

7: Internet

Martin Quinson

Épisodes précédents	1
Rien à imprimer	1
I) Performance du réseau	1
I.1) Quantifier la performance	1
I.2) Performances de la commutation de paquets	2
I.3) Intuitions fausses sur la performance du réseau	2
II) Internet	3
II.1) Histoire partielle d'Internet	3
II.2) Forme générale d'Internet	4
II.3) Types de services	4
II.4) Modèle en couches	6

Épisodes précédents

I) Performance du réseau

- Intuition: de l'eau dans les tuyaux, ou les voitures sur la route

I.1) Quantifier la performance

- Qu'est ce qui fait "une bonne co" ? Ou le contraire?
- Au niveau applicatif:
 - t0: premier bit s'envole sur le réseau; t1: premier bit arrive à destination;
 - t2: dernier bit arrive à destination
 - Latence (en ms): temps de transmission d'un seul octet (t0-t1)
 - bande passante (en bit/sec): vitesse de transmission: taille / (t2-t1)
 - temps total: lat + taille / bw
- Au niveau transport

- on a besoin de la gigue (jitter – variance de la latence) car TCP a besoin de deviner si le paquet est perdu ou pas
- on a aussi le taux de perte pour UDP
- au niveau physique: taux d’atténuation (en dB)
- 1kib = 1024 bits; 1kB = 1000 octets.
- b minuscule: bits; B majuscules: bytes, octets
- kGPE: préfixes habituelles en puissance de 10; ki Gi Pi: puissances de 2 les plus proches

I.2) Performances de la commutation de paquets

- Imaginons un chemin de longueur 2
 - Alice — routeur A — routeur B — Bob
 - chaque lien 2Mb/s, sans latence.
 - Temps d’envoi d’un fichier de 8 Mbit: Alice->A (4 sec) + A->B (4sec) + B->Bob (4sec) = 12 sec.
- Si on coupe en 1000 paquets de 2kbit
 - | Alice->A | A -> B | B->Bob
 - t=0 | Paquet 1 | - | -
 - t=1 | Paquet 2 | Paquet 1 | -
 - t=2 | Paquet 3 | Paquet 2 | Paquet 1
 - t=3 | Paquet 4 | Paquet 3 | Paquet 2
 - ...
 - t=999 | P1000 | P999 | P998
 - t=1000 | - | P1000 | P999
 - t=1001 | - | - | P1000
 - Comme avant, le dernier paquet arrive en A après 4 secondes. Mais comme les autres paquets ont déjà utilisé les liens suivants sans attendre sur A, le dernier paquet arrive à Bob quelques millisecondes plus tard

I.3) Intuitions fausses sur la performance du réseau

I.3.a) La qualité du réseau n’est pas un ordre total

- débit | latence
- gros | faible: (fibre dans la ville)
- faible | gros : (56k de ma jeunesse, internet de ta grand mère)
- gros | gros : (fibre transcontinentale)

- **faible| faible:** (bus CAN embarqué dans la voiture, temps réel pour les commandes)

I.3.b) Corrélation débit / latence

- Monter le débit peut augmenter la latence
- Ex1: régulation de vitesse sur l'autoroute
- Ex2: le RER A. 2x plus de rame -> elles doivent s'arrêter entre chaque gare
-> latence augmentée

I.3.c) Internet est très rapide

- Un chien à 18km/h avec une clé USB de 21Go va aussi vite qu'un lien à 150Mbit/s
- Les données des télescopes sont descendus à dos de lama des montagnes chiliennes

II) Internet

II.1) Histoire partielle d'Internet

- Époque des précurseurs (avant 1973)
 - 29 octobre 1969: Arpanet est lancé aux US (programme militaire)
 - 1972: Arpanet a 15 noeuds; échange du premier email
 - D'autres réseaux existaient (Merit, NPL), mais ils étaient incompatibles.
 - * Le réseau CYCLADES de Louis Pouzin (Inria) est le premier avec la compatibilité inter-réseau en tête (design 1972, demo 73).
 - * Arrêté en 1976 car les PTT n'aimaient pas la concurrence... (ils poussaient Transpac, l'implément locale de X.25 ayant permis le minitel)
 - Arpanet version 1973 intègre les idées de CYCLADES
- Fusion des réseaux et création de l'Internet (1973-1983)
 - Les réseaux sont là et la question est de comment unifier leurs forces
 - 10 ans de recherche (Vint Cerf et Bob Kahn prix Turing 2004)
 - 1983: Protocole TCP/IP et sockets BSD pour s'y brancher, qui fait encore tourner internet
- Essort d'Internet (depuis 83)
 - 1989: création du web, HTTP

- 1992: Ouverture au public pour un usage commercial (ce qui est à l'état américain doit profiter à ses citoyens, impact mondial)
- Guerre des protocoles (fin 80, début 90)
 - Depuis les années 70, les PTT de nombreux pays poussent le protocole X.25 pour interconnecter les ordinateurs (travaux de Rémi Després)
 - En 1984, il y avait 1000 ordis sur internet, et 24000 sur Transpac
 - Fin des années 80, le monde est polarisé entre le monde TCP/IP (les USA quasi seuls) et le monde X.25 (surtout en Europe)
 - Le CERN est le premier centre européen connecté au réseau TCP/IP
 - X.25 a perdu car (perçu comme) trop bureaucratique, pas assez pragmatique. Il était plus rentable pour les opérateurs
 - Le service de Minitel a fermé en 2012, il restait 800k terminaux en fonctionnement, après 9M au pic, en 2003.

II.2) Forme générale d'Internet

- (on s'appuie sur le document du Kurose, à imprimer, ou des patates interconnectés)
- C'est un réseau de réseaux interconnectés
 - Cherche à interconnecter les réseaux existants
 - Il fallait survivre aux attaques nucléaires (donc sans single point of failure).
 - Et puis c'est pratique à la fin. Ca permet l'auto-organisation, et la mise en émulation d'entités concurrentes.
 - Remarquez qu'Internet est une construction politique avant d'être une construction technique. Internet inventé par les français aurait été bien différent : centralisation, et passage obligé par Paris.
 - On parle d'AS: autonomous system. Entité auto-organisée (entreprise pour son usage, ou fournisseur contenu, ou ISP/FAI entre)
 - Les ISP sont interconnectés en mesh, avec des points d'échange. Carte des ISP != géographie, car Bouygues et Free couvrent le même territoire, avec multiples point d'échanges entre eux, à différents points de la géographie.
- Les routes d'internet sont multi-hop, et potentiellement multi-technologie

II.3) Types de services

- Les besoins des applications sont divers, et incompatibles:
 - Intégrité des données: mail, téléchargement, web

- Performances garanties (débit ou temps de réponse): contrôle robot à distance?
- Certaines applications sont adaptatives : en VoIP ou videoconf, les paquets sont obsolètes au bout d'un temps. On a une contrainte temps réel, mais faible: si le paquet est vieux, on le jette et on privilégie les nouveaux. Les protocoles se resynchronisent (et négocient la qualité vidéo).
- Internet offre deux types de services de bout en bout car impossible de servir tous les besoins
 - "best effort" sans connexion (UDP)
 - * On envoie des datagrammes, comme on envoie des lettres à la poste
 - * best effort veut dire "non fiable" sans être mal intentionné
 - Similaire aux SMS, qu'on peut recevoir de nombreuses fois dans le métro
 - * UDP ne fait rien et permet de faire exactement ce qu'on veut
 - * Les applications peuvent implémenter exactement ce qu'elles veulent, et potentiellement plusieurs modèles de garantie de service.
 - * Dans les jeux, il y a de la voix (best effort avec invalidation des vieux messages), des messages pour les affichages (priorité basse) et des messages de contrôle (priorité haute)
 - connecté, pour un flux fiable et efficace (TCP)
 - * On établit une connexion logique (vue uniquement par les interlocuteurs), utilisée comme le téléphone
 - orienté connexion: on ouvre des sockets et on écrit dans le file descriptor
 - * Transmission fiable et efficace
 - flux: envois de paquets transparents (après bufferisation)
 - fiable: réémission, gestion des duplicats, ordre des paquets
 - contrôle de flot: l'émetteur freine pour pas saturer le récepteur
 - congestion: la communication freine si le réseau patine
- Internet n'offre pas garantie de performance (ni bande passante ni surtout en latence)
- Modèle de sécurité d'Internet:
 - par défaut, il n'y en a pas.
 - * Initialement, projet militaire \rightsquigarrow on place un GI pour sécuriser l'accès au matériel
 - * Ensuite, projet californien un peu flower power
 - * C'était bien différent sur X.25, qui utilisait la ligne téléphonique après

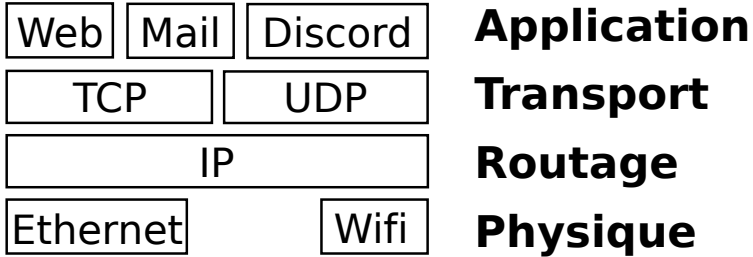
établissement du circuit

- Donc, il y a énormément de problèmes potentiels: Virus, Ver, BotNet
- Pour des charges utiles variées: DDos, sniffing, spoofing, phishing
- White hat vs. Black hat
- On a déjà parlé de sécurité informatique dans le chapitre sur les fichiers (bluetoff, LPM, inversion de charge de preuve d'hadopi, et aggravation anti-terroriste de la LPM). Ces choses s'appliquent aussi au réseau, bien sûr

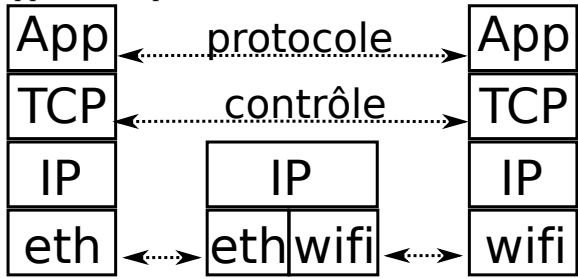
II.4) Modèle en couches

- Le découpage entre les applis et les protocoles TCP et UDP est bien pratique: les applis peuvent s'appuyer sur ces protocoles, qui font leur travail (et seulement ça).
- Ce genre de découpage est généralisé dans Internet, car cela permet d'organiser l'hétérogénéité énorme des réseaux.
 - L'idée était prototypée dans CYCLADES; la première version TCP/IP n'était pas découpée
- On aurait pu prendre un modèle rigide et standardisé (comme étaient les premiers protocoles réseaux), mais c'est error prone, et ça n'évolue pas. En plus, les standards un peu gros contiennent des bugs qu'il est impossible de corriger après coup.
- A la place, Internet utilise un modèle en couche:
 - On coupe le service en sous-services
 - On rigidifie les interfaces entre les couches
 - On laisse les alternatives venir à l'intérieur d'une couche donnée
- Avantages du modèle en couche d'internet:
 - Découper le problème est une bonne réponse à la complexité
 - Ce modèle donne du vocabulaire pour discuter entre architectes
 - On peut faire évoluer le réseau par parties

II.4.a) Modèle internet



- Couche Application
- Couche Transport: envoi de données de bout en bout. Deux protocoles majeurs.
 - TCP maintient un flux fiable et efficace
 - * orienté connexion: on ouvre des sockets et on écrit dans le file descriptor
 - * flux: envois de paquets transparents (après bufferisation)
 - * fiable: réémission, gestion des duplicats, ordre des paquets
 - * contrôle de flot: l'émetteur freine pour pas saturer le récepteur
 - * congestion: la communication freine si le réseau patine
 - * mais pas de garantie de performance (best effort) ni de sécurité
 - UDP ne fait rien et permet de faire exactement ce qu'on veut
- Couche Routage: passage de réseau en réseau
- Couche Physique: échange de données sur un réseau donné
- Chaque couche parle à son interlocuteur en face, en passant par la couche du dessous, pour rendre service à la couche du dessus
 - Les routeurs au coeur du réseau (avec plusieurs interfaces réseaux) n'ont que jusqu'à la couche IP.
 - TCP et App ne sont que sur les bordures.



- En pratique, on encapsule les paquets, et les entêtes sont des préfixes



II.4.b) Modèle OSI

- un modèle standardisé en 7 couches. Tout le monde l'utilise pour parler (c'est un trigramme)
- mais en pratique, c'est la pile TCP/IP en 4 couches qui a gagné (les protocoles OSI n'ont jamais décollé)
- Trop de couches = latence de traitement et accumulation d'entêtes