

Introduction aux réseaux informatiques

Plan

- Introduction
- Structure des réseaux
- Les supports de communication
- Caractéristiques de la transmission
- Grandeurs caractéristiques
- Conclusion

Bibliographie

Guy Pujol. *Les réseaux*. Eyrolles.

Laurent Toutain. *Réseau Locaux et Internet* Hermès.

Pierre Rolin, Gilbert Martineau, Laurent

Toutain, Alain Leroy. *Les réseaux, principes fondamentaux*. Hermès.

Andrew Tanenbaum. *Réseaux*. DUNOD/Prentice Hall.

Bertrand Petit. *Architecture des réseaux*. Ellipse.

H. Nussbaumer. *Téléinformatique - tome 1*, Presses polytechniques romandes.

Jean-Marie Riflet. *La communication sous Unix*

Introduction aux réseaux informatiques

Définition

Téléinformatique science des méthodes, des techniques, des équipements permettant l'échange d'informations numériques entre plusieurs systèmes informatiques.

Téléinformatique = Télécommunication + informatique.

Informatique

traitement automatique de l'information → ordinateur. (1960)

Télécommunication

Communication à distance → données, images, voix... (1970)

Télécommunication :

- domaine où les systèmes communicants ne sont pas nécessairement informatiques : traitement du signal, transmission analogique, etc.

Applications informatiques réparties :

- domaine où les caractéristiques des équipements et des techniques de transmission sont ignorées.

2

La téléinformatique peut se définir comme le domaine de l'informatique utilisant les moyens de transmission à distance

L'association des télécommunications et de l'informatique a conduit à l'apparition des réseaux.

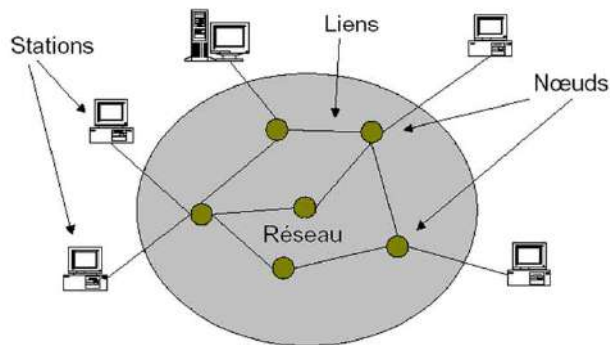
Introduction aux réseaux informatiques

Structure physique des réseaux : **Trois éléments**

-**Supports de communication** (fibres, faisceaux, liaisons physiques, lignes de transmission, médium...)

-**Équipements d'interconnexion** (nœuds, routeurs, ponts, passerelles, ...)

- **Équipements terminaux** (ordinateurs, stations, serveurs, périphériques, machines hôtes, stations, ...)



3

Un réseau peut être défini comme un ensemble de nœuds reliés par un ensemble de chemin. Il peut être représenté par un graphe. La topologie d'un réseau est très variable.

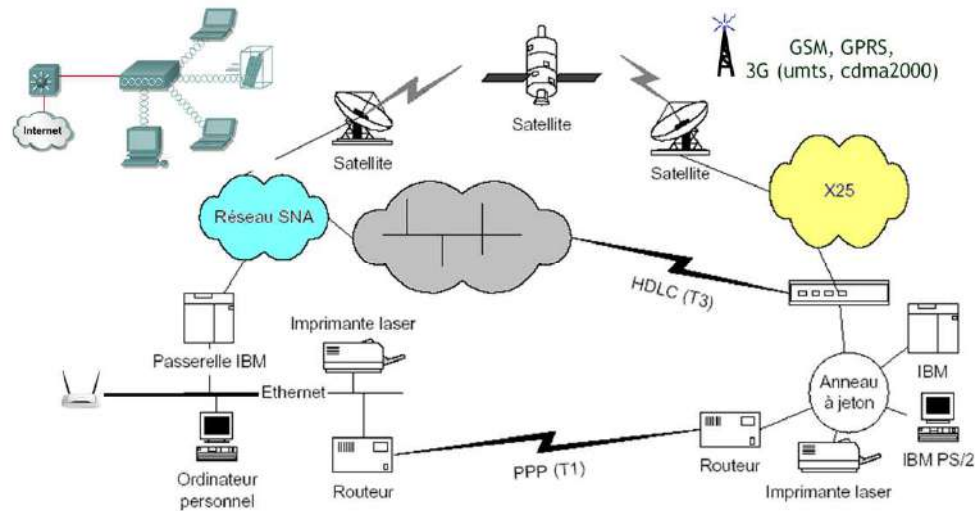
Les routes, le chemin de fer, les lignes aériennes, la poste, l'électricité, l'eau, la télévision constituent des réseaux de natures variés.

Un réseau est constitué d'un ensemble de nœuds (unités de traitement de l'information). Ces nœuds par l'intermédiaire de liens échangent de l'information.

Pour échanger de l'information, deux unités de traitement doivent utiliser les mêmes protocoles, les mêmes règles de communication.

Ces protocoles tiennent compte de tous les détails de la communication depuis les caractéristiques de la ligne physique jusqu'à la présentation de la communication.

Introduction aux réseaux informatiques



Exemple d'équipement de communication dans un réseau

4

Point-to-Point Protocol) protocole point à point. Successeur du protocole SLIP, le protocole PPP assure des connexions routeur à routeur et hôte-réseau au moyen de circuits synchrones et asynchrones

HDLC : (High-Level Data Link Control) protocole HDLC. Protocole de couche liaison de données synchrone orienté-binaire développé par l'ISO. Dérivé du protocole SDLC, le protocole HDLC indique une méthode d'encapsulation des données sur des liaisons synchrones en série à l'aide de caractères de trame et de sommes de contrôle.

GSM : Global System for Mobile communications

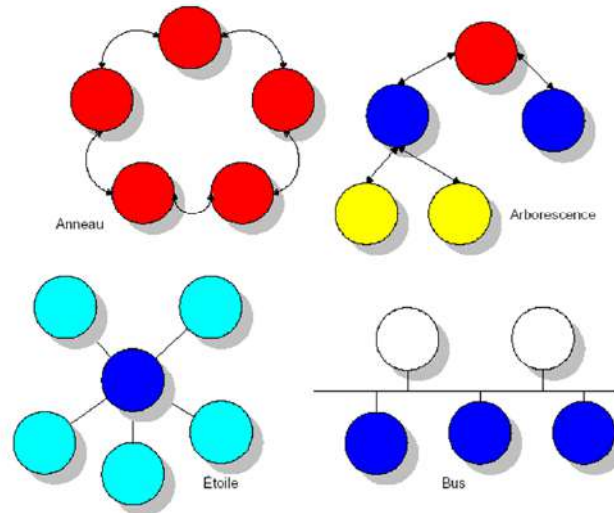
GPRS : General Packet Radio Service est une norme pour la téléphonie mobile dérivée du **GSM** permettant un débit de données plus élevé. On le qualifie souvent de 2,5G. Le G est l'abréviation de génération et le 2,5 indique que c'est une technologie à mi-chemin entre le GSM (2e génération) et l'UMTS (3e génération).

UMTS : Universal Mobile Telecommunications System est l'une des technologies de téléphonie mobile de troisième génération (3G) européenne. Elle est elle-même basée sur la technologie W-CDMA, standardisée par le 3GPP et constitue l'implémentation européenne des spécifications IMT-2000 de l'UIT pour les systèmes radio cellulaires 3G.

Wi-Fi : Ensemble de protocoles de communication sans fil régis par les normes du groupe IEEE 802.11 (ISO/CEI 8802-11) Permet de relier plusieurs équipements informatiques (ordinateur, routeur, pda, etc.) au sein d'un réseau Assure la transmission de données entre ces appareils.

Introduction aux réseaux informatiques

Topologies d'interconnexion



Introduction aux réseaux informatiques

Les supports de communication

Trois types d'agents de communication (physique) :

- Électrons, OEM, Photons

• Deux grandes classes de supports de transmission :

• A guide physique

- paires torsadées, les câbles coaxiaux
- les fibres optiques, ...

• Sans guide physique

- ondes hertziennes, radio-électriques, lumineuses,...

6

Toutes les voies de transmission utilisent la propagation des ondes électromagnétiques qui se divisent en trois catégories en fonction du support de transmission utilisé.

Qui se déclinent aussi en trois types d'agents physiques de communications notamment les électrons, les ondes électromagnétiques, les photons.

Ces agents utilisent principalement trois types de supports de transmission avec ou sans guide d'ondes.

-les paires torsadées, les câbles coaxiaux : transmission facile mais sujette à l'affaiblissement sur de grandes distances ce qui nécessite une ré amplification du signal et à la sensibilité du bruit.

-les fibres optiques sont les supports à guide d'ondes les plus usités.

-Les ondes hertziennes, radio-électriques, lumineuses quand à elles peuvent se propager dans un milieu ouvert : l'air, le vide, ...

Introduction aux réseaux informatiques

La paire métallique

- Une paire de conducteurs (alliage de Cu) entourés d'un isolant.

Ø conducteur : 0,4; 0,6; 0,8; 1 mm

les distorsions croissent en sens inverse du diamètre (sur le Ø)

en paire : différence de potentiel entre les fils en transmission

torsadés : diminution des phénomènes électromagnétiques (atténuation, diaphonie).

pupinisés [Pupin] : (augmenter l'inductance pour améliorer les communications sur les longues distances, les inductances 'luttent' contre les distorsions du signal)

isolée de l'environnement : blindage (fil, câble)



Ex: Étincelle générée par un interrupteur induit une perturbations fréquentielle de 30 à 100 MHz

La paire métallique est constituée en alliage de cuivre entouré d'un isolant plastique. Une différence de potentiel est imposée

entre les fils au cours de la transmission. Pour diminuer l'atténuation des signaux, et éviter la diaphonie, les paires sont torsadées.

L'ajout d'un blindage apporte une meilleur isolation par rapport à l'environnement extérieur source de perturbations électromagnétiques aléatoires.

Introduction aux réseaux informatiques

Plusieurs qualités de paires métalliques :

Plus l'impédance est élevée plus l'atténuation est faible

- 100 Ω (normalisé EIA/TIA 586A et IEC/ISO 11801), bande passante sur 100m.
catégorie 3 : 16Mhz; catégorie 4 : 20 Mhz; catégorie 5 : 100Mhz.
- 120 Ω (normalisé par France Télécom et DT : COREL L120)
- 150 Ω (IBM)

type 1 : 2 paires torsadées blindées (STP: "**shielded twisted pair**") , 16 Mbit/s;

type 3 : 4 paires torsadées non blindées (UTP : "**unshielded twisted pair**") $\approx$ cat 3;

type 6 : type 1 à conducteurs multibrins.

Câbles téléphoniques :

- constitués de multiples paires torsadées,
 - paires identifiables grâce à la mise en place d'un système de colorisation de l'isolant
- Pour les fils de chaque paire (blanc/rouge, blanc/bleu,..., noir/rouge, noir/bleu,...).

Caractéristiques principales :

- débit : < 1 Mbit/s sur une longueur d'environ un km.
- prix : faible
- diamètre : $\approx$ mm

Introduction aux réseaux informatiques

Le câble coaxial

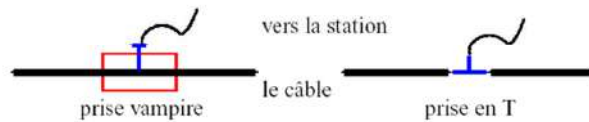
Deux conducteurs de même axe.

- réduit les distorsions électromagnétiques
- rapport $(\varnothing_1; \varnothing_2) \approx 3,6$.

Ex: diamètres : 2,6/9,5 ou 1,2/4,4 mm



Connecteurs



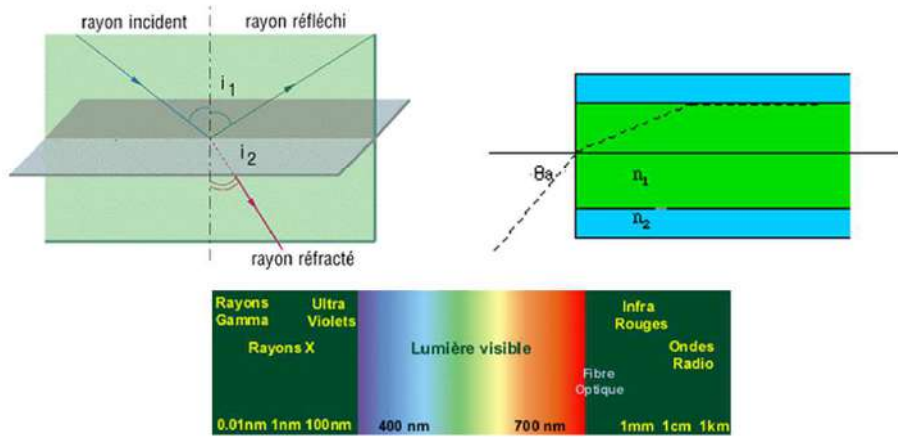
Caractéristiques

- impédance : 50 Ω - type Ethernet, 75 Ω - type TV
- débit : ≈ 100 Mbit/s
- encombrant $\varnothing > 1$ cm, peu flexible
- coût plus élevé

Introduction aux réseaux informatiques

La fibre optique

a) Indice, Loi de Descartes, Ouverture Numérique O.N



10

Introduction aux réseaux informatiques

b) Ouverture numérique pour une fibre à saut d'indice

Injection rayon lumineux :

$$n_{\text{air}} \sin \theta = n_1 \sin (90 - \alpha)$$

Réflexion totale interface $n_2 n_1$ ($n_g n_c$):

$$n_2 \sin \theta = n_1 \sin \alpha$$

$n_{\text{air}} \approx 1,0004$;

$\theta_{\text{max}} = \text{angle d'acceptance de la fibre,}$

$ON = \sin \theta_{\text{max}}$ Ouverture numérique

$$ON \approx \sin \theta_{\text{max}} = \left(n_c^2 - n_g^2 \right)^{1/2} = \left(2\bar{n}\Delta n \right)^{1/2} \quad \text{Avec} \quad \bar{n} = 1,48 \quad \Delta n = 0.005$$

Introduction aux réseaux informatiques

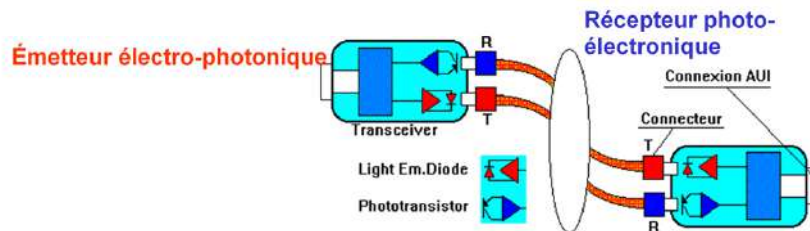
b) Caractéristiques

Fibre en silicium ou plastique très grande largeur de bande

Émission optique : 850, 1280 ou 1550 nm

- diode électroluminescente (en AsGa)
- **laser** (puissance d'émission, coût élevé, faible durée de vie, mono fréquentiel)

Principe d'émission/réception



Caractéristiques : - Débit : $\approx$ Gbit/s/ km

- Encombrement d'une fibre : $<100 \mu\text{m}$, $<5\text{g/km}$
- Fibres rassemblées au sein d'un câble

Introduction aux réseaux informatiques

c) Types de fibres (bande passante):

- **multimode à Saut d'indice** (50 Mhz.km)

Gaine optique permet une propagation guidée (dispersion, déformation du signal reçu).

- **multimode à Gradient d'indice** (500 Mhz.km)

□ Trajectoire des rayons sinusoïdale,

□ Chemins optiques $\approx$ identique : uniformise le temps de propagation, réduit la dispersion nodale.

□ Moyenne distance

Ø cœur/gaine :

50/125 micro-informatique et 85/125 vidéocommunication.

- **monomode** (50 Ghz.km)

cœur Ø $\approx 10\mu\text{m}$ $\Rightarrow$ chemin de propagation pratiquement direct.

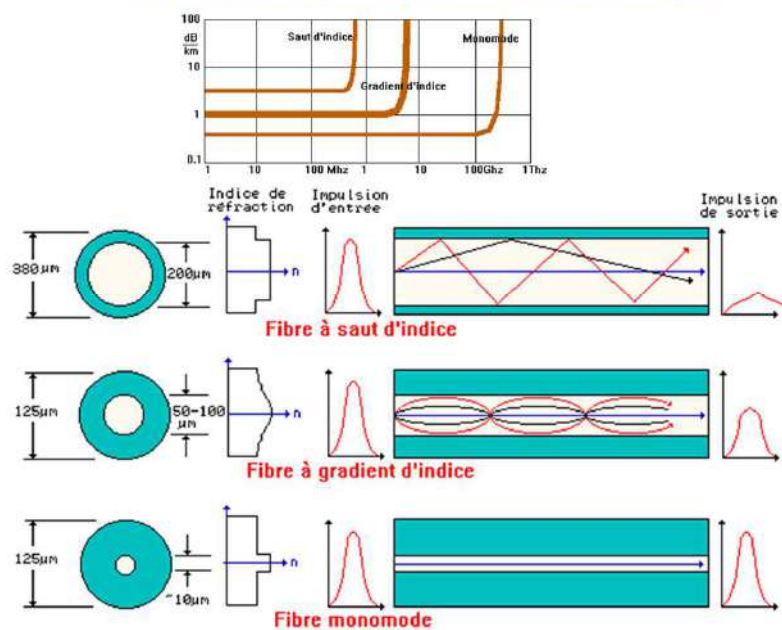
bande passante transmise $> 10\text{Ghz/km}$.

Grande distance

$\rightarrow$ Processus de fabrication délicat

13

Introduction aux réseaux informatiques



14

Introduction aux réseaux informatiques

Fibre optique : Avantages

- Bande passante $\approx$ GHz/km;
- Faible affaiblissement $\approx$ 1dB/km;
- Plusieurs dizaines de km entre amplificateurs;
- Insensible aux perturbations électromagnétiques;
- Taux d'erreur très faible;
- Utilisation dans des environnements difficiles (variation de température...);
- Matière première bon marché;
- Légèreté, faible volume $\Rightarrow$ Tronçons longs constitués de plusieurs fibres;
- Possibilité de multiplexage en longueur d'onde.

Introduction aux réseaux informatiques

Fibre optique : Inconvénients

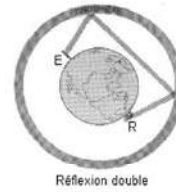
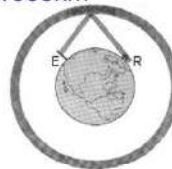
- Raccordements (épissures optiques), délicats à réaliser sur le terrain, introduisent un affaiblissement d'environ 1dB.
- Les dérivations ne peuvent également s'effectuer qu'au prix d'une perte de puissance importante (limitation de l'utilisation de la fibre optique pour la diffusion).
- Les régénérateurs ou répéteurs, comportent un photo détecteur, un amplificateur électronique et une source lumineuse: l'amplification optique, la commutation optique restent des sujets de recherche.

Introduction aux réseaux informatiques

Les faisceaux hertziens

Transmission terrestre

portée : 50 à 1000km



Transmission satellitaire

- géostationnaire (36000 km) ou à défilement (800 km)

Visibilité directe : perturbation atmosphérique

Guide d'onde :

- modulation par transposition en fréquence
- très grande largeur de bande : plusieurs Ghz

Diffusion naturelle.

Autres longueurs d'ondes : infrarouge (directivité)

Introduction aux réseaux informatiques

Caractéristiques de la transmission

Type de communication de la liaison

Unidirectionnelle : Système d'acquisition de données

→ **simplex**

Bidirectionnelle à l'alternat Talky Walky

→ **half duplex**

Bidirectionnelle

→ **full duplex**

18

Introduction aux réseaux informatiques

Mode de connexion

mode point-à-point (bi-point) :

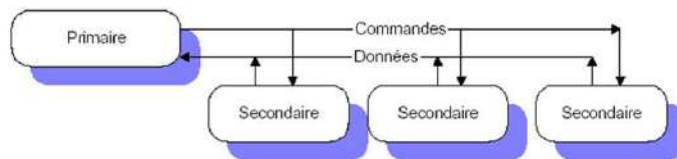
Les Équipements sont interconnectés directement via un même et unique support de communication.



Nécessite des équipements intermédiaires d'interconnexion.

mode multipoint :

Partagent d'un support unique : les informations envoyées par l'émetteur reçues par les autres équipements.



Comment gérer l'accès au support et identifier le destinataire ?

19

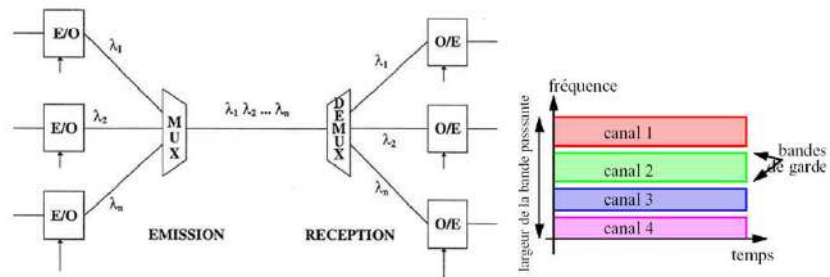
Le multiplexage est une réponse à cette question.

Introduction aux réseaux informatiques

Multiplexage = partager une ligne de transmission entre plusieurs communications simultanées.

Multiplexage Fréquentiel (FDMA : "Frequency division multiple access")

- . répartition en fréquence,
- . adapté aux transmissions analogiques.



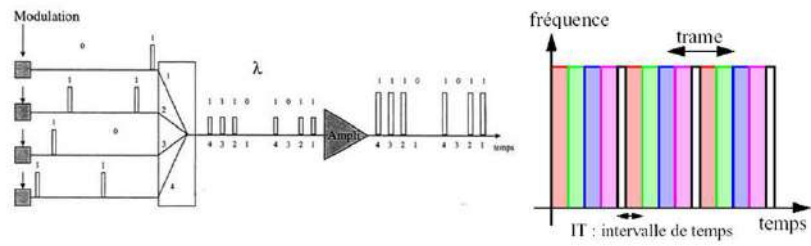
20

Le multiplexage consiste à partager une ligne de transmission entre plusieurs communications simultanées.

Introduction aux réseaux informatiques

Multiplexage Temporel (TDMA : "Time division multiple access"):

- répartition en temps,
- plus souple/adaptatif,
- s'applique aux données numériques.



Introduction aux réseaux informatiques

Multiplexage temporel

Statique :

accès réservé - périodique.

un **I**ntervalle de **T**emps est implicitement et périodiquement réservé pour chaque canal

une trame est formée d'**IT**, un **IT** au moins est attribué par canal.

ex : MIC (modulation par impulsions codées)

. une trame de 30+2 octets toutes les 125 μ s

. canal = 1 octet toutes les 125 μ s

Dynamique :

multiplexage adaptatif, nombre d'IT attribués à un canal est fonction de la demande.

identification IT/canal est souvent explicite.

Méthode d'accès : souple, employée par les réseaux locaux

Risque de collisions !

22

Le multiplexage statistique améliore le multiplexage temporel en n'attribuant la voie haute vitesse qu'aux

Voies basses vitesses qui ont une information à transmettre. Les silences ne sont donc pas transmis.

Cette technique implantée dans les concentrateurs améliore le débit global de transmission.

Une autre technique employée pour la transmission est la commutation.

Introduction aux réseaux informatiques

Techniques de commutation

La commutation est nécessaire lorsqu'une communication emprunte successivement plusieurs liaisons. Les équipements intermédiaires associent une liaison (entrante) à une autre liaison (sortante) parmi celles disponibles.

Trois grandes techniques de commutation :

Commutation de circuits (analogique) :

Commutation de messages (numérique) :

Commutation de paquets (numérique) :

23

Commutation de circuits (analogique) :

l'ensemble des liaisons (le circuit) utilisées est réservé à la communication pendant toute sa durée.

Commutation de messages (numérique) :

la communication est constituée de messages. Une liaison n'est utilisée par une communication que pendant les périodes de transmission de ces messages. D'autres communications peuvent partager simultanément les mêmes liaisons.

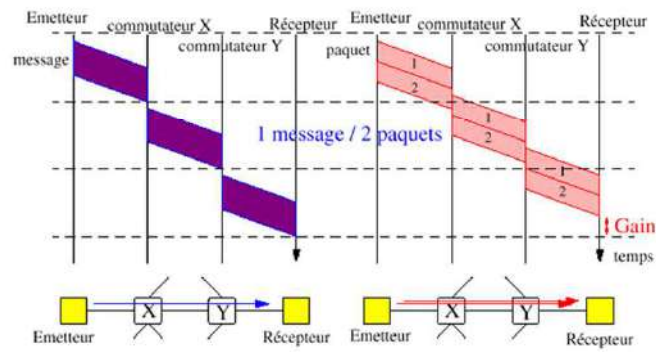
Commutation de paquets (numérique) :

Les messages sont constitués d'une succession de paquets dont la taille est parfaitement adaptée à la transmission.

Introduction aux réseaux informatiques

Optimisation

Parallélisation du traitement grâce aux différents équipements intermédiaires
dépend du nombre d'équipements intermédiaires



Exercice transparent suivant

Introduction aux réseaux informatiques

Comparaison de la commutation de message à la commutation de paquets.

Calculer et comparer :

Le temps de transfert d'un message de taille M bits entre deux points d'extrémités du réseau et

Le temps de transfert pour ce même message découpé en P paquets identiques.

Le réseau considéré est constitué de N liens identiques (ou $n-1$ nœuds).

Paramètres :

- M : Taille du message en bits - D : Débit en bit/s, caractéristique d'un lien - V_p : la vitesse de propagation caractéristique d'un lien
- N : Nombre liens - L : Longueur d'un lien - T_p : Temps mis par un paquet pour traverser un lien.
- P : Nombre de paquets constituant le message.

Hypothèses :

Temps de traitement au niveau d'un nœud est négligeable. Un message ou paquet est intégralement reçu avant retransmission sur le lien suivant.

Application à un réseau constitué de 3 nœuds (4 liens) avec un message de 10 Go, des paquets de 1 Mo et des débits de :

- a) 100 Mbits/s
- b) 2,5 Gbits/s

Quelques Données :

Câble de Type Cat 5 (Dépasse en exigence la norme EIA/TIA 68)

Débit 100 Mbits/s pour 100 Base T.

Vitesse nominale de propagation (NVP) : 69 qui correspond à 69% de 300 000 km/s ; Impédances : 100 Ω ; Capacitance : 46 pF/m ; Temps de propagation < 535 ns/100m

Fibre optique : $V_p = C/n$; n indice de réfraction avec $n = 1,5$; Débit sur une fibre 2,5 Gb/s.

Introduction aux réseaux informatiques

Grandeurs caractéristiques

Débit (bit/s)

Kbit/s → Gbit/s

Débit nominal (brut) =

vitesse de transmission du support

Débit utile =

débit nominal moins débit affecté au contrôle

de la liaison

RTC

Ethernet : 10, 100 Mbit/s 1Gbit/s, ... ;

Token Ring : 1, 4, 16 Mbit/s;

FDDI : > 100 Mbit/s

Délai (s)

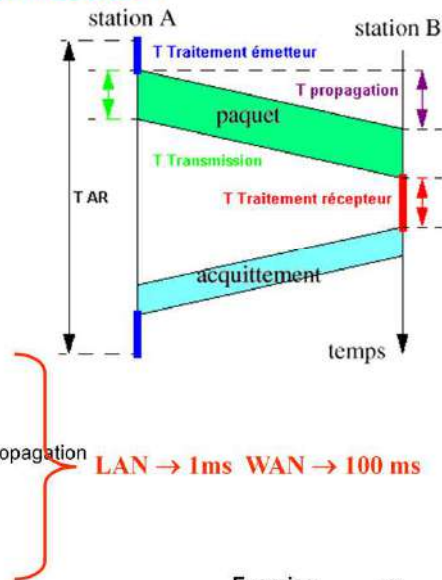
Délai de propagation

éloignement, équipements intermédiaires, vitesse de propagation

Durée de transmission

quantité de données, débit

Temps aller-retour



Exercice

26

Introduction aux réseaux informatiques

Taux d'erreurs (BER "Bit error rate")

→ Probabilité qu'un bit soit erroné pendant la transmission

→ Dépend de la qualité de la transmission, de la charge du réseau, ...

10^{-3} = mauvaise liaison

10^{-13} = réseau de faible étendue avec un support de très bonne qualité.

Autres

Taux d'erreurs du message; taux d'établissement de la connexion

Taux de disponibilité : MTBF ("Mean Time Between Failure")

IT = Intervalle entre deux pannes, N_{IT} Nbre Intervalles; P_i = Panne i; N_P : Nbre Intervalles

Temps moyen de bon fonctionnement $MTBF = \sum IT_i / N_{IT}$

Temps moyen entre toutes les réparations $MTTR = \sum P_i / N_P$

Disponibilité (Availability) $A = MTBF / (MTBF + MTTR) \Rightarrow I = 1 - A$

Série : $A_T = \pi A_i$

Parallèle $I_T = \pi I_i = \pi (1 - A_i)$

schéma Exercice 27

Introduction aux réseaux informatiques

Critères	Bus interne	Réseau local	Réseau d'interconnexion
Utilisation	personnelle (machine)	entreprise (bâtiment)	national (international)
Mode de commutation	sans	sans	par paquets (équipement intermédiaire)
Type de transmission	parallèle	série	série
Etendue	≈ 10 m	≈ 1 km	≈ 10000 Km
Débit			
Délai	≈ 1ns	≈ 1 ms	≈ 100 ms
Taux d'erreurs (BER)		≈ 10^{-10}	≈ 10^{-6}

28

BER

1. **(Bit error rate) Taux d'erreur sur les bits.** Proportion de bits erronés sur le nombre de bits reçus.

2. **Règles d'encodage simple.** Règles d'encodage d'unités de données décrites dans la norme ISO ASN 1.

Introduction aux réseaux informatiques

Historique et Quelques infrastructures françaises de télécommunication

Transpac (78) : [quantité de données]

Réseau de données à commutation de paquets - 2,4 Kbit/s à 2 Mbit/s, norme X25.

Numéris (90) : [durée]

Réseau à intégration de service (données informatiques + téléphone numérique)
2 canaux B à 64 Kbit/s et canal D16 Kbit/s), norme (HDLC) LAB-D

Transfix : [forfaitaire]

liaisons numériques (jusqu'à 2 Mbit/s)

LS : [forfaitaire] liaisons (analogiques) spécialisées + modem

RTC : [durée] (jusqu'à 38 Kbit/s)

Technologies → ATM, Frame Relay, MPLS

Fournisseurs → FranceTelecom, AT&T

29

ATM : (Asynchronous Transfer Mode) mode de transfert asynchrone.

Norme internationale de relais de cellules selon laquelle divers types de services

(tels que des signaux vocaux, vidéo ou de données) sont acheminés dans des

cellules de longueur fixe (53 octets). Les cellules de longueur fixe permettent

au traitement d'avoir lieu au niveau matériel, réduisant ainsi les délais d'acheminement.

Le mode ATM est conçu pour tirer parti des médias de transmission à haut débit, tels que E3, SONET et T3.

MPLS : MultiProtocol Label Switching est un mécanisme de transport de données basé sur la commutation d'étiquettes ou "labels". La notion d'étiquette provient du fait que les labels sont insérés à l'entrée du réseau MPLS et retirés à sa sortie.