

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**

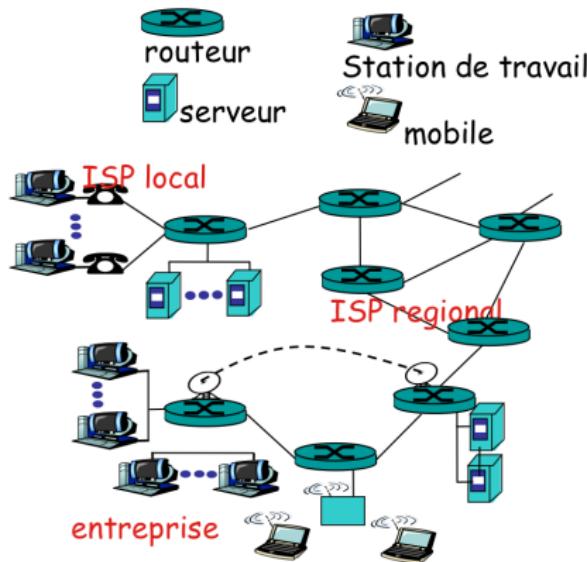
- Couches
- Protocoles
- Modèles

- 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

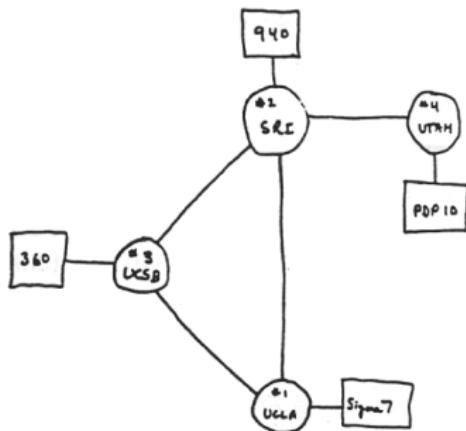


ISP : Internet Service Provider
(Fournisseur d'accès internet)

Pearing : Un opérateur utilise le réseau d'un autre

- 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

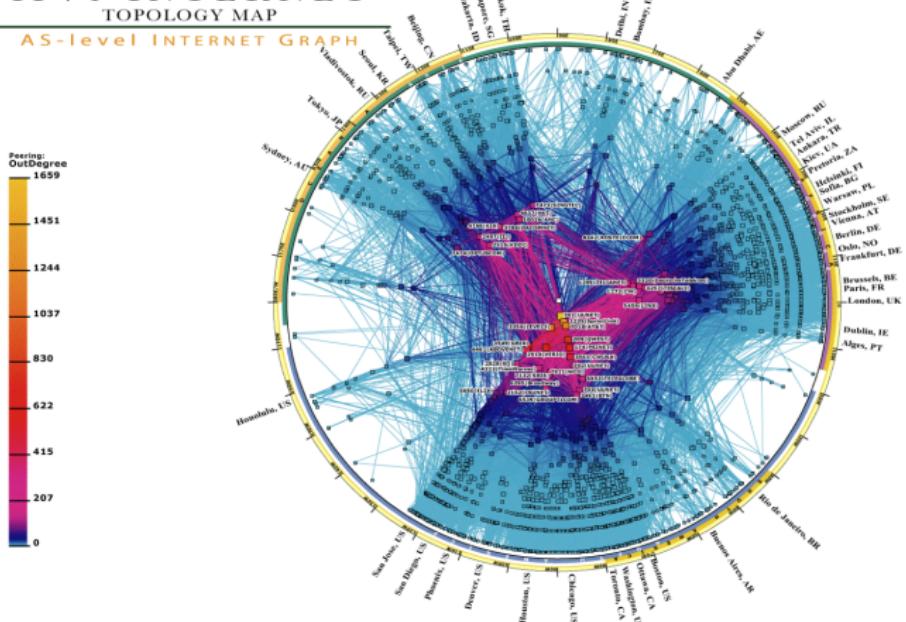
DEC 1969

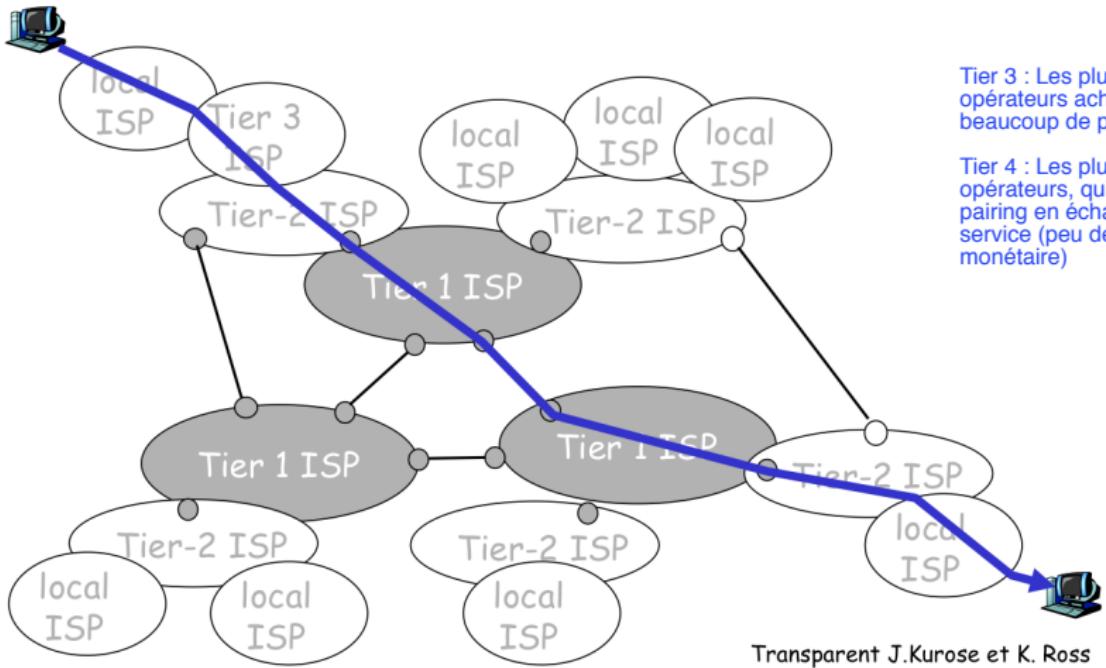
4 NODES

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

IPv4 INTERNET TOPOLOGY MAP

AS-level INTERNET GRAPH





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'extrême

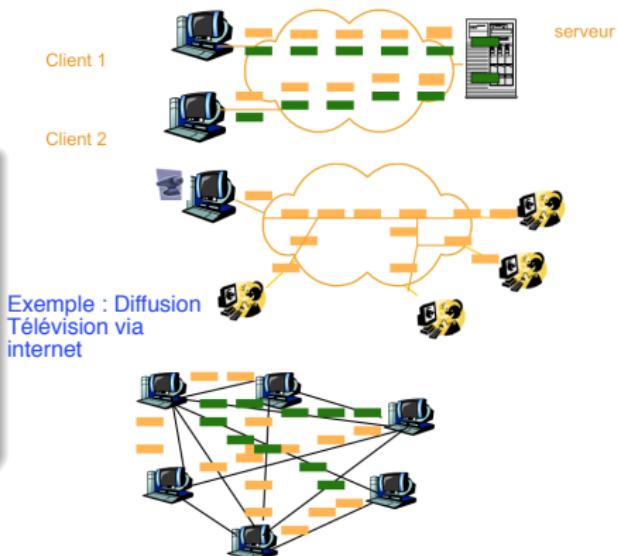
Système terminal (hôte)

- Modèle client/serveur
- Modèle communication de groupe

Abonnement à un contenu, une fois achevé, les paquets sont emmenés aux destinataires.
- Modèle pair-à-pair (peer to peer)

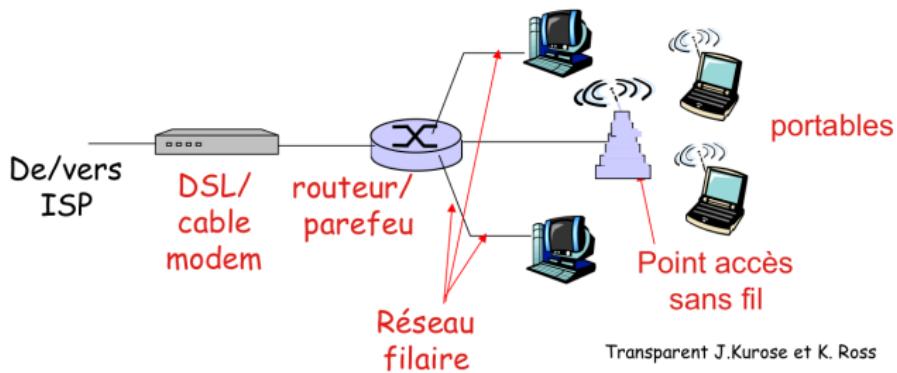
Développé avec Napster
Meilleurs passage à l'échelle

Exemple : Diffusion
Télévision via
internet



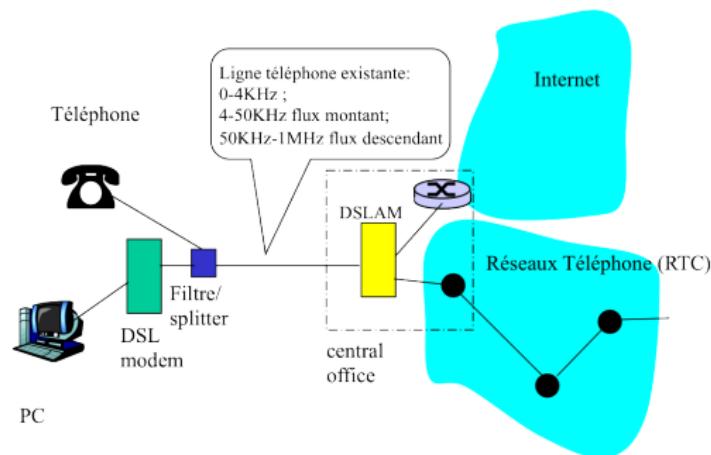
Modèle de communication de groupe = multicast en anglais

Composants d'un réseau d'extrême : réseau domestique



Routeur : changement physique de donnée
Changement de protocole comme ADSL -> ethernet

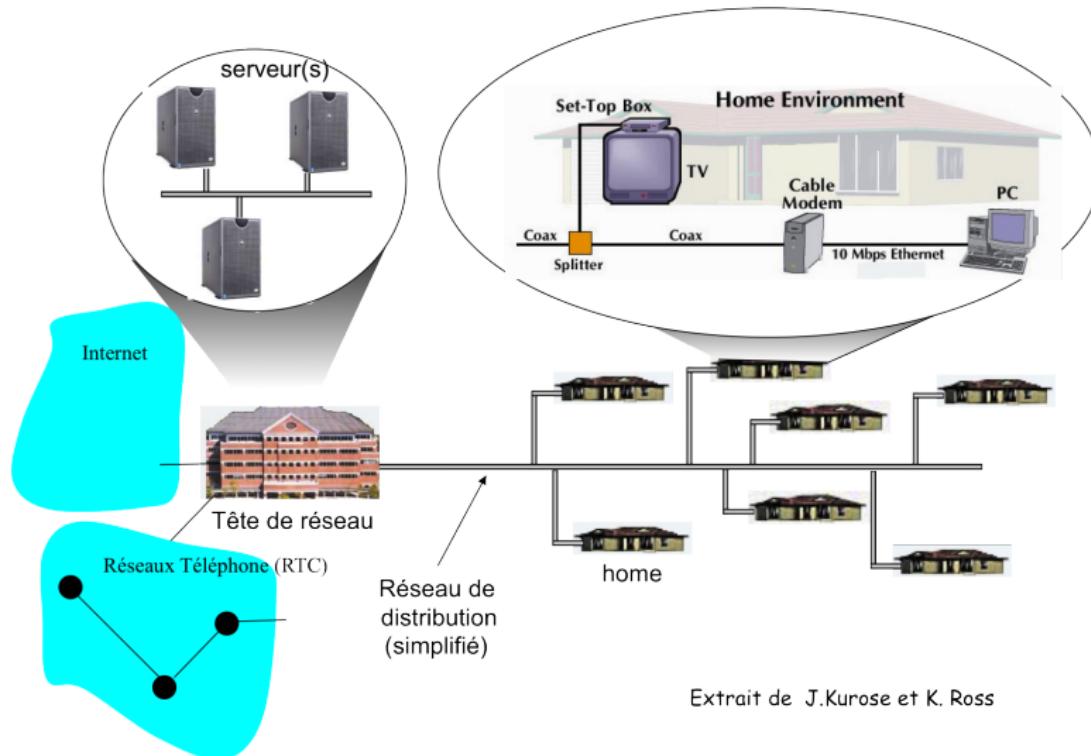
ADSL : Asymmetric Digital Subscriber Line



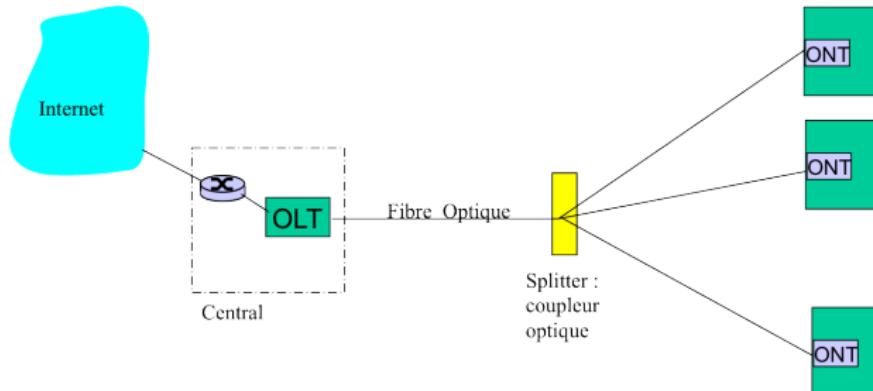
Extrait J.Kurose et K. Ross

Cable Modem

Cable Coaxial : Surtout utilisé aux USA



FTTH : Fiber-To-The-Home



OLT : Optical Link Terminal

ONT : Optical Network Terminal

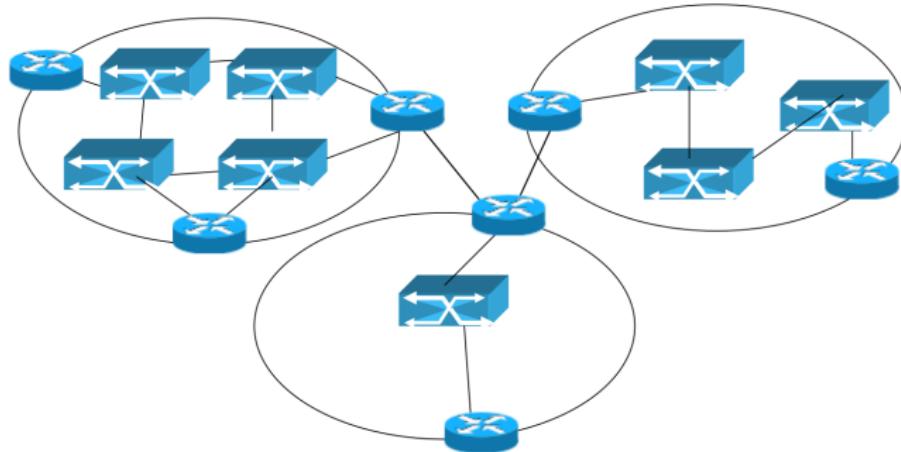
Extrait de J.Kurose et K. Ross

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

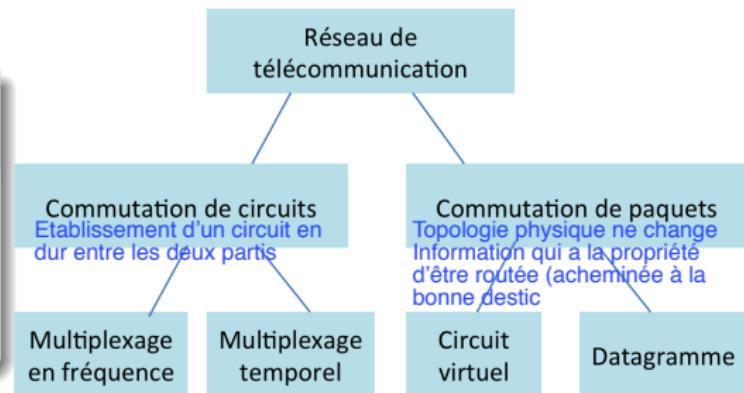
- Ensemble de nœuds interconnectés
- Transfert des données à travers le réseau ?



Transfert des données à travers le réseau

Deux approches basées sur la commutation

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

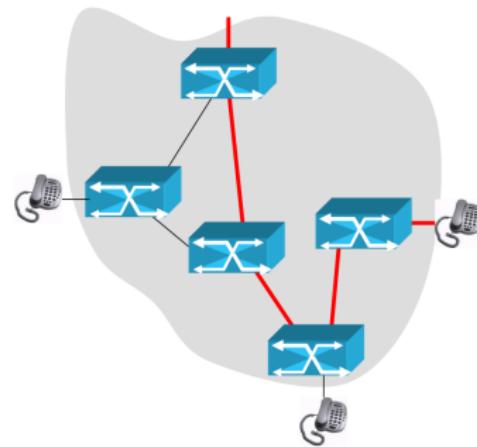


Réseaux à commutation de circuit

- 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

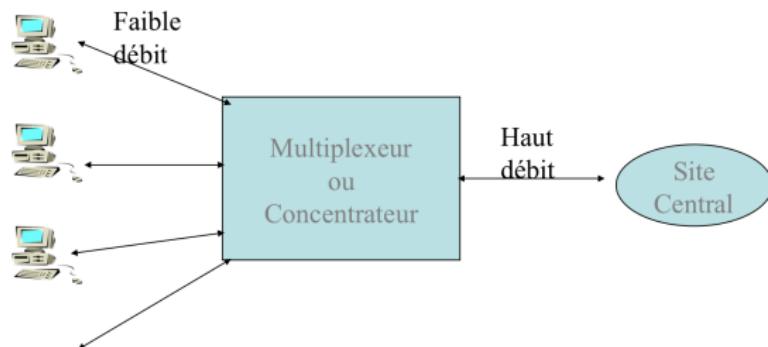
Un circuit est implanté

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



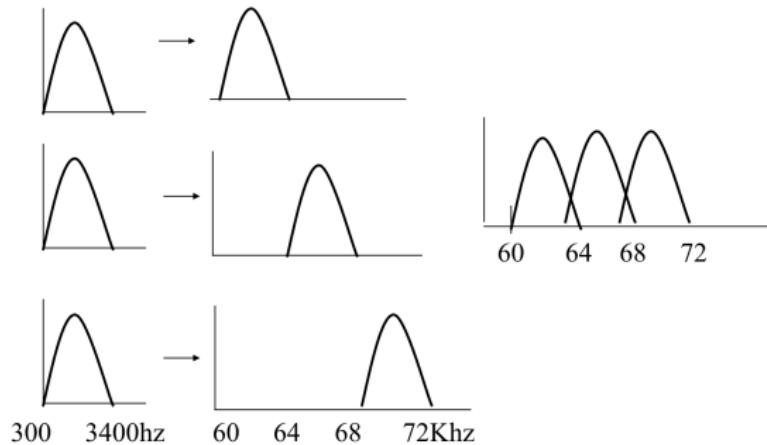
Multiplexage dans un réseau

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



Multiplexage fréquentiel

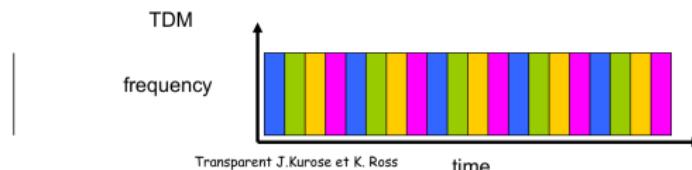
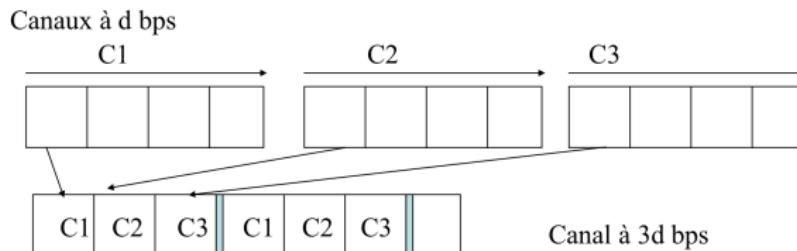
- MRF (Multiplexage par Répartition de Fréquence)
- FDM (Frequency Division Multiplexing)



La réseau dédie une bande de fréquence pour chaque communication

Multiplexage temporel

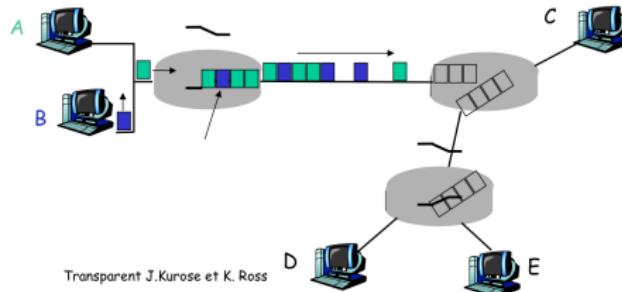
- MRT (Multiplexage à Répartition dans le Temps)
- TDM (Time Division Multiplexing)



Le temps est divisé en *trames* de durée fixes. La 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

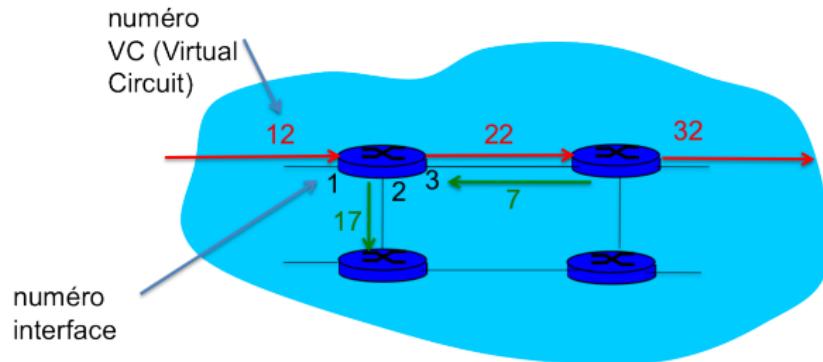
Datagramme

- 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 :
 - $\text{KB} = 2^{10}$ octets
 - $\text{Mbit/s} = 10^6$ bits par seconde

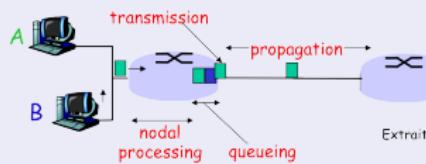
Exercice

- 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 Ei ($i=1,2,3,4,5$). La trame E1 est divisée en 30 Its (Intervalles de Temps Élémentaires) définissant des espaces temporels sur 8 bits réservées 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 E1 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)



Extrait de J.Kurose et K.Ross

Performance

Importance relative du débit et de la latence

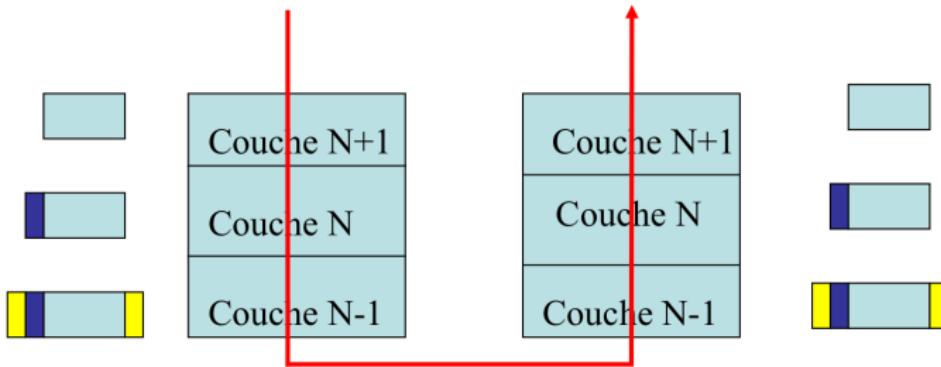
- petit message (e.g., 1 octet) : 1ms vs 100ms
- grand message (e.g., 25 MB) : 1Mbit/s vs 100Mbit/s plus important que 1ms vs 100ms
- produit débit par délai = ??
- Exemple : temps de propagation 100ms et 45Mbit/s de débit soit ?? de données (en KB)

1 Introduction et architecture

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

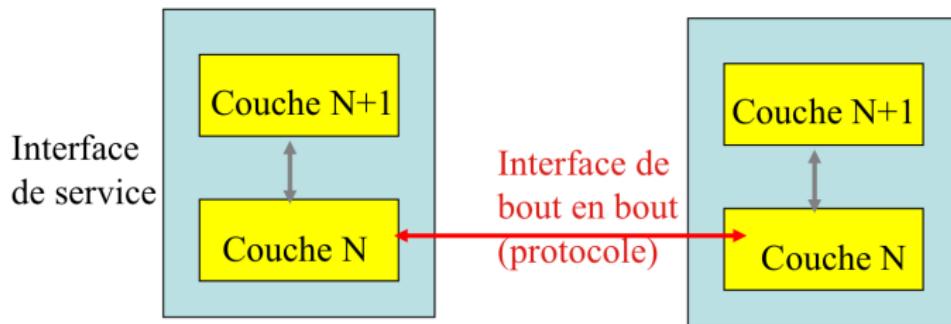
Le concept de Couches

Les machines de la couche N-1 ne va discuter qu'avec des machines de la couche N-1, c'est pareil avec les couches N et N+1



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

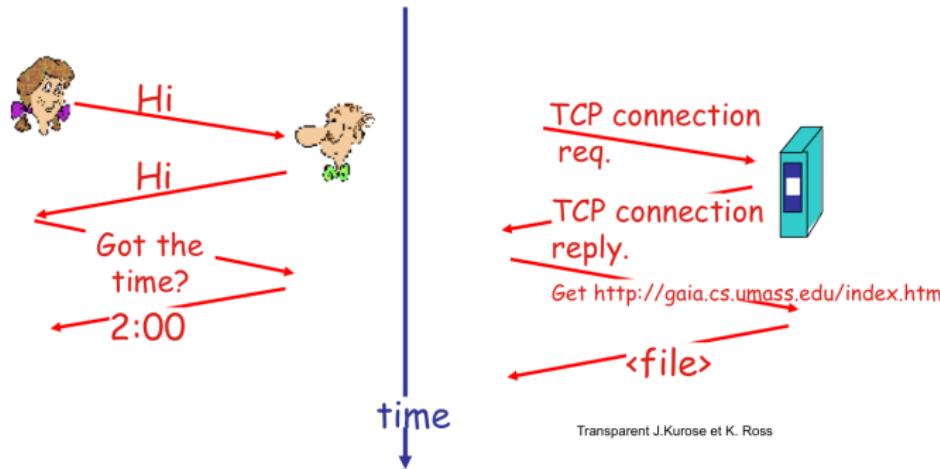
Le concept de Protocoles



- 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

Un protocole est une manière de communiquer qui est connue des deux parties



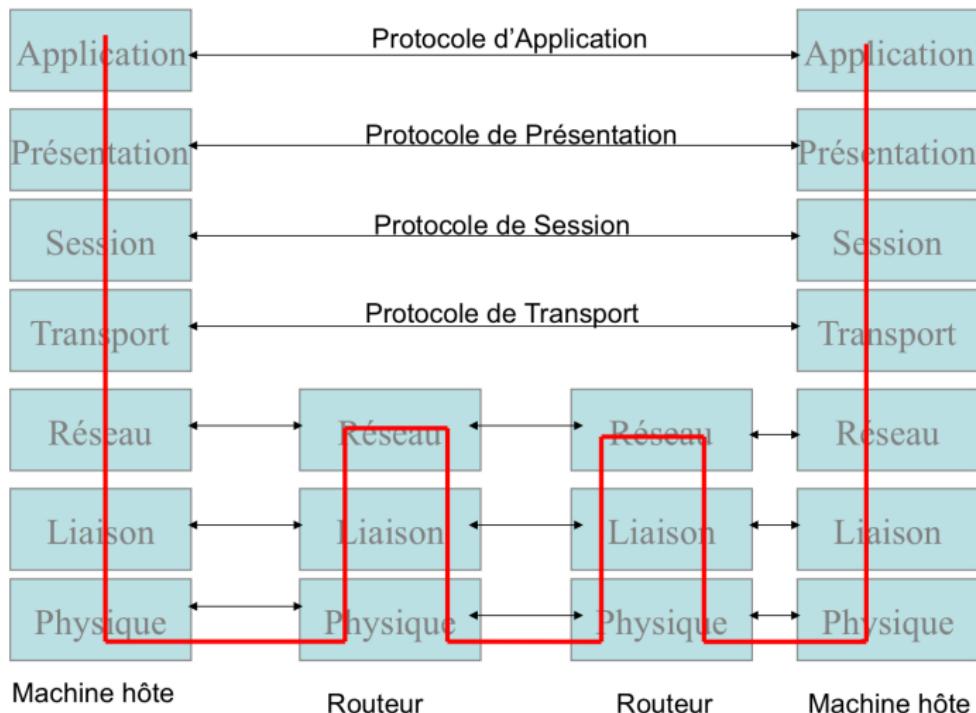
Deux catégories de protocoles

- Les protocoles orientés connexion Ex : TCP
 - 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

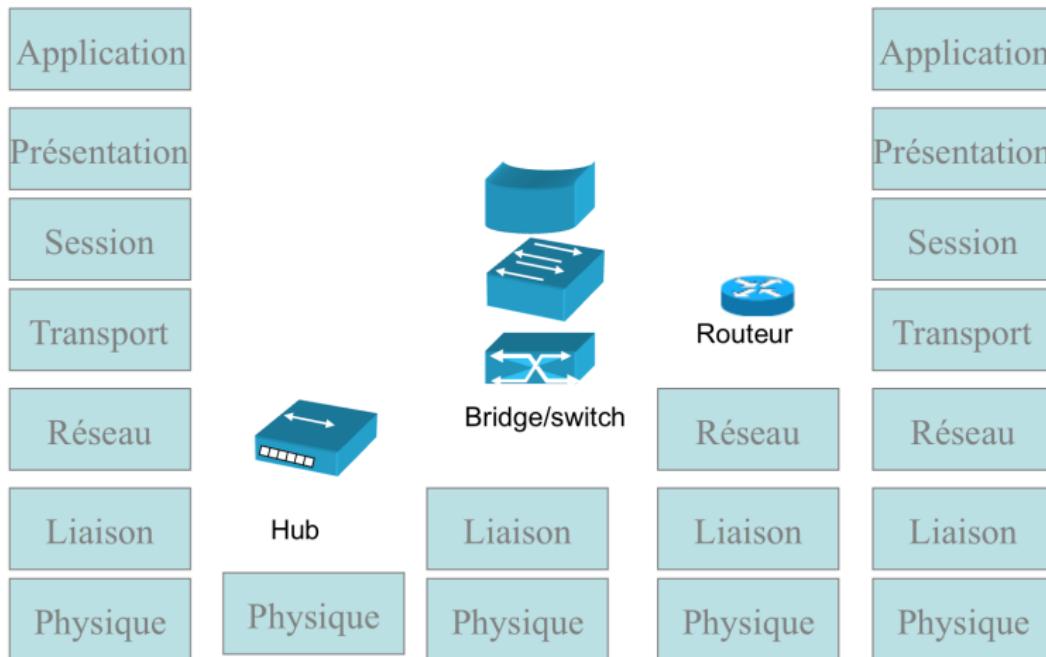
- Détection et éventuellement correction des erreurs
- Peut s'occuper de gérer les trames d'acquittement renvoyées par le récepteur.
- Régulation du trafic par un mécanisme de contrôle de flux.
- Les réseaux à diffusion ont un problème spécifique à régler au niveau de la couche liaison de données : celui 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.

Eléments d'interconnexion



Eléments d'interconnexion

Couche 1

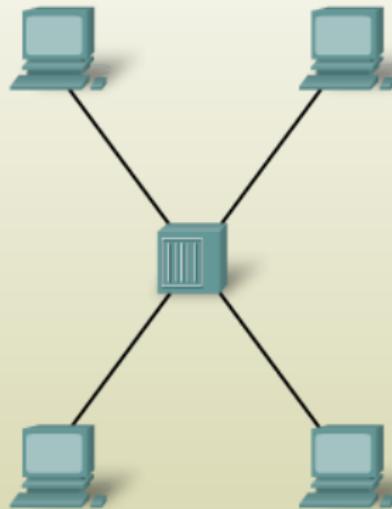
- Répéteur
 - Régénère et amplifie les signaux
- Concentrateur/hub
 - Concentre les connexions

Couche 2

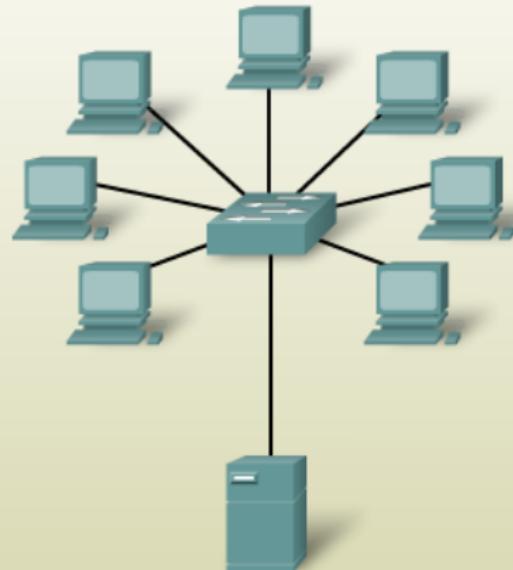
- Pont/bridge
 - Mécanisme reliant deux réseaux de même nature entre eux : ponts transparents
 - Avec fonctions de passerelles : ponts dits à translation
- Commutateur/switch
 - Pont transparent multi-ports

Eléments d'interconnexion

Small LAN using a hub



LAN using a switch



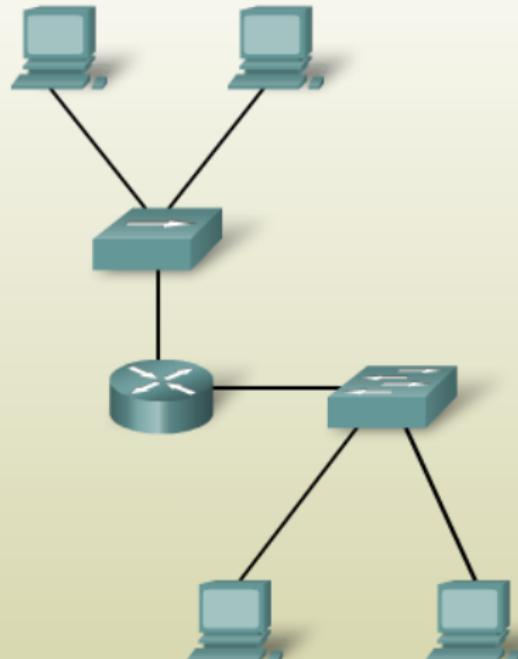
Eléments d'interconnexion

Couche 3

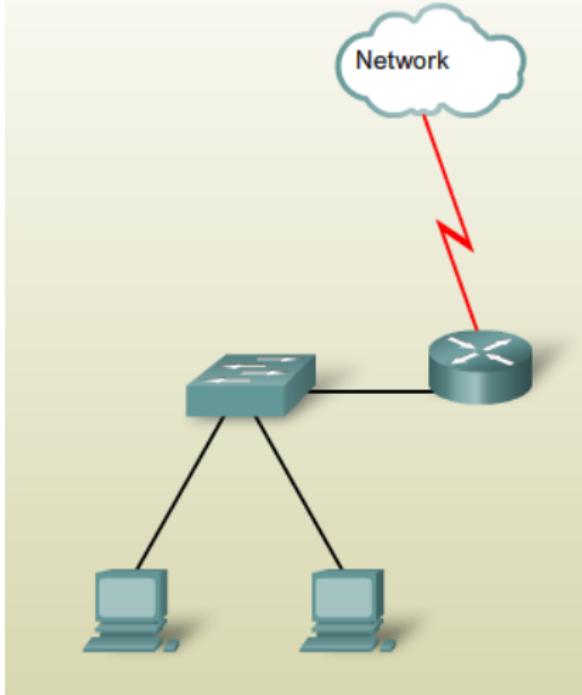
- Passerelle/gateway
 - Mécanisme reliant deux réseaux n'étant pas forcément de même nature ni de même protocole
 - Assimilé aux routeurs
- Routeur
 - A pour fonction de relier deux réseaux et d'utiliser des tables de routage

Eléments d'interconnexion

Router interconnecting two LANs



Router interconnecting a LAN and a WAN

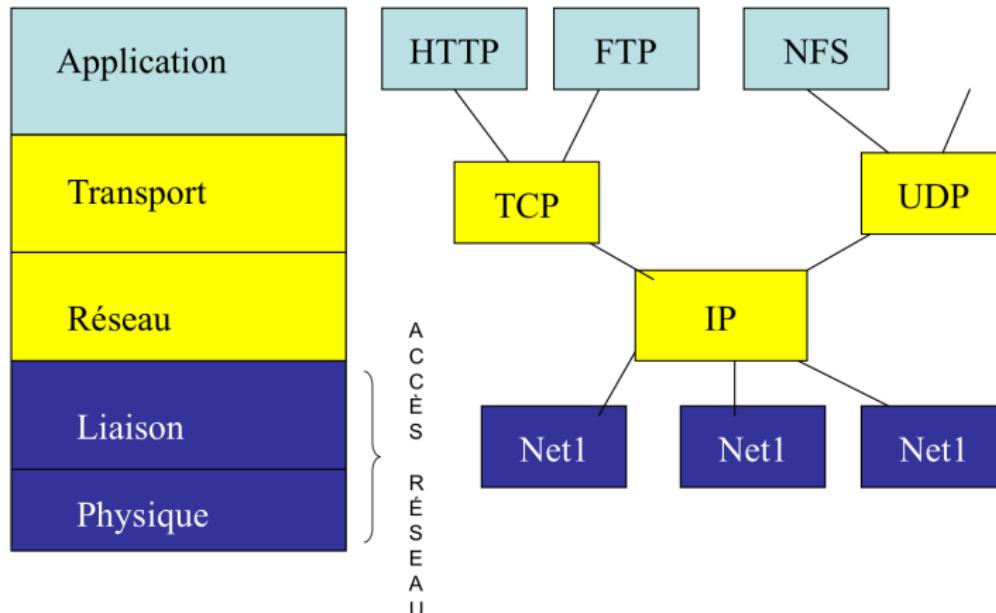


Le modèle Internet

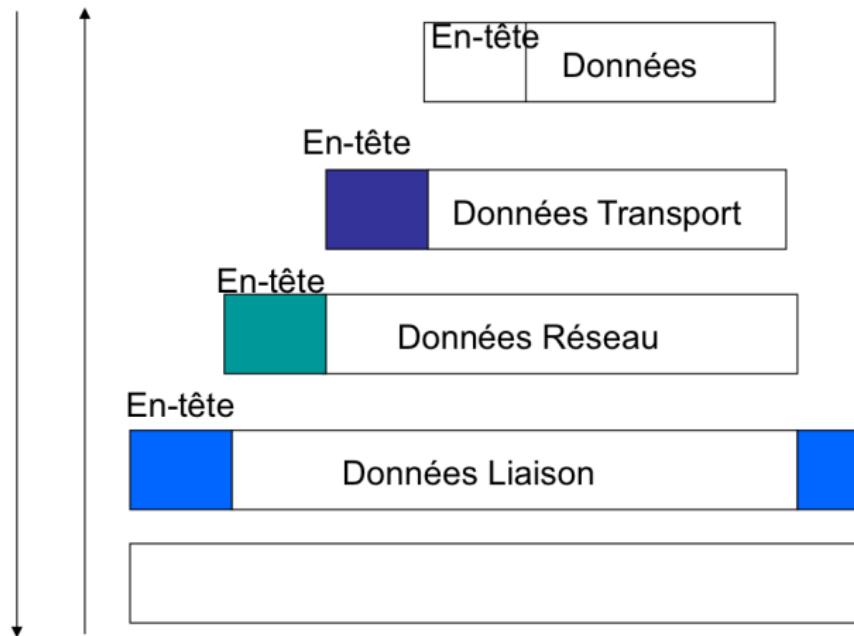
I E T F (Internet Engineering Task Force)

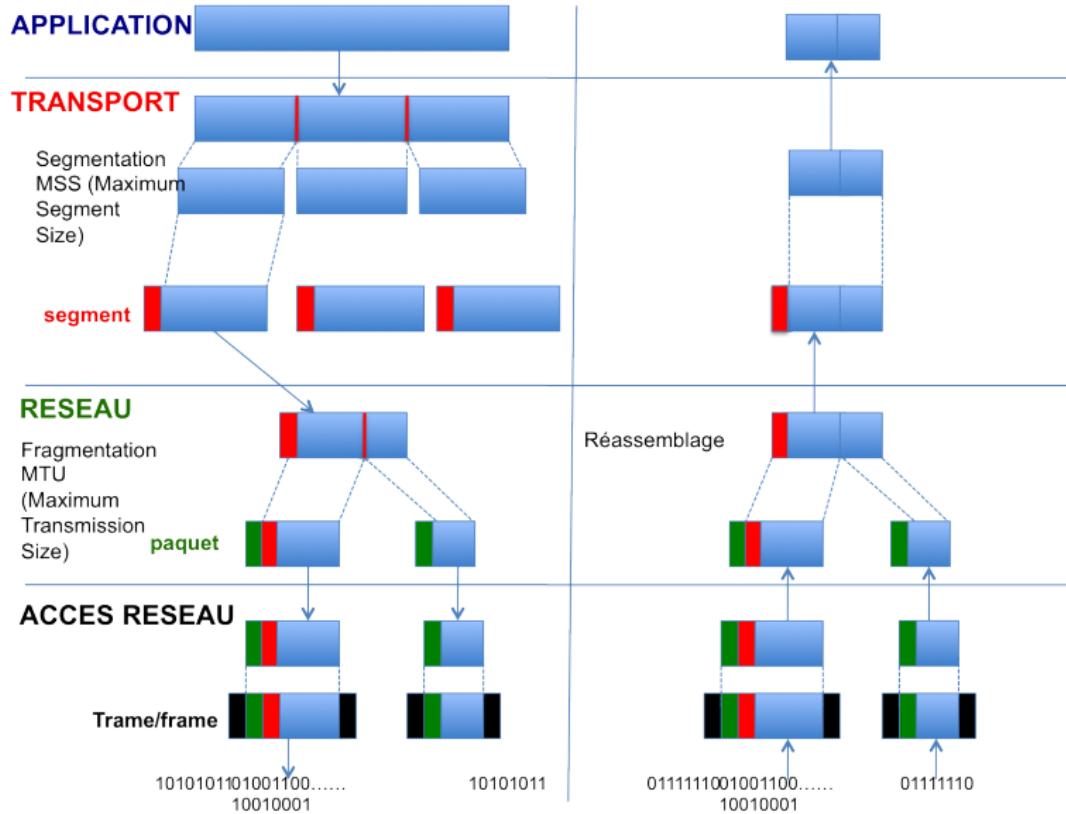
- Application et Protocoles d'application (FTP/HTTP)
- Caractéristiques
 - n'implique pas forcément un strict découpage en couche
 - conception et implantation rapide

Le modèle Internet

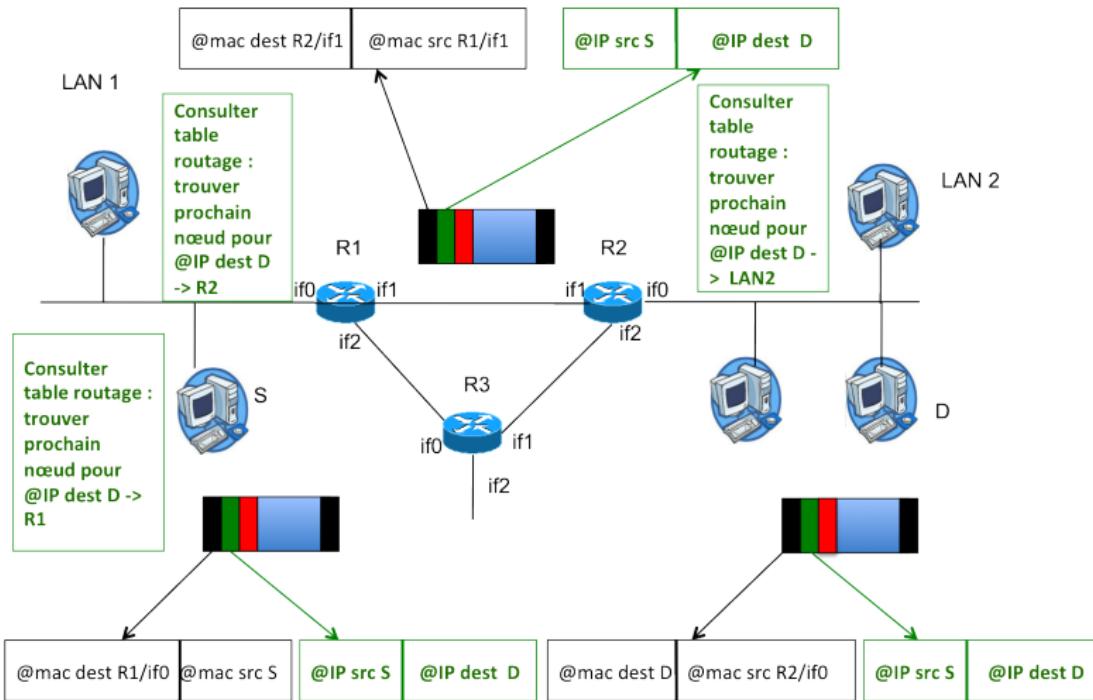


Encapsulation





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) Version européenne
- 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
 - 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

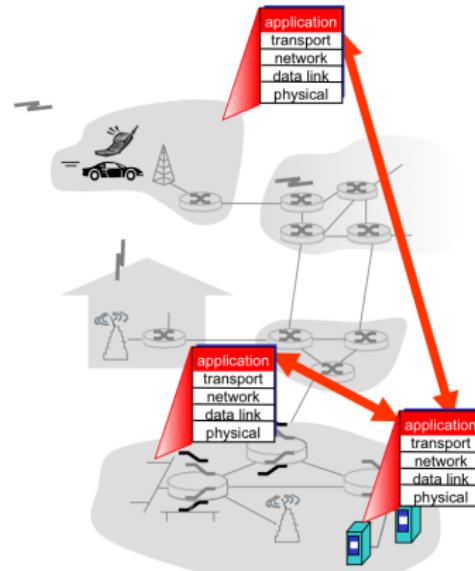
2 Applications

- 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.

Il s'agit de la couche contenant toutes les différentes nouveautés

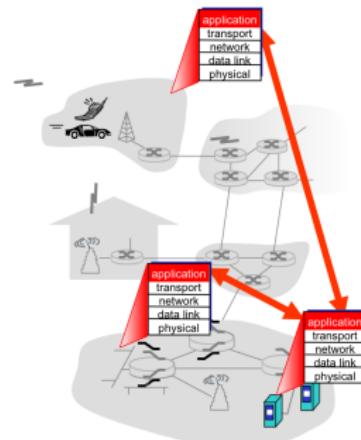


Transparent J.Kurose et K. Ross

Application Web

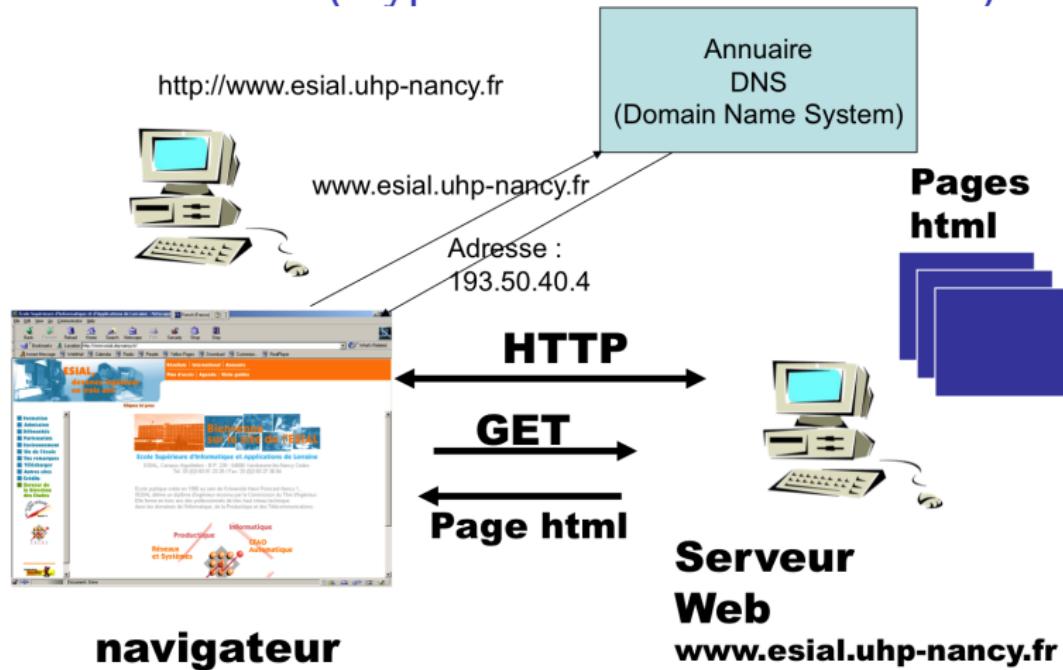
www : World Wide Web

- Projet initié en 1989 au CERN par Tim 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

Maintenant HTTP / 2 : Avantage Streaming : Plusieurs get envoyé en même temps dans n'importe quel ordre

HTTP : Port 80, HTTPS : Port 443

Application Telnet

`telnet hostName [port]`

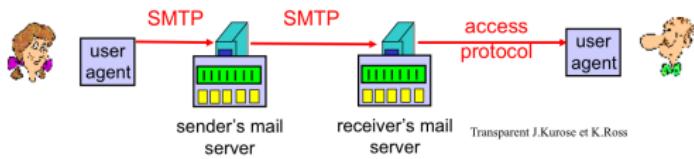
`telnet neptune.esial.uhp-nancy.fr`
`telnet www.esial.uhp-nancy.fr 80`

- 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

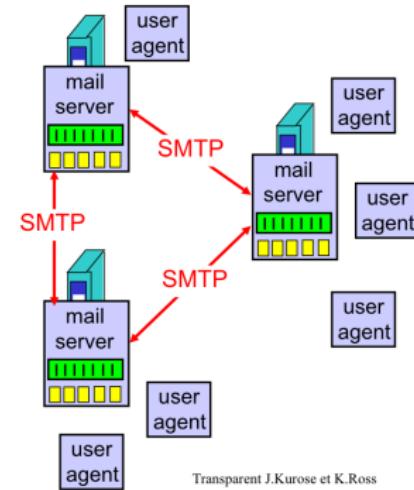
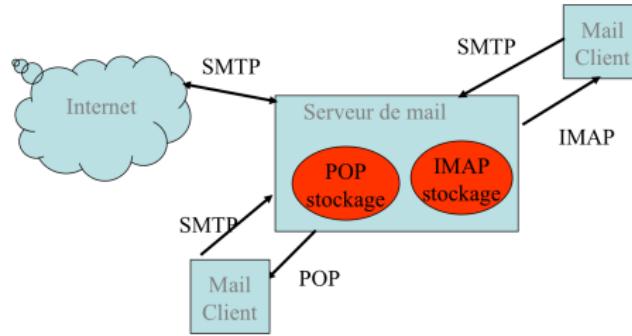
Préférer ssh à telnet pour ouvrir une session distance car sécurisée.

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,...



Messagerie

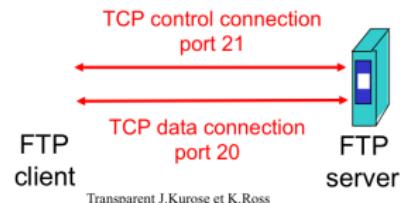
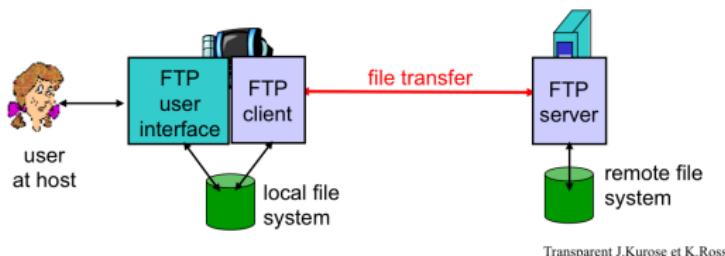


Transparent J.Kurose et K.Ross

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

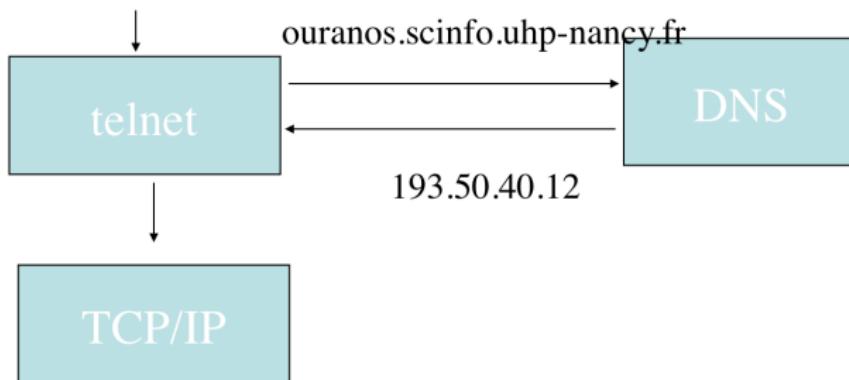


DNS (Domain Name System)

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.

utilisateur



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

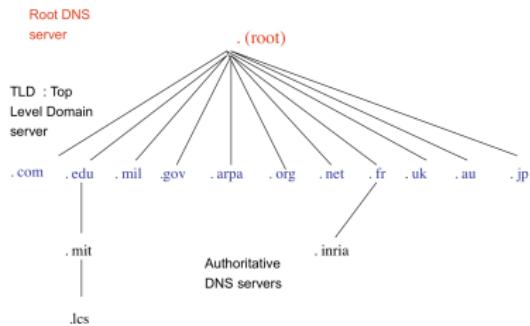
Le DNS est constitué

- 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

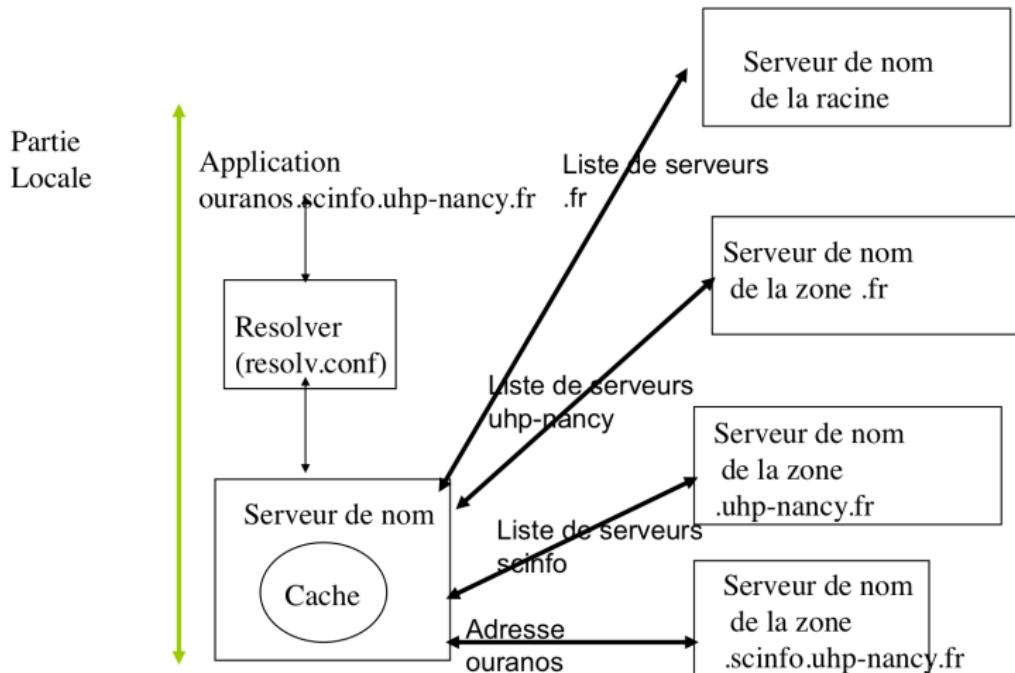
Doit connaître l'adresse IP du serveur de nom

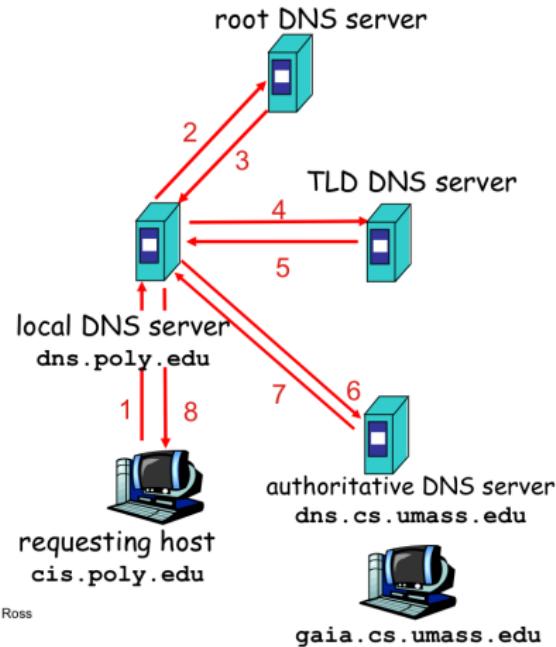
- Automatisation avec DHCP
- Panneau de configuration sous NT
- /etc/resolv.conf sous UNIX

```
■ Telnet - soyotte
Connecter Edition Terminal 2
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      6Mar01 121days 98:06 36:13 /usr/dt/bin/dtfile -geometr
+70
ichris    pts/3      6Mar01 4days   58      /bin/tcsh
ichris    pts/4      4:36pm          v

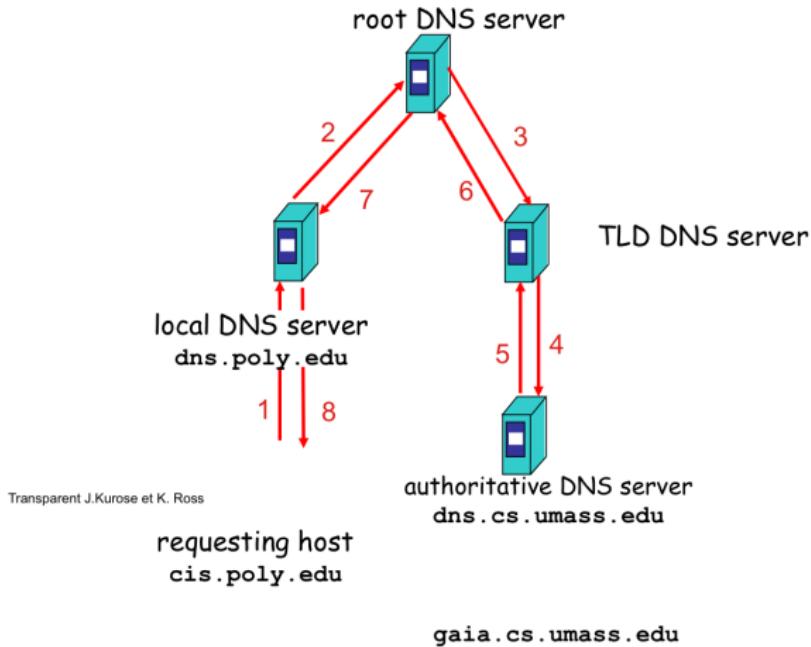
IMPORTANT: pour eviter les piratages, changer TOUT DE SUITE votre
mot de passe en utilisant la commande passwd.
Choisissez un mot de passe IMPOSSIBLE A DEVINER.
A proscrire absolument: votre nom, votre prenom, le
nom de votre equipe, le numero de votre voiture etc.
Merci...

soyotte ichris 51 % more /etc/resolv.conf
#
# Fichier resolv.conf de base pour majax (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



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)

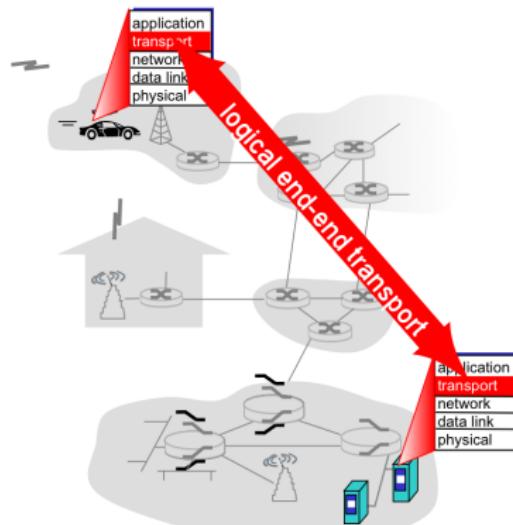
3 Transport TCP/UDP

- 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

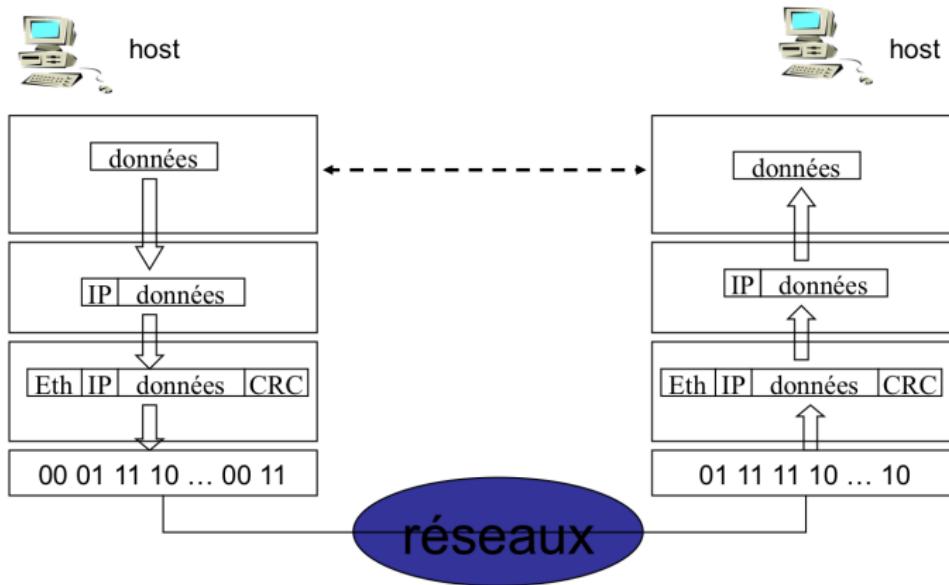
Services de bout en bout

- 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

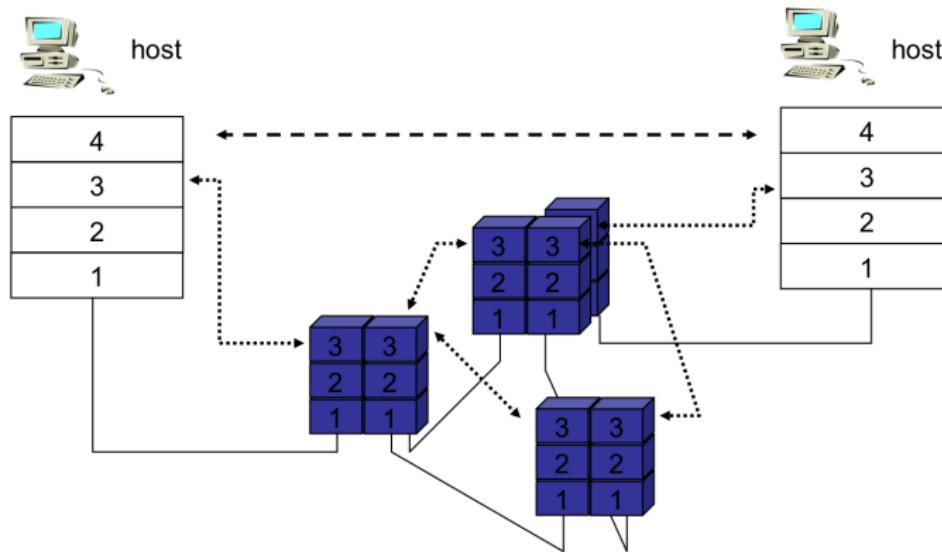


Transparent J.Kurose et K. Ross

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

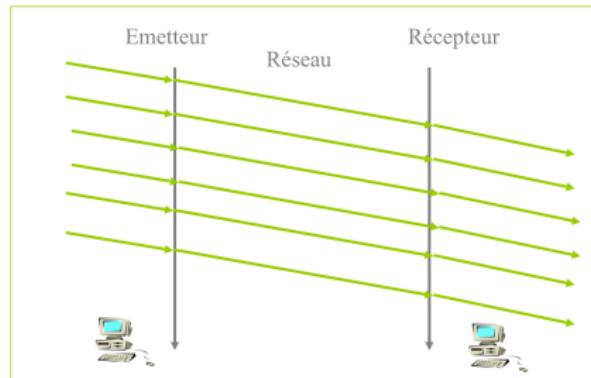
Comment ?

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

⇒ Analyse de différents protocoles

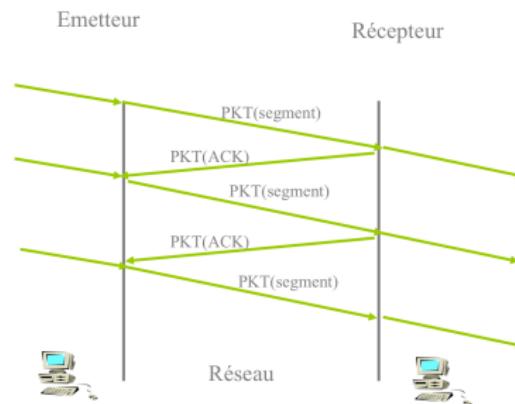
Protocole 1

- 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"

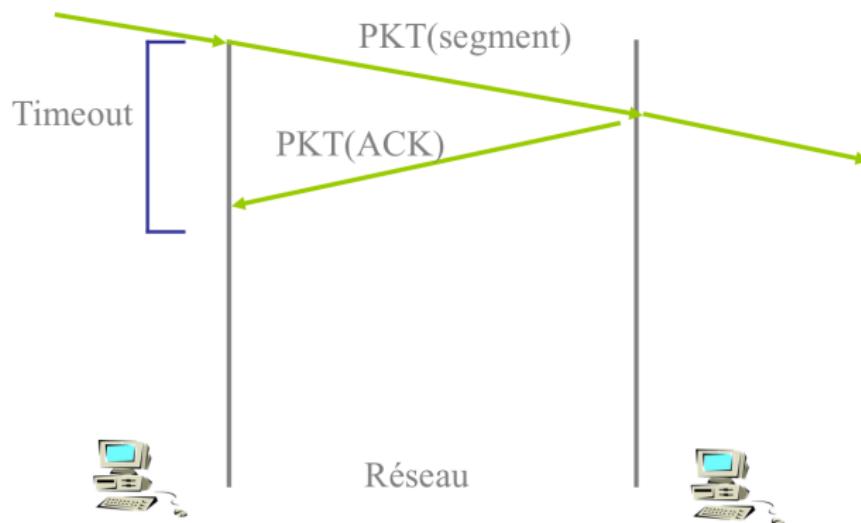


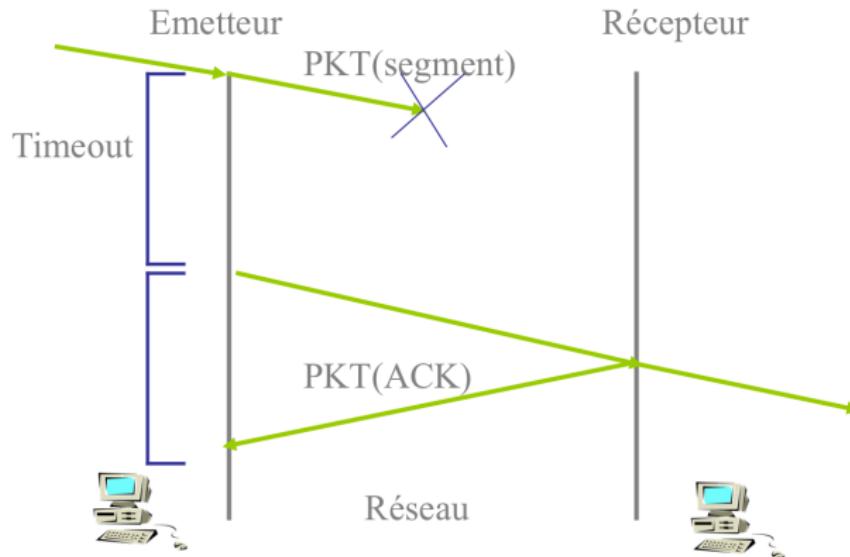
Protocole 3

- 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

Emetteur

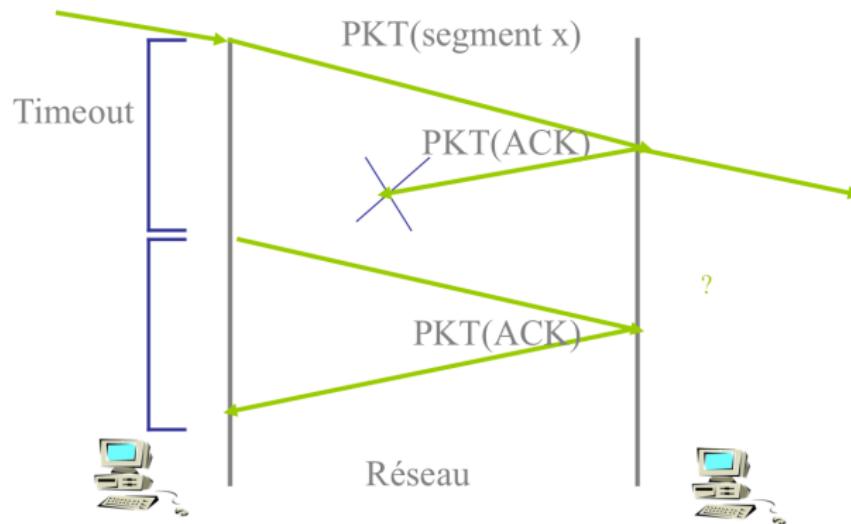
Récepteur

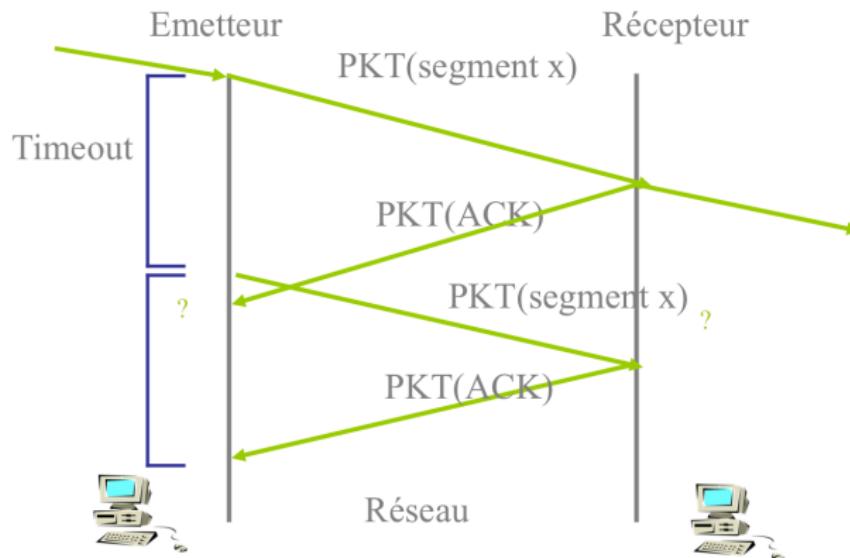


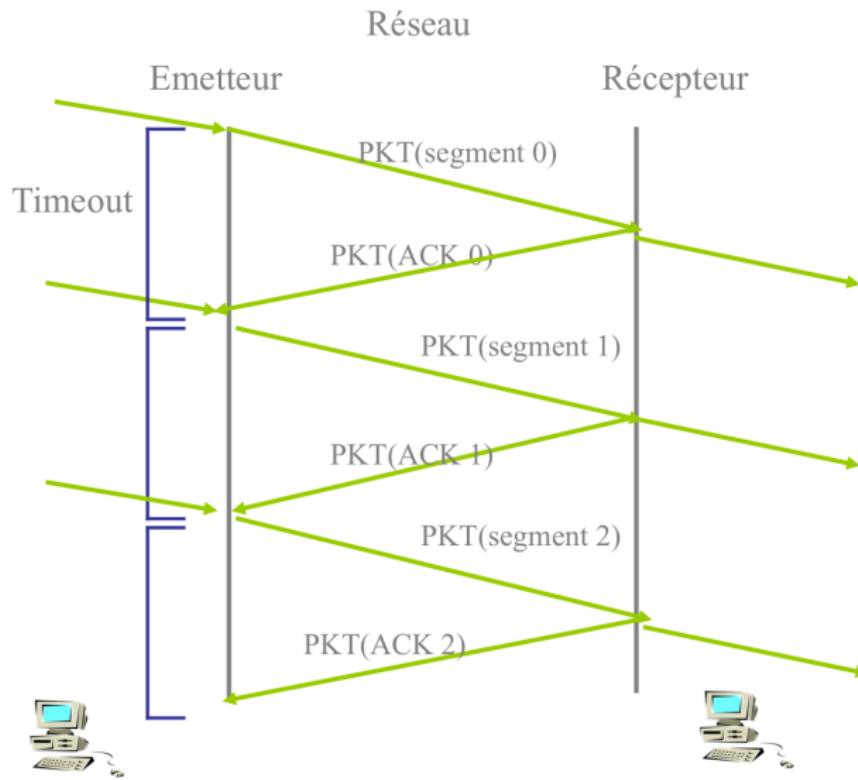


Emetteur

Récepteur





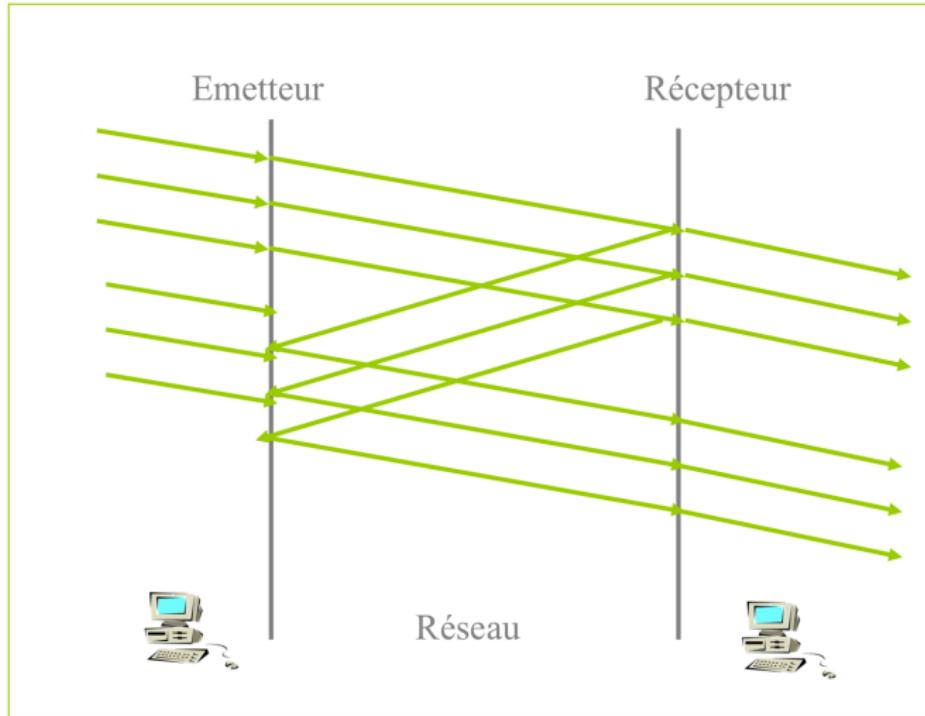


3 Transport TCP/UDP

- 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)

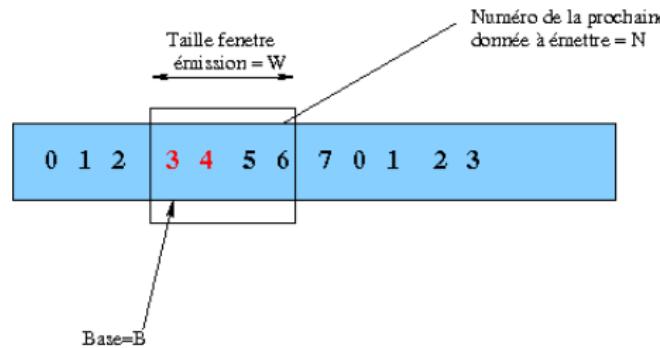


Concept de fenêtres

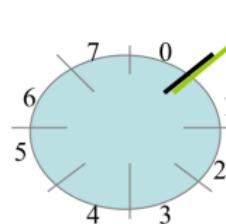
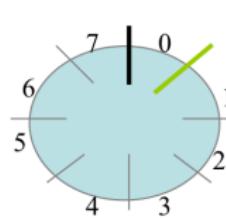
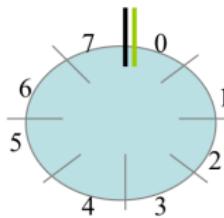
- Fenêtre d'émission
- Fenêtre de réception
- La taille des fenêtres peut être fixe ou variable

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



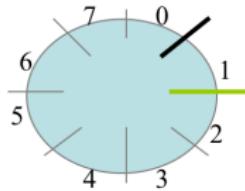
Emission avec taille fenêtre = 2



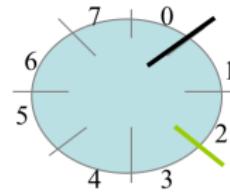
Emission : barre verte
Acquittement : Barre noire

Envoi segment 0

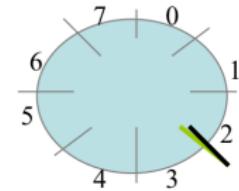
Réception ACK 0



Envoi segment 1



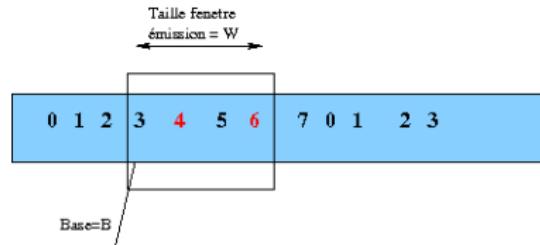
Envoi segment 2



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

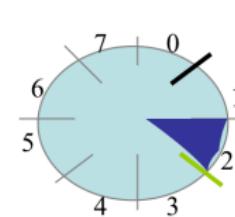
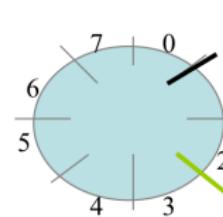
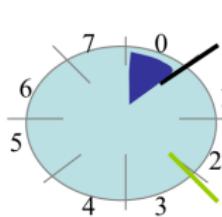
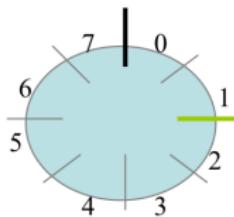


Fenêtre de réception

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

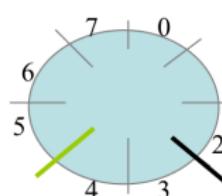
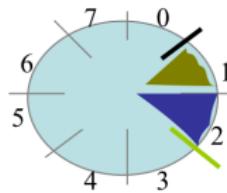
- Le récepteur peut accepter les autres segments et les stocker
- Un segment ne sera transmis à la couche supérieure que si tous les segments avec un numéro inférieur ont été reçus
- Selective Reject (rejet sélectif)

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

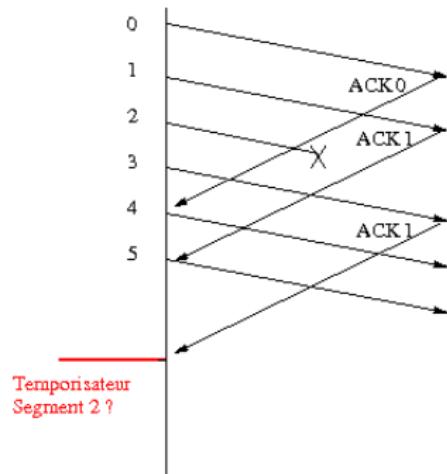
3 Transport TCP/UDP

- 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

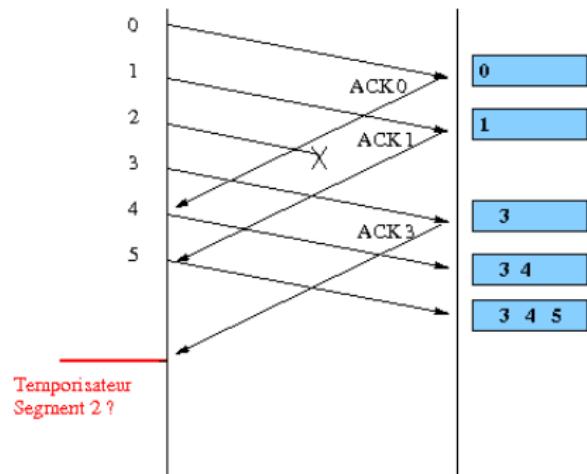
- Si timeout pour segment k , alors renvoyer $k, k + 1, \dots$
- Simple à implanter
- Pas de ressources spécifiques au niveau du récepteur



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

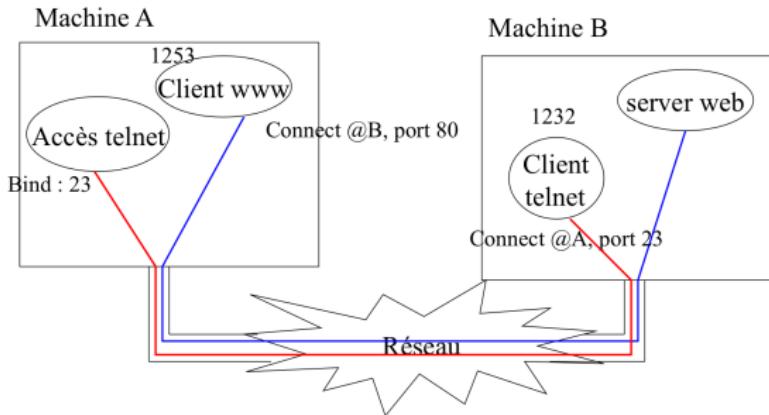
```
MS-DOS Invite de commandes

ftp          21/tcp
telnet       23/tcp
smtp         25/tcp      mail
time         37/tcp      timserver
time         37/udp     timserver
rlp          39/udp     resource    # emplacement des ressources
name         42/tcp      nameserver
name         42/udp     nameserver
whois        43/tcp      nickname   # d'ordinaire vers sri-nic
domain       53/tcp      nameserver # serveur de nom de domaine
domain       53/udp     nameserver
nameserver   53/tcp      domain     # serveur de nom de domaine
nameserver   53/udp     domain
ntp          57/tcp
bootp        67/udp
tftp         69/udp     # déconseillé
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 Ressource Location) ⇒ 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

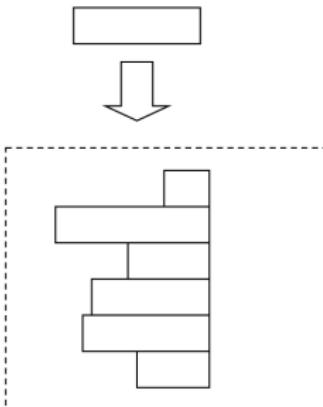
3 Transport TCP/UDP

- 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**

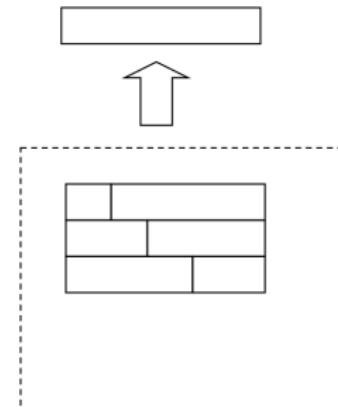
TCP (Transmission Control Protocol) RFC 793

- 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



Application



Buffers
E/S

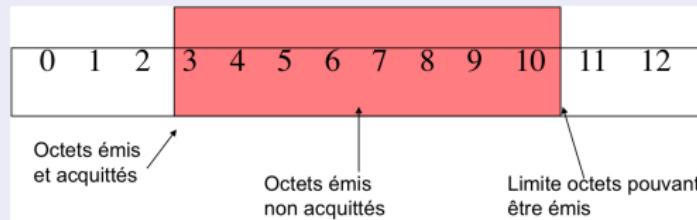
réseaux



Protocole TCP

Utilise un mécanisme de sliding window

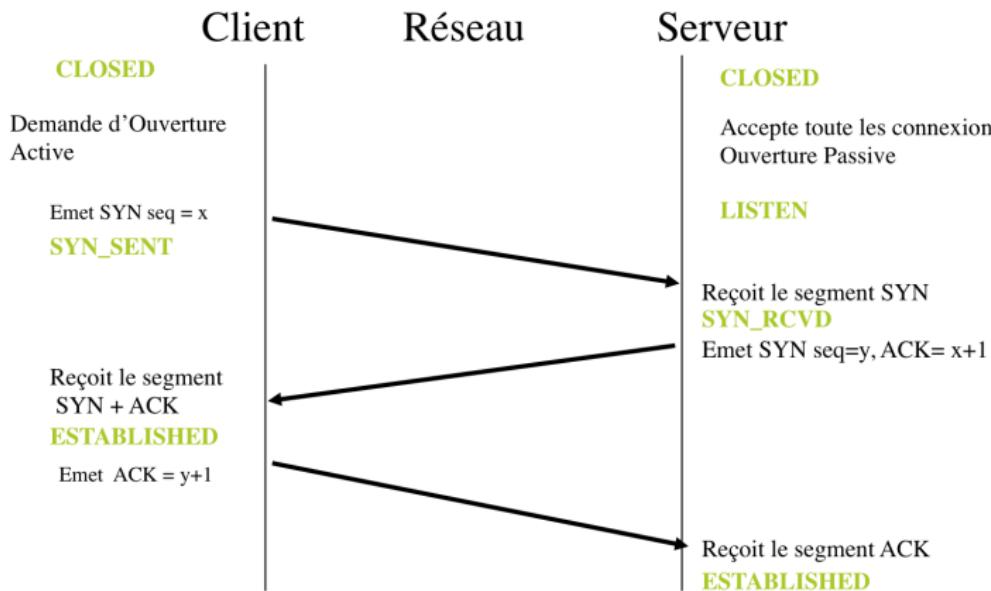
- Au niveau de l'octet
- Numérotation séquentielle des octets
- L'émetteur utilise 3 pointeurs



Entête TCP

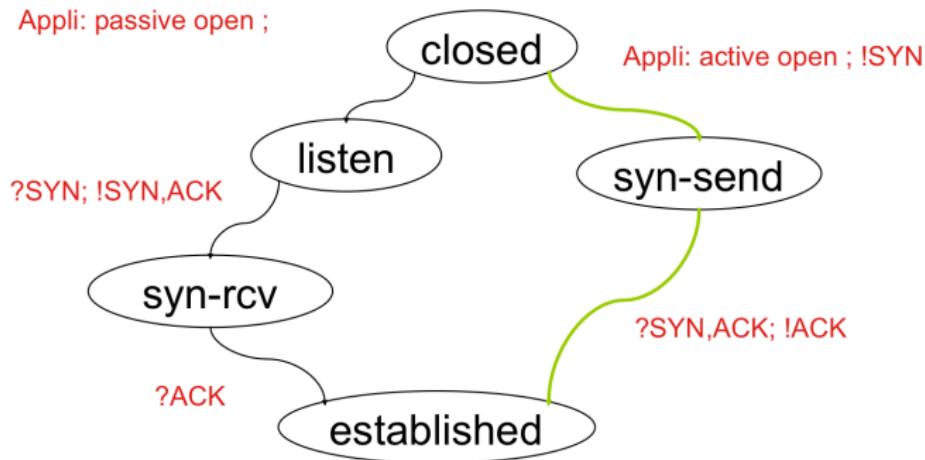
Port Source		Port Destination	
Numéro de Séquence			
Acquittement			
Data offset		U R G A C K P S H T R S Y N F I N	Taille Fenêtre
Checksum		Pointeur Urgence	
Options (0,1,2 ou plusieurs mots de 32 bits)			

TCP Etablissement d'une connexion

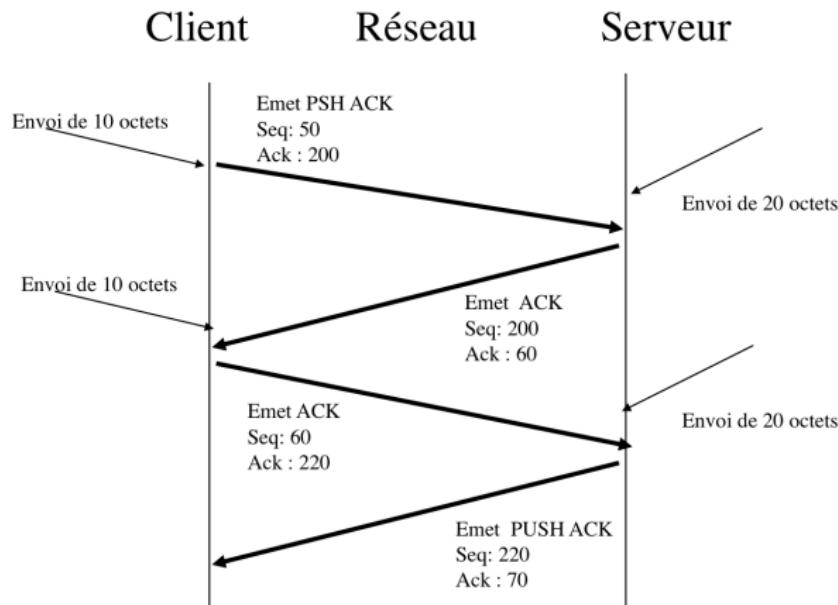


Automate TCP

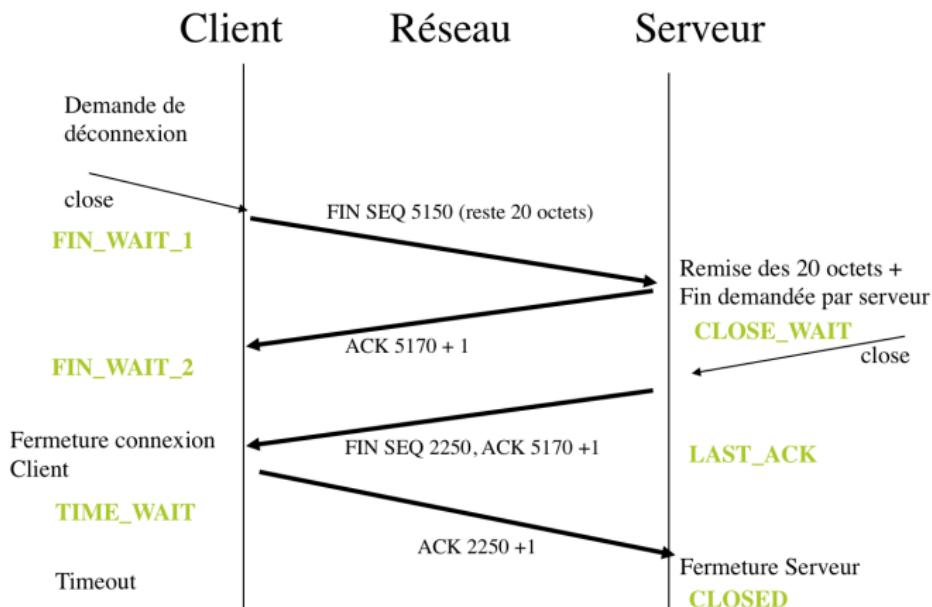
Appli: passive open ;



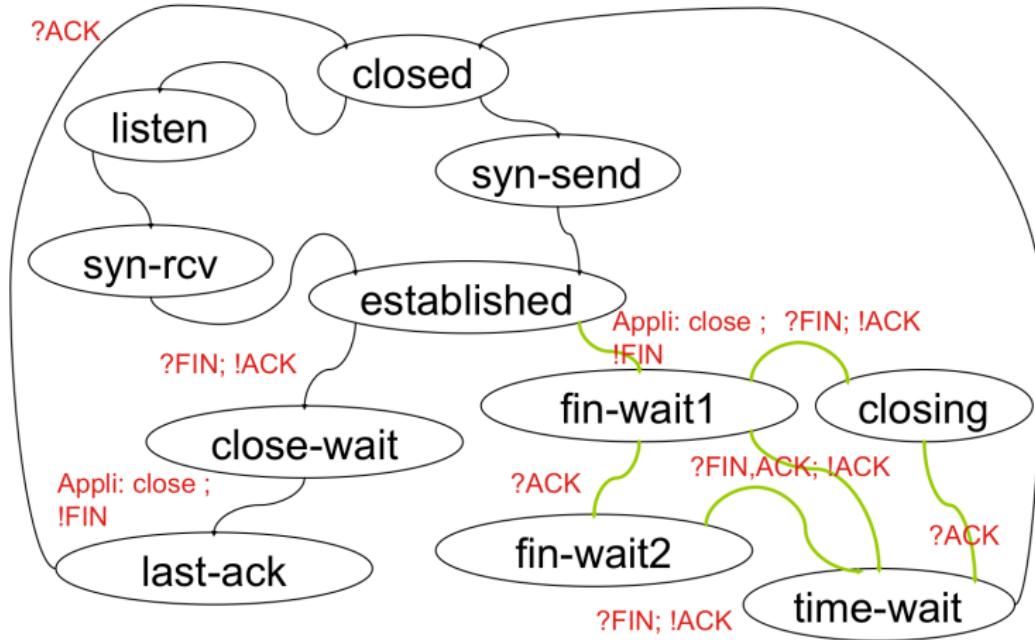
TCP Transfert de données



TCP fermeture connexion



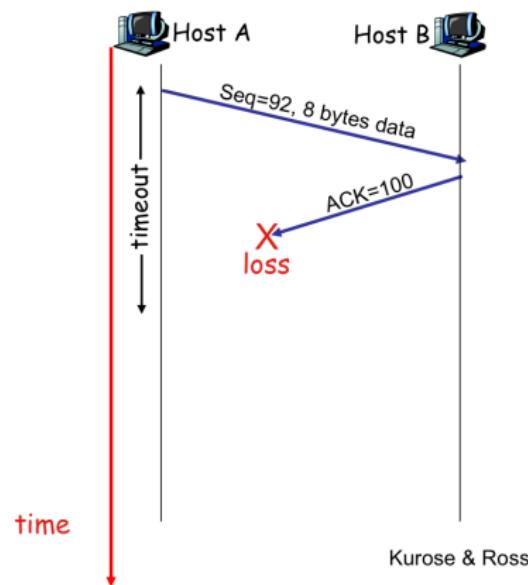
Automate TCP



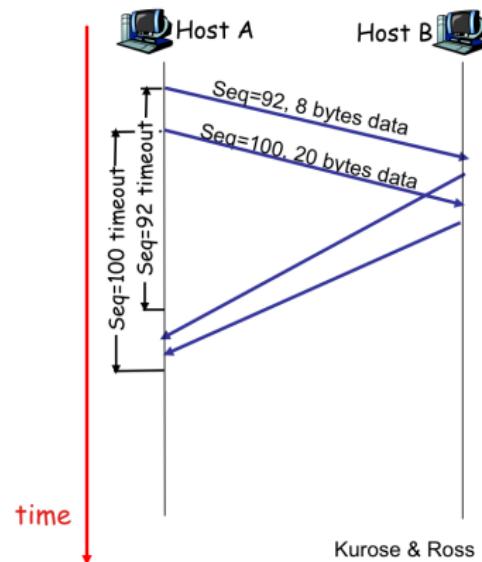
Fermeture passive

Fermeture active

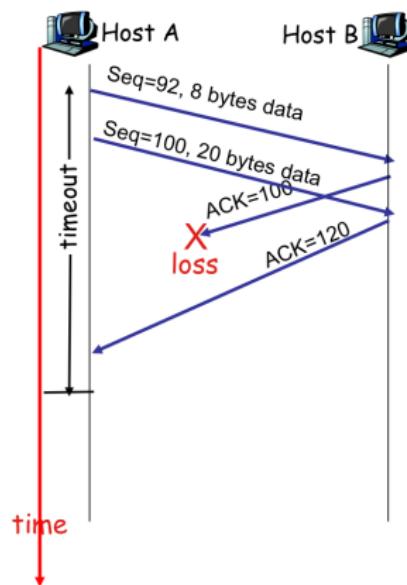
TCP : scénario de retransmission



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

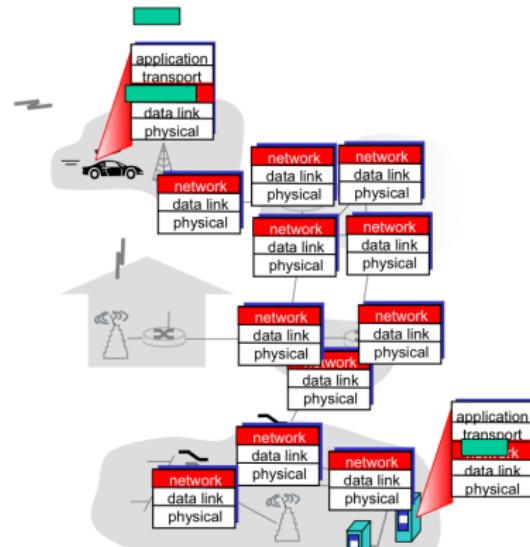
La couche Réseau

Adressage et Routage

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

BGP

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

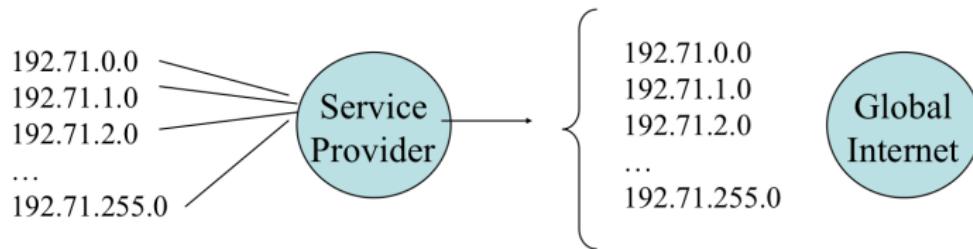
CIDR (Classless InterDomain Routing)

Introduit en 1995 qui a permis de résoudre :

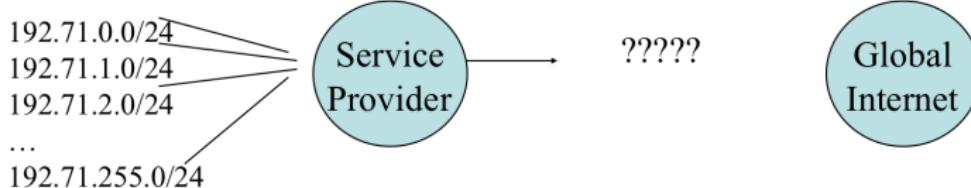
- Épuisement classe B
 - Allocation de plusieurs réseaux de classe C
 - Explosion des tables de routage
 - Numéros contigus
 - Coordination de l'allocation des adresses
 - Par continent
 - Par fournisseur
- Multirégionales 192.0.0.0
193.255.255.255
 - Europe 194.0.0.0 195.255.255.255
 - Amérique du Nord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

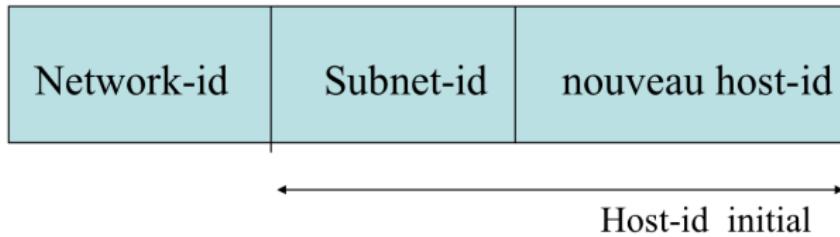
- 0.0.0.0 : un hôte inconnu sur ce réseau ci (source)
- 255.255.255.255 : tous les hôtes (destination)
- 129.34.0.0 : un hôte inconnu du réseau 129.34.0.0 (source) ; réfère au réseau lui-même
- 129.34.255.255 : tous les hôtes du réseau 129.34.0.0 (destination)
- 0.0.0.3 : l'hôte numéro 3 de ce réseau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

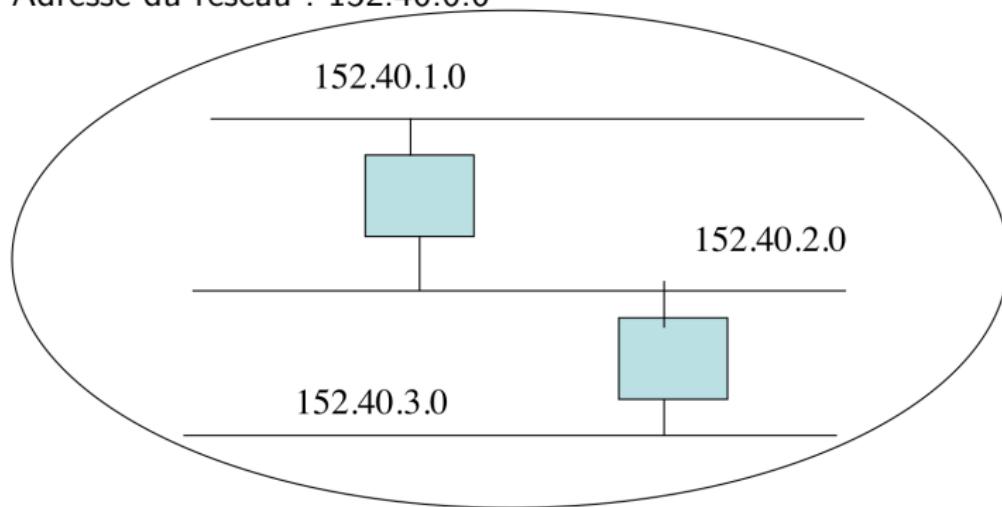
Sous-réseaux IP

- 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

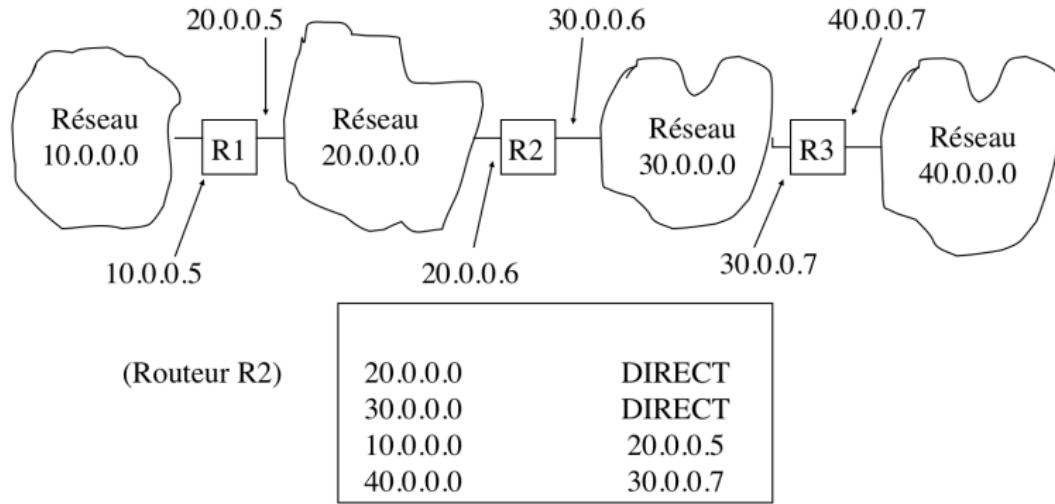
- L'émetteur identifie la destination comme un nœud de son réseau local
- Fait correspondre l'adresse IP avec l'adresse physique et envoie

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'en-tête

Tables de routage



Tables de routage

Consultation

- Netstat -nr (UNIX/WINDOWS)

Destination	Passerelle	Masque réseau	Interface de sortie

```
MS-DOS Invite de commandes

=====
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 Invité 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

Connacter 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	
essaidi	pts/1	mogenmoutier	3:33pm	2:26m	0.13s	0.01s	man 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 vnet1
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
Conneter Édition 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  1e0
224.0.0.0       152.81.4.114    U      3      0  1e0
default         152.81.1.1      UG     0    182
127.0.0.1       127.0.0.1      UH     0   1612  100
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 ffffff00 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

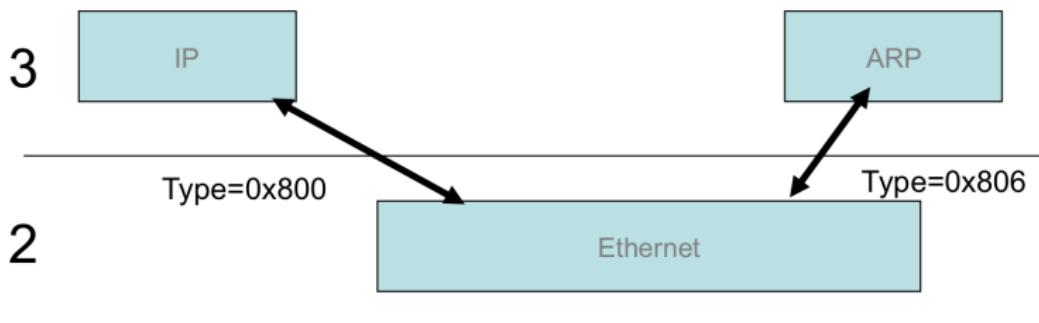
- Pour dialoguer avec une autre machine, il faut connaître :
 - sa propre adresse de liaison (adresse Ethernet), sa propre adresse IP
 - l'adresse IP et l'adresse liaison (Ethernet) de la machine cible



- 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

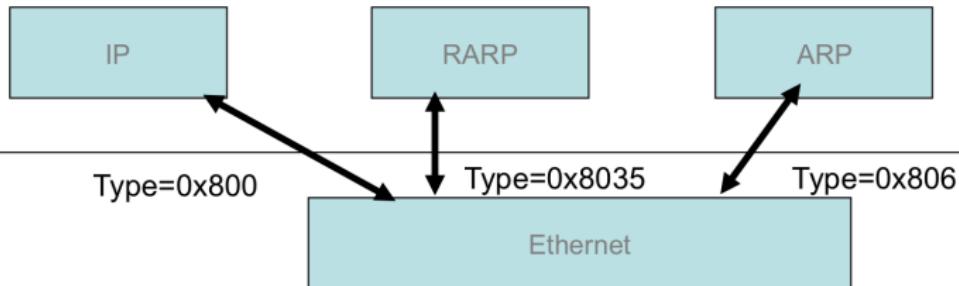
- A envoie une trame incluant l'adresse physique de diffusion, son adresse physique (A), l'adresse de destination IP (C) et l'adresse source IP (A)
- C envoie à A une trame contenant son adresse physique (C) en utilisant l'adresse physique de A
- A et C mémorisent les couples (PA, IPA) et (PC, IPC) dans 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
 - ➊ La station demande : Voici mon adresse Ethernet. Quelqu'un connaît-il mon adresse IP ?
 - ➋ Le serveur RARP capte cette demande, consulte les adresses physiques dans ses fichiers de configuration et renvoie l'adresse IP correspondante



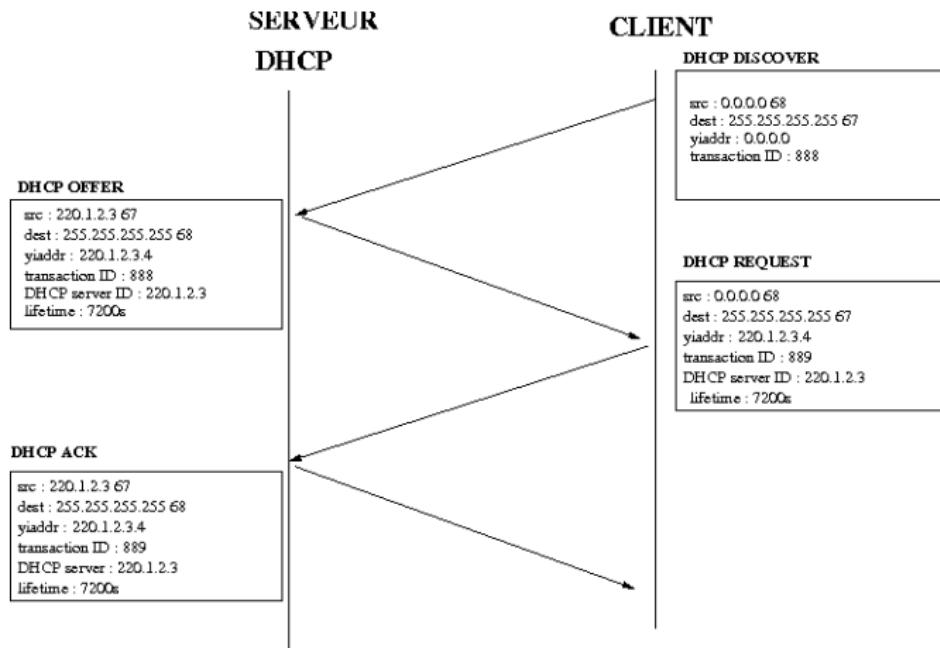
Le protocole BOOTP (rfc 951, 1048 et 1084)

- 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-configurera 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*

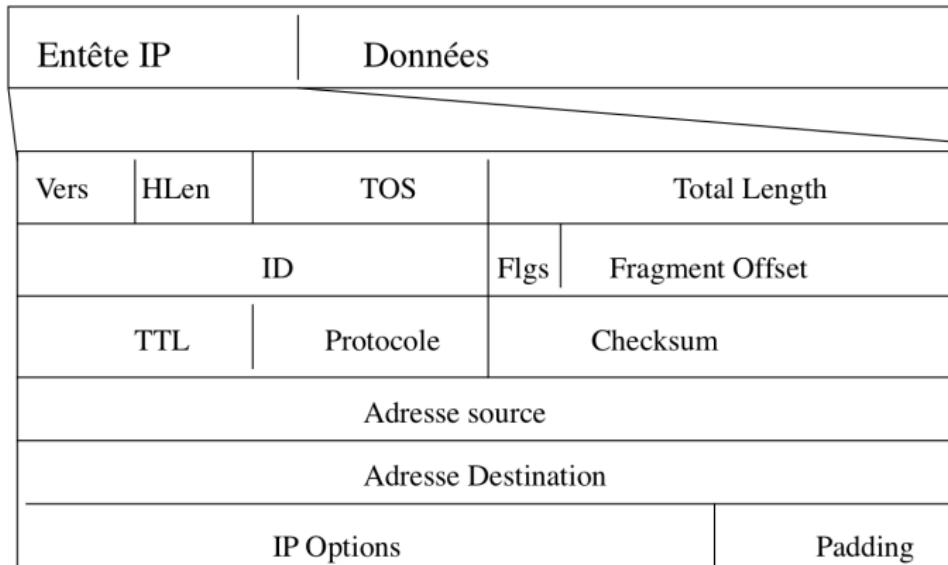
Le protocole DHCP



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



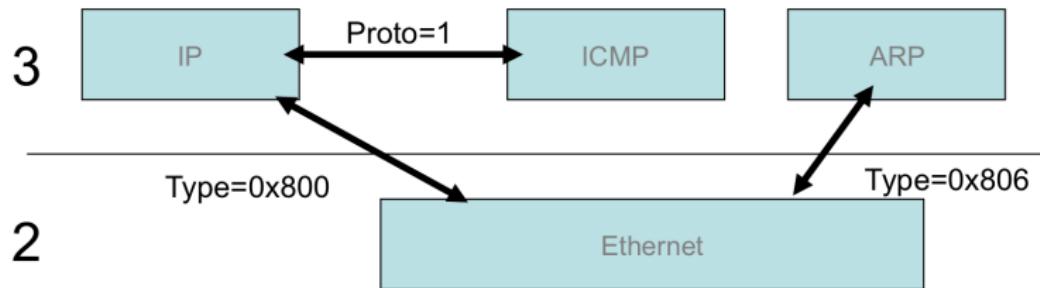
4 La couche Réseaux et le Routage

- 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

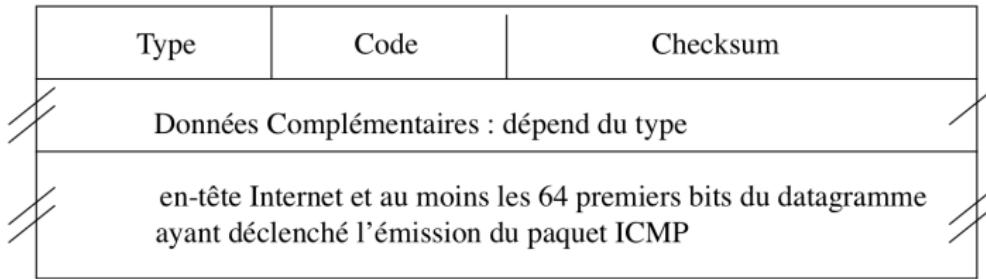
ICMP (rfc792)

- Internet Control Message Protocol
 - Messages d'indication d'erreur
 - Messages de demandes
- Implémenté 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 = 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

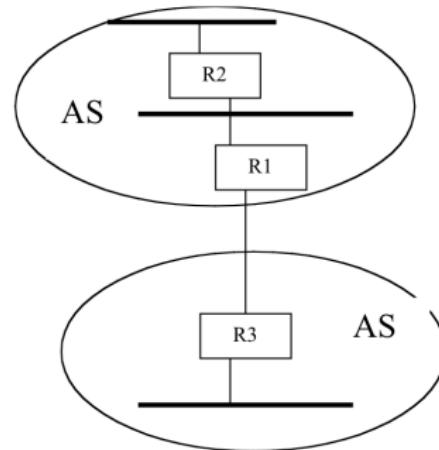
Protocoles de routages

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

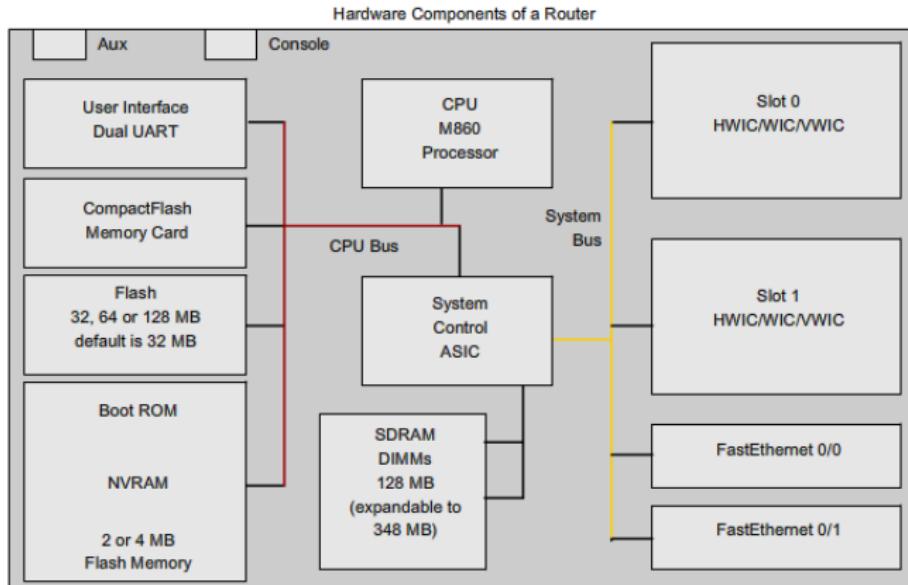
Vue extérieure d'un routeur



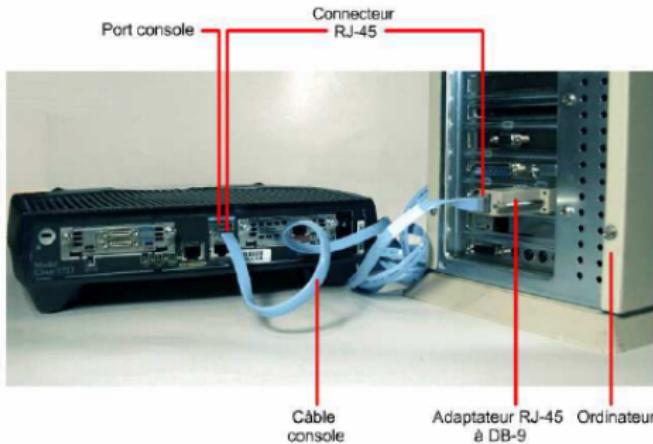
Vue interne d'un routeur



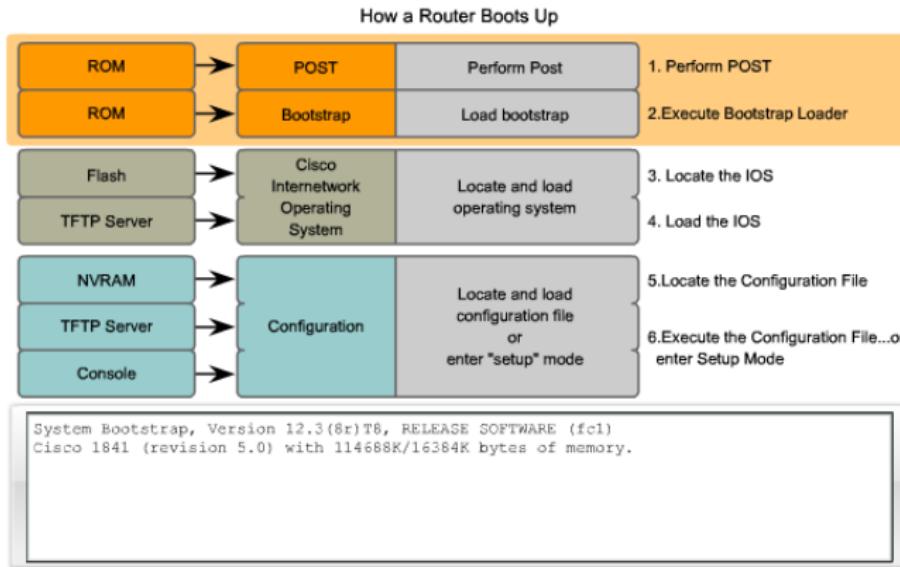
Lien entre les composants



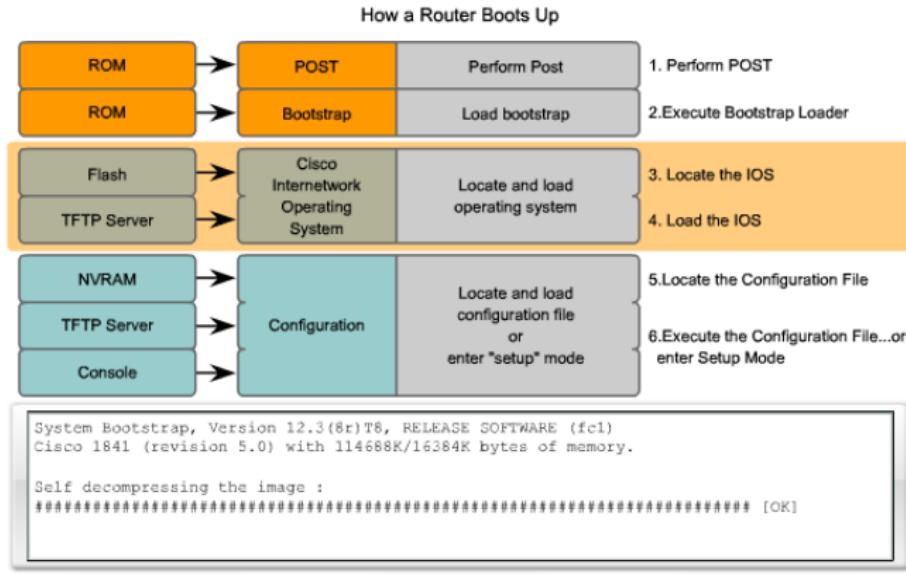
Accéder au routeur via l'interface console



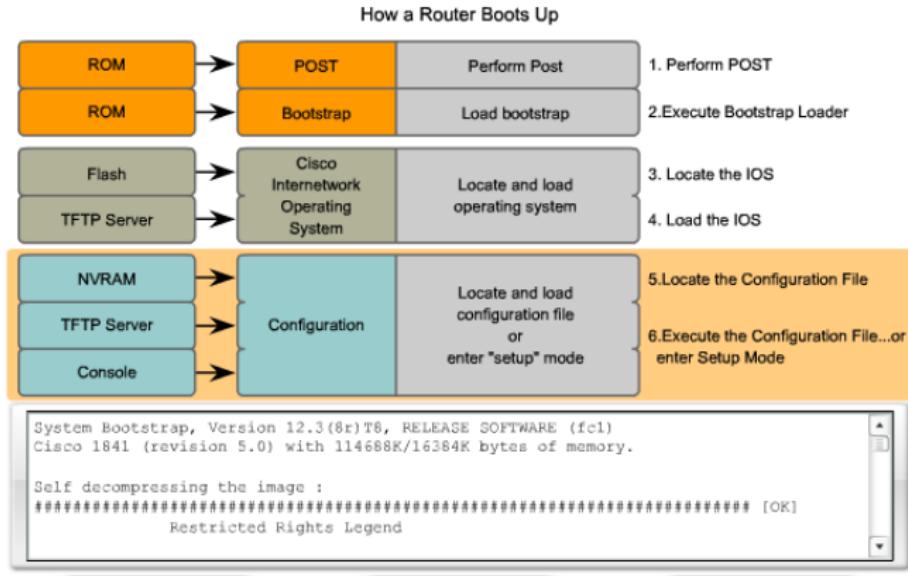
Phase 1 de démarrage du routeur



Phase 2 de démarrage du routeur



Phase 3 de démarrage du routeur



Fln 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 niwang
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 JAD05190MHz (4292891495)
M860 processor: part number 0, mask 49
Bridging software.
X.25 software, Version 3.0.0.

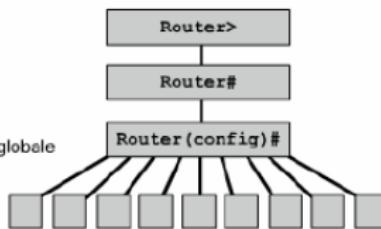
2 FastEthernet/IEEE 802.3 interface(s)
2 Low-speed serial(sync/asynch) network interface(s)

32K bytes of non-volatile configuration memory.

16384K bytes of processor board System flash (Read/Write)
Configuration register is 0x2102
Router#
```

Modes de configuration

- Mode utilisateur
- Mode privilégié
- Mode de configuration globale
- Modes de configuration spécifiques



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