

Réseaux : IP, Protocoles et Communications

HAI404I : Licence 2 Informatique

Anne-Elisabeth Baert – baert@lirmm.fr

2021-2022

Table des matières

1	Chapitre 1 : Introduction aux réseaux	4
1.1	Le problème, les définitions de base	4
1.2	Les protocoles réseaux	4
1.3	Les liaisons	6
1.4	Les catégories des réseaux	7
1.5	Interconnexion des réseaux	8
1.6	Le réseau Internet	8
1.7	Les caractéristiques des réseaux	11
2	Chapitre 2 : Les couches Réseaux	12
2.1	Les couches : architecture pour les réseaux	12
2.1.1	La couche physique	13
2.1.2	La couche liaison de données	13
2.1.3	La couche réseau	14
2.1.4	La couche transport	15
2.1.5	La couche Session	16
2.1.6	La couche présentation	17
2.1.7	La couche application	17
2.2	Du passage des données entre les couches	17
3	Chapitre 2 : Des noms et des adresses	21
3.1	Caractéristiques d'Internet	21
3.2	Présentation du problème	21
3.3	Un nom, c'est bien, une adresse, c'est mieux	21
3.4	Historique : l'adressage par classes	22
3.5	Adressage CIDR	23
3.6	Et les adresse Ips, c'est quoi ?	23
3.7	Des adresses IP pour le routage	23
3.8	Les adresses physiques	25
3.9	Les serveurs de noms : du nom aux adresses	25

Chapitre 0 : Informations pratiques

Informations pratiques

Informations pratiques

Cours 12hh, TD/ TP 16 séances de 1,5 heures.

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

Les TDs/TPS et le cours sont obligatoires pour assurer une réussite au module.

Module sur 4 ECTS

MCC : Examen final AUCUN document sauf une feuille A4.

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, poser des questions en Cours et en TDs

Revoir son cours avant chaque séance de TDs et TP; il *faut* approfondir le cours.

Informations

Toutes les informations sont sur le Moodle.

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 ?

Compétences acquises en HAI404

Compétences

Savoir calculer un débit connaître la latence, calculer l'efficacité d'un échange, calculer un débit utile

Savoir calculer le temps de transmission total d'un échange

Connaître les couches OSI et savoir décrire l'encapsulation et la désencapsulation

Connaître l'architecture TCP/IP, la taille des en-têtes, l'encapsulation

Connaître la différence entre mode connecté ou non connecté

Connaître l'architecture TCP/IP, le rôle des différents protocoles, la taille des en-têtes

Savoir donner les caractéristiques d'une adresse IP, reconnaître les classes, les adresses privées...

Savoir donner une adresse de diffusion, la première et dernière adresse machine...

Savoir écrire un masque dans la forme décimale et CIDR

Savoir découper un réseau en plusieurs sous-réseaux

Savoir faire et agréger une table de routage

Savoir lire une table de routage et faire le schéma du réseau associé

Savoir décrire les échanges de trames suite à un ping (ARP/ICMP...)

Compétences

avoir donner les caractéristiques d'une adresse IP, reconnaître les classes, les adresses privées...

Savoir donner une adresse de diffusion, la première et dernière adresse machine...

Savoir écrire un masque dans la forme décimale et CIDR

Savoir découper un réseau en plusieurs sous-réseaux

Savoir faire et agréger une table de routage

Savoir lire une table de routage et faire le schéma du réseau associé

Savoir décrire les échanges de trames suite à un ping (ARP/ICMP...)

Comprendre la notion de client et de serveur sur un réseau informatique.

Savoir programmer des applications client/serveur

Programme

Le programme

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

Monde Internet : Historique, caractéristiques, adresses., encapsulation

Couche réseaux : configuration de réseaux et sous-réseaux. Problèmes de routage

Couche transport UDP et TCP

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

Programmation réseaux : Types de serveurs., modes de connexion, protocoles sous-jacents.

1 Chapitre 1 : Introduction aux réseaux

1.1 Le problème, les définitions de base

Table des matières

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 pour échanger des données

Les liaisons physiques

Exemples : Ondes, Câbles, fibres optiques,...

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**.

1.2 Les protocoles réseaux

Les protocoles

Definition 1. 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 :
 - *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),
4. lorsqu'enfin les deux personnes peuvent discuter, le protocole impose de ne pas parler les deux à la fois,
5. pour terminer la conversation une des deux personnes doit l'annoncer,
6. l'autre personne peut refuser mais un accord mutuel est nécessaire,
7. la conversation se termine lorsque l'une des deux a raccroché.

Remarque : Si une personne a raccroché sans avertir, elle n'a pas respecté le protocole.

Exercice

Donner l'algorithme d'une conversation téléphonique.

```

fini=false;
(non fini) lireUnMessage();
(premierCaractere == 'F') fini=true;
(premierCaractere == 'B') repondreBonjour(nomDemandeur,monNom);
dialoguer();
expedierErreur();

```

et à plusieurs ça 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.

1.3 Les liaisons

Vocabulaire en réseau

Definition 2. 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 3. Une topologie de réseau informatique correspond à '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 4. Anneau à jeton : topologie d'anneau et communication point à point,

Bus ethernet : topologie de bus et communication par diffusion.

Definition 5. 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 6. 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 œuvre 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 7. 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 8. 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.

1.4 Les catégories des réseaux

Catégories de réseaux

Definition 9. 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 10. Un PAN est un réseau personnel qui interconnectent sur quelques mètres les équipements perso. (GSM, portables, montre, lunettes VR ...) d'un même utilisateur. C'est un réseau domestique ou réseau individuel.

Débit, Distance

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

Example 11. USB, Firewire, bluetooth (802.15), Infrarouge(IR), Li-Fi, Zigbee ...

LAN : Local Area Networks

Definition 12 (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 à une centaine de mégabits voir 10 Gbits/s pour Ethernet (IEEE 802.3)

Example 13. Les entreprises et les universités constituent également des réseaux locaux.

MAN : Metropolitan Area Networks

Definition 14 (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).

Example 15. Infrastructure multiservice téléphone /vidéo-surveillance +parkings dans une ville

WAN : Wide Area Network

Definition 16 (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 3G, 4G, ...hertzien et satellite

Internet

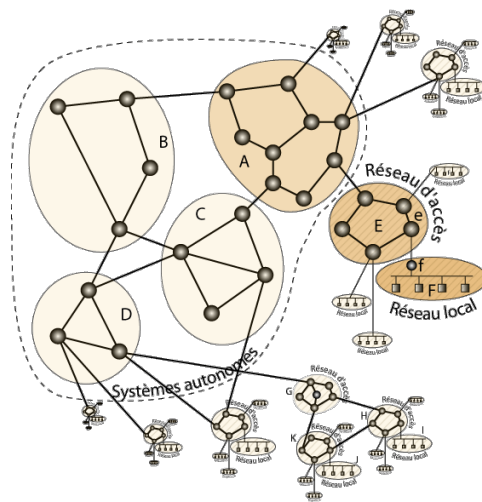
Le réseau Internet est un WAN.

1.5 Interconnexion des réseaux

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*).

1.6 Le réseau Internet



et Internet !!!Source Interstices

Interconnexion

Definition 17. 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* . Leur problème essentiel est l'efficacité.

Exemple 18. — concentrateurs (*hub*) *connexion entre eux plusieurs hôtes*

- commutateurs (*switch*) *reliebt divers éléments tout en segmentant le réseau,*
- ponts (*bridges*) *permettent de relier des réseaux locaux de même type,*
- routeurs (*router*) *permettent de relier de nombreux LAN pour permettre la circulation optimisée de données d'un LAN à un autre*
- passerelles (*gateway*) *permettent de relier des LAN de types différents .*

La commutation de circuits

Les circuits

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

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.



Commutation manuelle avec des opératrices téléphoniques

La commutation de paquets

Definition 20. Utilisation du principe de signalisation : Pour mettre en place un circuit, il faut proposer 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 21. 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*). Elle est orientée sans connexion

La commutation par paquets permet de fournir des flux de données à débit binaire variable, réalisés sous forme de séquences de paquets.

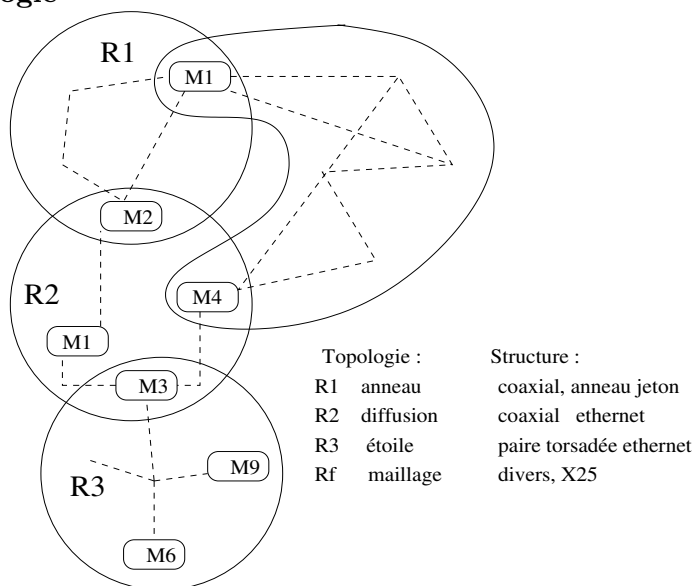
La commutation de circuits VS de paquets

Transfert de données

Les transferts de données s'opèrent dans un **mode sans connexion** ou **connecté** (on parle alors de circuit virtuel pour TCP/IP).

ARPANET.png ARPANET l'ancêtre d'Internet

Structure et topologie



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(Ethernet) 8802/4	iso
	RFC 791 (Internet Protocol)	IETF/IRTF

Internet

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

Internet ; est un ensemble de protocoles et d'applications.

1.7 Les caractéristiques des réseaux

Caractéristiques des supports

Unités

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

Exemple 22. 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. 100Mbit/s à 8 Gbit/s pour la fibre/

Caractéristiques des données

Le paquet

Unité fondamentale en réseau , le **paquet** qui est une suite d'octets. Autres noms en fonction de la spécificité du réseau : trame, cellule.

Format d'un paquet

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

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

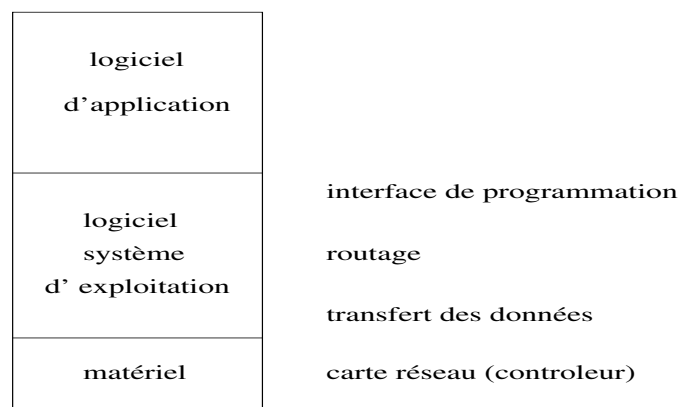
Question :

quelle destination ? locale ? suivante ? finale ?

Caractéristiques des logiciels

Les Logiciels et le réseau

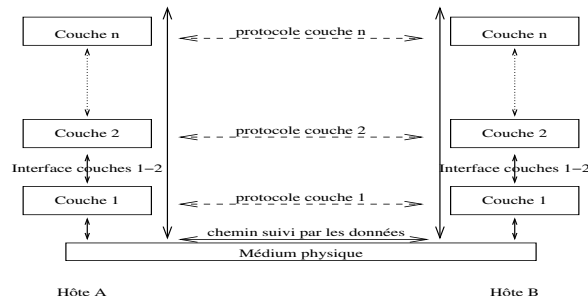
Offrir des services aux applications : stockage, acheminement, accès au matériel, interface de programmation ...



2 Chapitre 2 : Les couches Réseaux

2.1 Les couches : architecture pour les réseaux

Architecture : construction en couches



Definition 23. Protocole : *règles et conventions utilisées entre couches homologues (hôtes différents).*

Definition 24. Interface : *règles et conventions utilisées entre couches voisines (même hôte).*

Encapsulation - Un Début

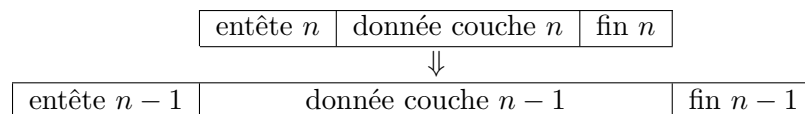
Principes

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*,



Architecture : problème de couches

Historique

1977 : début d'une réflexion sur une architecture de réseau en couches, 1983 : définition du modèle OSI **O**pen : systèmes ouverts à la communication avec d'autres systèmes **S**ystems : 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 **I**nterconnection

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

Definition 25. 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.

OSI-CISCO.pngModèle OSICISCO

OSI-CISCO.pngModèle TCP / IP

2.1.1 La couche physique

La couche physique

Definition 26 (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 :

- Fournir 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.

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.

2.1.2 La couche liaison de données

La couche 2 : 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 ;  
(non paquetExpédié) (non supportLibre)attendre ;  
expédier paquet ;  
collision tirer délai aléatoire ;  
paquetExpédié = vrai ;
```

2.1.3 La couche réseau

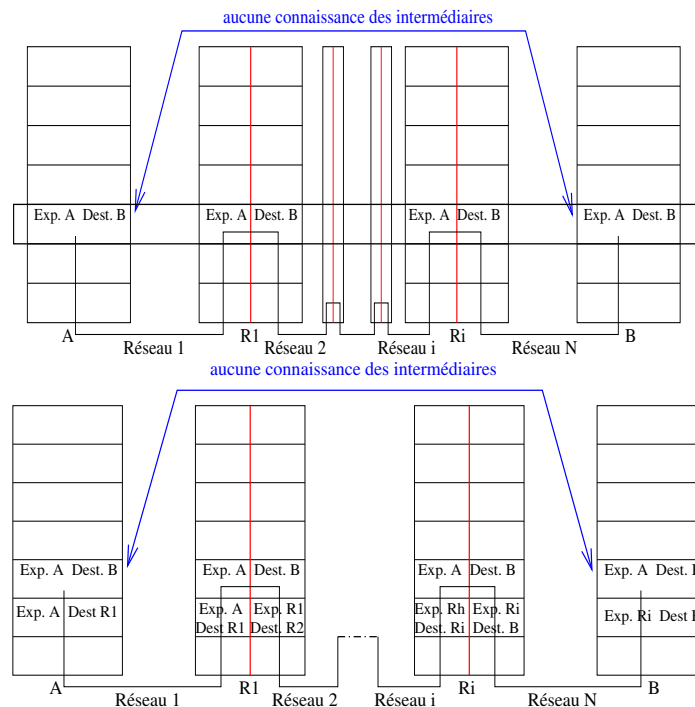
La Couche réseau

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 : *baissier, 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.

2.1.4 La couche transport

La Couche transport

Definition 27. 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.

2.1.5 La couche Session

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.

2.1.6 La couche présentation

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
- Unicode

2.1.7 La couche application

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 transmission sur les réseaux *fonctionne* (?)

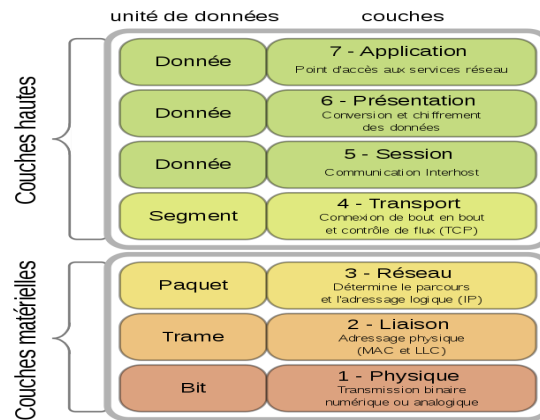
Prévoir un protocole par nouvelle application.

2.2 Du passage des données entre les couches

Les transmissions de données



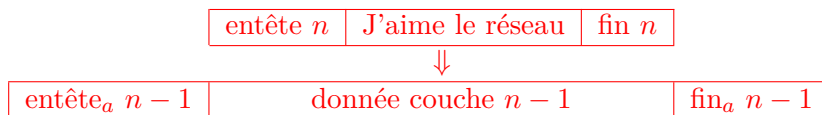
Les transmissions de données



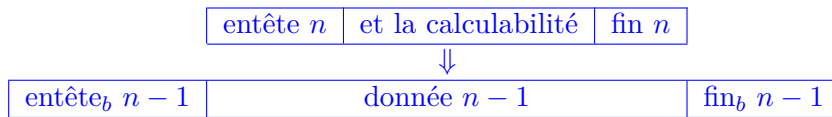
Encapsulation et Découpage

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.



puis



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 ≤ 65536 octets

64 octets \leq longueur totale trame ethernet ≤ 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.

3 Chapitre 2 : Des noms et des adresses

3.1 Caractéristiques d'Internet

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.

3.2 Présentation du problème

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

3.3 Un nom, c'est bien, une adresse, c'est mieux

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.

3.4 Historique : l'adressage par classes

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. - 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 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.

3.5 Adressage CIDR

Adressage CIDR

Classless Inter-Domain Routing

L'adressage sans classes=adressage CIDR est un système de gestion et d'allocation d'adresses IP le plus utilisé aujourd'hui. Ce système a été conçu pour remplacer l'adressage par classes (RFC 1518 et 1519).

Definition 28. Une adresse IP avec CIDR ressemble à une adresse IP normale, à la différence près qu'elle se termine par une barre oblique suivie d'un nombre, appelé préfixe du réseau IP.

Les adresses CIDR réduisent la taille des tables de routage et rendent plus d'adresses IP disponibles au sein des organisations.

3.6 Et les adresse Ips, c'est quoi ?

Protocole IP

Definition 29. 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.
dur e vie	proto. suiv.	contr le ent te	
adresse IP source			
adresse IP destination			
options ...			
...			bourrage
Donn es			
...			

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

3.7 Des adresses IP pour le routage

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	direct	eth0	
autre	201.202.203.1	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.

3.8 Les adresses physiques

Adresses MAC

Definition 30. 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.

3.9 Les serveurs de noms : du nom aux adresses

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.

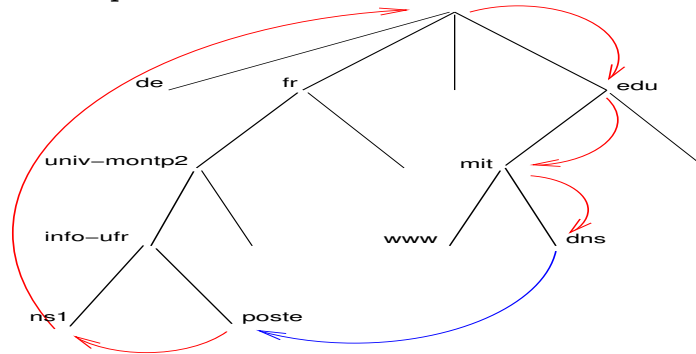
Algorithme de recherche

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. .