

Les Réseaux Informatiques

Internet

Un monde en réseau

- **avant-hier**

- *internet* connecte tous les ordinateurs (ou presque)

- **hier**

- les terminaux interactifs sont omniprésents (*notion d'informatique embarquée*) : smartphones, tablettes, ...

- **aujourd'hui et demain**

- chaque objet physique est connecté (*notion informatique diffuse ou ubiquitaire – pervasive computing, « internet of things » IoT, smart cities, ...*)



Réseaux

TCP



UDP



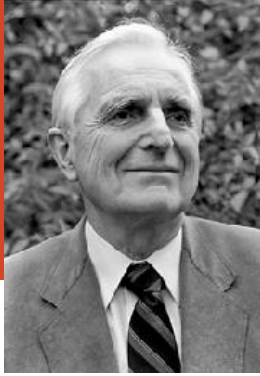
Quand on parle de réseaux, on l'associe souvent à un protocole réseau généralisé depuis les années 90 → la pile de protocoles **TCP/IP**

Néanmoins, on a :

- des **couches physiques *hétérogènes***
- des **protocoles et des architectures hétérogènes**

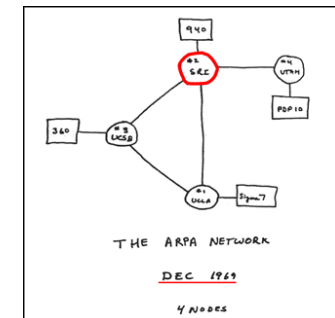
Et bien évidemment, de nombreux protocoles non-IP !

Internet ?



Un des pionniers : **Douglas Engelbart** (1925-2013)

- A l'intuition d'internet¹ dès les années 50 (son laboratoire (**SRI**) participe à la première liaison en 1969 avec l'UCLA)
- Démonstre la première vidéoconférence (1968) « The Mother of All demos »²
- Invente la souris (1968)



¹Augmented Human intellect:

<http://www.dougelbart.org/pubs/augment-3906.html>

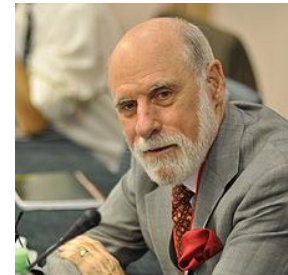
²The Mother of All demos,

<http://www.dougelbart.org/firsts/dougs-1968-demo.html>

Internet ?

D'autres pionniers :

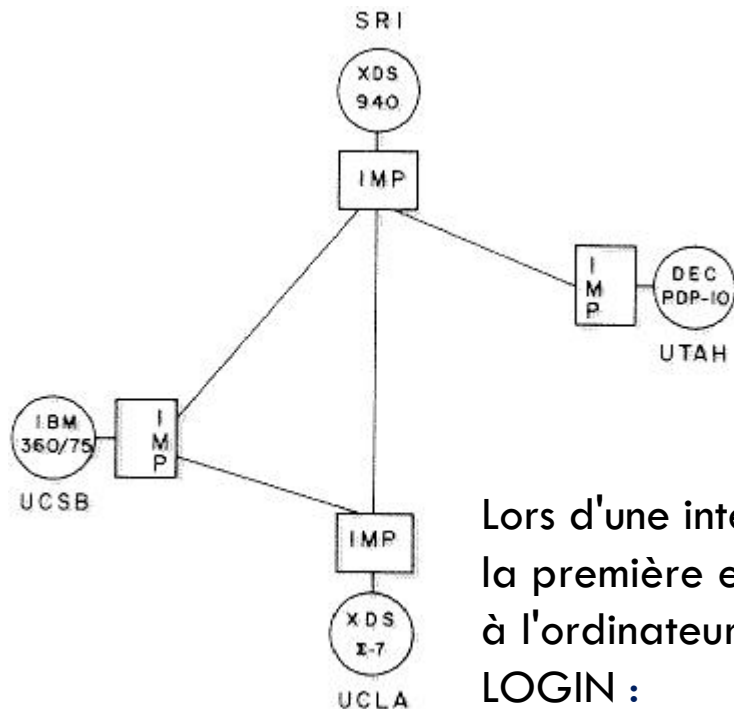
- **Louis Pouzin** (1931- ?), « inventeur » de la commutation de paquets (IRIA, Projet Cyclades 1971-1978)
- **Vint Cerf** (1943- ?), « co-inventeur » du protocole TCP/IP, « Chief Internet Evangelist » chez Google depuis 2005
- ...



Internet ?

- **1957** : Création d'ARPA au sein du DoD
- **1967** : Plans pour le réseau ARPANET
- **1969** : ARPANET reliant 4 instituts universitaires
- **1970** : Mise en œuvre de NCP (Network Control Protocol)
- **1977/79** : IP et TCP prennent leurs formes actuelles
- **1989** : Origine du Web

Internet ?



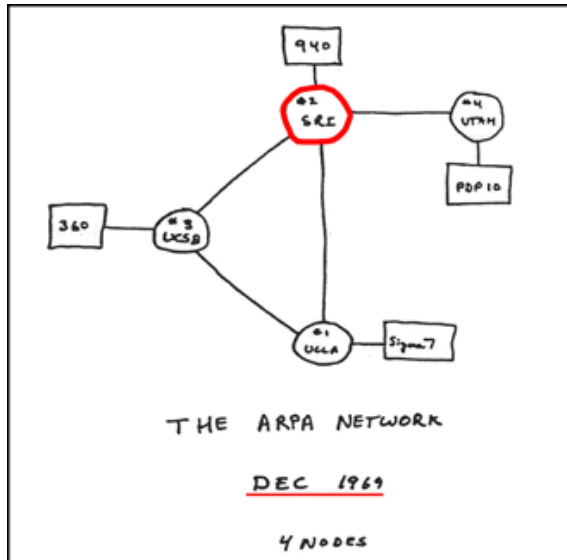
SRI : Stanford Research Institute
UCSB : California Santa Barbara
UCLA : California Los Angeles
UTAH : Université de l' UTAH

IMP : Interface Message Processor
(commutateur de paquets)

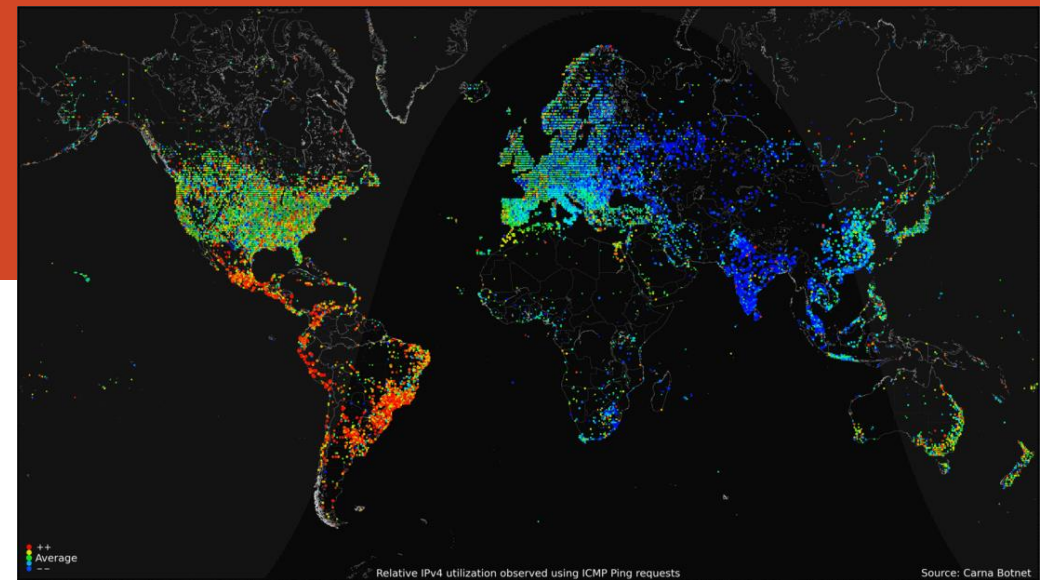
Lors d'une interview, le professeur Kleinrock de l'UCLA raconta la première expérience réalisée avec ce réseau : se connecter à l'ordinateur de la SRI depuis celui de l'UCLA en tapant LOGIN :

Nous avons appelé les gens de SRI par téléphone.
Nous avons alors tapé **L** puis demandé au téléphone "Vous voyez le **L** ?"
La réponse vint alors : "Oui, nous voyons le **L**"
Nous avons alors tapé **O** puis redemandé au téléphone "Vous voyez le **O** ?"
"Oui, nous voyons le **O**"
Nous avons alors tapé **G** et tout le système a crashé !!!

Internet ?



Internet est ... un réseau de réseaux (hétérogènes)

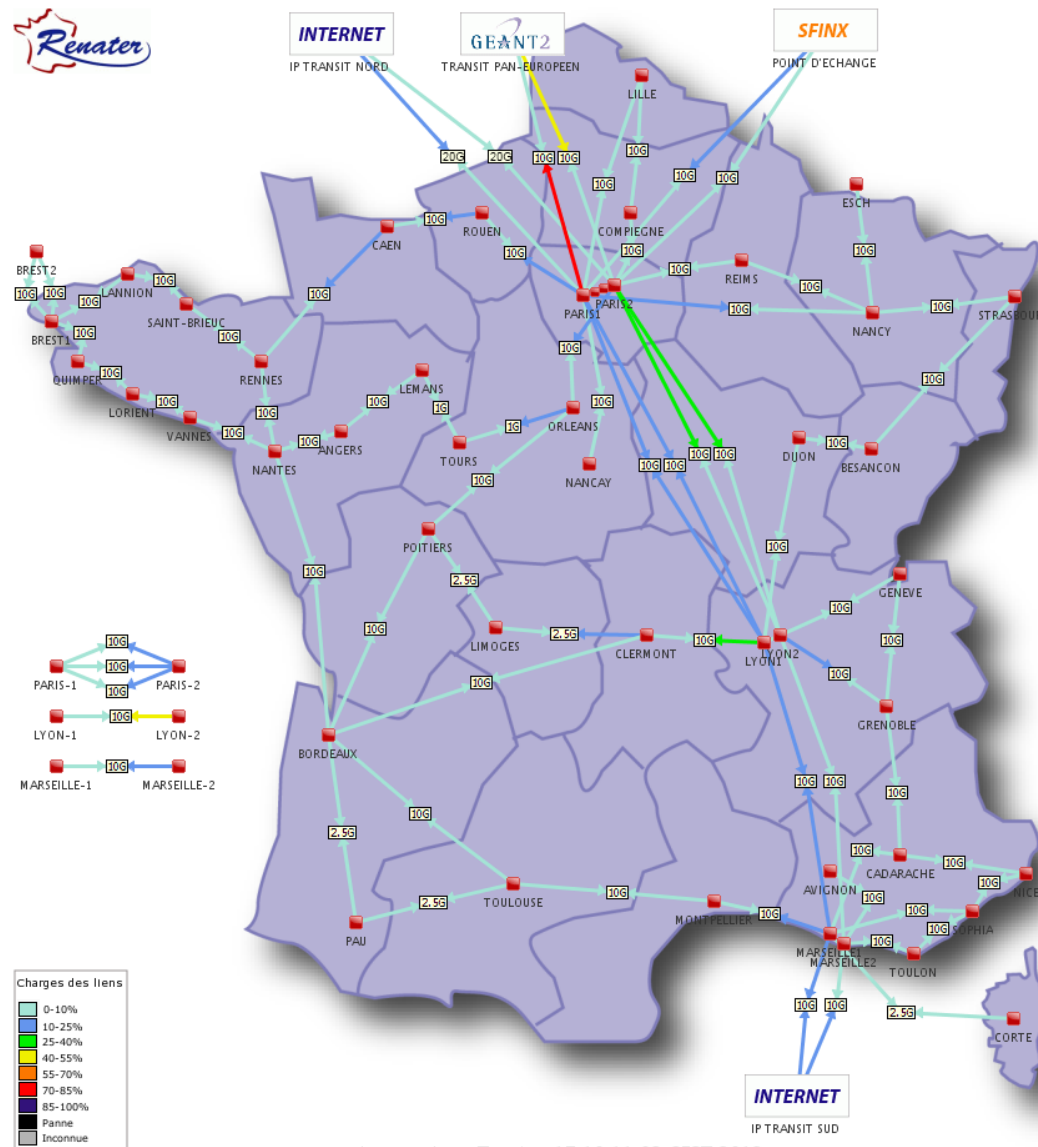


<http://motherboard.vice.com/blog/this-is-most-detailed-picture-internet-ever>

29 OCT 69	2100	LOADED OP. PROGRAM CSK
		FOR BEN BARKER
		BBV
	22:30	Talked to SRI CSK
		Host to Host
		Left op. program CSK
		running after sending
		a host dead message
		to imp.

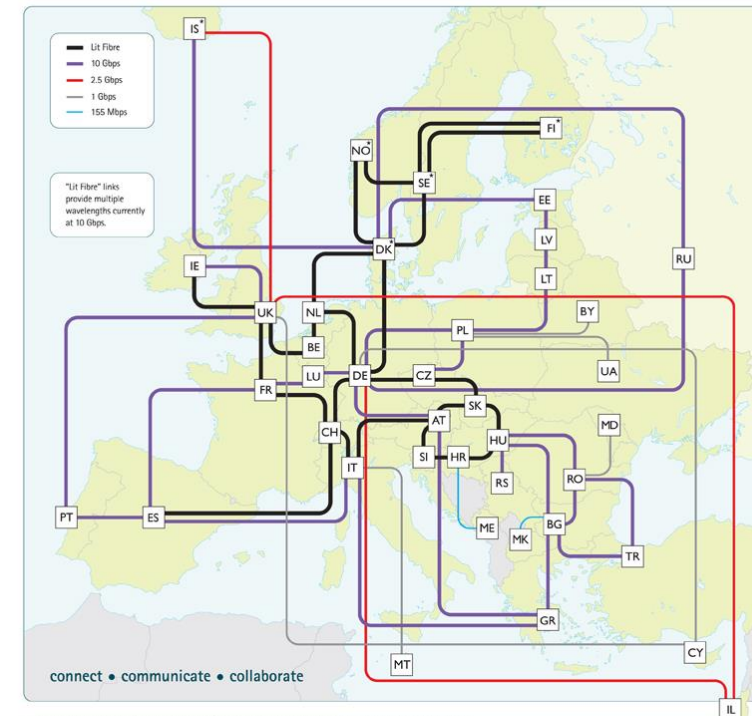
http://www.computerhistory.org/internet_history

Internet ?



GÉANT the pan-European research and education network

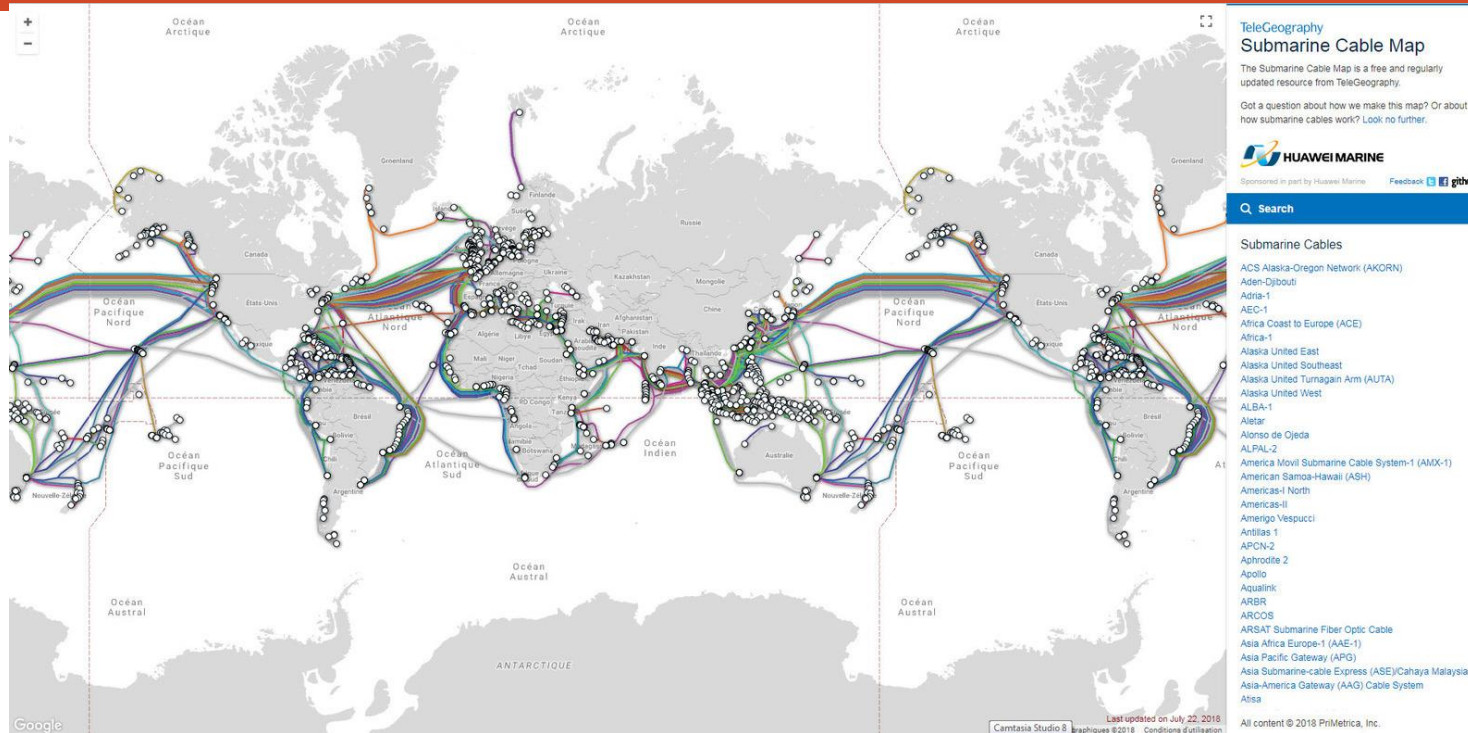
Transforming the way users collaborate



Backbone topology as at March 2012. GÉANT is operated by DANTE on behalf of Europe's NRENs.



Internet ?



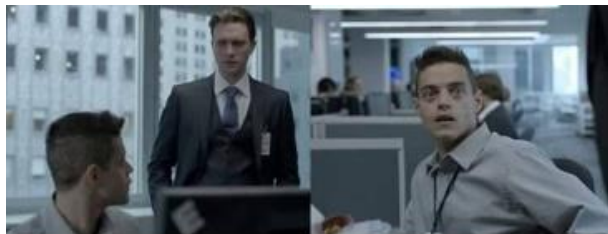
<https://www.submarinecablemap.com>

Câble le plus long : 39 000 km (SEA ME WE 3)

Au total, 800 000 km (20 fois le tour de la terre) et 99% des communications mondiales

Internet ?

internet ... est un ensemble de protocoles (1969/1972)



What is your address?

157.42.20.132



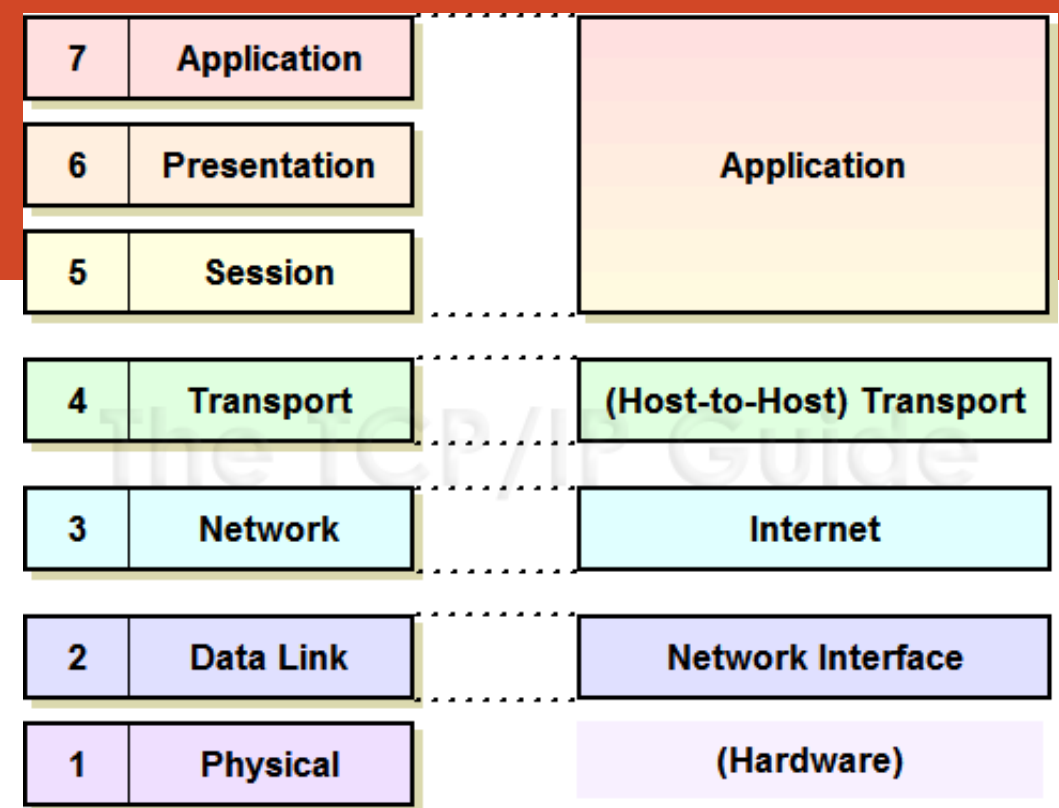
No, your local address?

127.0.0.1



I mean, your physical address!

00:A0:C9:4F:73:2E



OSI Model

TCP/IP Model

IP “Internet Protocol” (couche réseau)

<http://www.tcpipguide.com/free>

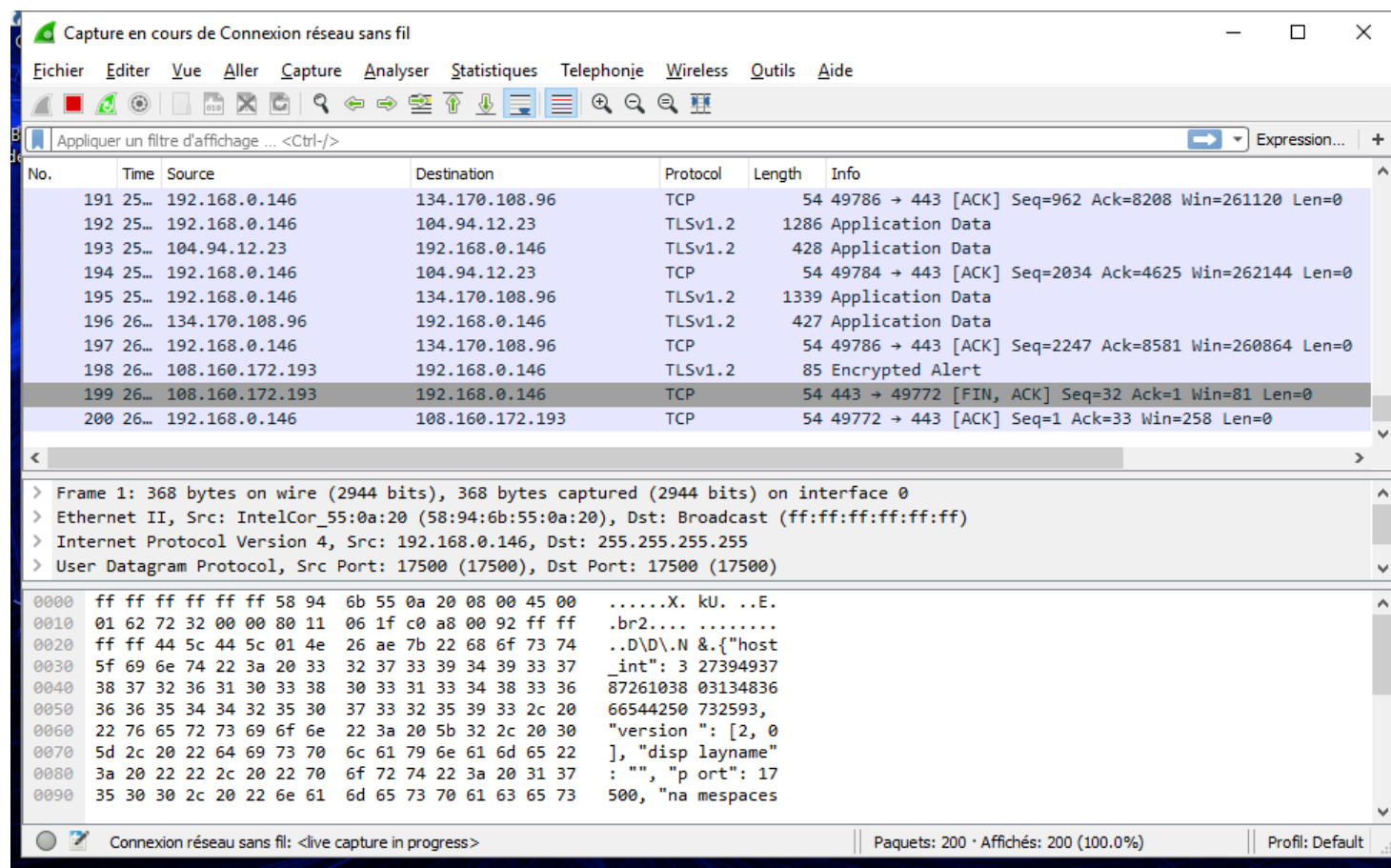
échange les données entre ordinateurs hôtes

TCP “Transport Control Protocol” (couche transport)

échange les données entre les applications

Internet ?

Ce fonctionnement « en couches » est intéressant mais pose certains de nombreux problèmes de sécurité.



<http://www.wireshark.org>

Internet ?

La plupart des protocoles utilisés (et pas que dans ce cours !) sont forgés sur **ces couches** et vont permettre de faire une abstraction plus ou moins importante du réseau !

Thread

iamkirkbater and jkjustjoshing



iamkirkbater 5 months ago
in #www

Do you want to hear a joke about TCP/IP?



7

7 replies



jkjustjoshing 5 months ago

Yes, I'd like to hear a joke about TCP/IP



iamkirkbater 5 months ago

Are you ready to hear the joke about TCP/IP?



jkjustjoshing 5 months ago

I am ready to hear the joke about TCP/IP



iamkirkbater 5 months ago

Here is a joke about TCP/IP.



iamkirkbater 5 months ago

Did you receive the joke about TCP/IP?



jkjustjoshing 5 months ago

I have received the joke about TCP/IP.



iamkirkbater 5 months ago

Excellent. You have received the joke about TCP/IP. Goodbye.

quelques notions

Architecture client/serveur

Serveur : celui qui offre un service (doit l'offrir de manière permanente) → « *daemon* »

- Accepte les requêtes, les traite et renvoie une réponse
- Ex : `httpd`, `ftpd`, `telnetd`, ...

Client : celui qui utilise le service

- Envoie une requête et reçoit la réponse



quelques notions

Architecture client/serveur

Architecture C/S → description du comportement coopératif entre le serveur et les clients

→ fonctionnement général des services internet

→ s'appuie sur des protocoles entre les processus communicants

quelques notions

Services

Une machine offre usuellement plusieurs services accessibles par un numéro de port (de 1 à 65535)

- On doit connaître ce numéro pour accéder au service → notion de ports « *bien connus* »

/etc/services sous Linux

Ex :

- echo** : port 7
- daytime** : port 13
- ftp** : port 21
- http** : port 80

Standardisation (1)

L'IAB (Internet Advisory Board) est le comité chargé de la coordination pour l'architecture, la gestion et le fonctionnement d'Internet.

L'IETF (Internet Engineering Task Force) se concentre sur les problèmes techniques à court et moyen terme. Un comité (IESG – Internet Engineering Steering Group) coordonne les travaux des différents groupes de travail sur des domaines particuliers.

L'IRTF (Internet Research Task Force) s'attache davantage à des problèmes de recherche.

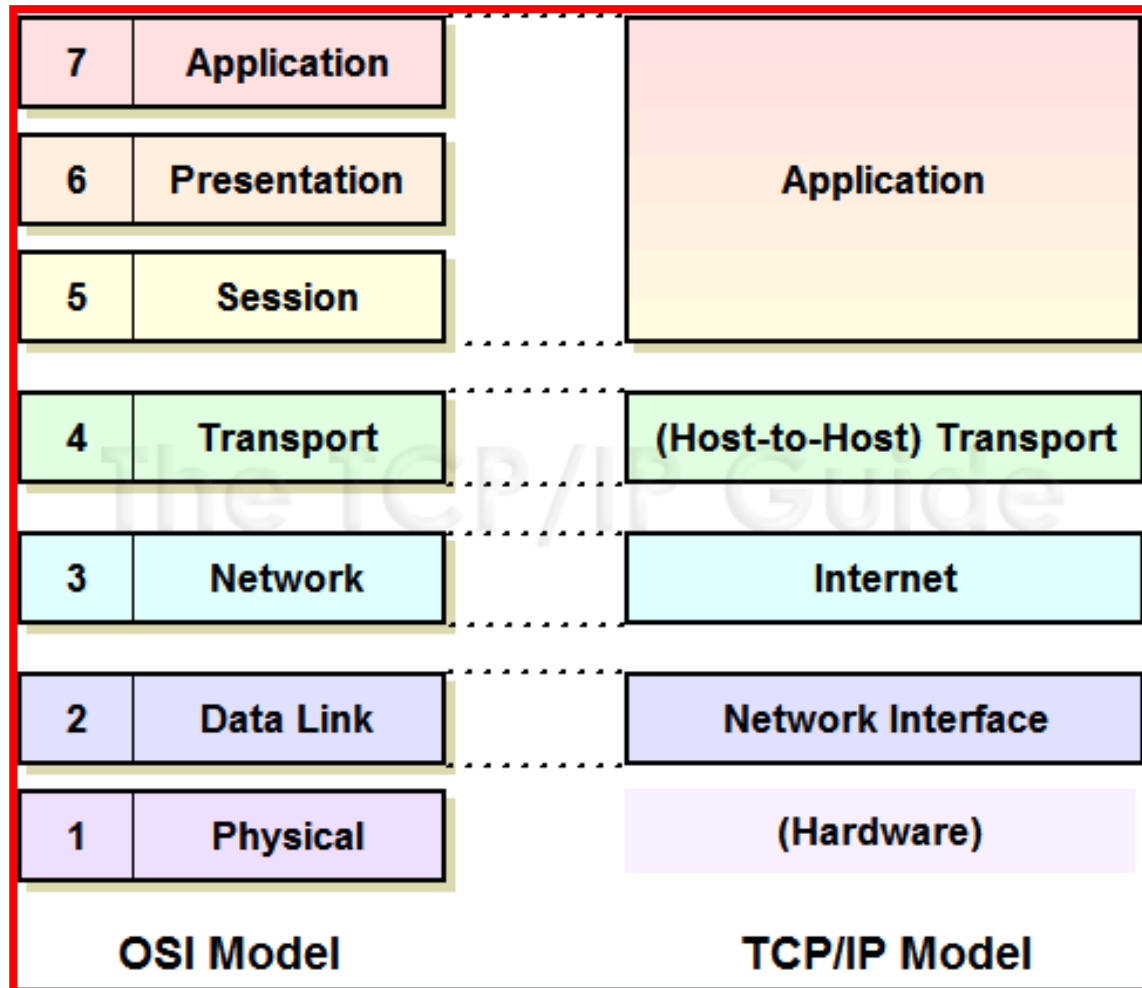
Standardisation (2)

TCP/IP n'appartient à personne.

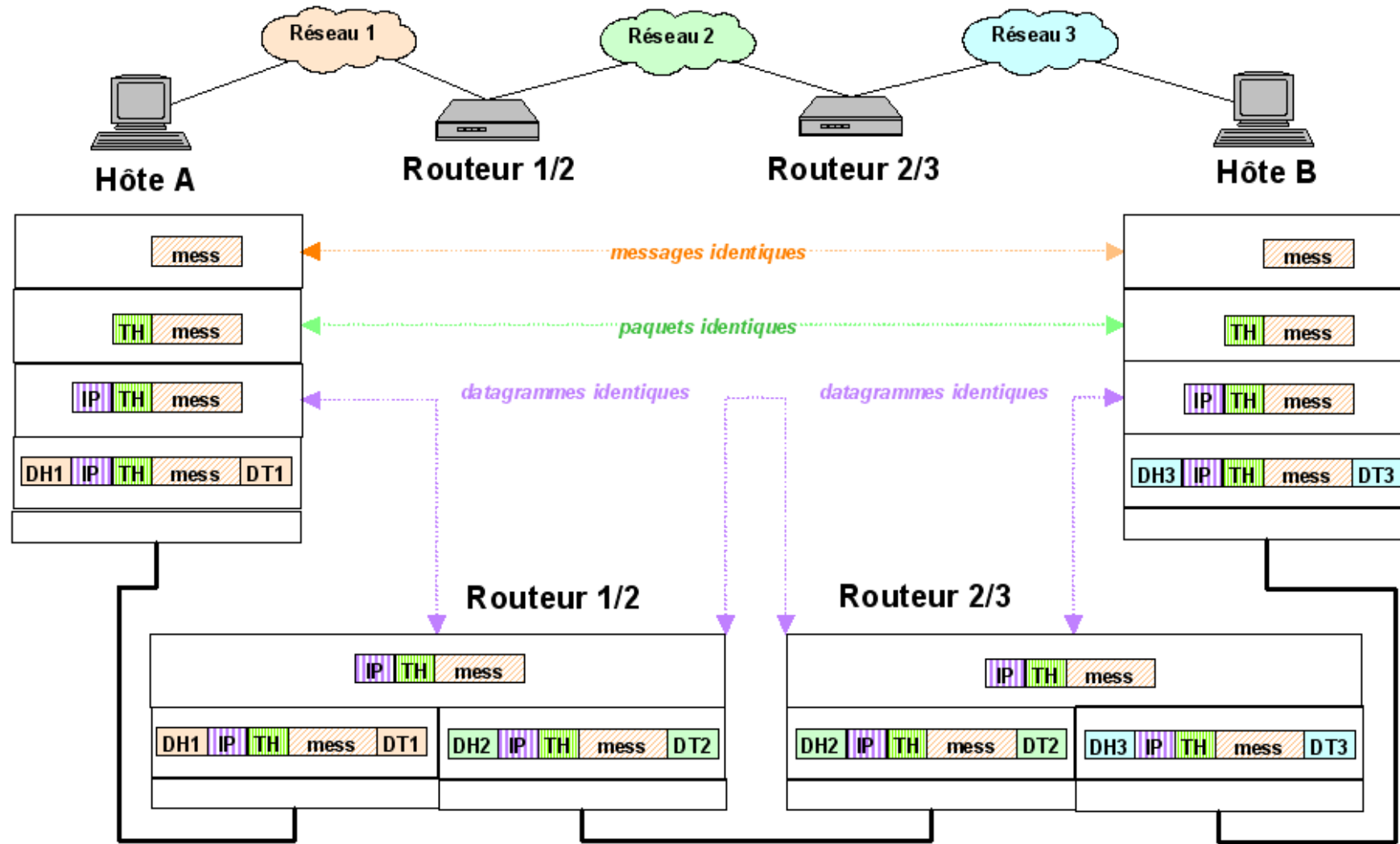
Documentations techniques et stratégiques sur les protocoles : « Request For Comment »

- INTERNIC (INTERnet Network Information Center) chargé de l'édition et de la distribution des RFCs.
- RFCs numérotés, séquentiellement dans l'ordre de rédaction (Un nouveau numéro est attribué à chaque RFC nouveau ou modifié).
- Documents préliminaires : « Internet Drafts »
- Accessibles librement sur Internet...

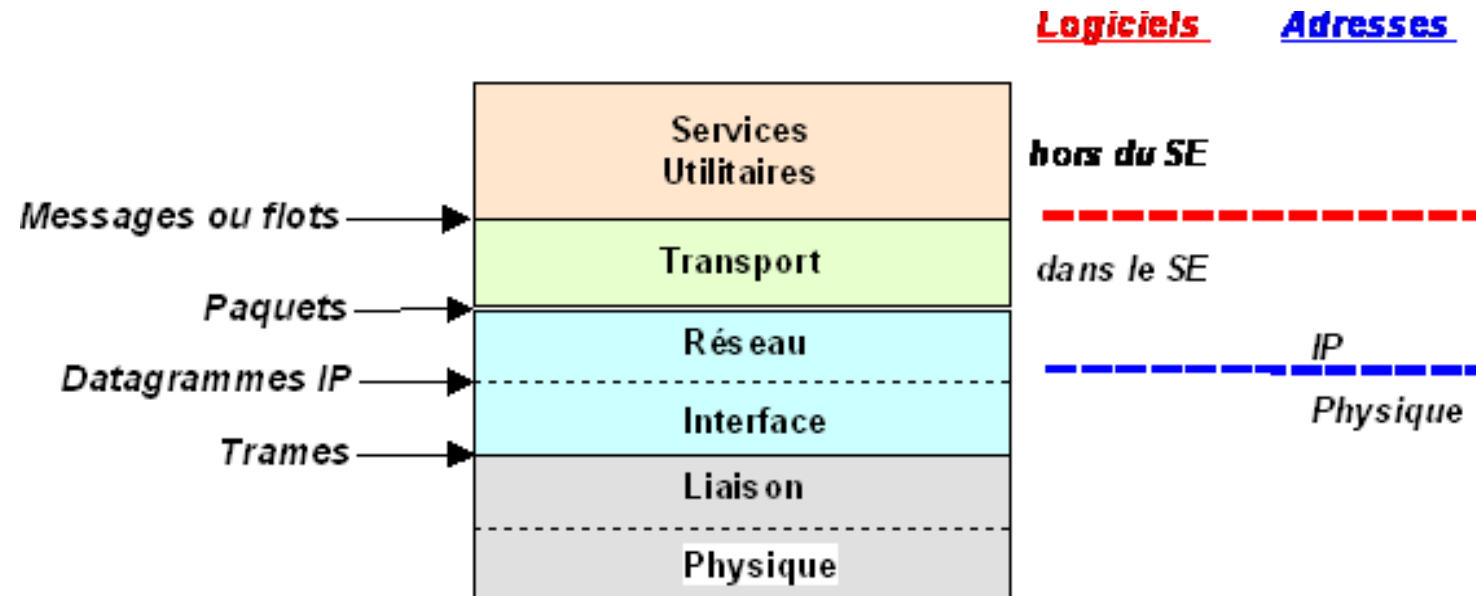
TCP/IP vs OSI (1)



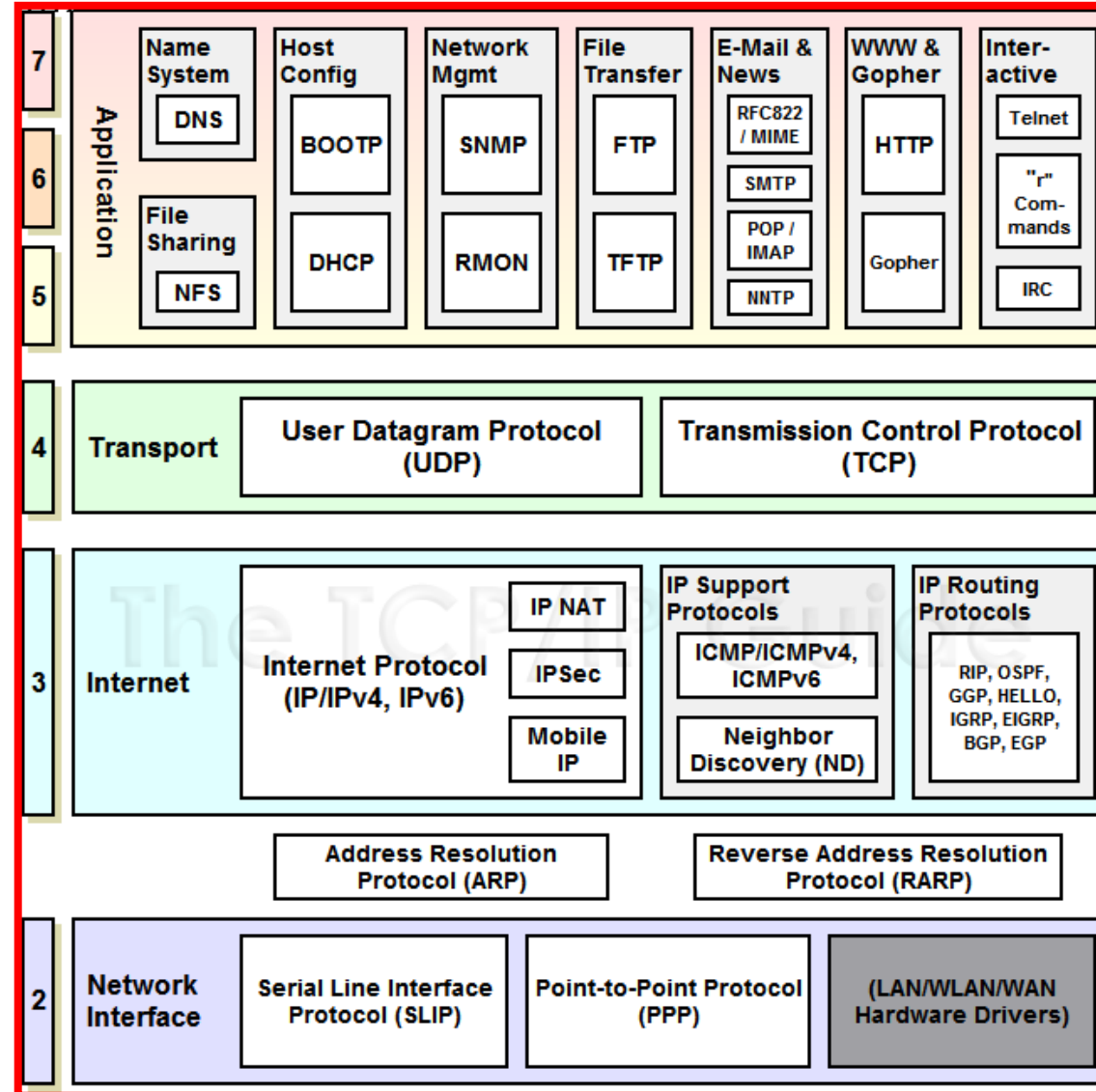
TCP/IP vs OSI (2)



TCP/IP vs OSI (3)



Protocoles de la suite TCP/IP



Adressage

Définitions

« Un nom précise ce que nous recherchons,
l'adresse sa localisation,
la route le moyen d'y accéder »

Chaque machine (hôte ou routeur) → adresse IP. Cette adresse correspond à un numéro.

Pour des raisons mnémoniques → nom

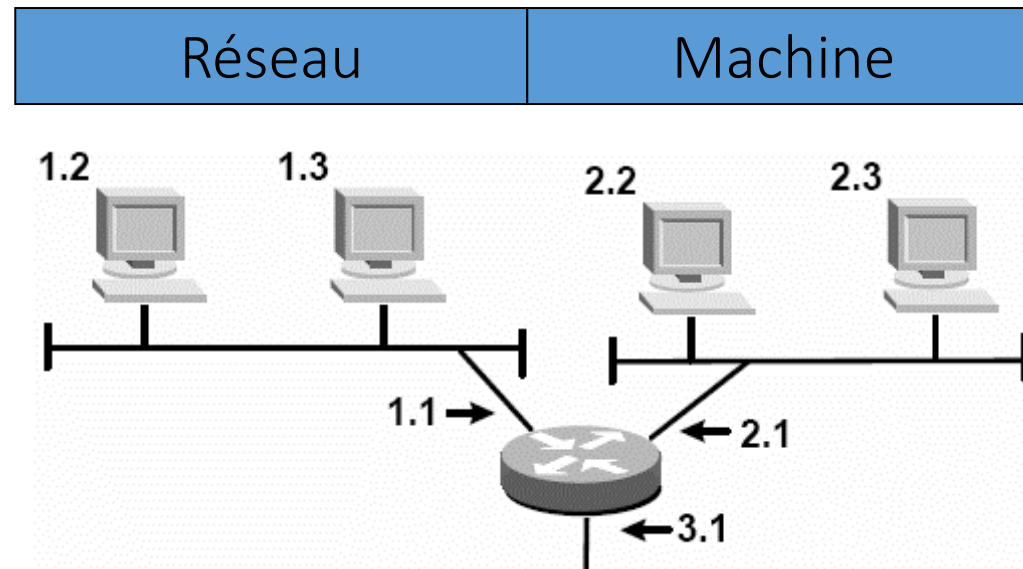
Seule l'adresse IP permet d'accéder à une machine ;
c'est pourquoi le nom doit être traduit en une adresse
→ DNS

Structure de l'adresse

Unique dans un domaine (Internet = monde)

Configurable par logiciel = adresse logique

En réalité, c'est I@ du point d'accès d'une machine sur un réseau donc, si un ordinateur change de réseau, il change d'@.



Classes d'adresse

@ sur 32 bits en notation décimale pointée.

Classification pour les @ :

0	N1	H1	H2	H3
10	N1	N2	H1	H2
110	N1	N2	N3	H4
1110	G1	G2	G3	G4

Classification pour les @ individuelles:

- Classe A : $0 \leq N1 \leq 127$
- Classe B : $128 \leq N1 \leq 191$
- Classe C : $192 \leq N1 \leq 223$

Classe D pour le Multicast: $239 \leq G1 \leq 254$

Adresses particulières (1)

Adresses de désignation :

- Elles ne sont jamais attribuées à des équipements
- Elles sont utilisées soit :
 - comme « adresse source » lors d'un envoi de datagramme lors d'opérations de démarrage,
 - pour désigner des réseaux dans des tables de routage.
- La valeur « tout à zéro » permet de désigner « cet » objet

<u>Valeur d'adresse</u>		<u>Signification</u>	<u>Exemple</u>
Tout à zéro		« Cet » équipement	0.0.0.0.
ID_Réseau	Tout à zéro	« Ce » réseau	193.55.221.0

Adresses particulières (2)

Adresses de diffusion :

- Elles ne sont jamais attribuées à des équipements
- Elles sont utilisées comme « adresse destination » lors d'un envoi de datagramme destiné à être diffusé.
(Quand un paquet est envoyé à l'adresse de diffusion dirigée d'un réseau déterminé, une seule copie du paquet se propage à travers l'inter-réseau jusqu'à ce qu'il atteigne le réseau visé ; il est alors remis à tous les hôtes de ce réseau)

<u>Valeur d'adresse</u>		<u>Signification</u>	<u>Exemple</u>
Tout à un		Diffusion limitée	255.255.255.255
ID_Réseau	Tout à un	Diffusion dirigée	193.55.221.255

Adresses particulières (3)

Adresse de bouclage (loopback) :

- Adresse 127 de la classe A dédiée à la « simulation » d'un réseau.
- Toutes les adresses de type 127.x.x.x ne peuvent être utilisées pour des hôtes.
- Tout hôte a une interface sur ce réseau (ex : 127.0.0.1).
C'est une adresse d'une interface virtuelle utilisée pour des communications locales ou des tests : non routée.

Attribution d'adresse (1)

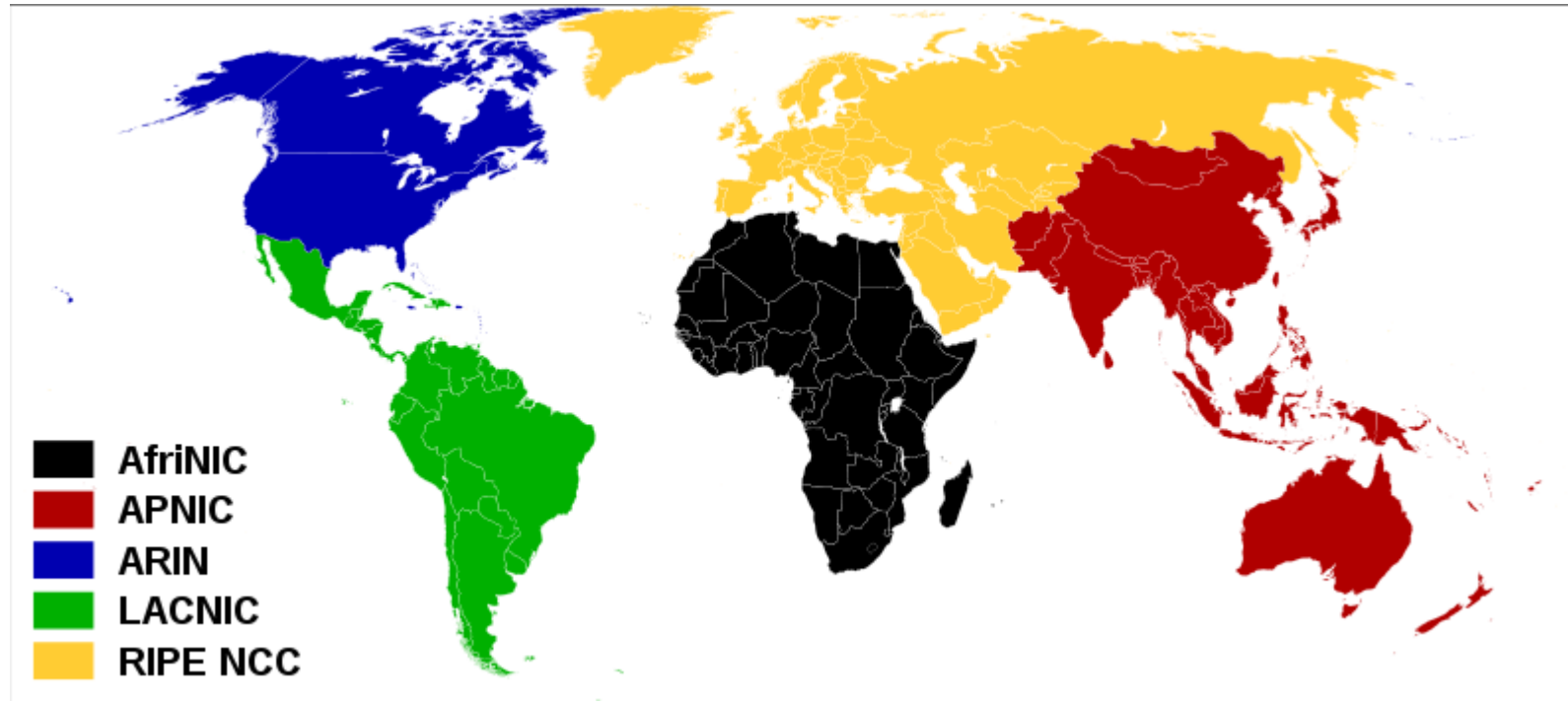
L'IANA (Internet Assigned Number Authority) est l'organisme officiel qui gère les identificateurs et fixe la politique d'affectation dans Internet :

➔ il est le garant de l'unicité des « adresses réseaux » attribuées aux réseaux constituant Internet.

Adresses officielles routables sur INTERNET

Les adresses IP Unicast sont distribuées par l'IANA aux registres Internet régionaux (RIR). Les RIR gèrent les ressources d'adressage IPv4 et IPv6 dans leur région.

Attribution d'adresse (2)



- Les RIR allouent à leur tour des plages d'@ aux LIR (fournisseur d'accès à internet).
- Selon le RIPE NCC, il existe 355 LIR français en 2011, et 253 autres LIR actifs en France mais établis dans un autre pays

Attribution d'adresse (3)

Le LIR assigne à l'utilisateur final uniquement un identificateur de réseau (ou plage d'adresses). Celui-ci appartient à une classe qui correspond à la taille pressentie du réseau.

L'organisation met ensuite en place son propre plan d'adressage (schéma d'affectation d'adresses IP aux équipements – mise en place de sous-réseaux) et prend soin de faire débiter toutes les adresses par le préfixe assigné.

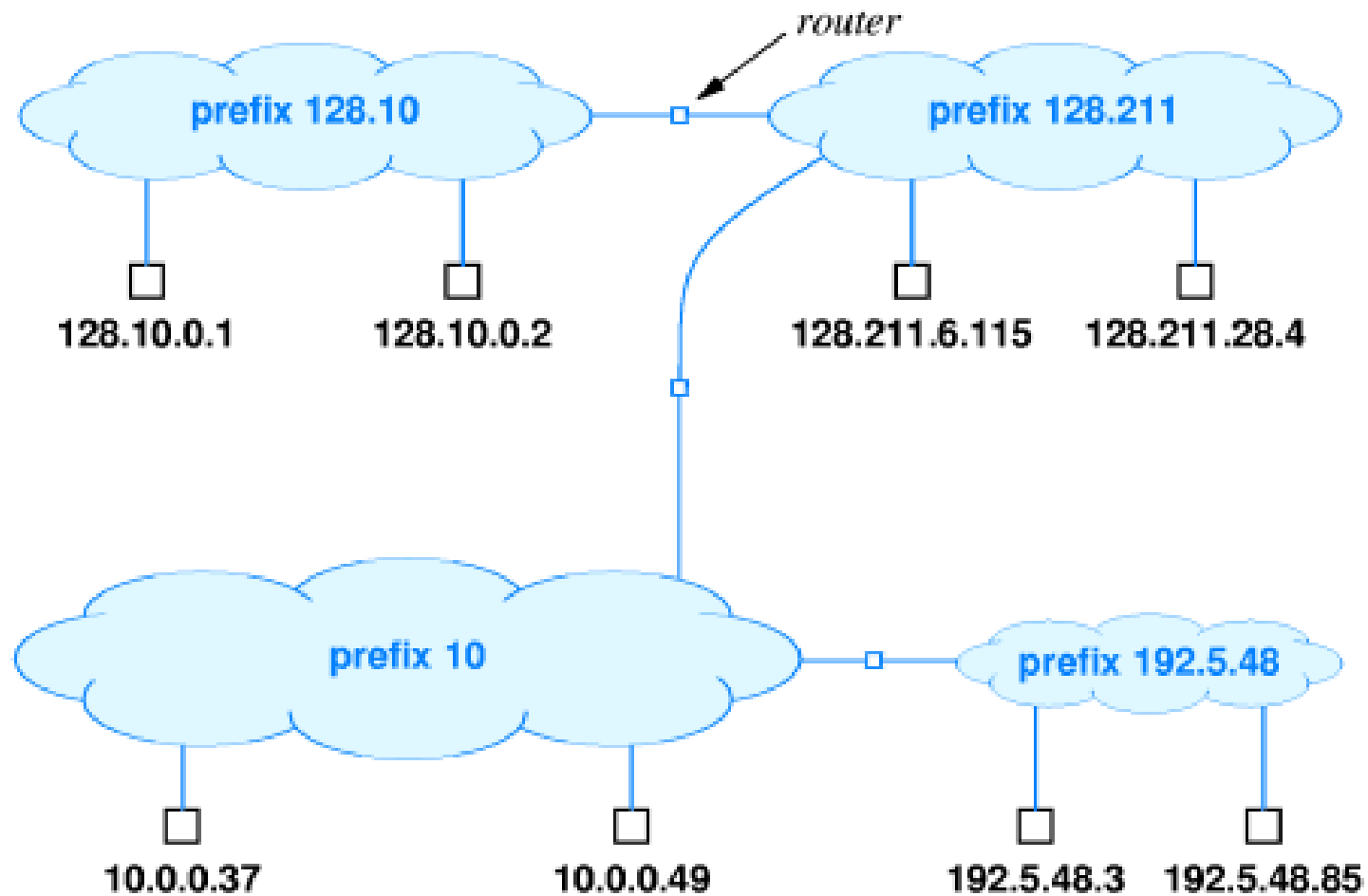
Il est possible d'interroger les bases de données des RIR pour savoir à qui est assigné une adresse IP grâce à la commande whois.

Attribution d'adresse (4)

Adresses privées (RFC 1918) :

- Mettre en place son propre plan d'adressage IP en prenant des valeurs correctes au sens du format MAIS qui n'ont aucune réalité dans une interconnexion avec le réseau Internet :
 - interconnexion « brute » IMPOSSIBLE avec Internet
 - utilisation de NAT (Network Address Translation)
- Classe A : 10.*.*.*
Classe B : 172.16.*.* à 172.31.*.*
Classe C : 192.168.0.* à 192.168.255.*

Attribution d'adresse (5)



Sous-Adressage (1)

Sous-réseau IP (subnet)

- Limiter la consommation d'adresses IP (saturation des classes B et C)

Adressage d'un sous-réseau		
ID réseau	ID ss-réseau	ID équipement
Préfixe Internet	Adressage local	

- Faciliter l'administration des réseaux d'entreprise (généralement plusieurs sous-réseaux interconnectés)
 - hiérarchisation du réseau global IP en sous-réseaux IP
 - transparence assurée de l'extérieur (le préfixe Internet reste inchangé)
 - routage optimisé à l'intérieur

Sous-Adressage (2)

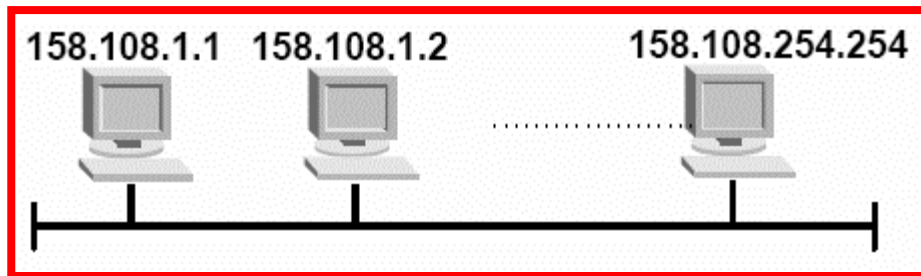
Subnet caractérisé par un masque qui réalise un **ET** logique avec l'@ machine.

Codage à 1 de la partie adresse de sous-réseau		
Tout à 1	Tout à 1	Tout à 0

Un routeur interconnecte des sous-réseaux.

- utilisation dans tout le réseau pour un routage cohérent
- masque présent dans les tables de routage

Sous-Adressage (3)



255.255.0.0 (0000 0000 0000 0000)

- 0 subnet with 65534 hosts (default subnet)

255.255.192.0 (1100 0000 0000 0000)

- 2 subnet with 16382 hosts

255.255.252.0 (1111 1100 0000 0000)

- 62 subnet with 1022 hosts

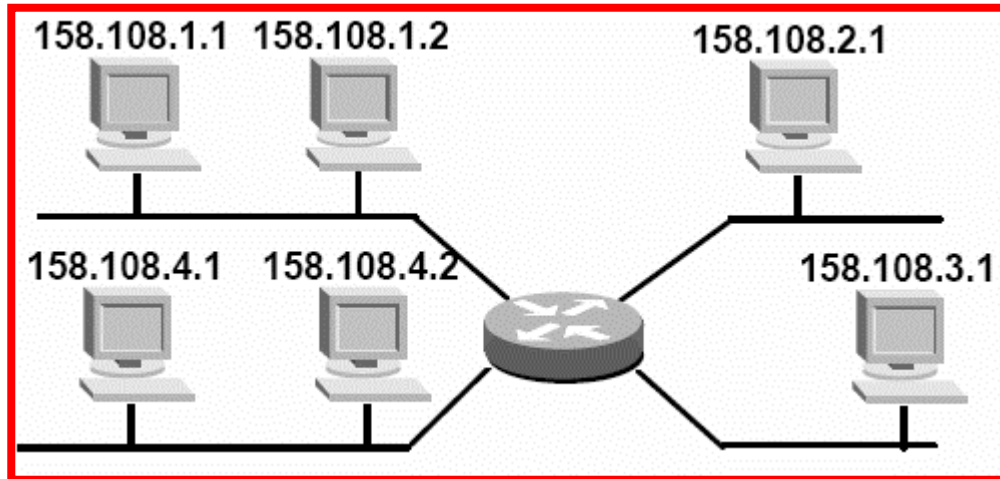
255.255.255.0 (1111 1111 0000 0000)

- 254 subnet with 254 hosts

255.255.255.252 (1111 1111 1111 1100)

- 16382 subnet with 2 hosts

Sous-Adressage (4)



158.108.2.71	158.108.100.98
and	and
255.255.255.0	255.255.255.0
↓	↓
158.108.2.0	158.108.100.0

Configuration d'adresse IP

3 techniques pour configurer une adresse IP :

- de façon manuelle et statique par l'administrateur
- de façon automatique et statique :
protocoles RARP, BOOTP
- de façon automatique et dynamique :
protocole DHCP

Nommage (1)

Un nom = plusieurs parties séparées par un point.
Nommage hiérarchique par domaine, de la droite à la gauche pour les inclusions.

ex. `www.univ-tlse3.fr`

L' ICANN (<https://www.icann.org>) est un organisme qui gère la liste des Top Level Domain (TLD) :

.com, .net, .org, .fr, .uk...

Il existe une TLD par pays (.fr pour France, .it pour Italie, .de pour l'Allemagne, etc.), ainsi que quelques TLD générales (.com, .net, .org, .mil, .biz...).

L'ICANN délègue la gestion de chaque TLD à un organisme (appelé **registry**).

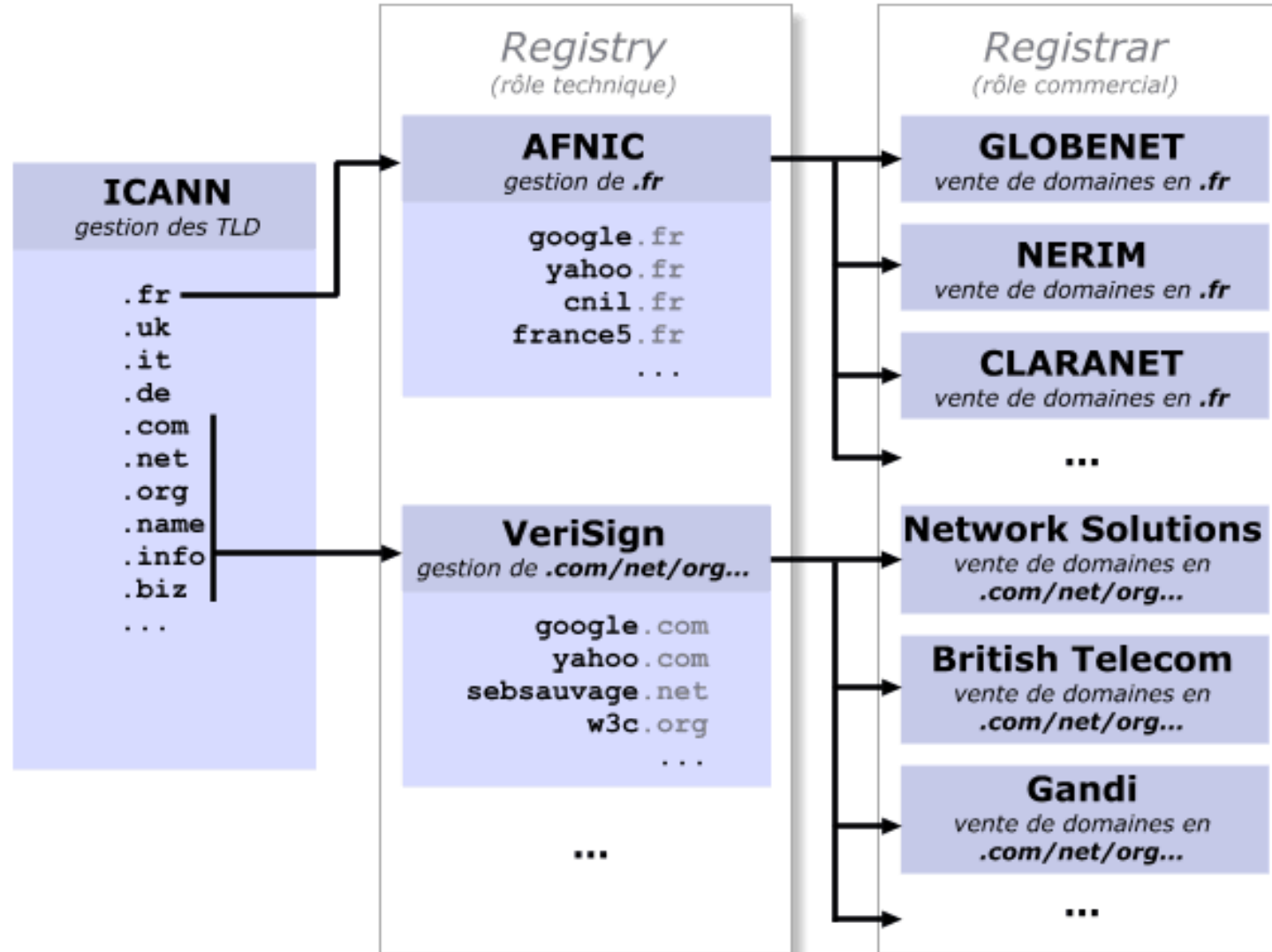
Nommage (2)

- Aux Etats-Unis les Noms de domaine ont un suffixe à trois lettres, et leur gestion assurée par un organisme américain: l'INTERNIC (<http://www.internic.net>)
- Pour la France le suffixe "fr" est géré par l'AFNIC = Association Française pour le Nommage Internet en Coopération. (<http://www.nic.fr>)

Chaque **registry** autorise des **registrars** à vendre des noms de domaine. Les registrars ont un rôle commercial.

- **Pour .fr** : L'AFNIC autorise d'autres organismes à vendre des noms de domaine (comme Globenet, Nerim, Claranet, Renater, Tiscali Telecom, Lyonnaise Communications...).
- **Pour com/net/org/name/info/biz** : VeriSign autorise d'autres organismes à vendre des noms de domaine (comme Network Solutions, Gandi, British Telecom...).

Nommage (3)



Résolution d'Adresses (1)

FQDN (Full Qualified Domain Name) : c'est le nom complet d'une machine incluant domaine et sous-domaine.

Résolution de la correspondance FQDN-@IP = fichier local ou distant sur un serveur DNS (Domain Name Server).

Client/Serveur pour le DNS : Chaque serveur DNS parle aux serveurs DNS voisins. Les informations concernant un domaine se propagent donc de proche en proche. Ainsi quand un domaine est créé ou modifié, ces informations peuvent mettre 72 heures à atteindre la totalité des serveurs DNS de la planète.

Résolution d'Adresses (2)

Fiche signalétique d'un nom de domaine :

- le nom du domaine
- les noms et coordonnées :
 - du propriétaire légal du domaine
 - du responsable technique du domaine
 - du responsable facturation du domaine
- la date d'expiration du domaine.
- des informations techniques (adresses des serveurs DNS, etc.)

Résolution d'Adresses (3)

Registrant:

Hotmail Corporation (HOTMAIL-DOM)
1065 La Avenida
US

Domain Name: HOTMAIL.COM

Administrative Contact, Technical Contact:

Records, Custodian of (FQQJMISMOI)
enforce_policy@HOTMAIL.COM
1065 La Avenida
Mtn. View, CA 94043
US
(650) 693-7066 (650) 693-7061

Record expires on 28-Mar-2010.

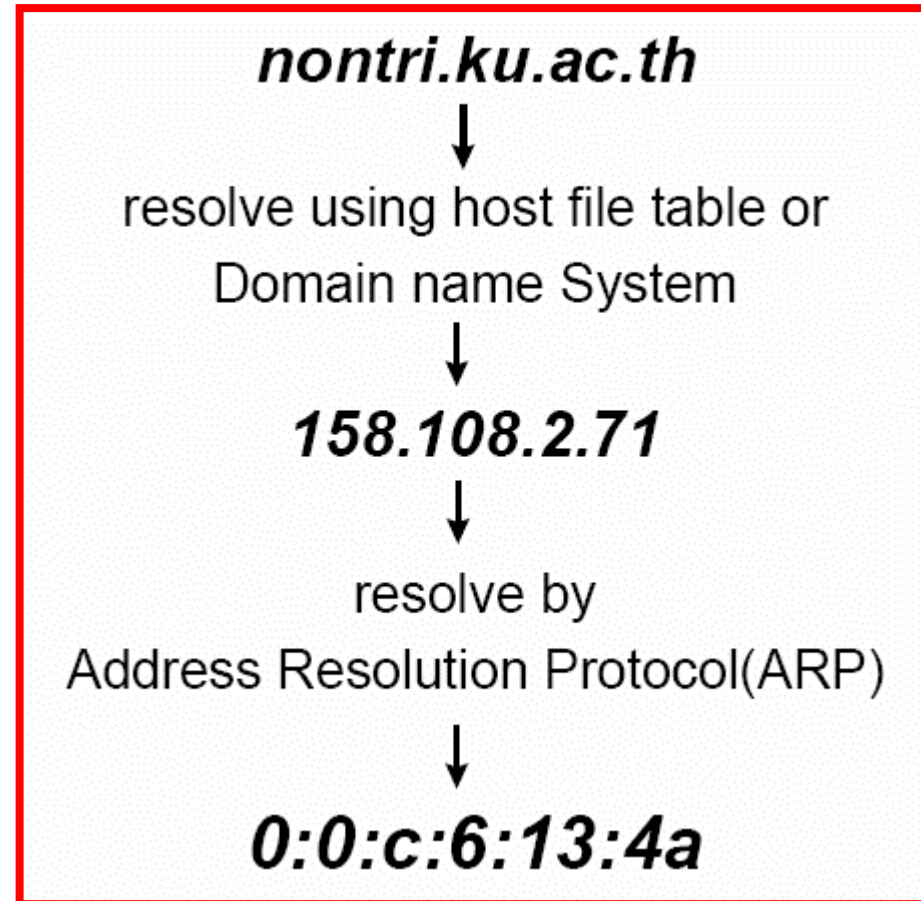
Record created on 27-Mar-1996.

Database last updated on 23-Dec-2002 08:57:51 EST.

Domain servers in listed order:

NS1.HOTMAIL.COM	216.200.206.140
NS2.HOTMAIL.COM	216.200.206.139
NS3.HOTMAIL.COM	209.185.130.68
NS4.HOTMAIL.COM	64.4.29.24

Résolution d'Adresses (4)



Objectif

Un internet \leftrightarrow un réseau virtuel :

- IP favorise l'abstraction des réseaux réels en offrant des fonctions de transmission de données structurées en bloc, les datagrammes, sur ces réseaux \rightarrow Couche 3

Les services de plus haut niveau apportent à l'utilisateur une valeur fonctionnelle plus riche.

"The internet protocol is specifically limited in scope to provide the functions necessary to deliver a package of bits (an internet datagram) from a source to a destination over an interconnected system of networks. There are no mechanisms to augment end-to-end data reliability, flow control, sequencing, or other services commonly found in host-to-host protocols. The internet protocol can capitalize on the services of its supporting networks to provide various types and qualities of service." [RFC 791]