
Internet

— Introduction —

ART

Eric Fleury

Eric.Fleury@inria.fr

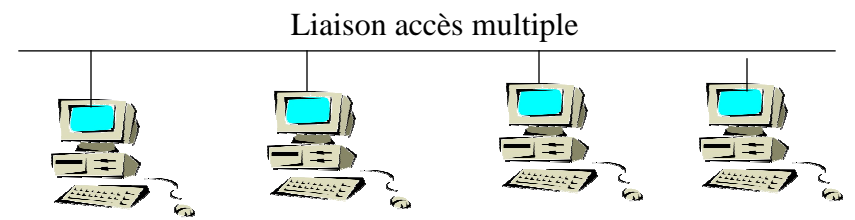
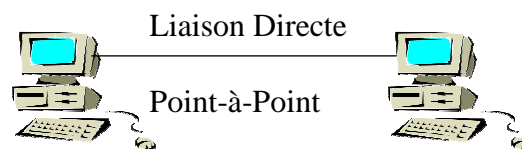
Introduction

S'il vous plaît... dessine-moi un réseau!

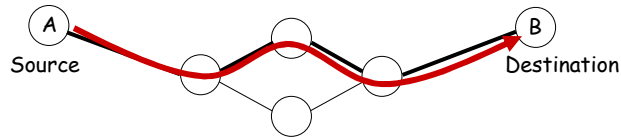
Notion de réseau

- Un réseau :
 - deux ou plusieurs nœuds connectés par une liaison physique
 - deux ou plusieurs réseaux connectés par deux ou plusieurs nœuds
- Nœuds :
 - station de travail ou des nœuds de commutation ou d'interconnexion
- Liaison physique : câble, fibre, satellites,...

Types de liaison



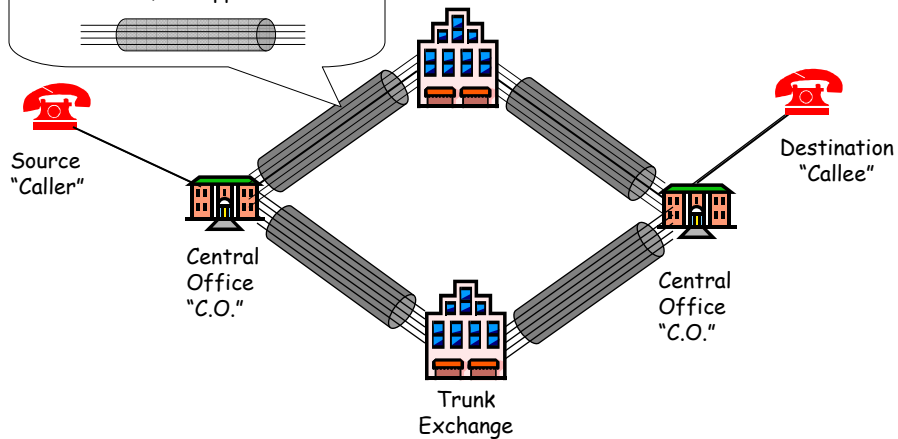
Commutation de circuit



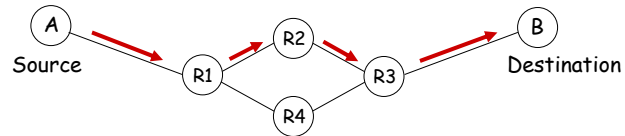
- ❖ RTC : Réseau Téléphonique Commuté
- ❖ Un appel s'établit en 3 phases :
 1. Etablir un circuit de bout en bout (end-to-end)
 2. Communiquer,
 3. Fermer le circuit ("tear down").
- ❖ Câble de cuivre physique au début
- ❖ Câble privé virtuel de nos jours
 - ❖ Chaque appel bénéficie d'un débit garanti de bout en bout

TC : Réseau Téléphonique Commuté

On alloue 64kb/s par appel. Une ligne à 2.5Gb/s peut supporter 39,000 appels.

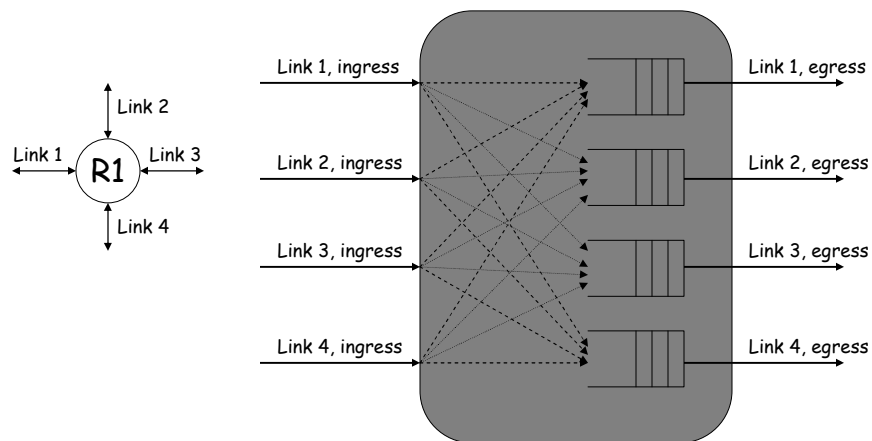


Commutation de paquets

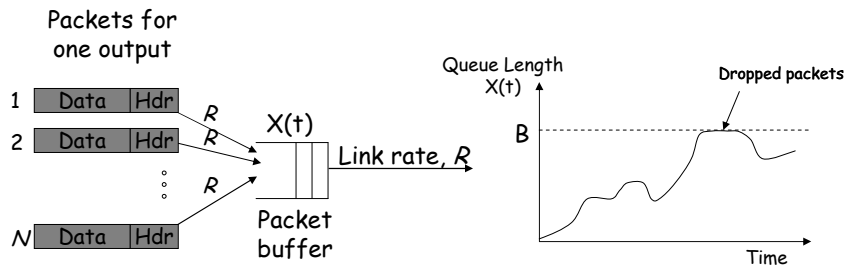


- ❖ Pas de phase de connexion (modèle sans connexion)
- ❖ Chaque paquet est émis de manière indépendante
- ❖ Chaque commutateur maintient une table de routage pour aiguiller le paquet individuellement
- ❖ Réseau Internet
- ❖ Pas d'état par flot maintenus dans les routeurs
- ❖ Différents paquets peuvent prendre des routes différentes
- ❖ Plusieurs paquets peuvent arriver en même temps et vouloir sortir sur le même lien
- ❖ Un commutateur a des buffers

Un modèle simple de routeur

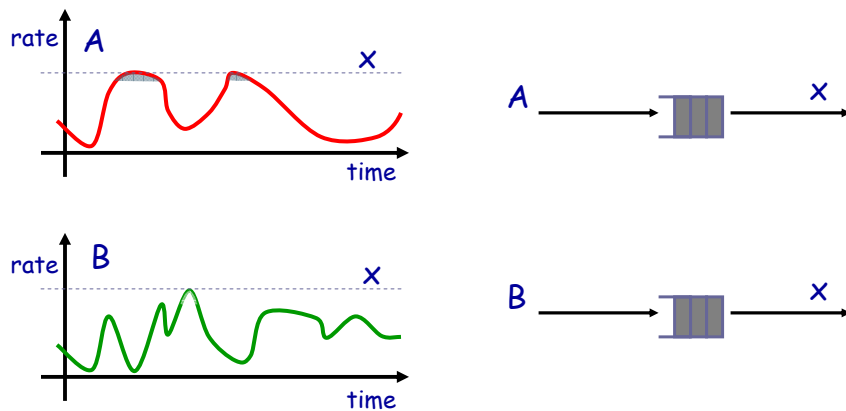


Multiplexage statistique

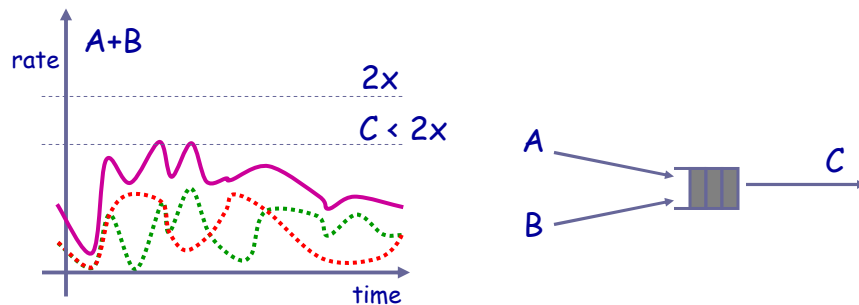


- ❖ Le buffer absorbe des rafales (bursts) temporaires, le lien de sortie n'est pas obligé d'opérer au débit $N.R$.
- ❖ Mais le buffer à une taille finie, B , des pertes sont possibles.

Multiplexage statistique



Gain du Multiplexage statistique



Gain du multiplexage statistique = $2x/C$

Note: le gain peut être défini pour une probabilité de perte donnée (ici, x et C sont choisis pour avoir 0 perte)

Pourquoi Internet emploie la commutation de paquets ?

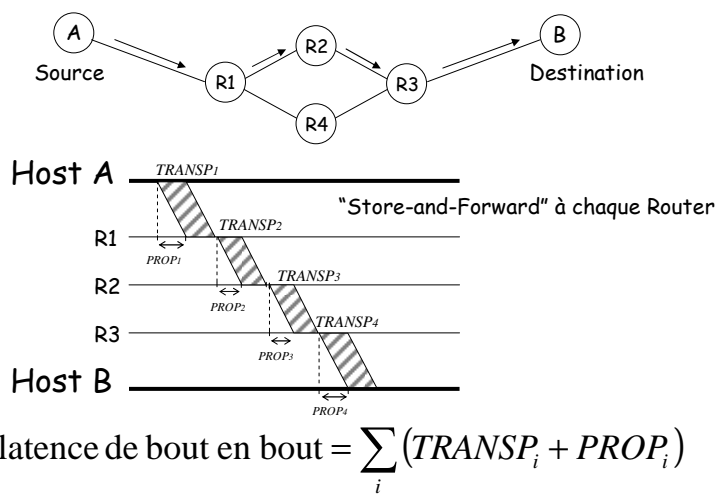
- Utilisation efficace de liaisons coûteuses
 - Hypothèse des liens coûteux et pénurie
 - Permet de partager efficacement un même lien par différents flots bursty
 - « *Circuit switching is rarely used for data networks, ... because of very inefficient use of the links* » - Gallager
- Résistance aux pannes des liens et des routeurs :
 - « *For high reliability, ... [the Internet] was to be a datagram subnet, so if some lines and [routers] were destroyed, messages could be ... rerouted* » - Tanenbaum

Quelques définitions

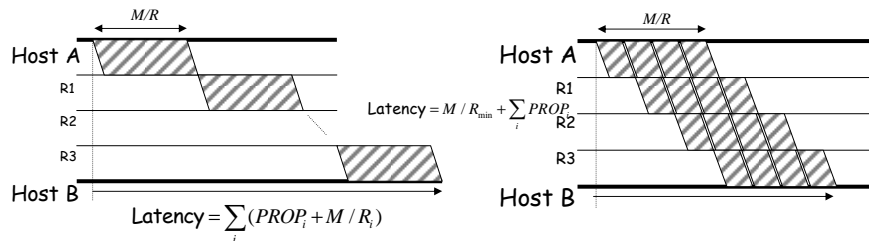
- Taille d'un paquet, P , en bits.
- Longueur d'un lien, L , en mètres.
- Débit, R , en bits/second, or b/s.¹
- Délai de propagation, $PROP$, temps de traversé d'un bit sur un lien de longueur, L :
$$PROP = L/c.$$
- Temps de transmission, $TRANSP$, temps pour transmettre un paquet de taille P :
$$TRANSP = P/R.$$
- Latence est le temps entre l'émission du premier bit et la réception du dernier bit. Sur un lien :
$$latence = PROP + TRANSP.$$

1. kilobit/second, kb/s, c'est 1000 bits/second, et pas 1024 bits/second.

Commutation de paquets



Pourquoi ne pas envoyé tout le message en un seul paquet ?



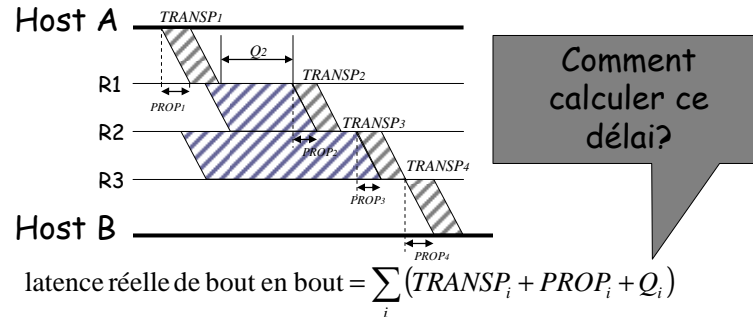
- Décomposer un message en paquets permet
 - D'effectuer des envois en parallèle sur tous les liens.
 - De réduire la latence de bout en bout.
 - D'éviter qu'un message s'accapare un lien

Exo : calculer la taille de paquet optimale

- L: la taille du message
- N: le nombre de sauts
- Tau : la bande passante
- Alpha: la latence du couple (lien, routeur)
- Donner le temps en mode commutation de message
- Donner le temps en mode commutation de paquets de taille S
- Exprimez un S^* optimal.

Délai des files d'attente

- Le lien de sortie n'est pas forcément libre quand un paquet arrive
 - Bufferisation
 - Temps long si le réseau est chargé



Types de réseaux (en fonction de la taille)

- LAN (Local Area Network)
 - Réseau local
- MAN (Metropolitan Area Network)
 - Réseau métropolitain qui relie des ordinateurs dans une même ville ou agglomération (peut relier des LANS ensemble)
- WAN (Wide Area Network)
 - Réseau étendu permettant de relier des MAN ou LAN

Distance entre processeurs Localisation des processeurs

| | | |
|----------|--------------------|-------------------|
| 0,1 m | Un circuit imprimé | } Multiprocesseur |
| 1 m | Un ordinateur | |
| 10 m | Une salle | } Réseau local |
| 100 m | Un immeuble | |
| 1km | Un campus | } MAN |
| 10km | Une ville | |
| 100km | Une région | } WAN |
| 1000km | Un continent | |
| 10 000km | La terre entière | } Internet |

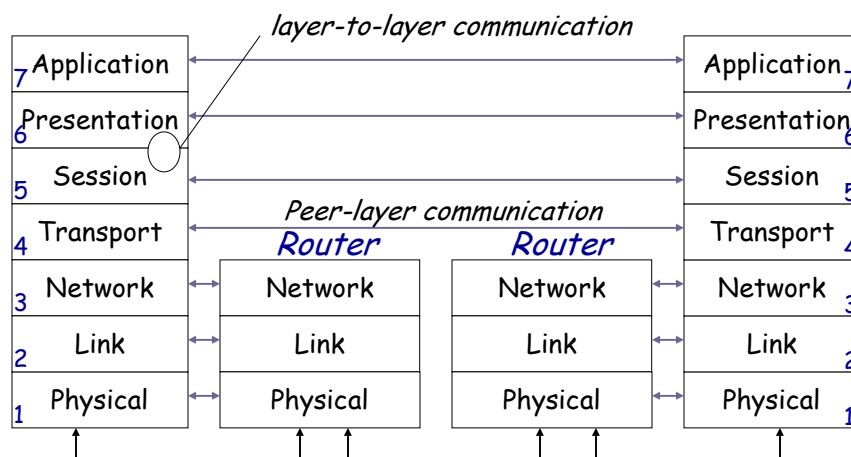
Importance relative du débit et de la latence

- petit message (e.g., 1 octet): 1ms vs 100ms
plus important que 1Mbit/s vs 100Mbit/s
 - grand message (e.g., 25 MB): 1Mbit/s vs
100Mbit/s plus important que 1ms vs 100ms
 - produit débit par délai
 - Exemple: 100ms RTT et 45Mbit/s débit = 450 KB
de données

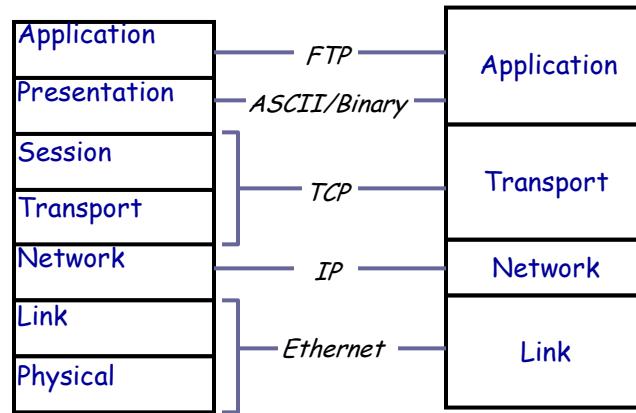
Architecture des réseaux

- Couches
- Protocoles
- Architectures Standards
 - Modèle OSI (Normalisation)
 - Modèle Internet (Standard de fait)

Architecture en couche : modèle OSI



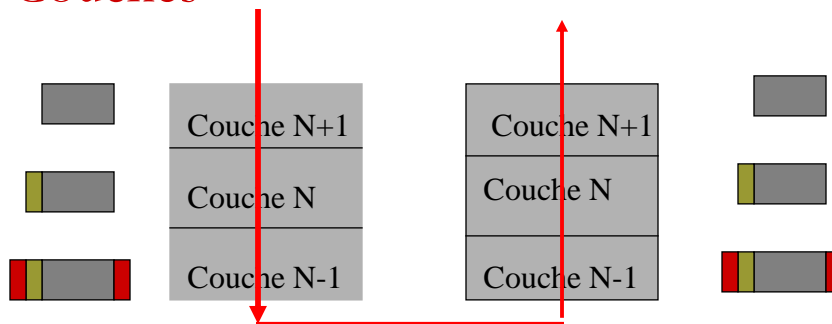
Modèle en couche



Le modèle OSI en 7 couches

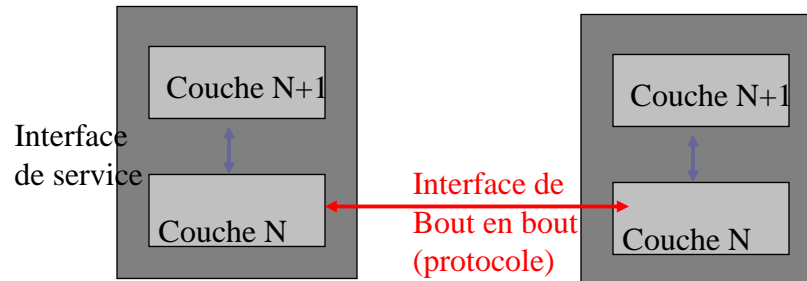
Le modèle Internet à 4 couches

Couches



- Utilisation de l'abstraction pour cacher la complexité
- Modularité et individualisation des fonctionnalités
- Découpage des messages en Unités de Données ou Data Unit

Les Protocoles

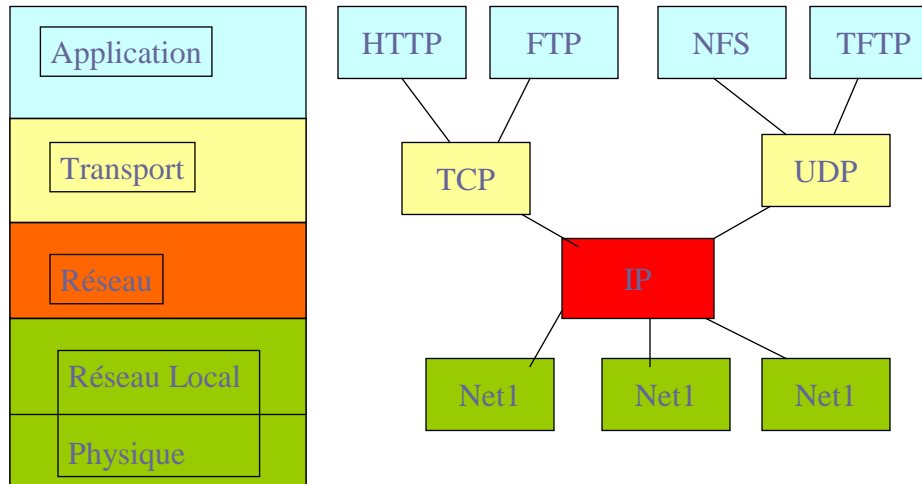


- Interface de service : définit les opérations sur le protocole
- Interface de bout en bout (protocole) définit les messages échangés avec l'entité distante

Deux catégories de protocoles

- Les protocoles orientés connexion
 - établissement de connexion
 - transfert de données
 - fermeture de connexion
- Les protocoles non connectés
 - chaque message est auto-suffisant (sans état)

L'architecture Internet



ENS LYON

Département IF

ART 01-27

Normalisation dans les Réseaux

- Monde des télécommunications
 - UIT-T (Union Internationale des Télécommunications) ou ITU-T:
 - Administrations
 - Opérateurs privés (AT&T, MCI, British Telecom)
 - Organisations plus régionales (ETSI)
 - Fournisseurs de service, banques.....

ENS LYON

Département IF

ART 01-28

Normalisation dans les Réseaux

- Monde des normes internationales
 - ISO (Organisation Internationale de normalisation)
 - membres sont des organisations de standardisations nationales (ANSI, BSI, AFNOR, DIN)
 - CD (Committed Draft) -> DIS (Draft International Standard) -> IS (International Standard)

Standardisation dans les réseaux

- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) : normes dans le domaine électrique et informatique
- Monde des standards de l'Internet
 - IRTF (Internet Research Task Force) => long terme
 - IETF (Internet Engineering Task Force) : forum où sont définis les standards de l'Internet www.ietf.org
 - Composé de groupes de travail supervisés par des directeurs -> IESG (Steering Group)

Qu'est ce que l'Internet ?

- Le but est la connectivité
- L'intelligence est de bout en bout
- Internet = générique pour internetwork
- (Interconnexion de réseaux)
- L'outil est le protocole IP (Internet Protocol) = couche réseau

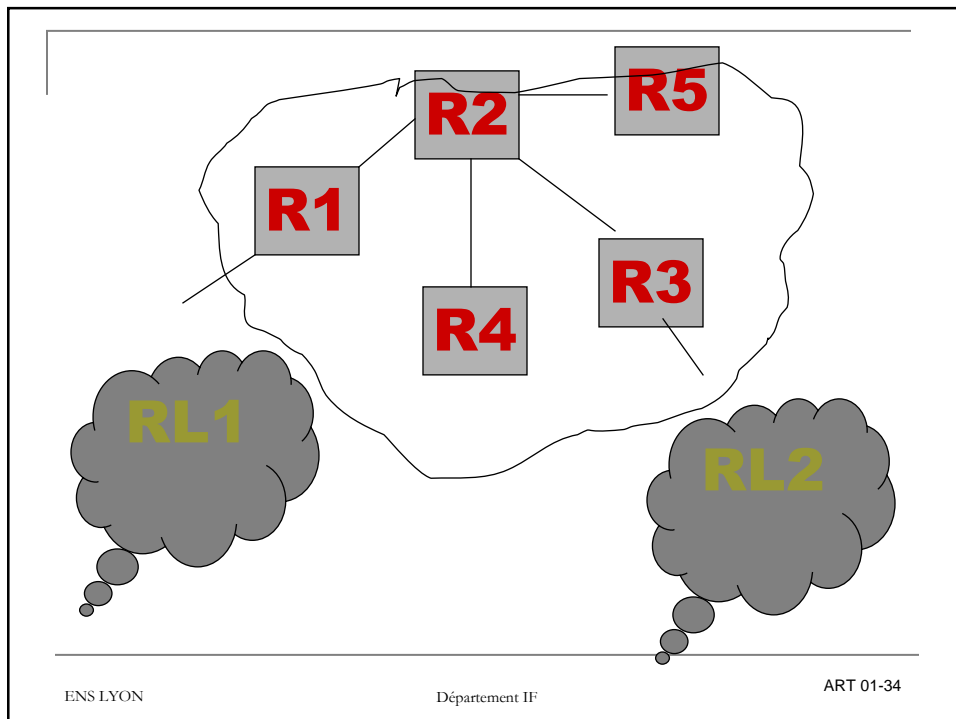
La couche Réseau

Adressage et Routage

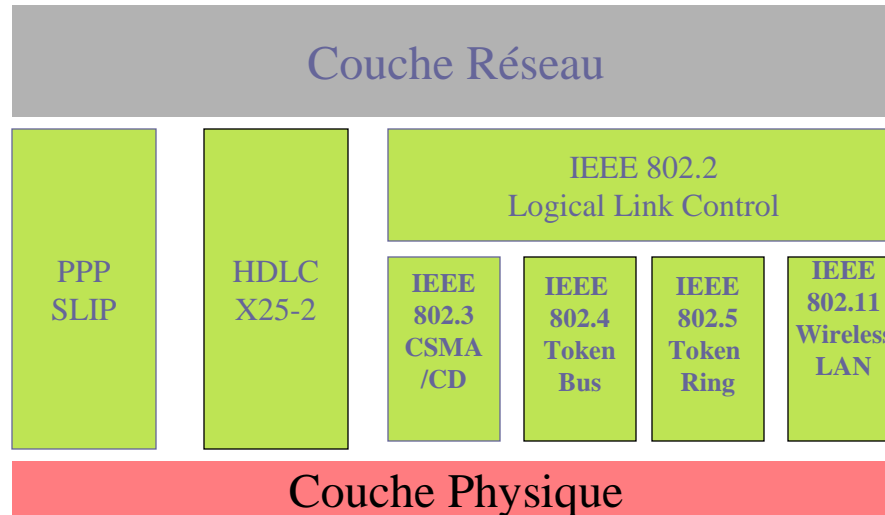
- Adresse : suite d'octets qui identifie un nœud; normalement unique
- Routage : processus de déterminer comment "forwarder" des messages vers le nœud destination en se basant sur son adresse
- Type d'adresses:
 - unicast : spécifique au nœud
 - broadcast : tous les nœuds du réseau
 - multicast : un sous-ensemble des nœuds du réseau

La couche réseau

- Chaque station/routeur est identifié(e) par une adresse réseau indépendante du type de liaison de données
- La couche réseau achemine les paquets depuis une source vers une destination en traversant des routeurs intermédiaires



La couche réseau



ENS LYON

Département IF

ART 01-35

Services offerts par la couche réseau

- **Service orienté connexion et fiable**
 - Approche des opérateurs de télécoms = circuits virtuels
 - La complexité est dans le réseau
 - Établissement explicite de la phase de connexion (et de la terminaison)
 - Les paquets suivent le même circuit (=> appel téléphone)
 - Appelé le modèle orienté connexion
 - Chaque commutateur maintient un circuit virtuel
 - Exemple de réseau : X25 (circuit virtuel commuté et permanent) ou ATM

ENS LYON

Département IF

ART 01-36

Services offerts par la couche réseau

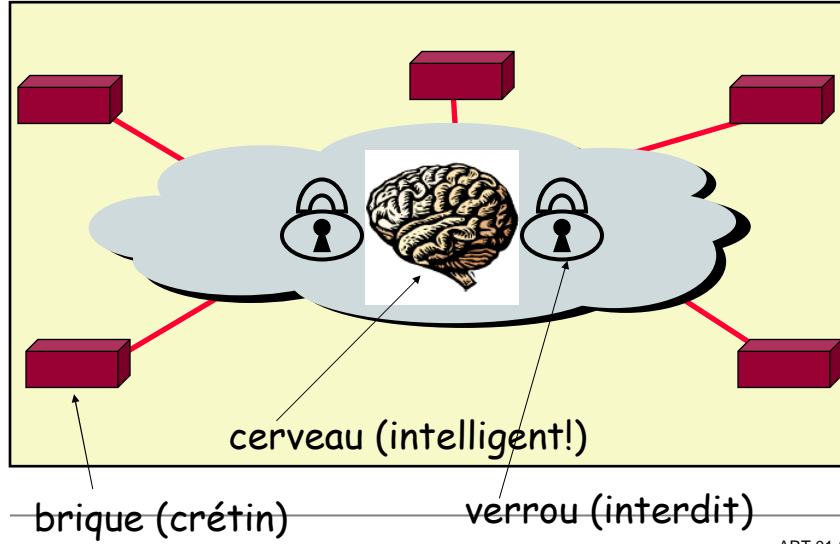
- Service sans connexion et non fiable
 - Approche choisie par l'Internet = datagramme
 - Réduire la complexité dans le réseau
 - Protocole Internet : IP (rfc791)
 - Chaque paquet est émis de manière indépendante (=> poste) .
 - Les paquets peuvent :
 - se perdre, arriver en désordre et être dupliqués
 - Les erreurs sont gérées par les couches supérieures
 - Chaque commutateur maintient une table de routage

Les questions clés !

- Comment décomposer les fonctionnalités complexes du système en couches protocolaires ?
- Quelle fonction placer dans le réseau ?
- A quel niveau ?
- Peut-on placer une même fonction à divers niveaux ?

Tenter de répondre à ces interrogations dans le cadre d'un réseau RTC (téléphone) et de l'Internet

Réseau téléphonique

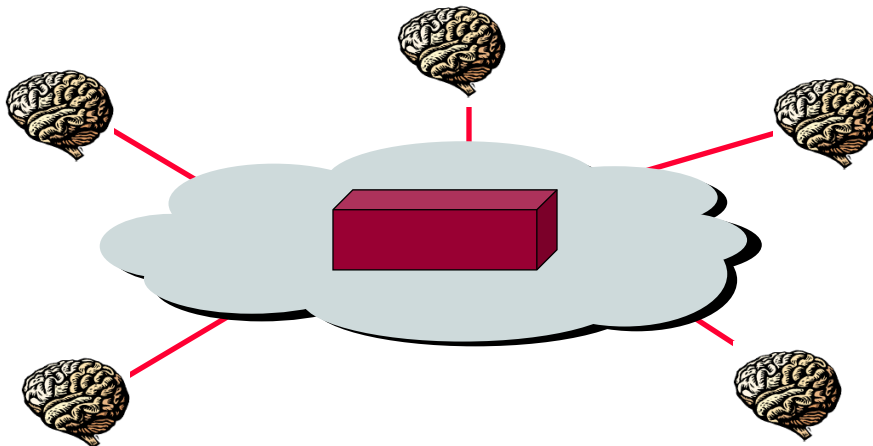


ENS LYON

Département IF

ART 01-39

Internet



ENS LYON

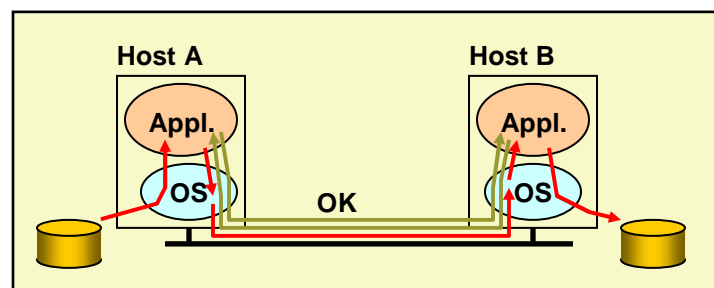
Département IF

ART 01-40

Internet et l'argument de bout-en-bout

- "...functions placed at the higher levels may be *redundant* or of *little value* when compared to the cost of providing them at the lower level..."
- "...sometimes an *incomplete* version of the function provided by the communication system (lower levels) may be useful as a *performance enhancement*..."
- Philosophie diamétralement opposée à celle des réseaux téléphoniques

Exemple: transfert fiable de fichiers



- Solution 1: rendre chaque étape fiable et les composer / concaténer
- Solution 2: chaque étape est non fiable et on effectue une vérification de bout-en-bout

Discussion

- Solution 1 n'est pas bonne !
 - Que se passe-t'il si l'émetteur/récepteur se comportent mal ?
- Le récepteur doit effectuer des vérifications de toute façon....
- La fonctionnalité dans son ensemble peut être mise en oeuvre au niveau applicatif
- Pas besoin de fiabilité dans les couches inférieures !

Discussion

Q: existe-t'il des raisons pour mettre en oeuvre de la fiabilité dans les couches basses ?

R: OUI, mais pour améliorer les performances

- Exemple:
 - Taux erreur important dans un réseau
 - Communication fiable au niveau data link peut être utile...
 - Détection/correction plus rapide des erreurs.

Compromis

- Les applications ont plus d'informations sur
 - Les données
 - La sémantique à appliquer

- Les couches basses ont plus d'informations sur les contraintes dues à la transmission des données
 - Taux d'erreur
 - Taille de paquet

- *Note*: ce compromis résulte du découpage en couche !

1. Survivre

- Opérer en présence de défaillances
 - Tant que le réseau n'est pas partitionné, le réseau doit rester connexe !
 - Toute défaillance doit être transparente pour les terminaux
- Décision: maintenir des états de transport de E2E uniquement dans les terminaux
 - Élimine les problèmes d'états inconsistants, de restauration lors d'une défaillance d'un routeur

- Internet: architecture réseau sans état
 - Pas d'établissement de session/d'appel au niveau réseau
 - Inconvénient : vitesse de convergence
 - BGP prend qq minutes
 - IS-IS OSPF de l'ordre de qq 10 seconds

2. Types de services

- Ajouter UDP à TCP pour mieux supporter les autres applications
 - e.g., application « temps réel »
- Raison pour séparer TCP de IP
- Abstraction datagram : plus petit commun dénominateur sur lequel on peut construire d'autres services
 - Différentiation de services considérée (TOS ?) mais pas réellement mise en œuvre / déployée (???)

3. Variétés de réseaux

- Réussite :
 - À cause d'un service minimaliste
 - Ne nécessite que de délivrer des paquets avec une probabilité de succès correcte.
- Ne demande ni
 - fiabilité
 - ni ordre
- IP sur tout !
- Nommer un protocole de liaison qu'IP ne supporte pas.... Il y a même un RFC sur les pigeons voyageur...le trouver !

Autres buts

- Gestion distribuée
 - Autonomie administrative
 - IP interconnecte des réseaux
 - Chaque réseau est géré par des organisations différentes
 - Interaction uniquement aux frontières
 - ... introduit un « routage » complexe
- Efficacité
 - Sources d'inefficacités
 - Surcoût des entêtes
 - retransmissions
 - routage
 - ...mais des performances « optimales » n'ont jamais été une grande priorité !

Autres buts

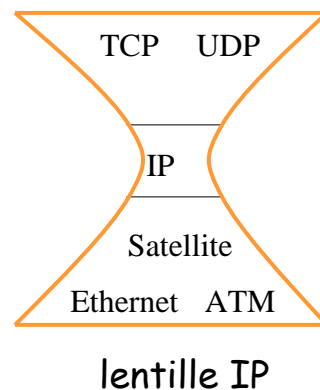
- Raccordement d'un hôte
 - Pas si important
 - Plus important que dans d'autres architectures car l'intelligence est dans les terminaux
 - De mauvaises implémentations ou des utilisateurs mal intentionnés peuvent produire des dégâts importants
 - Nécessité d'auto configuration...
- Accounting
 - Néant ?

Quel future ?

- Datagram n'est peut être pas la meilleure abstraction pour
 - Gestion de ressources, accounting, QoS
- Nouvelle abstraction : notion de flots (IPv6)
 - Définition d'un flot ??? Personne ne sait vraiment
- États par flot dans les routeurs
- Gestion des états : difficile à reconstruire suite à des erreurs ou des pertes

Résumé de l'architecture Internet

- Commutation de paquets
- IP est une glue
 - Surcouche réseau
- Architecture IP en forme de lentille
 - Toute entité fait tourner IP
- Architecture sans état
 - Pas d'état par flot au sein du réseau



Résumé : approche minimaliste

- Réseau pas très intelligent
 - IP offre des fonctionnalités minimales pour la connectivité
 - Adressage, forwarding, routing

- Systèmes terminaux évolués
 - La couche transport ou applicative effectue des fonctionnalités sophistiquées
 - Contrôle de flot, contrôle de congestion...

- Avantages
 - Technologies hétérogènes (Ethernet, modem, satellite, wireless)
 - Applications diverses (telnet, ftp, Web, X windows)
 - Gestion décentralisée