

RESEAUX -HLIN611

Licence L3 Informatique

Anne-Elisabeth Baert - baert@lirmm.fr

Aide aux notes de cours

Table des matières

1	Chapitre 0 : Informations pratiques	2
1.1	Déroulement du module	2
1.2	Le programme du HLIN 611	2
1.3	Bibliographie	3
2	Chapitre 1 : Introduction aux réseaux	3
2.1	Le problème, les définitions de base	3
2.2	Les protocoles réseaux	4
2.3	Les liaisons	5
2.4	Les catégories des réseaux	6
2.5	Interconnexion des réseaux	8
2.6	Les caractéristiques des réseaux	10
2.7	Les couches : architecture pour les réseaux	11
2.7.1	La couche physique	12
2.7.2	La couche liaison de données	13
2.7.3	La couche réseau	14
2.7.4	La couche transport	15
2.7.5	La couche Session	15
2.7.6	La couche présentation	16
2.7.7	La couche application	16
2.8	Du passage des données entre les couches	17

1 Chapitre 0 : Informations pratiques

1.1 Déroulement du module

Informations pratiques

Cours 15h, TD 15h, TP 15h.

3 groupes de TD : gpe A, B et C-4 groupes de TP, groupe 1, 2 ,3 et 4.

Tous les TPS ont lieu les jeudis à 9h45 en salle TP du bâtiment 6.

Module sur 5 ECTS

MCC : Note de TP 1/4 et examen écrit 3/4

Notes de TP

La note de TP se conservent en seconde session.

Elle sera composée pour 3/4 d'un examen de TP qui aura lieu la dernière semaine.

1/4 de la note sera sur des exercices de TP, devoirs à la maison à rendre sur le moodle.

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.

Une séance d'auto-évaluation, et un examen blanc pour s'entraîner.

AUCUN document autorisé aux examens.

1.2 Le programme du HLIN 611

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 : caractéristiques. Du problèmes des adresses.

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

Partie 2

Couche transport UDP et TCP. Programmation.

Types de serveurs.

Modes de connexion, protocoles sous-jacents.

Partie 3

Configuration de réseaux et sous-réseaux. Problèmes de routage

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

1.3 Bibliographie

bibliographie

Andrew Tanenbaum, *Réseaux*, 4^{ème} édition, Pearson Éducation, 2003 *Computer Networks*, 4th edition, Prentice Hall, 2003.

Guy Pujolle, *Les réseaux*, 3^{ème} édition, Eyrolles, 2000.

Douglas Comer, *TCP/IP : Architecture, protocole et applications*, Pearson Éducation, 5^{ème} édition, 2006, *Internetworking with TCP/IP*, Pearson Prentice Hall, 5th edition, 2006.

J.Kurose, K. Ross, *Analyse structurée des réseaux*, 2^{ème} édition, Pearson Éducation, 2003.

Cizault *IPV6 : Théorie et Pratique*, 3^{ème} édition, O'Reilly France, 2002.

Christian Huitema, *Le routage dans l'internet*, Eyrolles, 1995 (2^{ème} édition en anglais); *IPV6* P. Hall, 1997; ...Et dieu créa l'Internet...

W. Stallings *Computer Networking with Internet Protocols and Technology*, Pearson-P. Hall, 2004.

2 Chapitre 1 : Introduction aux réseaux

2.1 Le problème, les définitions de base

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**.

2.2 Les protocoles réseaux

Les protocoles

Definition 1. ...

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

ET à plusieurs ça donnerait quoi ?

Protocoles : conclusion

Un **protocole** ne s'exprime pas toujours sous forme d'un algorithme .

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.

2.3 Les liaisons

Vocabulaire en réseau

Definition 2. Une structure de communication désigne ...

On différenciera différentes communications

- le mode *point à point* ...
- le mode *multipoints* ...

Definition 3. Une topologie de réseau informatique correspond à ...

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.

Example 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 ...

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

Definition 6. Un service est ...

Definition 7. Un protocole est ...

Definition 8. Une interface (« point d'accès au service » dans la norme) est ...

2.4 Les catégories des réseaux

Catégories de réseaux

Definition 9. Un domaine est ...

.

4 catégories de réseaux :

— PAN : ...

,
— LAN : ...

— MAN : ...

— WAN : ...

PAN (Personal Area Networks)

Definition 10. PAN Un PAN est un réseau ...

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

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

Portée du Bluetooth

Réponse A : 20 mètres Réponse B : 80 mètres Réponse C : 160 mètres Réponse D : 240 mètres

Débit du Bluetooth

Réponse A : qq centimètres Réponse B : 2Mb/s Réponse C : 2 MO/s = 20Mb/s Réponse D : 200Mb/s

LAN : Local Area Networks

Definition 11. 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)

WAN : Metropolitan Area Networks

Definition 12 (MAN). Les MAN ...

.

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 13 (WAN : Wide Area Network). Les WAN sont des réseaux ...

.

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.

2.5 Interconnexion des réseaux

Vrai problème

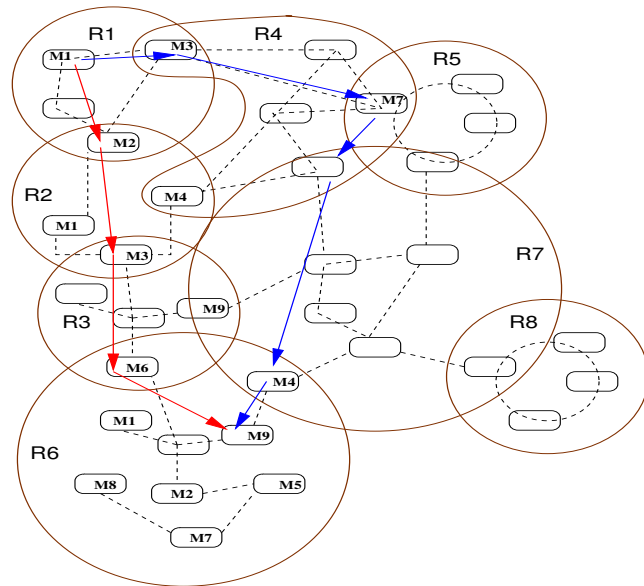
Il faut distinguer les réseaux physiques (média connectant physiquement plusieurs ordinateurs) et les réseaux logiques (*virtuel qui sont les interconnexions de plusieurs réseaux physiques*).

Et la Toile/Internet ?

Réseaux
divers à
architectures
différentes
interconnectés

Quel sens
pour le
meilleur chemin ?

Des
problèmes
à résoudre



Interconnexion

Definition 14. L'interconnexion désigne ...

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 , ...

- concentrateurs (*hub*) ...
- commutateurs (*switch*) ...
- ponts (*bridges*) ...
- 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*) ...

Leur problème essentiel est l'efficacité.

La commutation de circuits

Definition 15. 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 16. La commutation de circuits ...

Comment ?

Grâce à 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.

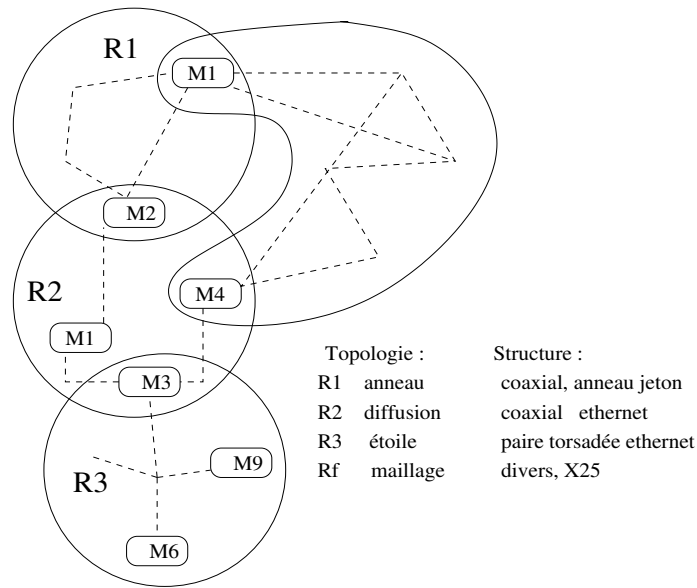
La commutation de circuits

Definition 17. 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 18. 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*).

Ces transferts s'opèrent dans un **mode sans connexion** ou **connecté** (on parle alors de circuit virtuel).

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 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.

2.6 Les caractéristiques des réseaux

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 ...

Format d'un paquet

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

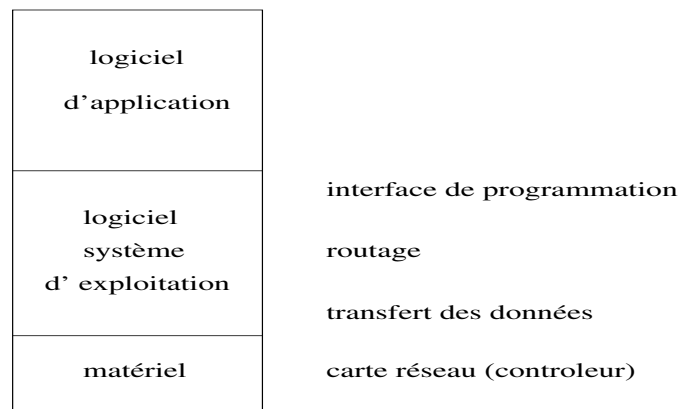
definition On peut prévoir dans l'entête les adresses source et destination.

Question :

quelle destination ? locale ? suivante ? finale ?

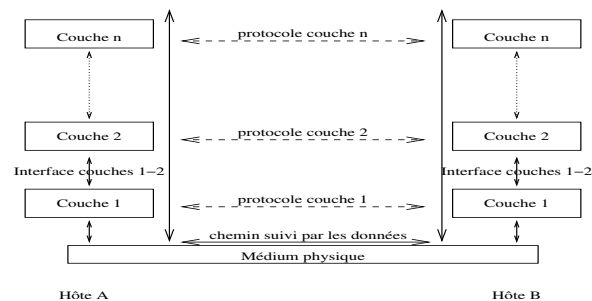
Caractéristiques des logiciels

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



2.7 Les couches : architecture pour les réseaux

Architecture : construction en couches



Definition 19. Protocole : ...

Definition 20. Interface : ...

Encapsulation - Un Début

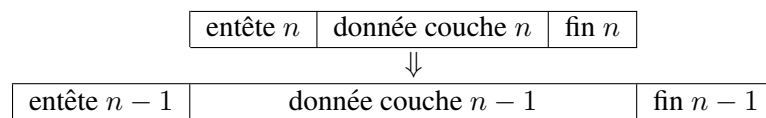
Principes

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
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. **Interconnection**

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

Definition 21. Le modèle OSI est un modèle ...

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.

2.7.1 La couche physique

La couche physique

Definition 22. La couche 1 : couche physique

Elle permet la ...

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,

Les caractéristiques

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

2.7.2 La couche liaison de données

La couche liaison de données

But de cette couche :

...

Caractéristiques et fonctions :

- **Unité** traitée : un paquet ; elle achemine les données reçues ...
- elle transfère des paquets ... ; 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.

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 sup-
port 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 ;
```

2.7.3 La couche réseau

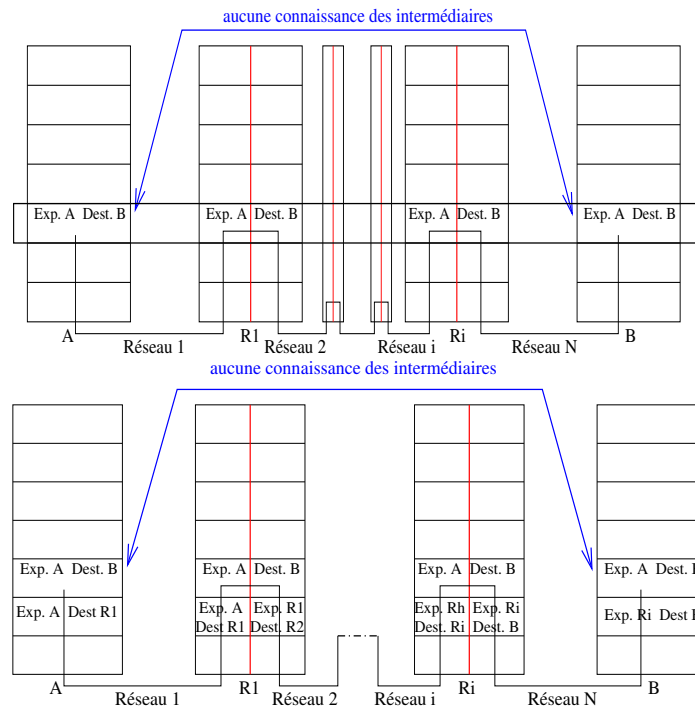
La Couche réseau

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 : ...
- routage : ...
- adressage : ...
- 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.

2.7.4 La couche transport

La Couche transport

Definition 23. La couche transport est ...

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 ...

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.

2.7.5 La couche Session

La Couche Session

La couche session

Elle organise et ...

Adresses ?

Elle réalise le lien entre les adresses ...
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

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

2.7.6 La couche présentation

6 – Couche Présentation

Rôle de la couche présentation

Elle s'intéresse à 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 $2^{31} \dots 2^{24}$

Transmission

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

Quelques solutions

- ASCII
- Unicode

2.7.7 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.

2.8 Du passage des données entre les couches

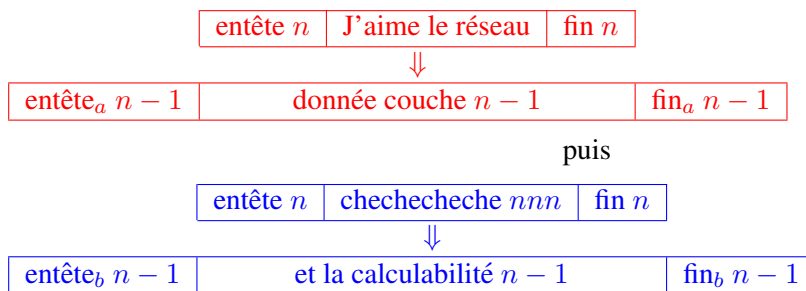
Les transmissions de données



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.



Exemple d'encapsulation

Encapsulation Ethernet

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

entête eth				ent. IP	donnée IP
				donnée eth	
				CRC	
preamb	D eth	S eth	type		
64 bits	48 bits	48 bits	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 ?

...

Question 2

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

...

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.