

# Systèmes et réseaux



## Module 2 Réseau



Pablo Rauzy <pr@up8.edu>  
`pablo.rauzy.name/teaching/sr`

# Réseau

- ▶ Le sens concret de *réseau* est « *un ensemble de lignes entrelacées* ».
- ▶ Le sens figuré est « *un ensemble de relations* ».
- ▶ Mathématiquement on peut comprendre un réseau comme un graphe.
- ▶ Vous connaissez déjà plein de types de réseaux.

- ▶ Le sens concret de *réseau* est « *un ensemble de lignes entrelacées* ».
- ▶ Le sens figuré est « *un ensemble de relations* ».
- ▶ Mathématiquement on peut comprendre un réseau comme un graphe.
- ▶ Vous connaissez déjà plein de types de réseaux.
  - Réseau routier, réseau sanguin, réseau électrique, etc.
  - Réseau social, réseau professionnel, etc.

- ▶ Difficile d'envisager l'informatique moderne sans réseau.
- ▶ De nombreux systèmes très différents doivent pouvoir communiquer entre eux.
  - Les différences sont logicielles et matérielles.
  - Mais aussi géographiques.
- ▶ Cela nécessite la mise en œuvre de couche d'abstractions communes.

# Abstractions internes

- Au sein d'un système informatique, les abstractions correspondent à des couches :
- physique (le matériel),
  - système (les fonctions logicielles),
  - applicative (les services à l'utilisateur·ice).

# Abstractions externes

- Entre les systèmes informatiques, les abstractions correspondent à des réseaux :
- le réseau local (de machine à machine),
  - le réseau d'accès (qui permet de sortir du réseau local),
  - le réseau d'interconnexion (qui permet de joindre d'autres réseaux locaux).

- ▶ Une fois que deux systèmes peuvent se parler, il faut convenir d'un langage commun.
- ▶ C'est le rôle d'un *protocole*.
- ▶ Vous connaissez déjà l'existence de nombreux protocoles.
  - HTTP, SSH, FTP, IMAP, SMTP, IRC, etc.

- ▶ Le standard OSI (*Open Systems Interconnection*) organise ces abstractions en couches qui correspondent aux fonctionnalités du point de vue interne d'un système.
  - Conçu dans les années 1970.
  - À l'époque, rivalité entre 3 architectures différentes :
    - DSA (*Distributed System Architecture*), développé en France (pour Cyclades) par CII,
    - Decnet, par DEC,
    - SNA (*Systems Network Architecture*), par IBM.
  - C'est DSA qui inspire le modèle OSI et ses sept couches.
  - En 1978, C. Bachman présente le modèle en sept couches.
  - La standardisation intervient tard (en 1984) et entre temps le modèle TCP/IP voit le jour.
  - TCP/IP est adopté par l'ARPANET en 1983.
- ▶ En pratique, on utilisera le modèle TCP/IP qui en est une simplification, et c'est sur ce modèle que ce basera le cours.

# Les couches du modèle OSI

- ▶ La couche *physique* est chargée de la transmission effective des signaux entre les interlocuteurs. Son service est limité à l'émission et la réception de bits.

# Les couches du modèle OSI

- ▶ La couche *physique* est chargée de la transmission effective des signaux entre les interlocuteurs. Son service est limité à l'émission et la réception de bits.
- ▶ La couche *liaison de données* gère les communications entre 2 machines directement connectées entre elles.

# Les couches du modèle OSI

- ▶ La couche *physique* est chargée de la transmission effective des signaux entre les interlocuteurs. Son service est limité à l'émission et la réception de bits.
- ▶ La couche *liaison de données* gère les communications entre 2 machines directement connectées entre elles.
- ▶ La couche *réseau* gère les communications de proche en proche, généralement entre machines : routage et adressage des paquets.

# Les couches du modèle OSI

- ▶ La couche *physique* est chargée de la transmission effective des signaux entre les interlocuteurs. Son service est limité à l'émission et la réception de bits.
- ▶ La couche *liaison de données* gère les communications entre 2 machines directement connectées entre elles.
- ▶ La couche *réseau* gère les communications de proche en proche, généralement entre machines : routage et adressage des paquets.
- ▶ La couche *transport* gère les communications de bout en bout entre programmes.

# Les couches du modèle OSI

- ▶ La couche *physique* est chargée de la transmission effective des signaux entre les interlocuteurs. Son service est limité à l'émission et la réception de bits.
- ▶ La couche *liaison de données* gère les communications entre 2 machines directement connectées entre elles.
- ▶ La couche *réseau* gère les communications de proche en proche, généralement entre machines : routage et adressage des paquets.
- ▶ La couche *transport* gère les communications de bout en bout entre programmes.
- ▶ La couche *session* gère la synchronisation des échanges et les transactions.

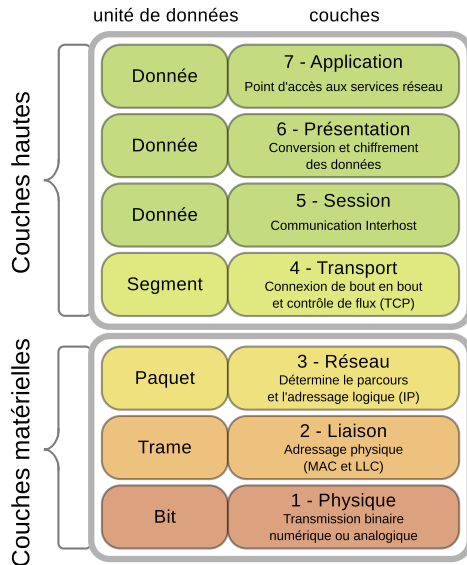
# Les couches du modèle OSI

- ▶ La couche *physique* est chargée de la transmission effective des signaux entre les interlocuteurs. Son service est limité à l'émission et la réception de bits.
- ▶ La couche *liaison de données* gère les communications entre 2 machines directement connectées entre elles.
- ▶ La couche *réseau* gère les communications de proche en proche, généralement entre machines : routage et adressage des paquets.
- ▶ La couche *transport* gère les communications de bout en bout entre programmes.
- ▶ La couche *session* gère la synchronisation des échanges et les transactions.
- ▶ La couche *présentation* est chargée de la conversion entre données manipulées au niveau applicatif et chaînes d'octets effectivement transmises.

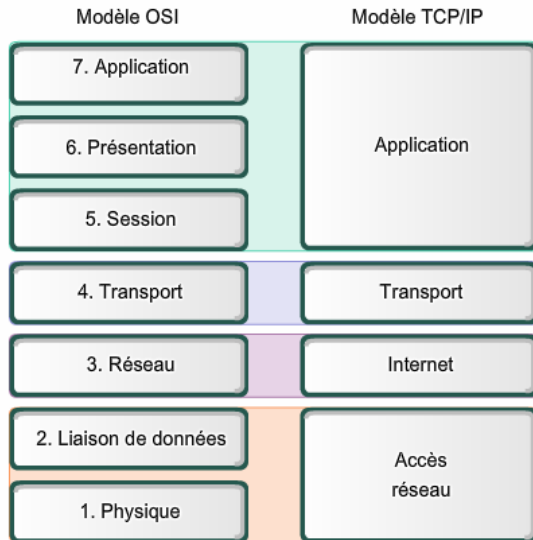
# Les couches du modèle OSI

- ▶ La couche *physique* est chargée de la transmission effective des signaux entre les interlocuteurs. Son service est limité à l'émission et la réception de bits.
- ▶ La couche *liaison de données* gère les communications entre 2 machines directement connectées entre elles.
- ▶ La couche *réseau* gère les communications de proche en proche, généralement entre machines : routage et adressage des paquets.
- ▶ La couche *transport* gère les communications de bout en bout entre programmes.
- ▶ La couche *session* gère la synchronisation des échanges et les transactions.
- ▶ La couche *présentation* est chargée de la conversion entre données manipulées au niveau applicatif et chaînes d'octets effectivement transmises.
- ▶ La couche *application* est le point d'accès au service réseau.

# Schéma du modèle OSI



# Schéma de comparaison du modèle OSI et du modèle TCP/IP



- ▶ Internet est organisé hiérarchiquement :
  - au niveau de son infrastructure matérielle, et
  - au niveau des protocoles qui régissent le trafic sur le réseau.
- ▶ Pourtant, son fonctionnement reste très décentralisé.

- ▶ Chaque machine sur le réseau est identifiée par une *adresse IP*.
- ▶ Les données qui transitent sur le réseau sont découpées en *paquets*.
  - Chaque paquet a une IP *source* et une IP *destination*.
- ▶ La *route* de chaque paquet de machine en machine est indépendante.
  - Elle est décidée au fur et à mesure de manière complètement décentralisée.

# Réseau local

- ▶ Sur un réseau local, il y a essentiellement deux types de machines :
  - les machines hôtes, et
  - les routeurs.

# Machine hôte

- ▶ Sur une machine *hôte*, le trafic est dirigé en fonction d'une *table de routage*.
- ▶ Cette table définit à qui envoyer un paquet en fonction de sa destination :
  - soit à elle même si elle est la destination,
  - soit l'adresser directement à la machine destination si elle est sur le réseau local.
  - soit l'envoyer à une adresse par défaut (le *routeur*).

# Routeur

- ▶ Un *routeur* est simplement une machine connectée à plusieurs réseaux.
  - Elle dispose aussi d'une table de routage qui permet de faire passer les paquets d'un réseau à l'autre quand c'est nécessaire.
- ▶ Quand les deux réseaux sont de nature différente, on l'appelle *passerelle*.
  - Votre modem-routeur ("box") est typiquement une passerelle entre votre réseau local et Internet. En pratique, entre votre réseau local et votre fournisseur d'accès.

# Systèmes autonomes (AS)

- ▶ Un *système autonome* est un ensemble de réseaux dont le routage interne est cohérent.
  - Exemple typique d'AS : un fournisseur d'accès à Internet (FAI).
- ▶ Un protocole de routage interne calcule tous les plus courts chemins dans l'AS.
- ▶ Les paquets qui ont une destination externe à l'AS sont :
  - soit envoyés à une passerelle en “bordure” de l'AS (*peering*),
  - soit remontés vers une route par défaut à un FAI de niveau supérieur (*transit*).

## Appairage (peering)

- ▶ Un AS peut avoir des accords d'*appairage* avec d'autres AS :
  - Il peut s'agir d'un lien physique avec un autre AS (peering privé), ou
  - de la participation à un *point d'échange Internet* (peering public).
- ▶ Le protocole BGP permet d'échanger des informations de routage entre AS :
  - par exemple "je sais aller très rapidement à toutes mes destinations internes",
  - ou encore "j'ai un accord de peering me permettant d'aller à telle destination à telle vitesse",

## Appairage (peering)

- ▶ Un AS peut avoir des accords d'*appairage* avec d'autres AS :
  - Il peut s'agir d'un lien physique avec un autre AS (peering privé), ou
  - de la participation à un *point d'échange Internet* (peering public).
- ▶ Le protocole BGP permet d'échanger des informations de routage entre AS :
  - par exemple "je sais aller très rapidement à toutes mes destinations internes",
  - ou encore "j'ai un accord de peering me permettant d'aller à telle destination à telle vitesse",
  - ou même "Je suis YouTube promis juré !"...
  - BGP est capable de s'auto-réparer en propageant les informations concernant les routes cassées, mais ça peut prendre du temps.

# Points d'échanges Internet (IXP)

- ▶ Un *point d'échange Internet* relie plusieurs systèmes autonomes.
- ▶ Cela permet à ces AS de s'échanger du trafic directement, sans passer par un FAI :
  - optimisation du coût,
  - optimisation de la vitesse du trafic.

## Trois niveaux d'opérateurs Internet

- ▶ Opérateurs *tier 3* : pas d'accord de peering, dépendent entièrement d'une offre de transit.
- ▶ Opérateurs *tier 2* : ont des accords de peering, nécessitent une offre de transit.
- ▶ Opérateurs *tier 1* : voient tout le réseau par peering, n'ont pas besoin de transit.
  - La *default-free zone* est l'ensemble des routeurs qui n'utilisent pas de route par défaut.

- ▶ Concernant le routage, la gouvernance d'Internet est assez décentralisée :
  - une table de routage à n'importe quel niveau peut être configurée manuellement ;
  - bien sûr, il reste un aspect hiérarchique fort dans la structure du réseau.
- ▶ En revanche, même si “code is law”, la gouvernance de certaines ressources est relativement centralisée.

- ▶ L'*Internet Corporation for Assigned Names and Numbers* est l'autorité suprême :
  - elle gère les racines du système des noms de domaines,
  - elle attribue les numéros d'AS et les adresses IP  
(délégées depuis le début des années 90 aux *registres Internet régionaux*).
- ▶ L'ICANN n'est indépendante du gouvernement américain que depuis 2016...
  - Cela a évidemment fait l'objet de nombreuses controverses (privatisation au profit des GAFAM ?).
- ▶ La gouvernance de l'ICANN elle même est assez complexe, je vous laisse découvrir ça :  
<https://www.icann.org/resources/pages/newcomers-2015-04-01-fr>

- ▶ Ce module est constitué de six chapitres :
  - Chargement d'une page web ;
  - Couches d'accès réseau ;
  - Couche Internet\* ;
  - Couche transport ;
  - Couches application\* ;
  - Protocoles\*.
- ▶ Les chapitres marqués d'une \* feront l'objet d'un TP.
- ▶ Il y aura également un mini-projet.