

Introduction aux Réseaux Informatiques

L3 MIA GE - UGA

Bernard Tourancheau

- Enseignement : UJF / IM2AG depuis septembre 2011
- Recherche : UMR LIG, équipe Drakkar
- Email : bernard.tourancheau@univ-grenoble-alpes.fr
!!! Subject: [L3miage] ...
- !!! Subject: [L3miage] cours IP erreur ...
- Office hours: rdv 12-14h lundi, mardi, vendredi
- CV Parcours : M2 info et M2 maths appliquees UGA 1986, doctorat G-INP 1989, M₄C ENS-Lyon, CR CNRS, Senior Researcher UT-Knoxville TN USA, PR ULyon, Consultant Myricom Inc., PI SUN microsystems, M2 ENR Loughborough Univ. UK 2007, PR UGA 2011.

Cours d'Introduction aux Réseaux

Informatiques : agenda

- **CM** **6x1.5h avec Bernard Tourancheau**
- **TP** **3x3h en groupes avec**
Grenoble : Nicolas Basset + Ulysse Coutaud + Assia Djerbelkhir
- **Mini-projet transversal commun avec Système, IHM, etc.**
3 jours en binômes,
- **Evaluation : examen 2/3 + QCM/CR de TP + projet système-réseaux**
- **Documents :**
 - Moodle UGA L3miage onglet réseau

PRESENTATION DU COURS RX L3miage

- **Source : Pascal Sicard, Goran Frehse, Andrew Tanenbaum, ...**

Connaissance de base sur les réseaux

Architecture et fonctionnement de l'Internet

Problématiques liées aux réseaux

Protocoles (exemples étudiés : Ethernet et TCP/IP)

- **3* 3h Travaux pratiques**

- **Bibliographie**

***RESEAUX 5ème Edition, Andrew Tanenbaum - InterEditions**

*** Réseaux locaux et Internet (des protocoles à l'interconnexion)
Hermes, Dunod, ...**

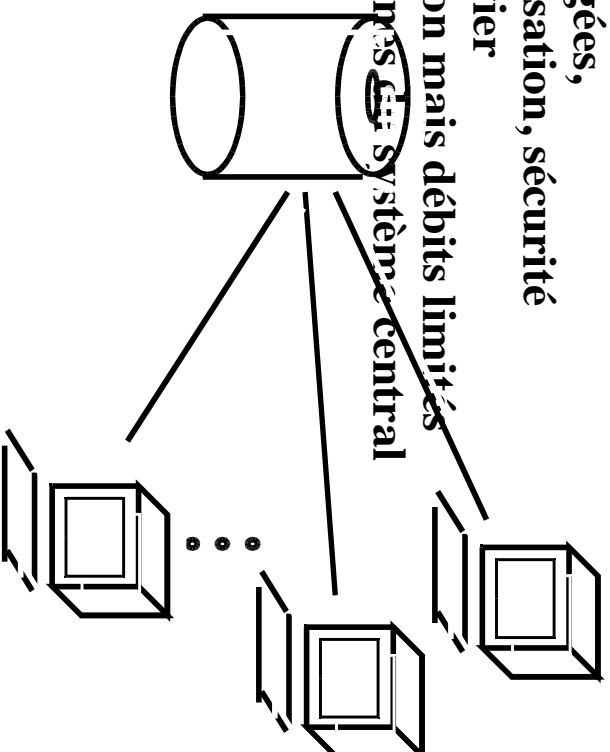
BREF HISTORIQUE

- **Ordinateurs isolés ENIAC 1960** (petit hangar)
Transfert d'information via des cartes, bandes magnétiques, disquettes,...
Pas pratique, performance limitée, sécurité simple, réservé à la recherche ...
Un seul programme à la fois !

- Gros systèmes centralisés, le début du partage de ressource

Exemple: 1970 Bull Multics (grande salle vitrée) + consoles locales

- => Temps partagé,
- => Ressources partagées,
- => Optimisation utilisation, sécurité
- => Déport écran/clavier
- => Début de connexion mais débits limités
- => Problème des panaches



EVOLUTION Réseaux et Internet

- **Infrastructure télécom pour la parole**
- **Besoin de communiquer, d'échanger des informations, mise à jour DB**
 - » Banques, Militaires, Compagnies multinationales
 - » Naissance de l'idée de réseau de données

- **Premiers réseaux**

- pour transférer plus aisément de l'information numérique (fichiers)

- Exemples:

- » Arpanet: 1970, Militaire USA, sur ligne téléphone avec MODEM, <64kbit/s
 - » Usenet : 1973, Système Unix
 - » SNA: 1974, IBM, base du modèle de la standardisation OSI (Open System Interconnection)
 - » Ethernet : 1978, bâtiment, coaxiaux, prise vampire, 10Mbit/s
 - » Transpac: 1978, Réseau Public Français, 48 kbit/s
 - » Modèles en couche OSI 1ère version 1978, ISO (International Standard Organization)
 - » Premier groupe de normalisation comité 802 (1980) pour les réseaux locaux (Ethernet)
 - » Modèle en couche ISO/OSI 2ième version en 1984 appelée OSI (Open Systems Interconnection)

Problématique

- Les principaux problèmes à résoudre
 - Standardisation : utiliser le même « langage » de communication pour échanger quel que soit le support
 - Accès partagés : gérer la cohérence des ressources, données privées
 - Contrôle des transferts : adressage, routage, contrôle de flux, équité, priorité
 - Sûreté des transferts : ligne non-fiable, taux d'erreur, performance, etc.
 - Administration : mise en place, insertion / retrait d'une machine, panne d'une machine, sécurité des échanges, etc.

HISTORIQUE

Années 1980-2020

- Les progrès des télécommunications

- En terme de débit : nombre d'informations véhiculées par unité de temps
 - kilobit/s => mégabit/s => gigabit/s => terabit/s
- En terme de qualité des services offerts
 - fiabilité, sûreté, sécurité,
 - nombreuses applications (mail, ftp, rlogin ...)
- En terme de coût : cf Ethernet, accès data
- En terme d'ubiquité : sans-fil, téléphonie, AP wifi

- Les progrès des ordinateurs

- En terme de vitesse des ressources processeur, mémoire, stockage, taille
- En terme de coût des ressources

Carte réseau Ethernet = 150E en 1990, 15E en 2009 pour un débit multiplié par 1000, chipset intégrée en 2012 ...

=> Réseaux Internet et systèmes répartis « Cloud » actuels

HISTORIQUE

Depuis les années 2000 => Autoroutes de l'information

- Réseau mondial : Internet
- Besoin d'un débit élevé pour les applications Internet
- Grande quantité d'informations
 - => Multimédia: text, image, son, vidéo : volume
 - => Communication interactive : flux

- Accès ubiquitaire : data téléphonie mobile

- Nouveaux usages

- Mais de nouvelles contraintes apparaissent

- Qualité de service,
- Sécurité, Vie privée

- ...

HISTORIQUE Internet

- Depuis 1962 la DARPA USA s'intéresse aux réseaux militaires
- Arpanet: Défense américaine pour la sûreté des communications sur réseaux téléphoniques
 - 1969 4 noeuds Campus LA
 - 1970 7 noeuds Universités américaines
 - 1974 Naissance de TCP/IP - premières « applications » réseaux
 - 1983 200 noeuds Domain Naming System (DNS)
- IETF Internet début Années 80 → “Inter réseaux”
- IEEE Normalisation des protocoles réseaux locaux (802.xxx) 1981
- Internet/France 1983 Premières liaisons par organisme de recherche
- RENATER 1992 Réseau national de télécommunications pour la technologie, l'enseignement et la recherche Française

HISTORIQUE Internet

- Internet : un protocole et une architecture réseau
 - 1990 3000 réseaux 200 000 ordinateurs hôtes
 - 1992 1 millions d'hôtes
 - 1995 épines dorsales → 30 000 réseaux 10 millions hôtes
 - depuis double chaque année → 800 millions hôtes en 2009
 - >10 milliards en 2016 → plus que les humains ! Cf M2M
- World Wide Web (la Toile en français) un protocole applicatif
 - début années 1990, initié au CERN par T Berners Lee
 - permet de créer, exposer et consulter des documents multimédia via Internet
 - Application d'accès au protocole: navigateur (browser)
 - 130 exaOctets par an en 2016 (source CISCO)
- Ordiphone multiconnecté sans fil
- Internet des Objets

Définitions

- Réseau: ensemble d'ordinateurs autonomes interconnectés
- Différents types de réseaux suivant la distance:

Multi-coeurs : sur une puce NOC 0,01m

Multi-processeurs : sur bus ou switch de la carte BackPlane 0,1m

Machine parallèle : entre cartes SAN 1m

Réseau local : une salle, un immeuble 100m

- LAN : Local Area Network

- Exemple : Le support Ethernet exploite un bus bi-directionnel

• (Réseau de Communauté urbaine : une ville MAN 10 km)

• Réseau longue distance : campus, pays , monde WAN 1000 km

- WAN: Wide Area Network

- Point à point avec des routeurs aux interconnexions

- Exemples: ancien Transpac, actuel MPLS : constitution de réseaux privés

- Exemple: Fiber Distributed Data Interface (FDDI) fibre optique en double anneau

=> organisation 2019 : LAN interconnectés par des WAN:
INTERNET (inter network-ing)

OBJECTIFS

- **Partage de ressources :**
 - données: gestion, ERP, ...
 - capacité de calcul, de mémoire, de stockage: GRID/CLOUD Computing
 - application : CLOUD
 - => **Fiabilité** : assurer l'intégrité du transport des informations
 - => **Notion de QoS**
 - => **Réduction des coûts**

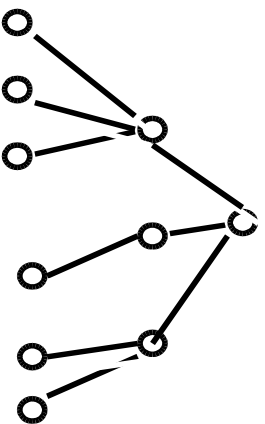
Ex: serveur de fichier qu'accède une communauté
- **Communication interactive entre entités éloignées**

Applications actuelles : informatique et télécom...

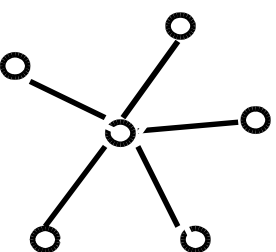
- Accès à des informations distantes
 - Transfert / partage de fichiers de données (texte / image / son) : FTP , NFS
 - Serveur WWW et navigateurs (ou butineur, fureteur, browser):
HTTP sur IE, Firefox, Chrome, ...
- Accès à de la puissance de calcul ou du stockage à distance
 - Contrôler l'exécution sur un ordinateur distant (telnet, rlogin, rsh, ssh)
 - Echange entre machines (M2M), AWS
- Communication interactive entre personnes
 - Echange de lettres (mail) et messages (SMS, tweeter, whatsapp)
 - Echange multimédia (MMS, snapchat, , ...)
 - Echanges de caractères en temps réel (talk)
 - Visiophonie, Vidéoconférence (skype, google+,...)
 - Télé enseignement, télé médecine ...

Notion de Topologies

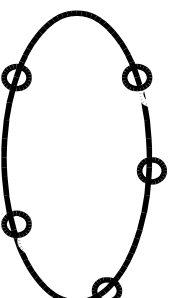
- Deux types de réseaux :
- 1- Canaux de communication point à point
 - Principe de communication : pour aller d'un équipement terminal à un autre, un message peut traverser plusieurs nœuds de commutation selon le principe stocker renvoyer.
 - Topologies :



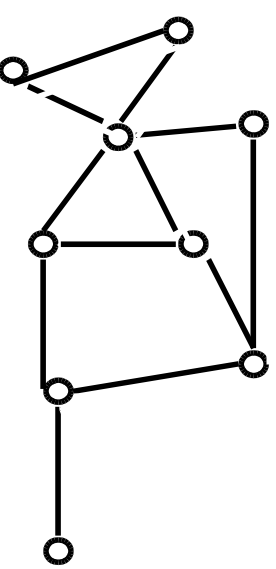
arbre



étoile



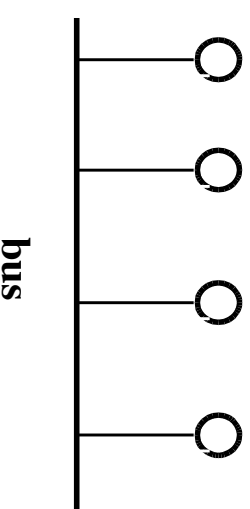
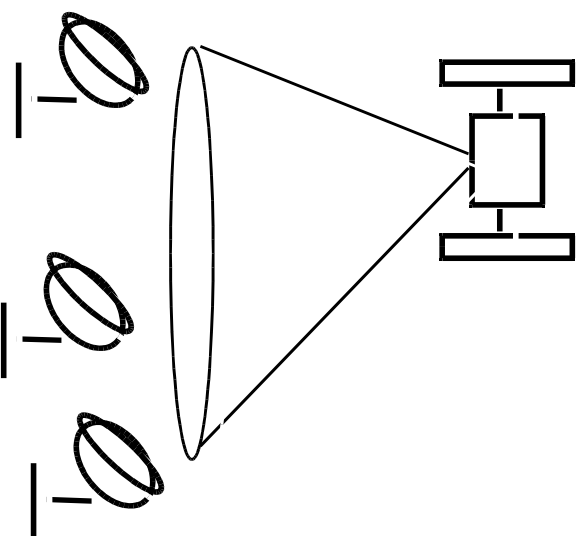
anneau



partiellement maillée.

Topologies

- 2- Canaux de communication à diffusion
 - Principe de communication : tous les nœuds reçoivent le message expédié par un équipement terminal.
 - Exemples : radio, Ethernet(bus), Token Ring(anneau)



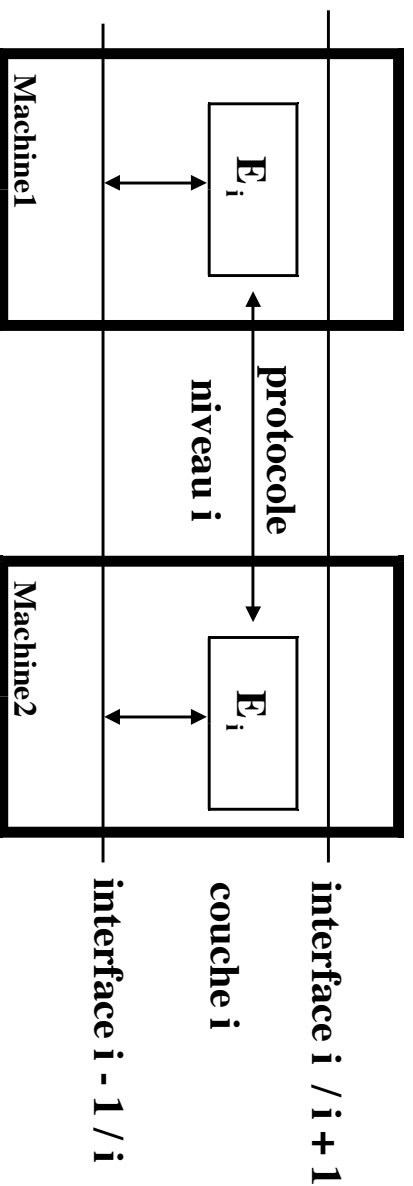
Architecture des réseaux : définitions

- **Service**
 - » Ensemble des fonctions offertes par une ressource
 - » Ex: Communication orale pour le téléphone, services d'une couche i pour la couche i+1
- **Interface**
 - » Ensemble des règles et des moyens physiques nécessaires pour accéder à un service.
 - » Ex: Le téléphone (micro et haut-parleur), 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.
 - » Ex: le fait de dire "allo", attendre un "allo" puis parler
 - » Protocole entre deux couches de même niveau (2 entités différentes)

Architecture et interfaces formelles des logiciels réseaux

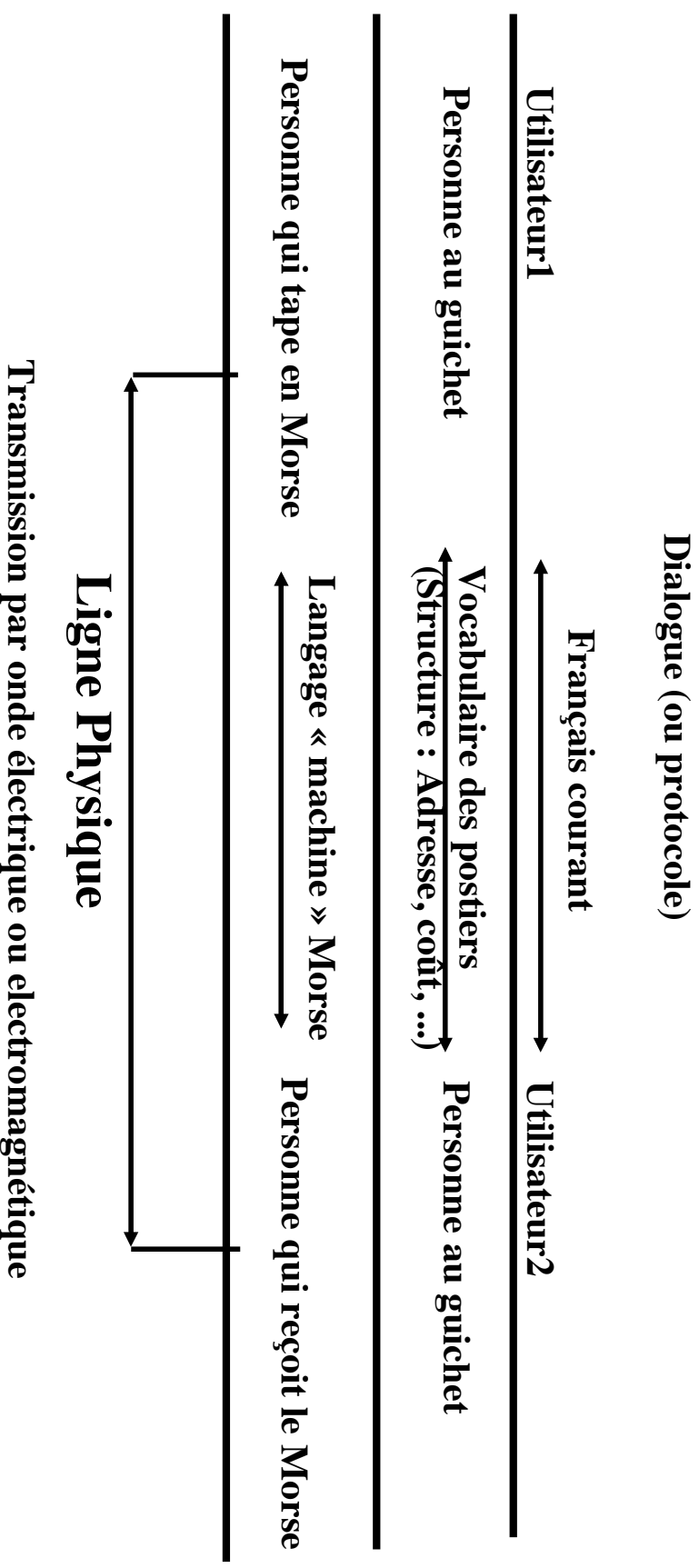
- Structuration hiérarchique des fonctionnalités nécessaires
=> Simplification du problème par division / interface

- Différentes couches indépendantes traitent d'une partie spécifique des problèmes à résoudre aux travers d'interfaces
=> cf. génie logiciel



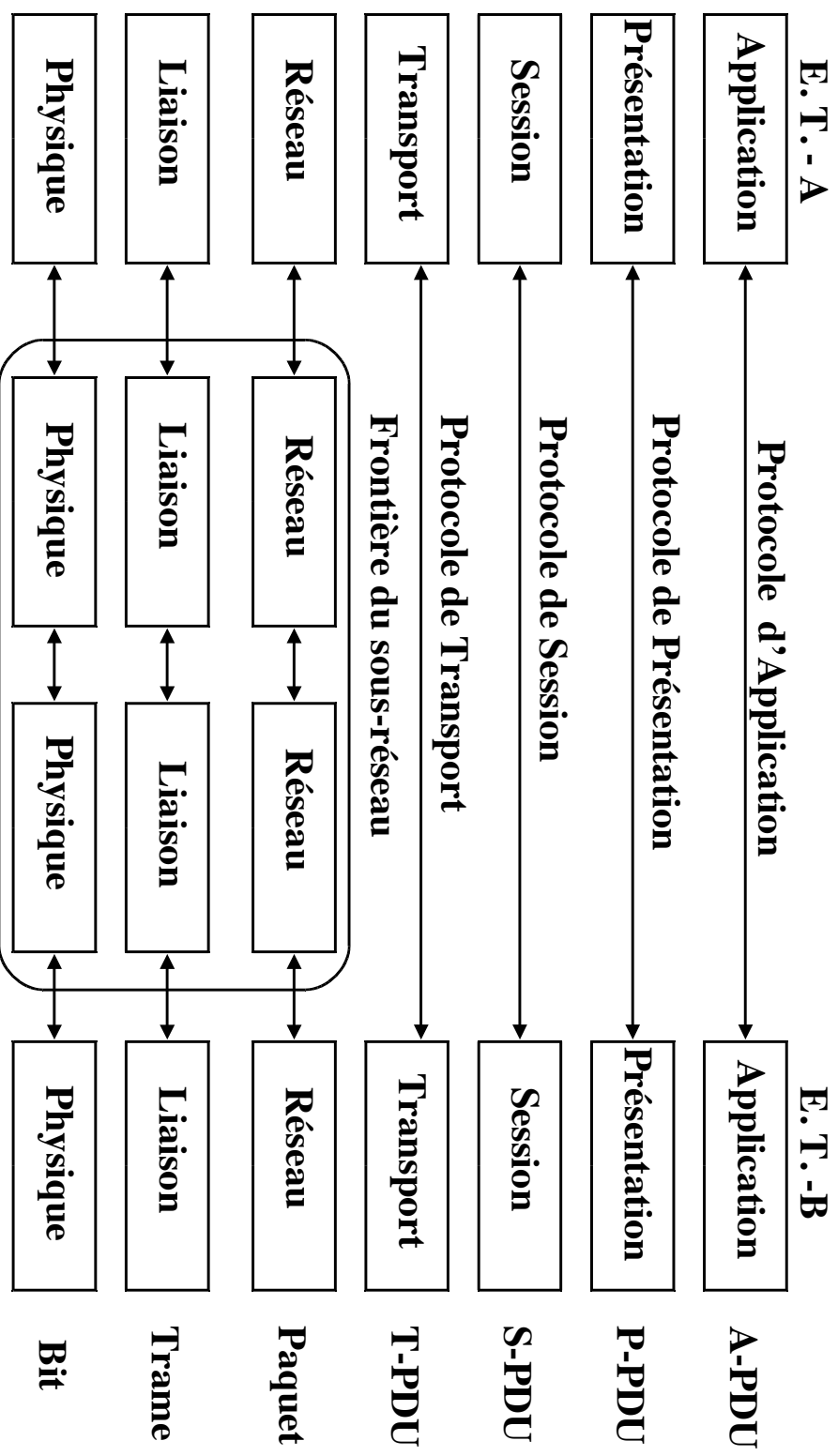
ARCHITECTURE EN COUCHES

- Exemple type: le télégraphe: modèle de communication en couches



Le modèle OSI : standard de l'architecture en couches

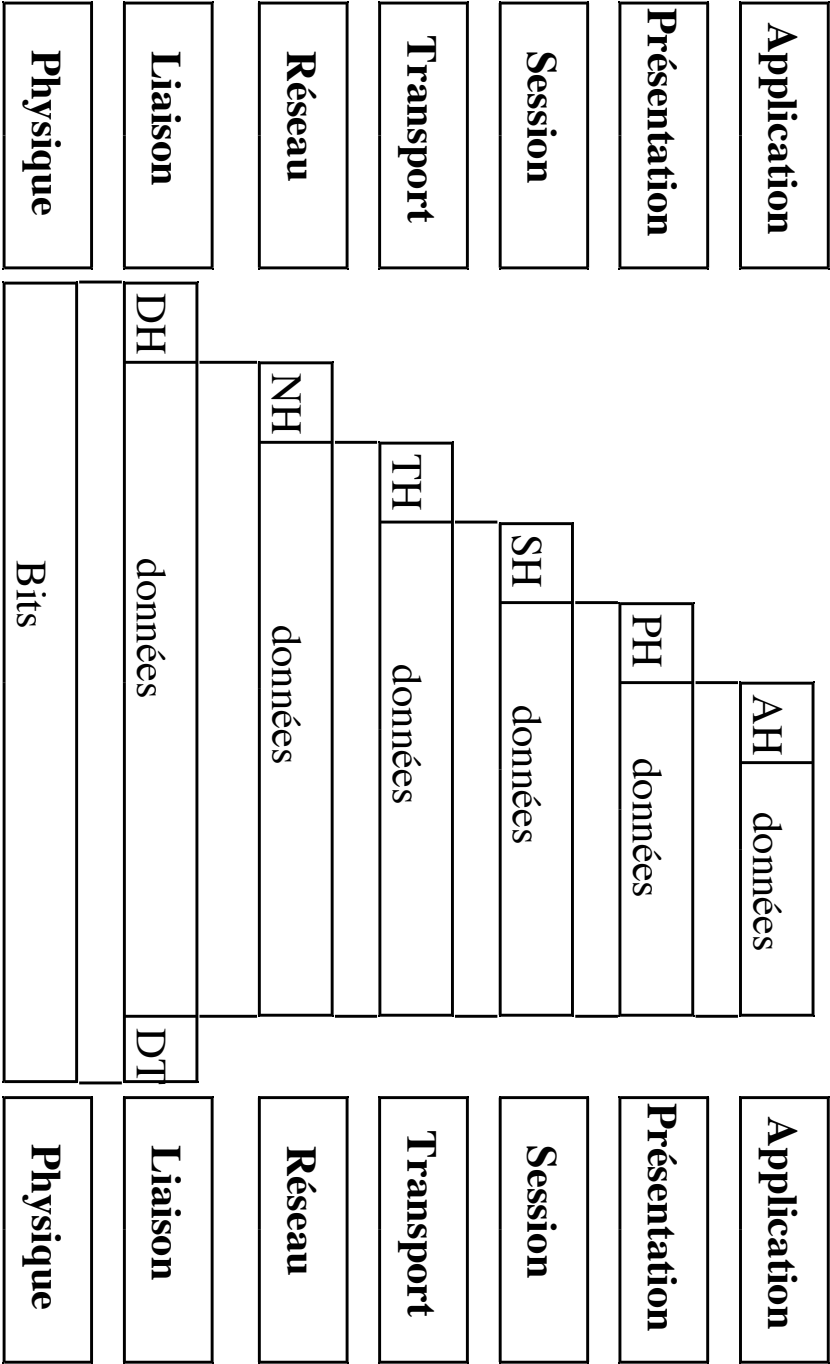
Open System Interconnection



Interprétation des couches du modèle OSI

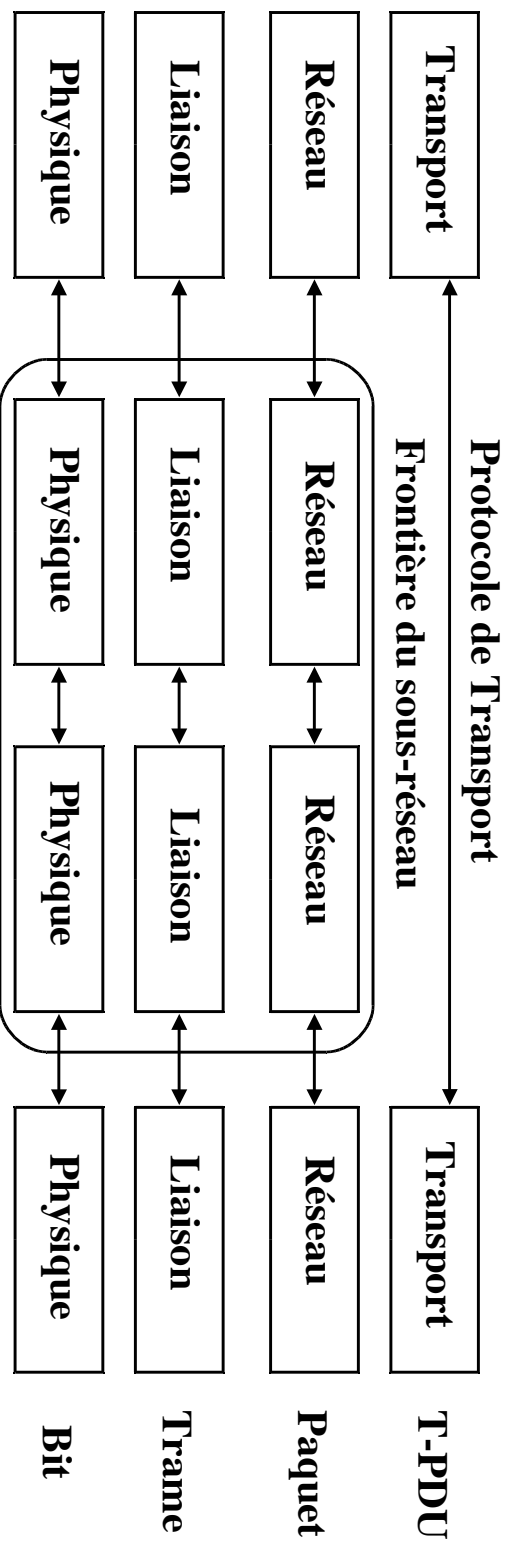
- **Application**
 - c'est le programme qui gère l'application proprement dite
 - Ex: ftp : prendre le fichier sur le disque local et le passer au "réseau" ...
 - **Présentation:**
 - Mise en forme et représentation des informations
 - ex: Cryptage, représentation des entiers ...
 - **Session**
 - Gestion du dialogue, gestion de transfert pour reprise
 - Ex: synchronisation d'un dialogue (à qui est-ce le tour de parler?)
- ⇒ Maintenant la plupart du temps ces 3 couches sont confondues dans la couche application car en pratique elles sont spécifiques à chaque type d'application
- **Couches “Réseau”** proprement dites (acheminement des informations) : transport, réseau, liaison de donnée et physique

Le modèle OSI : les informations en transit



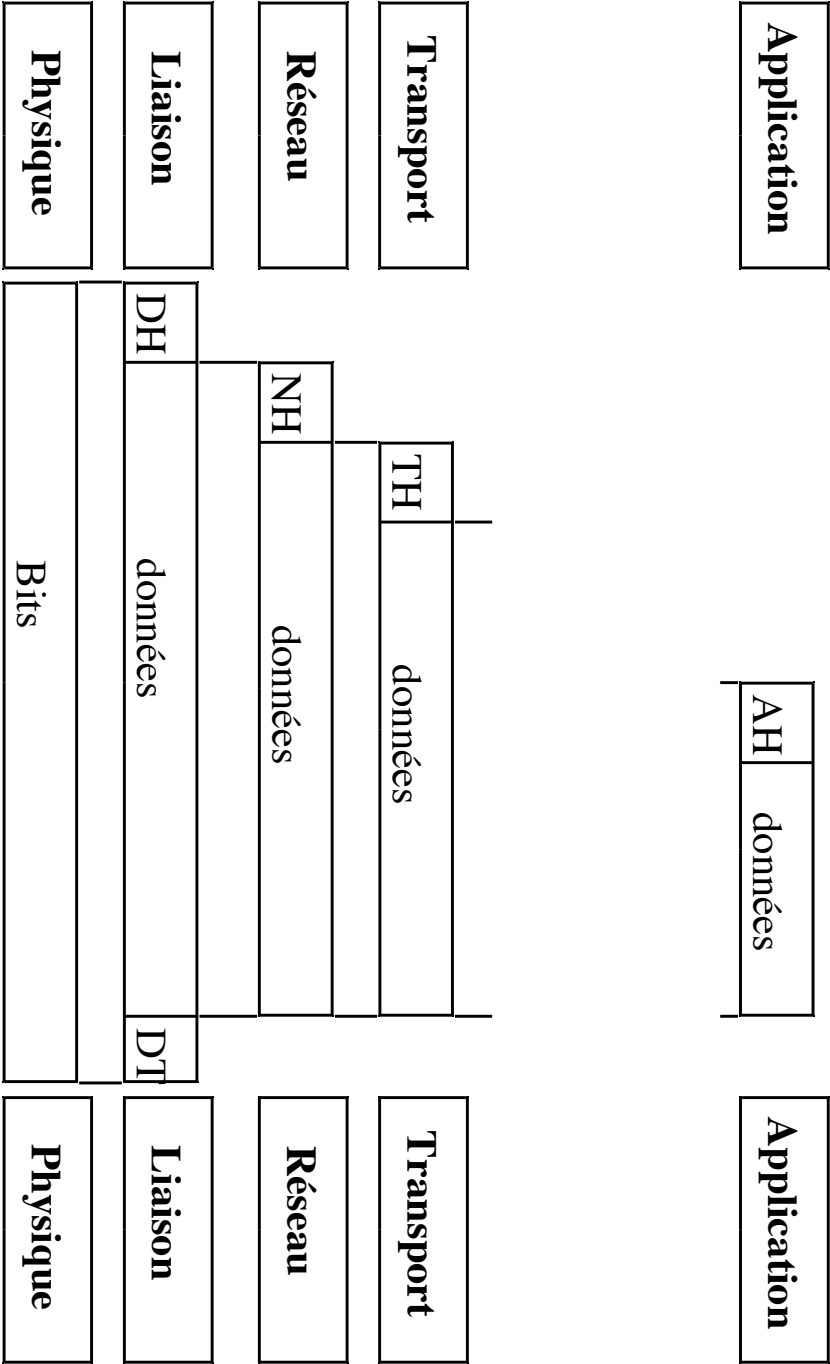
Le modèle TCP/IP

standard de l'Internet



Le modèle TCP/IP

les informations en transit



Les couches en détail

- **La couche physique**
 - Principales caractéristiques définissant les voies physiques, le signal, etc.
 - Techniques utilisées pour transporter l'information, modulation, etc.
 - ex: Passage du 1 et 0 binaire aux tensions électriques, codages des symboles, ...

- **La couche lien**

Le partage des voies physiques (MAC)

- Partage des voies physiques à diffusion (très utilisé dans les réseaux locaux)
- Illustration : le protocole Ethernet avec ou sans fil (WiFi)

La liaison de données (LLC)

- Techniques utilisées au niveau d'un lien pour :
 - * Le groupement des données en transit : trame
 - * La détection des erreurs bit : CRC
 - * Le codage de l'information (ascii, redondance, ...)

Les couches en détail

- **La couche réseau**

- Algorithmes de calcul et mise à jour du routage des paquets dans le réseau
- Adressage des nœuds terminaux
- Réalisation du routage des paquets sur chaque nœud routeur
- segmentation / réassemblage (découpage des messages trop gros)

Illustration par le protocole IP (Internet Protocol)

- **La couche transport**

→ ne s'occupe pas des nœuds intermédiaires !

- QoS dans le dialogue de bout en bout (P2P)

- mode connecté

- *problèmes liés à l'établissement et à la rupture des connexions

- *contrôle du flux P2P des connexions

- *contrôle de la congestion du réseau

- mode datagramme

- Illustration TCP (Transmission Control Protocol) et UDP (User Datagram Protocol)

TCP/IP en pratique

- Application: HTTP (web), TELNET, NFS, FTP (fichiers), SMTP (mail), DNS (domaines)
- Transport: TCP (mode connecté) UDP (non connecté)
- Réseau : IP – INTERNET Protocol
- Liaison de données + physique: LAN (réseau local), WAN
 - Ethernet 802.3, Wifi 802.11, ZigBee 802.15.4
 - UTP6, FO, Hertzien (3G, 4G, satellite, TV, LoRa, Bluetooth), ADSL, USB, ...
- Les couches Session et Présentation n'existent pas indépendamment, l'application en est responsable.

TCP/IP en pratique

- Le transfert des données sur un réseau TCP/IP est directement issu du modèle Internet, pas des standards
- Les fournisseurs d'accès ISP offrent un service d'accès à l'Internet
- Les opérateurs télécoms fournissent les couches basses des réseaux grand public ADSL et cellulaires

Transport : types de services

- **Service orienté connexion**

Trois phases sont nécessaires pour la transmission :

- 1- établissement ou ouverture de la connexion,
- 2- la communication proprement dite
- 3- la rupture ou fermeture de la connexion.

Exemple : le téléphone, le protocole TCP

- **Service sans connexion**

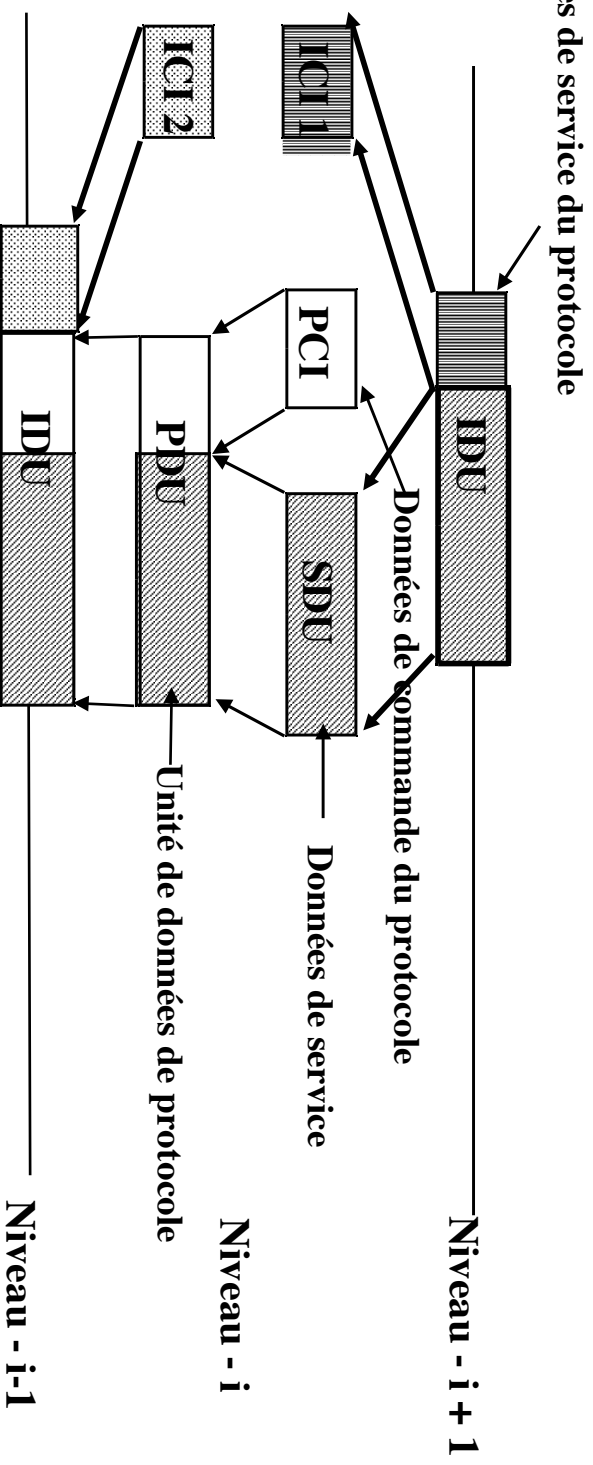
On envoie et on reçoit sans préalable.

Exemple : le courrier, le protocole paquet UDP

- **Autres points de Qualité de service (QoS):**
 - Débit
 - Latence
 - Gigue (dérivée de la latence)
 - Fiabilité (acquiescement, contrôle d'erreur)

Services : mise en œuvre logicielle

- **Primitive: données + paramètres de services niveau i**
 - structures de données
 - logiciels d'échange et leurs variables



Services : Terminologies

- IDU : Interface Data Unit
- SDU: Service Data Unit
- ICI : Interface Control Information : paramètres de service pour le dialogue entre couches et non le protocole lui-même
- PDU : Protocol Data Unit : les données d'une couche (entête + données de la couche précédente)
- PCI: Protocol Control Information: information liée au protocole en général mis dans en-tête

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, les boîtes postales, les adresses PTT, les sockets dans Unix, etc.

- **Chaque niveau à son type d'adresse:**

- Application: adresse liée à une application, ex URL <https://amazon.com/intranet>
- TCP: port, ex 80
- IP: adresse Internet, ex 201.197.243.17
- Liaison LAN : adresse physique, ex adresse Ethernet 6A:21:D3:93:77:E4)

Les organismes de standardisation dans les réseaux :

- **Internationaux**

- Comité Consultatif International pour le Télégraphe et le Téléphone : CCITT
- International Organisation for Standardization : ISO
- (Internet Engineering Task Force : IETF)

- **USA**

- American National Standard Institute : ANSI
- Electronic Industries Association : EIA
- Institute of Electrical and Electronic Engineers : IEEE
- National Bureau of Standard : NBS

- **Français**

- Association Française de Normalisation : AFNOR
- Union Technique de l'Electricité : UTE

→ Les gens/pays/entreprises ont beaucoup de mal à se mettre d'accord pour faire des normes, cf. prises électriques !

→ TCP /IP standard de facto :

IETF : Internet Engineering TaskForce, collaboratif, décentralisé
RFC Request For Comments, gratuits, WEB, démocratique

Exercice1 partage réseau

- Le lien qui existe entre les machines du campus et celle du centre ville permet un débit de 10 mégabits / s
 - Imaginons que 10 utilisateurs demandent le transfert d'une image toutes les secondes entre les 2 sites.
 - Chaque image contient 600*800 pixels codés chacun sur 2 octets.
- Les utilisateurs auront-ils l'impression de travailler en local ?
- Aux heures de pointe le débit restant à ces 10 utilisateurs est de 1 mégabit/s. Qu'en sera-t-il du délai d'attente d'une image par un utilisateur dans le pire des cas ?

Exercice2 débit

- Image au format VGA : 480x600 pixels
- RGB sur 8b : 3x8 b
- Film 25Hz
- Durée du transfert d'une image avec un réseau 1Mb/s ? 384kb/s ?
- Débit nécessaire pour regarder le film ?
- Taux de compression à mettre en place pour un film avec 4Mb/s ?
- Durée du téléchargement à 384Mb/s d'un film compressé de 1h30 ?