

Introduction aux protocoles TCP IP

M1 d'informatique

Pascal NICOLAS

LERIA - UFR Sciences - Université d'Angers

`pascal.nicolas@univ-angers.fr`

- 1 Organisation de l'internet
- 2 Les protocoles TCP IP
- 3 Moyens de connexion à l'internet

Internet en 2 mots

- **INTER**connected **NET**works : réseaux interconnectés.
- Réseau de réseaux d'ordinateurs répartis sur le monde entier ... ou presque !
- Basé sur la famille de protocoles TCP IP (Transmission Control Protocol Internet Protocol).
- Ensemble de serveurs offrant des services à des clients.
- Fonctionnement « autogéré »
- Financement « mutualisé »

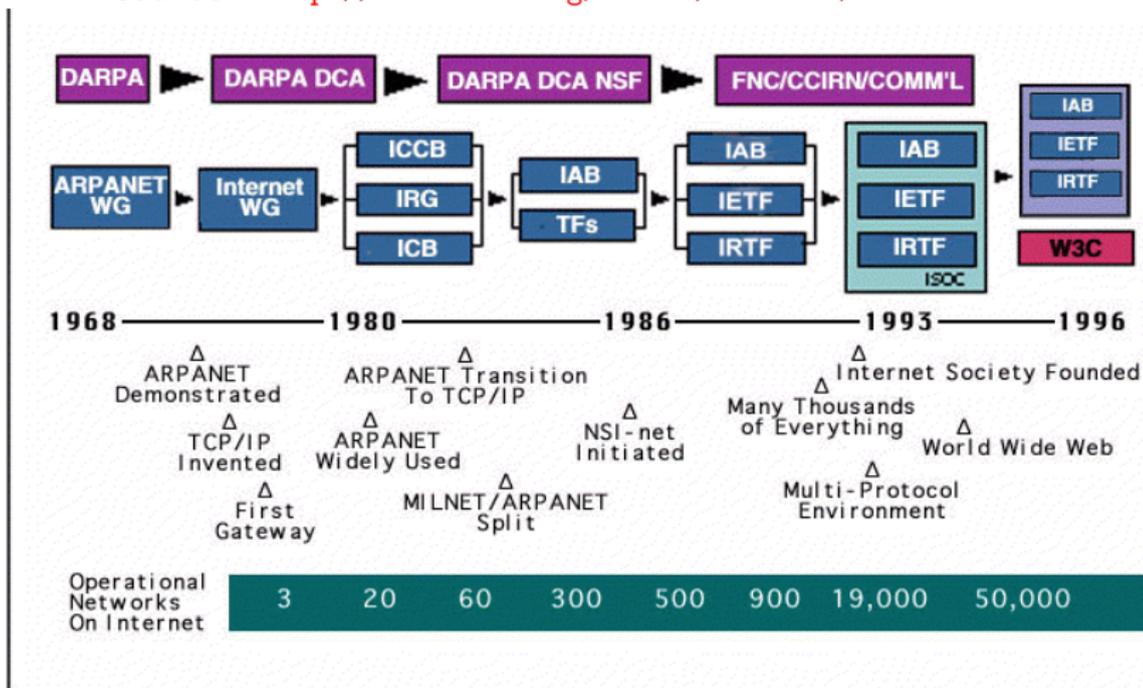
Ne pas confondre!!!

internet \neq web

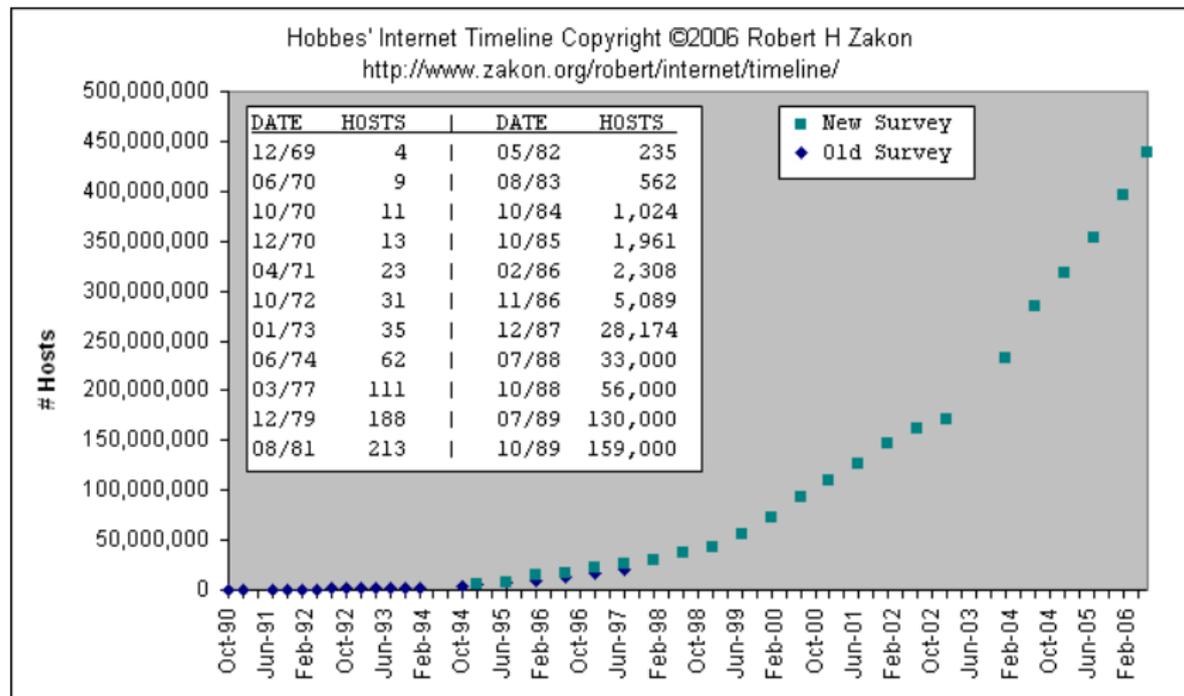
Le web est l'**un** des services disponibles par l'internet.

Historique

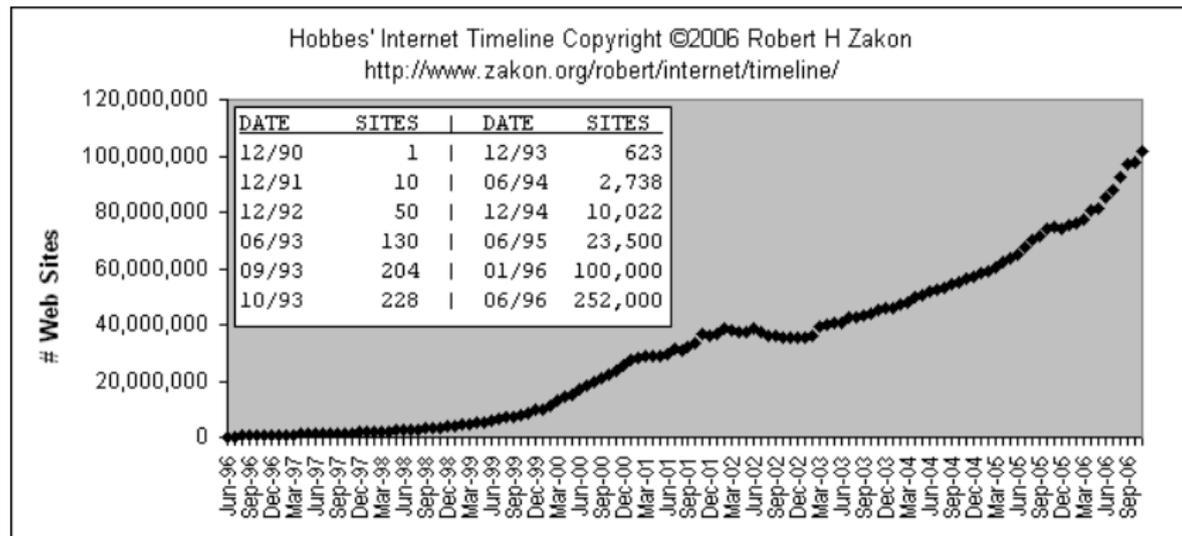
SOURCE : <http://www.zakon.org/robert/internet/timeline>



Quelques chiffres : les ordinateurs connectés



Quelques chiffres : les sites web



L'administration de l'internet

- **L'Internet Society** (ISOC <http://www.isoc.org>) est une association de droit américain à vocation internationale créée en 1991.
 - Plus de 100 organisations membres et « chapitres » (chapters) dans 180 pays, 20 000 membres (personnes physiques).
 - Chapitre français : ISOC France <http://www.isoc.fr> est une association loi 1901 créée en mars 1996.
- Espace de décision pour choisir les évolutions techniques, économiques et « politiques ».

ISOC			
IAB	IESG	IETF	IRTF

ICANN W3C

Les missions de l'ISOC

Assurer l'essor, l'évolution et l'utilisation de l'internet pour le bienfait de toutes et tous à travers le monde.

L'ISOC ...

- 1 Facilite le développement accessible (ouvert) de normes et de protocoles, l'administration et les structures techniques de l'internet.
- 2 Soutient la formation dans les pays en développement et où le besoin existe.
- 3 Soutient le développement professionnel et encourage les occasions de contacts avec les chefs de file de l'internet.
- 4 Fournit des informations fiables sur l'internet.

Les missions de l'ISOC (suite)

L'ISOC ...

- ⑤ Organise des forum de discussions sur des questions touchant à l'évolution, au développement et à l'utilisation de l'internet (aux plans technique, commercial , social etc. . .).
- ⑥ Développe un environnement favorable à la coopération internationale, à la communauté et une culture qui rend possible l'autogestion.
- ⑦ Sert de point focal pour les efforts communs de promotion de l'internet en tant qu'outil fiable pour tous les peuples du monde.
- ⑧ Donne la direction et permet la coordination des efforts sur les plans humanitaire et de l'éducation ainsi qu'au niveau social etc. . .

L'organisation de l'ISOC

- Internet Architecture Board <http://www.iab.org>
 - Conseil de l'ISOC supervisant les travaux de l'IETF et de l'IRTF.
 - Supervise et éventuellement commente les protocoles et procédures utilisés pour l'internet.
 - Veille au processus de création des standards de l'internet.
 - Chargé de l'édition et de la gestion des RFC.
 - Désigne le président de l'IRTF et confirme celui de l'IETF.

L'organisation de l'ISOC ...

- Internet Engineering Task Force <http://www.ietf.org>
 - Groupe ouvert de concepteurs de réseaux, d'opérateurs de télécommunication, de vendeurs, de chercheurs, ...
 - Chargé de définir les solutions techniques (protocoles, organisation, documentation, ...) pour le fonctionnement de l'internet.
 - Objectifs définis dans la RFC 3935
<http://www.ietf.org/rfc/rfc3935.txt>
The goal of the IETF is to make the Internet work better.
 - Organisé en groupes de travail constitués pour traiter un sujet et dissouts lorsque le travail est fini.
 - Les groupes de travail sont regroupés en domaines.

L'organisation de l'ISOC ...

- Internet Engineering Steering Group

<http://www.ietf.org/iesg.html>

- Composé du président de l'IETF et des dirigeants des différents domaines de l'IETF.
- Dirige l'IETF.

- Internet Research Task Force <http://www.irtf.org>

- Composé de groupes de recherche
- Assure des recherches à plus long terme sur le futur de l'internet.

L'organisation de l'ISOC ...

- RFC : Request For Comments
 - Documents techniques définissant les standards de l'Internet.
 - Établis à partir d'Internet Drafts, commentés et amendés au sein d'un groupe de travail de l'IETF
 - Approche pragmatique, à l'opposé des organismes de standardisations internationaux
 - <http://www.ietf.org/rfc.html>
 - Le site <http://abcdrfc.free.fr> propose des traductions en français

Internet Corporation for Assigned Names and Numbers

L'ICANN est une organisation de droit privé à but non lucratif (<http://www.icann.org>) issue de l'IANA (Internet Assigned Numbers Authority). Elle est chargée

- d'allouer les adresses du protocole de l'internet (IP), de manière décentralisée et hiérarchique. Par exemple, pour l'Europe, c'est le **RIPE Network Coordination Centre** (<http://www.ripe.net>) qui assure cette gestion.
- d'attribuer les identificateurs de protocole,
- de gérer le système de nom de domaine de premier niveau (TLD Top Level Domains) pour les codes génériques (tels que .com, .info, ...) et les codes nationaux (.fr, .uk, ...)
- d'assurer les fonctions de gestion du système de serveurs de noms racines.

<ftp://ftp.ripe.net/pub/stats/ripenncc/membership/alloclist.txt>

World Wide Web Consortium

Le W3C (<http://www.w3.org>) est un organisme international

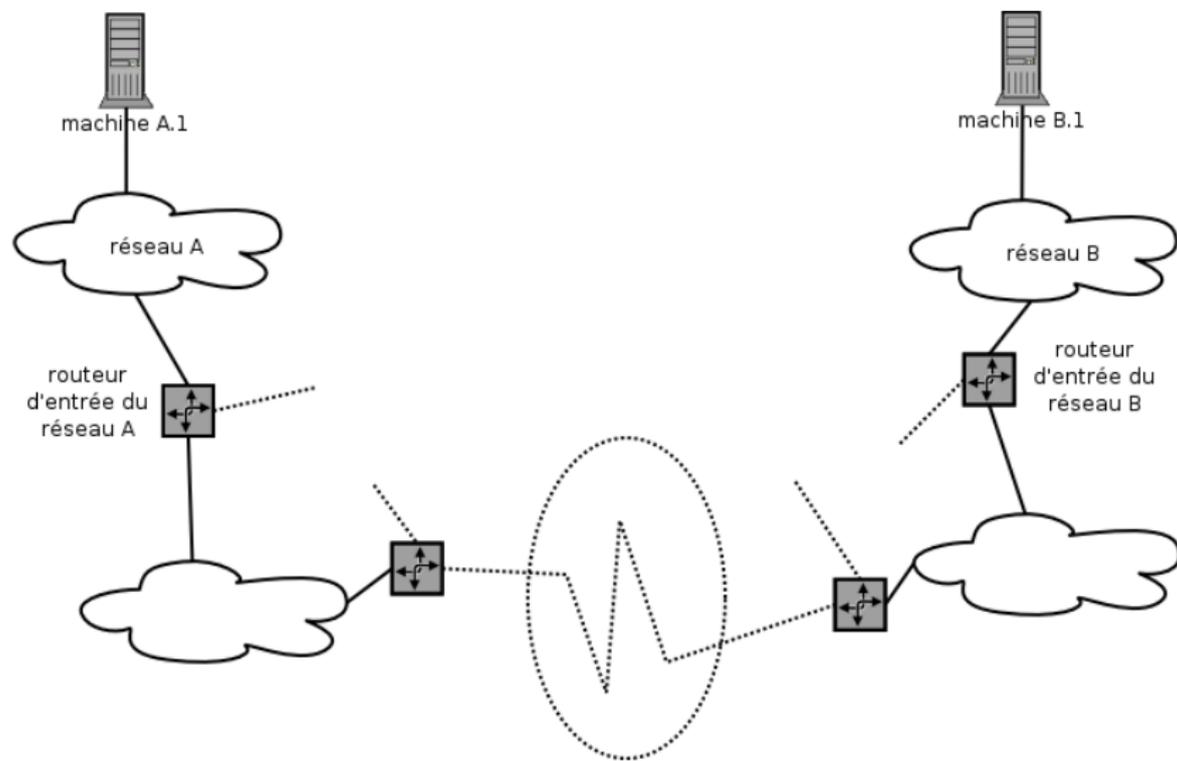
- chargé de la standardisation du web,
- dirigé par Tim Berners-Lee l'inventeur du web
- « a pour but de mener le web à sa pleine capacité en développant les protocoles et les recommandations qui assurent sa croissance à long terme »

- 1 Organisation de l'internet
- 2 Les protocoles TCP IP**
- 3 Moyens de connexion à l'internet

2 Les protocoles TCP IP

- Généralités
- Pile TCP IP
- Exemple de fonctionnement

Internet = Interconnexion de réseaux

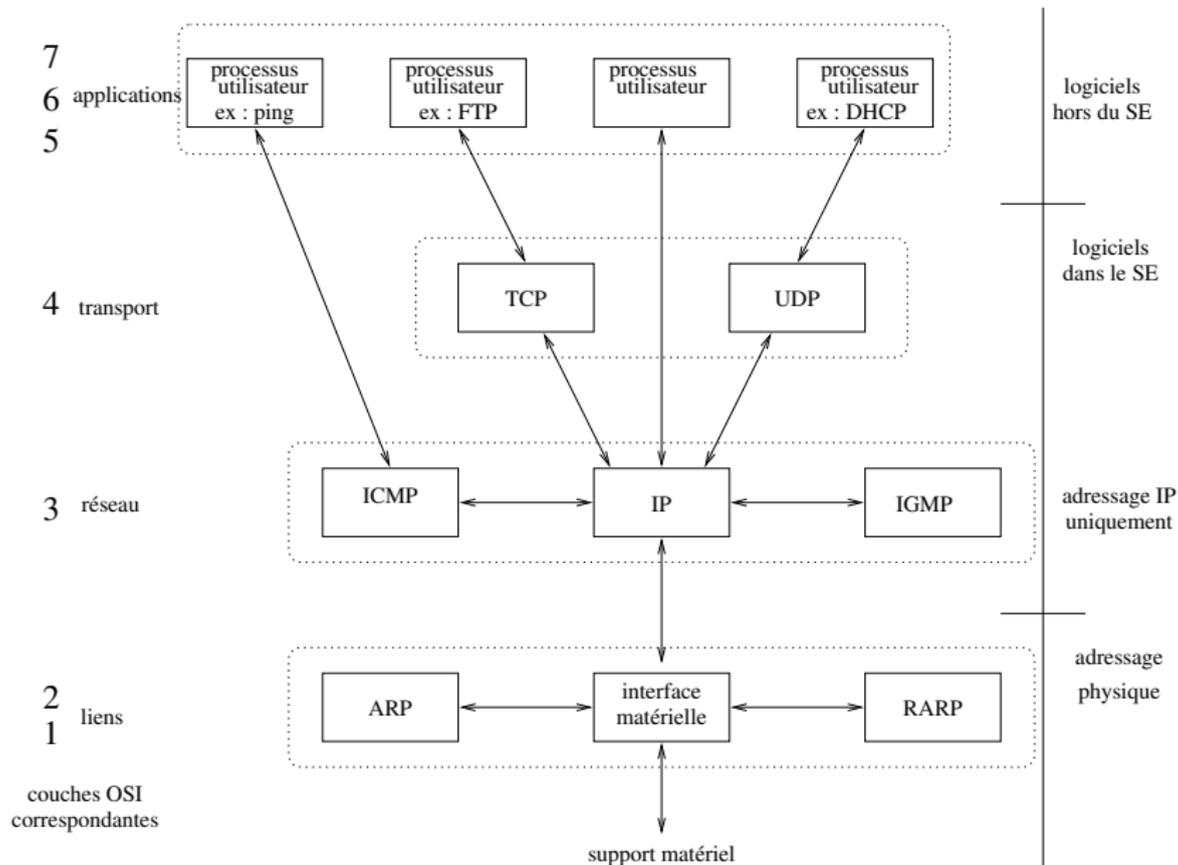


Parcours à travers l'internet

- Un réseau « local » est un ensemble de machines qui peuvent communiquer entre elles sans avoir à passer par un routeur.
- Transmettre des données d'une machine connectée au réseau *A* jusqu'à une machine connectée au réseau *B* à travers l'internet consiste à faire des « sauts » successifs de routeur en routeur en traversant à chaque fois un réseau particulier.
- Illustration vidéo à partir de <http://warriorsofthe.net/movie.html>

- 2 Les protocoles TCP IP
 - Généralités
 - Pile TCP IP
 - Exemple de fonctionnement

La pile TCP IP



La pile TCP IP

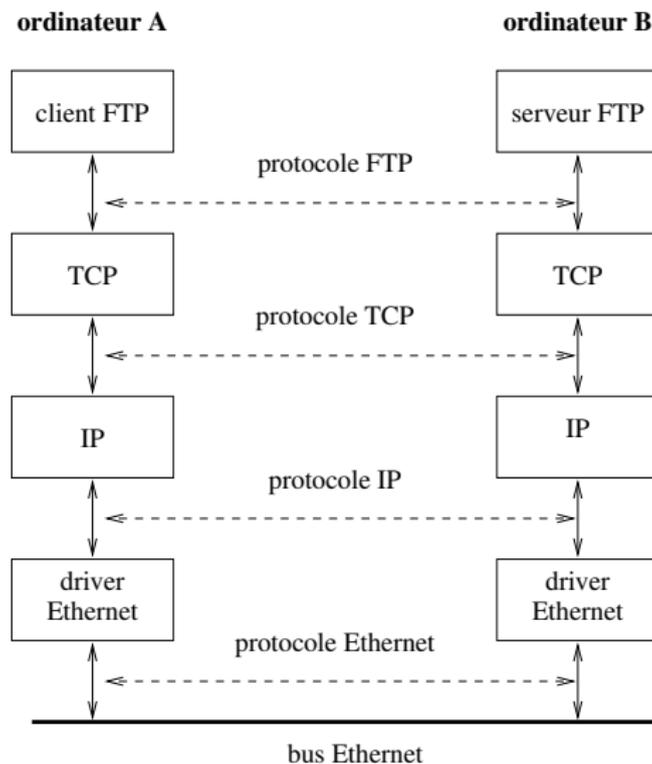
Les logiciels TCP/IP sont structurés en quatre couches de protocoles qui s'appuient sur une couche matérielle.

- La couche de *liens* est l'interface avec le réseau et est constituée d'un driver du système d'exploitation et d'une carte d'interface de l'ordinateur avec le réseau.
- La couche *réseau* ou couche IP (*Internet Protocol*) gère la circulation des *paquets* à travers le réseau en assurant leur routage. Elle comprend aussi les protocoles ICMP (*Internet Control Message Protocol*) et IGMP (*Internet Group Management Protocol*)

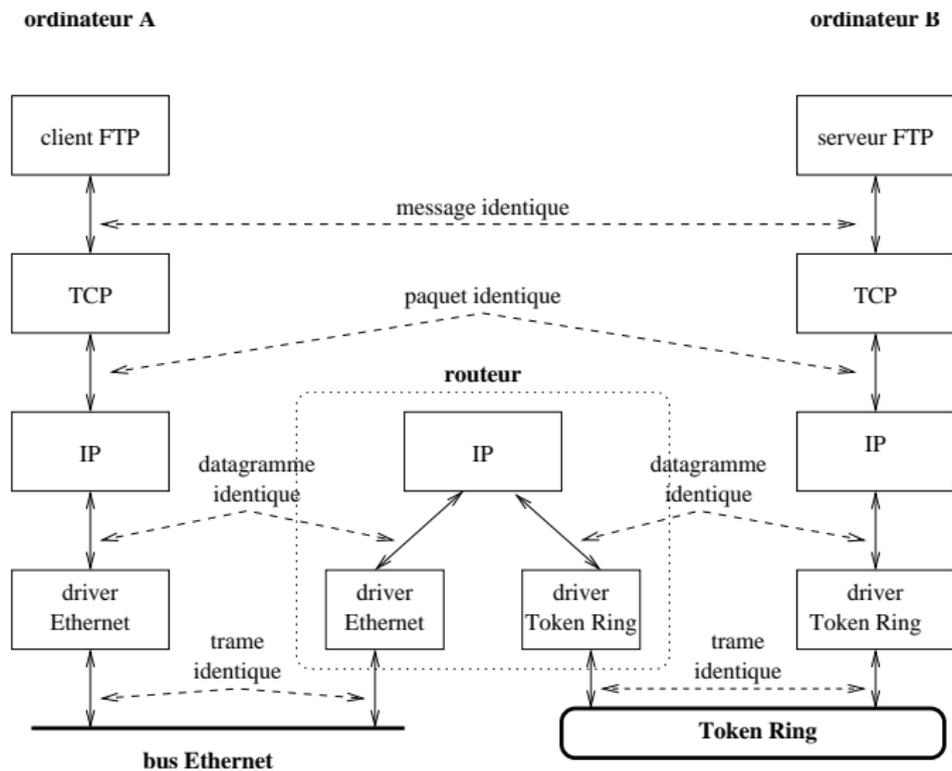
La pile TCP IP ...

- La couche *transport* assure tout d'abord une communication de bout en bout en faisant abstraction des machines intermédiaires entre l'émetteur et le destinataire.
 - Elle s'occupe de réguler le flux de données et assure un transport fiable (données transmises sans erreur et reçues dans l'ordre de leur émission) dans le cas de TCP (*Transmission Control Protocol*)
 - Le transport est non fiable dans le cas de UDP (*User Datagram Protocol*). Il n'est pas garanti qu'un paquet (appelé dans ce cas *datagramme*) arrive à bon port, c'est à la couche application de s'en assurer.
- La couche *application* est celle des programmes utilisateurs comme les navigateurs et serveurs web, les clients et serveurs FTP, SMTP, POP, IMAP...

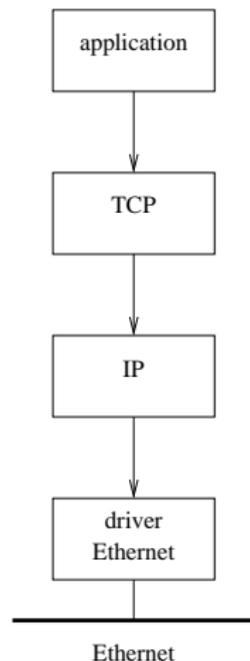
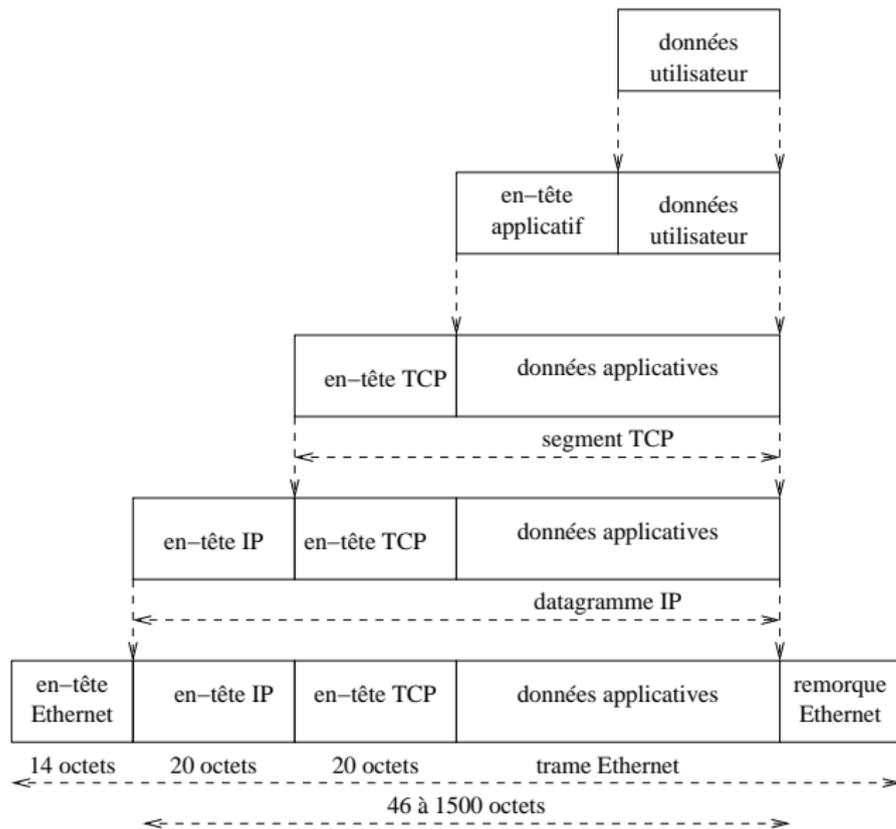
Communication entre 2 machines du même réseau



Interconnexion de 2 réseaux

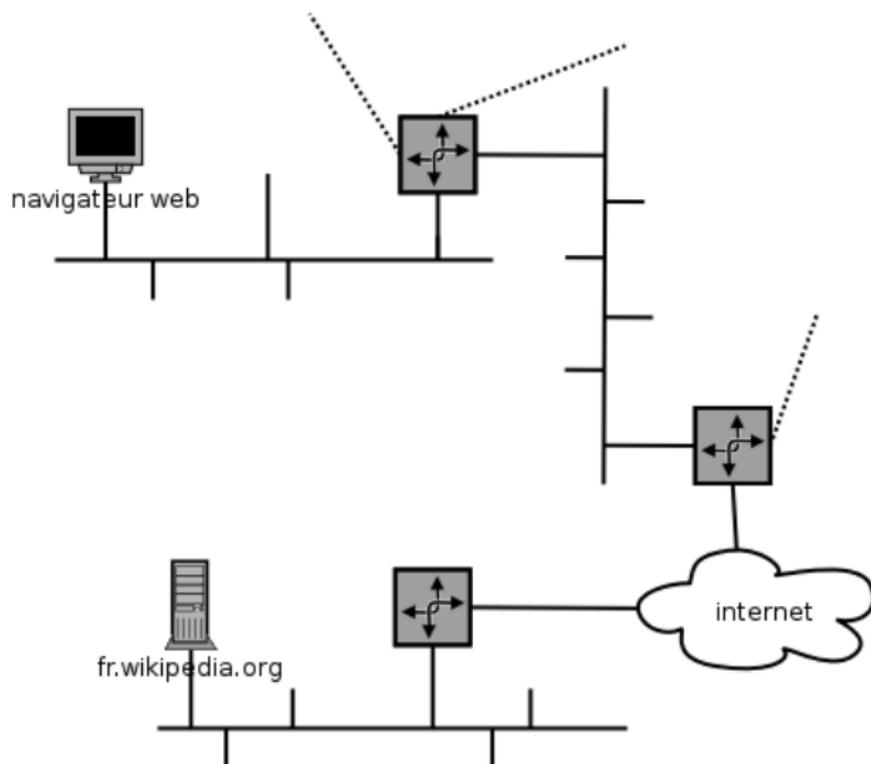


Encapsulation des données par la pile TCP IP



- 2 Les protocoles TCP IP
 - Généralités
 - Pile TCP IP
 - Exemple de fonctionnement

Exemple : télécharger la page <http://fr.wikipedia.org/wiki/Accueil>



Niveau applications

- 1 Le navigateur demande au DNS quelle est l'adresse IP du serveur `fr.wikipedia.org`.
- 2 Le DNS retourne `207.142.131.203` par exemple. En fait `fr.wikipedia.org` est un alias derrière lequel il y a physiquement plusieurs serveurs avec chacun une adresse IP particulière.

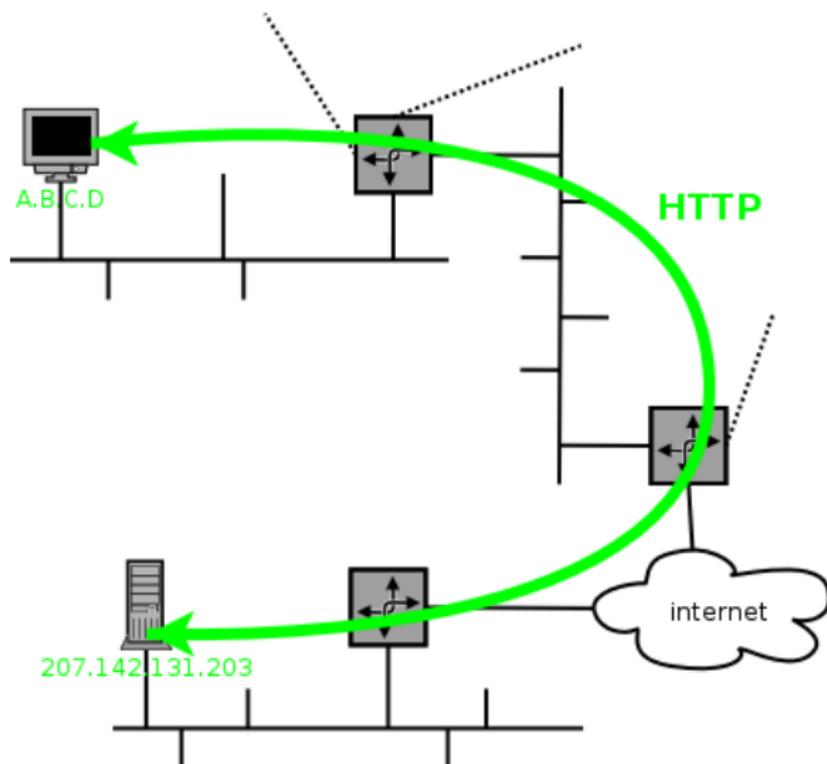
- 3 Le navigateur envoie la requête HTTP suivante :

```
GET /wiki/Accueil HTTP/1.1
Host: fr.wikipedia.org
User-Agent: ....
...
```

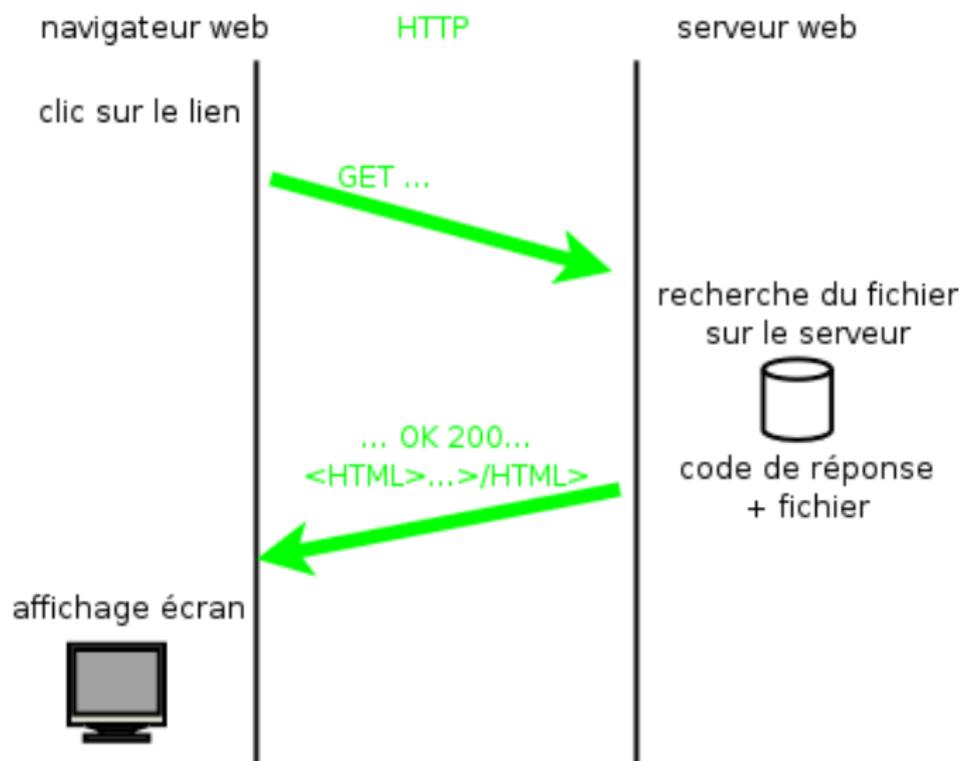
- 4 Le serveur web répond :

```
HTTP/1.0 200 OK
Date: Wed, 16 Nov 2005 15:40:41 GMT
Server: Apache
...
<HTML>
...
</HTML>
```

Niveau applications ...



Niveau applications ...



Niveau TCP

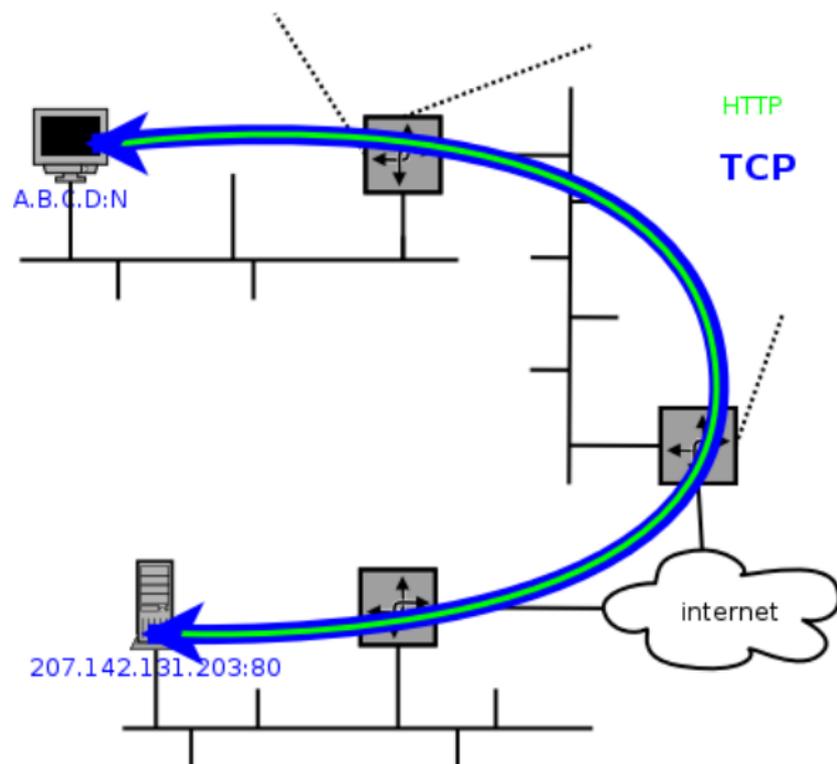
Le dialogue HTTP s'appuie sur une connexion TCP qui permet de préciser notamment les port (80 pour le serveur web et un port libre N quelconque pour le client) sur lesquels se fait le dialogue.

- 1 Établissement de la connexion TCP.
- 2 Envoi de la requête HTTP du navigateur au serveur : 1 seul segment TCP suffit.
- 3 Envoi de la réponse HTTP du serveur au navigateur : plusieurs segments TCP sont nécessaires.
- 4 Fermeture de la connexion TCP.

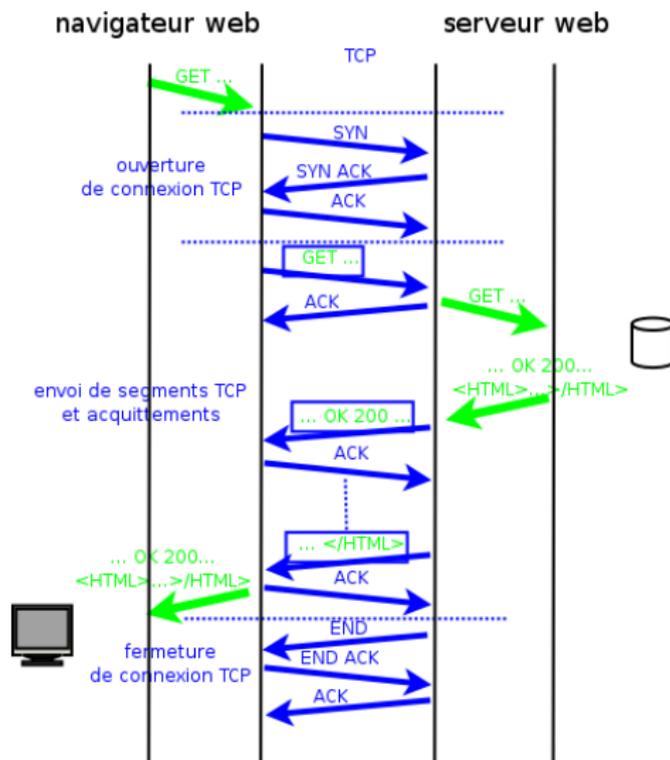
Ce canal de communication est un **socket**

(A.B.C.D :N, 207.142.131.203 :80)

Niveau TCP ...



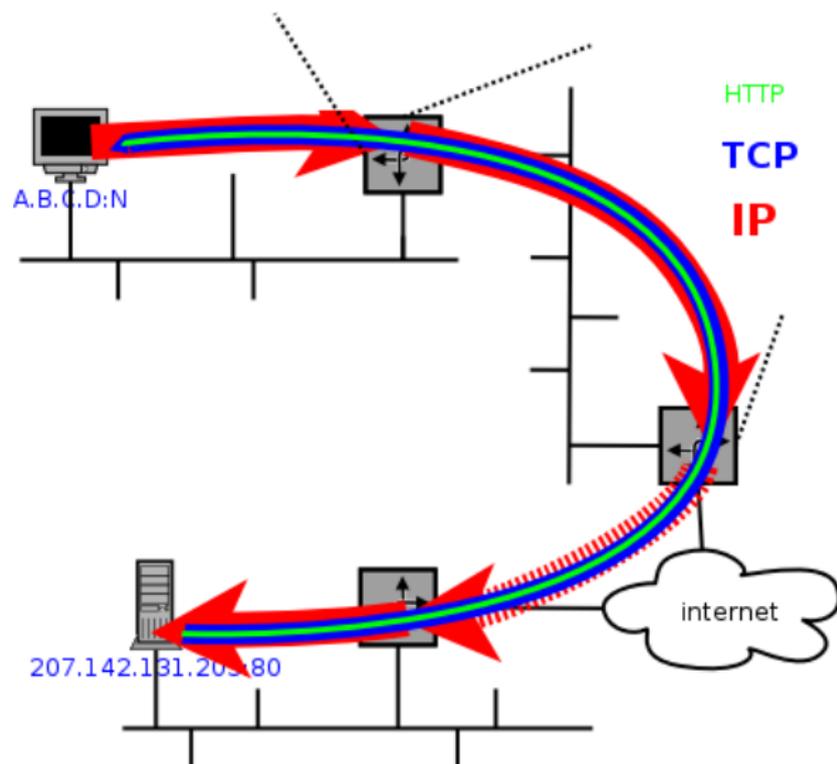
Niveau applications et TCP ...



Niveau IP

- 1 Chaque segment TCP est placé dans un paquet IP.
- 2 Chaque paquet IP contient, entre autres informations, l'adresse IP de l'émetteur et l'adresse IP du destinataire final du paquet.
- 3 Chaque paquet va de routeur en routeur jusqu'à sa destination finale.
- 4 A chaque routeur, la table de routage indique l'adresse IP du prochain routeur et l'interface de sortie à emprunter pour atteindre la destination finale. Ce prochain routeur est obligatoirement connecté au même réseau que le routeur effectuant le routage.

Niveau IP ...

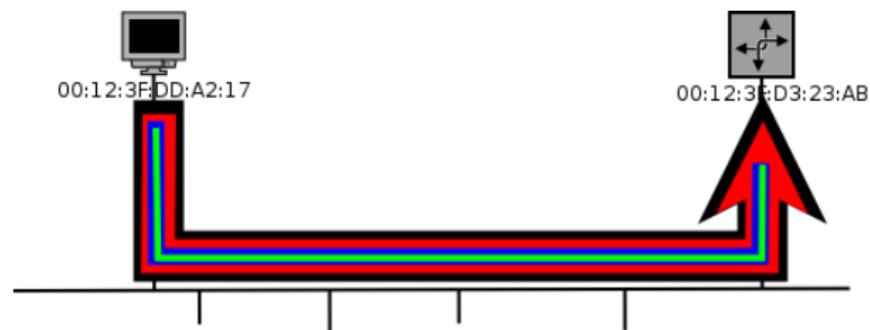


Niveau matériel, ex : Ethernet

Ici, on se préoccupe du transfert entre 2 équipements connectés au même réseau. Les machines « se voient » et ont chacune une carte réseau (une interface) qui la connecte à ce réseau.

- 1 Chaque paquet IP est placé dans une trame Ethernet ou fragmenté entre plusieurs trame Ethernet si nécessaire.
- 2 Chaque trame Ethernet contient, entre autres informations, l'adresse matérielle de l'émetteur dite adresse MAC (Medium Access Control). C'est l'adresse de la carte réseau. Pour Ethernet un nombre de 6 octets représentés en hexadécimal comme 00 :12 :3F :DD :A2 :17.
- 3 Afin de pouvoir envoyer la trame Ethernet à la bonne destination, le protocole ARP sert à trouver l'adresse matérielle correspondant à l'adresse IP de l'interface de l'équipement qu'il faut atteindre.

Niveau matériel, ex : Ethernet ...



HTTP

TCP

IP

Ethernet

- 1 Organisation de l'internet
- 2 Les protocoles TCP IP
- 3 Moyens de connexion à l'internet**

- 3 Moyens de connexion à l'internet
 - Technologies de raccordement
 - Technologies de réseau local

Généralités

Pour connecter un ordinateur à l'internet il faut :

- un moyen physique : un raccordement (ligne téléphone, câble, liaison satellite...),
- un moyen logique : une adresse IP fournie par un **FAI** Fournisseur d'Accès à Internet qui fournit également l'adresse d'un ou plusieurs DNS.
- Quand on a un raccordement et un abonnement, établir la connexion se décompose en 3 étapes :
 - ① L'ordinateur personnel établit un 1^{er} contact avec un équipement de son FAI.
 - ② L'ordinateur personnel s'authentifie auprès de son FAI en envoyant un identifiant et un mot de passe.
 - ③ Si tout est correct, le FAI envoie une adresse IP et les adresses IP de un ou plusieurs DNS que l'ordinateur personnel utilise pour sa configuration.

Les protocoles utilisés sont PPP, PPPOE, DHCP, selon les types de connexion.

Généralités . . .

Les différences entre les technologies et la qualité des FAI portent sur

- l'accès permanent ou non \Rightarrow héberger ou non des serveurs sur son poste, faire du P2P, . . .
- le débit (descendant et montant) plus ou moins élevé \Rightarrow navigation sur le web + ou - rapide, téléchargement et envois de mails avec fichiers attachés + ou - rapide
- la réactivité du réseau ou temps de latence (temps pour faire un aller-retour entre les 2 ordinateurs, testé par commande ping) \Rightarrow jeux en réseaux + ou - réactifs, flux vidéo + ou - fluide
- la quantité de données téléchargées limitée ou non
- le service (débit, connectivité, . . .) garantis ou minimum garanti,
- le prix, le support (hotline), . . .

Généralités . . .

- *L'octet et ses multiples ko, Mo sont utilisés en informatique (1ko=2¹⁰=1024 octets et 1Mo=2²⁰=1024 × 1024=1048576 octets) , le bit est utilisé en télécommunication. En anglais, B signifie byte (octet), donc 1kB=1ko.*
- Le débit est le nombre de bits par seconde (bit/sec) que l'on peut échanger entre deux ordinateurs (le client et le serveur).
 - 1 kbit/sec = 1000 bit/sec
 - 1 Mbit/sec = 1 000 000 bit/sec
- On distingue
 - le débit descendant(download) : nombre de bit/sec de données que l'on peut télécharger depuis l'internet,
 - le débit montant(upload) : nombre de bit/sec de données que l'on peut expédier sur l'internet,
- Ne pas oublier que le débit d'une chaîne (ici le chemin entre 2 ordinateurs connectés à l'internet) est égal au débit du maillon le plus faible.

Généralités . . .

- Le logo de la page d'accueil de Google

`http://www.google.fr/intl/fr_fr/images/logo.gif` est une image de 8866 octets = 70928 bits à télécharger. Estimation faite sans compter les informations additionnelles qui sont expédiées par

	débit	temps de téléchargement
le serveur web	10 kbit/sec	7 sec
	100 kbit/sec	0.7 sec

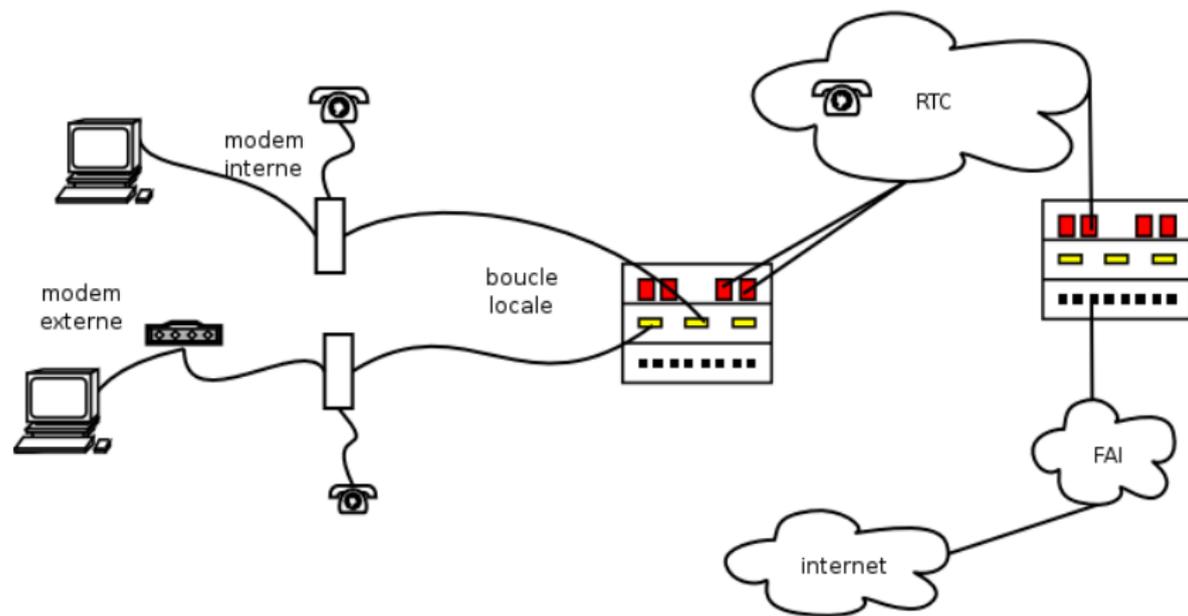
- Tout le contenu de la page d'accueil de `http://www.tf1.fr` représente environ 800ko = $800 \times 1024 = 820000$ bits de données à télécharger. Donc, avec les informations liées à HTTP à télécharger, environ 1 000 000 bits.

	débit	temps de téléchargement
	10 kbit/sec	1 min 40sec
	100 kbit/sec	10 sec
	1 Mbit/sec	1 sec

RTC

- Réseau Téléphonique Commuté.
- Le premier moyen d'accès à l'internet proposé au grand public.
- Il faut un modem téléphonique V90 ou V92.
- Débit descendant 56 kbit/sec maxi.
- Débit montant : 48 kbit/sec maxi.
- Débits non garantis.
- Prix liés au temps de communication.
- Ligne téléphonique inutilisable lors de la connexion à l'internet
- Techniquement possible de n'importe quelle ligne téléphonique

RTC...



Numéris

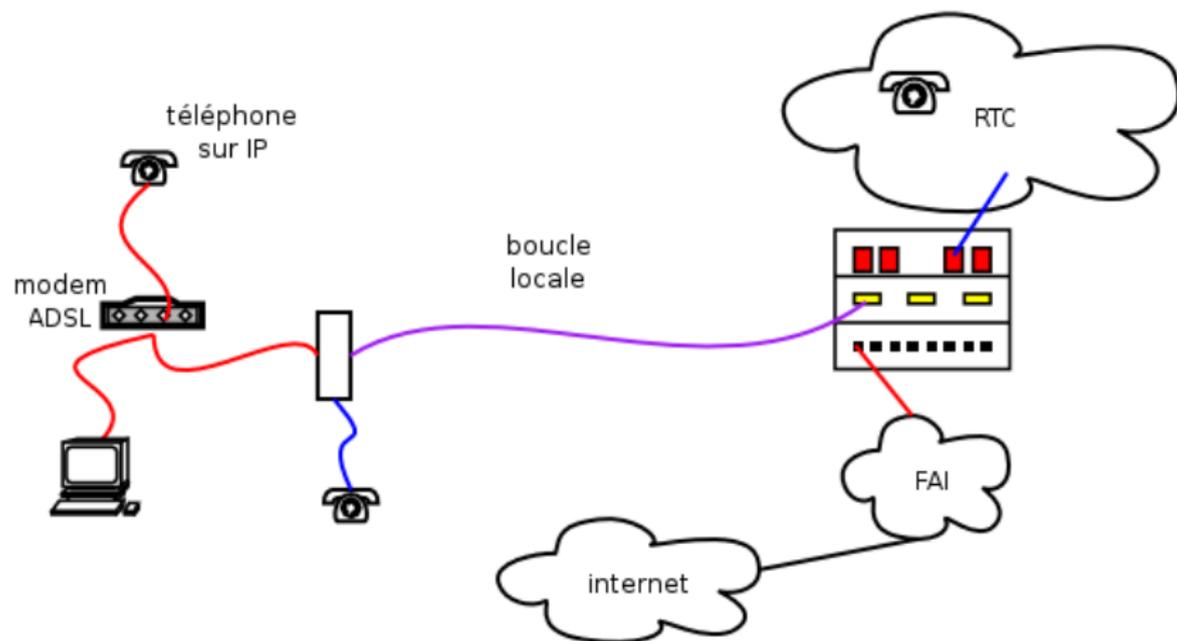
- Numéris : Réseau Numérique à Intégration de Services, (ISDN, Integrated Services Digital Network).
- Plusieurs canaux de communication (voix, fax, images, données, ...)
- Il faut un adaptateur (externe ou interne) Numéris pour connecter l'ordinateur.
- Débits garantis de 64kbit/sec ou 128kbit/sec en agrégeant 2 canaux mais cela compte comme 2 communications téléphoniques.
- Prix liés au temps de communication.
- Ligne téléphonique utilisable lors de la connexion à l'internet.
- Techniquement possible de n'importe quelle ligne téléphonique après modification adéquate de la ligne.

ADSL

- ADSL : Asymmetric Digital Subscriber Line, Réseau de Raccordement Numérique Asymétrique.
- Il faut un modem ADSL.
- Utilise une ligne téléphonique classique.
- Techniquement impossible à partir de lieux trop éloignés du point de raccordement.
- Débit descendant 512 kbit/sec, . . . , 20 Mbit/sec selon l'abonnement
- Débit montant 128 kbit/sec, . . . , 6 Mbit/sec ou plus selon l'abonnement
- Débits non garantis et dépendants de la distance au lieu de raccordement.
- Ligne téléphonique utilisable lors de la connexion à l'internet
- Permet également de recevoir la télévision et le téléphone (voix sur IP).

Informations sur <http://www.dslvalley.com> (beaucoup de pub, mais

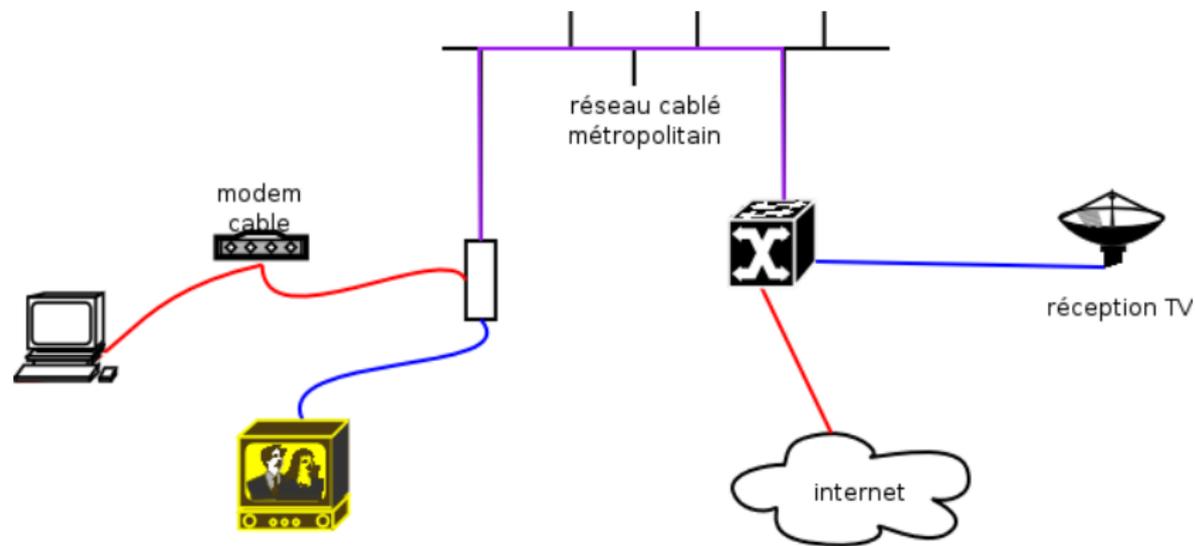
ADSL...



Câble

- Utilise un réseau câblé de télévision.
- Uniquement disponible « en ville », là où il y a un réseau.
- Débit descendant 512 kbit/sec, . . . , 20 Mbit/sec selon l'abonnement.
- Débit montant 128kbit/sec à 512kbit/sec.
- Utilisation d'un modem câble.

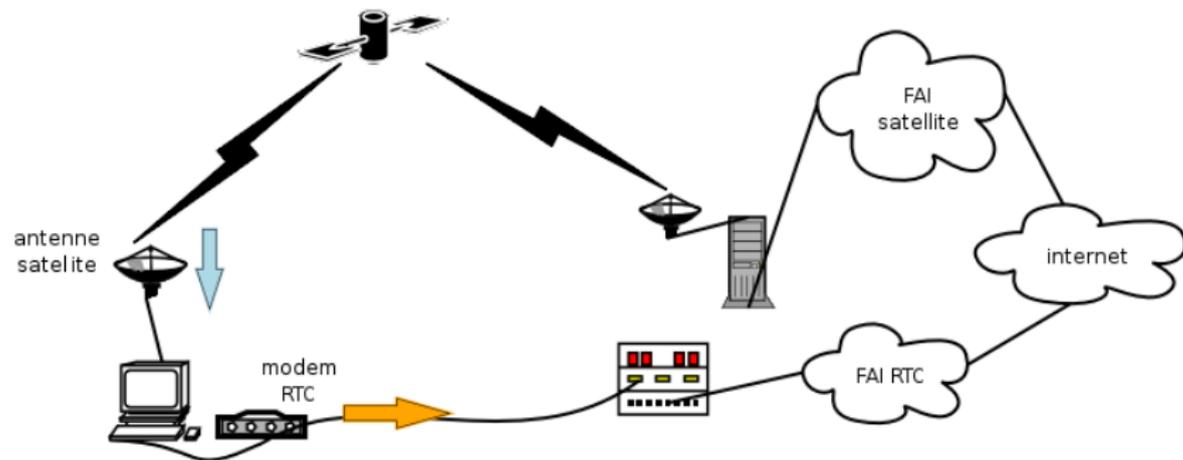
Câble...



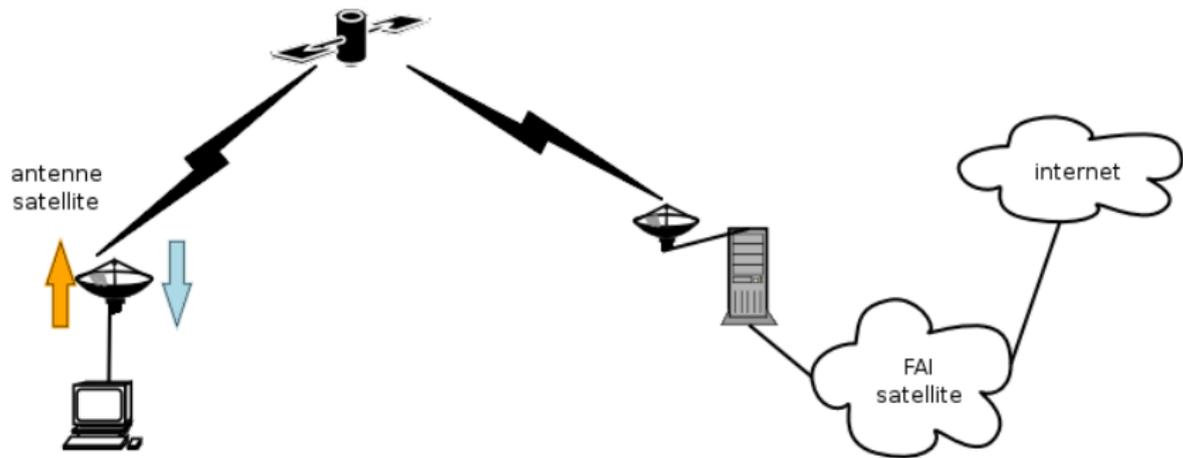
Liaison satellite

- Permet de connecter à haut débit des points isolés.
- Système assez coûteux.
- 2 versions
 - Réception (download) via le satellite et expédition (upload) via une liaison RTC, pour un usage personnel.
 - Réception (download) et expédition (upload) via le satellite, pour un usage professionnel, multi utilisateurs.
- Le bidirectionnel (512 kbit/sec ou 1Mbit/sec jusqu'à 3Mbit/sec) par satellite est cher car il faut une antenne en émission en plus de la parabole de réception.
- Temps de latence élevé (de l'ordre d'1/2 seconde) à cause de l'éloignement du satellite géostationnaire (36000 km). Il est réduit par les systèmes utilisant plusieurs satellites en orbite basse.

Liaison satellite...



Liaison satellite...



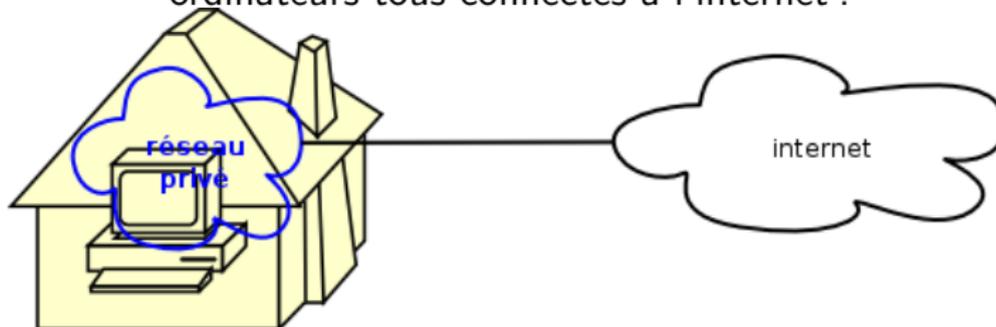
Liaison louée

- Également appelée liaison spécialisée
- Liaison permanente.
- Haut et très haut débit,
- Adresses IP fixes
- Débit et disponibilité garanties.
- Coût élevé.
- Utilisation professionnelle.

- 3 Moyens de connexion à l'internet
 - Technologies de raccordement
 - Technologies de réseau local

Réseau local

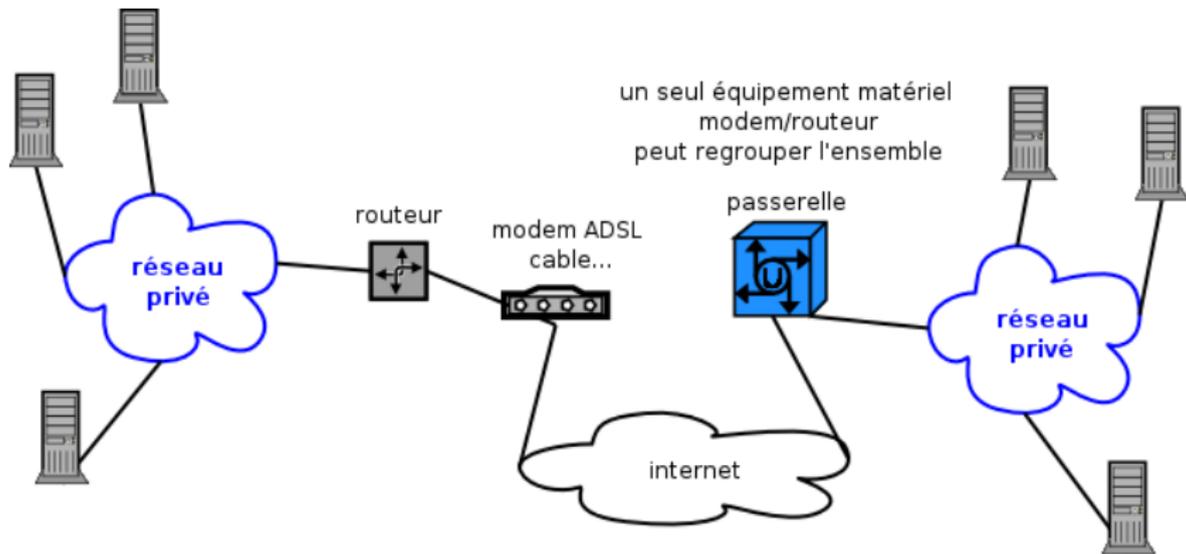
Comment constituer un réseau local (privé) de quelques ordinateurs tous connectés à l'internet ?



Réseau local...

- Il faut
 - un accès internet « haut » débit (ADSL, câble, liaison louée ...éventuellement Numéris)
 - une **passerelle** (= routeur + firewall) pour partager l'accès
 - un moyen de raccorder chaque ordinateur à la passerelle
- Seule la passerelle possède une adresse IP publique et est visible sur l'internet. Tous les autres postes ont une adresse IP privée.
- La passerelle sert de relais pour toutes les demandes faites par les ordinateurs du réseau local vers l'internet.
- La passerelle sert aussi de protection pour le réseau local.

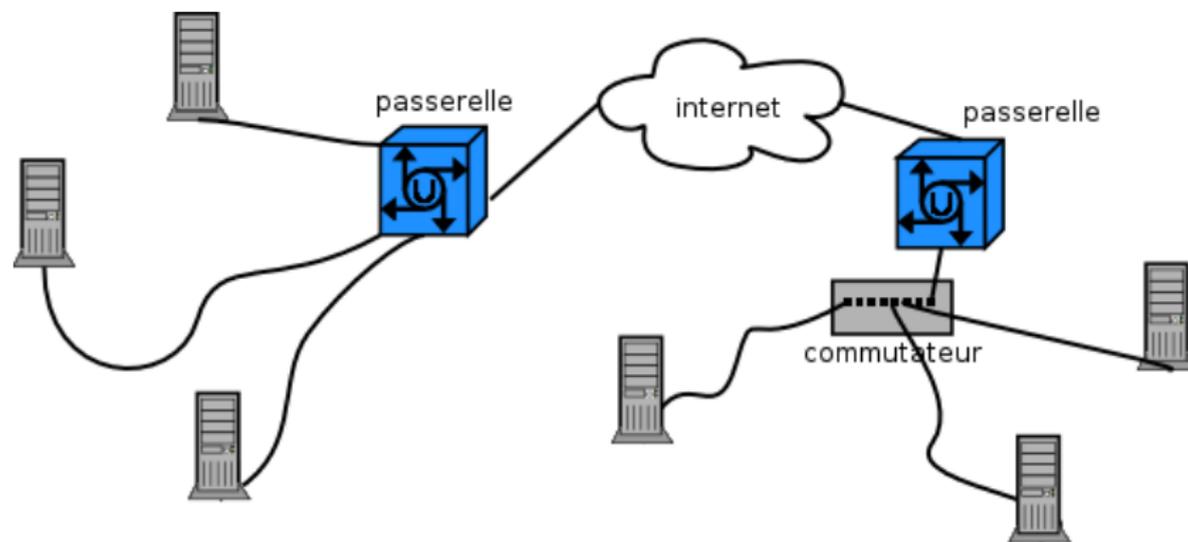
Partager l'accès à l'internet



Réseau filaire Ethernet

- Chaque ordinateur est équipé d'une carte Ethernet.
- Un câble relie la carte réseau à la passerelle :
 - directement si la passerelle possède plusieurs ports (1 prise RJ45 par ordinateur à connecter)
 - ou via un commutateur (hub ou switch) dont l'un des ports est relié à la passerelle
- + performance et fiabilité
- - difficulté et coût de pose du câblage

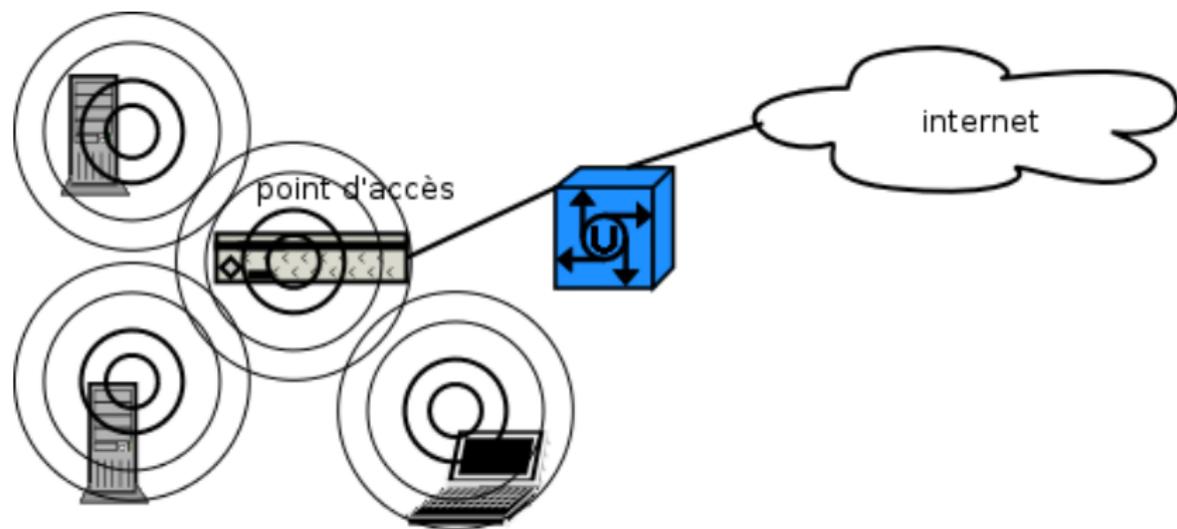
Réseau filaire Ethernet . . .



Réseau WIFI

- Chaque ordinateur est équipé d'une carte WIFI qui lui permet de communiquer avec un équipement appelé point d'accès
- Le point d'accès est soit indépendant soit intégré à la passerelle
- Les normes les plus courantes sont 802.11 b (11 Mbit/sec) et 802.11 g (54 Mbit/sec).
- Si l'on veut assurer la confidentialité des transmissions et empêcher quelqu'un d'extérieur au réseau local de se connecter au point d'accès il faut utiliser des accès sécurisés (chiffrement des échanges et identification lors de la connexion)
- - performance et fiabilité
- + facilité d'installation

Réseau WIFI...



Courant porteur en Ligne (CPL)

- Utiliser le réseau électrique d'un lieu pour raccorder les ordinateurs à la passerelle.
- = réseau Ethernet sur réseau électrique
- Chaque ordinateur est équipé d'une carte Ethernet.
- Un câble relie la carte réseau à un adaptateur branché dans une prise classique du réseau électrique.
- La passerelle est branchée via un adaptateur sur le réseau électrique également.
- - coût
- + facilité d'installation

Courant porteur en Ligne (CPL) ...

