

SYR - Réseau Licence 3 Info-MIAGE

Introduction

Adlen Ksentini
adlen.ksentini@univ-rennes1.fr



Bibliographie

- Computer Networking « a Top-Down Approach », James F. Kurose et Keith W. Ross.

Introduction

- But :

- Apprendre et connaître la terminologie réseau

- Approche

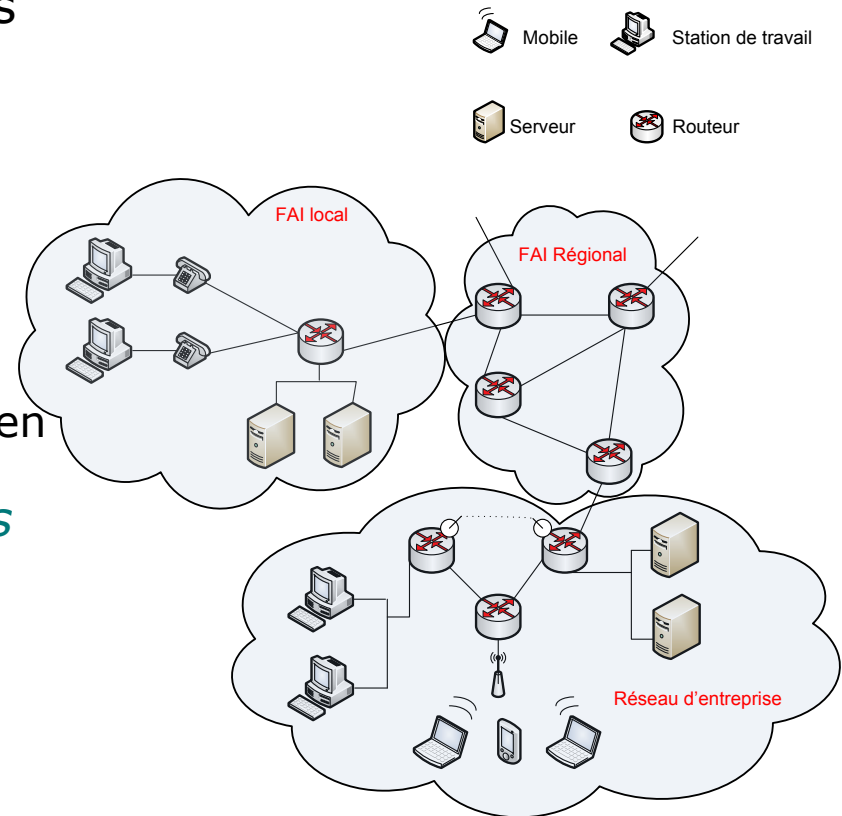
- Le réseau Internet comme exemple

- Plan

- Internet ?
- Protocole ?
- Bordure de réseau
- Cœur de réseau
- Réseaux d'accès
- Structure Internet/FAI
- Performance : pertes, délais
- Couches protocolaires et services

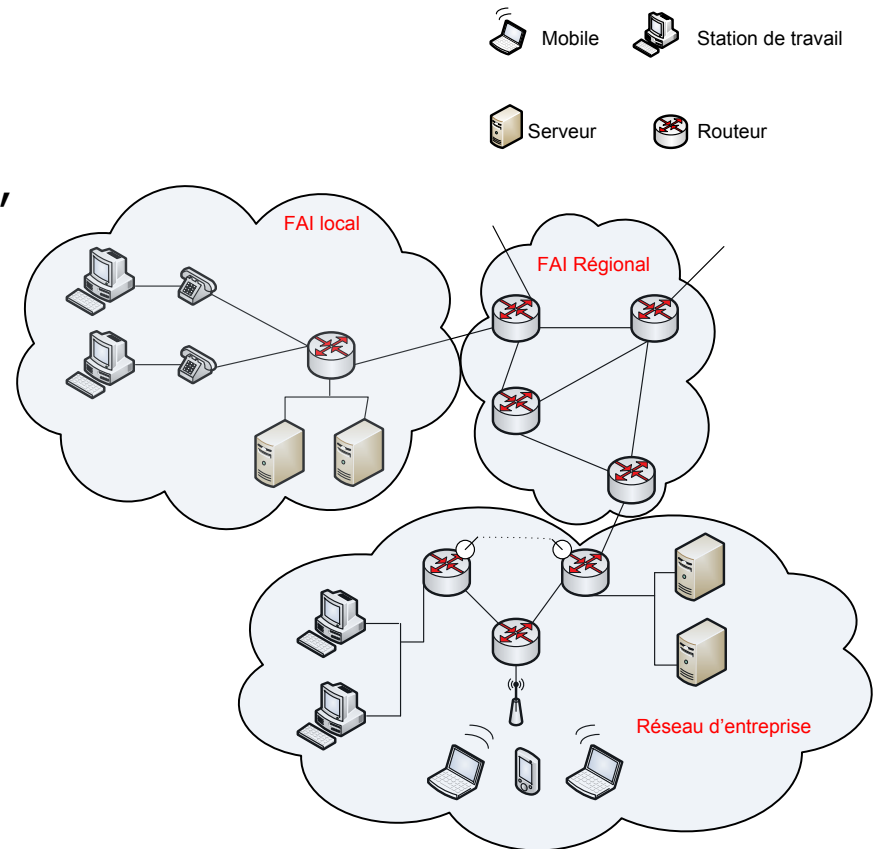
Internet ? – vue composants

- Des millions de machines interconnectées :
 - PCs, stations de travail, serveurs
 - Tablettes, téléphones, compteurs électriques, Machine à laver !
 - Exécutent des applications réseaux
 - 2 milliards d'utilisateur en 2012
- *Liens de communications*
 - fibre optique, cuivre, radio, satellite
 - Débit de transmission (Bande passante)
- *Interconnexion :*
routeurs/commutateur
=> transfèrent des paquets de données dans le réseau



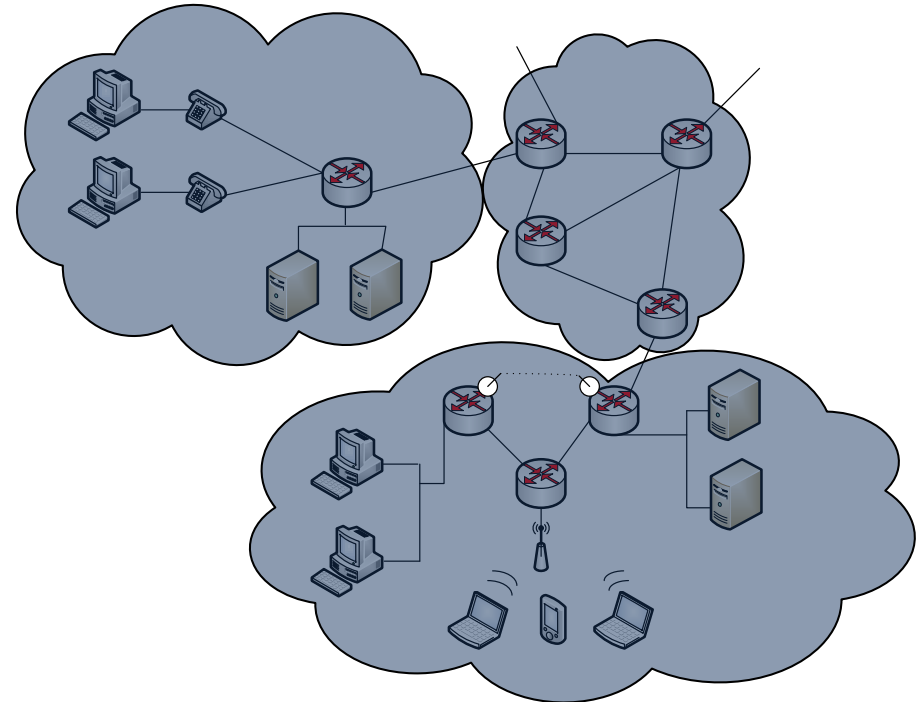
Internet ? – vue composant

- *Protocoles* : contrôlent l'émission, la réception des messages, actions
 - Ex., TCP, IP, HTTP, FTP, SMTP
- *Internet* : "réseau des réseaux"
 - Hiérarchique : réseaux d'accès, FAI ou ISP
 - Connecte des réseaux privés et publiques
- *Standards Internet*
 - RFC : *Request for comments*
 - IETF : *Internet Engineering Task Force*



Internet ? – vue service

- *Une infrastructure de communication rend possible les applications distribuées*
 - Web, email, jeux en réseaux, partage de fichiers, e-commerce, connexion à distance à une machine
 - Utilisent une Application Programming Interface (API) Internet pour communiquer
- *Services de communication offerts*
 - Orientés connexion => garantie la livraison et l'ordre des données
 - Sans connexion => sans garantie



C'est quoi un protocole ?

Protocole humain:

- "Quelle heure est-il?"
- "J'ai une question"
- ... Messages spécifiques émis
- ... Actions spécifiques accomplies quand des messages sont reçus

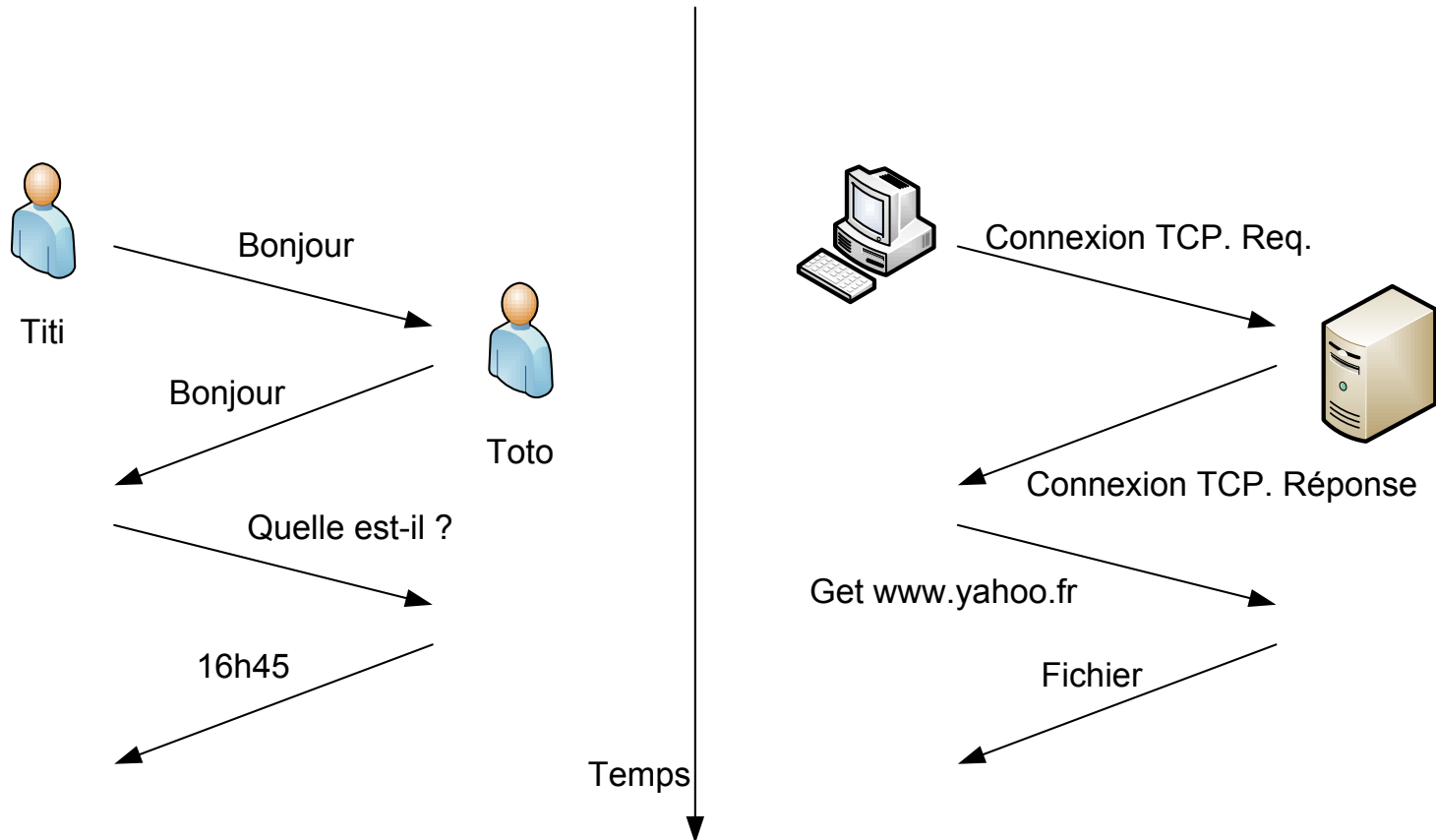
Protocole réseau:

- Relient des machines
- Toutes les communications sur Internet sont gouvernées par des protocoles

Les protocoles définissent le format, l'ordre des messages émis et reçus entre les entités réseaux, ainsi que les actions à exécuter lors de la transmission/réception de ces messages

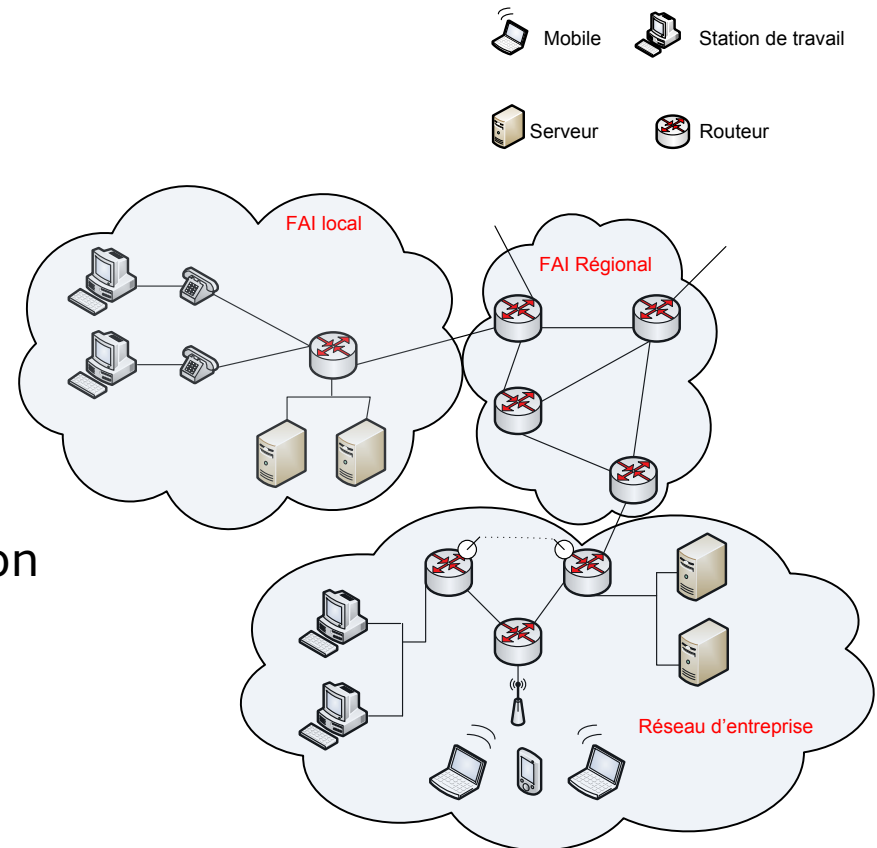
C'est quoi un protocole ?

Un protocole humain et un protocole réseau :



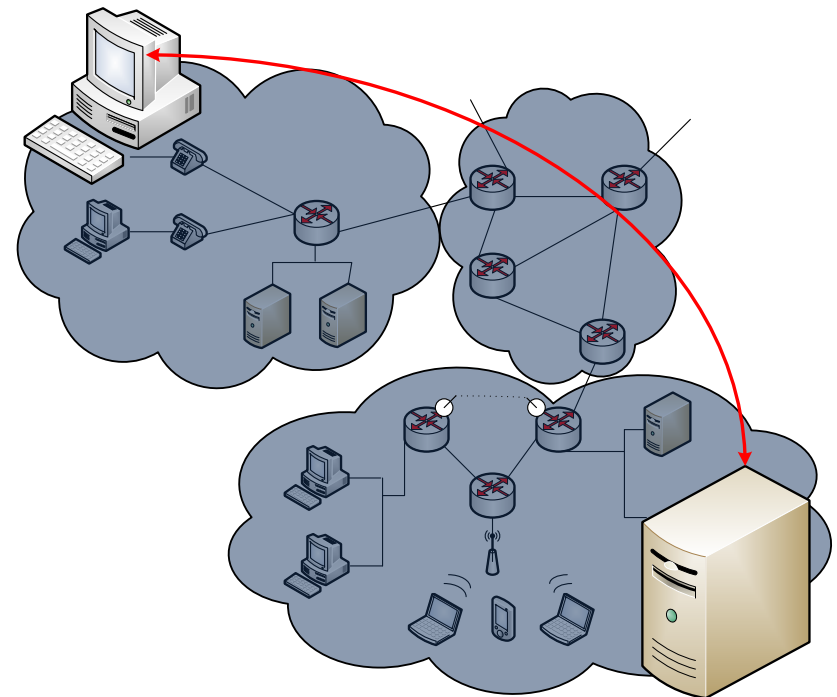
L'architecture du réseau

- Bordure du réseau :
 - Applications, hôtes
- Cœur du réseau :
 - Routeurs
 - Réseau de réseaux
- Réseau d'accès, liens physique
 - Liens de communication



Bordure du réseau

- **Systèmes terminaux (hôtes):**
 - Exécutent des programmes (applications)
 - Ex: WWW, email ou autres.
 - À la bordure du réseau
 - Ex. PC/MAC, Smartphone, Tablette, voiture, compteur électrique
- **Modèle client/serveur**
 - Le client demande (requête) un service, le serveur assure un service
 - Ex., WWW client (browser)/ serveur; email client/serveur
- **Modèle peer-peer:**
 - Utilisation minimale ou nulle de serveurs
 - Ex: KaZaA, Bitorrent



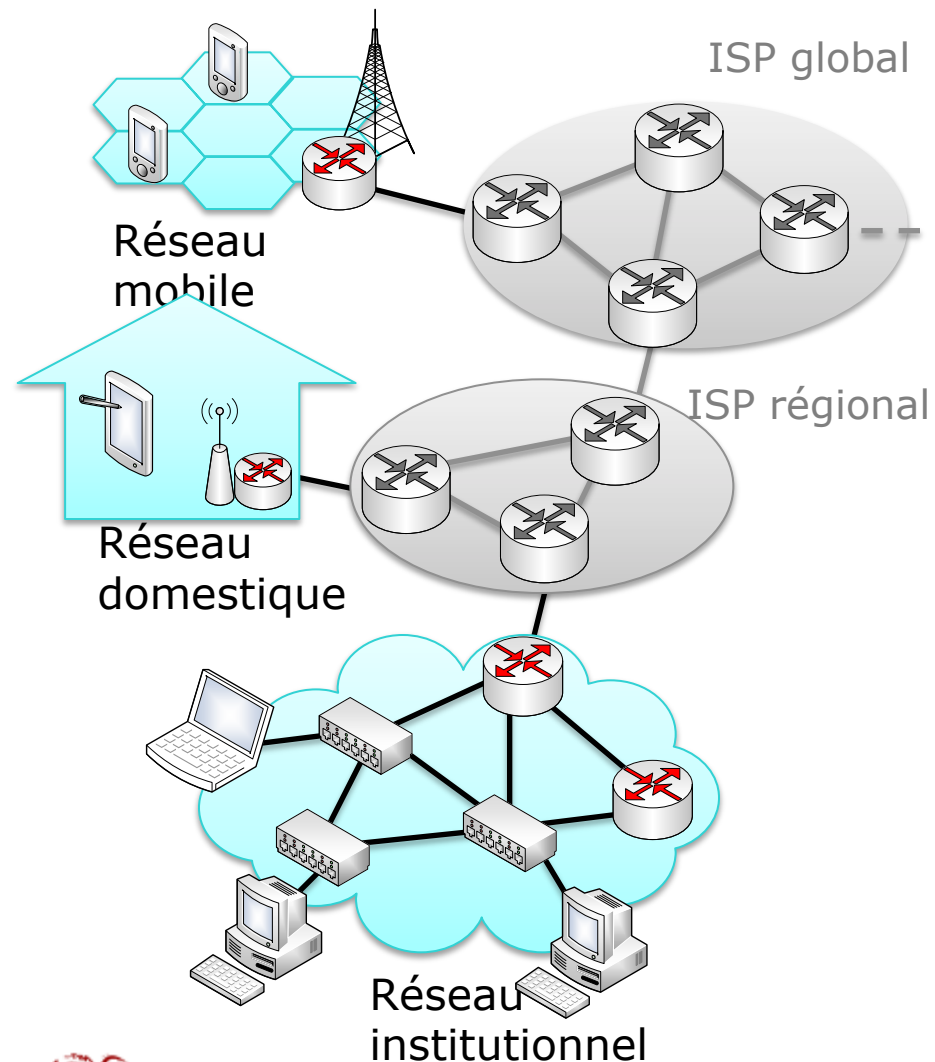
Réseaux d'accès et les médias physique

Q: Comment connecter les terminaux au routeur de bordure ?

- Accès résidentiel
- Accès institutionnel
- Réseau d'accès sans fil

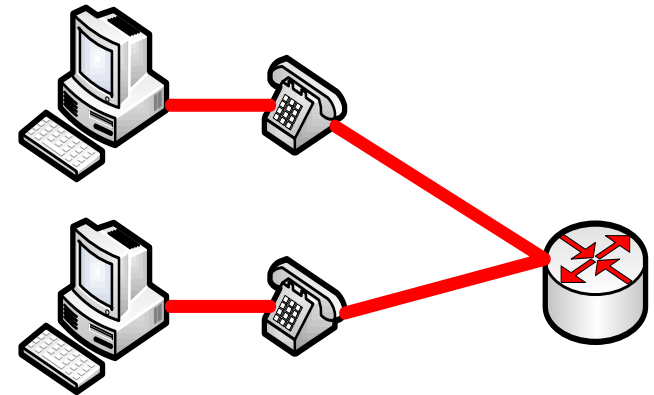
A prendre en compte pour le réseau d'accès :

- Bande passante (bits par seconde) ?
- Partagée ou dédiée ?



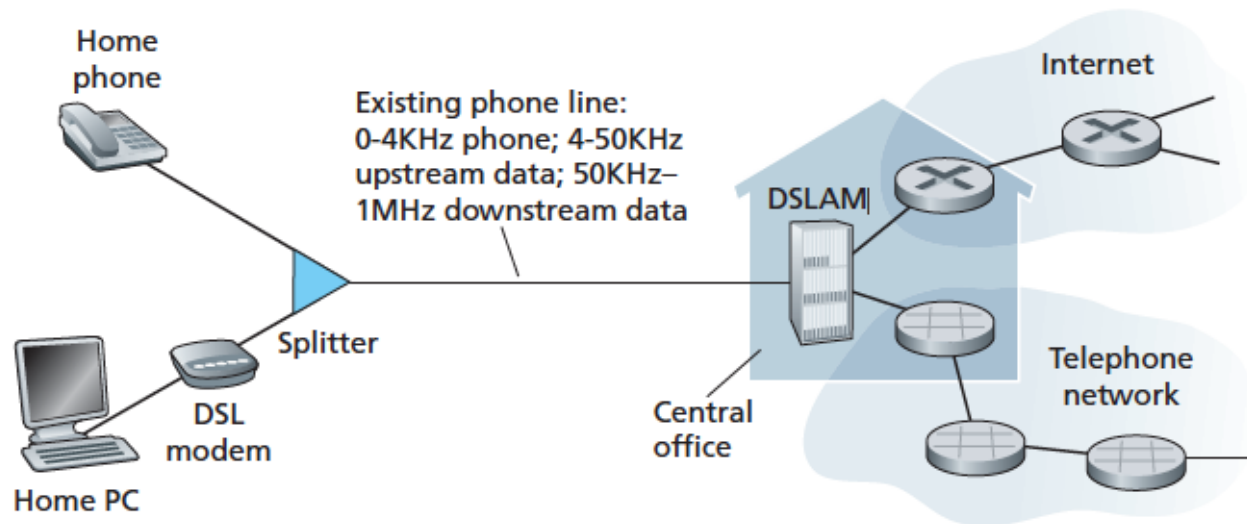
Accès résidentiel : accès point à point

- Accès par ligne téléphonique via un modem
 - Jusqu'à 56Kbps
 - Pas de communication téléphonique en parallèle à la connexion de données
- RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services):
 - Accès numérique : jusqu'à 128Kbps



Accès résidentiel : ADSL

- ADSL: asymmetric digital subscriber line
 - Utilise l'infrastructure téléphonique existante
 - Jusqu'à 1,8 Mbps du modem vers le DSLAM (DSL Access Multiplexer (1999), 2,5 Mbps (2003)
 - Jusqu'à 12 Mbps du DSLAM vers le modem (1999), 24 Mbps (2003)
 - Communication téléphonique en parallèle à la connexion de données

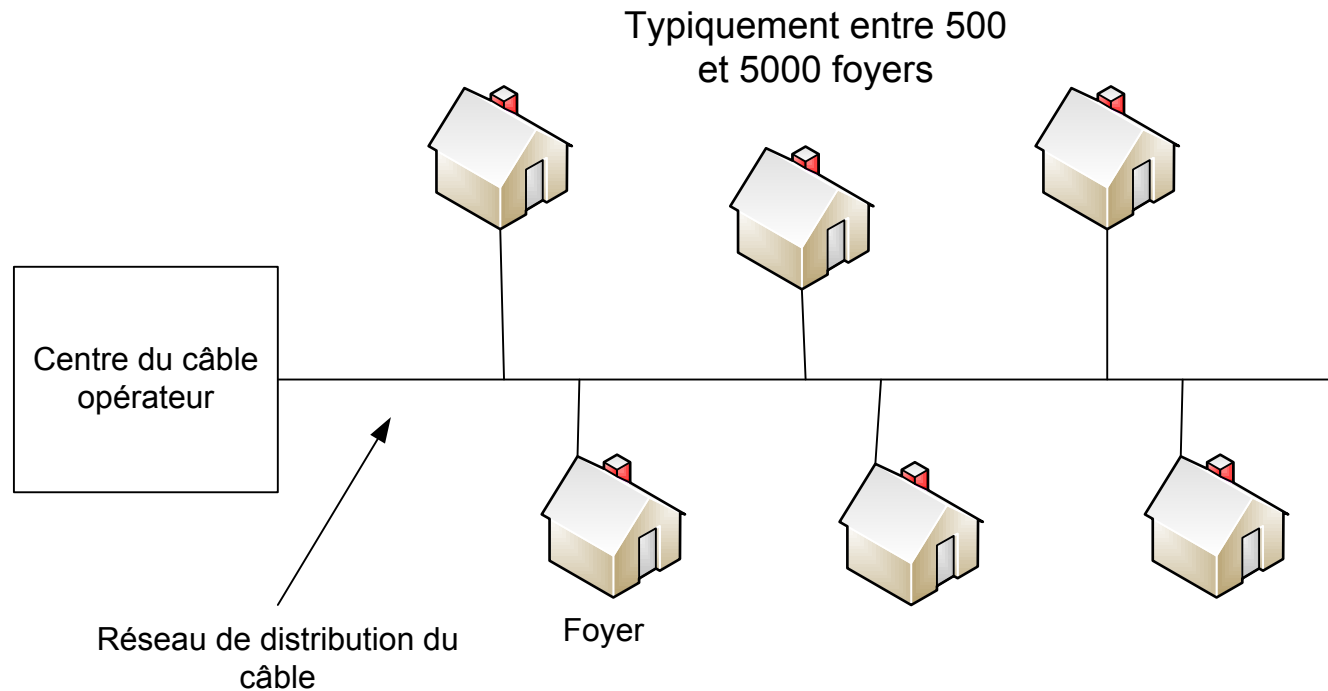


(Source: Computer Networking « a top down approach »)

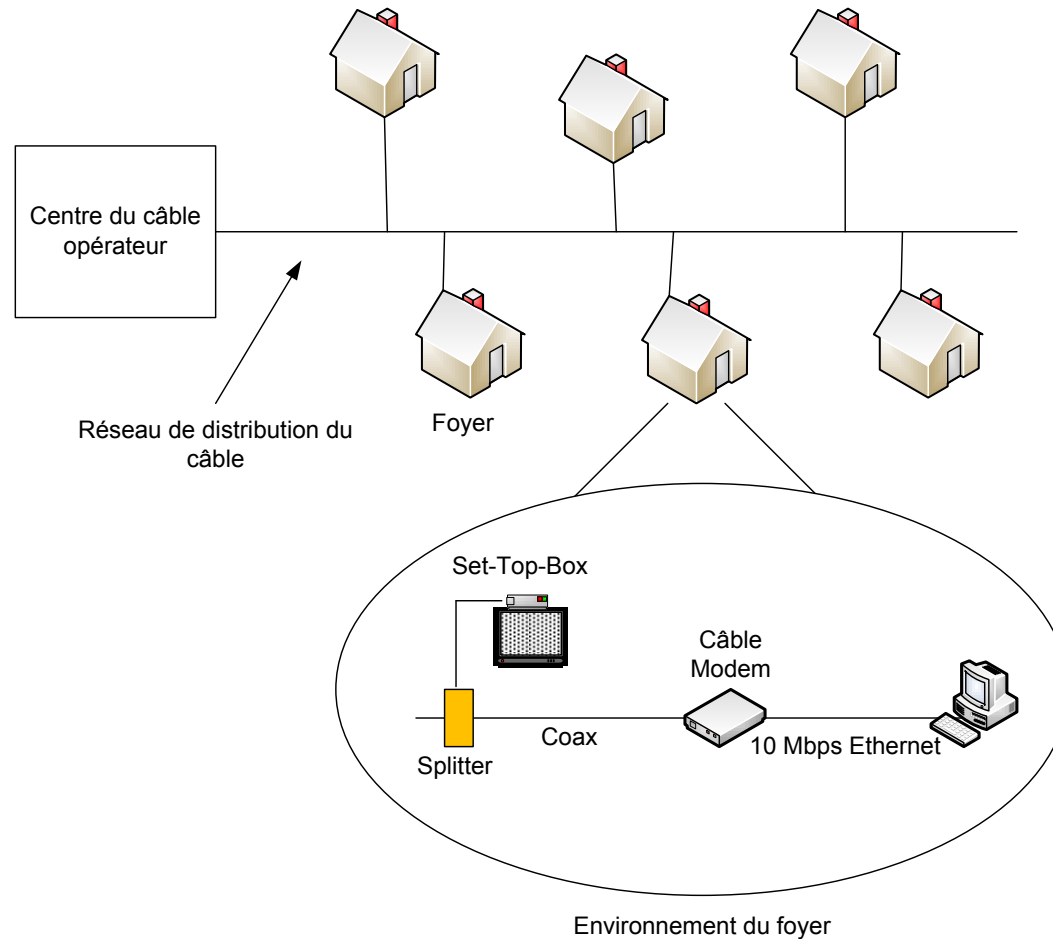
Accès résidentiel : via un opérateur de câble

- HFC : Hybrid Fiber Coax
 - Asymétrique : jusqu' à 42,8 Mbps dans la voie descendante, et jusqu' à 3,7 Mbps en voie remontante
- Réseau de câbles (coax.) et de fibres optiques connectant les résidences aux ISPs
 - Le lien remontant est partagé avec les autres modems connectés à l' ISP
- Déploiement : disponible via les opérateurs de cable (TV)

Architecture d'un réseau de câble

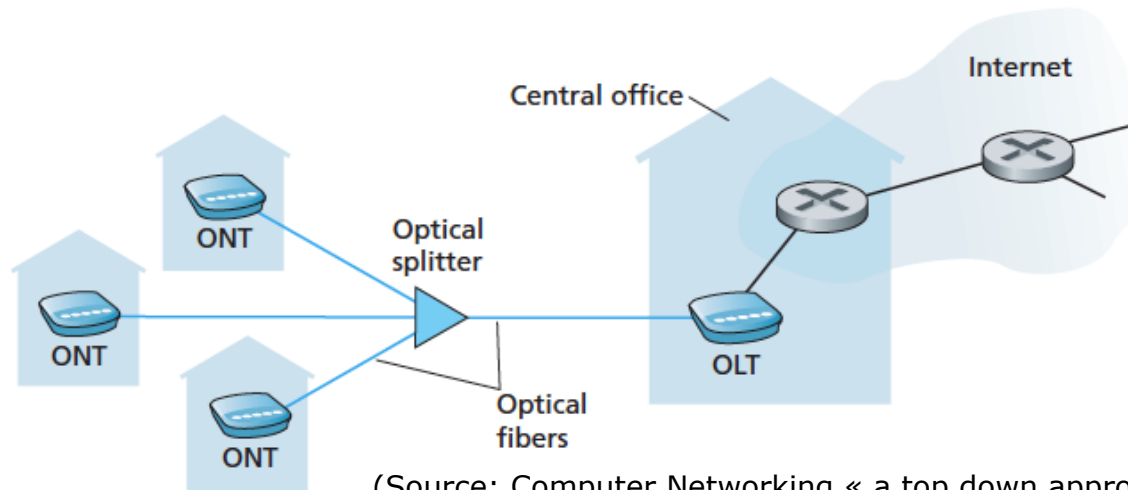


Architecture d'un réseau de câble



Accès résidentiel : FTTH

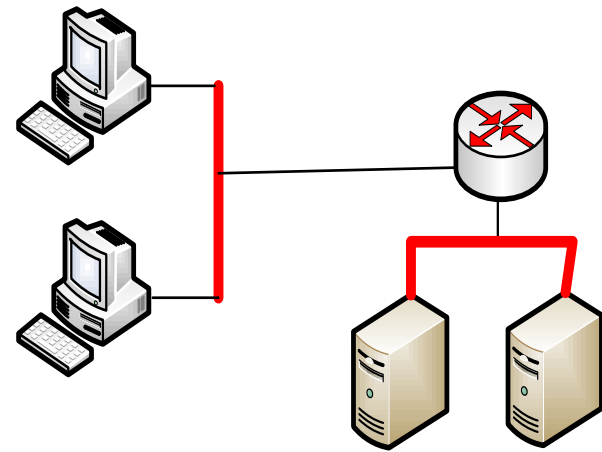
- FTTH (Fiber To Home)
 - Lien optique avec le commutateur du quartier
 - Deux éléments
 - ONT (Optical Network Terminator): pour connecter la Box au splitter.
 - OLT (Optical Line Terminator) : pour transformer le signal optique en un signal électrique
 - Environ 20 Mbps



(Source: Computer Networking « a top down approach »)

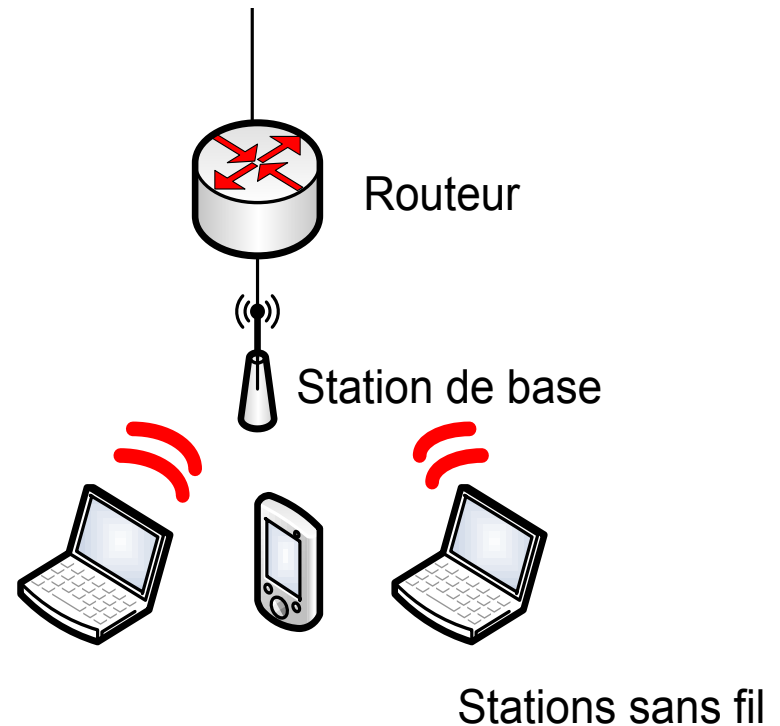
Accès institutionnel : Réseaux locaux

- Un **réseau local** (LAN) connecte les terminaux au routeur de cœur
- **Ethernet:**
 - Le plus déployé dans les réseaux d'entreprise
 - Il peut nécessiter l'utilisation d'un équipement reliant les machines (Commutateur ou Switch)
 - Des liens partagés ou dédiés peuvent être utilisés
 - 10 Mbps, 100Mbps, Gigabit Ethernet



Réseaux d'accès sans fil

- Un accès partagé *sans fil* connecte les terminaux au cœur de réseau
- LANs sans fils:
 - WiFi : 802.11b (11Mbps), 802.11g (54 Mbps), 802.11n (100Mbps), 802.11ac (1 Gbps).
- WAN sans fils :
 - 3G, 3G+ (3,84 Mbps), LTE-4G (10 Mbps): Opérateurs Télécom



Médias physique

- Bits : se propage entre l'émetteur et le récepteur
- Lien physique: Relie l'émetteur et le récepteur
 - Médias guidés:
 - Les signaux se propagent entre des médias solides: cuivre, fibre
 - Médias non guidés:
 - Les signaux se propagent dans un média libre

Paires torsadées

- Paire de fil de cuivre
 - Catégorie 3: fils téléphoniques classiques, Ethernet 10 Mbps
 - Catégorie 5 : Ethernet 100Mbps



Médias physique

Cable coaxiale:

- fil (signal) à l'intérieur d'une protection
 - Bande de base: un seul canal sur le câble
 - Large bande: plusieurs canaux sur le câble
- bidirectionnel
- Application
 - 10Mbps Ethernet
 - Câble résidentiel



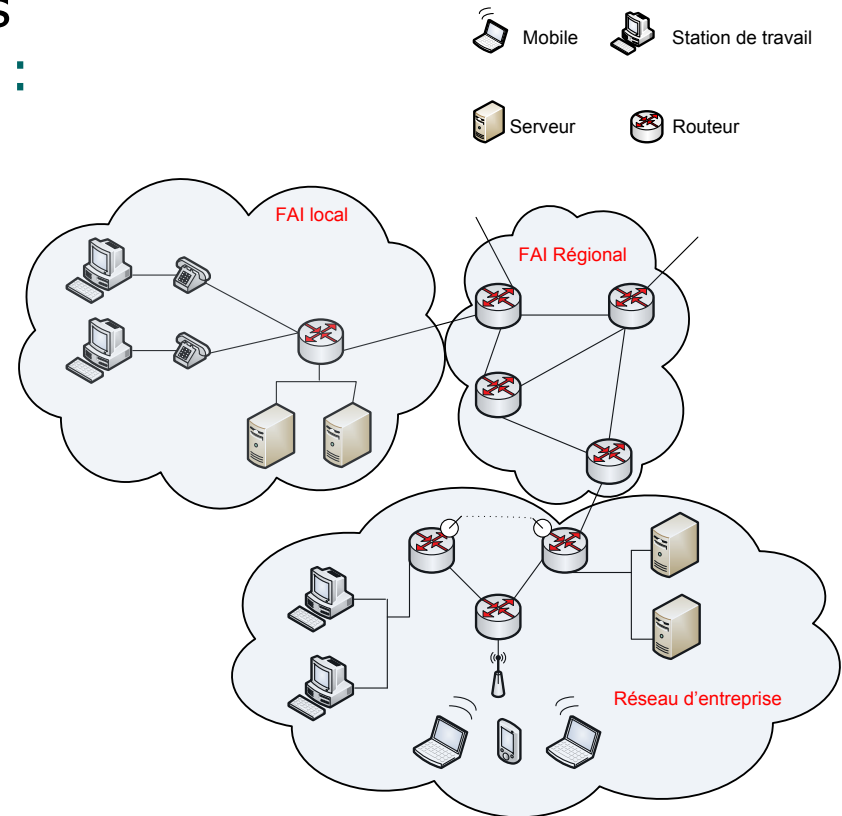
Fibre optique:

- Fibre de verre transmettant des impulsions numériques
- Haut débits:
 - 1 Gbps Ethernet
 - Transmission point-à-point HD (e.g., 5 Gps)
- Très faible taux d'erreurs



Le cœur du réseau

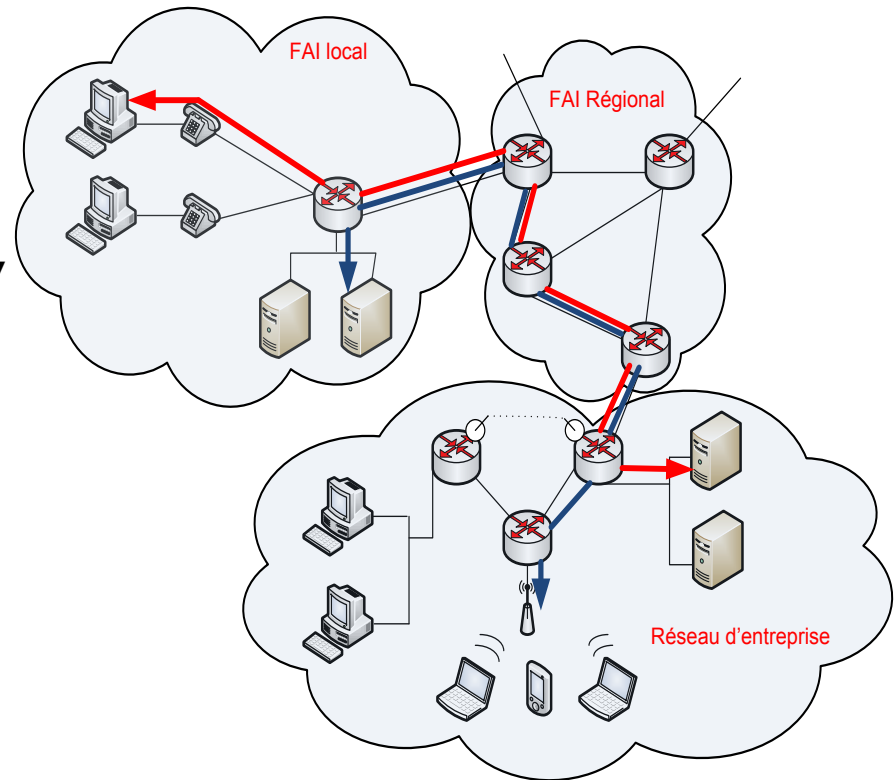
- Un maillage de routeurs
- Question fondamentale : comment les données sont envoyées dans le réseau (*aiguiller*)
 - Commutation par circuits : Un circuit (connexion) dédié par communication
 - Réservation de ressources
 - Ex. Téléphone
 - Commutation par paquets: Les données sont envoyées en paquets sur le réseau
 - Ressources à la demande



Cœur de réseau : Commutation par circuits

- Réserve de ressources de bout-en-bout pour chaque «appel»

- Bande passante du lien, capacité du lien
- Ressources dédiées : sans partage
- Performance garantie
- Nécessite l'établissement de la connexion

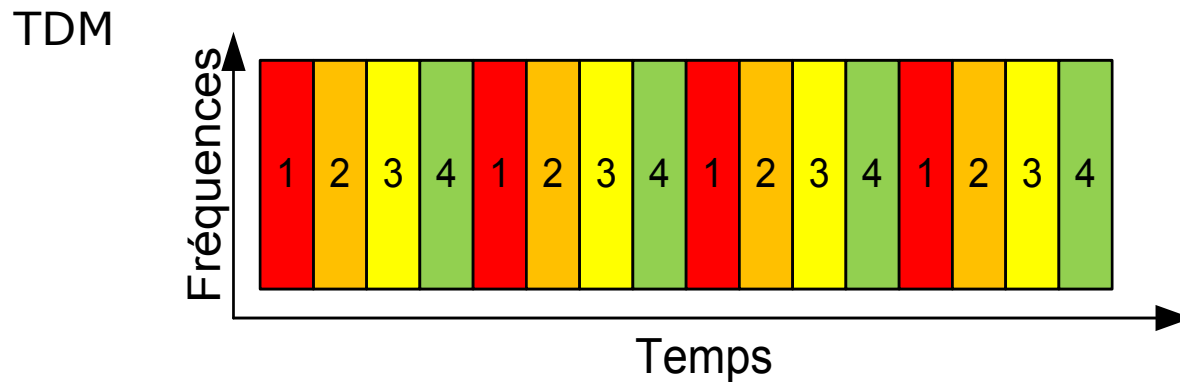
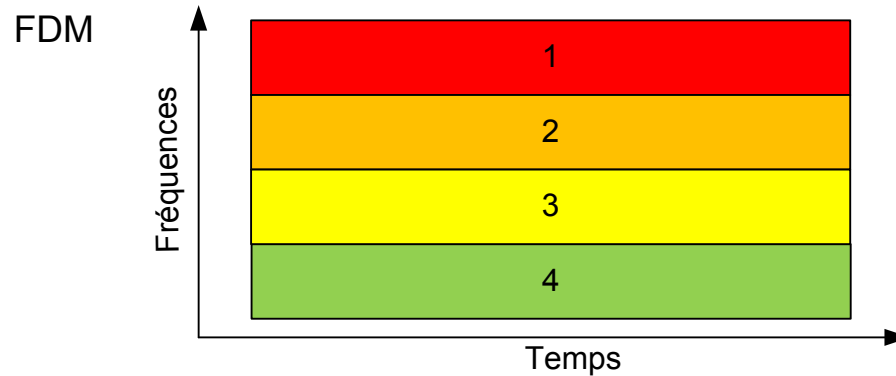


Cœur de réseau : Commutation par circuits

- Ressources réseau (Ex., bande passante)
partitionnées en « *pièces* »
 - allouées aux appels
- Ressources considérées comme « *inutiles* » si elles ne sont pas utilisées par l'appel associé à cette ressource (*pas de partage*)
- Division de la bande passante en « *pièces* »
 - Division fréquentielle => Ex. Radio FM
 - Division temporelle

Cœur de réseau : Commutation par Circuit

Exemple : 4 utilisateurs



Exemple numérique

- Quel est le temps nécessaire pour transmettre un fichier de 640000 bits d'une machine A vers une machine B, sachant que le réseau de cœur est à commutation de circuits ?
 - L'ensemble des liens ont un débit de 1,536 Mbps (Méga Bit par Seconde)
 - Chaque lien utilise un partage TDM avec 24 slots
 - 500 msec pour établir la connexion de bout-en-bout
- **Réponse** : 10,5 sec

Cœur de réseau – commutation par paquets

Le flot de données est divisé en *paquets*

- Les paquets des utilisateurs A et B *partagent* les ressources réseaux
- Chaque paquet utilise la bande passante totale
- Les ressources sont réutilisées si nécessaires



Partitionnement de la bande passante (en pièces)

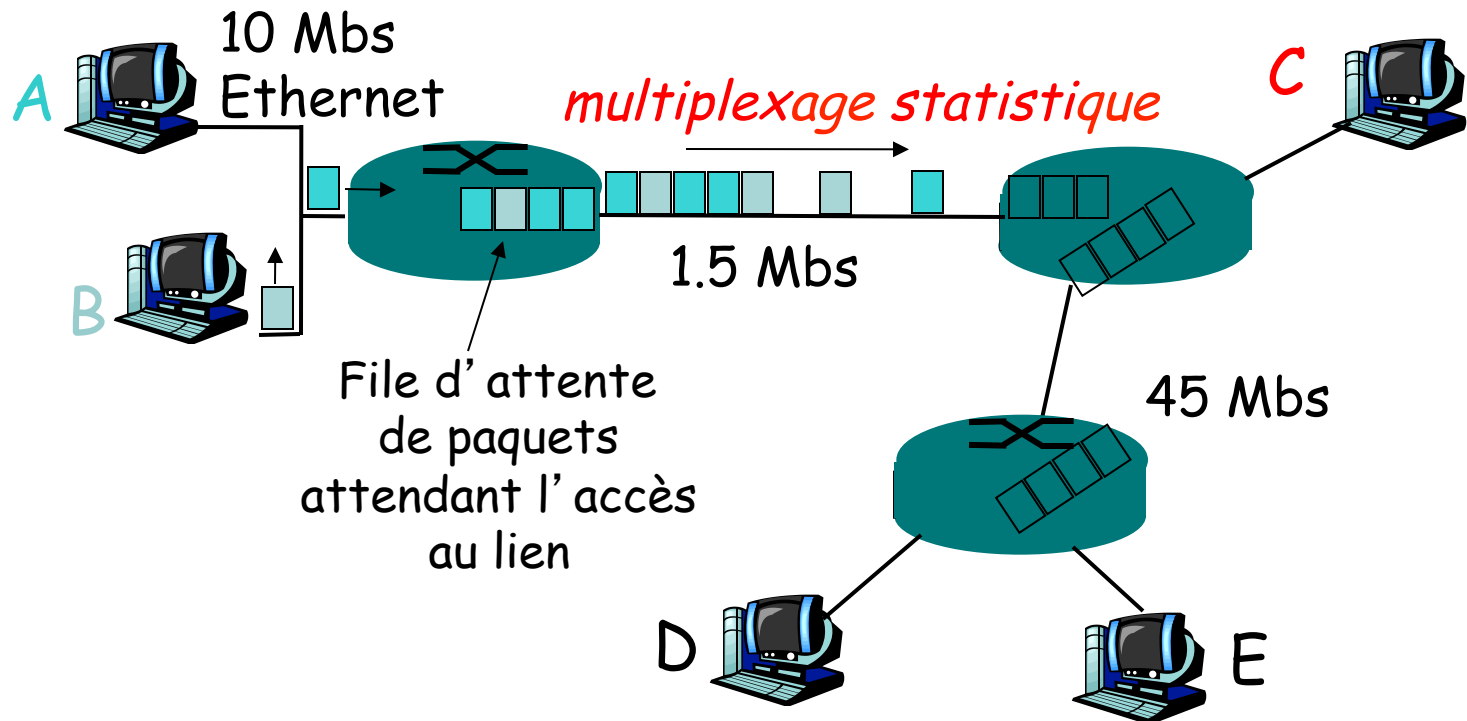
Allocation dédiée à une station

Réservation de ressources

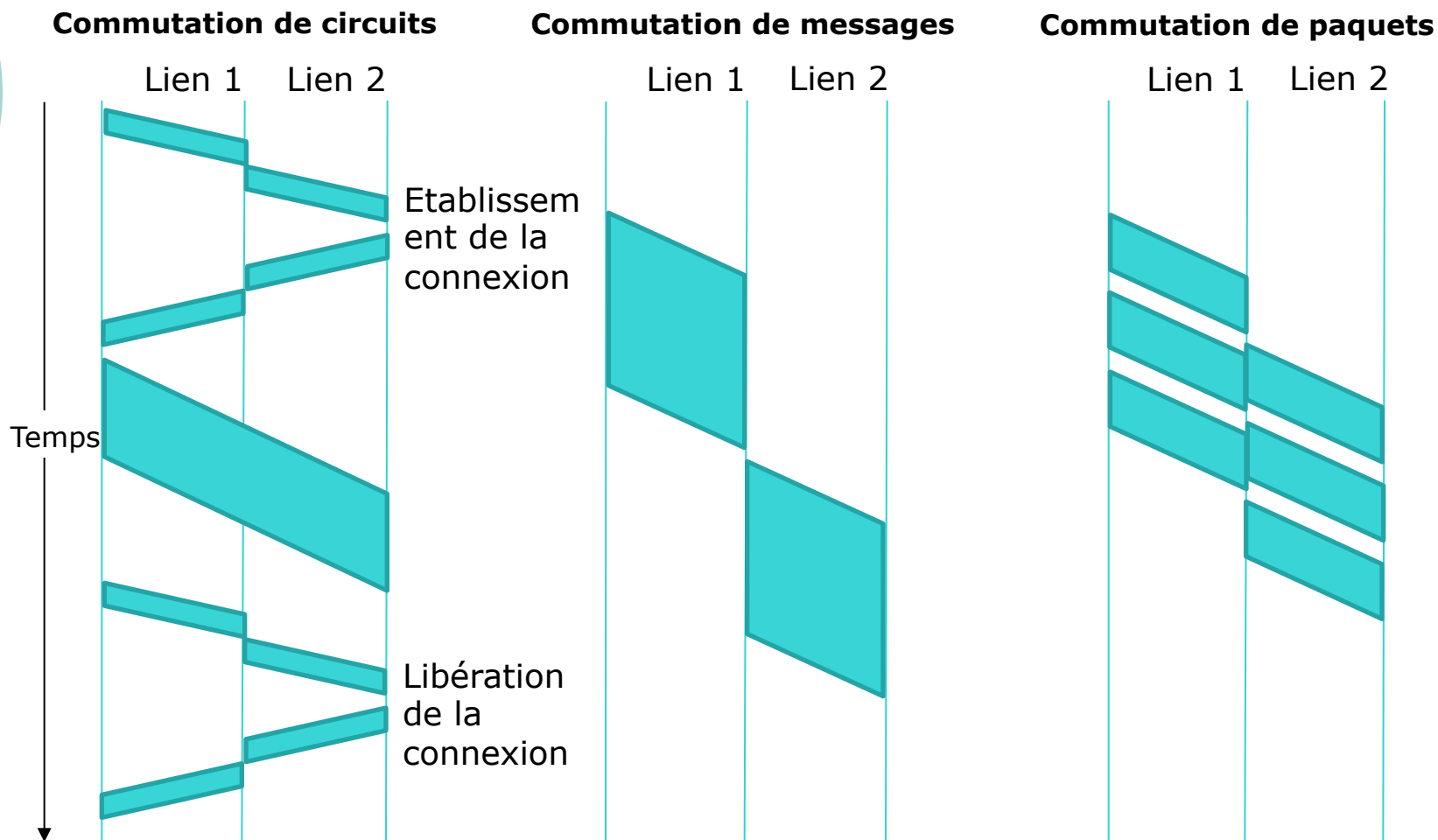
Contention pour l'obtention des ressources:

- Les ressources agrégées peuvent dépasser la capacité d'un lien
- congestion: Les paquets s'amoncellent dans des files d'attente et attendent l'accès aux ressources
- "store and forward" : Les paquets se déplacent étapes par étapes
 - Attente de la réception entière du paquet avant de le transférer.

Cœur de réseau – commutation par paquets



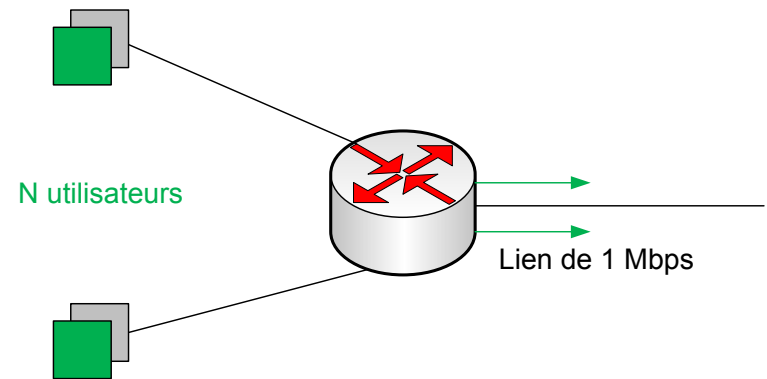
Commutation par paquets – versus commutation par circuits



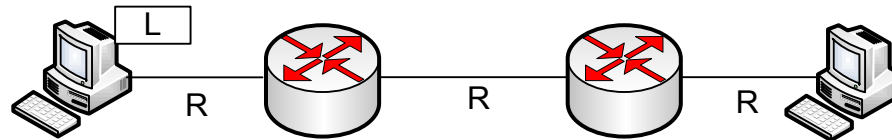
Commutation par paquets – versus commutation par circuits

Commutation par paquets optimise l'utilisation de la bande passante => plus d'utilisateurs

- Exemple
- Un lien de 1 Mbps
- Utilisateurs :
 - 100 kbps quand il est actif
 - On suppose que chaque utilisateur est actif que 10% du temps
- Commutation par circuits : 10 utilisateurs
- Commutation par paquets
 - 35 utilisateurs, Prob(>10 stations actives) est < 0.004



Commutation par paquets : store-and-forward



- L/R seconde pour transmettre le paquet de L bits sur le lien de R bps
- Attente du paquet entier avant de le transmettre sur le prochain lien : *store-and-forward*
- Déla total : $3L/R$ (on ignore ici le temps de propagation)
- Si $L=1,5$ Mbps, $L = 7,5$ Mbps alors le délai total est de 15 sec

Commutation par paquets versus commutation par circuits

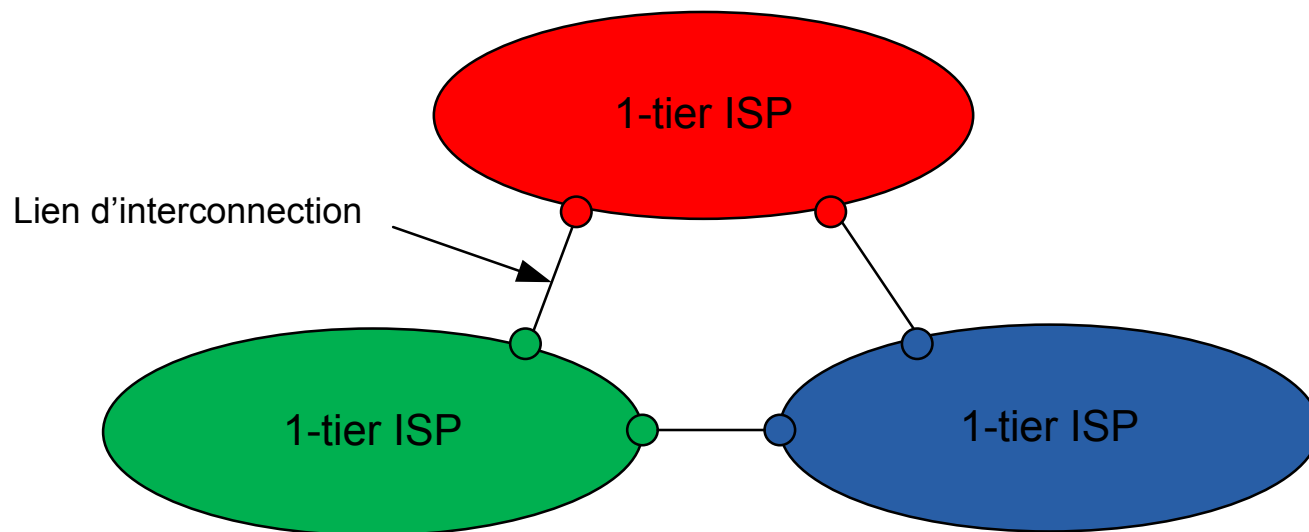
- Commutation par paquets
 - Adaptée aux trafics sporadique (burst)
 - Partage de ressources (optimisation de la bande passante)
 - Plus simple, pas d'établissement de connexion au préalable
- Cependant : délai d'acheminement et perte des paquets
 - Besoin d'un protocole de contrôle de pertes et de congestion

Commutation par paquet : l'acheminement

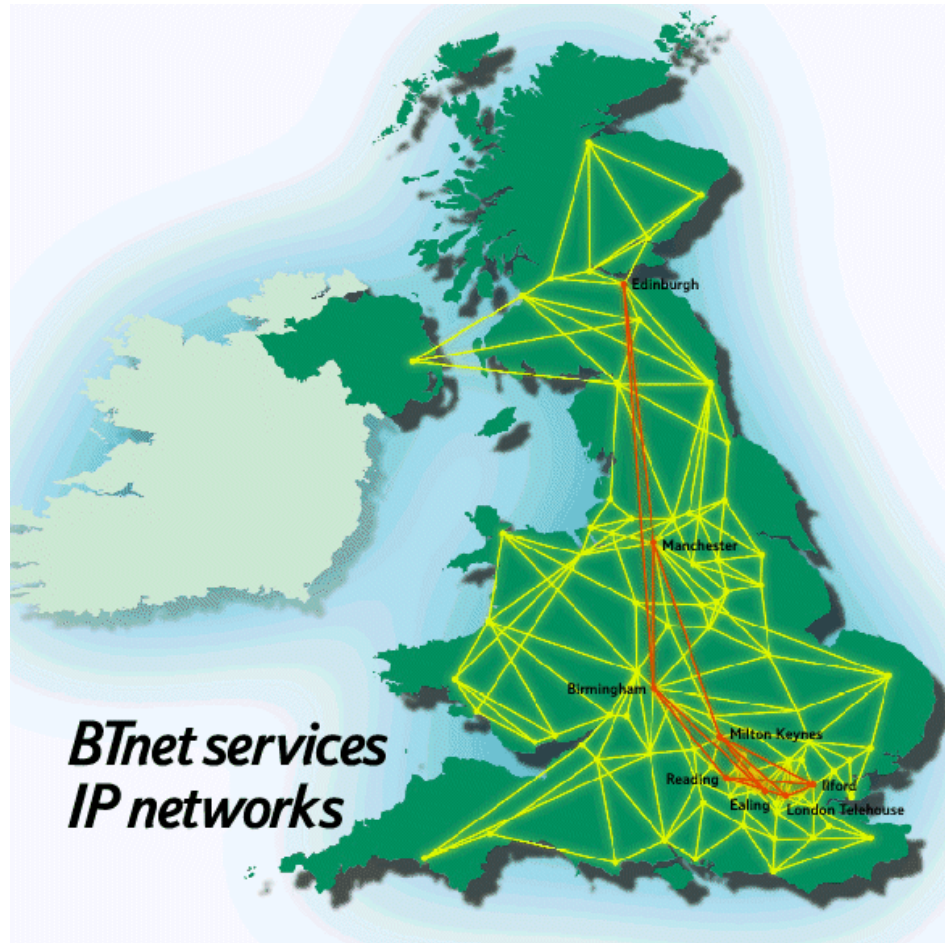
- But : acheminer les paquets à travers les routeurs qui relient la source et la destination
 - Algorithmes de routage
- Détermination du prochain saut : basée sur l'adresse de destination contenue dans chaque paquet

Structure d'Internet : réseau des réseaux

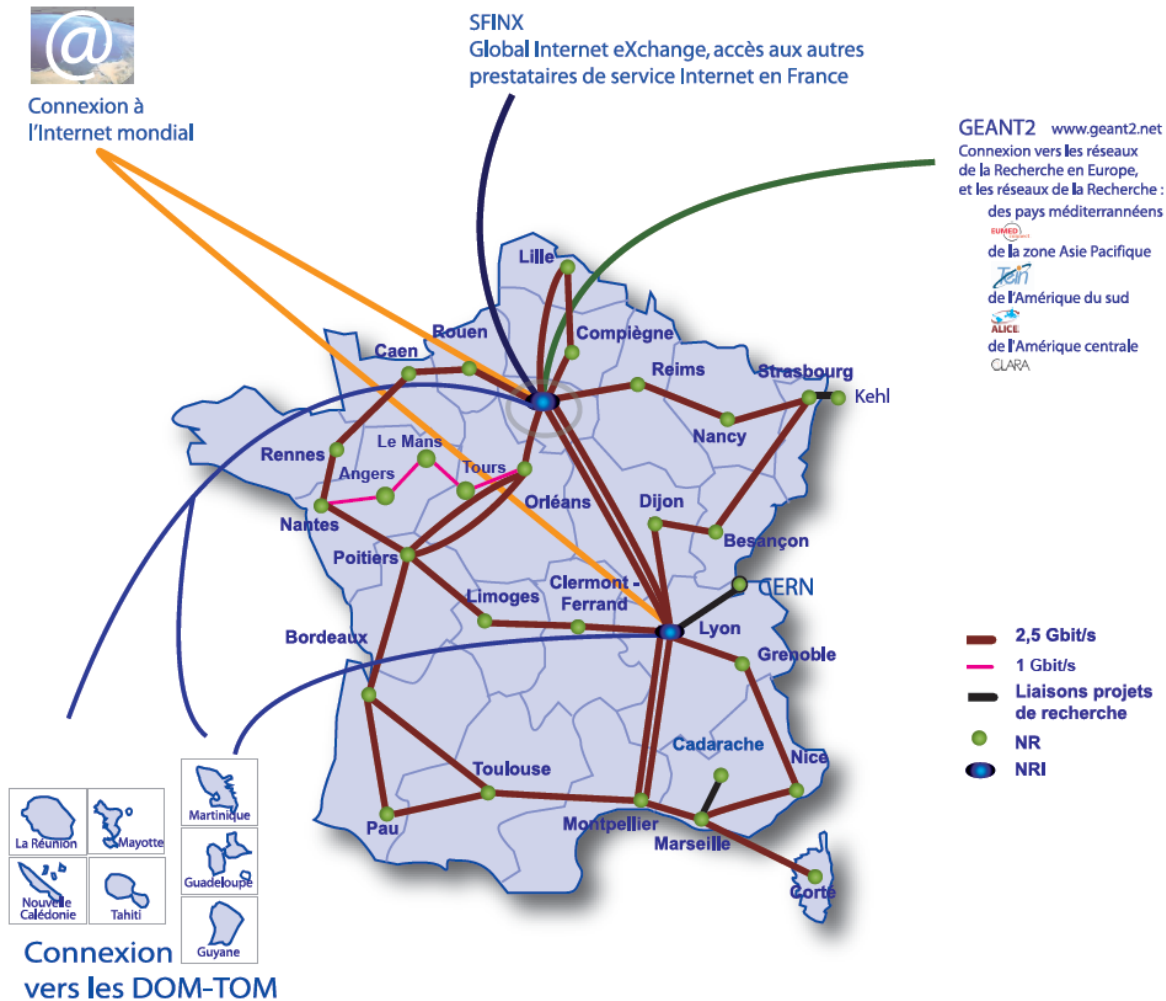
- Hiérarchique
- Au centre : le « 1-tiers » ISP (Internet Service Provider), couverture nationale et internationale



1-tier ISP : exemple British Telecom

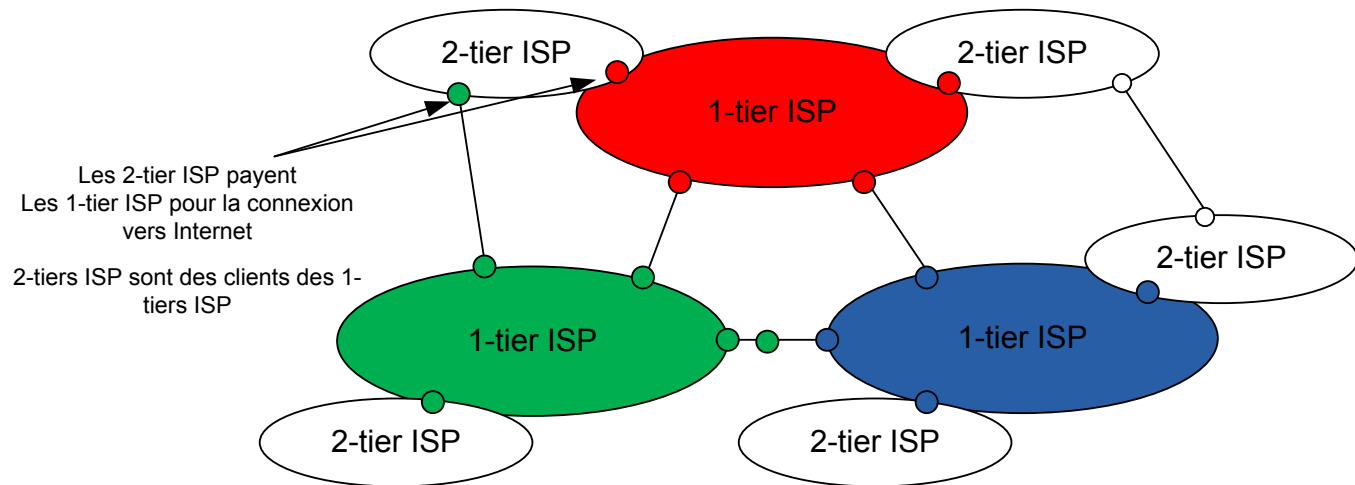


Cœur du réseau universitaire Français



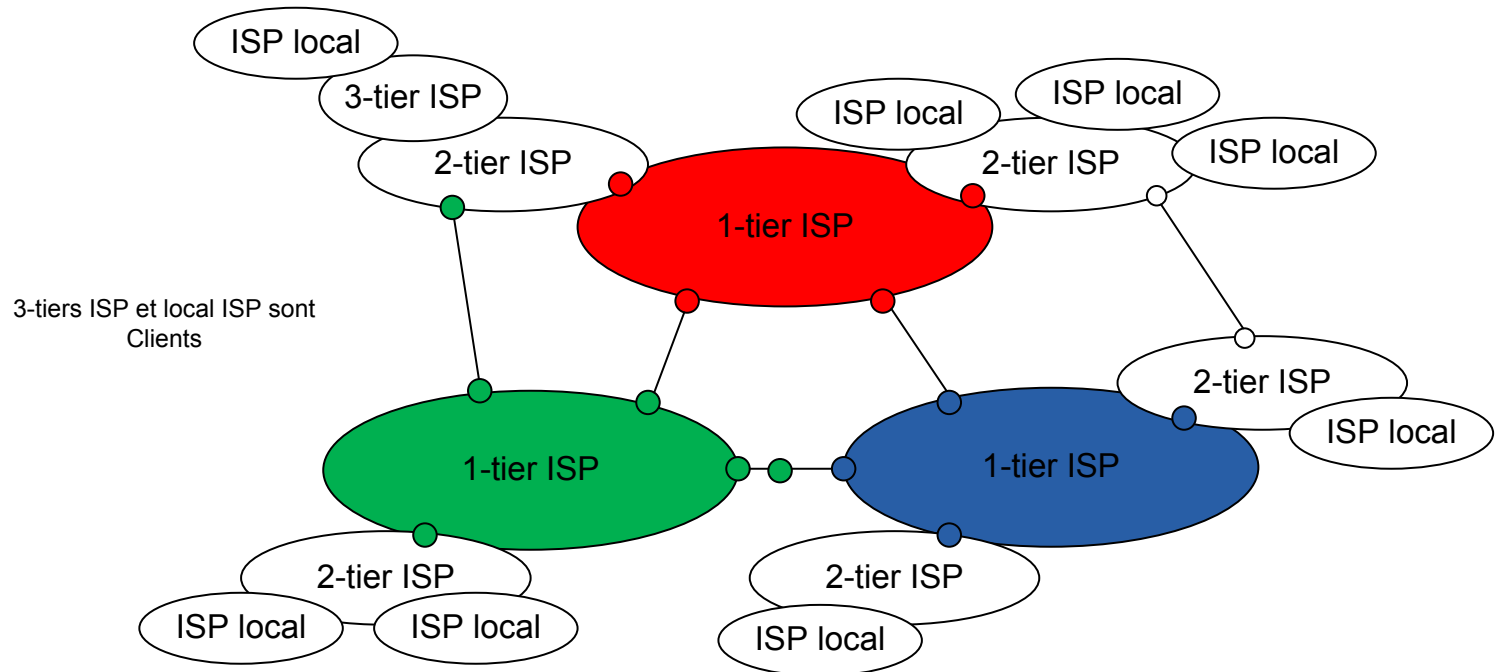
Structure d'Internet : réseau des réseaux

- 2-tier ISPs : plus petit en taille que les 1-tiers ISP (on dit ISP régionale)
 - Connectés à un ou plusieurs 1-tier ISP, ou à d'autres 2-tiers ISP



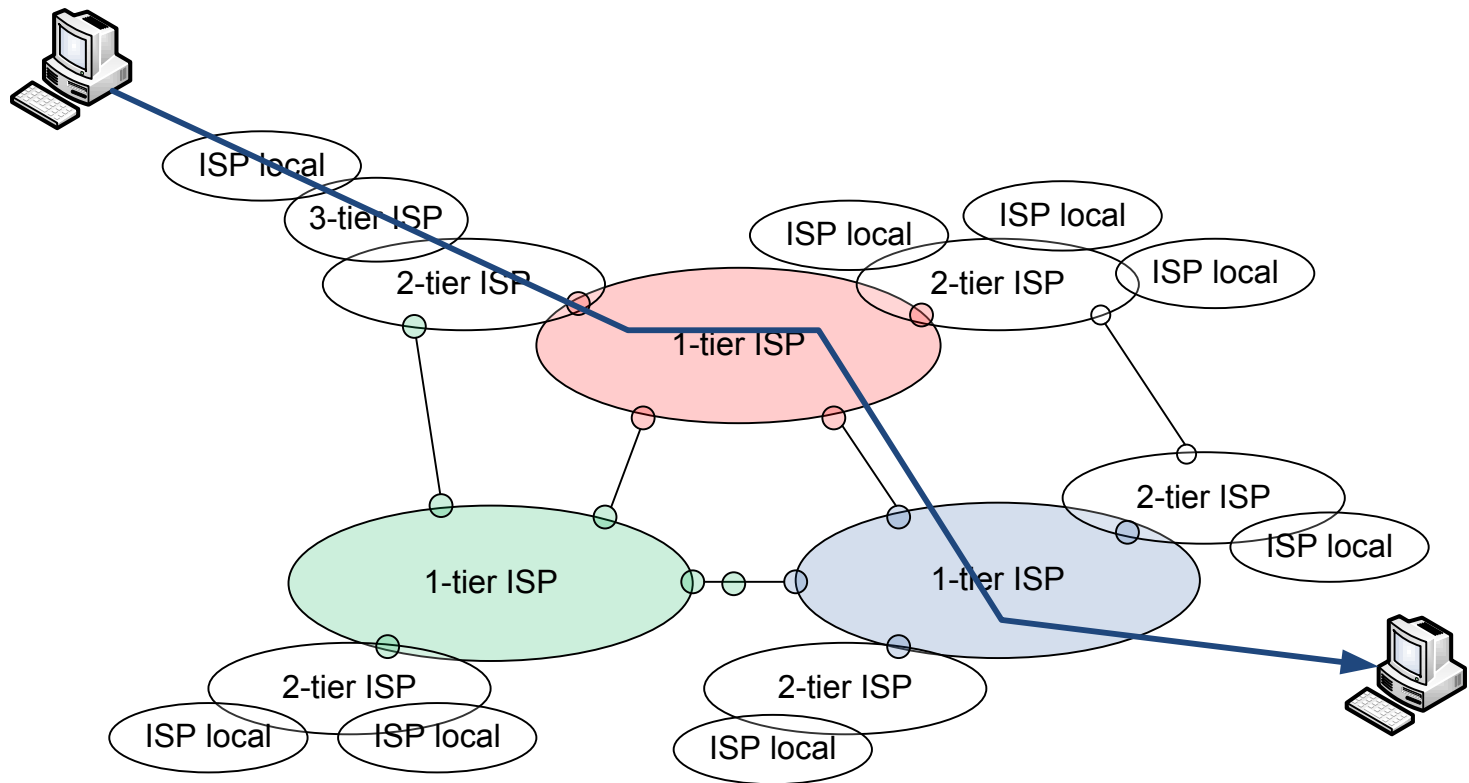
Structure d'Internet : réseau des réseaux

- 3-tiers ISP et ISP locale
 - Dernier maillon de la chaîne, dernier réseau avant le système final

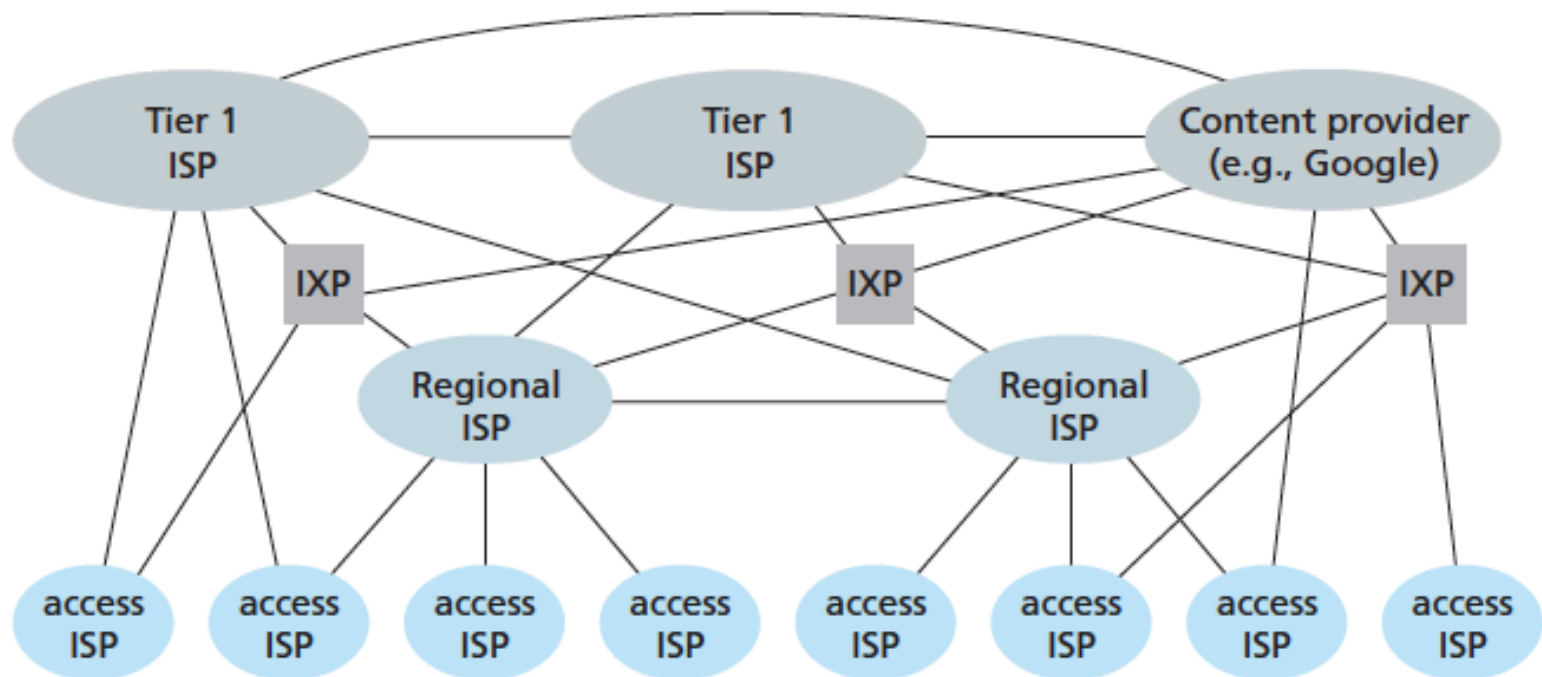


Structure d'Internet : réseau des réseaux

- Un paquet peut passer à travers plusieurs réseaux

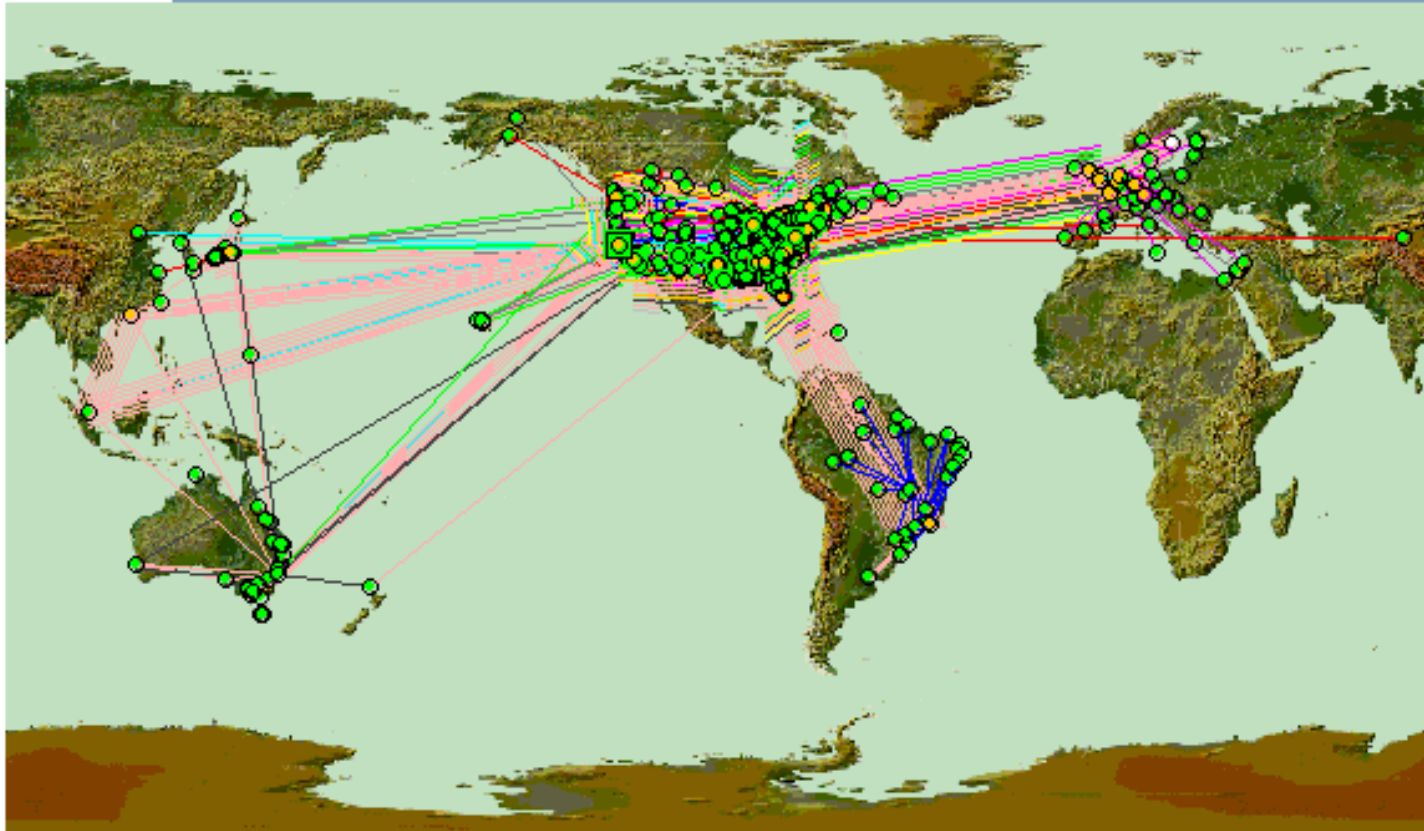


Structure d'Internet : situation en 2012



(Source: Computer Networking « a top down approach »)

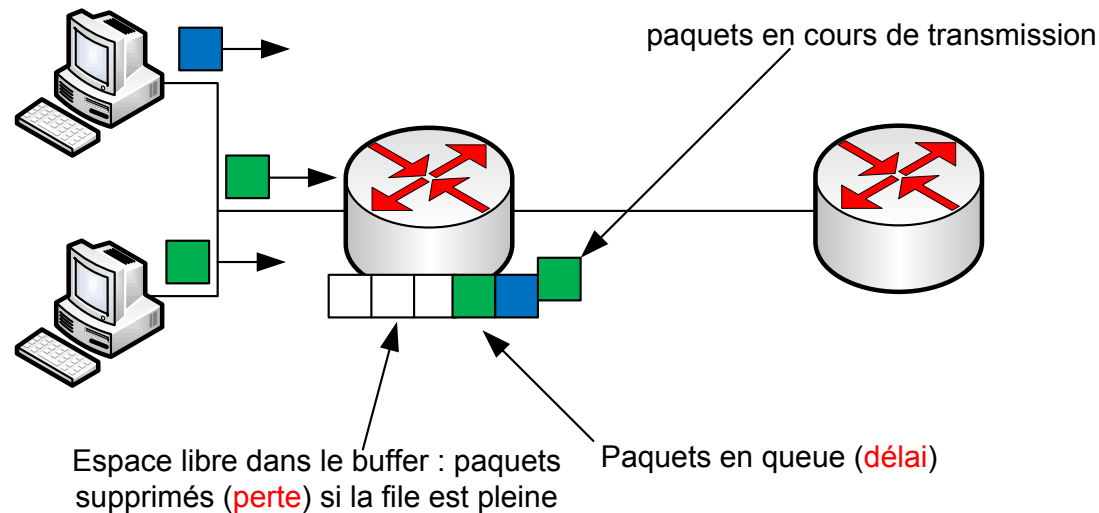
Interconnexion mondiale (sauf Afrique) des ISPs



Délais et perte de paquets sur Internet :

Pourquoi ?

- Les paquets sont mis en file d'attente au niveau des routeurs
 - Le taux d'arrivée des paquets dépasse la capacité du lien en sortie
 - Les paquets dans la queue attendent avant d'être traités



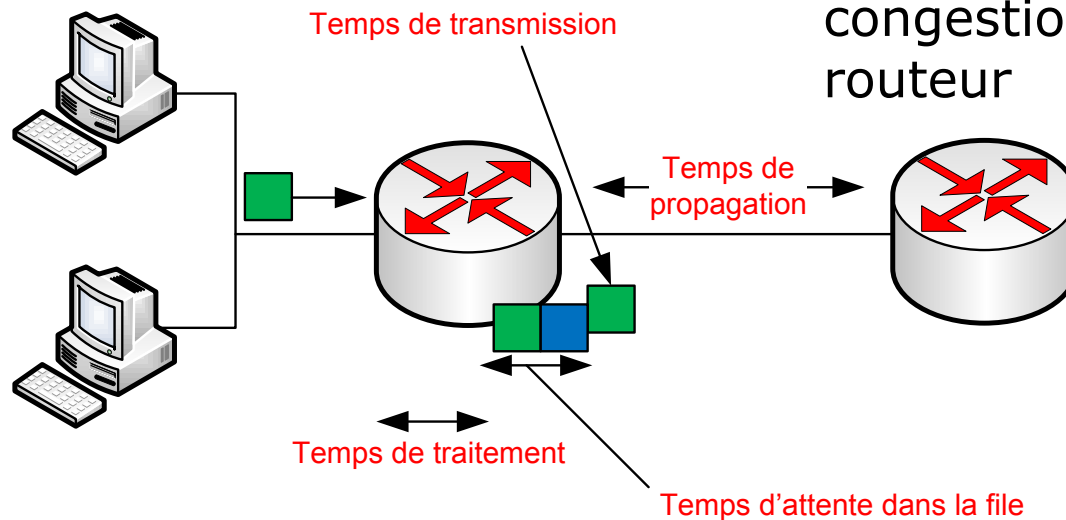
Quatre sources de délais

1. Délais de traitement sur le routeur

- Vérification des erreurs
- Choix du chemin

2. Délais d'attente dans la file

- Temps d'attente avant la libération du lien
- Dépend du niveau de congestion du routeur



Quatre sources de délais

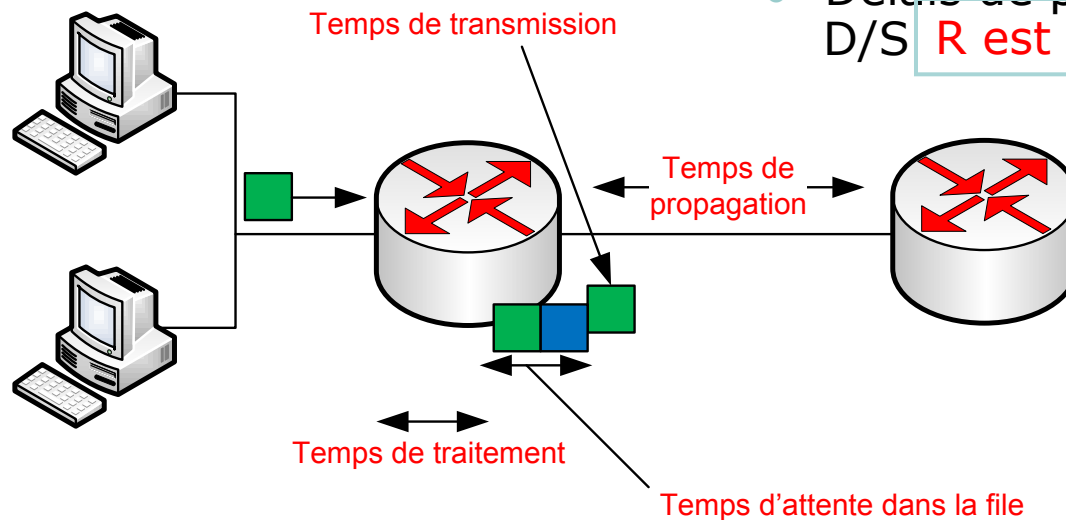
3. Délais de transmission

- R = la bande passante du lien
- L = Taille des paquets
- Délais de transmission = L/R

4. Délais de propagation

- D = longueur du lien physique
- S = la vitesse de propagation sur le lien (entre 2 et 3×10^8 m/sec)
- Délais de propagation = D/S

R est différent de S



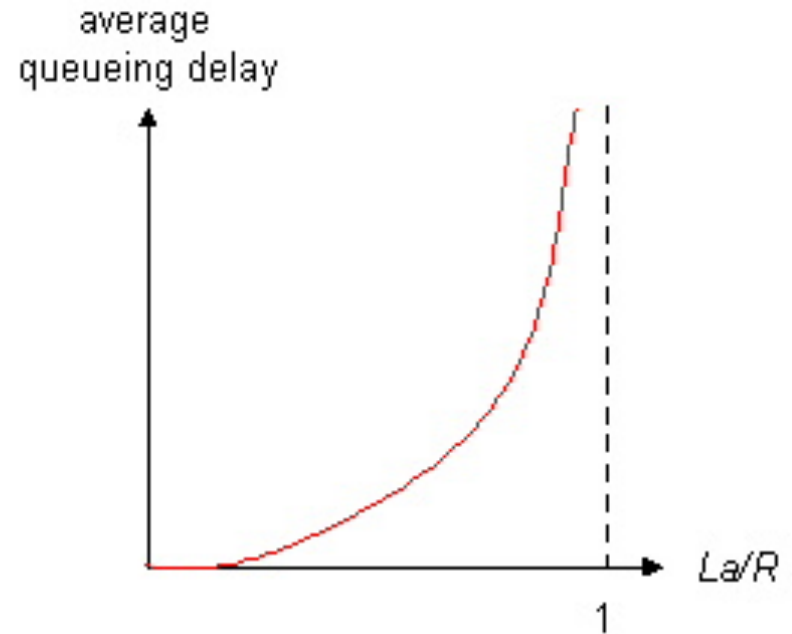
Exemple : caravane

- Une caravanne contient 10 voitures
- Chaque voiture passe 12 second à un péage.
- La distance entre les péage est de 100 Km
- Vitesse constante de 100 Km/h
- Donner le temps nécessaire pour que la caravane passe d'un péage à un autre
- On suppose que la vitesse est de 1000 Km/h et le temps de passage est de 10 min.

Délais d'attentes

- R = bande passante (bps)
- L = Taille des paquets (bits)
- λ = Taux d'arrivée de paquet

Intensité de trafic = $L\lambda/R$



- $L\lambda/R \sim 0$: Délai moyen d'attente faible
- $L\lambda/R \rightarrow 1$: Les délais deviennent importants
- $L\lambda/R > 1$: entrée plus rapide que la sortie, file instable

Exemple de délais

```
tracert: Warning: www.google.fr has multiple addresses; using 173.194.34.31
tracert to www.google.fr (173.194.34.31), 64 hops max, 52 byte packets
 1  default-gw (131.254.1.1)  1.737 ms  0.293 ms  0.258 ms
 2  renater-gw-128 (131.254.128.9)  0.223 ms  0.225 ms  0.213 ms
 3  * * *
 4  te4-1-caen-rtr-021.noc.renater.fr (193.51.189.54)  7.405 ms  7.349 ms  7.439 ms
 5  te4-1-rouen-rtr-021.noc.renater.fr (193.51.189.46)  7.611 ms  7.360 ms  7.283 ms
 6  te0-0-0-1-paris1-rtr-001.noc.renater.fr (193.51.189.49)  9.231 ms  8.062 ms  9.724 ms
 7  te0-1-0-4-paris2-rtr-001.noc.renater.fr (193.51.189.174)  12.131 ms  11.986 ms  12.905 ms
 8  * * *
 9  193.51.182.197 (193.51.182.197)  7.479 ms  7.704 ms  7.662 ms
10  72.14.238.234 (72.14.238.234)  7.675 ms  7.827 ms  7.928 ms
11  209.85.242.45 (209.85.242.45)  8.158 ms  7.962 ms  8.044 ms
12  par03s02-in-f31.1e100.net (173.194.34.31)  7.736 ms  7.670 ms  7.629 ms
```

3 mesures de délais entre la src et le routeur

Pas de réponse du routeur ou perte

Perte de paquets

- La file d'attente au niveau des routeurs a une capacité limitée
- Si la file est pleine, tous les paquets qui arrivent sont supprimés
- Le paquet perdu => retransmission par la source, le nœud précédent ou pas de retransmission

Modèle en couche des protocoles

- Les réseaux sont complexes
- Différents acteurs/pièces qui constituent le système
 - Hôtes
 - Routeurs
 - Liens et différents médias
 - Applications
 - Protocoles
 - Hardware/Software
- Comment organiser la structure du réseau ?

Organisation d' un transporteur aérien

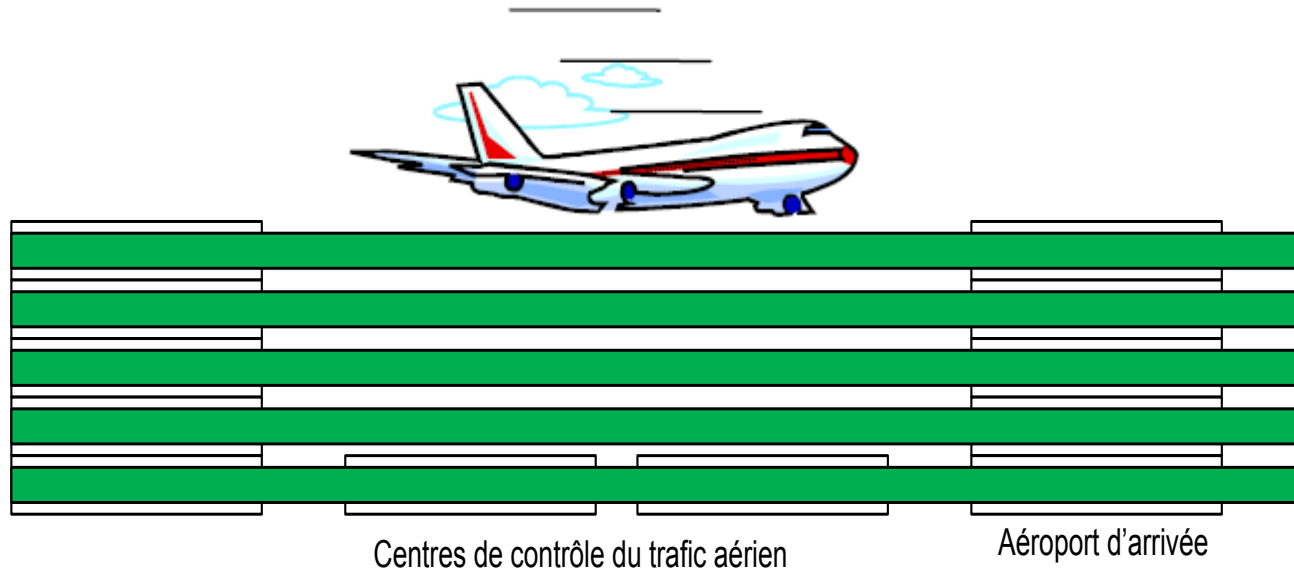
Ticket (achat)
Bagage (vérification)
Portes d' accès (charger)
Piste de décollage
Plan de vol

Ticket (plainte)
Bagage (réclamation)
Portes d' accès (décharger)
Piste d' atterrissage
Plan de vol

Plan de vol

Une série d' étapes

Les fonctionnalités des couches



- Couches : chaque couche offre un service
 - Via son action interne
 - Utilisant un service proposé par une couche adjacente

Pourquoi le modèle en couche ?

- Traiter des systèmes complexes
- Une structure définit explicitement, permet d'identifier la relation entre les pièces constituant le système
- Modularité => facilité de maintenance, facilité de m-a-j du système
 - La modification d'un service proposé par une couche n'affecte pas la couche adjacente
 - Ex. : changer la procédure d'embarquement n'affecte pas le reste du système

Les couches protocolaires - Internet

- **Application** : supporte les applications du réseau
 - FTP, SMTP, HTTP
- **Transport** : transport les messages de l'application entre les hôtes
 - TCP, UDP
- **Réseau** : acheminement des datagrammes (paquets) entre la source et la destination
 - IP, protocoles de routage
- **Liaison** : transfert de données entre éléments voisins d'un réseau
 - Ethernet, WiFi
- **Physique** : bits

| |
|-------------|
| application |
| transport |
| réseau |
| Liaison |
| physique |

L'encapsulation

