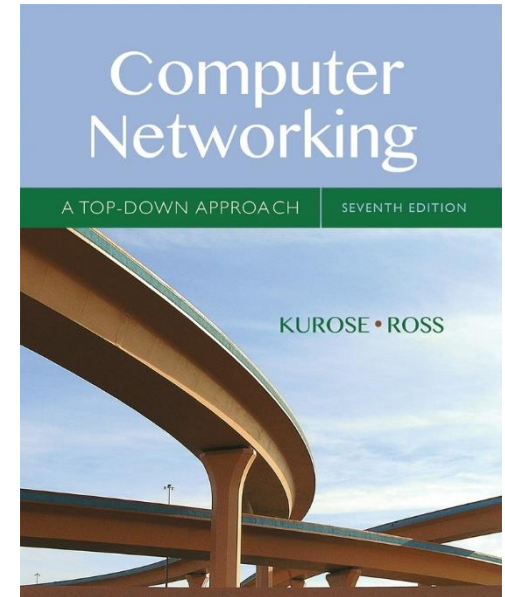


# Introduction

---



*Computer  
Networking: A Top  
Down Approach*  
7ème édition  
Jim Kurose, Keith Ross  
Addison-Wesley  
2017

# Chapitre I : introduction

## *Objectifs:*

- ❖ Terminologie
  - Détails pour plus tard
- ❖ approche:
  - l'exemple de « Internet »

## *sommaire:*

- ❖ Internet?
- ❖ Protocole?
- ❖ Réseaux d'accès; terminaux, liens
- ❖ Réseau d'infrastructure: commutation, transmission

# Chapitre I : première partie

## I.1 Qu'est ce que Internet?

## I.2 réseaux d'accès

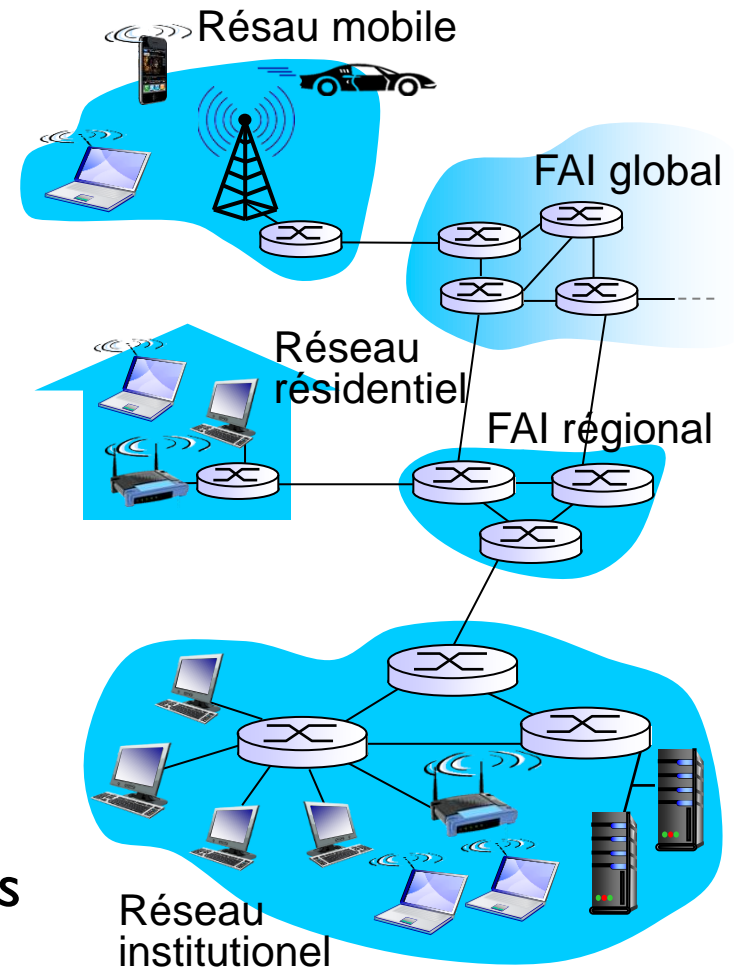
- terminaux,
- clients serveurs,
- liens

## I.3 réseau d'infrastructure

- commutation de paquets,
- commutation de circuits,
- structure du réseau

# Qu'est ce que l'Internet: vue concrète

- ❖ millions d'équipements connectés:
  - *hôtes* = *terminaux*
  - Exécutent des *apps réseaux*
- ❖ *liens de communication*
  - fibre, câble, radio, satellite
  - Taux de transmission: *bande passante*
- ❖ *Routeurs = passerelles = nœuds intermédiaires*: transfèrent les paquets



# Internet est partout



Amazon Echo



Réfrigérateur intelligent



Stimulateur cardiaque



Tweet-a-watt:  
Moniteur de puissance



Caméra de sécurité



Matelas avec capteurs



Réalité augmentée

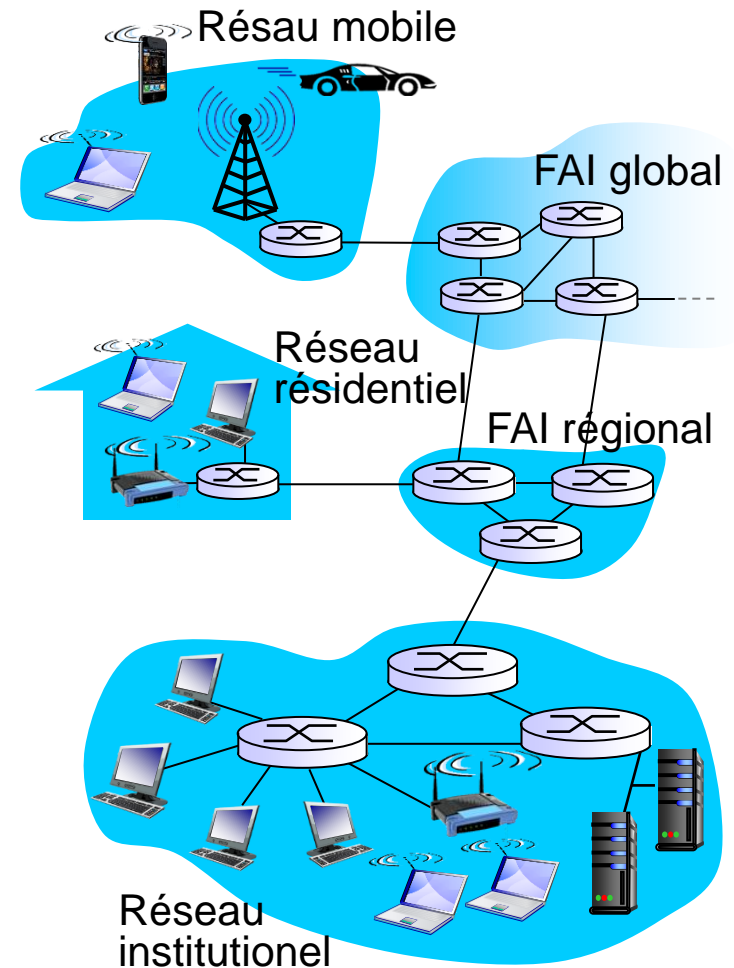
Téléphonie sur Internet



Fitbit

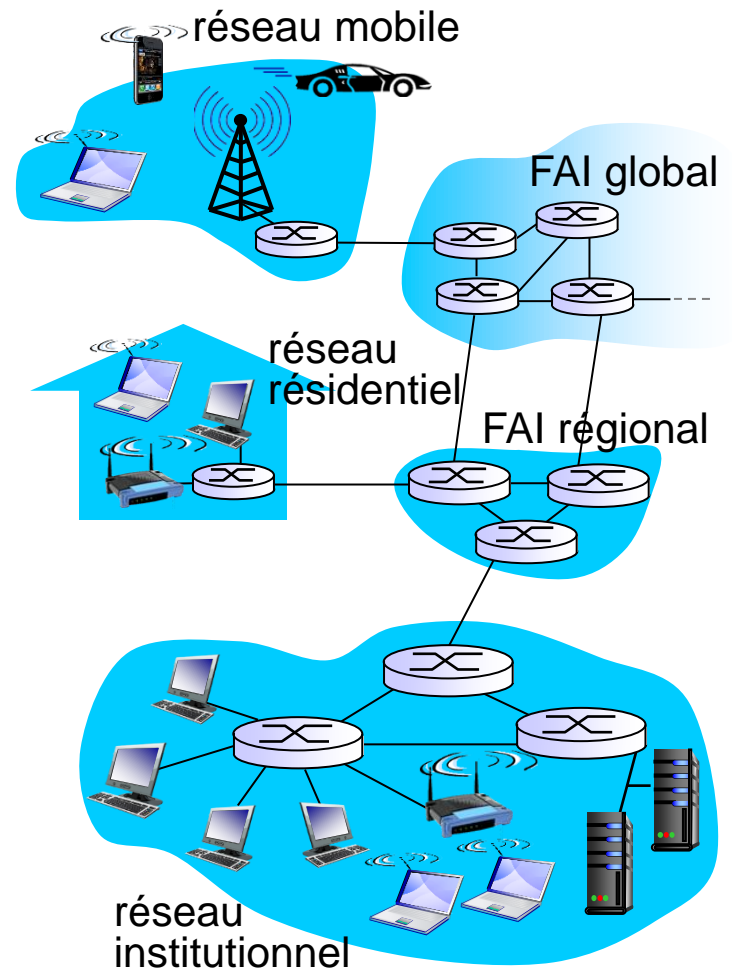
# Internet: une vue de base

- ❖ **Internet: “réseau de réseaux”**
  - hiérarchique
  - interconnexions de FAIs
- ❖ **protocoles** contrôlent émission /réception
  - e.g., TCP, IP, HTTP, Skype, Ethernet
- ❖ **standards d’Internet**
  - RFC: Request for comments
  - IETF: Internet Engineering Task Force



# Internet: une vue fonctionnelle

- ❖ *L'infrastructure de communication* permet des *apps distribuées*:
  - Web, VoIP, courriels, jeux, ...
- ❖ *Fournit des APIs*
  - permet aux applications de communiquer via Internet
  - fournit des services analogues à la **poste**



# Protocole?

## *protocoles humains:*

- ❖ “quelle heure est-il?”
- ❖ “J’ai une question”
- ❖ Introductions

...msgs spécifiques émis

...actions spécifiques prises  
quand les msgs sont  
reçus, ou autre  
événement

## *protocoles réseaux:*

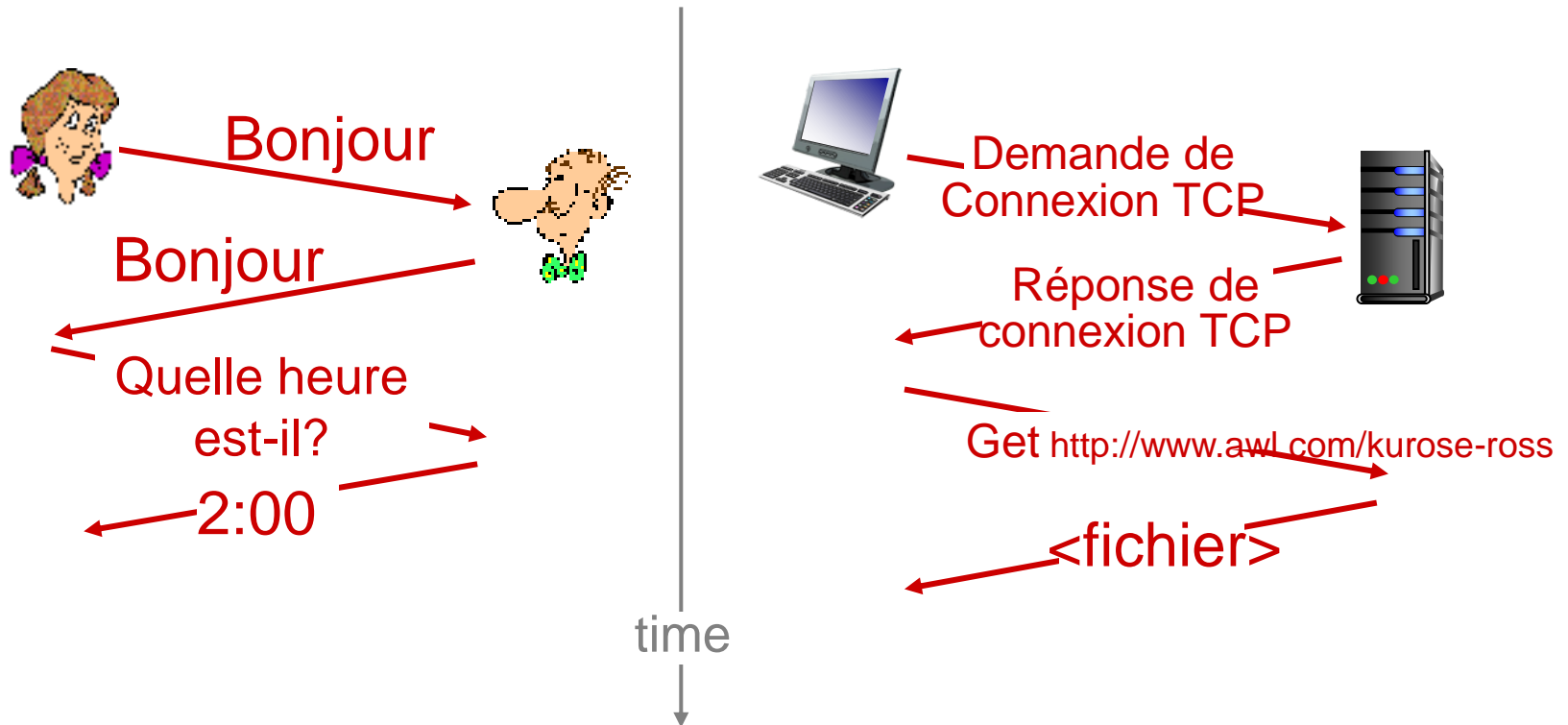
- ❖ machines et non humains
- ❖ Toute communication  
dans Internet est gérée  
par des protocoles

*protocoles définissent le **format**,  
l'**ordre** des **msgs échangés** entre  
les entités du réseau, et les  
**actions prises** au moment de  
leurs transmissions/réceptions*



# Protocole?

protocole humain et protocole réseau:



# Chapitre I : première partie

## I.1 Qu'est ce que Internet?

## I.2 réseaux d'accès

- terminaux,
- clients serveurs,
- liens

## I.3 réseau d'infrastructure

- commutation de paquets,
- commutation de circuits,
- structure du réseau

# Structure du réseau: vue rapprochée

## ❖ *Sur les bords du réseau:*

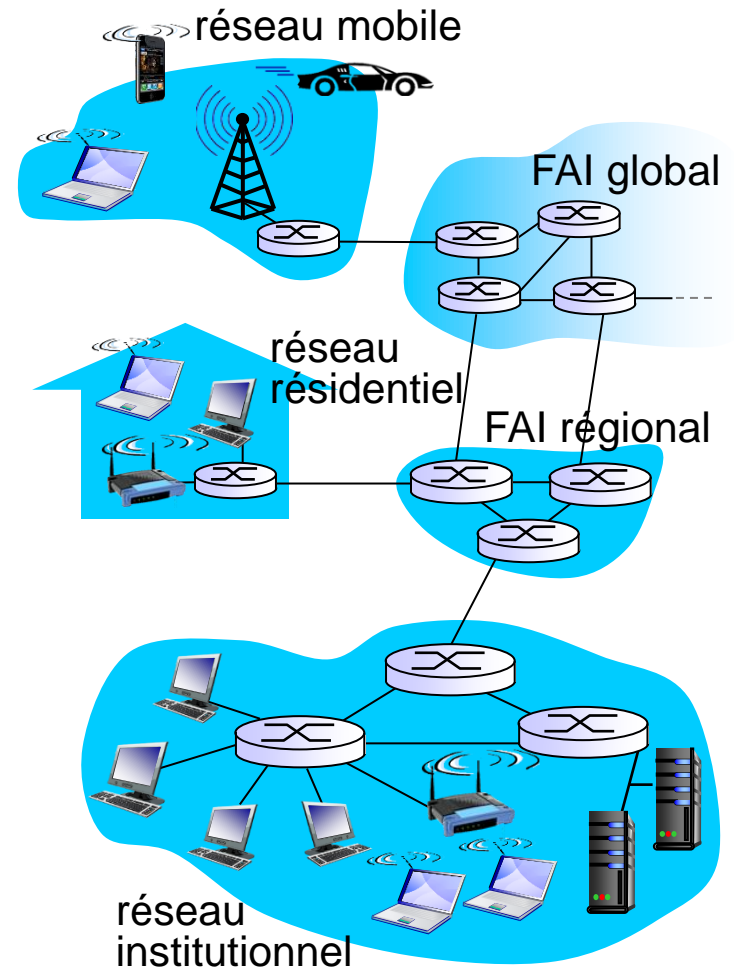
- hôtes: clients et serveurs
- Serveurs souvent dans les centres de données

## ❖ *Réseaux d'accès:*

- filaire, ou sans fil

## ❖ *Réseau d'infrastructure:*

- routeurs interconnectés
- réseau de réseaux



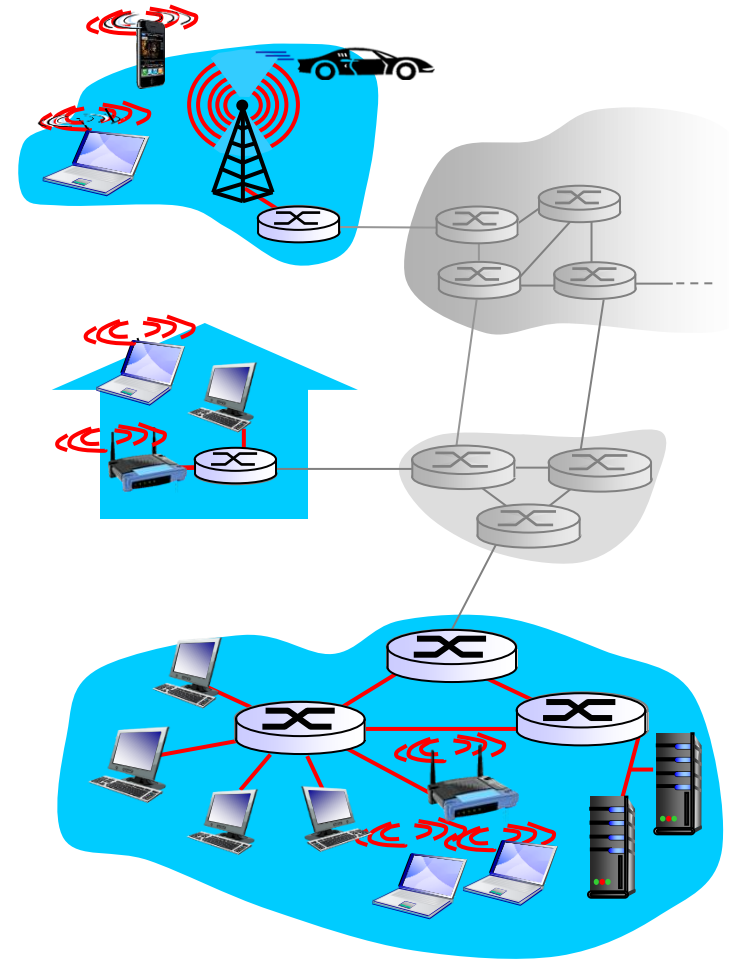
# Réseaux d'accès et média physique

*Q: Comment connecter un terminal au premier routeur?*

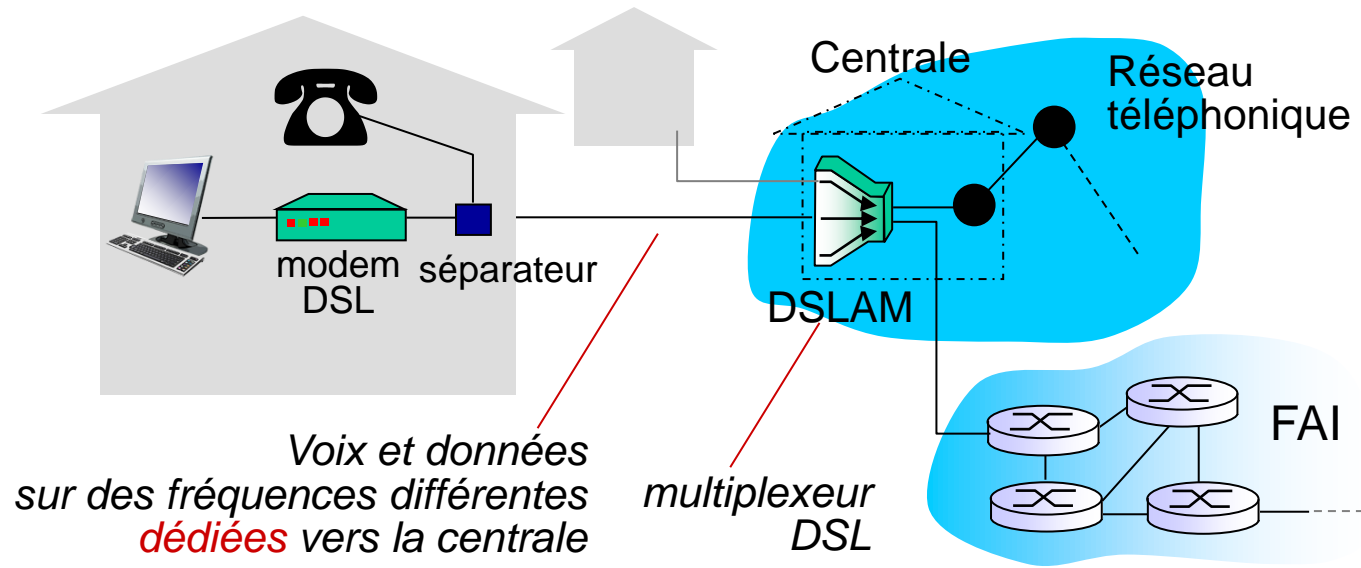
- ❖ réseau résidentiel, institutionnel, mobile

*Notes:*

- ❖ bande passante (bits par seconde) d'un réseau d'accès?
- ❖ Partagé ou dédié?

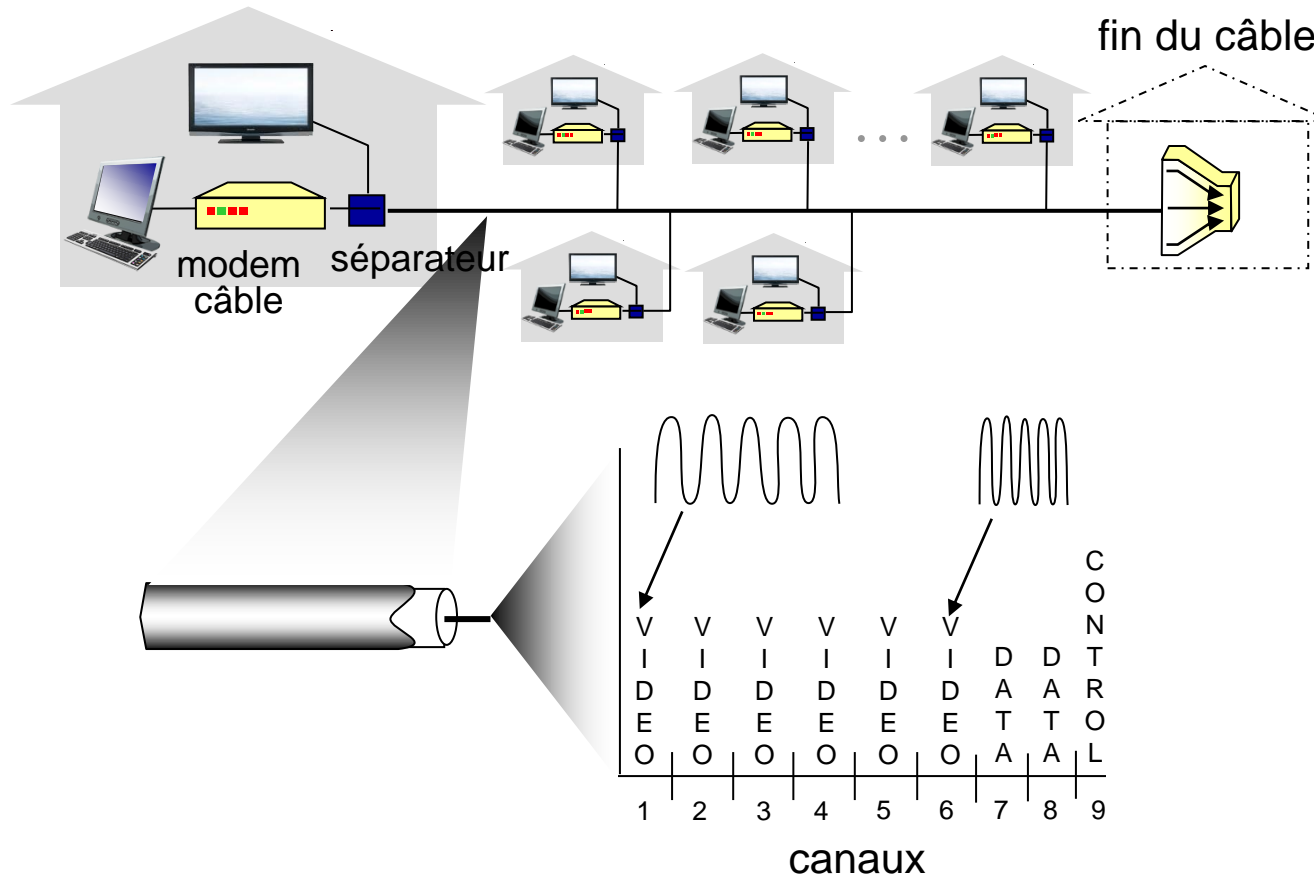


# Réseaux d'accès: DSL



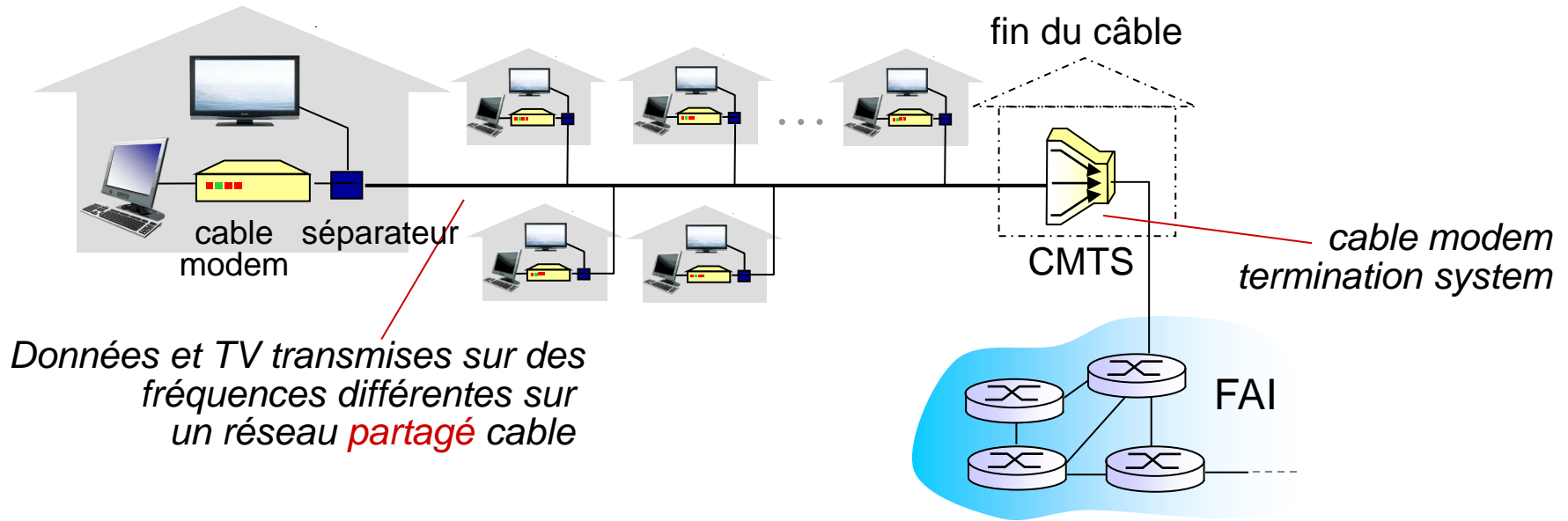
- ❖ Utilise les lignes téléphoniques existantes jusqu'au DSLAM
  - Séparation données et voix
  - < 15 Mbps taux montant
  - < 55 Mbps taux descendant

# Réseaux d'accès: réseau câblé



***Multiplexage par répartition de fréquence:*** transmission sur différentes bandes de fréquence

# Réseaux d'accès: réseau câblé



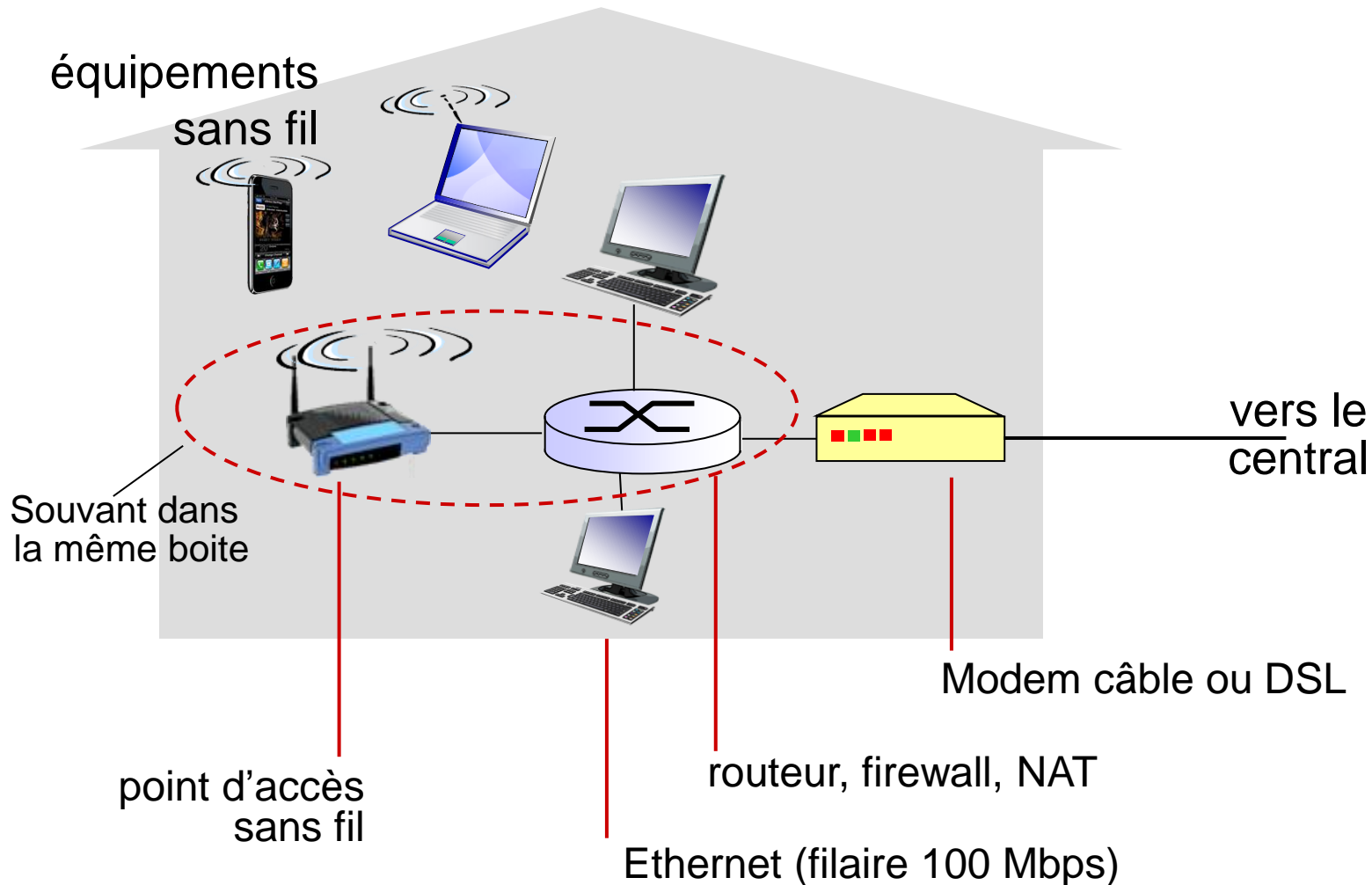
## ❖ HFC: hybrid fiber coax

- asymétrique: 42,8 Mbps descendant, 30,7 Mbps montant

## ❖ réseau de câble et de fibres reliant les maisons aux FAIs

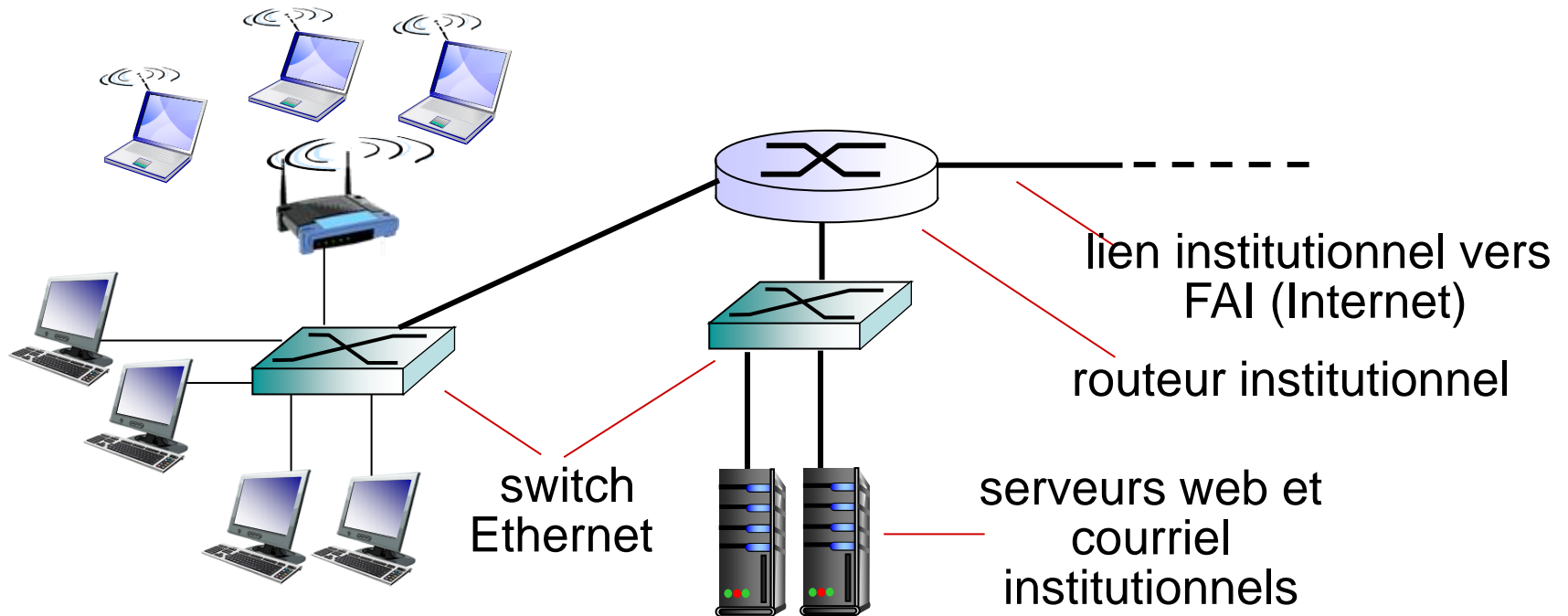
- Accès partagée par les maisons
- Différent de DSL (partagée vs. dédiée)

# Réseaux d'accès: un réseau résidentiel





# Réseaux d'accès: réseau d'entreprise



❖ entreprises, universités, etc

# Réseaux d'accès sans fil

## ❖ Accès sans fil partagé

- via une station de base alias “point d'accès”

### *LANs sans fil (WLAN):*

- Une trentaine de mètres
- 802.11b/g (WiFi): 11, 54 Mbps
- Bientôt 802.11ax: 11 Gbps



*vers Internet*

### *Réseau étendu sans fil (WWAN)*

- Fournit par les opérateurs téléphoniques, 10's km
- entre 1 et 100 Mbps
- 3G, 4G (LTE) et bientôt 5G



*vers Internet*

# Média physique

- ❖ lien physique
- ❖ support de transmission guidé:
  - les signaux se propagent sur un média solide
- ❖ support non guidé:
  - les signaux se propagent librement, ex. radio

## *paire torsadée (TP)*

- ❖ Deux fils de cuivre isolés
  - Catégorie 5: 100 Mbps, 1 Gbps Ethernet
  - Catégorie 6: 10Gbps



# Média physique : coax, fibre

## *câble coaxial:*

- ❖ Deux conducteurs de cuivre concentriques
- ❖ bidirectionnel
- ❖ Large bande:
  - plusieurs canaux sur le câble
  - HFC



## *fibre optique:*

- ❖ Fibre de verre transportant des impulsions lumineuses, impulsion = un bit
- ❖ Opère à haute vitesse:
- ❖ Taux d'erreur très bas:
  - peu de répéteurs



# Média physique: radio

- ❖ utilise le spectre électromagnétique
- ❖ bidirectionnel
- ❖ influencé par:
  - réflexion
  - obstruction par objets
  - interférence

## *Types de liaisons radio:*

- ❖ Micro-onde
- ❖ WLAN (ex., WiFi)
  - de 11 Mbps à 11 Gbps
- ❖ WWAN (ex., cellulaire)
  - 3G cellulaire: quelques Mbps
  - 4G : quelques dizaines de Mbps
  - 5G promet 1 à 10 Gbps
- ❖ satellite
  - Kbps à 45 Mbps
  - un délai de 270 msec
  - géostationnaire vs. orbite basse

# Chapitre I : première partie

## I.1 Qu'est ce que Internet?

## I.2 réseaux d'accès

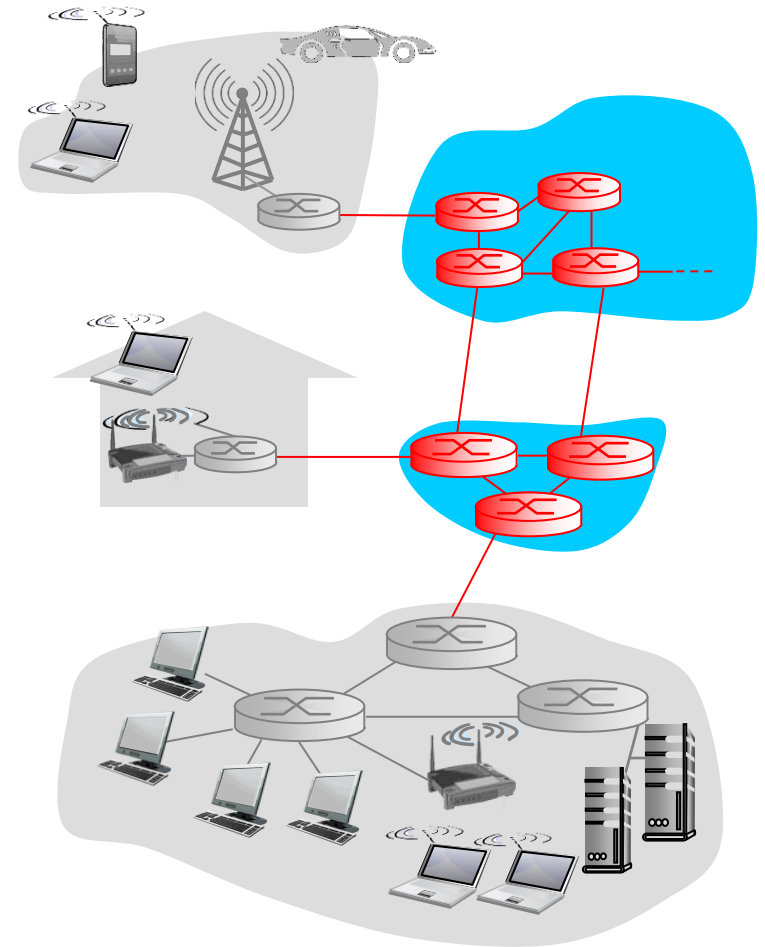
- terminaux,
- clients serveurs,
- liens

## I.3 réseau d'infrastructure

- commutation de paquets,
- commutation de circuits,
- structure du réseau

# Le réseau d'infrastructure

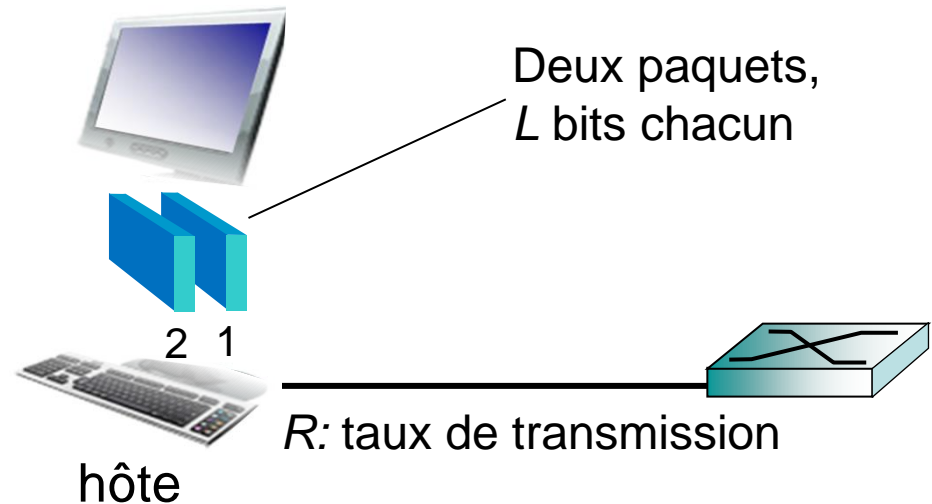
- ❖ un ensemble de routeurs interconnectés
- ❖ Mesures de performance
  - Taux de transmission (bande passante, capacité)
  - Délai
  - Perte



# Terminal: émet des *paquets* de données

Fonctionnement:

- ❖ Reçoit le message de l'app
- ❖ Divise en *paquets* ( $L$  bits chacun)
- ❖ transmet au réseau d'accès avec un *taux*  $R$



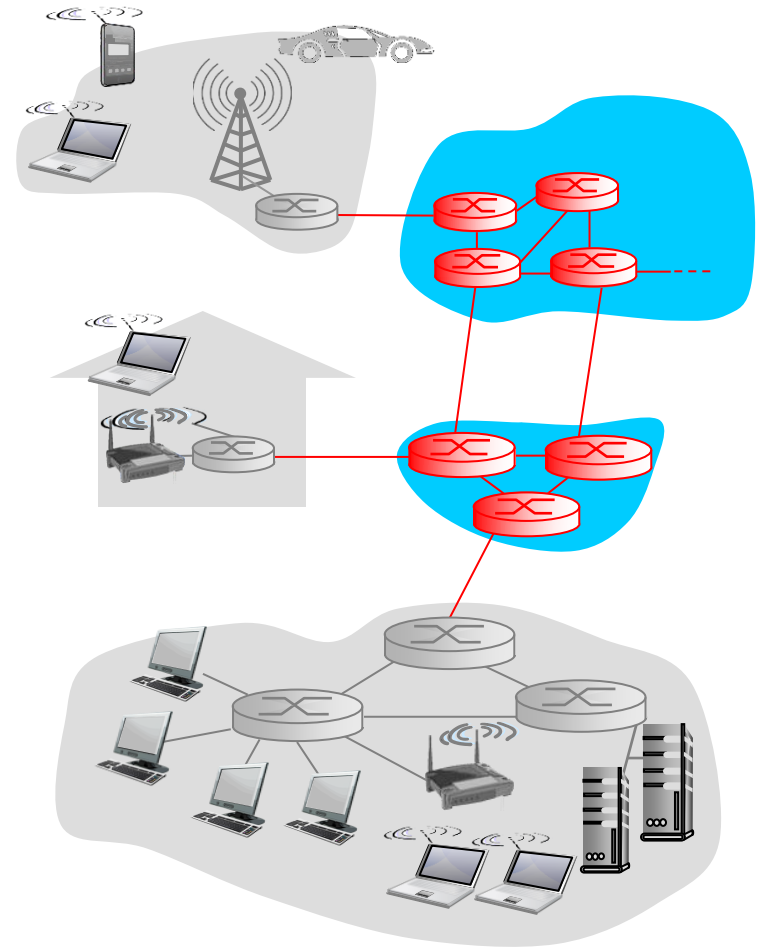
$$\begin{array}{l} \text{Délai de} \\ \text{transmission} \\ \text{du paquet} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Temps pour} \\ \text{transmettre paquet} \\ \text{de } L\text{-bit vers le lien} \end{array} = \frac{L \text{ (bits)}}{R \text{ (bits/sec)}}$$



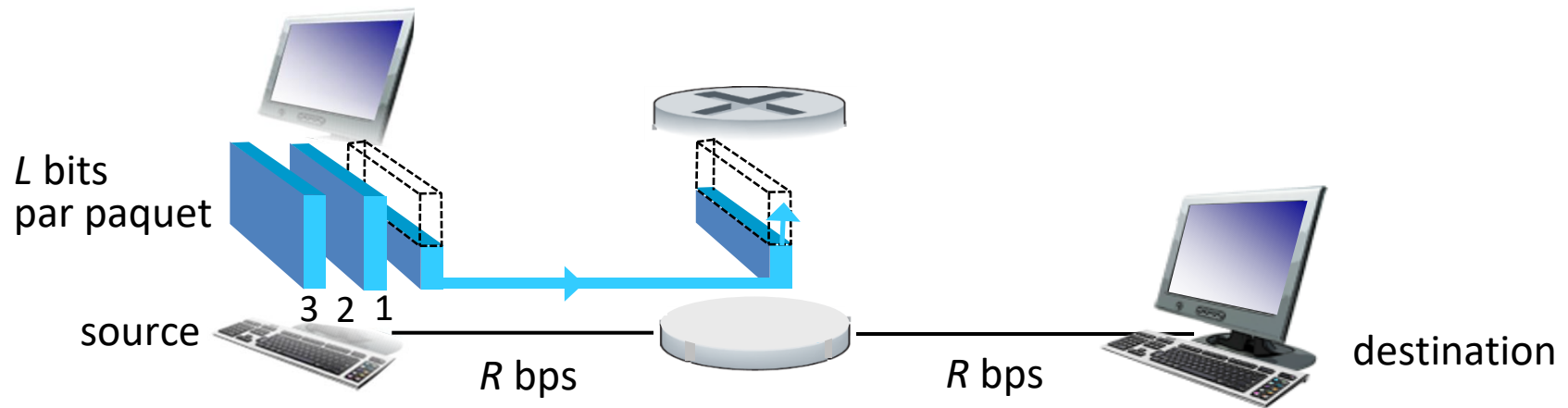
# Le réseau d'infrastructure: commutation de paquets

## ❖ commutation de paquets:

- les paquets transférés de routeur en routeur vers la destination
- Les paquets peuvent prendre des chemins différents
- chaque paquet utilise la capacité totale du lien



# Commutation de paquets: store-and-forward (mode différé)



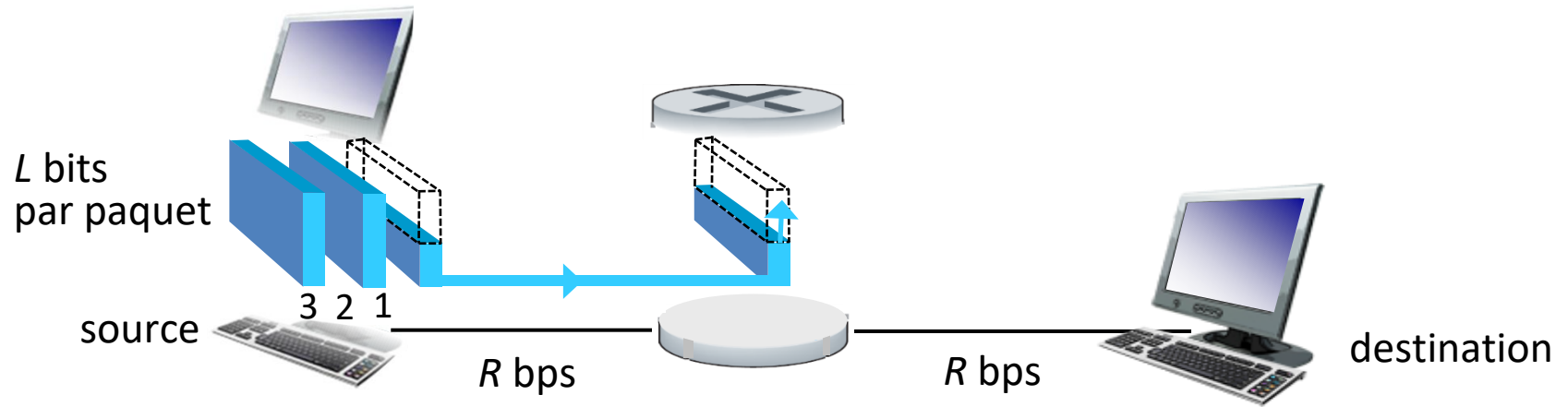
- ❖ prend  $L/R$  secondes pour transmettre tout le paquet au lien à  $R$  bps
- ❖ *store and forward*: tout le paquet doit arriver au routeur avant le transfert vers l'autre lien
- ❖ délai =  $2L/R$  (en supposant un délai de propagation nul)

*exemple numerique (1 saut):*

- $L = 7.5$  Mbits
- $R = 1.5$  Mbps
- délai pour un saut=5sec

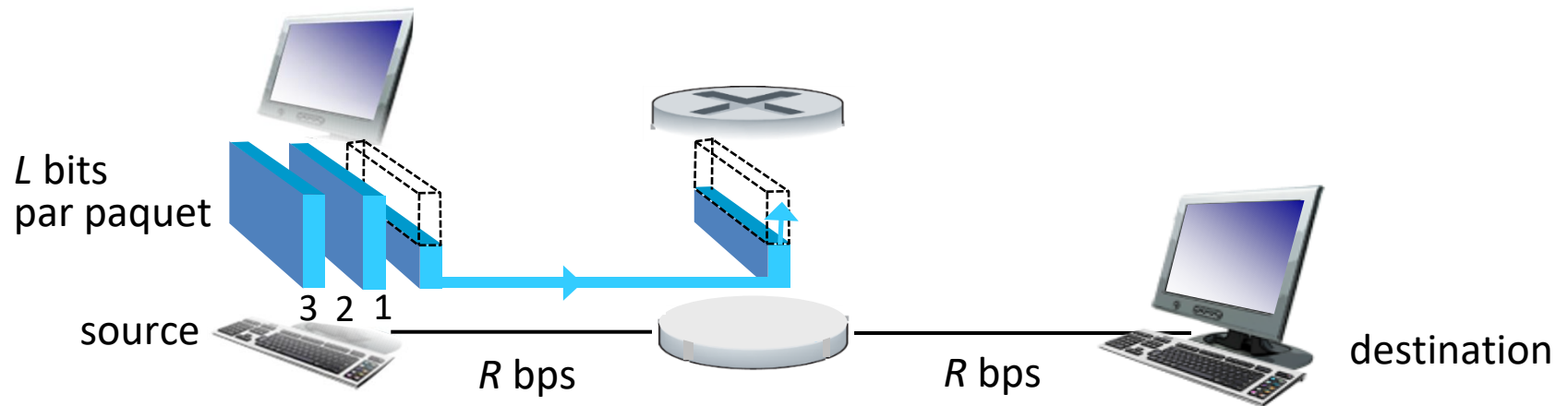
} tout sur les délais prochainement

# Question



- ❖ Donnez la formule si
- L'émetteur envoie  $P$  paquets
  - $N$  liens successifs sépare l'émetteur et le récepteur

# Question



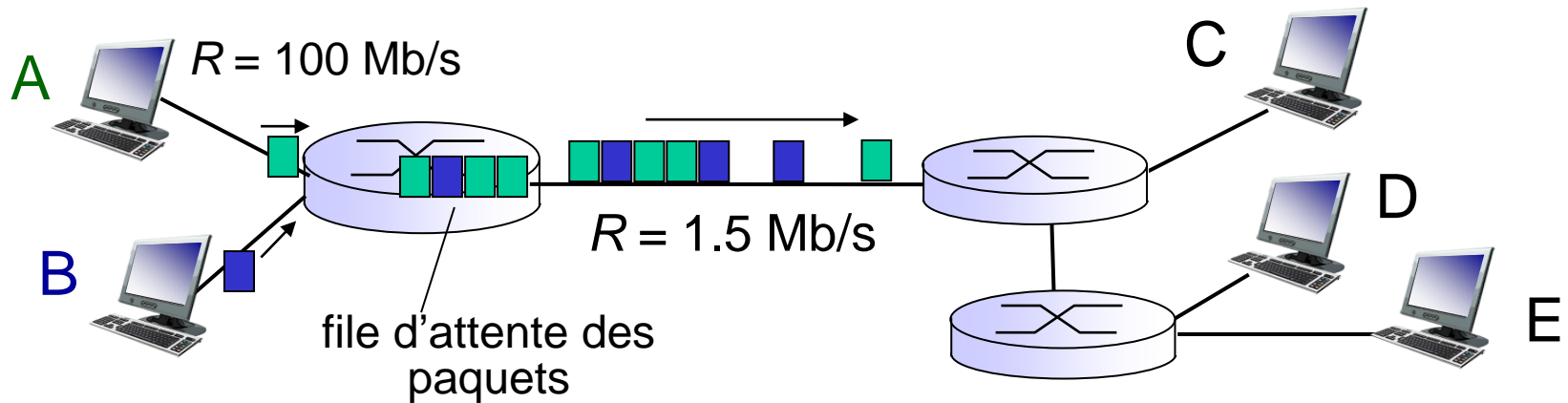
## ❖ Donnez la formule si

- L'émetteur envoie  $P$  paquets
- $N$  liens successifs séparent l'émetteur et le récepteur

## ❖ Réponse:

- Paquet 1 arrive à  $N L/R$
- Paquet 2 arrive à  $(N+1)L/R$
- Paquet 3 arrive à  $(N+2)L/R$
- .
- .
- .
- Délai =  $(N+P-1) L/R$

# Commutation de paquets : délai dans la file, perte



## file d'attente et perte:

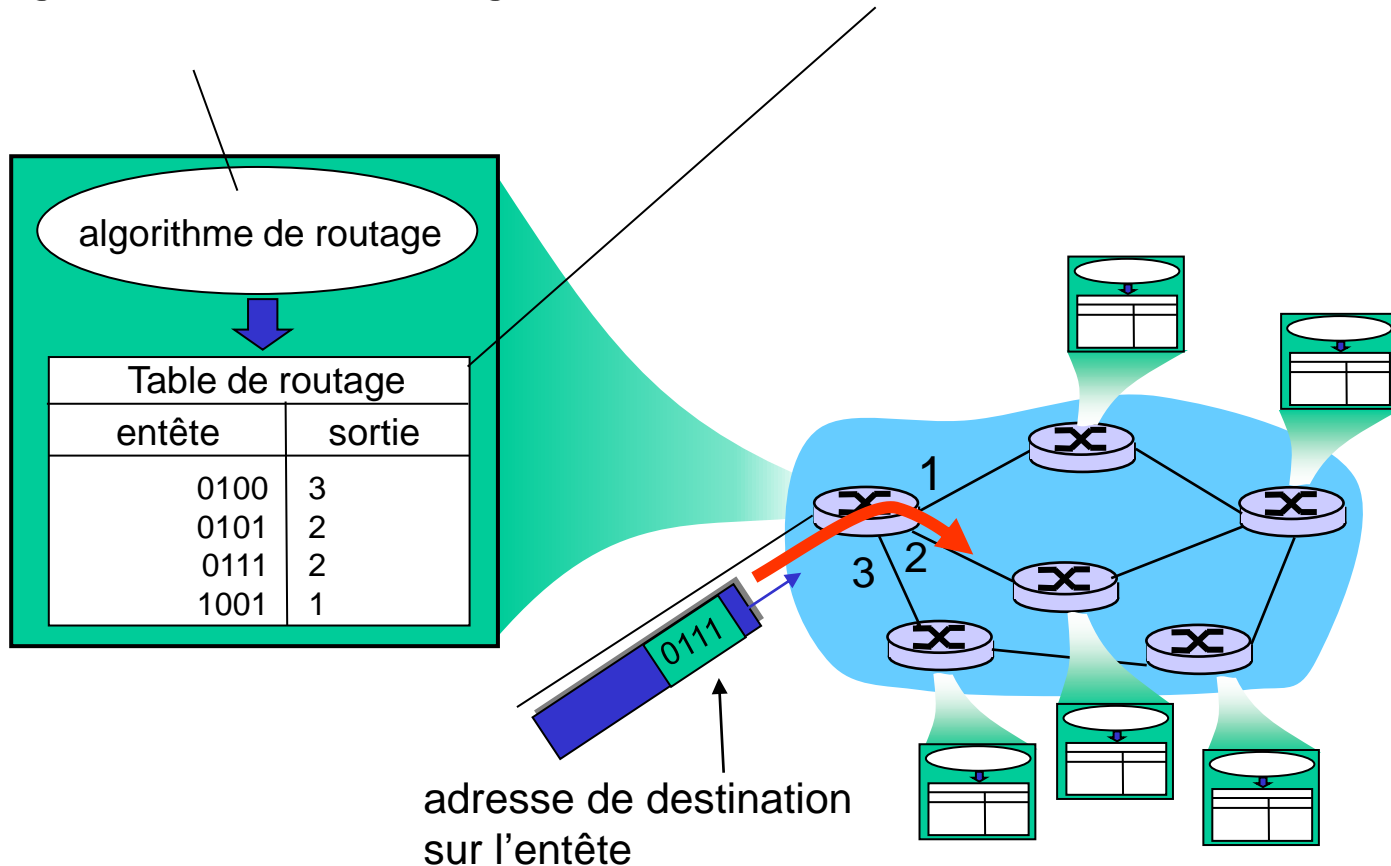
- ❖ Si le taux d'arrivée est supérieur au taux de transmission:
  - paquets vont se mettre dans la file d'attente
  - paquets supprimés si file pleine

# Commutation de paquets : acheminement

**routing:** déterminer les routes entre sources et destinations

- *algorithmes de routage*

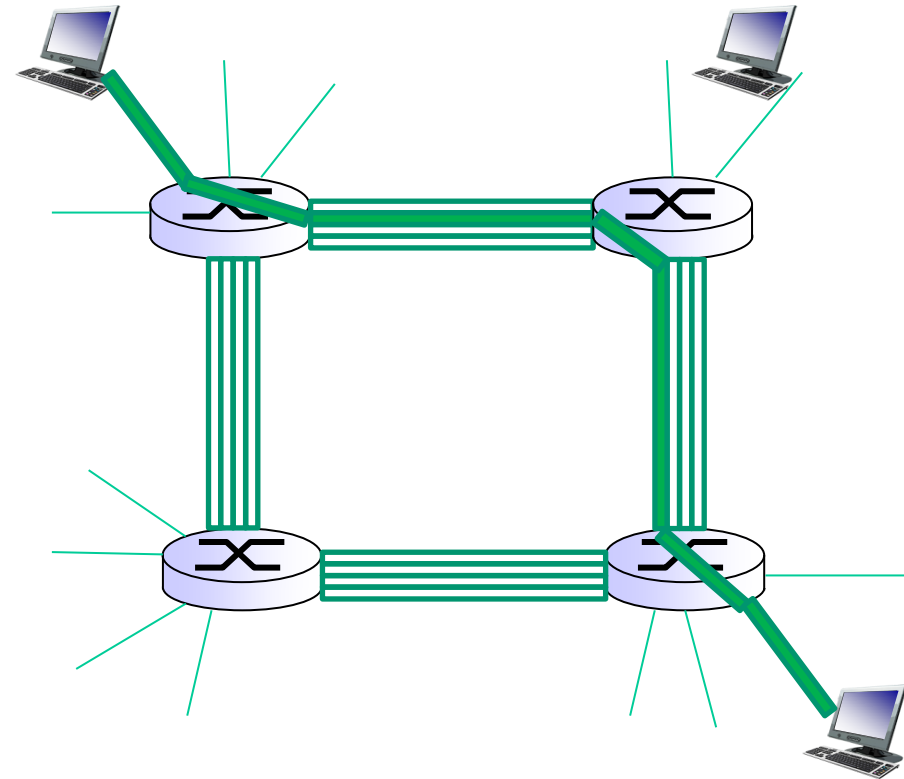
**Acheminement:** passer les paquets de l'entrée vers la bonne sortie



# Commutation de circuits

## Réservation des ressources de bout en bout

- ❖ **Avantage: ressources dédiées**
  - pas de partage
  - performances garanties
- ❖ **Inconvénients**
  - Sous-utilisation
  - besoin d'établissement de connexion

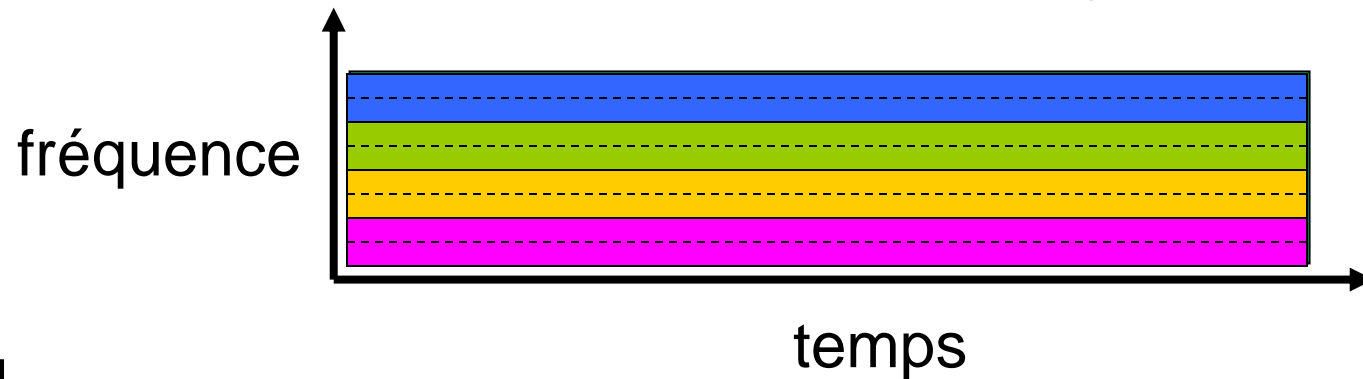


# Commutation de circuits: FDM vs. TDM

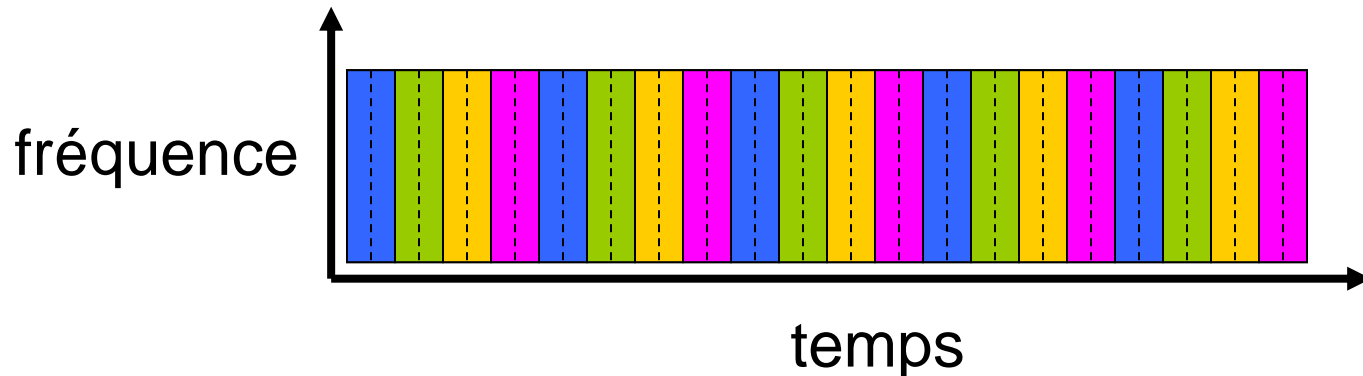
FDM

Exemple:

4 usagers ■ ■ ■ ■



TDM





# Exemple numérique

Quelle est la durée nécessaire pour transmettre 640,000 bits de A vers B sur un réseau à commutation de circuits?

- ❖ Tous les liens sont à 1.536 Mbps
- ❖ Chaque lien utilise TDM avec 24 slots/sec
- ❖ 500 msec pour établir un circuit

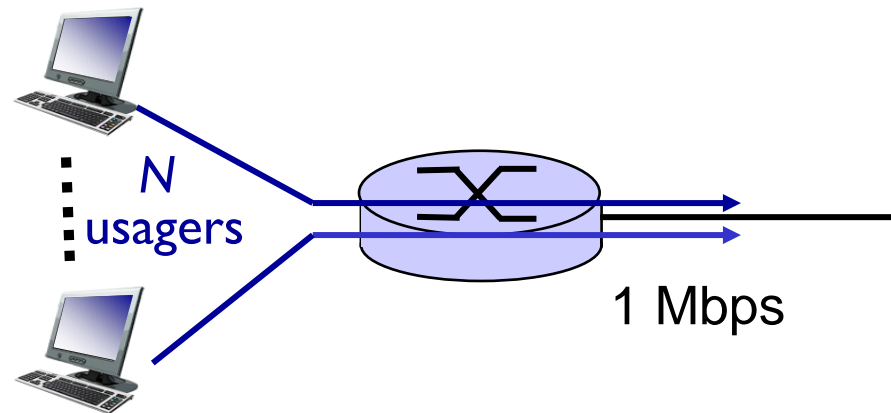
Alors!

# Commutation: Paquet vs. Circuit

*Commutation de paquets permet plus d'utilisateurs dans le réseau!*

exemple:

- lien à 1 Mb/s
- chaque utilisateur:
  - 100 kb/s si “actif”
  - actif pendant 10% du temps



❖ *Commutation de circuits:*

- 10 utilisateurs

❖ *Commutation de paquets:*

- avec 35 utilisateurs, probabilité  $> 10$  actifs en même temps est moins que 0.0004

# Commutation: Paquet vs. Circuit

---

Est-ce que la commutation de circuits est déjà “KO?”

- ❖ Paquet: Très bon pour le trafic sporadique
  - Partage de ressources
  - Plus simple, pas d'établissement de connexion
- ❖ Paquet: **congestion excessive possible**: délai et perte
  - Besoin de protocoles pour un transfert fiable de données, contrôle de congestion
  
- ❖ **Q: Comment imiter une commutation de circuits?**
  - certaines applications ont besoin d'une garantie de bande passante
  - un grand défi de recherche