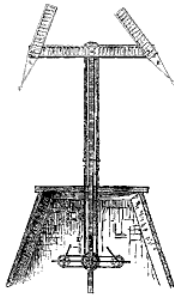


Les Réseaux Informatiques

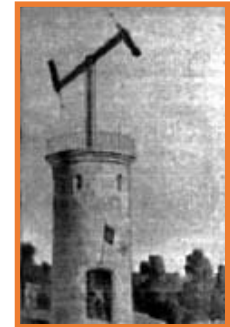
Histoire de la communication

- Codes, alphabets, langages...
 - Les Gaulois, écrit Jules César dans « La guerre des Gaules », avec la voix, de champ en champ, pouvaient transmettre une nouvelle à 240 km de distance en une journée.
 - Les Grecs, en utilisant des flambeaux disposés de façon à indiquer les lettres de l'alphabet (grâce à un code établi), communiquaient, au temps d'Alexandre, de l'Inde à la Grèce, en cinq jours.

Histoire de la communication



- **1464** : Poste Royale (Louis XI)
- **1794** :Télégraphe Optique (Chappe)



Inconvénients de la poste et du Télégraphe optique : Temps de transmission, Visibilité, Atténuation...

Histoire de la communication

- **1832** : Télégraphe Électrique (Shilling)



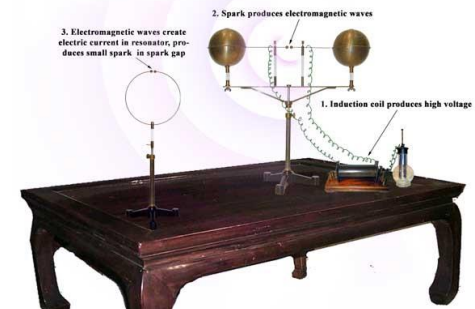
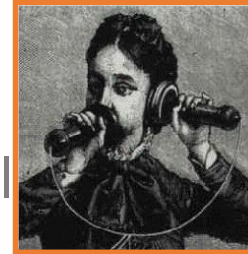
- **1837** : Code Télégraphique (Morse) et Création de l'Administration du Télégraphe

A	• —	U	• • —
B	• • • •	V	• • • —
C	• • • •	W	• • • •
D	• • • •	X	• • • •
E	• • • •	Y	• • • •
F	• • • •	Z	• • • •
G	• • • •		
H	• • • •		
I	• • • •		
J	• • • •		
K	• • • •	1	• • • •
L	• • • •	2	• • • •
M	• • • •	3	• • • •
N	• • • •	4	• • • •
O	• • • •	5	• • • •
P	• • • •	6	• • • •
Q	• • • •	7	• • • •
R	• • • •	8	• • • •
S	• • • •	9	• • • •
T	• • • •	0	• • • •



Histoire de la communication

- **1854** : 1er projet de téléphone (Bourseul)
- **1876** : Brevet du Téléphone (Bell)
- Etude sur la propagation des ondes :
 - Lois de l'électromagnétisme (Maxwell – **1860**)
 - Ondes Radioélectriques (Hertz – **1887**)
 - Radiodiffusion (Crooker – **1892**)



Histoire de la communication

- **1889** : Nationalisation de la Société Française de Téléphone
- **1896** : Liaison de TSF (Marconi)
- **1897** : Émission Radio au Panthéon
- **1901** : 1ère liaison radio transatlantique
- **1912** : Monopole d'état sur la radiodiffusion
- **1915** : Téléphone automatique
- **1917** : Télégraphe de Baudot

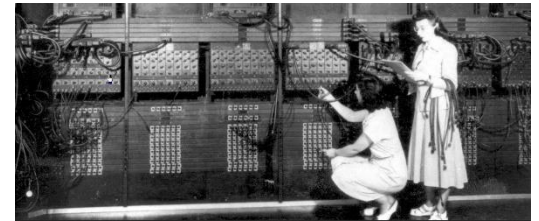


Histoire de la communication

- Première moitié du siècle : Radiodiffusion, télévision, radar, télex, téléphone...



- **1943** : Premier ordinateur électronique
Début de l'ère du traitement électronique de l'information



INFORMATIQUE

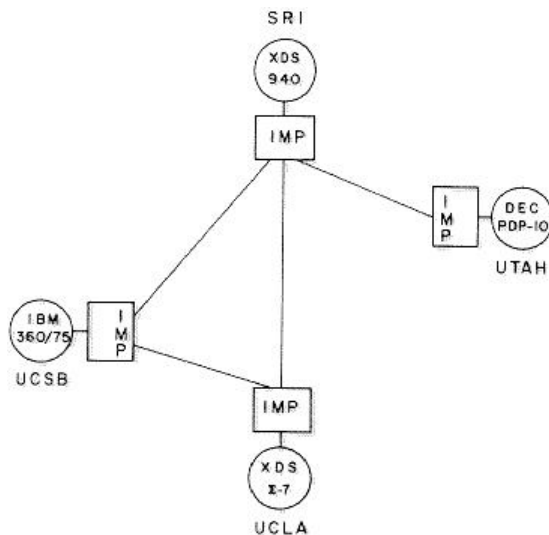
- Moyens de Télécommunications entre les équipements Informatiques :

RESEAUX INFORMATIQUES

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 protocole Web (www)

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** ?"

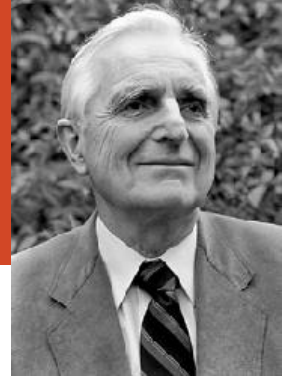
La réponse vint alors : "Oui, nous voyons le **L**"

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 !!!

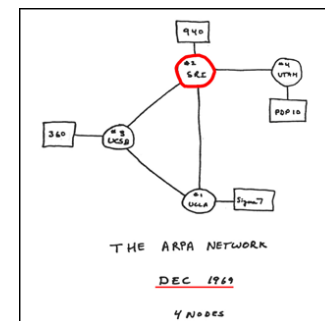
internet ?



<http://www.dougelbart.org/firsts/internet.html>

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)
- Démontre la première vidéoconférence (1968)
« The Mother of All demos »²
- Invente la souris (1968)



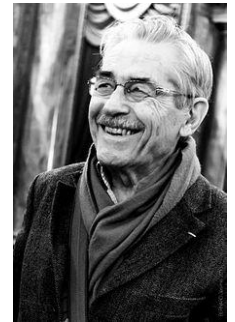
¹Augmented Human intellect: <http://www.dougelbart.org/pubs/augment-3906.html>

²The Mother of All demos, <http://www.dougelbart.org/firsts/dougs-1968-demo.html>

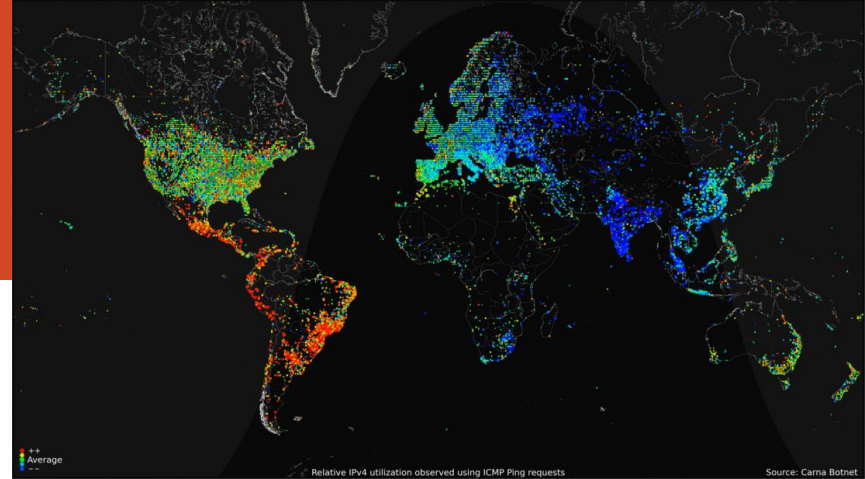
internet ?

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 ?



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

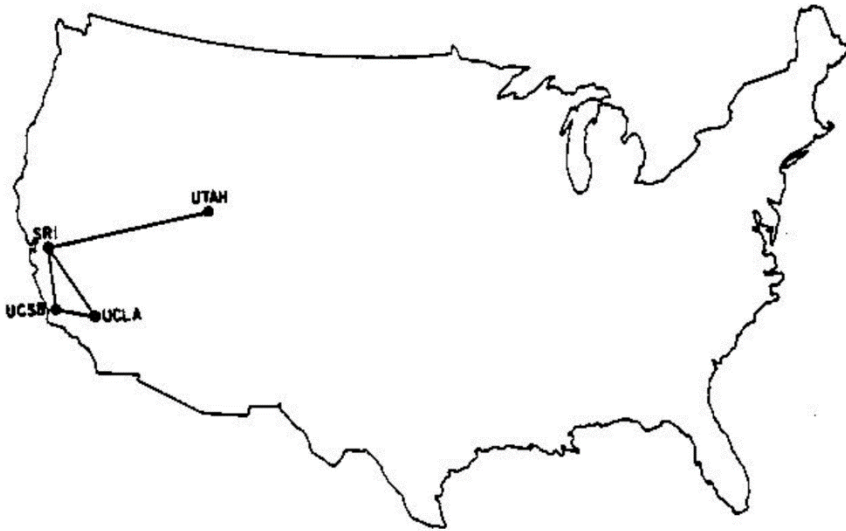
Internet est ... un réseau de réseaux

On désigne par réseau ou plus précisément réseau téléinformatique un ensemble d'équipements comprenant, entre autres, des terminaux, des ordinateurs, des imprimantes, reliés entre eux par des liaisons de communication.

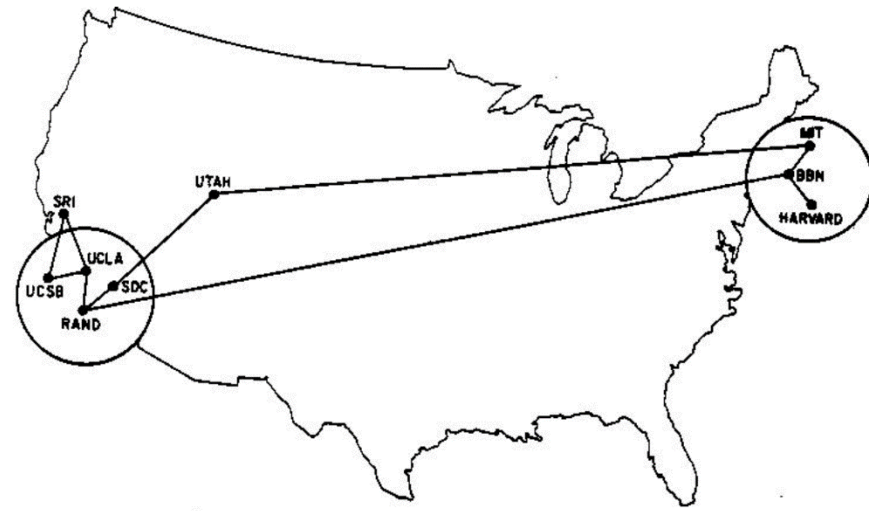
29 Oct 69	2100	LOADED OP. PROGRAM	CSK
		FOR BEN BARKER	
		BBV	
	22:30	Talked to S&R	CSK
		Host to Host	
		Lefttop imp program	CSK
		running after sending	
		a host dead message	
		to imp.	

http://www.computerhistory.org/internet_history

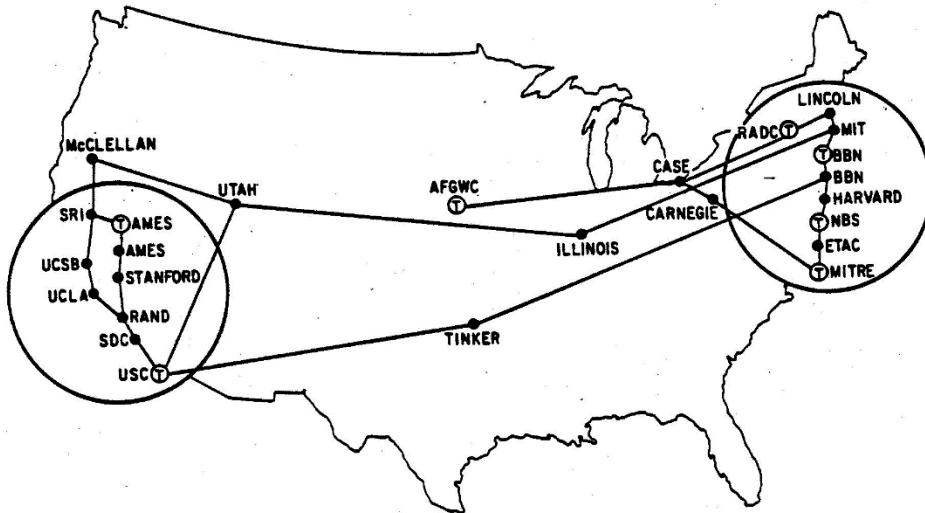
internet ?



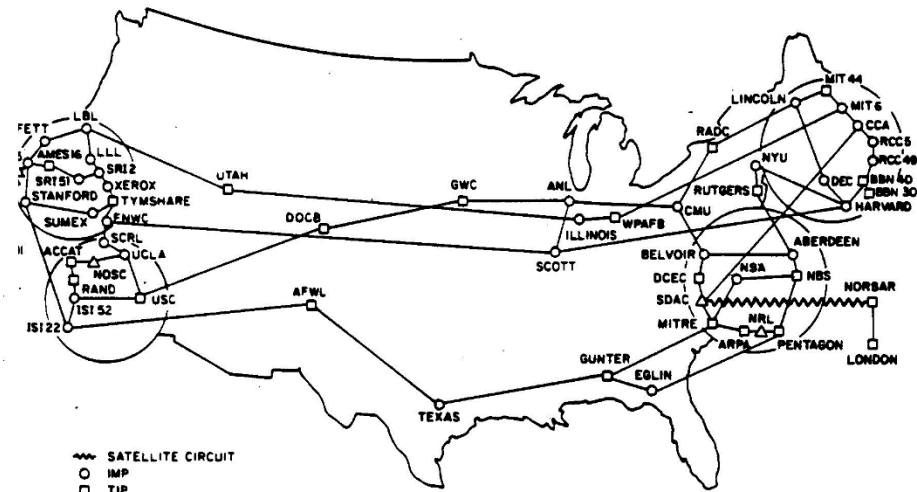
Dezember 1969



Juni 1970



März 1972



SATELLITE CIRCUIT

○

□

Δ PLURIBUS IMP

(NOTE THIS MAP DOES NOT SHOW ARPA'S EXPERIMENTAL SATELLITE CONNECTIONS)

NAMES SHOWN ARE IMP NAMES, NOT (NECESSARILY) HOST NAMES

Juli 1977



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 : « **R**equ**e**st **F**or **C**omment »
 - 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...

Normalisation et Modèles ...

- Nécessité de la normalisation
- **Normalisation** : assujettissement à des normes, des types, des règles techniques
- **Norme** : principe, règle, type, modèle
- Des normes multiples et incompatibles coexistent et des passerelles existent entre elles.

Normalisation et Modèles ...

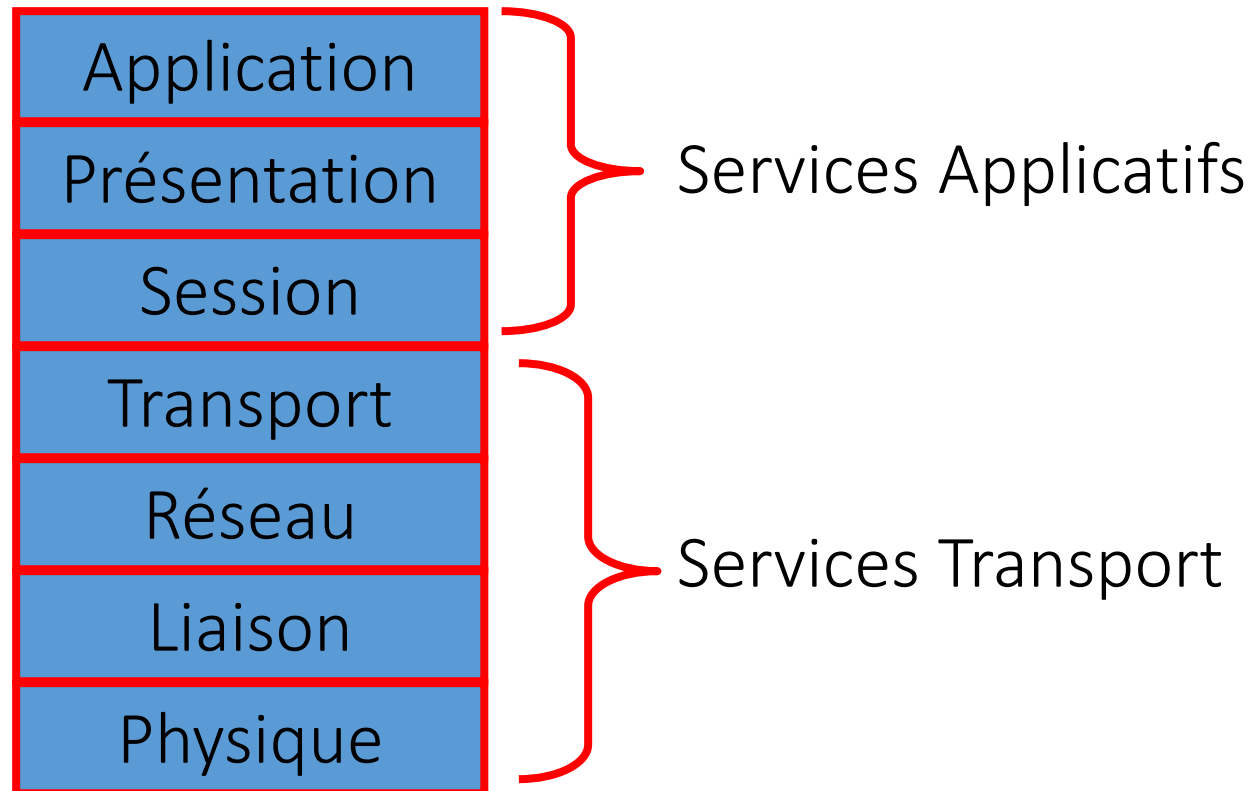
- **1977** : l'ISO constitue un comité pour la normalisation dans le domaine des Télécommunications et de l'Interconnexion des Systèmes.
- **1979** : Premier modèle OSI (Open Systems Interconnexion)
- **1984** : ISO 7498 / référence CCITT X.200 (ITU)

OSI = Cadre fonctionnel – Modèle de référence

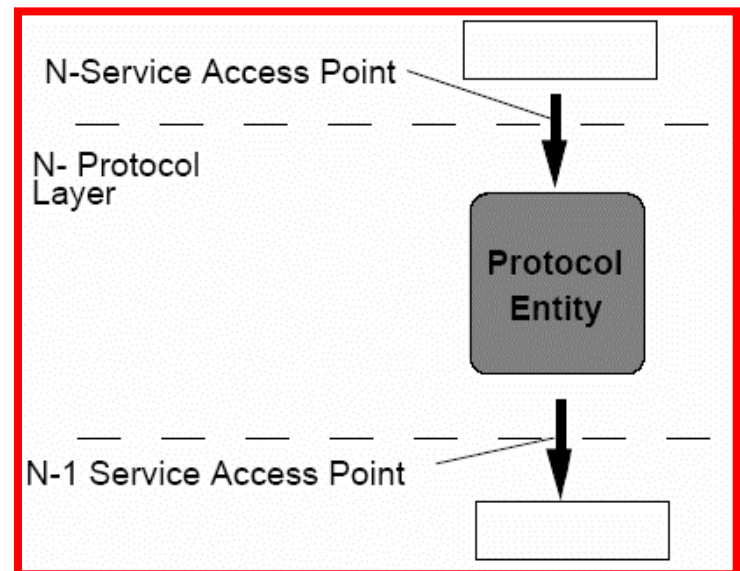
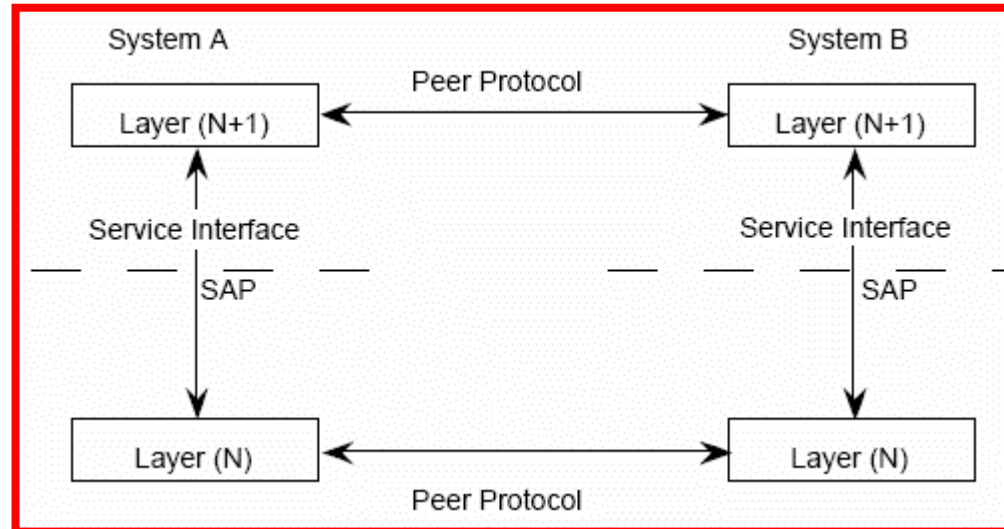
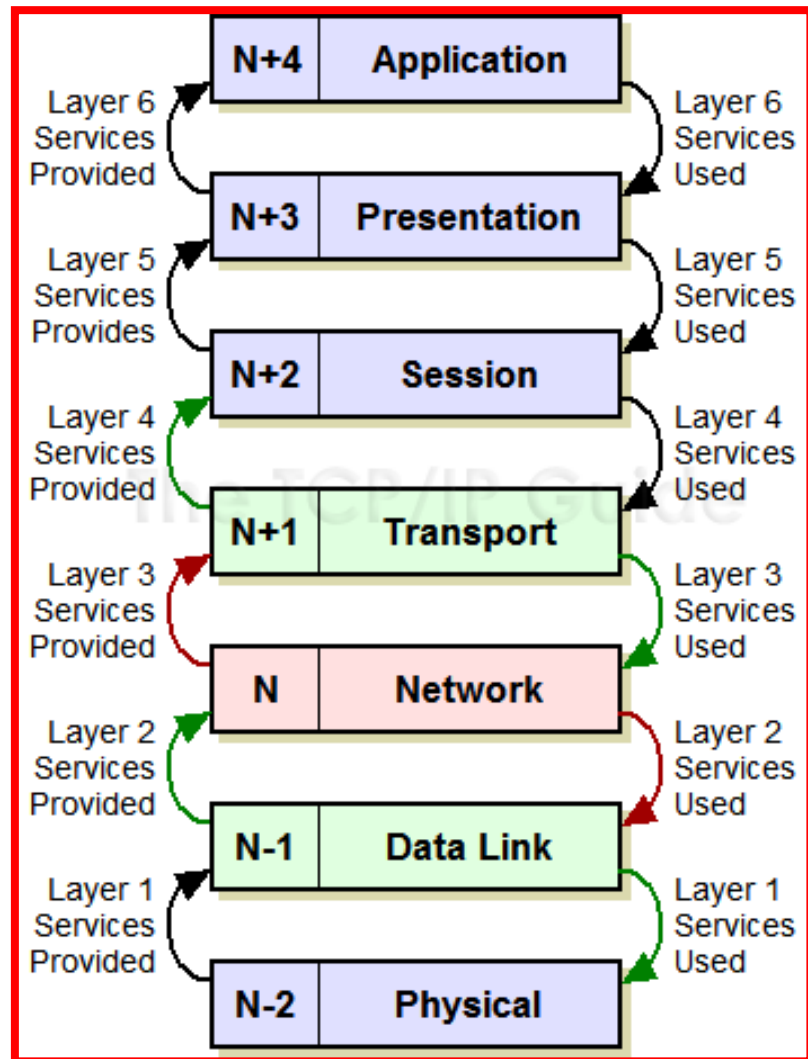
- Objectifs de l'OSI :
 - Décomposer
 - Structurer
 - Assurer l'indépendance vis à vis du matériel et du logiciel.

Modèle OSI (1)

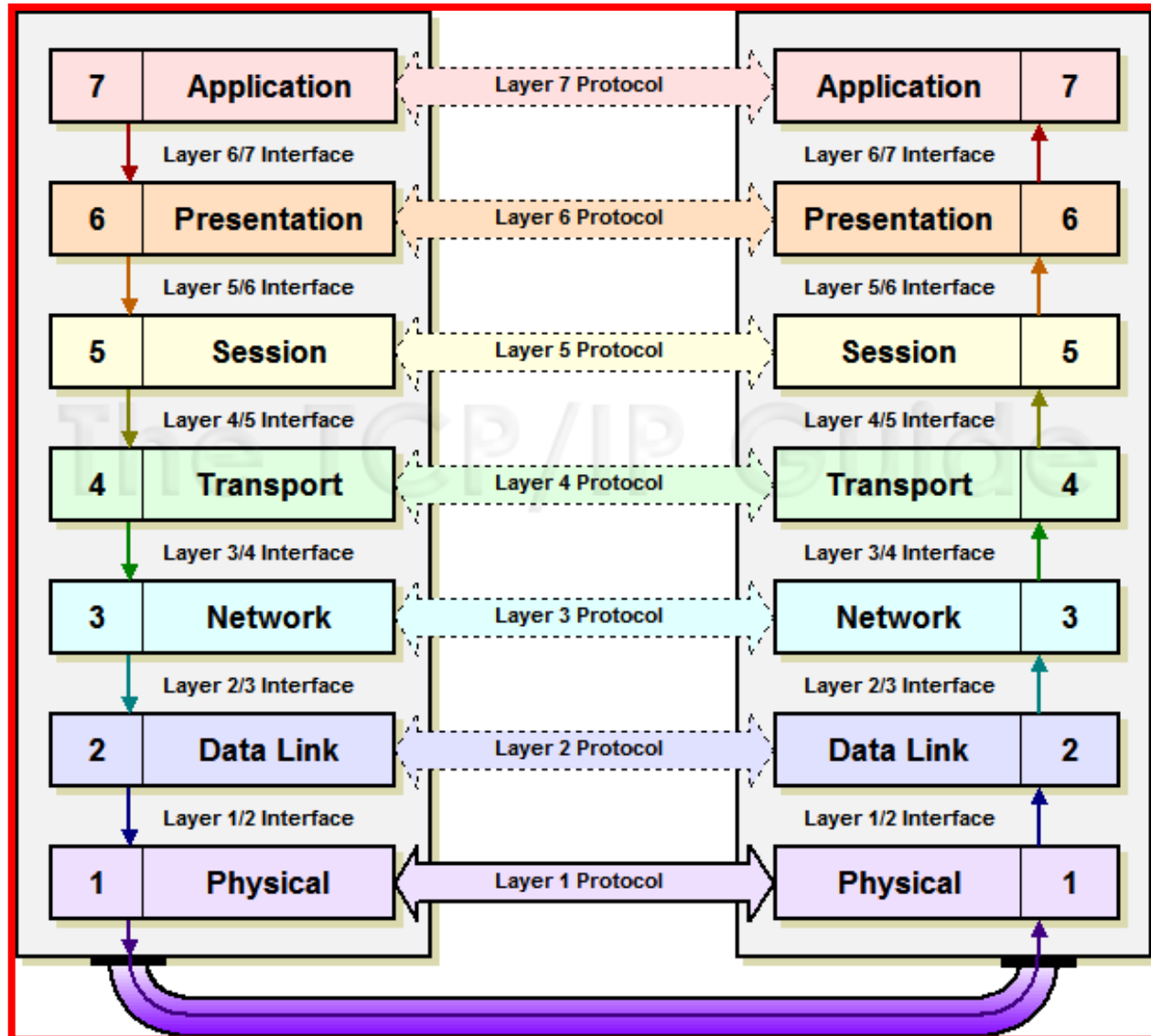
Modèle en 7 couches



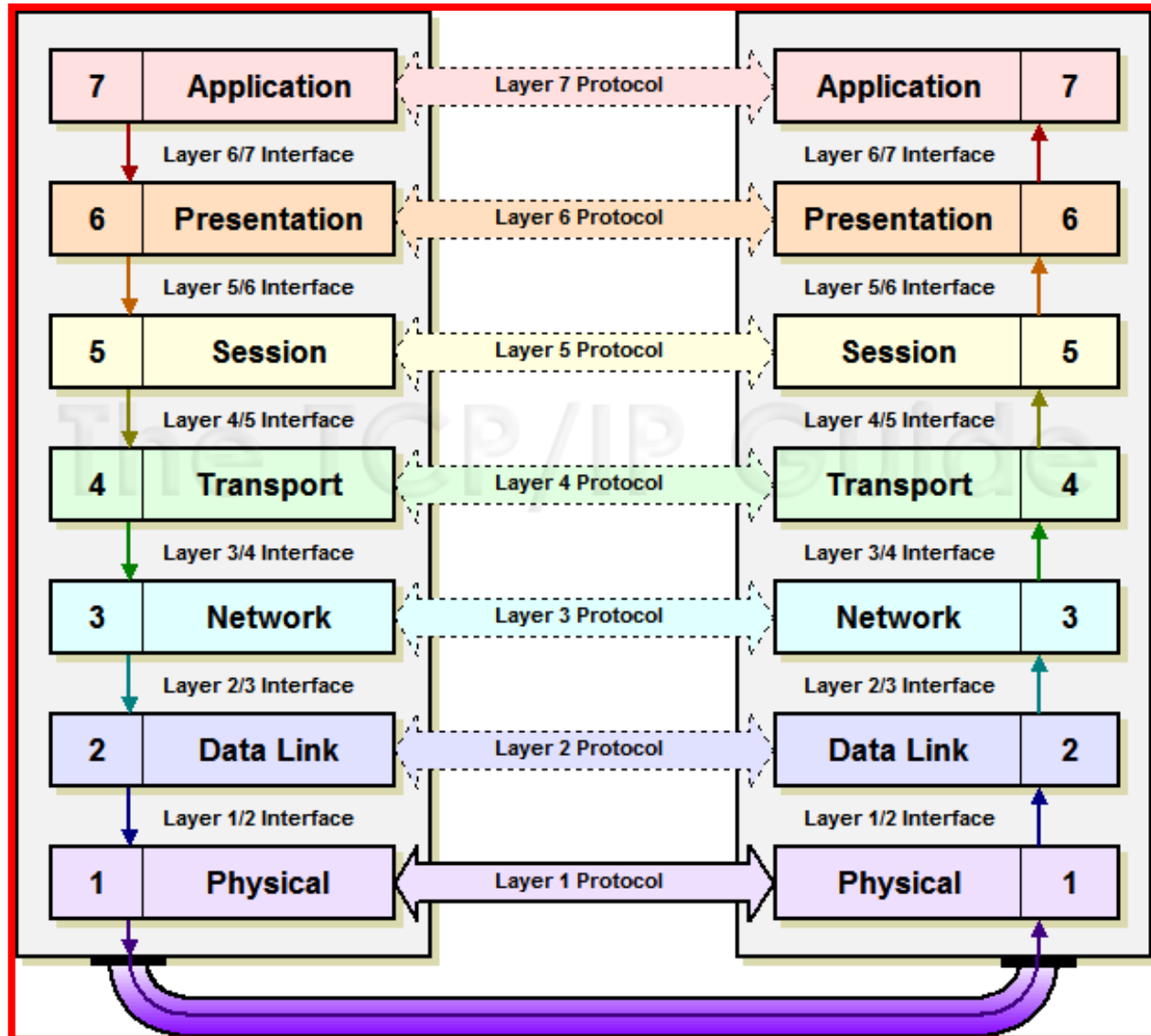
Modèle OSI (2)



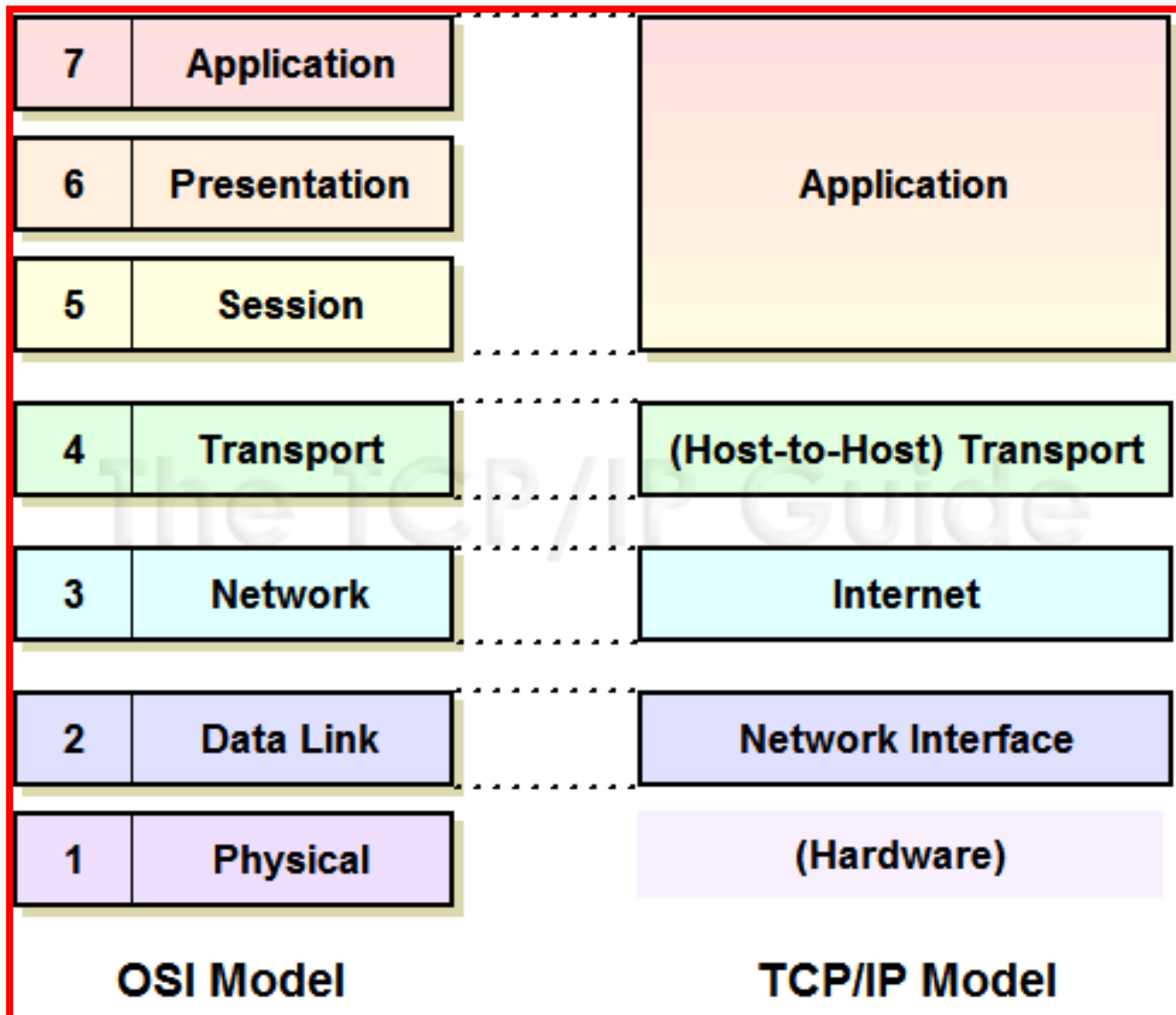
Modèle OSI (3)



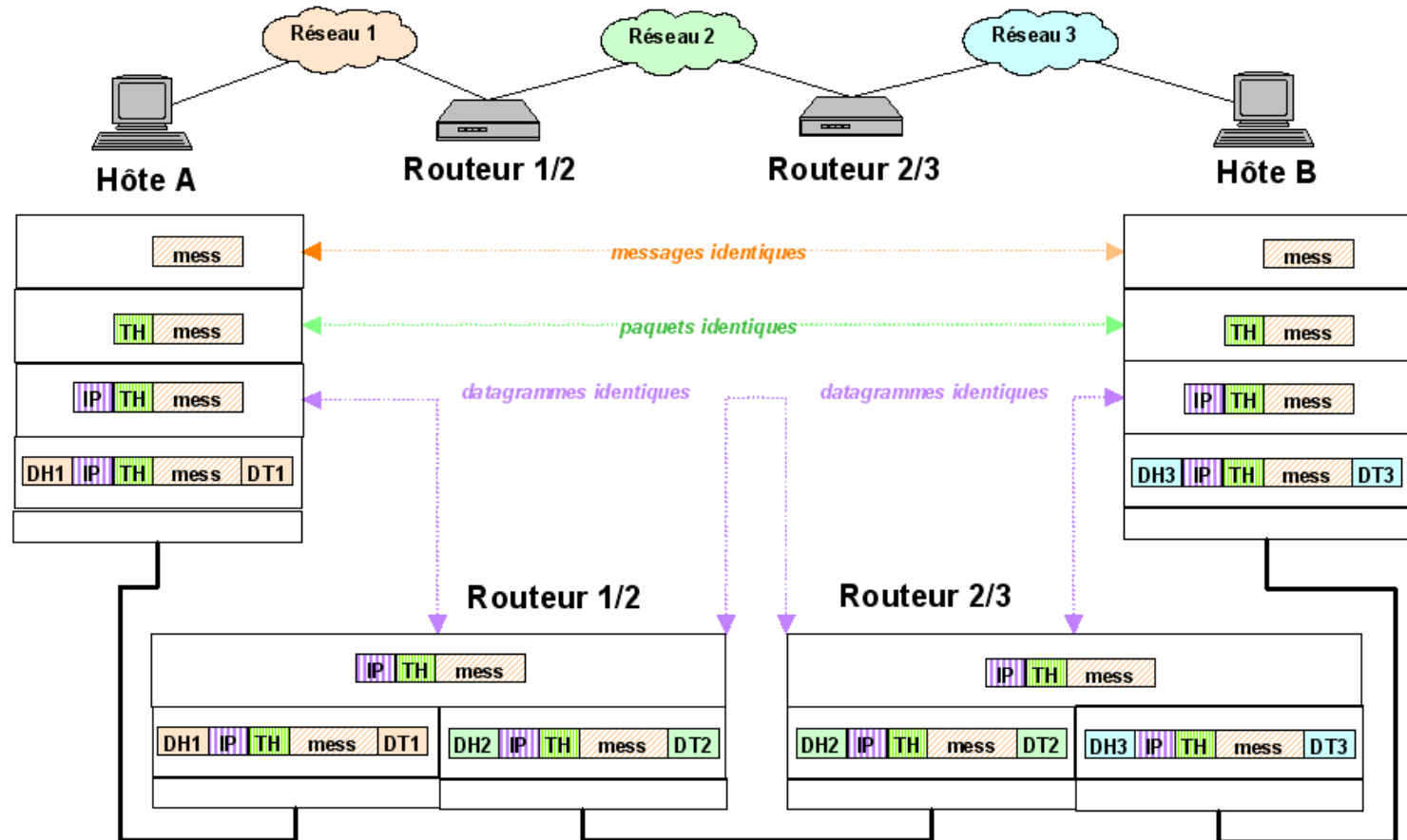
Modèle OSI (4)



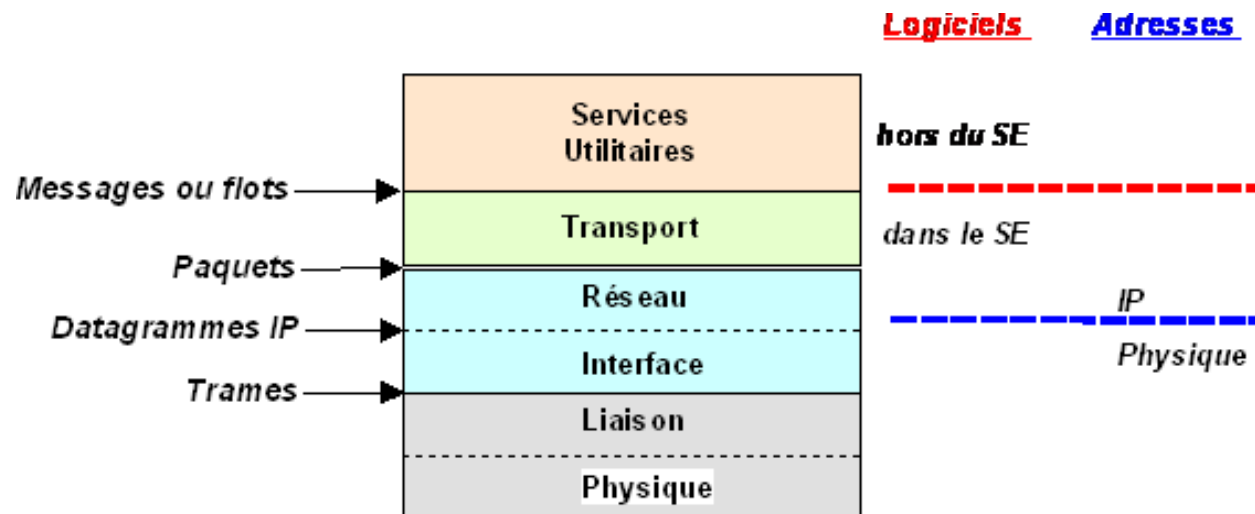
TCP/IP vs OSI (1)



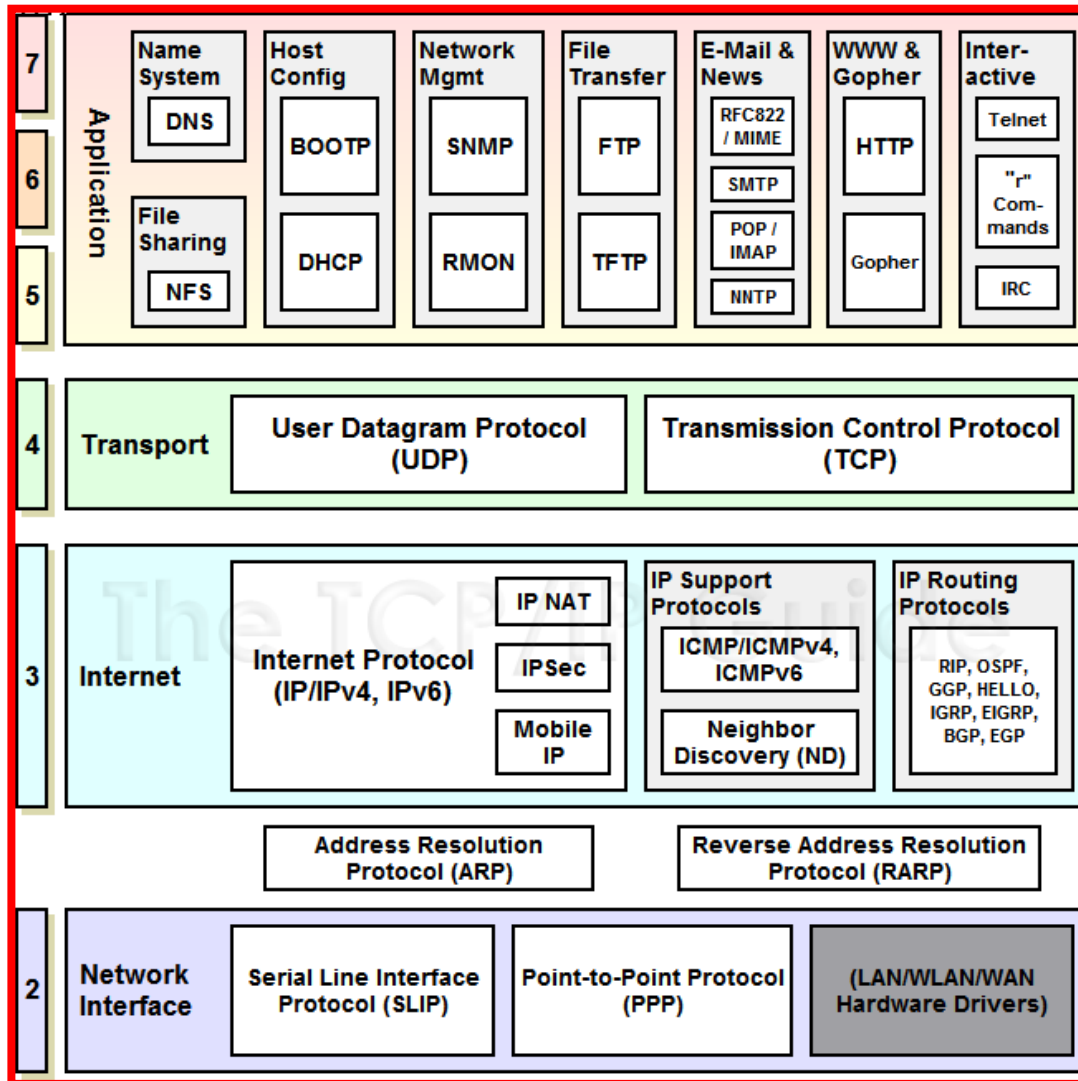
TCP/IP vs OSI (2)



TCP/IP vs OSI (3)



Protocoles de la suite TCP/IP



Adressage

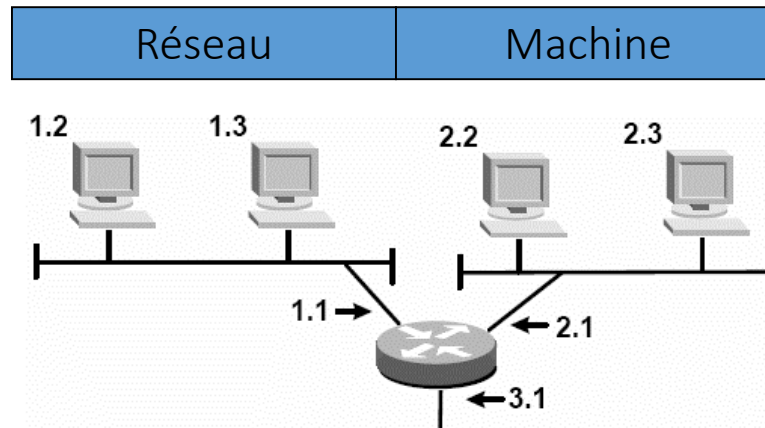
Définition

« 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

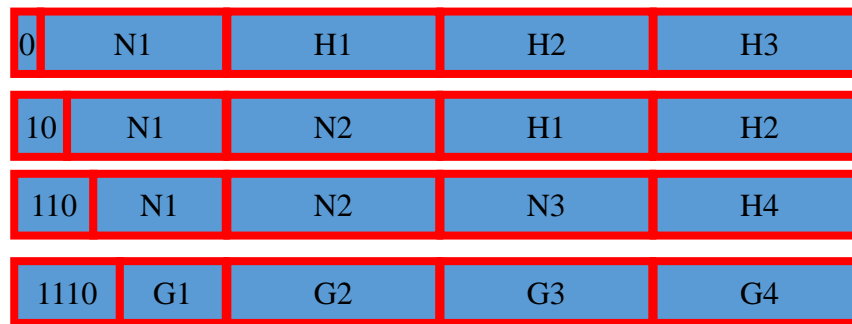
Structure de l'adresse

- Unique dans un domaine (Internet=monde)
- Configurable par logiciel = adresse logique
- En réalité, c'est l'@ 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 @ :



- 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'interréseau 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.

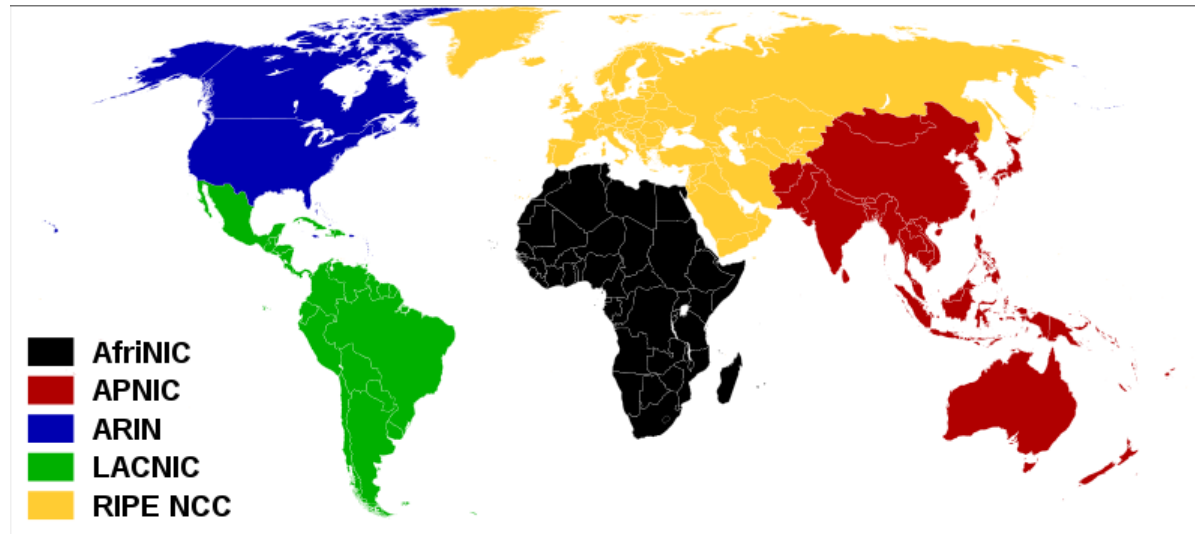
Attribution d'adresse (1)

- 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 » attribués 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)

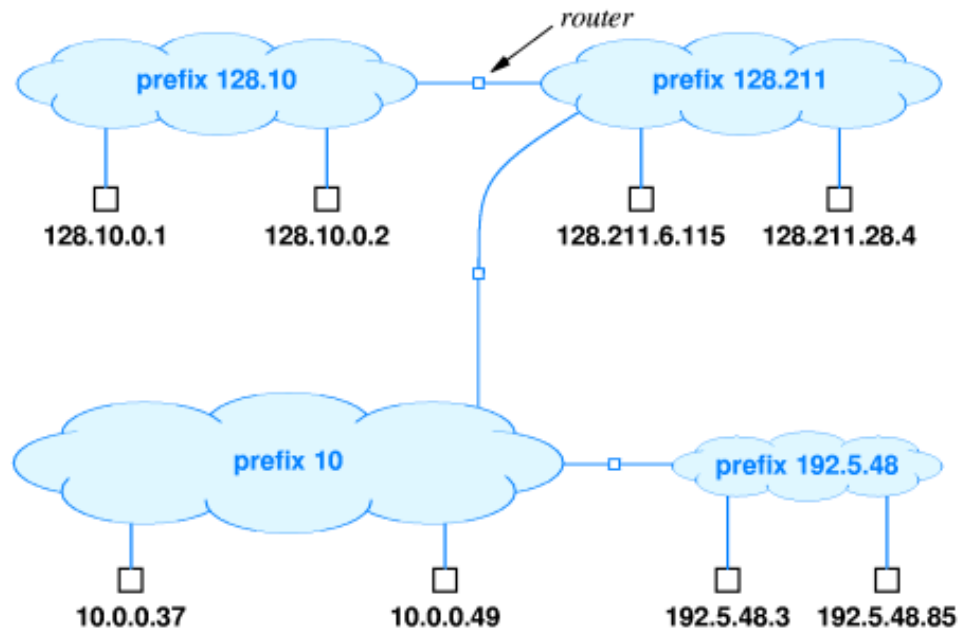
- Le LIR assigne à l'utilisateur final uniquement un identificateur de réseau (ou plage d'adresses). Celui-ci appartient à une classe qui correspond à la taille pressentie du réseau.
- L'organisation met ensuite en place son propre plan d'adressage (schéma d'affectation d'adresses IP aux équipements – 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)

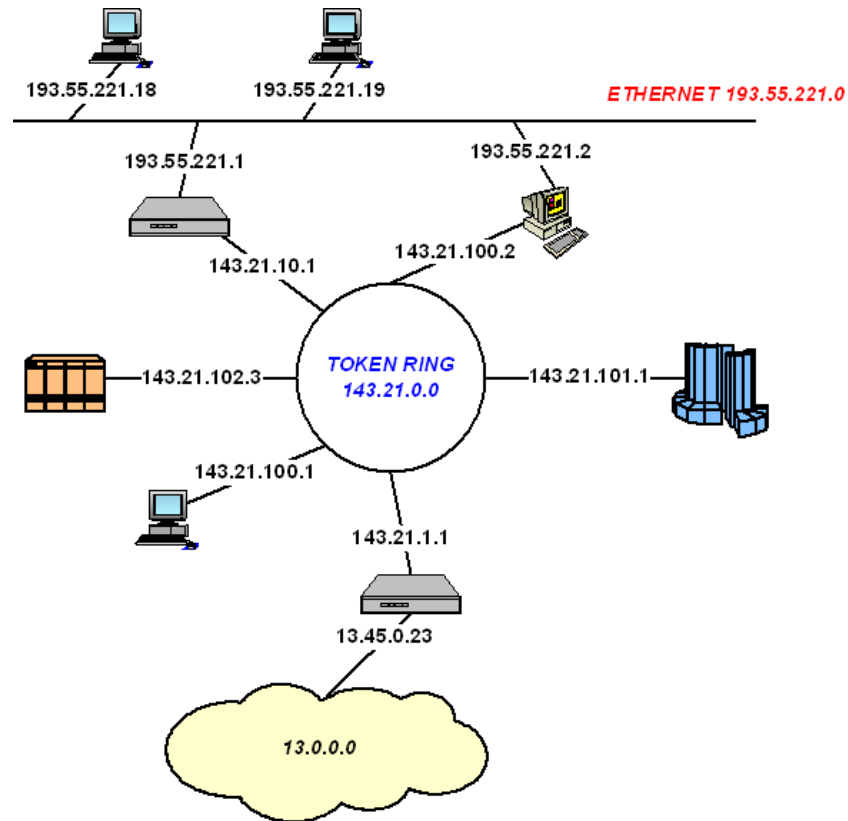
○ Adresses privées (RFC 1918) :

- 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)



Attribution d'adresse (6)



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

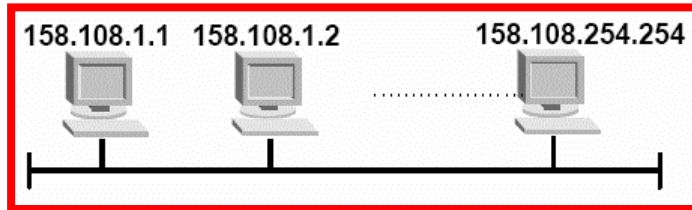
Sous-Adressage (2)

- 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

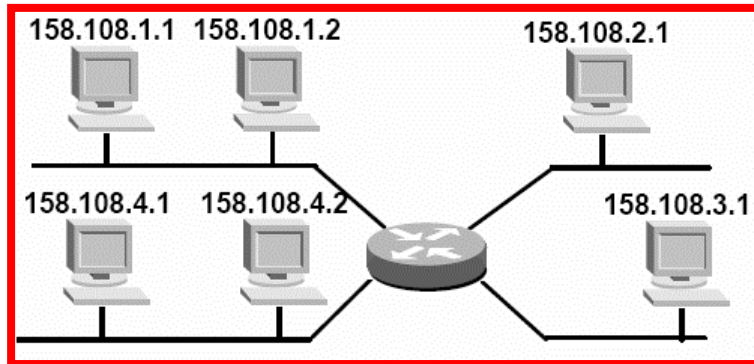
255.255.255.0 (1111 1111 0000 0000)

- 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 (<http://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**).

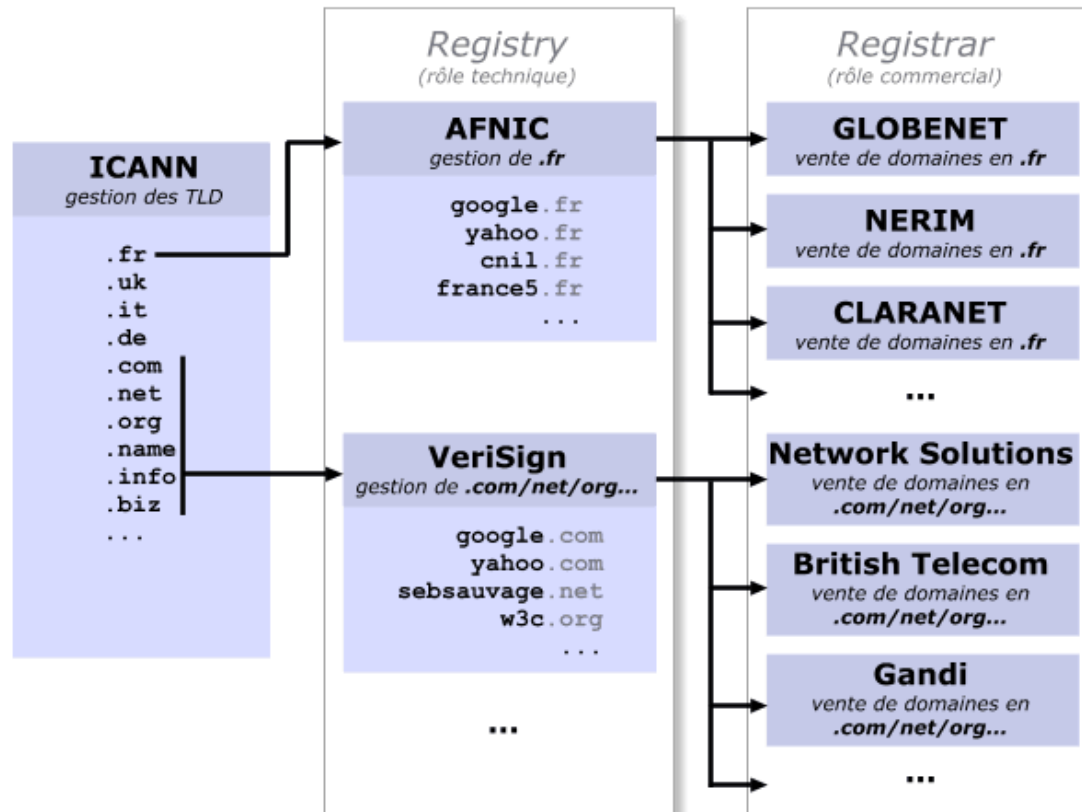
Nommage (2)

- 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.

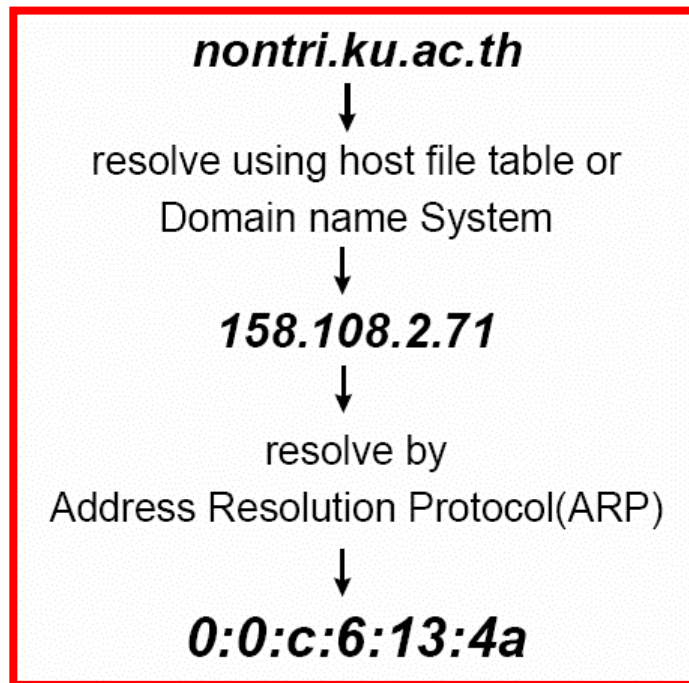
Record created on 27-Mar-1996.

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

Domain servers in listed order:

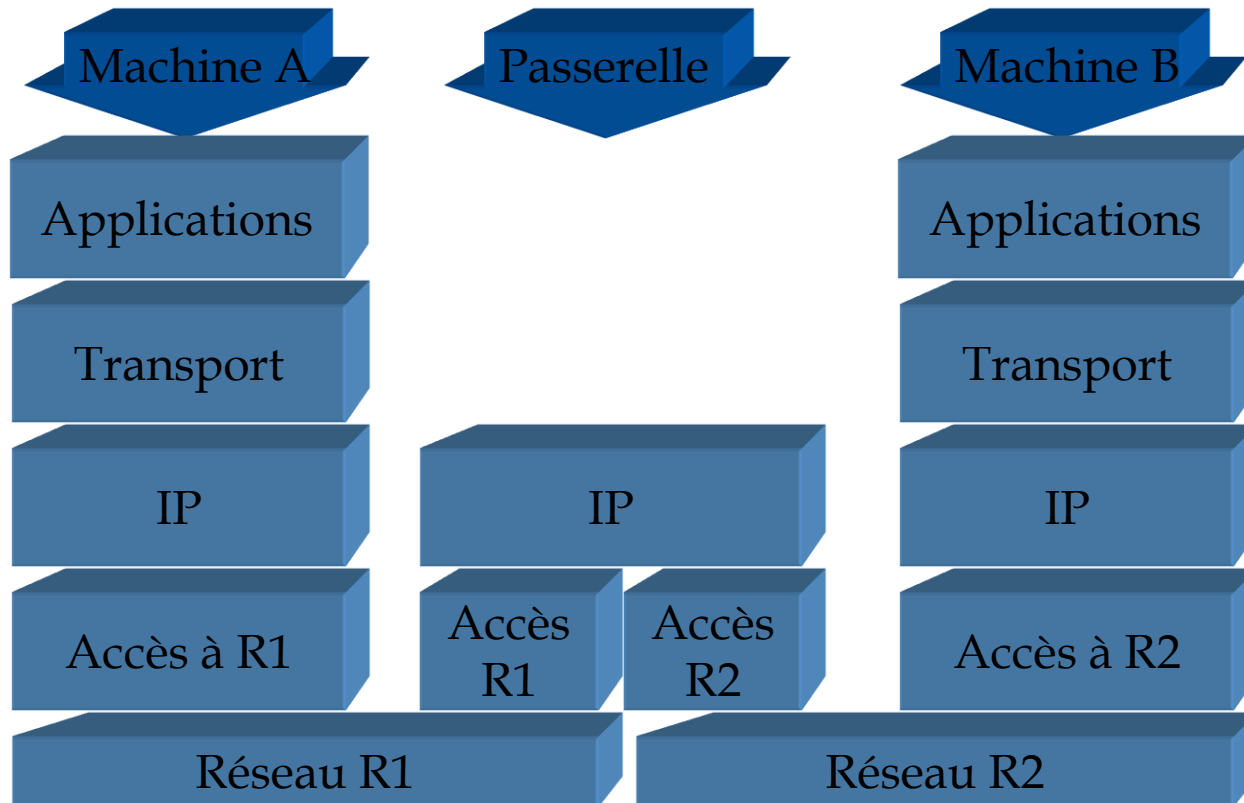
NS1.HOTMAIL.COM	216.200.206.140
NS2.HOTMAIL.COM	216.200.206.139
NS3.HOTMAIL.COM	209.185.130.68
NS4.HOTMAIL.COM	64.4.29.24

Résolution d'Adresses (4)



TCP et UDP

Objectifs

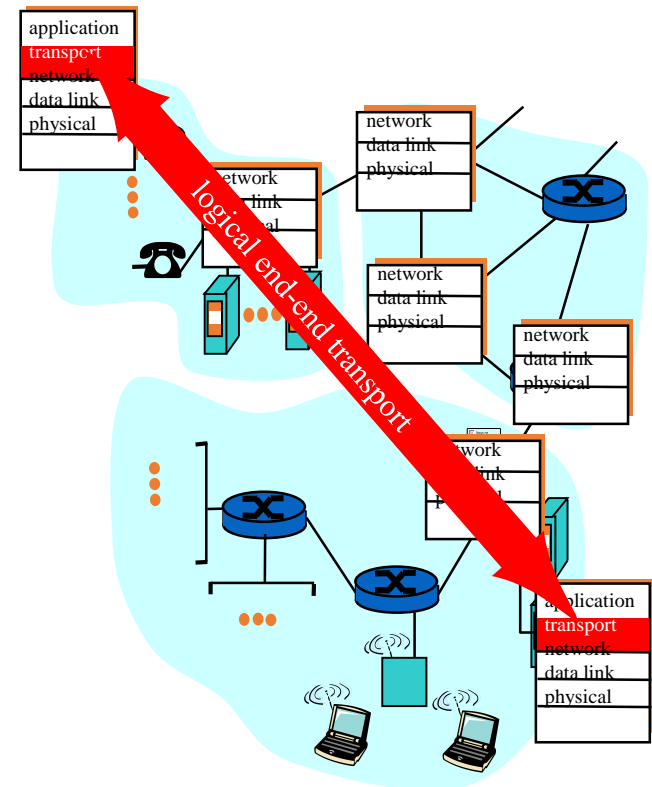


Objectifs

- Offrir un service de transfert de données de bout en bout (de host à host) en faisant abstraction à la fois des problèmes d'acheminement et de l'interconnexion des réseaux sous-jacents.

TCP et UDP fournissent une communication logique entre des processus applicatifs s'exécutant sur des hôtes différents.

Le fonctionnement du système d'extrémité n'est pas lié à celui du réseau.



Caractéristiques

- Protocoles de **bout en bout**
 - Service connecté ou non
 - fiabilité
 - Performance
- Transport d'un message d'un émetteur au récepteur
 - Indépendamment des réseaux qui véhiculent l'information
 - Pas de connaissance sur les réseaux traversés
- « Interface » entre les applications et le réseau
- S'appuie sur des protocoles (des couches basses) pour l'acheminement des données.
- Deux protocoles principaux :
 - **TCP** : fiabilité, contrôle d'erreur, de flux, d'ordre
 - **UDP** : Vérification des erreurs

Ports (1)

- Pour identifier une cible plus spécifique que l'adresse IP car les datagrammes sont destinés à des process et pas au système.
 - par un point d'extrémité :
 - le port
 - n° de port sur 2 octets
- Ceci est réalisé avec les ports
 - 16-bits qui identifient quel processus est associé à quel datagramme.
 - Attachement du processus au port
 - Identification : (@ IP, n° port)
- Numérotation des ports (Gestion par l'IANA)
 - Historiquement RFC 1700
 - Base de données en ligne [RFC 3232] début 2002 :
<http://www.iana.org/assignments/service-names-port-numbers/service-names-port-numbers.txt>

Ports (2)

○ Trois catégories :

- **Ports « Well-known »**
 - Définissent des points de contacts reconnus, réservés à des services standardisés
 - Réservés aux processus système (démons) ou aux programmes exécutés par des utilisateurs privilégiés. Un administrateur réseau peut néanmoins lier des services aux ports de son choix.
 - Intervalle de valeurs : [0..1023]
 - Exemples : 20-21(ftp) 23(telnet) 25(smtp) 53(DNS) 80(http) 101(pop3)
- **Ports « Registered »**
 - Définissent des points de contacts de services enregistrés auprès de l'IANA
 - Manipulés par des processus aux droits ordinaires
 - Intervalle de valeurs : [1024..49151]
 - Exemples : 1986(Cisco license management) 13782(Veritas NetBackup)
- **Ports « Private and/or Dynamic »**
 - Utilisables sans contrainte (Serveur, Client, P2P, streaming, etc...)
 - Intervalle de valeurs : [49152..65535]

UDP - Caractéristiques

- RFC 768 - Numéro de protocole 17 quand transporté par IP.
- N'apporte que peu de fonctionnalités supplémentaires à IP :
 - Identification des ports et calcul éventuel d'un checksum.
 - *distinction d'un processus de destination parmi plusieurs s'exécutant sur un même host*
- Seulement un service de transfert de données non fiable :
 - Pertes, duplication, retard, déséquencelement possibles
 - Ni contrôle de flux, ni contrôle d'erreurs, ni retransmission
 - *les protocoles ou applications utilisateurs doivent gérer eux-mêmes, à leur niveau, ces problèmes...*
- Usage :
 - Données : messages courts
 - Voix, vidéo

TCP – Caractéristiques (1)

- La valeur ajoutée au service IP est importante :
TCP offre un transfert fiable de bout en bout sur une connexion entre deux processus s'exécutant sur deux équipements distants.

- Mode connecté :
 - ➔ *Trois phases successives :*
 1. *établissement connexion,*
 2. *transfert,*
 3. *libération connexion*

- Transfert fiable : contrôle d'échange
 - ➔ *Contrôle de la validité des données (altération, perte, duplication) et reséquencement :*
checksum, numérotation et acquittement, retransmission...

TCP – Caractéristiques (2)

- Full Duplex :

 - ➔ *Echange simultané de deux flux bidirectionnels .*

- Orienté flot d'octets (« byte stream oriented ») :

 - ➔ *TCP gère un flot d'octets sur chaque sens de la connexion*

- Contrôle de congestion et contrôle de flux :

 - ➔ *mécanismes de fenêtres dynamiques*

- Tamponnement à la réception

- Données urgentes