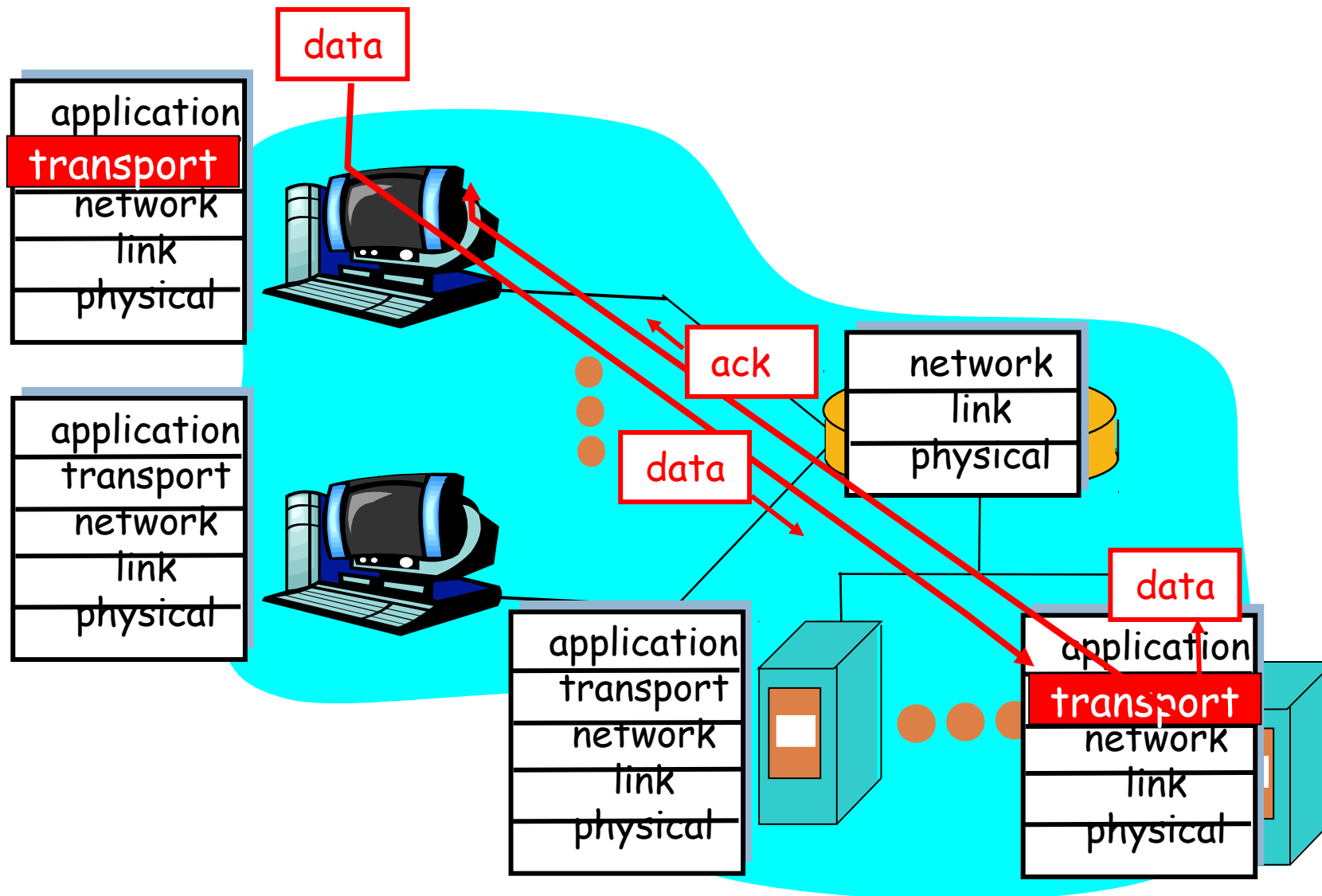
- Des bits sont ajoutés par chaque traitement (à chaque passage à travers une couche) pour que ce traitement puisse fonctionner.
- Ce traitement est un protocole qui résout le sous-problème que la couche définit.
- On dit que chaque protocole rajoute une **entête**.
- Si le protocole A est implémenté après le protocole B, alors on dit que le protocole A « **encapsule** » le protocole B.
- Les entêtes sont rajoutées successivement en préfixe du paquet sortant de la couche précédente :



# Couches : implémentées à différents endroits



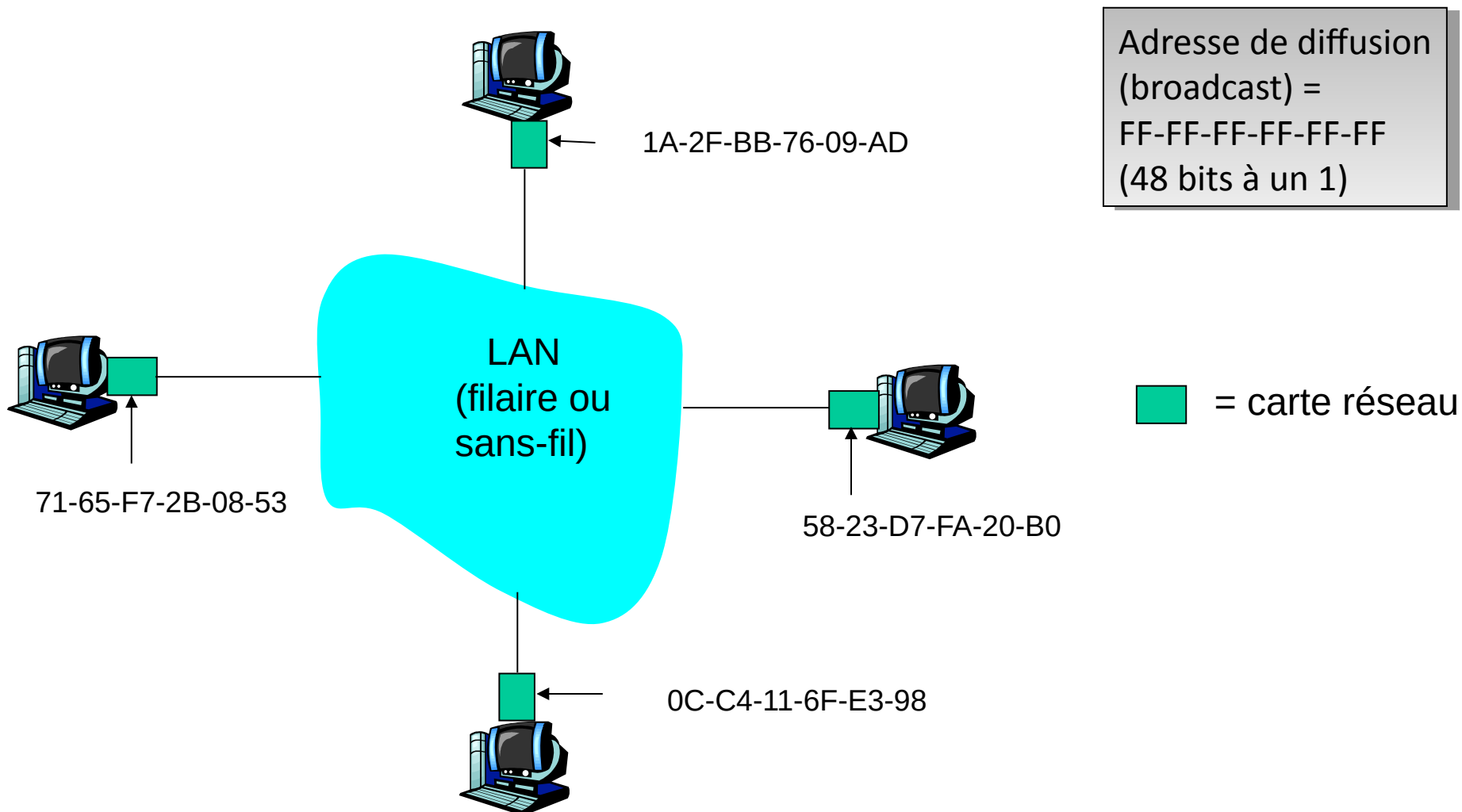
# Couches: implémentées à différents endroits



1. Entre 2 machines sur le même réseau local  
(*Local Area Network* – LAN)

# Adresses MAC dans un LAN



Chaque carte sur le LAN à une adresse unique



# Adresses MAC

Adresses MAC (ou LAN ou physique ou Ethernet) :

## **Identifie la carte réseau**

- **Fonction : permet de transférer une trame d'une interface réseau à une autre interface sur le même réseau IP**
-  6B (pour la plupart des LANs)
-  codée dans la mémoire morte de la carte réseau → choisie par le constructeur (garantie unicité de l'adresse)



# Adresse MAC

- 2 cartes réseaux → 2 @ MAC sur cette machine

```
Terminal
File Edit View Search Terminal Help
lucile@lucile-laptop:~$ ifconfig -a
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:21:70:ea:38:59
          inet addr:134.59.129.172  bcast:134.59.129.255  Mask:255.255.255.0
          inet6 addr: fe80::221:70ff:feea:3859/64 Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:62186 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:14738 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:27688400 (27.6 MB)  TX bytes:1972404 (1.9 MB)
          Interrupt:22 Memory:f6fe0000-f7000000

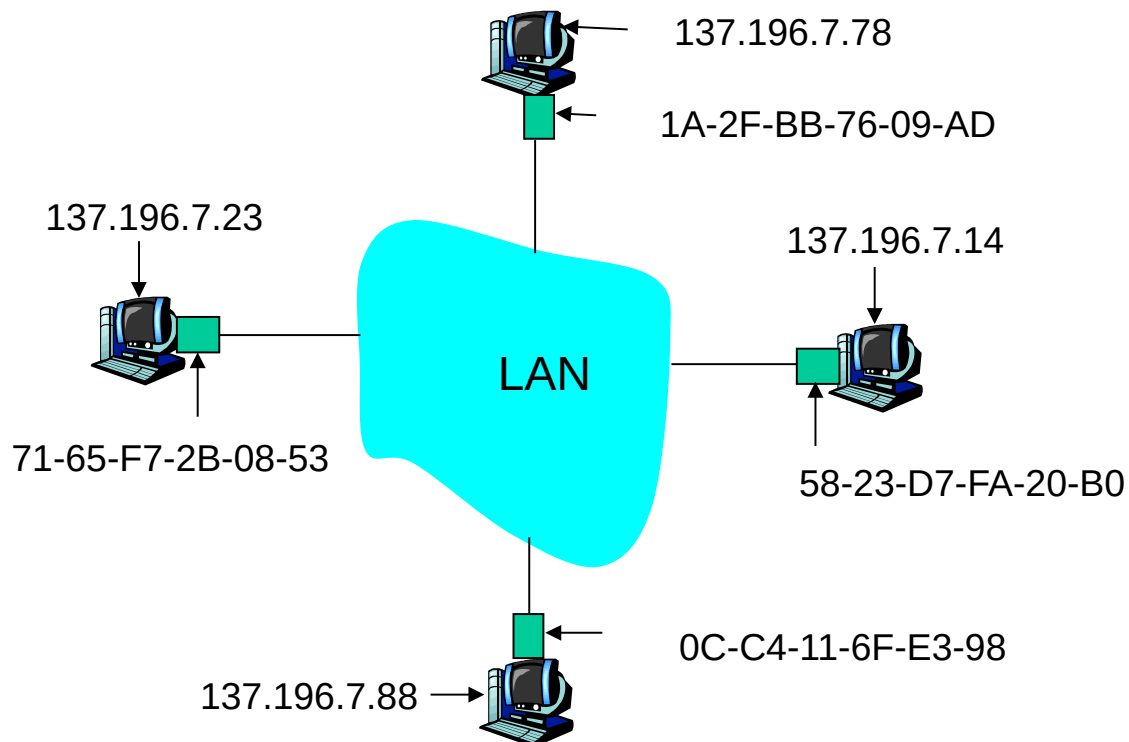
lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          inet6 addr: ::1/128 Scope:Host
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:16436  Metric:1
          RX packets:8 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:8 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:480 (480.0 B)  TX bytes:480 (480.0 B)

wlan0     Link encap:Ethernet  HWaddr 00:16:ea:89:1e:c8
          BROADCAST MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:0 (0.0 B)  TX bytes:0 (0.0 B)

lucile@lucile-laptop:~$
```

# ARP: Address Resolution Protocol

Question: Comment déterminer l'adresse MAC de B à partir de son @ IP ?

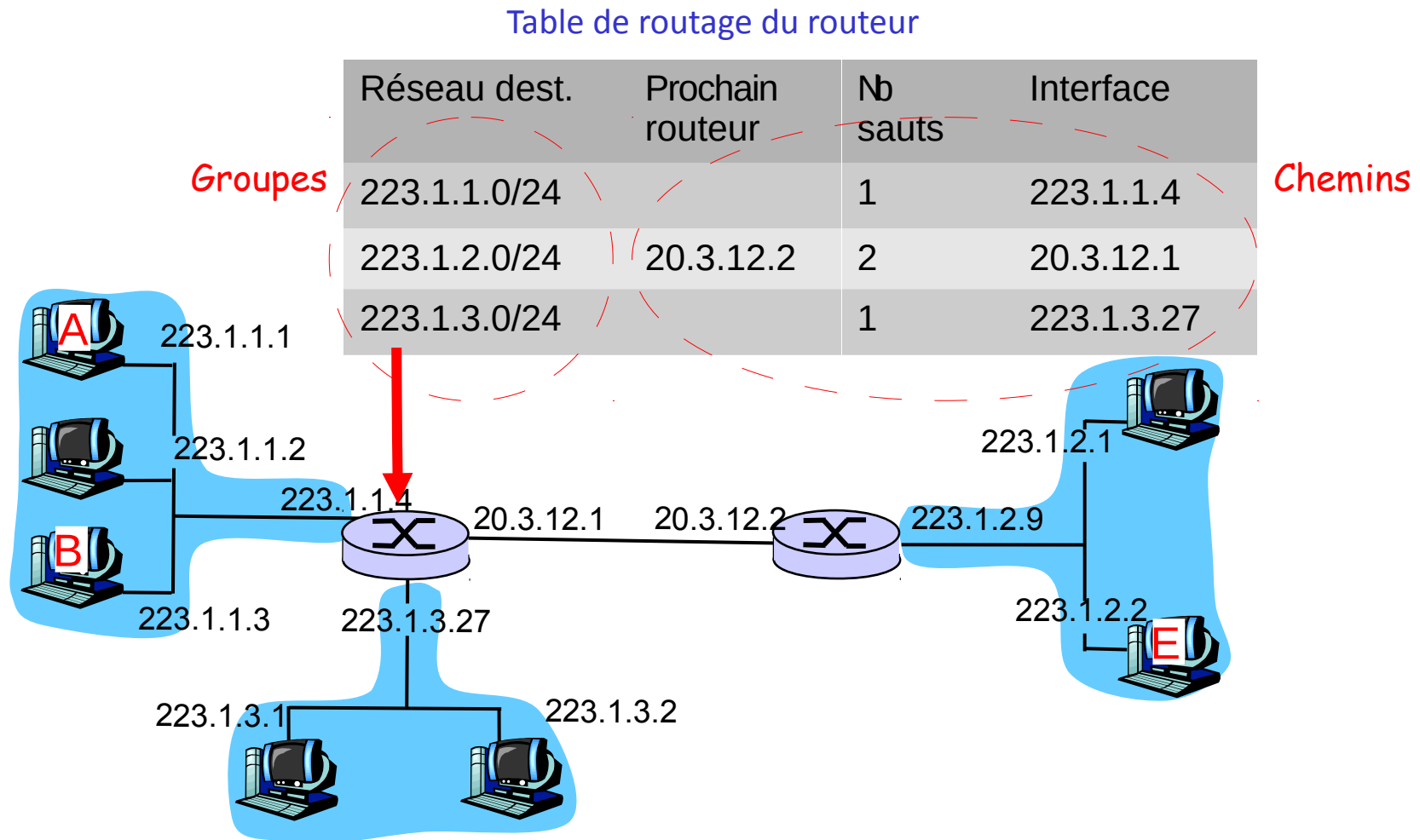


- Chaque nœud IP (machine, routeur) sur un LAN à une table ARP
- **Table ARP** : stocke correspondance entre @IP et @MAC.

@IP	@MAC

2. Entre 2 machines sur 2 LAN différents

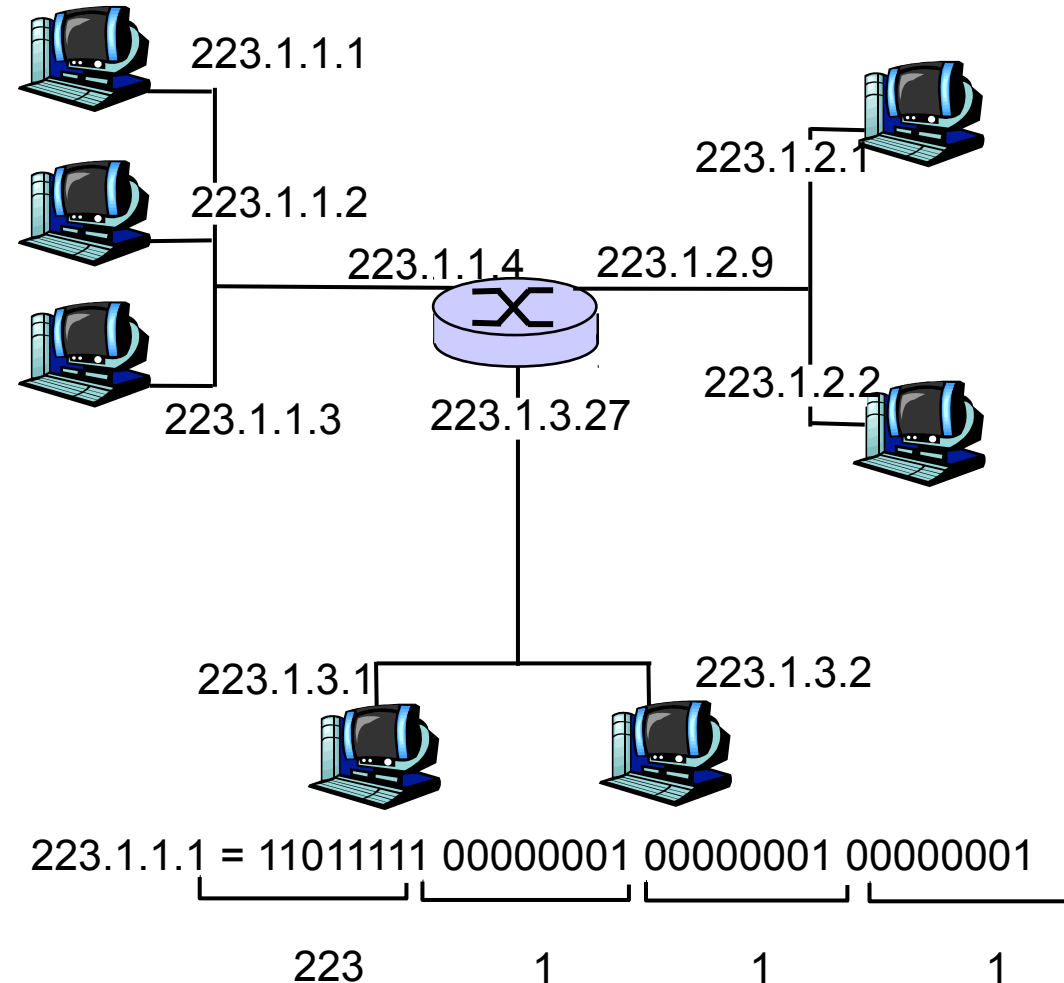
# Routage IP : trouver la route entre machine source et machine destination



- Dst MAC est celle associée à l'@IP du prochain saut, tel qu'indiqué dans la table de routage

# Adressage IP : introduction

- **Adresses IP:**
  - 4 Bytes (32 bits)
  - identifie l'interface réseau (carte) d'une machine ou d'un routeur dans un LAN
- Une adresse IP est un entier écrit sur 4 octets, elle peut donc prendre des valeurs entre 0 et  $2^{32} - 1$ .
- Pour plus de commodité, on note les adresses en donnant les valeurs de chaque octet séparés par des points



# Adresses IP : Masques réseau

## ➤ Une adresse IP se découpe en :

- Une adresse réseau (bits de poids fort : à gauche)
- Une partie machine (bits de poids faible)

➤ Deux machines se trouvant sur un même réseau possèdent la même adresse réseau mais pas la même partie machine.

## ➤ Découpage représenté avec un **masque réseau** : 32 bits

- bits de la partie réseau à 1
- bits de la partie machine à 0

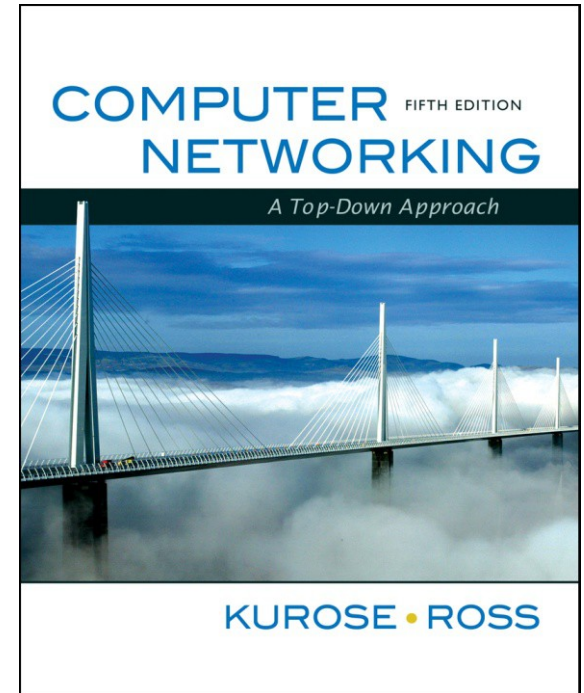
### • Exemple

• 207.142.131.245 est une adresse IP

• 255.255.255.0 un masque réseau indiquant que les 3 premiers octets sont l'adresse réseau et le dernier octet pour la machine.

➤ 207.142.131.245/255.255.255.0 désigne donc la machine d'adresse 245 sur le réseau d'adresse 207.142.131.0.

➤ 207.142.131.245/24 pour abréger



## A note on the use of these ppt slides:

We're making these slides freely available to all (faculty, students, readers).

They're in powerpoint form so you can add, modify, and delete slides (including this one) and slide content to suit your needs. They obviously represent a *lot* of work on our part. In return for use, we only ask the following:

- ❑ If you use these slides (e.g., in a class) in substantially unaltered form, that you mention their source (after all, we'd like people to use our book!)
- ❑ If you post any slides in substantially unaltered form on a www site, that you note that they are adapted from (or perhaps identical to) our slides, and note our copyright of this material.

Thanks and enjoy! JFK/KWR

All material copyright 1996-2009

J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved

*Computer Networking: A  
Top Down Approach*

5<sup>th</sup> edition.

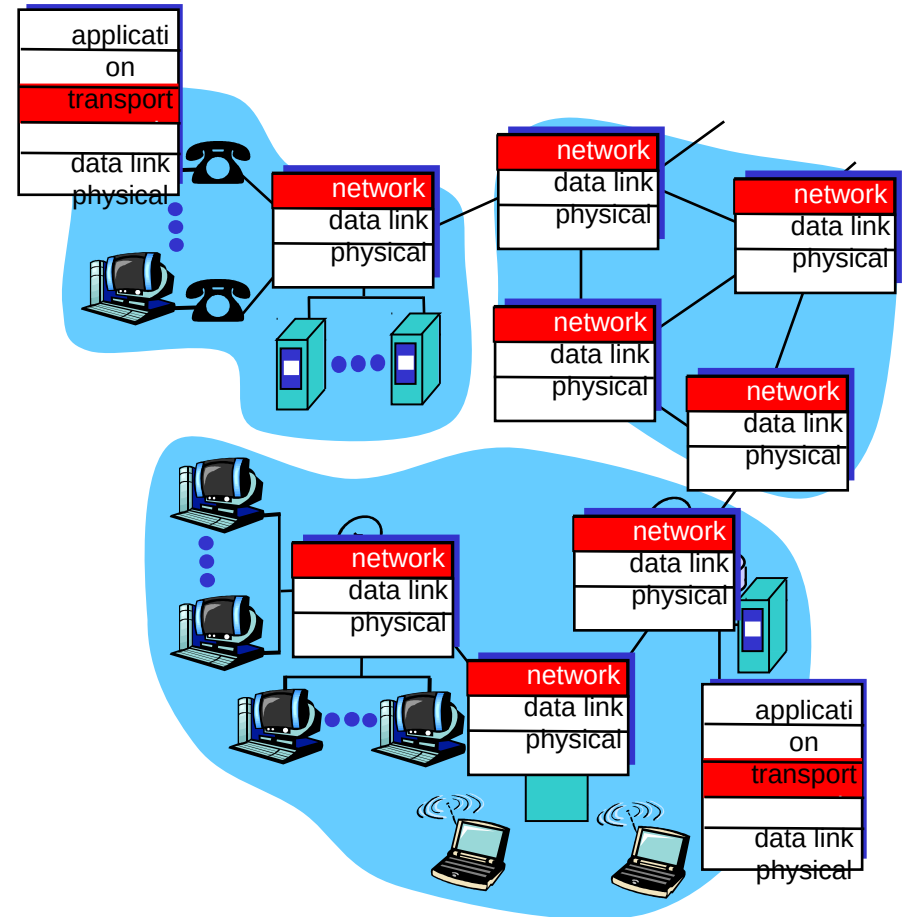
Jim Kurose, Keith Ross  
Addison-Wesley, April  
2009.

# Fonction de la couche réseau

- La couche réseau est implantée dans chaque machine et dans chaque routeur de l'Internet

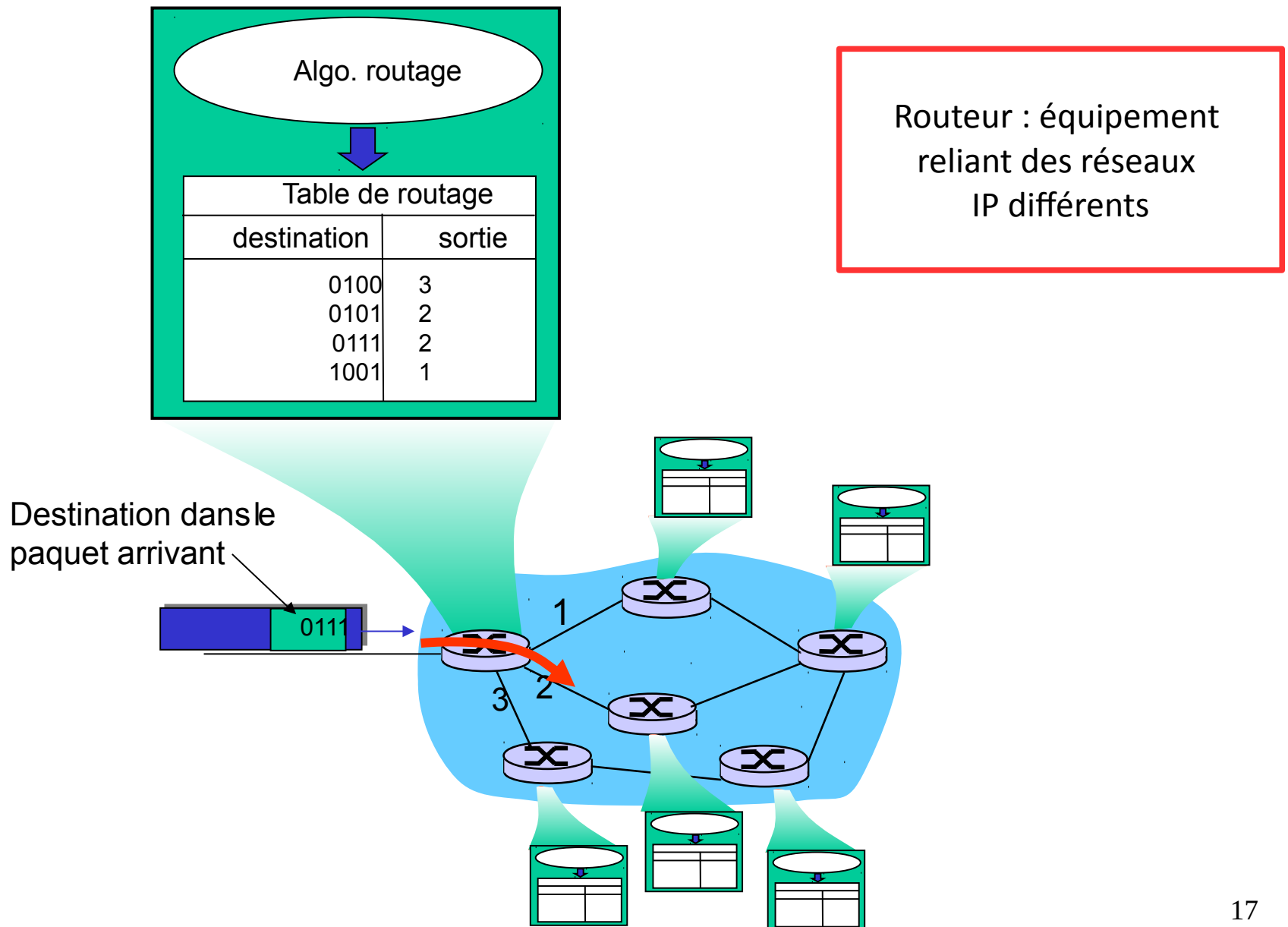
## Fonction importante:

- *Détermination du chemin:*  
route prise par les paquets de la source à la destination  
→ système d'adressage  
→ algorithmes de routage





# Routage : adr destination → port de sortie



# Routage : comment choisir le port de sortie

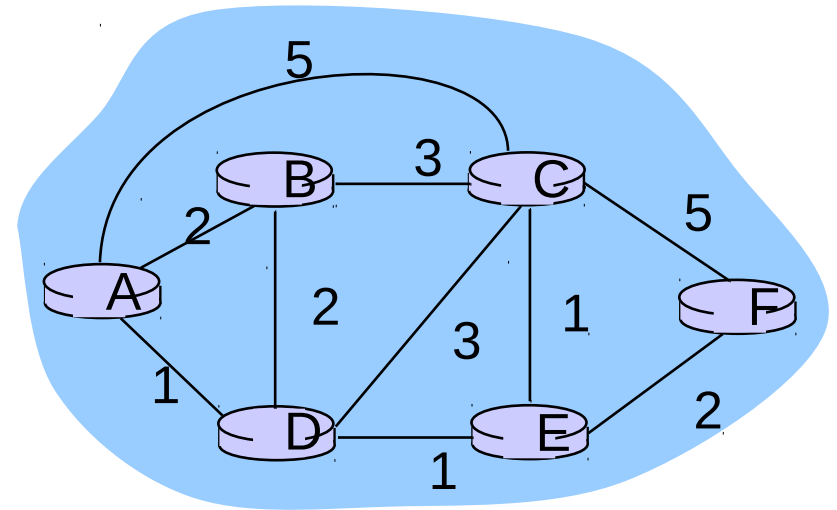
## Protocole de routage



**But:** déterminer le bon chemin (séquence de routeurs) au travers du réseau pour toutes les destinations

Le problème de ces algorithmes est un problème de graphe :

- Les nœuds du graphe sont les routeurs
- Les liens du graphe les liens physiques

 Liens ont des coûts: délai, prix, niveau de congestion



-  Qu'est-ce qu'un "bon chemin"?
-  Typiquement, un chemin de coût minimum

# Plan

- I. Les couches du modèle TCP/IP (OSI)
- II. Approche bottom-up rapide
- III. La couche réseau : adressage IP
  - 1. Adressage IP
  - 2. Fonctions de IP, routeurs et routage
  - 3. Principe général du routage IP
- IV. La couche liaison de données : le protocole ARP

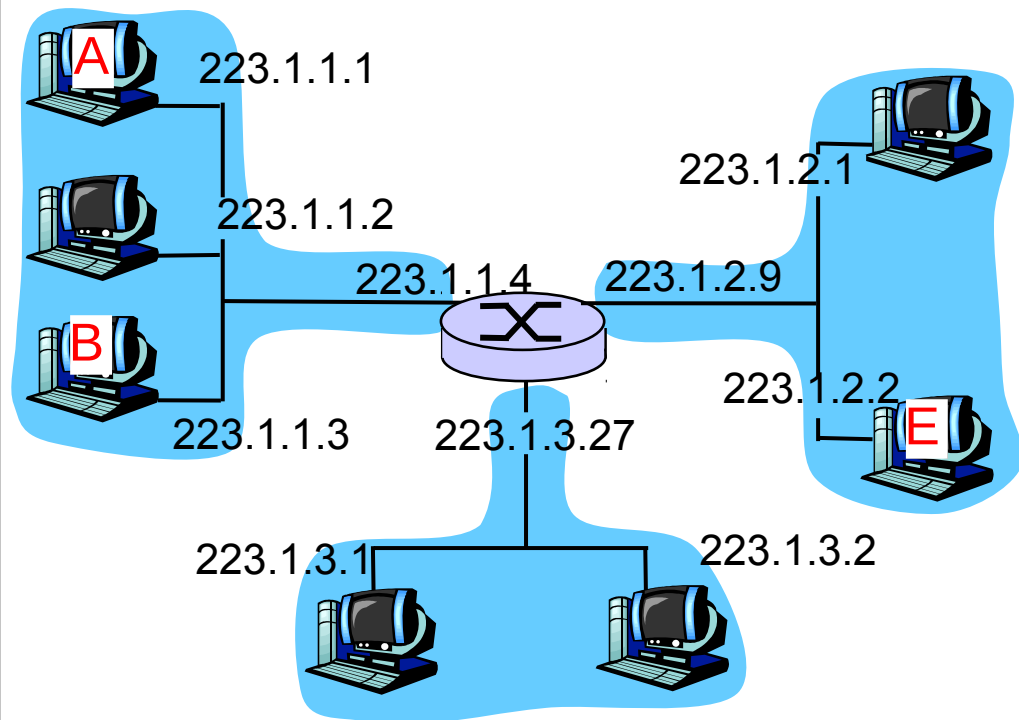
# Transfert d'un datagramme de sa source à sa destination

## Datagramme IP:

misc fields	source IP addr	dest IP addr	data
----------------	-------------------	-----------------	------

### 1. Un paquet IP est créé par le système.

- Adresse IP dst trouvée possiblement par DNS
- Les champs adresse et data ne seront pas modifiés sur le chemin.



# Scénario 1: datagramme entre A et B

	223.1.1.1	223.1.1.3	data
--	-----------	-----------	------

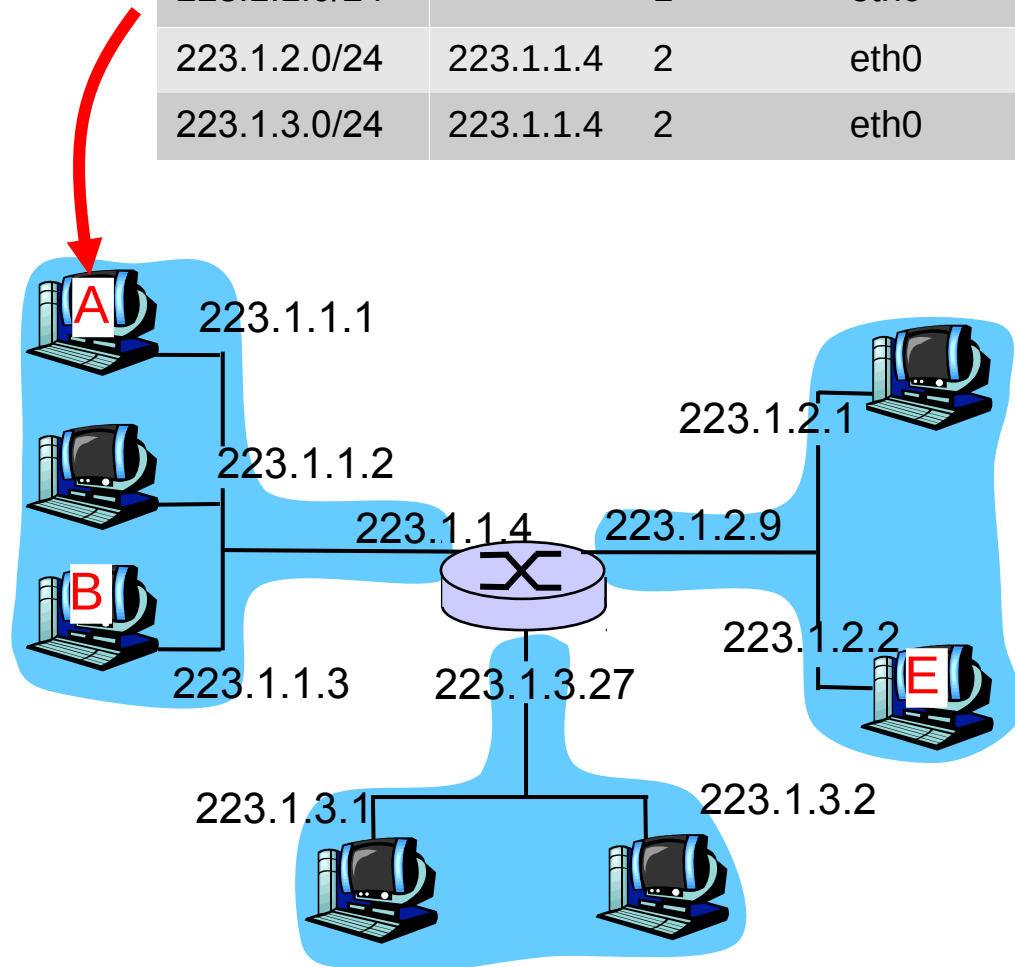
## Opération de A

### 2. Recherche dans sa table de routage si adresse de B est dans un réseau

- Si B et A sont dans même sous-réseau, c'est la couche sous IP, la couche liaison de données, qui prend le relai.

Table de routage de A

Réseau dest.	Prochain routeur	Nb sauts	Interface
223.1.1.0/24		1	eth0
223.1.2.0/24	223.1.1.4	2	eth0
223.1.3.0/24	223.1.1.4	2	eth0



## Scénario 2: datagramme entre A et E

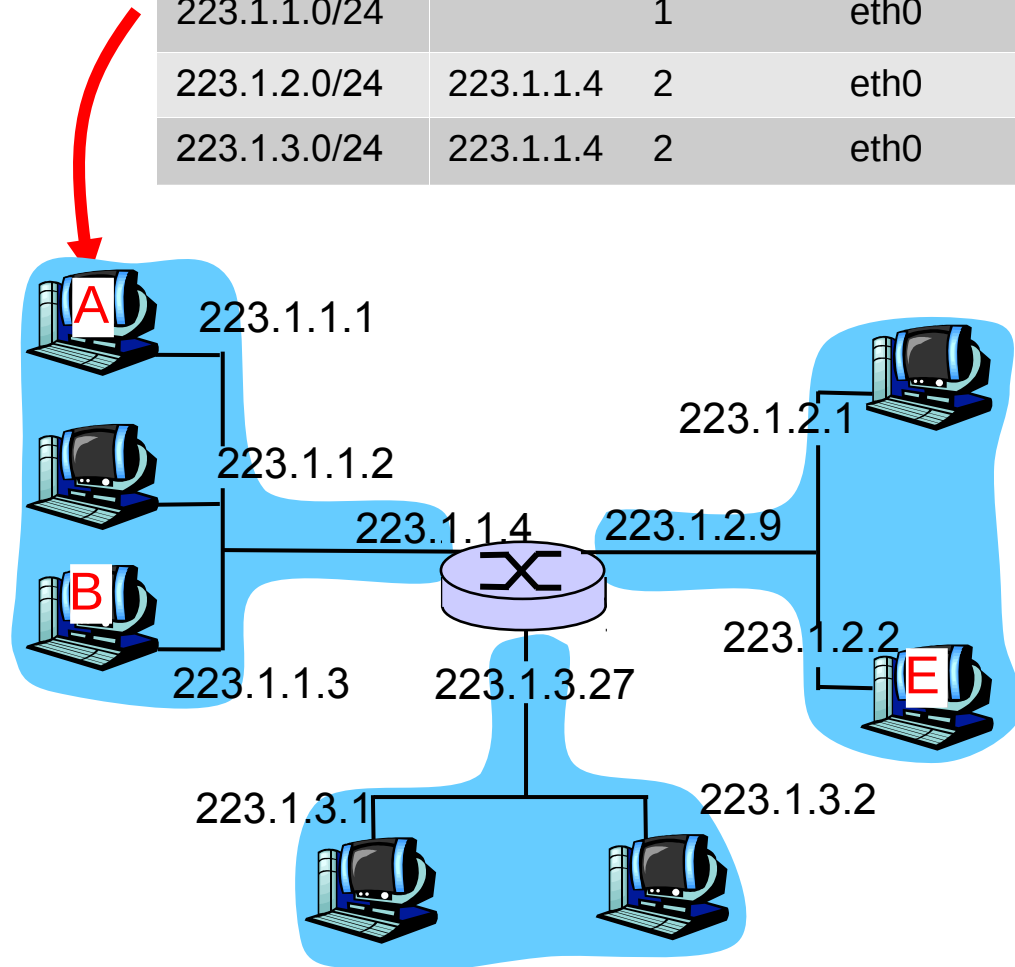
misc fields	223.1.1.1	223.1.2.3	data
-------------	-----------	-----------	------

### Opérations:

2. A observe que E est dans un réseau IP différent
  - **Table de routage indique que le prochain routeur est 223.1.1.4**
3. **Couche liaison de donnée envoie datagramme de A vers 223.1.1.4** (puisque'ils sont dans le même sous-réseau)
  - datagramme arrive à 223.1.1.4
  - On continue.....

Table de routage de A

Réseau dest.	Prochain routeur	Nb sauts	Interface
223.1.1.0/24		1	eth0
223.1.2.0/24	223.1.1.4	2	eth0
223.1.3.0/24	223.1.1.4	2	eth0



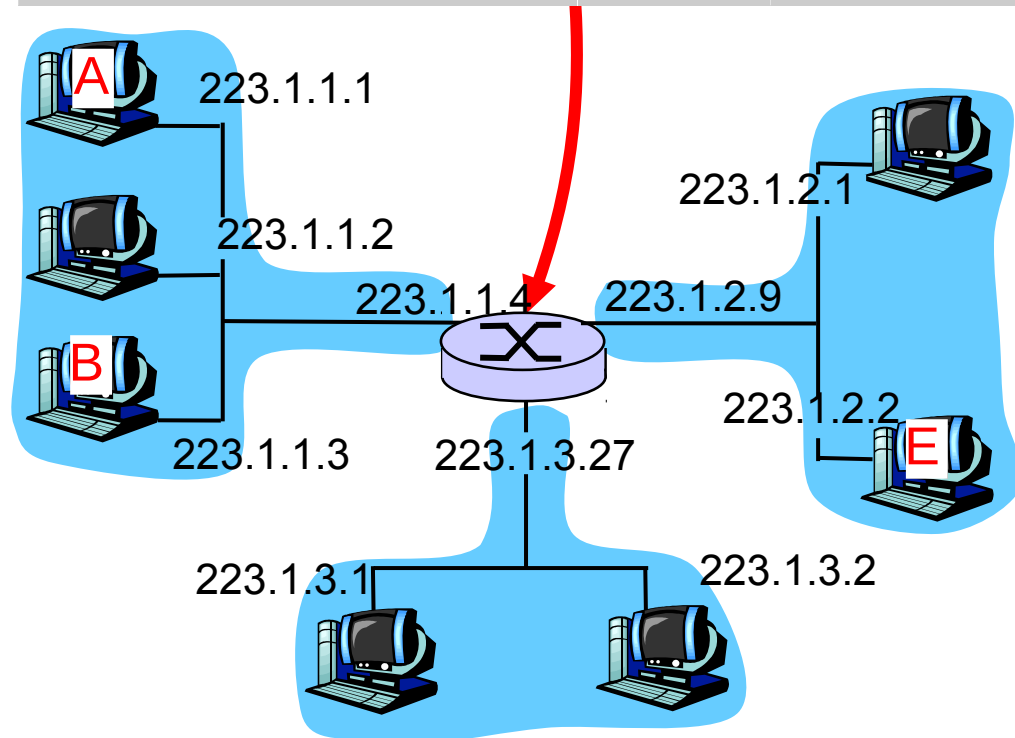
## Scénario 2: datagramme entre A et E

Table de routage du routeur

Réseau dest.	Prochain routeur	Nb sauts	Interface
223.1.1.0/24		1	223.1.1.4
223.1.2.0/24		1	223.1.2.9
223.1.3.0/24		1	223.1.3.27

Arrivé à 223.1.1.4 et destiné à 223.1.2.2

4. **Correspondance @IPdest avec table de routage** → la destination est dans un sous-réseau directement connecté
5. Il passe à la couche liaison sur cette interface, pour **envoi vers @IPdest**
6. Le datagramme va ainsi arriver à 223.1.2.2 : comment ? Voir partie III



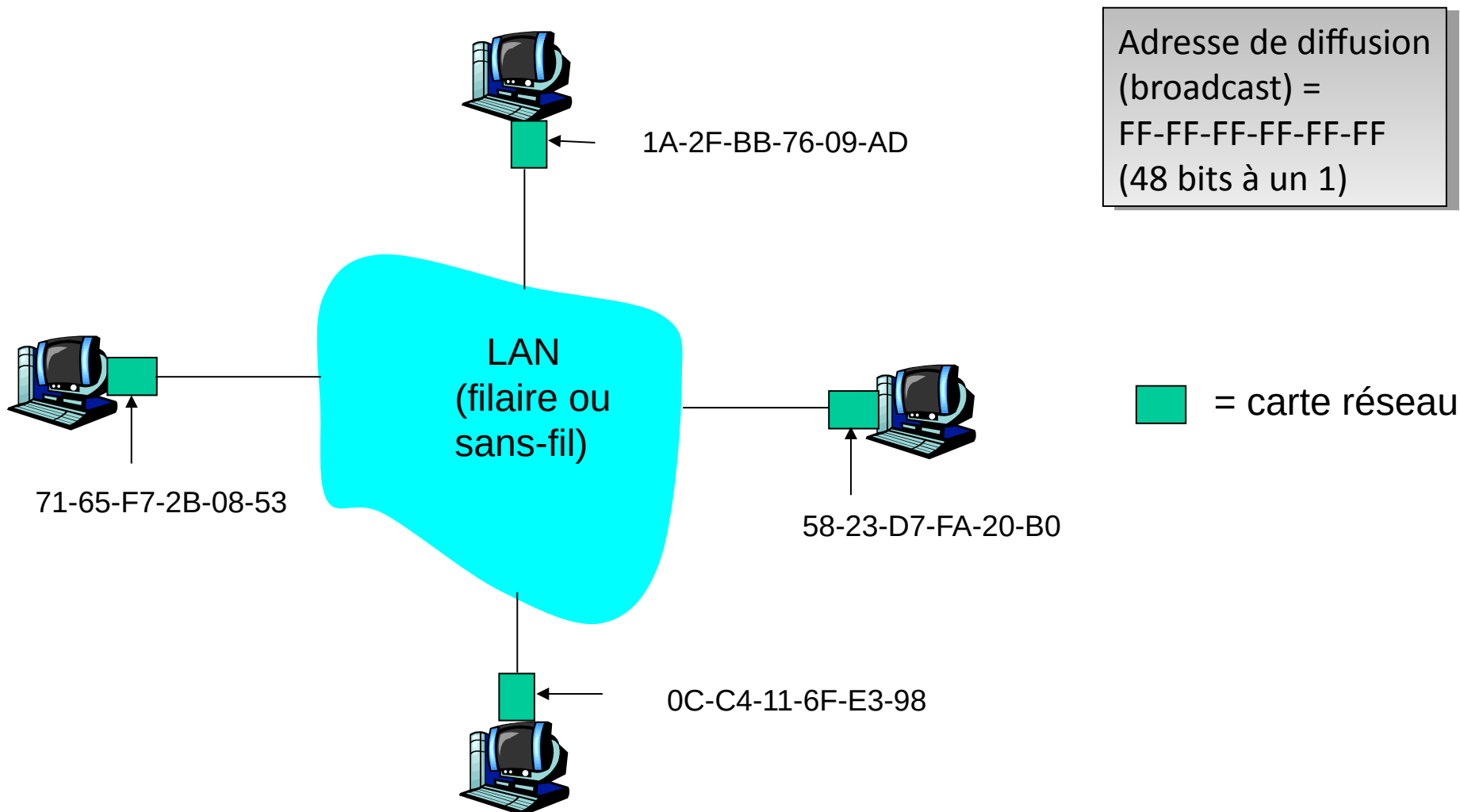
# Plan

- I. Les couches du modèle TCP/IP (OSI)
- II. Approche bottom-up rapide
- III. La couche réseau : adressage IP
- IV. La couche liaison de données**
  - 1. Couche liaison de donnée
  - 2. Adresses MAC
  - 3. Protocole ARP



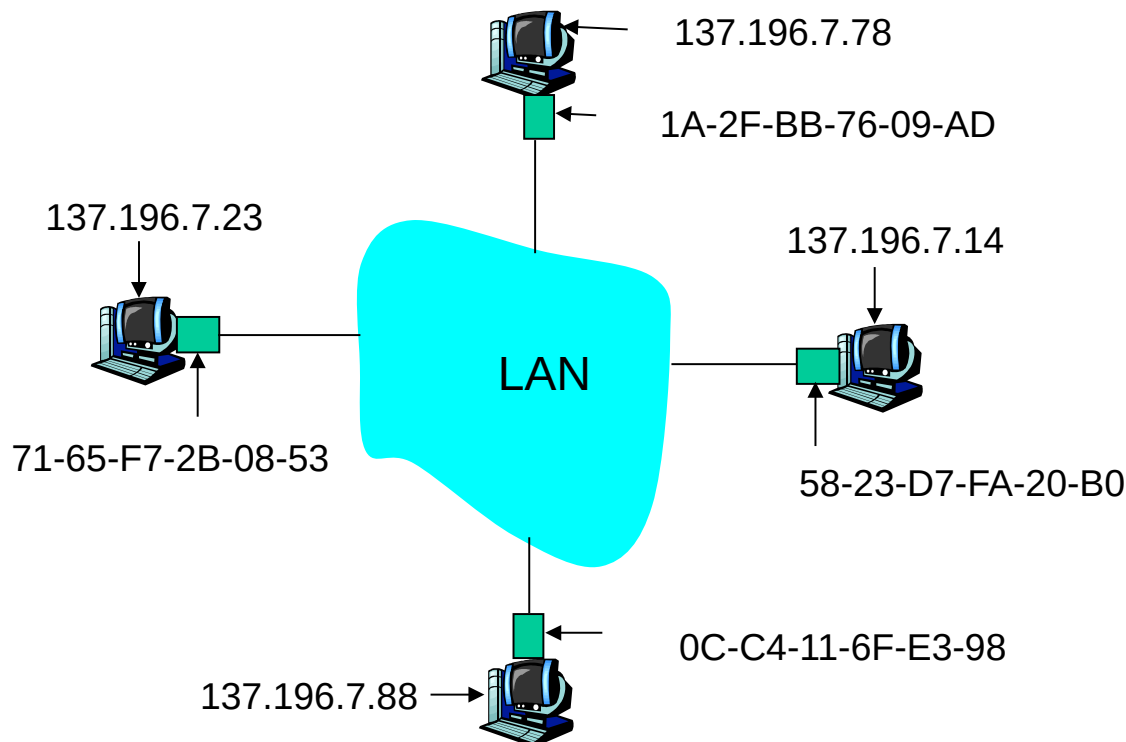
# Adresses MAC dans un LAN

Chaque carte sur le LAN à une adresse unique



# ARP: Address Resolution Protocol

Question: Comment déterminer l'adresse MAC de B à partir de son @ IP ?

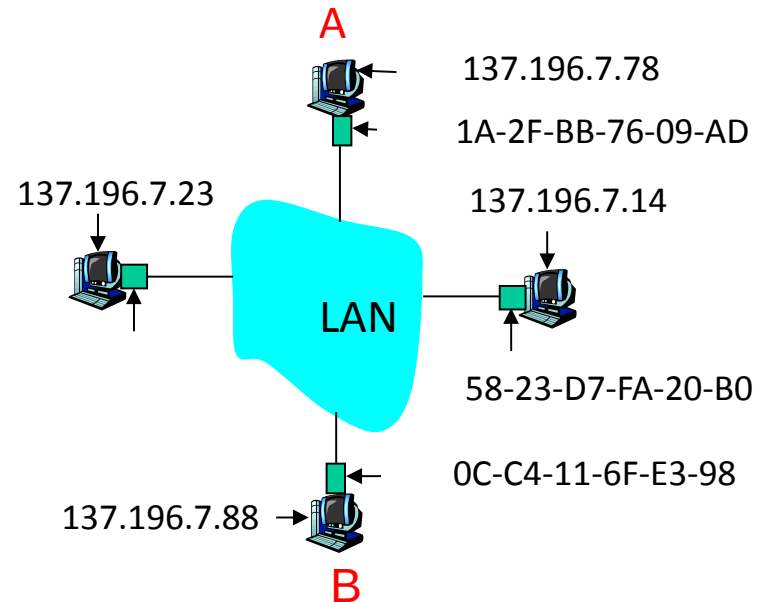


- Chaque nœud IP (machine, routeur) sur un LAN à une table ARP
- **Table ARP** : stocke correspondance entre @IP et @MAC.  
< @IP | @MAC >

# ARP: Address Resolution Protocol

A a un pkt IP à envoyer à B

1. A regarde dans sa table de routage : pas de routeur à traverser, B dans le même LAN
2. Le pkt est passé de la couche réseau à la couche LD.
3. L'entête Ethernet doit être rajoutée :
  1. Src MAC : celle de A
  2. Dst MAC : soit dans table ARP, soit ?
4. Si @MAC de B pas dans table ARP de A, le protocole ARP se déclenche :



5. A envoie un pkt ARP request avec @MAC dest.=FF-FF-FF-FF-FF-FF :
  - Who has 137.196.7.88 ? Tell 137.196.7.78
6. B envoie un pkt ARP reply avec @MAC dest.=1A-2F-BB-76-09-AD :
  - 137.196.7.88 is at 0C-C4-11-6F-E3-98
7. A rajoute une entrée à sa table ARP
8. L'entête Ethernet est rajoutée au pkt IP, qui est émis par la carte réseau de A.