

# Réseaux - Cours 1

## Introduction aux réseaux et modèle OSI

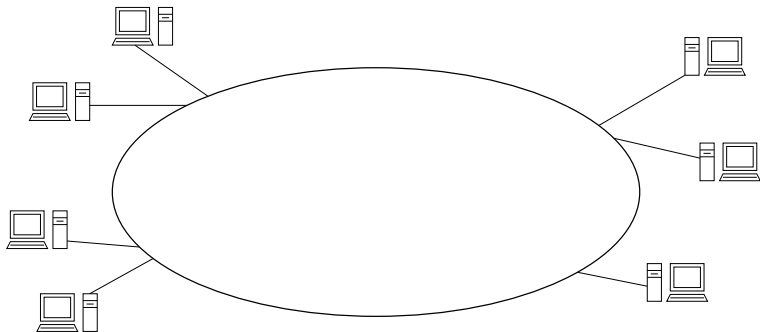
Cyril Pain-Barre

IUT Informatique Aix-en-Provence

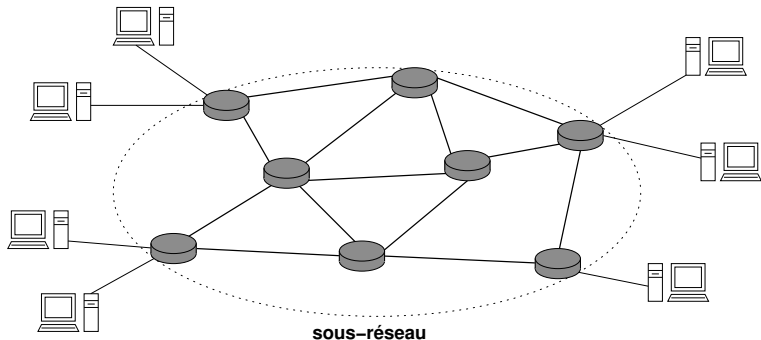
version du 31/1/2012

# Introduction aux réseaux informatiques

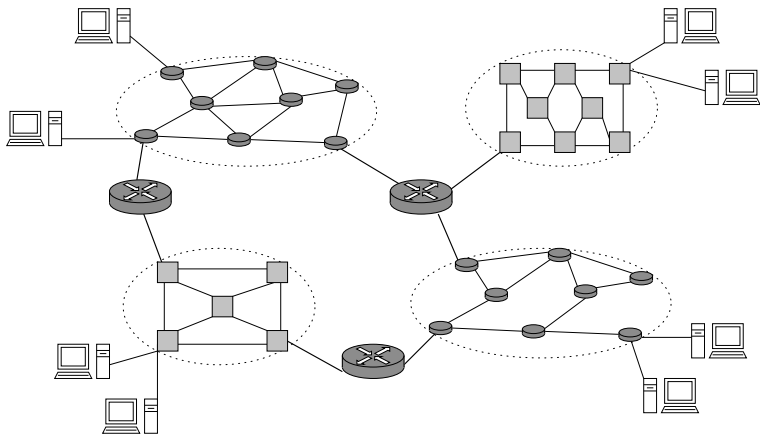
# Qu'est-ce qu'un réseau ?



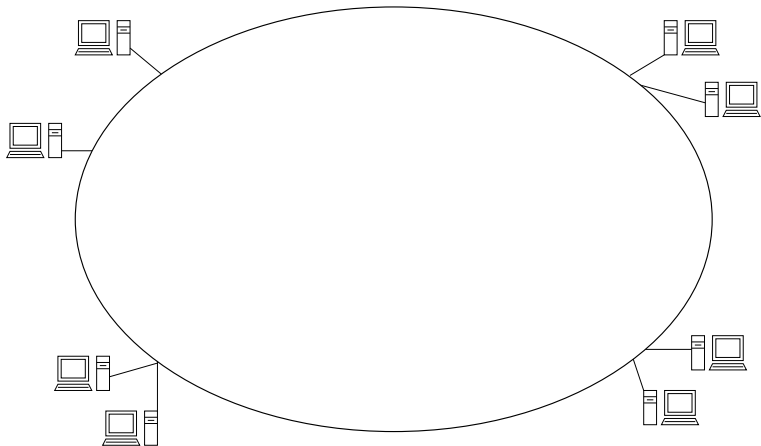
# Qu'est-ce qu'un réseau ?



## et un inter-réseau ?



## et un inter-réseau ?



- le plus grand des inter-réseaux
- de très nombreux réseaux y participent :
  - réseaux d'entreprises
  - réseaux d'opérateurs de télécommunication, de câblo-opérateurs et de fournisseurs d'accès (satellites, filaires, sans-fil, etc.)
  - réseaux de particuliers
- sa croissance est exponentielle :

Année	Réseaux	Hôtes	Utilisateurs	Gestionnaires
1980	10	$10^2$	$10^2$	1
1990	$10^3$	$10^5$	$10^6$	10
2000	$10^5$	$10^7$	$10^8$	$10^2$

- l'Internet du futur devrait être un réseau multimédia capable de transporter correctement des données, de la voix numérisée et de la vidéo haute-définition en temps réel

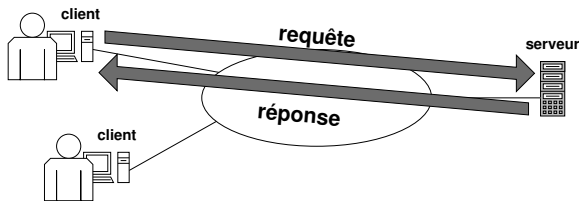
- Pour les entreprises et organisations :
  - partage des ressources (programmes, matériels, données)
  - fiabilité/résistance aux pannes (duplication des données)
  - réduction de coût (plusieurs micro-ordinateurs plutôt qu'un gros)
  - outil de communication (messagerie électronique, travail collaboratif)
  - commandes de fournitures en temps réel
  - commerce électronique
- Pour les particuliers :
  - accès à l'information répartie (WWW)
  - communication (email, messagerie instantanée, forums, blogs, etc.)
  - jeux
  - commerce électronique



# Modèles de communication

# Modèle de communication client-serveur

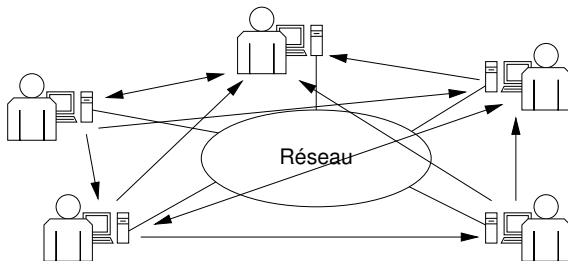
La plupart des communications d'un utilisateur lambda sur un réseaux suivent le modèle **client-serveur** :



- le client (utilisateur) se connecte à un serveur (prestataire de service) et envoie une requête, comme récupérer une page Web
- en retour, le serveur envoie une réponse contenant la page demandée

Certaines communications suivent le modèle **peer-to-peer** :

- les utilisateurs forment un groupe dans lequel chacun peut communiquer avec l'autre
- chacun joue le rôle de client et de serveur



- un serveur peut être nécessaire pour mettre en relation les utilisateurs

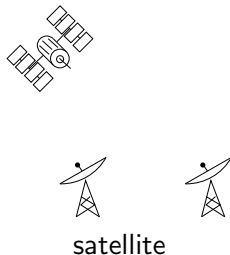
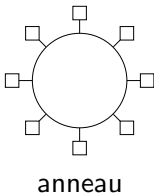
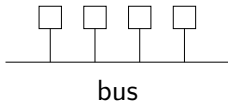
## Classification des réseaux

- par le débit
- par leur étendue et leurs objectifs
- par le type de transmission
- par leur technique de transfert
- par la qualité de service

## Types de transmission

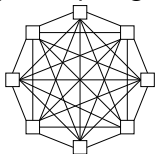
# Réseaux à diffusion

- un seul canal de transmission partagé par tous
  - un message envoyé sur ce canal est reçu par toutes les stations
  - le message contient un **champ** *adresse de destination*
  - la station possédant cette adresse accepte le message
- 3 types d'adresses :
  - unicast : destination unique
  - multicast : destination à un groupe de stations
  - broadcast : adresse de toutes les stations
- différents supports et topologies possibles :

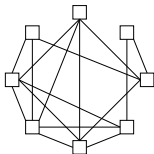


# Réseaux point-à-point

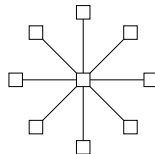
- constitués de nœuds de transfert et de lignes
- une ligne connecte deux nœuds
- les réseaux de grande étendue (WAN) sont principalement point-à-point
- Quelques topologies possibles :



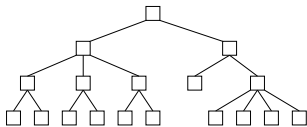
maillage régulier



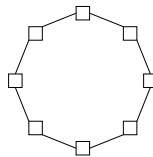
maillage irrégulier



étoile



arbre

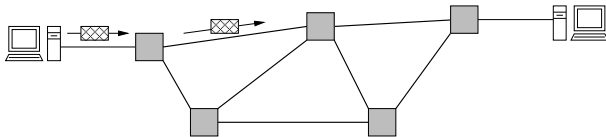


anneau

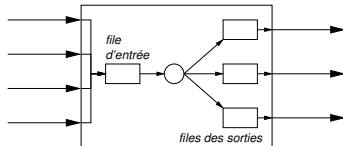


# Réseaux point-à-point : commutation et routage

- le transfert d'information dans un réseau point-à-point nécessite l'emploi de la commutation ou du routage
- la commutation ou le routage :
  - sont opérés par les nœuds de transfert (équipements spécialisés dans l'acheminement d'information dans le réseau)
  - consistent, pour une information reçue en entrée, à choisir une ligne de sortie menant à sa destination finale



- schéma d'un commutateur ou routeur :



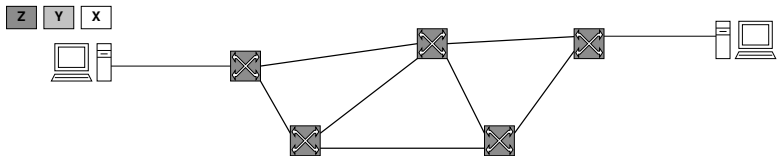
- recouvrement d'erreur et contrôle de flux peuvent être implémentés dans les nœuds

# Réseaux point-à-point : commutation

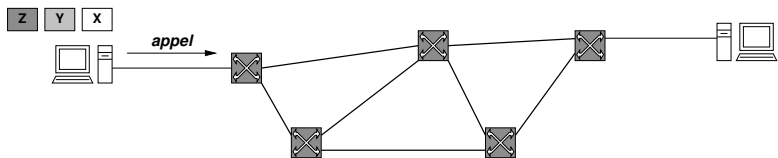
- l'information est accompagnée d'une **référence** (identificateur, étiquette)
- le commutateur choisit la sortie en consultant sa **table de commutation**
- les informations ayant la même référence passent par le même chemin
- la référence tient sur 24 ou 28 bits dans ATM, 12 bits dans X.25, et 10, 16 ou 23 bits pour le relais de trames
- nécessite un appel (signalisation) permettant d'établir un chemin (exception : Ethernet)
- cet appel est dirigé grâce à une **table de routage**
- si l'appel aboutit, une référence est obtenue
- en cas de panne de ligne, la table de routage doit être modifiée
- un commutateur est souvent représenté par l'objet suivant :



# Réseaux point-à-point : commutation

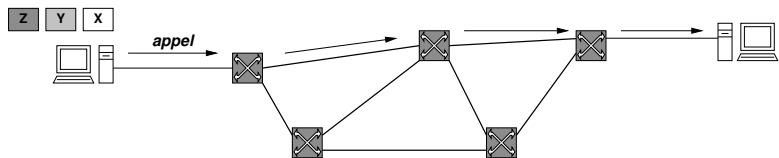


# Réseaux point-à-point : commutation



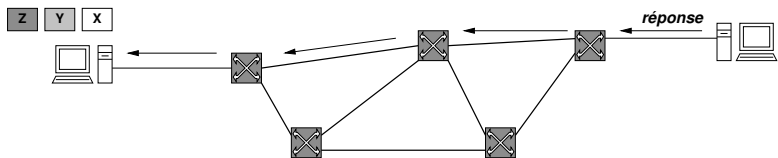
Phase de signalisation (établissement du chemin)

# Réseaux point-à-point : commutation



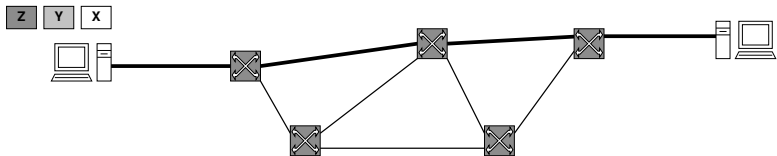
Phase de signalisation (établissement du chemin)

# Réseaux point-à-point : commutation



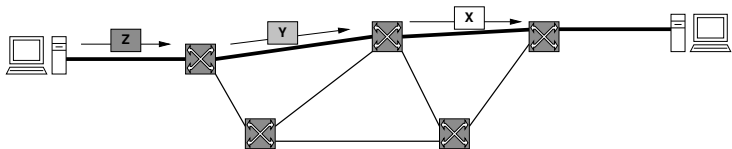
Phase de signalisation (établissement du chemin)

# Réseaux point-à-point : commutation



Chemin établi

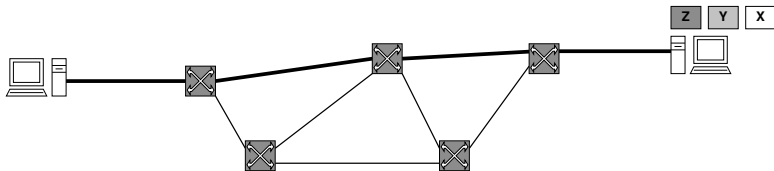
# Réseaux point-à-point : commutation



Phase de transfert d'information



# Réseaux point-à-point : commutation



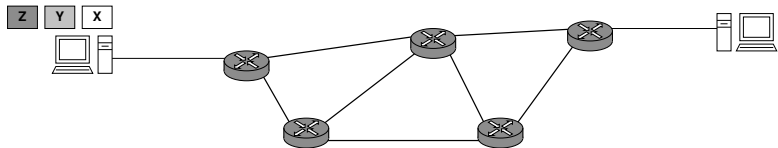
Exception notable : Ethernet commuté (pas de signalisation)

- moins performant que la commutation pour de longs flots de données
- chaque paquet contient l'**adresse de la destination**
- le routeur choisit la sortie en consultant sa **table de routage**
- l'adresse est sur 4 octets dans IPv4, et sur 16 octets dans IPv6
- les informations destinées à une adresse donnée peuvent suivre des chemins différents
- un routeur est souvent représenté par l'objet suivant :

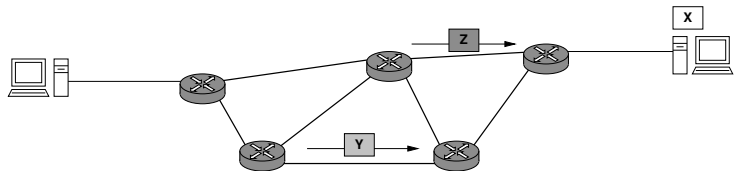


- le routage est adopté dans les réseaux IP, tels qu'Internet

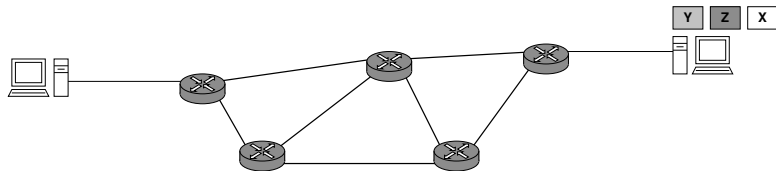
# Réseaux point-à-point : routage



# Réseaux point-à-point : routage



# Réseaux point-à-point : routage

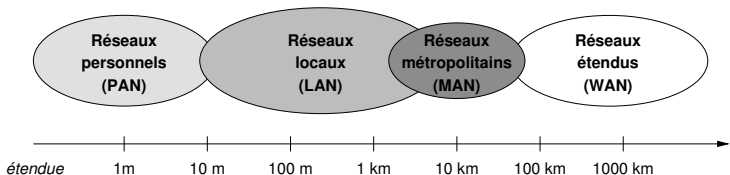


- technique récente combinant la commutation et le routage
- l'utilisateur indique s'il veut un flot commuté (transfert de fichiers, audio/vidéo) ou routé (butinage)
- plusieurs solutions incompatibles ont été développées par les constructeurs (Cisco, IBM, 3Com, etc.)
- l'IETF (*Internet Engineering Task Force*) a normalisé le MPLS (*MultiProtocol Label-Switching*) qui est de plus en plus employé par les opérateurs

## Les réseaux selon leur étendue

# Classification par taille

Les réseaux peuvent être classés selon leur étendue. Leurs objectifs ne sont pas les mêmes.



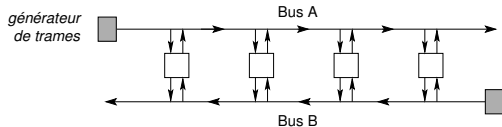
- PAN (*Personal Area Network*) : réseau pour une seule personne
- LAN (*Local Area Network*) : réseau d'entreprise dans un bâtiment ou un campus
- MAN (*Metropolitan Area Network*) : couvre une ville
- WAN (*Wide Area Network*) : couvre un pays, un continent



- réseaux privés
- principalement réseaux à diffusion
- quelques kilomètres ou plus
- objectifs principaux :
  - connexion des postes de travail utilisateur (échange de messages, partage de fichiers)
  - serveurs de fichiers
  - accès aux bases de données
  - partage de ressources matérielles (imprimantes, fax, etc.) et logicielles
- délai de propagation max connu
- débit de quelques Mbit/s jusqu'à plusieurs Gbit/s
- Exemples :
  - en bus : IEEE 802.3 ou Ethernet de Xerox, Intel et Digital
  - en anneau : IEEE 802.5 ou Token Ring d'IBM

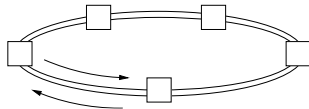
# MAN : Metropolitan Area Network

- réseaux publics ou privés
- couvrent une ville
- objectif principal : interconnexion de réseaux locaux
- exemples :
  - IEEE 802.6 ou DQDB (*Distributed Queue Dual Bus*)



débits à 155 Mbit/s ou 622 Mbit/s pour voix, données, télévision

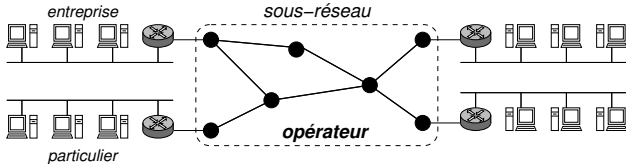
- FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*) pour les données à 100 Mbit/s sur un diamètre max de 31 km :



- câble télévision qui depuis 1990 permet des transmissions bidirectionnelles

# WAN : Wide Area Network

- réseaux d'opérateurs ou de fournisseurs d'accès
- objectif principal : acheminer de l'information sur de longues distances
- couvrent un pays, un continent
- comprend :
  - des hôtes (ordinateurs gérés par les clients)
  - un sous-réseau (géré par l'opérateur) constitué de :
    - lignes de communication
    - nœuds de transfert : commutateurs ou routeurs

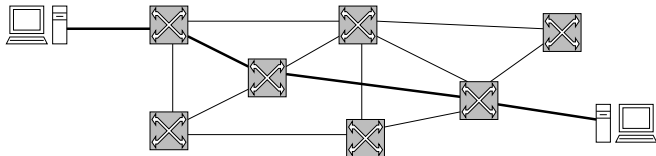


- exemples :
  - SMDS (*Switched Multimegabits Data Service*)
  - X.25 (obsolète, date de 1976)
  - Frame Relay
  - ATM

## Techniques de transfert

# Commutation de circuits

- principe du réseau téléphonique commuté (RTC)
- un circuit physique est établi entre l'émetteur et le récepteur

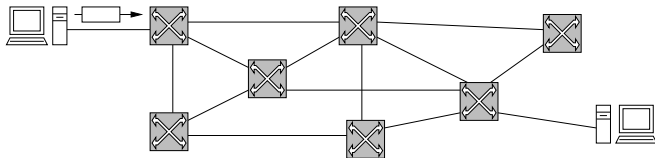


- une liaison n'est utilisée que par un seul circuit
- mode de fonctionnement du RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services) proposé par les opérateurs télécom dans les années 80

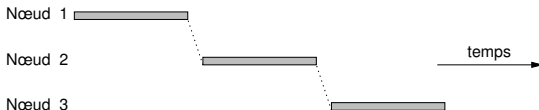
Abandonnée au profit de circuits virtuels (permanents ou commutés)

# Transfert de messages

- un message forme un tout (fichier, ligne/page de texte, secteur disque)
- le message passe de nœud en nœud jusqu'à sa destination



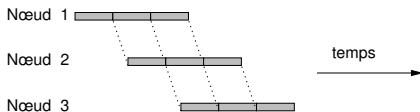
- envoyé au nœud suivant lorsque complètement et correctement reçu par le nœud courant (*store-and-forward*)
- temps de transit  $\geq$  somme des temps de transfert :



- nécessite de la mémoire tampon, la gestion des (re)transmissions, le contrôle de flux
- difficulté de transmission de très longs messages : pour un taux d'erreur de  $10^{-5}$  par bit, un message de 100 000 octets a une probabilité de 0,0003 d'arriver correctement
- après 1970, remplacé progressivement par le transfert de paquets

# Transfert de paquets

- le message est découpé en paquets
- chaque paquet comporte la référence ou l'adresse destination
- un paquet a une taille maximale fixée
- les paquets sont retransmis après réception (*store-and-forward*)
- plus il y a de paquets, plus le transfert est efficace comparé au transfert de messages :

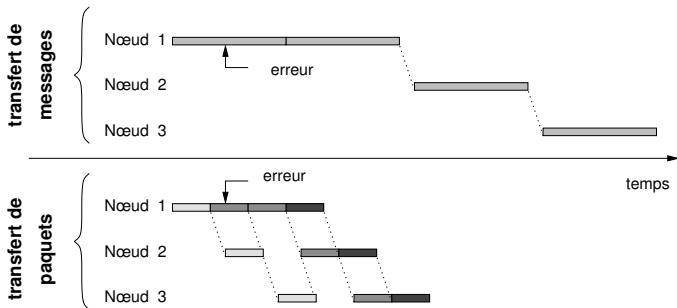


- lorsque le paquet est très petit et de taille fixe (53 octets), il est appelé **cellule**
- si les routes suivies par les paquets sont différentes, il faudra le réassembler pour reformer le message
- Internet utilise le routage de paquets (IP)
- ATM utilise la commutation de cellules



# Efficacité de la reprise sur erreur

- supposons qu'en cas d'erreur de transmission le message ou le paquet soit immédiatement retransmis :
- on s'aperçoit que le transfert de paquet est bien plus efficace :



## La qualité de service

- la fiabilité du transfert de données est lourde et coûteuse (en ressources, en temps) :
  - gestion des acquittements (accusés de réception)
  - retransmission
  - remise en séquence
- garantie du débit : nécessite souvent la réservation de ressources dans les nœuds intermédiaires
- garantie du délai : important pour le transfert de la voix, la visio-conférence, etc.
- ces garanties sont difficiles (voire impossibles) pour les réseaux à routage

Logiciels de réseaux

## Protocoles, Services, Couches et Interfaces

# Architectures en couches

- La complexité des réseaux et des techniques permettant d'offrir une qualité de service donnée pour le transfert d'information, ont conduit à définir des architectures logicielles structurées en **couches**
- chaque type de réseau (ATM, X.25, Ethernet, IP...) a une architecture contenant un nombre de couches qui lui est propre
- les couches sont empilées
- une couche a un rôle bien défini : c'est un prestataire de service pour la couche située au dessus
- une couche est composée de 3 objets :
  - le service
  - le protocole
  - les points d'accès au service
- une couche peut être implémentée de façon matérielle ou logicielle
- on appelle **entité**, un élément (puce, processus) actif d'une couche

• • •

couche 5

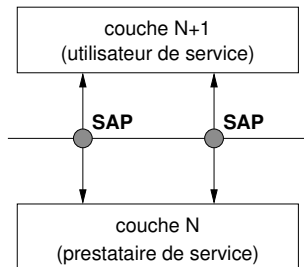
couche 4

couche 3

couche 2

couche 1

- un service est rendu par une couche  $N$  pour la couche  $N + 1$
- accessible à la couche  $N + 1$  par un point d'accès au service (*Service Access Point*) en utilisant des **primitives de services**
- produit des événements
- Exemples :
  - émettre des bits sur un support physique
  - envoyer une trame à destination d'un noeud situé à l'extrémité du support
  - envoyer un paquet à destination d'une station éloignée
  - envoyer un email à un utilisateur



La **sémantique d'association** d'un service détermine son mode de communication :

- Mode connexion (ou orienté connexion) :
  - principe similaire au service téléphonique
  - le transfert d'information se déroule en 3 phases :
    - établissement de la connexion
    - échange de données (avec ou sans séparation des frontières de messages)
    - libération de la connexion
  - service offert par de nombreux réseaux commutés (hors Ethernet)
- Mode sans connexion (ou datagramme) :
  - principe similaire au courrier postal, on envoie des messages sans se soucier de la disponibilité du destinataire
  - chaque datagramme (message ou paquet) contient l'adresse du (ou des) destinataire(s)
  - service offert par Ethernet, les réseaux IP (dont Internet)

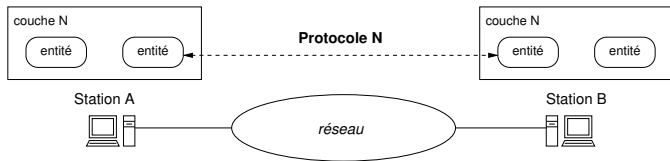
La **sémantique de fonctionnalité** d'un service regroupe l'ensemble des procédures utilisées pendant la phase de transfert. Pour le mode connexion, les principales sont :

- fragmentation-réassemblage
- concaténation-séparation
- données exprès
- remise en séquence
- réinitialisation
- contrôle de flux
- contrôle d'erreur



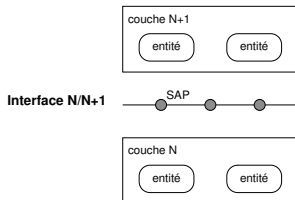
- ensemble de règles formelles et de conventions qui déterminent comment deux partis doivent échanger des données au travers d'un média réseau, comprenant :
  - le format des messages (nature des informations qu'il contient, leur emplacement dans le message)
  - le contrôle et l'envoi de données
  - les algorithmes de réaction à un événement : que faire d'une information reçue, doit-on répondre et comment, comment réagir lorsqu'on attendait une réponse qui n'est pas parvenue, etc.
  - ...

les partis sont appelés **entités paires** car appartiennent à la même couche (sur des hôtes différents)

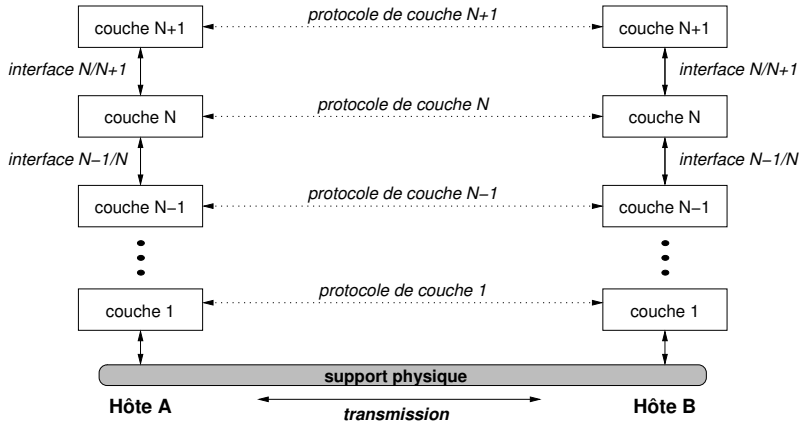


# Interface

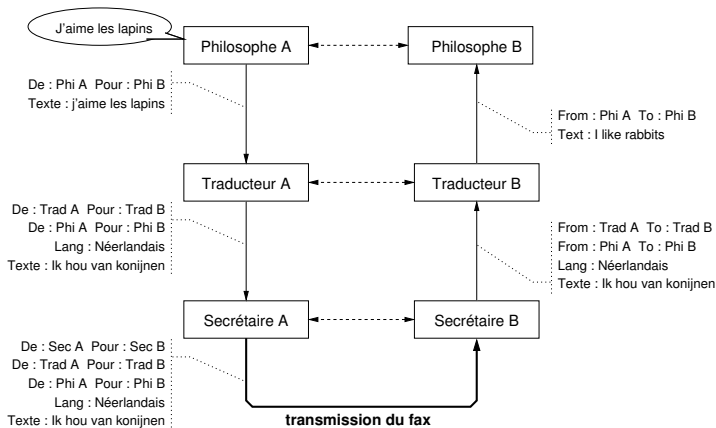
- une interface fait la jonction entre deux couches adjacentes
- définit les opérations et les services offerts par la couche inférieure
- comprend les données et les primitives de service
- une couche peut être modifiée/remplacée tant qu'elle fournit la même interface
- les implémentations des couches ainsi que la présentation des interfaces changent selon les systèmes



# Couches, Protocoles et Interfaces



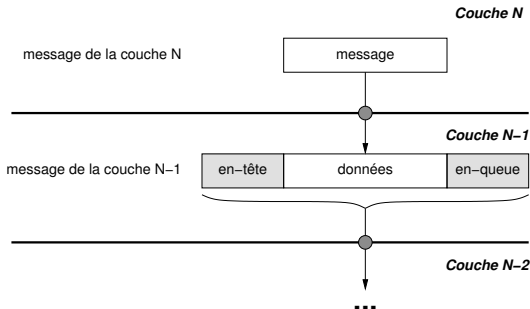
# Exemple d'architecture



- les philosophes considèrent qu'ils ne parlent qu'entre eux
- de même pour les traducteurs et les secrétaires
- seul le support physique transmet réellement (fax)

# Encapsulation de messages

- une couche de niveau  $N$  ayant des données à envoyer les transmet à la couche  $N - 1$
- pour réaliser son service, la couche  $N - 1$  encapsule les données en y ajoutant des informations :
  - un **en-tête** (*header*)
  - et/ou un **en-queue** (*trailer*)

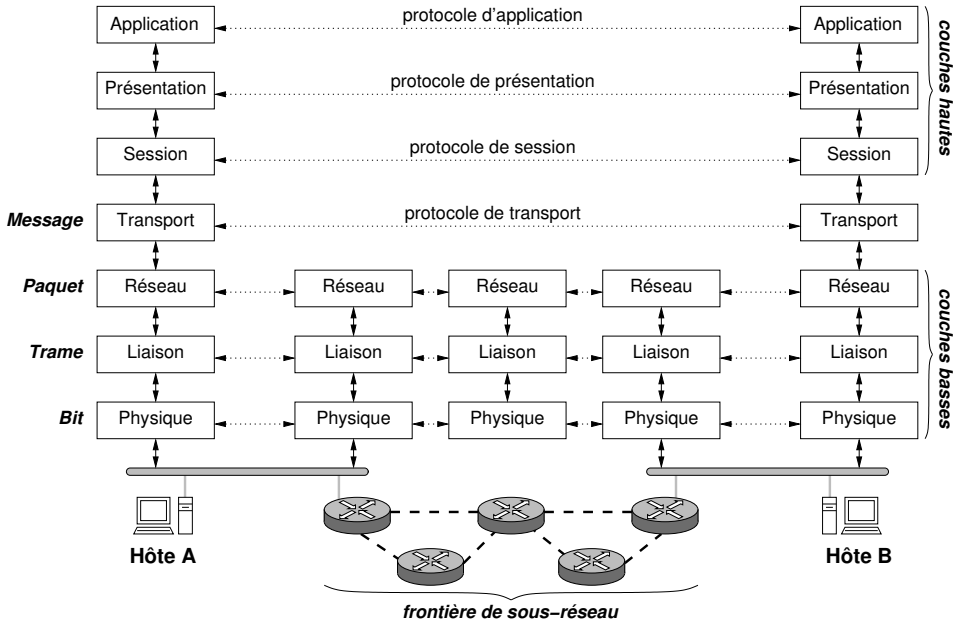


- l'opération inverse (décapsulation) est réalisée par l'entité réceptrice

# Le modèle OSI

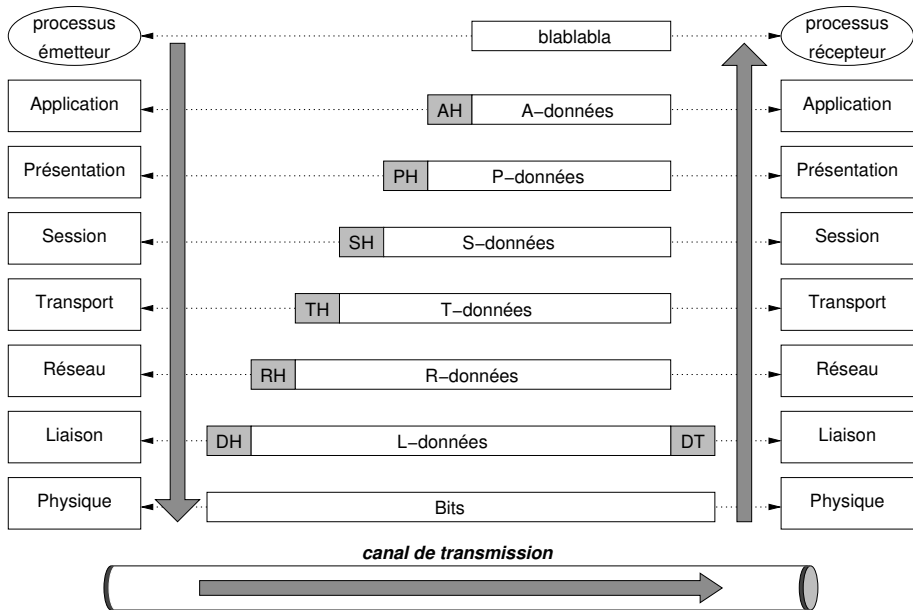
- OSI : *Open Systems Interconnection* (interconnexion de systèmes ouverts)
- ensemble de normes de l'ISO (*International Standardization Organization*)
- comprend 7 couches
- a assez peu été implémenté en pratique
- mais est le modèle de référence

# Architecture des couches OSI





# Encapsulation dans OSI



- rôle : transmission de **bits** sur un canal
- concernée par :
  - représentation de bit à 1 ou 0 (voltage,...)
  - durée de transmission d'un bit
  - débit
  - sens de transmission
  - type de support (câbles, ondes,...)
  - nombre de broches des connecteurs et rôle
- nécessite des compétences en électronique, en physique, en codage et en traitement du signal

# La couche Liaison de Données

- rôle : envoyer et recevoir des **trames** de données sur une liaison
- une trame est un ensemble de bits regroupés pour être transportés
- concernée par :
  - la création de frontières de trames
  - le découpage de flots de bits en trames
  - la gestion des accès au canal de communication
  - l'adressage des interfaces de la liaison (adresses MAC)
  - la correction ou la détection d'erreur
  - l'envoi en séquence et la gestion d'acquittements
  - la régulation de flux
- note sur le taux d'erreur :
  - pour la communication téléphonique : 1/1000 ne pose pas de problème
  - pour les transactions bancaires :  $10^{-8}$ , ce qui donne une erreur tous les 200 jours pour 1 Gbit/s, et tous les 500 ans à 1 Mbit/s
- de plus en plus, la correction d'erreur est laissée aux couches supérieures
- plusieurs normes : HDLC (*High-Level Data Link Control*), LAP-B de X.25, **PPP** (Point-to-Point Protocol), **Ethernet**, ...

- rôle : utiliser et gérer le sous-réseau afin de transmettre des paquets de liaison en liaison en passant par des systèmes intermédiaires (routeurs/commutateurs)
- concernée par :
  - l'acheminement de paquets dans le sous-réseau (choix d'une "route")
  - la traduction des paquets selon les réseaux traversés
  - la gestion de la congestion (trop de paquets dans le sous-réseau)
  - adressage uniforme
  - comptabilisation pour facturation
- X.25 (commuté avec connexion) normalisé par l'ISO
- IP est la couche réseau d'Internet

# La couche Transport

- rôle : transporter des messages utilisateur provenant de la couche session et s'assurer qu'ils arrivent correctement
- concernée par :
  - l'optimisation de l'utilisation des infrastructures
  - la fourniture d'une qualité de service de transmission d'informations adéquate
  - la création de connexion(s)
  - multiplexage des données
  - le type de service à fournir : point à point fiable, messages isolés (datagramme) à destinations multiples
  - contrôle de flux entre source et destination finale

premier protocole de bout en bout du modèle : il n'est requis que sur les équipements terminaux

# La couche Session

- rôle : fournir aux entités de présentation les moyens nécessaires à l'organisation et à la synchronisation de leur dialogue
- concernée par :
  - l'ouverture et la fermeture de sessions entre les utilisateurs
  - la gestion du dialogue (à qui de parler)
  - la gestion de jetons (réservés pour des opérations critiques)
  - la synchronisation (points de reprise en cas d'échec), l'interruption et la reprise du dialogue

cette couche n'existe pas en tant que telle dans certains réseaux comme Internet où ce sont les applications qui gèrent elles-même les sessions si nécessaire (session FTP, session TELNET, session HTTP/PHP sur certains sites web, etc.)

# La couche Présentation

- rôle : faciliter l'échange de données entre utilisateurs
- concernée par :
  - la représentation des informations échangées (entiers, chaînes, flottants, structures composites)
  - le masquage de l'hétérogénéité de techniques de codage utilisées par les différents systèmes
  - encodage/décodage des données dans une norme reconnue
- première couche concernée par la sémantique des informations transportées
- l'ISO a normalisé la syntaxe ASN.1 (*Abstract Syntax Notation 1*)

cette couche n'existe pas en tant que telle dans certains réseaux comme Internet où des standards de codage sont utilisés dans les échanges (Network-byte order, ASCII, GIF, JPEG, MPEG, HTML, encapsulation MIME, etc.)

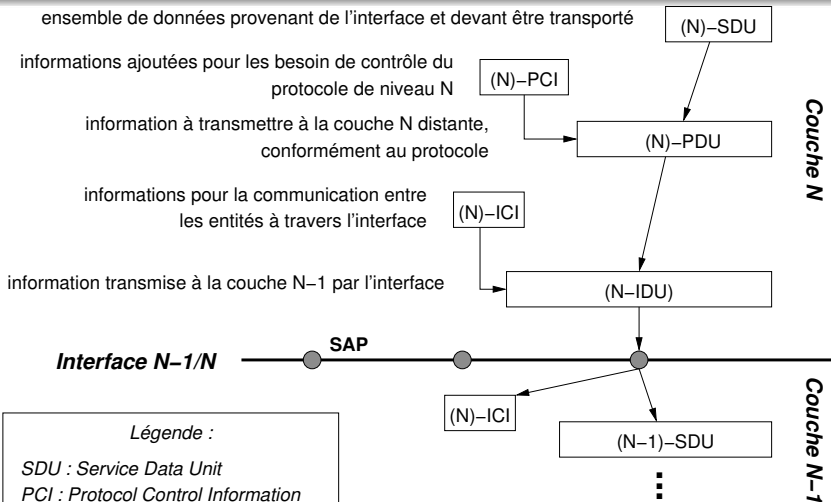
# La couche Application

- rôle : donner aux processus d'application les moyens d'accéder à l'environnement de communication de l'OSI
- on y trouve de nombreux protocoles adaptés à différentes classes d'application
- concernée par :
  - terminal virtuel
  - courrier électronique
  - WWW (base de données répartie, commerce électronique,...)
  - groupes de discussion
  - exécution de travaux à distance
  - transfert de fichiers



## Traitement de l'information à travers les couches

# Passage de l'information dans les couches



## Légende :

*SDU : Service Data Unit*

*PCI : Protocol Control Information*

*PDU : Protocole Data Unit*

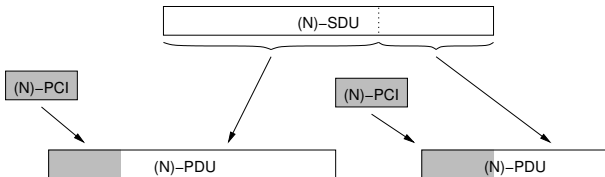
*ICI : Interface Control Information*

*IDU : Interface Data Unit*

## Cas simple :

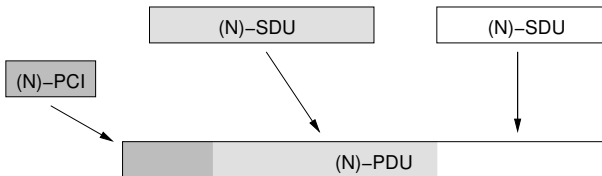
$1 \text{ SDU (N)} \Rightarrow 1 \text{ PDU (N)} \Rightarrow 1 \text{ IDU (N)} \Rightarrow 1 \text{ SDU (N-1)}$

- la **segmentation** est réalisée par la couche N pour mettre en correspondance un SDU avec plusieurs PDU



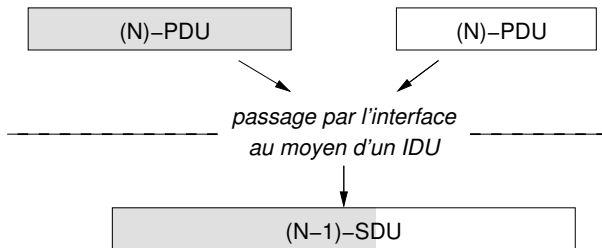
- sert à adapter les SDU aux capacités de transmission de la couche N
- exemple : découpage d'un long message (10 Ko) pour s'adapter aux capacités du réseau (1500 octets)
- le **réassemblage** est l'opération inverse

- le **groupage** est réalisé par la couche N pour mettre en correspondance plusieurs SDU avec un seul PDU



- sert à exploiter au mieux les capacités de transmission
- exemple : 5 messages de 300 octets envoyés avec un seul PDU de 1500 octets (plus PCI)
- le **dégroupage** est l'opération inverse

- la **concaténation** est réalisée par une couche N pour mettre en correspondance plusieurs PDU avec un seul (N-1)-SDU



- sert à exploiter au mieux le service de la couche N-1
- exemple : envoi de messages de contrôle et de messages de données en une demande de service
- la **séparation** est l'opération inverse