

# Architecture des Réseaux (ARES)

## 1/5 : Introduction

**Olivier Fourmaux** (olivier.fourmaux@upmc.fr)

Version 6.2

# ARES : plan du cours 1/5

- 1 Présentation de l'U.E. ARES
  - Objectifs de l'U.E.
  - Démarche pédagogique
  - Moyens pédagogiques
- 2 Questions administratives
  - Planning
  - Evaluation
- 3 Rappels et introduction au contenu de l'U.E.
  - Composants du réseau
  - Hiérarchie protocolaire
  - Exemple avec TCP/IP

# ARES : plan du cours 1/5

- 1 Présentation de l'U.E. ARES
  - Objectifs de l'U.E.
  - Démarche pédagogique
  - Moyens pédagogiques
- 2 Questions administratives
  - Planning
  - Evaluation
- 3 Rappels et introduction au contenu de l'U.E.
  - Composants du réseau
  - Hiérarchie protocolaire
  - Exemple avec TCP/IP

# Renforcer ses connaissances en réseau

Approfondir et compléter un cours d'**introduction aux réseaux**

- exemple : cours LI310 de la Licence d'Informatique de l'UPMC
- prérequis techniques et théoriques (supposés acquis) :
  - vocabulaire spécifique
  - introduction au traitement du signal
  - mécanismes protocolaires de base
  - protocoles usuels (HDLC, X25, IP, routage, UDP, TCP)
  - modèle en couches OSI

# Maîtriser les technologies de base

Etudier la principale architecture de réseau actuelle ainsi que son environnement ➡ **TCP/IP** et **Internet**

- applications normalisées (Web, DNS, messagerie...)
- mécanismes dynamiques (contrôle de la congestion...)
- adressage IPv4 (CIDR, DHCP, NAT, tunnels...)
- routage avancé (hiérarchie d'AS, OSPF, BGP...)
- support architectures (Ethernet, liaisons point-à-point...)
- boucle locale (CATV, ADSL, FTTH...)

# Base pour les autres U.E. de la spécialité RES

U.E. pré-requise pour les **cours de réseaux avancés**

- en M1-S2 pour les étudiants de RES (U.E. obligatoires) ou pour les étudiants des autres spécialités (U.E. libre) :
  - IPv6, multicast, QoS, sécurité ➡ U.E. **ING**
  - mobilité, autonomie, sans-fil ➡ U.E. **MOB**

# Base pour les autres U.E. de la spécialité RES

## U.E. pré-requise pour les **cours de réseaux avancés**

- en M1-S2 pour les étudiants de RES (U.E. obligatoires) ou pour les étudiants des autres spécialités (U.E. libre) :
  - IPv6, multicast, QoS, sécurité ➡ U.E. **ING**
  - mobilité, autonomie, sans-fil ➡ U.E. **MOB**
- en M2 pour les étudiants de RES (PRO/ALT ou RECH) :
  - applications multimédia ➡ U.E. **APMM**
  - transferts multimédia sur réseaux IP ➡ U.E. **MMIP**
  - multimédia et qualité de service ➡ U.E. **MMQoS**
  - routage et routeurs ➡ U.E. **ROUT**
  - sécurité des réseaux ➡ U.E. **SECUR**
  - services mobiles ➡ U.E. **SMOB**
  - supervision de réseaux ➡ U.E. **SUPERV**
  - trafic et contrôle des réseaux ➡ U.E. **TCONT ...**

# Contenu du cours

Approche *Top down* :

<b>Partie 1/5</b>	Introduction
<b>Partie 2/5</b>	Application : Telnet, FTP, SMTP, HTTP, ... DNS, SNMP, peer-to-peer.
<b>Partie 3/5</b>	Transport : services, exemples UDP et TCP, ... contrôle de congestion.
<b>Partie 4/5</b>	Réseau : IPv4, adressage CIDR, translation... ... routage hiérarchique, OSPF et BGP.
<b>Partie 5/5</b>	Technologies support : Ethernet commuté, ... point-à-point, boucle locale.

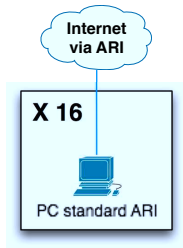


# Labs

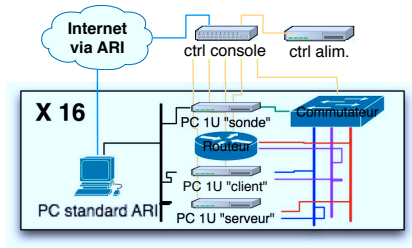
Intégration des *Travaux Dirigés (TD)* et *Travaux sur Machine Encadré (TME)* dans une même séance de 4h : **Labs**

- entrelacement des aspects théoriques et pratiques
- illustration par des exemples concrets sur une plateforme d'expérimentation avec du matériel réseau réel :

Salle M2-RES de 2003 à 2009



Salle M2-RES depuis 2009



# Contenu des séances de lab (sous réserves)

séance	contenu	support
1	Introduction à la plateforme des labs	n°1
2	Applications (1) : analyse Telnet, FTP et Web	n°2
3	Applications (2) : analyse SMTP, DNS, SNMP	n°3
4	Transport (1) : analyse des mécanismes	n°4
5	Transport (2) : contrôle de congestion	n°5
6	Fin des labs précédents, <i>révisions</i>	
7	Réseau (1) : début IP/ICMP	n°6
8	Réseau (2) : fin IP/ICMP	n°6
9	Réseau (3) : routage	n°7
10	Fin des labs précédents, <i>révisions</i>	

# Organisation de l'enseignement

## 13 semaines avec :

- 10 \* 2h de cours
  - O. Fourmaux
- 10 \* (4h de Labs)
  - T. Bourgeau, O. Fourmaux, T. Friedman, R. Hu et K. Thai

## Quelques liens utiles...

- site permanent de l'U.E. ARES sur le site du Master :  
<http://www-master.ufr-info-p6.jussieu.fr/ue/MI011>
- site temporel de l'U.E. ARES (nouvelles brèves, planning, supports et autres documents...) :  
<http://www-master.ufr-info-p6.jussieu.fr/2012/ares>

# Plateforme d'expérimentation pour les Labs



Plateforme matérielle d'expérimentation  
(utilisation de la salle M2-RES 31 :208).

## Chaque binôme a accès à :

- un poste ARI standard
- des équipements réseau dédiés pour réaliser les différentes configurations, captures et analyses :
  - 1 commutateur CISCO
  - 1 routeur CISCO
  - 3 VM sur un PC "rackables" 1U

# Supports de cours/lab

- traces de trafic réseau (validation des acquis de l'U.E.)
  - réalisées sur la plateforme dans le cadre des labs
  - réalisées par les étudiants (sur la plateforme ou ailleurs...)
  - pré-enregistrées (en cas de panne ou pour travailler de l'extérieur) sur la page web :  
<http://www-rp.lip6.fr/~fourmaux/Traces/labV6.html>
- autres supports disponibles sur le site de l'U.E. ARES et sur :  
<http://www-rp.lip6.fr/~fourmaux/index-cours.html>
  - transparents de cours
  - sujets des labs (avec des contenus facultatifs)
  - annales
- bibliographie
  - titres disponibles aux bibliothèques Math/Info
    - ➡ préférez les versions originales...

# Bibliographie

- James F. Kurose, Keith W. Ross
  - **Computer Networking : A Top-down Approach Featuring the Internet**, 6<sup>th</sup> edition (Pearson, 2013)
- Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall
  - **Computer Networks**, 5<sup>th</sup> edition (Prentice Hall, 2011)
- Douglas Comer
  - **Internetworking with TCP/IP Vol 1 : Principles, Protocols and Architectures**, 5<sup>th</sup> edition (Prentice Hall, 2006)
- Olivier Bonaventure
  - **Computer Networking : Principles, Protocols and Practice**, <http://inl.info.ucl.ac.be/CNP3>

# ARES : plan du cours 1/5

- 1 Présentation de l'U.E. ARES
  - Objectifs de l'U.E.
  - Démarche pédagogique
  - Moyens pédagogiques
- 2 Questions administratives
  - Planning
  - Evaluation
- 3 Rappels et introduction au contenu de l'U.E.
  - Composants du réseau
  - Hiérarchie protocolaire
  - Exemple avec TCP/IP

# Planning provisoire pour 2012-2013

dates	cours	labs	remarque
19-25/9	1	–	
26/9-2/10	2	1	
3-9/10	3	2	
10-16/10	4	3	
17-23/10	5	4	
24-30/10	6	5	
5-9/11	–	–	Examen Réparti N°1
31/10 + 12-16/11	7	6	
19-23/11	8	7	
26-30/11	9	8	
3-7/12	10	9	
10-14/12	–	10	
7-11/1	–	–	Examen Réparti N°2
13-17/5	–	–	Examen Rattrapage



# Emploi du temps

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
08:30					
08:45					
09:00					
09:15					
09:30					
09:45					
10:00					
10:15					
10:30					
10:45					
11:00					
11:15					
11:30					
11:45					
12:00					
12:15					
12:30					
12:45					
13:00					
13:15					
13:30					
13:45					
14:00					
14:15					
14:30					
14:45					
15:00					
15:15					
15:30					
15:45					
16:00					
16:15					
16:30					
16:45					
17:00					
17:15					
17:30					
17:45					
18:00					

ARES  
réservé  
ITIN 2  
31-208

ARES  
réservé  
AFTI  
31-208

ARES  
TME 1  
31-208

**Cours ARES  
en anglais**

**Cours ARES  
Amphi 41A**

ARES  
réservé  
ITIN 1  
31-208

ARES  
TME 2  
31-208

ARES  
TME 3  
31-208

**ARES  
TME 4 en anglais  
31-208**

ARES  
réservé  
ITIN 1  
31-208

ARES  
TME 2  
31-208

ARES  
TME 3  
31-208

**ARES  
TME 4 en anglais  
31-208**

# Modalités d'examen

## 3 examens :

- **Réparti n°1** (application, transport)
- **Réparti n°2** (tout le programme de l'U.E.)
- **Rattrapage** (tout le programme de l'U.E.)

Lors de tous les examens de l'U.E. ARES :

- **équipements électroniques interdits** (mobile, calculatrices...)
- **documents interdits** excepté **une** feuille **A4** manuscrite

## Définition

**manuscrite** : entièrement écrite à la main (pas de photocopies)

# Calcul de la note finale de l'U.E. ARES

1ère session : examens répartis (*Reparti1* et *Reparti2*)

$$N_{ARES_1} = 40\%N_{Reparti1} + 60\%N_{Reparti2}$$

si l'U.E. a été validée ( $N_{ARES_1} \geq 10$ ), **rattrapage non autorisé**

2ème session : rattrapage ( U.E. non validée à la 1ère session)

- U.E. non validée mais compensée :  $N_{ARES_1} < 10$  conservée
  - 2ème session **ssi** inscription **explicite** au secrétariat de RES (demander à repasser l'examen ou refus de la compensation)
- U.E. non validée et non compensée : vous **devez** impérativement passer la 2ème session (sinon  $N_{ARES_2} = 0$ )

$$N_{ARES_2} = N_{Rattrapage}$$

# Validation de l'U.E. ARES

La semaine suivant l'examen réparti n°2 (**1ère session**) ou l'examen de rattrapage (**2ème session**) :

- affichage des notes **via DBUFR** (après harmonisation)
- consultation des copies
- jurys
  - jury de l'U.E. ARES (validation)
  - jury de spécialité (compensation)
  - jury du Master (final)

# ARES : plan du cours 1/5

- 1 Présentation de l'U.E. ARES
  - Objectifs de l'U.E.
  - Démarche pédagogique
  - Moyens pédagogiques
- 2 Questions administratives
  - Planning
  - Evaluation
- 3 Rappels et introduction au contenu de l'U.E.
  - Composants du réseau
  - Hiérarchie protocolaire
  - Exemple avec TCP/IP

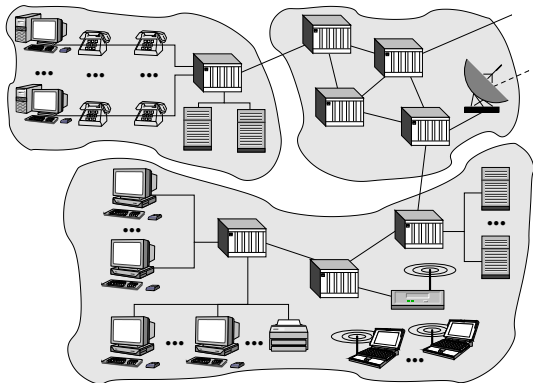
# Environnement support pour la suite

## Internet

- omniprésent
- hétérogène
- évolutif
- complexe...

⇒ difficile à cerner !

Voyons un exemple :

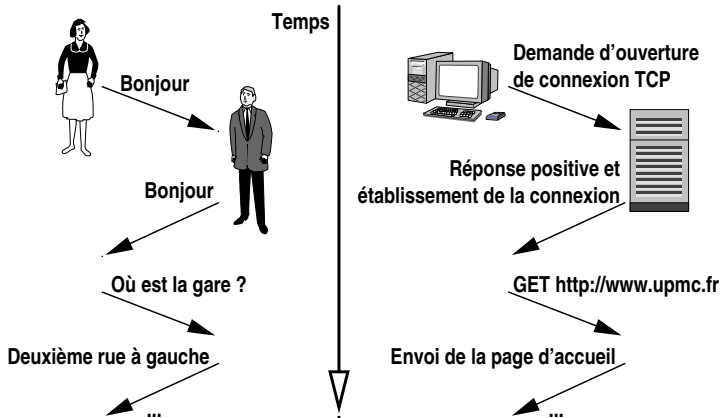


# Composition de l'**Internet**

Quels sont les éléments de base de l'**Internet** ?

- liens de transmission de données (*communications links*)
- routeurs (retransmission des paquets)
- éléments terminaux (*hosts, end systems*) :
  - station Unix
  - PC traditionnel
  - téléphone mobile
  - *Internet toaster...*
- logiciels de réseau
  - protocoles de communication...

# Protocoles : analogie





# Protocoles : définition

## Definition

**Protocole** : Description des actions et échanges de messages entre deux (ou plus) entités de communication. Le format, le codage et le séquençement des messages utilisés y sont spécifiés.

- 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 applicatifs

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*)
- flux audio et vidéo temps réel (*real-time audio and video*) ...

# Services du réseau

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

sans connexion

analogie avec le service postal

orienté connexion

analogie avec le service téléphonique

et peuvent en attendre différentes caractéristiques :

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

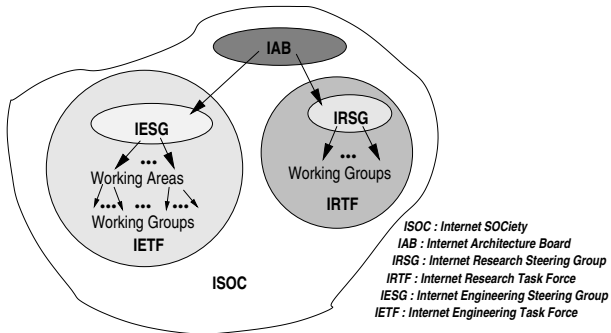
# Qualité de service

## Quel rapport avec la **Qualité de Service** (QoS)

- service au mieux (*Best Effort*)
  - pas de garantie, l'intérêt réside dans la connectivité !
  - combien de systèmes terminaux ?
    - une grande partie  $1.5 \cdot 10^9$  de PC +  $1.5 \cdot 10^9$  smartphones...
    - $2.5 \cdot 10^9$  utilisateurs actifs en 2012
    - trafic Internet >>> trafic téléphone
- des extensions sont à prévoir pour les applications multimédia...

## ⇒ U.E. **ING** (M1-S2)

# Standardisation de l'Internet



- groupes de travail IETF (*Internet Engineering Task Force*)
- plus de 6000 documents RFC (*Request For Comments*)
- **standards de facto** plutôt que **normes de jure**
  - IP, TCP, SMTP, SNMP, HTTP...
  - <http://www.rfc-editor.org/>

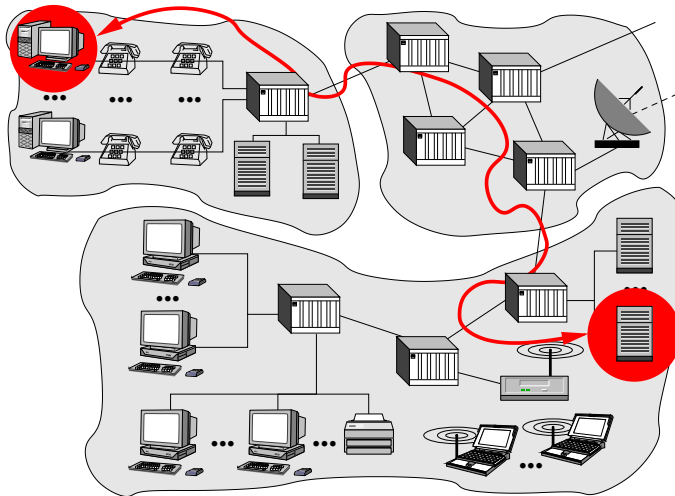
# Quelques sites web

- ISOC (*Internet SOCIety*), <http://www.isoc.org/>
- IETF (*Internet Engineering Task Force*),  
<http://www.ietf.org/>
- IAB (*Internet Architecture Board*), <http://www.iab.org/>
- W3C (*World Wide Web Consortium*), <http://www.w3.org/>
- ACM SIGCOMM (*Association for Computing Machinery – Special Interest Group in Data Communication*),  
<http://www.sigcomm.org/>
- IEEE Communications Society, <http://www.comsoc.org/>
- IEEE Computer Society, <http://www.computer.org/>
- <http://www-npa.lip6.fr/~fourmaux>

# ARES : plan du cours 1/5

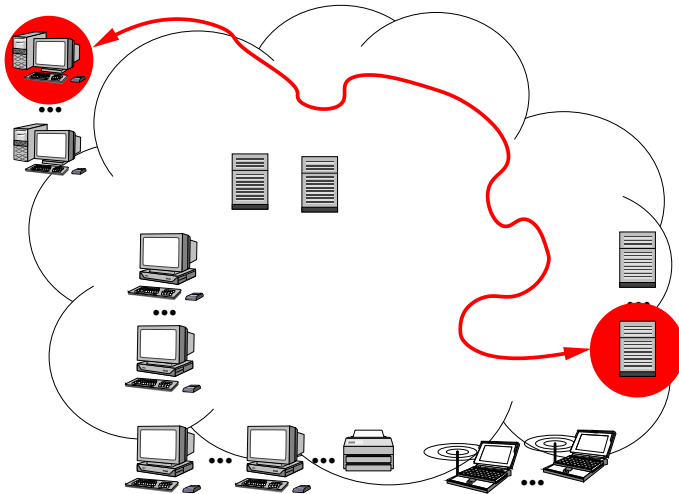
- 1 Présentation de l'U.E. ARES
  - Objectifs de l'U.E.
  - Démarche pédagogique
  - Moyens pédagogiques
- 2 Questions administratives
  - Planning
  - Evaluation
- 3 Rappels et introduction au contenu de l'U.E.
  - Composants du réseau
  - Hiérarchie protocolaire
  - Exemple avec TCP/IP

# Bordure du réseau



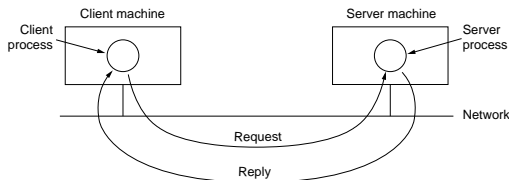


# Bordure du réseau (abstraction)



# Applications distribuées

## Modèle client/serveur



- requêtes de la machine client
- services fournis par un serveur toujours allumé
  - web
  - e-mail
  - annuaire...

## Modèle pair-à-pair (*peer-to-peer*)

- utilisation minimale de serveurs
- approche symétrique...

# 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**

## ➡ Partie 2/5 : Applications

# Service de bout-en-bout

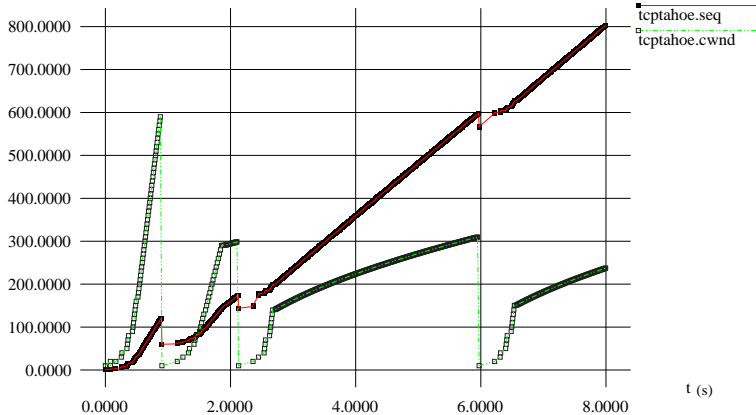
Types de service fourni par le réseau entre hôtes :

- service **orienté connexion**
  - fiabilité
  - ordonnancement
  - contrôle de flux
  - contrôle de congestion...
    - **TCP**
- service **sans connexion**
  - simple
  - base pour d'autre protocole
    - **UDP**

# Impact du contrôle de bout-en-bout

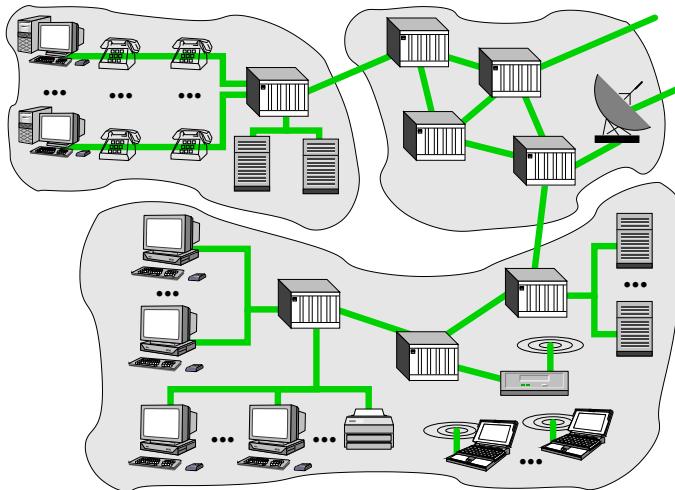
Quelle est la forme du trafic généré par TCP ?

seq (Ko) / cwin (Ko/10)



## Partie 3/5 : Transport

# Intérieur du réseau



# Liaisons de communication

## Supports physiques

- médium avec guide d'ondes
  - paires torsadées (UTP5+, UTP6...)
  - câbles coaxiaux (bande de base, large bande...)
  - fibres optiques (multimode, monomode...)
- médium sans guide d'ondes
  - liaison satellite (geo-stationnaire, constellation...)
  - liaison terrestre (ondes radio, micro-ondes, infra-rouge, optique...)

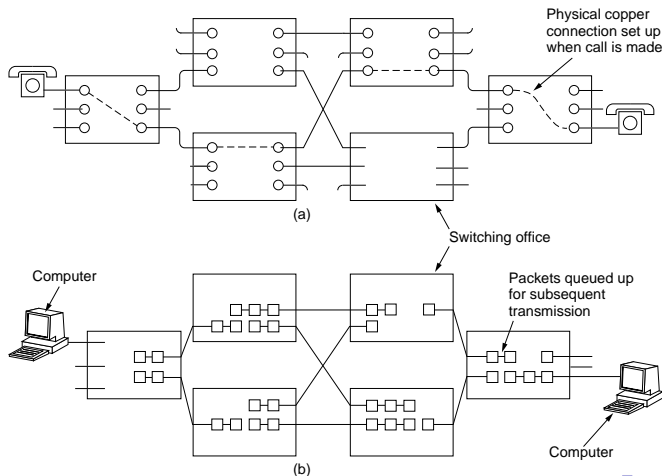
## Technologies d'accès

- médium partagé
- découpage en trames

## Éléments intermédiaires...

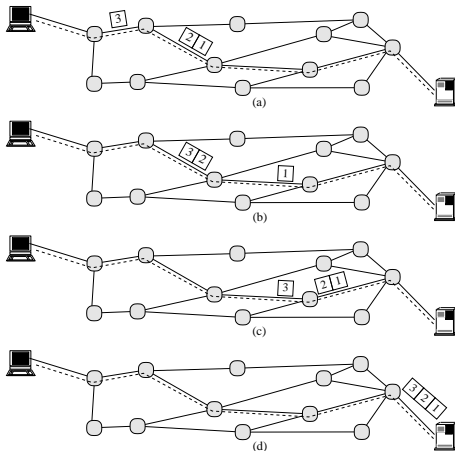
# Relayer les données

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



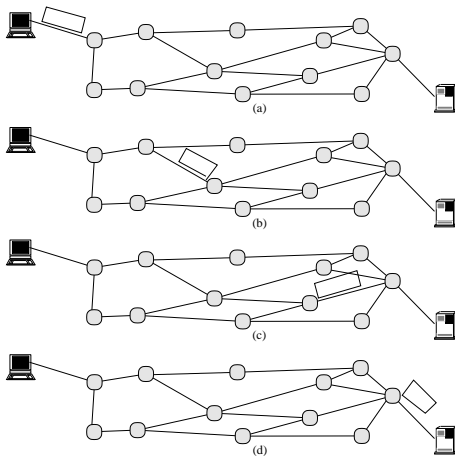


# Transmission par circuit virtuel



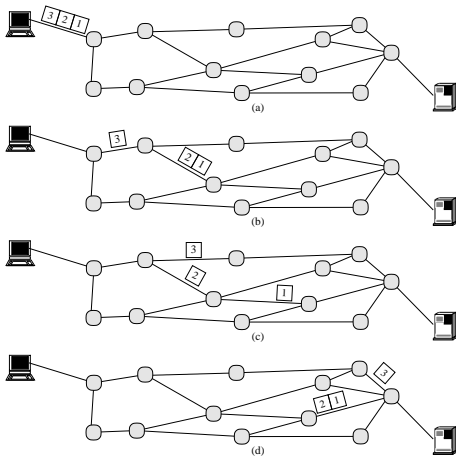
pictures from STALLINGS W. *High Speed Networks*

# Transmission par messages



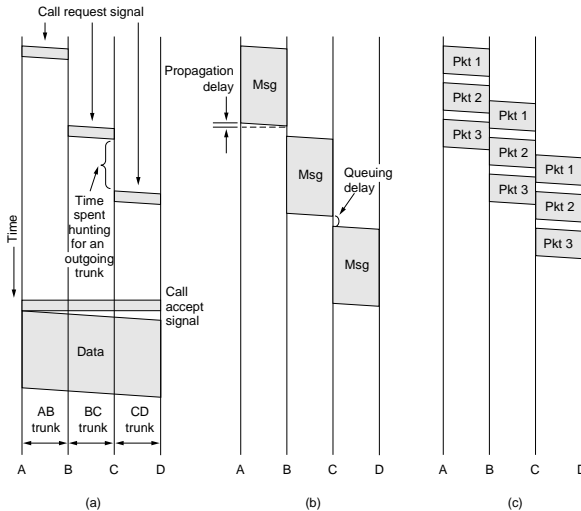
pictures from STALLINGS W. *High Speed Networks*

# Transmission de paquets par 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 **délai de bout-en-bout** ?

# Adressage Internet

Acheminement des paquets de la source vers les destinataires en effectuant des sauts entre les 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...

# Mécanismes de 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**

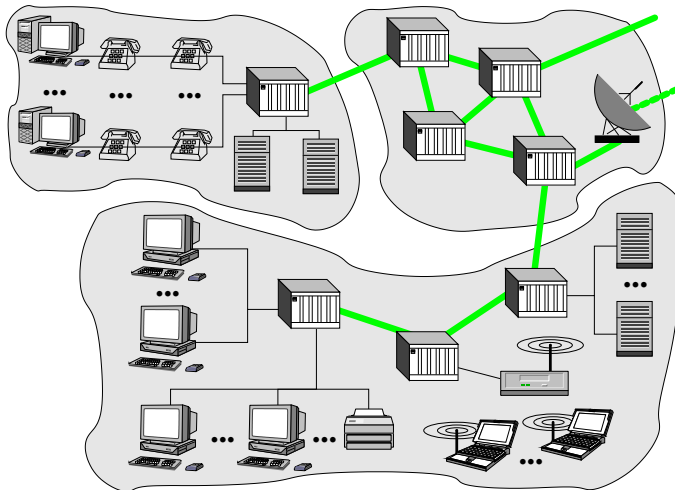
Découpage hiérarchique du réseau (**AS**)

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

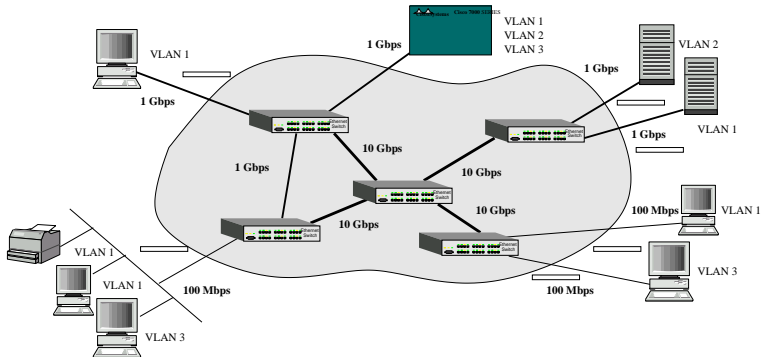
⇒ **Partie 4/5 : Réseau**



# Cœur du réseau



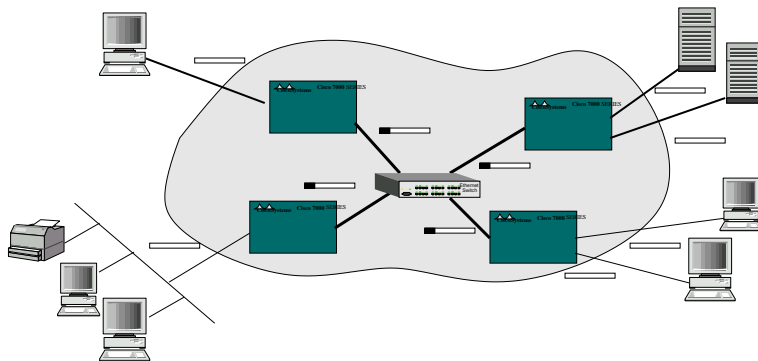
# Technologie Ethernet



Evolution du LAN vers le WAN avec le **Fast Ethernet**, le **Gigabit Ethernet**, le **10Gigabit Ethernet** et le **100Gigabit Ethernet**.  
Intégration de la **commutation** et structuration avec les **VLAN**...

➡ **Partie 5/5 (1) : Ethernet**

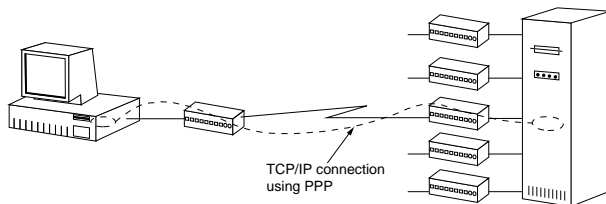
# Technologie MPLS



Intégration des mécanismes de **commutation** au niveau réseau (ATM, MPLS...).

⇒ U.E. **RTEL** (M1-S1)

# Technologies point-à-point

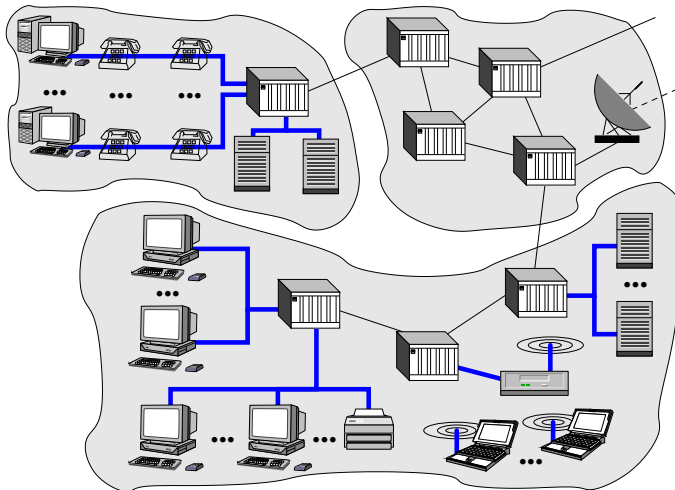


PPP seulement destiné aux anciennes liaisons séries ?

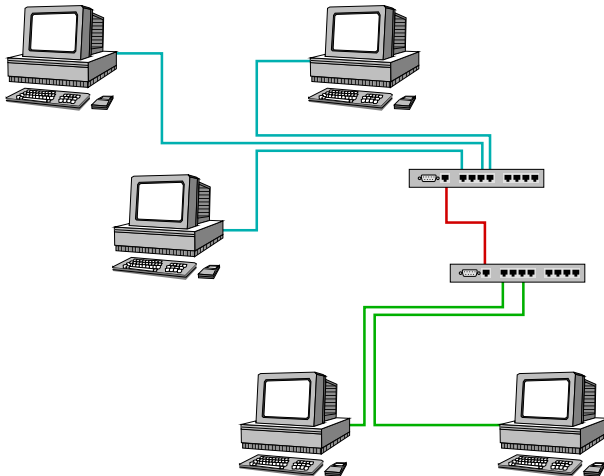
- PPP sur SONET : **POS**
- PPP sur Ethernet : **PPPoE**
- PPP sur ATM : **PPPoA**
- PPP sur IP : **L2TP** ...

⇒ **Partie 5/5 (2) : Point-à-point**

# Réseaux d'accès



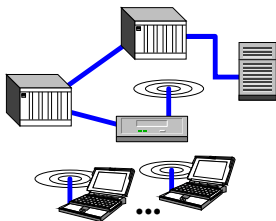
# Réseaux d'entreprises



# Sans fils

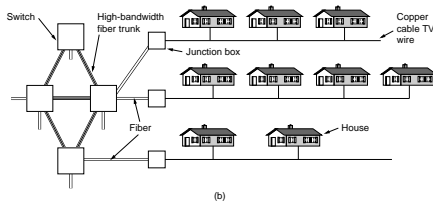
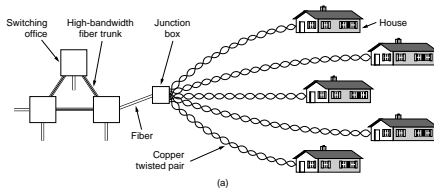
Selon la mobilité :

- micromobilité
  - Bluetooth/**WPAN** (IEEE 802.15)
- réseau local sans fil
  - Wifi/**WLAN** (IEEE 802.11)
- réseau local sans fil
  - BLR/**WMAN** (IEEE 802.16)
- téléphonie mobile
  - GSM, GPRS, i-mode...
  - UMTS



➡ U.E. **MOB** (M1-S2)

# Avec fils



Résidentiels (RTC/ADSL, Câble, Fibre optique...)

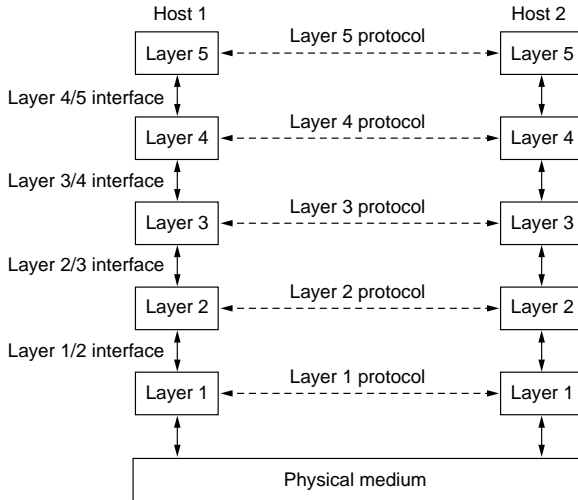
➡ **Partie 5/5 (3) : Boucle locale**



# ARES : plan du cours 1/5

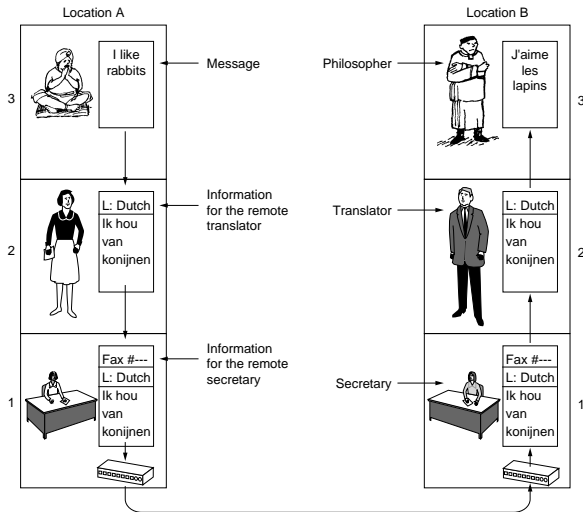
- 1 Présentation de l'U.E. ARES
  - Objectifs de l'U.E.
  - Démarche pédagogique
  - Moyens pédagogiques
- 2 Questions administratives
  - Planning
  - Evaluation
- 3 Rappels et introduction au contenu de l'U.E.
  - Composants du réseau
  - Hiérarchie protocolaire
  - Exemple avec TCP/IP

# Protocoles, couches et interfaces



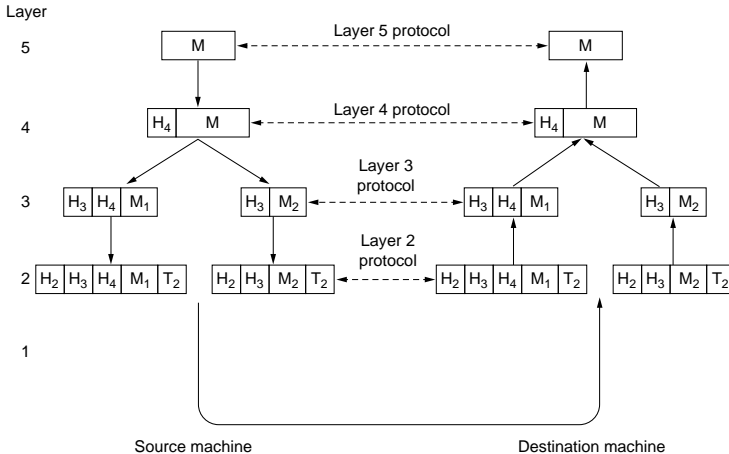
picture from TANENBAUM A. S. *Computer Networks 3rd edition*

# Analogie anthropologique



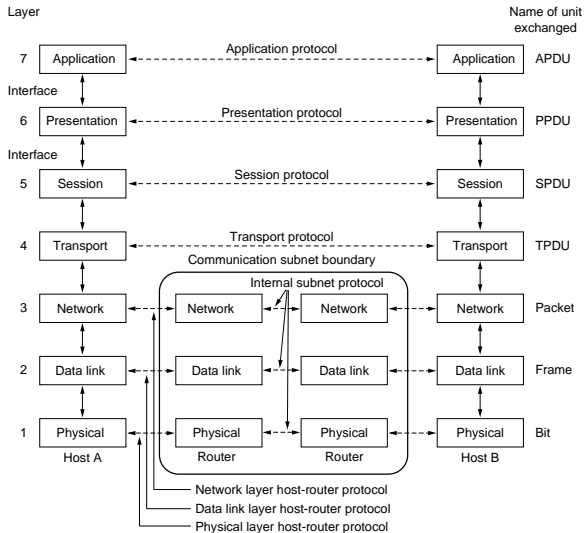
picture from TANENBAUM A. S. *Computer Networks 3rd edition*

# Encapsulations successives

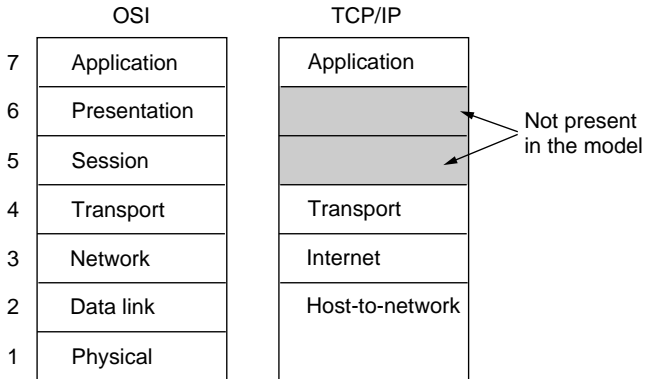


picture from TANENBAUM A. S. *Computer Networks 3rd edition*

# Modèle de référence OSI (*Open Systems Intercon.* – 1983)

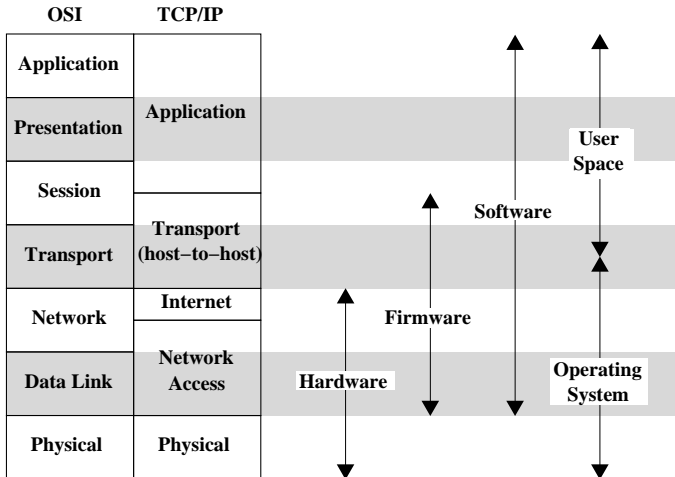


# Modèle de référence TCP/IP (1974)



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

# TCP/IP : Comparaison



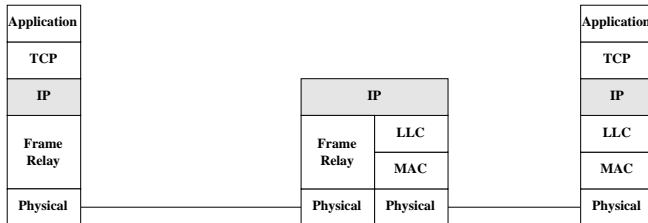
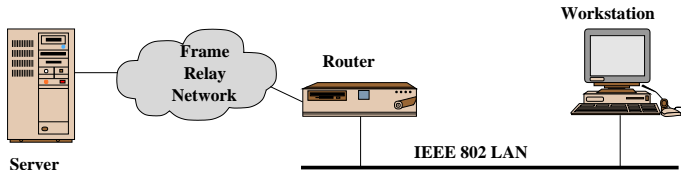
these pictures and to the end are from STALLINGS W. *High Speed Networks*

# ARES : plan du cours 1/5

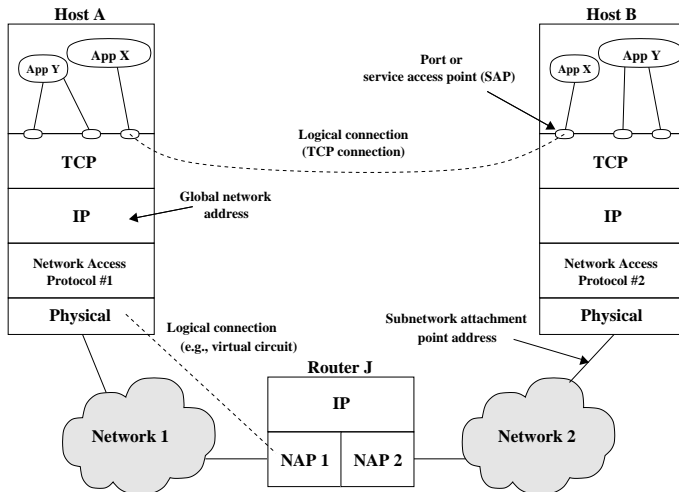
- 1 Présentation de l'U.E. ARES
  - Objectifs de l'U.E.
  - Démarche pédagogique
  - Moyens pédagogiques
- 2 Questions administratives
  - Planning
  - Evaluation
- 3 Rappels et introduction au contenu de l'U.E.
  - Composants du réseau
  - Hiérarchie protocolaire
  - Exemple avec TCP/IP



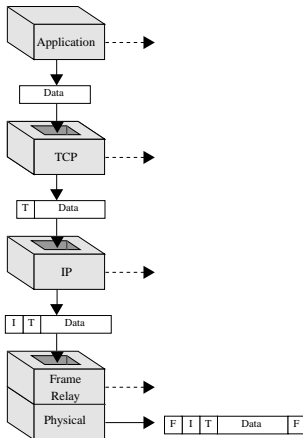
# TCP/IP : Exemple



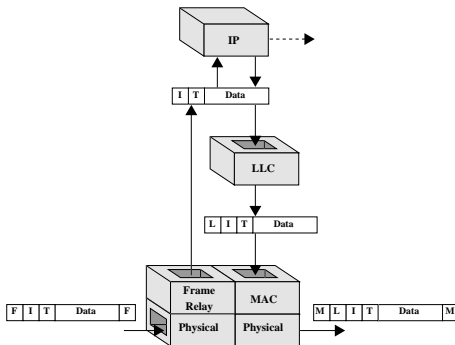
# TCP/IP : Concepts



# TCP/IP : Actions dans l'émetteur



# TCP/IP : Actions dans un routeur



# TCP/IP : Actions dans le récepteur

