

# Introduction aux Réseaux Module RS

Isabelle Chrisment



`http://www.loria.fr/~ichris`

2013-2014

# Présentation du module

## Contenu et objectifs du module

- Concepts de base des réseaux (Internet)
- De la couche application au protocole IP
- Les protocoles d'accès au médium physique (Ethernet, VLAN, 802.11) ⇒ module CLR de spécialisation TRS
- Les aspects physiques des réseaux : modulation, signaux, codage ⇒ module CPR de spécialisation LE + TRS

## Bibliographie succincte (pour cette partie)

### Livres

- J.F. KUROSE et K.W.ROSS. Computer Networking. A Top-Down Approach Featuring the Internet, Pearson Addison Wesley.
- ANDREW TANENBAUM. Computer Networks, Prentice Hall.

## Plan de cette partie du module RS

- 1 Introduction et architecture
- 2 Les applications
- 3 Le DNS
- 4 Le transport des données (TCP/UDP)
- 5 Le protocole IP et le routage
- 6 Quelques services d'Internet

## 1 Introduction et architecture

- Approche des réseaux
  - Notion de réseaux
  - Réseau d'extrémité
  - Cœur du réseau
- Architecture des réseaux
  - Couches
  - Protocoles
  - Modèles
- Normalisation

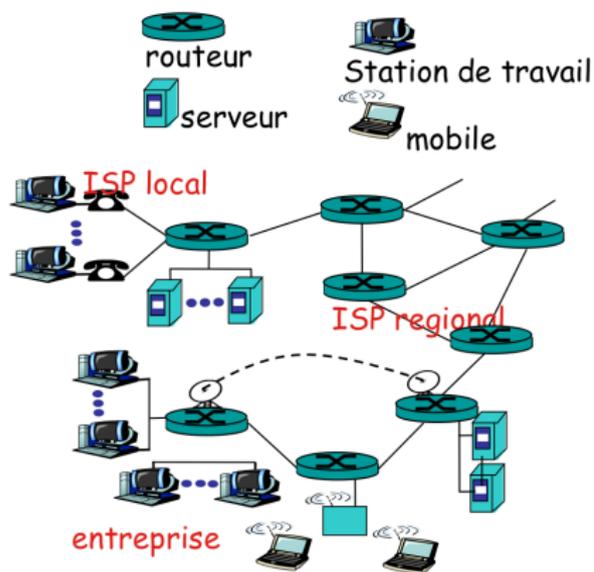
## 1 Introduction et architecture

- Approche des réseaux
  - Notion de réseaux
  - Réseau d'extrémité
  - Cœur du réseau
- Architecture des réseaux
  - Couches
  - Protocoles
  - Modèles
- Normalisation

# Notion de réseaux

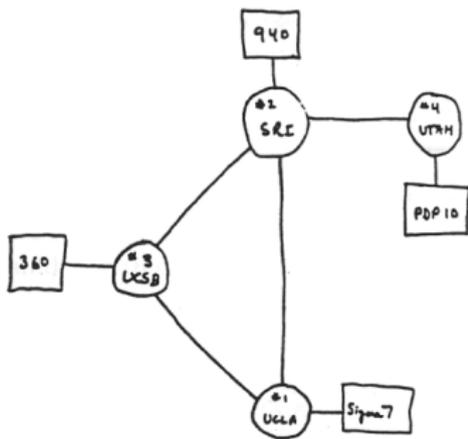
- Un réseau :
  - deux ou plusieurs nœuds connectés par une liaison physique (réseau d'extrémité)
  - deux ou plusieurs réseaux connectés par deux ou plusieurs nœuds (cœur de réseau)
- Nœuds : station de travail ou des nœuds de commutation ou d'interconnexion
- Liaison physique : câble, fibre, satellites..

## Exemple : Internet



- Stations de travail : machine utilisateurs
- Des réseaux locaux reliant les hôtes
- Des routeurs reliant des réseaux locaux

FIGURE : Transparent J. Kurose et K. Ross



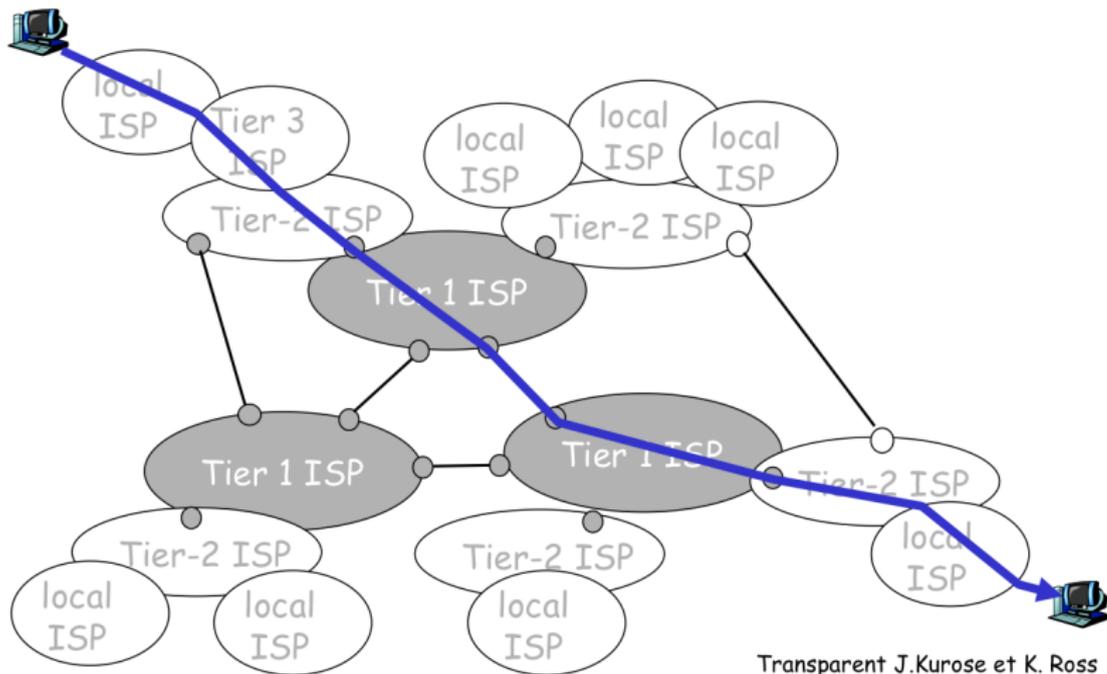
THE ARPA NETWORK

DEC 1969

4 NODES

FIGURE 6.2 Drawing of 4 Node Network  
(Courtesy of Alex McKenzie)





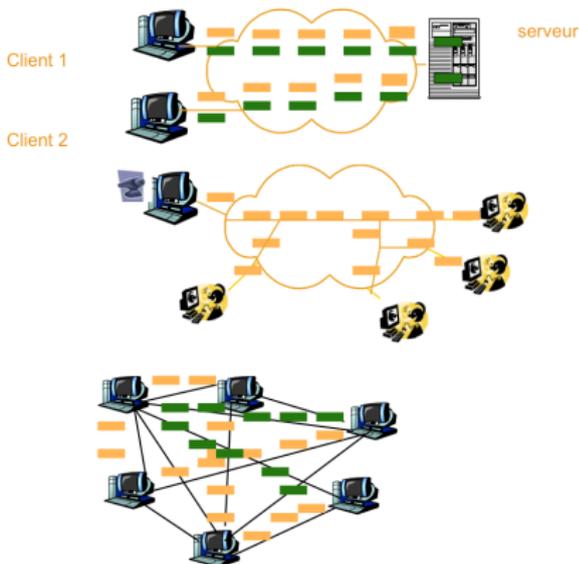
## 1 Introduction et architecture

- Approche des réseaux
  - Notion de réseaux
  - Réseau d'extrémité
  - Cœur du réseau
- Architecture des réseaux
  - Couches
  - Protocoles
  - Modèles
- Normalisation

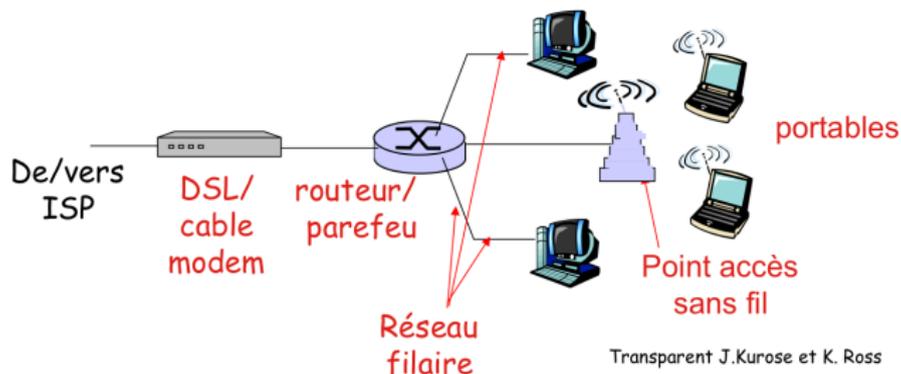
# Réseau d'extrémité

## Système terminal (hôte)

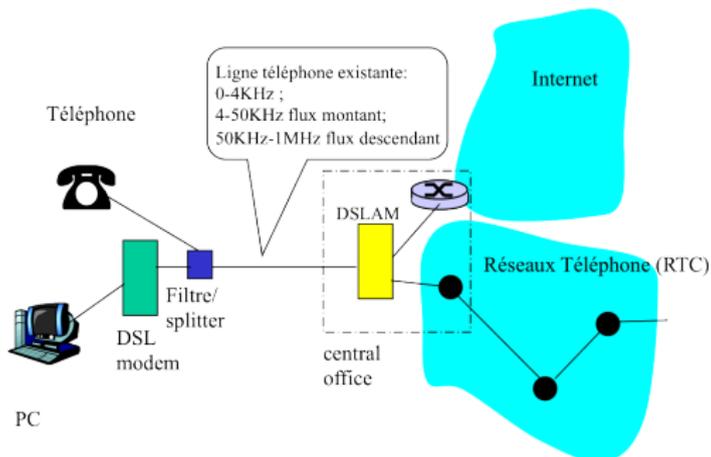
- Modèle client/serveur
- Modèle communication de groupe
- Modèle pair-à-pair (peer to peer)



## Composants d'un réseau d'extrémité : réseau domestique

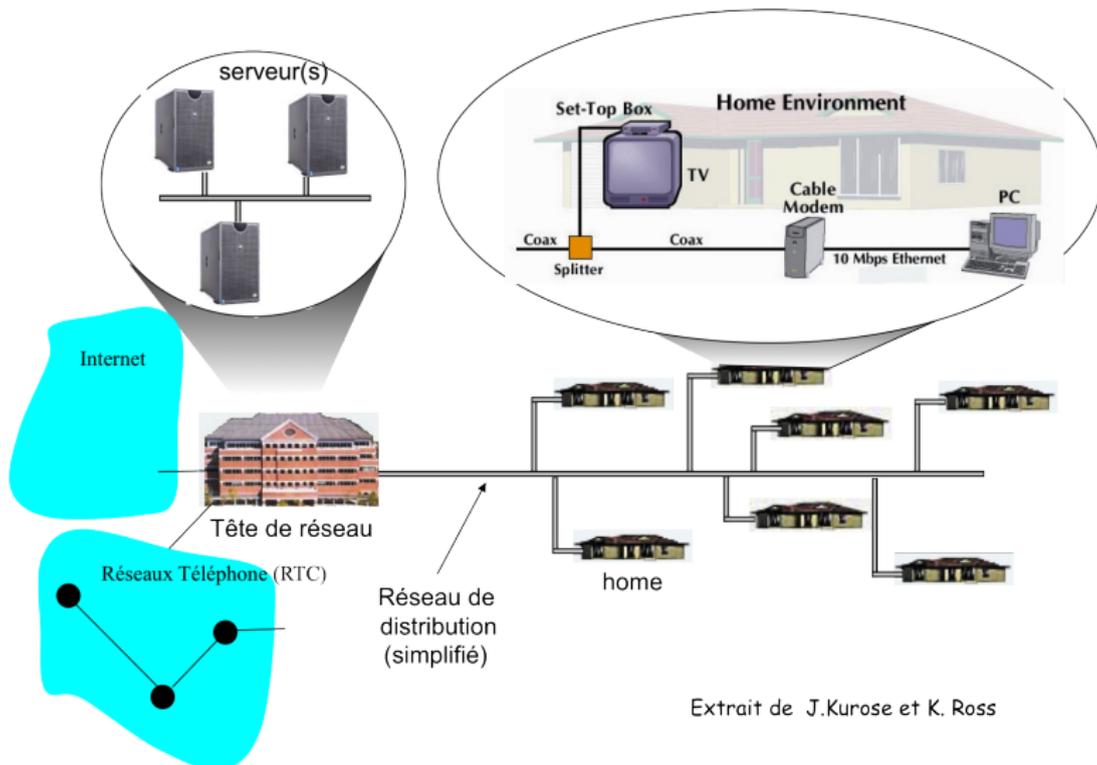


# ADSL : Asymmetric Digital Subscriber Line

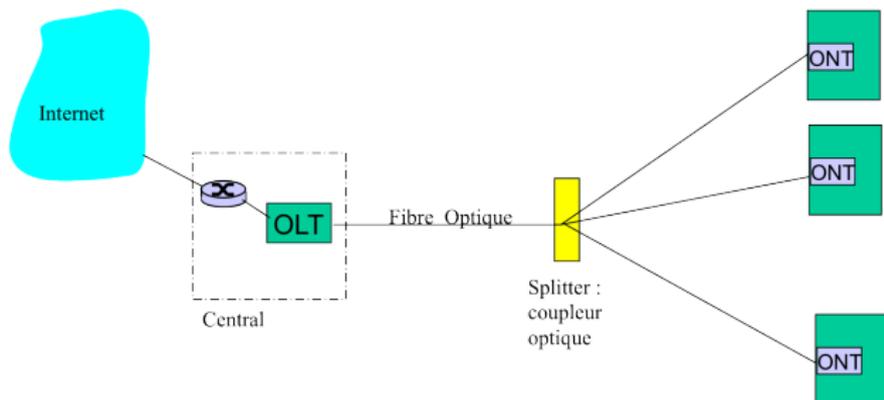


Extrait J.Kurose et K. Ross

# Cable Modem



# FTTH : Fiber-To-The-Home



OLT : Optical Link Terminal

ONT : Optical Network Terminal

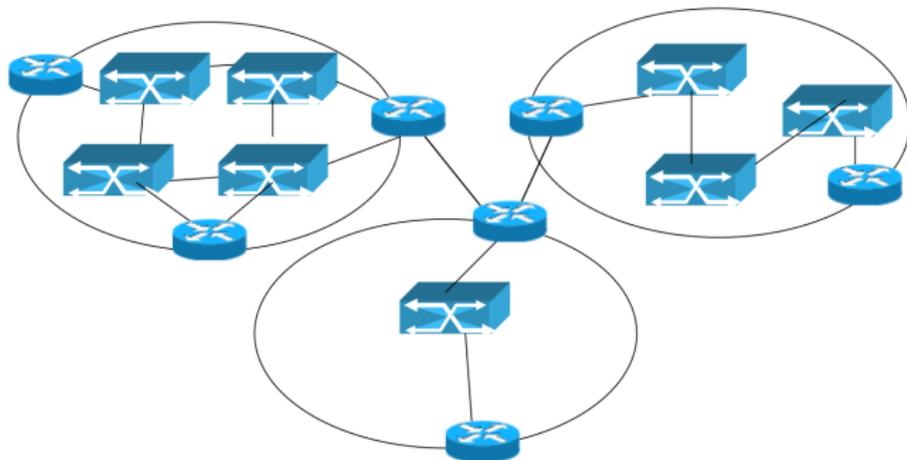
Extrait de J.Kurose et K. Ross

## 1 Introduction et architecture

- Approche des réseaux
  - Notion de réseaux
  - Réseau d'extrémité
  - Cœur du réseau
- Architecture des réseaux
  - Couches
  - Protocoles
  - Modèles
- Normalisation

## Cœur du réseau

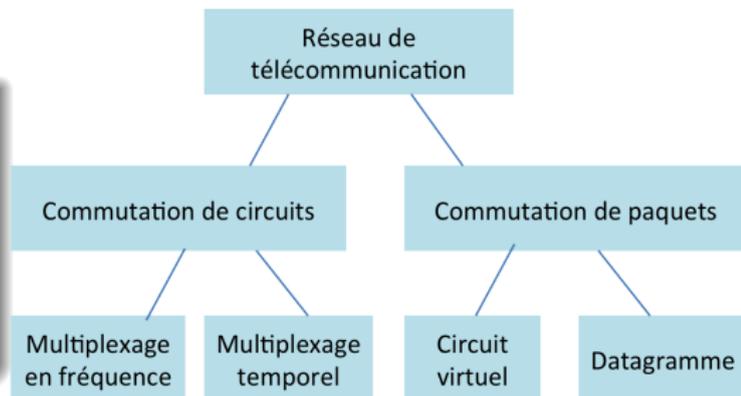
- Ensemble de nœuds interconnectés
- Transfert des données à travers le réseau ?



# Transfert des données à travers le réseau

## Deux approches basées sur la commutation

- Commutation de circuits : circuit dédié
- Commutation de paquets : "store-and-forward"

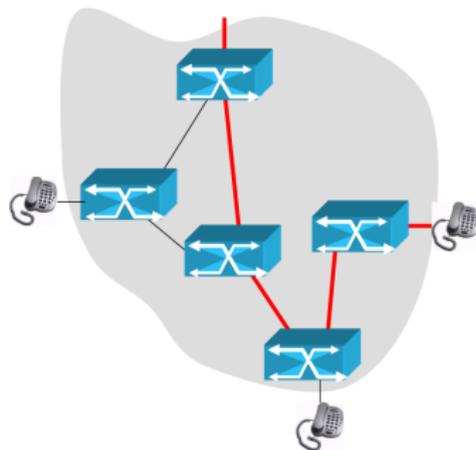


# Réseaux à commutation de circuit

- Technique d'établissement d'un circuit dans le réseau téléphonique
- Mise en place d'un chemin dédié par séquence d'appel
  - Phase d'établissement d'un appel
- Ressources réservées par appel
  - Garantie au niveau performance
- Exemple :
  - RTC (Réseau Téléphonique Commuté)
  - Commutation de la voix

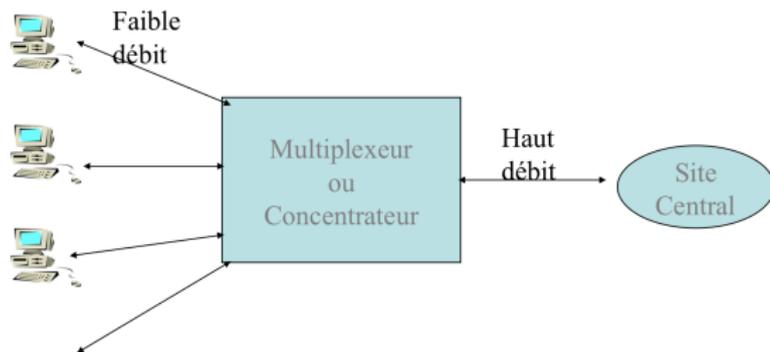
## Un circuit est implanté

- Multiplexage en fréquence (FDM)
- Multiplexage temporel (TDM)



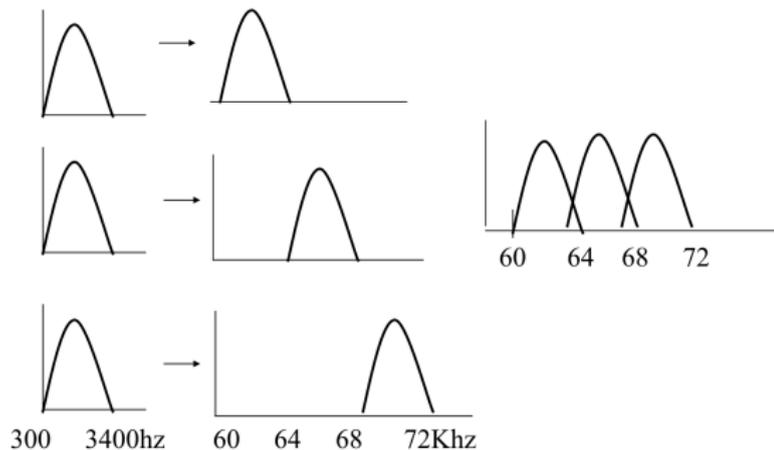
# Multiplexage dans un réseau

- Partage du même support physique entre plusieurs stations
- Débit de sortie est égal à la somme des débits en entrée
- Différent d'un concentrateur



## Multiplexage fréquentiel

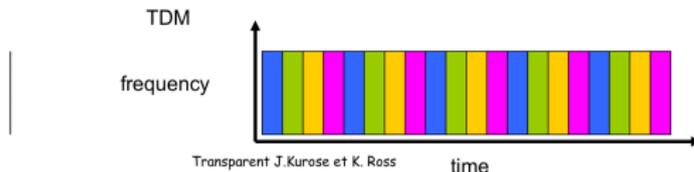
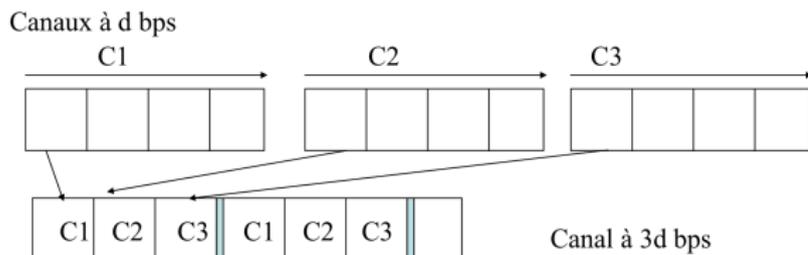
- MRF (Multiplexage par Répartition de Fréquence)
- FDM (Frequency Division Multiplexing)



La réseau dédie une bande de fréquence pour chaque communication

## Multiplexage temporel

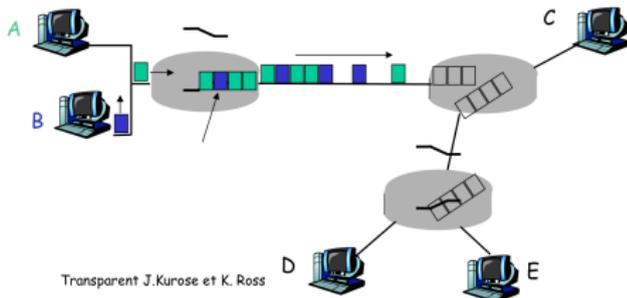
- MRT (Multiplexage à Répartition dans le Temps)
- TDM (Time Division Multiplexing)



Le temps est divisé en *trames* de durée fixes. Le réseau dédie un "time slot" pour chaque communication dans *chaque trame*.

# Réseaux à commutation de paquets

- But : acheminer des paquets de la source vers la destination
- Deux types de réseaux :
  - Réseaux datagramme
  - Réseaux circuit virtuel



# Réseaux à commutation de paquets

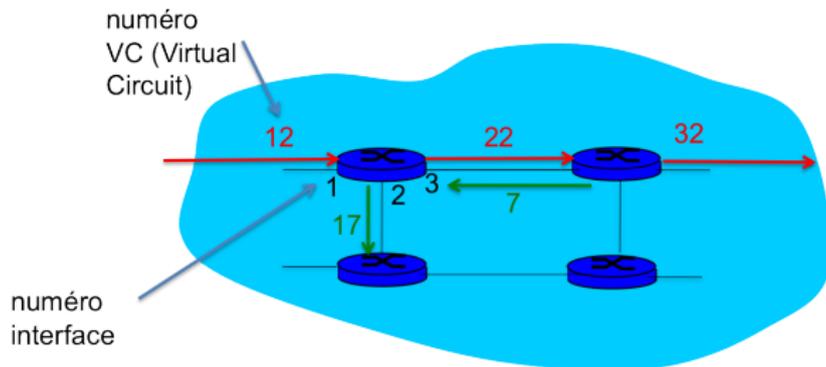
## Datagramme

- Pas de phase de connexion (modèle sans connexion)
- Chaque paquet est émis de manière indépendante
- Utilisation de l'adresse destination pour acheminer le paquet
- Chaque commutateur maintient une table de routage pour aiguiller le paquet
- Exemple : Réseau Internet

# Réseaux à commutation de paquets

## Circuit virtuel

- Établissement explicite de la connexion et de la terminaison (orienté connexion)
- Maintien d'un circuit virtuel
- Les paquets suivent le même circuit
- Utilisation du VC ID (Virtual Circuit Identifier) est affecté à un VC
- Chaque commutateur maintient une table de commutation pour aiguiller le paquet
- Exemple : ATM, X25



Interface entrante	VC ID entrant	Interface sortante	VC ID sortant
1	12	3	22
2	63	1	18
3	7	2	17
1	97	3	87

Transparent J. Kurose K. Ross

# Types réseaux (taille)

- LAN (Local Area Network)
  - Réseau local
- MAN (Metropolitan Area Network)
  - Réseau métropolitain qui relie des ordinateurs dans une même ville ou agglomération
  - Peut relier des LANS ensemble
- WAN (Wide Area Network)
  - Réseau étendu permettant de relier des MAN ou LAN

# Performance

## Débit binaire

- Quantité de données qui peut-être transmise par unité de temps
- Exemple : 10Mbit/s ou 10Mbps (USA)
- Notation :
  - KB =  $2^{10}$  octets
  - Mbit/s =  $10^6$  bits par seconde

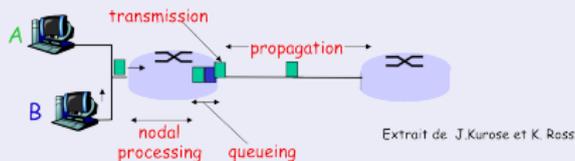
## Exercice

- Pour accroître les performances, les réseaux numériques regroupent plusieurs canaux de communication sur une seule artère plus haut débit. La technique utilisée est le multiplexage temporel (TDM) .
- En Amérique du Nord et au Japon, 24 voies/canaux sont regroupés (circuits DS1 ou T1). En Europe, les pays respectent les recommandations ITU-T qui spécifient les trames  $E_i$  ( $i=1,2,3,4,5$ ). La trame  $E_1$  est divisée en 30 I<sub>ts</sub> (Intervalles de Temps Élémentaires) définissant des espaces temporels sur 8 bits réservés pour une transmission de la voix Numérisée (technique MIC ou PCM) en un IT 0 de synchronisation et un IT 16 comme canal de signalisation.
- Débit maximal d'un canal  $E_1$  et débit utile ?

# Performance

## Latence (délai)

- Temps qu'il faut pour émettre un message de A vers B
  - Exemple : 24 millisecondes (ms)
  - Parfois exprimé par rapport au RTT (Round Trip Time)
- Éléments de la latence :
  - Latence = temps de propagation + temps de transmission + temps d'attente
  - Temps de propagation = distance / vitesse de propagation
  - Vitesse de propagation : dépend du médium physique : entre 200 000 et 300 000 km/s
  - Temps d'attente (queuing delay)



# Performance

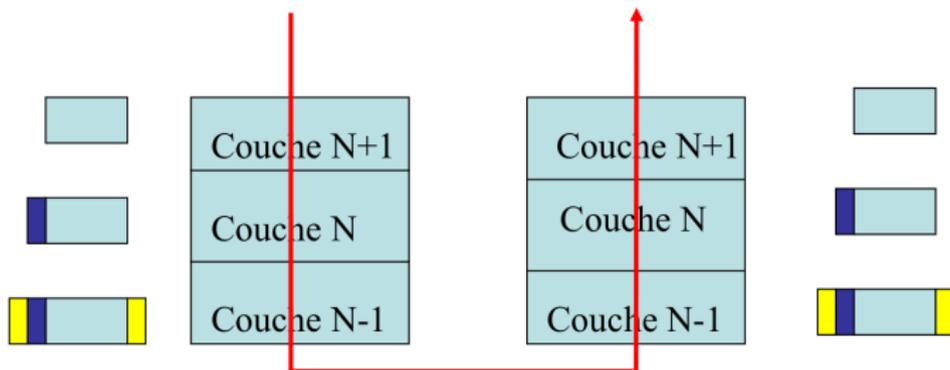
## Importance relative du débit et de la latence

- petit message (e.g., 1 octet) : 1ms vs 100ms
- grand message (e.g., 25 MB) : 1Mbit/s vs 100Mbit/s plus important que 1ms vs 100ms
- produit débit par délai = ??
- Exemple : temps de propagation 100ms et 45Mbit/s de débit soit ?? de données (en KB)

## 1 Introduction et architecture

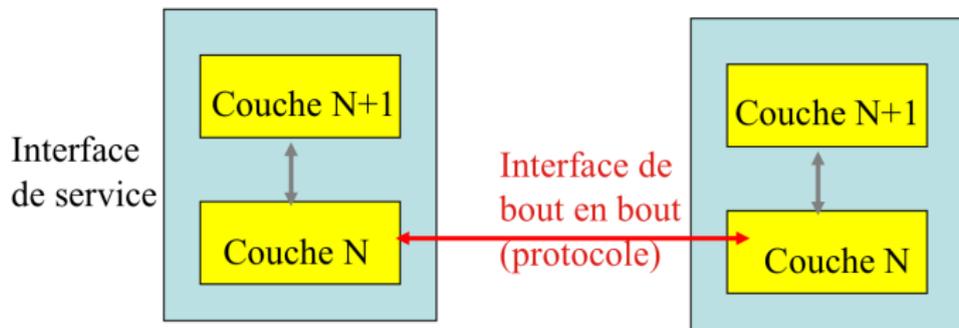
- Approche des réseaux
  - Notion de réseaux
  - Réseau d'extrémité
  - Cœur du réseau
- Architecture des réseaux
  - Couches
  - Protocoles
  - Modèles
- Normalisation

# Le concept de Couches



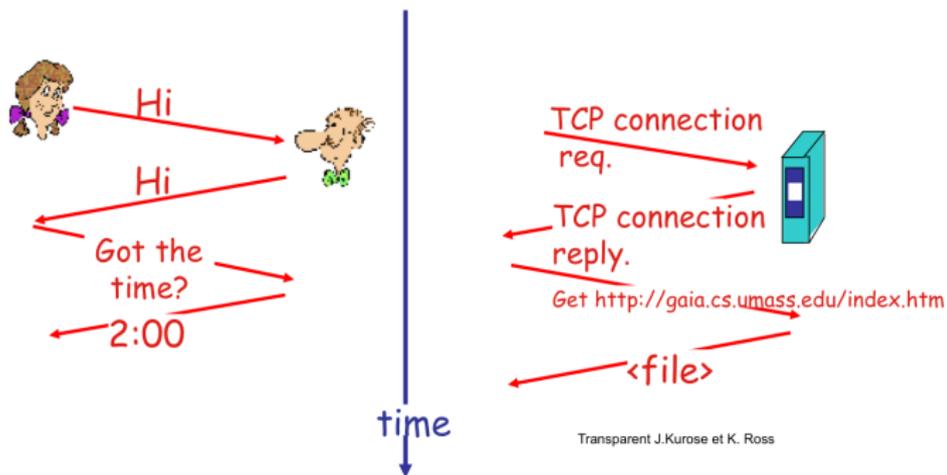
- Utilisation de l'abstraction pour cacher la complexité
- Modularité et individualisation des fonctionnalités
- Découpage des messages en Unités de Données ou Data Unit

# Le concept de Protocoles



- Interface de service : définit les opérations sur le protocole
- Interface de bout en bout (protocole) définit les messages échangés avec l'entité distante (PDU=Protocol Data Unit)

# Un protocole



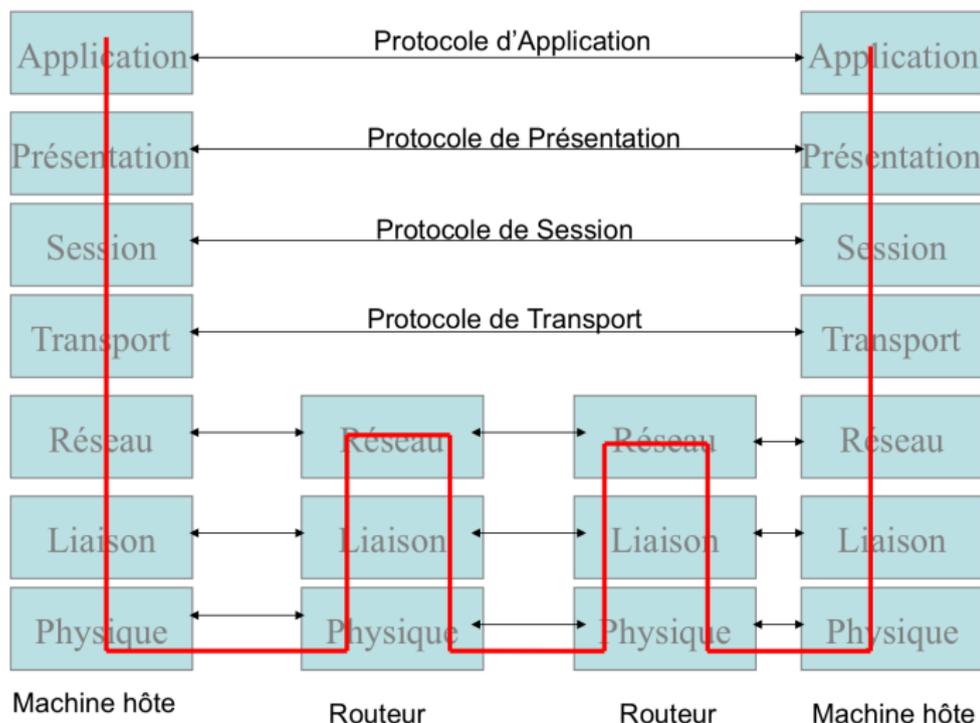
## Deux catégories de protocoles

- Les protocoles orientés connexion
  - établissement de connexion
  - transfert de données
  - fermeture de connexion
- Les protocoles non connectés
  - chaque message est auto-suffisant (sans état)

## 1 Introduction et architecture

- Approche des réseaux
  - Notion de réseaux
  - Réseau d'extrémité
  - Cœur du réseau
- Architecture des réseaux
  - Couches
  - Protocoles
  - Modèles
- Normalisation

# Le modèle OSI (Open Systems Interconnection)



# Les couches du modèle OSI

## La couche Application

- Exemple : transfert de fichier, terminal virtuel, exécution à distance...
- Couche OSI la plus proche de l'utilisateur
- Fournit des services aux applications

## La couche Présentation

- S'intéresse à la syntaxe et à la sémantique des infos transmises (little endian/big endian)
- Négocie la syntaxe de transfert pour la couche application
- Format des données compréhensible par les 2 systèmes

# Les couches du modèle OSI

## La couche Session

- Gère le dialogue avec gestion du jeton
- Gère la synchronisation (pannes...)
- Etablit, gère et termine des sessions

## La couche Transport

- Contrôle de bout en bout de l'émetteur vers le récepteur
- Multiplexage de plusieurs flux d'infos
- Contrôle de flux d'information et de congestion
- Fiabilité du transport des données
- Segmentation des données à l'émission : unité d'échange le segment

# Les couches du modèle OSI

## La couche Réseau

- Gère la façon dont les paquets sont acheminés de la source vers la destination (routage) en utilisant des informations d'adressage (adressage logique)
- Tables de routage statiques ou dynamiques
- Fragmentation / ré-assemblage pour s'adapter au support physique
- Assure contrôle de congestion, qualité de service
- L'unité d'échange à ce niveau est le paquet.

# Les couches du modèle OSI

## La couche Liaison

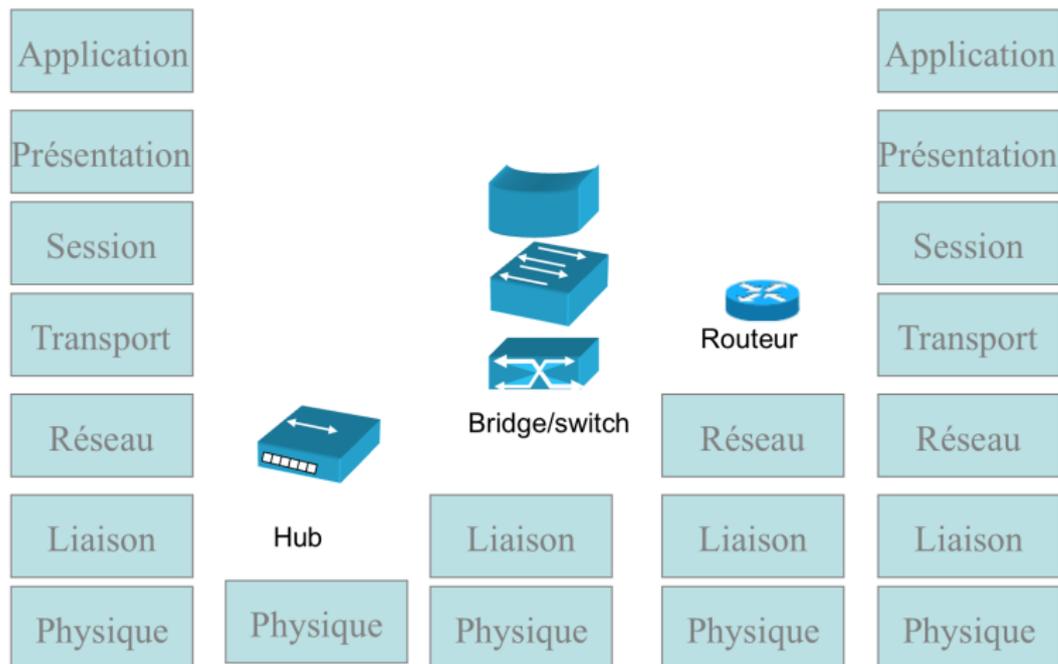
- Détection et éventuellement correction des erreurs
- Peut s'occuper de gérer les trames d'acquittement renvoyées par le récepteur.
- Régulation du trafic par un mécanisme de contrôle de flux.
- Les réseaux à diffusion ont un problème spécifique à régler au niveau de la couche liaison de données : celui de l'accès multiple à un canal partagé. C'est une sous-couche spéciale, la sous-couche d'accès au support qui traite ce problème
- L'unité d'échange à ce niveau est la trame

# Les couches du modèle OSI

## La couche Physique

- Elle s'occupe de la transmission de bits sur un canal de communication.
- Nombre de volts à atteindre pour représenter un bit à 1 et à 0, la durée de la transmission en micro-secondes, la possibilité de transmission dans les deux directions simultanément.
- La couche physique décrit les caractéristiques électriques, logiques et physiques de la connexion de la station sur le réseau.
- Traitement du signal
- L'unité d'échange à ce niveau est le bit.

# Éléments d'interconnexion



# Eléments d'interconnexion

## Couche 1

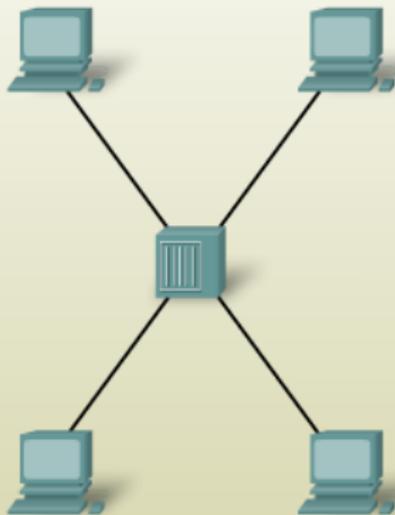
- Répéteur
  - Régénère et amplifie les signaux
- Concentrateur/hub
  - Concentre les connexions

## Couche 2

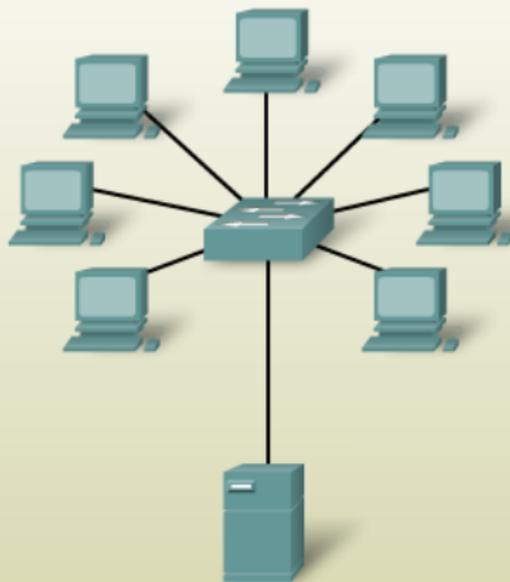
- Pont/bridge
  - Mécanisme reliant deux réseaux de même nature entre eux : ponts transparents
  - Avec fonctions de passerelles : ponts dits à translation
- Commutateur/switch
  - Pont transparent multi-ports

## Éléments d'interconnexion

Small LAN using a hub



LAN using a switch



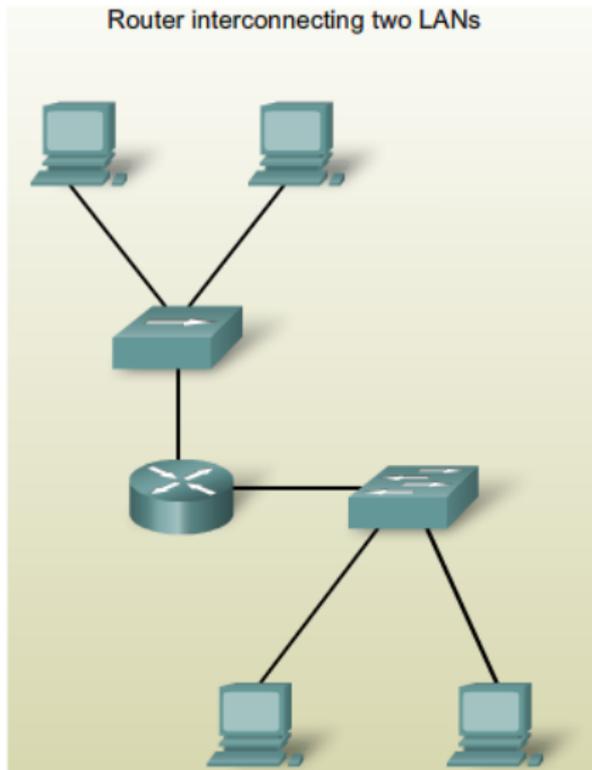
# Éléments d'interconnexion

## Couche 3

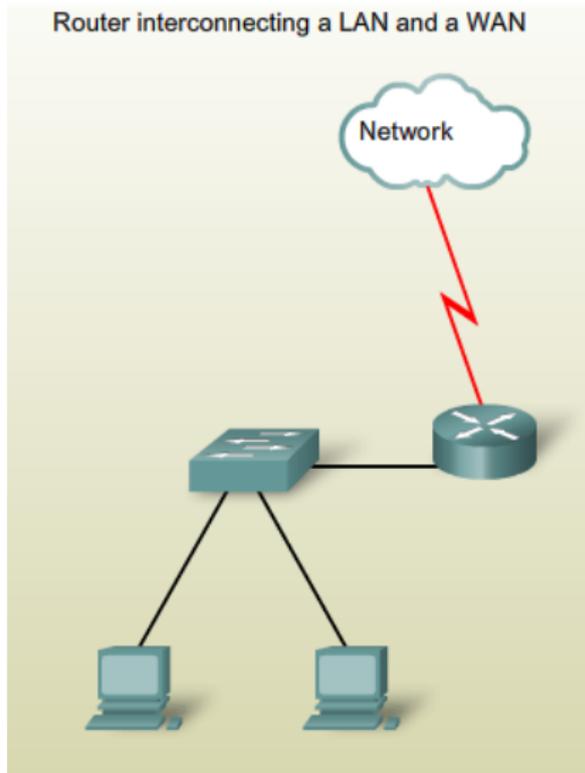
- Passerelle/gateway
  - Mécanisme reliant deux réseaux n'étant pas forcément de même nature ni de même protocole
  - Assimilé aux routeurs
- Routeur
  - A pour fonction de relier deux réseaux et d'utiliser des tables de routage

## Éléments d'interconnexion

Router interconnecting two LANs



Router interconnecting a LAN and a WAN

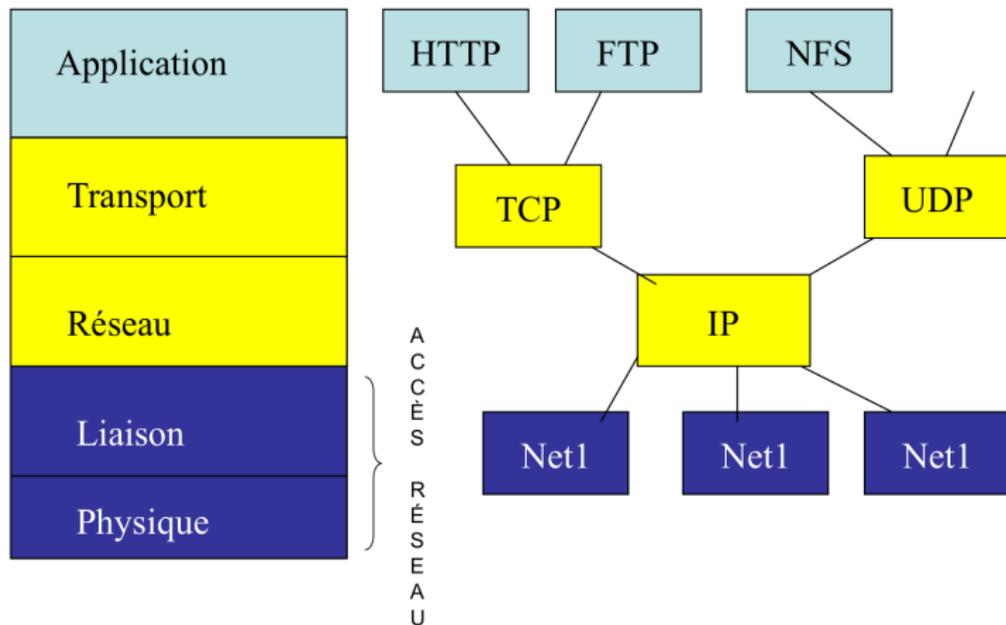


# Le modèle Internet

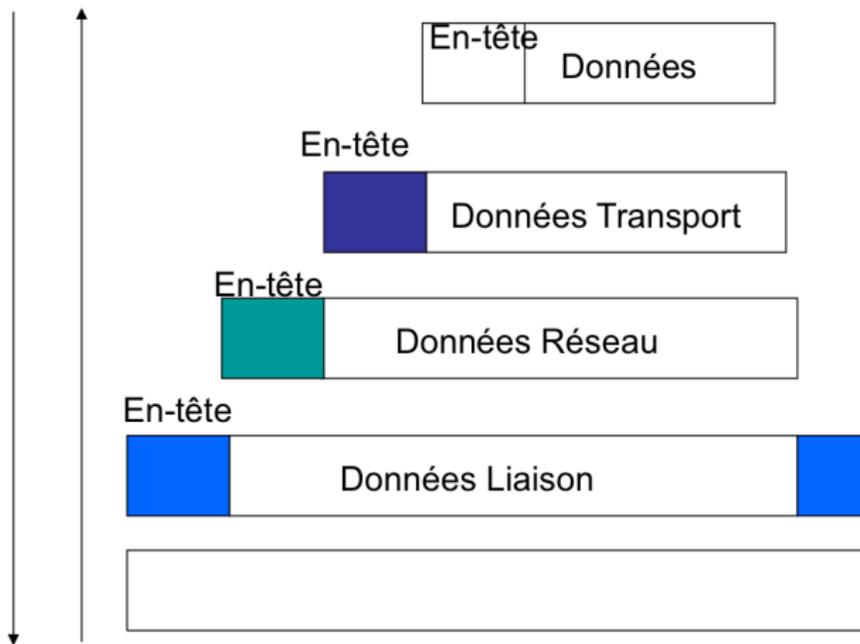
## IETF (Internet Engineering Task Force)

- Application et Protocoles d'application (FTP/HTTP)
- Caractéristiques
  - n'implique pas forcément un strict découpage en couche
  - conception et implantation rapide

# Le modèle Internet



# Encapsulation



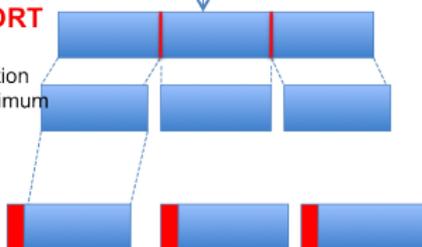
## APPLICATION



## TRANSPORT

Segmentation  
MSS (Maximum  
Segment  
Size)

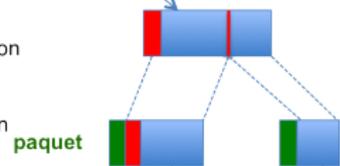
segment



## RESEAU

Fragmentation  
MTU  
(Maximum  
Transmission  
Size)

paquet



## ACCES RESEAU

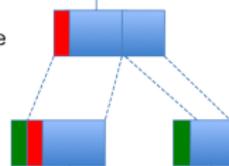
Trame/frame

1010101101001100.....  
10010001

10101011



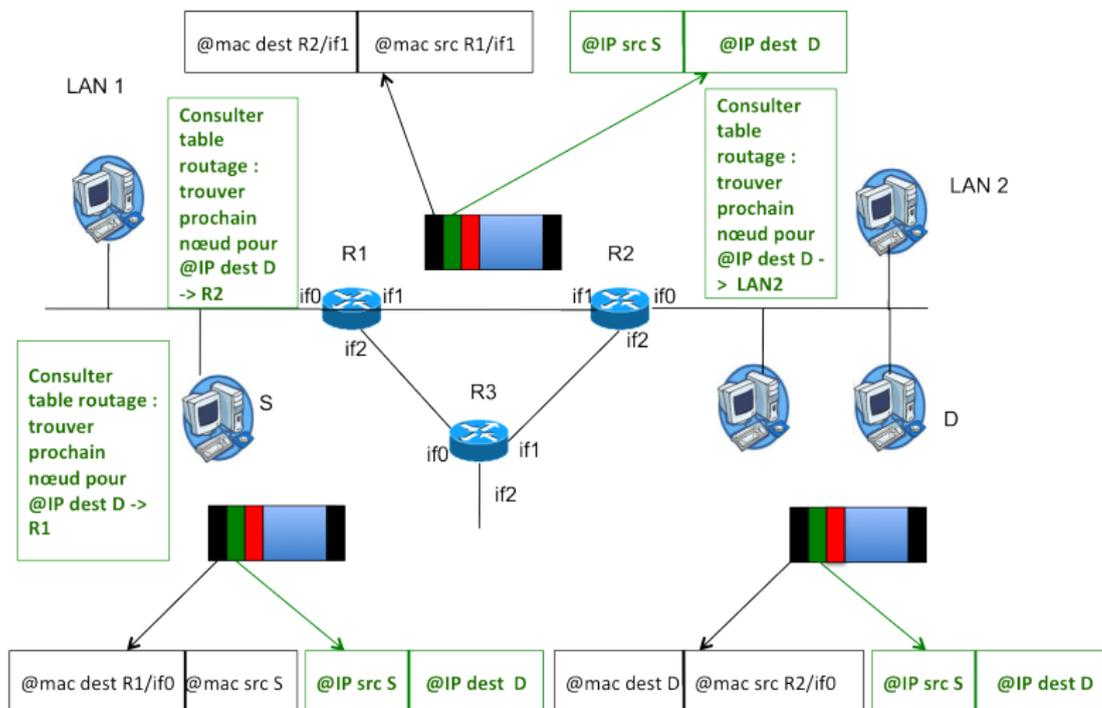
Réassemblage



0111111001001100.....  
10010001

01111110

# Encapsulation



## 1 Introduction et architecture

- Approche des réseaux
  - Notion de réseaux
  - Réseau d'extrémité
  - Cœur du réseau
- Architecture des réseaux
  - Couches
  - Protocoles
  - Modèles
- Normalisation

# Monde des télécommunications

## Organismes de normalisation

- ITU-T (Union Internationale des Télécommunications )
- Opérateurs privés (AT&T, British Telecom, . . . )
- Administrations, organisations plus régionales (ETSI)
- Fournisseurs de service, banques...

## Standards internationaux

- ISO (Organisation Internationale de Normalisation) : ANSI, BSI, AFNOR, DIN ( organisations nationales)
- CD (Committed Draft), DIS (Draft International Standard), IS (International Standard)
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

# Monde de l'Internet

## Organismes de normalisation

- IRTF (Internet Research Task Force) : Vision à plus ou moins long terme
- IETF (Internet Engineering Task Force) : Vision à court terme
  - forum où sont définis les standards de l'Internet [www.ietf.org](http://www.ietf.org)
  - Composé de groupes de travail supervisés par des directeurs : IESG (Steering Group)
  - Durée d'un groupe de travail : 6 mois à 2 ans
  - Décision de création d'un groupe à la suite d'un BOF

## Monde de l'Internet (suite)

### Rapport techniques et standards

- Draft
- RFC (Request for Comments)
- Internet Society : 1992

### RFC

- Tous les RFCs ne sont pas des standards :
  - Experimental, Information, 1er Avril
- Standard Track (RFC2026)
  - Proposed Standard : 6 à 24 mois + implémentation
  - Draft Standard : Solide spécification : on y croit
  - Internet Standard : Déploiement à grande échelle

## Un petit QCM

Q1) Déterminer la fonction appartenant aux protocoles de la couche 2 du modèle OSI

- a) Analyse des trames
- b) Transmission de bits d'un équipement à un autre
- c) Adressage logique
- d) Correction d'erreur
- e) Définition de la taille et de la forme des cartes Ethernet

Q2) Quelles fonctions appartiennent aux protocoles de la couche OSI 3 (2 réponses) ?

- a) Adressage logique
- b) Adressage physique
- c) Sélection d'itinéraire
- d) Correction d'erreur

Q3) Quelle information un routeur utilise-t-il normalement lorsqu'il prend une décision concernant le routage de TCP/IP ?

- a) Adresse MAC de destination
- b) Adresse MAC source
- c) Adresse IP de destination
- d) Adresse IP source
- e) Adresses MAC et IP de destination

Q4) La couche application du modèle TCP/IP équivaut aux couches ? du modèle OSI (1 réponse).

- a) 5 à 7
- b) 7
- c) 6 et 7
- d) 4, 5 et 7

Q5) A quoi correspond la couche Internet du modèle TCP/IP ?

- a) Aux couches 2 et 3 du modèle OSI
- b) Aux couches 3 et 4 du modèle OSI
- c) A la couche liaison de données du modèle OSI
- d) A la couche réseau du modèle OSI

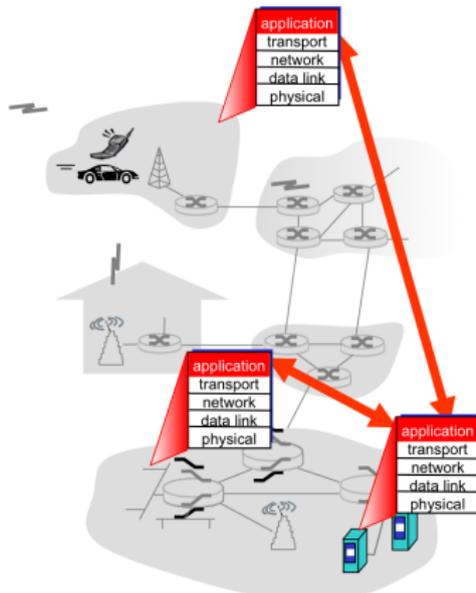
- 1 Introduction et architecture
- 2 Les applications
- 3 Le transport des données (TCP/UDP)
- 4 Le protocole IP et le routage
- 5 Quelques services d'Internet

## 2 Applications

- Web et HTTP
- Telnet
- Messagerie
- Transfert de fichiers
- DNS

# La couche Application

- Couche OSI la plus proche de l'utilisateur.
- Fournit des services aux applications.

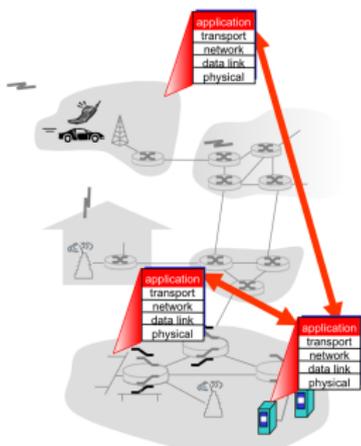


Transparent J.Kurose et K. Ross

# Application Web

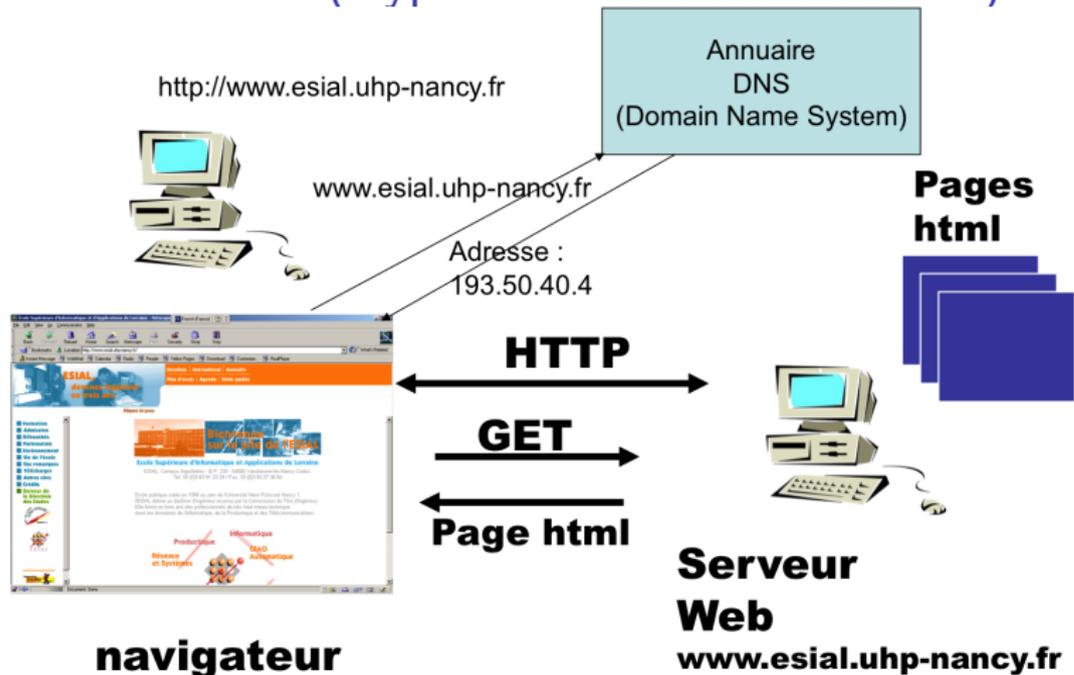
## www : World Wide Web

- Projet initié en 1989 au CERN par Tims Berners-Lie
- Architecture client-serveur :
  - Le client web : navigateur ou browser (Mosaic, I.E, Netscape, Firefox,...)
  - Le serveur web : attend les réponses aux requêtes (Apache,...)
- Architecture fédératrice : permet l'accès à des documents liés dispersés sur des milliers de machines à travers l'Internet



Transparent J.Kurose et K. Ross

# Protocole HTTP (HyperText Transfer Protocol)



## Questions : URL (Uniform Resource Location)

- Extension de la notion de nom de fichier sur un réseau
- Permet de localiser et d'adresser tout objet sur le réseau
- Syntaxe simplifiée : méthode ://adresse/[fichier]\*
  - Méthode : http, ftp, news, mailto, wais
  - Adresse : Spécifique à la méthode (adresse IP du serveur)
  - Fichier : nom du fichier à récupérer

## Réponses

- Documents de format HTML
- Incluent du texte, des graphiques, des pointeurs à d'autres pages, des types MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions) :  
Son, Texte, Postscript, Image (GIF, JPEG, MPEG)  
Content-Type : image/jpeg

# Connexions HTTP

- Protocole sans état
- Connexions non persistantes
  - La connexion TCP est fermée par le serveur après l'envoi d'une réponse
  - Au plus un objet est envoyé via une connexion TCP
  - Utilisées par HTTP/1.0
- Connexions persistantes
  - Plusieurs objets peuvent être envoyés au dessus d'une connexion TCP
  - Le serveur TCP ferme la connexion quand elle n'est plus utilisée pendant un certain temps
  - Utilisées par HTTP/1.1
  - Deux versions : en pipeline ou en série

# Application Telnet

```
telnet hostName [port]
```

```
telnet neptune.esial.uhp-nancy.fr
```

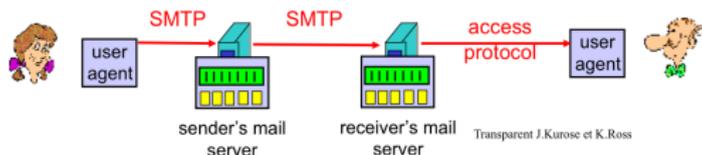
```
telnet www.esial.uhp-nancy.fr 80
```

- Connexion sur la machine distante avec une séquence d'authentification (mot de passe) indépendant du système d'exploitation
- Suppose un serveur/daemon telnet à l'écoute sur la machine distante
- Par défaut le port est 23, sinon telnet communique en tcp à travers le port spécifié

Préférer ssh à telnet pour ouvrir une session distance car sécurisée.

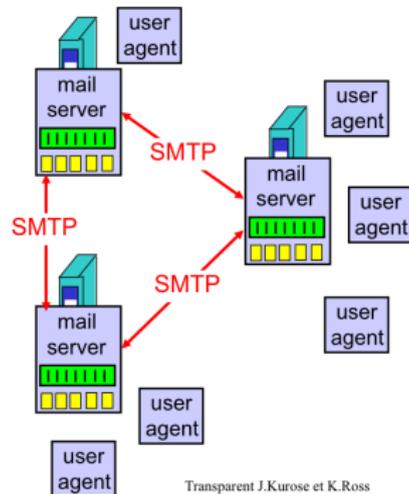
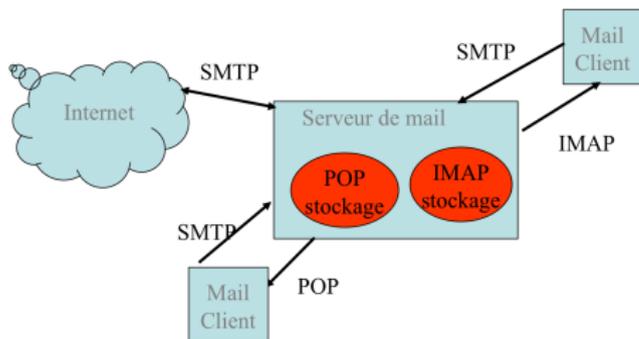
# Messagerie

- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) : rfc821
  - Transfère les messages du serveur de mail d'un émetteur vers le serveur de mail du récepteur
- Protocoles d'accès au mail
  - POP (Post Office Protocol) : rfc1939
    - Permet de récupérer ses mails à distance
  - IMAP (Internet Message Access Protocol) : rfc1730
    - Comme POP mais maintient un répertoire central qui peut être accédé à partir de plusieurs machines
  - via HTTP (webmail)
- User Agent
  - Client Messagerie : Thunderbird, Mail, Outlook,...



Transparent J. Kurose et K. Ross

# Messagerie

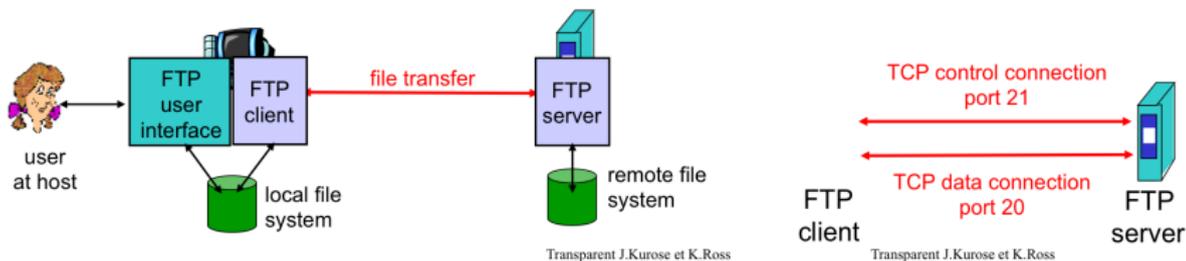


Transparent J.Kurose et K.Ross

# Applications de transfert de fichiers

- ftp [options] hostname/IP adresse
  - File transfer protocol au dessus de TCP/IP, port 20/21
  - Get/put/cd/ !cd/binary/ascii
- tftp hostname/IP adresse
  - Trivial transfer protocol au dessus de UDP/IP
- rcp [options] [user@]hostname :file [user@]hostname :file
  - Suppose une équivalence de host
- scp [options] [user@]hostname :file [user@]hostname :file
  - Transfert de fichiers sécurisé.

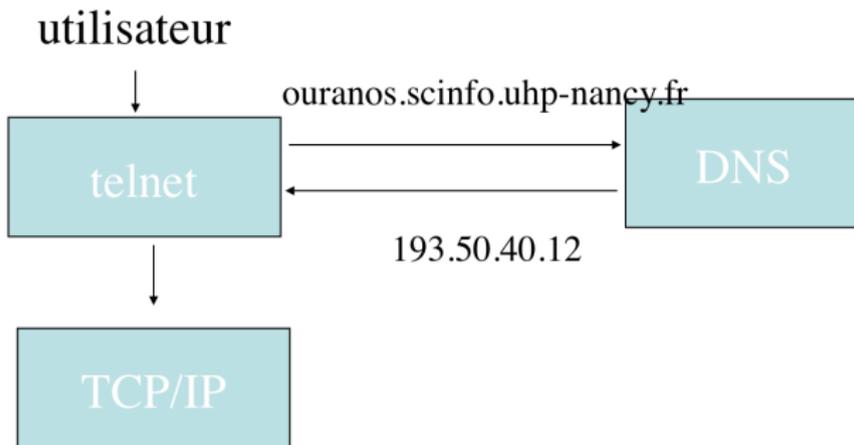
# Transfert de fichiers



# DNS (Domain Name System)

Permet de résoudre l'équivalence nom de machine et adresses IP dans l'Internet

- 193.50.40.12 : ouranos.scinfo.uhp-nancy.fr
- Les noms sont de longueurs variables, mnémoniques
- Les adresses sont de longueurs fixes, liées au routage et faciles à calculer pour les machines hôtes.



# DNS

## Gestion décentralisée

- L'administrateur gère uniquement les ressources locales
- Mais toutes les ressources sont accessibles

## Système de cache

- Gain de temps
- Mais mise à jour lente. . .

# DNS

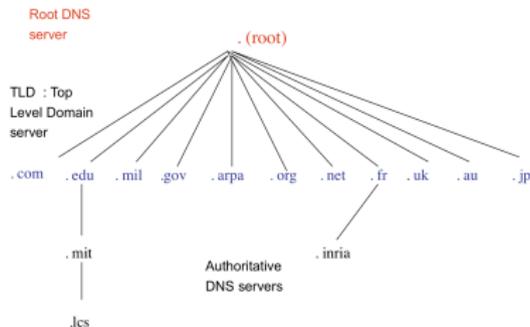
## Le DNS est constitué

- D'un espace de noms de domaines
- De serveurs de noms : hôtes sur lesquels tournent un daemon (TCP/UDP port 53)
- De resolvers : fonctions applicatives qui sollicitent la résolution d'une information (nom, adresse) auprès d'un serveur de nom

# L'espace de nommage du DNS

## Niveaux de domaine regroupés dans une structure d'arbre

- root
- top-level : com, mil, net, edu, fr, uk, . . .
- Secondary level domain



# DNS : Root name servers



Février 2004

13 root name servers

# DNS Serveurs de Noms

- La hiérarchie du DNS est partagée en zone : une zone est une autorité administrative responsable de la portion de la hiérarchie (InterNIC, NIC France)
- Une zone correspond à l'unité d'implantation du DNS : le serveur de nom
- L'information contenue dans une zone est implantée dans au moins deux serveurs de nom

# DNS Serveur Primaire

- Le serveur primaire est mis à jour par l'administrateur système/réseaux
- Il est gestionnaire d'une zone et ne fait apparaître que des informations locales et des liens aux autres serveurs

# DNS Serveur Secondaire

- S'explique pour des raisons de fiabilité
- Les serveurs secondaires recopient périodiquement leurs informations d'un serveur primaire
- Recommandation : serveur primaire et secondaire sur des machines/réseaux/sites différents

# Client DNS

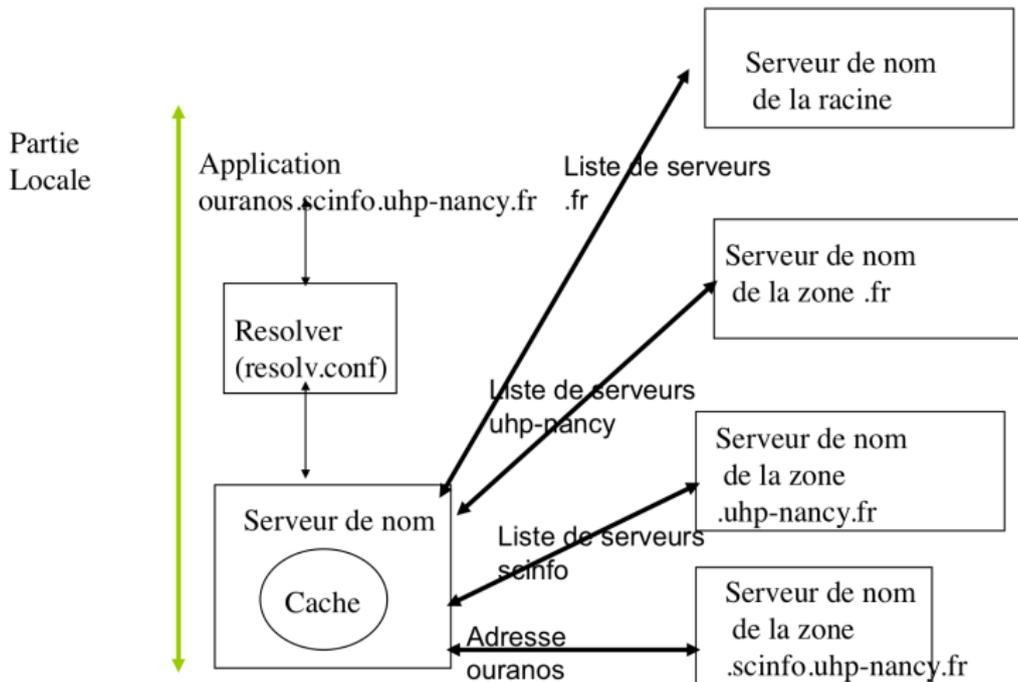
Doit connaître l'adresse IP du serveur de nom

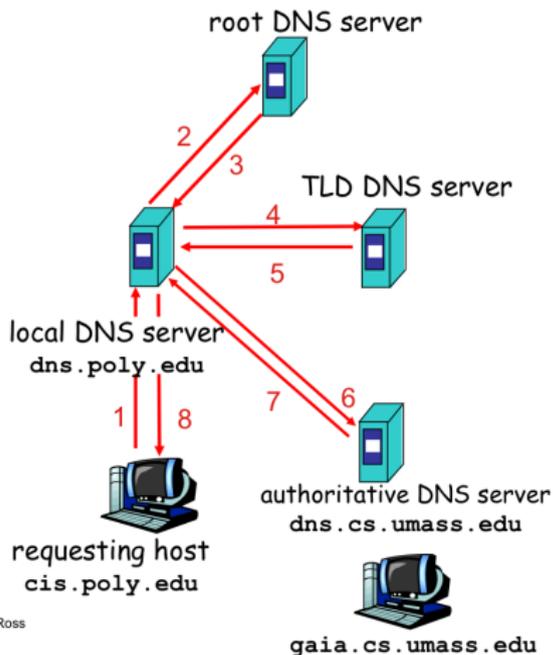
- Automatisation avec DHCP
- Panneau de configuration sous NT
- /etc/resolv.conf sous UNIX

```
Telnet - soyotte
Connecter Edition Terminal ?
4:36pm up 25 day(s), 4:14, 2 users, load average: 0.10, 0.03, 0.02
User      tty      login@ idle   JCPU   PCPU   what
ichris    console  6Mar0121days  90:06  36:13  /usr/dt/bin/dtfile -geometr
+70
ichris    pts/3    6Mar01 4days   58      /bin/tcsh
ichris    pts/4    4:36pm

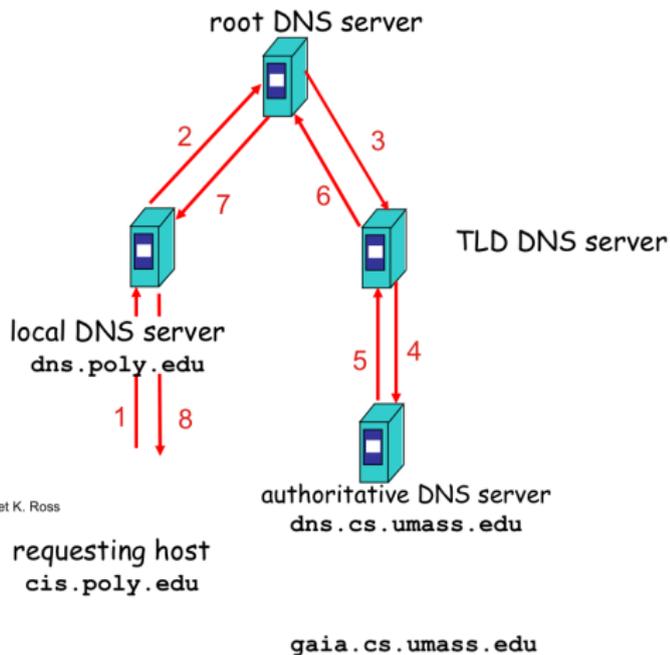
-----
IMPORTANT: pour éviter les piratages, changer TOUT DE SUITE votre
not de passe en utilisant la commande passwd.
Choisissez un not de passe IMPOSSIBLE A DEVINER.
A proscrire absolument: votre nom, votre prenom, le
nom de votre equipe, le numero de votre voiture etc.
Merci...
-----

soyotte ichris 51 % more /etc/resolv.conf
#
# fichier resolv.conf de base pour najax (28/5/96)
#
domain    loria.fr
nameserver 152.81.1.25 # preny (solaris)
nameserver 152.81.1.17 # lorraine (solaris)
nameserver 152.81.1.10 # hennebique
soyotte ichris 52 %
```





Transparent J.Kurose et K. Ross



Transparent J.Kurose et K. Ross

# Enregistrements DNS

- DNS : base de données distribuée stockant des Resource Records (RR)
- RR contient : name, value, type, ttl
- Type=A
  - name : hostname
  - value : adresse IP
- Type=NS
  - name ; domaine
  - value adresse IP d'un serveur de nom "authoritative" pour ce domaine
- Type=CNAME
  - name alias pour un nom "canonical" (réel) www.bar.com est réellement server.backup.bar.com
  - value : nom "canonical"
- Type=MX
  - value : nom du serveur de mail of associated with name (alias)

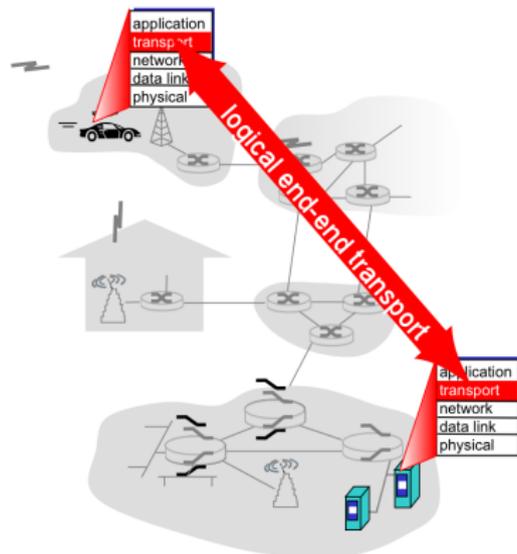
### 3 Transport TCP/UDP

- La couche Transport
- Contrôle d'erreurs et de flux
- Concept de fenêtres
- Acquittements
- Retransmission
- La couche Transport et Internet
- Le protocole UDP
- Le protocole TCP

# La couche Transport

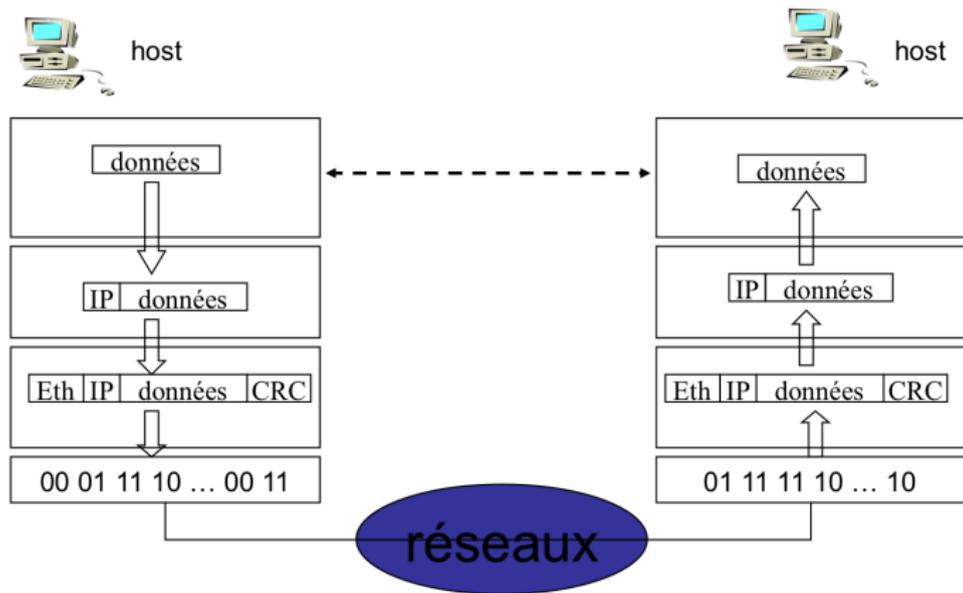
## Services de bout en bout

- assure le contrôle d'erreur
- autorise le contrôle de flux entre émetteur et récepteur
- supporte arbitrairement des messages larges
- supporte plusieurs applications sur la même machine hôte

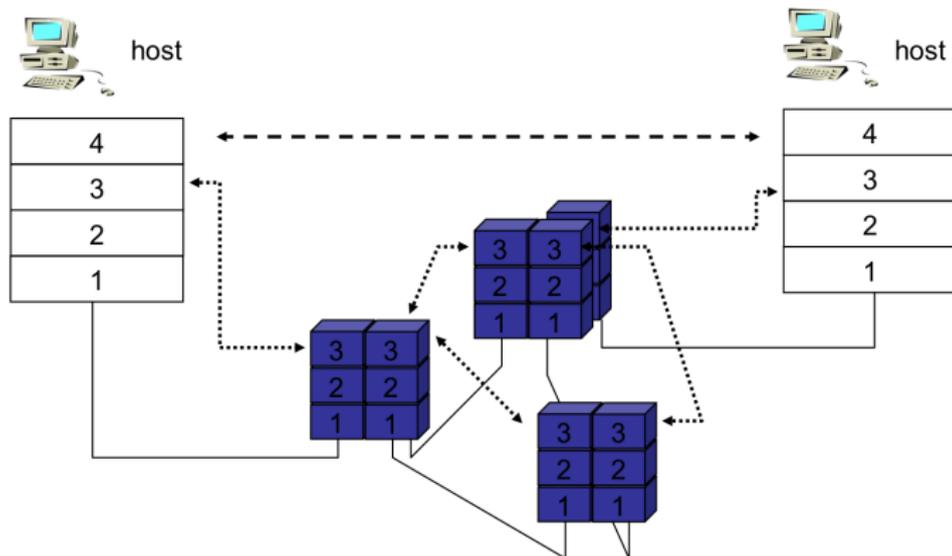


Transparent J.Kurose et K. Ross

# Couche de bout en bout



# Indépendant de la route



### 3 Transport TCP/UDP

- La couche Transport
- **Contrôle d'erreurs et de flux**
- Concept de fenêtres
- Acquittements
- Retransmission
- La couche Transport et Internet
- Le protocole UDP
- Le protocole TCP

## Contrôle d'erreurs

### Mise en place de mécanismes, de protocoles

- pour garantir la remise des messages et les délivrer dans l'ordre
- pour délivrer au plus une copie de chaque message
- pour permettre la fiabilité de la transmission

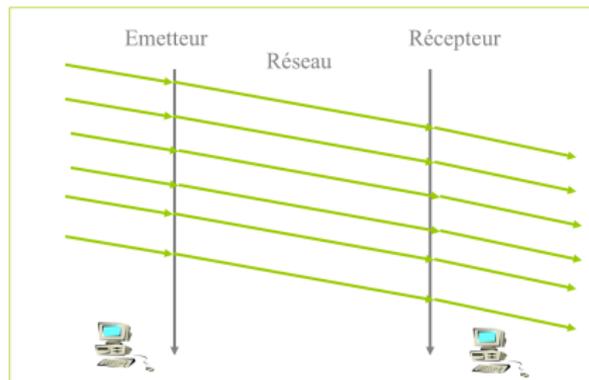
### Comment ?

- par la gestion des temporisateurs
- par la gestion des acquittements
- par la numérotation des segments

⇒ Analyse de différents protocoles

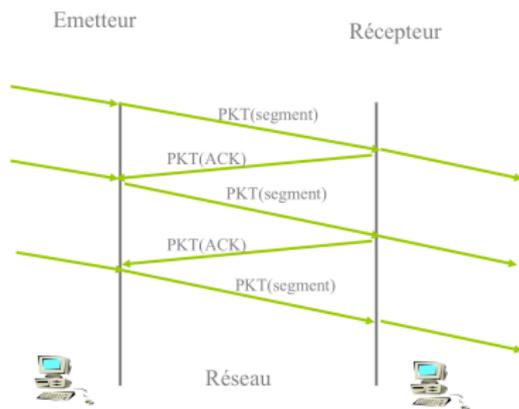
# Protocole 1

- Hypothèses :
  - le canal est parfait et les données ne circulent que dans un sens
  - les capacités de l'émetteur et du récepteur sont infinies (capacités de stockage)
- Protocole simple et irréaliste



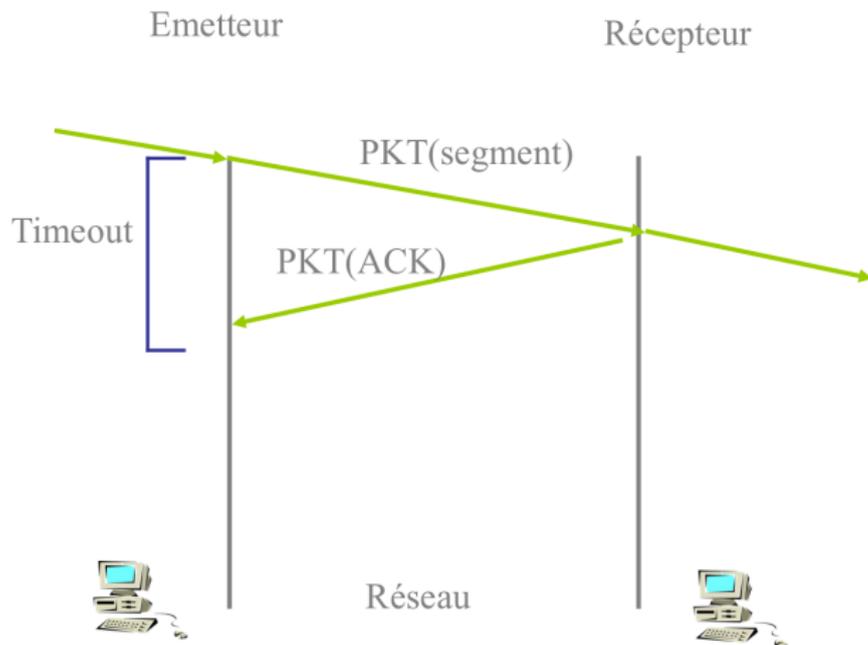
## Protocole 2

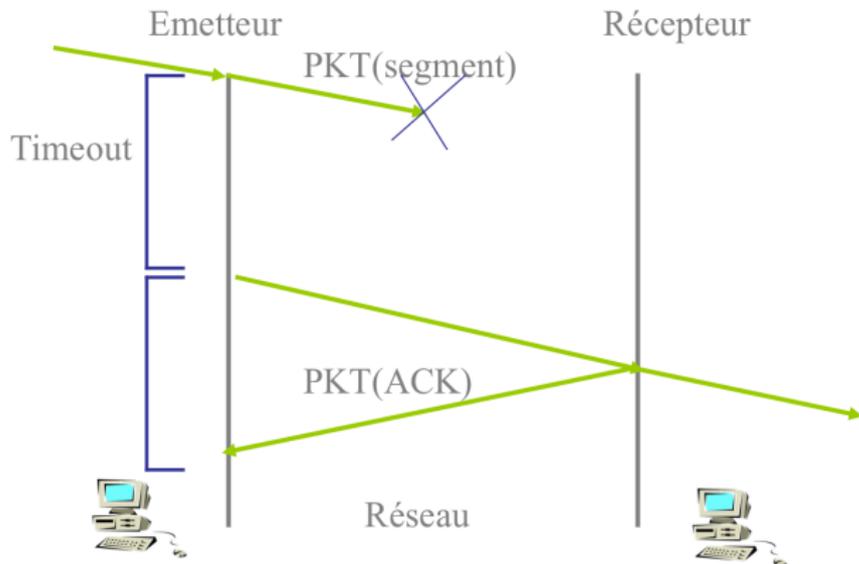
- Hypothèses :
  - le canal est parfait et les données ne circulent que dans un sens
  - les capacités du récepteur ne sont pas infinies (capacités de stockage)
- Contrôler le flux des données entre émetteur et récepteur
- Protocole Envoyer et Attendre : "Stop and Wait"

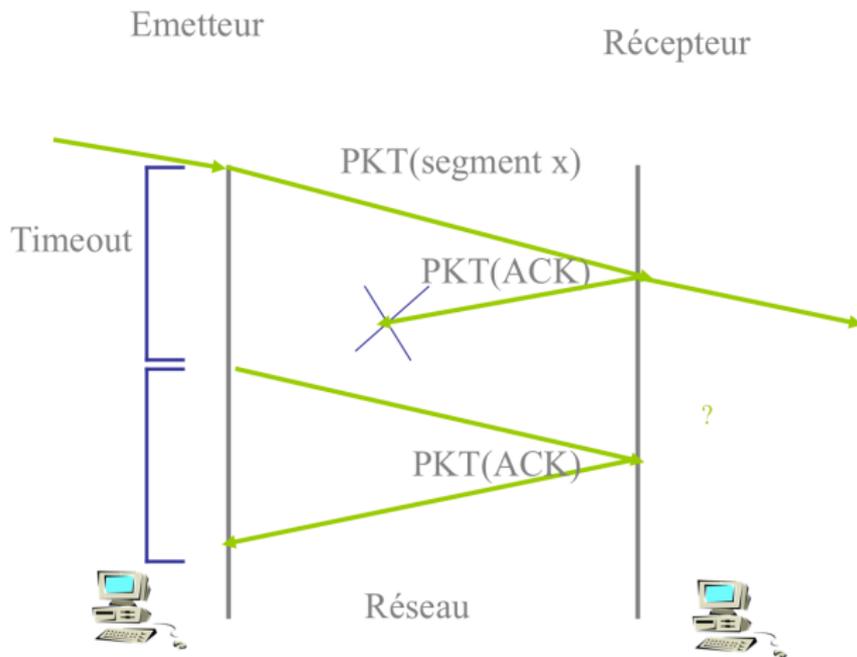


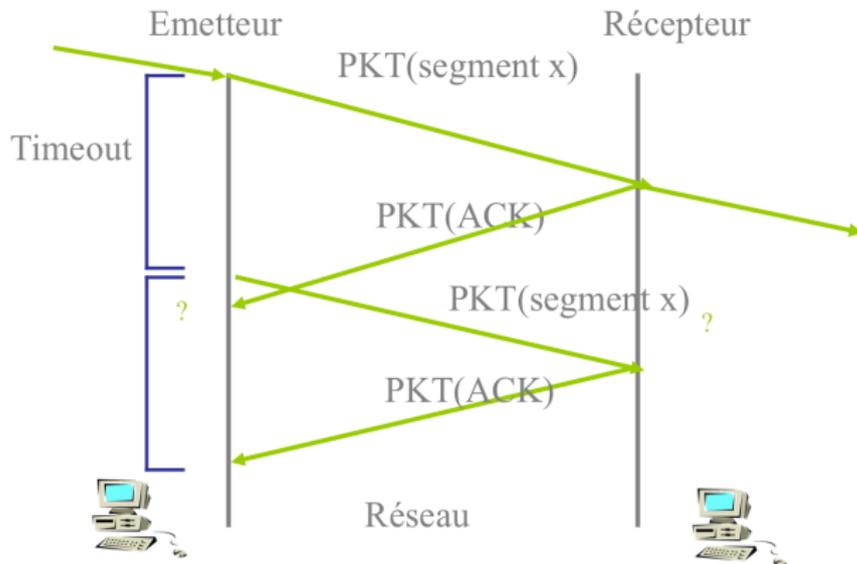
## Protocole 3

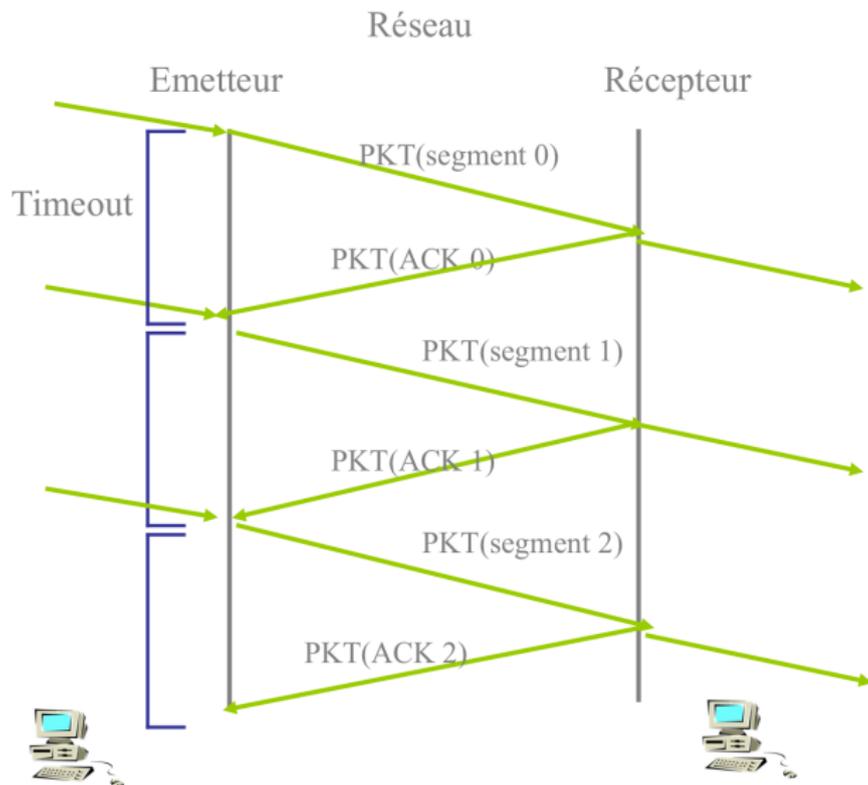
- Hypothèses plus réalistes :
  - le canal de communication n'est pas parfait
  - données erronées ou perdues
- Que faut-il modifier dans le protocole précédent ?
  - ajouter temporisateur
  - ajouter numérotation de segments









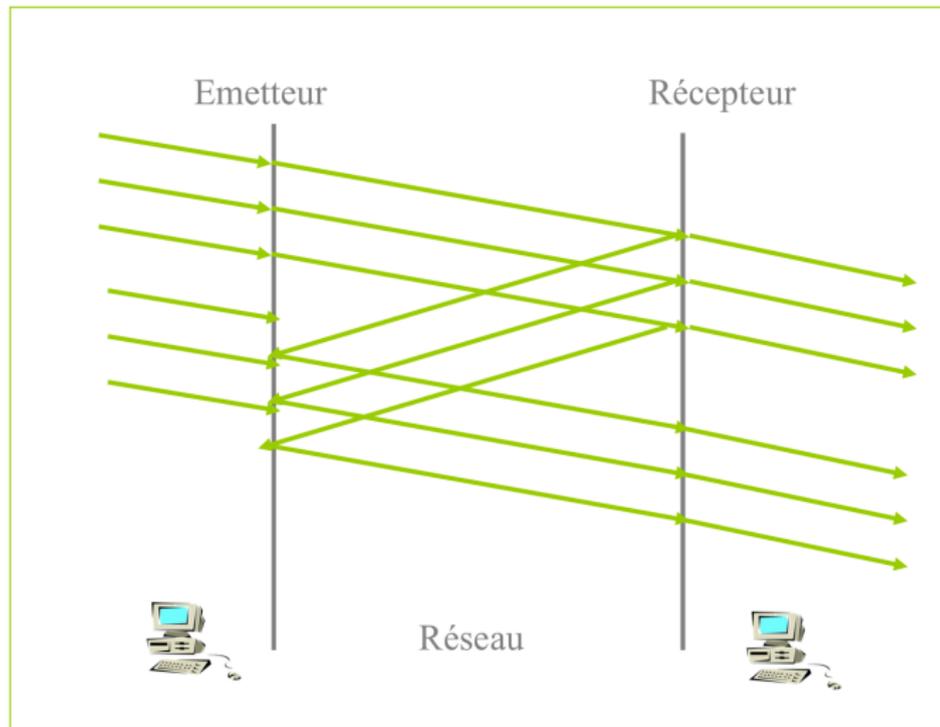


### 3 Transport TCP/UDP

- La couche Transport
- Contrôle d'erreurs et de flux
- **Concept de fenêtres**
- Acquittements
- Retransmission
- La couche Transport et Internet
- Le protocole UDP
- Le protocole TCP

## Protocoles à fenêtre glissantes (sliding window)

- But :
  - Augmenter le taux d'utilisation de la bande passante
  - Autoriser l'émetteur à transmettre plusieurs segments avant de recevoir un acquittement
- Il y a une limite supérieure sur le nombre de segments en attente (envoyés mais non acquittés)

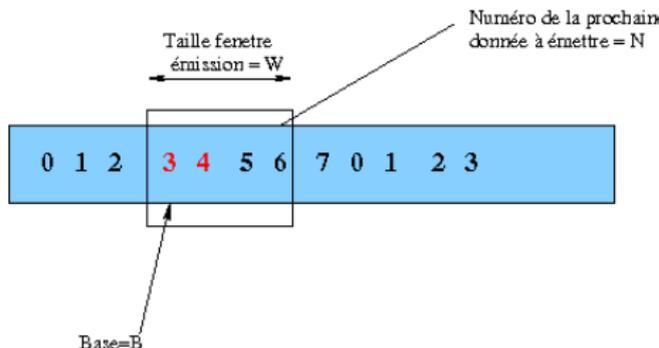


# Concept de fenêtres

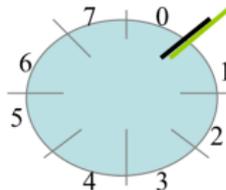
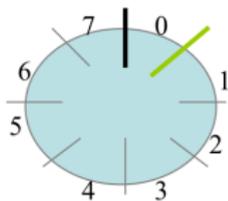
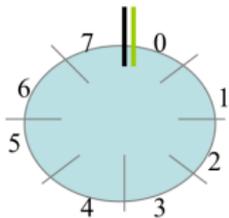
- Fenêtre d'émission
- Fenêtre de réception
- La taille des fenêtres peut être fixe ou variable

## Fenêtre d'émission

- La liste des numéros de séquence dont l'émission est autorisée
- Les numéros à l'intérieur de la fenêtre d'émission : segments envoyés mais non acquittés
- Les segments non acquittés doivent être stockés par l'émetteur pour pouvoir être retransmis

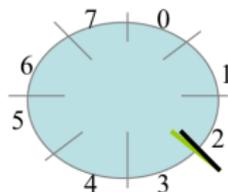
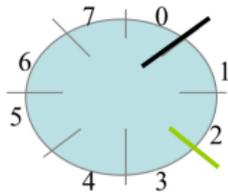
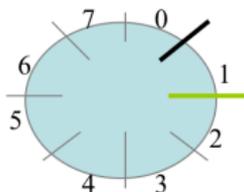


## Emission avec taille fenêtre = 2



Envoi segment 0

Réception ACK 0



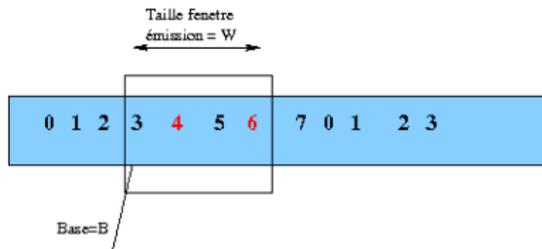
Envoi segment 1

Envoi segment 2

Réception ACK 2

## Fenêtre de réception

- La liste des numéros de séquence des segments que l'on attend en réception
- Les segments en dehors de la fenêtre de réception sont rejetés
- Taille = 1
  - Refus de tous les segments sauf celui qui pourra être remis à la couche supérieure

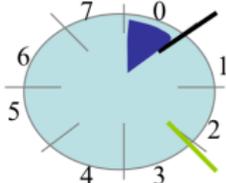
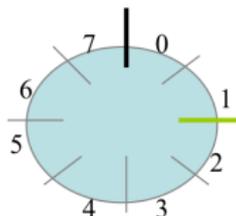


## Fenêtre de réception

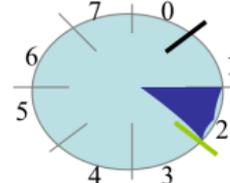
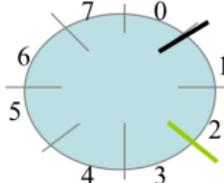
Si taille  $> 1$  et que des segments intermédiaires se perdent ou sont erronés

- Le récepteur peut accepter les autres segments et les stocker
- Un segment ne sera transmis à la couche supérieure que si tous les segments avec un numéro inférieur ont été reçus
- Selective Reject (rejet sélectif)

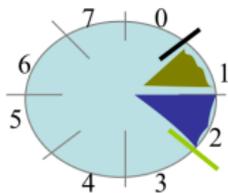
## Réception avec taille fenêtre = 2



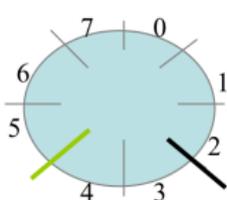
Réception segment 0 Envoi ACK 0



Réception segment 2



Réception segment 1



Envoi ACK 2

### 3 Transport TCP/UDP

- La couche Transport
- Contrôle d'erreurs et de flux
- Concept de fenêtres
- **Acquittements**
- Retransmission
- La couche Transport et Internet
- Le protocole UDP
- Le protocole TCP

## Type d'acquittements

- Acquittements cumulatifs (cumulative ACKnowledgment) ACK  $x$ 
  - $x$  = numéro du dernier segment reçu en séquence
  - $x$  = numéro du prochain segment à recevoir
- Acquittements négatifs (Negative ACKnowledgment) NACK  $x$ 
  - on précise explicitement que le segment  $x$  n'a pas été reçu
- Acquittements sélectifs (Selective ACKnowledgment) SACK
  - on précise un ensemble d'intervalles dans lesquels les segments ont été reçus

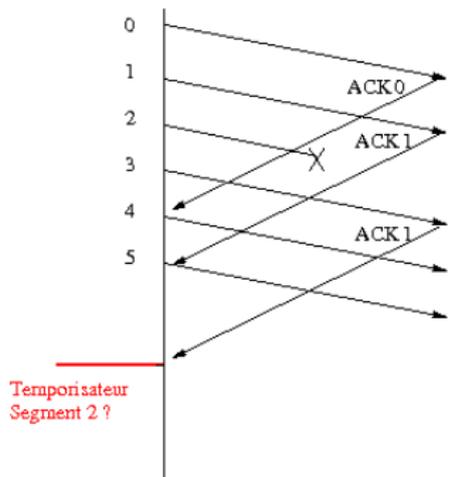
### 3 Transport TCP/UDP

- La couche Transport
- Contrôle d'erreurs et de flux
- Concept de fenêtres
- Acquittements
- **Retransmission**
- La couche Transport et Internet
- Le protocole UDP
- Le protocole TCP

## Type de retransmission

### Protocole Go-Back-N

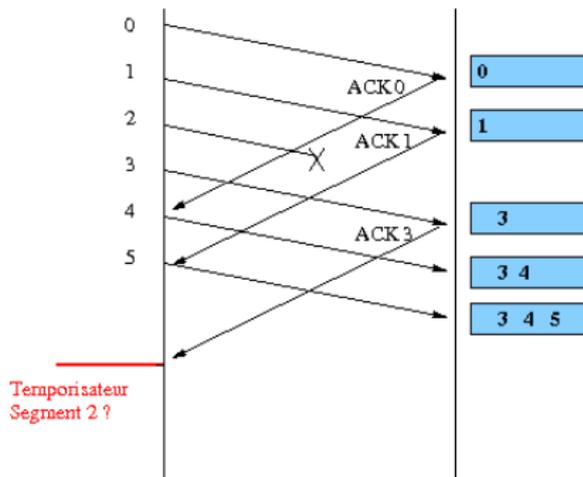
- Si timeout pour segment  $k$ , alors renvoyer  $k, k + 1, \dots$
- Simple à implanter
- Pas de ressources spécifiques au niveau du récepteur



## Type de retransmission

### Protocole Selective Repeat

- Si timeout pour segment k, alors renvoyer uniquement k
- Plus difficile à implanter
- Le récepteur doit mettre en œuvre le rejet sélectif
- Plus efficace si plus d'erreurs de transmission



- ### 3 Transport TCP/UDP
- La couche Transport
  - Contrôle d'erreurs et de flux
  - Concept de fenêtres
  - Acquittements
  - Retransmission
  - **La couche Transport et Internet**
  - Le protocole UDP
  - Le protocole TCP

# La couche Transport et Internet

## Un service réseau : protocole + numéro de port

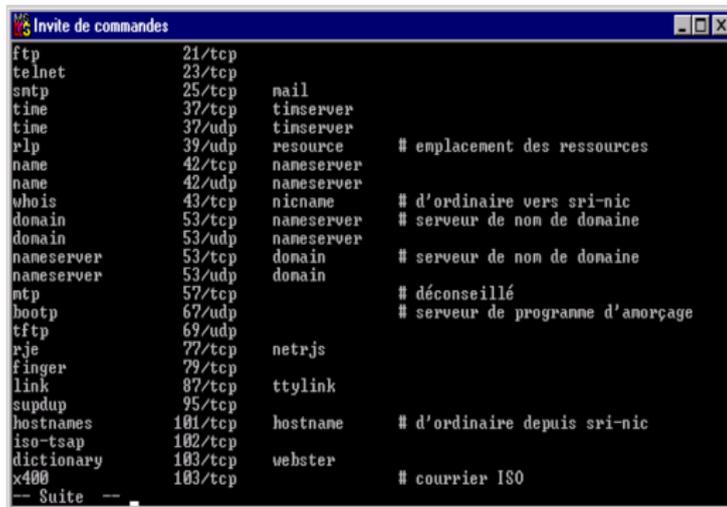
- FTP : TCP/21 ou 20
- HTTP : TCP/80

## Deux protocoles de transport au dessus de IP

- TCP (Transmission Control Protocol) : protocole orienté connexion
- UDP (User Datagram Protocol) : protocole sans connexion

## Détermination des ports

- Faits par ICANN
- Sur Unix : /etc/services
- Sur NT : C : \Winnt\System32 \drivers \etc \services

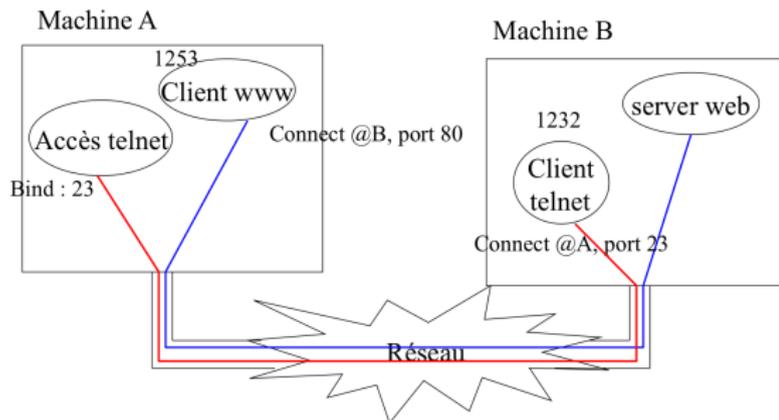


```
ftpp      21/tcp
telnet    23/tcp
snmp      25/tcp   nail
time      37/tcp   tinservr
time      37/udp   tinservr
rpl       39/udp   resource # emplacement des ressources
name      42/tcp   nameservr
name      42/udp   nameservr
whois     43/tcp   nickname # d'ordinaire vers sri-nic
domain    53/tcp   nameservr # serveur de non de domaine
domain    53/udp   nameservr
nameservr 53/tcp   domain   # serveur de non de domaine
nameservr 53/udp   domain
ntp       57/tcp   # déconseillé
bootp     67/udp   # serveur de programme d'amorçage
tftp      69/udp
rje       77/tcp   netrjs
finger    79/tcp
link      87/tcp   ttylink
supdup    95/tcp
hostnames 101/tcp  hostname # d'ordinaire depuis sri-nic
iso-tsap  102/tcp
dictionary 103/tcp  webster
x400      103/tcp  # courrier ISO
-- Suite --
```

# Numéro des ports

## Service réseau

- Une adresse IP + Numéro de port
- URL (Unified Resource Location)  $\Rightarrow$  protocole ://@IP :#port / lieu
  - `http ://www.esial.uhp-nancy.fr :80/index.html`
  - `ftp ://ftp.esial.uhp-nancy.fr :21`



### 3 Transport TCP/UDP

- La couche Transport
- Contrôle d'erreurs et de flux
- Concept de fenêtres
- Acquittements
- Retransmission
- La couche Transport et Internet
- **Le protocole UDP**
- Le protocole TCP

# UDP (User Datagram Protocol) RFC 768

- Simple démultiplexeur
- Service datagramme non fiable et non ordonné
- Ajoute multiplexage/démultiplexage
  - Pour délivrer les paquets à la bonne application
- Pas de contrôle de flux
- Checksum optionnel

0	31
Port Source	Port Destination
Longueur	Checksum

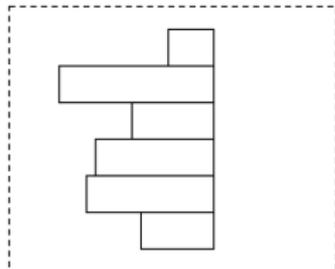
### 3 Transport TCP/UDP

- La couche Transport
- Contrôle d'erreurs et de flux
- Concept de fenêtres
- Acquittements
- Retransmission
- La couche Transport et Internet
- Le protocole UDP
- Le protocole TCP

# TCP (Transmission Control Protocol) RFC 793

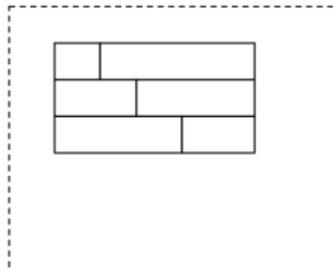
- Orienté connexion
- Byte-stream : TCP découpe les données en segments d'octets et les envoie via IP
- Full duplex
- Contrôle de flux
- Contrôle de congestion
- Contrôle d'erreurs et de pertes

Application



Buffers  
E/S

Application



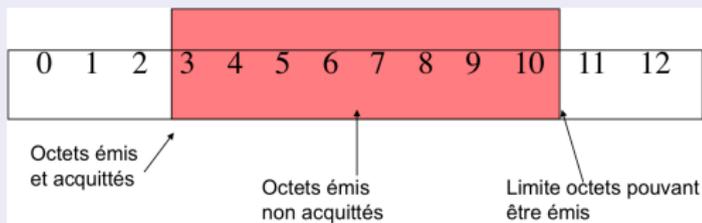
réseaux



# Protocole TCP

## Utilise un mécanisme de sliding window

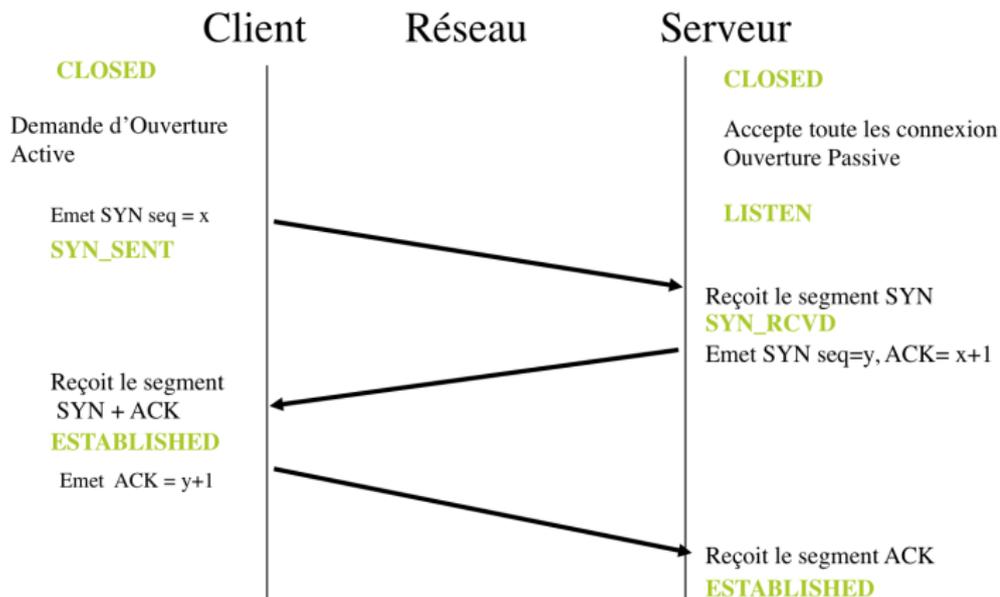
- Au niveau de l'octet
- Numérotation séquentielle des octets
- L'émetteur utilise 3 pointeurs



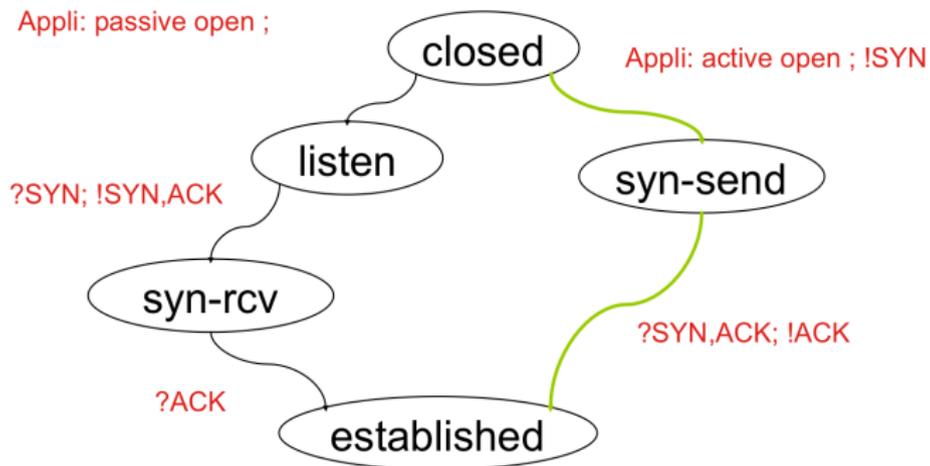
# Entête TCP

Port Source				Port Destination				
Numéro de Séquence								
Acquittement								
Data offset		U R G	A C K	P S H	R S T	S Y N	F I N	Taille Fenêtre
Checksum				Pointeur Urgence				
Options (0,1,2 ou plusieurs mots de 32 bits)								

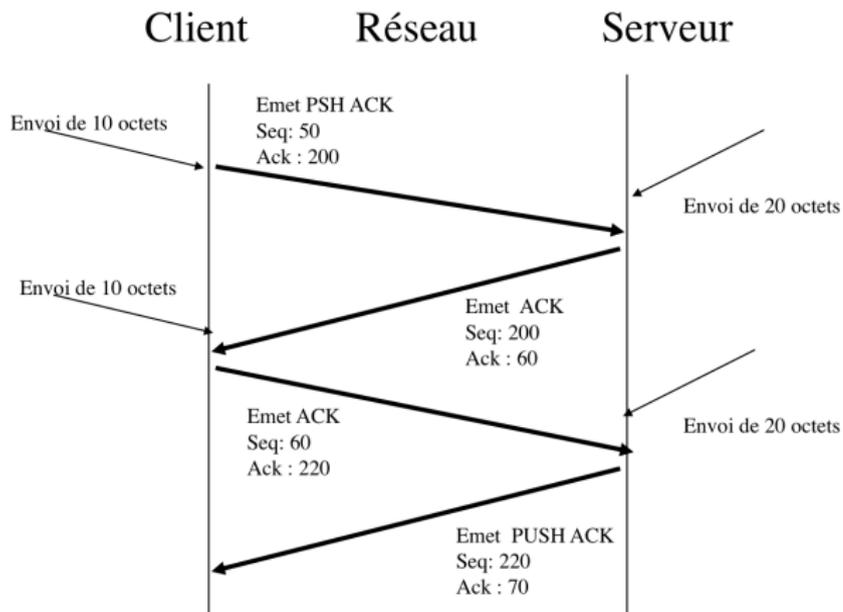
# TCP Etablissement d'une connexion



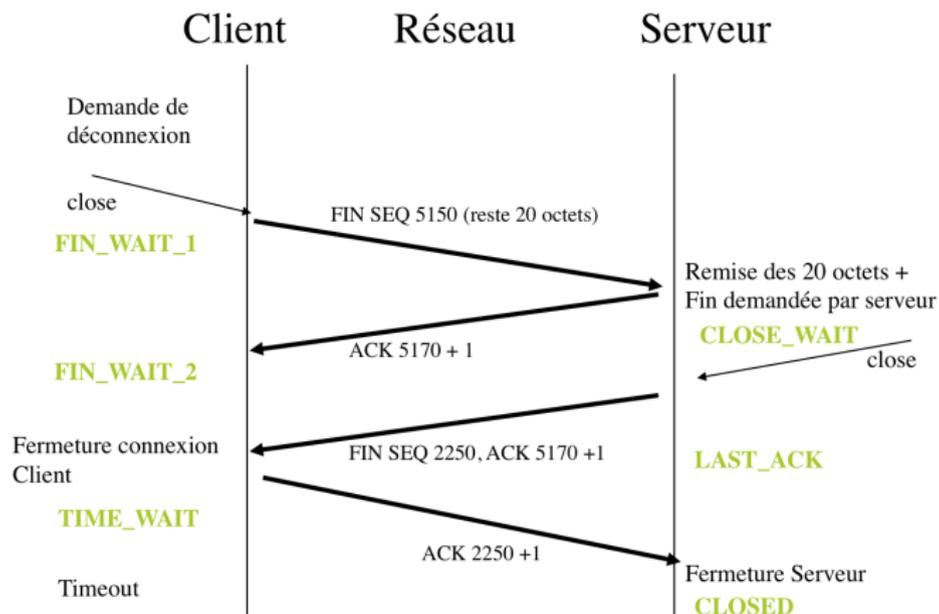
# Automate TCP



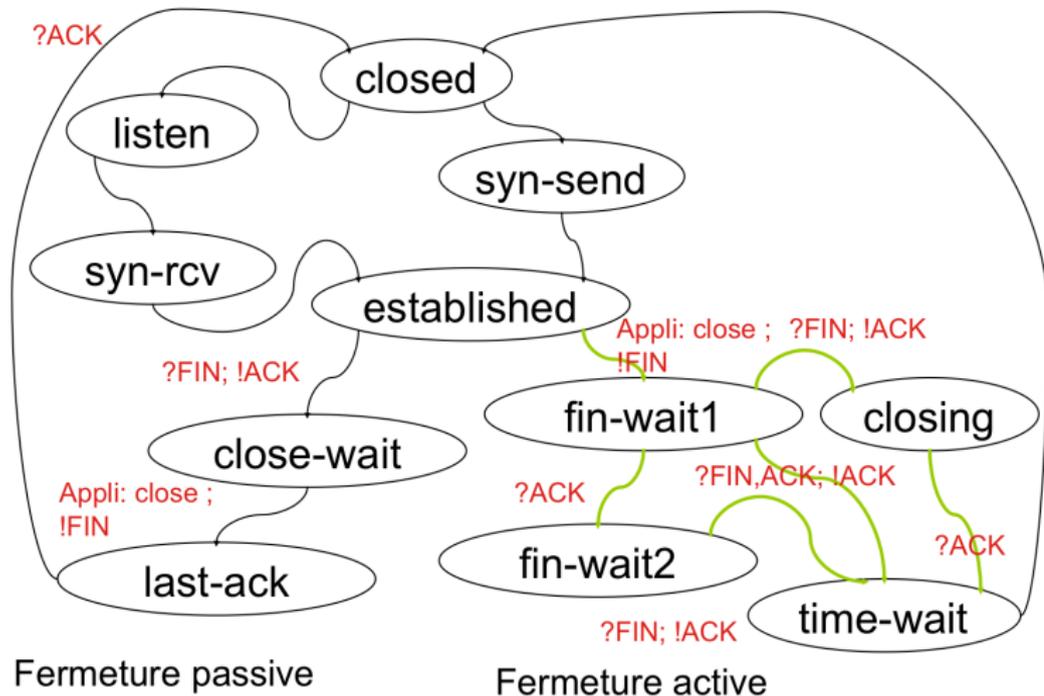
# TCP Transfert de données



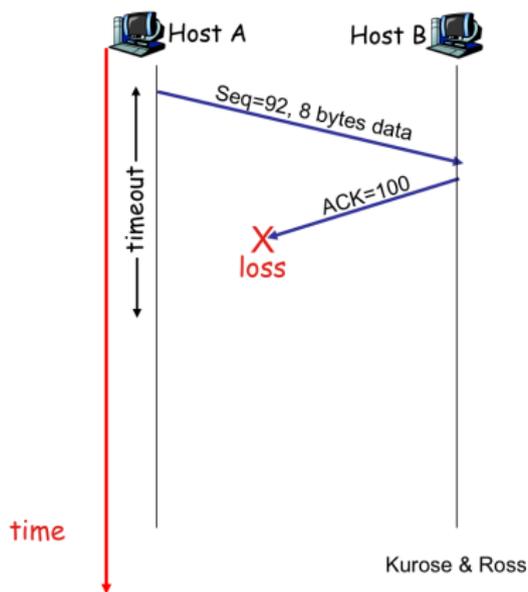
# TCP fermeture connexion



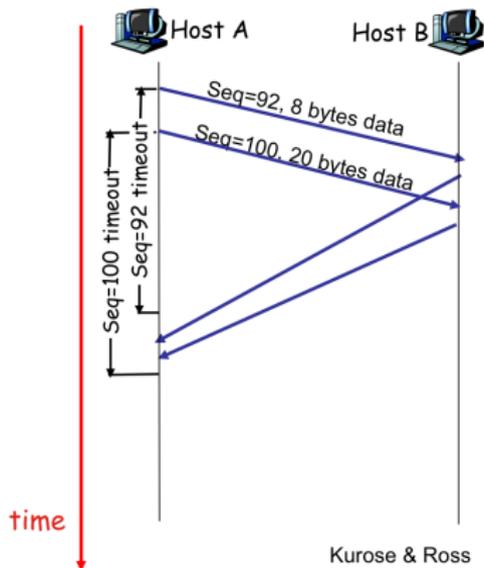
# Automate TCP



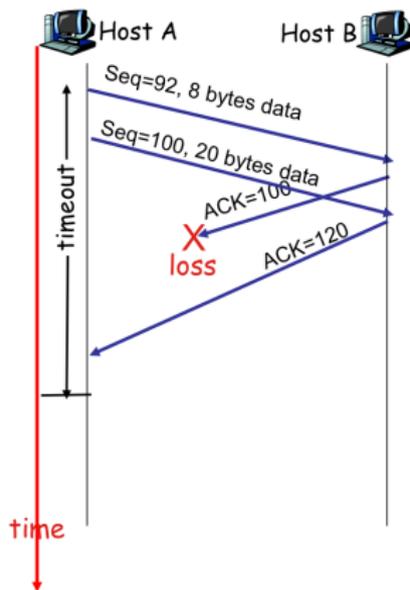
# TCP : scénario de retransmission



# TCP : scénario de retransmission



# TCP : scénario de retransmission





## table

### 8 La couche Réseaux et le Routage

- La couche réseau
- Services offerts
- Adressage IP
- Le routage statique et IP
- Correspondance Adressage IP et Adressage MAC
- Format d'un paquet IP
- ICMP : Le compagnon de IP
- Routage dynamique et IP (introduction)
- Architecture d'un routeur CISCO

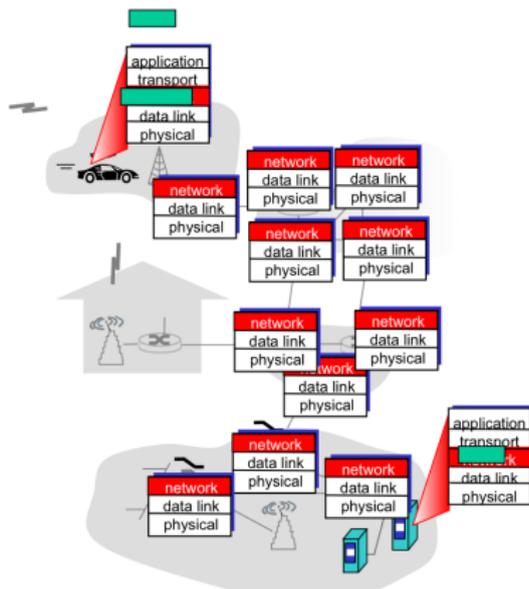
# La couche Réseau

## Adressage et Routage

- Adresse : suite d'octets qui identifie un nœud normalement unique
- Routage : déterminer comment "forwarder" des messages vers le nœud destination en se basant sur son adresse
- Type d'adresses :
  - unicast : spécifique au nœud
  - broadcast : tous les nœuds du réseau
  - multicast : un sous-ensemble des nœuds du réseau

## La couche Réseau

- Chaque station/routeur est identifié(e) par une adresse réseau indépendante du type de liaison de données
- Le routeur achemine les paquets depuis une source vers une destination en traversant des routeurs intermédiaires (WAN)
- Le routeur permet de séparer des domaines de broadcast (LAN)



Transparent J. Kurose et K. Ross

# Le Routage

## Commutation et routage

- Commutation : sélectionner un port de sortie en fonction de l'adresse destination et de la table de routage
- Routage : processus par lequel la table de routage est construite et maintenue (statique/dynamique)

## Le Réseau est vu comme un graphe

Problèmes :

- Déterminer les chemins disponibles
- Sélectionner le "meilleur" (le plus optimal)
- Ajuster les formats des paquets pour s'adapter à la technologie sous-jacente (MTU = Maximum Transmission Unit)

## 4 La couche Réseaux et le Routage

- La couche réseau
- **Services offerts**
- Adressage IP
- Le routage statique et IP
- Correspondance Adressage IP et Adressage MAC
- Format d'un paquet IP
- ICMP : Le compagnon de IP
- Routage dynamique et IP (introduction)
- Architecture d'un routeur CISCO

## Services offerts par la couche réseau

### Service orienté connexion et fiable

- Approche des opérateurs de télécoms = circuits virtuels
- La complexité est dans le réseau
  - Établissement explicite de la phase de connexion (et de la terminaison)
  - Les paquets suivent le même circuit ( appel téléphonique)
  - Appelé le modèle orienté connexion
  - Chaque commutateur maintient un circuit virtuel
  - Exemple de réseau : X25 (circuit virtuel commuté et permanent)  
date des années 70s

## Services offerts par la couche réseau

### Service sans connexion et non fiable

- Approche choisie par l'Internet = datagramme
- Réduire la complexité dans le réseau
- Protocole Internet : IP (rfc791)
- Chaque paquet est émis de manière indépendante (la poste)
- Les paquets peuvent :
  - se perdre, arriver en désordre et être dupliqués
  - les erreurs sont gérées par les couches supérieures
  - chaque commutateur maintient une table de routage

# Internet

## Historique

- Recherches du DARPA(Defense Advanced Research Agency)
- ARPANET : ancêtre de l'Internet
- Un des premiers réseaux à commutation de paquets dans les années 70
- En 1980 mise en place de TCP/IP

# IP : Internet Protocol

- Transporte des datagrammes de bout en bout
- Un datagramme contient l'adresse IP de l'émetteur et l'adresse IP du destinataire
- Mode sans connexion et sans aucune garantie IP = Best Effort
- Assure le routage : comment envoyer les paquets
- Assure la fragmentation si nécessaire

## 4 La couche Réseaux et le Routage

- La couche réseau
- Services offerts
- **Adressage IP**
- Le routage statique et IP
- Correspondance Adressage IP et Adressage MAC
- Format d'un paquet IP
- ICMP : Le compagnon de IP
- Routage dynamique et IP (introduction)
- Architecture d'un routeur CISCO

# Propriétés

- 4 octets (32 bits)
- adresse unique
- hiérarchique : réseau + hôte
  - Adresses IP (réseau id) sont assignées par une autorité centrale
  - La partie hôte id est assignée par le gestionnaire du réseau local
- Configurable par logiciel :
  - ifconfig (UNIX)
  - ipconfig (NT) ou panneau de configuration
- Associée à chaque interface réseau

## Affectation de l'adresse IP

- Une machine hôte obtient son adresse du bloc IP de son organisation
- Une organisation obtient un bloc d'adresse IP à partir du bloc d'adresse de son ISP
- Un ISP obtient son bloc d'adresse de son propre provider ou de l'un des cinq RIRs (Regional Internet Registries) :
  - ARIN : American Registry for Internet Numbers
  - RIPE : Réseaux IP Européens
  - APNIC : Asia Pacific Network Information Center
  - LACNIC : Latin America and Caribbean Network Information Center
  - AFRINIC : African Network Information Center
- Les adresses IP sont gérées sous l'autorité de l'ICANN (Internet Cooperation for Assigned Names and Numbers)

# Format

- Ancien concept de classe

Bits de poids Fort	Format	Classe
0	7 réseau + 24 hôte	A
10	14 réseau + 16 hôte	B
110	21 réseau + 8 hôte	C
1110	28 numéros multipoint	D
1111	expérimental	

- "Dot notation" : 138.96.24.89, 255.255.255.255

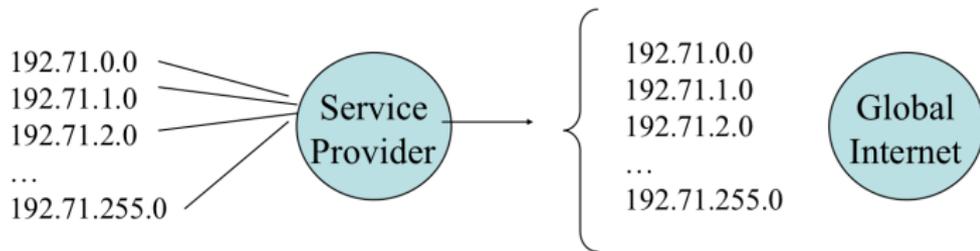
# CIDR (Classless InterDomain Routing)

Introduit en 1995 qui a permis de résoudre :

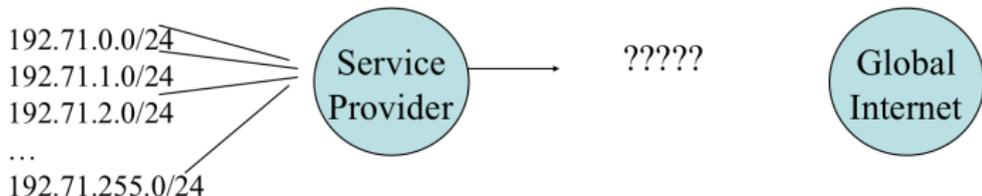
- Épuisement classe B
  - Allocation de plusieurs réseaux de classe C
- Explosion des tables de routage
  - Numéros contigus
  - Coordination de l'allocation des adresses
    - Par continent
    - Par fournisseur
- Multirégionales 192.0.0.0 193.255.255.255
- Europe 194.0.0.0 195.255.255.255
- Amérique du Nord 198.0.0.0 199.255.255.255
- Amérique du Sud/Centrale 200.0.0.0 201.255.255.255

## Schéma d'adressage - CIDR Agrégation

### Sans CIDR



### Avec CIDR



## Adresses Spéciales : RFC 3330

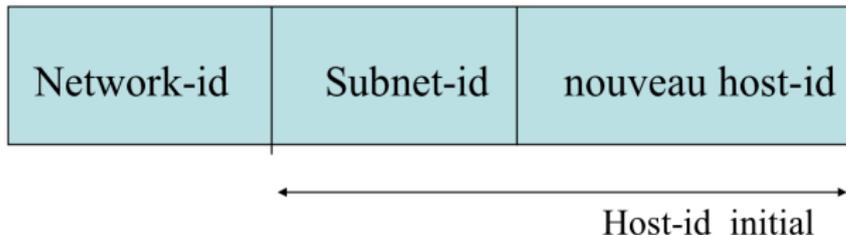
- 0.0.0.0 : un hôte inconnu sur ce réseau ci (source)
- 255.255.255.255 : tous les hôtes (destination)
- 129.34.0.0 : un hôte inconnu du réseau 129.34.0.0 (source) ; réfère au réseau lui-même
- 129.34.255.255 : tous les hôtes du réseau 129.34.0.0 (destination)
- 0.0.0.3 : l'hôte numéro 3 de ce réseau (source)
- 127.0.0.1 : cet hôte (boucle locale)

## Adresses Privées IP (RFC 1918/BCP 0005)

- Pour chaque classe d'adresses des numéros IP privés : non attribués officiellement et ne traversant pas l'Internet
- Bloc de 24 bits : 10.0.0.0/8 de 10.0.0.0. à 10.255.255.255
- Bloc de 20 bits : 172.16.0.0/12 de 172.16.0.0. à 172.31.255.255
- Bloc de 16 bits : 192.168.0.0/16 de 192.168.0.0. à 192.168.255.255

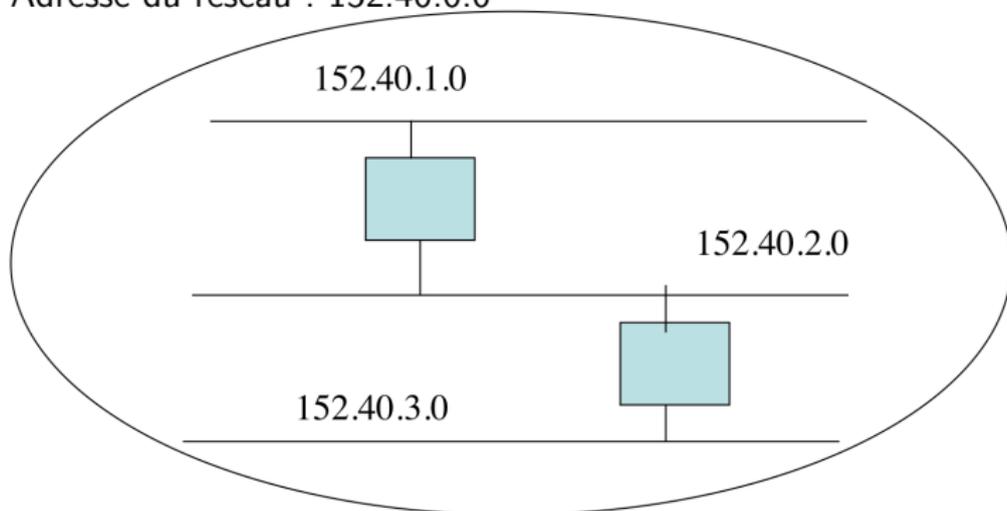
## Sous-réseaux IP

- Découpage d'un réseau en entités plus petites
- Meilleure structuration du site à l'initiative de l'administrateur
- Domaine de broadcast



## Sous-réseaux IP

- Adresse du réseau : 152.40.0.0



## Masque de réseau/sous-réseau

- Appelé aussi Netmask
- Permet de déterminer à quel réseau/sous-réseau appartient l'adresse
- Utilisé dans les tables de routage
- A la même taille qu'une adresse IP (32bits)
  - Les bits à 1 : partie numéro réseau/sous-réseau
  - Les bits 0 : partie numéro de machine

## Masque de réseau/sous-réseau

- Est appliqué de manière IP de la manière suivante :
  - Adresse IP : 129.130.79.85
  - Masque : 255.255.248.0
  - Identificateur sous-réseau : 129.130.72.0
  - Identificateur hôte : 0.0.7.85
- Un réseau de classe B peut être découpé en :
  - 256 sous-réseaux avec 254 hôtes
  - 128 sous-réseaux avec 510 hôtes
  - 64 sous-réseaux avec 1022 hôtes

## Masque de sous-réseaux et CIDR

- L'adressage CIDR est complémentaire de la notion de netmask
- Exemple :
  - 192.44.77.0/24 masque 255.255.255.0
  - 192.44.77.64/26 masque 255.255.255.192
  - 192.44.77.79/26 masque 255.255.255.192
    - Réseau de classe C 192.44.77.0
    - N sous-réseau 192.44.77.64/26
    - N machine 0.0.0.15
  - 129.130.79.85 et Masque : 255.255.248.0
    - 129.130.79.85/??
    - ???

## Masque de sous-réseaux et VLSM

- VLSM = Variable Length Subnet Mask
- Permet d'avoir plusieurs sous-réseaux de tailles différentes
- Exemple : 192.168.197.0/24 peut se décomposer en :
  - 8 sous-réseaux /28 :
    - 192.168.197.0/28 192.168.197.16/28
    - 192.168.197.32/28 192.168.197.48/28
    - 192.168.197.64/28 192.168.197.80/28
    - 192.168.197.96/28 192.168.197.112/28
  - 2 sous-réseaux /27 :
    - 192.168.197.128/27 192.168.197.160/27
  - 1 sous-réseau /26 :
    - 192.168.197.192/26

## 4 La couche Réseaux et le Routage

- La couche réseau
- Services offerts
- Adressage IP
- **Le routage statique et IP**
- Correspondance Adressage IP et Adressage MAC
- Format d'un paquet IP
- ICMP : Le compagnon de IP
- Routage dynamique et IP (introduction)
- Architecture d'un routeur CISCO

# Le Routage dans IP

## Direct Delivery

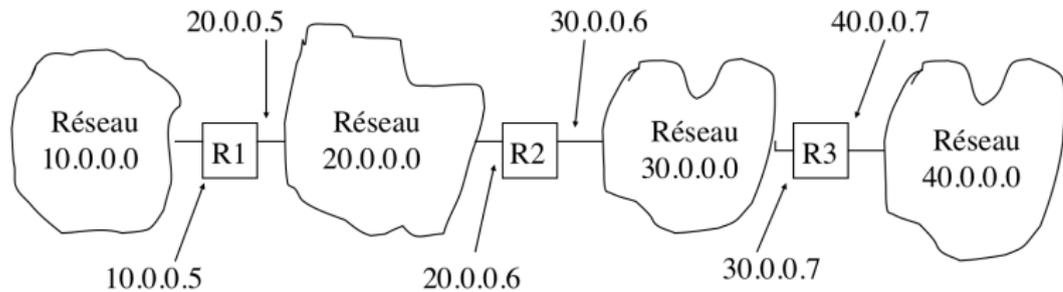
- L'émetteur identifie la destination comme un nœud de son réseau local
- Fait correspondre l'adresse IP avec l'adresse physique et envoie

# Le Routage dans IP

## Indirect Delivery

- L'émetteur identifie la destination comme un nœud d'un autre réseau (ou sous-réseau)
- Lit la table de routage pour trouver le routeur le plus proche (IP adresse)
- Fait correspondre l'adresse IP avec l'adresse physique du routeur
- Envoie le paquet avec l'adresse IP destination dans l'entête

## Tables de routage



(Routeur R2)

20.0.0.0	DIRECT
30.0.0.0	DIRECT
10.0.0.0	20.0.0.5
40.0.0.0	30.0.0.7

# Tables de routage

## Consultation

- Netstat -nr (UNIX/WINDOWS)

Destination	Passerelle	Masque réseau	Interface de sortie

```

=====
Liste d'Interfaces
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x2 ...00 50 04 8c f8 d9 ..... 3Com 3C575 Ethernet Adapter
0x3 ...00 00 00 00 00 00 ..... NdisWan Adapter
0x4 ...00 00 00 00 00 00 ..... NdisWan Adapter
=====
Itinéraires actifs :
Destination réseau      Masque réseau      Adr. passerelle    Adr. interface  Métrique
      0.0.0.0          0.0.0.0          152.81.1.1        130.79.48.10      1
      127.0.0.0          255.0.0.0          127.0.0.1         127.0.0.1         1
      130.79.48.0        255.255.255.0      130.79.48.10      130.79.48.10     1
      130.79.48.10       255.255.255.255    127.0.0.1         127.0.0.1         1
      152.81.0.0          255.255.240.0      152.81.11.41      130.79.48.10     1
      152.81.11.41       255.255.255.255    127.0.0.1         127.0.0.1         1
      152.81.255.255     255.255.255.255    152.81.11.41      130.79.48.10     1
      224.0.0.0           224.0.0.0          152.81.11.41      130.79.48.10     1
      255.255.255.255    255.255.255.255    152.81.11.41      130.79.48.10     1
=====
Table d'itinéraires

Connexions actives
-- Suite --

```

```

MS Invite de commandes
127.0.0.0      255.0.0.0      127.0.0.1      127.0.0.1      1
130.79.48.0   255.255.255.0  130.79.48.10   130.79.48.10   1
130.79.48.10  255.255.255.255  127.0.0.1      127.0.0.1      1
152.81.0.0    255.255.240.0  152.81.11.41   130.79.48.10   1
152.81.11.41  255.255.255.255  127.0.0.1      127.0.0.1      1
152.81.255.255 255.255.255.255 152.81.11.41   130.79.48.10   1
224.0.0.0     224.0.0.0      152.81.11.41   130.79.48.10   1
255.255.255.255 255.255.255.255 152.81.11.41   130.79.48.10   1
=====
Table d'itinéraires
Connexions actives

Proto Adresse locale      Adresse extérieure  Etat
TCP   127.0.0.1:1026      127.0.0.1:1052     ETABLIE
TCP   127.0.0.1:1052      127.0.0.1:1026     ETABLIE
TCP   152.81.11.41:1025   152.81.11.13:139   ETABLIE
TCP   152.81.11.41:1028   152.81.11.11:139   ETABLIE
TCP   152.81.11.41:1101   152.81.1.15:139    ETABLIE
TCP   152.81.11.41:1107   152.81.1.16:80     ATTENTE_FERMER
TCP   152.81.11.41:1117   152.81.4.114:23    ETABLIE

Z:\>

```

```

Telnet - xrousse
Connecter  Edition  Terminal  ?
gustedt   tty3      -          9:01am  7:56m  3.00s  2.71s  xemacs
ichris    pts/5     hambach   6:02pm  0.00s  0.11s  0.03s  w
koubaa    pts/3     otain     3:55pm  3:58  25.31s  0.24s  -tcsh
koubaa    pts/6     otain     3:40pm  2:16m  1:21  1:21  top
essaïdi   pts/1     moyenmoutier  3:33pm  2:26m  0.13s  0.01s  nan MPI_Comm_sp

-----
IMPORTANT: pour eviter les piratages, changer TOUT DE SUITE votre
mot de passe en utilisant la commande passwd.
Choisissez un mot de passe IMPOSSIBLE A DEVINER.
A proscrire absolument: votre nom, votre prenom, le
nom de votre equipe, le numero de votre voiture etc.
Merci...
-----

xrousse ichris 51 % netstat -nr
Kernel IP routing table
Destination      Gateway          Genmask         Flags   MSS Window  irtt Iface
152.81.112.45    0.0.0.0         255.255.255.255 UH      0 0        0 eth1
172.16.226.0     0.0.0.0         255.255.255.0  U      0 0        0 vlnet1
152.81.0.0       0.0.0.0         255.255.240.0  U      0 0        0 eth0
152.81.112.0    0.0.0.0         255.255.240.0  U      0 0        0 eth1
127.0.0.0       0.0.0.0         255.0.0.0      U      0 0        0 lo
0.0.0.0         152.81.1.1     0.0.0.0        UG     0 0        0 eth0
xrousse ichris 52 %

```

```
Telnet - soyotte
Connecter  Edition  Terminal  ?
soyotte ichris 63 % netstat -nr

Routing Table:
  Destination          Gateway             Flags  Ref    Use  Interface
-----
152.81.0.0             152.81.4.114       U      3    5990  le0
224.0.0.0             152.81.4.114       U      3      0  le0
default               152.81.1.1         UG     0    182
127.0.0.1             127.0.0.1          UH     0    1612  lo0
soyotte ichris 64 % ifconfig -a
lo0: flags=849<UP,LOOPBACK,RUNNING,MULTICAST> mtu 8232
    inet 127.0.0.1 netmask ff000000
le0: flags=863<UP,BROADCAST,NOTRAILERS,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 152.81.4.114 netmask fffff000 broadcast 152.81.15.255
soyotte ichris 65 % █
```

## 4 La couche Réseaux et le Routage

- La couche réseau
- Services offerts
- Adressage IP
- Le routage statique et IP
- **Correspondance Adressage IP et Adressage MAC**
- Format d'un paquet IP
- ICMP : Le compagnon de IP
- Routage dynamique et IP (introduction)
- Architecture d'un routeur CISCO

## Correspondances Adresses

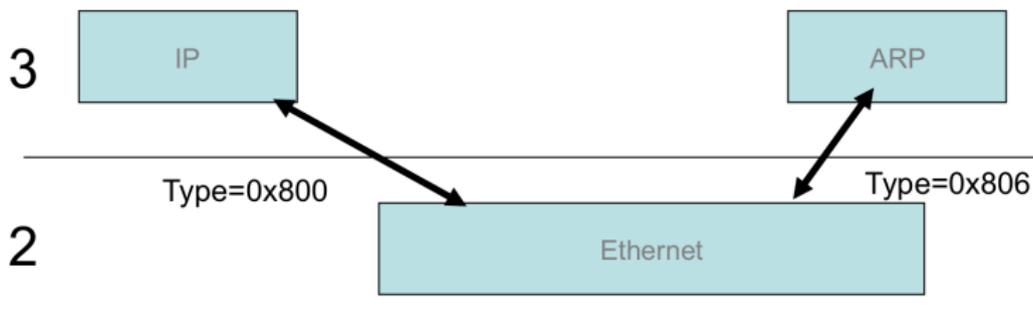
- Pour dialoguer avec une autre machine, il faut connaître :
  - sa propre adresse de liaison (adresse Ethernet), sa propre adresse IP
  - l'adresse IP et l'adresse liaison (Ethernet) de la machine cible



- L'adresse de liaison du destinataire est obtenue par le protocole de résolution d'adresse ARP ( $\Rightarrow$  broadcast)
- L'adresse IP : utilisateur, répertoire adresse (/etc/hosts), service annuaire (NIS, DNS)

## ARP (Address Resolution Protocol) : RFC 826

- Le protocole ARP permet à une machine de trouver l'adresse physique (MAC) d'une machine localisée sur le même réseau physique, étant donnée l'adresse IP



## ARP (Address Resolution Protocol) : RFC 826

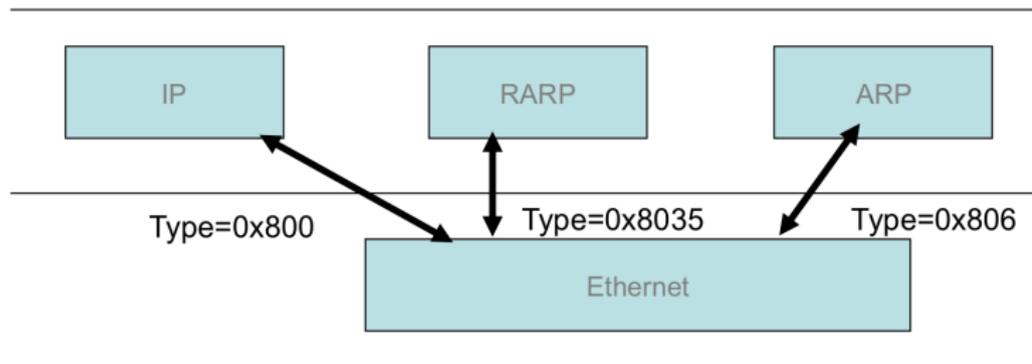
- A envoie une trame incluant l'adresse physique de diffusion, son adresse physique (A), l'adresse de destination IP (C) et l'adresse source IP (A)
- C envoie à A une trame contenant son adresse physique (C) en utilisant l'adresse physique de A
- A et C mémorise les couples (PA, IPA) et (PC, IPC) dans leur cache (arp -a )

## ARP (Address Resolution Protocol) : RFC 826

- Quand IP passe un datagramme à la couche en dessous, ARP consulte son cache pour voir si la correspondance existe. Dans le cas contraire, ARP remplace le datagramme par un message ARP
- Quand le destinataire n'appartient pas au réseau local :
  - soit le routeur répond à la demande ARP (PROXY ARP)
  - soit personne ne répond, la station A considère que le destinataire appartient à un réseau par défaut
  - utilisation des tables de routage

## RARP (RFC 903)

- Le protocole RARP (Reverse Address Resolution Protocol) permet à une machine de trouver son adresse IP, étant donnée son adresse physique : cas du démarrage d'une station de travail sans disque dur
  - ① La station demande : Voici mon adresse Ethernet. Quelqu'un connaît-il mon adresse IP ?
  - ② Le serveur RARP capte cette demande, consulte les adresses physiques dans ses fichiers de configuration et renvoie l'adresse IP correspondante



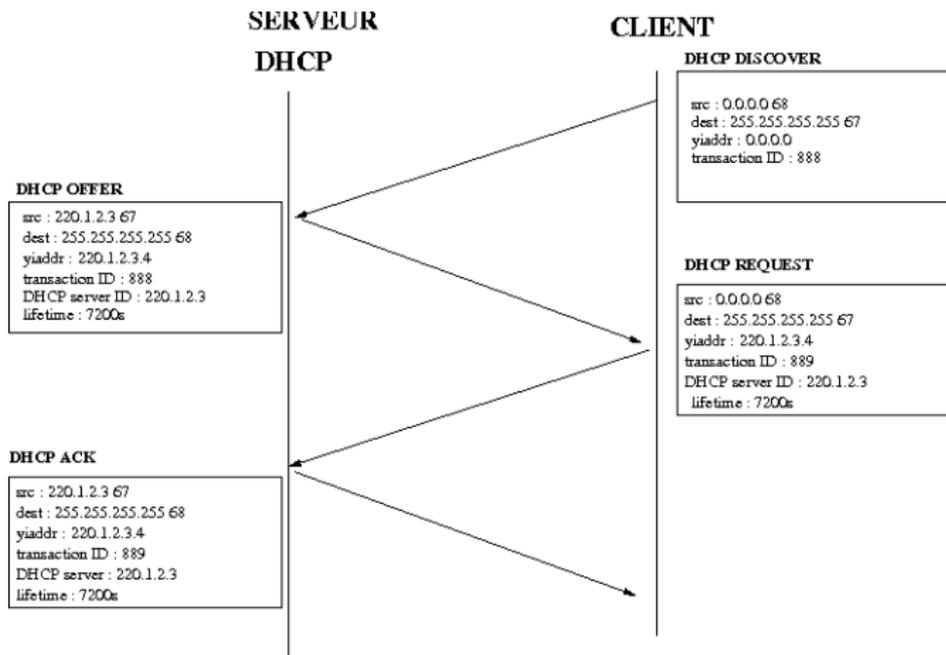
## Le protocole BOOTP (rfc 951, 1048 et 1084)

- Utilise des messages UDP qui peuvent traverser des routeurs.
- Dans la phase de démarrage, seules l'adresse IP de diffusion (255.255.255.255) et l'adresse par défaut (0.0.0.0) sont utilisées
- Permet à une machine sans disque de découvrir son adresse IP, l'adresse d'un serveur et le nom d'un fichier à charger en mémoire
- L'opération de *bootstrap* est composée de 2 phases :
  - ① Détermination de l'adresse IP et sélection du fichier de boot
  - ② Transfert du fichier : protocole TFTP (Trivial FTP)

# Le protocole DHCP

- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) est basé sur BOOTP
- BOOTP pré-configure les adresses IP dans la base de données du serveur
- DHCP permet l'allocation dynamique des adresses réseaux et des configurations des nouveaux nœuds
- DHCP permet la réallocation des adresses IP par un mécanisme de *leasing*

# Le protocole DHCP



## 4 La couche Réseaux et le Routage

- La couche réseau
- Services offerts
- Adressage IP
- Le routage statique et IP
- Correspondance Adressage IP et Adressage MAC
- **Format d'un paquet IP**
- ICMP : Le compagnon de IP
- Routage dynamique et IP (introduction)
- Architecture d'un routeur CISCO

# Datagramme IP

Entête IP		Données			
Vers	HLen	TOS	Total Length		
ID		Flgs	Fragment Offset		
TTL	Protocole		Checksum		
Adresse source					
Adresse Destination					
IP Options			Padding		

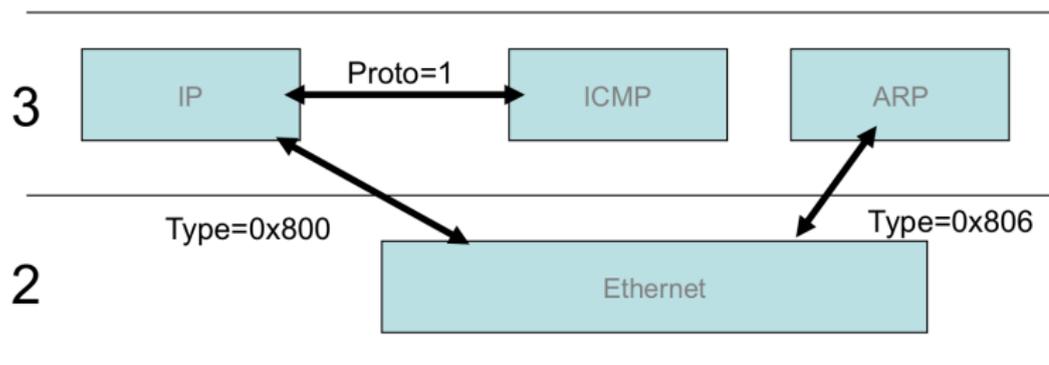
## 4 La couche Réseaux et le Routage

- La couche réseau
- Services offerts
- Adressage IP
- Le routage statique et IP
- Correspondance Adressage IP et Adressage MAC
- Format d'un paquet IP
- **ICMP : Le compagnon de IP**
- Routage dynamique et IP (introduction)
- Architecture d'un routeur CISCO

## ICMP (rfc792)

- Internet Control Message Protocol
  - Messages d'indication d'erreur
  - Messages de demandes
- Implanté sur tous les équipements IP
- Message envoyé par l'équipement destinataire ou un routeur intermédiaire
  - Problème dans un datagramme
  - Problème de routage
- Utilisé par ping

# ICMP (rfc792)



## Format d'un paquet ICMP

Type	Code	Checksum
Données Complémentaires : dépend du type		
en-tête Internet et au moins les 64 premiers bits du datagramme ayant déclenché l'émission du paquet ICMP		

- Type = 0 : réponse à une demande d'écho (ping)
- Type = 3 : destination non accessible
- Type = 5 : redirection
- Type = 8 : demande d'echo (ping)
- Type = 11 : durée de vie atteint 0

# Traceroute

- Le programme envoie un datagramme IP avec le champ TTL à 1 vers la machine destination
  - Requête UDP
  - Requête ICMP Echo Request
- Le premier routeur envoie un message ICMP "time exceeded"
- Traceroute envoie un datagramme avec un TTL de 2 et ainsi de suite

# Traceroute

## Comment déterminer quand la destination est atteinte ?

- En réponse à une requête UDP
  - Traceroute envoie des datagrammes UDP avec un numéro de port improbable
  - Le module UDP de la machine destination envoie un message d'erreur ICMP "port inaccessible"
  - Traceroute doit alors différencier les types de messages ICMP reçus
- En réponse à une requête Echo Request
  - La machine destination envoie un message Echo Reply

## 4 La couche Réseaux et le Routage

- La couche réseau
- Services offerts
- Adressage IP
- Le routage statique et IP
- Correspondance Adressage IP et Adressage MAC
- Format d'un paquet IP
- ICMP : Le compagnon de IP
- **Routage dynamique et IP (introduction)**
- Architecture d'un routeur CISCO

# Algorithmes de routage dynamique

## Deux algorithmes

- Vecteur de distance
  - Un nœud dit à ses voisins sa distance par rapport à tous les autres nœuds du réseau
- État de liaison
  - Un nœud dit à tous les autres nœuds du réseau sa distance par rapport à ses voisins

# Protocoles de routages

## Protocoles intérieurs

- RIP (Routing Information Protocol) est un protocole à vecteur de distance
- OSPF (Open Shortest Path First Protocol) : protocole à état de liaison recommandé pour remplacer RIP :
  - Load-balancing
  - Authentification
  - Hiérarchie : les domaines sont partitionnés en area

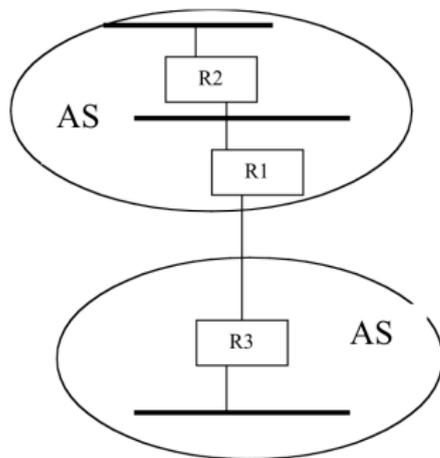
# Protocoles de routages

## Protocoles extérieurs

- EGP (Exterior Gateway Protocol) est un protocole à vecteur de distance
- BGP-4 (Border Gateway Protocol version 4) est un protocole à vecteur de chemin où les vecteurs de distance sont annotés. BGP utilise TCP pour communiquer

## Structuration en système autonomes

- L'Internet est découpé en systèmes autonomes (AS) comprenant chacun un ensemble de routeurs sous une administration unique
- Ces systèmes sont connectés par des routeurs appelés Gateways Externes
- La table de routage est proportionnelle au nombre de routeurs dans l'AS



## 4 La couche Réseaux et le Routage

- La couche réseau
- Services offerts
- Adressage IP
- Le routage statique et IP
- Correspondance Adressage IP et Adressage MAC
- Format d'un paquet IP
- ICMP : Le compagnon de IP
- Routage dynamique et IP (introduction)
- Architecture d'un routeur CISCO

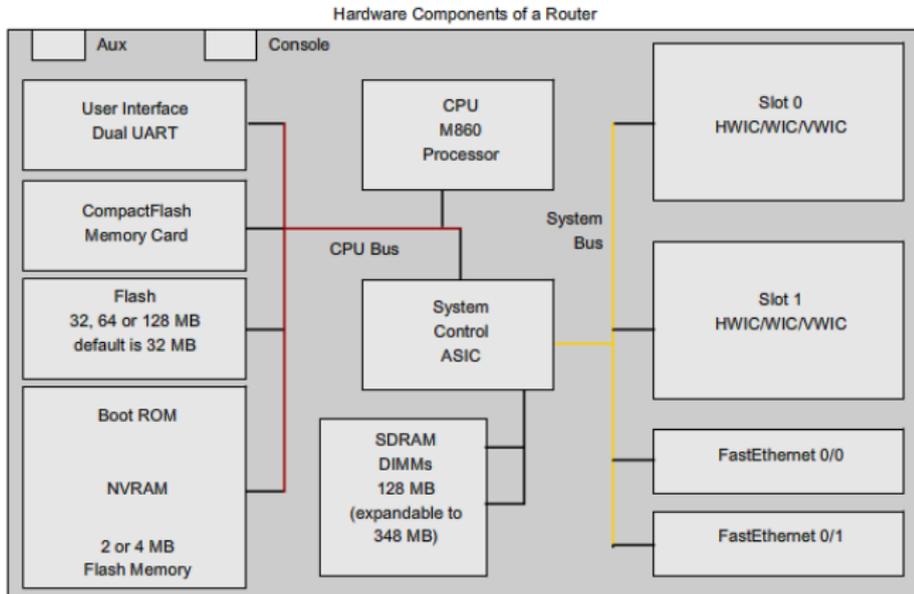
## Vue extérieure d'un routeur



## Vue interne d'un routeur

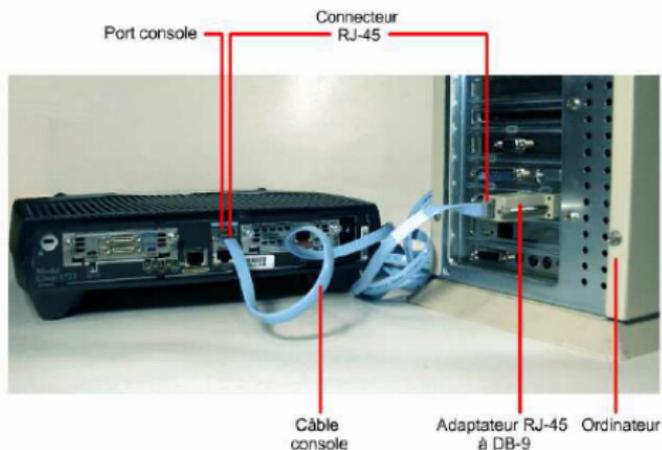


## Lien entre les composants

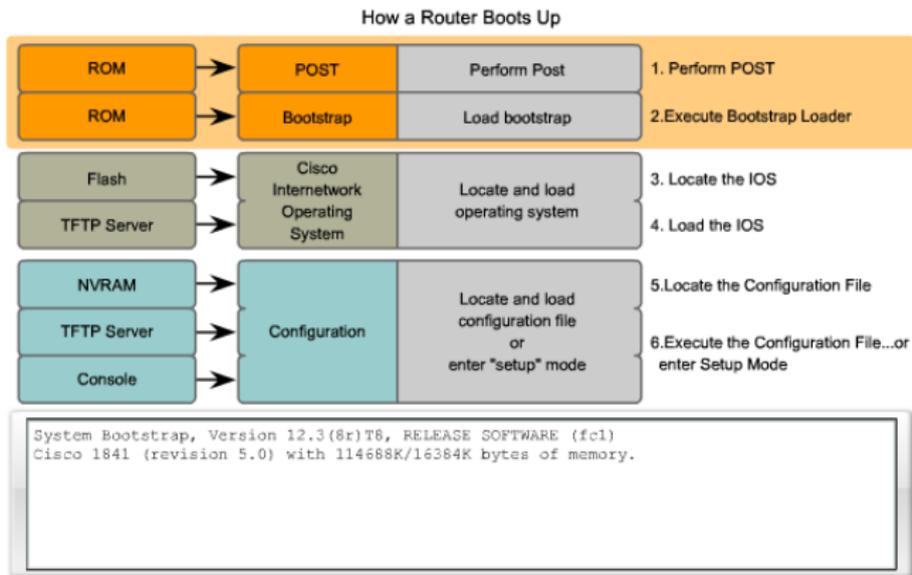


Logical diagram of the Internal Components of a Cisco 1841 router  
Roll over the components to see a brief description.

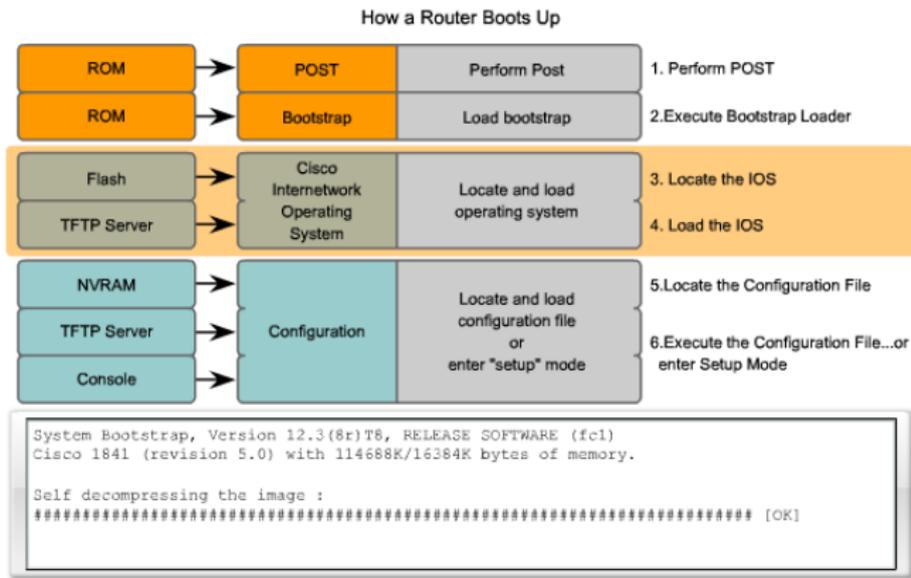
## Accéder au routeur via l'interface console



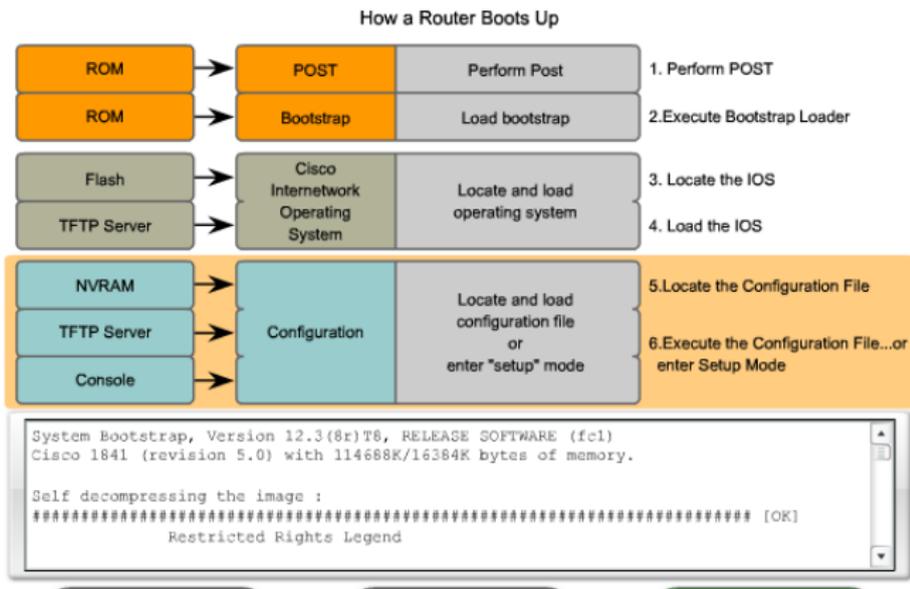
# Phase 1 de démarrage du routeur



## Phase 2 de démarrage du routeur



## Phase 3 de démarrage du routeur



## Fin du démarrage

## How a Router Boots Up

```

Router#show version
Cisco Internetwork Operating System Software
IOS (tm) C2600 Software (C2600-I-M), Version 12.2(28), RELEASE SOFTWARE (fc5)

Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport
Copyright (c) 1986-2005 by cisco Systems, Inc.
Compiled Wed 27-Apr-04 19:01 by miwang
Image text-base: 0x8000808C, data-base: 0x80A1FECC

ROM: System Bootstrap, Version 12.1(3r)T2, RELEASE SOFTWARE (fc1)

CDATA[Copyright (c) 2000 by cisco Systems, Inc.
ROM: C2600 Software (C2600-I-M), Version 12.2(28), RELEASE SOFTWARE (fc5)
System returned to ROM by reload
System image file is "flash:c2600-i-mz.122-28.bin"
cisco 2621 (MPC860) processor (revision 0x200) with 60416K/5120K bytes of memory.

Processor board ID JAD05190M7Z (4292891495)
M860 processor: part number 0, mask 49
Bridging software.
X.25 software, Version 3.0.0.

2 FastEthernet/IEEE 802.3 interface(s)
2 Low-speed serial(sync/async) network interface(s)

32K bytes of non-volatile configuration memory.
16384K bytes of processor board System flash (Read/Write)

Configuration register is 0x2102
Router#
  
```

Annotations on the left side of the screenshot:

- IOS version
- Bootstrap version
- Model and CPU
- Amount of RAM
- Number and type of interfaces
- Amount of NVRAM
- Amount of Flash

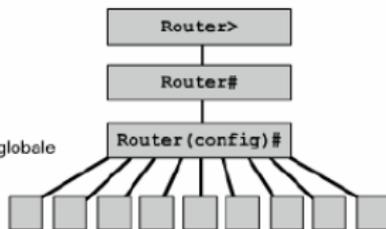
# Modes de configuration

• Mode utilisateur

• Mode privilégié

• Mode de configuration globale

• Modes de configuration spécifiques



Mode de configuration	Invite
Interface	<code>Router (config-if)#</code>
Sous-interface	<code>Router (config-subif)#</code>
Ligne	<code>Router (config-line)#</code>
Routeur	<code>Router (config-router)#</code>