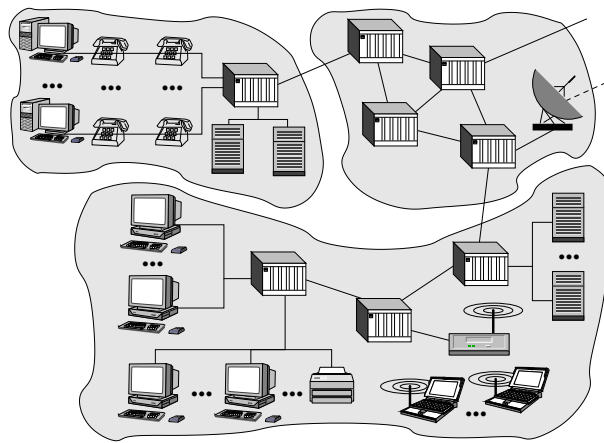


## U.E. **ARES** (MI011)

### **Architecture des Réseaux**



Support version 5.4

**Olivier Fourmaux**

([olivier.fourmaux@upmc.fr](mailto:olivier.fourmaux@upmc.fr))



# U.E. ARES

## Architecture des Réseaux

### Cours 1/6 : Introduction

Olivier Fourmaux  
(olivier.fourmaux@upmc.fr)

Version 5.4



#### Plan

##### Objectifs de l'U.E. ARES

Questions administratives

Démarche pédagogique

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



#### Objectif de l'U.E. ARES (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
  - ✓ prérequis techniques et théoriques :
    -    introduction au traitement du signal
    -    mécanismes protocolaires de base
    -    protocoles classiques (HDLC, X25, IP, routage, UDP, TCP)
    -    modèle en couches OSI
- ...



#### Objectif de l'U.E. ARES (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
-   tudier le **fonctionnement actuel de l'Internet**
  - ✓ applications (Web, DNS, messagerie...)
  - ✓ technologies IPv4 (CIDR, DHCP, NAT...)
  - ✓ routage avancé (OSPF, BGP...)
  - ✓ architectures supports (Ethernet, technologies point-à-point...)
  - ✓ boucle locale (CATV, ADSL, FTTH...)
- ...



## Objectif de l'U.E. ARES (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, sans-fil ➡ U.E. **MOB**
- ... et continuer :
  - ✓ **Master de Sciences et Technologies de l'UPMC mention Informatique**
    - ☞ dans le domaine des réseaux :
      - ☞ spécialité **Réseaux** orientation **recherche**
      - ☞ spécialité **Réseaux** orientation **professionnelle**
    - ☞ ou dans un domaine connexe : spécialités Archi, Système...

## Plan

Objectifs de l'U.E. **ARES**

**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
- 2h de TD + 2h de TME
  - ✓ O. Fourmaux, B. Le Grand, T. Silverston et K. Thai

Quelques sites utiles...

- site de l'UFR d'Informatique :
  - ✓ <http://www.ufr-info-p6.jussieu.fr/>
- site permanent du master Informatique :
  - ✓ <http://www-master.ufr-info-p6.jussieu.fr/>
- site temporel (année en cours) de la spécialité Réseau (breves, UEs...) :
  - ✓ <http://www-master.ufr-info-p6.jussieu.fr/2008/RES>
- site temporel de l'UE ARES (EDT, supports et autres documents...) :
  - ✓ <http://www-master.ufr-info-p6.jussieu.fr/2008/ares>

## Planning 2007/2008

Semaine	Dates	Cours	TD	commentaires
38	15/9 - 19/9	1	–	
39	22/9 - 26/9	2	1	
40	29/9 - 3/10	3	2	
41	6/10 - 10/10	4	3	
42	13/10 - 17/10	5	4	
43	20/10 - 24/10	6	5	
44	27/10 - 31/10	–	–	Partiel (à confirmer)
45	3/11 - 7/11	7	6	
46	10/11 - 14/11	8	7	
47	17/11 - 21/11	9	8	
48	24/11 - 28/11	10	9	
49	1/12 - 5/12	*	10	(+ report cours)
50	8/12 - 12/12		*	Révisions ( + report TD)
51	15/12 - 19/12			Examen 1ère session (à confirmer)
2	5/1 - 9/1			Notes, consult et jury 1ère session
3	12/1 - 16/1			Révisions
4	19/1 - 23/1			Examen 2nde session (à confirmer)
5	26/1 - 30/1			Notes, consult. et jury 2nde session

Plan

Objectifs de l'U.E. **ARES**

Questions administratives

**Démarche pédagogique**

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



Travaux Dirigés et sur Machine

- **TD**
    - ✓ interrogation écrite possible sur les TD précédents
    - ✓ questions et rappel de cours
    - ✓ exercices et problèmes illustrant les concepts présentés en cours
      - ☞ tous les exercices proposés ne seront pas traités en TD
  - **TME**
    - ✓ 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@.Q. 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:
```
- ✓ simulation de mécanismes (NS2)



Contenu du cours

Approche *Top down* :

|                   |                                                                           |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>Partie 1/6</b> | Introduction                                                              |
| <b>Partie 2/6</b> | Application - Telnet, FTP, SMTP, HTTP,<br>... DNS, SNMP, peer-to-peer.    |
| <b>Partie 3/6</b> | Transport - services, exemples UDP et TCP,<br>... contrôle de congestion. |
| <b>Cours 4/6</b>  | Réseau - IPv4, adressage CIDR,<br>... translation, filtrage, tunnels.     |
| <b>Cours 5/6</b>  | Routage - Hiérarchie, systèmes autonomes,<br>... exemples OSPF et BGP.    |
| <b>Cours 6/6</b>  | Technologies support : Ethernet,<br>... point-à-point, boucle locale.     |



Contenu des séances en groupe de TD/TME

| Séance    | TD                        | TME                      |
|-----------|---------------------------|--------------------------|
| <b>1</b>  | Application               | Intro. analyse de trame  |
| <b>2</b>  | Application (suite)       | Analyse applications (1) |
| <b>3</b>  | Transport                 | Analyse applications (2) |
| <b>4</b>  | Transport (suite)         | Analyse TCP (1)          |
| <b>5</b>  | <i>Révisions</i>          | Analyse TCP (2)          |
| <b>6</b>  | <i>Correction partiel</i> | Analyse IP/ICMP          |
| <b>7</b>  | Réseau                    | Analyse Routage/VLAN     |
| <b>8</b>  | Réseau (suite)            | Simulation NS2           |
| <b>9</b>  | Support                   | Simulation NS2           |
| <b>10</b> | <i>Révisions</i>          | <i>Révisions</i>         |



## Evaluation (à confirmer)

Modalité de calcul de la note finale de l'U.E. **ARES** ( $N_{ARES}$ )

- si **Contrôle Continu** (cas général : vous suivez les TD/TME) :
  - ✓  $N_{CC} = \frac{3}{4}N_{Partiel} + \frac{1}{4}f(Participation...)$
  - ✓  $N_{ARES_i} = \frac{60*N_{Exam_i} + 40*N_{CC}}{100}$ 
    - ☞ si  $N_{ARES_1} \geq 10$  : vous validez l'UE à la 1ère session
    - ☞ si vous compensez : vous conservez  $N_{ARES_1} < 10$
    - ☞ si vous ne compensez pas, vous **devez** passer la 2nde session et calculez  $N_{ARES_2}$  avec  $N_{Exam_2}$
- si dispense de **CC** (avalisée par le resp. pédago. de votre spé.) :
  - ✓  $N_{ARES_i} = N_{Exam_i}$ 
    - ☞ si  $N_{ARES_1} \geq 10$  : vous validez l'UE à la 1ère session
    - ☞ si vous compensez : vous conservez  $N_{ARES_1} < 10$
    - ☞ si vous ne compensez pas, vous **devez** passer la 2nde session et  $N_{ARES_2} = N_{Exam_2}$

## Plan

Objectifs de l'U.E. **ARES**

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

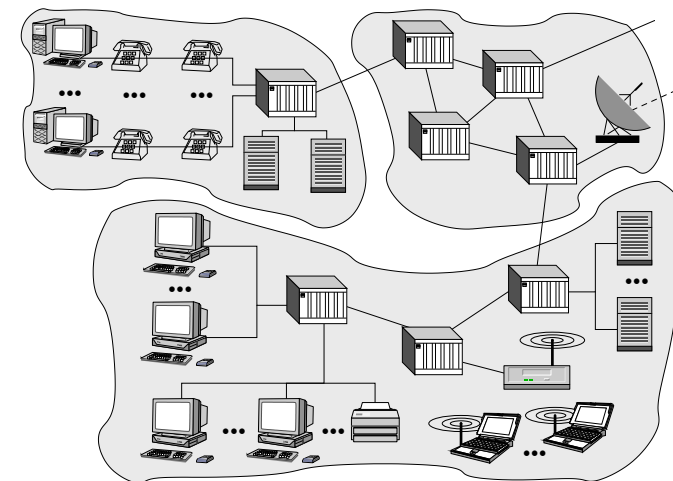
Notre support pour la suite du cours

- omniprésent
- hétérogène
- évolutif
- complexe...

⇒ difficile à cerner !

...études un exemple :

## Exemple de réseau



## Vocabulaire

Composition de l'**Internet** :

- réseaux 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 (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**

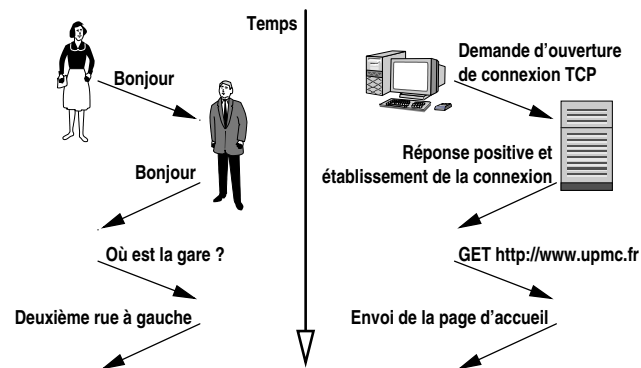
☞ nous étudierons principalement des protocoles dans la suite

- Exemples

- ✓ requête web
- ✓ conversion du nom littéral d'une machine (annuaire)
- ✓ calcul de la route
- ✓ contrôle de congestion
- ✓ ...

## Protocoles (1)

Analogie anthropologique :



## 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...

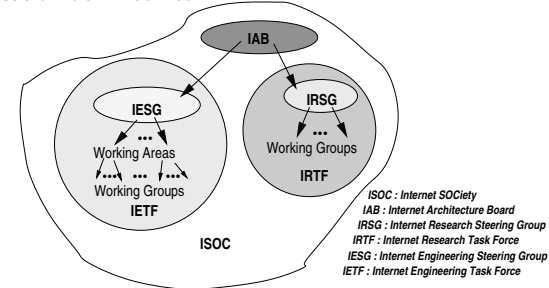
- **sans connexion**
  - ✓ analogie avec le service postal
- **orienté connexion**
  - ✓ analogie avec le service téléphonique

... et peuvent attendre différentes caractéristiques :

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

## Organisations

Standardisation de l'Internet



- groupes de travail IETF (*Internet Engineering Task Force*)
- plus de 5000 documents RFC (*Request For Comments*)
- **standards de facto** plutôt que **normes de jure**
  - ✓ IP, TCP, SMTP, SNMP, HTTP...
  - ✓ <http://www.rfc-editor.org/rfc>
  - ✓ <http://ftp.lip6.fr/pub/rfc>

## Services (3)

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

- service au mieux (*Best Effort*)
  - ✓ pas de garantie, l'intérêt réside dans la connectivité!
  - ✓ combien de systèmes terminaux ?
    - ☞ une partie des  $820.10^6$  PC (en 2004) + PDA...
    - ☞  $1,2.10^9$  utilisateurs actifs en 2007 (Nielsen/Netrating)
    - ☞ trafic Internet >>> trafic téléphone
- des extensions sont à prévoir pour les applications multimédia...

➡ U.E. ING (M1-S2)

## 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>

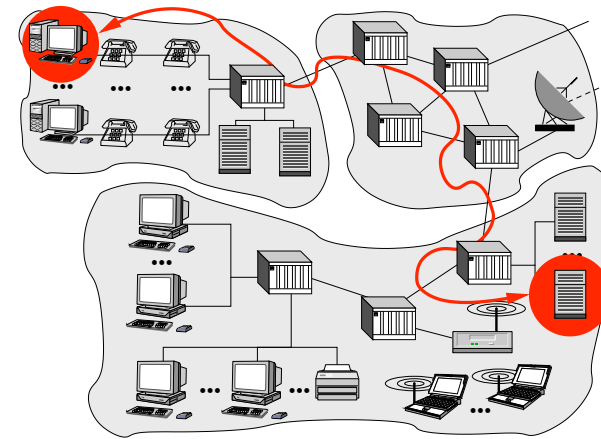


## Bibliographie

Quelques livres intéressants :

- James F. KUROSE et Keith W. ROSS :  
✓ **Computer Networking : A Top-down Approach Featuring the Internet**, 3<sup>d</sup> édition (chez Longman Paul)  
☞ Analyse structurée des réseaux (chez Pearson Education)
- Andrew S. TANENBAUM :  
✓ **Computer Networks**, 4<sup>th</sup> édition (chez Prentice Hall)  
☞ Réseaux (chez Pearson Education)
- Douglas COMER :  
✓ **Internetworking with TCP/IP Vol 1 : Principles, Protocols and Architectures**, 5<sup>th</sup> édition (chez Prentice Hall)  
☞ TCP/IP : architecture, protocoles et applications (chez Pearson Education)
- Larry L. PETERSON et Bruce S. DAVIE :  
✓ **Computer Networks : A Systems Approach**, 3<sup>d</sup> édition (chez Morgan Kaufmann)  
☞ Réseaux d'ordinateur : une approche orientée système (chez Vuibert)
- William STALLINGS  
✓ ses livres de réseaux (en anglais chez Prentice Hall)

## Bordure du réseau



## Plan

Objectifs de l'U.E. ARES

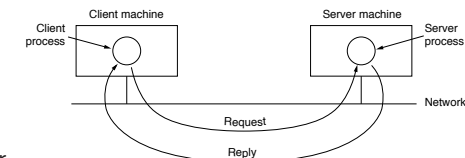
Questions administratives

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

## 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, 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 2/6** : Applications

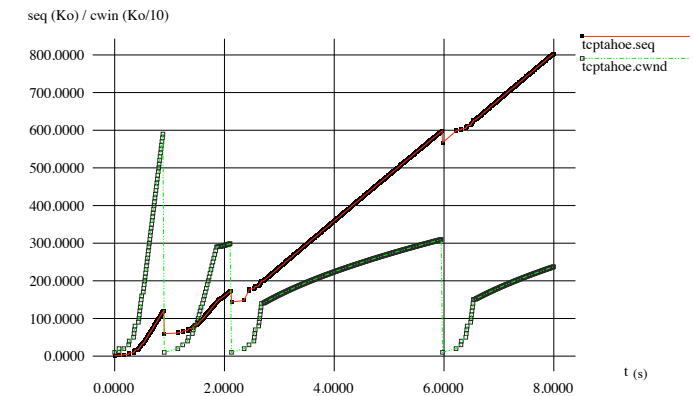
## Service de bout-en-bout

### 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 ?



➡ **partie 3/6** : Transport

## Plan

### Objectifs de l'U.E. ARES

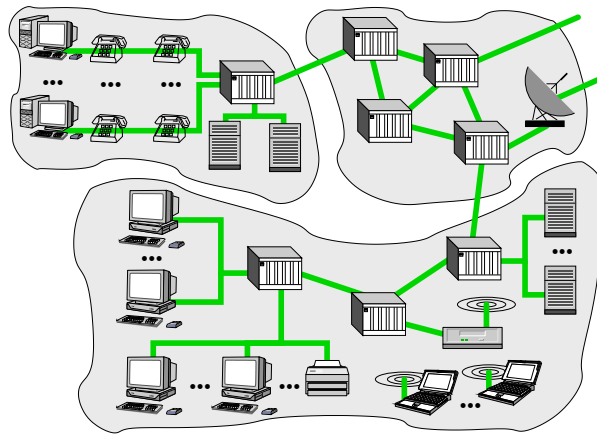
#### Questions administratives

#### Démarche pédagogique

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

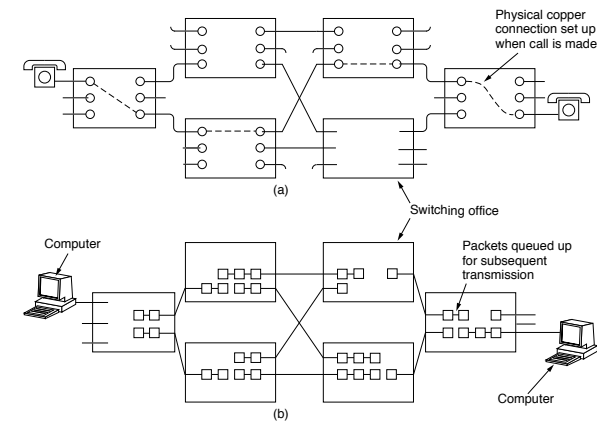
- bordure du réseau
- **intérieur du réseau**
- cœur du réseau
- réseau d'accès
- hiérarchie protocolaire
- exemple avec TCP/IP

## Intérieur du réseau



## Relayer les données

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



## Liaisons de communication

### Supports physiques

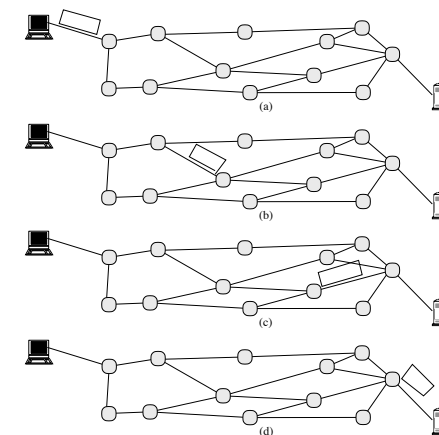
- médium avec guide d'ondes
  - ✓ paires torsadées (UTP3, UTP5...)
  - ✓ câbles coaxiaux (*baseband*, *broadband*...)
  - ✓ fibres optiques (multimode, monomode...)
- médium sans guide d'ondes
  - ✓ spectre radio satellite (geo-stationnaire, constellation...)
  - ✓ spectre terrestre (radio, mobile, sans-fil...)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

### Technologies d'accès

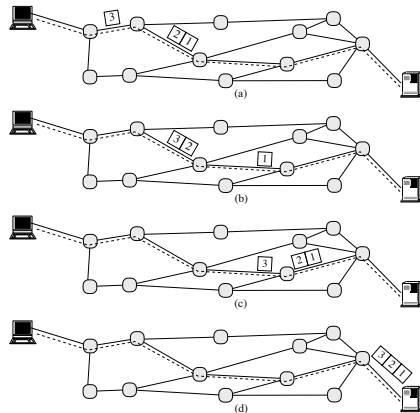
- médium partagé
- découpage en trames

### Eléments intermédiaires...

## Transmission de messages

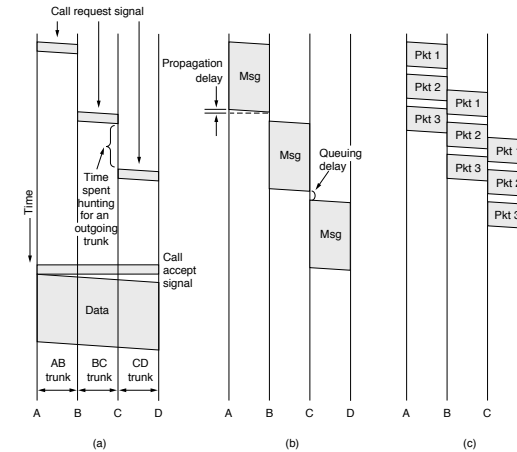


## Transmission de paquets en mode circuit virtuel



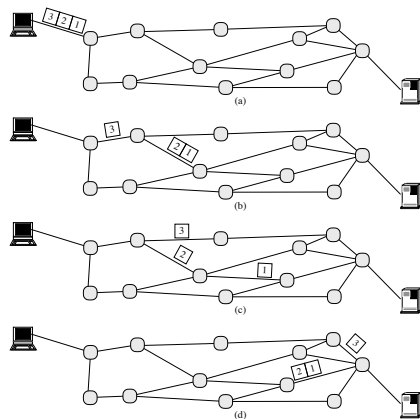
pictures from STALLINGS W. *High Speed Networks*

## Comparaison des 3 types de transmissions



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

## Transmission de paquets en mode datagramme



pictures from STALLINGS W. *High Speed Networks*

## 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** ?

## 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...

⇒ **Partie 4/6** : Réseau

## Routage dans l'Internet

Réseau datagramme

- routage de **chaque paquet**

Découpage hiérarchique du réseau (**AS**)

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

⇒ **Partie 5/6** : Routage

## 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...

## Plan

Objectifs de l'U.E. **ARES**

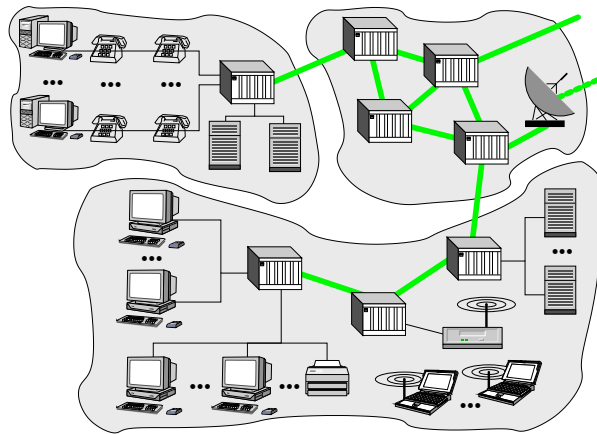
Questions administratives

Démarche pédagogique

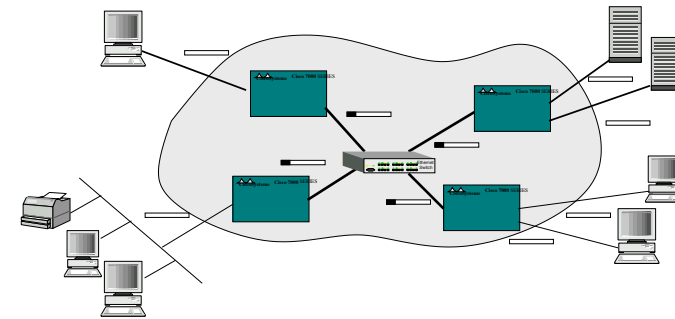
Rappels et introduction au contenu de l'U.E.

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

## Cœur du réseau



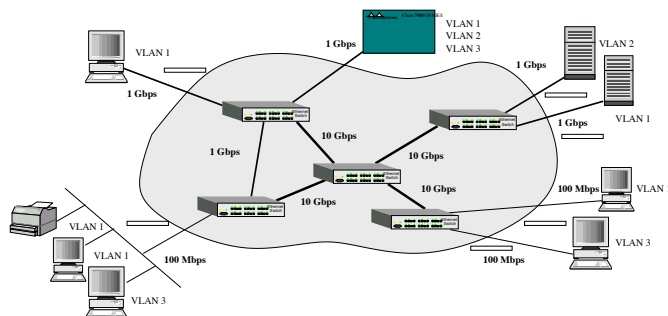
## Technologie MPLS



Intégration des mécanismes de **commutation** directement dans IP...

⇒ U.E. RTTEL (M1-S1)

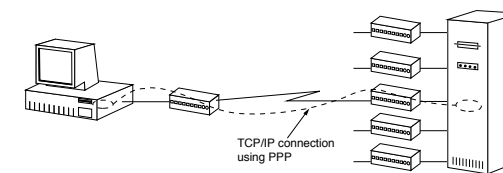
## Technologie Ethernet



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

⇒ **Partie 6/6 (1) : Technologie Ethernet**

## Technologies 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**
- ...

⇒ **Partie 6/6 (2) : Technologies point-à-point**

## PLAN

Objectifs de l'U.E. **ARES**

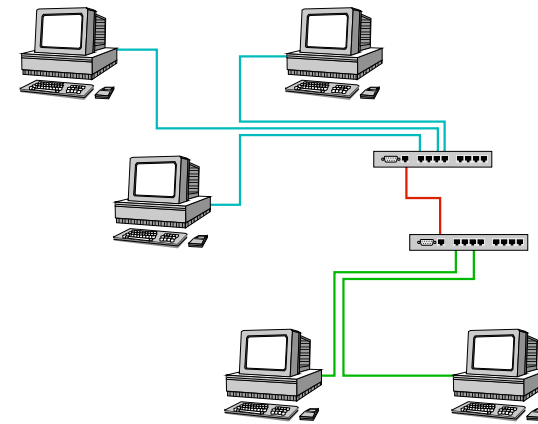
Questions administratives

Démarche pédagogique

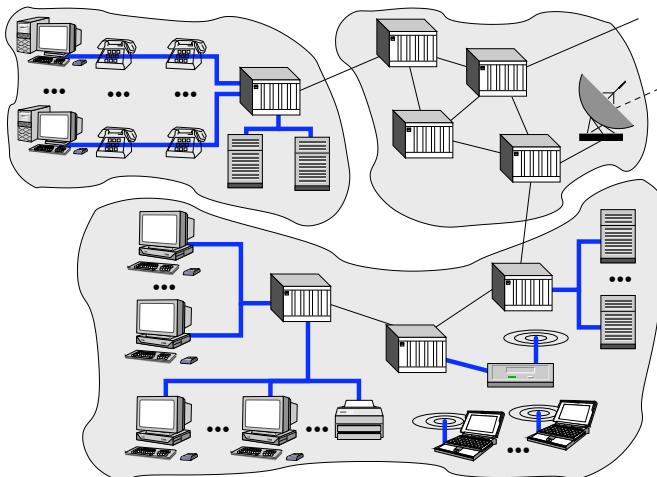
Rappels et introduction au contenu de l'U.E.

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

## Réseaux d'entreprises



## Réseaux d'accès

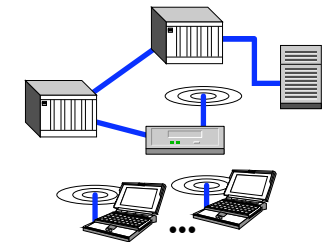


## Sans fils

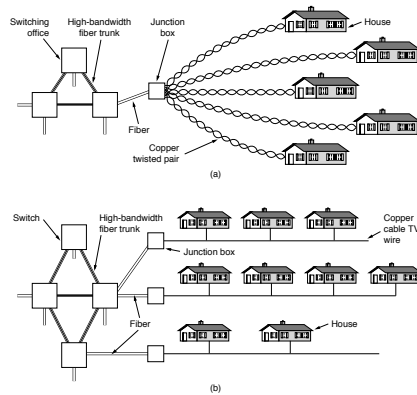
### Mobilité

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

### Partie 6/6 (3) : Boucle locale

## Plan

Objectifs de l'U.E. ARES

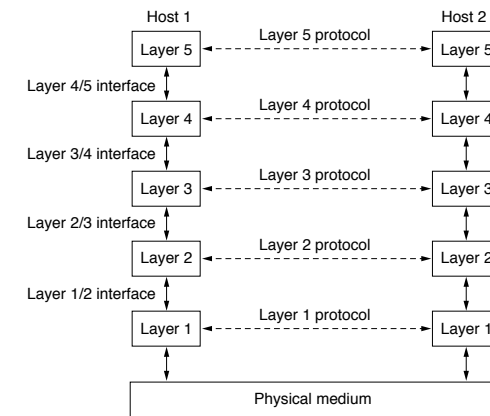
Questions administratives

Démarche pédagogique

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

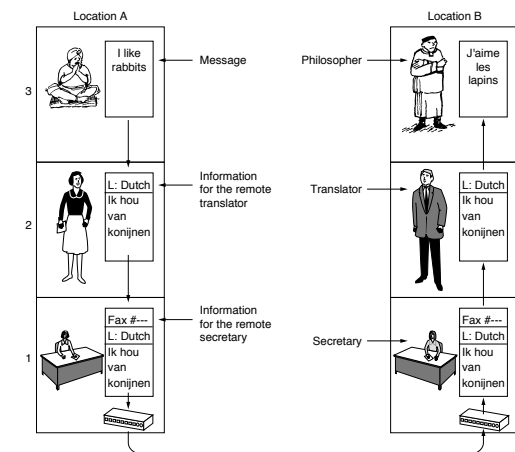
- bordure du réseau
- intérieur du réseau
- cœur du réseau
- réseau d'accès
- hiérarchie protocolaire
- exemple avec TCP/IP

## Protocoles, couches et interfaces



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

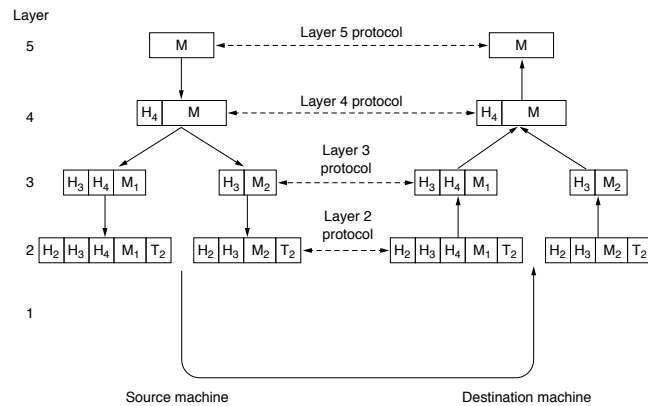
## Analogie anthropologique



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



## Encapsulations successives



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

Fin

Document réalisé avec  $\text{\LaTeX}$ .  
Classe de document foils.  
Dessins réalisés avec xfig.

Olivier Fourmaux, [olivier.fourmaux@upmc.fr](mailto:olivier.fourmaux@upmc.fr)  
<http://www-rp.lip6.fr/~fourmaux>

Ce document est disponible en format PDF sur le site :  
<http://www-master.ufr-info-p6.jussieu.fr/>

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

