

Partie 2 : Notions de base

Olivier GLÜCK
Université LYON 1/UFR d'Informatique
Olivier.Gluck@ens-lyon.fr
<http://www710.univ-lyon1.fr/~ogluck>



Copyright

- Copyright © 2006 Olivier Glück; all rights reserved
- Ce support de cours est soumis aux droits d'auteur et n'est donc pas dans le domaine public. Sa reproduction est cependant autorisée à condition de respecter les conditions suivantes :
 - Si ce document est reproduit pour les besoins personnels du reproducteur, toute forme de reproduction (totale ou partielle) est autorisée à la condition de citer l'auteur.
 - Si ce document est reproduit dans le but d'être distribué à des tierces personnes, il devra être reproduit dans son intégralité sans aucune modification. Cette notice de copyright devra donc être présente. De plus, il ne devra pas être vendu.
 - Cependant, dans le seul cas d'un enseignement gratuit, une participation aux frais de reproduction pourra être demandée, mais elle ne pourra être supérieure au prix du papier et de l'encre composant le document.
 - Toute reproduction sortant du cadre précisé ci-dessus est interdite sans accord préalable écrit de l'auteur.

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux

2

Remerciements

- Certains transparents sont basés sur des supports de cours de :
 - Danièle DROMARD (PARIS 6)
 - Andrzej DUDA (INP Grenoble/ENSIMAG)
 - Shivkumar KALYANARAMAN (RPI/ECSE)
 - Alain MILLE (LYON 1)
 - CongDuc PHAM (LYON 1)
 - Michel RIVEILL (Université de Nice/ESSI)
 - l'Institut National des Télécommunications (INT)
- Des figures sont issues des livres cités en bibliographie

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux

3

Bibliographie

- « *Réseaux* », 4ième édition, Andrew Tanenbaum, Pearson Education, ISBN 2-7440-7001-7
- « *Réseaux et Télécoms* », Claude Servin, Dunod, ISBN 2-10-007986-7
- « *Analyse structurée des réseaux* », 2ième édition, J. Kurose et K. Ross, Pearson Education, ISBN 2-7440-7000-9
- « *TCP/IP Illustrated Volume 1, The Protocols* », W. R. Stevens, Addison Wesley, ISBN 0-201-63346-9
- « *TCP/IP, Architecture, protocoles, applications* », 4ième édition, D. Comer, Dunod, ISBN 2-10-008181-0
- « *An Engineering Approach to Computer Networking* », Addison-Wesley, ISBN 0-201-63442-6

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux

4

Bibliographie

- Internet...
 - <http://www.guill.net/>
 - <http://www.courseforge.org/courses/>
 - <http://www.commentcamarche.net/ccmdoc/>
 - <http://www.protocols.com/>
 - http://dir.yahoo.com/Computers_and_Internet/
 - <http://www.rfc-editor.org/> (documents normatifs dans TCP/IP)

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux

5

Plan de la partie 2

- Quelques éléments sur la transmission de l'information
 - L'information et sa représentation
 - Les techniques de transmission
 - Modélisation d'un canal de transmission
 - Les supports de transmission
 - Les modes de transmission
 - Les différentes topologies
- Les architectures protocolaires
 - Architecture en couches et encapsulation
 - Le modèle de référence (OSI)
 - Le modèle TCP/IP

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux

6

Quelques éléments sur la transmission de l'information

L'information et sa représentation
 Les techniques de transmission
 Modélisation d'un canal de transmission
 Les supports de transmission
 Les modes de transmission
 Les différentes topologies

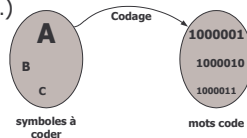
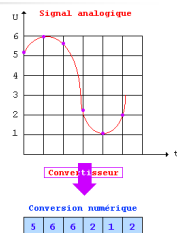


Deux types d'information

- Données continues
 - données continues résultant de la variation continue d'un phénomène physique (voix, température, image, lumière, ...)
 - infinités de valeurs dans un intervalle borné
 - un capteur fournit une tension électrique proportionnelle à l'amplitude du phénomène
- Données discrètes
 - suite discontinue de valeurs dénombrables
 - un texte est une association de mots eux-mêmes composés de lettres (symboles élémentaires)

Traitement informatique

- Il faut associer une valeur binaire à chaque élément d'information
 - numérisation de l'information pour des données continues (échantillonnage)
 - codage de l'information pour des données discrètes (code Baudot, code ASCII, ...)



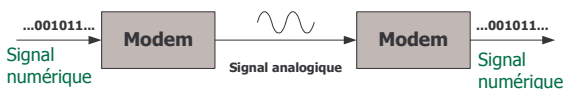
Du binaire à la transmission ... (1)

- Transmission en bande de base
 - les bits sont directement représentés par des valeurs de tensions
 - simplicité du codage mais distances limitées à quelques kilomètres (bande passante, rapidité de modulation, rapport signal/bruit du canal)
 - occupe toute la bande passante (pas de multiplexage)
 - code NRZ, code Manchester, code Miller, ...

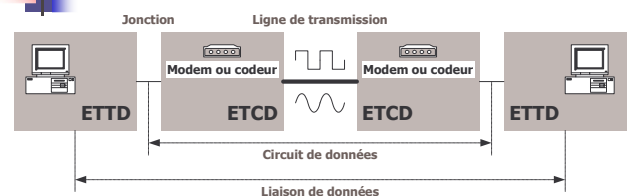


Du binaire à la transmission ... (2)

- Transmission large bande ou par modulation
 - utilise les théories de Fourier sur la décomposition d'un signal périodique
 - adaptée aux longues distances (transposition dans un domaine de fréquences adapté au support, protection du bruit)
 - résout le problème du multiplexage



Modèle général d'un canal de transmission



- ETTD - DTE (*Data Terminal Equipment*)
 - Equipement Terminal de Traitement de Données
 - contrôle de la communication
 - source/collecteur des données

Modèle général d'un canal de transmission

- **ETCD - DCE (*Data Communication Equipment*)**
 - Equipement Terminal de Circuit de Données
 - adaptation entre le terminal et le support
 - fournit au support un signal adapté à ses caractéristiques
 - modifie la nature du signal mais pas sa signification

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux 13

Modèle général d'un canal de transmission

- **Jonction ou interface :**
 - permet à l'ETDD de piloter l'ETCD pour établissement et libération du circuit, échange de données, ...
 - utilise un signal numérique

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux 14

Modèle général d'un canal de transmission

- **Support ou ligne de transmission :**
 - caractéristiques physiques (débit, taux d'erreurs, ...)
 - transmission d'une onde lumineuse, acoustique, électromagnétique ou électrique : supports optiques, aériens, filaires

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux 15

Les supports de transmission (1)

- **paire torsadée : téléphonie, LAN**
 - large infrastructure existante
 - débit limité (centaine de Mbits/s)
- **câble coaxial : TV, LAN, (MAN ?)**
 - plus coûteux, meilleurs débits (1 à 2 Gbits/s sur 1km)
 - meilleure protection contre les interférences
- **fibre optique : LAN, MAN, WAN**
 - de moins en moins coûteuse
 - 30km sans répéteur, fiabilité
 - très haut-débit (50000 Gbits/s en théorie)

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux 16

Les supports de transmission (2)

- **faisceaux hertziens : MAN, LAN**
 - infrastructure peu coûteuse
 - erreurs fréquentes et dépendantes des conditions climatiques
- **satellites : WAN**
 - répéteurs dans le ciel
 - grande couverture géographique
 - bande passante élevée
 - délais élevés (250 à 300 ms de latence)
 - coût élevé par équipement

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux 17

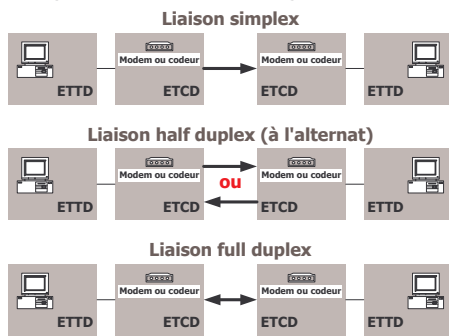
Notion de qualité de service

- **3 paramètres**
 - débit (volume)
 - latence (temps de transfert et variation de celui-ci)
 - fiabilité (taux d'erreurs)
- **Chaque flux de données a ses propres contraintes**
 - voix, vidéo : débit constant
 - transfert de fichiers : fiabilité et débit élevés
- **Le réseau de transport doit s'adapter !**
 - Choix du « meilleur » chemin
 - Correction des erreurs, ...

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux 18

Les modes de transmission

L'organisation des échanges



Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux

19

Les modes de transmission

Le mode de liaison

- liaison point à point
- liaisons multi-points
 - le support est partagé par plusieurs terminaux
 - politiques d'accès au support
 - le mode maître/esclave (*polling/selecting*)
 - le mode d'égal à égal (réseaux locaux)
- Transmission parallèle/série
 - transfert simultané de tous les bits d'un mot
 - transfert successif de chacun des bits d'un mot
- Transmission synchrone/asynchrone
 - les horloges sont synchronisées
 - les horloges dérivent (bit de start/stop)

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux

20

Les différentes topologies

- Topologie horizontale (en bus)
- Topologie en étoile
- Topologie en anneau
- Topologie maillée
- Topologie hiérarchique à 2 niveaux

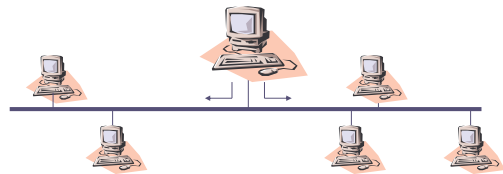
Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux

21

Topologie horizontale (Bus)

- Tout le monde parle à tout le monde



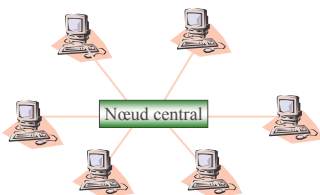
Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux

22

Topologie en étoile

- Un nœud central émule n liaisons point à point



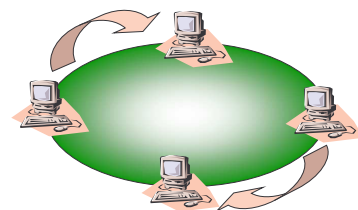
Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux

23

Topologie en anneau

- Adaptée aux longues distances
- Permet des débits élevés



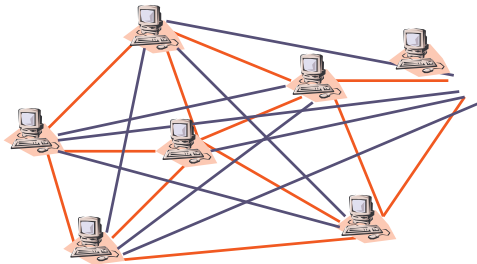
Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux

24

Topologie maillée

- Plusieurs chemins pour aller d'un nœud à un autre

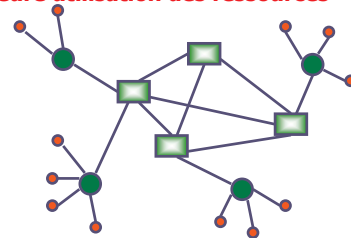


Exemple de 7 sites entièrement maillés 2 à 2.

Topologie hiérarchique (2 niveaux)

- Mélange de la topologie maillée (au cœur) et de la topologie étoile (aux extrémités)

- Réduction du nombre de liaison
- Meilleure utilisation des ressources



Les architectures protocolaires

Architecture en couches et encapsulation
Le modèle de référence (OSI)
Le modèle TCP/IP



« Architecture protocolaire réseau »

- Architecture protocolaire réseau : un modèle complet de communication
- Historiquement, une architecture par constructeur
 - SNA (*System Network Architecture*) d'IBM
 - DSA (*Distributed System Architecture*) de BULL
- Besoin d'un modèle normalisé
 - complexité croissante des besoins utilisateur
 - diversité des solutions adoptées
 - incompatibilité des architectures constructeurs entre elles
 - nécessité de transparence pour l'utilisateur
- -> **modèle de référence** ou **modèle OSI** (*Open System Interconnection*) défini par l'ISO (*International Standardization Organization*)

« ... protocolaire ... »

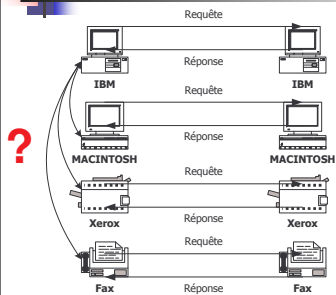
- L'échange d'information se fait selon un protocole : ensemble de règles compréhensibles par les entités communicantes
- Il y a des protocoles pour :
 - les applications
 - transporter/router l'information
 - émettre de l'information sur un support physique
- Ils doivent gérer en particulier :
 - les erreurs
 - la fragmentation et l'assemblage des données
- Ils sont généralement normalisés pour assurer l'interopérabilité et la transparence

Protocole

- Qu'est-ce qu'un protocole ?
 - Une implémentation d'un certain service
 - Un accord entre les deux parties sur la manière de communiquer
 - Définition des règles & des formats de données
 - Règles sans ambiguïté pour pouvoir être traduites par des logiciels ou des automates câblés



Besoin de transparence ...



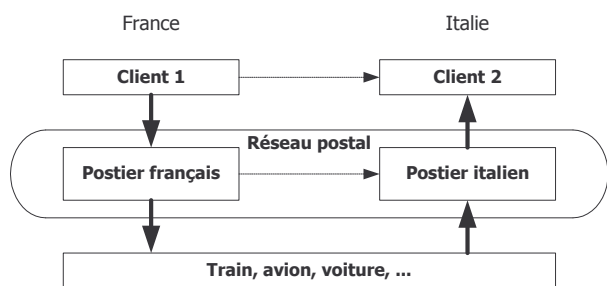
- ... à différents niveaux :
 - les services applicatifs
 - les protocoles d'échange
 - la sémantique de l'information
 - les techniques de connexion

-> protocoles normalisés
-> architecture en **couches**

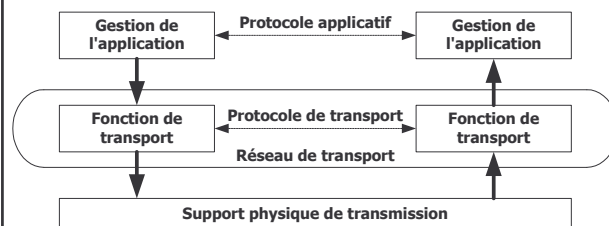
Architecture en couches

- « **une couche** » : un ensemble homogène destiné à accomplir une tâche ou à rendre un service
- Le découpage en couches permet de
 - dissocier des problèmes de natures différentes
 - HTTP/TCP/IP peut utiliser DNS, ARP, DHCP, RIP, OSPF, BGP, PPP, ICMP ...
 - rendre évolutive l'architecture : une nouvelle technologie ne remet en cause que la couche concernée
 - masquer les détails d'implémentation : une couche fournit certains services
 - faire de la réutilisation de service
 - sockets, DNS, ...

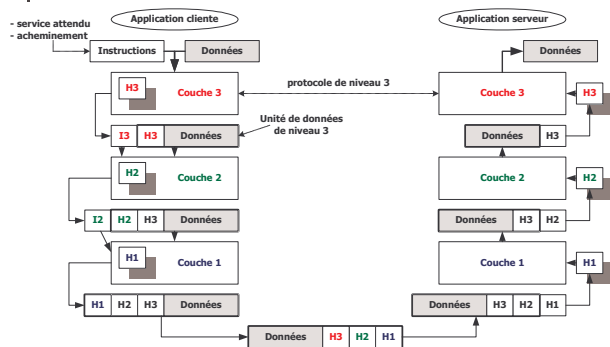
Exemple 1 : le courrier postal



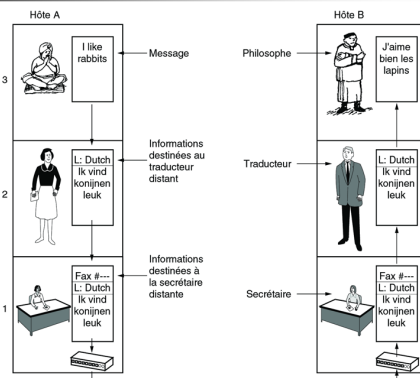
Un modèle simplifié à 3 couches



Principe d'une architecture en couches



Encore un exemple



Protocole et service (1)

- 2 types de dialogue :
 - dialogue vertical à l'aide de **primitives de service**
 - request, send, sonnerie de téléphone, décrocher, raccrocher, poster une lettre
 - dialogue horizontal entre **couches homologues** à l'aide du **protocole de niveau N**
- Service : fonctionnalité offerte par le réseau
 - communication fiable de bout en bout, cryptage des données, envoi lettre recommandée avec accusé de réception
- Protocole : implémentation d'un service (format des paquets, échanges des messages, ...)
 - dire « ALLO » et « AU REVOIR », manière de décrocher ou raccrocher, faire signer le destinataire avec pièce d'identité...

Protocole et service (2)

- La couche N+1 demande un service à la couche N à l'aide d'une primitive de service de niveau N
- Les données de la couche N+1 sont encapsulées dans une unité de données de niveau N (en-tête couche N et données N+1)
 - l'en-tête contient les infos nécessaires au traitement distant sur la couche homologue (identifiant du service, adresse du destinataire, compteurs de contrôle de l'échange, ...)
- La couche N rend le service de niveau N à la couche N+1 à l'aide du protocole de niveau N

Exemple de protocole

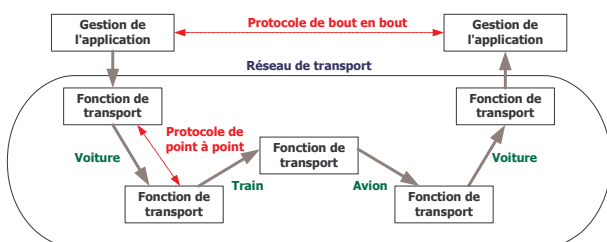
- Echange d'un fichier sur un réseau sans perte, FIFO, qui corrompt certains paquets
- Le service : fournir un transfert fiable de fichier
- Un protocole simple :
 - envoyer le fichier en une succession de paquets
 - envoyer un « checksum » pour chaque paquet
 - contrôler le checksum sur le récepteur et renvoyer un message OK ou Not-OK à l'émetteur
 - l'émetteur attend le OK ou Not-OK avant de demander le transfert du paquet suivant
 - l'émetteur attend le dernier message OK avant de clore la connexion
 - si Not-OK pour un paquet, re-transférer le paquet
- Ce protocole a besoin d'un protocole de transfert de paquets : comment transférer un paquet ?
-> architecture en couches

Un protocole doit spécifier ...

- La syntaxe de chaque message
 - que contient-il ?
 - format des paquets ?
- La sémantique de chaque message
 - que signifie tel message ?
 - un message « Not-OK » veut dire que le récepteur a un morceau du fichier qui est erroné
- Les actions à entreprendre lors de la réception d'un message
 - retransmettre le bon paquet en cas de réception d'un message « Not-OK »

Protocole bout-en-bout/point-à-point

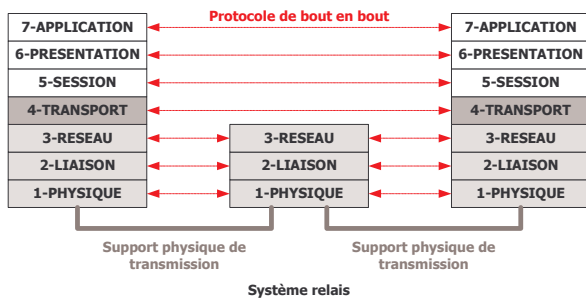
- point à point : transport de l'information
 - contrôle du lien, contrôle/reprise sur erreur, adressage, acheminement
- bout en bout : vérifier intégrité et organiser le dialogue applicatif



Le modèle de référence - OSI (1)

- Un standard permettant de connecter des systèmes ouverts
 - OSI : *Open System Interconnection*
 - système ouvert : qui implémente des protocoles ouverts
 - protocole ouvert : la description du protocole et ses modifications sont publiques
- Architecture protocolaire en couches
 - couches « hautes » orientées application
 - couches « basses » orientées transport
- Décrit formellement ce qu'est une couche, un service, un point d'accès, ...

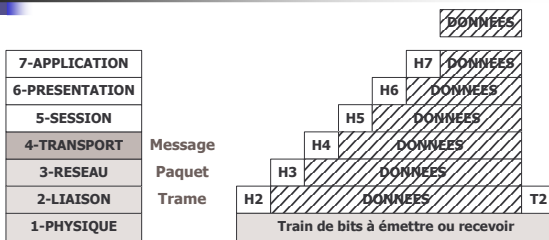
Le modèle de référence - OSI (2)



Le modèle de référence - OSI (3)

- **Physique** : relier les systèmes par un lien physique, transmission en série des bits de la trame
- **Liaison** : contrôler qu'une liaison peut être correctement établie sur ce lien, transmission des données sans erreur
- **Réseau** : assurer l'acheminement vers le bon destinataire (éventuellement via un ou plusieurs relais)
- **Transport** : contrôler que le transport s'est réalisé correctement de bout en bout
- **Session** : organiser le dialogue entre toutes les applications en gérant des sessions d'échange
- **Présentation** : traduire les données selon une syntaxe de présentation aux applications afin qu'elles soient compréhensibles par les deux entités
- **Application** : masquer à l'application les contraintes de la transmission

Le modèle de référence - OSI (4)



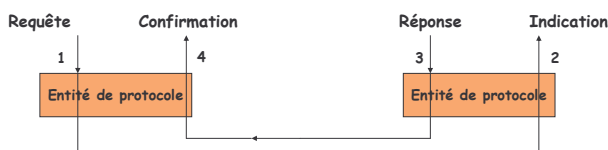
- La couche n ajoute l'en-tête H_n (encapsulation)
- La couche liaison ajoute un champ supplémentaire T_2 pour le contrôle de la transmission (FCS, *Frame Check Sequence*)

Le modèle de référence - OSI (5)

- Mécanismes pouvant être mis en œuvre dans une couche
 - L'adaptation de la taille des unités de données
 - Le multiplexage et l'éclatement des connexions
 - Le contrôle de flux
 - Le maintien en séquence
 - L'accusé de réception
 - La réinitialisation
 - Les données exprès
 - La détection, correction, notification d'erreur
 - La qualité de service

Les primitives de service (1)

- Mode connecté : communication téléphonique
 - phase d'établissement de connexion
 - permet une négociation du service
 - préserve en général l'ordre des paquets et la fiabilité

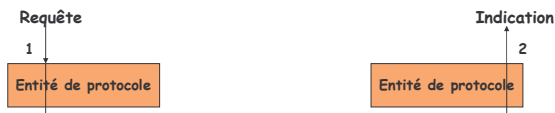


Mode connecté – exemple RTC

- Interface utilisateur : combiné téléphonique
- Un individu : un numéro de téléphone
- Trois phases dans un appel :
 - Composition du numéro de téléphone : détermination et mémorisation d'un circuit dans le réseau téléphonique pour cette conversation
 - Dialogue entre les deux utilisateurs
 - Fermeture du circuit (libération des ressources prises dans le réseau)

Les primitives de service (2)

- Mode non connecté : envoi d'une lettre postale
 - permet l'envoi de données sans l'établissement d'une connexion au préalable
 - chaque paquet est indépendant des autres et peut suivre plusieurs chemins différents
 - on peut avoir un mode non-connecté avec accusé de réception (ex : lettre recommandée)



Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux

49

Mode non connecté - service postal

- Interface utilisateur : boîte à lettres
- Une lettre = un message + une enveloppe
- Contenu de la lettre (message) inconnu du service postal
- Délai de remise (temps de transport de la lettre + temps de traitement de la lettre par les facteurs)
- Transport (chemins et moyens) inconnu de l'expéditeur et du destinataire

Propriété du service :

- Une lettre pour chaque information à échanger
- Quantité d'information limitée dans chaque lettre (poids)
- L'adresse est recopiée sur chaque lettre
- Pas d'horaire de dépôt
- Pas de présence ou accord du destinataire

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux

50

Mode non connecté - service postal

- Si plusieurs lettres sont émises de suite, elles sont traitées indépendamment, il n'y a aucune garantie qu'elles arrivent dans le même ordre au destinataire
- La poste traite chaque lettre individuellement et ne garde aucune trace de son passage
- La poste ne détecte pas la perte d'une lettre
- Ce type de service est parfois appelé **datagramme**

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux

51

La couche « Physique » (1)

- Transfert de **bits** sur le canal physique
 - synchrone/asynchrone
 - simplex/haf-duplex/full-duplex
 - sur une liaison point à point ou multipoints
- Définition des supports et des moyens d'accès
 - spécifications mécaniques (connecteur)
 - spécifications électriques (niveau de tension)
 - spécifications fonctionnelles des éléments de raccordement (établissement, maintien, libération de la ligne) et des moyens d'adaptation

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux

52

La couche « Physique » (2)

- Services fournis à la couche liaison (niveau 2)
 - établissement/libération de la connexion physique
 - transmission série ou // de n bits
 - identification des extrémités de la connexion physique
 - identification d'un circuit de données
 - horloge et récupération d'horloge pour la synchro
 - notification de dérangement

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux

53

La couche « Liaison de données »

- Service de transfert de trames entre 2 systèmes adjacents
- Services fournis aux entités de la couche Réseau
 - établissement, maintien, libération de la connexion
 - délimitation et transfert des trames
 - maintien de l'ordre séquentiel
 - détection et correction de certaines erreurs
 - notification d'erreurs non corrigées
 - contrôle de flux
 - reconnaissance d'une séquence binaire

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module IF12 : Réseaux

54

La couche « Réseau »

- Assure l'acheminement des paquets à travers les différents nœuds du réseau (systèmes relais)
- Réalise le routage, le contrôle de congestion, l'adaptation de la taille des blocs de données au capacité du sous réseau physique utilisé
- Segmentation et réassemblage des paquets
- Correction/détection d'erreurs, contrôle de flux
- Service de facturation de la prestation fournie par le sous-réseau de transport

La couche « Transport » (1)

- Assure aux couches supérieures **un transfert fiable** quelle que soit la qualité du sous-réseau de transport utilisé
- Contrôle du transfert de bout en bout des messages entre les 2 systèmes d'extrémités
 - établissement/libération des connexions de transport
 - détection et correction d'erreurs de bout en bout
 - contrôle de flux de bout en bout
 - multiplexage de plusieurs applications sur une même connexion de niveau 3
- Dernière couche orientée transport de contrôle de l'information

La couche « Transport » (2)

- Classification des réseaux selon
 - le taux d'erreurs signalées (détectées par la couche réseau mais non corrigées)
 - le taux d'erreurs résiduelles (non signalées)
 - -> types A, B, C selon QoS
- Le protocole de transport doit compenser la déficience de QoS du réseau sous-jacent
 - -> 5 classes de protocoles de transport
 - classe 0 : service minimum
 - classe 1 : + reprise sur erreur signalée, gel de référence
 - ...

La couche « Session » (1)

- Gère l'échange des données entre les applications distantes (couche Présentation transparente)
 - synchronisation des échanges
 - définition de points de reprise (ou point de synchronisation)
- Notion d'activité
 - un transfert autonome de données (transfert d'un fichier)
 - une connexion de session = plusieurs activités
 - une activité est découpée en unités de dialogue, séparées par des points de synchronisation majeure (si données précédentes transmises correctement)

La couche « Session » (2)

- Notion de jeton
 - disponible ou indisponible
 - si indisponible, service associé inutilisable
 - si full-duplex, usage du jeton non exclusif
- 4 jetons
 - de données : contrôle l'accès au transfert de données lors d'un échange à l'alternat
 - de terminaison : autorise le détenteur à libérer la connexion
 - de synchronisation mineure : pose de point de synchronisation mineure
 - de synchronisation majeure et d'activité : point de synchronisation majeure ou début/fin d'une activité

La couche « Présentation »

- Assure la mise en forme des données, les conversions de code nécessaires pour délivrer à la couche supérieure un message dans une syntaxe compréhensible
- Peut réaliser des transformations spéciales comme la compression ou le cryptage des données
- Interface entre les couches qui assurent l'échange et celle qui l'utilise (couche application)

La couche « Application »

- Fournit au programme utilisateur un ensemble de fonctions permettant le bon déroulement des programmes communicants
 - transfert de fichiers
 - courrier électronique
 - ouverture d'un terminal distant
 - ...

Quid du modèle de référence (OSI) ?

- Pas de véritables implémentations du modèle
 - lenteur des travaux de normalisation
 - complexité des solutions adoptées
 - non conformité aux exigences des nouvelles applications
- OSI décrit tous les concepts et mécanismes nécessaires au développement d'une architecture de communication
 - reste la référence pour présenter une architecture !

Une version simplifiée du modèle OSI

- Les protocoles de l'Internet
 - Application FTP, WWW, telnet, SMTP, ...
 - Transport TCP, UDP (entre 2 processus)
 - Réseau IP (routage)
 - Transmission entre 2 sites : pas de protocole spécifique

TCP *Transport Control Protocol*

UDP *User Datagram Protocol*

IP *Internet Protocol*

Architecture TCP/IP

Architecture OSI

7-APPLICATION
6-PRESENTATION
5-SESSION

4-TRANSPORT

3-RESEAU

2-LIAISON

1-PHYSIQUE

Architecture TCP/IP

FTP, Telnet, SMTP, HTTP, ...
NFS
XDR
RPC

TCP ou UDP

Protocoles de routage IP
ICMP
ARP/RARP

802.X, HDLC, PPP, SLIP, ...

PHYSIQUE

Messages

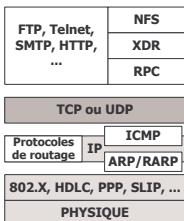
Segments TCP
Datagrammes UDP

Datagrammes

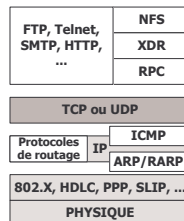
Trames

Interconnexion dans TCP/IP

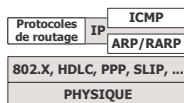
Station 1



Station 2

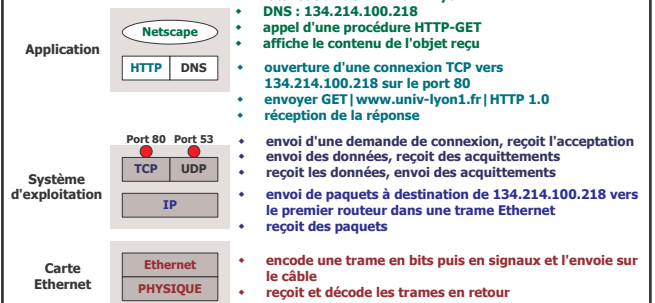


Routeur



Exemple d'une requête HTTP

<http://www.univ-lyon1.fr>





Conclusion : modèles OSI et TCP/IP

- OSI
 - générique mais trop complexe à implanter
 - des inconsistances et des redondances
 - normalisation très lente liée à un type de réseau
- TCP/IP
 - protocoles existants mais dédiés à l'Internet
 - Recherche de simplicité, interopérabilité, évolutivité dans la conception initiale