

# M1 RES - Architecture des réseaux 1/10

## Introduction

**Olivier Fourmaux**

olivier.fourmaux@lip6.fr

Version 4.c, septembre 2004

# Plan

## Objectifs de l'U.E. RES

Questions administratives

Démarche pédagogique

Rappels et introduction au contenu de l'U.E.

# Objectif de l'U.E. (1)

Connaissance de l'architecture des **réseaux informatiques** et en particulier de l'Internet actuel.

Renforcer vos connaissances en réseau :

- approfondir et compléter un cours d'**introduction aux réseaux**
  - ✓ exemple : cours de Licence d'Informatique de l'UPMC (D. Dromard)
  - ✓ prérequis techniques et théoriques :
    - ➡ traitement du signal
    - ➡ mécanismes protocolaires de base
    - ➡ protocoles usuels (HDLC, X25, IP, routage, UDP, TCP)
    - ➡ modèle en couches OSI
    - ➡ exemple d'architecture
- ...

## Objectif de l'U.E. (2)

Connaissance de l'architecture des **réseaux informatiques** et en particulier de l'Internet actuel.

Renforcer vos connaissances en réseau :

- approfondir et compléter un cours d'introduction aux réseaux
- étudier le **fonctionnement actuel de l'Internet**
  - ✓ applications (Web, DNS, SMTP, POP...)
  - ✓ technologies IPv4 (CIDR, DHCP, NAT...)
  - ✓ routage avancé (OSPF, BGP...)
  - ✓ architectures supports (Ethernet, ATM, MPLS, POS...)
  - ✓ boucle locale (ADSL, CATV, BLR...)
- ...

# Objectif de l'U.E. (3)

Connaissance de l'architecture des **réseaux informatiques** et en particulier de l'Internet actuel.

Renforcer vos connaissances en réseau :

- approfondir et compléter un cours d'introduction aux réseaux
- étudier le fonctionnement réel de l'Internet
- base pour l'étude des **nouvelles technologies réseaux**
  - ✓ IPv6, multicast, QoS, sécurité ➡ U.E. **ING**
  - ✓ mobilité ➡ U.E. **MOB**
- ... et continuer :
  - ✓ **Master de Sciences et Technologies – mention informatique – de l'UPMC**
    - ☞ dans le domaine des réseaux :
      - ➡ spécialité **Réseau** orientation **recherche**
      - ➡ spécialité **Réseau** orientation **professionnel**
    - ☞ ou dans un domaine connexe : spécialités **Archi, Système...**

# Plan

Objectifs de l'U.E. RES

**Questions administratives**

Démarche pédagogique

Rappels et introduction au contenu de l'U.E.

# Organisation de l'enseignement

Responsable : Olivier Fourmaux

10 semaines avec :

- 2h de cours (Olivier Fourmaux)
- 2h de TD (Olivier Fourmaux, Timur Friedman et Kim Thai)
- 2h de TME (Olivier Fourmaux, Timur Friedman et Kim Thai)

Quelques sites utiles...

- serveur des enseignements
  - ✓ <http://www.infop6.jussieu.fr/>
- ma page pour l'U.E. RES
  - ✓ <http://www-rp.lip6.fr/~fourmaux/res/>

# Emploi du temps 2004/2005

semaine	dates	Cours	TD	commentaires
<b>40</b>	27/9 - 1/10	1	–	
<b>41</b>	4/10 - 8/10	2	1	
<b>42</b>	11/10 - 15/10	3	2	
<b>43</b>	18/10 - 22/10	4	3	
<b>44</b>	25/10 - 29/10	5	4	
<b>45</b>	1/11 - 5/11	–	5	
<b>46</b>	8/11 - 12/11	–	–	<b>partiel</b>
<b>47</b>	15/11 - 21/11	6	6	
<b>48</b>	22/11 - 26/11	7	7	
<b>49</b>	29/11 - 3/12	8	8	
<b>50</b>	6/12 - 10/12	9	9	
<b>51</b>	13/12 - 17/12	10	10	
<b>1</b>	3/1 - 7/1	–	–	<b>examen</b>

# Plan

Objectifs de l'U.E. RES

Questions administratives

**Démarche pédagogique**

Rappels et introduction au contenu de l'U.E.

# Contenu des cours

Approche *Top down* :

<b>Cours 1</b>	Introduction
<b>Cours 2</b>	Application (1) - Telnet, FTP, SMTP, HTTP...
<b>Cours 3</b>	Application (2) - ... DNS, SNMP, peer-to-peer
<b>Cours 4</b>	Transport - UDP, TCP, contrôle de congestion
<b>Cours 5</b>	Réseau - IPv4, CIDR, NAT, Firewall
<b>Cours 6</b>	Routage hiérarchique - OSPF et BGP
<b>Cours 7</b>	Architecture Ethernet
<b>Cours 8</b>	Architecture ATM et MPLS
<b>Cours 9</b>	Architecture Point-à-point
<b>Cours 10</b>	Introduction à la boucle locale

# Travaux Dirigés et sur Machine

- TD

- ✓ interrogation écrite sur l'article du jour ou les TD précédents
- ✓ rappel de cours
- ✓ exercices et problèmes illustrant les concepts présentés en cours

- TME

- ✓ simulation de mécanismes (NS2)
- ✓ analyses de cas concrets à partir d'observation de trafic réel

```
0000 00 00 0e fd 00 c8 00 80 c8 79 65 e7 08 00 45 00 ..... .ye...E.
0010 00 3e 00 24 40 00 40 06 4d 25 c0 21 b6 7b c0 21 .>.o@.@. M%.!.{.!
0020 b6 b2 00 17 04 00 c2 07 08 cc da 67 60 ba 80 18 ..... ...g' ...
0030 7d 78 fc 11 00 00 01 01 08 0a 00 09 97 f7 00 00 }x..... .....
0040 85 d9 50 61 73 73 77 6f 72 64 3a 20 ..Passwo rd:
```

# Contenu des séances en groupe

Sem.	TD	TME	Article à lire
1	Application (1)	Intro. analyse de trame	—
2	Application (2)	Analyse appli. (1)	RFC FTP
3	Transport	Analyse appli (2)	ACM Review Transport
4	Ctrl. de congestion	Analyse TCP (1)	ACM Review TCP
5	<i>Révisions</i>	Analyse TCP (2)	<i>Préparation de questions</i>
6	Réseau	Analyse IP/ICMP	RFC ICMP
7	Ethernet	Analyse Routage	ACM Review Routage
8	ATM et MPLS	Simulation TCP	ACM Review Circuit
9	Point-à-point	Simulation Multi. TCP	ACM Review POS
10	<i>Révisions</i>	Analyse VLAN/ATM/MPLS	<i>Préparation de questions</i>

Pour récupérer les articles, voir sur la page :

<http://www-rp.lip6.fr/~fourmaux/res/>

# Evaluation

Calcul de la note finale de l'U.E. RES

- Note de l'U.E. ( $N_{RES}$ ) :

$$\checkmark N_{RES} = \frac{60*N_{Exam}+40*N_{CC}}{100}$$

- Note de contrôle continu ( $N_{CC}$ )

$$\checkmark N_{CC} = f(N_{Partiel}, N_{Participation}, N_{Interrogations})$$

Rattrapage possible de  $N_{Exam}$  (février?)

# Plan

Objectifs de l'U.E. RES

Questions administratives

Démarche pédagogique

## **Rappels et introduction au contenu de l'U.E.**

- bordure du réseau
- intérieur du réseau
- cœur du réseau
- réseau d'accès
- hiérarchie protocolaire
- exemple avec TCP/IP

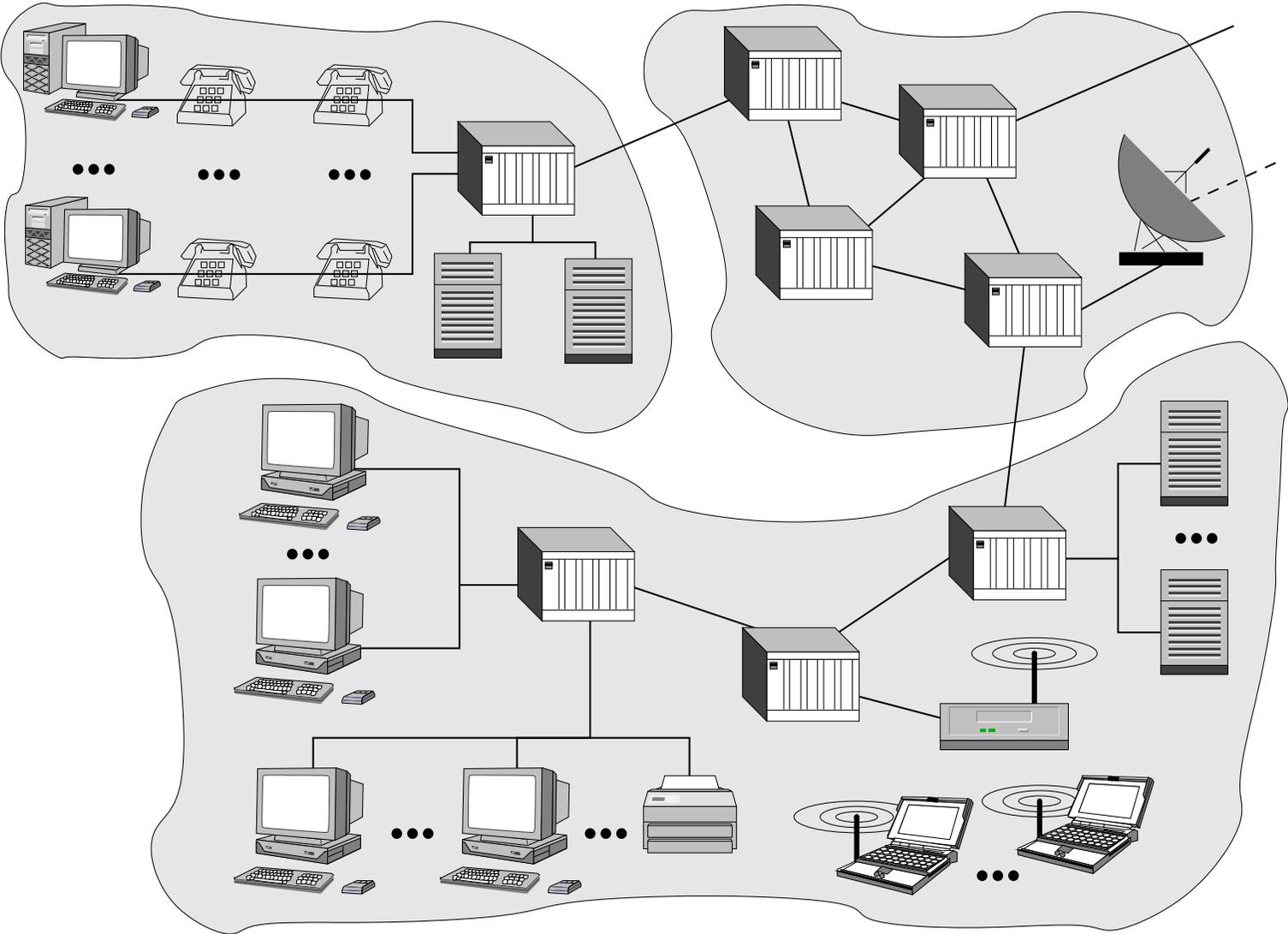
# Internet

Notre support pour la suite du cours

- omniprésent
- complexe
- hétérogène
- définition difficile...

...étudions un exemple :

# Exemple de réseau



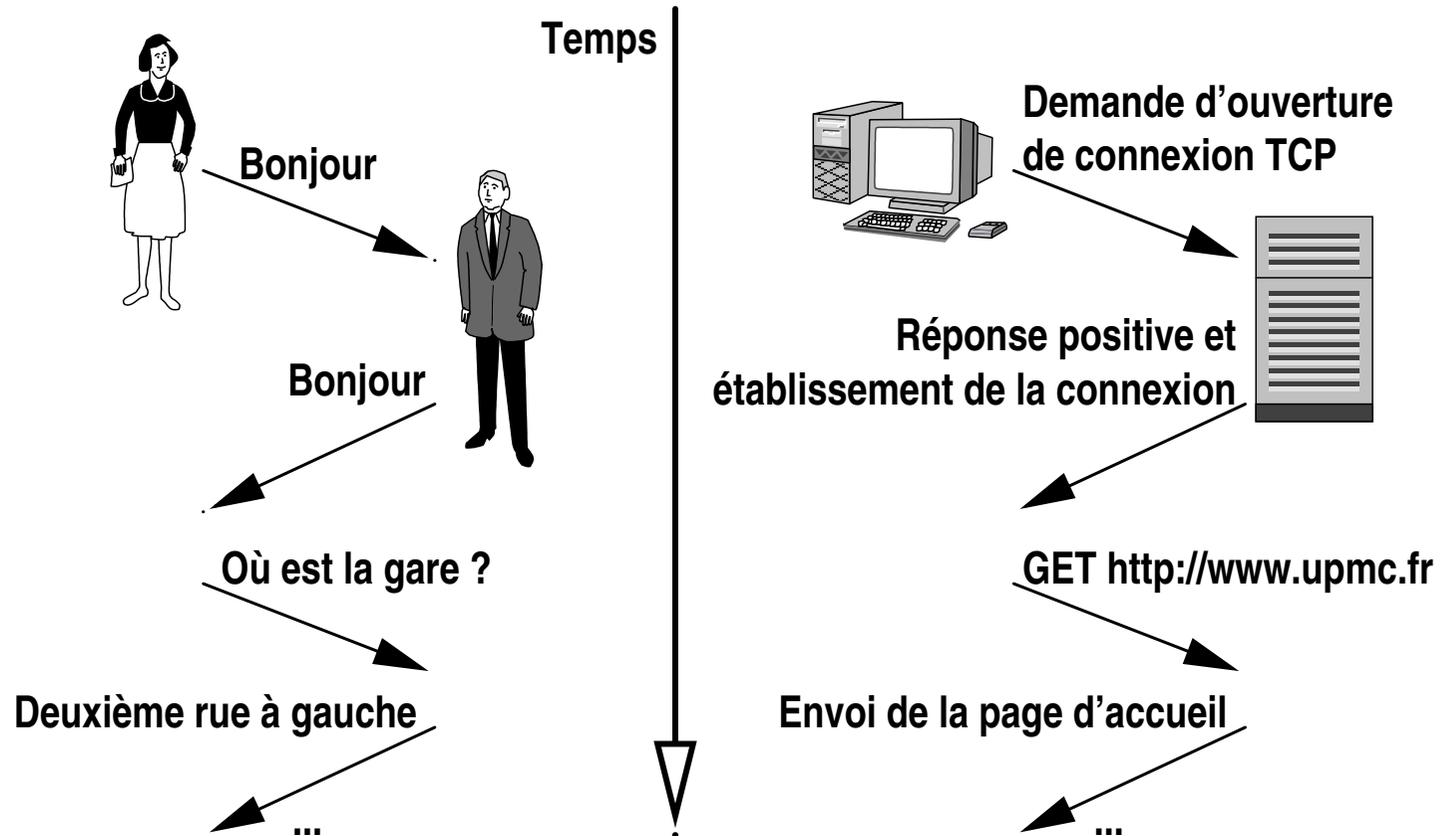
# Vocabulaire

## Composition de l'**Internet** :

- réseau de transmission de données (*computer network*)
- éléments terminaux (*hosts, end systems*) :
  - ✓ station Unix
  - ✓ PC traditionnel
  - ✓ téléphone mobile
  - ✓ *toaster...*
- logiciels de réseau
  - ✓ protocoles de communication
    - ☞ TCP/IP...

# Protocoles (1)

Analogie sociologique :



# Protocoles (2)

- Définition

**Protocole** : Spécification du format et du séquençement des messages échangés entre deux entités de communication (ou plus). Des actions à réaliser lors de l'émission et/ou de la réception de ces messages peuvent être associées.

- Remarque

- ✓ **toute activité entre plusieurs entités de l'Internet utilise des protocoles**

- ☞ nous étudierons principalement des protocoles dans la suite

- Exemples

- ✓ requête web

- ✓ conversion du nom littéral d'une machine (annuaire)

- ✓ calcul de la route

- ✓ contrôle de congestion

- ✓ ...

# Services (1)

Les usagers utilisent des **applications distribuées** :

- la toile (*World Wide Web*)
- courrier électronique (*electronic mail*)
- partage de fichiers distribué (*peer-to-peer file sharing*)
- jeux distribués (*distributed games*)
- flux audio et vidéo différés (*audio and video streaming*)
- ... (...)

## Services (2)

Les applications reposent sur **deux** types de services...

- **sans connexion**
  - ✓ analogie avec le service postal
- **orienté connexion**
  - ✓ analogie avec le service téléphonique

... et peuvent attendre différentes caractéristiques :

- fiabilité
- ordonnancement
- contrôle de flux
- contrôle de congestion
- ...

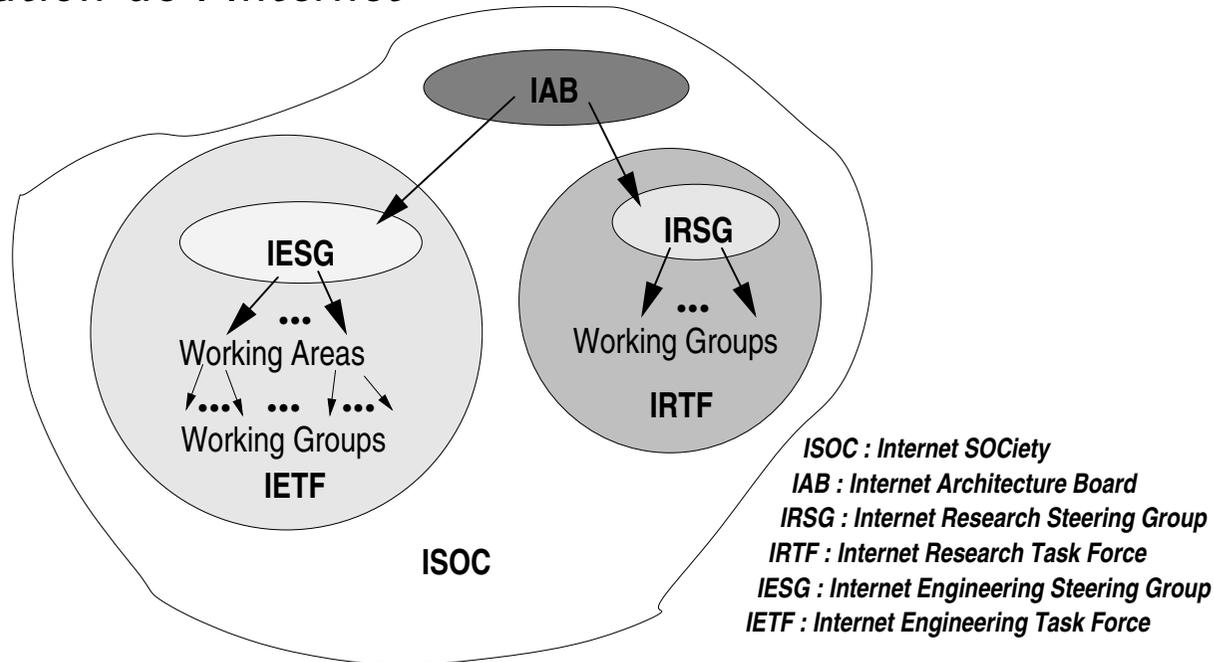
# Services (3)

... et la **Qualité de Service (QoS)**

- service au mieux (*Best Effort*)
  - ✓ pas de garantie, l'intérêt réside dans la connectivité!
    - ☞ machines ?
    - ☞  $580.10^6$  utilisateurs en 2002 (*CIA's World Factbook*)
    - ☞ entre  $710.10^6$  et  $960.10^6$  prévu pour 2004
    - ☞ trafic supérieur à celui du téléphone
- des extensions sont à prévoir pour les applications multimédia...
  - ✓ ☛ U.E. **ING** (M1-S2)

# Organisations

## Standardisation de l'Internet



- groupes de travail IETF (*Internet Engineering Task Force*)
- plus de 3000 documents RFC (*Request For Comments*)
  - ✓ IP, TCP, SMTP, SNMP, HTTP...
  - ✓ <http://www.rfc-editor.org/rfc>
- **standards de facto** plutôt que **normes de jure**

# Références

Quelques sites web intéressants :

- ISOC (*Internet SOCIety*), <http://www.isoc.org>
- IETF (*Internet Engineering Task Force*), <http://www.ietf.org>
- IAB (*Internet Architecture Board*), <http://www.isi.edu/iab>
- W3C (*World Wide Web Consortium*), <http://www.w3.org>
- ACM SIGCOMM (*Association for Computing Machinery – Special Interest Group in Data Communication*), <http://www.acm.org/sigcomm>
- *IEEE Communications Society*, <http://www.comsoc.org>
- *IEEE Computer Society*, <http://www.computer.org>
- *Data Communication magazine*, <http://www.data.com>

# Bibliographie

Quelques livres intéressants :

- **Computer Networks**, 4<sup>th</sup> edition, de Andrew S. TANENBAUM (chez Prentice Hall)  
✓ traduit : Réseaux, 4<sup>e</sup> édition (chez Pearson Education)
- **Computer Networking**, 2<sup>nd</sup> edition, de James F. KUROSE et Keith W. ROSS (chez Longman Paul)  
✓ traduit : Analyse structurée des réseaux, 2<sup>e</sup> édition (chez Pearson Education)
- **Internetworking with TCP/IP Vol 1 : Principles, Protocols and Architectures**, 4<sup>th</sup> edition, de Douglas COMER (chez Prentice Hall)  
✓ traduit : TCP/IP architecture protocoles et applications, 3<sup>e</sup> édition (chez Dunod)
- **High Speed Networks and Internets : Performance and Quality of Services**, 2<sup>nd</sup> edition, de William STALLINGS (chez Prentice Hall)

# Plan

Objectifs de l'U.E. RES

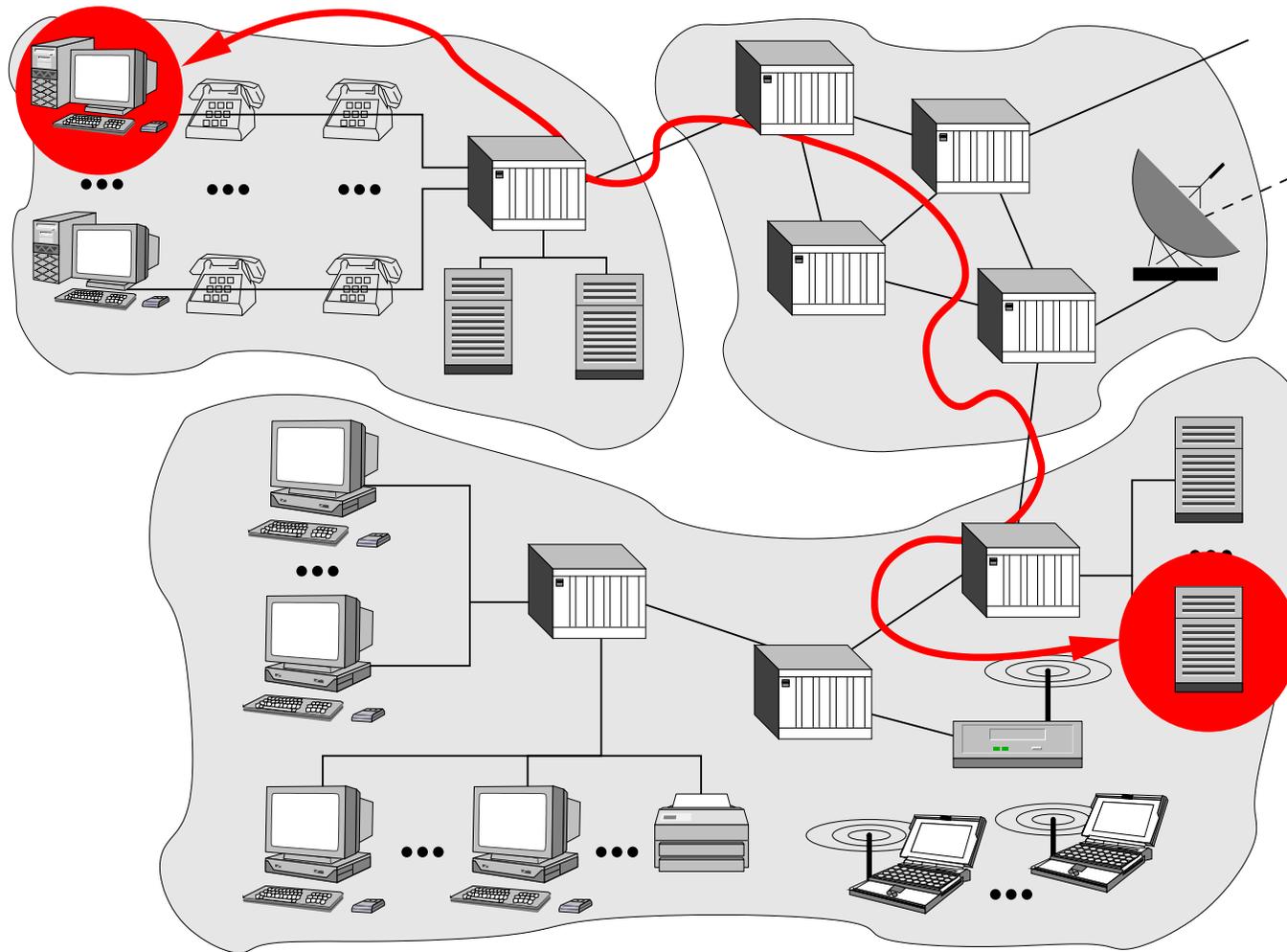
Questions administratives

Démarche pédagogique

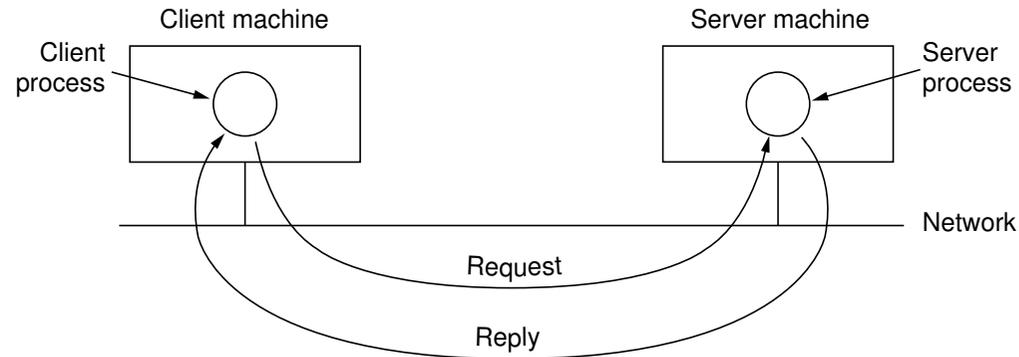
Rappels et introduction au contenu de l'U.E.

- **bordure du réseau**
- intérieur du réseau
- cœur du réseau
- réseau d'accès
- hiérarchie protocolaire
- exemple avec TCP/IP

# Bordure du réseau



# Applications distribuées



## Modèle client/serveur

- approche dominante des applications Internet
  - ✓ web
  - ✓ e-mail
  - ✓ accès à distance
  - ✓ transfert de fichiers
  - ✓ annuaire
  - ✓ administration

## Modèle *peer-to-peer*

- autre approche, égalitaire...

# Protocoles applicatifs

## Environnement hétérogène

- standardisation des échanges :
  - ✓ web : **HTTP, HTML**
  - ✓ e-mail : **SMTP, MIME, POP, IMAP**
  - ✓ accès à distance : **Telnet, NVT**
  - ✓ transfert de fichiers : **FTP**
  - ✓ annuaire : **DNS**
  - ✓ administration : **SNMP, MIB**

⇒ **Cours 2 et 3** : Applications

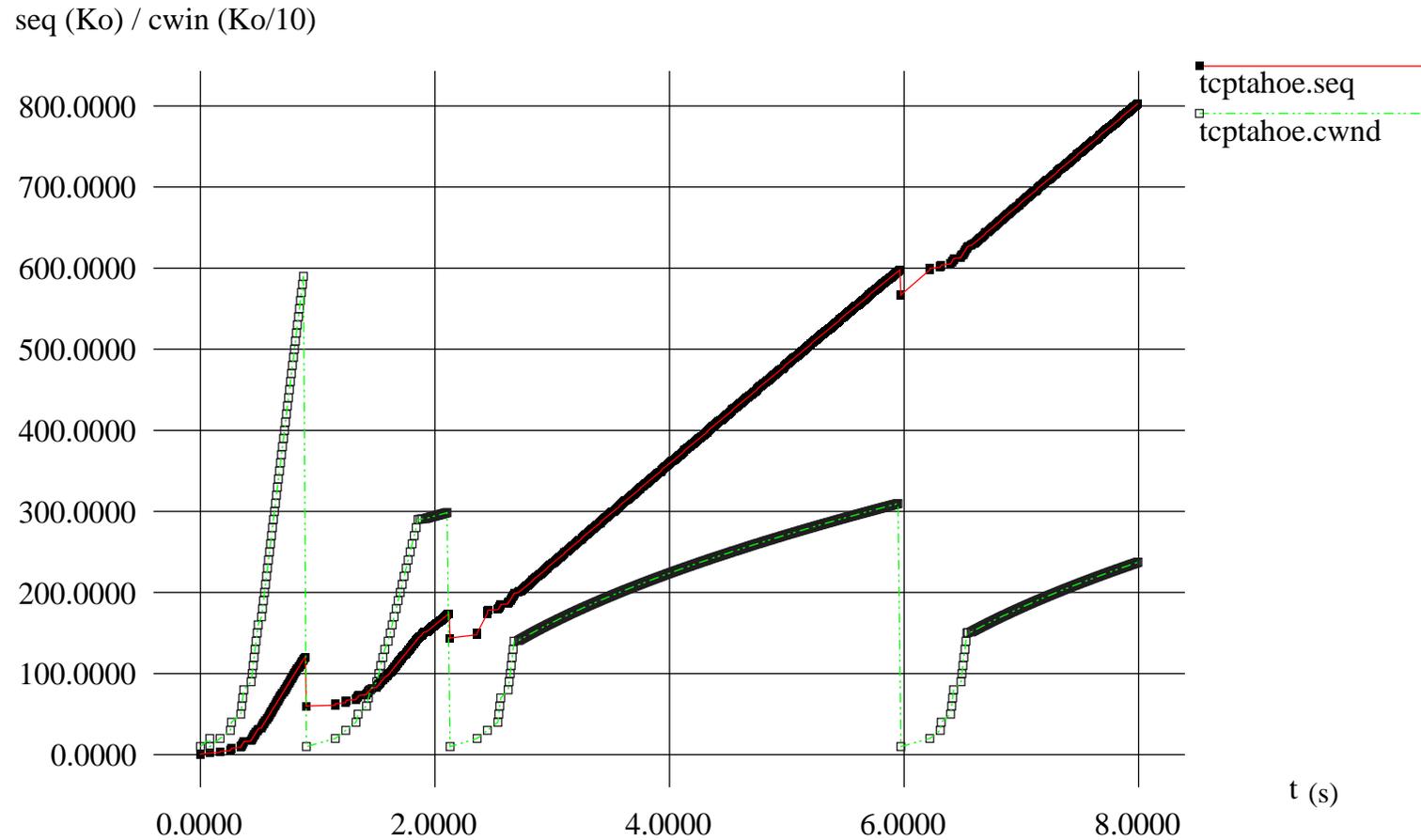
# Service de bout-en-bout

Types de service fourni par le réseau entre hôtes :

- service **sans connexion**
  - ✓ léger
  - ✓ multimédia
  - ☞ **UDP**
- service **orienté connexion**
  - ✓ fiabilité
  - ✓ ordonnancement
  - ✓ contrôle de flux
  - ✓ contrôle de congestion
  - ☞ **TCP**

# Impact du contrôle de bout-en-bout

Quelle est la forme du trafic généré par TCP ?



III► **Cours 4 : Transport**

# Plan

Objectifs de l'U.E. RES

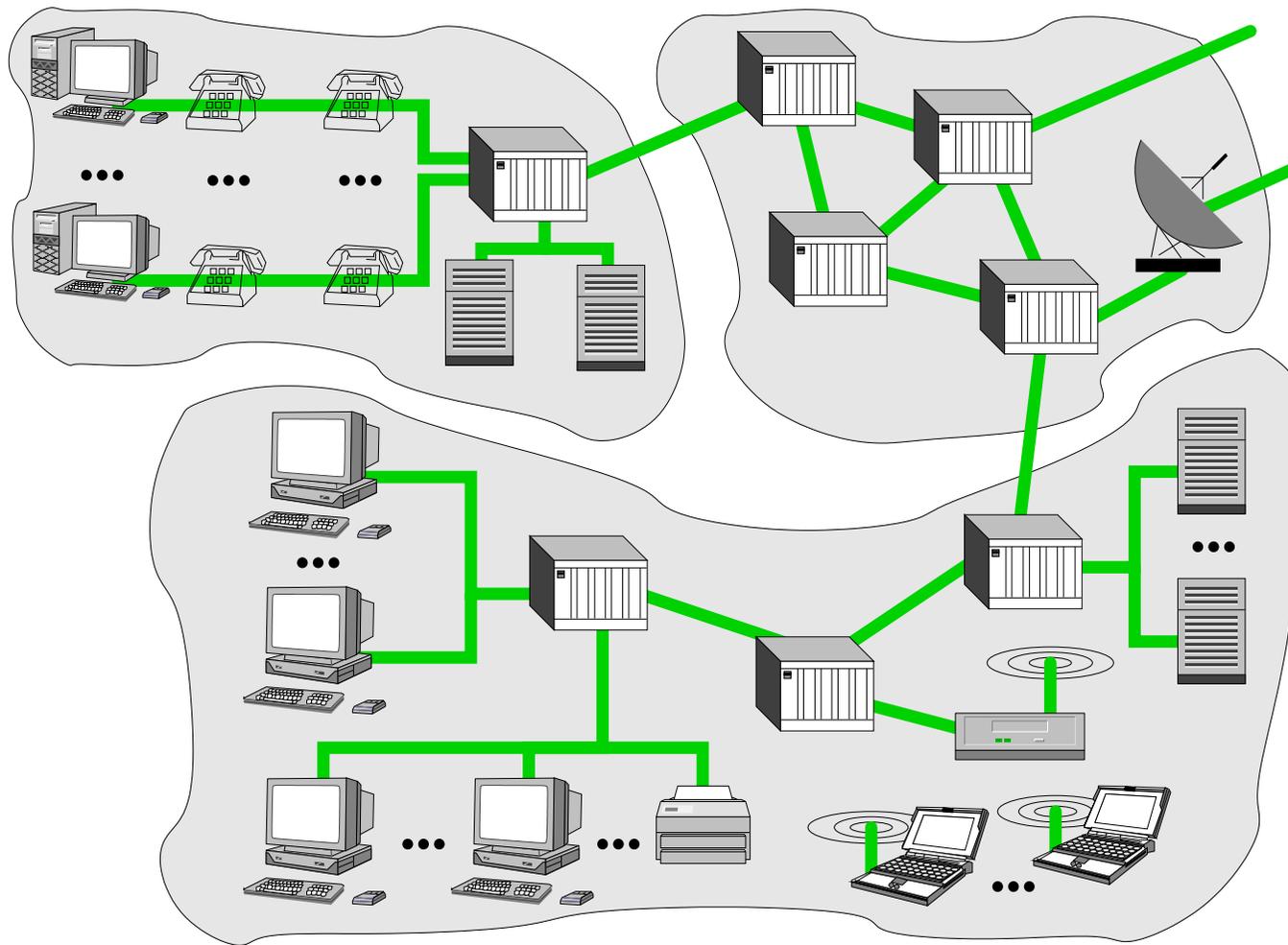
Questions administratives

Démarche pédagogique

Rappels et introduction au contenu de l'U.E.

- bordure du réseau
- **intérieur du réseau**
- cœur du réseau
- réseau d'accès
- hiérarchie protocolaire
- exemple avec TCP/IP

# Intérieur du réseau



# Liaisons de communication

## Supports physiques

- médium avec guide d'ondes
  - ✓ paires torsadées (UTP3, UTP5...)
  - ✓ câbles coaxiaux (*baseband*, *broadband*...)
  - ✓ fibres optiques (multimode, monomode...)
- médium sans guide d'ondes
  - ✓ spectre radio satellite (geo-stationnaire, constellation...)
  - ✓ spectre terrestre (radio, mobile, sans-fil...)
  - ✓ micro-ondes, infra-rouge, optique (laser...)

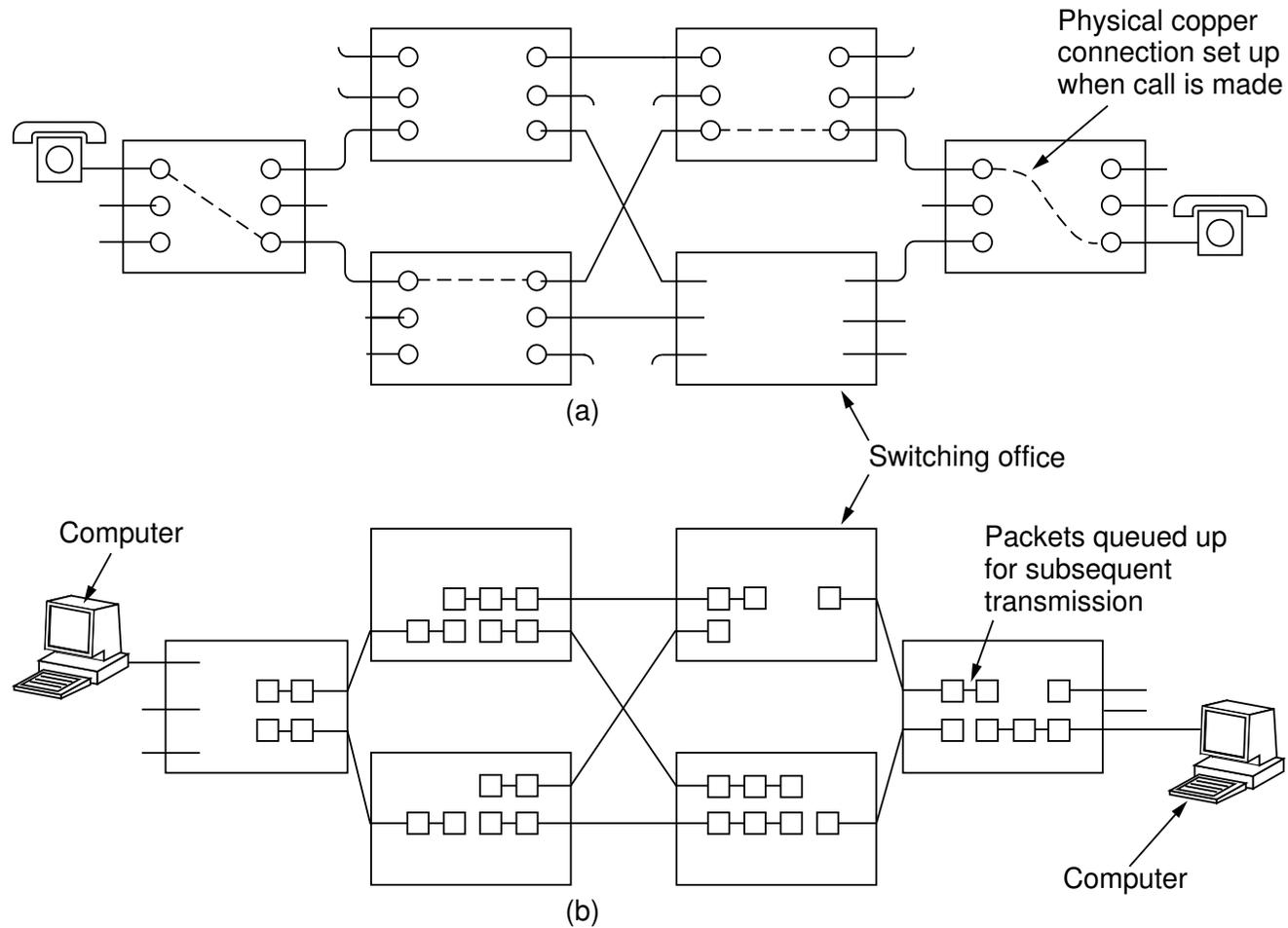
## Technologies d'accès

- médium partagé
- découpage en trames

## Éléments intermédiaires...

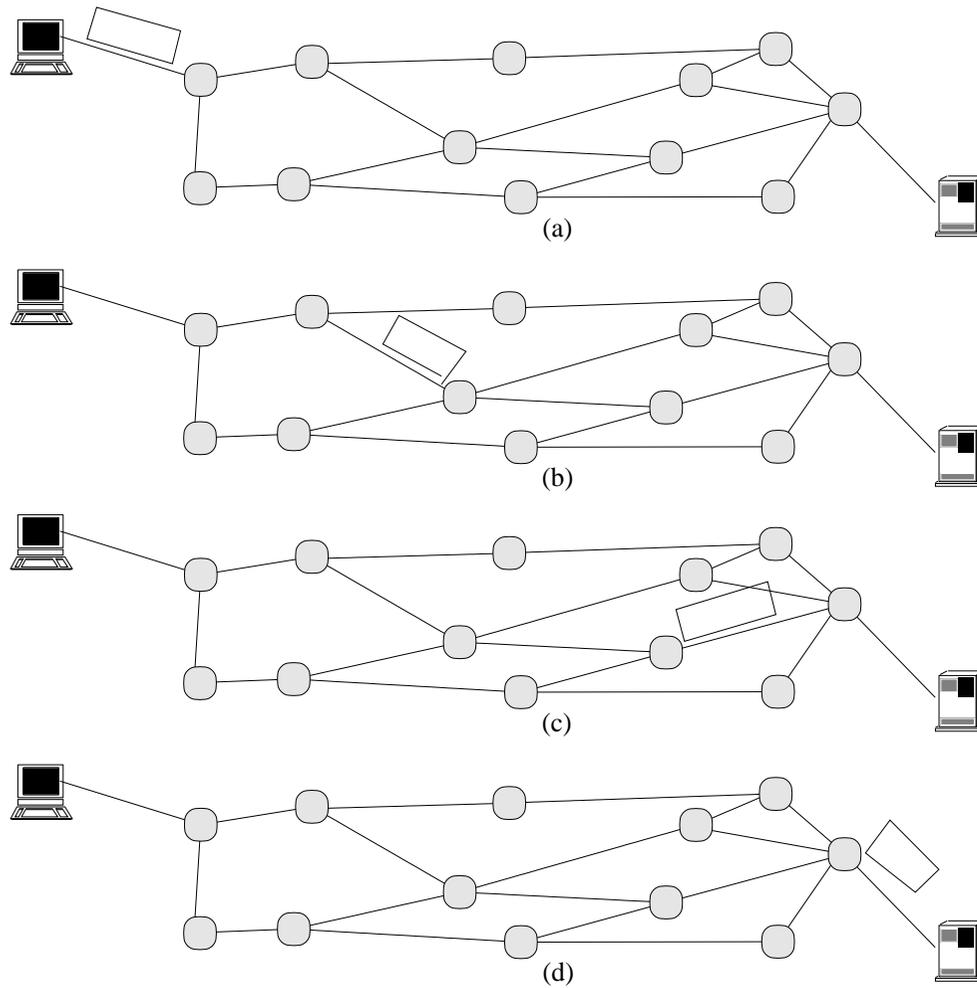
# Relayer les données

Transmission par commutation de circuits ou relayage d'unités de données ?



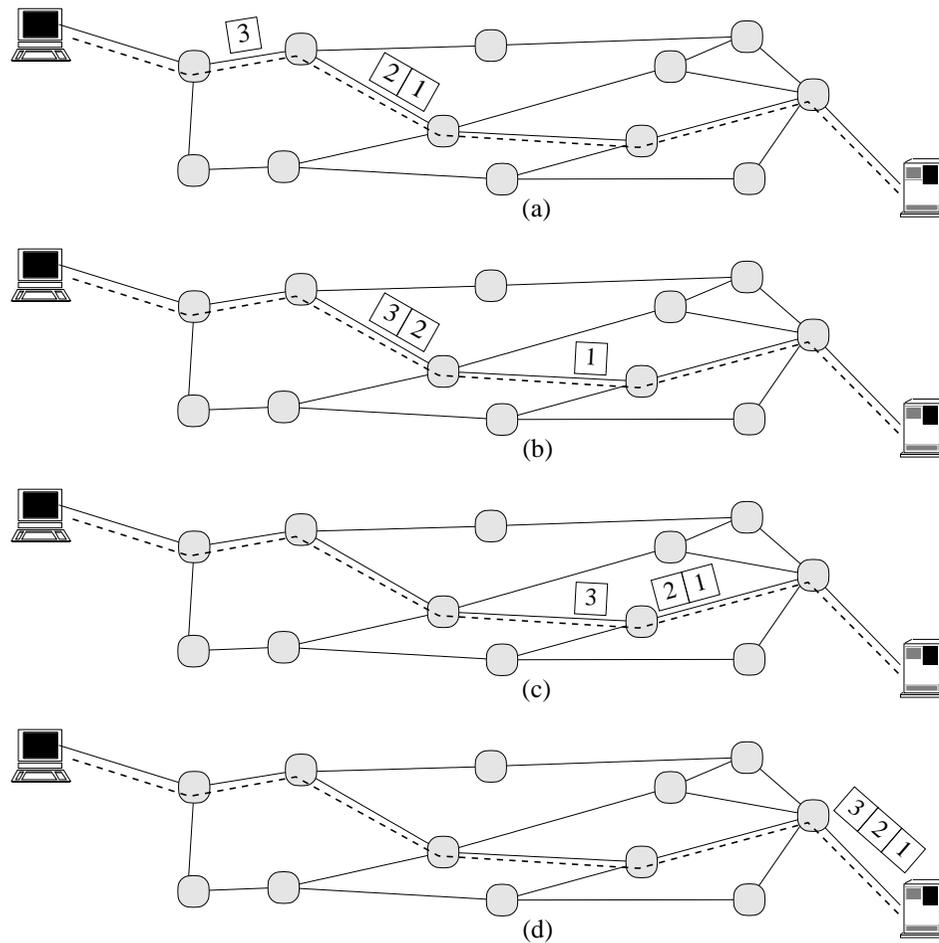
pictures from TANENBAUM A. S. *Computer Networks 3rd edition*

# Transmission de messages



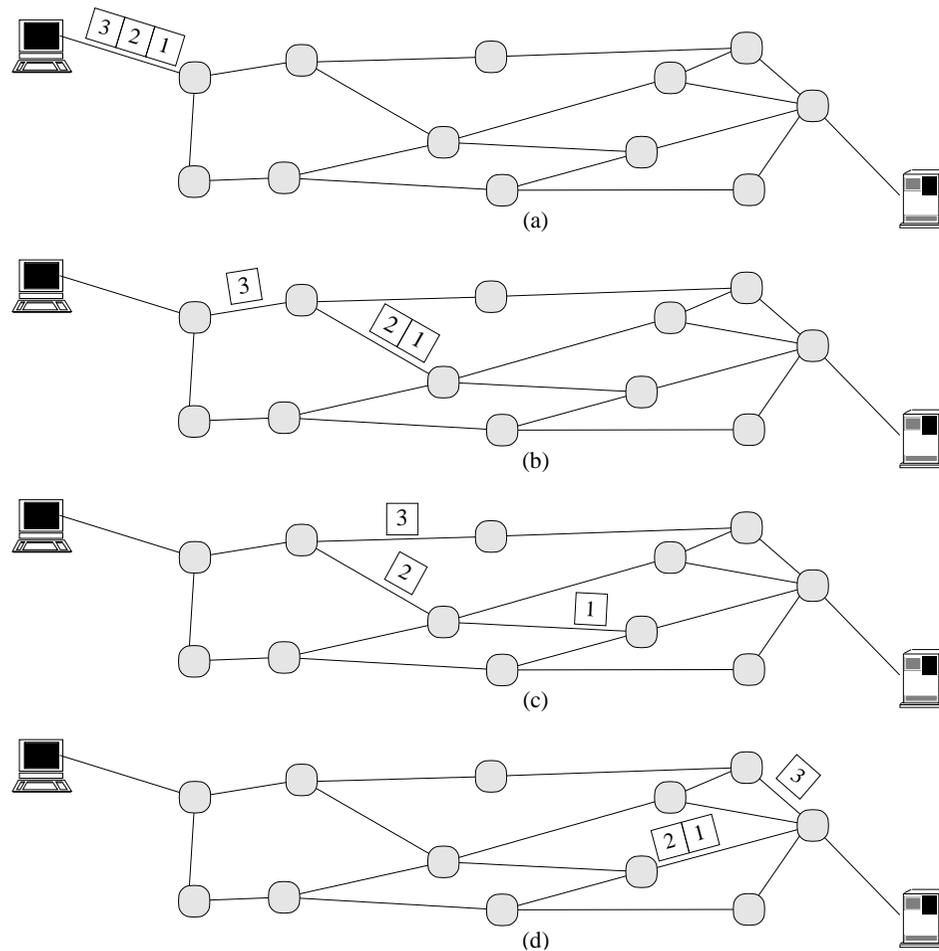
pictures from STALLINGS W. *High Speed Networks*

# Transmission de paquets en mode circuit virtuel



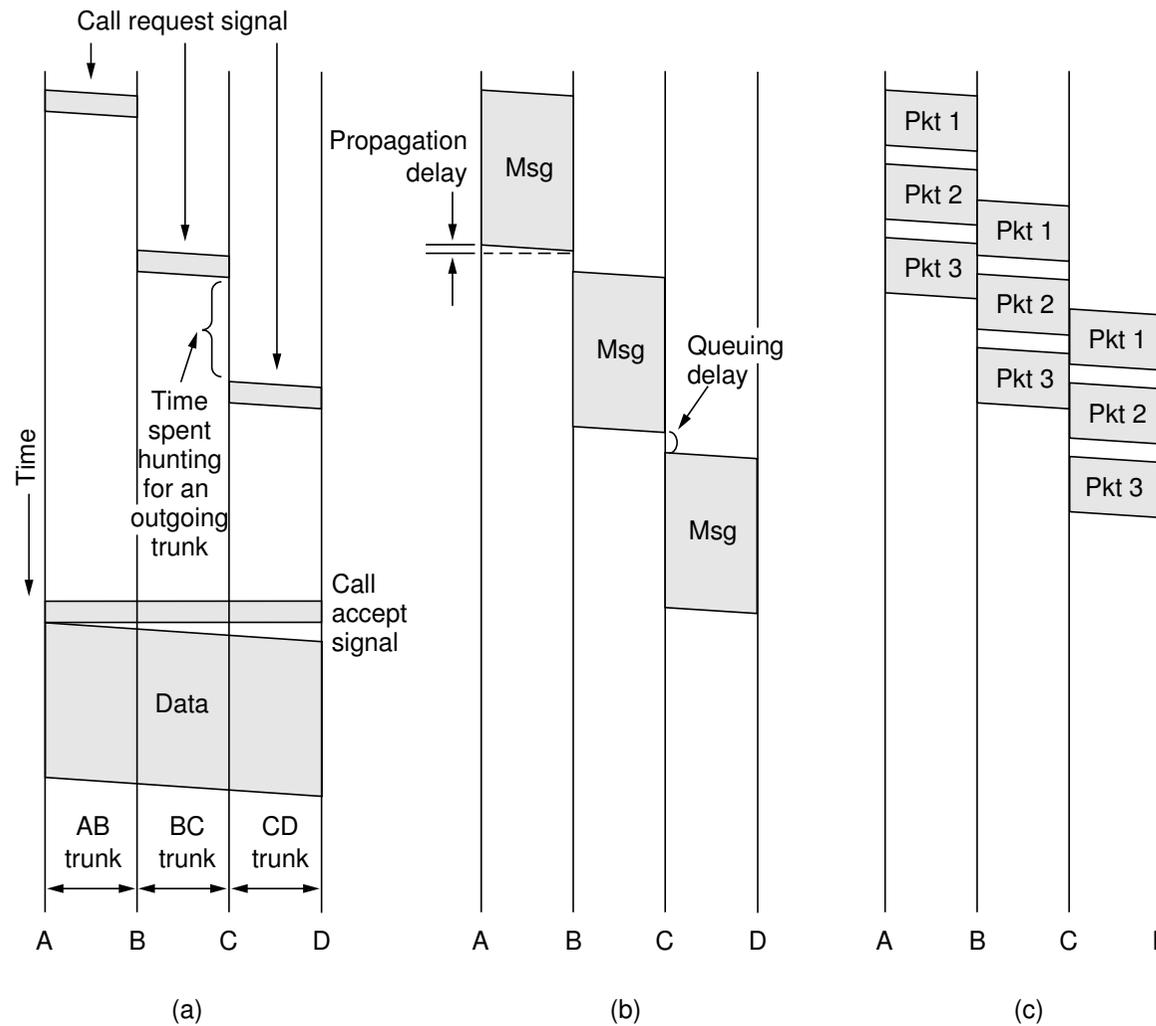
pictures from STALLINGS W. *High Speed Networks*

# Transmission de paquets en mode datagramme



pictures from STALLINGS W. *High Speed Networks*

# Comparaison des 3 types de transmissions



pictures from TANENBAUM A. S. *Computer Networks 3rd edition*

# Rappel sur les délais

Types de délais en commutation de paquets :

- traitement dans le nœud (*nodal processing delay*)
  - ✓ incompressible ( $D_n$ )
- file d'attente (*queuing delay*)
  - ✓ selon la congestion ( $D_q = 0$  si pas de congestion)
- transmission (*transmission delay*)
  - ✓ dépend de la taille du paquet ( $D_t = L/R$ )
- propagation (*propagation delay*)
  - ✓  $v = 2.10^8 m/s$  à  $3.10^8 m/s$  ( $D_p = d/v$ )

Calcul du **délati de bout-en-bout** ?

# Internet

Le réseau achemine les paquets de la source vers les destinataires en effectuant des sauts entre les différents nœuds intermédiaires (**routeurs**)

## Protocole IPv4

- universel
- adressage virtuel
- **abstraction des technologies sous-jacentes**
  - ✓ encapsulation sur chaque technologie
  - ✓ fragmentation
  - ✓ conversion d'adresses

Nombreuses évolutions pour s'adapter au réseau actuel :

- adressage sans classes : **CIDR**
- translation d'adresses : **NAT**
- autoconfiguration : **DHCP**
- filtrage...

⇒ **Cours 5** : Réseau

# Routage

Quand et comment déterminer la **route** des données ?

- indication du chemin selon le type de réseau :
  - ✓ **initialement**
    - ☞ commutation de circuits
    - ☞ circuits virtuels
  - ✓ **pour chaque paquet**
    - ☞ datagramme
- calcul de l'information
  - ✓ **algorithmes** de routage
  - ✓ tables de routage
    - ☞ locales ou centralisées
    - ☞ statiques ou dynamiques
- échange de l'information
  - ✓ **protocoles** de routage...

# Routage dans l'Internet

Réseau datagramme

- routage de **chaque paquet**

Découpage hiérarchique du réseau (**AS**)

- routage interne : **OSPF**
- routage externe : **BGP**

⇒ **Cours 6** : Routage

# Plan

Objectifs de l'U.E. RES

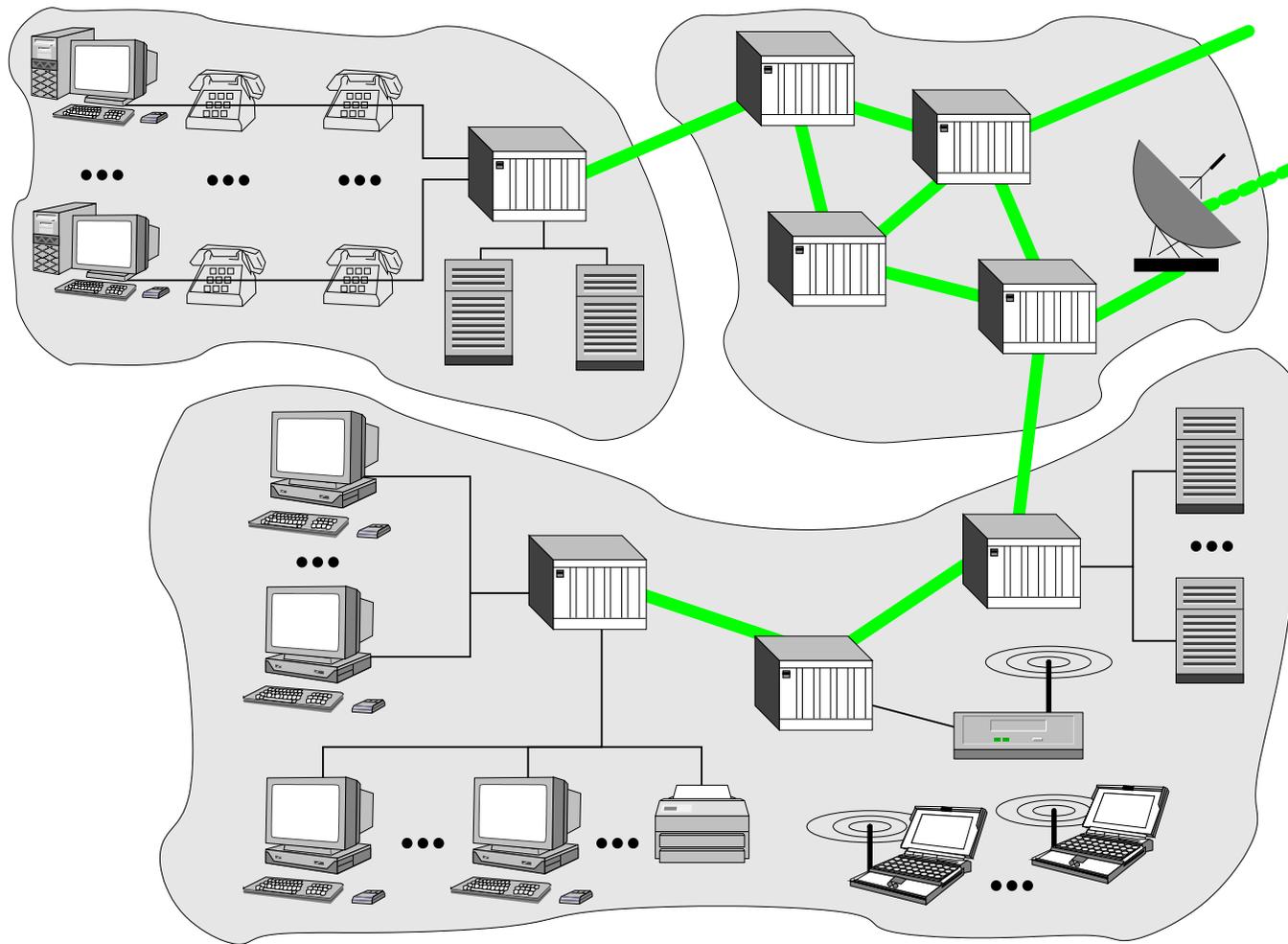
Questions administratives

Démarche pédagogique

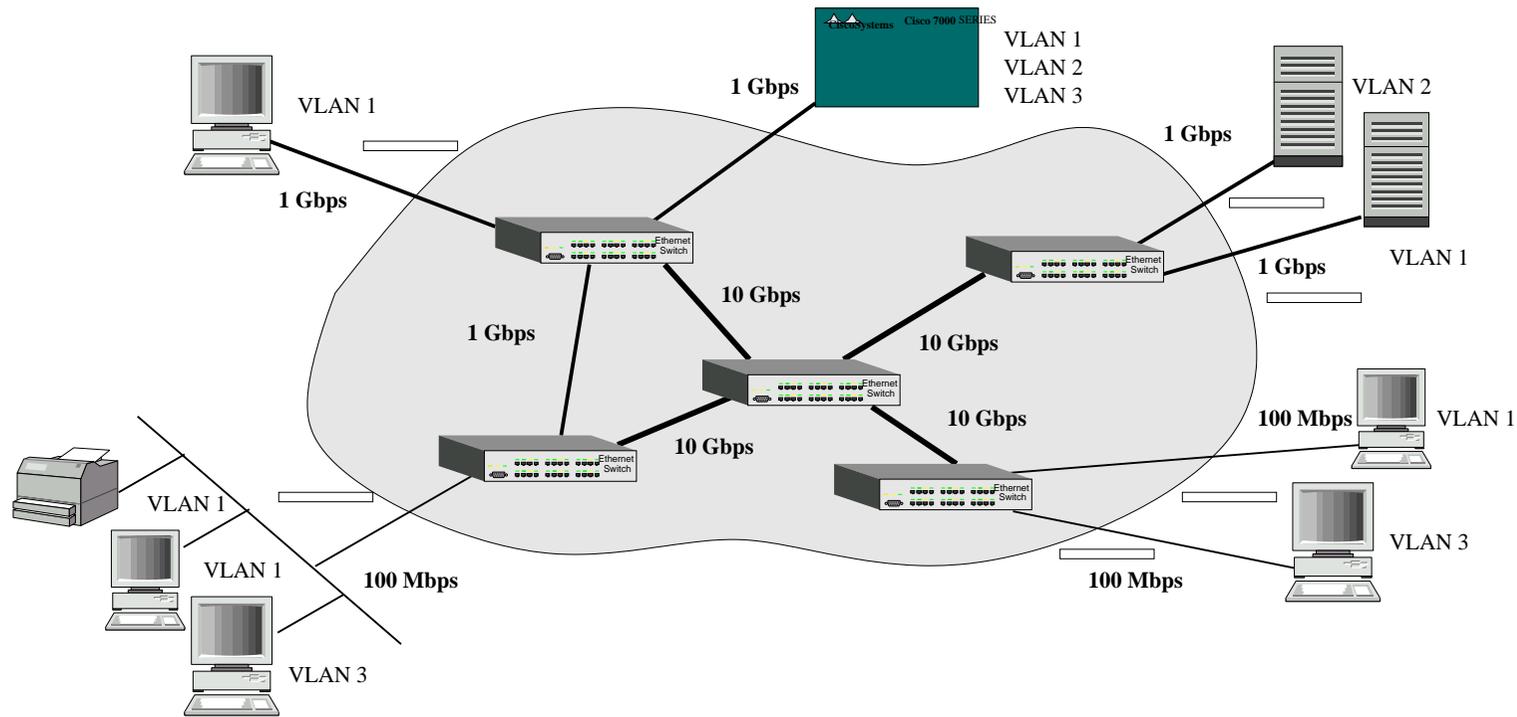
Rappels et introduction au contenu de l'U.E.

- bordure du réseau
- intérieur du réseau
- **cœur du réseau**
- réseau d'accès
- hiérarchie protocolaire
- exemple avec TCP/IP

# Cœur du réseau



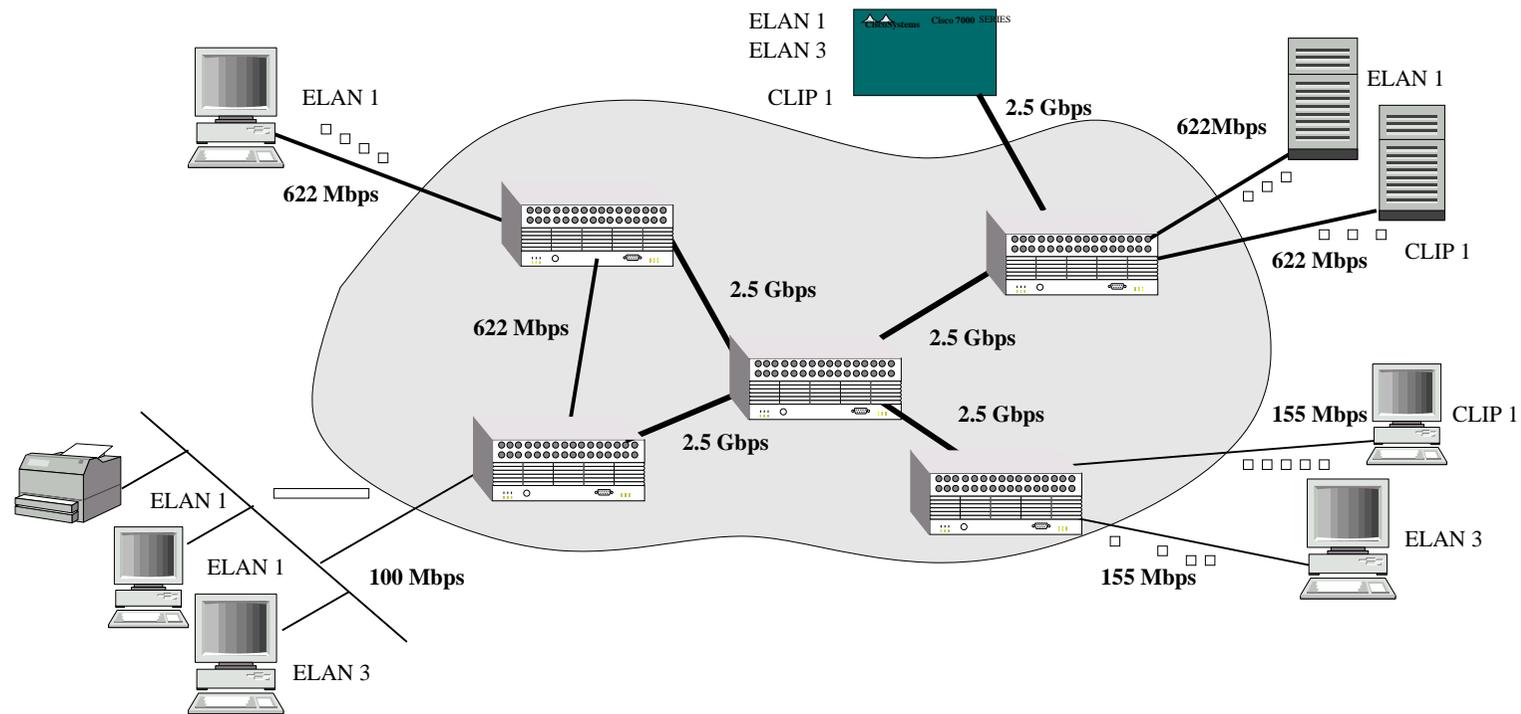
# Technologie Ethernet



Evolution du LAN vers le WAN avec **Fast Ethernet**, **Gigabit Ethernet** et **10Gigabit Ethernet**. Intégration de la **commutation** et structuration avec les **VLAN**...

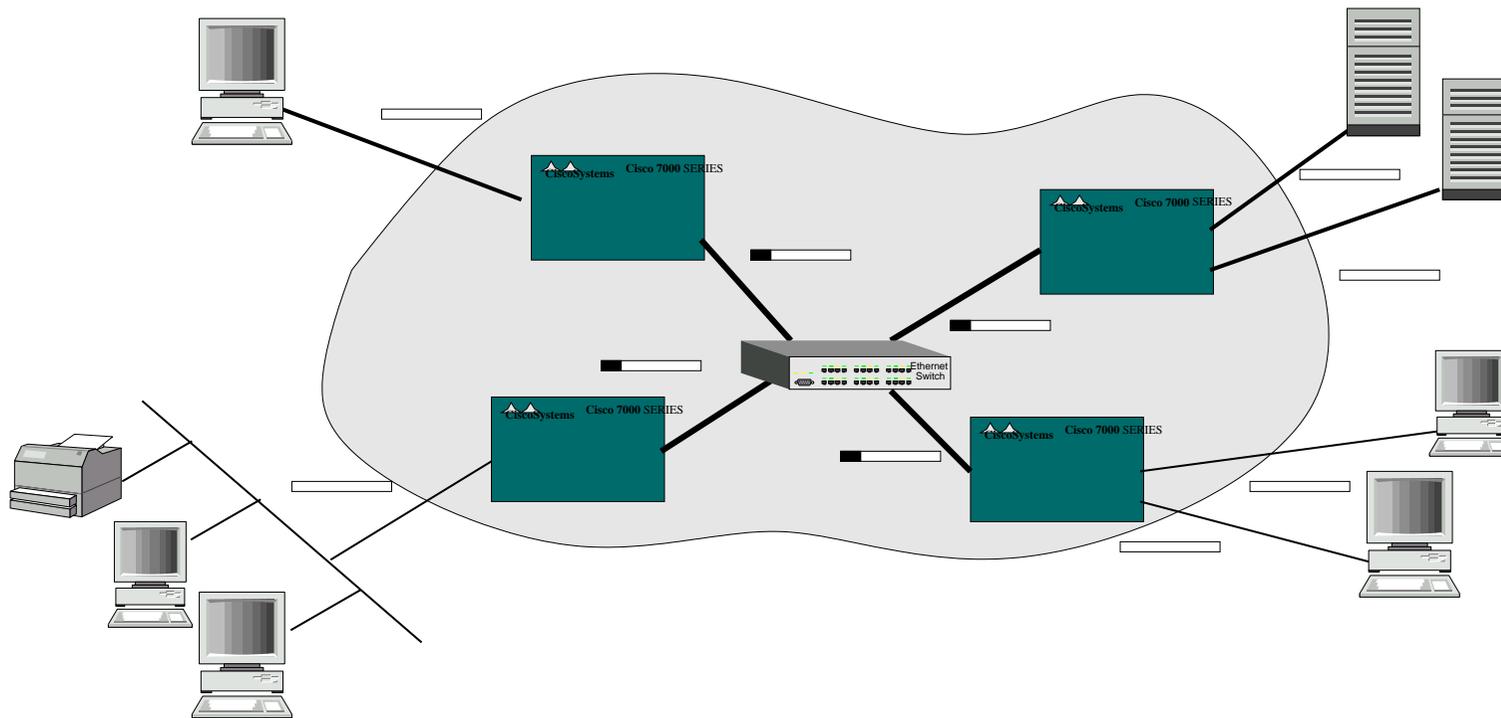
⇒ **Cours 7 : Architecture Ethernet**

# Technologie ATM



Rappels sur l'**ISDN**, modèle ITU, circuits virtuels et commutation de **cellules**, adaptation **AAL**, intégration d'IP avec **CLIP**, **LANE** et **MPOA**...

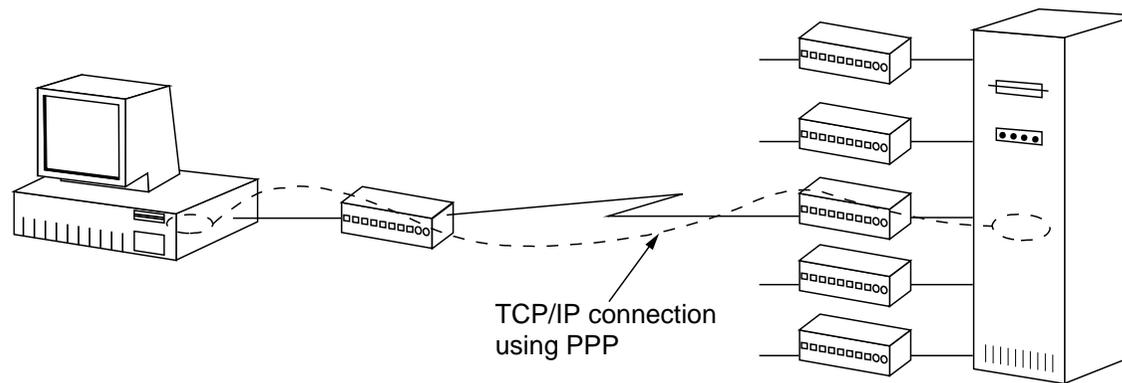
# Technologie MPLS



Intégration des mécanismes de **commutation** dans IP, protocoles de distribution de **labels**...

⇒ **Cours 8** : Architecture ATM - MPLS

# Technologie Point-à-point



PPP seulement destiné aux lignes modem ?

- PPP sur SONET : **POS**
- PPP sur Ethernet : **PPPoE**
- PPP sur ATM : **PPPoA**
- PPP sur IP : **L2TP**
- ...

⇒ **Cours 9** : Architecture Point-à-point

# PLAN

Objectifs de l'U.E. RES

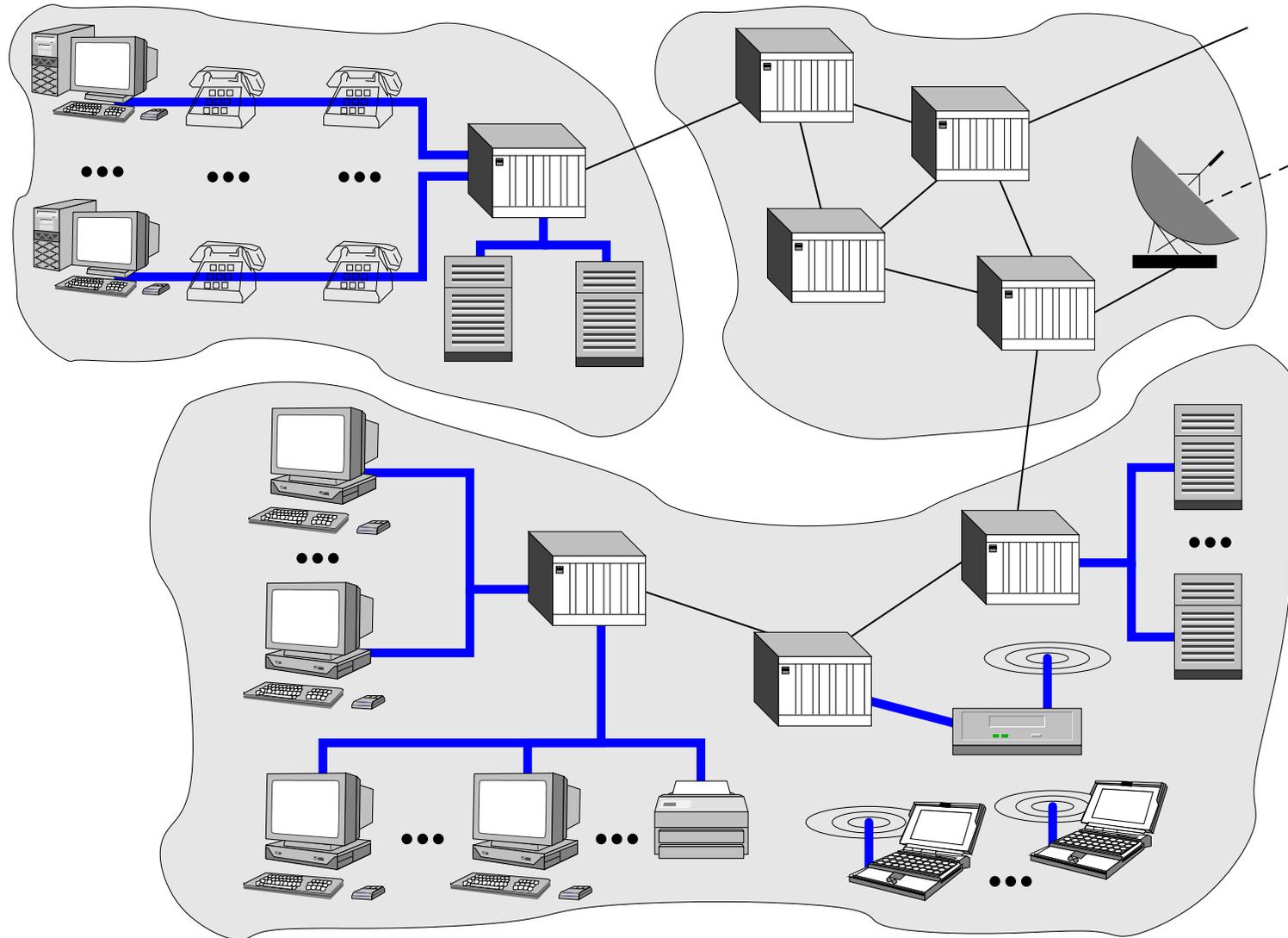
Questions administratives

Démarche pédagogique

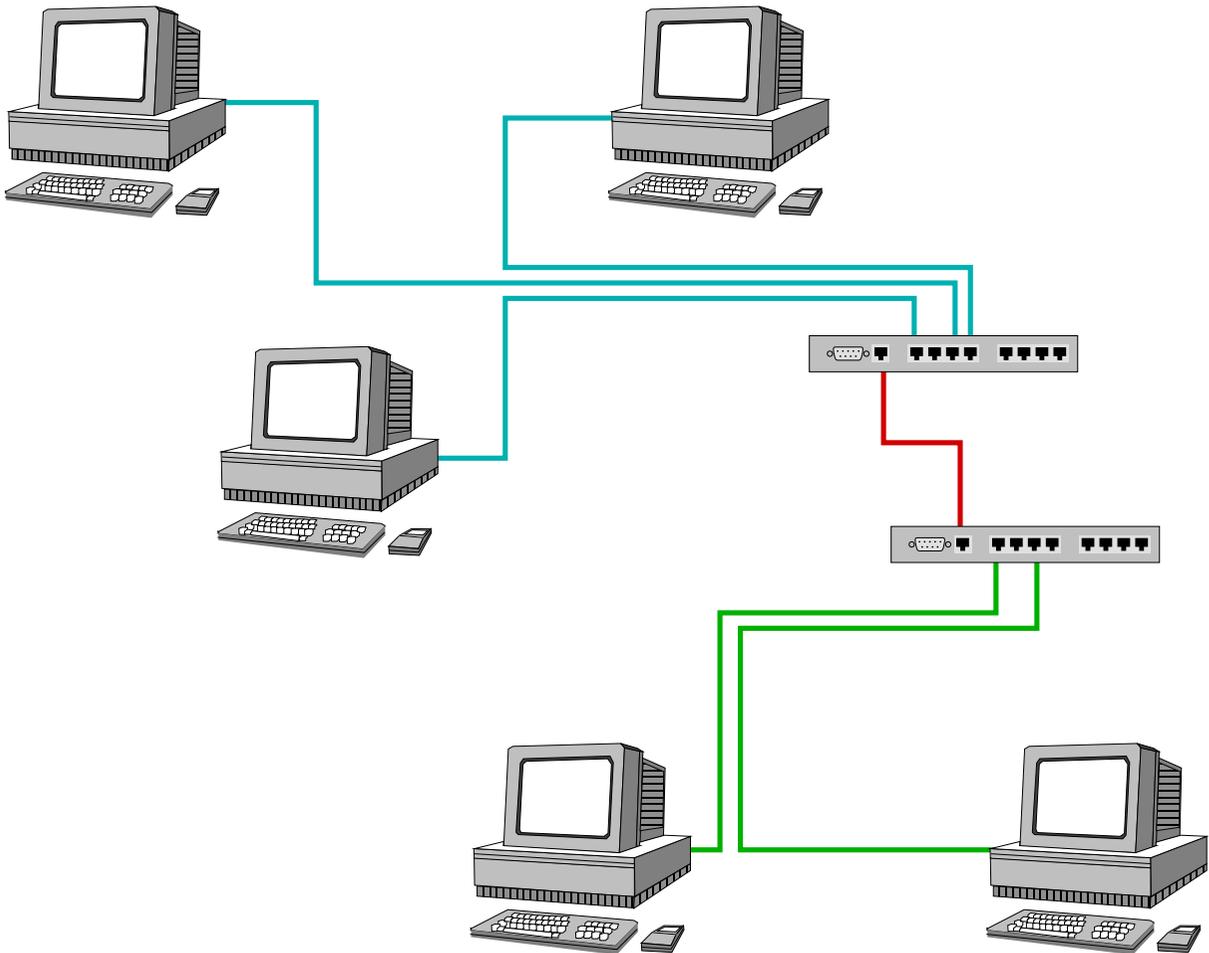
Rappels et introduction au contenu de l'U.E.

- bordure du réseau
- intérieur du réseau
- cœur du réseau
- **réseau d'accès**
- hiérarchie protocolaire
- exemple avec TCP/IP

# Réseaux d'accès



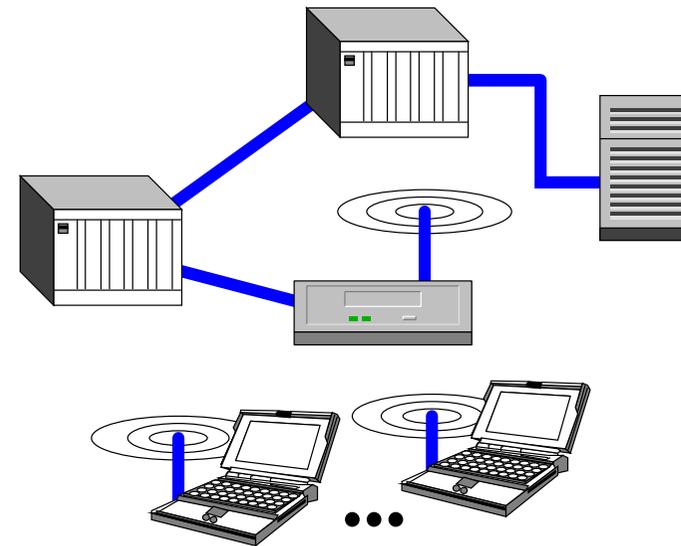
# Réseaux d'entreprises



# Sans fils

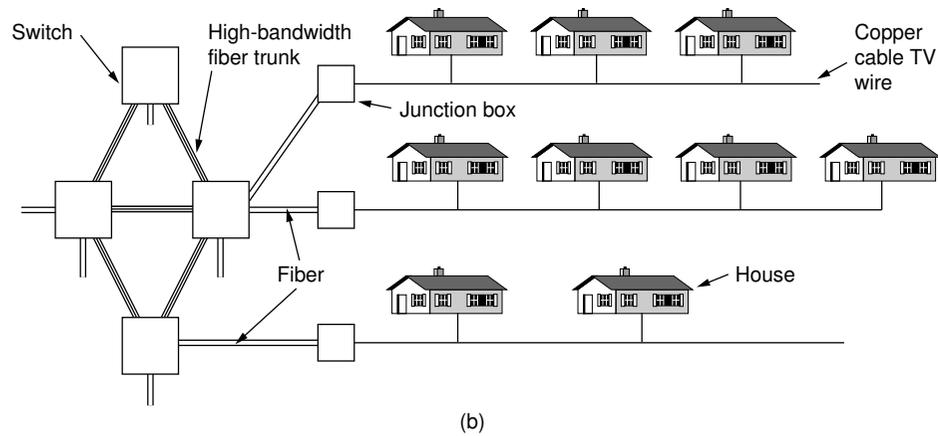
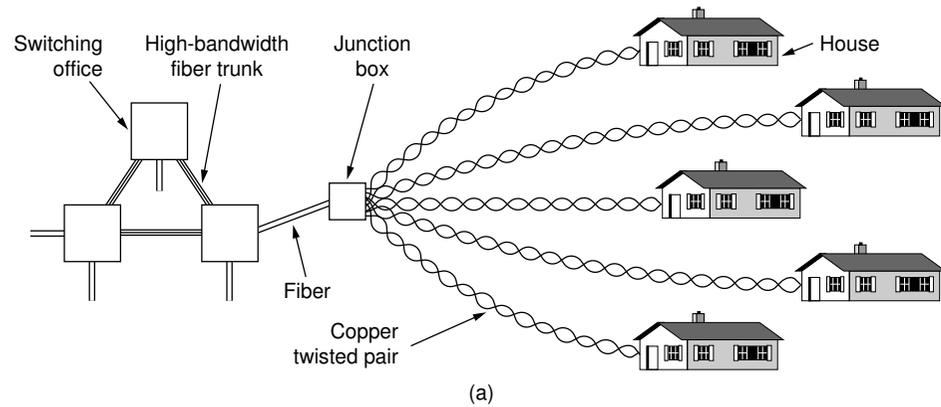
## Mobilité

- téléphonie mobile
  - ✓ GSM, GPRS, i-mode...
  - ✓ UMTS
- réseau local sans fil
  - ✓ **Wifi** (IEEE 802.11)
  - ✓ Hyperlan
  - ✓ **BLR/WLAN** (IEEE 802.16)
- micromobilité
  - ✓ Bluetooth



⇒ U.E. **MOB** (M1-S2)

# Avec fils



Résidentiels (modem et RTC, RNIS, Câble, ADSL...)

## ➡ Cours 10 : Boucle locale

# Plan

Objectifs de l'U.E. RES

Questions administratives

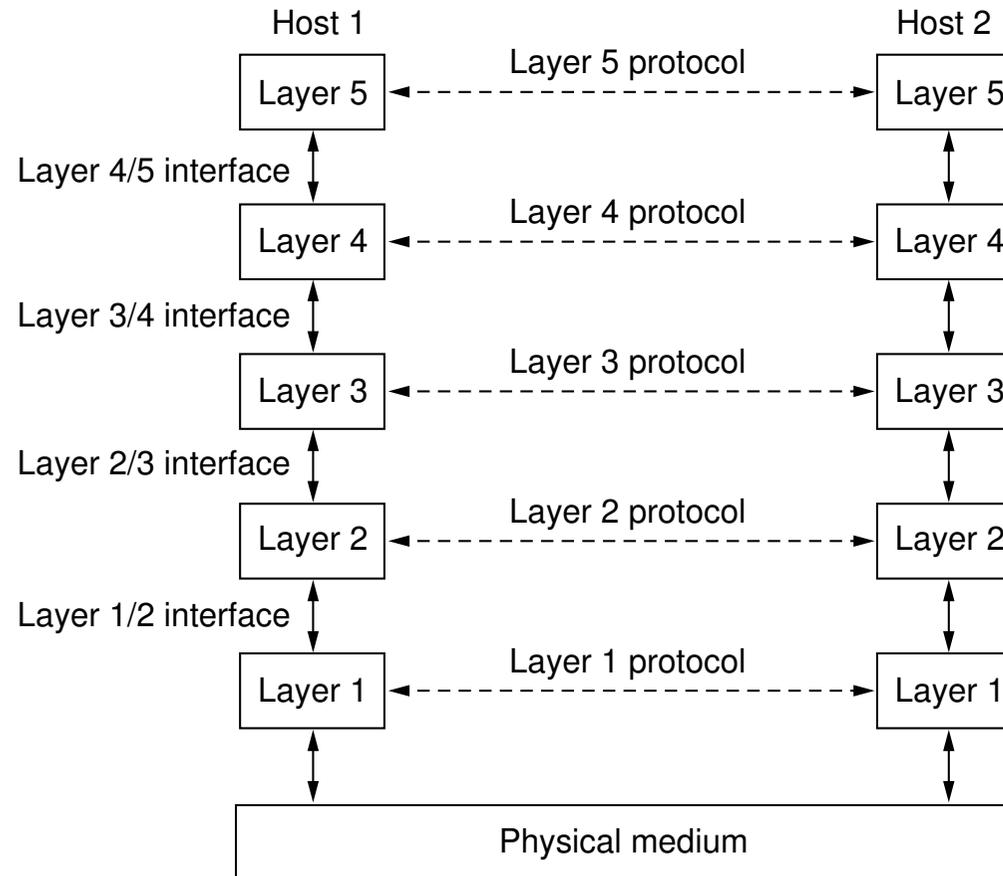
Démarche pédagogique

Rappels et introduction au contenu de l'U.E.

- bordure du réseau
- intérieur du réseau
- cœur du réseau
- réseau d'accès
- **hiérarchie protocolaire**
- exemple avec TCP/IP

# Hiérarchie protocolaire (1)

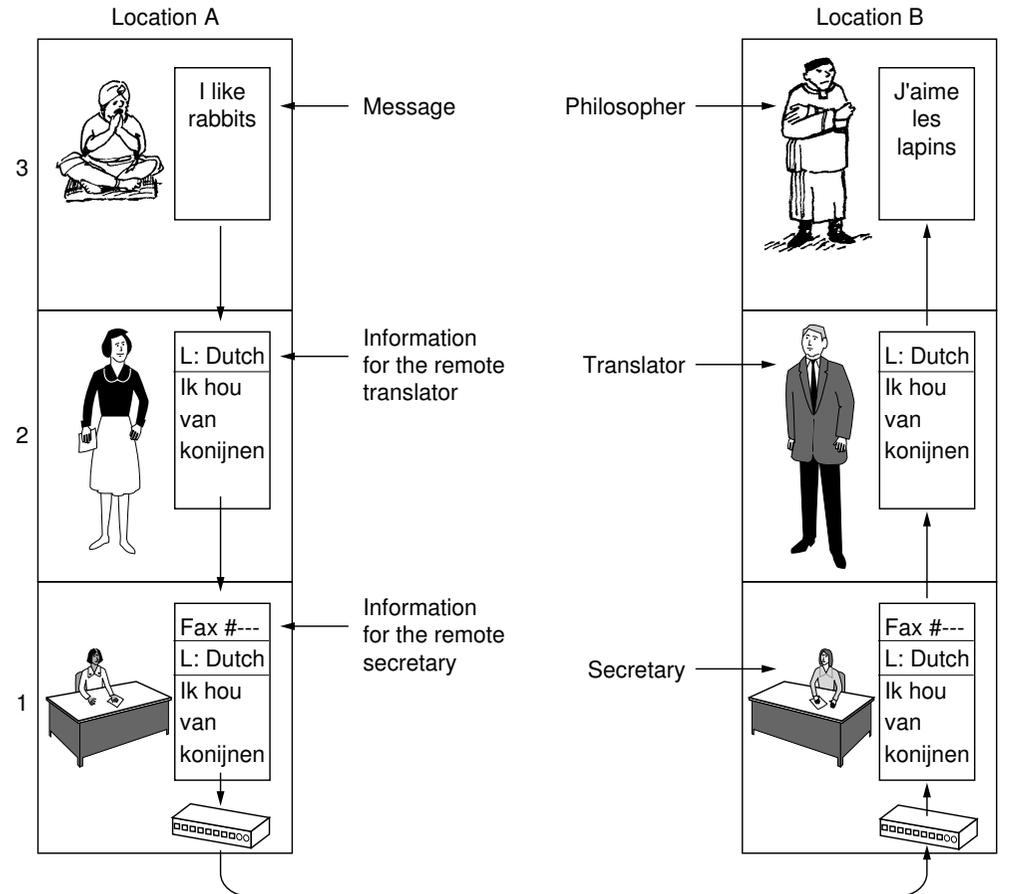
Protocoles, couches et interfaces :



picture from TANENBAUM A. S. *Computer Networks 3rd edition*

# Hiérarchie protocolaire (2)

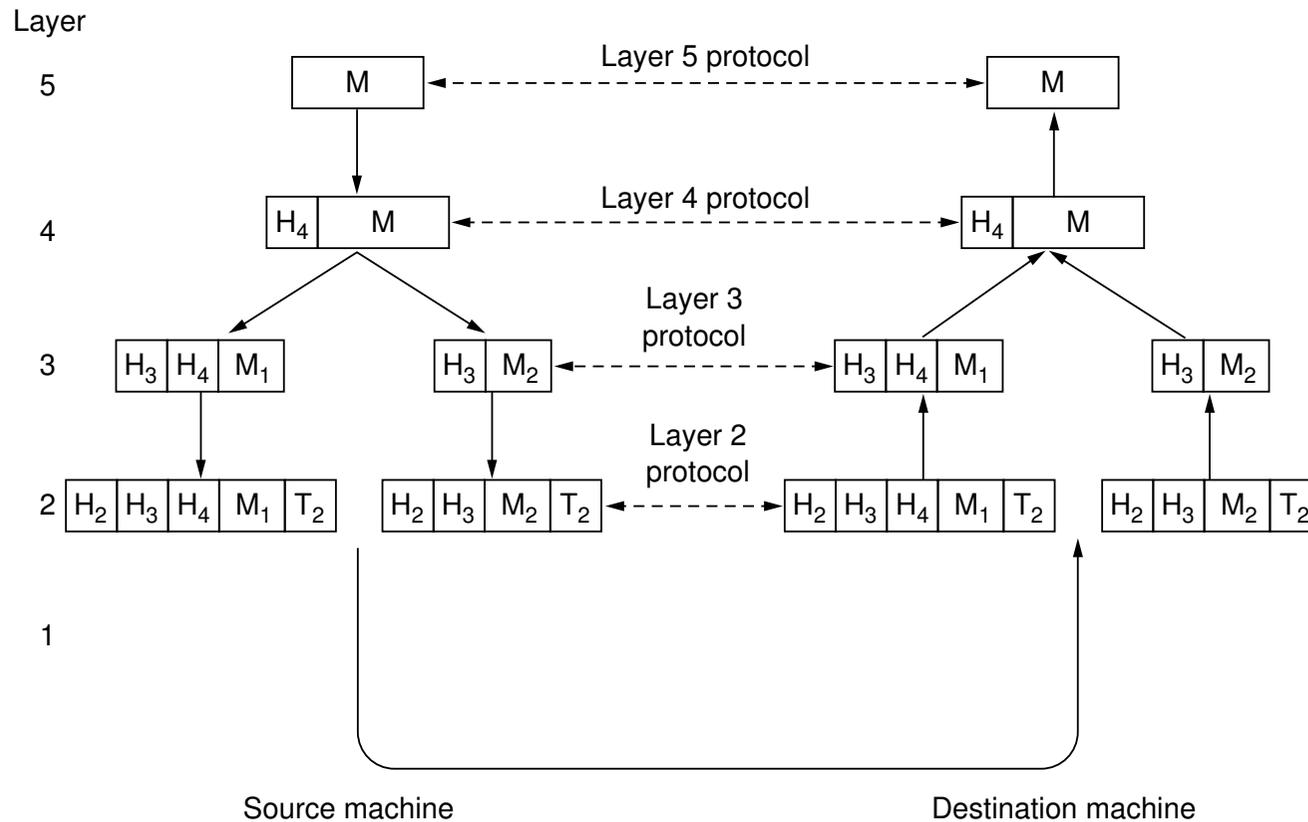
Analogie sociologique :



picture from TANENBAUM A. S. *Computer Networks 3rd edition*

# Hiérarchie protocolaire (3)

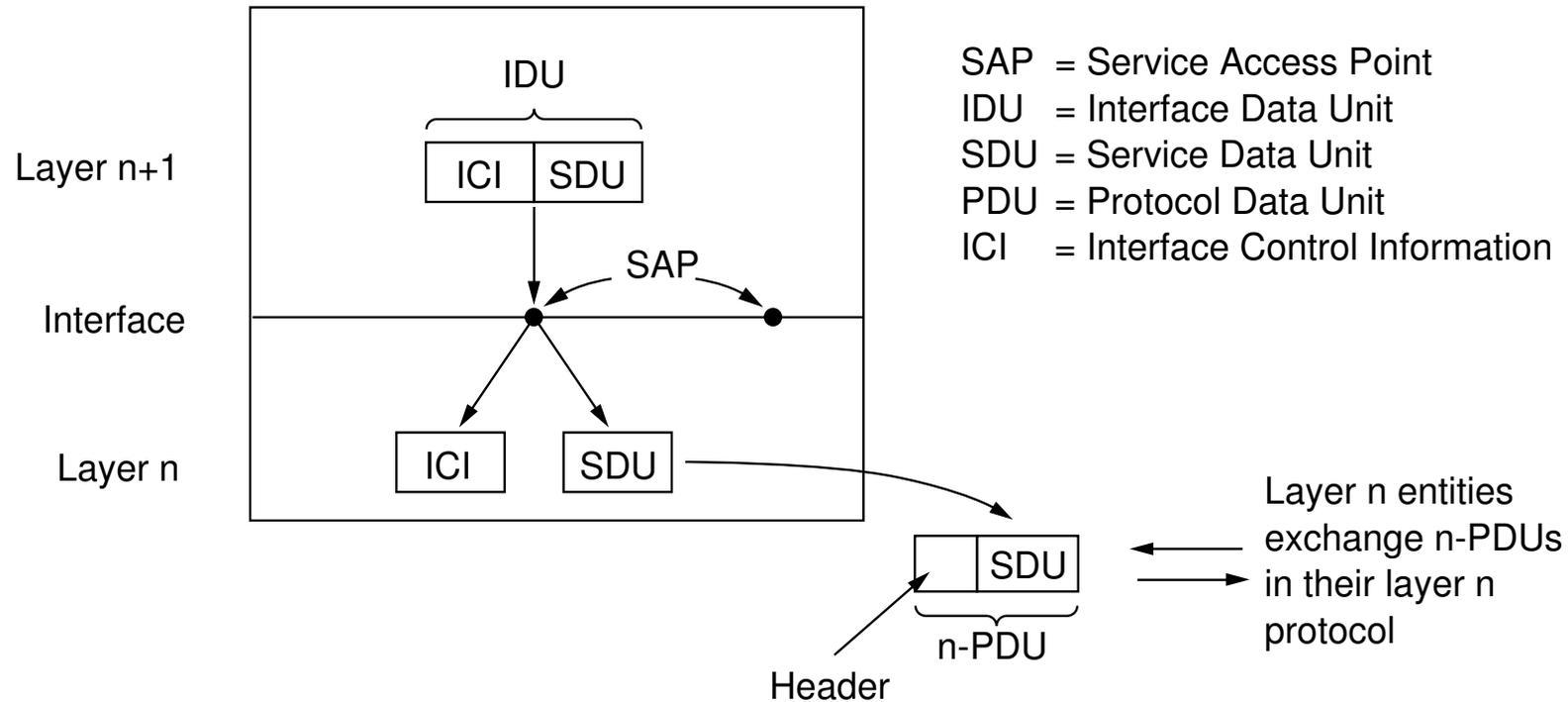
## Encapsulations successives



picture from TANENBAUM A. S. *Computer Networks 3rd edition*

# Hiérarchie protocolaire (4)

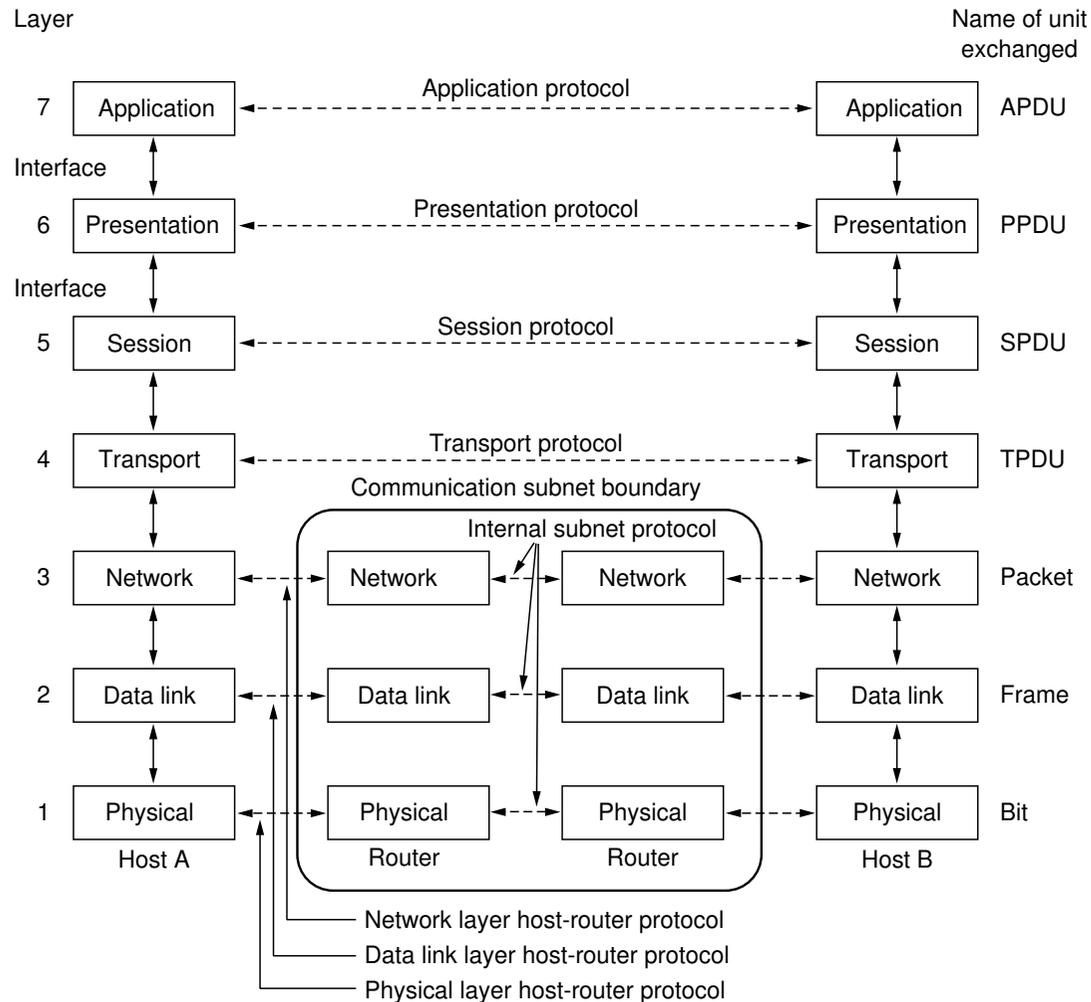
## Interfaces entre les couches



picture from TANENBAUM A. S. *Computer Networks 3rd edition*

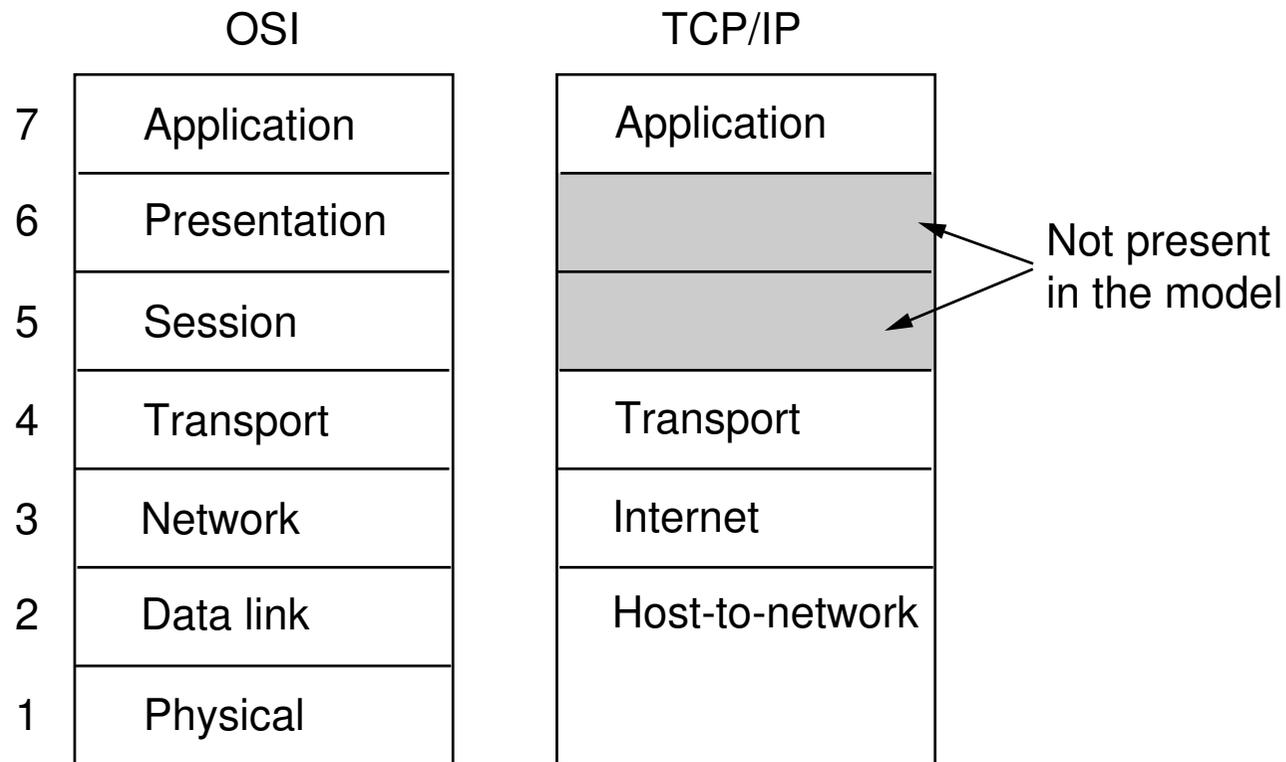
# Hiérarchie protocolaire (5)

Modèle de référence OSI (*Open Systems Interconnection* – 1983)



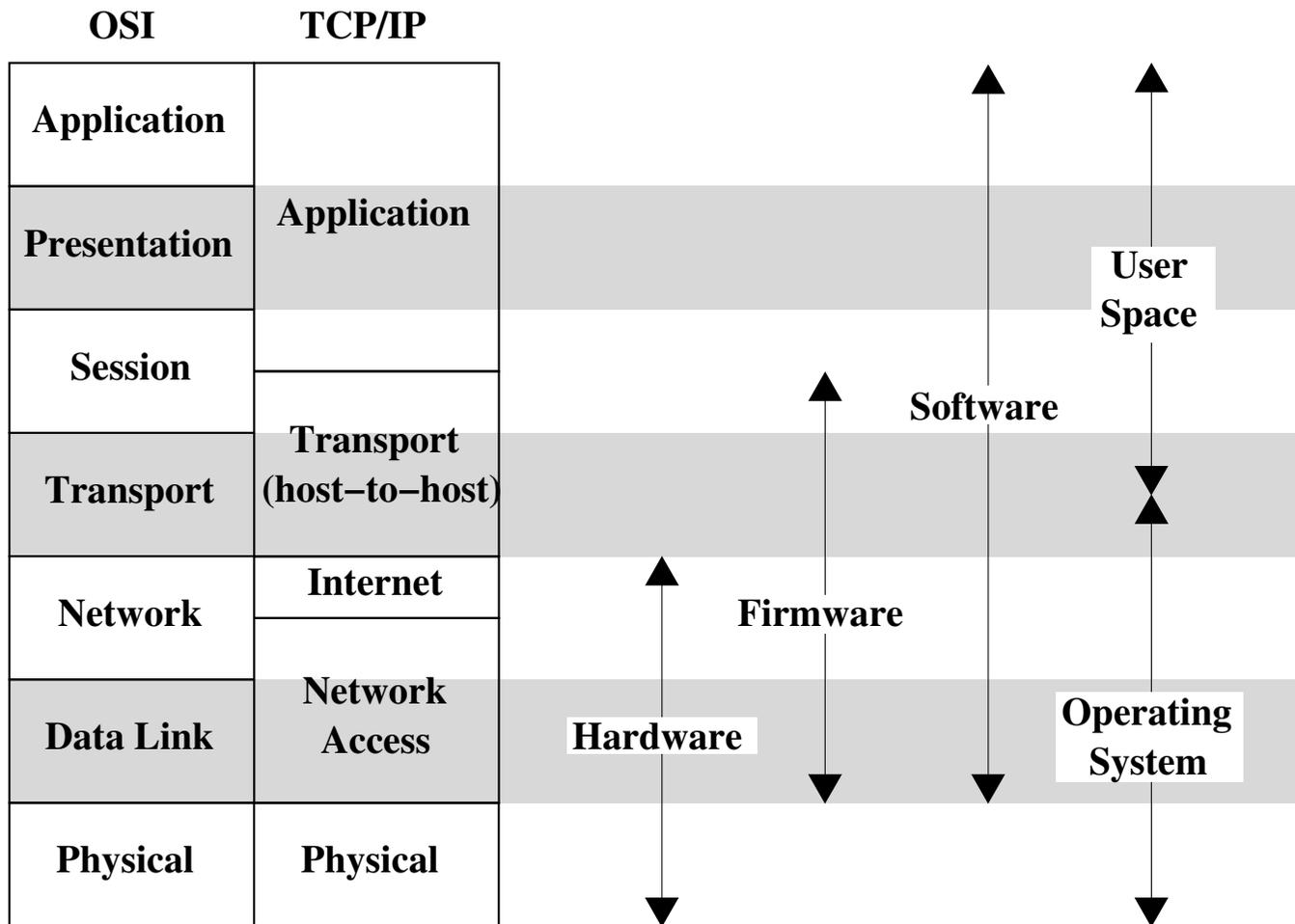
# Hiérarchie protocolaire (6)

Modèle de référence TCP/IP (1974)



picture from TANENBAUM A. S. *Computer Networks 3rd edition*

# TCP/IP : Comparaison



these pictures and to the end are from STALLINGS W. *High Speed Networks*

# Plan

Objectifs de l'U.E. RES

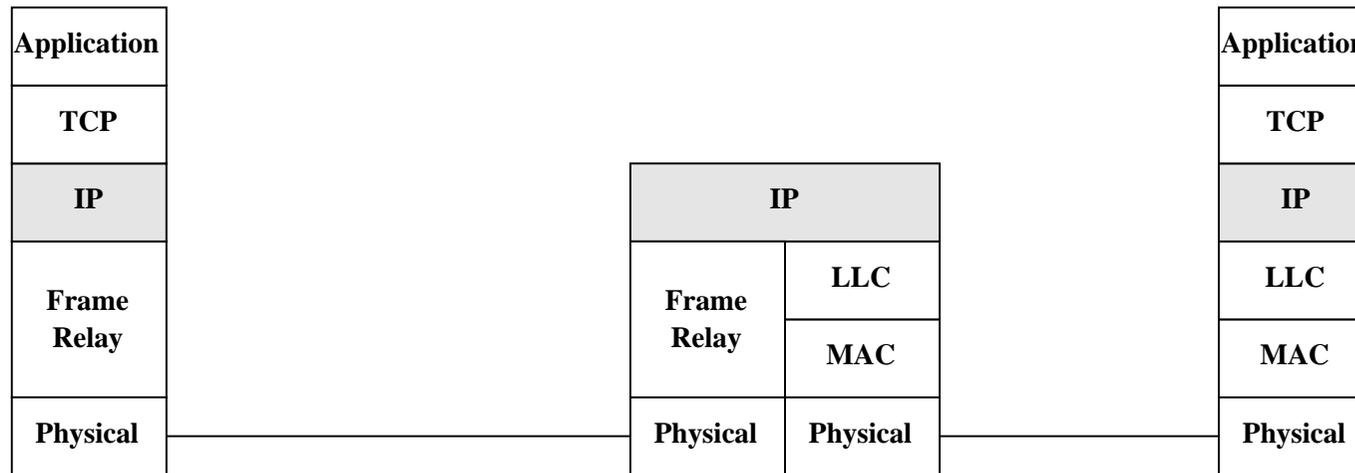
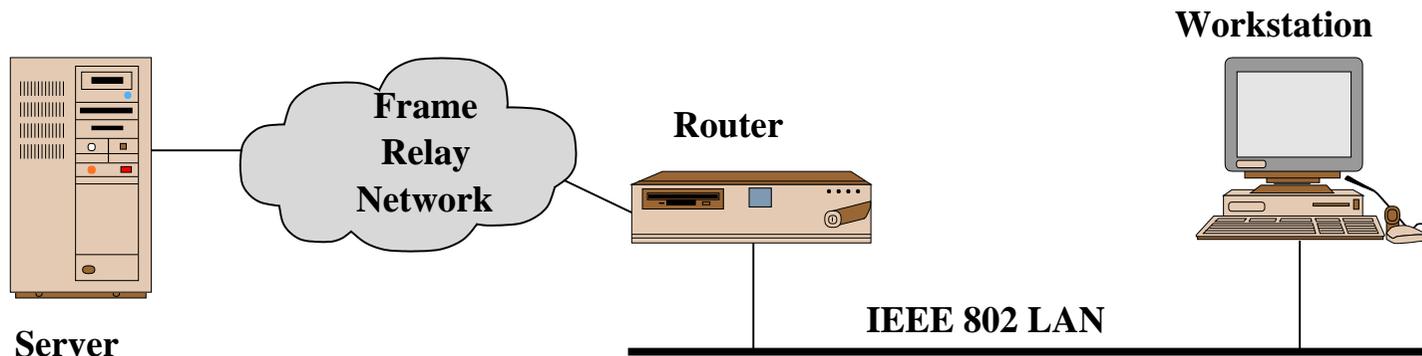
Questions administratives

Démarche pédagogique

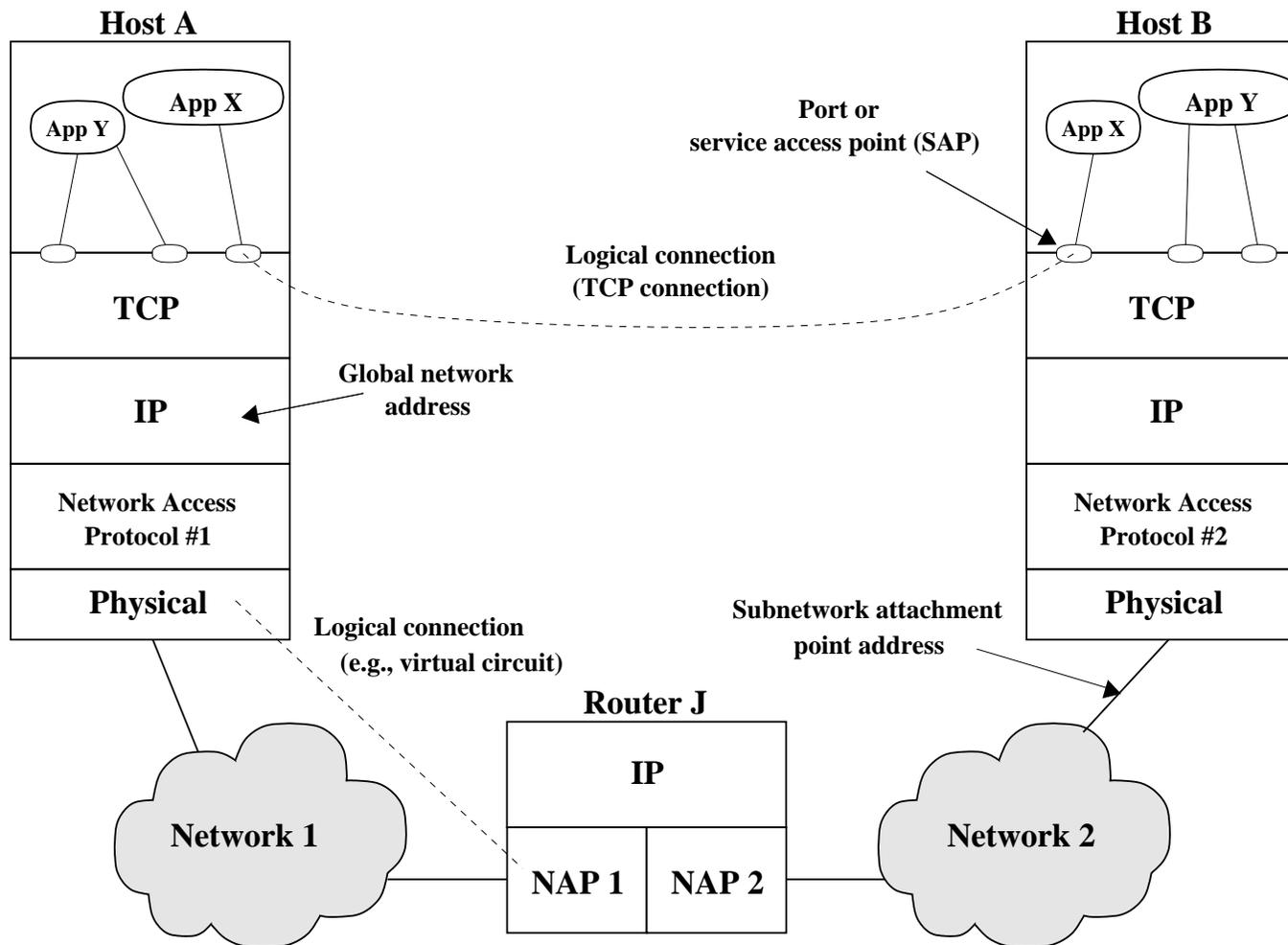
Rappels et introduction au contenu de l'U.E.

- bordure du réseau
- intérieur du réseau
- cœur du réseau
- réseau d'accès
- hiérarchie protocolaire
- **exemple avec TCP/IP**

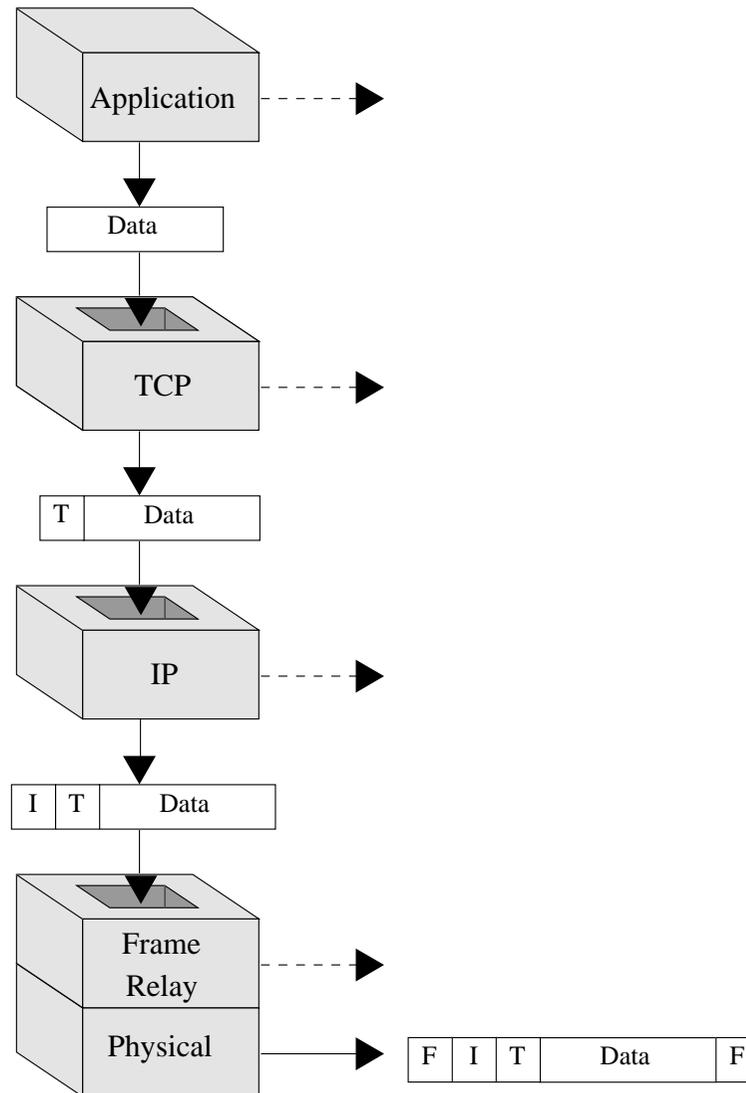
# TCP/IP : Exemple



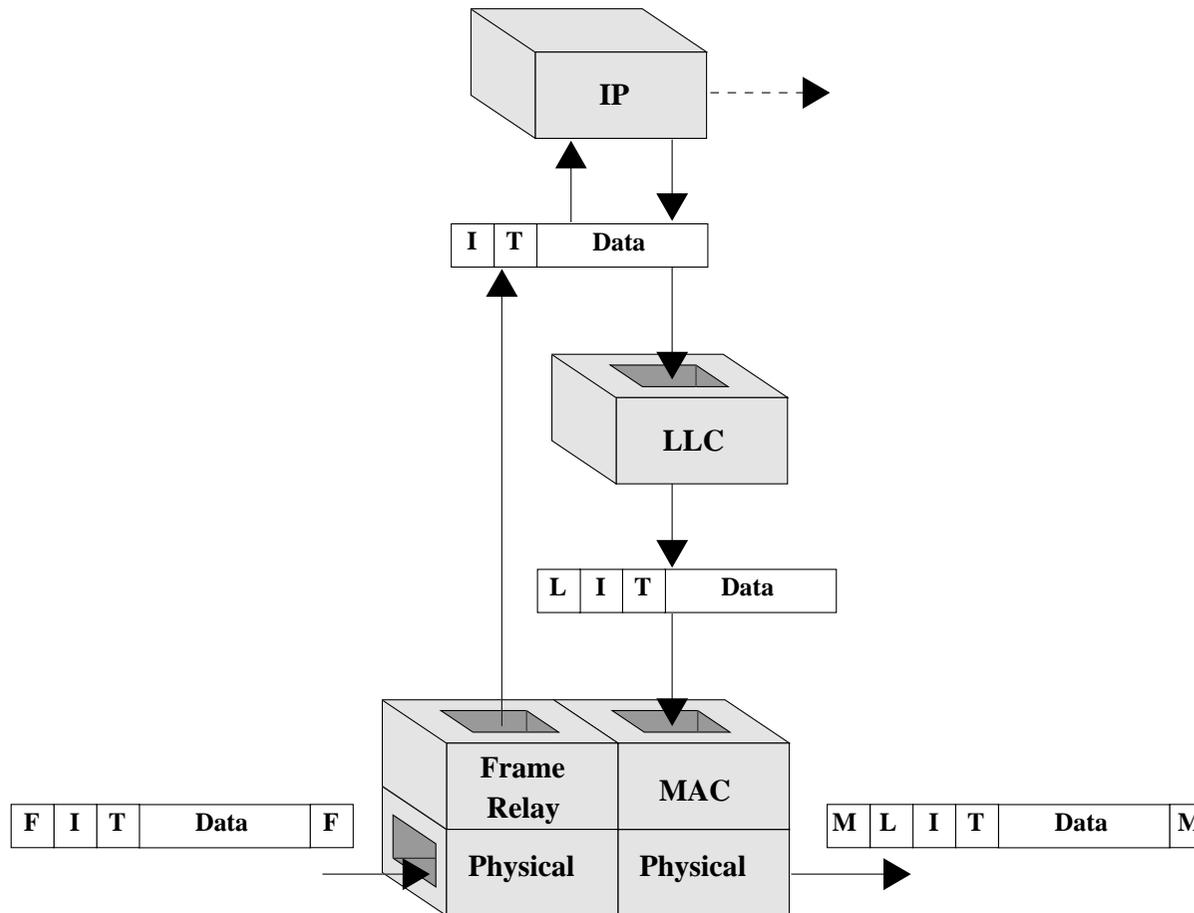
# TCP/IP : Concepts



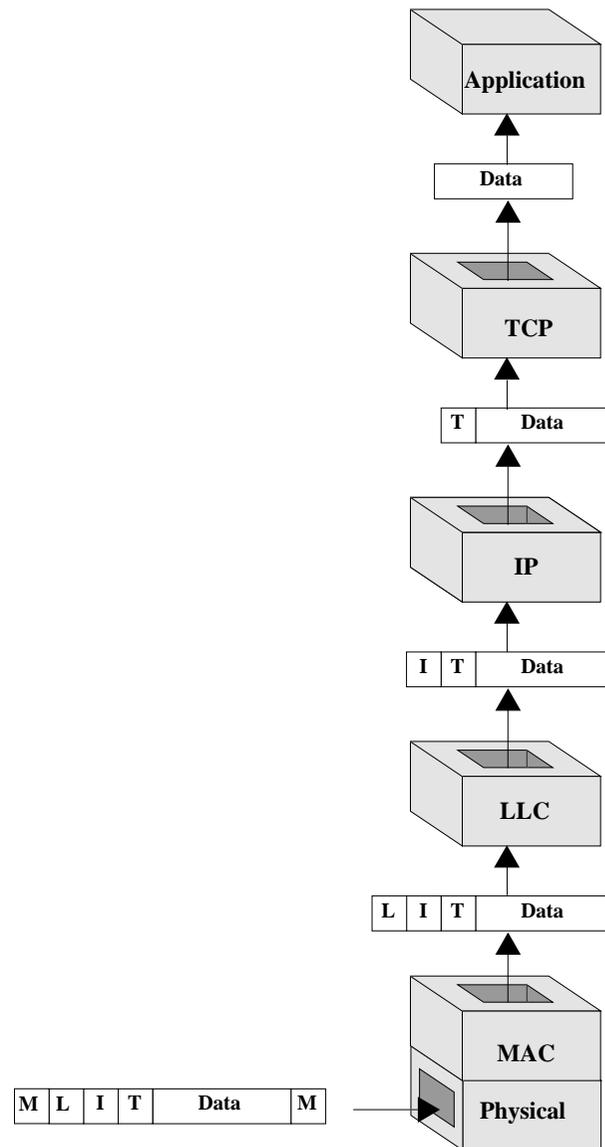
# Fonctionnement de TCP/IP : Actions dans l'émetteur



# Fonctionnement de TCP/IP : Actions dans un routeur



# Fonctionnement de TCP/IP : Actions dans le récepteur



# Fin

Document réalisé avec  $\text{\LaTeX}$ .

Généré le 29 septembre 2004.

Classe de document foils.

Dessins réalisés avec xfig.

Olivier Fourmaux, [olivier.fourmaux@lip6.fr](mailto:olivier.fourmaux@lip6.fr)

<http://www-rp.lip6.fr/~fourmaux>

Ce document est disponible en postscript compressé avec gzip à

<http://www-rp.lip6.fr/~fourmaux/res/res4c1c-.pdf>