

Ecole Centrale de Lyon – Mastère MDSI
René CHALON

Réseaux informatiques

~

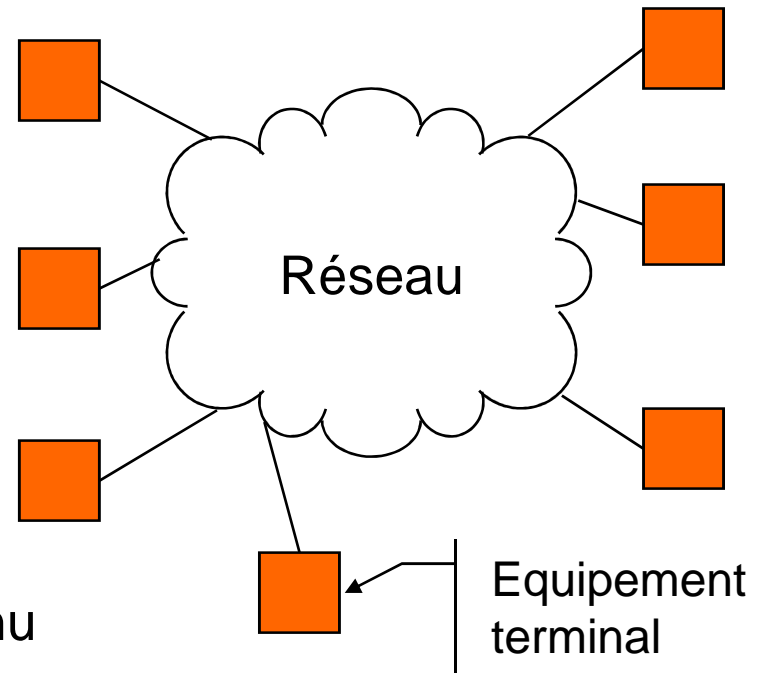
Introduction

- 1- Définition et vue générale
- 2- Caractéristiques principales des réseaux
- 3- Le modèle OSI de l'ISO
- 4- Architecture TCP/IP

Bibliographie générale

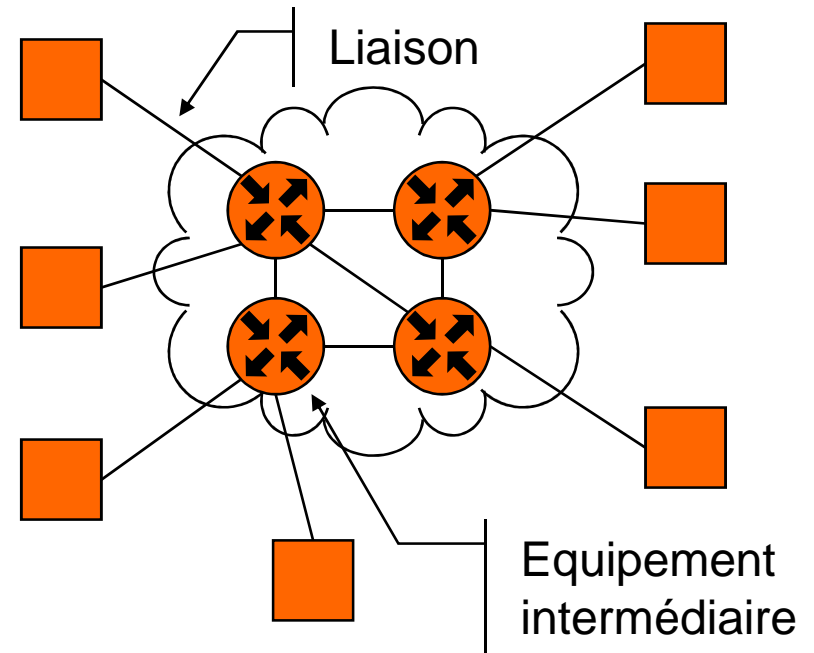
Définition et vue générale

- ◆ Réseau :
 - ◆ ensemble de moyens logiciels et matériels
 - ◆ permettant de mettre en communication deux (ou plusieurs) entités pour assurer un transfert d'information (voix, données, images, ...)
- ◆ Transmettre de l'information
 - ◆ De nature variée : voix, images, textes, vidéos, etc.
 - ◆ Une quantité plus ou moins grande dans un laps de temps donné
 - ◆ Sans perte ou perte faible
 - ◆ Avec délai faible ou délai sans importance
 - ◆ de manière éventuellement confidentielle
 - ◆ de manière temporaire ou en continu
 - ◆ etc...



Éléments de base d'un réseau

- ◆ Il faut :
 - ◆ Des équipements intermédiaires
 - ◆ Des liaisons entre ces équipements - support physique à la transmission
 - signal électrique sur un câble
 - ondes hertziennes
 - ondes lumineuses dans une fibre ou dans l'air
 - ◆ Une architecture interconnectant ces équipements
 - ◆ Des règles structurant les échanges (notion de protocole)



Grandes catégories de réseaux

- ◆ **Les réseaux de télécommunications:**
 - ◆ conçus pour le transport de la voix en temps-réel
 - ◆ très anciens (le réseau téléphonique a plus d'un siècle !)
- ◆ **Les réseaux informatiques:**
 - ◆ conçus pour le transport de données informatisées
 - ◆ en général ne garantissent pas le débit et/ou le temps d'acheminement
- ◆ **Les réseaux des câblo-opérateurs:**
 - ◆ conçus pour la distribution de la télévision en temps réel
 - ◆ débits élevés mais surtout conçus pour la diffusion [broadcast]
- ◆ **Tendance à la convergence:**
 - ◆ nouvelles technologies et nouveaux protocoles permettent d'entrevoir une fusion de ces réseaux à plus ou moins long terme

La Poste comme métaphore (1/3)

- ◆ Caractéristiques de la transmission du courrier postal :

- ◆ Information transmise:

- un texte de taille quelconque

- ◆ Support physique:

- le texte est écrit sur du papier

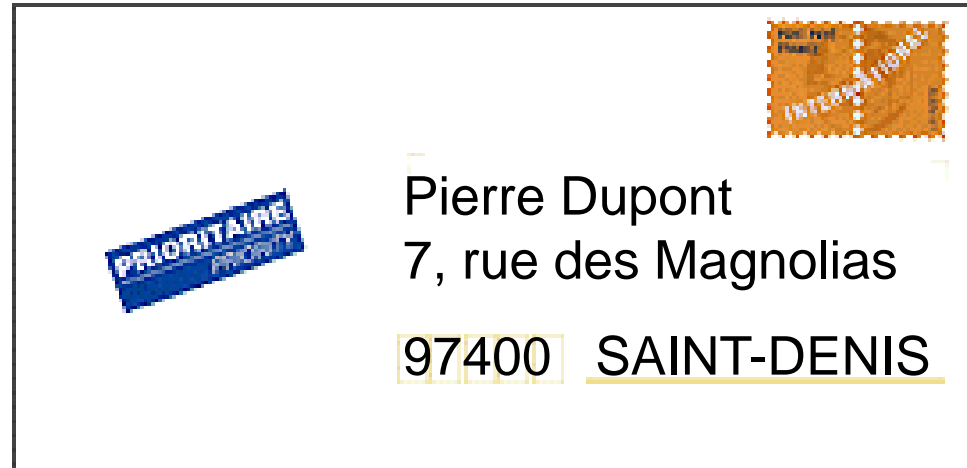
- ◆ Règles d'envoi:

- mettre la lettre dans une enveloppe

- écrire sur l'enveloppe l'adresse du destinataire

- coller un timbre

- mettre la lettre dans une boîte



La Poste comme métaphore (2/3)

- ◆ Du point de vue de l'utilisateur:
 - ◆ s'il respecte les règles (enveloppe + adresse + timbre), la lettre arrive (normalement !)
- ◆ Du point de vue du système postal:
 - ◆ un système d'adressage:
 - code postal
 - ◆ mettre en œuvre des mécanismes pour l'acheminement:
 - des liaisons postales: train, avion, camion, bicyclette, ...
 - des centres de tri: aiguiller la lettre vers la bonne destination en fonction de l'adresse
 - ◆ un mécanisme de facturation:
 - vérification du timbrage et du poids



La Poste comme métaphore (3/3)

◆ La Poste:

- ◆ l'information est écrite sur une lettre mise dans une enveloppe
- ◆ l'adresse du destinataire est indiquée sur l'enveloppe
- ◆ les lettres sont triées à plusieurs reprises (centres de tri, bureau de poste destinataire)
- ◆ entre deux centres de tri les enveloppes sont groupées dans des sacs qui portent leur propre adresse de destination

◆ Réseau informatique:

- ◆ l'information est découpée en **paquets**
- ◆ **adresse destinataire** dans l'en-tête du paquet
- ◆ les paquets doivent être acheminés par des **routeurs**
- ◆ les paquets sont transmis sur des réseaux locaux ayant leur propre adressage
--> **notion de couches**

◆ Limites de la métaphore:

- ◆ destruction des paquets en cas de congestion
- ◆ les liaisons ne sont pas fixes
- ◆ Métaphore utilisée par les concepteurs dans les années 70:
 - ◆ datagramme (mode paquet) *versus* circuit téléphonique

Caractéristiques principales des réseaux

- ◆ 3 grandes familles technologiques:
 - ◆ réseaux locaux (LAN)
 - ◆ réseaux métropolitains (MAN)
 - ◆ réseaux étendus (WAN)
- ◆ 2 grandes techniques de transmission:
 - ◆ réseaux à commutation de paquets
 - ◆ réseaux à commutation de circuits
- ◆ 2 modes de connexion:
 - ◆ mode connecté
 - ◆ mode non-connecté
- ◆ Autres caractéristiques des réseaux:
 - ◆ débit
 - ◆ délai de transmission
 - ◆ taux de perte
 - ◆ etc...

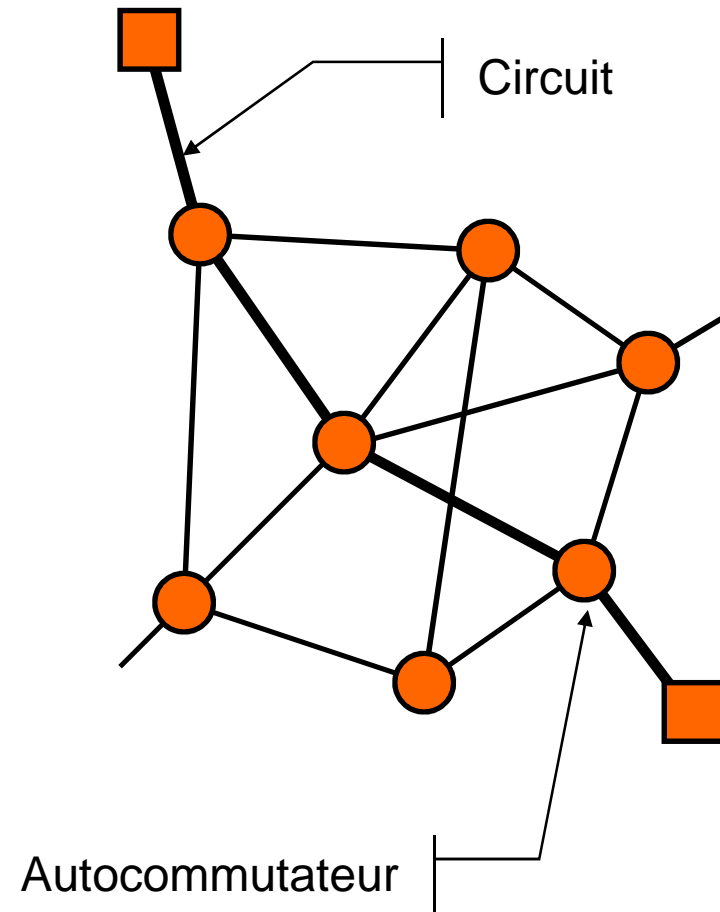
Familles technologiques

- ◆ Réseaux locaux - LAN [Local Area Network]
 - ◆ Distance limitée par nature : un bâtiment, un campus
 - ◆ Réseaux **multipoints** :
 - Plusieurs équipements connectés au même support physique
 - Possibilité de faire de la diffusion entre tous les équipements [broadcast]
 - ◆ Exemples :
 - Ethernet sur paires torsadées et fibres optiques (jusqu'à 10 Gbits/s)
 - WiFi (jusqu'à 200 Mbits/s)
- ◆ Réseaux métropolitains - MAN [Metropolitan Area Network]
 - ◆ Réseaux à l'échelle d'une ville
 - ◆ Exemple : Wi-Max
- ◆ Réseaux étendus - WAN [Wide Area Network]
 - ◆ Pas de limitation théorique à la distance
 - ◆ Liaisons de données sont **point-à-point**
 - ◆ Exemples: SDH, Frame relay (FR), ATM, GPRS, UMTS

Frontière de plus en plus floue en fonction de l'évolution des technologies :
Par exemple il est possible de faire de l'Ethernet 10 Gbit/s sur 40 km !

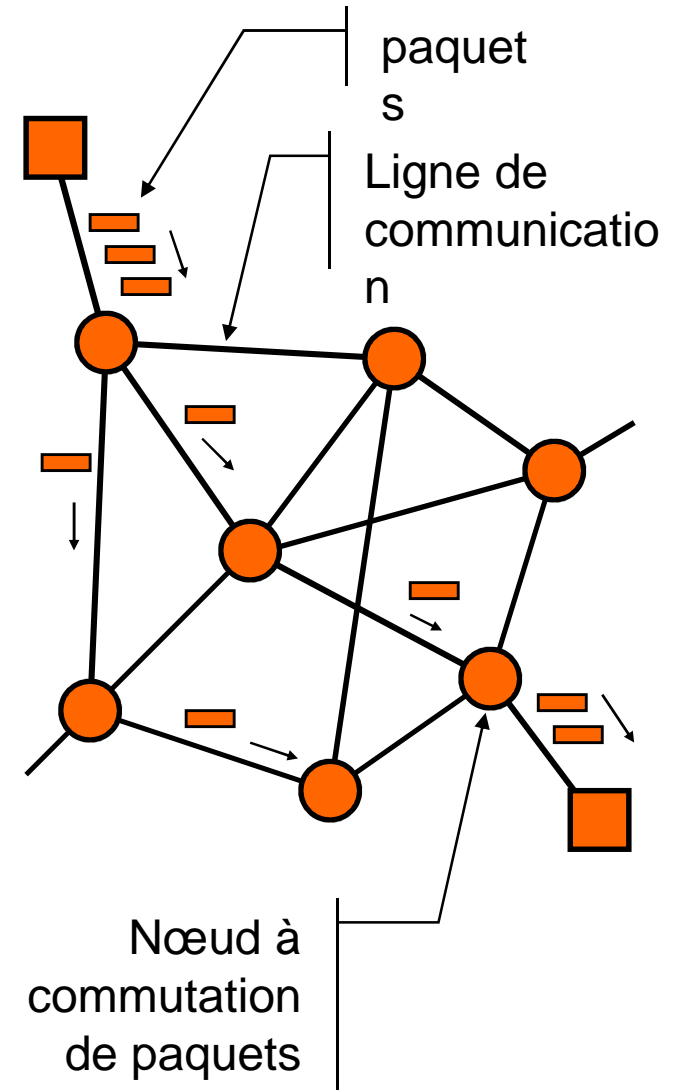
Commutation de circuits

- ◆ Principe du réseau téléphonique commuté (RTC)
 - ◆ Un circuit est construit entre l'émetteur et le récepteur pour toute la durée de la communication
 - ◆ Le circuit est totalement réservé à cette communication
- ◆ Avantages:
 - ◆ délais de transmissions faibles et garantis
 - ◆ bande passante garantie
- ◆ Inconvénient:
 - ◆ occupation permanente du circuit même s'il n'y rien à transmettre



Commutation de paquets

- ◆ Réseaux de transmission de données (exemple: Internet)
 - ◆ Les données sont découpées en petits paquets transmis indépendamment les uns des autres
- ◆ Avantage:
 - ◆ Partage des lignes de transmission par plusieurs communications
- ◆ Inconvénients:
 - ◆ Délais de transmission et bande passante très variables
 - ◆ sensible à la congestion d'où pertes de paquets



Modes connecté/non-connecté

Mode connecté:

- ◆ 3 temps:
 - ◆ Etablissement de la connexion
 - ◆ Echange des données
 - ◆ Libération de la connexion
- ◆ Avantage :
 - ◆ qualité de service négociable (débit, délais, etc...) à la connexion
- ◆ Inconvénient :
 - ◆ compliqué à mettre en place

Mode non-connecté:

- ◆ Envoi direct des paquets de l'émetteur vers le récepteur
- ◆ Tous les paquets contiennent l'ensemble des infos nécessaires à l'acheminement
- ◆ Avantage :
 - ◆ plus simple et plus efficace pour des messages courts
- ◆ Inconvénient :
 - ◆ Difficulté de garantir une qualité de service

Synthèse

Caractéristiques		Commutation de circuits	Commutation de paquets	
			Avec circuit virtuel	Mode datagramme
Circuit dédié		oui	non	
Mode connecté		oui		non
Débit disponible		fixe	variable	
Optimisation de la bande passante		Non, toute la BP est allouée au circuit	Oui, la bande passante est allouée en fonction de la taille des données	
Adressage		Lors de l'établissement du circuit (connexion)	Chaque paquet contient le n° du circuit virtuel	Chaque paquet contient les adresses source et destination
Routage		Route déterminée à l'établissement du circuit		Chaque paquet a un routage indépendant
Congestion	Occurrence	Possible à l'établissement du circuit (refus de la connexion dans ce cas)		Possible pour chaque paquet transmis
	Contrôle	Inutile	Aisée par allocation des ressources	Difficile et complexe (« best effort »)
Exemples		RTC	X25, ATM	IP

Remarques

- ◆ En plus de LAN, MAN et WAN, on entend parfois parler de:
 - ◆ PAN [Personal Area Network] – WPAN [Wireless PAN]:
 - réseaux locaux à un « être humain » (802.15-Bluetooth)
 - ◆ SAN [Short Area Network]:
 - CAN [Controller Area Network] (ISO11898), etc...
 - réseaux de capteurs sans-fil (802.15.4, ZigBee)
- ◆ En plus des commutations de circuits et de paquets, il existe:
 - ◆ la commutation de message (théorique car non utilisé en pratique dans les réseaux)
 - ◆ la commutation de cellules: variante de la commutation de paquets (Cf. ATM – Asynchronous Transfer Mode)

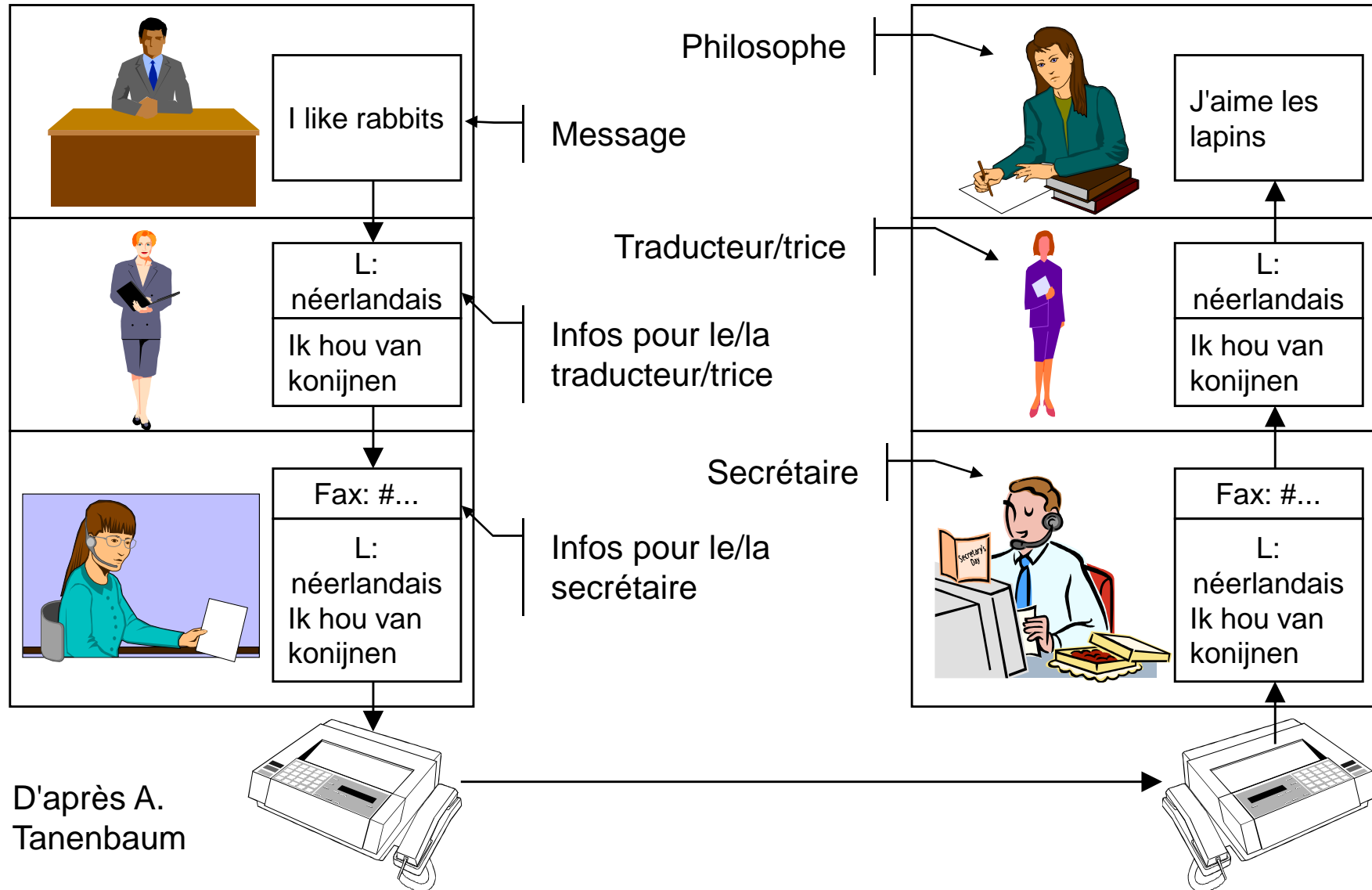
Le modèle OSI de l'ISO

- ◆ Modèle OSI [Open System Interconnection] - Interconnexion des systèmes ouverts :
 - ◆ Modèle en 7 couches (norme OSI 7498-1) – normalisé en 1981
- ◆ But d'un modèle en couche :
 - ◆ Inter-opérabilité des logiciels et des matériels quel que soit le constructeur
 - ◆ Réduire la complexité des logiciels:
en découpant en plusieurs sous-éléments ayant chacun une fonction précise ==> modèle en couche
 - ◆ augmenter la flexibilité:
rendre les couches interchangeables (partiellement)
- ◆ TOUT n'est pas normalisé:
 - ◆ le logiciel est en dehors des normes. Seul le format des données échangées et le moyen de les échanger est normalisé!

Organismes de normalisation

- ◆ L'ISO [International Standard Organisation], organisme de normalisation internationale:
 - ◆ regroupe les organismes de normalisation nationaux: AFNOR (France), DIN (Allemagne), BIN (Royaume-Uni), ANSI (USA), etc...
 - ◆ divisé en un grand nombre de groupes de travail qui visent à établir des normes garantissant l'inter-opérabilité des produits des différents constructeurs
- ◆ Il existe d'autres organismes comme l'ITU-T [International Telecommunication Union - Telecommunications]:
 - ◆ Travaille conjointement avec l'ISO dans de nombreux domaines
 - ◆ Ancien nom : CCITT [Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique]

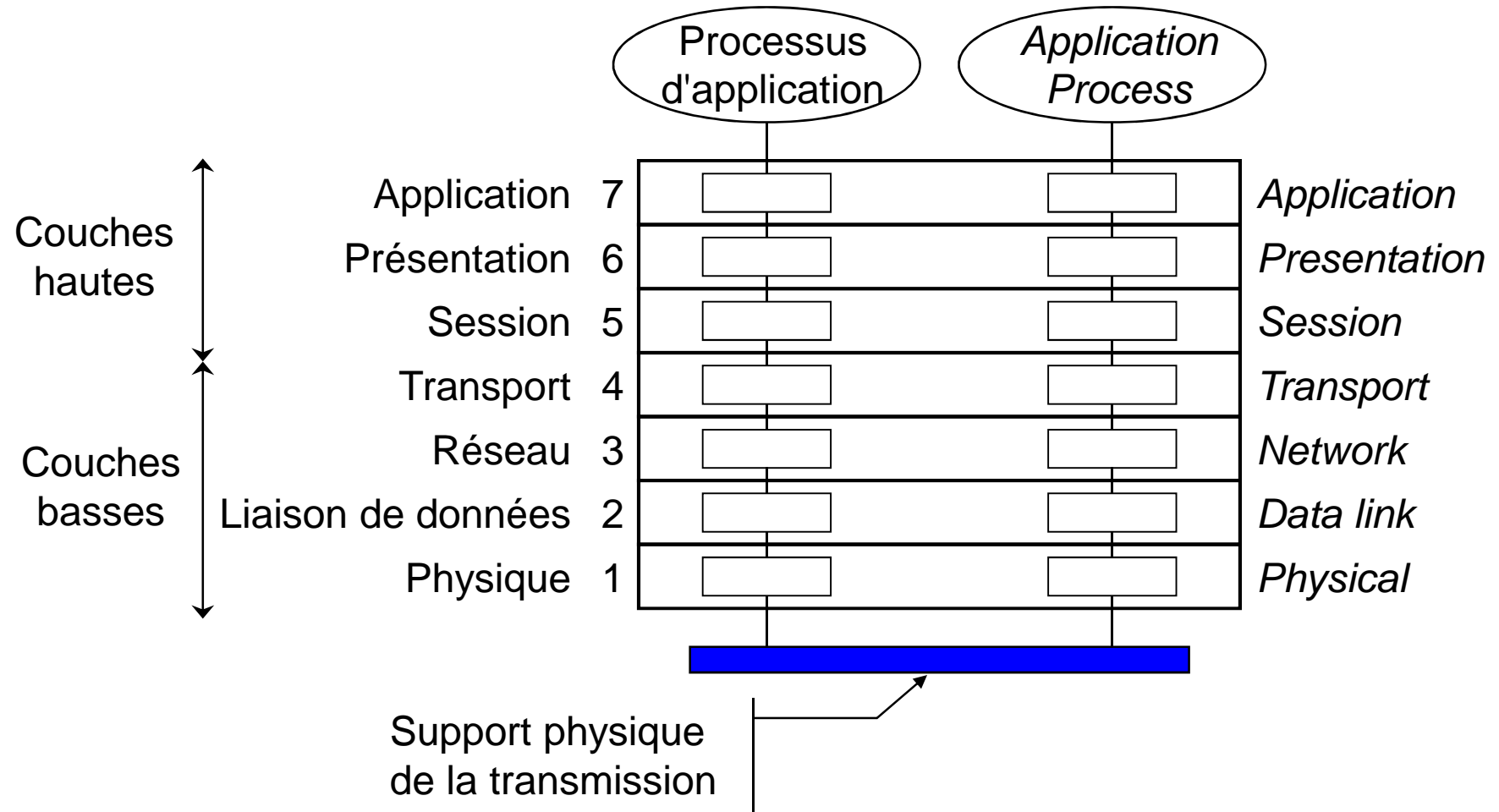
Rôle des couches



D'après A. Tanenbaum

Le modèle en couches

- ◆ 7 couches sont définies pour le logiciel de communication:

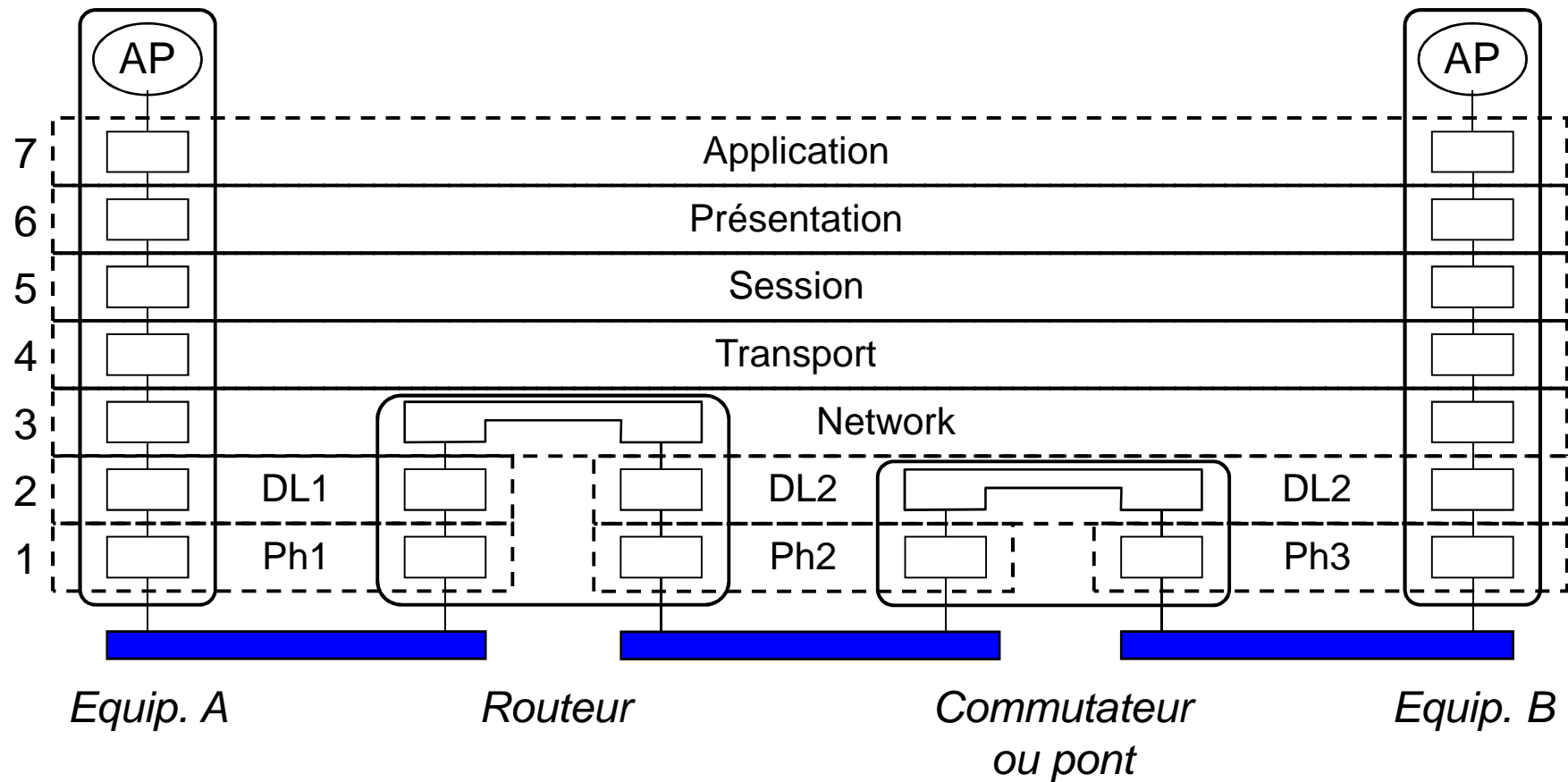


2 grandes catégories de couches

- ◆ Services de couches hautes: 5, 6, 7
 - ◆ mettent en œuvre des applications déterminées
 - ◆ règlent les problèmes d'hétérogénéité et de supervision de l'échange de données
- ◆ Services de couches basses: 1, 2, 3, 4
 - ◆ s'occupent de la communication proprement dite entre les machines
 - ◆ gèrent les aspects de l'accès au médium physique de transmission

Architecture de réseau

- ◆ Seuls les équipements terminaux ont les 7 couches:
 - ◆ les protocoles de niveau 4 à 7 sont toujours de bout en bout



Service Physique (couche 1)

- ◆ Fonction:
 - ◆ transférer des chaînes de bits (0110100101110101010...)
- ◆ Utilise des liaisons :
 - ◆ directes:
 - câblage privé : paire torsadée, fibre optique
 - liaison louée à un opérateur pour les longues distances
 - ◆ indirectes (établies sur un réseau de télécommunications):
 - en mode commutation de circuit:
 - réseau téléphonique analogique (modem, ...)
 - RNIS (coupleurs, ...)
 - en mode commutation de cellule (émulation de circuit):
 - réseau ATM [Asynchronous Transfer Mode]

Service Liaison de données (couche 2)

- ◆ Fonction:
 - ◆ Transfert de données (fiable si possible) sous forme de trames entre deux systèmes physiquement reliés
- ◆ Sous-couche LLC [Logical Link Control]
 - ◆ assure la fiabilité par :
 - contrôle d'erreur (voire correction d'erreurs)
 - contrôle de flux
- ◆ Sous-couche MAC [Medium Access Control]
 - ◆ assure l'accès au service physique
 - ◆ pb du partage de la ressource physique:
 - en point-à-point: émission à l'alternat, ...
 - en multipoint (réseaux locaux): commande distribuée (un seul émetteur à un moment donné)
- ◆ Exemples: HDLC, Ethernet (IEEE 802.3), etc...

Service Réseau (couche 3)

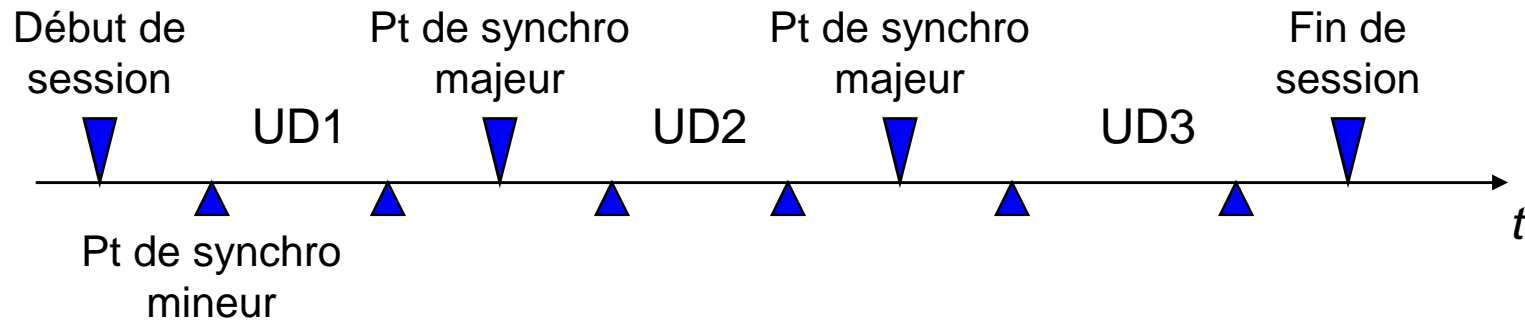
- ◆ Fonctions:
 - ◆ communication entre systèmes à travers un réseau (transfert de paquets)
 - ◆ adressage: identifier de manière non-ambiguë les équipements
 - ◆ routage et acheminement: transmettre les paquets de données à travers le réseau au destinataire en calculant au préalable une route (de préférence optimale)
 - ◆ indépendance par rapport aux supports de transmission
- ◆ Service avec et/ou sans connexion:
 - ◆ non-connecté: IPv4, IP/ISO, ...
 - ◆ connecté: X25, ATM
- ◆ Autres fonctions (optionnelles):
 - ◆ gestion de la qualité de service
 - ◆ sécurisation des accès:
 - groupes fermés d'utilisateurs
 - interdiction d'appels entrant ou sortant

Service Transport (couche 4)

- ◆ Fonctions:
 - ◆ communication entre applications
 - ◆ transporte des messages (TPDU) de manière transparente:
 - segmentation en paquets à l'émission
 - réassemblage à la réception
 - ◆ fournit une qualité de service donnée:
 - négociée à la connexion; si elle ne peut être assurée alors la connexion est refusée !
 - Exemple: détection et correction des erreurs
 - ◆ contrôle de bout en bout (les équipements intermédiaires ne participent pas au service transport et aux couches supérieures)
 - ◆ optimisation des ressources du réseau:
 - choix du "meilleur" service réseau possible
- ◆ Exemples: TP/ISO (plusieurs classes de 0 à 4), TCP, UDP

Service Session (couche 5)

- ◆ Fonction:
 - ◆ assurer un dialogue ordonné entre les applications
- ◆ Gestion et synchronisation des échanges:
 - ◆ la session est découpée en unités de dialogue



- ◆ permet la reprise du dialogue en cas de rupture de la connexion (grâce aux points de synchronisation)
- ◆ possibilité de coordonner une activité sur plusieurs sessions

Service Présentation (couche 6)

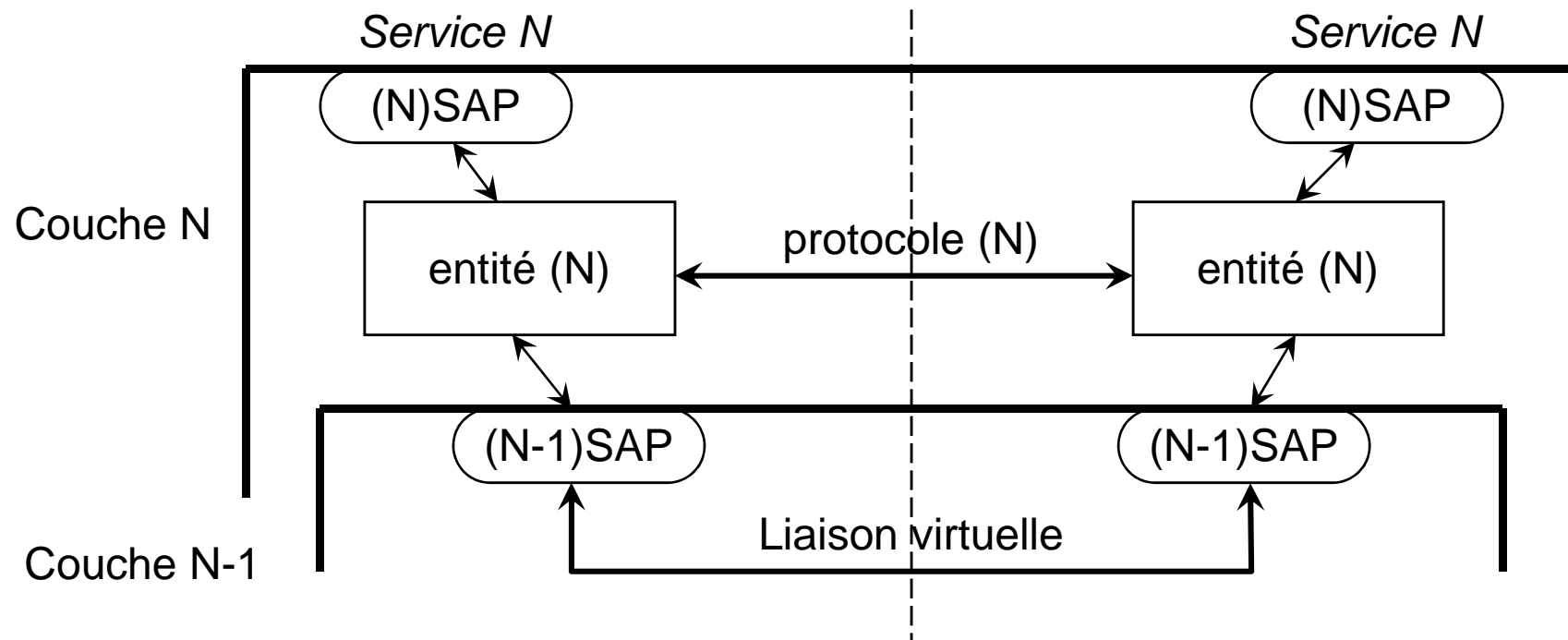
- ◆ Fonction:
 - ◆ échange de données structurées entre applications sur des systèmes hétérogènes:
 - représentation commune des données
 - permet aux applications de négocier une ou plusieurs syntaxes de transferts (contextes de présentation)
- ◆ Services complémentaires (optionnels):
 - ◆ compression des données
 - ◆ chiffrement des données
- ◆ Syntaxe de transfert:
 - ◆ ASN1 [Abstract Syntax Notation 1]
 - ◆ langage permettant de spécifier l'ensemble des données échangées entre applications

Service Application (couche 7)

- ◆ Fonction:
 - ◆ assure la sémantique (ou signification) des informations à échanger entre les applications
- ◆ Structure complexe: pas de sous-couche mais association d'éléments de services d'application (ASE) :
 - ◆ éléments de services communs:
 - association de deux processus distants (ACSE)
 - transfert fiable (RTSE)
 - opérations distantes (ROSE)
 - transactions (CCRSE)
 - ◆ éléments de services spécifiques:
 - messagerie électronique (X400)
 - gestion et transferts de fichiers (FTAM)
 - transactionnel distribué (DTP)
 - annuaire réparti (X500)
 - etc...

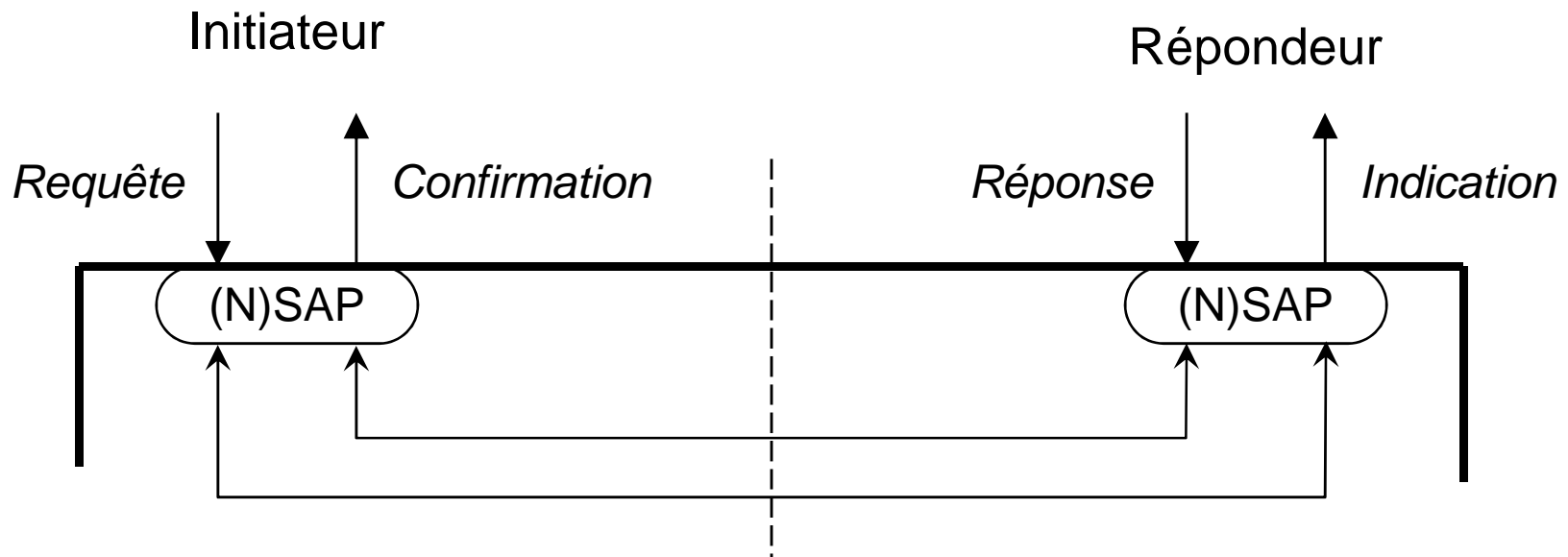
Services et protocoles

- ◆ Service: ensemble de fonctions:
 - ◆ fournies par un composant réparti entre plusieurs systèmes
 - ◆ accessibles au (N)SAP = Service Access Point
- ◆ Protocole: règles de dialogues entre 2 entités paires (peer)
 - ◆ permet la coopération entre ces entités pour rendre le service N



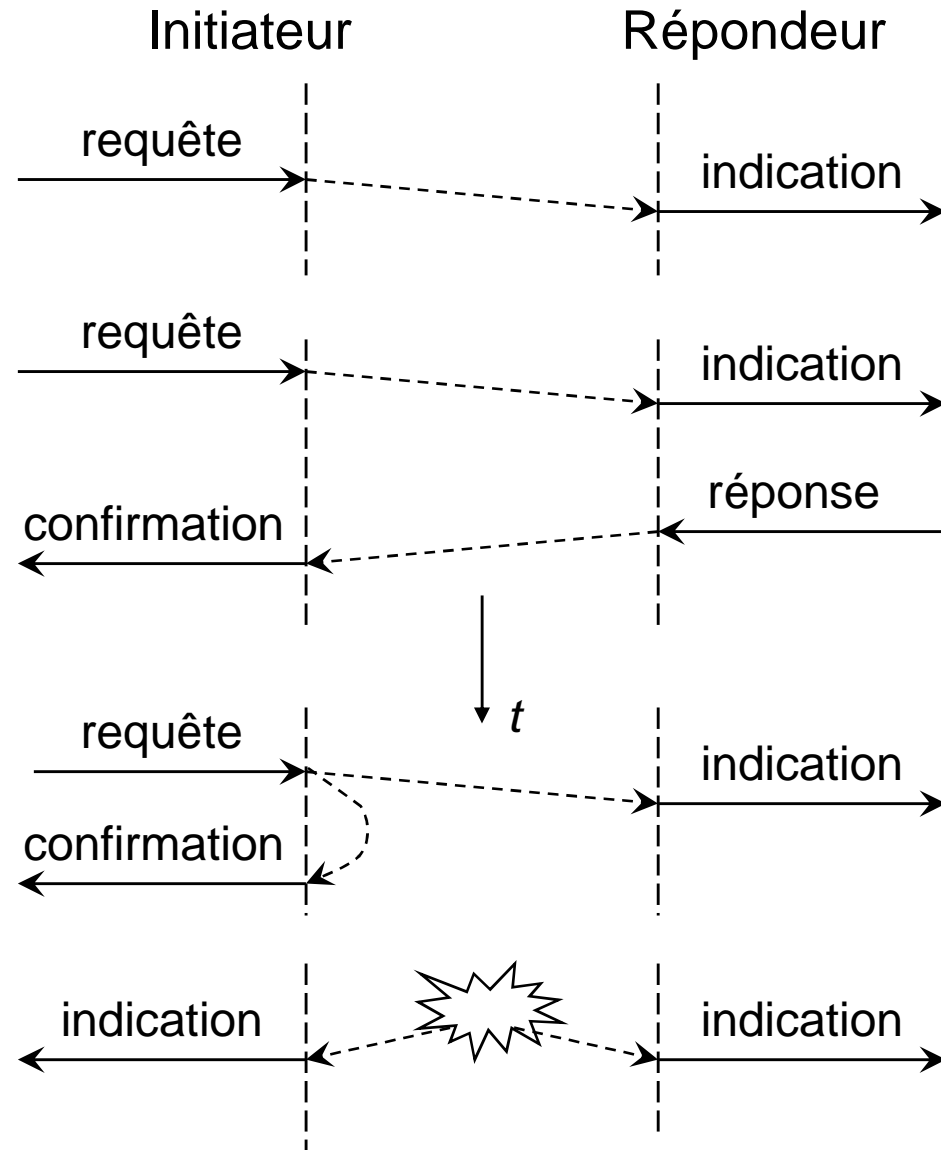
Primitives de services

- ◆ 4 types:
 - ◆ Requête: émise par l'utilisateur
 - ◆ Indication: suite à une requête ou spontanée du réseau
 - ◆ Réponse: pour répondre à une requête
 - ◆ Confirmation: suite à une réponse ou une requête



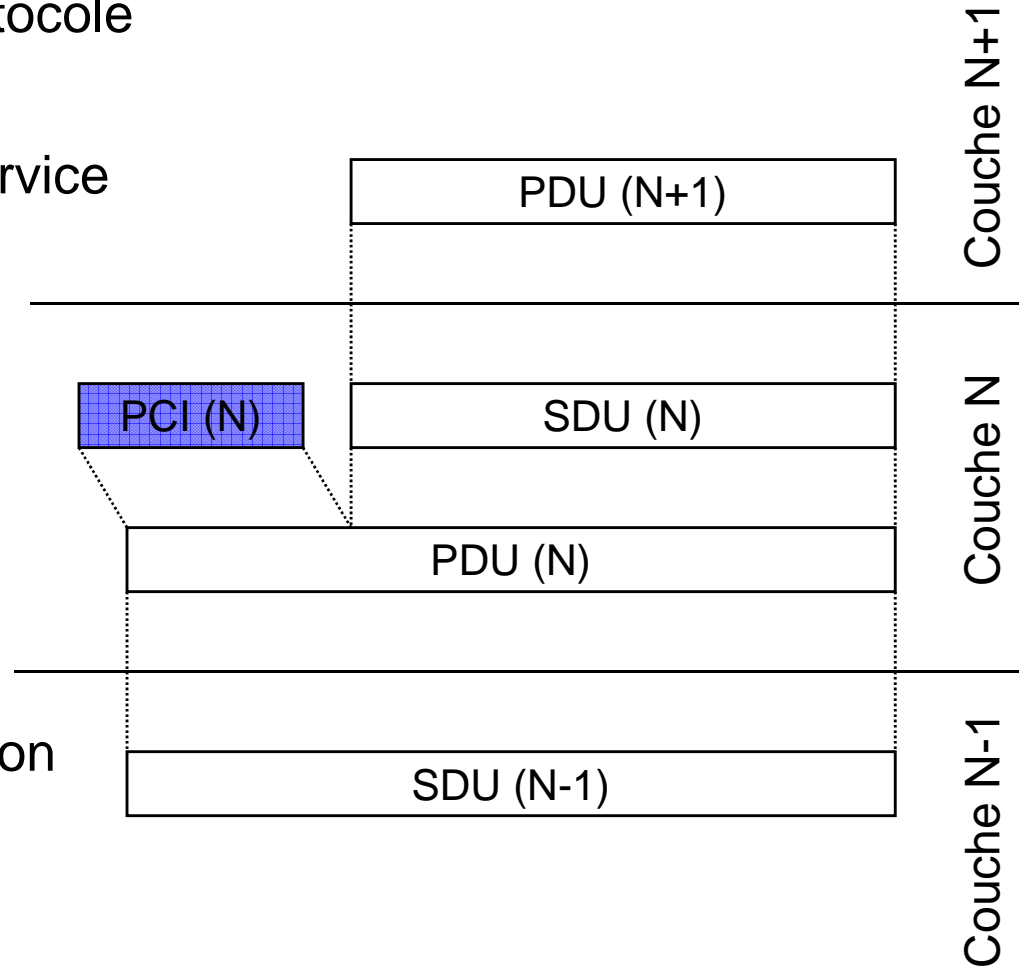
Types de services (exemples)

- ◆ Simple:
 - ◆ exemple: envoi de données
- ◆ Confirmé:
 - ◆ exemple: connexion
- ◆ Confirmé localement:
 - ◆ exemple: contrôle de flux
- ◆ Fournisseur:
 - ◆ signalisation d'erreur venant du réseau

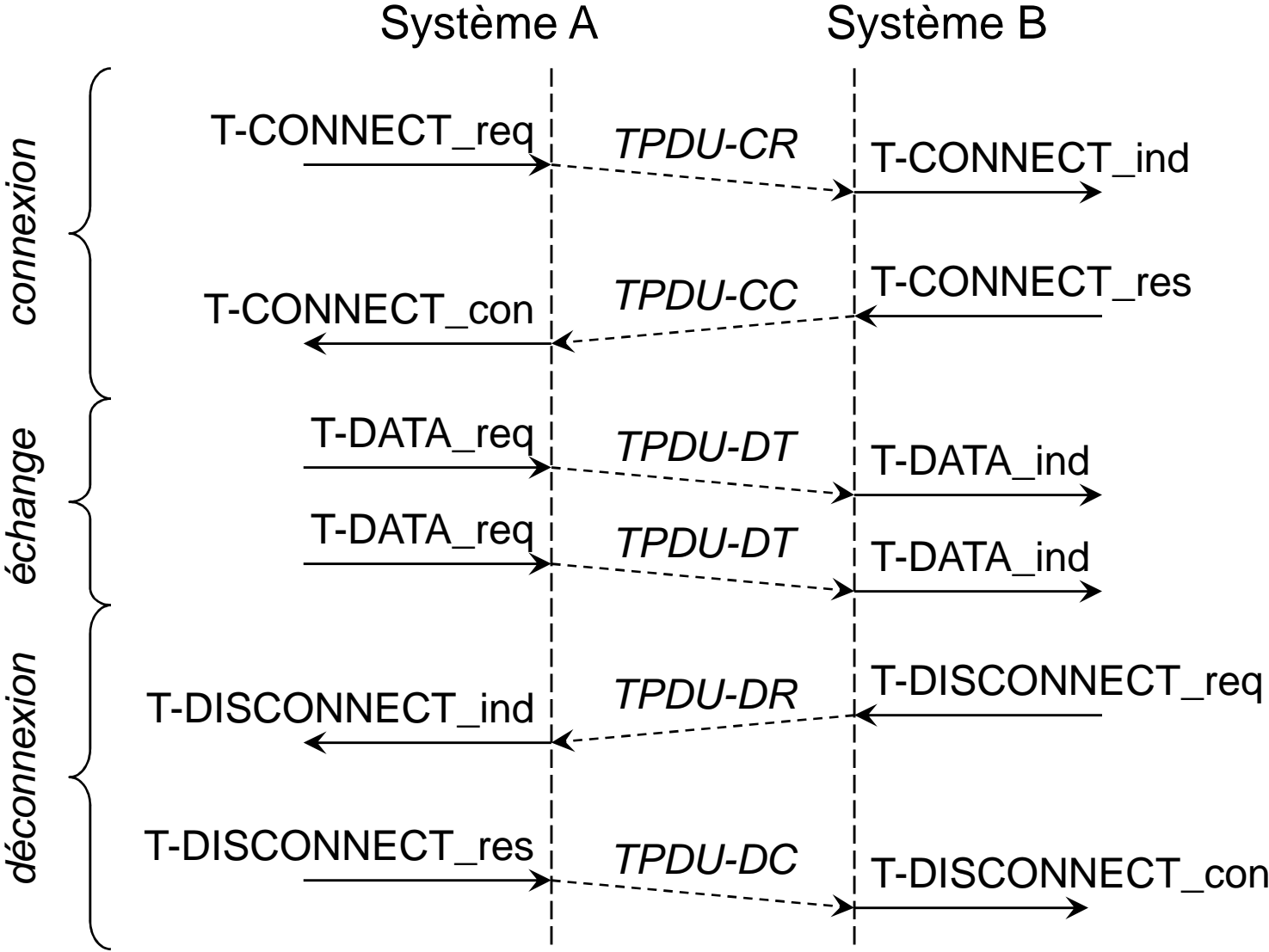


Structures de données aux interfaces

- ◆ PDU [Protocol Data Unit]
 - ◆ unité de donnée de protocole
- ◆ SDU [Service Data Unit]
 - ◆ unité de données de service
 - ◆ primitive avec données
- ◆ PCI [Protocol Control Information]
 - ◆ information de commande du protocole
 - ◆ c'est un en-tête et parfois une terminaison

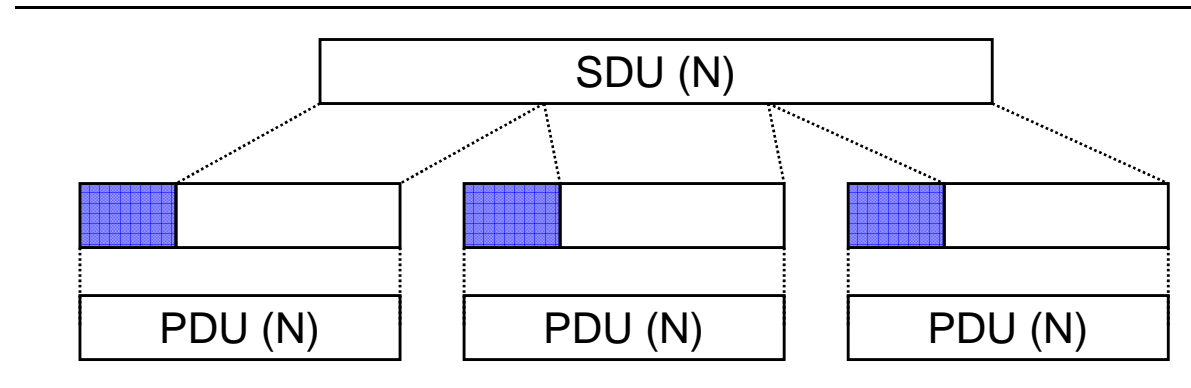


Exemple de dialogue: couche transport

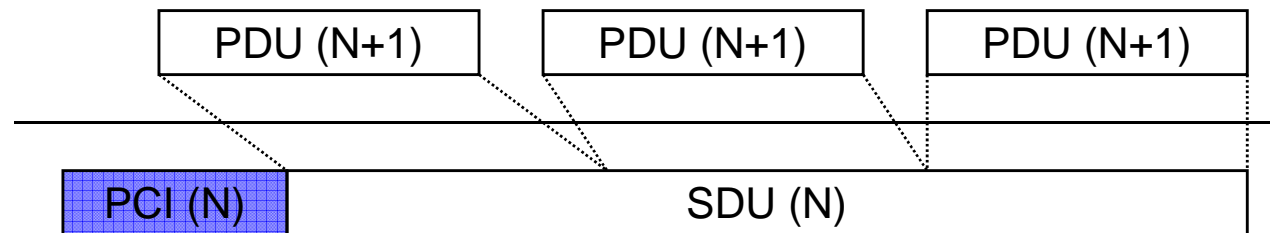


Segmentation / regroupement

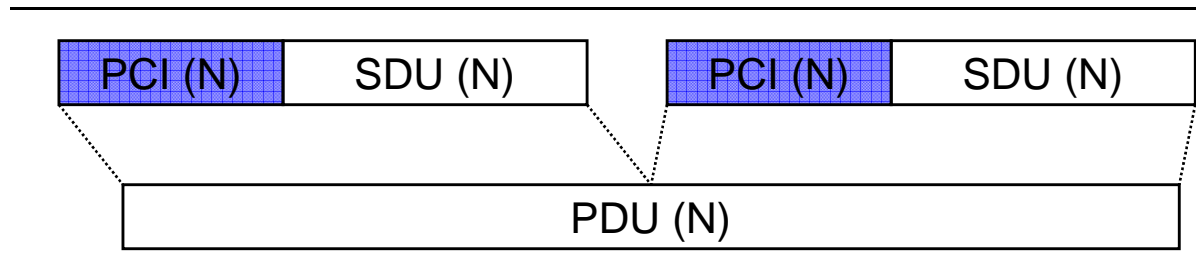
- ◆ Segmentation réassemblage
 - ◆ exemple : la couche Transport (4)



- ◆ Concaténation séparation



- ◆ Groupage dégroupage



Architecture TCP/IP

- ◆ Modèle défini avant celui de l'OSI dans les années 70
- ◆ Son histoire est totalement liée à l'histoire de l'Internet:
 - ◆ Approche pragmatique : toute l'architecture et les protocoles utilisés ont d'abord été testés longuement avant d'être normalisés
 - ◆ Parfois manque de théorisation pour certains protocoles anciens. Mais ce n'est plus vrai aujourd'hui !
- ◆ Définitions :
 - ◆ **l'Internet** (interconnection of networks) désigne l'interconnexion à l'échelle mondiale de réseaux et d'ordinateurs utilisant la famille de protocoles TCP/IP
 - ◆ On parle d'intranet pour un réseau interne à une entreprise utilisant TCP/IP

Petit historique

- ◆ **Fin 1969** : premier réseau **ARPANET** aux Etats-Unis avec le financement de la DARPA (projet ministère de la Défense américain)
- ◆ **Années 1980** : le réseau se développe dans le monde académique américain
- ◆ **1986** : naissance de **NSFNET** [NSF=National Science Foundation] qui devient le « centre » d'Internet
- ◆ **Fin des années 1980** : les chercheurs de nombreux pays rejoignent ce réseau ainsi que les sociétés commerciales
- ◆ **juin 1992** : en France, le réseau Renater (Réseau National de l'Enseignement et de la Recherche) est créé
- ◆ **1995** : Fin de NSFNet et création des NAP [Network Access Points] permettant d'interconnecter les différents réseaux commerciaux : l'Internet n'a plus de centre !

Les organismes de l'Internet (1/2)

- ◆ **IETF** (Internet Engineering Task Force)
 - ◆ Organisme de normalisation des protocoles de l'internet
 - ◆ Structure informelle tout le monde peut participer !
 - ◆ Travail technique décomposé en secteurs [Area] découpé en groupes de travail [working group] : produisent des rapports techniques, les **RFC** (Request for Comments)
 - ◆ Financement assuré par ISOC (2M\$/an) et participations aux meetings (2M\$/an)
- ◆ **IAOC** (IETF Administrative Oversight Committee)
 - ◆ Gestion administrative de l'IETF
- ◆ **IESG** (Internet Engineering Steering Group)
 - ◆ l'organe de direction de l'IETF et qui est responsable de l'approbation finale des standards
- ◆ **IAB** (Internet Architecture Board)
 - ◆ Travaille plus sur l'évolution à long terme

Les organismes de l'Internet (2/2)

- ◆ **Internet Society (ISOC) :**
 - ◆ Assure la promotion de l'Internet (créée en 1992)
 - ◆ Association comparable à l'ACM ou à l'IEEE
- ◆ **W3C** (World-Wide Web Consortium) :
 - ◆ Coordonne les développements liés au Web (créé 1995)
 - ◆ hébergé par le MIT (Etats-Unis), l'ERCIM (Sophia-Antipolis, France) pour l'Europe et l'université de Keio au Japon
- ◆ **ICANN** (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)
 - ◆ Créé en 1998 dans le but de succéder à l'IANA (Internet Assigned Number Authority)
 - ◆ Chargée :
 - de l'homologation des protocoles et de leurs paramètres
 - de l'allocation des adresses IP
 - de la gestion des noms de domaine (DNS) et des serveurs racines

La normalisation à l'IETF

- ◆ Normalisation :
 - ◆ Un groupe de travail de l'IETF peut proposer une nouvelle idée sous la forme d'un texte : **internet draft** (I-D)
 - ◆ Après plusieurs itérations, si le projet présente suffisamment d'intérêt alors l'IESG en fait un **proposed standard** (PS)
 - ◆ Pour devenir DS (**draft standard**) il faut qu'une implémentation ait été testée sur 2 sites différents pendant au moins 4 mois
 - ◆ si l'IESG est convaincu que l'idée est bonne et si le logiciel fonctionne bien, alors le RFC devient un **Internet standard** (IS)
- ◆ Les normes ont ensuite des statuts:
 - Exigé [required]: toute machine utilisant IP doit implémenter ce RFC
 - Recommandé [recommended]
 - Facultatif [elective]
 - Usage limité [limited use]: protocole expérimental (usage déconseillé)
 - Non recommandé [not recommended]: protocole périmé

Les RFC [Request for Comments] (1/2)

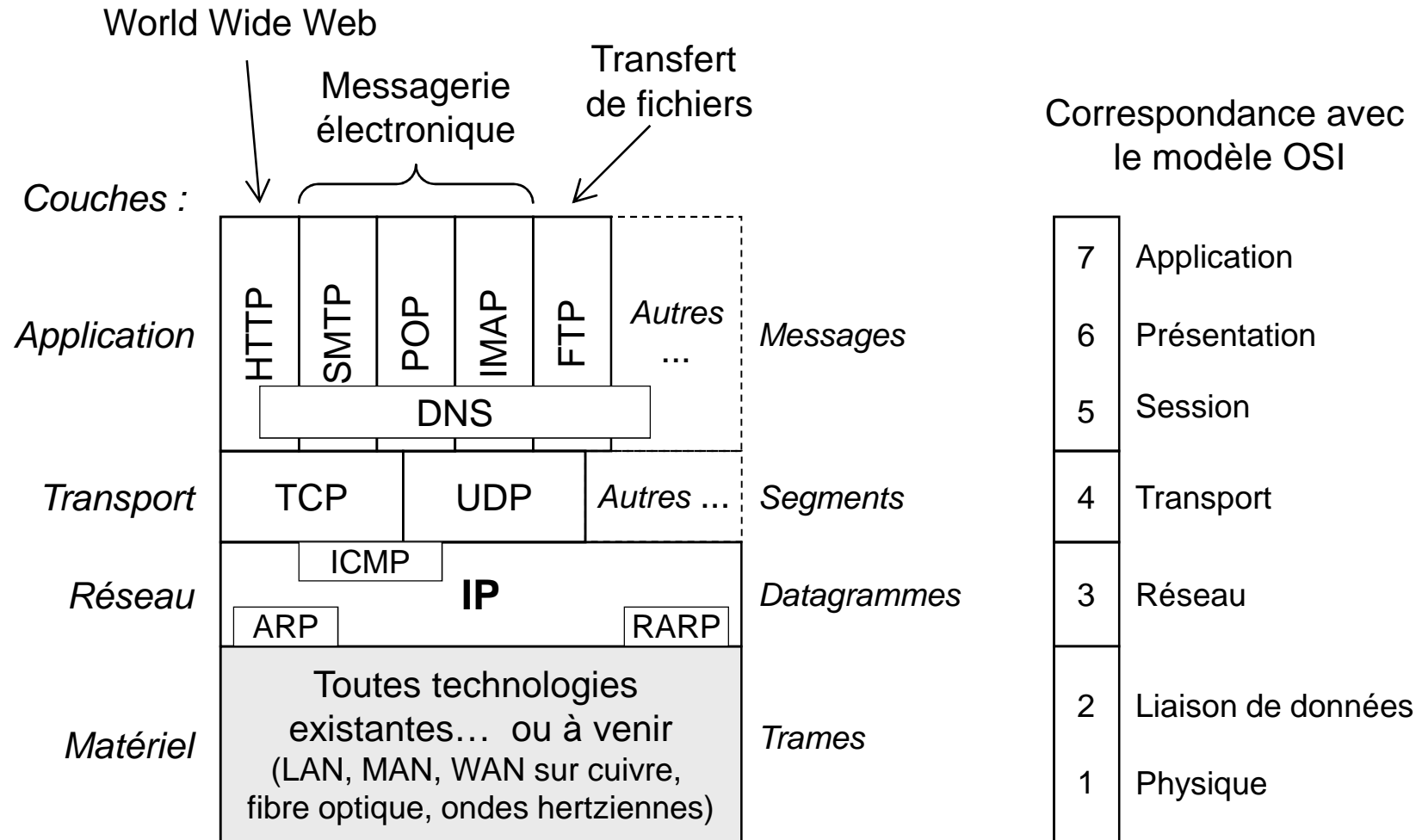
- ◆ Les RFC contiennent :
 - ◆ Les normes réseau (exemple: IP: RFC 791)
 - ◆ Les normes des applications (exemple: FTP: RFC 959)
 - ◆ Des informations générales, des règles de fonctionnement
 - ◆ Des conseils, des bonnes pratiques, etc.
- ◆ Les RFC sont numérotées par ordre croissant:
 - ◆ Lorsqu'il y a une nouvelle version d'un standard elle porte un nouveau numéro de RFC mais elle garde le même titre
 - ◆ A l'OSI, les normes gardent le même numéro et sont suffixées par le millésime ; exemple X400-84, X400-88
 - ◆ Pour simplifier → introduction des STD
- ◆ Les RFC sont disponibles gratuitement sur l'Internet :
 - Site officiel : <http://www.rfc-editor.org/>
- ◆ Aujourd'hui plus de 6000 RFC ! (RFC 6377, sept. 2011)

Les RFC [Request for Comments] (2/2)

- ◆ Les **STD** [STanDards] :
 - ◆ les normes principales (environ 71 STD). Un STD peut correspondre à plusieurs RFC !
 - ◆ le document STD 1 contient la liste des standards et est régulièrement ré-édité (le n° de RFC multiple de 100 est réservé pour les mises à jour du STD 1) : RFC 5000 (mai 2008)
 - ◆ Exemple: STD 5: *Internet Protocol* (RFC 791) + ICMP (RFC 792) + RFC 919 + RFC 922 + RFC 950 + IGMP (RFC 1112)
- ◆ Les **FYI** [For Your Information] :
 - ◆ sélection de RFC d'intérêt général (environ 138 FYI)
 - ◆ Exemple: FYI 5: *Choosing a name for your computer* (RFC 1178)
- ◆ Les **BCP** [Best Current Practices] :
 - ◆ Les « bonnes pratiques » (environ 167)
 - ◆ Exemple: BCP 104: *Terminology for Describing Internet Connectivity*. (RFC 4084)

L'architecture TCP/IP (1/3)

◆ Modèle TCP/IP en 4 couches



L'architecture TCP/IP (2/3)

- ◆ Niveau matériel :
 - ◆ rien n'est normalisé à ce niveau par le modèle
 - ◆ IP est conçu pour fonctionner sur tout type de réseau existant ou à venir !
- ◆ Niveau réseau :
 - ◆ **IP** [Internet Protocol] : protocole assurant le service de base de remise de paquets non-fiable en mode non-connecté
 - ◆ **ARP** [Address Resolution Protocol] : protocole permettant de faire le lien entre une adresse IP et une adresse du réseau sous-jacent
 - ◆ **RARP** [Reverse ARP] : protocole permettant à une machine d'obtenir automatiquement une adresse IP au démarrage
 - ◆ **ICMP** [Internet Control Message Protocol] : protocole permettant d'échanger des informations d'administration

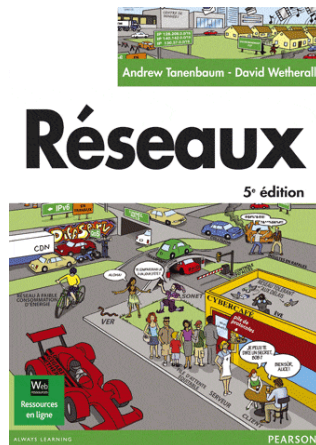
L'architecture TCP/IP (3/3)

- ◆ Niveau transport:
 - ◆ **TCP** [Transmission Control Protocol] : protocole assurant un service de transport fiable en duplex intégral, en mode connecté et de bout en bout
 - ◆ **UDP** [User Datagram Protocol] : protocole assurant un service de transport non-fiable en duplex intégral, en mode non-connecté
- ◆ Niveau application :
 - ◆ **DNS** [Domain Name Server] : protocole permettant de faire correspondre à un nom de machine son adresse IP
 - ◆ **HTTP** [HyperText Transport Protocol] : protocole permettant de récupérer des documents Web
 - ◆ **SMTP** [Simple Mail Transfer Protocol] : protocole de transfert de message pour le service de messagerie électronique
 - ◆ **FTP** [File Transfer Protocol] : protocole de transfert de fichier entre 2 ordinateurs

Bibliographie Générale

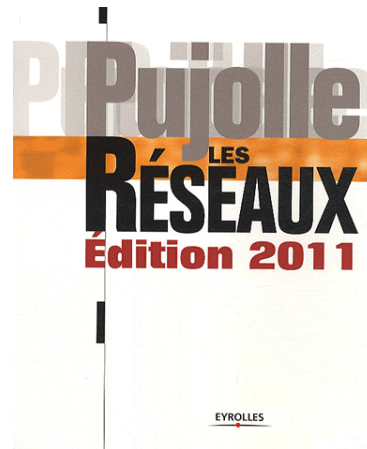
◆ Livres:

A. Tanenbaum et al.,
"Réseaux"



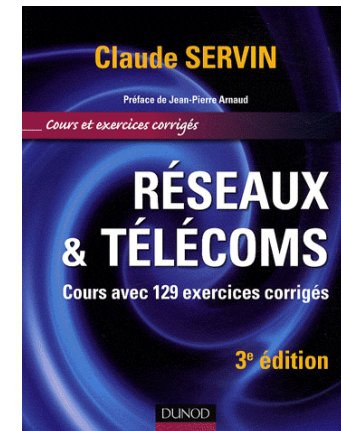
5^{ème} éd, 08/11, 51,50 €,
Pearson Education,
ISBN : 978-2-7440-7521-6

G. Pujolle et al.,
"Les réseaux"



Ed. 2011, 12/10,
42,50 €, Eyrolles,
ISBN: 978-2-212-12878-9

C. Servin,
"Réseaux & Télécoms",



3^{ème} éd, 06/09, 46,50 €,
Dunod,
ISBN:978-2-10-052626-0

◆ Voir aussi:

- ◆ Techniques de l'Ingénieur : <http://www.techniques-ingenieur.fr/>