

# Communication et fonctionnement bas niveau - R2.04

## Architecture des réseaux

### Cours

Michel Salomon

IUT Nord Franche-Comté  
Département d'informatique

basé sur un cours de Frédéric Suter

### Ouvrage de référence

*Computer Networking : A Top-Down Approach*

Jim Kurose and Keith Ross. Addison-Wesley.

# Plan des savoirs réseaux étudiés en R2.04

- **Introduction et notion de pile protocolaire**

Qu'est-ce qu'Internet ? ; Structure ; Modèle ; Histoire

- Étude des différentes couches de la pile

- Couches hautes  $\Rightarrow$  vues en *Intro. aux services réseaux - R2.05*

- Couche Application

Principe des applications ; *World Wide Web* ; etc.

- Couche Transport

Protocoles TCP et UDP

- Couches basses

- Couche Réseau  $\Rightarrow$  à cheval sur les *R2.04 et R2.05*

Routage  $\rightarrow$  Internet Protocol v4 (IPv4) et v6 (IPv6)

- Couches Liaison de Données et Physique  $\Rightarrow$  vues en *TD*

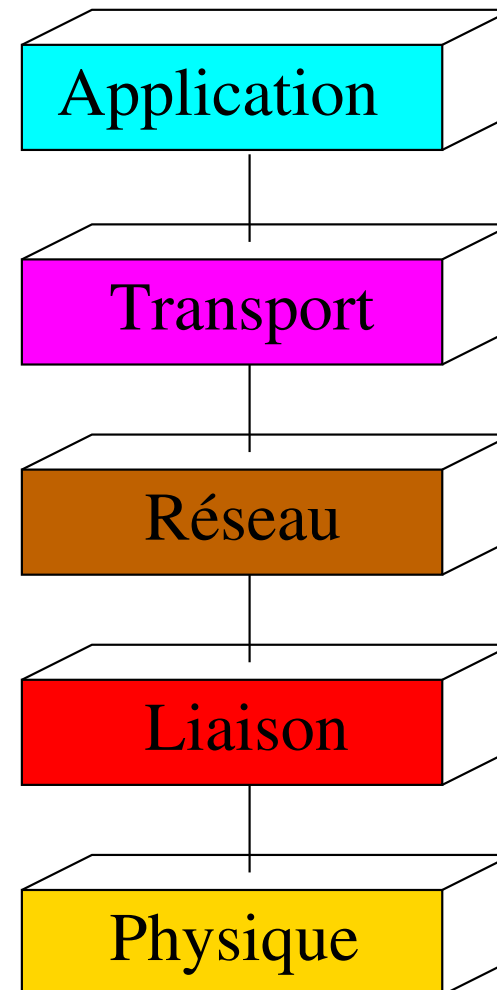
Transmission  $\rightarrow$  Ethernet ; Supports et codage des bits

# Pile (hybride) des protocoles Internet - Première analyse

Hybride entre les modèles OSI (7 couches) et TCP/IP (4 couches)

## Description du rôle de chaque couche

- Utiliser des applications
- Communiquer des données structurées
- Connecter deux réseaux
- Connecter deux ordinateurs d'un même réseau
- Envoyer des signaux

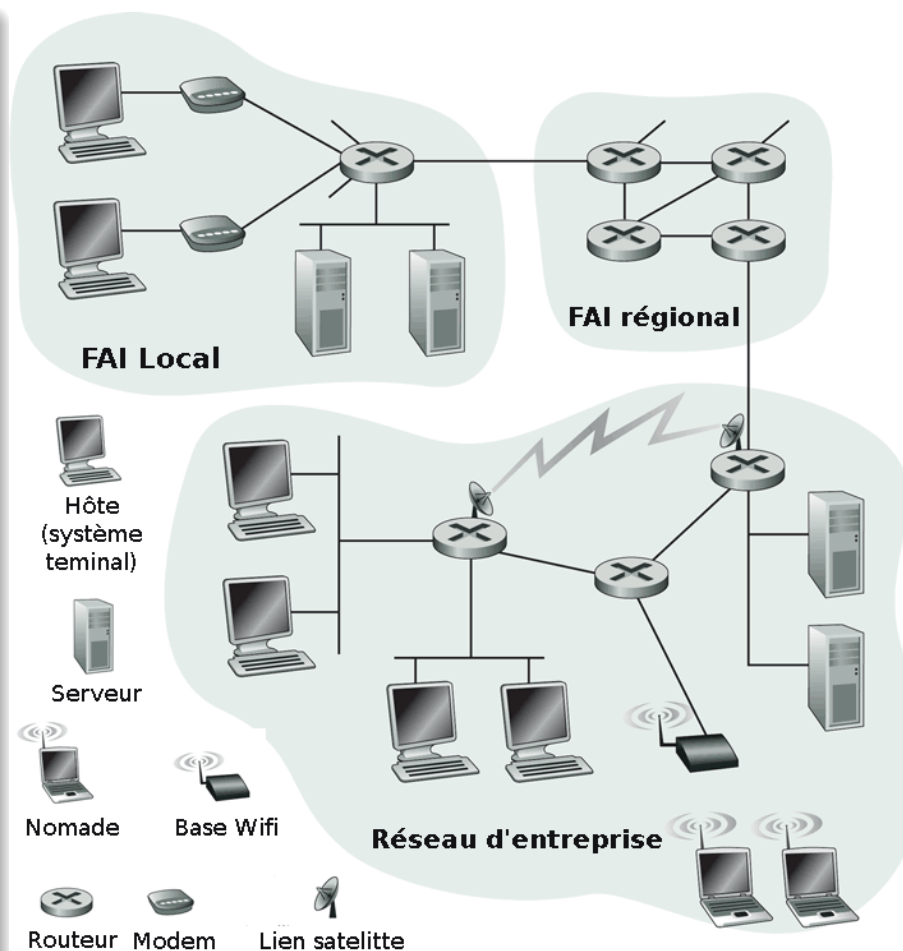


# Introduction

- Qu'est-ce qu'Internet ?
- Structure d'un réseau et d'Internet
- Performances dans les réseaux à commutation de paquets
- Modèle(s) de communication en couches
- Historique

# Vue globale d'Internet

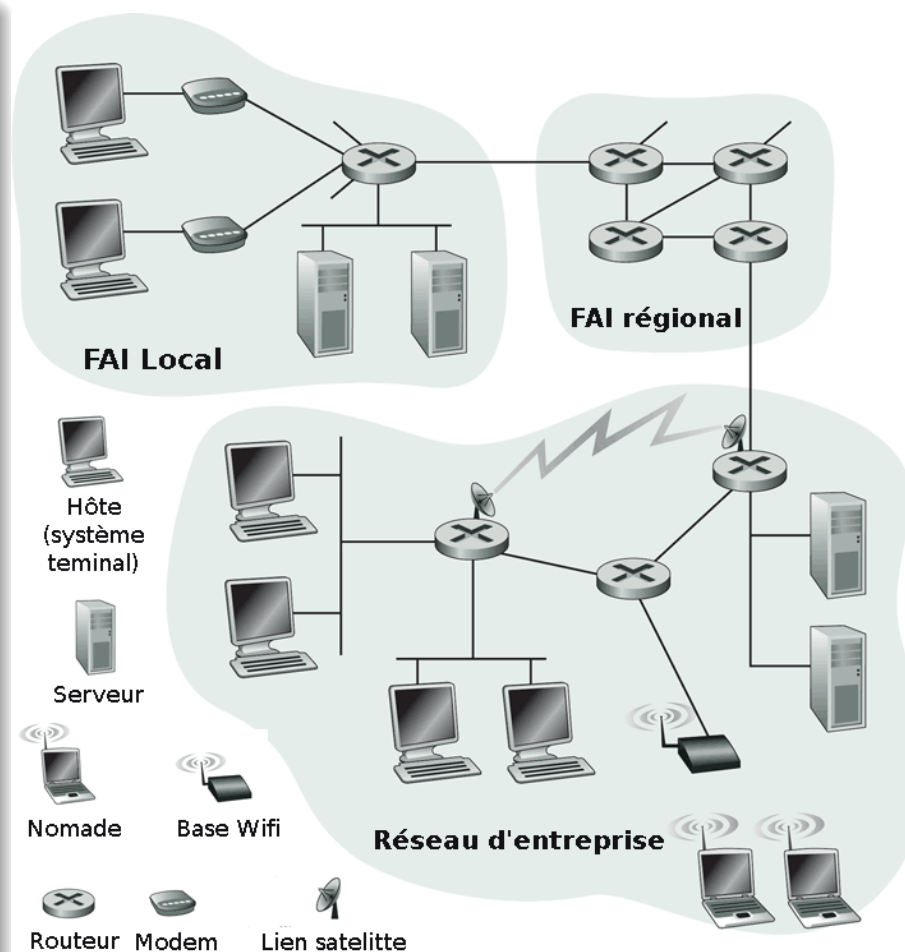
- Connexion de milliards d'appareils
  - **Hôtes** ou **systèmes terminaux** ;
  - exécutant des **appli. réseau**
- via des **canaux de transmission**
  - Ondes électromagnétiques
  - **Débit** ou **taux de transfert** (par abus bande passante) exprimé en bit/s, b/s ou bps
- interconnectés par des **routeurs**
  - Acheminent les informations ;
  - découpées en **paquets**



Réseau = un ensemble de nœuds reliés par un ensemble de chemins

# Vue globale d'Internet

- Communications contrôlées par des **protocoles**
  - Émissions et réceptions
  - HTTP, FTP, TCP, IP, etc.
- **Internet : réseau des réseaux**
  - Faiblement hiérarchique
  - Public (extranet) *versus* privé (intranet)
- Standards Internet
  - Non prolifération des protocoles
  - *Internet Engineering Task Force*



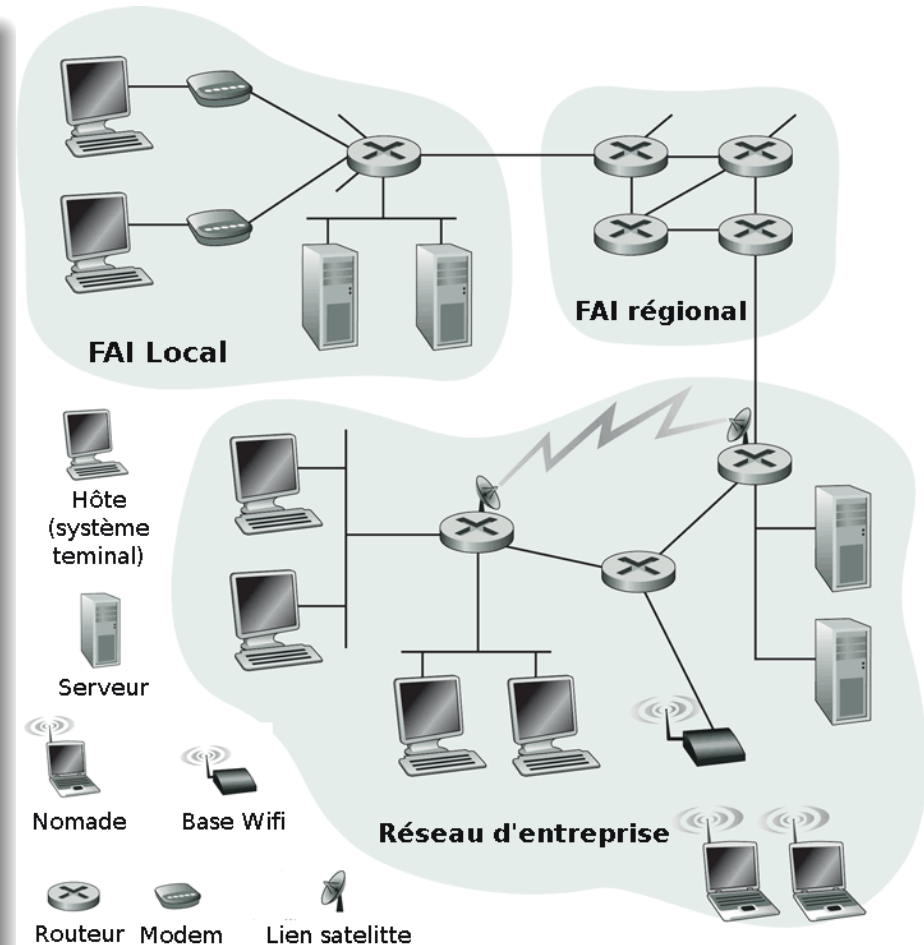
# Internet : une infrastructure fournissant des services

- Des **applications distribuées**

- *World Wide Web*
- Courrier électronique
- Messagerie instantanée
- Transfert de fichiers
- Partage de fichiers, ressources
- Jeux en réseaux

- utilisant deux types de **services de communication**

- 1 Non-connecté, non-fiable
- 2 Connecté, fiable
  - *Handshake* → poignée de main



# Qu'est-ce qu'un protocole réseau

## Protocoles humains

- Quelle heure est-il ?
- Poser une question
- Conversation téléphonique
- ⇒ Envoi de messages spécifiques
- ⇒ Actions spécifiques en réponse
  - à des messages reçus ;
  - à des évènements

## Conversation téléphonique

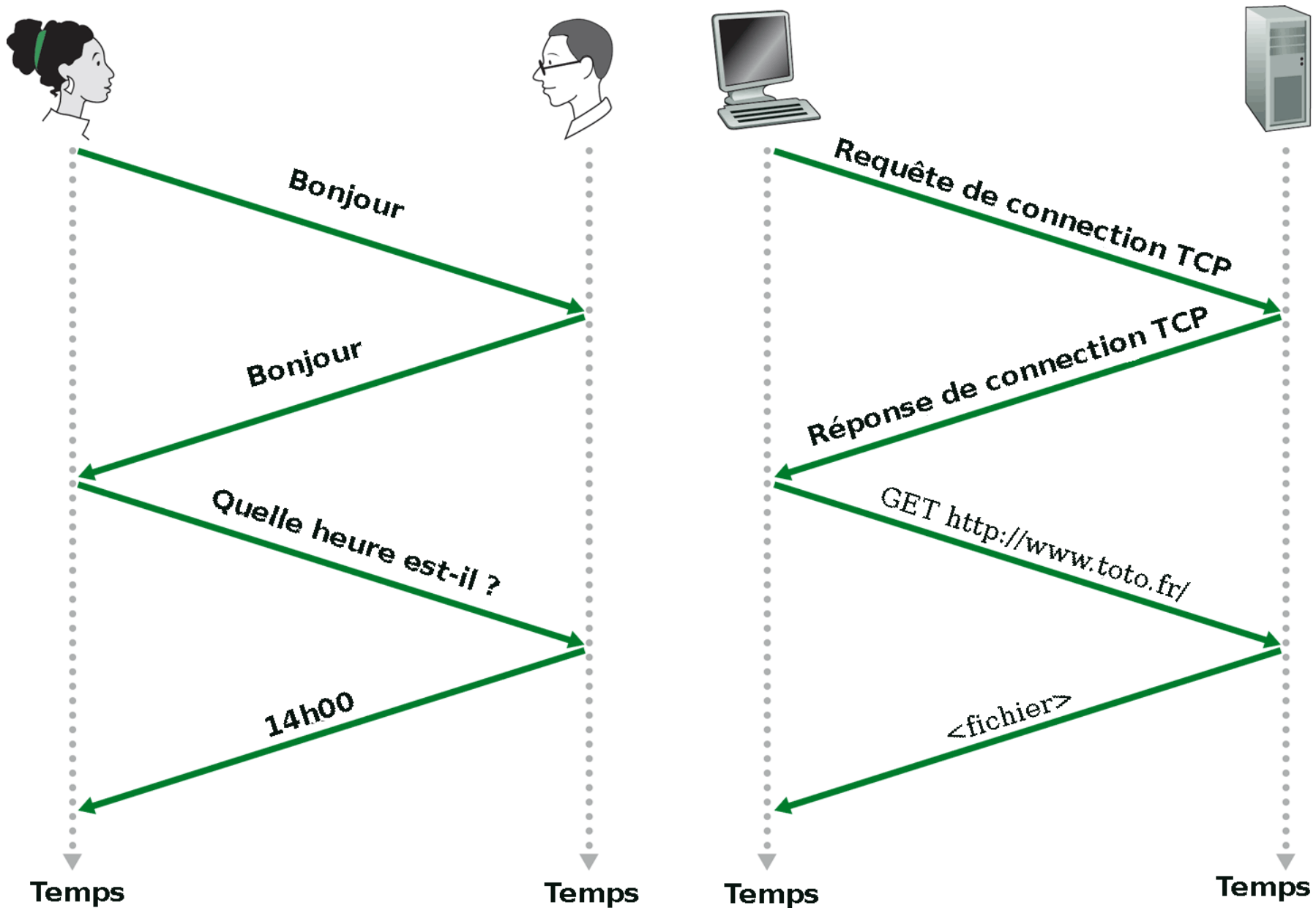
- 1 L'appelant décroche
- 2 Attend la tonalité et numérote
- 3 Tonalité libre ; signal d'écho
- 4 Le téléphone de l'appelé sonne
- 5 L'appelé décroche
- 6 Protocole social

Deux matériels communicants doivent suivre les mêmes protocoles

- Avoir les **mêmes règles d'échange**
  - ordre des envois/réceptions et actions associées
- et de **format de messages**

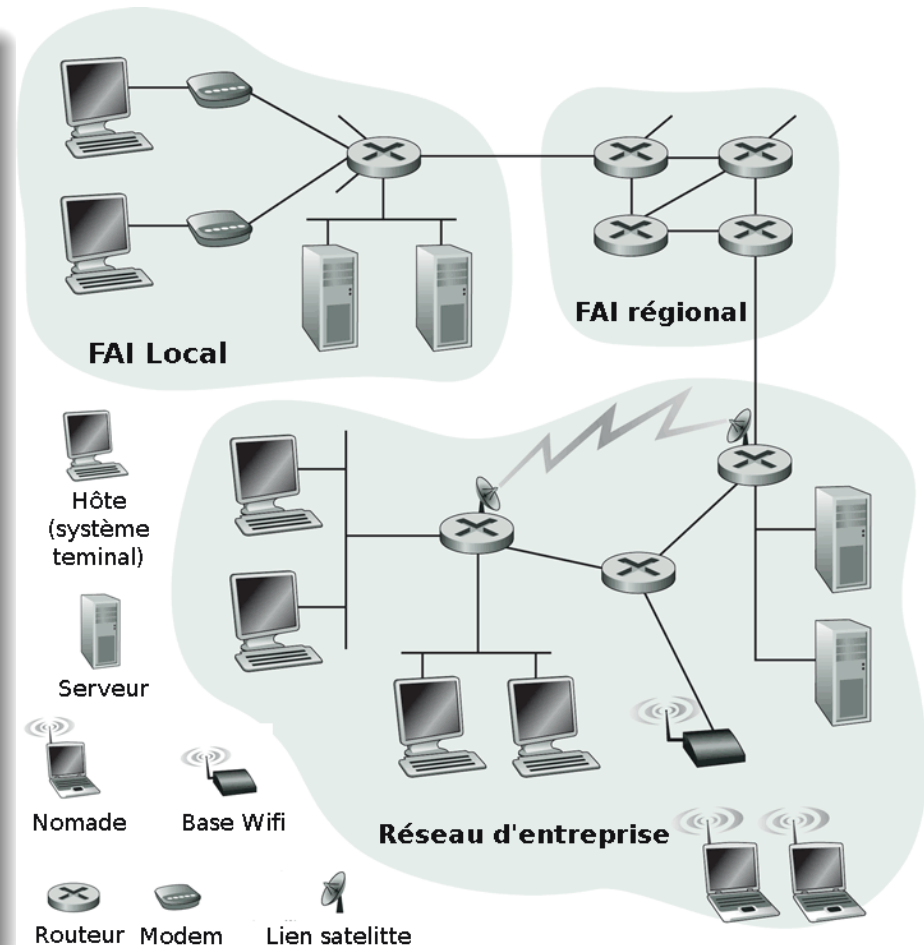


# Illustration de la notion de protocole



# Structure du réseau

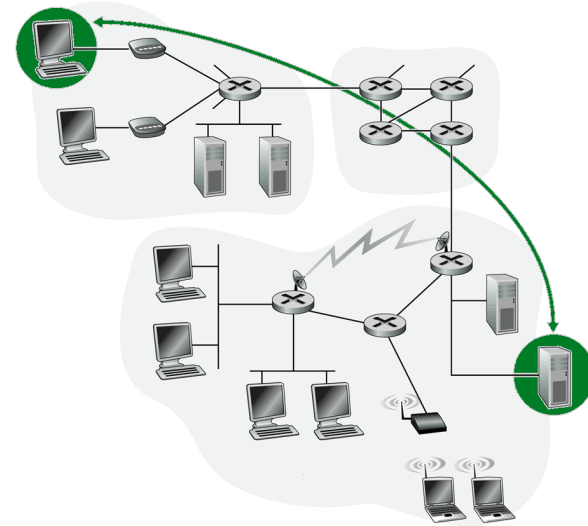
- Bords du réseau (**extrémités**)
  - Applications et hôtes
  - Ordinateurs, imprimantes, etc.
- Réseau d'accès (**lien**)
  - Relie les hôtes à un réseau d'interconnexion
  - xDSL, Ethernet, WiFi, 3G (UMTS), 4G, 5G, etc.
- Réseau d'interconnexion (**cœur**)
  - Routeurs
  - ATM, Internet, etc.



# Les bords du réseau

## Les hôtes (systèmes terminaux)

- exécutent des applications ;
- Web, courrier électronique, etc. ;
- aux extrémités du réseau



- Modèle **Client/Serveur**

- Les hôtes **clients** émettent des **requêtes vers des serveurs** ;  
exemple : navigateur Internet (Firefox, Edge, Opera, Safari, etc.),
- Les hôtes **serveurs** (toujours actifs) **fournissent des services** ;  
exemple : serveur Web ([www.univ-fcomte.fr](http://www.univ-fcomte.fr), etc.)

- Modèle **Pair-à-Pair**

- Peu ou pas d'hôtes serveurs
- Exemple : Gnutella, BitTorrent, etc.

# Service avec connexion - *Transmission Control Protocol*

## Transfert fiable de données entre hôtes

- Contrôle de l'état des hôtes qui communiquent
  - Si le destinataire est actif, l'acheminement est garanti
- Fonctionnement
  - 1 Établissement d'une connexion
  - 2 Transfert des données
  - 3 Rupture de la connexion
- Établissement et rupture de connexion
  - Utilisation de poignées de main (*handshakes*)

## Applications basées sur TCP

- Web ; Courrier électronique ;
- Transfert de fichiers ; Connexion à distance

# Service sans connexion - *User Datagram Protocol*

## Transfert non fiable de données entre hôtes

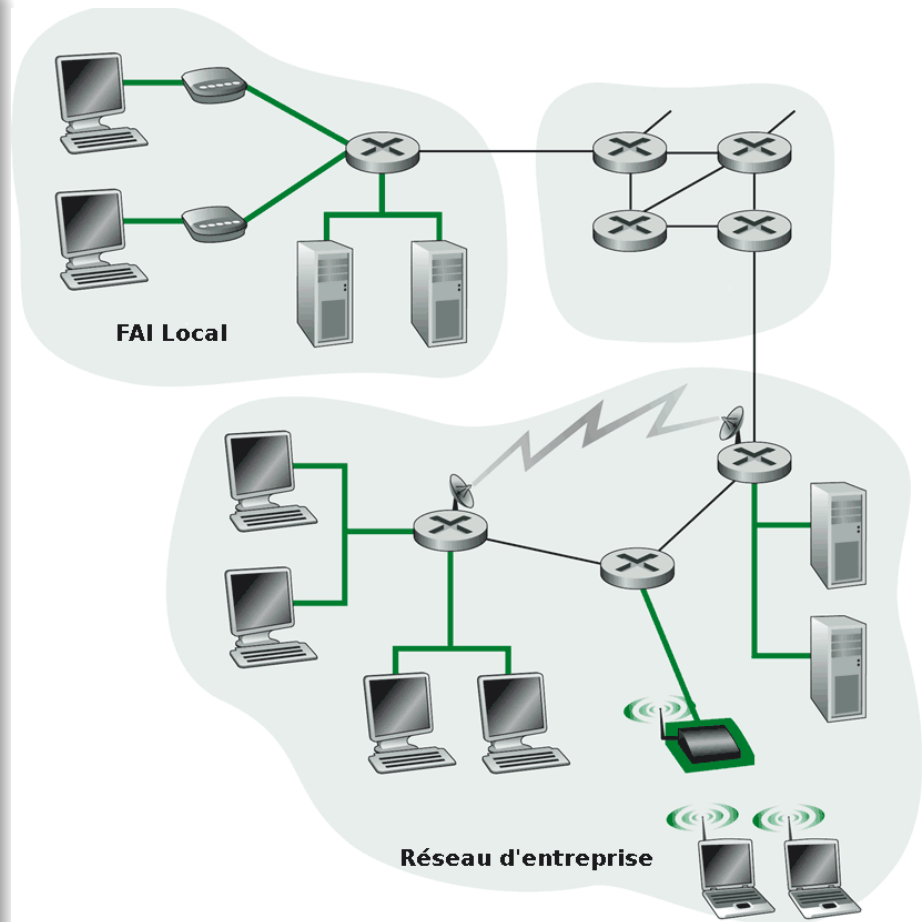
- Pas de contrôle de l'état des hôtes qui communiquent
  - L'acheminement des données n'est pas garanti
- Quel est son intérêt ?
  - Transmettre rapidement des données ;
  - la perte éventuelle d'une partie ayant un impact négligeable

## Applications basées sur UDP

- Flux multimédia (*streaming*)
- Jeux en réseau
- Téléphonie sur Internet (*VoIP*)
- Vidéo à la demande (*VoD*)

# Réseau d'accès

- Connecte les hôtes aux routeurs d'accès au réseau d'interconnexion
  - Accès domestiques
  - Accès en institutions
    - Entreprise ;
    - bibliothèque ;
    - école, université ;
    - etc.
  - Accès nomades
- Caractéristiques
  - Débit ?
  - Partagé ou dédié ?



# Accès domestiques - Technologies "cuivre"

## Accès par modem téléphonique

- Accès direct au routeur jusqu'à 56 kbps (généralement moins)
- Accéder à Internet et téléphoner en même temps est impossible

## Accès par modem / box *Asymmetric Digital Subscriber Line*

- Débit descendant (usager ← réseau) ADSL2+ : plus de 20 Mbps
- Débit montant (usager → réseau) ADSL2+ : plus de 1 Mbps
- Utilisation de différentes plages de fréquences
  - Débit descendant → 140 kHz-2,2 MHz
  - Débit montant → 4 kHz-140 kHz
  - Téléphone → 0 kHz-4 kHz

## Accès par modem / box *Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line*

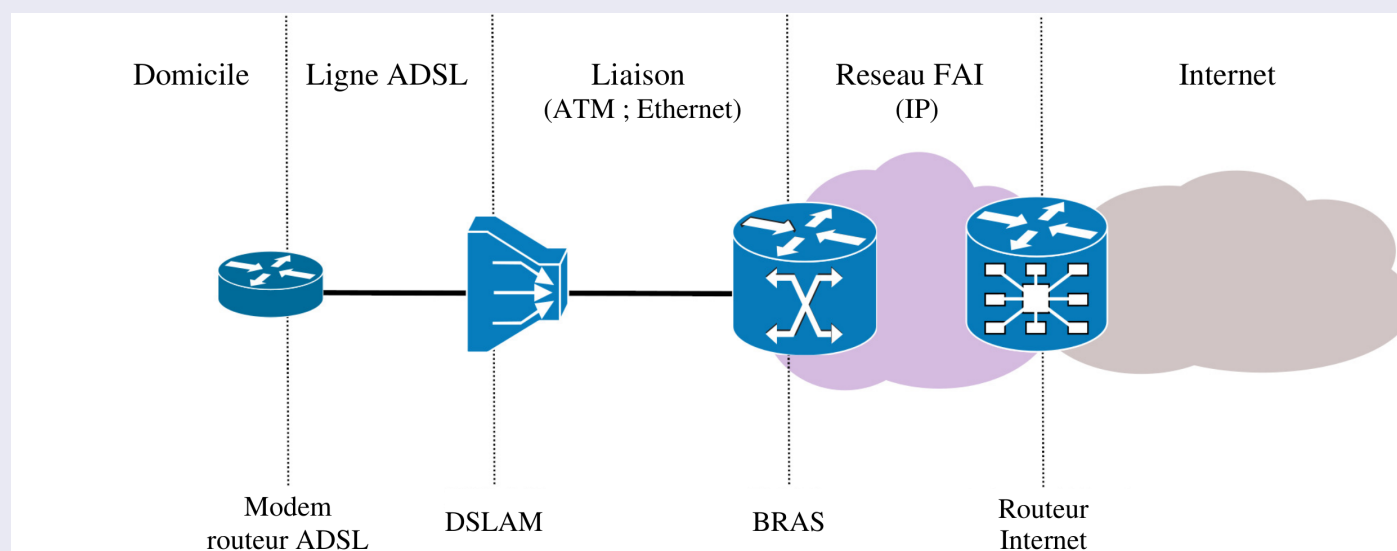
- Débit descendant VDSL / VDSL2 : 55 Mbps / 100 Mbps
- Débit montant VDSL / VDSL2 : 3 Mbps / 100 Mbps

# Accès domestiques - Technologies "cuivre"

## Accès par modem / box *Asymmetric Digital Subscriber Line*

- Modem relié à un *Digital Subscriber Line Access Multiplexer*
- Diminution du débit maximum avec la longueur de la ligne
  - 25 Mbps à  $\approx 300$  m ; 22 Mbps à  $\approx 1,2$  km
  - 16 Mbps à  $\approx 2,1$  km ; 8 Mbps à  $\approx 3$  km
  - 1,5 Mbps à  $\approx 4,5$  km

## Rôle du DSLAM





# Accès domestiques - Technologies fibre optique

Plusieurs technologies sont disponibles - *Fiber To The x*

Lien entre abonné et **N**œud de **R**accordement **O**ptique différent

Accès par connexion *Fiber To The Home* - **FTTH**

- “**Fibre jusqu’au domicile**”
- Deux variantes possibles
  - **Dédiée** → FTTH-P2P (Point à Point)
  - **Partagée** → FTTH-GPON (Gigabit Passive Optical Network)

Accès par connexion *Fiber To The Last Amplifier* - **FTTLA**

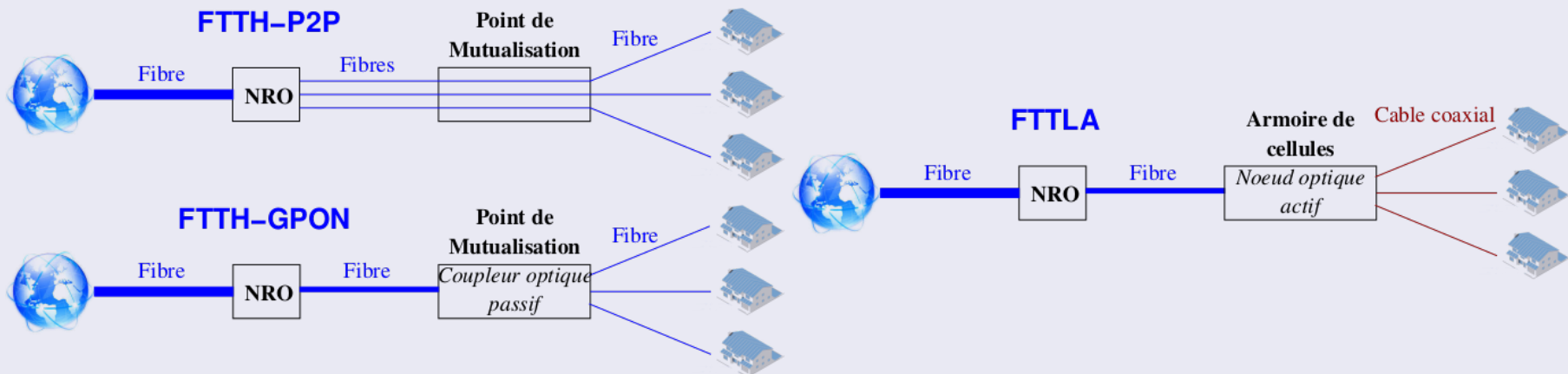
- “**Fibre jusqu’au dernier amplificateur**”
- Fibre partagée jusqu’à un nœud optique, puis câble coaxial

Accès par connexion *Fiber To The Building* - **FTTB**

- “**Fibre jusqu’au palier**” (pied de l’immeuble)
- Fibre partagée, puis techno. non optique (Ethernet ou VDSL)

# Accès domestiques - Technologies fibre optique

## Accès par connexion fibre optique

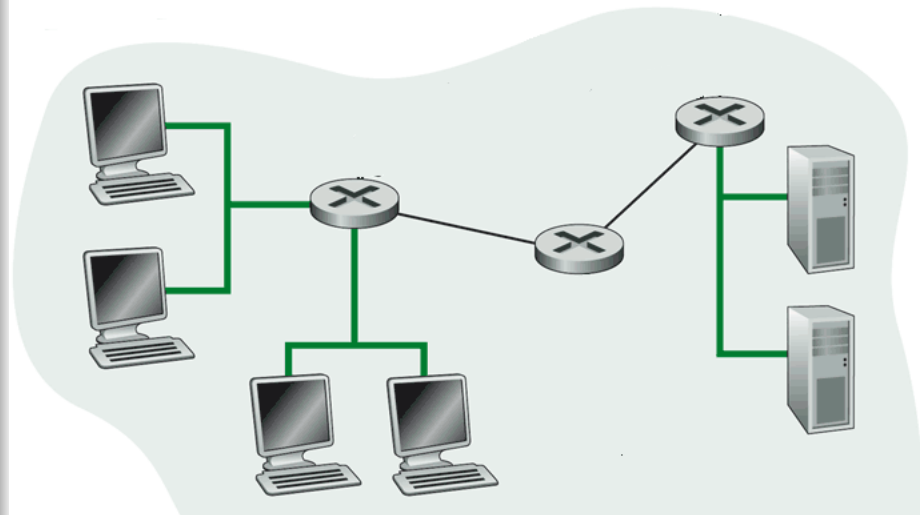


## Différences entre FTTH et FTTLA (câble)

- Écarts de débits important ; débits sym. possibles en FTTH
  - FTTH → 8 Gbps / 1 Gbps au maximum
  - FTTLA → 1 Gbps / 100 Mbps au maximum
- Séparation du flux TV et de la connexion Internet en FTTLA
  - “Meilleure” qualité de la TV
- Augmentation des débits théoriques en FTTLA
  - Standard DOCSIS 3.1 - 4.0 → 10 Gbps / 1-2 Gbps - 6 Gbps

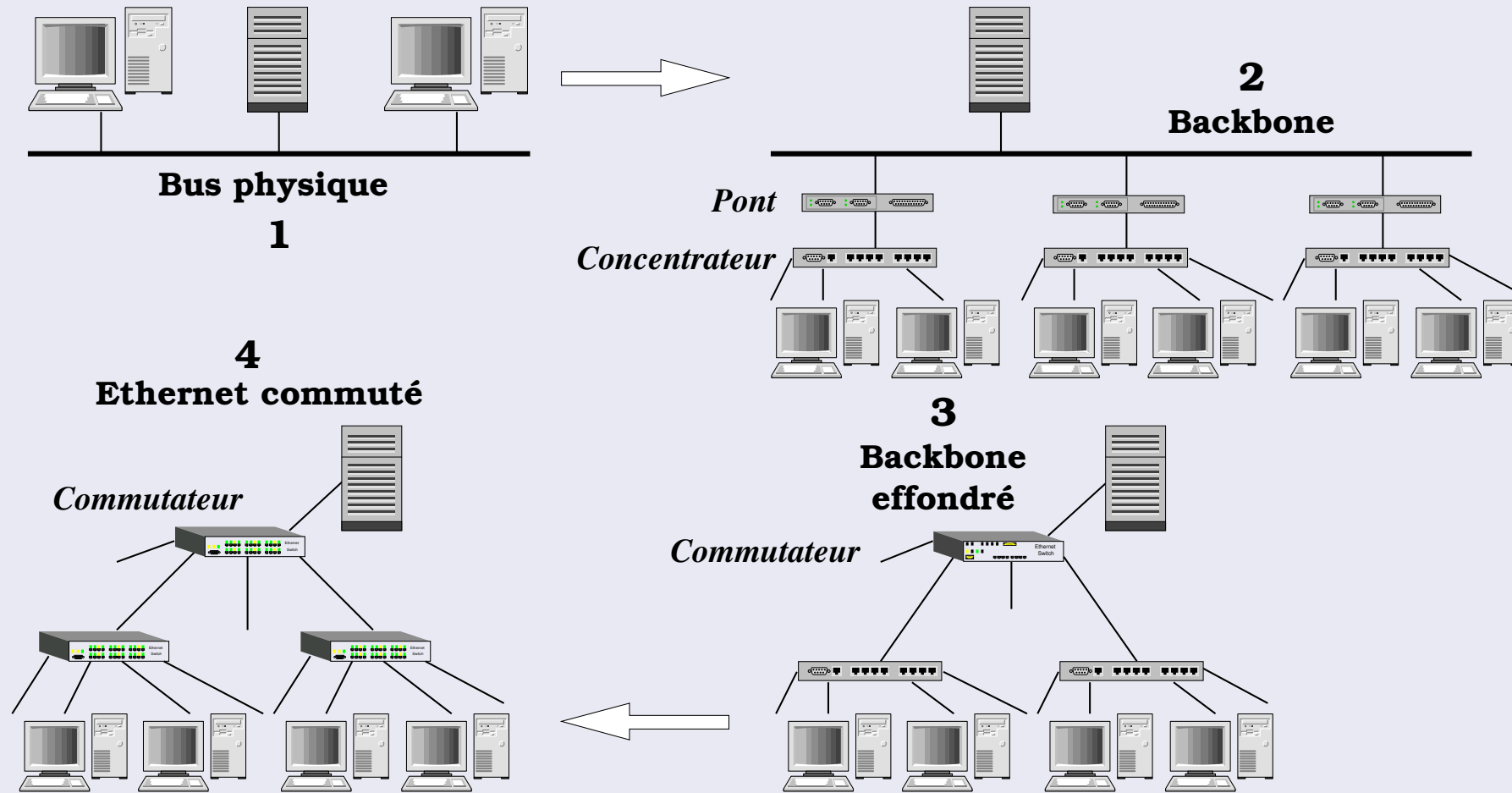
# Accès institutionnel - Réseaux locaux (LAN)

- Un **Local Area Network**
  - Connecte les différents hôtes d'une institution à un routeur
  - Limitation géographique : interconnecte un(e) ou plusieurs salle(s) / bâtiment(s)
- Réseau Ethernet
  - Connexion hôte / routeur dédiée ou partagée
  - Débit de 10 Mbps, 100 Mbps et jusqu'à 10 Gbps (Gigabit), ...



# Accès institutionnel - Réseaux locaux (LAN)

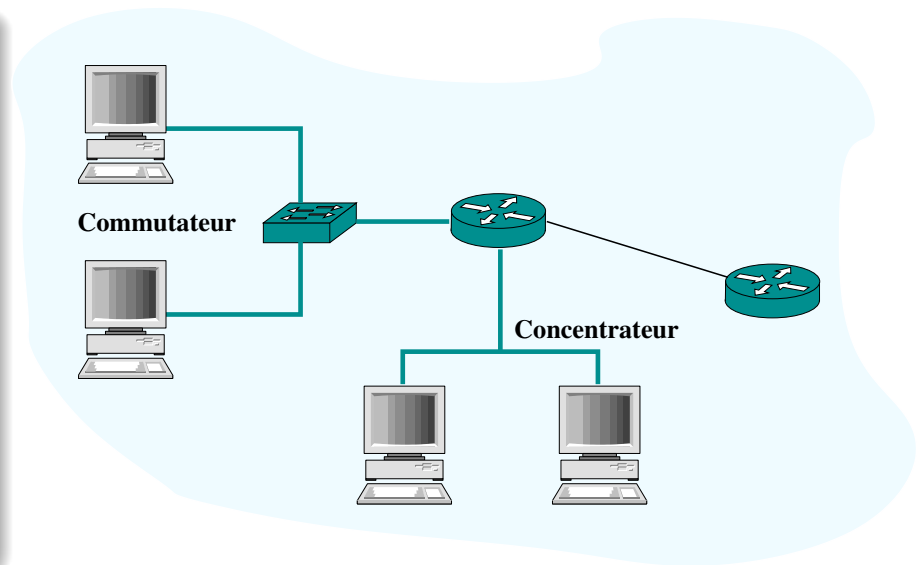
## Évolution des LAN de type Ethernet



# Accès institutionnel - Réseaux locaux (LAN)

## Équipements d'interconnexion

- Concentrateur (*hub*)
  - Relie plusieurs hôtes
  - **Virtuellement : un câble**
- Commutateur (*switch*)
  - Relie plusieurs hôtes
  - **Virtuellement : un aiguillage**



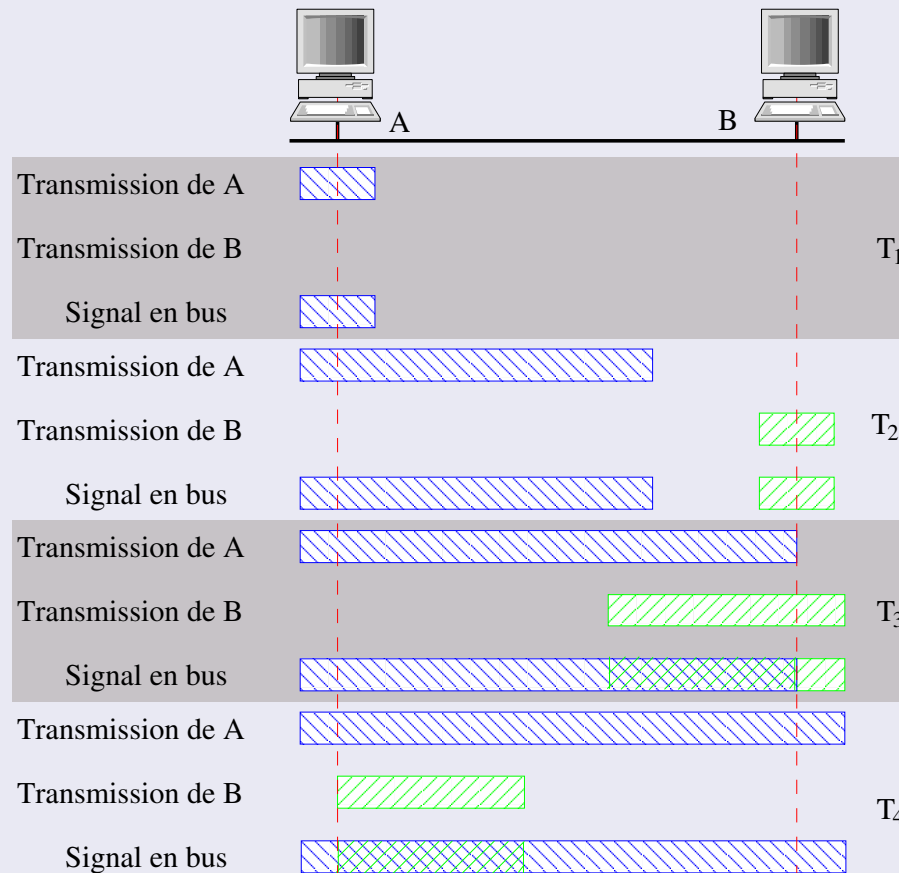
- Un message envoyé par un hôte est dans le cas du
  - **concentrateur** → **envoyé à tous** les autres hôtes ;
  - **commutateur** → **envoyé uniquement au destinataire**
- Un commutateur fournit un meilleur débit par utilisateur
- Le concentrateur est un équipement obsolète

# Accès institutionnel - Réseaux locaux (LAN)

## Utilisation du canal de communication

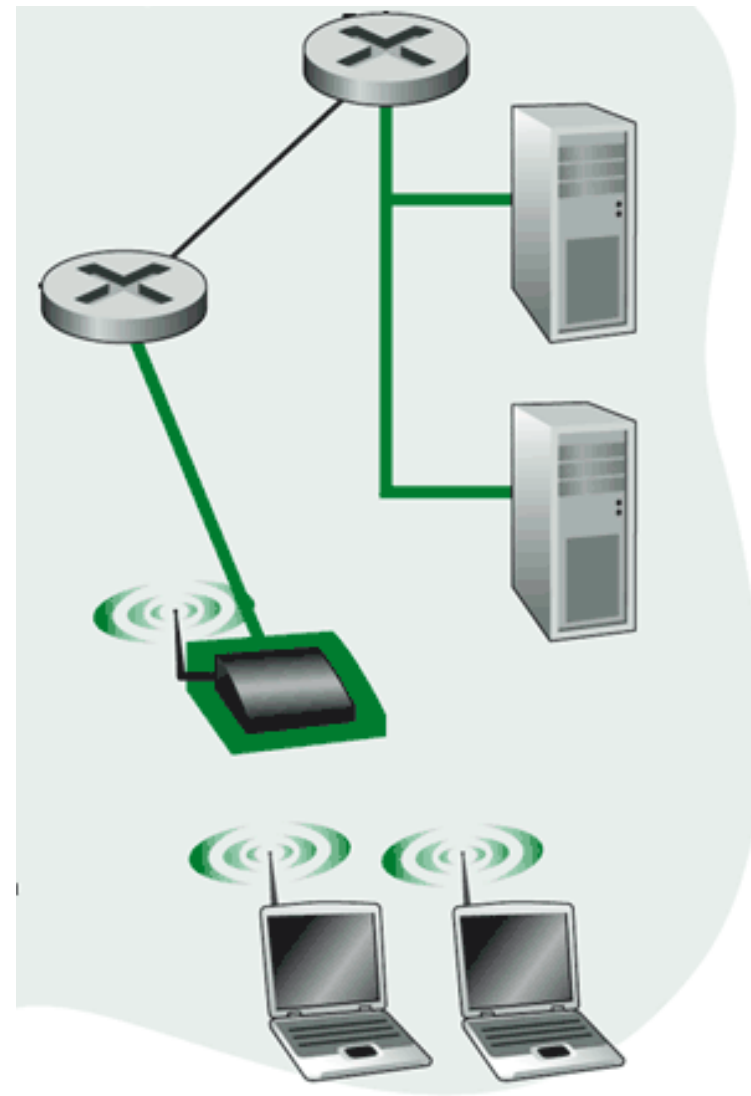
- Concentrateur → unidirect. à l'alterna (*half-duplex*)
- Commutateur → bidirectionnelle (*full-duplex*)

## Collision possible avec un concentrateur



# Accès nomade - Réseaux sans fil (WLAN)

- Un réseau LAN sans fil partagé
  - Connecte les différents hôtes d'une institution via une base appelée point d'accès
  - Limite géograph. : portée de la base
- Réseau **Wireless Fidelity**
  - Bande des 2,4 GHz et / ou 5 GHz, 6 GHz
  - 802.11b → débit max. = 11 Mbps
  - 802.11a/g → débit max. = 54 Mbps
  - 802.11n - 4 → débit max. = 600 Mbps
  - 802.11ac - 5 → débit max. ≈ 5 Gbps
  - 802.11ax - 6(e) → max. ≈ 10 Gbps
  - 802.11be - 7 → max. ≈ 46,1 Gbps
  - 802.11bn - 8 → max. ≈ 100 Gbps
- À plus grande échelle
  - Via des opérateurs de téléphonie
  - WAP ; GPRS ; 3G ; 4G ; 5G



# Accès à distance à la maison

