

HAI404I : Licence 2 Informatique

Réseaux : IP, Protocoles et Communications

Anne-Elisabeth Baert – baert@lirmm.fr

2021-2022

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

2 Chapitre 2 : Les couches 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

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

2 Chapitre 2 : Les couches 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

Outline

Chapitre 1 : Introduction aux réseaux

Chapitre 2 : Les couches Réseaux

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.

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, 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, a 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

Compétences acquises en HAI404

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

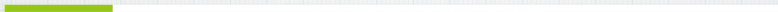
Couche réseaux : configuration de réseaux et sous-réseaux. Problèmes de routage

Couche transport UDP et TCP

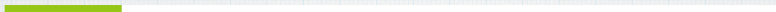
Les protocoles d'application, messagerie, transfert de fichiers., DNS.

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

Chapitre 1 : Introduction aux réseaux



Le problème, les définitions de base



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

2 Chapitre 2 : Les couches 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

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.

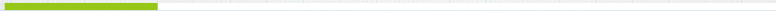
Des protocoles :

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**.

Les protocoles réseaux



Les protocoles

Définition

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

Définition

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

Définition

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

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 :

1. 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 :

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,

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 :

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,

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,

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,

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.

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.

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.

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.

et à plusieurs ça donnerait quoi ?

Protocoles : conclusion

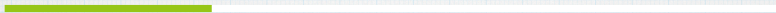
Un **protocole** ne s'exprime pas toujours sous forme d'un algorithme : un algorithme, est une description des actions faites par une entité pour se conformer à ce protocole.

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.

Les liaisons



Vocabulaire en réseau

Définition

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

Définition

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 2.1

Anneau à jeton : topologie d'anneau et communication point à point,

Bus ethernet : topologie de bus et communication par diffusion.

Définition

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.

Définition

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 ?) .

Définition

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

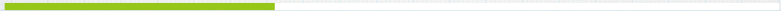
Il définit les formats des en-têtes et les règles d'échange (syntaxe et sémantique des messages ?) En particulier :

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

Définition

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.

Les catégories des réseaux



Catégories de réseaux

Définition

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)

Définition

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 ?

Exemple 2.2

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

LAN : Local Area Networks

Définition (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)

Exemple 2.3

Les entreprises et les universités constituent également des réseaux locaux.

MAN : Metropolitan Area Networks

Définition (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).

Exemple 2.4

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

WAN : Wide Area Network

Définition (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.

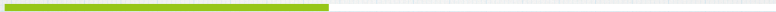
Caractéristiques des WAN

- 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.

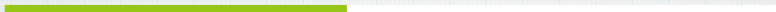
Interconnexion des réseaux



Vrai problème

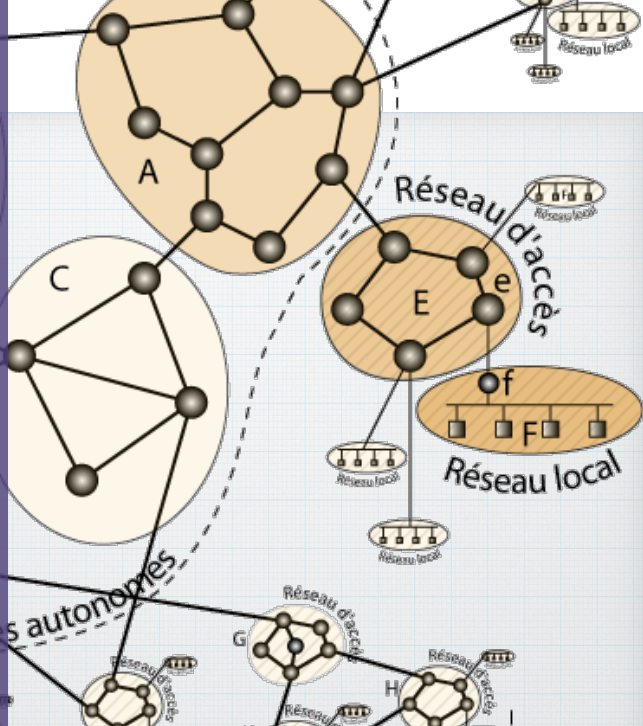
Il faut distinguer les réseaux physiques (média connectant physiquement plusieurs ordinateurs) et les réseaux logiques (virtuel qui sont les interconnexions de plusieurs réseaux physiques).

Le réseau Internet



Et Internet ?

Plein de
problèmes
à résoudre.



Interconnexion

Définition

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 2.5

- 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.

Définition

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

Définition

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.

Définition

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

BOLT
BERANEK
NEWMAN

AUTO
START

MEMORY
PROTECT

INTERFACE MESSAGE PROCESSOR

Developed for
the Advanced Research Projects Agency
by Bolt Beranek and Newman Inc.



l'ancêtre d'Internet

T1 T2 T3 T4 F

1 2 3 4 5

ON

PF1

1

2

3

4

POWER

SENSE

A C PI

7 8 9 10

ML EA DP

11 12 13

MP P

14 15 16

RESET

REGISTER

OP X B A P/Y M

MASTER
CLEAR

STORE
FETCH

P
P+1

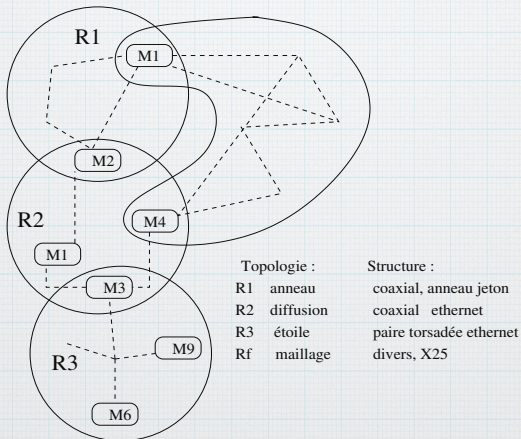
MA
RUN

START

OPERATION

IMP REGISTER PANEL

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.

Les caractéristiques des réseaux



Caractéristiques des supports

Unités

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

Exemple 2.6

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/

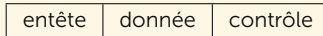
Caractéristiques des données

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)



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 ...