

RESEAUX - HLIN611

Licence L3 Informatique

Anne-Elisabeth Baert - baert@lirmm.fr

28 janvier 2021

1 Chapitre 1 : Introduction aux réseaux

- Le problème, les définitions de base
- Les protocoles réseaux
- Les liaisons
- Les catégories des réseaux
- Interconnexion des réseaux
- Le réseau Internet
- Les caractéristiques des réseaux
- Les couches : architecture pour les réseaux
 - La couche physique
 - La couche liaison de données
 - La couche réseau
 - La couche transport
 - La couche Session
 - La couche présentation
 - La couche application
- Du passage des données entre les couches

2 Chapitre 2 : Des noms et des adresses

- Présentation du problème
- Et les adresse Ips, c'est quoi ?

Cours 16,5h, TD 13.5h, TP 12h.

3 groupes de TD/TP : gpe A, B et C-

Les TPS comme les TDs et le cours sont Obligatoires pour assurer une réussite au module.

Module sur 5 ECTS

MCC : CCI avec 3 notes dont une note de controle (15février) une note de TP en mars +examen écrit en mai

Informations pratiques

Pré-requis

Système du premier semestre et programmation C/C++. Revoir son cours avant les séances de TDs et TP; il **faut** approfondir le cours, on peut même lire des livres!!!!

Conseils usuels

"Venir " en Cours, TDs, TP, consulter les RFCs, poser des questions. Revoir son cours avant chaque séance de TDs et TP; il **faut** approfondir le cours.
On peut même lire des livres à la BU!!!!

Informations

Toutes les informations sont sur le Moodle, Polys, Tds, TP.

Objectifs - Programme du module

Le réseau en Informatique

Connaître les principes et mécanismes des réseaux pour un Informaticien. Répondre aux questions

- Qu'est-ce qu'un réseau ? A quoi ça sert ?
- Comment mettre en œuvre et utiliser des applications réseaux ?
- Qu'est-ce qui relève du **travail d'informaticien** dans les réseaux ?

Programme

Partie 1

Introduction générale : éléments de base, architecture, les couches.

Monde Internet : Historique, caractéristiques. Du problème des adresses.

Ethernet : Protocoles d'adressage, d'erreurs et contrôles.

Configuration de réseaux et sous-réseaux. Problèmes de routage

Les protocoles d'application, messagerie, transfert de fichiers.

Partie 2

Couche transport UDP et TCP. Programmation.

Types de serveurs.

Modes de connexion, protocoles sous-jacents.

1

Chapitre 1 : Introduction aux réseaux

- Le problème, les définitions de base
- Les protocoles réseaux
- Les liaisons
- Les catégories des réseaux
- Interconnexion des réseaux
- Le réseau Internet
- Les caractéristiques des réseaux
- Les couches : architecture pour les réseaux
 - La couche physique
 - La couche liaison de données
 - La couche réseau
 - La couche transport
 - La couche Session
 - La couche présentation
 - La couche application
- Du passage des données entre les couches

2

Chapitre 2 : Des noms et des adresses

- Présentation du problème
- Et les adresse Ips, c'est quoi ?

Présentation du problème

Le besoin

Besoins des **utilisateurs** : échanger des données entre eux.
Besoin d'applications qui *communiquent entre elles, échangent des données et partagent des ressources communes*.

Hypothèses :

Les applications sont sur des ordinateurs.
Les ordinateurs fonctionnent de façon autonome.
Les ordinateurs disposent d'un accès au *périphérique réseau* ; *en terme de système d'exploitation, il y a un contrôleur (une carte réseau) et un pilote permettant de lire et écrire sur le périphérique. La particularité de ce périphérique est qu'il est partagé.*

Les réponses technologiques

Les liaisons physiques

Exemples : Câbles, fibres optiques, ondes, ...

Chaque support a ses propres caractéristiques, essentiellement une distance liée à un débit, ainsi qu'une distance maximale.

Des protocoles :

Accords sur des règles permettant aux entités communicantes de se comprendre : ce sont les “méthodes” communes.

Des couches :

Comme tout système informatique, en réseau il y a une construction par couches successives, tant **matérielles** que **logicielles**.

Les protocoles

Definition

Un protocole est une méthode standard qui permet la communication entre des processus , c'est-à-dire un ensemble de règles et de procédures à respecter pour émettre et recevoir des données sur un réseau.

Les protocoles

Definition

Un protocole est une méthode standard qui permet la communication entre des processus , c'est-à-dire un ensemble de règles et de procédures à respecter pour émettre et recevoir des données sur un réseau.

Le terme *protocole* est associé à des notions très différentes, en fonction du domaine d'utilisation (échanges de fichiers, transmission d'erreur, ...).

Les protocoles

Definition

Un protocole est une méthode standard qui permet la communication entre des processus , c'est-à-dire un ensemble de règles et de procédures à respecter pour émettre et recevoir des données sur un réseau.

Le terme *protocole* est associé à des notions très différentes, en fonction du domaine d'utilisation (échanges de fichiers, transmission d'erreur, ...).

Exemples de protocoles

- Http, https
- POP, SMTP,
- TCP/IP, UDP
- DHCP,
- ICMP.

Un protocole simple : Une conversation téléphonique

Le protocole commence lorsque la personne jointe décroche :

- 1 la personne jointe doit dire quelque chose :

Un protocole simple : Une conversation téléphonique

Le protocole commence lorsque la personne jointe décroche :

- 1 la personne jointe doit dire quelque chose :

- *allo*

Un protocole simple : Une conversation téléphonique

Le protocole commence lorsque la personne jointe décroche :

- ① la personne jointe doit dire quelque chose :
 - *allo*
 - *bonjour*

Un protocole simple : Une conversation téléphonique

Le protocole commence lorsque la personne jointe décroche :

- ❶ la personne jointe doit dire quelque chose :
 - *allo*
 - *bonjour*
 - *ne raccrochez pas*

Un protocole simple : Une conversation téléphonique

Le protocole commence lorsque la personne jointe décroche :

- ❶ la personne jointe doit dire quelque chose :
 - *allo*
 - *bonjour*
 - *ne raccrochez pas*
- ❷ à l'une des deux premières réponses, la personne appelante répond pour démarrer la conversation,

Un protocole simple : Une conversation téléphonique

Le protocole commence lorsque la personne jointe décroche :

- 1 la personne jointe doit dire quelque chose :
 - *allo*
 - *bonjour*
 - *ne raccrochez pas*
- 2 à l'une des deux premières réponses, la personne appelante répond pour démarrer la conversation,
- 3 dans les autres cas, elle continue à patienter (retour au début du protocole),

Un protocole simple : Une conversation téléphonique

Le protocole commence lorsque la personne jointe décroche :

- ➊ la personne jointe doit dire quelque chose :
 - *allo*
 - *bonjour*
 - *ne raccrochez pas*
- ➋ à l'une des deux premières réponses, la personne appelante répond pour démarrer la conversation,
- ➌ dans les autres cas, elle continue à patienter (retour au début du protocole),
- ➍ lorsqu'enfin les deux personnes peuvent discuter, le protocole impose de ne pas parler les deux à la fois,

Un protocole simple : Une conversation téléphonique

Le protocole commence lorsque la personne jointe décroche :

- ➊ la personne jointe doit dire quelque chose :
 - *allo*
 - *bonjour*
 - *ne raccrochez pas*
- ➋ à l'une des deux premières réponses, la personne appelante répond pour démarrer la conversation,
- ➌ dans les autres cas, elle continue à patienter (retour au début du protocole),
- ➍ lorsqu'enfin les deux personnes peuvent discuter, le protocole impose de ne pas parler les deux à la fois,
- ➎ pour terminer la conversation une des deux personnes doit l'annoncer,

Un protocole simple : Une conversation téléphonique

Le protocole commence lorsque la personne jointe décroche :

- ➊ la personne jointe doit dire quelque chose :
 - *allo*
 - *bonjour*
 - *ne raccrochez pas*
- ➋ à l'une des deux premières réponses, la personne appelante répond pour démarrer la conversation,
- ➌ dans les autres cas, elle continue à patienter (retour au début du protocole),
- ➍ lorsqu'enfin les deux personnes peuvent discuter, le protocole impose de ne pas parler les deux à la fois,
- ➎ pour terminer la conversation une des deux personnes doit l'annoncer,
- ➏ l'autre personne peut refuser mais un accord mutuel est nécessaire,

Un protocole simple : Une conversation téléphonique

Le protocole commence lorsque la personne jointe décroche :

- ➊ la personne jointe doit dire quelque chose :
 - *allo*
 - *bonjour*
 - *ne raccrochez pas*
- ➋ à l'une des deux premières réponses, la personne appelante répond pour démarrer la conversation,
- ➌ dans les autres cas, elle continue à patienter (retour au début du protocole),
- ➍ lorsqu'enfin les deux personnes peuvent discuter, le protocole impose de ne pas parler les deux à la fois,
- ➎ pour terminer la conversation une des deux personnes doit l'annoncer,
- ➏ l'autre personne peut refuser mais un accord mutuel est nécessaire,
- ➐ la conversation se termine lorsque l'une des deux a raccroché.

Un protocole simple : Une conversation téléphonique

Le protocole commence lorsque la personne jointe décroche :

- ➊ la personne jointe doit dire quelque chose :
 - *allo*
 - *bonjour*
 - *ne raccrochez pas*
- ➋ à l'une des deux premières réponses, la personne appelante répond pour démarrer la conversation,
- ➌ dans les autres cas, elle continue à patienter (retour au début du protocole),
- ➍ lorsqu'enfin les deux personnes peuvent discuter, le protocole impose de ne pas parler les deux à la fois,
- ➎ pour terminer la conversation une des deux personnes doit l'annoncer,
- ➏ l'autre personne peut refuser mais un accord mutuel est nécessaire,
- ➐ la conversation se termine lorsque l'une des deux a raccroché.

Un protocole simple : Une conversation téléphonique

Le protocole commence lorsque la personne jointe décroche :

- ➊ la personne jointe doit dire quelque chose :
 - *allo*
 - *bonjour*
 - *ne raccrochez pas*
- ➋ à l'une des deux premières réponses, la personne appelante répond pour démarrer la conversation,
- ➌ dans les autres cas, elle continue à patienter (retour au début du protocole),
- ➍ lorsqu'enfin les deux personnes peuvent discuter, le protocole impose de ne pas parler les deux à la fois,
- ➎ pour terminer la conversation une des deux personnes doit l'annoncer,
- ➏ l'autre personne peut refuser mais un accord mutuel est nécessaire,
- ➐ la conversation se termine lorsque l'une des deux a raccroché.

Exercice

Donner l'algorithme d'une conversation téléphonique.

```
fini=faux;  
tant que (non fini) faire  
  lireUnMessage() ;  
  si (premierCaractère == 'F') alors  
    fini=vrai;  
  sinon  
    si (premierCaractère == 'B') alors  
      repondreBonjour(nomDemandeur,monNom);  
      dialoguer();  
    sinon  
      expedierErreur();
```

ET à plusieurs ca donnerait quoi ?

Protocoles : conclusion

Un **protocole** ne s'exprime pas toujours sous forme d'un algorithme : un algorithme, est une description des actions faites par une entité pour se conformer à ce protocole.

Il y a toujours négociation entre **plusieurs** (au moins deux) entités, souvent sous forme :

- de questions : chaîne de caractères reconnue expédiée par un demandeur, test portant sur un élément commun, ...
- et de réponses : chaîne de caractères reconnue expédiée par le répondeur, réponse au test, ...

permettant de réaliser, retarder ou interdire une action.

Vocabulaire en réseau

Definition

Une structure de communication désigne *la forme logique sous laquelle les entités communiquent ; c'est la manière dont les données transitent entre les entités.*

On différenciera différentes communications

- le mode *point à point* où seules deux entités concernées à la fois,
- le mode *multipoints* où plusieurs entités sont concernées (...), on parle de *diffusion* ou de *multicast* par exemple .

Le vocabulaire réseau

Definition

Une topologie de réseau informatique correspond à *l'architecture (physique ou logique) de celui-ci, définissant les liaisons entre les équipements du réseau et une hiérarchie éventuelle entre eux.*

C'est en général une forme géométrique de la connexion physique : étoile, bus, anneau, arbre, maillage régulier,...

Noter qu'on peut traverser plusieurs réseaux de topologies différentes et on parlera alors d'interconnexion.

Exemple

Anneau à jeton : topologie d'anneau et communication point à point,
Bus ethernet : topologie de bus et communication par diffusion.

Definition

Une architecture réseau est *un ensemble (empilement, hiérarchie) de protocoles. On parle alors de modèles en couches.*

Une architecture en couches est définie et délimitée avec les notions de service, de protocole et d'interface.

Definition

Un service est *une description abstraite de fonctionnalités à l'aide de primitives (commandes ou événements) telles que demande de connexion ou réception de données.*

Un service réseau est une application exécutée depuis la couche d'application réseau et au-dessus. Il fournit des capacités de stockage, de manipulation, de présentation, de communication ou d'autres services qui sont souvent mises en $\frac{1}{2}$ uvre en utilisant une architecture Les services réseau se basent sur les protocoles pour fournir, par exemple : des transferts de textes (SMS ?) ; ou de données (Internet ?)

.

Definition

Un protocole est *un ensemble de messages et de règles d'échanges réalisant un service.*

Il définit les formats des en-têtes et les règles d'échange (syntaxe et sémantique des messages ?) En particulier :

- la délimitation des blocs de données échangés
- le contrôle de l'intégrité des données reçues
- l'organisation et contrôle de l'échange

Definition

Une interface (« point d'accès au service » dans la norme) est *le moyen concret d'utiliser le service. Dans un programme, c'est typiquement un ensemble de fonctions de bibliothèque ou d'appels systèmes.*

Catégories de réseaux

Definition

Un domaine est *une extension géographique dont les caractéristiques fondamentales sont le débit sur la distance. C'est une aire logique d'un réseau informatique* .

4 catégories de réseaux :

- PAN : *Personal Area Network : Réseau Personnel* ,
- LAN : *Local Area Network- Réseaux locaux*) ,
- MAN : *Metropolitan Area Network : Réseaux métropolitains*
- WAN : *Wide Area Network : Réseaux étendus*

PAN (Personal Area Networks)

Definition

PAN Un PAN est un réseau *personnel qui interconnectent sur quelques mètres les équipements perso (GSM, portables, organiseurs,...) d'un même utilisateur.*

Réseau de petite taille, oui mais laquelle ? et quel débit est possible ?

USB, bluetooth (802.15), Infrarouge(IR), Zigbee

LAN : Local Area Networks

Definition

LAN : Local Area Networks Systèmes de transmission de données à usage privé ou commercial. Bâtiment à câbler sur quelques centaines de mètres comme les réseaux intra-entreprise va permettre le transport de toutes les informations numériques de l'entreprise

Caractéristiques

Leur taille (restreinte), leur technologie de transmission (délai de transmission max connu), leur topologie (bus et anneau).

Débits

Quelques mégabits a une centaine de mégabits voir 10 Gbits/s pour Ethernet (IEEE 802.3)

MAN : Metropolitan Area Networks

Definition (MAN)

Les MAN (*Metropolitan Area Networks*) *interconnectent plusieurs LAN géographiquement proches (au maximum quelques dizaines de km) à des débits importants* .

Caractéristiques des MAN

Les MAN sont formés de **commutateurs** ou de routeurs interconnectés par des liens hauts débits (en général en fibre optique).

WAN : Wide Area Network

Definition (WAN : Wide Area Network)

Les WAN sont des réseaux *étendus qui couvrent une très grande zone géographique et sont composés de plusieurs sous-réseaux (LAN) hétérogènes*.

Caractéristiques des WAN

- Assurent la transmission des données numériques sur l'échelle d'un pays, continents.
- Réseau terrestre (grands réseaux de fibre optique)
- Réseau Hertzien (et satellite)

Internet

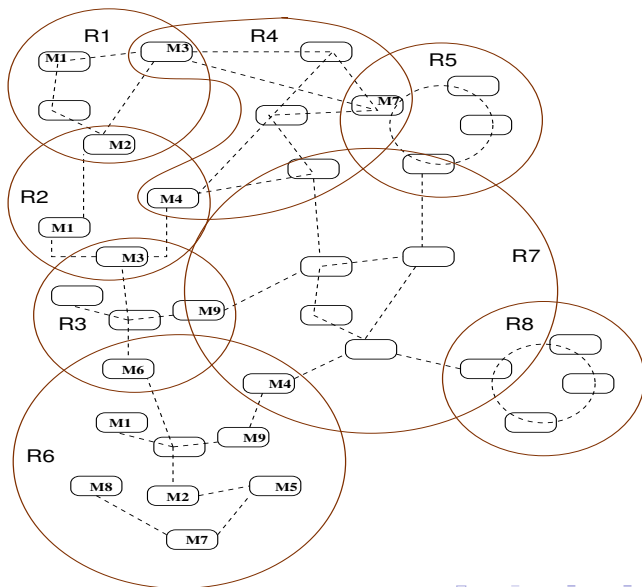
Le réseau Internet est un WAN.

Vrai problème

Il faut distinguer les réseaux physiques (média connectant physiquement plusieurs ordinateurs) et les réseaux logiques (*virtuel qui sont les interconnexions de plusieurs réseaux physiques*).

Et Internet ?

Réseaux
divers à
architectures
différentes
interconnectés

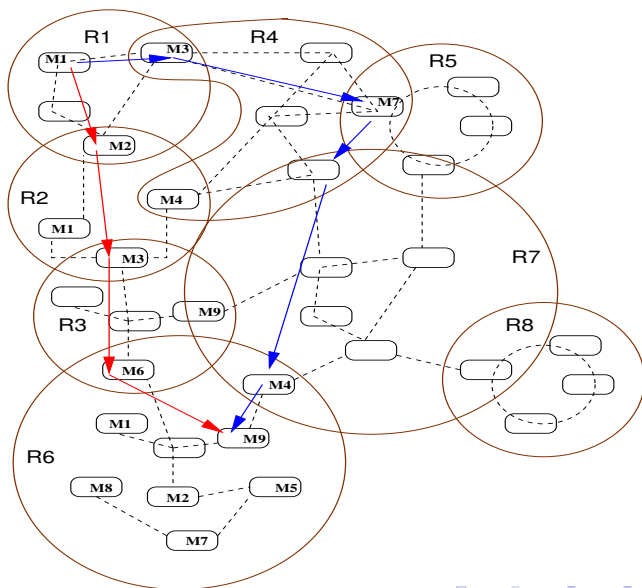


Et Internet ?

Réseaux
divers à
architectures
différentes
interconnectés

Quel sens
pour le
*meilleur che-
min* ?

*Des
problèmes
à résoudre*



Interconnexion

Definition

L'interconnexion-ARCEP- L'interconnexion désigne *le raccordement des différents réseaux de télécommunications entre eux afin de permettre à l'ensemble des utilisateurs de communiquer librement.*

Les problèmes

Sur des réseaux de même type, il suffit de faire passer les paquets d'un réseau à un autre. Sur des réseaux de type différents, il faut modifier les protocoles pour que les paquets puissent passer.

Les solutions

Besoin de modèles spécifiques et besoin de machines spécifiques qui assurent l'interconnexion.

Interconnexion

L'**interconnexion** est assurée par des ordinateurs simples ou des machines spécialisées. Leur rôle est d'assurer la **commutation**, c'est-à-dire , *le transfert de l'information entre un point d'entrée et un point de sortie* .

- *concentrateurs (hub) permettant de connecter entre eux plusieurs hôtes*
- *commutateurs (switch) permettant de relier divers éléments tout en segmentant le réseau,*
- *ponts (bridges) permettant de relier des réseaux locaux de même type,*
- *routeurs (router) permettant de relier de nombreux réseaux locaux de telle façon à permettre la circulation de données d'un réseau à un autre de la façon optimale*
- *passerelles (gateway) permettant de relier des réseaux locaux de types différents .*

La commutation de circuits

Definition

Un circuit est un « tuyau » placé entre 1 émetteur et 1 transmetteur (par ex. Fils métalliques, fibres optiques ou ondes hertziennes), il appartient aux 2 entités qui communiquent.

Definition

La commutation de circuits *désigne le mécanisme consistant à rechercher différents circuits élémentaires pour réaliser un circuit plus complexe* .

Comment ?

Grâce a la présence de noeuds (commutateurs de circuit) qui permettent de choisir un circuit libre en sortie en le « connectant » au circuit entrant et de mettre en place le circuit nécessaire à la communication entre les 2 entités.

La commutation de circuits/ de paquets

Definition

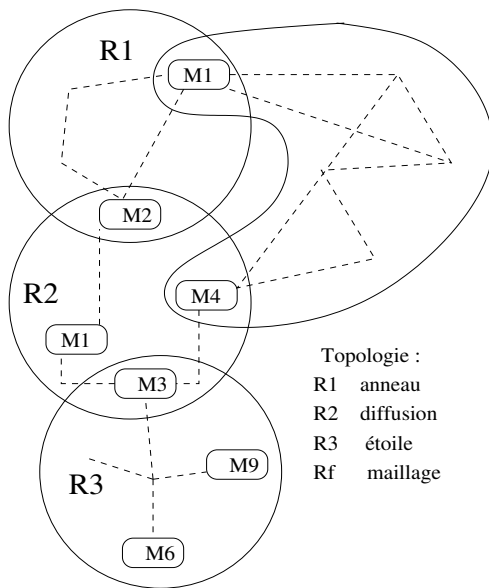
Utilisation du principe de signalisation : Pour mettre en place un circuit, il faut propager un ordre demandant aux autocommutateurs de mettre bout à bout des circuits élémentaires. signalisation= commandes +Propagation Mise en oeuvre de la fermeture, ouverture et maintien des circuits.

Definition

Dans la **commutation de paquets**, chaque entité d'interconnexion stocke la donnée (un paquet), détermine le prochain destinataire et lui fait suivre la donnée (*store & forward*).

La commutation par paquets permet de fournir des flux de données à débit binaire variable, réalisés sous forme de séquences de paquets. Les transferts s'opèrent dans un **mode sans connexion** ou **connecté** (on parle alors de circuit virtuel).

Structure et topologie



Topologie :

- R1 anneau
- R2 diffusion
- R3 étoile
- Rf maillage

Structure :

- coaxial, anneau jeton
- coaxial ethernet
- paire torsadée ethernet
- divers, X25

Tout est normalisé

Plein de normes existent

normalisation	v24 v28 v35 v90	modems
	x21 x25 x29 x400	ccitt
	802.2 802.3 802.4	ieee
	802.11 802.11g	ieee, sans fil
	8802/2 8802/3 8802/4	iso

Modèle OSI de l'ISO (cf. architecture, dans la suite de ce chapitre)

Internet

Bien sûr : Internet ; on le verra, il s'agit d'un ensemble de protocoles et d'applications.

Caractéristiques des supports

Unités

Unité utilisée : X bits par seconde. Notation : X bit/s.

55 Kbit/s était un "bon" débit lorsqu'on utilisait une ligne téléphonique avec un modem classique (appareil permettant la connexion d'un ordinateur personnel avec un réseau d'un opérateur, utilisant sa propre ligne téléphonique).

256 Kbit/s à 10 Mbit/s pour un modem ADSL.

100 Mbit/s sur le réseau local de l'ufr, lui-même connecté au monde extérieur par une ligne offrant 8 Mbit/s.

Caractéristiques des données

Le paquet

Unité fondamentale, le **paquet**, suite d'octets. Autres noms, en fonction de la couche étudiée ou de la spécificité du réseau : trame, cellule.

Chaque paquet contient *outre les données à transmettre, une partie (entête) contenant des adresses permettant d'acheminer le paquet et une partie de contrôle, permettant de contrôler la validité des données.*

Format d'un paquet

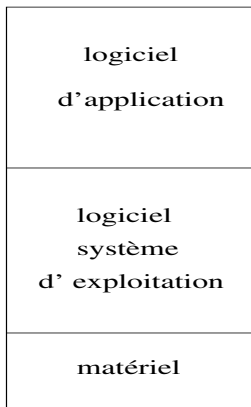
entête	donnée	contrôle
--------	--------	----------

definition On peut prévoir dans l'entête les adresses source et destination.

Question :

Caractéristiques des logiciels

Offrir des services aux applications : stockage, acheminement, accès au matériel, interface de programmation ...



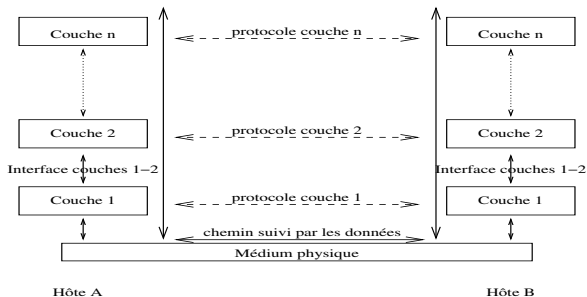
interface de programmation

routage

transfert des données

carte réseau (contrôleur)

Architecture : construction en couches



Definition

Protocole : *règles et conventions utilisées entre couches homologues (hôtes différents).*

Definition

Interface : *règles et conventions utilisées entre couches voisines (même hôte).*

Encapsulation - Un Début

Principes

Chaque couche a ses propres impératifs liés à

- l'adressage (forme et codage de l'adresse),
- la taille (maximale et minimale) du paquet,
- la méthode de réalisation du contrôle.

Encapsulation

Elle est donc amenée lors de l'**expédition** à envelopper (on dit encapsuler) le paquet transmis par la couche au dessus dans la partie *donnée de son propre paquet*,

entête n	donnée couche n	fin n
------------	-------------------	---------



entête $n - 1$	donnée couche $n - 1$	fin $n - 1$
----------------	-----------------------	-------------

Architecture : problème de couches

Historique

1977 : début d'une réflexion sur une architecture de réseau en couches,

1983 : définition du modèle OSI

Open : systèmes ouverts à la communication avec d'autres systèmes

Systems : ensemble des moyens informatiques (matériel et logiciel) contribuant au traitement et au transfert de l'information.

ISO = International Organization for Standardization en français

Organisation Internationale de Normalisation Interconnection

On s'intéresse dans cette partie surtout à la **diversité des problèmes**.

Definition

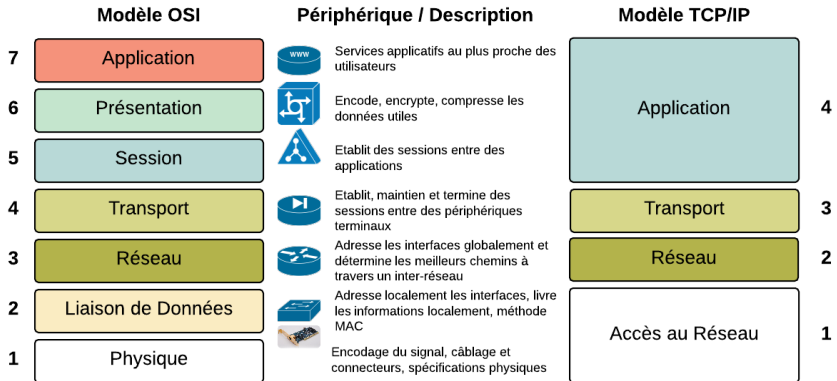
Le modèle OSI est un modèle *d'architecture de réseau qui propose une norme pour le nombre, le nom et la fonction de chaque couche*.

Que fait ce modèle ?

Il garantit que 2 systèmes hétérogènes pourront communiquer si :

- même ensemble de fonctions de communication,
- fonctions organisées dans le même ensemble de couches,
- les couches paires partagent le même protocole.

Le modèle OSI (CISCO)



La couche physique

Definition

La couche 1 : couche physique

Elle permet la *transmission d'éléments binaires, transmet un flot de bits sans en connaître la signification ou la structure.*

Fonctions :

- Il fournit les moyens mécaniques, électriques, fonctionnels, procéduraux pour l'activation, le maintien et la désactivation physiques destinées à la transmission des éléments binaires entre entités de liaisons.
- principalement les capacités électroniques
- **unité** traitée : un bit, au mieux un octet.

Les modems, multiplexeurs.

La couche physique

Matériels

Les modems, multiplexeurs.

Les caractéristiques

Ses caractéristiques induisent des performances en termes de débit (on dit aussi *bande passante*). *Ce sont plutôt des problèmes d'électronique.*

La couche liaison de données

But de cette couche :

transformer un moyen brut de transmission en une liaison de données qui paraît exempte d'erreur de transmission à la couche supérieure.

Caractéristiques et fonctions :

- **Unité** traitée : un paquet ;
- achemine les données reçues *de la couche supérieure en les organisant en blocs de transmission*,
- elle transfère des paquets *de source à destination* ; on parle de *trame*, de *cellule*. . . selon les propriétés et données contenues dans les paquets.
- correction d'erreurs, règles de partage du support, qualité de service.

La couche liaison de données

Remarque :

Jusque là il s'agit d'une liaison directe entre deux hôtes, sans changement de support physique.

Ethernet

Ensemble (matériel et logiciel) permettant de réaliser les impératifs de cette couche. Il est aujourd'hui intégré dans les cartes réseau *ethernet*. La partie matérielle d'*ethernet* permet de détecter si le support est libre ou occupé mais aussi les collisions.

Schéma algorithmique d'accès et partage du support d'*ethernet* :

```
paquetExpédié = faux ;  
tant que (non paquetExpédié) faire  
  |  
  tant que (non supportLibre) faire  
    |  
    attendre ;  
  expédier paquet ;  
  si collision alors  
    |  
    tirer délai aléatoire ;  
  sinon  
    |  
    paquetExpédié = vrai ;
```

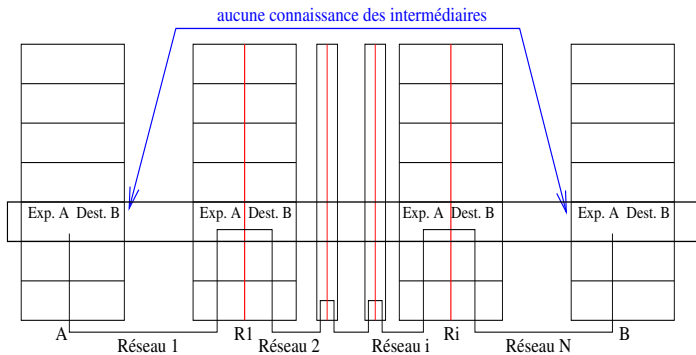
La Couche réseau

Changement important :

- Le destinataire final peut se situer dans un réseau distant, différent par la structure et la topologie de celui de l'expéditeur.
- Il faut passer par des intermédiaires (routeurs).
- Il faut interconnecter des matériels et des réseaux hétérogènes.

Problèmes d'interconnexion

Interconnexion de réseaux en vue de la transmission de bout en bout : source et destination du message.





Caractéristiques

- contrôle de flux : *baissé, augmenter la cadence en fonction de l'état des espaces tampon*,
- routage : *trouver un chemin adéquat ou au moins le prochain nœud*,
- adressage : *quelle forme, comment passer de l'adresse réseau à l'adresse physique (adresse physique et adresse liaison sont souvent utilisés comme synonymes)*
- mode connecté (exemples : X25, certains réseaux publics) ou
- mode sans connexion (exemple : IP protocole de l'*Internet*)

Attention

La taille des paquets est \neq de la taille des trames ; donc découpage possible et besoin de réassembler les morceaux.

La Couche transport

Definition

La couche transport est *responsable du bon acheminement des messages complets au destinataire.*

Rôle de la couche transport

Son rôle est de prendre les messages de la couche session, de les découper (s'il le faut) en unités plus petites et de les passer à la couche réseau, tout en s'assurant que les morceaux arrivent correctement de l'autre côté. Elle effectue donc aussi le réassemblage du message à la réception des morceaux.

Les paquets vs les messages

On passe du niveau d'un paquet à celui d'une suite de paquets appelé message.

Les adresses ?

À nouveau, des adresses source et destination seront associées, internes à chaque hôte.

Optimisation grâce aux types de connexions

La couche transport sert à *optimiser les ressources du réseau*. Elle crée une connexion réseau par connexion de transport requise par la couche session.

Elle est aussi capable de créer plusieurs connexions réseau par processus de la couche session pour répartir les données, par exemple pour améliorer le débit.

Tout est transparent pour la couche session

Le multiplexage

Elle est capable d'utiliser une seule connexion réseau pour transporter plusieurs messages à la fois grâce au *multiplexage*.

Mode connecté ou sans connexion

Elle permet d'être en mode connecté ou sans connexion (dépend du service offert avec ou sans garantie de délivrance, ...)

Qos

Elle gère le contrôle de flux et donc la qualité de service ; notion importante, dépendante du service rendu par les trois premières, mais difficile à exprimer.

Couche transport dans Internet

Les protocoles TCP, UDP, ... dans le monde Internet.

Internet – protocoles transport

Services offerts par les protocoles de transport sous-jacents :

TCP	UDP
fiable	non
ordre garanti	non garanti
duplication impossible	possible
mode connecté	sans connexion
orienté flot	orienté message

Signification

Fiable : retourne un résultat à l'application, éventuellement négatif !

Ordre garanti : s'il y a désordre dans l'arrivée des paquets, le protocole prend en charge la remise en ordre et l'application ne s'en aperçoit pas.

Duplication impossible : s'il y a eu une double réception, le protocole la traite et l'application ne s'en aperçoit pas.

Signification - ça se complique

Mode connecté : la boîte réseau est utilisée pour communiquer de façon exclusive avec une seule autre boîte réseau ; on parle alors de *circuit virtuel* établi entre les deux applications ; analogie : le téléphone (mode connecté) et le courrier postal (mode sans connexion).

Orienté flot : le contenu expédié est vu comme un flot ; il peut être reçu en plusieurs morceaux ; de même, plusieurs expéditions peuvent être délivrées en une seule réception. m lectures $\leftrightarrow n$ écritures, $m \neq n$.

Orienté message : un message est expédié comme un bloc et reçu entièrement (ou non reçu si le protocole n'est pas fiable) ; vu de l'application, il n'est pas découpé. 1 lecture \leftrightarrow 1 écriture.

La Couche Session

La couche 5 : la couche session

Elle organise et *synchronise les échanges entre tâches distantes*.

Adresses ?

Elle réalise le lien entre les adresses *logiques et les adresses physiques* des tâches réparties

Gestion de jetons

Elle établit également une liaison entre deux programmes d'application devant coopérer et commande leur dialogue (qui doit parler, qui parle...).

Points de reprise

Elle permet aussi d'insérer des points de reprise dans le flot de données de manière à pouvoir reprendre le dialogue après une panne.

6 – Couche Présentation

Rôle de la couche présentation

Elle s'intéresse à *la syntaxe et la sémantique des données* . Elle peut convertir, reformater, crypter compresser les donnée.

	octet1	octet2	octet3	octet4
gros boutiste	poids fort $2^{31} \dots 2^{24}$	$2^{23} \dots 2^{16}$	$2^{15} \dots 2^8$	poids faible $2^7 \dots 2^0$
petit boutiste	poids faible $2^7 \dots 2^0$	$2^{15} \dots 2^8$	$2^{23} \dots 2^{16}$	poids fort $2^{31} \dots 2^{24}$

Mais il n'y a pas que des entiers à transmettre...

- ASCII

La couche Application

Son rôle :

C' est le point de contact entre l'utilisateur et le réseau.
Elle va apporter à l'utilisateur les services de base offerts par le réseau.

Ce n'est pas un fourre-tout pour autant. Penser aux

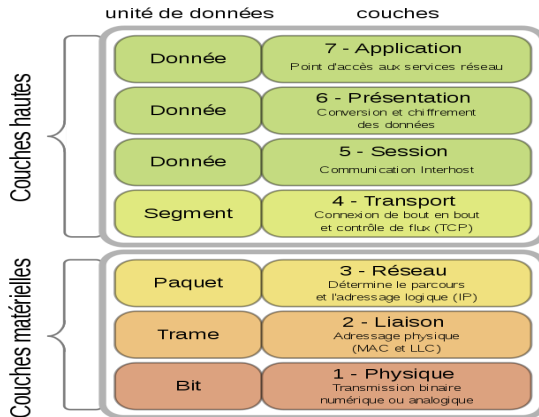
- protocoles de messagerie (acheminement, transcription des adresses),
- protocoles de la toile : http, https,
- protocoles de transfert de fichiers (multi-fichier, compression) :ftp
- ...
- codage des images (type de codage, compression),
- synchronisation d'horloges...

En quelque sorte, le début des problèmes lorsque la partie

Les transmissions de données



Les transmissions de données



Encapsulation et Découpage

L'encapsulation

Pour tenir compte de ses propres caractéristiques, chaque couche peut être amenée, lors de l'encapsulation à découper ce paquet en tranches et transmettre alors chaque tranche dans un paquet.

entête n	J'aime le réseau	fin n
------------	------------------	---------



entête _a $n - 1$	donnée couche $n - 1$	fin _a $n - 1$
-----------------------------	-----------------------	--------------------------

puis

entête n	et la calculabilité	fin n
------------	---------------------	---------



entête _b $n - 1$	donnée $n - 1$	fin _b $n - 1$
-----------------------------	----------------	--------------------------

Exemple d'encapsulation

Encapsulation Ethernet

Un paquet de la couche réseau, dans le protocole IP encapsulé dans un paquet ethernet :

				ent. IP	donnée IP	
entête eth				donnée eth		CRC
preamb 64 bits	D eth 48 bits	S eth 48 bits	type 16 bits	368 à 12000 bits		32 bits

longueur paquet IP \leq 65536 octets

64 octets \leq longueur totale frame ethernet \leq 1518 octets

ATM

Pour citer au moins une autre technologie : une trame ATM est de longueur fixe, 53 octets, dont 48 pour la donnée et 5 pour l'entête.

Désencapsulation

Désencapsulation

Chaque couche est amenée lors de la **réception** à :

- détecter une éventuelle anomalie en recalculant le code de contrôle,
- décapsuler le paquet : enlever entête et contrôle et transmettre au voisin.

Remarque

Le code de contrôle n'est pas systématiquement présent dans toutes les couches ; il peut aussi être effectué sur une partie du paquet seulement et être incorporé dans l'entête.

Question 1

Est-ce que le découpage à l'encapsulation peut intervenir à une position quelconque dans le paquet découpé ?

La réponse est oui (petit arrondi possible), mais la justification ?

Question 2

Lorsqu'il y a eu découpage, qui (quelle couche, sur quel hôte) doit faire le réassemblage ?

Réponse vaste à garder au chaud.

Interconnexion de réseaux – la base

Couche/Matériel

niveau	outil
physique	répéteur, concentrateur, <i>hub</i>
liaison	pont, commutateur, <i>switch</i> pont filtrant, pont inter-réseaux
réseau	routeur, <i>router</i>
plus haut	passerelle de ..., <i>gateway</i>

- Il existe des produits intermédiaires : pont–routeur, ...
- À chaque niveau, la machine réalisant l'interconnexion est capable de traiter le paquet correspondant (sauf pour le niveau physique). Elle reconnaît et peut séparer tous les éléments de l'entête ou contrôler la validité du paquet.
- Le problème : performance \Rightarrow machines spécialisées.

2 Chapitre 2 : Des noms et des adresses

- Présentation du problème
- Et les adresse Ips, c'est quoi ?
- Des adresses IP pour le routage
- Le routage
- Les adresses physiques
- Les serveurs de noms : du nom aux adresses

Caractéristiques d'Internet

- Un ensemble de réseaux physiques disparates, interconnectés
- utilisant un ensemble de protocoles commun, regroupés dans l'appellation *TCP/IP*
- services connus : messagerie, transfert de fichiers, connexion à distance, serveurs de noms, partage de ressources.
- propositions et normes de facto : RFC (Request For Comment)

Les RFC sont des documents de référence, parfois bien lisibles, parfois non, avec un index riche, contenant un marquage d'obsolescence. **Recommandation** : Consulter au moins les plus connus, protocoles de messagerie, ceux de la toile, des protocoles communs de l'Internet.

Identifier pour s'y retrouver ...

Le problème des adresses

On a un ensemble de machines qui ont des identifiants (différents ou pas) et on veut qu'elle communique entre elles. Il faut donc identifier ces machines intelligemment par rapport au réseau (en général) et par rapport à sa carte réseau en particulier.

De l'ordre avec le nom de domaine

Nommage hiérarchisé par domaines : *on a un domaine racine (=domaine de premier niveau) , puis un sous-domaines (= de second niveau) , etc, jusqu'à l'hôte.*

Représentation

nom-hôte . sous-dom domaine . dom-racine

Exemple : courses.carrefour.fr

Il faut nommer les choses

Problème

Les noms sont un bon moyen pour désigner les hôtes et un très mauvais moyen pour acheminer des paquets.

On va associer une adresse aux hôtes : un **entier**. Dans la version 4 du protocole IP (version en cours) c'est un entier de 32 bits. Cette version s'appelle IPV4.

Adresse/Paquets

Cet entier sera l'adresse de l'hôte et figurera ainsi dans tous les paquets de la couche IP.

Adressage par classes sur IP

Historique

Dans la préhistoire de l'Internet (1980-1990), les adresses étaient attribuées par classe, selon l'importance du réseau à administrer. Retour aux classes de services grâce à IPV6 (toujours non philanthropiques) – représente un bit affecté pour l'adresse du *réseau*; **x** représente un bit affecté pour l'adresse de l'*hôte*.

classe	octet1	octet2	octet3	octet4
A	0-- ---	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx
B	10- ---	--- ---	xxxx xxxx	xxxx xxxx
C	110- ---	--- ---	--- ---	xxxx xxxx
D	1110	multiadressage futur!!!!!!		
E	1111			

Adressage par classes

Mais aujourd'hui : adressage sans classes sur IPV4. On y remédie en utilisant les masques le sous-adressage et le sur-adressage.

Exercice

Combien de réseaux respectivement de classe A,B,C sont possibles dans ce monde ?

Combien d'hôtes sont possible dans chacun des cas ?

Calculer les bornes dans chaque cas.

Adresses spécifiques

Adresse du réseau

Lorsque la partie allouée à l'hôte est toute à zéro, cette adresse *désigne le réseau*. Elle sert dans les algorithmes de routage (voir ci-après).

Adresse tous

Tous dans un réseau : lorsque la partie allouée à l'hôte est toute à 1 binaire, cette adresse désigne **tous** les hôtes du réseau. Elle sert lorsqu'on veut expédier un paquet à l'ensemble des hôtes.

Adresse du réseau

- 198.211.18.47 désigne un hôte déterminé,
- 198.211.18.0 désigne l'adresse du réseau et cette adresse n'est utilisée que dans l'algorithme de routage ; elle ne figurera jamais dans un paquet,
- 198.211.18.255 désigne **tous** les hôtes du réseau ci-dessus ; elle peut figurer dans un paquet.

Remarque :

on verra que les adresses *réseau* et *tous* n'ont pas forcément les suffixes respectifs 0 et 255.

Protocole IP

Definition

On appelle **datagramme** *un paquet vu de la couche réseau.*

Ce que garantit *IP* :

- *Acheminement de datagrammes sans connexion ;*
- *décision selon l'adresse réseau du destinataire ;*
- *décision à chaque datagramme indépendamment du passé ;*
- *redécoupage possible ;*
- *boucles possibles ;*
- *acheminement **au mieux** (best effort), donc pas de garantie de livraison : un paquet peut être perdu, supprimé. . .*

Format du Paquet IP

octet 1	octet 2	octet 3	octet4
Vers.	lg. ent.	type service	lg. paquet
Identification		drapeaux	place frag.
durée vie	proto. suiv.	contrôle entête	
adresse IP source			
adresse IP destination			
options ...			
...			bourrage
Données			
...			

L'entête classique, sans options, fait 20 octets.

Routage - Généralités

Le routage

Les routeurs font du routage selon l'adresse du **réseau** destinataire (et non l'hôte destinataire).

Les algorithmes

Algorithmes plus ou moins sophistiqués (parcours dans un graphe dynamique).

Acheminement

Tous les hôtes impliqués dans l'acheminement doivent résoudre le problème du routage pour chaque paquet à expédier : à qui envoyer ce paquet ? Ici, *tous les hôtes impliqués* sont l'hôte expéditeur et tous les routeurs intermédiaires, jusqu'au dernier routeur localisé sur le même réseau que l'hôte destinataire.

Remarques :

- Ne pas oublier que chaque acheminement hors du réseau local implique un acheminement local (le routeur local).
- La commande `netstat -r` permet de visualiser la *table de routage*.
- Cette table peut être statique ou dynamique (cf. chapitre Routage).

Table de Routage - Exemple

Tables de routage

Un hôte dans un réseau local de technologie ethernet, avec un seul routeur vers le monde extérieur aura une table de routage de cette forme :

Destination	Contact	Interface	Contact \equiv Passerelle dans l'affichage des tables.
201.202.203.0 autre	direct 201.202.203.1	eth0 eth0	

Réseau local

Pour contacter tout hôte du réseau local, pas besoin d'un intermédiaire ; on envoie les paquets directement au destinataire, en les expédiant sur la carte réseau dont l'adresse est *eth0*.

Autre réseau

Pour contacter tout autre hôte, expédier le paquet vers la machine dont l'adresse réseau est 201.202.203.1, toujours par la carte réseau d'adresse *eth0*.

Des Problèmes en perspective

Les problèmes

La table de routage donne l'adresse réseau du contact. Or l'adresse du destinataire dans le paquet de la couche réseau **doit** être celle du destinataire final, de bout en bout !

Il faudra disposer de l'adresse physique du routeur, c'est-à-dire l'adresse physique correspondant à l'adresse réseau 201.202.203.1. Même dans le cas d'un contact direct, on ne dispose que de l'adresse réseau du destinataire.

Les solutions

Dans tous les cas, à la fin de l'algorithme de routage, on obtient comme résultat une adresse réseau (routeur ou destinataire final). Il faudra obtenir l'adresse physique si on veut acheminer ce paquet.

Adresses MAC

Definition

Une adresse MAC est un identifiant *de 12 chiffres hexadécimaux attribué à chaque carte réseau : c'est une adresse physique*

Par convention on place des : tous les 2 chiffres

EXEMPLE :

12 :34 :56 :78 :91 :BC

Dans un même sous réseau, la communication entre machines est possible avec des adresse MAC.

Les adresses MAC ne sont pas routables, on utilise donc les adresses IPs.

Serveurs de Noms

C'est une des premières applications importantes quoique invisible dans les réseaux.

Le problème

Connaissant le nom d'un hôte, trouver son adresse. Elle est indispensable si l'on veut construire un paquet qui lui est destiné.

Principe

Une base de données distribuée, où chaque administrateur mettra à jour les données relatives à son réseau. Il mettra en place une application appelée *serveur de noms* (DNS) qui répondra à chaque requête contenant un nom, par l'adresse correspondante.

Algorithme de recherche

Généralisation du problème

Connaissant une caractéristique d'un hôte, trouver toutes les informations enregistrées à son sujet.

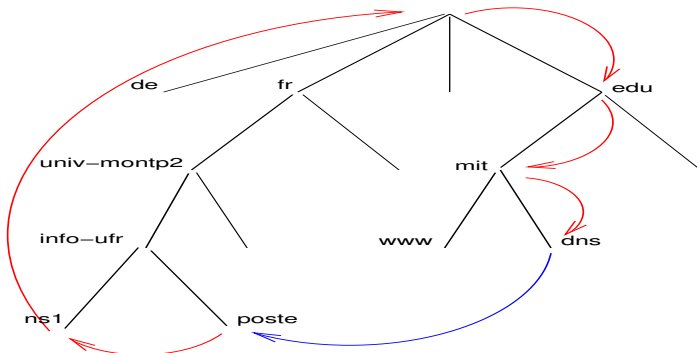
Algorithme de recherche

Basée sur une recherche en arbre plutôt originale.

Principe de l'algorithme

Un hôte demande à son serveur de noms local les coordonnées globales pour un nom d'hôte. Pour toute réponse concernant un hôte non local, le serveur doit disposer d'au moins une adresse d'un serveur extérieur qui donnera la réponse ou pourra faire suivre la requête.

Serveurs de noms - Exemple



Solution simple

Disposer d'au moins une adresse d'un serveur racine.

Exemple simple

Un utilisateur navigant sur `g12@info-ufr.univ-montp2.fr` veut contacter `www.mit.edu`.

L'application locale va adresser la requête au serveur de noms local (`ns1` sur la figure).

`ns1` ne dispose que de la base locale (tous les noms et adresses des machines que l'administrateur veut rendre visibles à l'extérieur), et d'une adresse d'un serveur racine.

Recherche en arbre

Le serveur racine connaît uniquement les serveurs de noms de premier niveau. Dans cet exemple, celui du domaine edu. Celui-ci connaît à son tour les serveurs de noms des domaines d'un niveau en dessous et ainsi de suite.

Chemin inverse

Le serveur du domaine `mit` répondra, sans avoir à suivre le chemin inverse. **Question** : pourquoi ?

L'adresse source est dans le paquet. .