

Chapitre II

Modèles de référence



But du chapitre

- Comprendre la **motivation de la division** des logiciels 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

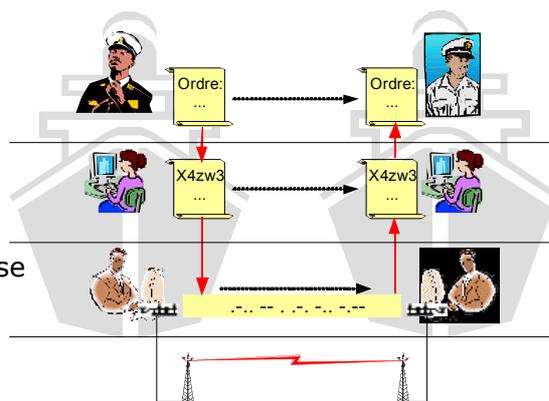
Modèle en 3 couches:

3: Amiral et capitaines

2: Cryptage

1: Transmission par morse

Support physique: radio



Terminologie

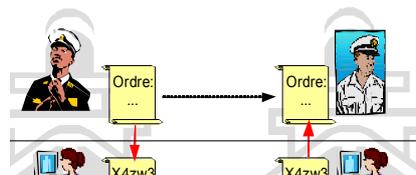
Entités :
Éléments actifs d'un réseau

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

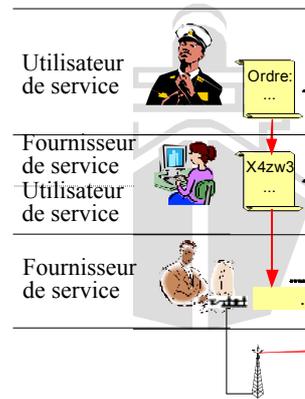
- Communication horizontale
 - Cette communication est virtuelle
 - Aucun message ne passe directement d'une entité à son homologue
 - Les entités doivent parler la même 'langue' pour se comprendre : elles utilisent un protocole



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

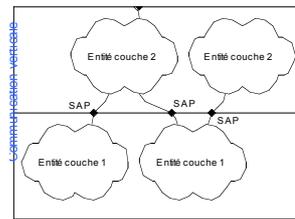


2. Modèles de référence

7

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

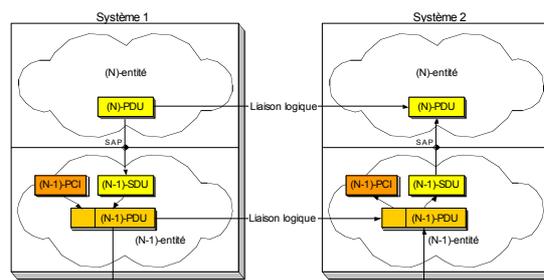
2. Modèles de référence

8

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, ...



2. Modèles de référence

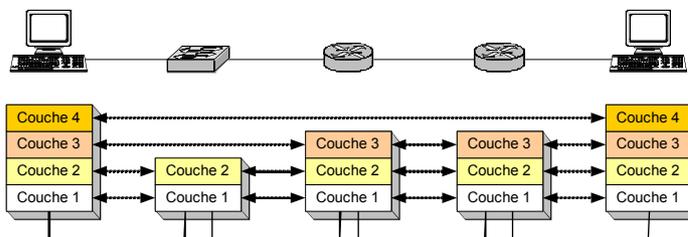
9

Terminaux et systèmes intermédiaires

- Les fonctionnalités de relayage 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



2. Modèles de référence

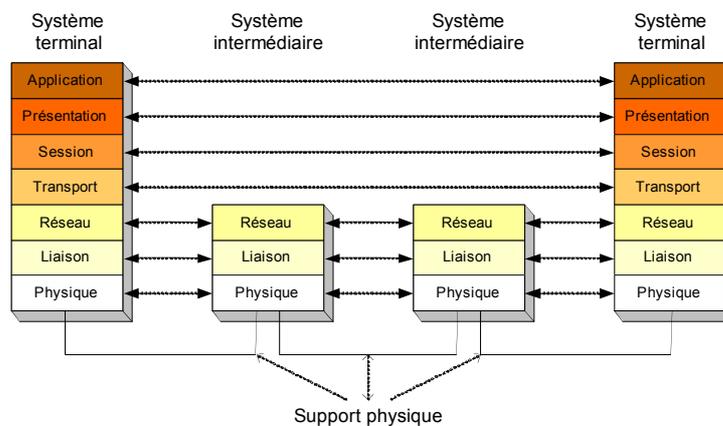
10

Modèle de référence OSI (1978)

- OSI (Open Systems Interconnection):
 - **Systèmes 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:

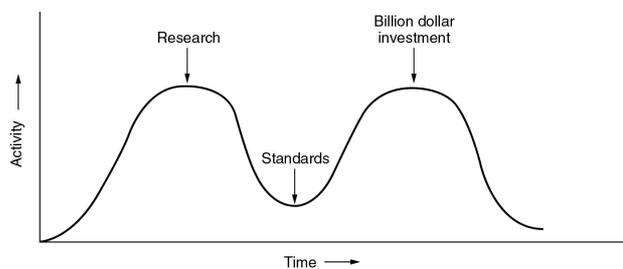


Discussion du modèle OSI

- **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

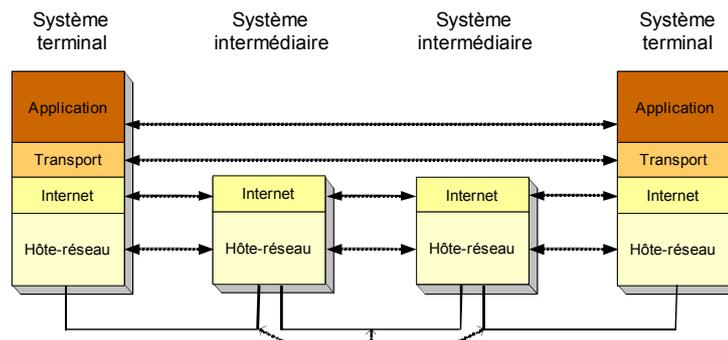
Echec du modèle OSI

- Mauvais timing
- Mauvaise technologie
- Mauvaises implementations
- Mauvaise politique



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



2. Modèles de référence

15

Modèle hybride

5	Application layer
4	Transport layer
3	Network layer
2	Data link layer
1	Physical layer

Modèle utilisé dans le livre de Tanenbaum

2. Modèles de référence

16

1. Couche Physique (OSI)

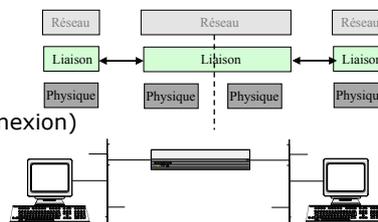
Transmission de bits de façon brute sur un canal de communication

- 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 (OSI) (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



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
 - ...

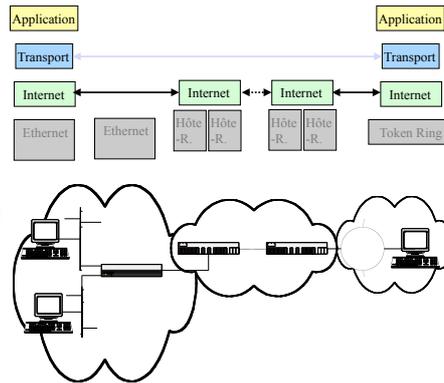
3. Couche Réseau (OSI) (Network layer)

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

Couche Internet

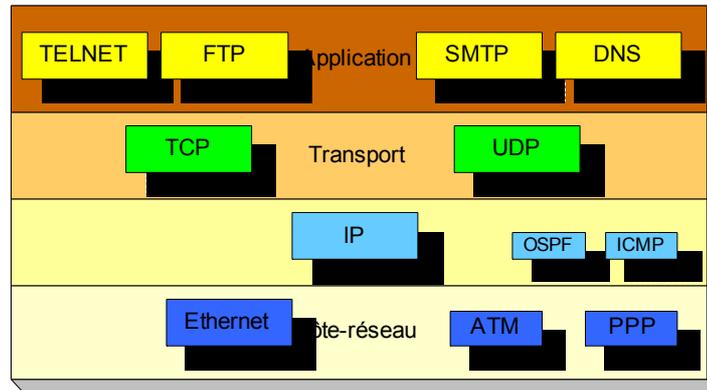
- Couche d'interconnexion de réseaux sans connexion
 - Acheminement (routing) de la source à la destination à travers plusieurs sous-réseaux hétérogènes
 - Transmission non fiable (sans garantie de délivrance et de l'ordre)
 - Adressage des nœuds du réseau
 - Similaire à la couche Réseau du modèle OSI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



Couche Transport

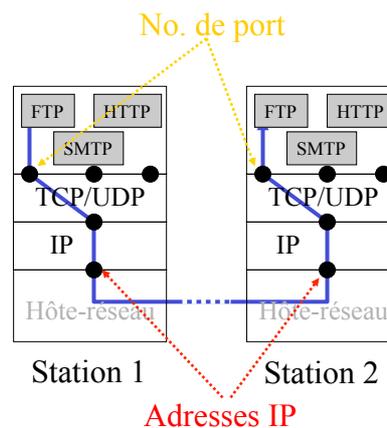
- Communication de bout en bout
- Similaire à la couche Transport du modèle OSI
- Deux protocoles avec des fonctionnalités différentes
 - TCP (*Transmission Control Protocol*)
 - Transmission orientée connexion
 - Fiable (garantie de la délivrance et de l'ordre de paquets)
 - Contrôle de flux de bout 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

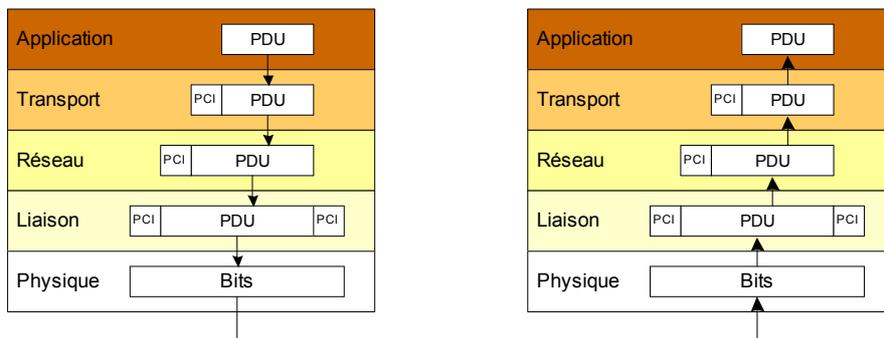
Primitives de service dans le modèle TCP/IP

- 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 (ETSI, 3GPP, 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)

Standards IEEE 802

Number	Topic
802.1	Overview and architecture of LANs
802.2 ↓	Logical link control
802.3 *	Ethernet
802.4 ↓	Token bus (was briefly used in manufacturing plants)
802.5	Token ring (IBM's entry into the LAN world)
802.6 ↓	Dual queue dual bus (early metropolitan area network)
802.7 ↓	Technical advisory group on broadband technologies
802.8 †	Technical advisory group on fiber optic technologies
802.9 ↓	Isosynchronous LANs (for real-time applications)
802.10 ↓	Virtual LANs and security
802.11 *	Wireless LANs
802.12 ↓	Demand priority (Hewlett-Packard's AnyLAN)
802.13	Unlucky number. Nobody wanted it
802.14 ↓	Cable modems (defunct: an industry consortium got there first)
802.15 *	Personal area networks (Bluetooth)
802.16 *	Broadband wireless
802.17	Resilient packet ring

The 802 working groups. The important ones are marked with *. The ones marked with ↓ are hibernating. The one marked with † gave up.

RFCs (IETF)

Network Working Group
Request for Comments: 2068
Category: Standards Track

N. Fielding
UC Irvine
J. Gettys
K. Mogul
S. Fryxell
T. Berners-Lee
MIT/LCS
January 1997

Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1

Status of this Memo

This document specifies an Internet standards track protocol for the Internet community, and requests discussion and suggestions for improvements. Please refer to the current edition of the "Internet Official Protocol Standards" (STD 1) for the standardization state and status of this protocol. Distribution of this memo is unlimited.

Abstract

The Hypertext Transfer Protocol (HTTP) is an application-level protocol for distributed, collaborative, hypertext information systems. It is a generic, stateless, object-oriented protocol which can be used for many tasks, such as name servers and distributed object management systems, through extension of its request methods. A feature of HTTP is the typing and negotiation of data representation, allowing systems to be built independently of the data being transferred.

HTTP has been in use by the World-Wide Web global information initiative since 1990. This specification defines the protocol referred to as "HTTP/1.1".

Table of Contents

- 1 Introduction.....7
 - 1.1 Purpose.....7
 - 1.2 Requirements.....7
 - 1.3 Terminology.....7
 - 1.4 Overall Operation.....11
- 2 Notational Conventions and Generic Grammar.....13
 - 2.1 Augmented BNF.....13
 - 2.2 Basic Rules.....15
- 3 Protocol Parameters.....17
 - 3.1 HTTP Version.....17

Fielding, et. al. Standards Track [Page 1]

RFC 2068 HTTP/1.1 January 1997

- 3.2 Uniform Resource Identifiers.....18
 - 3.2.1 General Syntax.....18
 - 3.2.2 HTTP URI.....19
 - 3.2.3 URI Comparison.....20
 - 3.3 Date/Time Formats.....21
 - 3.3.1 Full Date.....21
 - 3.3.2 Delta Seconds.....22
 - 3.4 Character Sets.....22
 - 3.5 Content Codings.....23
 - 3.6 Transfer Codings.....24
 - 3.7 Media Types.....25
 - 3.7.1 Canonicalization and Text Defaults.....26
 - 3.7.2 Multipart Types.....27
 - 3.8 Product Tokens.....28
 - 3.9 Quality Values.....28
 - 3.10 Language Tags.....28
 - 3.11 Entity Tags.....29
 - 3.12 Range Units.....29
- 4 HTTP Message.....30
 - 4.1 Message Types.....30
 - 4.2 Message Headers.....31
 - 4.3 Message Body.....32
 - 4.4 Message Length.....32
 - 4.5 General Header Fields.....34
 - 5 Request.....34
 - 5.1 Request-Line.....34
 - 5.1.1 Method.....35
 - 5.1.2 Request-URI.....35
 - 5.2 The Resource Identified by a Request.....37
 - 5.3 Request Header Fields.....37
 - 6 Response.....38
 - 6.1 Status-Line.....38
 - 6.1.1 Status Code and Reason Phrase.....39
 - 6.2 Response Header Fields.....41
 - 7 Entity.....41
 - 7.1 Entity Header Fields.....41
 - 7.2 Entity Body.....42
 - 7.2.1 Type.....42
 - 7.2.2 Length.....43
 - 8 Connections.....43
 - 8.1 Persistent Connections.....43
 - 8.1.1 Purpose.....43
 - 8.1.2 Overall Operation.....44
 - 8.1.3 Proxy Servers.....45
 - 8.1.4 Practical Considerations.....45
 - 8.2 Message Transmission Requirements.....46
 - 9 Method Definitions.....48
 - 9.1 Safe and Idempotent Methods.....48

Fielding, et. al. Standards Track [Page 2]

Unités

Exp.	Explicit	Prefix	Exp.	Explicit	Prefix
10 ⁻³	0.001	milli	10 ³	1,000	Kilo
10 ⁻⁶	0.000001	micro	10 ⁶	1,000,000	Mega
10 ⁻⁹	0.000000001	nano	10 ⁹	1,000,000,000	Giga
10 ⁻¹²	0.000000000001	pico	10 ¹²	1,000,000,000,000	Tera
10 ⁻¹⁵	0.000000000000001	femto	10 ¹⁵	1,000,000,000,000,000	Peta
10 ⁻¹⁸	0.000000000000000001	atto	10 ¹⁸	1,000,000,000,000,000,000	Exa
10 ⁻²¹	0.000000000000000000001	zepto	10 ²¹	1,000,000,000,000,000,000,000	Zetta
10 ⁻²⁴	0.000000000000000000000001	yocto	10 ²⁴	1,000,000,000,000,000,000,000,000	Yotta