



# M2102 Architecture des réseaux

Mars 2015

*Isabelle DUTOUR – S2A*

*[isabelle.dutour@u-bordeaux.fr](mailto:isabelle.dutour@u-bordeaux.fr)*

*Claire PENNARUN – S2B et S2D*

*[claire.pennarun@u-bordeaux.fr](mailto:claire.pennarun@u-bordeaux.fr)*

*Patrick FELIX – S2C*

*[patrick.felix@u-bordeaux.fr](mailto:patrick.felix@u-bordeaux.fr)*

Département INFO – IUT de Bordeaux

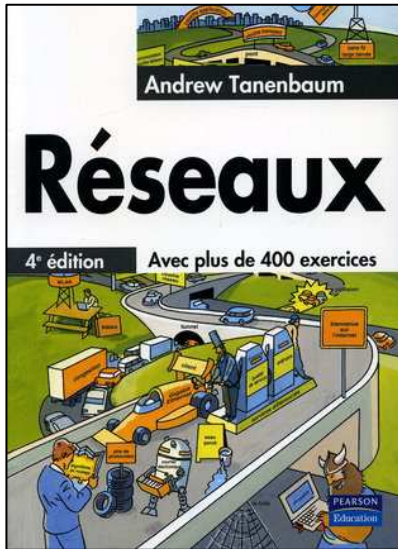
# Planning prévisionnel

## Planning 2014-15

Semaine du 30 mars	C1 (lundi 30 mars) 1-Modèle en couches 2-Couche Physique	TD1.1 Débits - Signaux – Modems	TD1.2 (machine) Notion de protocole : le cas FTP et POP3	
Semaine du 6 avril (Pâques)	Pas cours	Pas de TD		
Semaine du 13 avril	C2 (lundi 13 avril) 3-Réseaux Locaux	TD2.1 CSMA/CD -Ethernet	TD2.2 (mi-machine ?) Analyse de trace Principe d'encapsulation	
Vacances				
Semaine du 4 mai	C3 (Lundi 4 mai) 4-Routage+IP	Pas de TD		
Semaine du 11 mai (Ascension)	Pas cours	TD3.1 Configuration de tables de routage IP	TD3.2 (machine) Configuration d'interfaces et exploration d'un réseau	
Semaine du 18 mai	C4 (lundi 18 mai) 5-Transport + TCP&UDP 6-Socket	TD4.1 TCP et UDP	TD4.2 (machine) Programmation des sockets TCP	
Semaine du 25 mai (Pentecôte)	Pas cours	Pas de TD		
Semaine du 1er juin	C5 (lundi 1er juin) 7-Applications TCP/IP	TD5.1 (machine) Ecoute de trafic réseau et interception d'information	TD5.2 (machine) Protocole application FTP	<b>DS : vendredi 5 juin ; durée : 1h30</b>

- **1 note de TD comprenant (coeff 1)**
  - La participation en TD
  - La présence
  - La remise d'exercices à faire
  - Une note d'interro (éventuellement)
  - Etc
- **1 DS de 1h30 (coeff 1,8)**
  - Après la fin du module

# Bibliographie



## Réseaux - 4<sup>ème</sup> édition

- Editeur : Pearson Education
- Auteur : A. Tanenbaum

Remarque : une 5<sup>ème</sup> édition existe...

# 1. Introduction - Modèle en couches - OSI TCP/IP

[1.1 Introduction](#)

[1.2 Modèle en couches](#)

[1.3 Le modèle OSI](#)

[1.4 L'architecture TCP/IP](#)



## 1.1 Introduction

# Réseau - Télécom - Téléinformatique ?

---

## Réseau :

- Ensemble d'ordinateurs interconnectés par des supports de transmission (filaire ou non filaire)

## Télécom - Téléinformatique

- Ensemble de techniques permettant la **transmission des données** entre une source de données et un puits ou collecteur de données.
- C'est l'art de réaliser une **transmission de données** qui soit la plus parfaite possible, avec des **supports** qui eux, ne le sont pas.
- C'est permettre l'utilisation d'un **réseau** comme une machine unique virtuelle.
- Ensemble de techniques mettant en œuvre des aspects de **télécommunication** au service de l'informatique.

# Exemples d'applications téléinformatiques

---

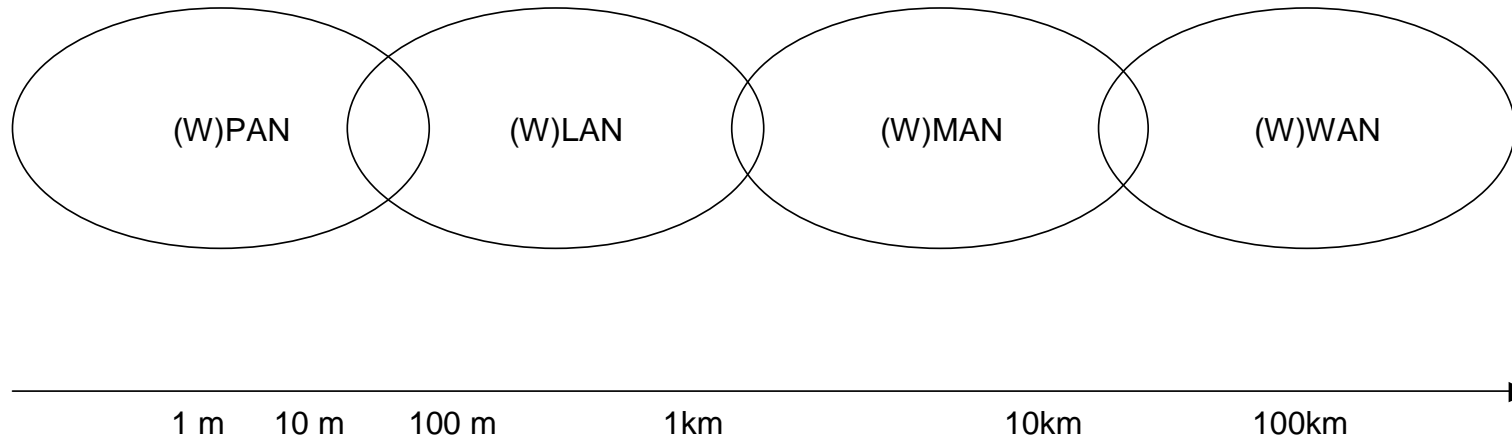
- Un **transfert de fichiers** entre 2 ordinateurs.
- Une **application web**.
- Une **base de données répartie**.
- Le **partage des ressources** dans un réseau d'ordinateurs.
- **Internet**.
- **Intranet**.
- Etc.

Plus généralement :

- Un **traitement coopératif** entre 2 activités.



# Différentes catégories de réseaux



- (W)PAN: (Wireless) Personal Area Network -> Réseaux personnels
- (W)LAN: (Wireless) Local Area Network -> Réseaux locaux
- (W)MAN: (Wireless) Metropolitan Area Network -> Réseaux métropolitains
- (W)WAN: (Wireless) Wide Area Network Area Network -> Réseaux étendus

# Organisations structurelle & fonctionnelle

---

Organisation structurelle (**topologie**) :

- précise comment sont interconnectés les différents réseaux/ordinateurs/boîtiers  
=> Réseau en bus, étoile, anneau, etc.

Organisation fonctionnelle (**architecture réseau**)

- Précise comment les différentes activités sont organisées entre elles  
=> Modèle en couches

## 1.2 Modèle en couches

# Introduction au modèle en couches

---

Le modèle en couche précise comment les différentes activités sont organisées entre elles

Objectifs :

- Réduire la complexité de conception
- Faciliter l'implémentation
- Organiser les interactions entre les différentes activités

Deux modèles se sont imposés dans nos réseaux :

- OSI
- TCP/IP

# Exemples d'activités dans un réseau

---

- Transmission physique (filaire et non filaire)
- Choix du chemin pris dans un réseau
- Détection d'erreurs
- Gestion d'une situation d'erreur
- Dialogue entre processus distants
- Etc.

# Principes d'un modèle en couches

## Couche :

- 1 fonctionnalité = 1 couche.
- La gestion **interne** d'une couche est **indépendante** des autres.
- Chaque couche :
  - *s'appuie* sur les fonctionnalités de la couche *inférieure*
  - offre des *services* à la couche *supérieure*

## Protocole :

règles et conventions utilisées pour la conversation entre 2 couches de même niveau.

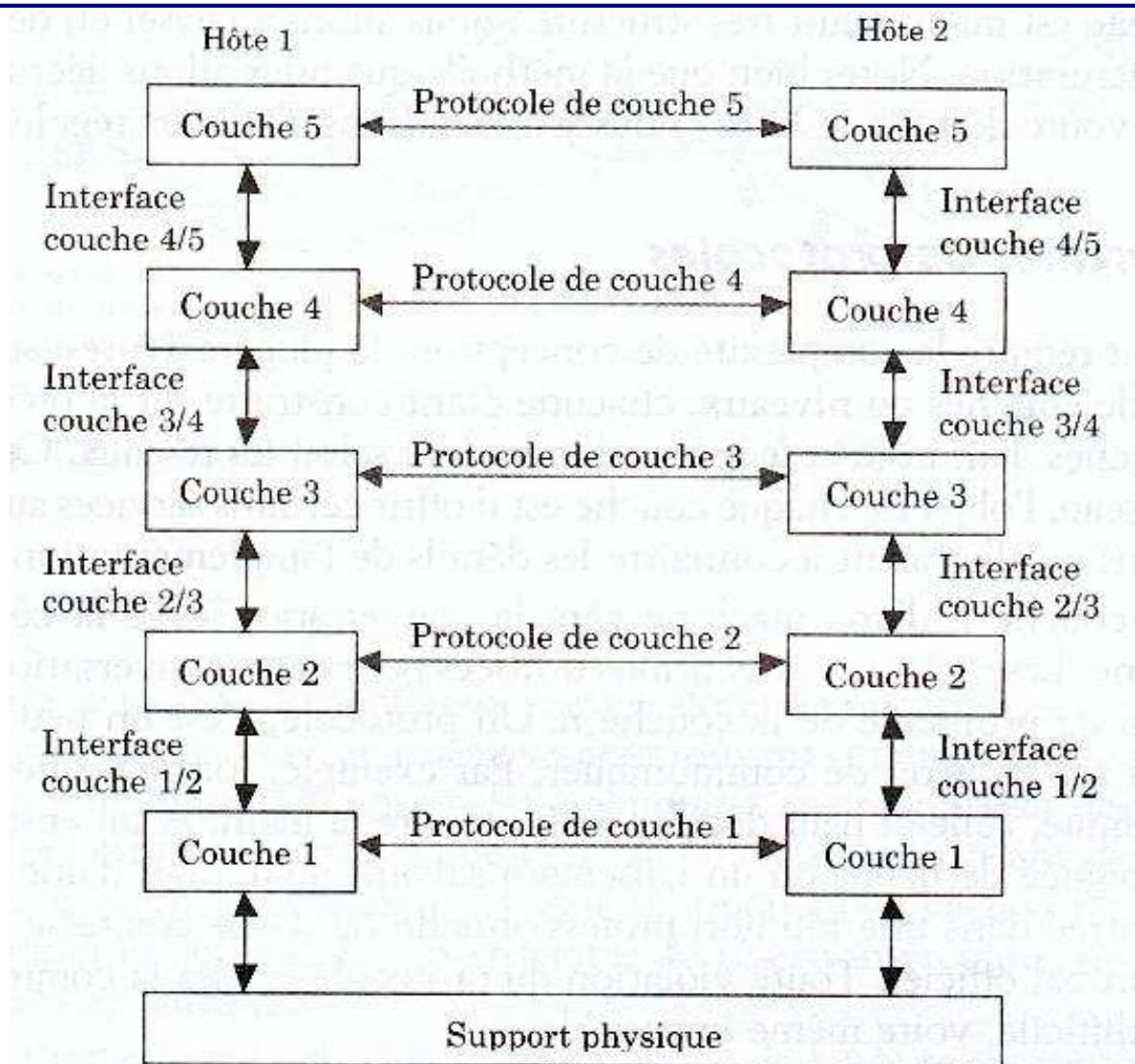


## Interface :

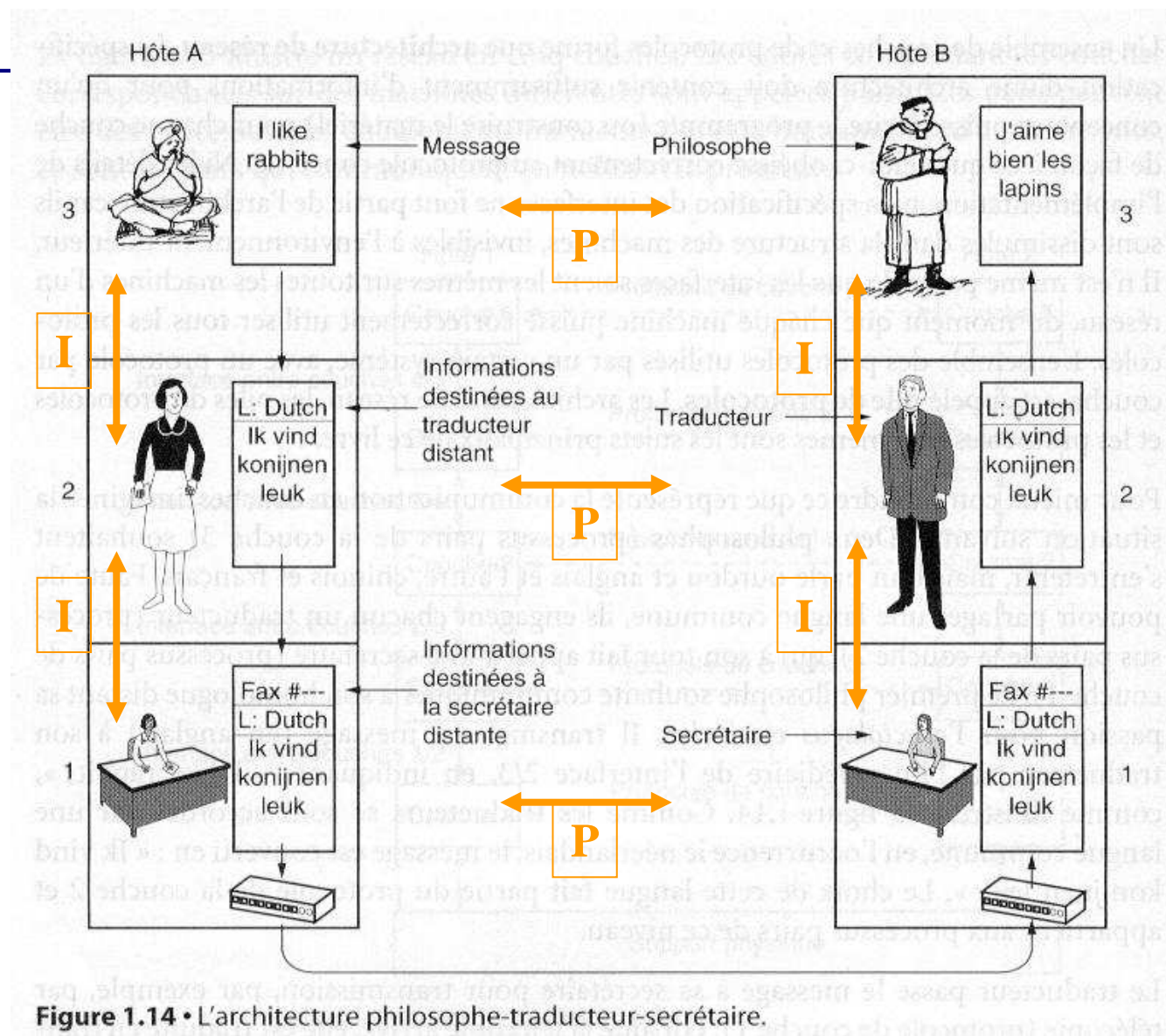
opérations élémentaires et services qu'une couche inférieure offre à une couche supérieure



# Couches, protocoles et interfaces



**Fig. 1.9** — Couches, protocoles et interfaces.





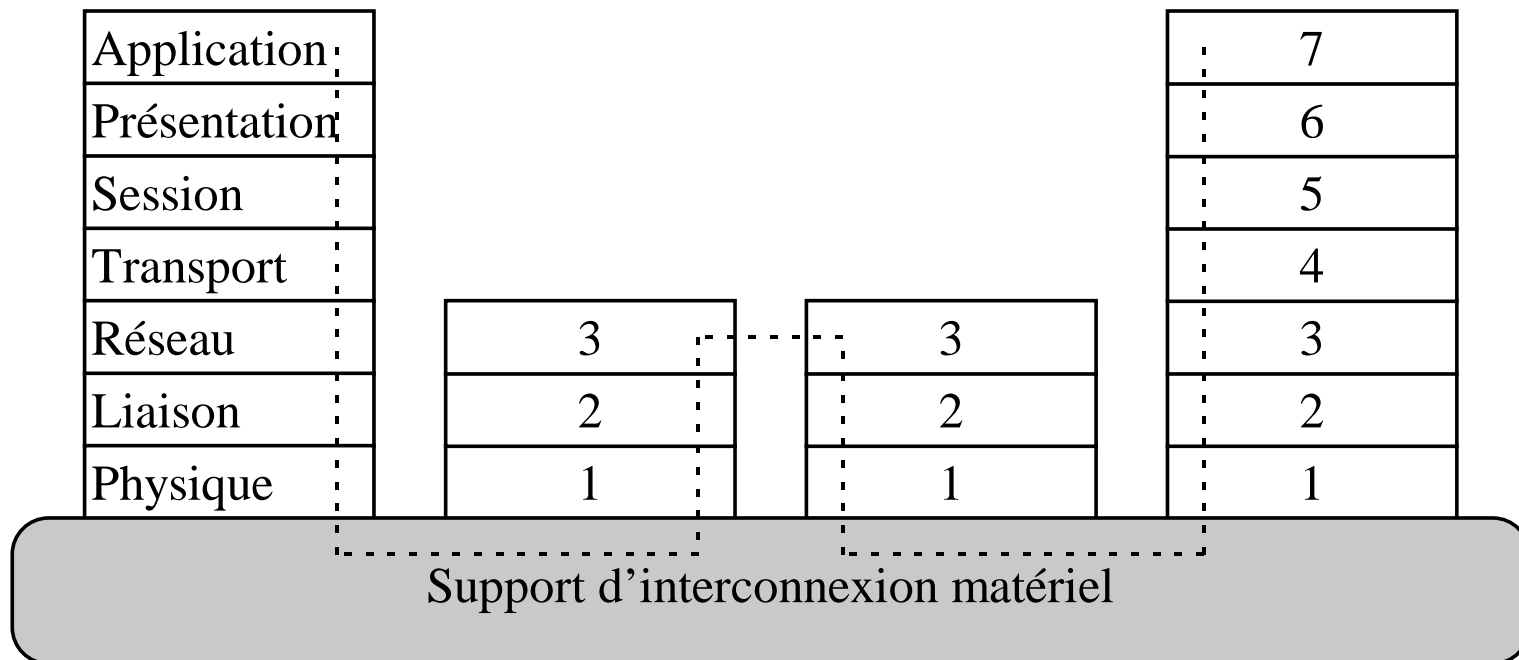
## 1.3 Le modèle OSI

# Le modèle OSI

---

- Open Systems Interconnection
- Modèle en couches
- Norme de l'ISO (International Standard Organization)
  - => Raccorder des machines/systèmes hétérogènes (systèmes ouverts)
  - => Fournir des spécifications (Facilité d'implémentation)
- 7 couches

# Les 7 couches du modèle OSI



# La couche Physique (1)

---

- Détails électroniques, électriques et mécaniques d'une liaison physique
- Transmission « brute » des bits sur un canal de communication (support physique)
- Représentation « électrique » des bits 1 et 0

## La couche Liaison de données (2)

---

- Transformer transmission « brute » en transmission « sans erreurs »
- Trames de données (marqueurs début et fin)
- Acquittements
- Codes correcteurs d'erreurs
- Contrôle de flux

## La couche Réseau (3)

---

- Routage et acheminement des paquets à travers un ou plusieurs réseaux /sous-réseaux
- Paquets acheminés d'une source vers une destination
- Gestion engorgement et congestion

### **Couches de communication (1, 2, 3) :**

transmission effective dans le réseau, de machines voisines en machines voisines

### **Couches 'charnières' (4)**

### **Couches de traitement (5, 6, 7) :**

chaque couche estime parler directement à son homologue

## La couche Transport (4)

---

- Contrôle bout en bout du transport de l'information entre 2 systèmes distants
- Transport fiable

## La couche Session (5)

---

- Synchronisation, gestion de sessions



## La couche Présentation (6)

---

- Syntaxe et sémantique de l'information
- Codage, cryptage, compression

## La couche Application (7)

---

- Les applications des utilisateurs

## 1.4 L'architecture TCP/IP

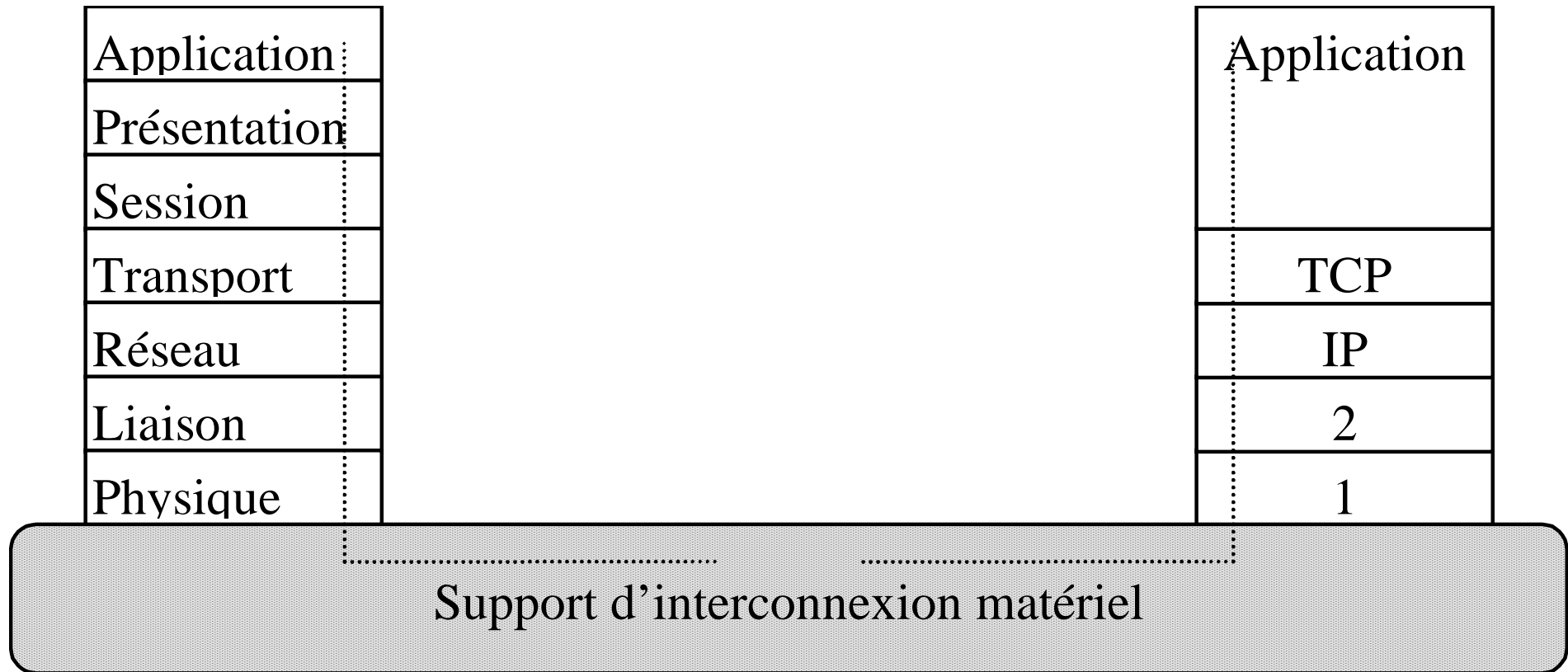
# TCP/IP

---

- Transmission Control Protocol / Interconnection Protocol
- Modèle en couches
- Fournir des spécifications : RFC (Request For Comments)
- 5 couches (ou 4 si on fusionne les couches 1 & 2)
- Actuellement : incontournable !

Internet, intranet sont basés sur l'architecture TCP/IP

# TCP/IP et OSI : des similitudes et des différences...



# La couche Physique (1)

---

Idem au modèle OSI

# La couche Liaison (2)

---

Idem au modèle OSI

Pour les spécialistes TCP/IP, ces deux couches sont de plus en plus considérées comme une seule couche appelée “Accès Réseau”

## La couche Réseau (3)

---

IP (Interconnection Protocol) ~ couche 3 du modèle OSI

SAUF

- remise non fiable
- mode non connecté

## La couche Transport (4)

---

TCP (Transmission Control Protocol) ~ couche 4 du modèle OSI

- protocole de transfert fiable en mode connecté (comme la couche transport ISO)

=> utile car IP est un protocole de remise non fiable

## La couche Application (5)

---

Idem au modèle OSI

# Applications TCP/IP

- Modèle **Client / Serveur**

Plusieurs catégories d'applications :

- Echange d'informations entre utilisateurs (mail, news, chat...)
- Diffusion d'informations (ftp, (archie/gopher/wais) www...)
- Administration (dnssnmp, host, ping, traceroute, tcpdump...)
- Autres applications : Architecture Multi-Niveaux (n tier)

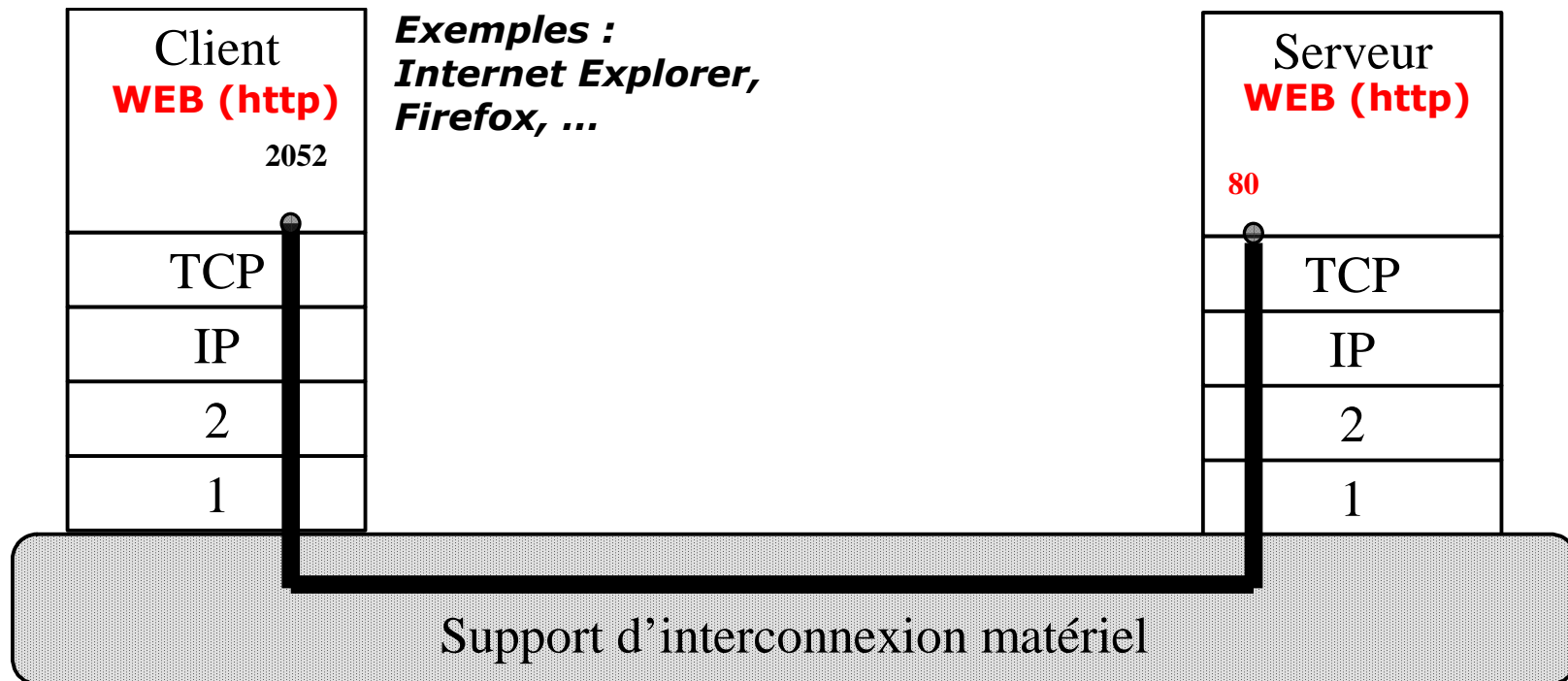
- Modèle **Peer-to-Peer**

Exemple : Napster... et ses « héritiers »...

Technologie	Ressources	Recherche de ressources	Recherche de pairs	Multi-source
Architecture client-serveur	centralisé	centralisé	centralisé	non
Napster (1999)	décentralisé	centralisé	centralisé	non
Direct Connect (1999)	décentralisé	décentralisé	centralisé	non
eDonkey (2003)	décentralisé	semi-centralisé	semi-centralisé	oui
Kademlia (2002)	décentralisé	décentralisé	décentralisé	oui

Src :Wikipedia

# Exemple de dialogue client/serveur





## **2. Couche physique (Couche 1 OSI et TCP/IP)**

### 2.1 Introduction

### 2.2 Signal

### 2.3 Support de transmission

### 2.4 Adaptation du signal aux supports de transmission

### 2.5 Accès WAN



## 2.1 Introduction

# Introduction

---

Rôle de cette couche :

- **Transmettre** un flot de bits d'information d'une machine à une autre machine adjacente.

La transmission utilise un **signal** basé sur le principe de **propagation d'ondes** : ondes *électriques* (câbles, fils, ...), ondes *radio* (faisceau hertzien, satellite), ondes *lumineuses* (fibres optiques).

L'étude de la transmission de l'information nécessite la connaissance :

- des principes du **signal**
- des **supports** de transmission et de leurs caractéristiques,
- des **méthodes** utilisées pour transmettre l'information sur ces supports (**adaptation du signal** au support de transmission) : opération réalisée par un **ETCD** (adaptateur de ligne)



## 2.2 Signal

# Notion de signal

---

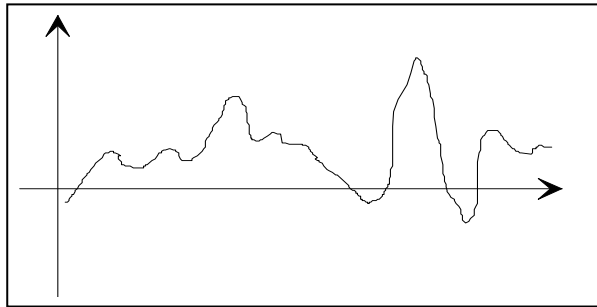
- **Signal** : variation de tension, impulsion lumineuse, modulation d'une onde électromagnétique, etc.

→ véhicule de l'information entre deux machines

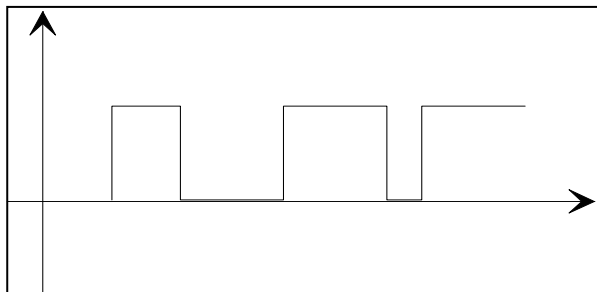
- **Signal Périodique** : se reproduit de façon identique dans le temps.
  - Durée d'une **période** :  $T$  (en secondes).
  - **Fréquence** :  $1/T$  (en hertz)  
(nombre de périodes par seconde)

# Types de signaux

- **Analogique** : *variation continue*, niveaux de valeurs continus, proportionnels à la valeur de l'information (son, image)



- **Numérique** : *variation discontinue*, faible nombre de niveaux de valeurs fixées



# Caractéristiques d'un signal numérique

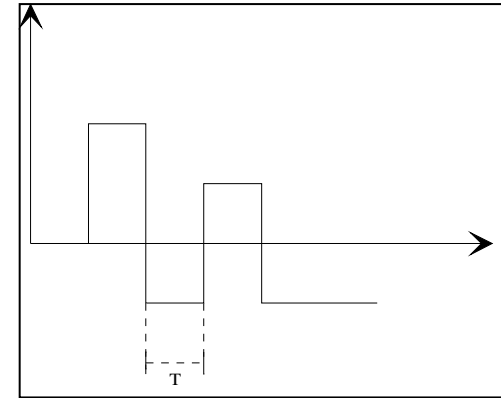
- **Moment élémentaire T** (en secondes)

Durée pendant laquelle le signal n'est pas modifié.

- **Valence V**

Nombre d'états discernables utilisés par le signal.

Bivalent ( $V=2$ ). Multivalent ( $V=2^k$ ).



- **Rapidité de modulation R** (en bauds)

$R = 1/T$  Nombre de moments élémentaires par seconde.

- **Débit binaire D** (en bits par seconde : bps)

$$D = R \log_2 V$$

## 2.3 Support de transmission

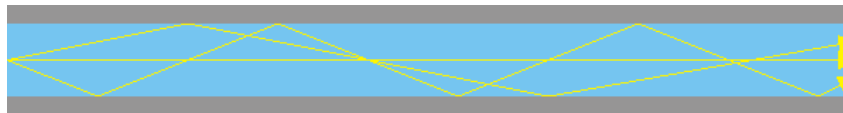
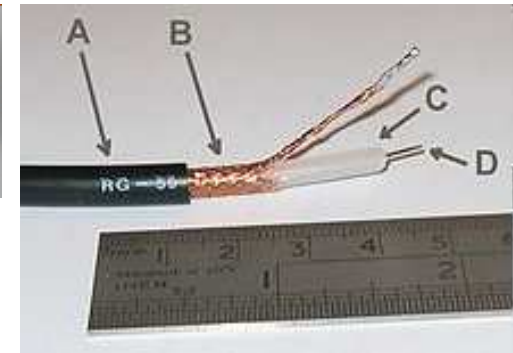


# Supports de transmission

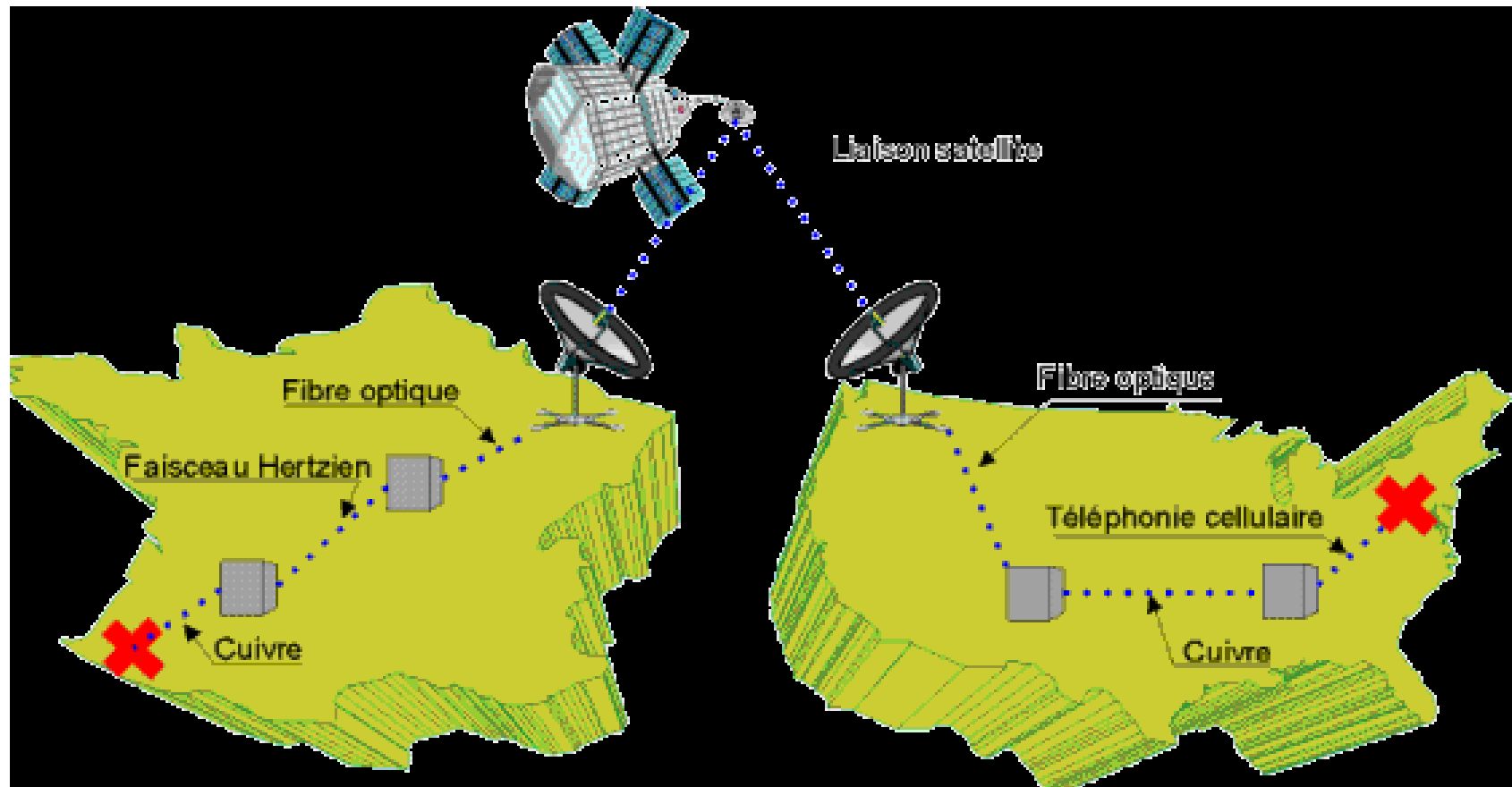
Permet de transporter des données sous forme de signaux

2 types de support :

- Supports avec un guide physique :
  - **Paire téléphonique / torsadée**
  - **Câble coaxial**
  - **Fibre optique**
- Supports sans guide physique :
  - **Wi-Fi, WiMAX, Mobile**
  - **Faisceau hertzien**
  - **Liaison satellite**



# Les différentes technologies cohabitent...

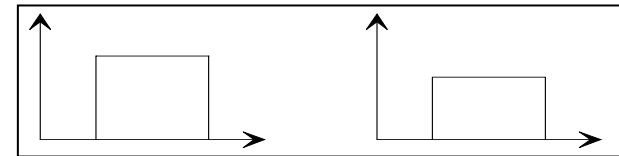


Source : <http://christian.caleca.free.fr/reseaux/hardware.htm>

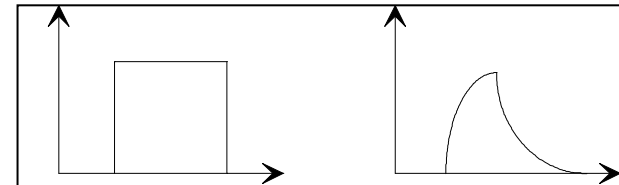
# Caractéristiques des supports de transmission

- Un support n'est jamais parfait !
- Un signal sur un support peut être :

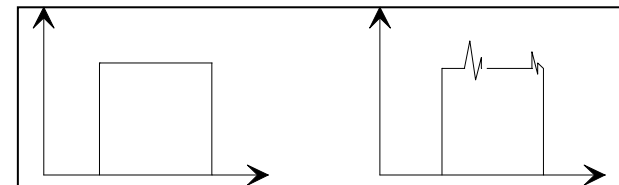
Atténué:



Déformé (en amplitude et phase):



Parasité:



**Bande passante** d'un support : bande de fréquences dans laquelle les signaux sont « convenablement » transmis.

## **2.4 Adaptation du signal aux supports de transmission**

# Adaptation du signal aux supports de transmission

---

- Que doit-on assurer ?

Une technique de transmission doit faire en sorte que les fréquences utilisées par un signal (**spectre** du signal) se situent dans la **bande passante** du support de transmission

- Quelle solution à apporter ?

Mettre en œuvre des **techniques d'adaptation du signal au support de communication**

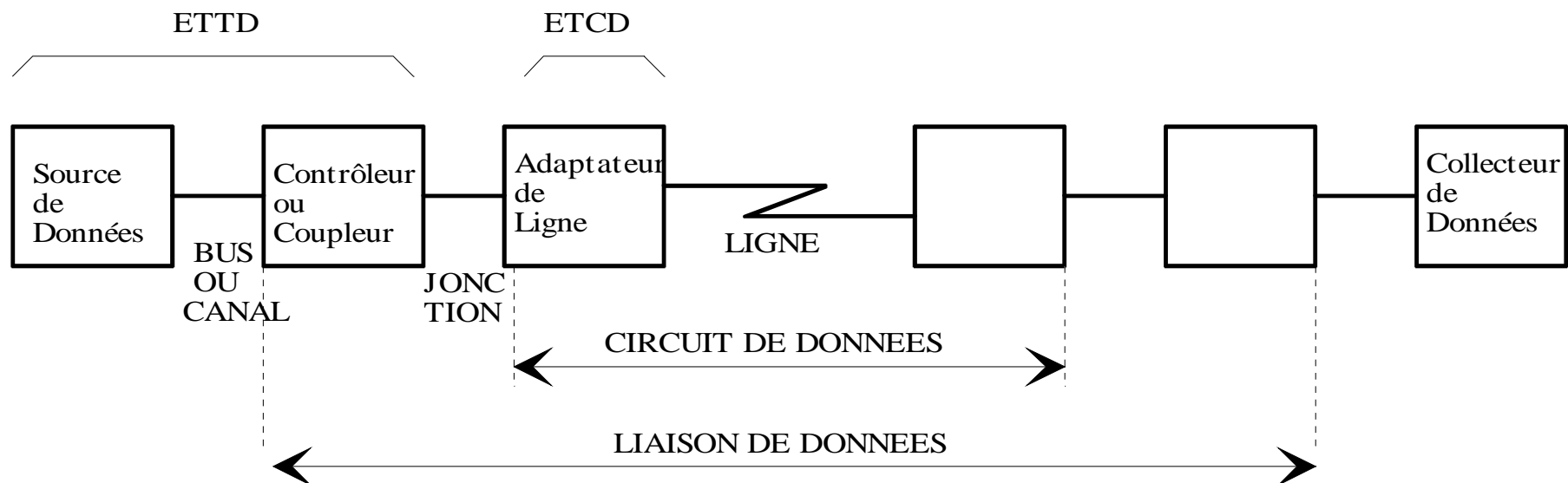
1. transmission en **bande de base**
2. transmission en **large bande**

- Comment les mettre en œuvre ?

Utiliser des équipements spéciaux : les **ETCDs**

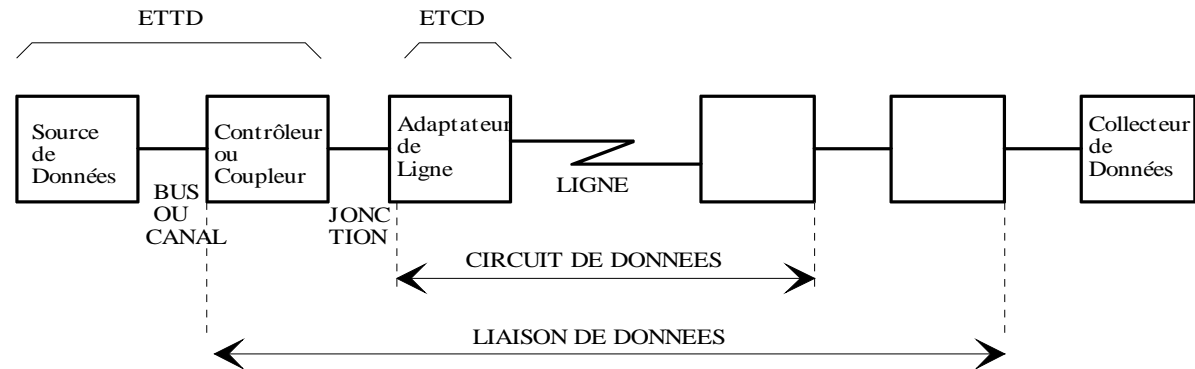
# ETCD : Equipement de Terminaison de Circuit de Données

- Les **ETCD** (Equipement de Terminaison de Circuit de Données) adaptent le signal pour permettre une transmission de données entre 2 **ETTD** (Equipement Terminal de Traitement de Données).



# Types de liaison

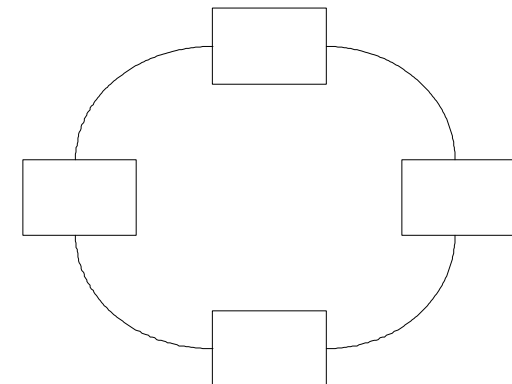
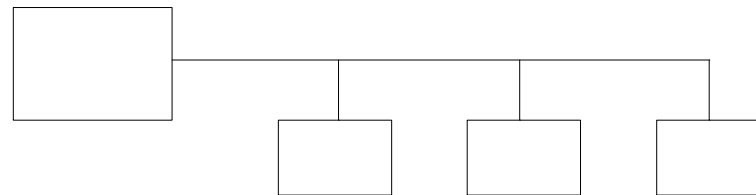
- Rappel : liaison point-à-point



- De façon simplifiée, une liaison point-à-point ressemble à :



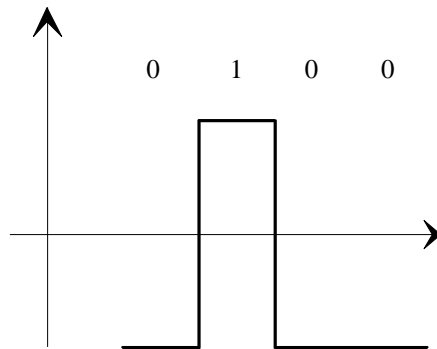
- Autres types de liaison : *multipoint*, *anneau*



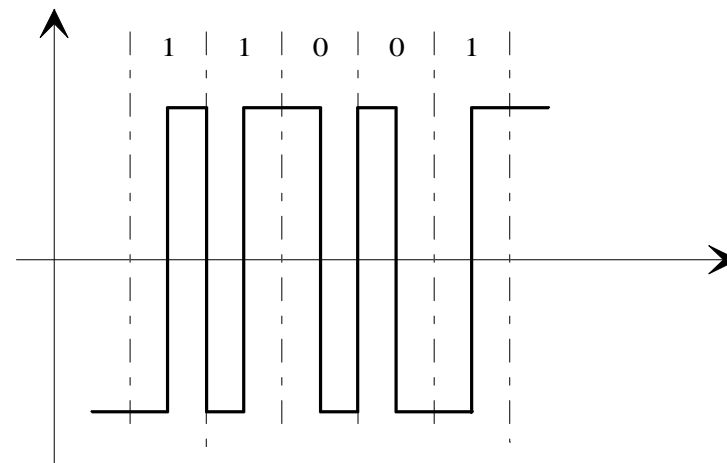
# Techniques d'adaptation du signal

## Technique 1 : transmission en **bande de base**

- [Rappel : Tout signal est somme de composantes sinusoïdales]
- Ici : composantes du signal dans la bande passante
- Donc : transformation simple du signal
- ETCD=Codeur/Décodeur ou 'adaptateur bande de base'
- Plutôt pour débits rapides et distances courtes
- Plusieurs codages utilisés :



**NRZ** (No Return to Zero)



**Manchester**

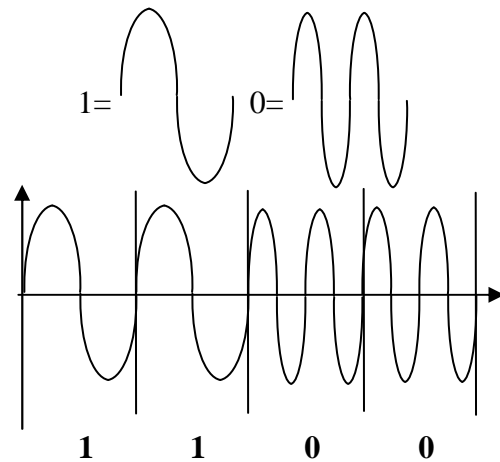


# Techniques d'adaptation du signal

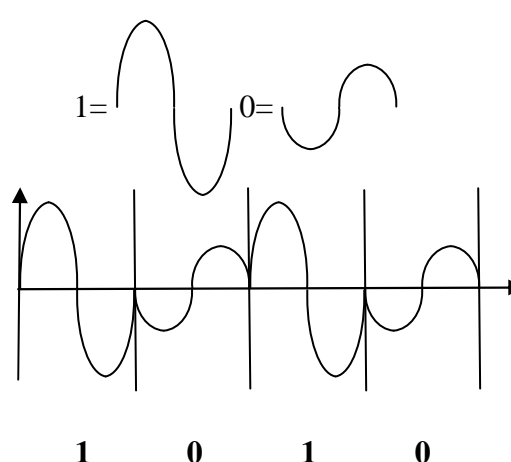
## Technique 2 : transmission en **large bande**

- [Rappel : Tout signal est somme de composantes sinusoïdales]
- Ici : composantes du signal hors bande passante
- Donc : déplacement du spectre du signal dans un domaine de fréquences adaptées au support
- ETCD=Modulateur/Démodulateur (Modem)
- Transformation du signal numérique en un signal analogique sinusoïdal (  $A \sin(2\pi f t + \phi)$  ) par **modulation** d'onde porteuse
- Plusieurs types de modulation :

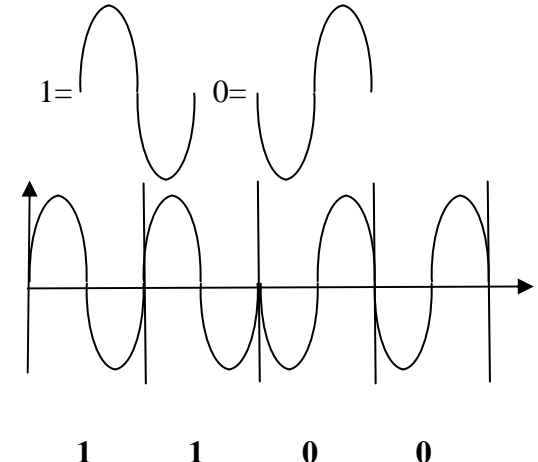
**Fréquence  $f$**  :  $f_1$  et  $f_2$



**Amplitude  $A$**  :  $A_1$  et  $A_2$



**Phase  $\phi$**  :  $\phi_1=0$  et  $\phi_2=\pi$



# Transmission en large bande : variantes

But : Augmenter le débit binaire

- Une technique de modulation se décline en plusieurs variantes.  
Exemples :

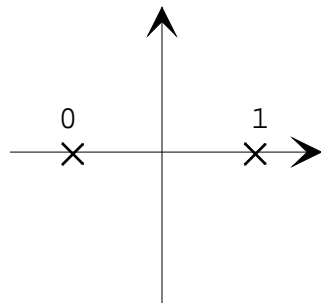
Modulation de phase avec 4 phases (quadri-phase), etc.

Modulation d'amplitude avec 4 niveaux d'amplitude, etc.

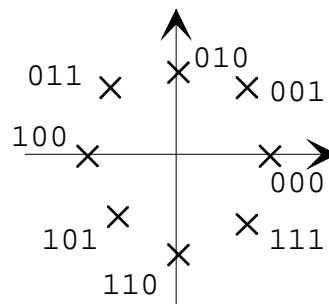
- Les techniques de modulations se combinent pour donner une modulation 'mixte'. Exemple :

Modulation de phase + modulation d'amplitude

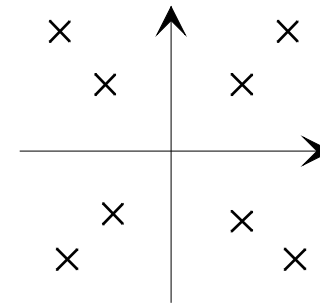
- Une technique de modulation est représentée par un **diagramme de constellation**.



2 phases



8 phases



2 amplitudes et 4 phases

# Exemple de modems normalisés

---

La plupart des modems a une rapidité de modulation de 2400 bauds

- **QPSK** (Quadrature Phase Shift Keying)
  - 4 points dans le diagramme → 2 bits par modulation
- **QAM** (Quadrature Amplitude Modulation)
  - QAM-16 (4 bits), QAM-64 (6 bits)
- **V.32** à 9 600 bps et **V.32bis** à 14 400 bps (modem fax)
  - 32 points → 4 bits **+1** et 128 points (QAM-128) → 6 bits **+1**
- **V.34** à 28 800 bps et **V.34bis** à 33 600 bps (compression)
- **V.90** à 56 kbps descendant et 33,6 kbps montant
- **V.92** à 48 kbps montant si possible sur la ligne

## 2.5 Accès WAN...

But : accès à internet

Réseaux utilisés :

- **RNIS** : Numéris (Réseau Numérique à Intégration de Service)
- **RTC** : Réseau Téléphonique Commuté
- **xDSL** : *Digital Subscriber Line* (*Ligne numérique d'abonné*)
  - Technologies permettant un transport numérique rapide sur une paire métallique sans interférence avec le service téléphonique analogique traditionnel (*POTS : Plain Old Telephone Service*).
  - 2 techniques : Transmission symétrique / asymétrique.
- **Câble**
- **Accès sans fil** : GPRS, 3G, etc.

# RTC / Câble

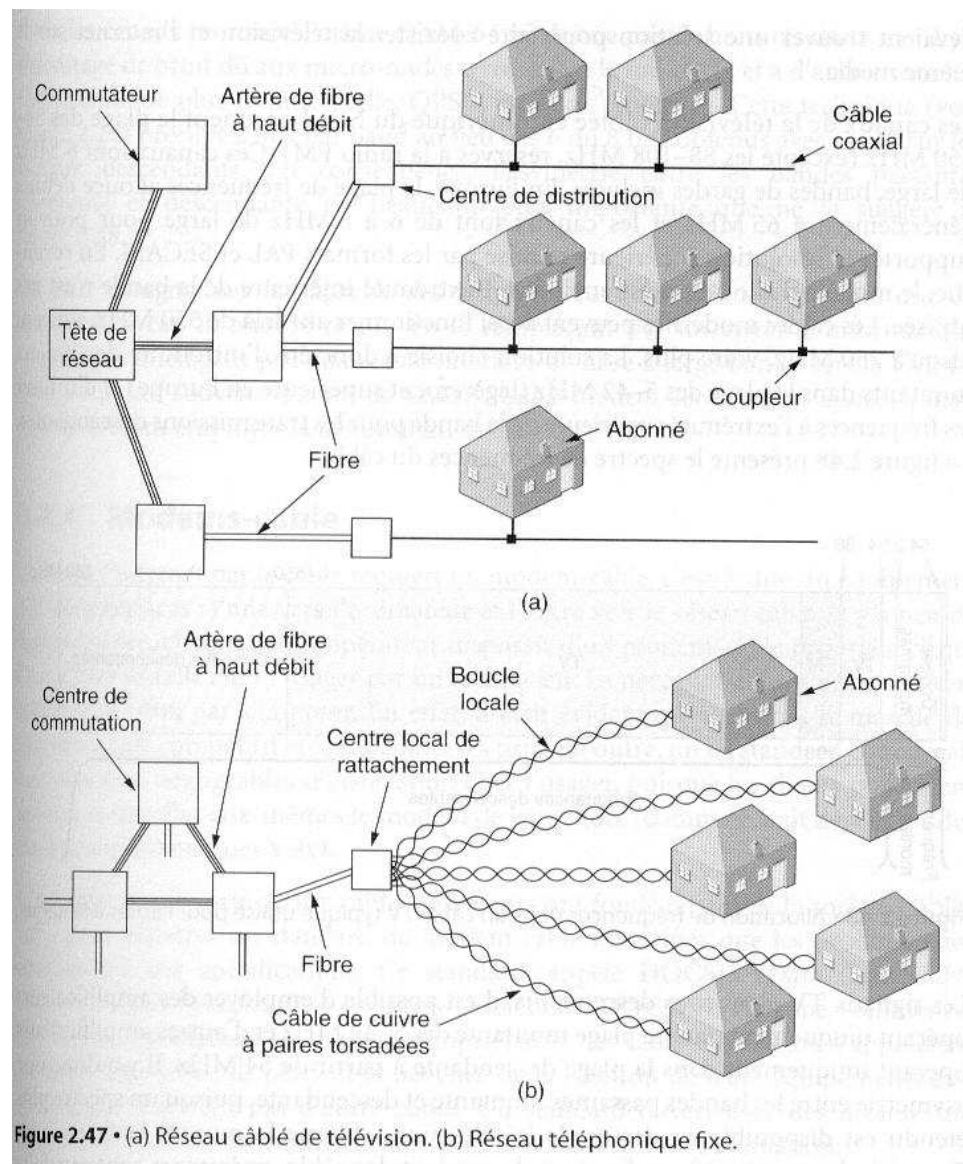


Figure 2.47 • (a) Réseau câblé de télévision. (b) Réseau téléphonique fixe.

# ADSL / Câble

- Épine dorsale : fibre optique
  - Abonné : **paires torsadées**
  - Raccord **seul** au CL
  - Qualité service **constante**
  - Possibilité d'accès au service :
    - tout le monde a une ligne téléphonique
    - mais pb de distance au CL
- Épine dorsale : fibre optique
  - Abonné : **coaxial**
  - **Plusieurs** sur un même câble
  - Qualité de service **dépend du contexte** (nbre d'abonnés connectés sur le câble)
  - Possibilité d'accès au service :
    - tout le monde n'est pas relié au câble
    - pas de pb de distance au centre de distribution

# Liaison Habitation ↔ FAI

Type	Liaison	Débit descendant	Contraintes	Année
Modem	RJ 11	< 56 Kb/s	. Bloque la ligne téléphonique	1990
ADSL	RJ 11	< 25 Mb/s	. Débit asymétrique, . Débit dépend de la distance avec l'opérateur	1999
VDSL	RJ 11	< 100 Mb/s	. Même que pour l'ADSL mais en pire	2002
SDSL	RJ 11	< 20 Mb/s	. ADSL avec débit symétrique	2001
Fibre FTTH	Fibre	< 2Gb/s	. Coûteux	2006
Fibre FTTLA	Fibre Coaxial	< 200 Mb/s	. Moins chère mais moins fiable et moins rapide	2006
Satellite	Onde	< 50 Mb/s	. Couverture . Délais . Coûteux	2010
Réseau mobile	Onde	< 150 Mb/s	. Même que pour les satellites	2004
WiMAX	Onde	< 240 Mb/s	. Même que pour les satellites	2006

Tableau établi par Vincent Autefage – Mars 2015



# Sans Fil – Réseaux mobiles

Il existe **plusieurs normes réseaux** utilisées par les opérateurs de téléphonie mobile. Une norme est utilisable si le téléphone de l'utilisateur possède une antenne compatible et si le forfait téléphonique souscrit autorise son utilisation.

Norme	Nom	Débit	Utilisation
2 G	GSM	< 9 Kb/s	Voix
2.5 G	GRPS	< 170 Kb/s	Voix ou données
2.75 G	EDGE	< 384 Kb/s	Voix ou données
3 G	UMTS	< 1,9 Mb/s	Voix et données
3.5 G / 3G+ / H	HSPA	< 14 Mb/s	Données
3.75 G / 3G++ / H+	HSPA+	< 21 Mb/s	Données
H+ Dual Carrier	DC-HSPA+	< 42 Mb/s	Données
4 G	LTE	< 150 Mb/s	Données
4 G+	LTE-Advanced	< 1 Gb/s	Données

*Tableau établi par Vincent Autefage – Mars 2015*