

- Partie 5 - Le réseau INTERNET

page 1

Plan

1. Introduction à L'INTERNET: Historique et définitions
2. Protocoles IP : Adressage
3. Protocole ARP : Résolution d'adresses
4. Protocole ICMP : contrôle d'erreurs
5. Mode d'accès à Internet : ADSL, PPP

page 2

Bibliographie

- **TCP/IP : Principes, protocoles et Architecture**
Douglas E .Comer, Prentice Hall - 4ème édition - 754 pages
- **TCP/IP Illustré vol. 1, 2 et 3**
W. Richard Stevens, Addison-Wesley 1996
- **Routage dans l'Internet**
Christian Huitema, Prentice Hall - 2ème édition - 384 pages
- **Réseaux locaux et Internet : Des protocoles à l'interconnexion**
Laurent toutain, Hermès - 2 ème édition - 732 pages

page 3

Historique

- ◆ 1969 : Début du réseau (D)ARPANET (4 calculateurs)
- ◆ DARPA = Defense Advanced Research Projects Agency
- ◆ 1972 : Démonstration de ARPANET
 - ◆ IMP - Interface Message Processor - mode connecté (X.25)
 - ◆ NCP - Network Control Program – non connecté (ancêtre de TCP)
- ◆ 1977-1979 : Les protocoles TCP/IP prennent leur forme définitive,
- ◆ 1980 - L'université de Berkeley intègre TCP/IP dans Unix (BSD)
- ◆ 1980 - janvier 1983 : Tous les réseaux raccordés à ARPANET sont convertis à TCP/IP

page 4

Historique (2)

- ◆ 198x – TCPIP devient le Standard de facto pour l'interconnexion de réseaux hétérogènes,
- ◆ 1988 – Mise en place du Backbone de la NSFnet (12 réseaux régionaux)
- ◆ 1992 – EBone et RENATER
- ◆ 199x - explosion de l'offre et de la demande de services Internet y compris pour les particuliers
- ◆ 1995 – Arrêt du Backbone NSFnet
 - ◆ Mise en œuvre des NAPs (Network Access Points)
- ◆ 200x – Internet nouvelle génération

page 5

Qu'est ce qu'Internet ? 3 définitions

1. Une famille de protocoles de communication, appelée :
 - TCP / IP : Transmission Control Protocol / Internetworking Protocol,
 - ou Internet Protocol Suite,
2. Un réseau mondial constitué de milliers de réseaux hétérogènes, et interconnecté au moyen des protocoles TCP/IP :
 - Réseaux locaux d'agences gouvernementales, institutions d'éducation, hôpitaux, des commerciaux, ...
 - Réseaux fédérateur de Campus,
 - Réseaux Régionaux, Nationaux, Intercontinentaux (Américains, Européen, EUNET, Ebone, Asiatiques, ...)
3. Une communauté de personnes utilisant différents services
 - Courrier électronique, Web, Transfert de fichiers FTP, ...

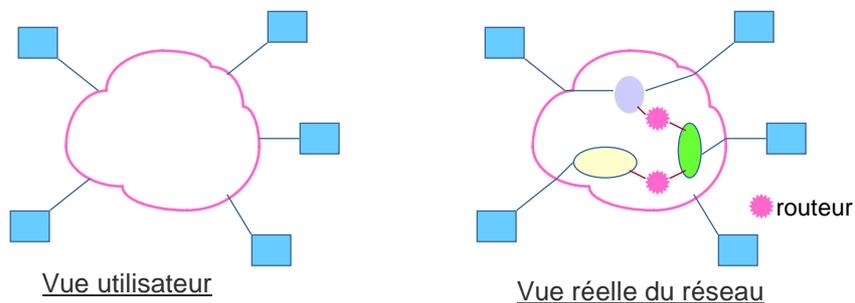
page 6

Qu'est ce qu'un Intranet ou Extranet ?

1. Intranet : un réseau d'entreprise dans lequel les mêmes technologies et protocoles que l'Internet sont mis en œuvres
 - Routeurs, protocoles TCP/IP, protocoles applicatifs : email, web, ...
2. Extranet : un Intranet qui offre des accès distants aux usagers/employés/partenaires de l'entreprise
 - Problème de sécurité

page 7

Structure Physique de l'INTERNET



page 8

Qui normalise l'Internet ?

- Technologie INTERNET développée par un organisme bénévole : l'IETF (Internet Engineering Task Force) organisé en 8 secteurs de recherche,
- Les normes sont appelées RFC (Request For Comment),
 - Exemple : RFC 791 (décrit IP) – RFC 793 (décrit TCP)
 - Documents gratuits accessibles à « www.ietf.org »
- Tout le monde peut proposer un RFC
 - L'IAB (Internet Activities Board) gère le processus d'acceptation des RFC
- les standards sont publiés par une association sans but lucratif l'internet society (1992)

page 9

Qui gère Internet

1. Normes techniques : IETF (internet Engineering Task Force)
Les normes sont appelées RFC (Request For Comment),
 - Exemple : RFC 791 (décrit IP) – RFC 793 (décrit TCP)
 - Documents gratuits accessibles à « www.ietf.org »
2. Noms de domaines: ICANN (USA), RIPE (France)
ICANN : Internet corporation for Assigned Names and Numbers;
3. Adresses IP, N° port, N° AS : ICANN depuis décembre 1998;
4. Réseaux : ISP (Internet Service Provider), NSP (Network Service Provider)
5. Fibres : Opérateurs télécoms
6. Serveurs, contenus : tout le monde (particuliers, entreprises, université, ...)

page 10

Allocation des Adresses/Noms



Internet Corporation
For Assigned Names
and Numbers



RIR
Regional Internet
Registries



NIR
National Internet
Registries



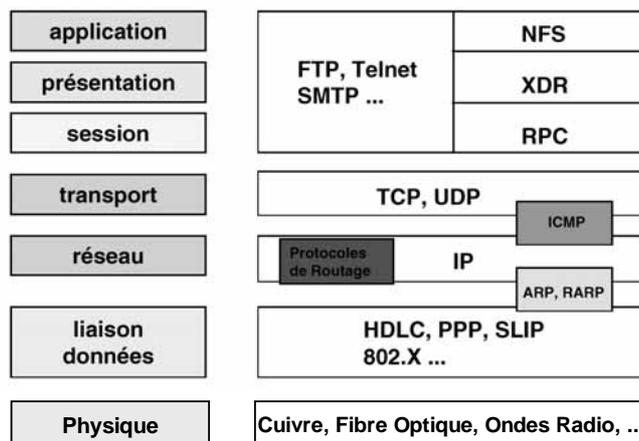
LIR
Local Internet
Registries



End Users

page 11

Architecture TCP/IP



page 12

Glossaire

- Couche Liaison :
 - SLIP : Serial Line IP RFC 1055
 - PPP : Point to Point Protocol RFC 1661
- Couche Réseaux :
 - IP : Internetworking Protocol RFC 791 (v4) et RFC 2460 (v6)
 - ICMP : Internet Control Message Protocol RFC 792
 - ARP : Adress Resolution Protocol RFC 826
 - RARP : Reverse ARP RFC 903
 - IGMP : Internet Group Management Protocol RFC 1112
- Protocoles Transport
 - UDP : User Datagram Protocol RFC 768
 - TCP : Transport Control Protocol RFC 793

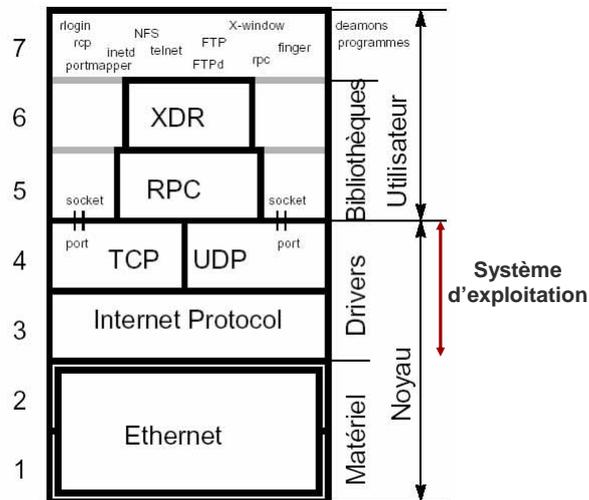
page 13

Glossaire (suite)

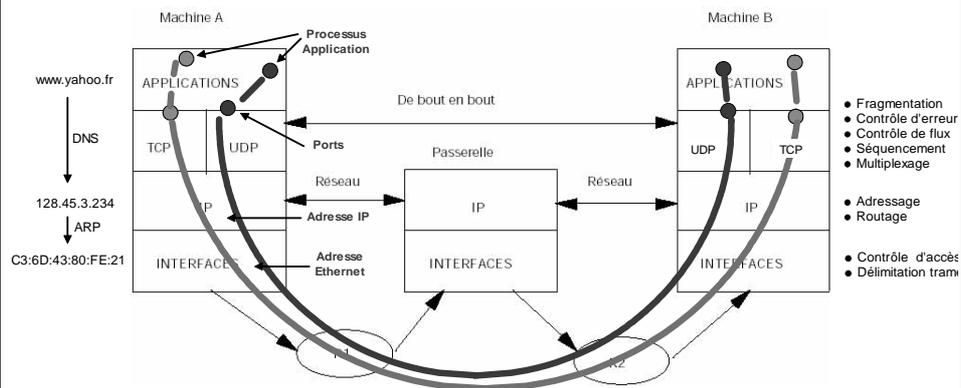
- Couche Application :
 - DNS : Domain Name Server RFC 1034 UDP (53)
 - HTTP : Hyper Text Transfer Protocol RFC 2616 TCP (80)
 - SMTP : Simple Mail Transfer Protocol RFC 821 TCP (25)
 - POP 3 : Post Office Protocol RFC 1939 TCP (110)
 - MIME : Multipurpose Internet Mail Extensions RFC 2045 -
 - FTP : File Transfer Protocol RFC 959 TCP (20-21)
 - TELNET RFC 854 TCP (23)
 - BOOTP : Bootstrap Protocol RFC 951 UDP (67-68)
 - DHCP : Dynamic Host Configuration Protocol RFC 2131 TCP (546-547)
 - SNMP : Simple Network Management Protocol RFC 1157 UDP (161-162)
 - RIP 2 : Routing Internet Protocol RFC 2453 UDP (520)
 - OSPF 2 : Open Shortest Path First RFC 2328 -
 - BGP : Border Gateway Protocol RFC 1771 TCP (179)
 - IMAP : Internet Message Access Protocol RFC 2060 TCP (143)
 - RTSP : Real Time Streaming Protocol RFC 2326 TCP (554)
 - NFS : Network File system RFC 1094 UDP (2049)

page 14

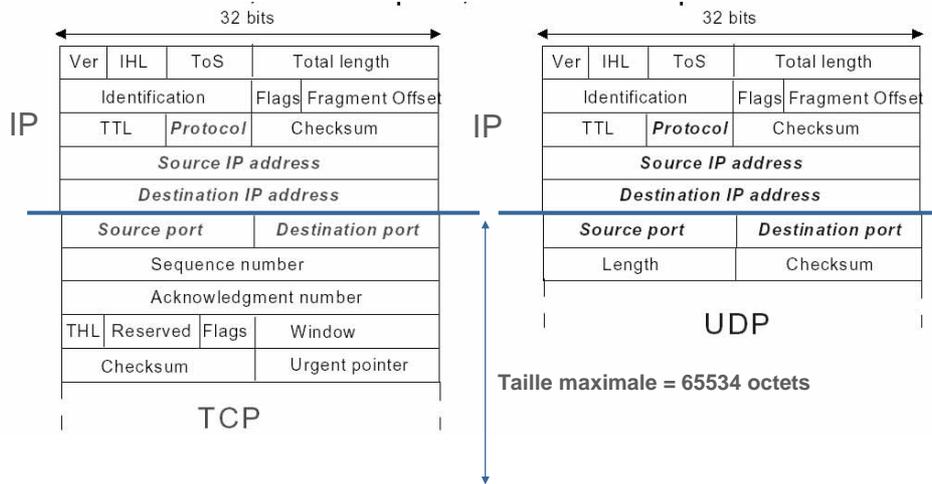
Architecture d'un terminal IP



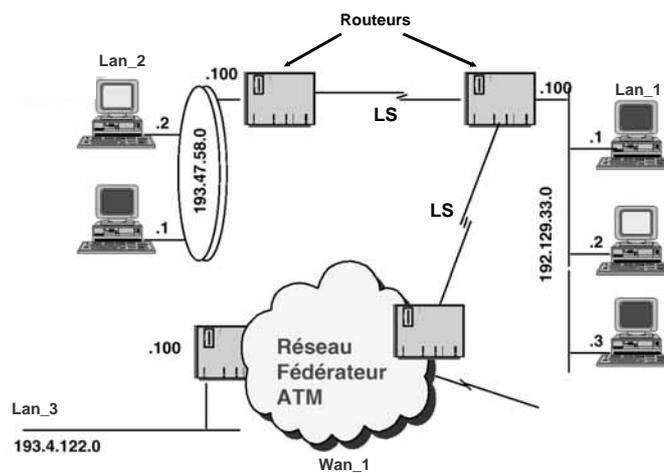
Communication client/serveur



Structure des Paquets IP



Adresse réseau



Classes d'adresses IP

	Prefix réseau	Suffix machine
Classe A de 1.x.x.x à 127.x.x.x ↪ 127 réseaux – ↪ 16777216 machines	0	réseau hôte
Classe B de 128.0.x.x à 191.255.x.x ↪ 16384 réseaux – ↪ 65536 machines	10	réseau hôte
Classe C de 192.0.0.x à 223.255.255.x ↪ 2097152 réseaux – ↪ 256 machines	110	réseau hôte
Classe D de 224.0.0.0 à 239.255.255.255 (multicast)	1110	adresse diffusion
Classe E de 240.0.0.0 à 255.255.255.255 (Expérimentale)	1111	non défini

page 19

Adresses IP particulières

- Adresse de diffusion : tous les champs sont à « 1 »
 - Exemple : 255.255.255.255
 - Diffusion sur tout le réseau (tous les sous-réseaux sont concernés)
- Adresse de diffusion dirigée : le champ « hostid » est tout à « 1 » et le champ « netid » est une adresse réseau spécifique :
 - Exemple : 192.20.0.255
 - ⇒ la diffusion concerne toutes les machines situées sur le réseau spécifié : 192.20.0.255
 - ⇒ désigne toutes les machines du réseau de classe C 192.20.0
- Adresse de boucle locale :
 - l'adresse réseau 127.0.0.1 est réservée pour la désignation de la machine locale, c'est à dire la communication intra-machine. Une adresse réseau 127 ne doit, en conséquence, jamais être véhiculée sur un réseau et un routeur ne doit jamais router un datagramme pour le réseau 127.
- Adresse de BOOTP (« hostid » et « netid » tout à zéro), l'adresse est utilisée au démarrage du système afin de connaître l'adresse IP (Cf RARP).
 - Exemple : 0.0.0.0

page 20

Masque de réseau ou Netmask

- Masque du réseau : adresse IP particulière servant à identifier l'adresse du réseau à partir d'une adresse IP de machine.
 - Le masque d'un réseau de classe A = 255.0.0.0
 - Le masque d'un réseau de classe B = 255.255.0.0
 - Le masque d'un réseau de classe C = 255.255.255.0
 - Dans le cas d'un réseau découpé en sous-réseau : le masque est calculé en mettant tous les bits du préfix réseaux à la valeur binaire « 1 », et tous les bits associés au suffix à « 0 ».
- Adresses réseau : adresse IP dont la partie « hostid » ne comprend que des zéros;
 - => la valeur zéro ne peut être attribuée à une machine réelle : 192.20.0.0 désigne le réseau de classe C 192.20.0
- Adresse machine locale : adresse IP dont le champ réseau (netid) ne contient que des zéros;
 - Exemple 0.0.25.1

page 21

Netmask

- Permet à une station de savoir si la station destination est dans le même réseau qu'elle ou s'il lui faut envoyer son paquet au routeur qui l'acheminera,
- Exemple station A veut envoyer un paquet à une station B :
 - @ IP A = 172.16.2.4
 - @ IP B = 172.16.3.5
 - @ netmask A : 255.255.0.0
- La station A doit réaliser 3 opérations :
 1. @ A AND @ netmask A = Res 1
 2. @ B AND @ netmask A = Res 2
 3. comparer Res 1 et Res 2
 - Si Res 1 = Res2 alors station sur le même réseau
 - Sinon station sur des réseaux distants

page 22

A	B	A AND B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Netmask (2)

172 . 16 . 2 . 4 (@ IP A)
 10101100 . 00010000 . 00000010 . 00000100
 11111111 . 11111111 . 00000000 . 00000000 (mask A = 255.255.0.0)
 10101100 . 00010000 . 00000000 . 00000000 (@ du réseau classe B 172.16.0.0)

172 . 16 . 3 . 5 (@ IP B)
 10101100 . 00010000 . 00000011 . 00000101
 11111111 . 11111111 . 00000000 . 00000000 (mask A = 255.255.0.0)
 10101100 . 00010000 . 00000000 . 00000000 (@ du réseau B 172.16.0.0)

page 23

Netmask (3)

Autre exemple @ IP C = 125.128.96.12

172 . 16 . 2 . 4 (@ IP A)
 10101100 . 00010000 . 00000010 . 00000100
 11111111 . 11111111 . 00000000 . 00000000 (mask A = 255.255.0.0 - classe B)
 10101100 . 00010000 . 00000000 . 00000000 (@ du réseau classe B 172.16.0.0)

125 . 128 . 96 . 12 (@ IP C)
 01111111 . 10000000 . 01100000 . 00001100
 11111111 . 11111111 . 00000000 . 00000000 (mask A = 255.255.0.0)
 01111111 . 10000000 . 00000000 . 00000000 (@ du réseau classe A 125.128.0.0)

page 24

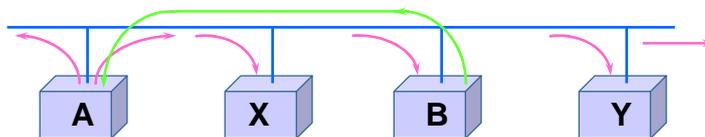
Adresses IP Privées

- Classe A : 10.0.0.0 - 10.255.255.255
- Classe B : 172.16.0.0 - 172.31.255.255
- Classe C : 192.168.0.0 - 192.168.255.255

page 25

ARP

- L'association adresse physique - adresse IP de l'émetteur est incluse dans la requête ARP de manière à ce que les récepteurs enregistrent l'association dans leur propre mémoire cache,



- Pour connaître l'adresse physique de B (PB) à partir de son adresse IP (IB), la machine A diffuse une requête ARP qui contient l'adresse IP de B (IB) vers toutes les machines;
- la machine B répond avec un message ARP qui contient la paire (IB, PB).
- Rem : champ type de la trame Ethernet: 0806 pour ARP

page 26

ARP : encapsulation



page 27

Format du message ARP

0	8	16	24	31
Type de matériel		Type de protocole		
LGR-MAT	LGR-PROT	Opération		
Adresse matériel émetteur (octets 0-3)				
Adresse Mat émetteur (octets 4,5)		Adresse IP émetteur (octets 0,1)		
Adresse IP émetteur (octets 4,5)		Adresse Mat cible (octets 0,1)		
Adresse Matériel cible (octets 2,5)				
Adresse IP cible (octets 0-3)				

page 28

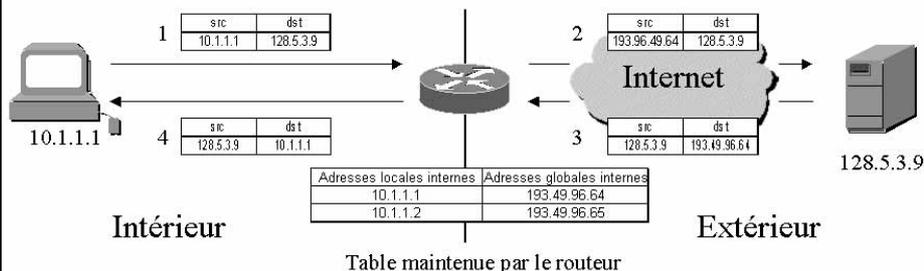
Problème des adresses IPv4

- L'assignation d'une classe par bit, signifie : la classe A prend 1/2 des adresses, la classe B 1/4, la classe C 1/8 etc.
- Problèmes avec une telle assignation :
 1. Gaspillage
 2. Saturation dans les routeurs
 3. Pénurie des adresses encore libres
- Solutions ?
 1. Utiliser les adresses IP privées avec un protocole de translation d'adresse (NAT: Network Address Translation)
 2. Fractionner les blocs d'adresses plus finement : « Subnetting » ou « sous-adressage »
 - **conserver la taille à 32 bits mais ...**
 3. Augmenter la taille du champ adresse :
 - **Exemple : IP version 6 (décembre 1998) : champ adresse de 128 bits**
 - **conséquence : incompatibilité entre les machines**

page 29

« NAT »

- **Network Address Translation :**



page 30

Subnetting

- Constat : Un site ne contient pas un réseau mais un ensemble de réseaux (exemple : UVSQ)
- Solution : scinder une classe en sous-réseaux (ou segment):
 - La partie numéro de machine devient le numéro de sous-réseau et le numéro de la machine dans ce sous-réseau,
 - Combien de bits (n) utiliser pour représenter les sous-réseaux ?
 - Si (p) sous-réseaux à représenter alors $p \geq (2^n - 2)$
 - Nombre de bits alloués au numéro de sous-réseau est configurable : c'est le « sub-netmask » ou simplement le « netmask » du sous-réseau

(1)

Partie internet	Partie locale
-----------------	---------------

(2)

Partie internet	Sous-réseau	Machine
-----------------	-------------	---------

page 31

Subnetting Exemple

- Soit un réseau d'entreprise de classe B = 130.96.0.0 constitué de 8 sous-réseaux locaux.
- Pour identifier 8 sous-réseaux, combien de bits faut-il prendre de la partie Host-id ?
 - 3 bits ? $\Rightarrow 2^3 - 2 = 6$ (insuffisant !!!)
 - 4 bits ? $\Rightarrow 2^4 - 2 = 14$ (Oui !!!)
- Masque de sous-réseau = 255.255.240.0
- Exemple d'adresse de diffusion restreinte = 130.96.175.255 pour le sous-réseaux de net-id = 130.96.160.0

page 32

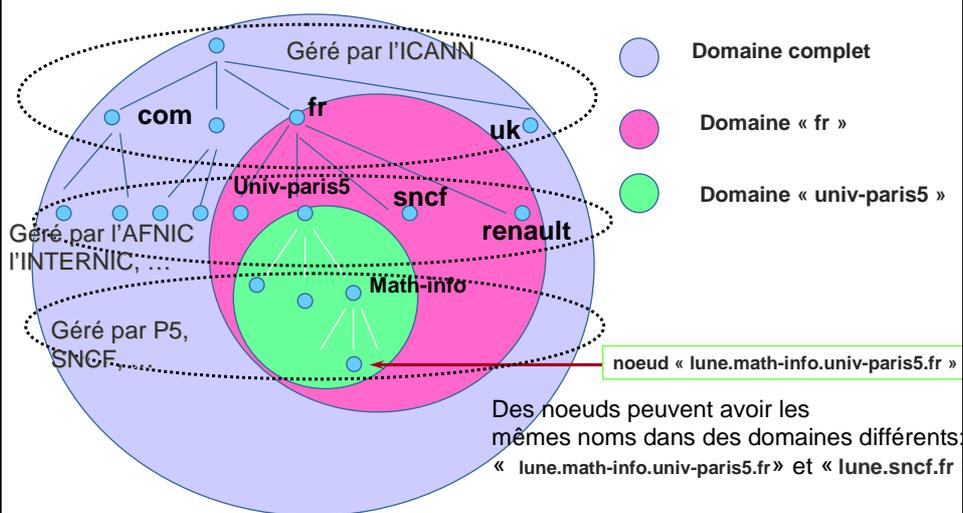
Nommage des ressources

- Nommage des ressources du réseau : utiliser un NOM SYMBOLIQUE plutôt qu'une adresse décimale :
 - brune.prism.uvsq.fr 193.51.25.130
 - www.yahoo.fr 10.25.123.68
 - Unicité des adresses => unicité des noms
 - Il existe un « plan de nommage » hiérarchique mondiale et un « service de noms » mondial : le DNS (Domain Name System)

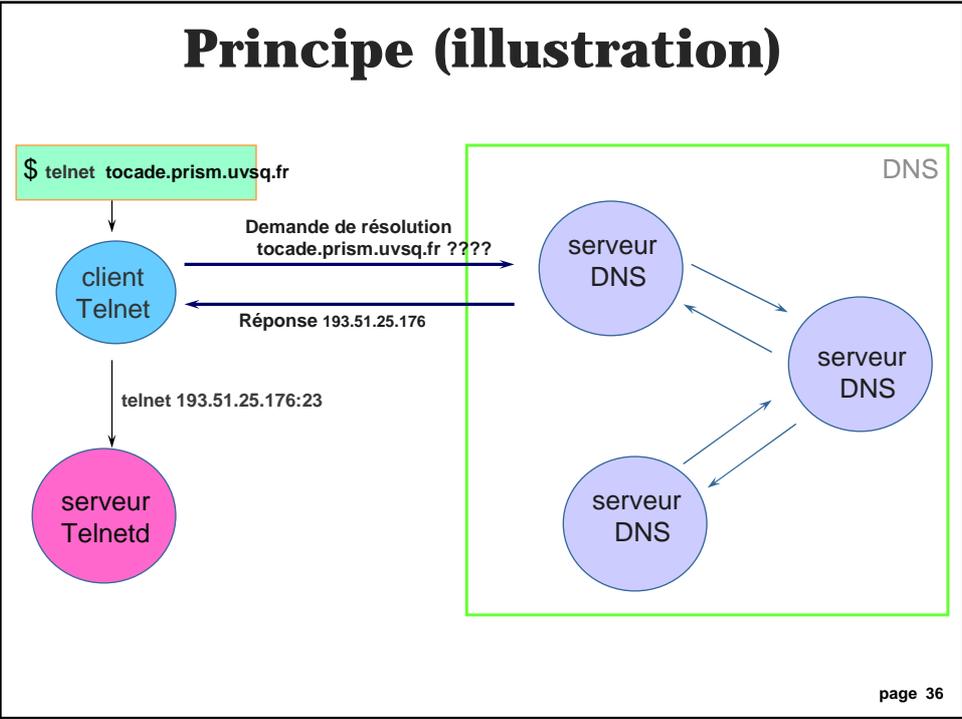
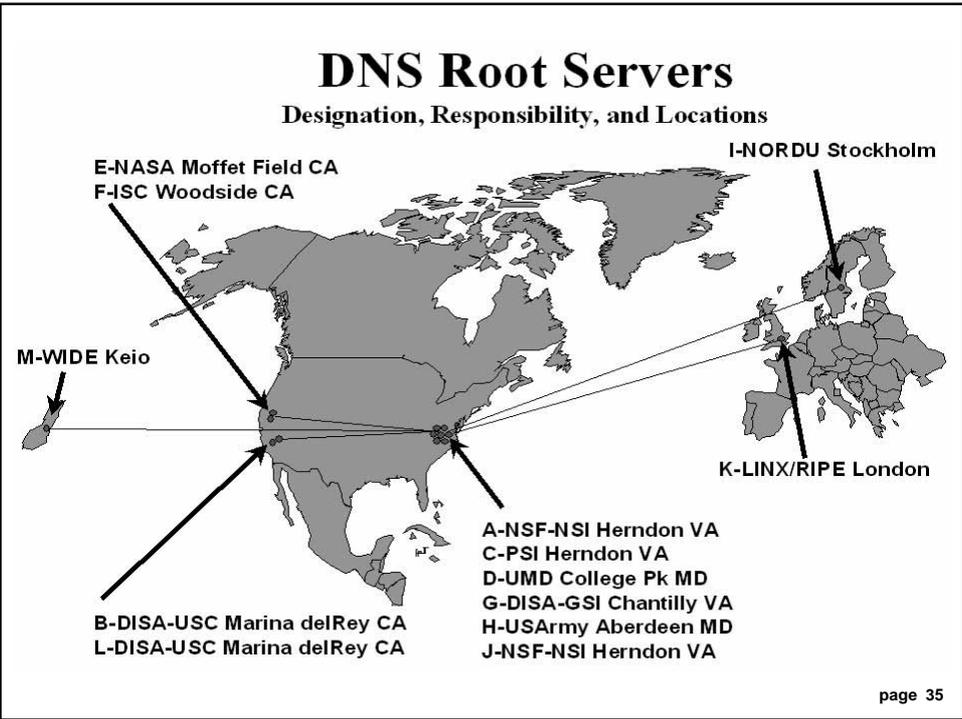
page 33

Le domaine

Un domaine est un sous-arbre de l'espace nom de domaine



page 34

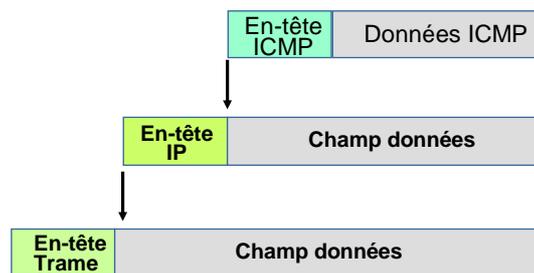


Protocole ICMP

- Le protocole ICMP (Internet Control Message Protocol) permet d'envoyer des messages de commande ou des messages d'erreur vers d'autres machines ou routeurs.
- ICMP rapporte les messages d'erreur à l'émetteur initial.
- Beaucoup d'erreurs sont causées par l'émetteur, mais d'autres sont dues à des problèmes d'interconnexions rencontrées sur l'Internet :
 - **machine destination déconnectée,**
 - **durée de vie du datagramme expirée,**
 - **congestion de routeurs intermédiaires.**
- Si un routeur détecte un problème sur un datagramme IP, elle le détruit et émet un message ICMP pour informer l'émetteur initial.
- Les messages ICMP sont véhiculés à l'intérieur de datagrammes IP et sont routés comme n'importe quel datagramme IP sur l'internet.
- Une erreur engendrée par un message ICMP ne peut donner naissance à un autre message ICMP (évite l'effet cummulatif).

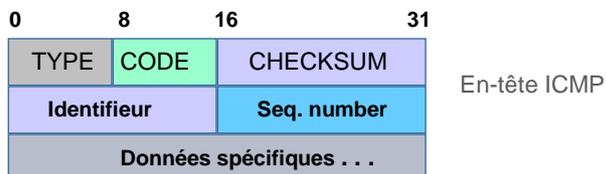
page 37

ICMP : encapsulation



page 38

ICMP : format des messages



TYPE 8 bits; type de message

CODE 8 bits; informations complémentaires

CHECKSUM 16 bits; champ de contrôle

IDENTIFIÉRIER (16 bits) et SEQUENCE NUMBER (16 bits) sont utilisés par l'émetteur pour contrôler les réponses aux requêtes, (CODE = 0).

page 39

ICMP : type de messages

<u>TYPE</u>	<u>Message ICMP</u>	<u>TYPE</u>	<u>Message ICMP</u>
0	Echo Reply	13	Timestamp Request
3	Destination Unreachable	14	Timestamp Reply
4	Source Quench	15	Information Request (obsolete)
5	Redirect (change a route)	16	Information Reply (obsolète)
8	Echo Request	17	Address Mask Reques
11	Time Exceeded (TTL)	18	Address Mask Reply
12	Parameter Problem with a Datagram		

page 40

ICMP : les messages d'erreur

- Lorsqu'une passerelle émet un message ICMP de type destination inaccessible, le champ CODE décrit la nature de l'erreur :
 - 0 Network Unreachable
 - 1 Host Unreachable
 - 2 Protocol Unreachable
 - 3 Port Unreachable
 - 4 Fragmentation Needed and DF set
 - 5 Source Route Failed
 - 6 Destination Network Unknown
 - 7 Destination Host Unknown
 - 8 Source Host Isolated
 - 9 Communication with destination network administratively prohibited
 - 10 Communication with destination host administratively prohibited
 - 11 Network Unreachable for type of Service
 - 12 Host Unreachable for type of Service

page 41

Modes d'accès à Internet - Dynamique ou Permanent -

On distingue 2 modes d'accès à Internet

1. Les accès à la demande (Dial Up)
 - généralement via le RTC - Le plus répandu - via un ISP
 - Ou via X.25 (28,8 kbit/s max via le 08 36 06 44 44)
 - Adresse IP dynamique
2. Les accès permanents
 - généralement par liaisons spécialisées (Coûteux)
 - Câble ou ADSL (public)
 - Adresse IP dynamique ou statique

page 42

Modes d'accès à Internet

- xDSL -

DSL = Digital Subscriber Line :

Une gamme de technologies de transmission numérique sur câbles en cuivre de qualité téléphonique :

- différents débits max. autorisés (fréquences / atténuation / distance)
- différents mode de transmission ((a)symétrique)

- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| 1. DSL (= modem RNIS) | 160 Kbp/s sur 5 km |
| 2. SDSL (Single Line DSL) | 768 Kbp/s sur 5 Km |
| 3. HDSL (High Data Rate DSL) | 1,5 Mbp/s sur 3,6 km |
| 4. ADSL (Asymmetric DSL) | 8,4 Mbp/s sur 2,7 Km |
| 5. VDSL (Very High Speed DSL) | 53 Mbp/s sur 300 m |

page 43

Accès Internet Hauts Débits

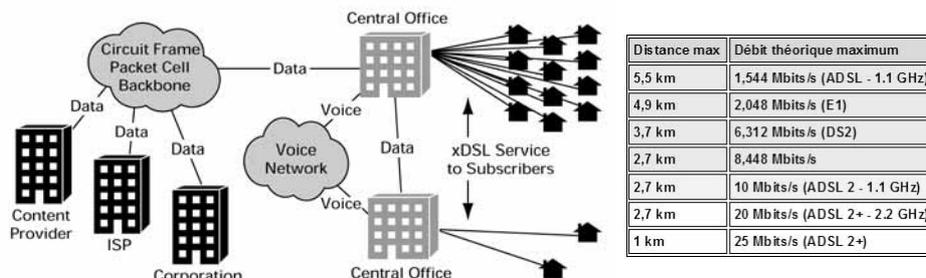
- Boucle locale ADSL -

Fin 2003 :

- 3 Millions d'abonnées à l'ADSL (1.4 Millions - fin 2002)
- 70 % de la population dispose d'un accès ADSL (65% - Fin 2002)
- 34 Millions de lignes téléphonique fixe (France Telecom)
- 40 Millions d'abonnés à la téléphonie mobile en France (ART - Oct 2003)

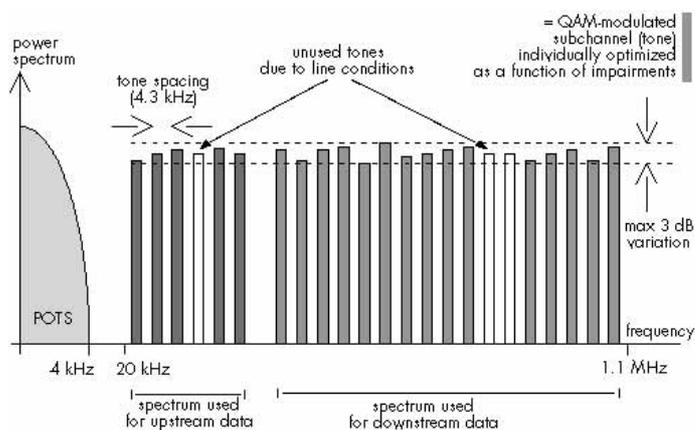
Fin 2004 (Prévision)

- 85% de la population disposerons d'un accès ADSL (ADSL2, +15% distance)
- + 35% de croissance par an en Europe (PriceWaterHouseCoopers)
- 43.3 Millions d'abonnés à l'ADSL prévu en Europe Fin 2007



page 44

Modes d'accès à Internet - ADSL -



page 45

Modes d'accès à Internet - ADSL -

Utilisation :

- Mode asymétrique (type service Internet, Vidéo à la Demande)
- Mode de connexion permanente
- Communications simultanées voix et données

Caractéristiques :

- Spectre divisé en 3 régions
 - **Téléphone : 4 KHz (entre 0 et 4 kHz)**
 - **Canal data descendant : 1 Mhz (entre 130 Khz et 1.1 Mhz)**
 - **Canal data montant : 100 Khz (entre 10 kHz et 130 kHz)**
- Codage DMT (Discrete MultiTone)
 - **Spectre divisé en 256 canaux de 4 kHz : 231 DOWN, 25 UP Link**
 - **8 bits transmis par Hz**
 - **Protocole ADSL réparties les données sur les canaux (Mux/Demux)**

page 46

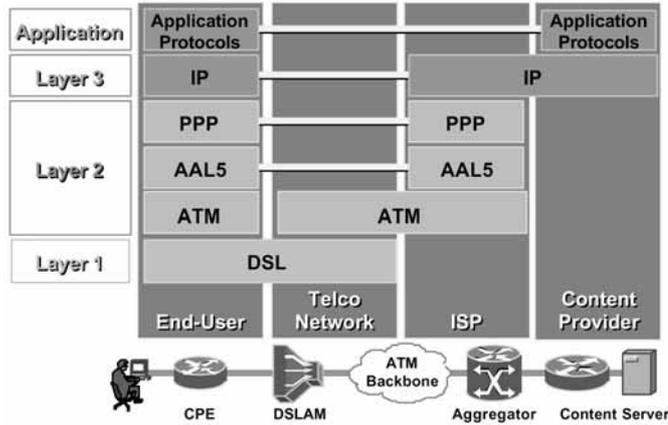
Architecture PPPoA

PPP :

1. Authentification des accès par adressage physique
2. Délimitation des paquets IP de voix
3. Contrôle des erreurs sur le circuit virtuel

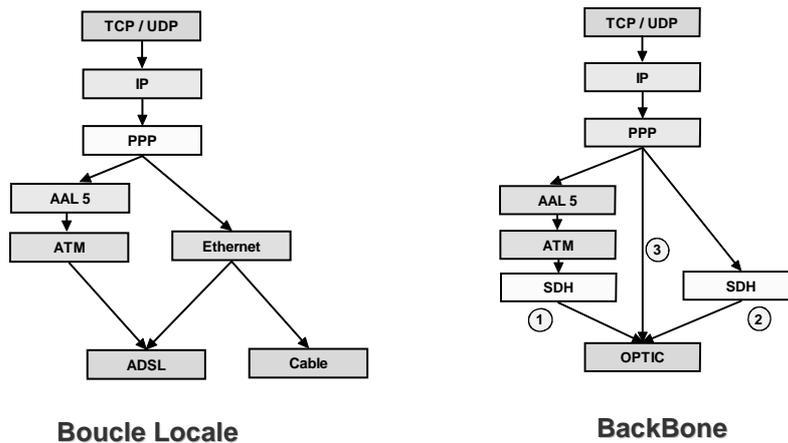
ATM :

1. Adressage physique
2. Commutation/multiplexage des cellules
3. Gestion de la Qualité du service



page 47

PPPoA et PPPoE



page 48

Modes d'accès à Internet - PPP -

- Point to Point Protocol : RFC 1661
- Protocole synchrone orienté bit
- Permet le transport de protocoles réseaux différents sur une même liaison point-à-point (IPv4, IPv6, X.25 PLP, IPX,)

Address	Control	Protocol	Information	FCS
1 byte	1 byte	2 bytes	variable	2 bytes

- Fanion et FCS identique à HDLC : « 0111 1110 » et CRC-16
- Adresse est inutile en point-à-point : valeur fixe 0xFF
- Commande : permet le contrôle du séquençement des données mais peut être désactivé alors prend la valeur fixe 0x03 (trame UI)
- Protocole identifie le protocole de niveau supérieur.
 - Exemples : IP (0x0021), IPX (0x002B) , IPv6 (0x800F), AppleTalk (0x8029)

page 49

Modes d'accès à Internet - PPP -

Constitué de 3 sous protocoles :

- PPP : encapsuler les paquets dans une trame (délimitation et identification des données transmises sur la ligne)
- LCP : protocole de contrôle de la liaison (gestion, négociation, authentification et teste de la liaison)
- NCP : une famille de protocoles de contrôle réseau (établir et configurer les différents protocoles réseaux transportés)

page 50

Problèmes d 'IPv4

- taille de l'Internet double tous les 6 mois
- saturation de l'espace d'adressage prévue pour 2010
 - 150 000 réseaux en mars 2000
 - qlq millions d'ici peu
 - théoriquement, 16 millions de réseaux possibles mais la répartition en classe pose problème
- saturation de la classe B => allocation d'adresses de classe C contiguës
- taille recommandée du datagramme insuffisante pour des longs chemins de données (576 octets)
- explosion de la taille des tables de routage

1000 réseaux sur le réseau central

- besoin de QoS pour les nouvelles applications multimédia (maintien du débit, garantie du délai !!!)
- plus de sécurité (chiffrement)