

Concepts de base des réseaux

Lila Boukhatem

LRI – Laboratoire de Recherche en Informatique
Septembre 2003

PLAN

- ❑ Introduction
- ❑ La connectivité
- ❑ Commutation et multiplexage
- ❑ Architecture de réseaux
- ❑ Modèle OSI
 - ◆ Services
 - ◆ Protocoles
- ❑ Conclusion

Introduction

❑ Réseaux informatiques

- ◆ Connecter des équipements informatiques ➡ **Connectivité**
- ◆ Partager des Ressources ➡ **Gestion des ressources**
- ◆ Transporter des Fichiers ➡ **Services**

❑ Réseaux de Télécommunications

- ◆ Téléphonie

❑ Réseaux câbles

- ◆ Distribution de canaux de télévision

👉 **Convergence**

Réseaux informatiques

❑ Besoin :

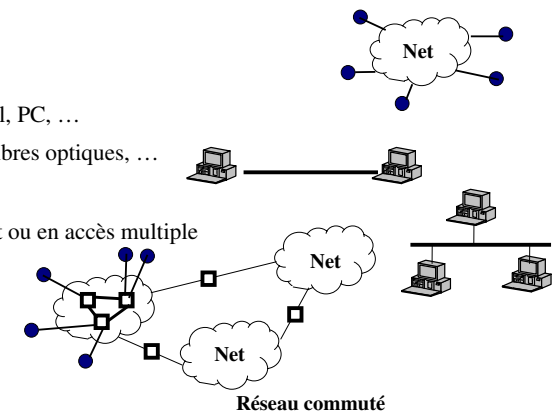
- ◆ Faire communiquer des ordinateurs distants
- ◆ Création de réseaux d'ordinateurs = { Ordinateurs Autonomes } Interconnectés

❑ Connectivité

- ◆ Composants
 - Nœuds : stations de travail, PC, ...
 - Liens : câbles coaxiaux, fibres optiques, ...

◆ Connexions

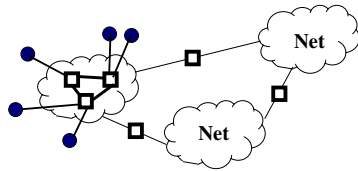
- Directes : en point-à-point ou en accès multiple
- Indirectes



Connectivité

Avantages

- ◆ Partage des Ressources
- ◆ Fiabilité accrue
- ◆ Réduction des coûts
- ◆ Passage à l'échelle (scalability)



Types de réseaux

		WAN	MAN	LAN
étendue		pays	Région, qlq km	Site, <1km
débit		Dizaine Mbit/s	Centaine Mbit/s	Centaine Mbit/s, Gbit/s
propriétaire		Opérateur (privé, public)	Regroupement d'utilisateurs	utilisateur
Exemples	commutation	RTC, RNIS, Transpac, Réseau ATM	Ethernet commuté, ATM LAN, PABX	
	diffusion	satellite	Ethernet, Token Ring, FDDI	

Connectivité

Adressage

- ◆ Adresse : identificateur unique d'un nœud
- ◆ Types :
 - Unicast
 - Broadcast
 - Multicast
- ◆ Forme hiérarchique, absolue, etc.

Routing

- ◆ Étant donnée une adresse Destination, déterminer le chemin à suivre pour l'atteindre

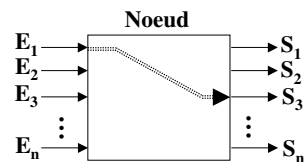
La commutation

Commuter

- ◆ aiguiller une communication d'un port d'entrée vers un port de sortie

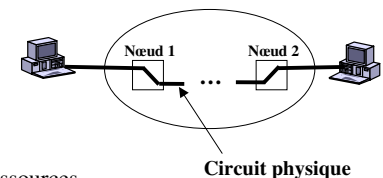
Plusieurs techniques

- ◆ Commutation de circuits
- ◆ Commutation de paquets



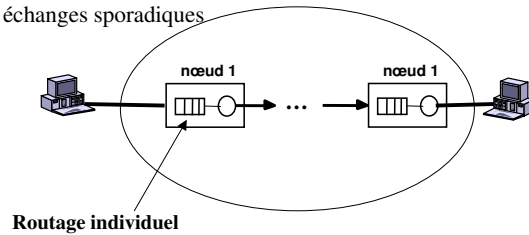
Commutation de circuits

- ◆ Circuit établi pour la durée de la connexion
- ◆ La circuit est établi préalablement au transfert
- ◆ Les ressources sont allouées pour toute la durée de la connexion
- ◆ Avantages :
 - Délai de transfert constant
 - Idéale pour les applications à débits constants
 - Séquencement garanti
 - Pas de congestion
- ◆ Inconvénients :
 - Trafics sporadiques : mauvaise utilisation des ressources
 - Échanges brefs : délais d'établissement



Commutation par paquets

- ◆ Transférer l'information par blocs de taille bornée
- ◆ En-tête utilisé pour le routage, la correction d'erreurs, le contrôle de flux, etc.
- ◆ Buffers dans les commutateurs
- ◆ Ressources partagées : optimisation
- ◆ Avantages :
 - Ressources utilisées quand nécessaire
 - Efficace pour les applications à échanges sporadiques
- ◆ Inconvénients :
 - Délai d'acheminement variable
 - Déséquilibrage
 - Risque de congestion



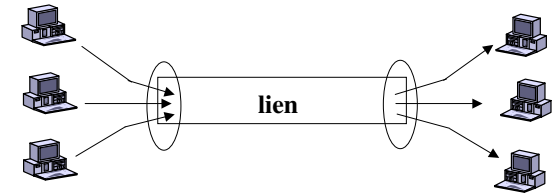
Le multiplexage

Plusieurs communications sur le même support

Avantage : partage des ressources

Plusieurs types

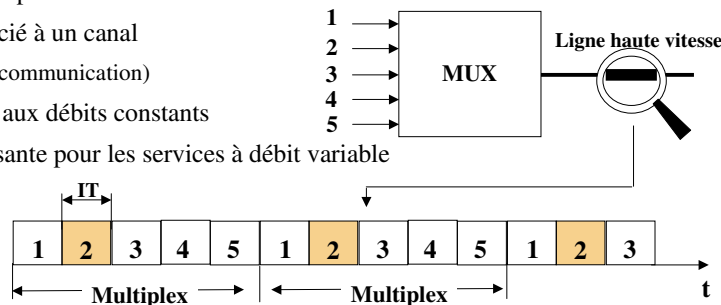
- ◆ Temporel
 - Synchrones
 - Asynchrones
- ◆ Fréquentiel



Le multiplexage

Multiplexage temporel synchrone

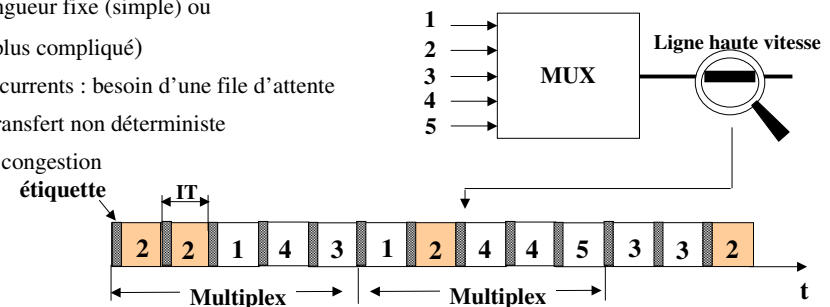
- ◆ Division de la ligne en trames (multiplex) périodiques composées de tranches de temps (IT = Intervalle de Temps)
- ◆ Les IT occupent des positions fixes dans la trame
- ◆ Chaque IT est associé à un canal
 - (un canal = une communication)
- ◆ Technique adaptée aux débits constants
- ◆ Perte de bande passante pour les services à débit variable



Le multiplexage

Multiplexage temporel asynchrone

- ◆ Allocation dynamique des IT aux flots actifs
- ◆ Aucune relation entre l'identité du canal et le temps d'insertion du paquet dans la trame
- ◆ Puisqu'il n'y a pas d'assignation fixe de "slot" chaque unité d'information doit être étiquetée
- ◆ Il n'y a pas de "slot" vide
- ◆ Slot de longueur fixe (simple) ou variable (plus compliqué)
- ◆ Accès concurrents : besoin d'une file d'attente
- ◆ Délai de transfert non déterministe
- ◆ Risque de congestion

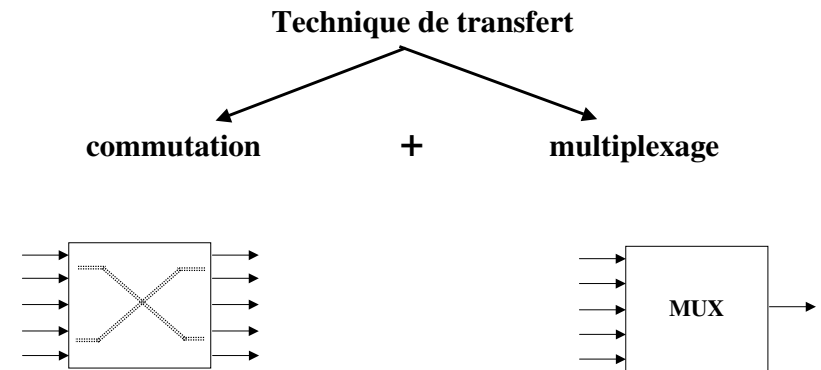


Le multiplexage

Comparatif

Mux synchrone	Mux asynchrone
Allocation du débit maximum déclaré par une source pendant toute la durée de la communication	Pour un grand nombre de sources variables, $\sum \text{débits déclarés} > \sum \text{débits max}$
Gaspillage de ressources (pour les débits variables)	Meilleure utilisation des ressources
Temps de transfert constant	Risques d'engorgement si plusieurs sources sont au débit max. en même temps

Le mode de transfert

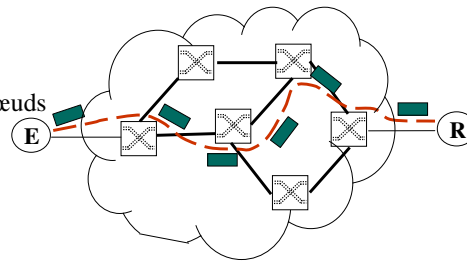


- Mode de transfert synchrone (STM)
- Mode de transfert asynchrone (ATM)

Acheminement des données

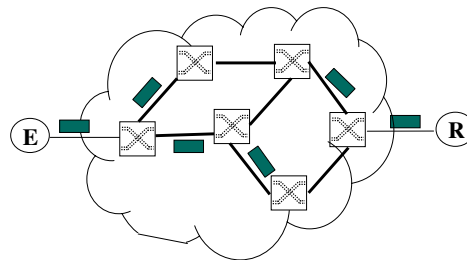
Mode circuit virtuel

- ◆ Identification locale
- ◆ Table de commutation au niveau des nœuds
- ◆ Fonctions facilitées
 - Gestion des ressources (QoS)
 - Gestion des flux



Mode datagramme

- ◆ Traitement indépendant des paquets
- ◆ Déséquencement
- ◆ Possibilité d'adaptation du réseau en cours d'échange



Performances

- **Latence** : Temps écoulé entre l'émission du premier bit d'une donnée et la réception de son dernier bit

$$\text{Latence} = \text{transmission} + \text{propagation} + \text{attente}$$

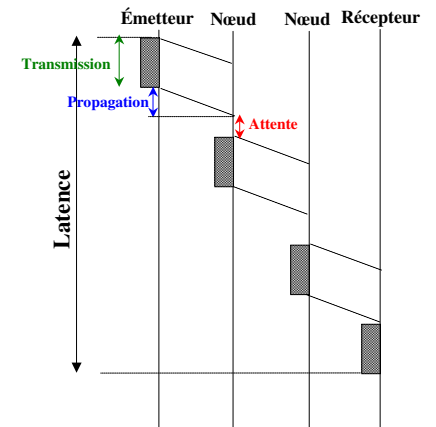
← fixe

← variable

← fixe

Propagation = Distance / vitesse de la lumière
Transmission = taille / bande passante

- **Notion de RTT** (Round Trip Time)
- **Gigue** : variation de la latence (intervalle entre les paquets)
- **Bande passante**
 - ◆ Débit moyen, débit crête
- **Fiabilité** :
 - ◆ BER (Bit Error Rate), PER, ...



Architecture des réseaux

Architecture de protocoles

❑ Qu'est-ce qu'un protocole?

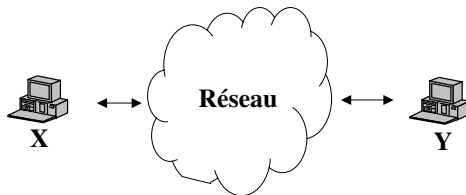
- ◆ Définition : Description des formats de messages et règles selon lesquelles deux ordinateurs échangent des données.
- ◆ Exemple : Deux philosophes qui ne parlent pas la même langue souhaitent mener un débat philosophique par courrier postal.



- ◆ Il faut un protocole qui définisse les règles et les opérations de l'échange

Architecture de protocoles

❑ Pourquoi une architecture?



Plusieurs problèmes :

gestion des échanges d'applications,
acheminement des bits,
transport des paquets,

altération/perte des données,
congestion,
pannes matérielles, ...

- ☛ Solution : Décomposer le problème
- ☛ abstraction et hiérarchie

Interconnexion des systèmes ouverts

❑ Grands constructeurs : annonce d'architectures

- ◆ (IBM : SNA System Network Architecture ...)

❑ Définition d'une architecture normalisée internationale OSI faite par l'ISO Organisation des Standards Internationaux

- ◆ OSI : Open System Interconnection
- ◆ ISO : International Organization for Standardization

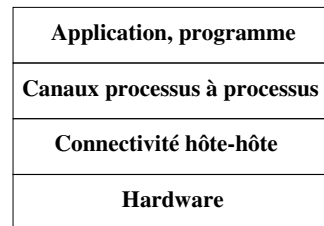
❑ Le modèle est une représentation abstraite du système

❑ L'intérêt est de spécifier les services rendus par le réseau à l'aide d'un vocabulaire et des concepts communs

L'architecture réseau

Structuration en couches

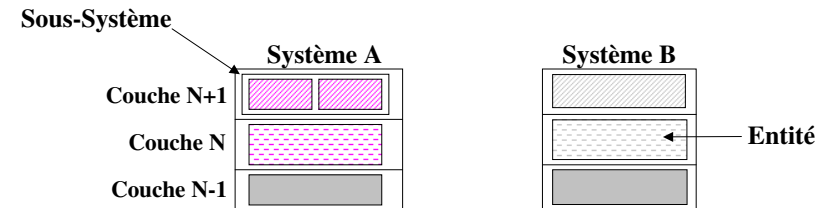
- ◆ Pour diminuer la complexité de conception, le modèle effectue un découpage hiérarchique des tâches à effectuer
- ◆ Il est structuré en niveaux appelés couches : modèle OSI = 7 couches
- ◆ Chaque niveau peut être étudié séparément



Modèle OSI

Principe de la structure en couche

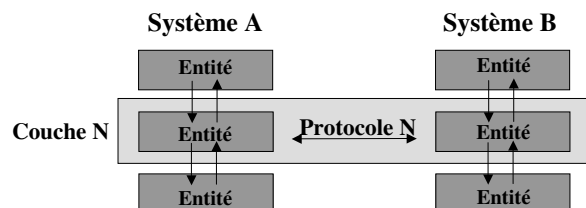
- Un système est composé d'un ensemble d'entités
- Une entité peut être vue comme une procédure informatique
- L'ensemble des entités d'un même niveau forment un sous-système
- L'ensemble des sous-systèmes de niveau N constituent la couche N
- Par abus de langage, une entité N est désignée par le terme couche N



Modèle OSI

Fonctionnalités d'une couche N

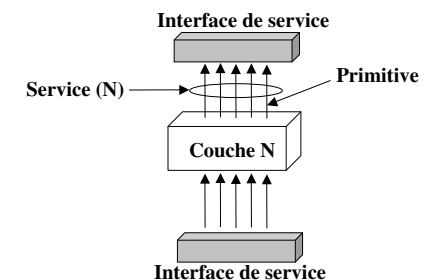
- ◆ Gère la conversation avec la couche N d'une autre machine
 - Règles et conventions utilisées : PROTOCOLE de niveau N
- ◆ Propose des services à la couche (N+1)
 - par l'intermédiaire d'une INTERFACE de SERVICE



Le service

Interactions inter-couches

- Primitive de service = Fonction précise réalisée par l'entité de niveau N aux entités de niveau N+1
- Services = {primitives}
- Entité = Regroupement d'un ensemble de primitives réalisant tout ou partie du service

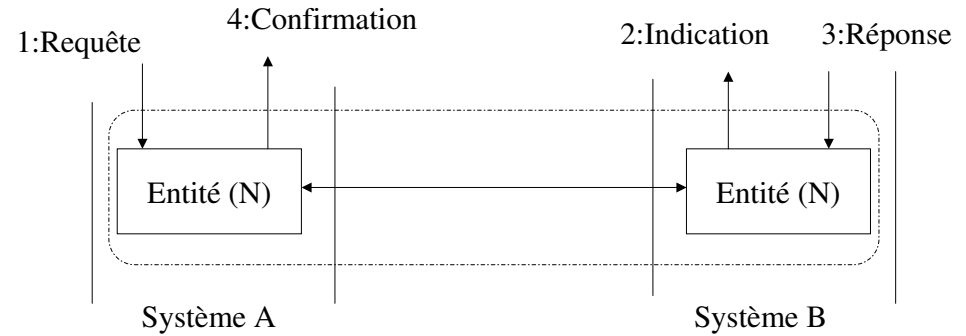


Le service

4 types de primitives

- ◆ La requête (request)
 - L'entité N+1 demande à l'entité N d'activer un service
- ◆ L'indication (indication)
 - L'entité N avise l'entité N+1 de l'activation d'un service
- ◆ La réponse (response)
 - C'est la réponse à une indication reçue, elle indique si l'entité accepte ou non le service
- ◆ La confirmation (confirmation)
 - L'entité N avise l'entité N+1 que le service demandé a été accepté

Le service



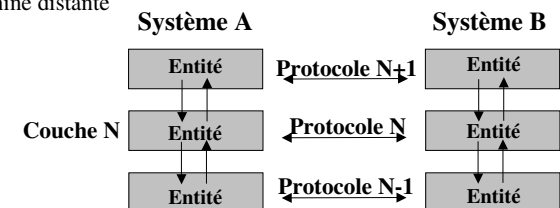
Le service

Remarques

- L'activation d'une primitive de service au niveau N provoque une cascade de primitives de l'entité N-1 à l'entité 1
- L'entité 1 génère la transmission physique des informations
- La réception d'informations provoque une remontée de primitives de type indication
- Une primitive de requête activée à l'entité N d'un système a pour effet l'activation d'une primitive d'indication à l'entité N d'un autre système

Le protocole

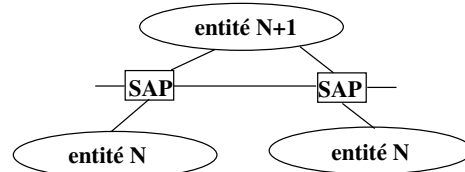
- Interactions entre couches de même niveau
- Ensembles des règles précisant les échanges valides entre entités paires
- Unité de données de protocole (PDU) = Message circulant entre entités de même niveau
- Cheminement d'un message
 - ◆ Message descend la hiérarchie en respectant les définitions des interfaces
 - ◆ Peut être modifié (compression, cryptage), fragmenté, ajout d'en-tête, ...
 - ◆ Remonte la hiérarchie sur la machine distante



SAP et informations échangées

Les points d'accès au service SAP (Service Access Point)

- Guichet permettant à une entité d'en appeler une autre



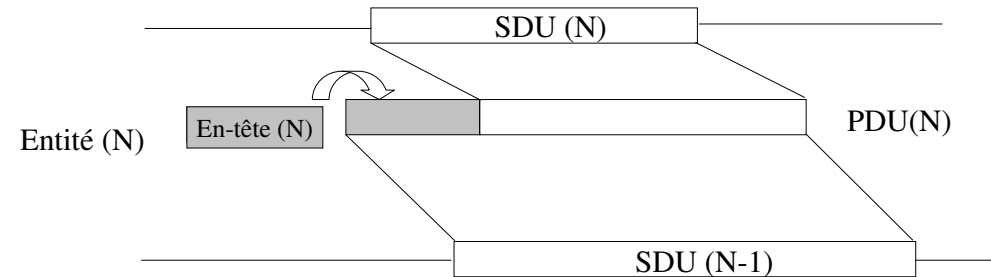
Les unités de données et de contrôle

- ♦ Les données échangées entre niveaux (placées dans les primitives de service) sont appelées SDU (Service Data Unit)
- ♦ L'entité N, qui reçoit la SDU de la couche N+1, ajoute des informations de contrôle (en-tête) du protocole pour créer une PDU (Protocol Data Unit)
- ♦ PDU = En-tête + SDU

Unités de données

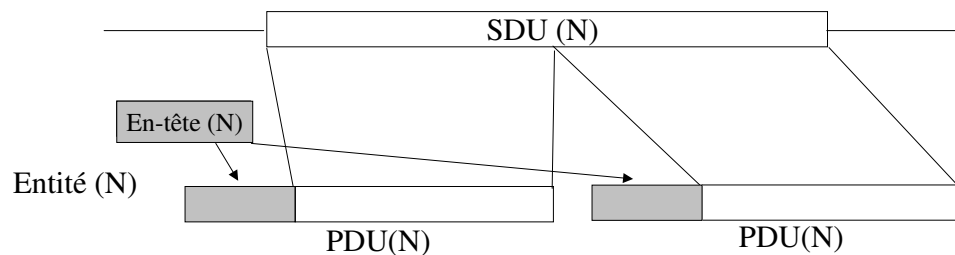
Cas simple

- ♦ Une SDU(N) conduit à la formation d'une seule PDU



Unités de données

Cas avec segmentation et Réassemblage



Exemple 1 : analogie

Exemple des philosophes

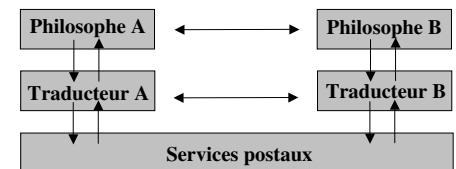
- ♦ Produisent des textes
- ♦ Utilisent les services de traducteurs
- ♦ Envoyent leur textes par la poste

Services

- ♦ Interface du service de traduction (primitives)
 - Pourriez-vous envoyer ce texte à mon ami le Philosophe B qui habite à telle adresse
 - Oui, c'est possible
 - Non j'ai trop de travail
 - Un texte pour vous est arrivé de B

Interface du service postal

- Mettre une lettre à la poste
- Effectuer un envoi recommandé (QoS)
- Guichet surchargé (file d'attente)
- Poste fermée



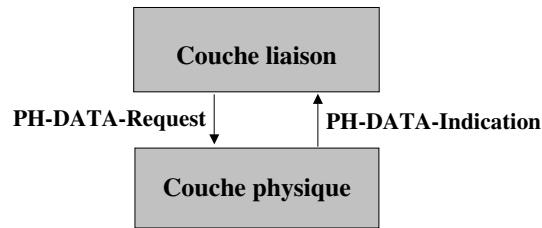
Protocoles

- ♦ Entre philosophes
 - Cher et estimé collègue
 - Thèse, antithèse, synthèse
- ♦ Entre traducteurs
 - Votre cinquième paragraphe du dernier texte était incompréhensible
 - Dans une langue «pivot» : que pensez-vous si on utilisait l'arabe dans nos futurs envois pour ne pas perdre la main?

Exemple 2

Exemple 2

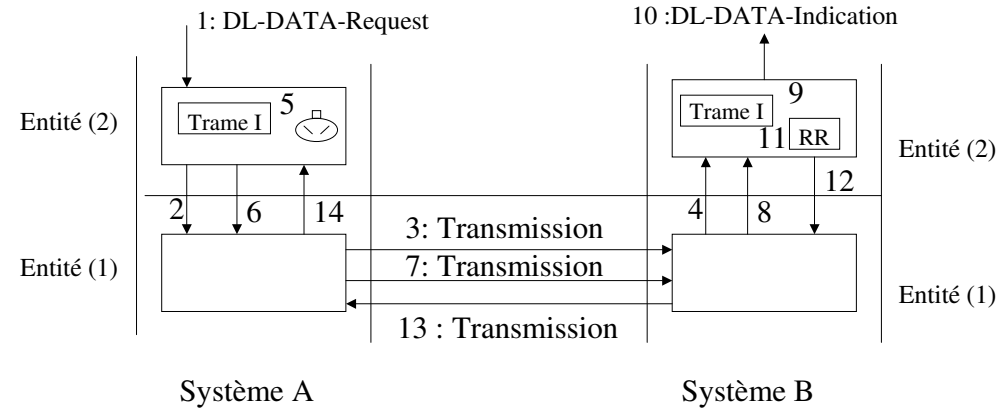
- ◆ Le service offert par la couche physique est la transmission du train de bits
- ◆ Une entité liaison utilise le service de la couche physique en activant une primitive request (PH-DATA-Request)
- ◆ Lorsque le récepteur reçoit le train de bits, la couche physique le signale par une primitive indication (PH-DATA-Indication)



Exemple 2

Exemple 2

- ◆ Service de données de la couche liaison (2)

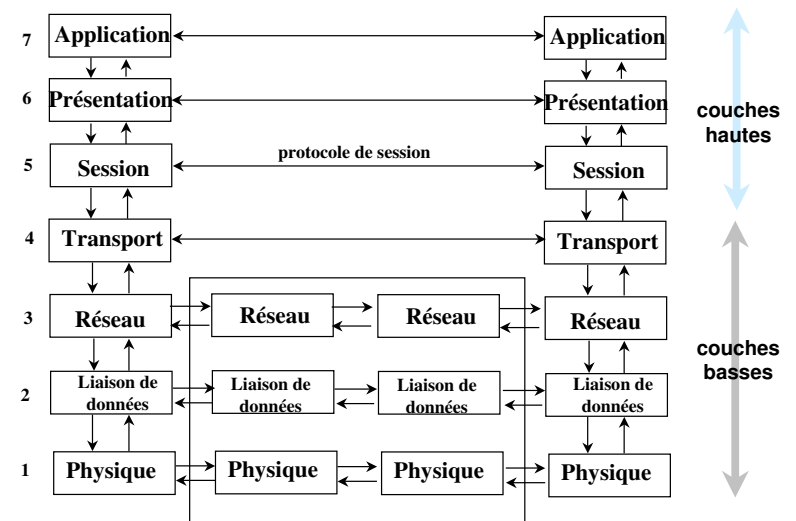


Modèle OSI

Structuration en couches

- ◆ Séparation des fonctions de base en groupes homogènes
- ◆ Minimisation des échanges entre couches
- ◆ Nombre de couches suffisamment :
 - grand : pour éviter que des fonctions très différentes soient dans une même couche
 - petit : pour que le système reste gérable
- ◆ Modèle en 7 couches

Modèle OSI



Problèmes communs

☐ Établissement/Fermeture des connexions

- ◆ Adressage
- ◆ Spécification des paramètres de connexion
- ◆ Règles de transferts de données (duplex ...)

☐ Multiplexage/ Démultiplexage

☐ Fragmentation/ Réassemblage

☐ Groupage/Dégroupage assembler des messages courts

☐ Contrôle de séquençement

☐ Contrôle d'erreur

☐ Contrôle de flux : hétérogénéité des capacités de traitement : asservissement

☐ Contrôle de congestion : saturation dans une région du réseau : mécanismes pour prévenir/remédier

☐ Routage : acheminement d'un message d'un point à un autre dans le sous-réseau de communication

Modèle OSI : couche physique

☐ Objectif

- Fournit les moyens (électriques, optiques, etc.) nécessaire à la transmission des données
- Spécification des méthodes employées pour réaliser le passage de «l'informatique à l'électronique »
 - Synchronisation de l'émetteur et du récepteur sur le début et la fin de l'échange
 - Mode d'échange des informations binaires : utilisation de niveaux, codage,...
 - Spécification des interfaces – Connecteurs : forme des prises, utilisation des broches

◆ La qualité de service est caractérisée

- la vitesse de transmission
 - le taux d'erreur bit
 - le délai de propagation
 - la disponibilité
-
-

Modèle OSI : couche liaison

☐ Rôle

- ◆ Elle a pour rôle de fiabiliser le support entre deux systèmes directement reliés par un support de transmission
- ◆ Elle gère un protocole de liaison de données (HDLC)
- ◆ Le protocole est plus ou moins complexe en fonction de la qualité du support
- ◆ La PDU est appelée trame

☐ Fonctionnalités

- ◆ Découpage des informations de l'émetteur en trames – Acquiescement
 - ◆ Traite les problèmes liés aux trames perdues endommagées – dupliquées
 - ◆ Contrôle d'erreur (détection - reprise)
 - ◆ Contrôle de flux (régulation du trafic)
-
-

Modèle OSI : couche réseau

☐ Rôle

- ◆ Permettre à 1 hôte de communiquer avec 1 autre au moyen du sous-réseau de communication
- ◆ Elle permet d'aiguiller les données à travers le réseau
- ◆ La PDU s'appelle paquet

☐ Fonctionnalités

- ◆ Le routage, adressage
- ◆ L'établissement, le maintien et la libération de connexions (en mode connecté)
- ◆ Fragmentation
- ◆ Contrôle de congestion
- ◆ Détection d'erreurs (hôte à hôte) et reprise sur erreurs
- ◆ Gestion de réseaux hétérogènes :

- Adressage
- Taille des paquets

◆ Rem : Pour les réseaux à diffusion, routage très simple, la couche réseau est très mince

Modèle OSI : couche transport

❑ Rôle

- Assure un service de transmission fiable entre processus (de bout en bout)

❑ Fonctionnalités

- S'assure que les «morceaux» arrivent correctement : en particulier pour les réseaux routant les unités de données de protocoles (paquets) individuellement
- L'établissement et libération de la connexion
- Multiplexage
- Contrôle de flux de bout en bout

Modèle OSI : couche session

❑ Rôle

- ♦ Synchroniser les échanges entre les utilisateurs
- ♦ fournit aux entités de présentation les moyens pour gérer le dialogue (organiser et synchroniser le dialogue)

❑ Fonctionnalités

- ♦ Établissement, maintien et terminaison ordonnée d'une connexion
- ♦ Négociation des droits d'utilisation des services de synchronisation
- ♦ Capacité de resynchroniser un dialogue interrompu
- ♦ Cas de dialogues bidirectionnels
 - Elle indique qui doit « parler »
 - Mécanisme « gestion de jeton »
 - Seul le côté détenant le jeton peut parler
- ♦ Très peu implémentée

Modèle OSI : couche présentation

❑ Rôle

- Elle s'intéresse à la syntaxe de l'information transmise
- Elle se charge de la représentation des informations que les entités d'application se communiquent
- Elle se charge du codage des données en une suite de bits pour être transmis sur le réseau
- Elle assure la conversion de la représentation des données vers le format interne des machines

♦ ASN.1

- Syntaxe abstraite de représentation de données

♦ Évolution : tous les services relatifs à la transmission des données transmises :

- Conversions
- Compression
- Cryptographie



Modèle OSI : couche application

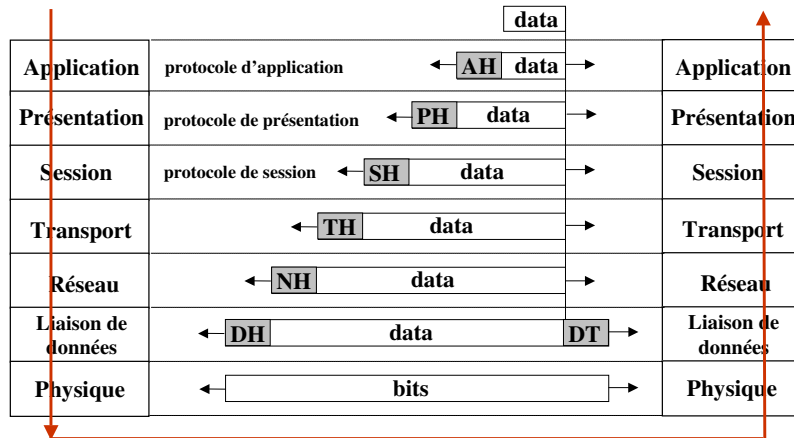
❑ Rôle

- Elle contient les applications des utilisateurs qui ont besoin de communiquer des informations entre elles
- Elle donne aux applications le moyen d'accéder au réseau

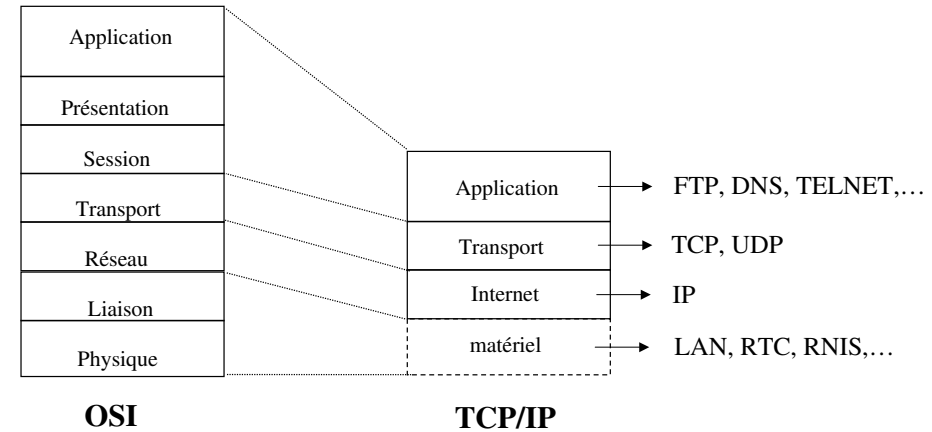
♦ Exemple de protocoles d'applications

- Transfert de fichiers
- Messagerie
- Échange de documents
- Connexion distante

Modèle OSI



Architecture TCP/IP



Conclusion

- ❑ Le modèle définit un concept de structuration quasi-universel
- ❑ Le modèle OSI définit une architecture en couches et des protocoles
- ❑ Les protocoles spécifiés sont peu implantés par les constructeurs

La normalisation

- ❑ **ISO : Organisation non gouvernementale, coordonne et unifie les normes**
 - ◆ TC : Comités Techniques
 - ◆ SC : Sous-Comités
 - ◆ WG : Groupes de Travail
 - ◆ Elle produit des normes internationales
- ❑ **ITU : Union Internationale des Télécomm. (ex CCITT)**
 - ◆ Administrations et exploitants privés de réseaux publics
 - ◆ Émet des Recommandations ou Avis
- ❑ **AFNOR : Assoc. Française pour la Normalisat.**
- ❑ **ETSI : European Telecom. Standard Institute**

La normalisation

- ❑ **IEEE** : Association des Ingénieurs en Electricité et en Electronique, très active dans la normalisation des réseaux locaux
 - ❑ **IETF** : International Engineering Task Force « Normalisation » de l'Internet
 - ❑ **ANSI** : Association des constructeurs inform. nord-américains
 - ❑ ...
 - ❑ Il existe des collaborations entre les différents organismes. Ex : ISO et ITU
-
-

La normalisation à l'ISO

- ❑ **TC comprend des membres**
 - ◆ Participants, Observateurs, de Liaison
 - ◆ Proposent des Sujets de Travaux Working Item
 - ❑ **Travail en sous-comité puis en groupe de travail**
 - ❑ **Le groupe de travail produit un Working Draft (WD) puis un avant-projet Draft Proposal (DP)**
 - ❑ **On lui attribue un numéro : Norme**
 - ❑ **Comité Technique Analyse et vote**
 - ❑ **Retour éventuel en groupe de travail jusqu'à unanimité**
 - ❑ **Norme provisoire (Draft International Standard)**
 - ❑ **IS (International Standard)**
-
-

❑ Références

- ◆ Guy Pujolle, « Les réseaux », Eyrolles, 3ème édition, 2000.
 - ◆ Andrew Tanenbaum, « Computer Networks », fourth edition, Prentice Hall PTR.
 - ◆ Andrew Tanenbaum, « Réseaux : Architectures, protocoles et applications », InterEditions, 1996.
 - ◆ L. Toutain, « Réseaux locaux et Internet », Ed. Hermès, Coll. Réseaux et Télécommunications, seconde édition, 1999.
-
-