

## Chapitre II

### Modèles de référence



## But du chapitre

- Comprendre la **motivation de la division** des logiciels de réseaux en couches
- Connaître la **structure générale d'une couche** (Service, protocole, entité, pairs, fournisseur de service, primitives)
- Connaître la forme de **communication entre les couches** (SAP, SDU, PDU)
- Connaître les **fonctionnalités** à offrir par l'ensembles des protocoles (connexion, adressage, contrôle d'erreurs, contrôle de flux, ...)
- Connaître les modèles de référence **OSI** et **TCP/IP**
- Connaître les **organisations de normalisation**

## Logiciels de réseau

- Les logiciels de réseau modernes sont structurés en **couches**
- Chaque couche offre un **service bien défini**
- L'ensemble des couches implémente toute la fonctionnalité nécessaire
- Réduction de la complexité du système
- Permet l'interconnexion et l'hétérogénéité des réseaux
- Modularité des fonctionnalités

## Exemple

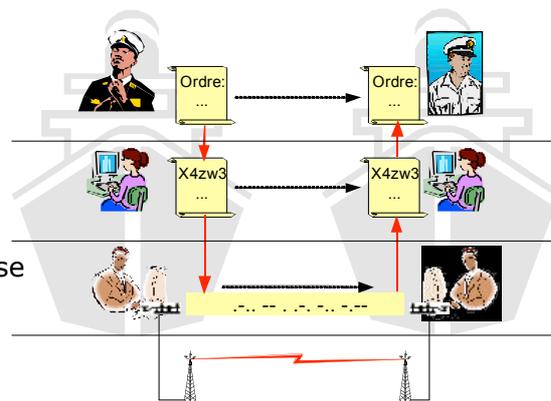
### Modèle en 3 couches:

3: Amiral et capitaines

2: Cryptage

1: Transmission par morse

Support physique: radio



## Terminologie

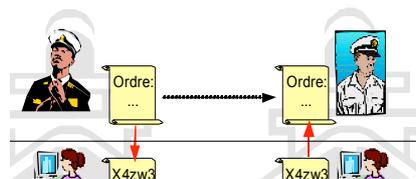
**Entités :**  
**Éléments actifs d'un réseau**

**Entités paires (entités homologues) :**  
**Entités de la même couche**

- Dans notre exemple :
  - L'amiral transmet les ordres aux capitaines
  - Les officiers de cryptage échangent des messages
  - Les officiers radio communiquent par morse
- Ce sont les entités paires qui communiquent entre elles

## Communication entre entités paires

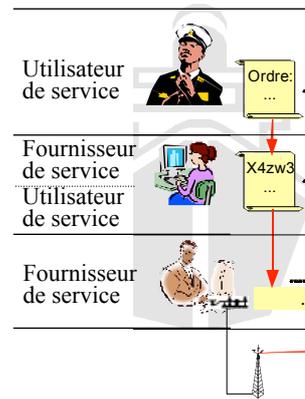
- Communication horizontale
  - Cette communication est virtuelle
  - Aucun message ne passe directement d'une entité à son homologue
  - Les entités doivent parler la même 'langue' pour se comprendre : elles utilisent un protocole



**Protocole :**  
**Règles et conventions utilisées lors de la communication entre entités paires**

## Communication entre les couches

- Communication verticale
  - Le chemin réel emprunté par les données traverse les différentes couches
  - Chaque couche réalise un **service** bien défini
    - Une couche est le **fournisseur de service** pour la couche immédiatement supérieure
    - Une couche est **l'utilisateur de service** de la couche immédiatement inférieure
  - Le support physique véhicule finalement les données



## Primitives de service

- La communication entre les entités de couches adjacentes doit respecter une 'interface'
- Les éléments de cette interface sont les **primitives de service**

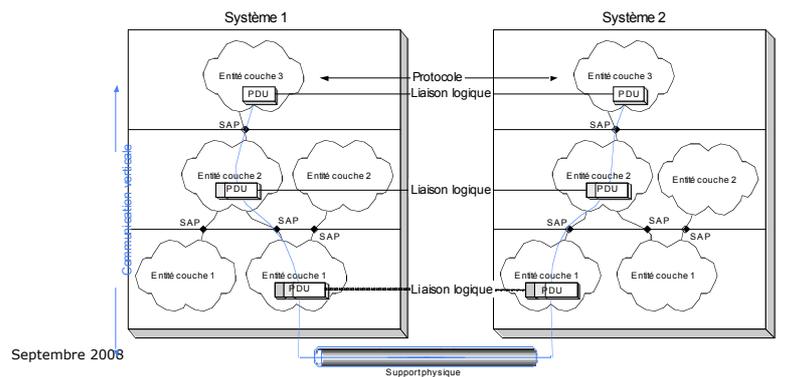
### **Primitive de service :**

**Opération qu'une entité peut invoquer sur une autre entité**

- L'ensemble des primitives de service d'une couche définit le service fourni par la couche

## Exemple technique

- Communication horizontale
  - Liaison logique entre les entités paires
  - La communication respecte un protocole
- Communication verticale
  - Transmission effective des données



Septembre 2008

9

## Primitives de service

- Le service d'une entité est défini par l'ensemble des primitives qu'elle fournit
- Classification

Primitive	Signification
<b>Request</b>	Une entité sollicite un service
<b>Indication</b>	Une entité est informée d'un événement
<b>Response</b>	Une entité répond à un événement
<b>Confirm</b>	Une entité reçoit la réponse à sa

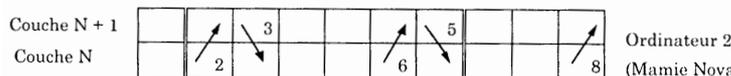
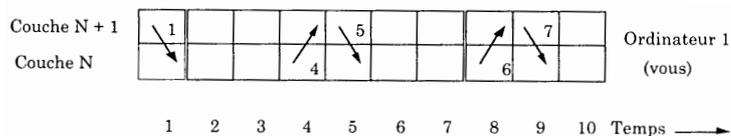
Septembre 2008

2. Modèles de référence

10

## Exemple: Établissement d'une connexion

1. **CONNECT.request:** demande d'établissement d'une connexion
2. **CONNECT.indication:** signalisation à la partie appelée
3. **CONNECT.response:** utilisée par l'appelé pour accepter ou rejeter l'appel
4. **CONNECT.confirm:** indique à l'appelant si l'appel est accepté
5. **DATA.request:** demande d'envoi de données
6. **DATA.indication:** signale l'arrivée de données
7. **DISCONNECT.request:** demande de relâcher la connexion
8. **DISCONNECT.indication:** signale la demande au pair



Septembre 2008

2. Modèles de référence

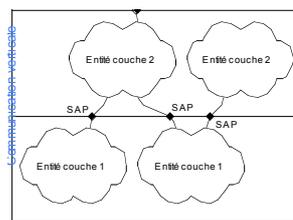
Ordinateur 1  
(vous)

Ordinateur 2  
(Mamie Nova)

Source:  
Tanenbaum  
11

## Point d'accès au service

- Une entité peut être connectée à plusieurs entités des couches adjacentes
  - Lors de l'invocation d'une primitive, l'entité doit indiquer l'entité cible



**SAP (Service Access Point) :**  
**Liaison entre deux entités de couches adjacentes**

Septembre 2008

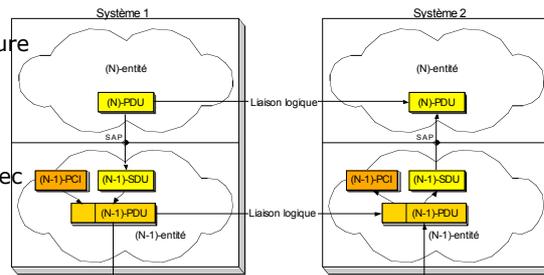
2. Modèles de référence

12

## Unités de données

**PDU (Packet Data Unit) :**  
**Messages échangés entre entités paires.**  
**Le format des PDU est défini par le protocole.**

- **SDU (Service Data Unit):**
  - PDU de la couche supérieure
- **PCI (Protocol Control Information)**
  - 'En-tête' de la PDU
  - Pour la communication avec l'entité paire
    - Destinataire, somme de contrôle, ...



Septembre 2008

2. Modèles de référence

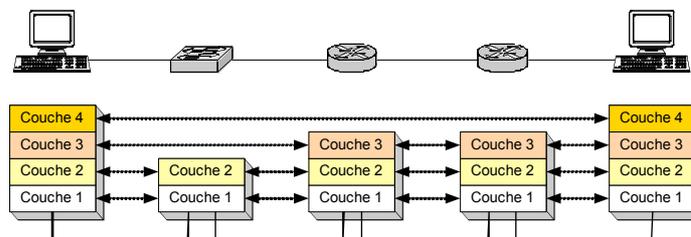
13

## Terminaux et systèmes intermédiaires

- Les fonctionnalités de relaying de PDU sont typiquement fournies par les couches basses
  - Les systèmes **intermédiaires** n'implémentent pas toutes les couches

### Exemple

- **Couche 4:** Communication de bout en bout
- **Couche 3:** Routage
- **Couche 2:** Transmission sur un seul lien



Septembre 2008

2. Modèles de référence

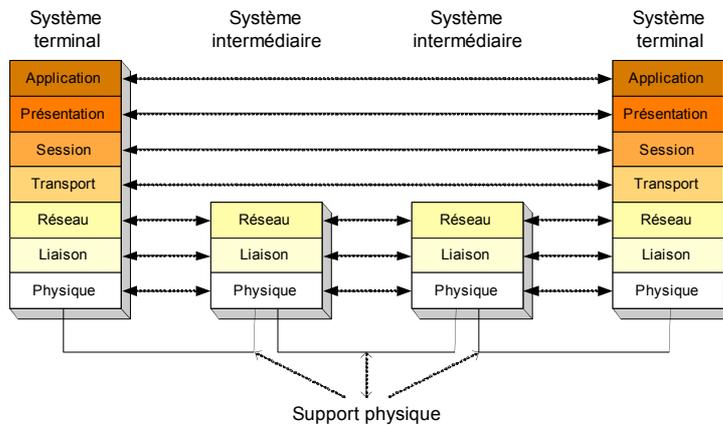
14

## Modèle de référence OSI (1978)

- OSI (Open Systems Interconnection):
  - **Systemes ouverts:**
    - Peuvent être interconnecté avec d'autres systèmes
    - Respectent les règles de coopération avec les autres systèmes
- Élaboré par l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO)
- Ce modèle représentait la première étape vers une normalisation des protocoles
- Importance
  - Modèle de **référence pour l'analyse de réseaux d'ordinateurs**
  - Rend explicite la différence entre service, interface, protocoles

## Le modèle de référence OSI

### Modèle en sept couches:



# 1. Couche Physique

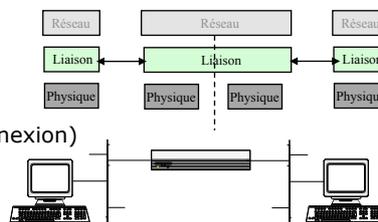
## Transmission de bits de façon brute sur un canal de communication

- Conception des **interfaces mécaniques et électriques**
  - Nombre des broches d'un connecteur et leur signification
- Voltages pour représenter 0 et 1
- Durée de la transmission d'un bit
- Forme des connecteurs, nombre de broches et leurs fonctions, half/full duplex

# 2. Couche Liaison de données (Data link layer)

## Structurer le flot de bits de la couche 1 en trames (frames)

- Ajout d'en-têtes et d'en-queues avec des séquences de bits spécifiques
- Reconnaissances des frontières des trames
- Réalisation de **catégories de service** avec des **qualités de service** différentes
  - Service non-fiable
    - Supprime simplement les trames erronées
    - Typiquement sans connexion
  - Service fiable (typiquement en mode connexion)
    - **Contrôle d'erreur et retransmission**
    - **Acquittements**
    - **Élimination** de trames dupliquées
    - **Contrôle de la vitesse** d'émission
- **Contrôle d'accès** au médium physique



## 3. Couche Réseau (Network layer)

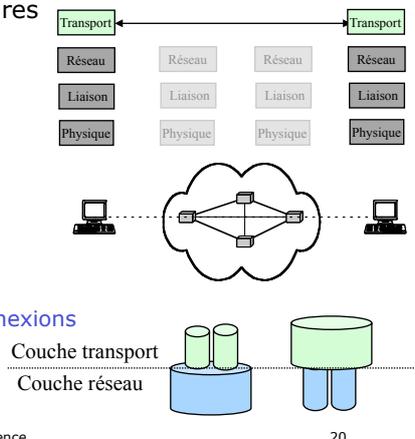
### Gestion de sous-réseaux

- Sous-réseau: Partie du réseau sous le contrôle d'une seule organisation
- **Acheminement** de paquets entre la source et le destinataire
  - Service soit orienté connexion soit sans connexion
- **Adressage** des nœuds du réseaux
- Interconnexion de réseaux hétérogènes
  - Fragmentation de paquets
  - Conversion d'adresses
- Service orienté connexion ou sans connexion

## 4. Couche Transport (Transport layer)

### Effectue la transmission de manière efficace

- Respecte la capacité du réseau et les besoins des couches supérieures (service fiable ou non-fiable)
- Communication de **bout en bout**
- Service non fiable, sans connexion
  - Élimination de paquets erronés
- Service fiable, orienté connexion
  - Détection et correction d'erreurs
  - Délivrance dans l'ordre d'émission
  - Contrôle de flux entre les terminaux
  - **Multiplexage / multiplexage inverse de connexions transport sur les connexions réseau**



## 5. Couche Session (Session layer)

- Session: connexion entre les **systèmes terminaux** avec des services évolués
  - Synchronisation et rattrapage d'erreurs
    - Insertion périodique de **points de reprise** pendant la session
    - Rétablissement d'une connexion de la couche 4 après une rupture de manière **transparente** pour l'utilisateur
    - Reprise de l'opération au dernier point de reprise
    - Exemple: transmission de fichiers très grands
  - Gestion du jeton (autorisation d'effectuer une tâche)
    - Pour gérer un dialogue bidirectionnel et l'ordre d'opérations

## 6. Couche Présentation (Presentation layer)

### S'occupe de la syntaxe des données transmises

- Négociation de la syntaxe de transfert
  - ASCII , Unicode
  - Entiers sur 16 ou 32 bit
- Conversion entre la représentation utilisée par les terminaux et la syntaxe de transfert
  - Assure que des systèmes terminaux utilisant des représentations différentes se comprennent

## 7. Couche Application (Application layer)

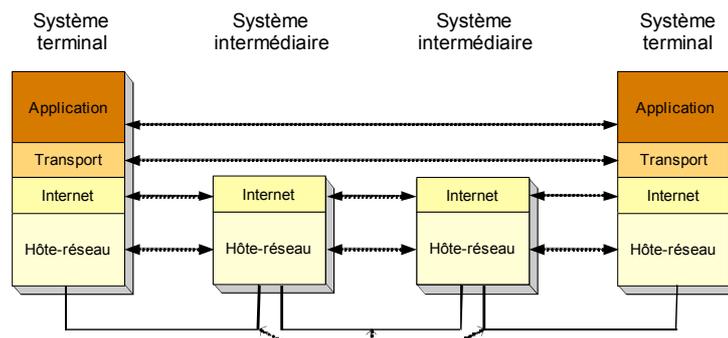
- Interface vers l'utilisateur
- Contient de nombreux protocoles pour l'exploitation du réseau
- Exemples
  - Terminal virtuel pour le travail à distance
  - Transfert de fichiers
  - Requête et transmission d'une page Web

## Discussion du modèle OSI

- **Mérites**
  - Développement d'un modèle de référence pour l'analyse et la conception de logiciels de réseaux
  - Introduction d'une terminologie précise (couche, protocole, service, ...)
- **Faiblesses**
  - Choix des couches
    - Couches 2 et 3 très pleines, couches 5 et 6 peu utilisées
    - Fonctionnalités répétées à plusieurs couches
  - Protocoles sans implémentation efficace et peu répandus

## Modèle TCP/IP (1974)

- Développé pour le prédécesseur d'Internet (ARPANET)
  - L'interconnexion des réseaux hétérogènes de manière transparente (internet)
  - Grande tolérance aux pannes
  - Architecture souple, appropriée à des applications très différentes



Septembre 2008

2. Modèles de référence

25

## Couche Hôte-Réseau (Host-to-network layer)

- N'est pas explicitement définie dans le modèle TCP/IP
  - Interface d'accès au réseau qui doit permettre à un ordinateur d'envoyer des paquets IP
  - Indépendance de la technologie d'un sous-réseau
- Méthodes pour transporter des paquets IP qui ont été définies pour de nombreuses technologies
  - IP sur Ethernet
  - IP sur des lignes séries
  - IP sur ATM
  - ...

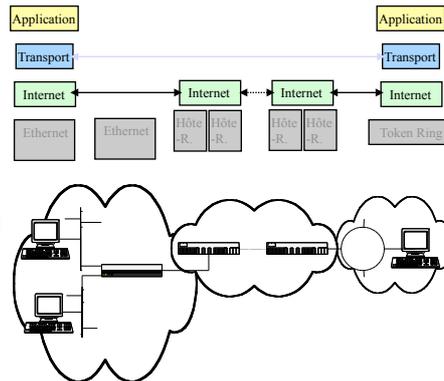
Septembre 2008

2. Modèles de référence

26

## Couche Internet

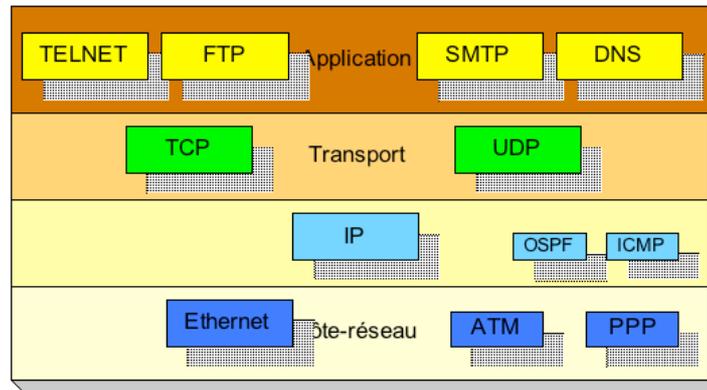
- Couche d'interconnexion de réseaux sans connexion
  - Acheminement (routage) de la source à la destination à travers plusieurs sous-réseaux hétérogènes
  - Transmission non fiable (sans garantie de délivrance et de l'ordre)
  - Adressage des nœuds du réseau
  - Similaire à la couche Réseau du modèle OSI
- Protocoles:
  - IP (Internet Protocol)
  - Protocoles de routage (OSPF, BGP, ...)



## Couche Transport

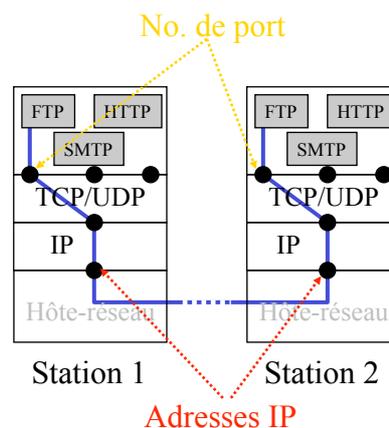
- Communication de bout en bout
- Similaire à la couche Transport du modèle OSI
- Deux protocoles avec des fonctionnalités différentes
  - TCP (*Transmission Control Protocol*)
    - Transmission orientée connexion
      - Fiable (garantie de la délivrance et de l'ordre de paquets)
      - Contrôle de flux de bout en bout
      - Utilisé pour le transfert de fichiers, pages web, ...
  - UDP (*User datagram protocol*)
    - Transmission sans connexion
      - Non fiable
      - Sans contrôle de flux
      - Utilisé pour les applications multimédia, client-serveur

## Protocoles du modèle TCP/IP



## Les SAP dans le modèle TCP/IP

- **Adressage de la couche Internet**
  - Adresse IP (=NSAP)
  - Identifie une interface au réseau
- **Adresse de la couche Transport**
  - Identifie un service
  - Port (= TSAP)
    - Permet de démultiplexer les transmissions
    - Entier sur 16 bits
    - Utilisés par TCP et UDP
    - TCP et UDP peuvent réutiliser les mêmes ports



## Les ports TCP / UDP

- Deux types de numéros de port
  - « Ports bien connus »
    - Définis dans des RFC
    - Configurés dans le fichier `/etc/services` dans Unix

Service	Port	Protocole utilisé
ftp (données)	20	TCP
ftp (contrôle)	21	TCP
telnet	23	TCP
smtp	25	TCP
snmp	161	UDP
portmap	111	TCP

- Ports éphémères
  - Assignés dynamiquement par le protocole PORTMAP
    - Un serveur s'enregistre auprès de PORTMAP de sa machine
    - Un client contacte le PORTMAP la machine éloignée pour demander le no de port correspondant à un nom d'une application

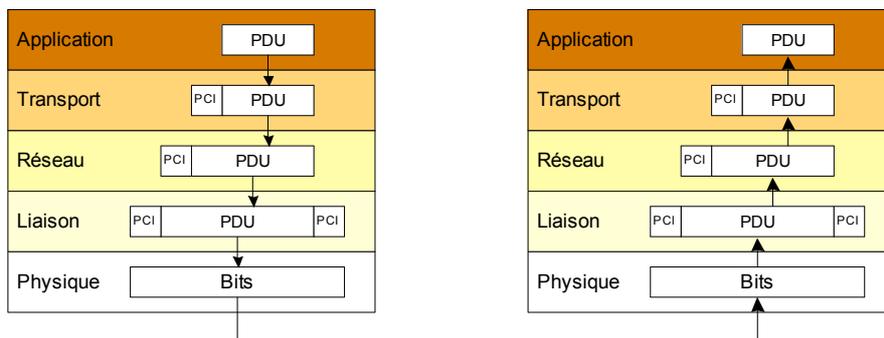
## Primitives de service dans le modèle TCP/IP

- La communication des applications à travers un réseau TCP/IP repose sur l'utilisation de sockets
- Socket: représente une **extrémité d'une connexion**
  - Identifié par
    1. L'adresse IP de la machine locale
    2. Le type du protocole utilisé: TCP ou UDP
    3. Un numéro de port
- Connexion
  - Association de deux sockets

## Discussion du modèle TCP/IP

- **Faiblesses**
  - N'est pas un modèle de référence mais la **description d'une architecture concrète**
  - Ne distingue pas les notions **service et protocole**
    - Les protocoles ne sont pas indépendants
  - Couche Hôte-Réseau n'est pas une couche mais une **interface** aux couches 1 et 2 du modèle OSI
  - Couches 1 et 2 du modèle OSI **omises**
- **Avantage**
  - Protocoles très **répandus**
  - Modèle implémenté dans les premiers réseaux de téléinformatique

## Transmission des données



## Normalisation des réseaux

- UIT (Union Internationale des Télécommunications; Genève)
  - Normalisation des télécommunications internationales (surtout téléphonie)
  - Membres: Administrations nationales, opérateurs privés, organisation de normalisation régionales, ...
- ISO (International Standardization Organization)
  - Normes internationales
  - Membres: Organisations de normalisation nationales (DIN, ANSI, AFNOR, ...)
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
  - Organisation professionnelle
  - Normalisation des technologies LAN (Ethernet, Wireless LAN, ...)
- IETF (Internet Engineering Task Force)
  - Normalisation des protocoles d'Internet
  - Propositions et normes sont publiées dans les RFC (Request For Comment)