

Réseau : introduction

Introduction

Réseau :

- ▶ Ensemble de noeuds
- ▶ Interconnecté (mais pas forcément tous connectés 2 à 2)
- ▶ Pour faire circuler des éléments ou des flux, même entre 2 noeuds non voisins

Ici : Réseaux informatiques, échange de données (séquence de bits ou d'octets, en paquets ou en flux)

Applications :

- ▶ Partage de ressources (données, imprimante, machine de calcul...)
- ▶ communication (mail, voix, visioconf...)

Exemples de réseaux :

- ▶ Réseau local (LAN : local area network)
- ▶ Réseau au étendu (WAN)
- ▶ "Internet"
- ▶ Téléphone cellulaire
- ▶ ...

Ce cours : principalement LAN et Internet

Internet

Désigne à la fois :

- ▶ Le réseau Internet (interconnexion de réseaux)
- ▶ Le nom d'un ensemble de protocoles ("TCP/IP")

Histoire rapide d'Internet

- ▶ Fin années 60 : ARPANET : réseau (militaire) censé être résistant aux attaques.
 - ▶ inter-universités (en contrat avec le Department of Defense)
 - ▶ Commutation de paquets
 - ▶ Invention de TCP/IP pour la communication entre réseaux différents

Années 80 - 90 :

- ▶ Ouverture aux universités (CSNET, NSFNET), puis au privé

1989 : WWW (World Wide Web), hyperliens

Problématiques

- ▶ Acheminer les données
 - ▶ router les données
 - ▶ trouver et mettre à jour les routes
 - ▶ limiter les congestions
- ▶ Assurer que les données arrivent en l'état
 - ▶ vérifier s'il y a des erreurs
 - ▶ corriger les erreurs
 - ▶ transmettre les données dans l'ordre,
 - ▶ sans doublons

Objectifs :

- ▶ Vitesse de transmission (débit)
- ▶ Temps de latence : temps entre l'émission et la réception

Topologie

Réseau \Leftrightarrow graphe connexe

Topologie (type de graphe) :

- ▶ étoile, arbre (Ethernet)
- ▶ cycle (anneau)
- ▶ graphe quelconque (Internet...)
- ▶ graphe complet
- ▶ grille, hypercubes (HPC)...

- ▶ homogène (LAN Ethernet)
- ▶ hétérogène (Internet)

Modèles d'organisation :

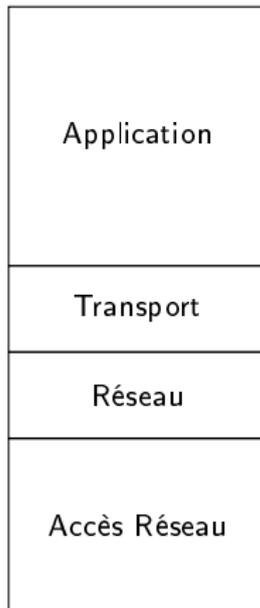
- ▶ Modèle Client / serveur (ex : HTTP)
- ▶ Modèle pair à pair (P2P)

Modèle(s) par couches

Modèle OSI :



Modèle TCP/IP :



OSI = Open Systems Interconnection

TCP/IP = Transmission Control Protocol / Internet Protocol

Ce cours : principalement TCP/IP

Protocoles de communication

Protocole : Ensemble de règles (convention) pour que deux (ou +) entités puissent communiquer

Cela inclus :

- ▶ Format des données
- ▶ Signification des données (adresses, somme de contrôle, numéro dans une séquence...)
- ▶ "Algorithmes"

Chaque couche a son/ses protocole(s)

- ▶ Accès réseau : Ethernet...
- ▶ Réseau : IP (Internet Protocol)
- ▶ Transport : TCP, UDP
- ▶ Application : HTTP, DNS, IMAP, FTP...

Unités de communication

PDU ("Protocol Data Unit") : l'unité de base manipulé par le protocole

Unité typique :

En-tête	Message
---------	---------

L'en-tête dépend du protocole, et est spécifié par le protocole

Contient généralement un sous ensemble de :

- ▶ Type de "paquet"
- ▶ Taille du message
- ▶ Somme de contrôle
- ▶ Émetteur / Destinataire
- ▶ Port de destination
- ▶ Information sur le chiffrement
- ▶ Numéro de séquence...

Encapsulation

Chaque protocole d'une couche N communique via le/un protocole de la couche $N - 1$.

Théoriquement, le protocole $N - 1$ ne sait pas ce qu'il transporte

Par exemple le protocole TCP (couche transport) communique via le protocole IP (couche réseau)

Dans ce cas, le message TCP sera encapsulé dans le paquet IP :

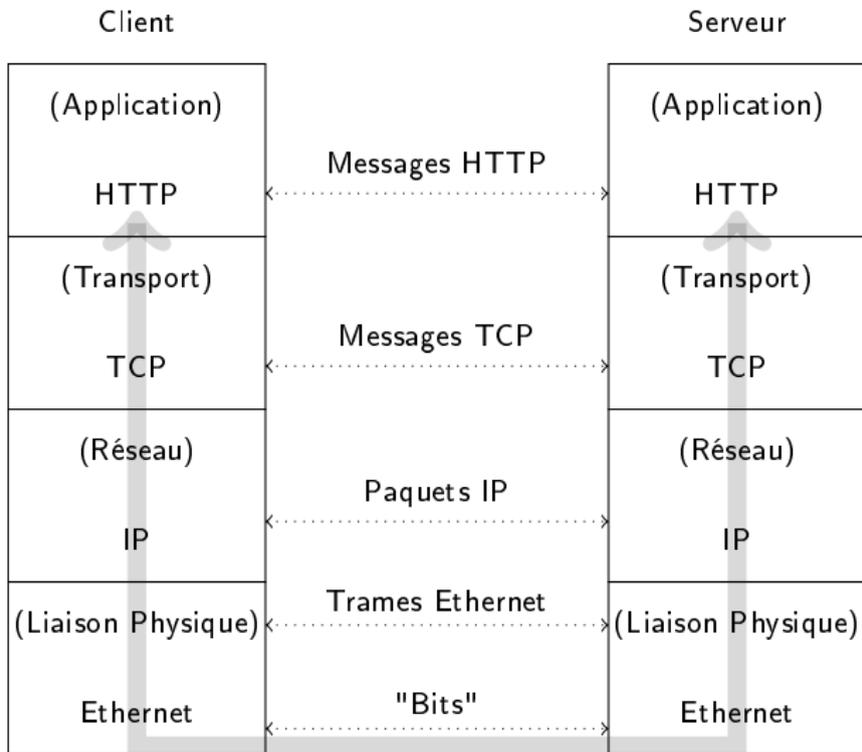


Le protocole IP communique via un protocole Ethernet :



Fragmentation possible :

- ▶ Si un message est trop grand pour être transporté dans une unité du protocole $N - 1$, il peut être découpé (si cela est prévu) en plusieurs messages.



Couche "Physique" et "Liaison" ("accès réseau")

Couche "Physique" :

Le médium de transport : câble en cuivre, fibre optique, ondes...

PDU : bits

- ▶ Comment sont encodés les bits ?
- ▶ Perturbations possibles

Couche "Liaison" :

- ▶ S'occupe des liaisons point à point.
- ▶ Éventuellement, transmet une somme de contrôle pour vérifier l'intégrité (Ethernet : CRC)

PDU : "Trames"

Protocoles : Ethernet, Wifi...

Couche "Réseau"

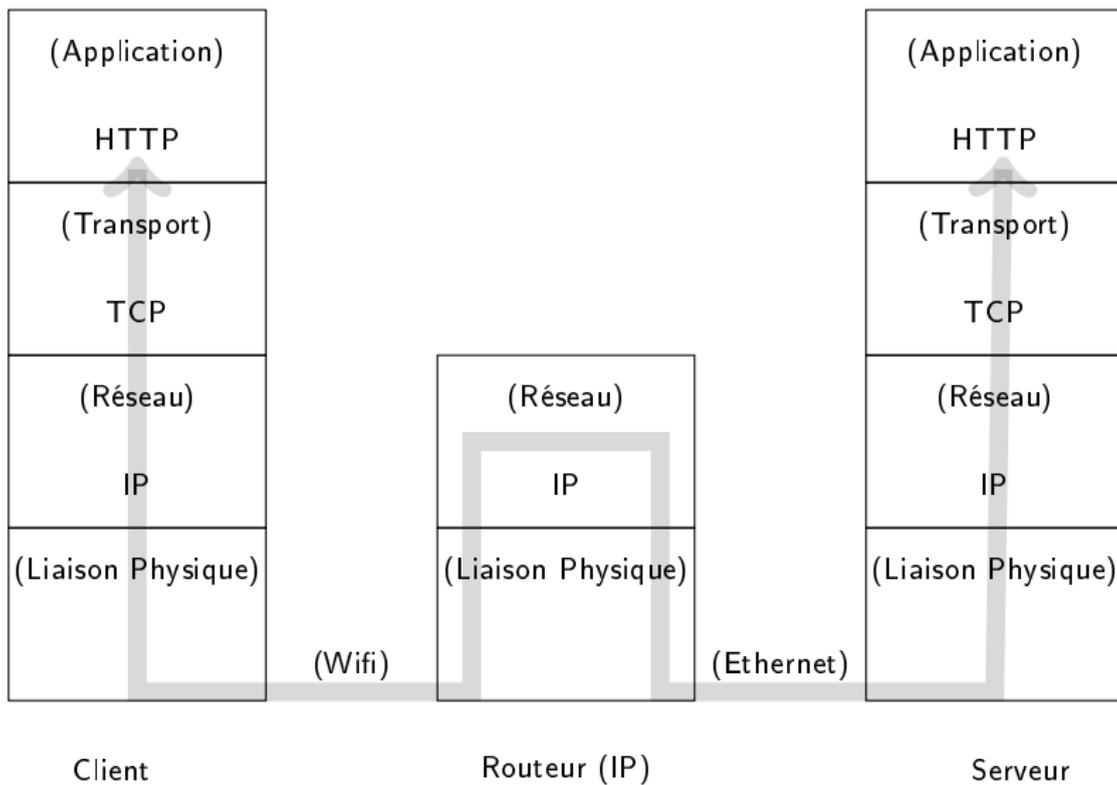
S'occupe de trouver les routes dans le réseau, de les mettre à jour, et router les paquets

Sur Internet : IP (Internet Protocol).

PDU : "Paquets IP"

Deux "variantes" d'IP :

- ▶ IPv4 : la plus utilisée actuellement, mais un nombre limité d'adresse possible 2^{32} . Arrive à saturation...
 - ▶ exemple d'adresse IPv4 : 192.168.1.79
- ▶ IPv6 : la nouvelle norme. Partiellement en place. 2^{128} adresses
 - ▶ adresse IPv6 : fe80::e6f8:9cff:fe67:ee22



Couche Transport

Établir et maintenir les connexions, assurer l'arrivée, dans l'ordre des paquets...

Sur Internet : Principalement TCP et UDP.

- ▶ TCP : "Transmission Control Protocol"
 - ▶ Mode connecté
 - ▶ Fiable : détecte les erreurs, les données perdues, assure l'ordre

(Socket TCP : comme les sockets à la fin du cours sur les tubes!)

- ▶ UDP : "User Datagram Protocol"
 - ▶ Non connecté (plus léger : pas de confirmation de réception)
 - ▶ Mais : ne garantit pas la bonne livraison, ni l'ordre

Ces deux protocoles ajoutent un numéro de port : entre 1 et 65535
Généralement un numéro de port ↔ une application.

HTTP : 80, SSH : 22, DNS : 53...

PDU : Segment TCP, Datagramme UDP...

Couche Application

- ▶ Web : HTTP, FTP
- ▶ mail : IMAP, POP, SMTP
- ▶ session : (Telnet), SSH
- ▶ DNS, DHCP
- ▶ ...

- ▶ Vos programmes!

Suite :

- ▶ Les couches en détail
- ▶ Programmation IP en POSIX

Couches Accès Réseau

Couche "Physique" : Médium

Support de transmission "guidés" :

- ▶ paire de cuivre torsadée
 - ▶ Ethernet (actuel) : 4 paires (câble de catégorie 5 "RJ45"...)
 - ▶ RTC/xDSL : 1 paire torsadée
- ▶ câble coaxial
- ▶ fibre optique
- ▶ ...

Sans fil :

- ▶ Ondes radio (wifi, bluetooth, satellites...)
- ▶ Ondes lumineuses

Couche "Physique" : Médium

Sujet à des perturbations (erreurs)

- ▶ atténuation (résistance, impuretés), auto-perturbations
- ▶ perturbations extérieures

Plus que c'est long/loin, plus qu'il y a de possibilités d'erreur

- ▶ débit théorique maximum diminue avec la longueur de la liaison

Pourquoi torsadées ?

- ▶ les perturbations électromagnétiques s'annulent

Éventuellement : un blindage en plus.

Couche "Physique" : Encodage des bits

"Modulation numérique" : convertir des bits en signaux analogiques

- ▶ Transmission en bande de base
- ▶ Modulation d'un signal porteur
 - ▶ modulation de fréquence
 - ▶ modulation d'amplitude
 - ▶ modulation de phase

Transmission en bande de base

Le plus simple (NRZ) :

Paire torsadée :

- ▶ Bit = 0 → tension positive
- ▶ Bit = 1 → tension négative

Fibre optique

- ▶ Bit = 0 → pas de lumière
- ▶ Bit = 1 → lumière

Problème : si trop de 0 de suite, on s'y perd.

- ▶ Codage de Manchester 0 = -+ et 1 = +- (Ethernet "classique")
- ▶ Interdire les suites trop longues de 0 ou 1 (réencoder...)

Modulation d'un signal porteur

Pourquoi :

- ▶ Multiplexage de fréquences
- ▶ Ondes électromagnétiques
- ▶ Médium fonctionnant sur une plage de fréquences

Comment :

- ▶ Modulation de fréquence ($0 : f, 1 : f'$)
- ▶ Modulation d'amplitude
- ▶ Modulation de phase

- ▶ Possible de coder plus qu'un bit à la fois
- ▶ Possible d'associer modulation d'amplitude et de phase

Half / Full Duplex

- ▶ (Full-)Duplex : communication dans les deux sens possible en même temps
- ▶ Half-Duplex : communication dans les deux sens, mais une à la fois
- ▶ Simplex : communication dans un sens

Câble catégorie 5 (Ethernet "RJ45")

- ▶ 4 Paires torsadés
- ▶ Sert pour Ethernet
- ▶ Attention : Ethernet = une famille de normes (10BASE2, 10BASE-T, 100BASE-T, 1000BASE-T...)
(Ethernet existe aussi sur coaxial et fibre optique).
- ▶ L'utilisation des paires diffère selon la norme.
- ▶ Améliorations : Cat 5e, Cat 6...
 - ▶ spécification plus strictes (résistance, capacité, inductance...)
- ▶ RJ45 : nom du connecteur (8P8C)

Couche Liaison

But :

- ▶ Interface à la couche réseau
- ▶ Contrôler et traiter les erreurs de transmission
- ▶ Réguler les flux

Deux types de liaisons :

- ▶ point à point : communication entre 2 machines
- ▶ diffusion : canal partagé entre plusieurs machines

Couche Liaison

Problèmes :

Comment découper le flux de bits en trames ?

→ fanions de signalisation de début de trame

Détecter les erreurs

- ▶ dues aux perturbations extérieures
- ▶ dues aux collisions de paquets

→ utilisation de sommes de contrôle (CRC : Cyclic Redundancy Check)

Contrôle de flux → retour d'information

Liaison en mode diffusion

Et quand le médium est partagé ? (Wifi, câble commun à plus de 2 machines)

Au début d'Ethernet : un câble coaxial pour plusieurs machines.

Problèmes :

- ▶ Plus de collisions à gérer
- ▶ Destinataire de la trame

⇒ Sous-couche MAC (Medium Acces Control)

MAC Ethernet classique

Paquet Ethernet :

Préambule	MAC dest.	MAC source	Type/Longueur	Données	CRC
8	6	6	2	≤1500	4

Adresse MAC :

- ▶ 6 octets : 3 premiers pour le constructeur, les 3 derniers pour les cartes construites par le constructeur.
- ▶ Théoriquement, chaque carte réseau a une adresse MAC différente.

CRC : somme de contrôle

Trame MAC Wifi (802.11)

Contrôle	Durée	Dest.	Source	Adresse 3	Séquence	Données	CRC
2	2	6	6	6	2	≤2312	4

Ethernet commuté

Ethernet sur un câble coaxial :

- ▶ Difficile à rajouter une nouvelle machine
- ▶ Une carte réseau défectueuse peut bloquer tout le réseau
- ▶ Vite encombré.

Évolutions d'Ethernet :

- ▶ Topologie en étoile : toutes les machines sont reliées à un *hub*, par une paire torsadée

Puis, pour augmenter la capacité : Inutile d'envoyer les paquets aux machines non destinataires de la trame !

- ▶ Remplacement du *hub* par un *switch* (commutateur) :
Ethernet commuté

Ethernet commuté

Le switch doit garder une table adresse MAC / port.

Comment les trouver la bonne bijection ?

Apprentissage a posteriori :

Quand il reçoit une trame de source s , destinataire d par le port p :

- ▶ Il associe l'adresse MAC s au port p
- ▶ Si le port de l'adresse d n'est pas p , il diffuse la trame sur le port de d
- ▶ Si le port de l'adresse d est p , il rejette la trame
- ▶ Si il ne sait pas le port de l'adresse d , il diffuse à tout le monde

Marche aussi pour une topologie en arbre !

Ethernet commuté

Les switch jouent un rôle similaire aux routeurs IP.

Pourquoi rajouter une couche "Réseau" ?

Suite :

- ▶ Couche Réseau et Transport : TCP/IP