

Réseaux et Applications réparties

- **Pascal.Sicard@imag.fr** Laboratoire LSR Bat D Ensimag Bureau 313

- **Partie réseau:** (4 * 1h30 heures de cours + 4 * 3 h de TPs)

Connaissance de base sur les réseaux informatiques

Problématiques et architecture des réseaux

Protocoles Internet (Exemples: Ethernet TCP IP)

- **Bibliographie**

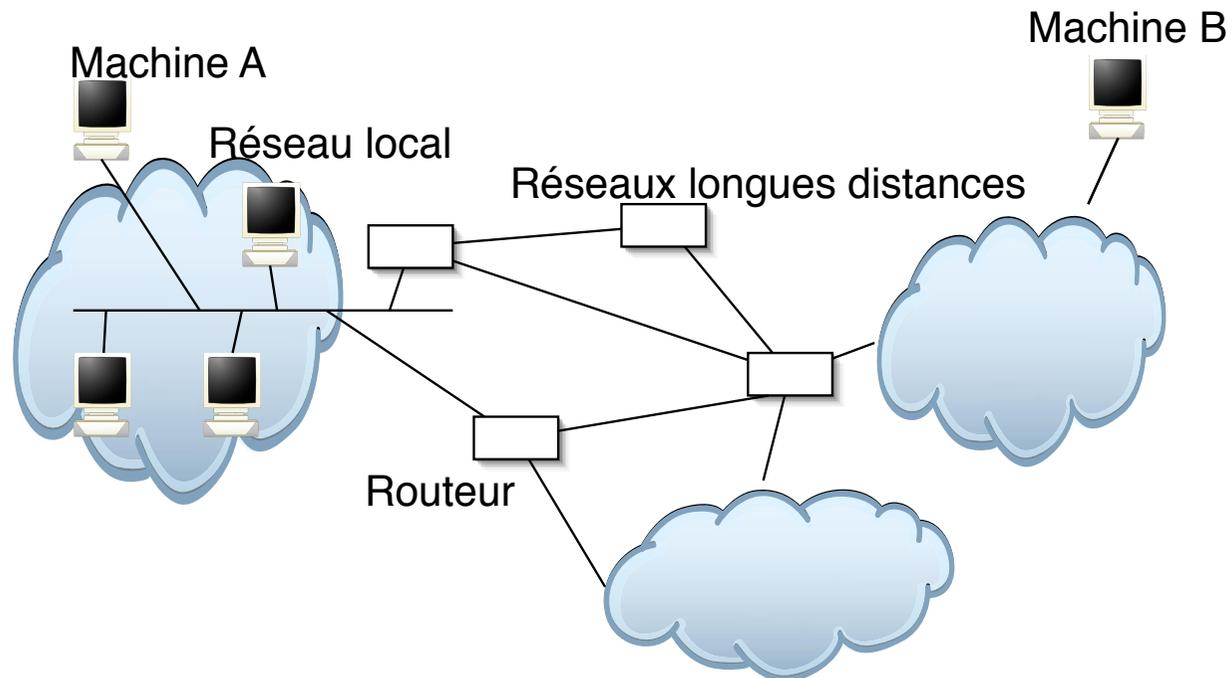
* Analyse structurée des réseaux J. Kurose et K. Ross
PearsonEducation- 2ème édition

* Réseaux locaux et Internet- Des protocoles à
l'interconnexion- 2ème Edition - L. Toutain- HERMES

* Réseaux, 3ème Edition A. Tanenbaum. InterEditions

Structure physique d'Internet

- Des machines utilisateurs (hosts)
- Des réseaux locaux reliant les hosts
- Des machines spécialisées (gateway, routeurs) reliant des réseaux locaux et des réseaux étendus



Fonctionnement du réseau

Analogie réseau routier

- **Passagers:** Information à échanger
- **Voitures:** ondes (électriques, optique, radio...) se propageant sur les supports
- **Domiciles:** machines utilisateurs
- **Routes:** Différents supports (câbles, fibre optique, ondes radio...)
 - Différents débits possibles (nombre de passagers à l'heure)
 - Différentes vitesses possibles (vitesse des voitures)
- **Carrefours: routeurs:**
 - Mémorisation de l'information dans des files d'attente
 - Fonctionnent comme un carrefour à feux ou stop : la voiture s'arrête avant de repartir (avec une vitesse pouvant être différente)

Exemple d'utilisation

- **Application de transfert de fichier: ftp**
- **Utilisateur : ftp ufrima.imag.fr puis get fichier**
- **Désignation universelle des machines: adresse Internet**
 - **IPV4 : 4 octets- Exemple: 192.0.0.1**
 - **IPV6 : 16 octets**
- **Annuaire: nom / adresse Internet**
 - **Où se trouve l'annuaire ?**
 - **Annuaire réparti : Application DNS (Domain Name System)**
 - **Organisation hiérarchique : machine ufrima dans la zone imag qui elle même se trouve dans la zone fr**

Problèmes à résoudre

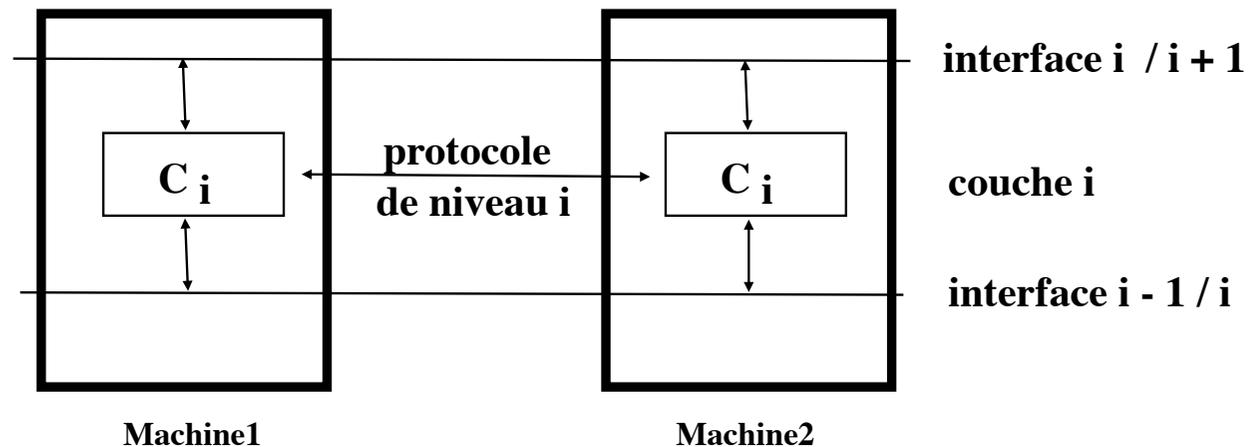
- **Avant d'envoyer le fichier :**
 - Vérifier que la machine distante est présente et accepte de recevoir/envoyer des données
 - On parle d'établissement de "connexion"
- **Trouver la route à suivre pour arriver à destination : *routage***
- **Remédier à la perte/détérioration des information lors du transport : *contrôle d'erreur***
- **En cas de saturation dans le réseau, limiter le débit d'émission pour désengorger l'embouteillage : *contrôle de congestion***
- **Si le récepteur ne suit pas la cadence, adapter le débit d'émission à celui du récepteur: *contrôle de flux***
- **Suivant les contraintes du réseau physique il faut découper les données en morceau de taille convenable: *segmentation/ reassemblage***
- ...

Diviser pour régner

- **Nombreux problèmes de diverses natures**
- **Les solutions dépendent de différents paramètres : réseau physique, qualité de service demandée ...**
 - On veut pouvoir fournir des solutions diverses et les combiner à volonté
 - **Exemple:**
 - » un service sans connexion préalable avec un taux d'erreur quelconque
 - » un service avec connexion et un taux d'erreur nul
- **Structuration hiérarchique des fonctionnalités nécessaires**
 - Simplification du problème par division en sous-problèmes indépendants
- **Différentes couches indépendantes s'occupant d'une partie spécifique des problèmes à résoudre**

Architecture en couches

- La couche i fournit des *services* à la couche $i+1$ en s'appuyant sur les services de la couche $i-1$
- Deux couches de même niveau (sur deux entités) utilisent un ensemble de règles pour communiquer appelé *protocole*



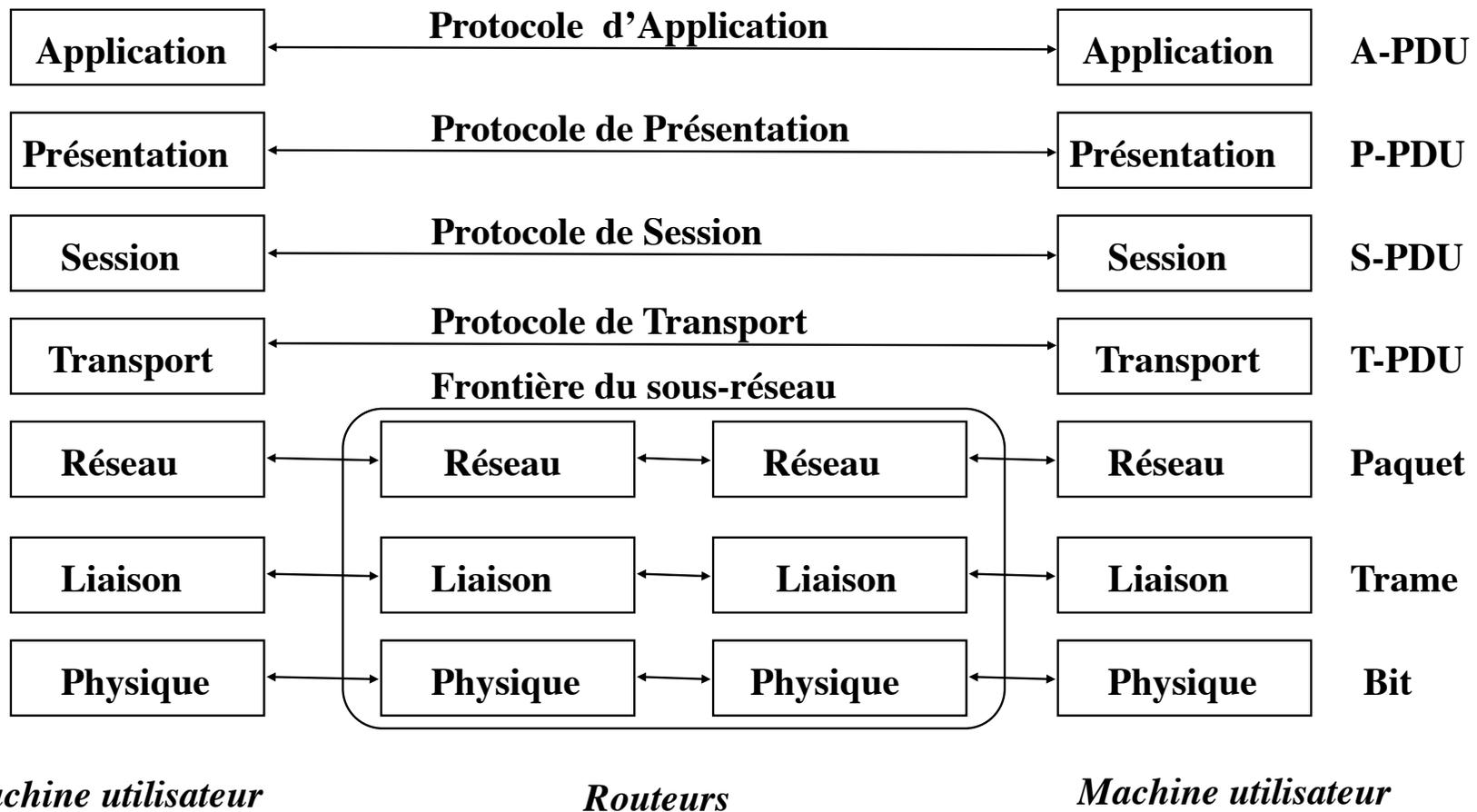
Architecture des réseaux : Définitions

- **Service:** Ensemble des fonctions offertes par une ressource
 - » Exemple: Couche personne au guichet: Envoi d'un télégramme
 - » Une couche i utilise les services de la couche $i-1$ afin de réaliser les services pour la couche $i+1$
- **Interface:** Ensemble des règles et des moyens physiques nécessaires pour accéder à un service.
 - » Exemple: interface utilisateur/personne au guichet: guichet, papier portant le texte écrit du télégramme, le nom et l'adresse du destinataire
 - » Interface entre deux couches sur une même entité pour accéder à un service
- **Protocole:** Ensemble de conventions réglant les échanges entre des entités qui coopèrent pour rendre un service.
 - » Exemple: le morse pour la couche Morse. Dire au téléphone "allo", attendre un "allo" puis parler est un protocole souvent utilisé
 - » Protocole entre deux couches de même niveau sur des entités distinctes

Architecture du réseau

- **Norme OSI (Open System Interconnection) composée de 7 couches pour que les protocoles soient universels**
- **Gros travail qui n'est quasiment pas utilisé mais qui sert de référence (nomenclature)**
- **D'autres protocoles développés en parallèle se sont imposés par leur utilisation (protocoles actuels utilisés dans Internet)**
- **Différentes solutions existent pour toutes les couches sauf celle où est défini l'adressage universel**
- **Grâce à l'indépendance des couches, on peut combiner ces différentes solutions à volonté**
- **Des incohérences peuvent apparaître : par exemple la détection d'erreur peut être effectuée par plusieurs couches, ce qui est inutile.**

Le modèle OSI (Open System Interconnection): l'architecture en couches



Les couches du modèle OSI

- *Application*
 - c'est le programme qui gère l'application proprement dite
 - Ex: ftp : prendre le fichier sur le disque local et le passer au "réseau" ...
- *Présentation*
 - Mise en forme et représentation des informations
 - Ex: Cryptage, représentation des entiers ...
- *Session*
 - Gestion du dialogue
 - Ex: synchronisation d'un dialogue (à qui est ce le tour de parler?)
- Elles sont réunies la plupart du temps en une seule couche: application
- Couches "Réseau" proprement dit (acheminement des informations):
transport, réseau, liaison de donnée et physique

Les couches du modèle OSI

- **La couche *transport***

- Etablissement et rupture des connexions multiples.
- Dialogue de bout en bout (on ne s'occupe pas des noeuds intermédiaires)
- Découpage des trames : segmentation/réassemblage
- Contrôle de flux
- Contrôle de congestion

- **La couche *réseau***

- Routage des paquets à travers le réseau
- Segmentation/réassemblage
- Contrôle de congestion
- Garantie de qualité de service: débit, taux d'erreur, temps de transport...

Les couches du modèle OSI

- **La couche *liaison de données***
 - * La mise en paquet de l'information
 - * La détection et la reprise des erreurs
 - * Le contrôle de flux visant à asservir la vitesse de l'émetteur à celle du récepteur.
- **Sous couche liaison de donnée: *le partage des voies physiques***
 - * Partage des voies à diffusion (très utilisé dans les réseaux locaux).
MAC : Multiple Accés Chanel
 - * Illustration détaillée: Le protocole Ethernet
- **La couche *physique***
 - * Principales caractéristiques des voies physiques
 - * Passage de l'information binaire aux ondes électriques, ondes lumineuses, ondes radio...
 - * Traitement du signal

Principe de l'encapsulation

Utilisateur

Application

Entête A. | Données A.

Message

Transport

Entête T. | Données Transport

Segment

Réseau

Entête R. | Données Réseau

Paquet ou datagramme

Liaison

Entête L. | Données Liaison

Trame

Physique

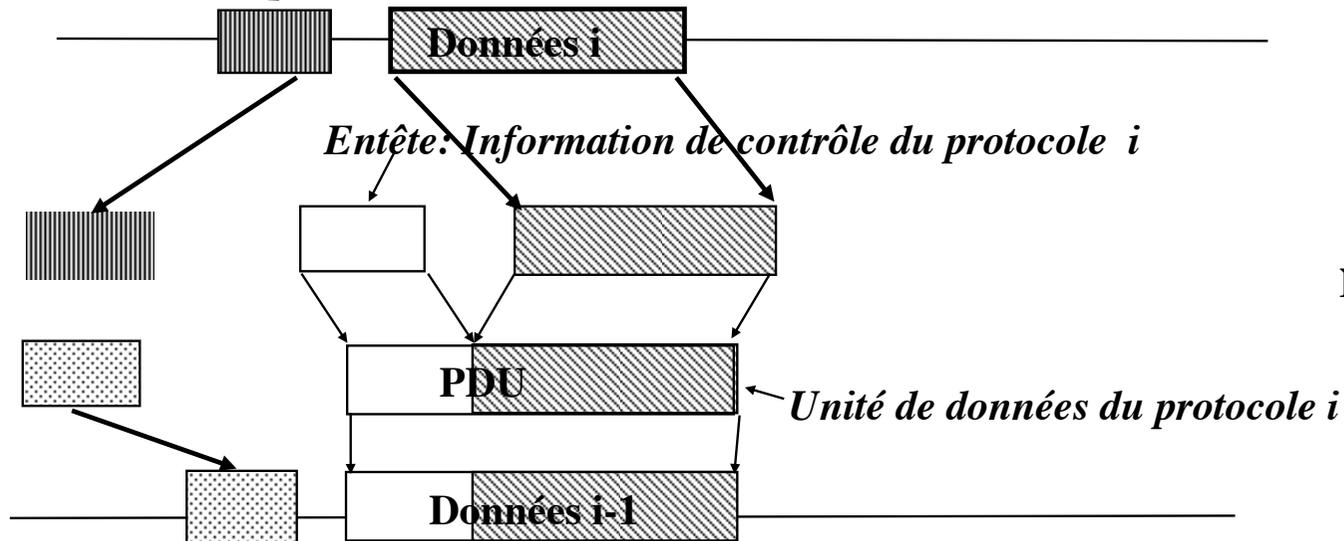
Ondes physique

- **Indépendance des couches:** on doit par exemple pouvoir changer la couche transport sans modifier les couches inférieures
- **Une couche i ne s'intéresse pas au contenu des données, elle doit n'utiliser que les informations de son entête pour fournir son service**

Services : mise en oeuvre

Paramètres de service du protocole i

Niveau i + 1

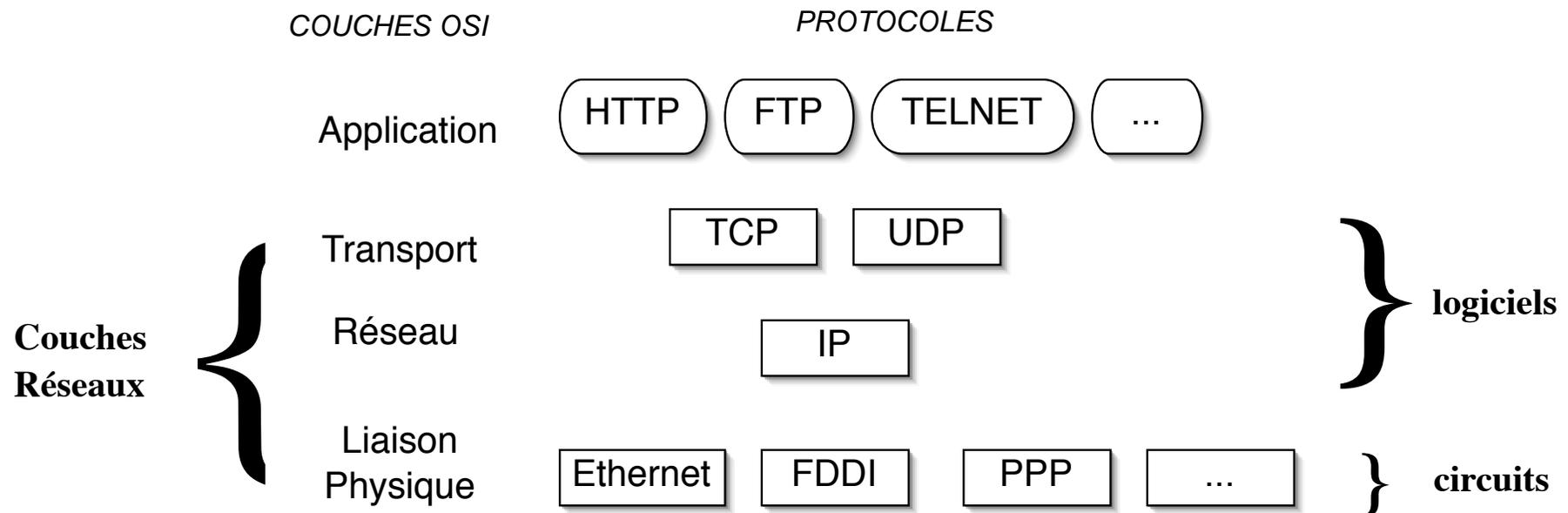


Niveau i

Niveau i-1

- **PDU: Protocol Data Unit**
- **Principe de l'encapsulation: PDU de niveau i: PDU niveau i+1 + entête de niveau i**
- **Principe inverse à la réception: chaque couche enlève son entête avant de passer les données à la couche supérieure**

Les protocoles de l'Internet

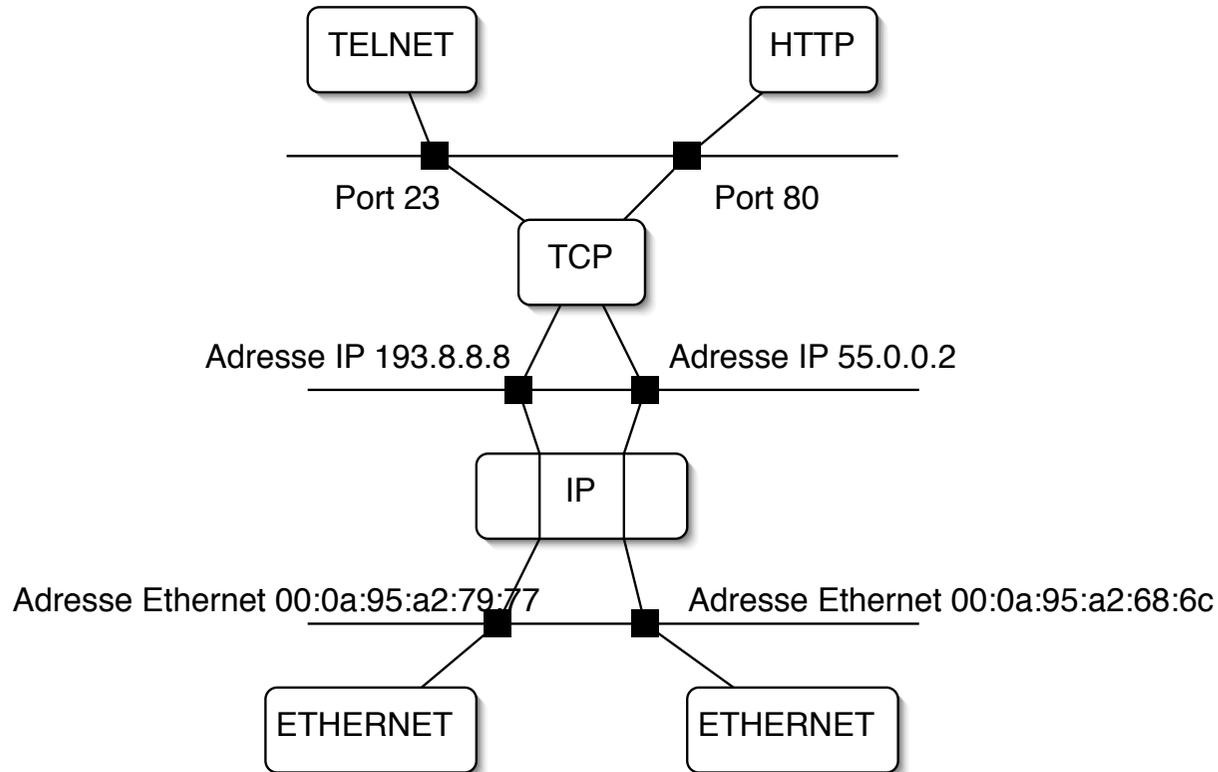


- **TCP : Transmission Control Protocol**
- **UDP : User DataGram Protocol**
- **IP : Internet Protocol**
- **PPP : Point to Point Protocol**
- **FDDI: Fiber Distributed Data Interface**
- **Protocoles décrits dans les RFC(Request For Comments) disponible sur le web**

Points d'accès et adresses

- **Point d'accès au service ou I-SAP**
- **Les services fournis par le niveau i sont accessibles aux entités de niveau i+1 en des points appelés I-SAP (Service Access Points du niveau i).**
- **Chaque SAP possède une adresse qui l'identifie de façon unique.**
- **Exemple : Les prises de téléphones et numéro, les boîtes postales et les adresses PTT , les cartes et adresses Ethernet ...**
- **Chaque niveau à son type d'adresse:**
 - **Application: adresse liée à une application. Exemple: adresse électronique pour le mail**
 - **Transport: numéro de port (2 octets)**
 - **Réseau: adresse Internet (4 octets, bientôt 16 octets IPv6)**
 - **Liaison de donnée: adresse "physique". Exemple: adresse Ethernet (6 octets)**

Adressage



- **Numéro de port particulier attribué aux applications “standards” (/etc/services)**
- **Adresse IP attribuée de façon unique à une “interface réseau” sur une machine**
- **Adresse physique attribuée de façon unique aux “cartes réseaux”**

Types de services

- **Service orienté connexion**

- **Trois phases de communication :**

- 1- établissement ou ouverture de la connexion**

- permet de savoir si l'entité distante est prête

- échange des paramètres de connexion

- 2- la communication proprement dite (échange des données)**

- 3- la rupture ou fermeture de la connexion**

- **Facilite certains services comme le contrôle de flux**

- **Exemple : TCP**

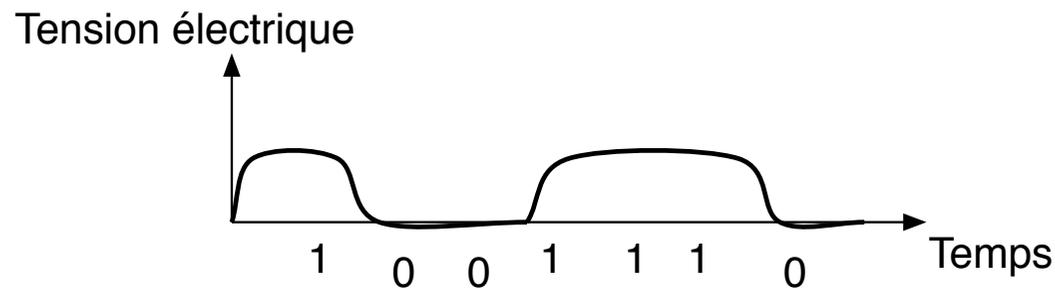
- **Service sans connexion**

- **On envoie et on reçoit les données sans préalable**

- **Exemple : UDP, IP**

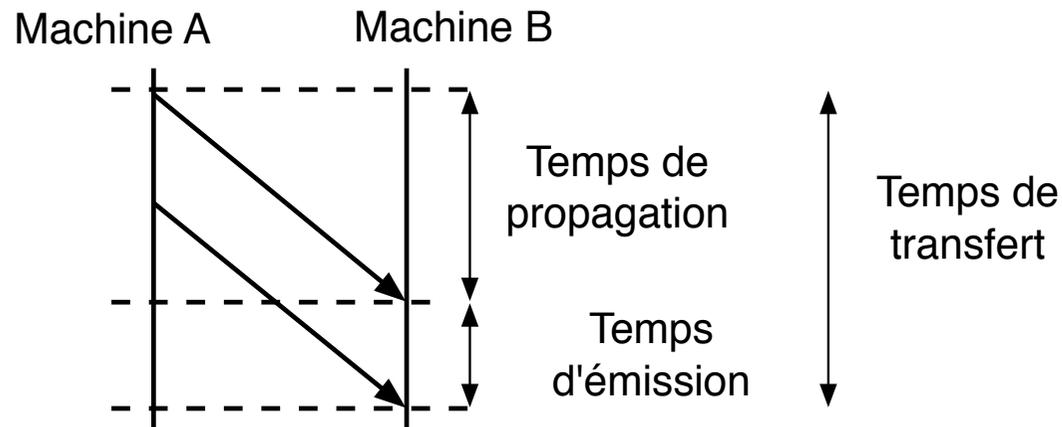
La couche physique: notions de base

- Passage de l'information binaire à une onde
- Exemple :



- Une onde possède une vitesse qui dépend du support
- Le temps de propagation dépend de la vitesse v de l'onde et la longueur l du support : l/v
- Le débit d'une ligne est défini par le nombre de bits émis par seconde sur le support
- Débit et vitesse sont complètement indépendants

Débits/Temps de propagation



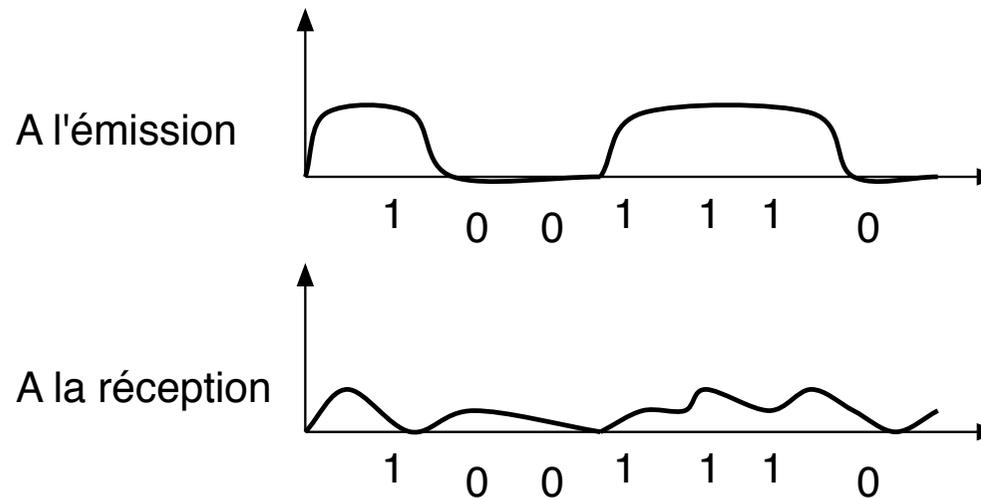
- **Exemple:**

- Satellite $l=36000$ km, $v= 3.10^8$ m/s : T. propagation= 0,12 s
- Message de 10 kbits à 1 méga bits/s: T. d'émission= 0,01s

- Réseau local sur fibre optique $l=200$ m $v=200.10^6$ m/s: T.propagation = 10^{-6} s
- Message de 10 kbits à 1 méga bits/s: T. d'émission= 0,01s

Limitation du débit

- Une onde s'affaiblit lors de son déplacement et peut être détériorée par des bruits extérieurs



- **Théorie du signal:**
 - suivant les caractéristiques du support, sa longueur et les perturbations extérieures, on peut déterminer la fréquence maximale (et donc le débit maximal) au delà de laquelle on ne sait plus reconnaître à l'arrivée les échantillons représentant l'information émise
 - On parle de bande passante

Mode de transmission

- **Modulation**

- L'information codée sert à modifier un ou plusieurs des paramètres (amplitude, fréquence, phase) d'un signal sinusoïdal appelé onde porteuse
- Utilisé sur les lignes téléphoniques à travers les Modems (Modulateur/démodulateur)

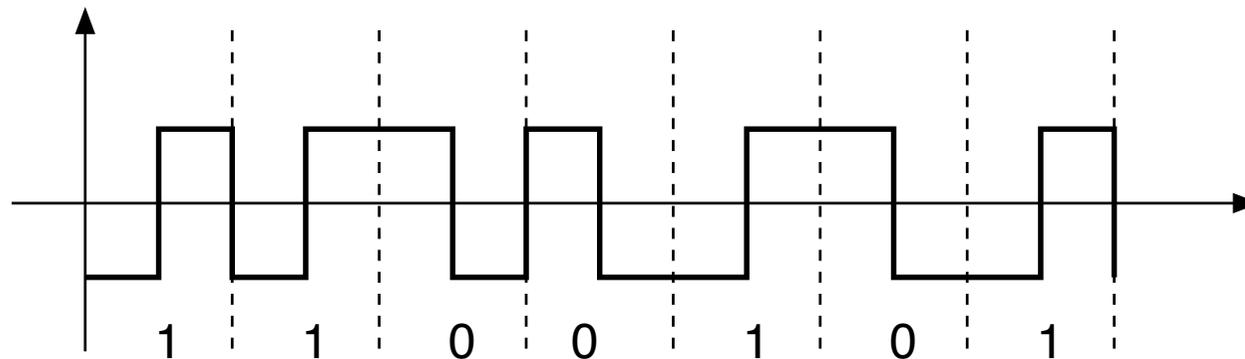
- **Mode de base ou bande de base**

- On transmet directement l'information binaire à l'aide de signaux pouvant prendre n valeurs (n est appelé la valence)
- Exemple: valence de 2: 0 et 1 volt sur un support métallique
- Le débit dépend de la bande passante et de la valence

Exemple de codage en bande de base

- Codage Manchester (ou biphasé)
- Utilisé dans Ethernet 10 Mégabit/s (0,85 volts, - 0,85 volts, 0 volt au repos)
- Intérêt: Une transition pour chaque bit. Permet une meilleure synchronisation du récepteur

Tension électrique



Caractéristiques des supports

- **Délai de propagation: Longueur/vitesse**
 - Réseaux étendus:
 - » Satellite: Aller /retour : 0,25 s
 - » Fibre optique : 1 ms pour 200 km
 - Réseaux locaux: quelques micro-secondes
- **Taux d'erreur: Probabilité de perte (ou de modification) pendant le transfert d'une information élémentaire**
 - Réseaux étendus: 10^{-3} (ligne PTT) à quasi nul pour de la fibre optique
 - Réseaux locaux: de 10^{-9} à quasi nul
- **Ces caractéristiques vont intervenir dans les protocoles des couches supérieures**

Les supports existants

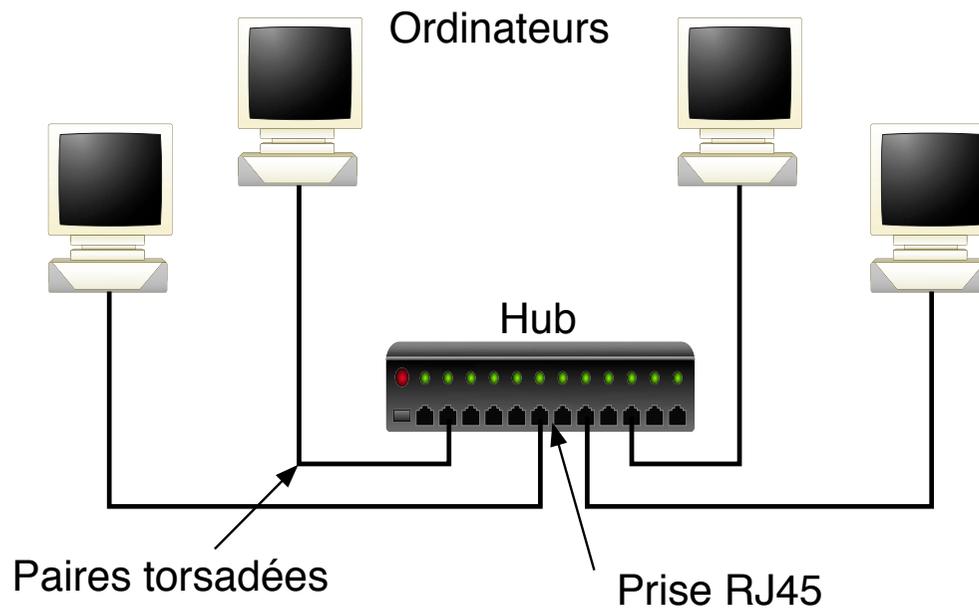
- **Non réseaux: CD, DVD, bande magnétique**
 - Encore utilisés: 1000 bandes* 7 gigaoctets en 24 h = 648 Mégabit/s
- **Métalliques: Câble coaxial, paire torsadée**
 - Les plus utilisés dans les réseaux locaux
- **Verre: Fibre optique**
 - En déploiement constant depuis une dizaine d'année
 - Utilisé aussi pour les réseaux locaux
- **Immatériel: ondes , radio**
 - **Radio:** Très utilisé pour les réseaux étendus, en pleine croissance pour les réseaux locaux : Ethernet sans fil, Bluetooth
 - **Laser, infrarouge :** très directionnel, utilisé ponctuellement pour des réseaux locaux

Supports métalliques (1)

- **Fils simples : distance courte. Problème de parasitage**
- **Paire de fils torsadés: 2* 1 mm de cuivre isolé, résiste mieux aux interférences extérieures**
 - Réseau téléphonique
 - Réseaux locaux
 - UTP3 puis UTP5 (Unshielded Twisted Pair) non blindée
 - Prise RJ45
 - 4 paires dans le même câble (dont 2 utilisées en simplex pour l'Ethernet 10 mégabit/s)
 - UTP5 (cablage actuel) : jusqu'à 1 Gigabit/s
 - Ethernet à 10 Mégabit/s, 100 Mégabit/s et depuis peu 1 Gigabit/s
 - Longueur maximale d'un brin: 100 m

Un exemple: le réseau Ethernet en paire torsadée

- **Câble UTP5: 1 paire utilisée en entrée, 1 paire en sortie**
- **Concentrateurs (ou Hub) centralisés dans une armoire de brassage pour faciliter l'administration et la maintenance**
- **Réseau en étoile mais à diffusion: le hub retransmet sur toutes les paires de sorties ce qu'il reçoit sur une paire d'entrée**



Supports métalliques (2)

- Les câbles coaxiaux :
 - » Ame en cuivre -isolant - tresse métallique- gaine de protection
 - » Résistant aux bruits
 - » Mieux que la paire torsadée sur longue distance

- “Bande de base”
 - 1km -> 1 giga bit/s
 - Très utilisé pour longue distance du réseau téléphonique
 - Utilisés en réseaux locaux mais supplantés par la paire torsadée en local et par la fibre optique en longue distance

- “Large bande”
 - » Fréquence plus grande
 - » Transmission par modulation
 - » Télévision câblée, accès à Internet

Fibres optiques

- Tube en verre très fin (1 cheveu) recouvert d'une gaine isolante à la lumière
- en simplex (2 fibres)
- Pas de lumière : 0 logique, Impulsion lumineuse : 1 logique
- Utilisées en LAN (FDDI) et WAN
- < 100 km : Plusieurs Gigabit/s (10^9 bits)
- Limitation due au passage de l'optique à l'électrique
- Optique pure 50 000 Gigabit/s
- Gros développement : F. Télécom: 1,3 millions de km de fibres en 96

Ondes radio

- **Grandes distances (>100 km)**
- **Débit dépend de la plage de fréquence utilisée (100 Mhz à 1 GigaHertz)**
- **Très utilisé pour la télévision et les artères principales du téléphone**
- **Limitation de l'allocation des plages de fréquences**
- **Réseaux cellulaires (téléphone portable): cellules indépendantes permettant la réutilisation des fréquences. GSM : Débit 14 kbit/s bientôt 170 kbit/s**
- **En pleine croissance pour les réseaux locaux: le sans-fil**
 - **Ethernet sans fil, Wi-Fi (Wireless Fidelity), norme IEEE 802.11: 11 Mégabit/s**
 - **Bluetooth : 1 Mégabit/s**
 - **Le bâtiment F devrait être équipé d'ici la fin de l'année de bornes Wi-Fi**
- **Réseau à diffusion : problème de confidentialité (cryptage)**
- **Mise en place moins coûteuse que la fibre optique**
- **Tours Hertzienne : souvent moins onéreux que de creuser une tranchée pour mettre une fibre optique**