

INTRODUCTION AUX RÉSEAUX

**1^{ère} année ENSIMAG et
Département de
Télécommunications**

Prof. Andrzej Duda

Octobre 2000
© 2000 Andrzej Duda

Table de matières

1. Introduction
 - qu'est ce qu'un réseau ?
 - structure et éléments de réseaux
 - anatomie d'une application – WWW
 - protocoles HTTP, TCP, IP, Ethernet
2. Architecture
 - architecture de protocoles
 - modèle OSI de l'ISO
 - modèle TCP/IP
 - catégories de réseaux
 - performances
3. Applications réseau
 - résolution de noms (DNS)
 - session à distance (rlogin, telnet)
 - transfert de fichiers (FTP)
 - transfert de courrier électronique (SMTP)
 - forums de discussion (NNTP)
 - accès à information distante (finger, whois)
 - serveur graphique (X)
4. WWW
 - HTML
 - scripts CGI
 - applets Java
5. Multimédia
 - représentation d'images de la vidéo et de son
 - techniques de compression
 - formats d'images (GIF, JPEG)
 - formats de vidéo (MPEG)
 - compression de son (MP3)
6. Transport
 - fonctions de la couche transport
 - stratégies de retransmission
 - TCP
 - UDP
 - interface socket

Bibliographie

1. J.F. Kurose and K.W. Ross "*Computer Networking*", Addison Wesley, 2000
nouveau ouvrage
2. A. Tanenbaum "*Computer Networks* ", Prentice-Hall, 1997
bon ouvrage de base ; existe en français
3. WWW : voir <http://fidji.imag.fr/~duda/telecom.html>
4. Poly en ligne : <http://fidji.imag.fr>

Normes

1. Télécoms
 - ITU (*International Telecommunication Union*)
 - Recommandations : X.25
2. Normes internationales
 - ISO (*International Standards Organisation*)
 - Normes : SGML
3. Internet
 - IETF (*Internet Engineering Task Force*)
 - RFC (*Request For Comments*) : RFC 791 – IP ;
 - <ftp://ftp.imag.fr/archive/RFC>
4. WWW
 - W3C (*WWW Consortium*)
 - Recommandations : HTML 4.0, XML
5. Autres
 - ATM Forum
 - NIST (US)
 - IEEE (US)
 - AFNOR (France)

Glossaire

ATM (*Asynchronous Transfer Mode*)

Architecture de protocole de niveau réseau fondée sur le principe de la commutation de paquets courts appelés *cellules* ; fonctionne sur un support fibre optique pour atteindre des débits élevés.

Commutateur

Équipement qui reçoit des paquets sur un circuit virtuel entrant et les commute vers un circuit sortant.

DNS (*Domain Name System*)

Système de nommage symbolique sur l'Internet qui permet d'associer à une adresse IP une chaîne de caractères.

Ethernet

Réseau local qui fonctionne selon le principe d'accès aléatoire au canal de transmission.

FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*)

Réseau local à base de fibre optique fonctionnant selon le principe d'un jeton circulant.

Finger

Application permettant d'obtenir des informations sur un utilisateur distant.

FTP (*File Transfer Protocol*)

Application de transfert de fichiers entre deux systèmes distants.

HTML (*HyperText Markup Language*)

Langage de spécification de documents structurés sur le WWW.

HTTP (*HyperText Transfer Protocol*)

Protocole d'accès aux documents sur le WWW.

Hub

Répéteur multiport qui permet la connexion de plusieurs stations sur Ethernet.

IP (*Internet Protocol*)

Protocole de niveau réseau qui fonctionne en mode datagramme ; utilisé comme support d'interconnexion par le réseau Internet.

MAC (*Medium Access Control*)

Couche responsable de la gestion d'accès au support de transmission sur un réseau local.

NNTP (*Network News Transfer Protocol*)

Protocole de transfert des forums de discussion.

Paquet

Unité d'échange de données au niveau réseau.

Rlogin

Application permettant d'ouvrir une session de travail sur un système distant UNIX.

PPP (*Point-to-Point Protocol*)

Protocole de liaison pour des connexions par modem.

Routeur

Équipement qui reçoit des paquets et les envoie selon la table de routage en fonction de l'adresse de destination.

Segment

Unité d'échange de données au niveau transport.

SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*)

Protocole de transfert du courrier électronique.

Telnet

Application permettant d'ouvrir une session de travail sur un système distant.

TCP (*Transmission Control Protocol*)

Protocole de transport fiable et contrôlé sur un réseau de type datagramme ; utilisé par l'Internet.

Token Ring

Réseau local fonctionnant selon le principe du jeton circulant.

Trame

Unité d'échange de données au niveau liaison.

UDP (*User Datagram Protocol*)

Protocole de transport non-fiable sur un réseau de type datagramme ; utilisé par l'Internet.

URL (*Uniform Resource Location*)

Schéma de désignation des objets répartis sur le WWW.

Whois

Application permettant d'accéder à un répertoire d'informations (numéros de réseau, administrateurs).

WWW (*World Wide Web – World Wide Wait for familiars*)

Système de documents hypermédia répartis fondé sur HTML, HTTP, et URL ; souvent confondu avec l'Internet.

X (*X server*)

Serveur gérant l'affichage des fenêtres sur un système distant.

Introduction aux réseaux

Andrzej Duda
duda@imag.fr
D311

Organisation

- Cours théorique
 - 13 séances, examen en janvier (inclut les TP)
 - démonstrations et exercices
- Travaux Pratiques
 - sujet à travailler depuis vos stations (salles réservées) : applications réseaux, observation, mesures

Bibliographie

- J.F. Kurose and K.W. Ross "*Computer Networking*", Addison Wesley, 2000.
 - new textbook, emphasis on the Internet
- A. Tanenbaum "*Computer Networks*", Prentice-Hall, 1997
 - ouvrage de base ; existe en français
- W.R. Stevens »*TCP/IP Illustrated, Vol.1* ", Addison-Wesley, 1994
 - utile pour les TP ; existe en français
- <http://fidji.imag.fr/~duda/cours.html>
- Poly en français : <http://www.info.univ-angers.fr/pub/pn/reseaux.html>

Partie 1 Introduction

Qu'est ce qu'un réseau
Anatomie d'une application - WWW
Démo

4

Information

- Représentation de connaissances
- Peut être représentée de deux manières
 - analogique (atomes)
 - numérique (bits)
- Tout devient numérique
 - TV, radio, téléphone, journaux, livres
- Représentation numérique est meilleure
 - traitement informatique
 - copie parfaite
 - transmission efficace → réseaux d'ordinateurs

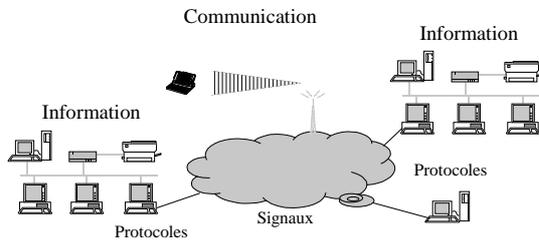
5

De quoi avons-nous besoin ?

- Moyens pour représenter tous les types d'information sous forme numérique
 - Moyens pour transporter de grandes quantités de bits
 - partout
 - à faible coût
 - avec une certaine qualité de service
- ingénierie des réseaux

6

Réseaux d'ordinateurs



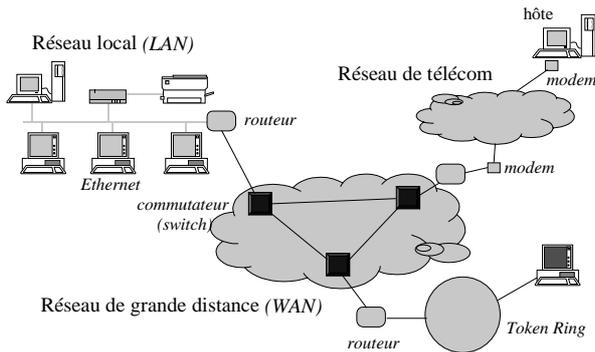
7

Deux problèmes essentiels

- Distance
 - connecter des systèmes éloignés (pas de câble direct)
- Interconnexion
 - connecter tous les systèmes avec tous les autres

8

Éléments des réseaux



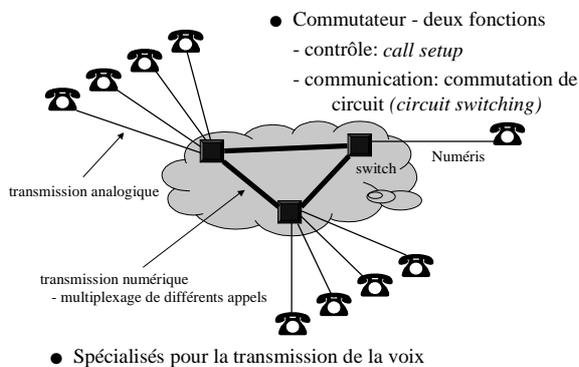
9

Réseaux d'ordinateurs

- Applications
 - situées sur des ordinateurs
 - fournissent des services aux utilisateurs ou à d'autres machines
- Infrastructure réseau
 - permet la transmission de l'information entre les ordinateurs (texte, image, vidéo, son)
 - composée des ordinateurs et des équipements spéciaux (concentrateur, pont, commutateur, routeur)

10

Réseaux de télécommunication

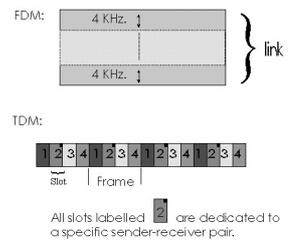


11

Télécoms: commutation de circuit

Ressources réseaux (débit) réservées par appel !

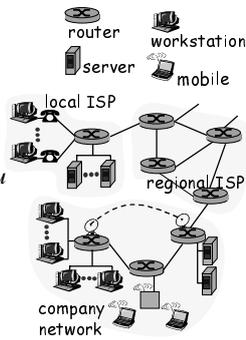
- chaque appel bénéficie d'un canal de 64 Kb/s
- multiplexage - un lien est découpé en canaux
 - en fréquence
 - temporel



12

Internet

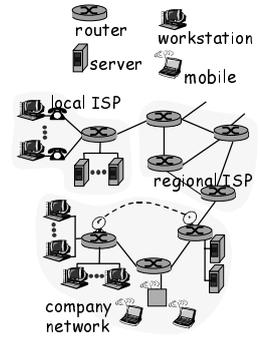
- millions de systèmes connectés: hôtes (*hosts, end-systems*)
 - stations PC, serveurs
 - PDA, toasters
 exécutent *applications réseau*
- *liens de communication*
 - fibre, cuivre, radio
- *routeurs*: acheminement de paquets de données à travers le réseau



13

Internet

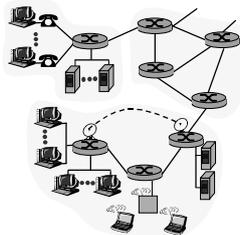
- *protocoles*: contrôle de la communication
 - TCP, IP, HTTP, FTP
- *Internet*: “network of networks”
 - structure hiérarchique
 - Internet public vs. intranet privé
- standards d'Internet
 - RFC: Request for comments
 - IETF: Internet Engineering Task Force



14

Internet : services

- *infrastructure de communication* qui supporte des applications très variées :
 - WWW, email, news, NFS, X, telnet, talk, jeux, téléphone
 - futures ?
- *services de communication*
 - sans connexion
 - en mode connecté



15

Notion de protocole

- Protocoles (au sens générique)
- “t’a l’heure ?”
 - “j’ai une question”
 - présentations
- ... génération de certains messages
- ... des actions spécifiques à la réception

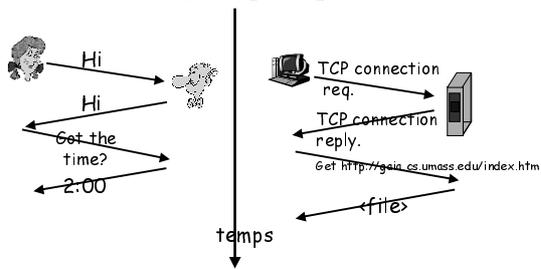
- Protocoles réseau
- entre des machines
 - toutes les communications sous contrôle des protocoles

Protocoles définissent le format, l'ordre de messages envoyés et reçus, ainsi que des actions à entreprendre à l'envoi et à la réception de messages

16

Notion de protocole

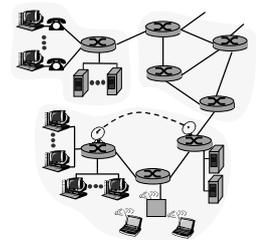
Protocole (au sens générique) et protocole réseau



17

Structure de réseau

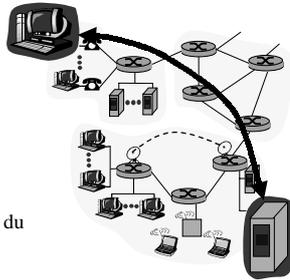
- *bordure* :
 - applications and hosts
- *cœur* :
 - routeurs
 - “network of networks”
- réseaux d'accès, canaux physique: liens de communication



18

Bordure

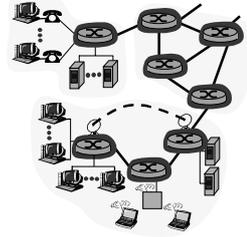
- Hôtes
 - exécutent des applications
 - » WWW, email
 - se connectent au cœur du réseau
- Modèle client/serveur
 - client envoie une requête
 - attend la réponse
 - reçoit un service de la part du serveur
 - e.g., client WWW (navigateur)/ serveur, e-mail FTP, telnet, X



19

Cœur du réseau

- Interconnexion de systèmes intermédiaires
- La question: comment les données sont transportées ?
 - commutation de paquets : données découpées en paquets acheminés par les routeurs
 - commutation de circuits : circuit dédié par appel et mis en place par les commutateurs



20

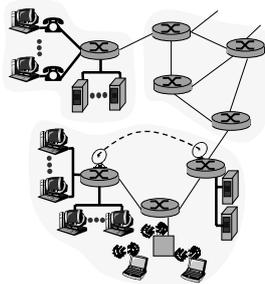
Réseaux d'accès et canaux physiques

Q: Comment se connecter au routeur de bordure

- réseaux d'accès résidentiels
- réseaux d'accès institutionnels
- réseaux d'accès mobiles

Caractéristiques ?

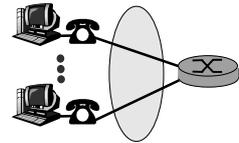
- débit nominal
- partagés ou dédiés



21

Réseaux d'accès résidentiels

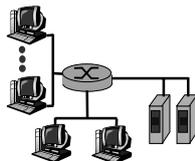
- Modem sur ligne téléphonique
 - 56 kb/s / 33.6 kb/s
- RNIS
 - réseaux numériques à l'intégration de services : 2x64 Kb/s (Numéris)
- ADSL : *asymmetric digital subscriber line*
 - 8 Mb/s - 1 Mb/s
- HFC : *hybrid fiber coax*
 - 10 Mb/s - 1 Mb/s, partagé



22

Réseaux locaux

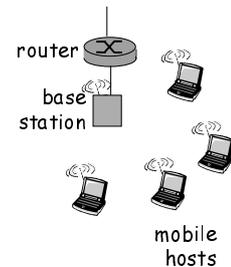
- Sociétés/universités : réseau local (LAN) connecte des hôtes au routeur de bordure
- Ethernet:
 - câble partagé ou dédié
 - 10 Mb/s, 100Mb/s, Gigabit Ethernet
- déploiement: institutions, sociétés, bientôt à la maison



23

Réseaux sans fil

- Accès partagé sans fil
- Réseaux locaux sans fil
 - canal radio remplace le câble
 - Lucent WaveLAN 11 Mb/s
- Réseaux de mobiles
 - CDPD: réseau cellulaire de données (19.2 kb/s)
 - GSM (9.6 kb/s), GPRS (115 kb/s), UMTS (2 Mb/s)



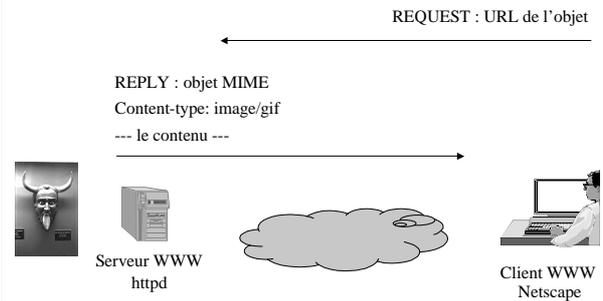
24

Anatomie d'une application

- Hypermédia réparti
 - documents multimédia qui incluent des objets images, son, vidéo
 - liens entre des objets répartis
- World-Wide Web
 - nommage des objets : URL (*Uniform Resource Locator*)
 - protocole de transfert d'objets : HTTP (*HyperText Transfer Protocol*)
 - spécification des documents : HTML (*HyperText Markup Language*)

25

Architecture



26

HTML

- Langage de description de documents
 - structure logique
 - présentation
- Balises (mark-up)
 - <TITLE> Page personnelle </TITLE>
 - Drakkar
- Visualisé par le navigateur
- Formulaire
 - saisie de texte ou choix

27

URL

- `service://site:port/fichier?requête+mots`
- **service**: http, file, wais, gopher, telnet, mailto
- **site**: nom Internet (DNS), numéro de port (80 par défaut)
- **fichier**: interprété à partir de la racine de l'arborescence du serveur
- **requête**: mots séparés par + (codage en hexa - %2B = '+')

28

HTTP

- Protocole Requête - Réponse
- Requête
 - méthodes GET, POST, HEAD
- Réponse
 - entête MIME (meta-information sur le contenu : type, codage, longueur)
 - contenu binaire
- Utilise une connexion TCP pour communiquer avec le serveur

29

HTTP

- Exemple de requête
 - GET / HTTP/1.0

30

HTTP

- Exemple de réponse

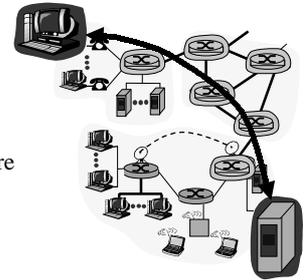
```

- Date: Wednesday, 25-Feb-98 16:39:53 GMT
- Server: NCSA/1.3
- MIME-version: 1.0
- Content-type: text/html
- Last-modified: Friday, 6-Nov-97 05:08:57 GMT
- Content-length: 1985
-
- <!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//IETF//DTD HTML//EN">
- <html>
- <head>
- <title>Equipe DRAKKAR - Réseaux et Multimédia
- </title>
    
```

31

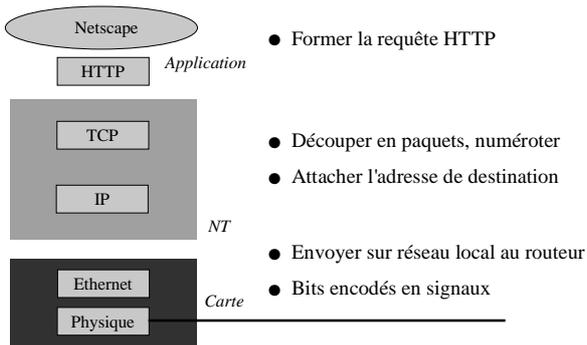
Structure de l'Internet

- Entre des hôtes
 - TCP protocol for reliable transmission
- Dans le cœur
 - IP protocol: forwarding packets between routers
- Entre les routeurs ou entre hôtes et les routeurs
 - liens à haut débit : ATM
 - réseau d'accès : Ethernet, modem



32

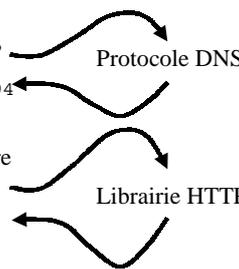
Comment communiquer ?



33

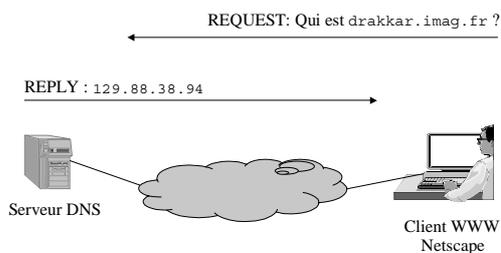
Exemple http://drakkar.imag.fr

- Netscape
 - localisation : qui est drakkar.imag.fr ?
 - DNS : 129.88.38.94
 - appel d'une procédure HTTP-GET
 - présente l'objet reçu



34

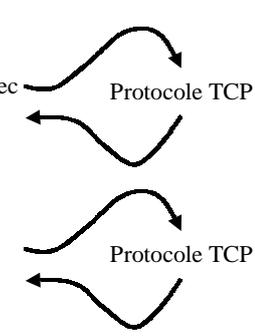
Localisation



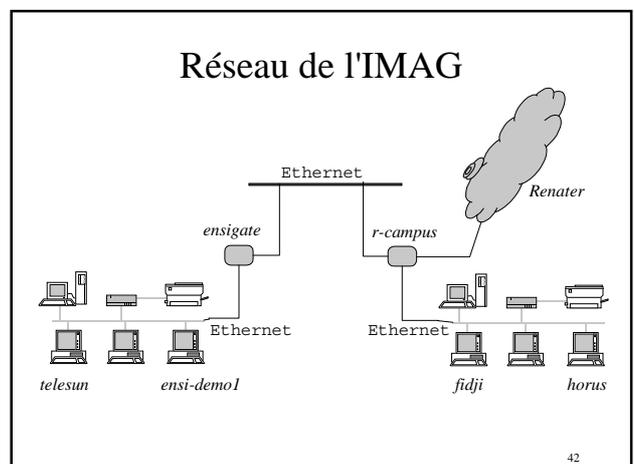
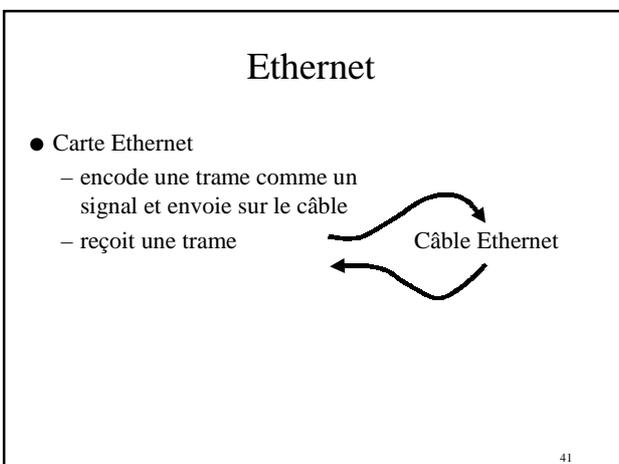
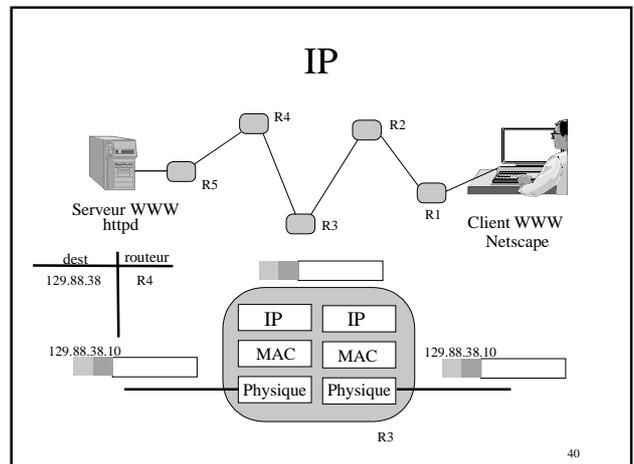
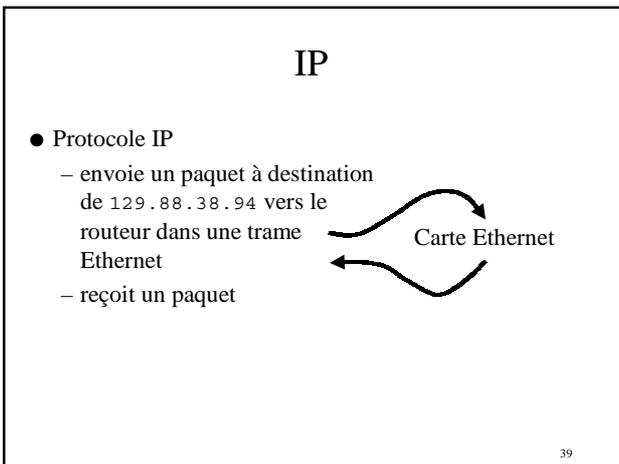
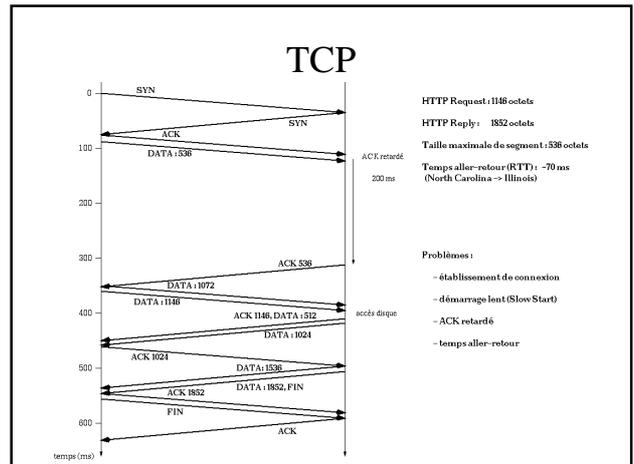
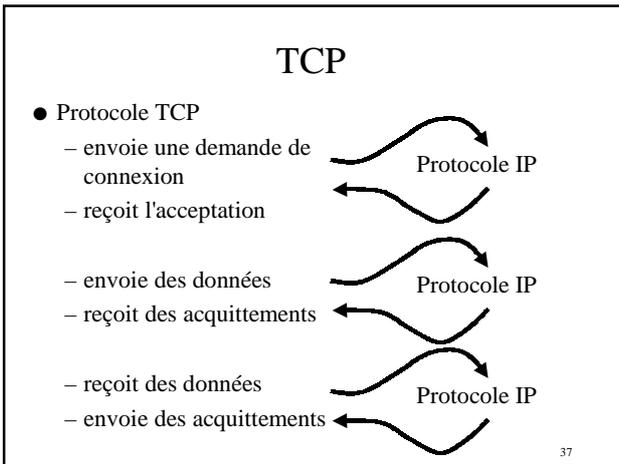
35

HTTP

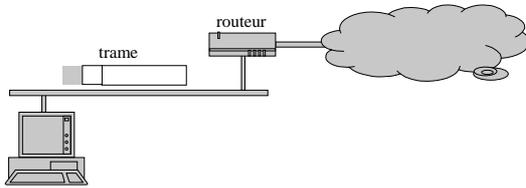
- Librairie HTTP
 - ouvre connexion TCP avec 129.88.38.94, port 80
 - envoie la requête HTTP : GET / HTTP 1.0
 - reçoit la réponse



36



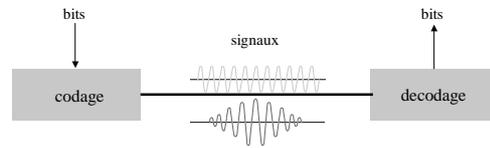
Ethernet



- Transmission sur des distances courtes
- Stations interconnectées
- Partage d'un support de communication commun

43

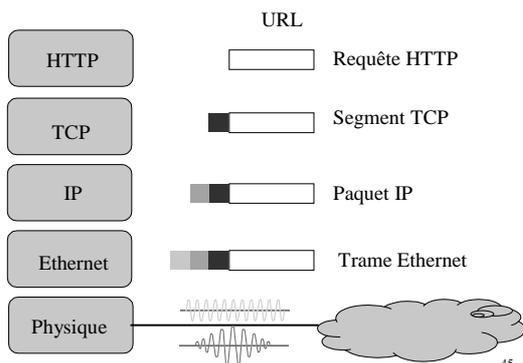
Physique



- Encodage des bits sous forme des signaux physiques

44

Architecture en couches



45

Homework

- Quelle est l'adresse d'AltaVista
 - Hint : `nslookup altavista.digital.com`
- Quelle est le débit binaire et le temps aller-retour entre votre station et AltaVista ?
 - Hint : `ping -s altavista.digital.com 1450`
- Combien y a-t-il de routeurs entre votre station et AltaVista ?
 - Hint : `tracert altavista.digital.com`
 - si vous n'avez pas d'accès au traceroute
`http://fidji.imag.fr/cgi-bin/nph-tr.sh`

46

Homework

- Faites la même chose avec `drakkar.imag.fr`
- Faites la même chose avec `ri.silicomp.fr`
- Récupérez un document HTML sur le WWW « à la main »
 - `telnet drakkar.imag.fr 80`
 - `GET / HTTP/1.0` terminé par CR LF
 - examinez l'entête MIME et le contenu
 - accédez par Netscape à `http://drakkar.imag.fr`

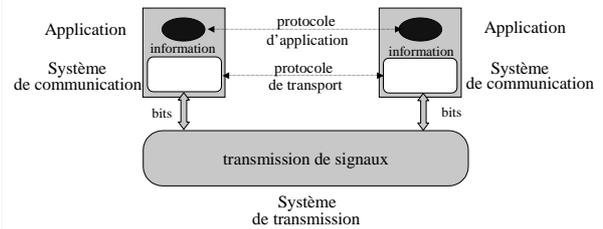
47

Partie 2 Architecture

Architecture de protocoles
Modèle OSI de l'ISO
Modèle TCP/IP
Catégories de réseaux
Performances
Historique

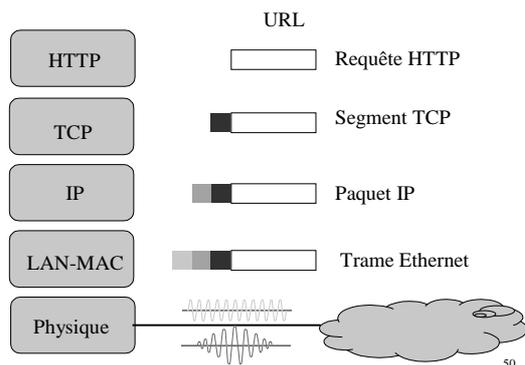
48

Structure logique



49

Architecture en couches



50

Architectures de protocoles

Les réseaux sont complexes !

● beaucoup d'éléments :

- hôtes
- routeurs
- liens
- applications
- protocoles
- logiciel/matériel

Question :

Comment organiser la structure de réseaux ?

Au moins pour les besoins de ce cours...

51

Architecture en couches *Layered Protocol Stack*

- Gérer la complexité
 - une couche de protocole correspond à un module indépendant (entité de protocole - *protocol entity*)
- Une couche de protocole supporte
 - format commun de données : unité de données - *PDU (Protocol Data Unit)*
 - un ensemble de règles de coopération : procédures - *peer-peer procedures*
 - une interface de service : *SAP (Service Access Point)*

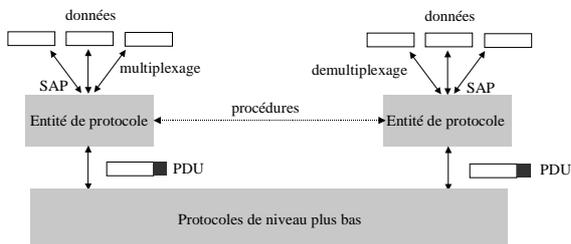
52

Architecture de protocoles

- Entité de protocole
 - offre un ensemble de services, p.ex.
 - » connect, send
 - multiplexage/demultiplexage de données
 - construction/analyse des unités de protocoles
 - exécution des procédures
- Unité de protocole (PDU)
 - entête : fonctions de contrôle
 - données opaque pour le protocole
- Procédures
 - actions pour réaliser les fonctions : p. ex. retransmission en cas d'erreur

53

Architecture de protocoles

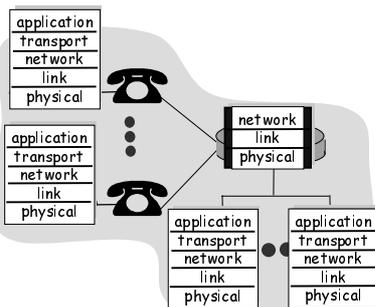


Importance de l'approche

- Trois avantages
 - décomposition en entités plus simples, faciles à maintenir
 - séparation de la spécification et de l'implémentation
 - » *information hiding*
 - partage de services - réutilisation
- Désavantages
 - surcoût de performance

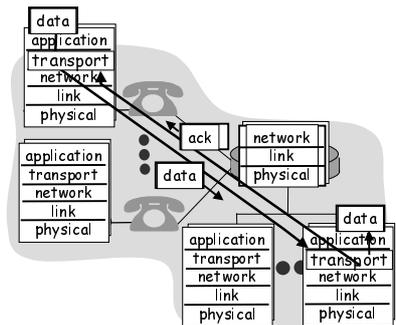
Couches : communication logique

- Chaque couche :
- répartie
 - entités réalisent des fonctions d'une couche dans un nœud
 - entités échangent de messages, exécutent des actions prévues

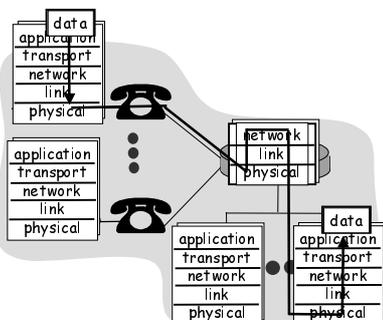


Couches : communication logique

- Ex. Transport
- obtient les données de l'applications
 - ajoute des adresses, code d'erreurs
 - demande l'envoi dans un paquet
 - attend la confirmation
 - analogie : service postal

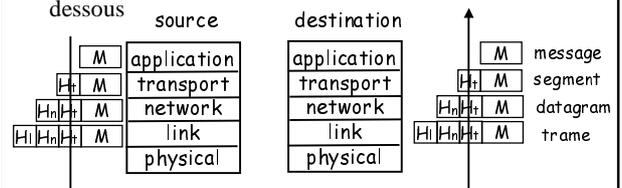


Couches : communication physique

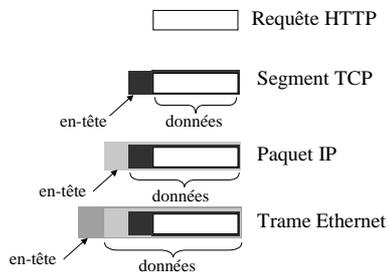


Couches et données

- Chaque couche prend de données de la couche au dessus
- ajoute une en-tête pour créer un PDU nouveau
 - passe ce PDU en tant que données à la couche au dessous



Encapsulation



60

Modèle OSI de l'ISO *Open System Interconnection International Standard Organisation*

- Systèmes ouverts
 - spécifications de protocoles sont publiques
 - interopérabilité
- Sept couches
 - au moins 5, mais pas trop non plus
- Normalisation trop lente, non suivie de l'implémentation

61

Modèle OSI de l'ISO

Application	● Fonctions communes
Présentation	● Format interchangeable
Session	● Organisation du dialogue
Transport	● Transmission fiable entre processus
Réseau	● Acheminement à travers le réseau
Liaison	● Transmission entre deux sites
Physique	● Transmission des signaux

62

Modèle TCP/IP

Applications	● FTP, WWW, telnet, SNMP
Transport	● Transport entre processus - TCP, UDP
Réseau	● Routage - IP
Transmission	● Transmission entre deux sites <ul style="list-style-type: none"> – réseau local – physique

63

Catégories de réseaux

- Distance
 - réseaux locaux (*LAN - Local Area Networks*)
 - réseaux métropolitains (*MAN- Metropolitan Area Networks*)
 - réseaux de grande distance (*WAN- Wide Area Networks*)

64

Catégories de réseaux

- Topologie
 - bus, ex. Ethernet
 - anneau, ex. Token Ring
 - étoile, ex. Switched Ethernet
 - arbre, ex. Ethernet 10 base T
 - maillé, ex. Internet (IP), ATM

65

Catégories de réseaux

- Débit
 - réseaux locaux :
 - » traditionnels (Ethernet 10 Mbit/s)
 - » haut débit (ATM 34, 155, 622 Mbit/s, 2.4 Gbit/s, Gigabit Ethernet)
 - réseaux de grande envergure :
 - » épine dorsale haut débit (France-US 155 Mbit/s)
 - » par utilisateur - faible débit, (*WWW - World Wide Wait*)
 - modems, ex. 9.6, 33.4, 56 Kbit/s (53 Kbit/s)
 - RNIS (Numéris) à 64 Kbit/s

66

Catégories de réseaux

- Médium de transmission
 - filaire, ex. Ethernet
 - sans fil, ex. GSM, WaveLAN (*wireless*)
 - fibre, ex. FDDI, ATM
- Type de service
 - sans connexion - datagramme, ex. IP
 - connecté - circuit virtuel, ex. ATM
 - diffusion - multipoint, ex. *IP Multicast*

67

Catégories de réseaux

- Qualité de service
 - au mieux (*best effort*), ex. IP
 - QoS spécifiée, ex. ATM
- Nature
 - réseaux dédiés, ex. téléphone (*POTS - Plain Old Telephone System*)
 - réseaux banalisés - voix, vidéo, données, ex. IP, ATM

68

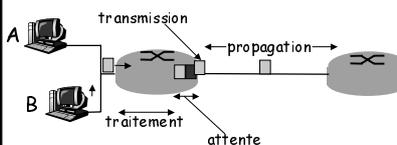
Performances

- Débit
 - nombre de bits par unité de temps (Kbit/s, Mbit/s, Gbit/s, Tbit/s, ...)
 - *bandwidth, throughput, bit rate*
- Délai ou latence
 - le temps entre l'émission et la réception d'un bit
 - *delay or latency*
 - temps aller-retour (*RTT - Round-Trip Time*)

69

Latence dans les réseaux de commutation de paquets

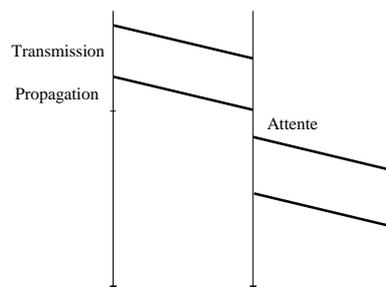
- Quatre sources de délai à chaque passage de routeur



- traitement :
 - vérifier le code d'erreurs
 - choix de liens de sortie
 - petit par rapport aux autres
- attente
 - dépend de la charge du routeur

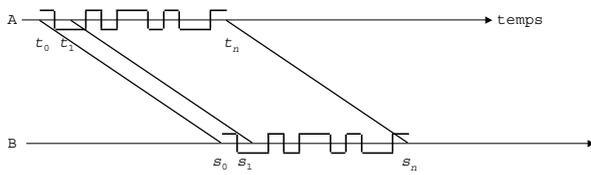
70

Latence



71

Temps de propagation



- Propagation entre A and B
 - le temps nécessaire pour que le front du signal arrive de A à B : $s_i - t_i$

72

Latence

- Latence
 - Latence = Propagation + Transmission + Attente
 - Propagation = Distance / Vitesse
 - » cuivre : Vitesse = 2.3×10^8 m/s
 - » verre : Vitesse = 2×10^8 m/s
 - » Transmission = Taille / Débit
- 5 μ s/km
- New York - Los Angeles en 24 ms
 - requête - 1 octet, réponse - 1 octet : 48 ms
 - fichier 25 M octets sur 10 Mb/s : 20 s
- Tour du monde en 0.2 s

73

Exemple

- à l'instant 0, A envoie un paquet de 1000 octets à B; quand il est reçu par B (vitesse = $2e+08$ m/s) ?

distance	20 km	20000 km	2 km	20 m
débit	10 kb/s	1 Mb/s	10 Mb/s	1 Gb/s
propagation	0.1 ms	100 ms	0.01 ms	0.1 μ s
transmission	800 ms	8 ms	0.8 ms	8 μ s
latence	800.1 ms	108 ms	0.81 ms	8.1 μ s

modem satellite LAN Hippi

74

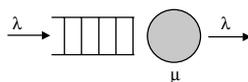
Influence de l'attente

- Mesures
 - 50 octets : 100 ms
 - 1500 octets : 200 ms
 - distance : 10000 km
- Latence = Propagation + Taille / Débit + Attente
 - 50 ms + 50/D + A = 100 ms
 - 50 ms + 1500/D + A = 200 ms
 - D = 14,5 Ko/s = 116 Kbit/s
 - A = 47 ms
 - 50 ms + 3 ms + 47 ms = 100 ms
 - 50 ms + 103 ms + 47 ms = 200 ms

75

Temps d'attente

- File d'attente M/M/1
 - temps distribués exponentiellement
 - taux d'arrivée λ , taux de service μ ,
 - nombre de clients N , délai T



$$N = \frac{\rho}{(1-\rho)}$$

$$T = \frac{1}{\mu(1-\rho)}$$

$$T = \frac{N}{\lambda}$$

76

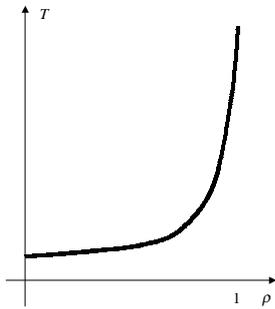
Performances

- Paquet de 1500 octets (en moyenne)
 - liaison de 1 Mb/s (distance = 0)
 - » temps de transmission 12 ms
 - » taux de service 83 paq/s

λ [p/s]	10	40	60	70
$1/\lambda$ [ms]	100	25	16	14
T [ms]	13	23	43	76

77

Délai



78

Historique

- 60 - 70
 - centres de calcul centralisés
- 70 - 80 : la décennie des WAN
 - réseaux de commutation de paquets :
 - » 72 - Arpanet
 - » 77 - X.25
 - » 78 - 80 - Transpac
 - 72 - premier courrier (*e-mail*)
 - 73 - premier Ethernet expérimental
 - 74 - TCP/IP

79

Historique

- 80 - 90 : la décennie des LAN
 - 81 - première carte Ethernet
 - 82 - UNIX BSD *sockets*, NFS
 - 84 - 1000 sites connectés
 - 84 - DNS
 - 85 - Token Ring de l'IBM
 - 87 - FDDI
 - 87 - 10000 sites connectés
 - 89 - WWW

80

Historique

- 90 - 00 : la décennie de l'Internet et du WWW
 - 90 - Arpanet devient Internet
 - 91 - X.25 → Frame Relay
 - 91 - ATM, premiers commutateurs
 - 92 - Archie, WAIS, Gopher
 - 93 - Mosaic
 - 93 - 100 WWW, 500 WAIS
 - 94 - premier radio sur l'Internet

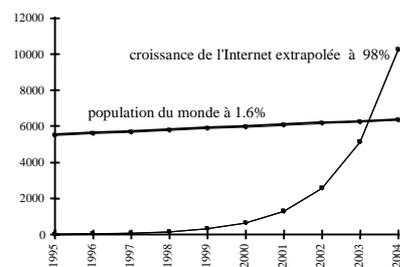
81

Historique

- 90 - 00 : la décennie de l'Internet et du WWW
 - 95 - Lycos
 - 95 - Java
 - 95 - IP sur ATM → *IP Switching*
 - 96 - AltaVista
 - 96 - backbone Internet : FDDI 56%, ATM 35%, Fast Ethernet 8%
 - 99 - ligne Renater France - US passe à 155 Mbit/s

82

Développement de l'Internet



83

Évolution des télécommunications

- Volume du trafic de données vs. conversations téléphoniques
- Augmentation du nombre de sites
- Haut débit pour tout le monde : 20 Mbit/s à la maison, backbone Tbit/s
- Transport des données multimédia : téléphone, télévision, jeu, commerce, enseignement
- Accès mobile sans fil
- Information « partout, à n'importe quelle heure, sous n'importe quelle forme »

84

Homework

- Mesurez le temps aller-retour avec une destination lointaine
 - `ping -s lcs.mit.edu`
 - `ping -s lcs.mit.edu 1460`
- Trouvez le débit et le temps d'attente
- Consultez les traces de communication pendant l'accès à une page Web
 - `http://fidji/~duda/cours.html`
- Observez le principe de l'encapsulation

85

Partie 3 Applications

DNS
rlogin, telnet
FTP
SMTP - e-mail, NNTP
finger, whois, X

86

Applications

- DNS
 - service de noms
- rlogin, telnet
 - session de terminal à distance
- FTP (*File Transfer Protocol*)
 - transfert de fichier
- SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*)
 - acheminement du courrier
 - format MIME (*Multipurpose Internet Mail Extensions*)
 - » définit le type et le codage d'information

87

Applications

- finger, whois
 - information sur personnes, noms DNS
- X Window
 - multi-fenêtrage à distance

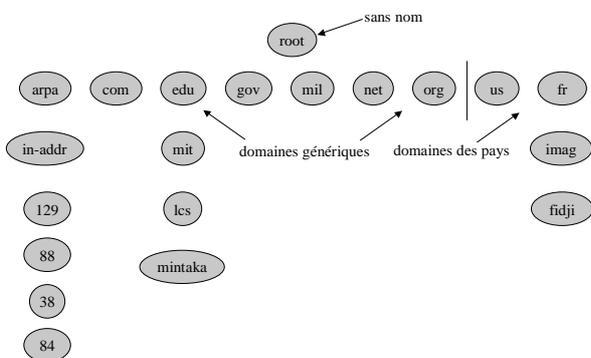
88

DNS (*Domain Name System*)

- Base de donnée répartie
 - correspondance nom symbolique - adresse IP
 - délégation d'autorité
 - serveurs de noms
 - » primaires, secondaires "sources autorisées"
 - » cache - "sources non autorisées" (*non-authoritative data*)
 - *resolver*:
 - » *gethostbyname*
 - » *gethostbyaddr*
- Espace de noms hiérarchique

89

Noms DNS



90

Noms DNS

- Nœud
 - étiquette ≤ 63 caractères
- Nom
 - liste d'étiquettes avec .
 - » *fidji.imag.fr.* (*fully qualified domain name*)
 - » *delos*
- Autorité hiérarchique
 - crée des sous-domaines et délègue l'autorité

91

Administration de noms

- Zones
 - sous-arbres gérés séparément (délégation)
 - au moins un serveur de nom par zone (port 53)
 - » *primaire, secondaire* - copie du primaire
 - » `/etc/resolv.conf` : `nameserver 129.88.38.2`
 - » redondance `domain imag.fr`
 - » cache (les données restent 1 jour)
- Serveurs racine
 - 13 serveurs répartis
 - chaque serveur primaire connaît ses adresses (pourquoi pas leurs noms ?)

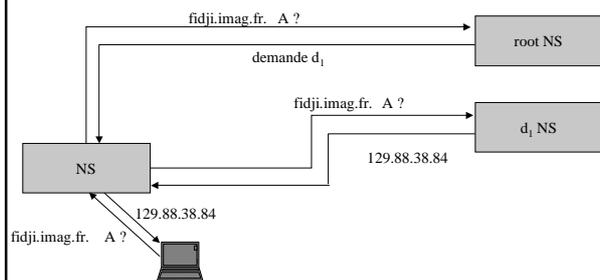
92

Enregistrement DNS

- RR (*Resource Record*)
 - A : paire nom - adresse IP
 - PTR : paire adresse IP - nom
 - CNAME : nom canonique pour un alias
 - NS : serveur de noms du domaine
 - HINFO : info
 - MX : serveur du courrier

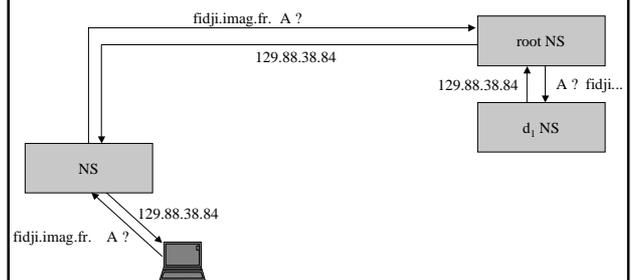
93

Requête itérative



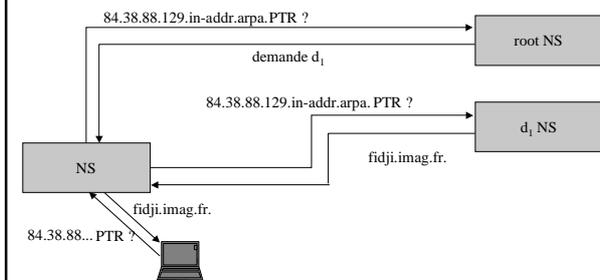
94

Requête récursive



95

Requête pointeur



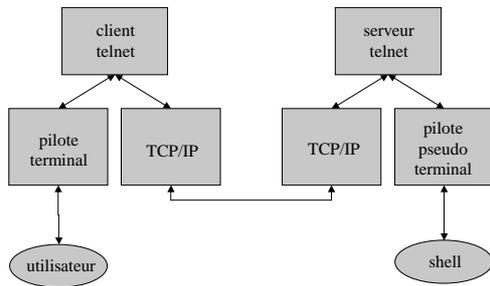
96

DNS

- Fonctionnement mondial
- Survit le passage à l'échelle
 - répartition et délégation d'autorité
 - cache
 - tolérance aux fautes
- Un point clé de l'Internet

97

rlogin, telnet



98

rlogin

- Connexion entre systèmes UNIX
 - terminal shell à distance
- Authentification
 - mot de passe (passé en clair)
 - fichier `.rhosts`
 - » nom de hôte
 - » nom d'utilisateur
- Caractère
 - écho envoyé par le système distant

99

Commandes

- Contrôle de flux
 - Control-S, Control-Q
- Interruption
 - Control-C
- Échappement - interprété par le client rlogin
 - ~
 - ~Control-D - fin
 - ~. - fin
 - ~Control-Z - suspension

100

telnet

- Connexion entre n'importe lequel système
 - NVT (*Network Virtual Terminal*)
 - » dénominateur commun
 - » NVT ASCII
 - 7 bits, fin de ligne CR, LF
 - utilisé par FTP, SMTP, finger, whois, HTTP
- Options
 - mode caractère, mode ligne
- Échappement - interprété par le client telnet
 - Control-]

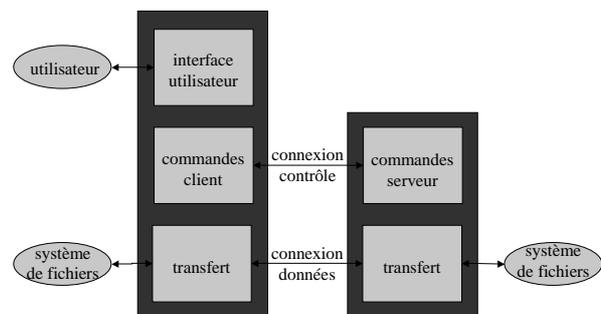
101

FTP (*File Transfer Protocol*)

- Transfert de fichier
 - différents types de fichiers
 - » texte, binaire
 - différentes structures de fichiers
 - » séquence d'octets, séquence d'enregistrements
- Deux connexions TCP
 - connexion de contrôle (port 21)
 - transfert de données

102

FTP



103

Commandes utilisateur

- Interface ligne
 - open
 - dir, ls, ls -l
 - cd, lcd
 - ascii (par défaut), binary
 - prompt
 - get, mget
 - put, mput
 - quit, bye
 - stat

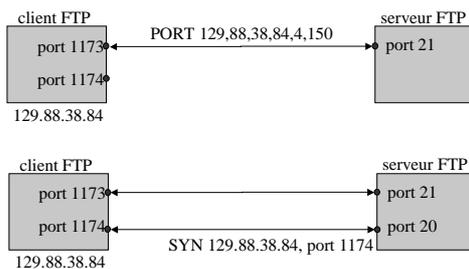
104

Commandes de contrôle

- En NVT terminé par CR, LT
 - ABOR
 - LIST filelist
 - PASS passwd
 - PORT adresse IP n1,n2,n3,n4 port (n5×256+n6)
 - QUIT
 - RETR filename
 - STOR filename
 - SYST
 - TYPE type
 - USER username
- Réponse : code de 3 chiffres

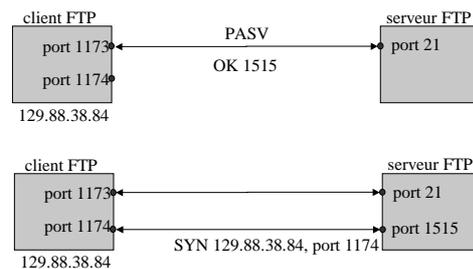
105

FTP - mode actif



106

FTP - mode passif



107

Exemple

```
ftp -d ftp.imag.fr
ftp> name (duda):
→ USER duda
ftp> password:xxxxx
→ PASS xxxxxx
ftp> dir fichier.txt
→ PORT 129,88,38,84,4,150
→ LIST fichier.txt
-rw-r--r-- 1 duda fichier.txt
ftp> get fichier.txt
→ PORT 129,88,38,84,4,150
→ RETR fichier.txt
---- chargement du fichier
ftp> quit
→ QUIT
```

108

FTP anonyme

```
ftp ftp.imag.fr
ftp> name (duda): anonymous ou ftp
```

- Accès WWW
 - ftp://ftp.imag.fr

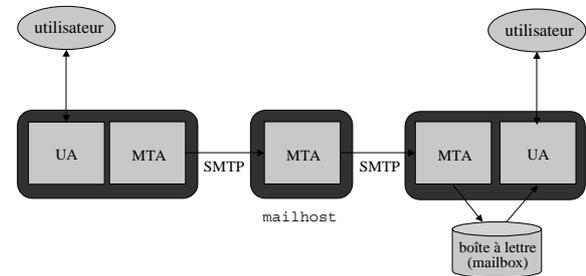
109

SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*)

- Transfert du courrier électronique
 - agent utilisateur (*user agent - UA*)
 - » mail, Netscape, Eudora
 - agent de transfert (*mail transfer agent*)
 - » sendmail, Netscape, Eudora
- Adresse - identifier un utilisateur
 - user@domainName
 - domainName est un nom de domaine (DNS)
 - » virtuel (MX)
 - » réel (A)

110

Principe



111

Commandes SMTP

```
HELO nom-de-site-client
MAIL From: batman
RCPT To:superman
DATA
ligne1
ligne2
ligne3
.
QUIT
VRFY adresse
EXPN liste
TURN
```

112

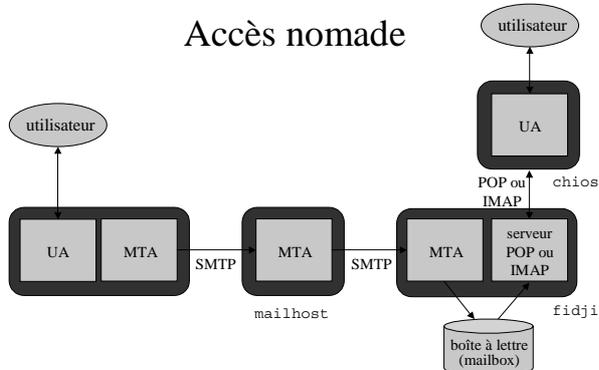
Enveloppe, en-tête, contenu

- Enveloppe
 - MAIL From:
 - RCPT To:
- En-tête

- Received:	- To:
- Message-Id:	- Cc: copie
- From:	- Bcc: copie secrète
- Date:	- Subject:
- Reply-To:	
- Contenu

113

Accès nomade



114

Accès nomade

- POP (*Post-Office Protocol*)
 - récupération de la boîte aux lettres distante
- IMAP (*Interactive Mail Access Protocol*)
 - utilisateur décide quels messages récupérer

115

Confidentialité

- PGP (*Pretty Good Privacy*)
 - chiffrement avec une clé publique et une clé secrète
 - » clé secrète utilisée pour chiffrer le message (plus performant)
 - » clé publique pour chiffrer la clé secrète
 - signature digitale
 - compression

116

Cas de pannes

- Si le MTA cible en panne
 - le MTA source stocke le message et retransmet après un intervalle (30 minutes)
 - essaie 3-4 jours

117

MIME

- *Multipurpose Internet Mail Extensions*
- Résolution de plusieurs problèmes du courrier
 - texte avec accents
 - texte en alphabets autres que latins
 - messages contenant d'autres média (images, audio)
 - utilisé aussi par WWW/HTTP (en-tête de la réponse)

118

Extensions d'en-tête

- *Mime-Version*:
- *Content-Description*:
- *Content-ID*:
- *Content-Transfer-Encoding*:
 - ASCII (7-bits),
 - 8-bits,
 - base64
 - » 24 bits → 4 × 6 bits codé en ASCII
- *Content-Type*:
 - type/sous-type
 - description de la nature de données

119

Content-Type

```
text/plain
text/html
image/gif
image/jpeg
audio/basic
audio/mpeg
video/mpeg
application/octet-stream
application/postscript
application/pdf
```

120

Forums de discussion (*News*)

- Groupes de messages sur un thème
- Serveur des forums reçoit des messages
- Utilisateur s'abonne à un forum
- Hiérarchie de forums
 - comp
 - sci
 - soc
 - alt
- Bon usage
 - FAQ (*Frequently Asked Questions*)
 - *cross-post*

121

NNTP (*Network News Transfer Protocol*)

- Propagation des forums d'un serveur à un autre
- Accès aux messages sur le serveur (port 119)
- Commandes
 - LIST
 - NEWSGROUPS date time
 - GROUP grp
 - NEWNEWS grps date time
 - ARTICLE id
 - POST

122

finger

- Informations sur un utilisateur (port 79)

```
[fidji 27] finger cathcass@ensibull
[ensibull.imag.fr]
Login name: cathcass In real life: Catherine
Cassagne
Directory: //home/perms/cathcass
Shell: /usr/local/bin/tcsh
On since Oct 14 08:22:51 on pts/2, 9 minutes 9
seconds Idle Time from ensitx00
```

123

whois

- Consultation d'une base de données (port 43)
- Noms DNS, administrateurs
 - rs.internic.net
 - whois.ripe.net <http://www.ripe.net>
 - whois.arin.net <http://www.arin.net>
 - whois.apnic.net <http://www.apnic.net>

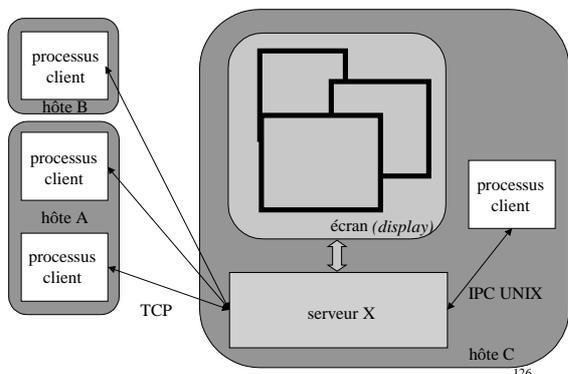
124

Serveur X

- Gestion de fenêtrage à distance
- Application sur un système distant (p.ex. Netscape)
- Serveur X sur votre machine
- Connexion TCP
 - chaque touche : message 32 octets

125

Principe



126

Homework

- Trouvez les adresses des serveurs DNS racine
- Récupérer des fichiers sur
 - ftp.imag.fr
- Vérifier l'adresse électronique
 - Michel.Banatre@inria.fr
- Trouvez l'adresse électronique de Jacques Chirac
 - whois -h whois.ripe.net elysee.fr
 - telnet xxxx 25

127

Partie 4 WWW

HTML
CGI
Applets Java

128

Applications

- WWW (*World-Wide Web*)
 - URL - désignation de documents
 - HTTP - protocole d'accès aux documents HTML
 - HTML - structure et présentation des documents
 - CGI - extension de fonctionnalités, génération de documents à la volée
 - objets multimédia
 - » images,
 - » vidéo
 - » son

129

WWW

- Hypermédia réparti
 - documents multimédia qui incluent des objets images, son, vidéo
 - liens entre des objets répartis
- World-Wide Web
 - nommage des objets : URL (*Uniform Resource Locator*)
 - protocole de transfert d'objets : HTTP (*HyperText Transfer Protocol*)
 - spécification des documents : HTML (*HyperText Markup Language*)

130

HTML

- Langage de description de documents
 - structure logique
 - présentation
- Balises (*mark-up*)
- Visualisé par le navigateur
- Formulaire
 - saisie de texte ou choix
 - invocation d'un programme sur le serveur

131

Balises

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| ● <HTML> HTML | ● liste |
| ● <HEAD> en-tête | ● liste ordonnée |
| ● <TITLE> titre | ● item |
| ● <BODY> corps | ●
 saut de ligne |
| ● <BASE> URL absolue | ● <HR> trait |
| ● <A> ancre | ● <PRE> texte formaté |
| ● image incluse | ● police |
| ● <Hn> sous-titre niveau n | ● <P> paragraphe |
| ● police gras | ● <TABLE> table |
| ● <I> italique | ● <TR> ligne |
| ● <TT> courrier | ● <TD> colonne |

132

Attributs

```
<P ALIGN=CENTER>
  C'est un paragraphe centré.
</P>
```

133

Accents et échappement

- Accents et échappement

- < ; <
- > ; >
- & ; &
- é ; é

134

Liens et images

- Chapitre 1
- Chapitre 1
- <BASE HREF="http://fidji.imag.fr/newbook/"> URL de base
- Partie 1 ancre relatif
- cible
-
- <BODY BGCOLOR="#000000" TEXT="#FFFFFF" LINK="#9690CC"> #000000 - black, #FFFFFF - white (red-green-blue)

135

Formulaires

- <FORM> formulaire
 - attributs : ACTION, METHOD, ENCTYPE
- <INPUT> champ d'entrée
 - attributs : NAME, TYPE, VALUE, CHECKED, SIZE, MAXLENGTH
- <SELECT> liste de sélection
 - attributs : NAME, MULTIPLE, SIZE
- <OPTION> une sélection
 - attribut : SELECTED
- <TEXTAREA> zone de texte
 - attributs : NAME, ROWS, COLS

136

Type de INPUT

- TEXT ligne de texte
- CHECKBOX choix multiple
 - valeur dans l'attribut NAME
- RADIO un choix parmi plusieurs
- SUBMIT émission
- RESET valeurs initiales

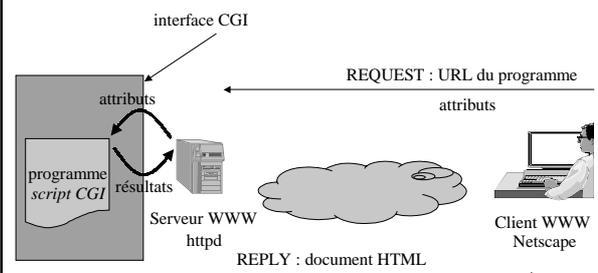
137

CGI (Common Gateway Interface)

- Invocation des programmes sur le serveur
- Document formulaire saisi sur le client
- Requête POST
 - URL désigne un programme
 - formulaire encodé comme des attributs
 - » paires nom-valeur
- httpd exécute le programme en lui passant les attributs
- Programme génère un document HTML et le passe à httpd

138

CGI



139

Exemple

```
<FORM METHOD=POST
  ACTION="http://delos.imag.fr/cgi-bin/post-
  query">
Please help us to improve the World Wide Web
by filling in the following questionnaire:
<P>Your organization? <INPUT NAME="org"
  TYPE=text SIZE="48">
<P>Commercial? <INPUT NAME="commerce"
  TYPE=checkbox>
How many users? <INPUT NAME="users" TYPE=int>
<P>Which browsers do you use?
```

140

Exemple

```
<OL> <LI>Cello <INPUT NAME="browsers"
  TYPE=checkbox VALUE="cello">
<LI>Lynx <INPUT NAME="browsers" TYPE=checkbox
  VALUE="lynx">
<LI>X Mosaic <INPUT NAME="browsers"
  TYPE=checkbox VALUE="mosaic">
<LI>Others <INPUT NAME="others" SIZE=40> </OL>
A contact point for your site: <INPUT
  NAME="contact" SIZE="42">
<P>Many thanks on behalf of the WWW central
  support team.
<P><INPUT TYPE=submit> <INPUT TYPE=reset>
</FORM>
```

141

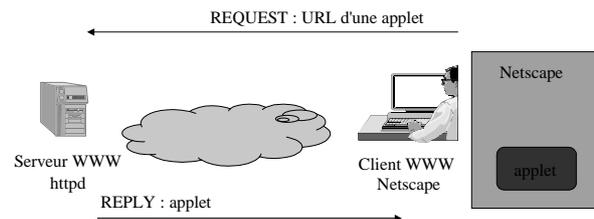
Exemple

```
Content-type: application/x-www-form-urlencoded
Content-length: 65
```

```
org=LSR&commerce=on&users=10&browsers=mosaic&ot-
hers=&contact=Duda
```

142

Applets



143

Applets

- Dans le document HTML

```
<APPLET CODE=classe-Java>
  <PARAM NAME=paramx VALUE=valeur>
  <PARAM NAME=paramy VALUE=valeur>
</APPLET>
```

144

Exemple

```
<HTML>
<HEAD>
<TITLE> A Simple Program </TITLE>
</HEAD>
<BODY>

Here is the output of my program:
<APPLET CODE="HelloWorld.class" WIDTH=150
  HEIGHT=25>
</APPLET>
</BODY>
</HTML>
```

145

Exemple

```
import java.applet.Applet;
import java.awt.Graphics;

public class HelloWorld extends Applet {
    public void paint(Graphics g) {
        g.drawString("Hello world!", 50, 25);
    }
}
```

146

Applets

- CODEBASE=URL
 - chemin du répertoire où se trouve l'applet
- CODE=fichier
 - nom du fichier contenant la classe Java à exécuter
- NAME=nom
 - identifie l'applet dans la page
- WIDTH=pixels HEIGHT=pixels
 - dimension en pixels de largeur et hauteur de la zone réservée pour l'affichage de l'applet
- VSPACE=pixels HSPACE=pixels
 - nombre de pixels en dessus et au dessous de l'applet

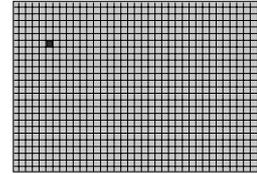
147

Partie 5 Objets multimédia

Représentation d'images
Représentation de son
Techniques de compression
Images GIF, PNG, JPEG
Vidéo et son MPEG

125

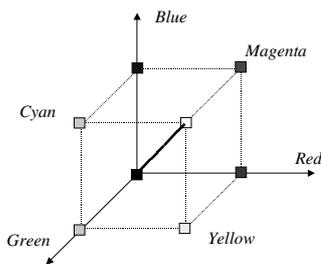
Images



- Tableau d'éléments
 - pixels
- Profondeur
 - 1 bit/pixel: noir/blanc
 - 8 bits/pixel: niveaux de gris
 - 16, 24 bits/pixel: couleur

126

Couleur



- Représentation RGB (*Red-Green-Blue*)
 - mélange additive des couleurs

127

RGB

- Black (0, 0, 0)
- Red (255, 0, 0)
- Green (0, 255, 0)
- Yellow (255, 255, 0)
- Blue (0, 0, 255)
- Magenta (255, 0, 255)
- Cyan (0, 255, 255)
- White (255, 255, 255)

128

Autres représentations

- YUV (*Luminance, Chrominances*)
 - $Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$
 - $U = R - Y$
 - $V = B - Y$
 - œil est moins sensible à la couleur qu'à la luminance
 - » la composante couleur peut être représentée sur un plus petit nombre de bits

129

Autres représentations

- Y Cb Cr (JPEG)
 - $Cb = U/2 + 0.5$
 - $Cr = V/1.6 + 0.5$
 - $Cb, Cr \in [0; 1]$
- CMY (Cyan, Magenta, Yellow)
 - [1] - RGB

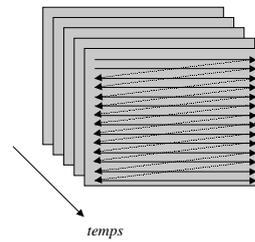
130

Autres représentations

- HSV (Hue, Saturation, Value/Intensity)
 - hue - teinte : position sur la roue de couleurs
 - Red 0
 - Yellow 60
 - Green 120
 - Cyan 180
 - Blue 240
 - Magenta 300
 - saturation : degré de la couleur pure
 - intensité

131

Vidéo



- Interlacements
 - deux trames (*fields*) pour former une image

132

Fréquences et résolutions

- NTSC US, Japon
 - 525 lignes, 60 trames/s, 30 images/s
 - 481 lignes de vidéo, 44 pour des sous-titres
- PAL EU
 - 625 lignes, 50 trames/s, 25 images/s
- SECAM France
 - 625 lignes, 50 trames/s, 25 images/s
- Film
 - 24 images/s

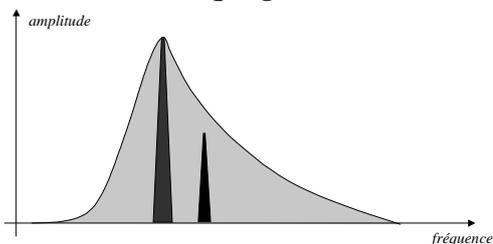
133

Son

- Caractérisé par
 - fréquences audibles
 - » 20Hz - 20kHz
 - timbre
 - » spectre du son
 - intensité
 - » amplitude

134

Masquage

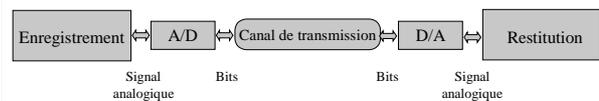


- Signal fort masque signal faible
 - compression : enlever l'information redondante

135

MIC - Modulation par Impulsions Codés

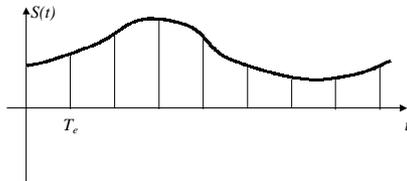
- PCM - *Pulse Coded Modulation*
 - son numérisé
 - A/D Analog/Digital



136

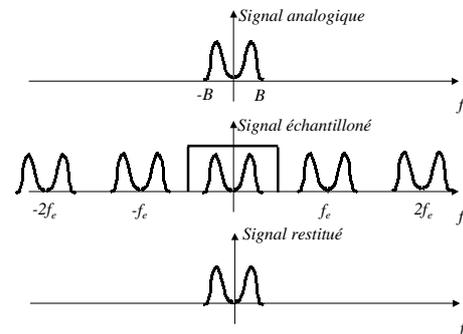
Échantillonnage

- Fréquence d'échantillonnage
 - B - fréquence maximale du signal
 - $f_e = 1/T_e \geq 2B$



137

Reconstruction



138

Codage et quantification

- Échantillon codé sur N bits
 - ex. $N = 8, 0 \dots 255$
- Erreur provoque le bruit de quantification mesuré en dB (S/N)
 - 1 bit en plus améliore S/N de 6 dB
 - 8 bits \rightarrow 48 dB
 - 16 bits \rightarrow 96 dB
 - idéal : 20 bits \rightarrow 120 dB (la qualité exigée par l'oreille humaine)

139

Exemples de son numérique

- Voix téléphonique
 - $B = \sim 4$ KHz
 - $f_e = 8$ KHz, $T_e = 125 \mu s$
 - échantillon codé sur 8 bits
 - débit nécessaire : $8 \text{ bits} \times 8 \text{ KHz} = 64 \text{ Kbit/s}$
 - GSM : 15.2 Kbit/s, ADPCM : 32 Kbit/s
- Hi-Fi (CD)
 - $B = \sim 20$ KHz
 - $f_e = 44.1$ KHz, professionnel 48 KHz
 - échantillon codé sur 16 bits, professionnel 20 bits
 - débit nécessaire : 176 Koctet/s

140

Compression

- Volume de stockage
 - texte 2 Koctets par page
 - image couleur ($800 \times 600 \times 24$ bits) : 1.4 Moctets
 - 30 minutes d'audio (8kHz, 8 bits) : 14 Moctets
 - 30 minutes d'audio CD (44.1kHz, 16 bits, stéréo) : 316 Moctets
 - 30 minutes d'audio (48kHz, 20 bits, stéréo) : 432 Moctets
 - 30 minutes de vidéo ($800 \times 600 \times 24$ bits, 25 images/s) 64.8 Goctets

141

Compression

- Débits nécessaires
 - audio (8kHz, 8 bits)
 - » 64 Kb/s
 - audio CD (44.1kHz, 16 bits)
 - » 176 Koctet/s (1.4 Mb/s)
 - audio (48kHz, 20 bits)
 - » 240 Koctet/s (1.92 Mb/s)
 - vidéo ($800 \times 600 \times 24$ bits, 25 images/s)
 - » 36 Moctet/s (288 Mb/s)

142

Compression

- Taux de compression
 - rapport non-compressé/compressé (50:1)
 - bits per pixel (2 bpp)
- Qualité
 - sans perte d'information (*lossless*)
 - avec perte (*lossy*)
- Vitesse
 - en temps réel (télé-conférence)
 - non-critique (vidéo stockée)
 - symétrique vs. asymétrique

143

Redondance

- Spatiale
 - les pixels voisins ont presque les mêmes valeurs
- Temporelle
 - les images voisines sont presque les mêmes
- De perception
 - pas la peine de présenter plus d'information que l'on peut percevoir

144

Techniques de compression

- Simples
 - tronquer - moins bits par pixel
 - » image 4:2:0 - sur 16 pixels : 16 valeurs Y, 4 valeurs Cb, Cr
 - table d'indirection
 - » CLUT (*Color Lookup Table*) - index sur 8 bits à 256 pixels de 24 bits
 - » comment choisir 256 « *meilleures couleurs* » ?
 - code à répétitions (*run-length*)
 - » 00000000 00000000 codé 16*0

145

Techniques de compression

- Interpolatives
 - transmission d'un sous-ensemble de valeurs et reconstruction
 - » interpolation entre deux images vidéo (MPEG)
- Prédicatives
 - utilisent la valeur précédente et la différence pour construire la valeur suivante
 - la différence peut être codée sur un nombre de bits plus petit
 - » codage ADPCM
 - » problème - propagation d'erreur

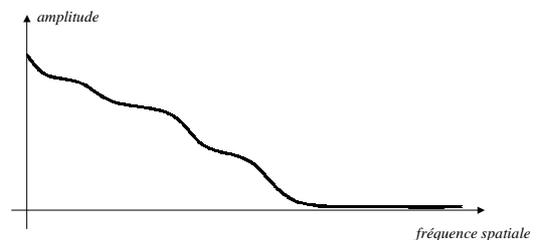
146

Techniques de compression

- Transformée
 - appliquée à un groupe de pixels (p.ex. 8×8)
 - idée : passer dans un autre domaine (p. ex. fréquence) et tronquer les valeurs des pixels
 - erreur moins visible
- Transformée discrète en cosinus (DCT - *Discrete Cosine Transform*)
 - effectuée sur un groupe de 64 pixels (8×8)
 - 64 coefficients - fréquence spatiale deux - dimensionnelle (DC + 63 AC)
 - énergie du signal déplacée vers les fréquences basses

147

Transformée discrète en cosinus



- Beaucoup de coefficients de fréquences élevées sont petits

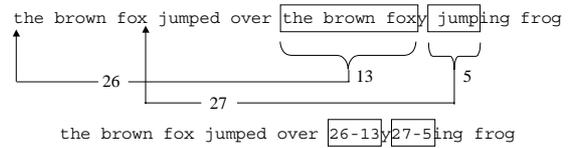
148

Techniques de compression

- Codage statistique (Huffman ou entropie)
 - valeurs ne sont pas équiprobables
 - idée : représenter des valeurs fréquentes avec un nombre de bits réduit
 - » 01010101010101 représenté comme 0
 - » 1111111 représenté comme 10
 - » 0000000 représenté comme 11
 - sans perte d'information
 - dictionnaire - comment interpréter des mots de taille variable

149

GIF (*Graphical Interchange Format*)



- Réduction de 24 bits à CLUT 8 bits
 - choix de 256 couleurs
- Algorithme de Lempel-Ziv
 - motifs fréquents remplacés par un code
 - dictionnaire créé au vol
 - gzip, compress, pkzip, modems

150

PNG (*Portable Network Graphics*)

- W3C
- Algorithme de compression non protégé par un brevet
- Améliorations
 - même image sur des plate-formes différentes
 - » correction du contraste (*gamma*)
 - » ajustement de la palette de couleurs
 - affichage progressif
 - » un aperçu avec 1/64 du fichier
 - bonne compression
 - » 30% meilleure que GIF ou TIFF

151

JPEG

- JPEG (*Joint Photographic Experts Group*)
- Plusieurs techniques
 - transformée discrète en cosinus
 - code à répétitions
 - codage différentiel
 - codage statistique

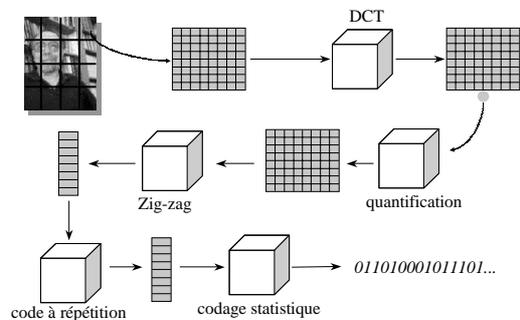
152

JPEG

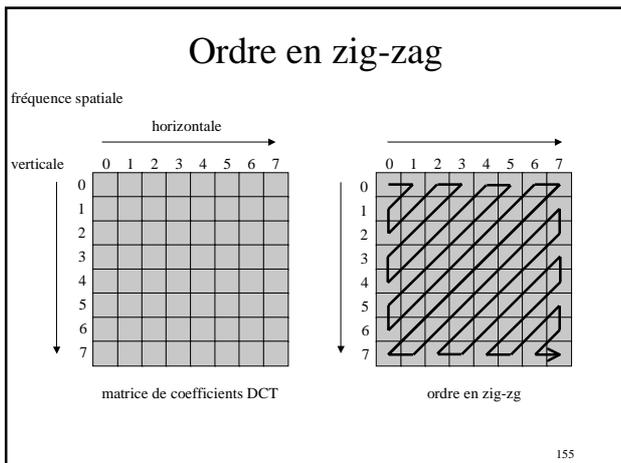
- Transformée discrète en cosinus
 - table de quantification
 - ordre en zig-zag
 - codage différentiel des coefficients DC
 - » $DC_i - DC_{i-1}$
 - quantification - les coefficients petits sont éliminés

153

Principe

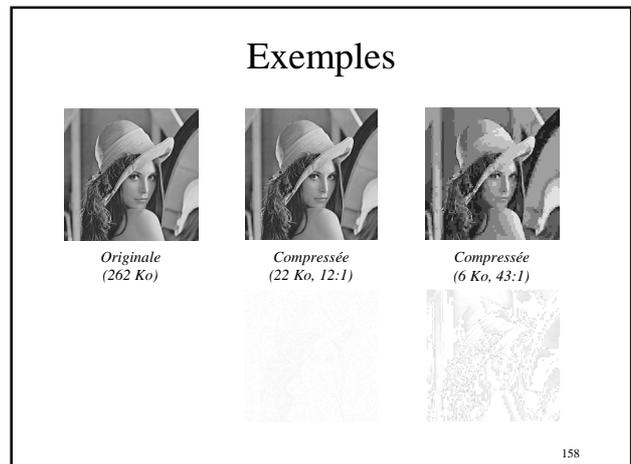


154



- ### JPEG
- Séquence de 63 coefficients transformée en suite de symboles intermédiaires
 - nombre de répétitions (4 bits)
 - taille (4 bits)
 - amplitude (10 bits)
 - exemple : coefficients 0 0 0 0 0 476
 - (6, 9) (476 codée sur 9 bits)
 - Symboles codés statistiquement - dictionnaire
- 156

- ### JPEG
- Qualité d'images
 - 0.25 - 0.5 bpp - moyenne à bonne
 - 0.5 - 0.75 bpp - bonne à très bonne
 - 0.75 - 1.5 bpp - excellente
 - 1.5 - 2.0 bpp - indiscernable d'un original
- 157



JPEG vs. GIF

 HP Worldwide Web Sites	 HP Worldwide Web Sites	 HP Worldwide Web Sites
GIF	JPEG (20)	JPEG (5)
3086 Ko	1928 Ko	1333 Ko
100%	62%	43%

159

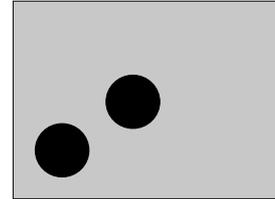
- ### Compression de la vidéo
- Problème de la vitesse
 - 25 images/s : une image prête pour affichage toutes les 40 ms
 - exemple : débit du CD-ROM : 176 Koctets/s, à 25 images/s, cela donne 7 Koctets par image
 - pour 256 × 240 pixels, seulement 0.91 bpp
 - Exploiter la redondance temporelle
 - estimation de mouvement
- 160

Estimation du mouvement

- Si pas de mouvement dans la scène, les images consécutives sont les mêmes
- Si une partie de l'image est déplacée, on ne transmet que les vecteurs du mouvement
- Trouver les vecteurs du mouvement
 - considérer des blocs des pixels
 - comparer avec des blocs voisins
 - choisir un bloc le plus similaire
 - encoder les vecteurs de mouvement et la différence entre les pixels

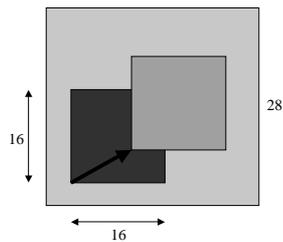
161

Estimation du mouvement



162

Vecteurs du mouvement



- Macrobloc 16×16 pixels
 - recherche des blocs similaires autour
 - vecteur : (x_p, y_p)
 - pixel x, y : $F_c(x, y) = F_p(x + x_p, y + y_p) + \delta(x, y)$ 163

165

Compression de la vidéo - MPEG

- MPEG (Motion Picture Expert Group)
- MPEG-1
 - vidéo de qualité acceptable avec le débit de 1.5 Mbit/s
- Accès aléatoire avec la précision de 1 seconde
- Deux techniques
 - compression intra-image
 - » similaire à JPEG
 - compression inter-image
 - » estimation du mouvement

164

Types d'images codées

- Image I (intra)
 - compression intra-image
 - image de référence pour l'accès aléatoire
- Image P (prédictive)
 - codée de manière prédictive par rapport à l'image I
 - vecteurs du mouvement
 - sert d'image de référence pour des images B

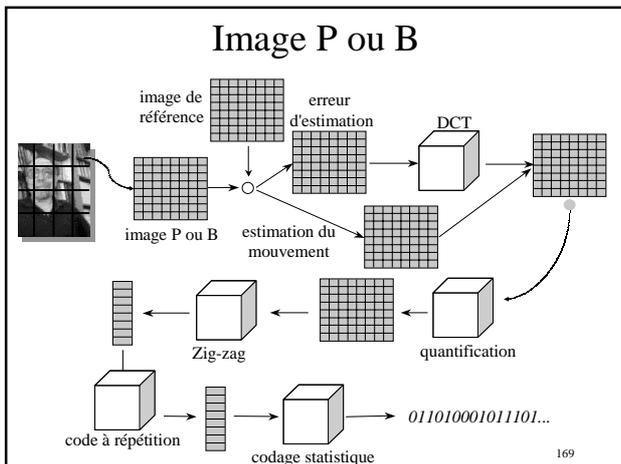
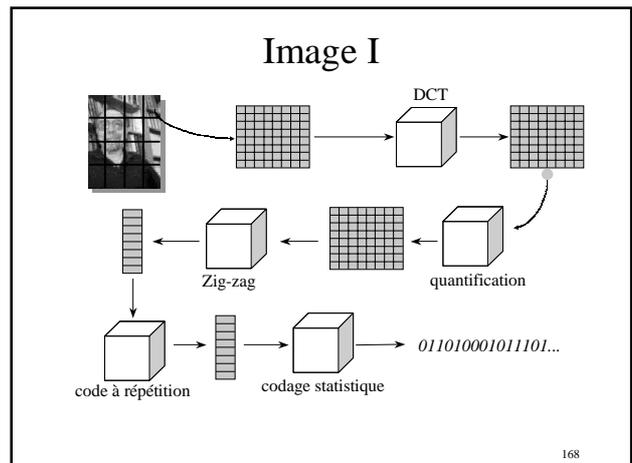
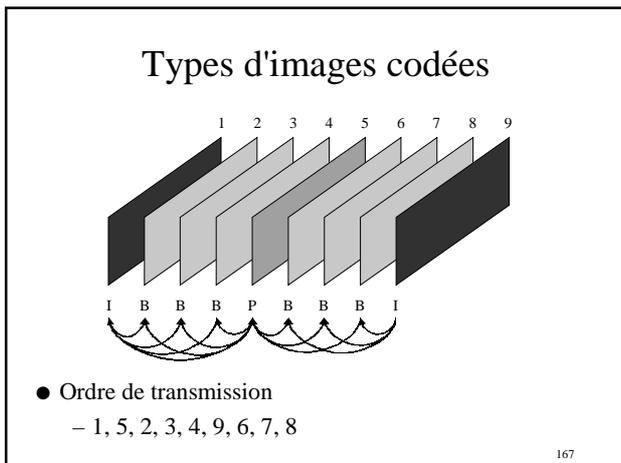
Types d'images codées

- Image B (bidirectionnelle)
 - codée de manière interpolative par rapport à deux images voisines I ou P
 - vecteurs du mouvement
 - » par rapport d'un bloc de l'image précédente
 - » par rapport d'un bloc de l'image suivante
 - » par rapport à deux blocs

- interpolation

$$F_c(x, y) = (F_p(x + x_p, y + y_p) + F_s(x + x_s, y + y_s))/2 + \delta(x, y)$$

166



- ### Caractéristiques de MPEG
- MPEG-1
 - 352 × 240, 30 images/s → 1.5 Mbit/s
 - MPEG-2
 - 720 × 486, 30 images/s → 5-10 Mbit/s
- 170

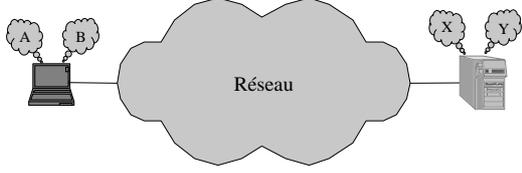
- ### Compression de son - MPEG
- Fréquence d'échantillonnage : 32, 44.1, 48 kHz
 - Débits : 32, 48, 56, 64, 112, 128, 192, 256, 384 Kb/s
 - MPEG Couche 1
 - filtrage en 32 sous-bandes
 - compression des fréquences masquées
 - MPEG Couche 3 (MP3)
 - filtrage en 32 sous-bandes
 - transformée MDCT (transformée en cosinus modifiée)
 - compression des fréquences masquées
 - codage statistique
- 171

Partie 6 Couche transport

Fonctions de la couche transport
Stratégies de retransmission
TCP
UDP, RTP
Sockets

172

Couche transport



- Deux entités connectés directement par la couche réseau
- Transfert de données entre deux processus selon une qualité de service demandée

173

Couche de transport

- Fonctions
 - pallier les imperfections des couches plus basses
 - » pertes, erreurs, paquets en désordre
 - ajuster les vitesses d'envoi et de réception
 - » contrôle de flux
 - traiter des cas de congestion dans le réseau
 - optimiser les performances du transfert

174

Couche de transport

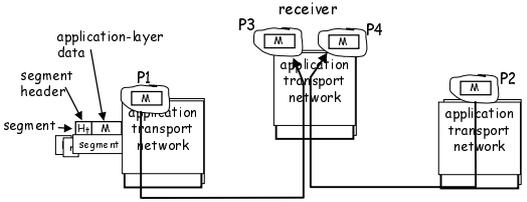
- Adressage
 - station, port
- Multiplexage
 - plusieurs connexions transport utilisant la même adresse réseau
- Service
 - sans connexion (UDP, RTP)
 - avec connexion (TCP)
 - qualité de service
 - » fiabilité, délai, gigue, débit

175

Multiplexage/demultiplexage

- *Segment* - unité de données échangées entre deux entités de transport

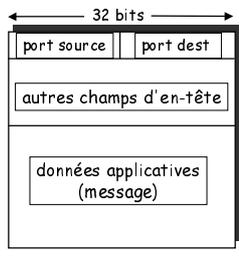
Demultiplexage : livraison de segments reçus aux processus applicatifs destinataires



176

Multiplexage/demultiplexage

Multiplexage : accepter de données de différents processus applicatifs, encapsuler dans un PDU avec une en-tête.



TCP/UDP segment format

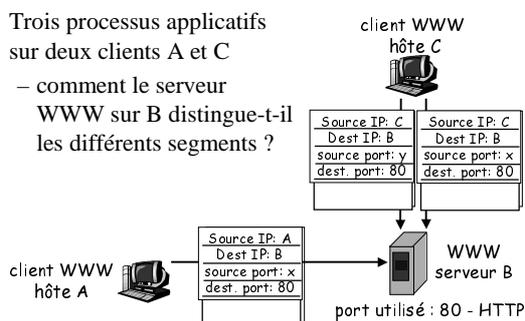
Multiplexage/demultiplexage :

- selon les ports source et destination, ainsi que les adresses IP
 - port source, destination dans chaque segment
 - "well-known port numbers" pour des applications spécifiques

177

Exemple

- Trois processus applicatifs sur deux clients A et C
 - comment le serveur WWW sur B distingue-t-il les différents segments ?



178

Autres fonctions

- Connexion
 - problème d'une entente répartie en présence de pertes, duplication ou rétention temporaire de paquets
- Transfert
 - fiabilité
 - » retransmissions
 - contrôle de flux
 - » adapter la vitesse d'émission à la vitesse de réception

179

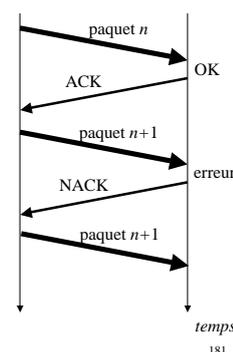
Stratégies de retransmission

- Transmission fiable malgré des pertes
 - retransmettre en cas de perte - ARQ (*Automatic Repeat Protocol*)
 - protocole : règles de coopération pour organiser la transmission
- Stratégies
 - Arrêt et attente (*Send and Wait*)
 - Retransmission continue (*Go-back-N*)
 - Retransmission sélective (*Selective Retransmit*)

180

Arrêt et attente simple

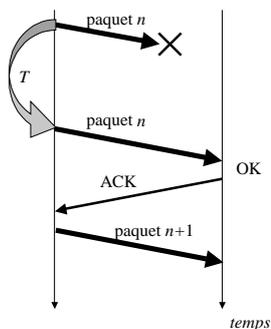
- Transmission fiable en présence d'erreurs
- Contrôle de flux
 - l'émetteur peut envoyer le paquet suivant dès qu'il reçoit ACK
- Pas de pertes



181

Cas de pertes

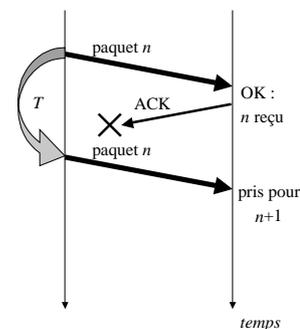
- Temporisation
 - si pas de réponse, retransmettre
 - l'intervalle supérieur au temps aller-retour



182

Problème de duplication

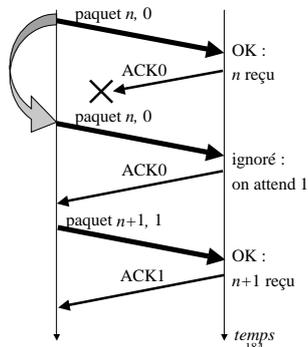
- Retransmission
 - on confond le paquet suivant avec le paquet retransmis
- Solution
 - numérotation de paquets



183

Numérotation

- Numéros des paquets et des ACKs
 - compteur sur k bits - mod 2^k
 - si un paquet en désordre, on l'ignore
 - 1 bit suffit



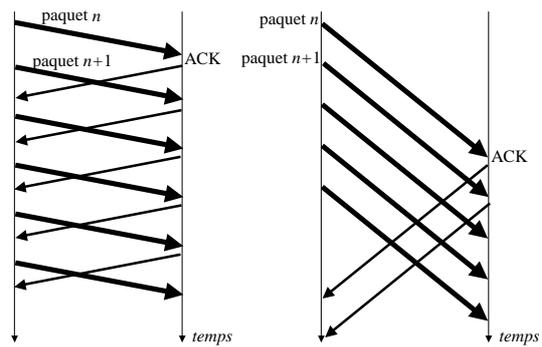
Arrêt et attente

- Protocole du Bit Alterné (*Alternating Bit Protocol*)
- Tampons ?
 - émetteur : 1 paquet
 - récepteur : 1 paquet
- Performances ?
 - on attend environ la moitié de temps

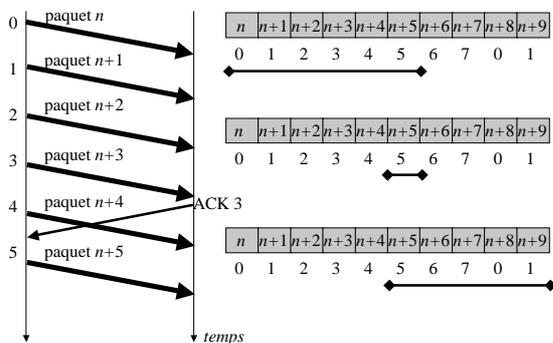
Protocoles à fenêtre

- Améliorer les performances
 - l'émetteur peut envoyer plusieurs paquets sans attendre l'ACK
 - fenêtre : les paquets à envoyer
 - taille de fenêtre ?
 - » dépend du temps aller-retour
 - » idéal : pouvoir envoyer des paquets en attendant l'ACK

Taille de fenêtre



Fenêtre d'émission

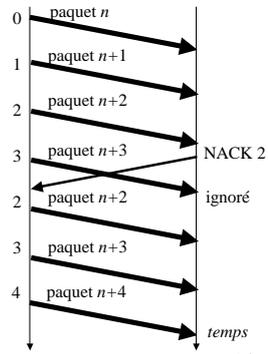


Fenêtre glissante

- Envoi de paquets
 - coté gauche avance de 1
- Réception de ACK
 - coté droite avance du nombre de paquets confirmés
- ACK cumulé
 - ACK 3 confirme la bonne réception de paquets 0, 1, 2, 3

Retransmission continue

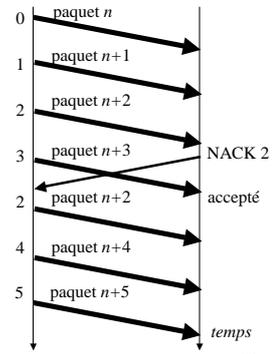
- Retransmission de tous les paquets à partir du paquet erroné



190

Retransmission sélective

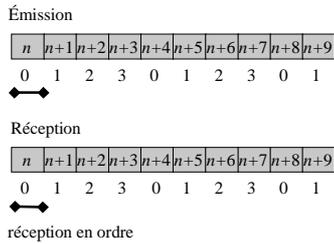
- Retransmission du paquet erroné



191

Tampons

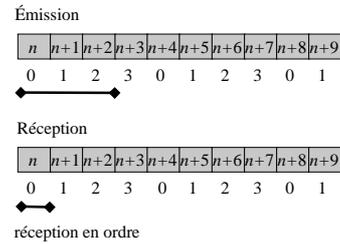
- Arrêt et attente



192

Tampons

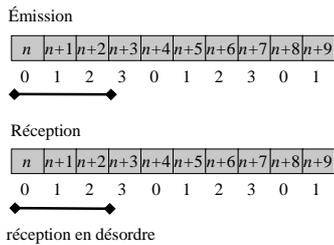
- Retransmission continue



193

Tampons

- Retransmission sélective



194

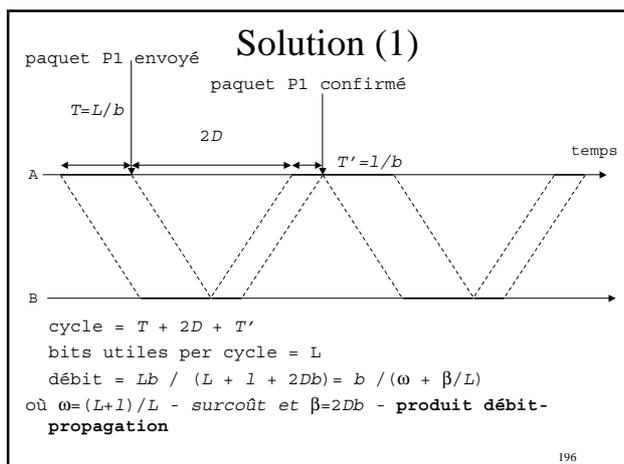
Performances : Arrêt et attente

- Question** : Quel est le débit utile en supposant l'absence d'erreurs ?

notation :

- taille de paquet = L , constant (en bits) ;
- taille de ACK = l , constant
- débit = b ;
- propagation = D
- temps de traitement = 0

195



Solution (2)

distance	20 km	20000 km	2 km	20 m
débit	10kb/s	1 Mb/s	10 Mb/s	1 Gb/s
propagation	0.1ms	100 ms	0.01 ms	0.1μs
transmission	800 ms	8 ms	0.8 ms	8 μs
temps global	800.1 ms	108 ms	0.81 ms	8.1 μs
	<i>modem</i>	<i>satellite</i>	<i>LAN</i>	<i>Hippi</i>
$\beta = 2Db$	2 bits	200 000 bits	200 bits	200 bits
débit = $b \times$	99.98%	3.8%	97.56%	97.56%

197

- ### Efficacité de RS
- Absence d'erreurs - le débit est contrôlé par la taille de la fenêtre
 - débit max = $\min \{b, WL/\tau\}$
 - $\tau = 2D + L/b$
 - b = bit rate, D = propagation, L = taille de paquet, W = taille de fenêtre en paquets
 - la taille de fenêtre limite le débit ssi $(W - 1)L \leq b$
 - Présence d'erreurs - la méthode est très efficace
 - utilisation du canal $U = 1 - r$, où r - proportion de paquets ou ACK perdus
- 198

Performance

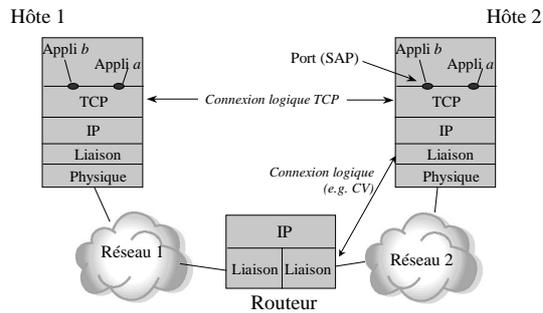
Rendement (débit/ b)	A & A	RC	RS
$D = 2$ ms 1000 bits, $r = 10^{-5}$, $b = 4.8$ Kb/s,	46 %	93 % $W = 2$	94 % $W = 2$
$D = 300$ ms 1000 bits, $r = 10^{-4}$, $b = 48$ Kb/s,	46 %	93 % $W = 29$	94 % $W = 29$

199

- ### TCP (*Transmission Control Protocol*)
- Fonction
 - transfert d'une séquence d'octets
 - » pas de marquage de messages
 - Unité de protocole
 - segment
 - Phases
 - connexion
 - transfert
 - fermeture
- 200

- ### TCP (*Transmission Control Protocol*)
- Fiabilité
 - fenêtre d'anticipation
 - détection d'erreurs par le récepteur
 - retransmission continue (*Go-back-N*), et retransmission sélective (réception en désordre)
 - » heuristiques "*retransmission rapide*"
 - Contrôle de flux
 - fenêtre modulée par récepteur (crédit)
 - Contrôle de congestion
 - adaptation à l'état d'occupation du réseau
- 201

Schéma général



202

En-tête TCP

port source		port destination	
no. de séquence			
no. d'ACK			
long. ent.	réservé	fenêtre	
checksum		pointeur urgent	
options			

- No. de séquence
 - no. du premier octet de données
- No. d'ACK
 - no. de l'octet attendu

203

En-tête TCP

port source		port destination	
no. de séquence			
no. d'ACK			
long. ent.	réservé	fenêtre	
checksum		pointeur urgent	
options			

- Bits - flags
 - SYN - segment de connexion
 - ACK - no. d'ACK actif
 - FIN - fermeture de connexion

204

En-tête TCP

port source		port destination	
no. de séquence			
no. d'ACK			
long. ent.	réservé	fenêtre	
checksum		pointeur urgent	
options			

- Bits - flags
 - URG - pointeur urgent actif
 - RST - reset
 - PSH - push : force la création d'un segment et et son restitution à l'application

205

En-tête TCP

port source		port destination	
no. de séquence			
no. d'ACK			
long. ent.	réservé	fenêtre	
checksum		pointeur urgent	
options			

- Fenêtre annoncée
 - récepteur contrôle la fenêtre d'émission (par défaut 4 Koctets, max. 64Koctets)
- Checksum - contrôle d'erreurs
 - sur le pseudo-en-tête (adresses IP), en-tête et les données

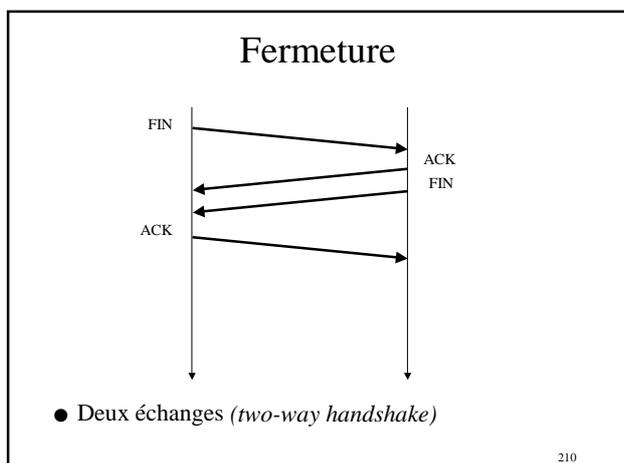
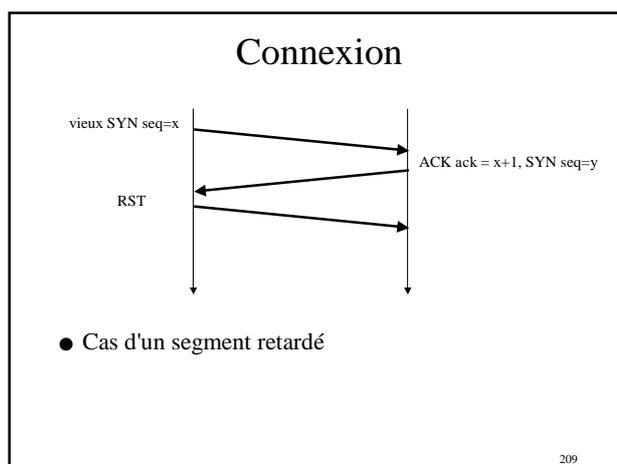
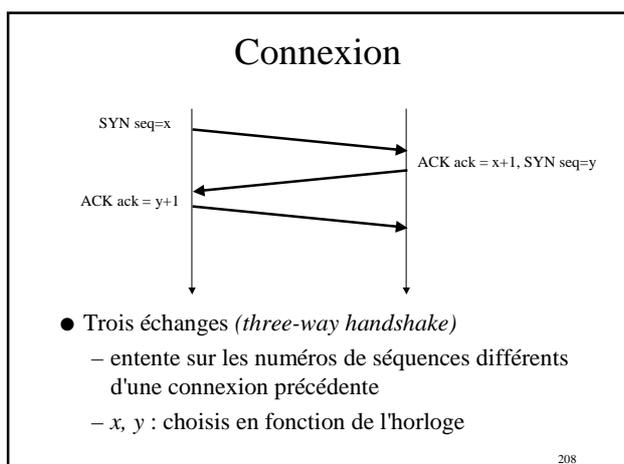
206

En-tête TCP

port source		port destination	
no. de séquence			
no. d'ACK			
long. ent.	réservé	fenêtre	
checksum		pointeur urgent	
options			

- Pointeur urgent
 - indique la fin des données urgentes
- Options
 - MSS (Maximal Segment Size) (sans en-tête)
 - » défaut 536 octets ; 1460

207



Segments et octets

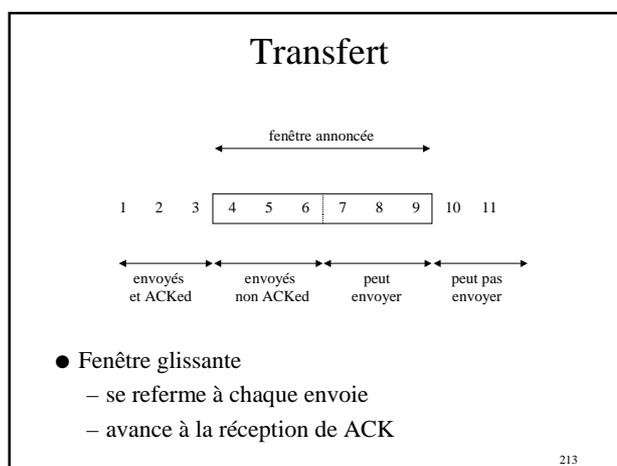
- Connexion TCP
 - une séquence ordonnée d'octets
- Segments
 - les octets de données sont accumulés jusqu'au moment où TCP décide d'envoyer un segment
 - découpage en segment indépendant du découpage au niveau application
 - MSS - la longueur maximale de segment

211

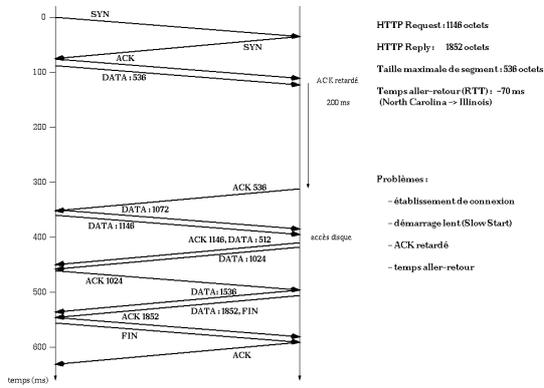
Transfert de données

- Contrôle de flux
 - envois des segments par anticipation
 - le récepteur régule la taille de fenêtre - crédit
- Contrôle des erreurs
 - ACK des segments
 - retransmission
- Contrôle de congestion
 - si le réseau est trop encombré, réduire le taux d'envoi

212



Exemple de transfert TCP



Problèmes :

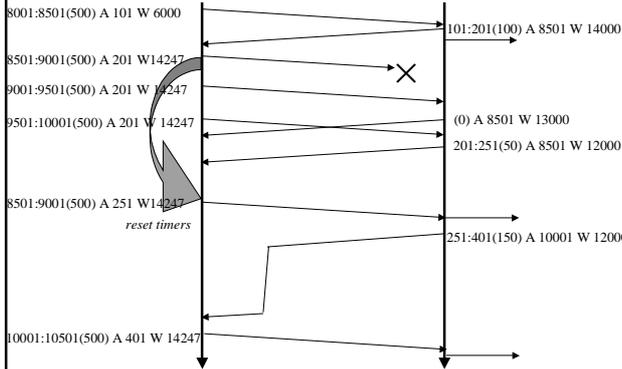
- établissement de connexion
- démarrage lent (Slow Start)
- ACK retardé
- temps aller-retour

Contrôle des erreurs

- Les segments portent le n° du 1^{er} octet transporté
- À l'envoi, une temporisation est armée
- Le récepteur acquitte les segments reçus
 - soit immédiatement
 - soit après un retard
 - » il a un autre segment à envoyer (*piggybacking*)
 - » reçoit un autre segment (ACK cumulatifs)
- ACKs peuvent être envoyés, même si on reçoit un segment en désordre
- Sur épuisement de la tempo, la retransmission à partir du 1^{er} segment non acquitté

215

Exemple de transfert - Reno



216

Exemple de transfert

- Retransmission de 8501
 - récepteur stocke les segments en désordre (9001 et 9501)
 - dès la réception de 8501, on peut passer 8501:10001 à l'application
 - après la réception de 10001, la transmission continue
- Optimisé pour un seule perte
 - les temporisations de tous les autres segments sont arrêtées

217

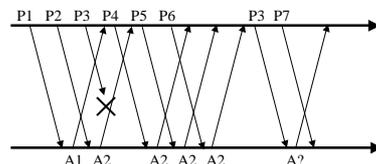
Traitement d'erreurs

- Temporisation associée à chaque segment non acquitté - RTO (*Retransmission TimeOut*)
- Estimer le temps aller-retour RTT - (*Round Trip Time*)
- Réglage des temporisations
 - réglage de la fenêtre optimale
- Mesure du temps de retour d'un ACK
- Moyenne pondérée



218

Retransmission rapide



- *Fast retransmit*
 - intervalle de retransmission peut être grand
 - ajouter un comportement du type *Retransmission Sélective*
 - si on reçoit 3 ACK dupliqués pour le même segment avant la temporisation, on retransmet

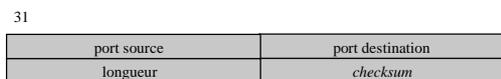
219

UDP (*User Datagram Protocol*)

- Simple interface à IP
 - ajoute le multiplexage
 - » plusieurs applications différenciées par les numéros de port
 - une entête de 8 octets :
 - » port source et destination,
 - » longueur (limité à 8 Koctets)
 - » *checksum* sur le paquet
- Pas de garantie d'acheminement

220

En-tête UDP



- Ports source et destination
 - identificateurs d'application
- Longueur
 - < 8Koctets
- *Checksum*
 - contrôle d'erreurs

221

Protocoles de transport multimédia

- Acheminement de données
 - RTP (*Real-Time Transport Protocol*)
- Contrôle/rétroaction
 - RTCP (*Real-Time Control Protocol*)
- Établissement et contrôle de session RTP/RTCP
 - RTSP (*Real-Time Streaming Protocol*)

222

RTP

- Protocole pour le transport de données temporelles (en particulier, audio et vidéo)
 - indépendant du protocole réseau ou transport (UDP/IP, ATM, ...)
 - protocole non fiable
 - extensible/adaptable selon les besoins des applications
 - sans garantie de qualité de service
 - » confiée au réseau sous-jacent
 - » peut bénéficier de la QoS et peut s'adapter

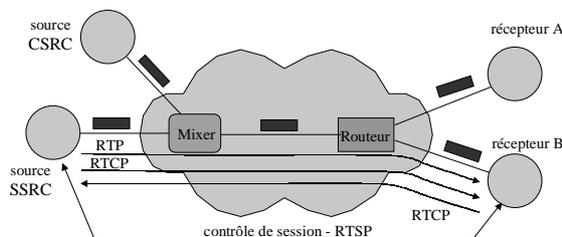
223

RTP

- Deux protocoles
 - protocole de transport de données (RTP)
 - protocole de contrôle (RTCP)
 - » permet de surveiller la qualité de service obtenue et de transporter des informations sur les participants à une session
 - pas de multiplexage d'une session RTP entre plusieurs flots (ex. audio et vidéo encodés séparément)

224

RTP



- Session RTP
 - port RTP, port RTCP
 - adresses IP unicast ou adresse multicast

225

Socket

- Interface système - protocole de transport
 - une connexion réseau est vue comme un fichier
- Appels système en mode non-connecté (UDP)
 - socket - création d'un descripteur
 - bind - associer à une adresse locale
 - sendto - envoie de données
 - recvfrom - réception de données
 - close - fermeture de connexion

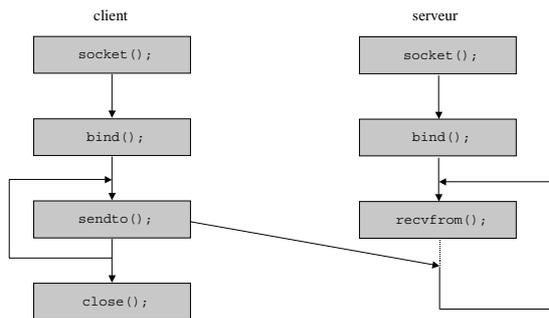
226

Socket

- Appels système en mode connecté (TCP)
 - socket - création d'un descripteur
 - bind - associer à une adresse locale
 - listen - volonté d'accepter des connexions
 - accept - attente jusqu'à l'arrivée d'une connexion
 - connect - établit une connexion
 - send - envoie de données
 - receive - réception de données
 - close - fermeture de connexion

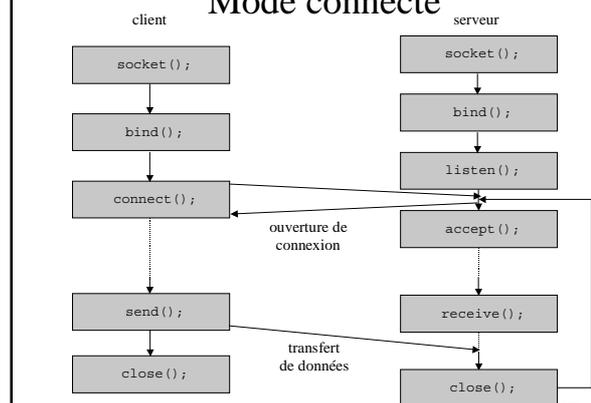
227

Mode non-connecté



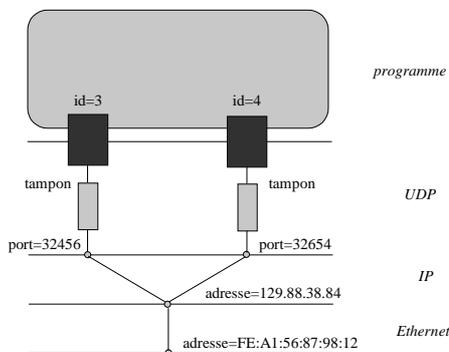
228

Mode connecté



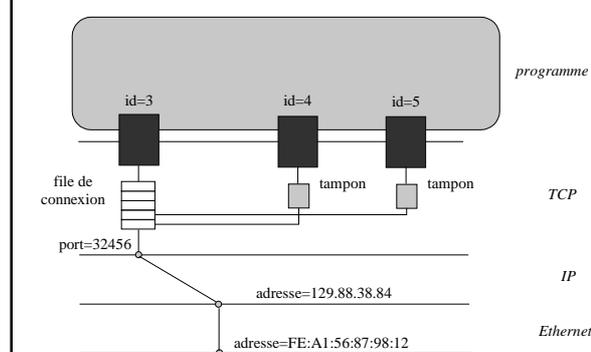
229

Mode non-connecté



230

Mode connecté



231

Homework

- Only for future Unix hackers
 - get sample examples from
 - » <http://fidji.imag.fr/~duda/cours.html>
 - compile it and run
- Use `socklab` for observation and manipulation of sockets

232