



HAUTE ECOLE DE BRUXELLES
Catégories Economique et Technique
Rue Royale 67 - 1000 Bruxelles
☎: 02/219.15.46 - 📠: 02/219.48.47
✉: esi@heb.be



heb

haute école de bruxelles

Introduction réseaux et Télécommunications

Résumé

1^{ère} année



Jeyminee



2009 - 2010

Chapitre 1 : Introduction

Objets des télécommunications

Les progrès réalisés dans le traitement du signal ont autorisé la banalisation des flux de données et la convergence des techniques. Cette convergence implique de la part des professionnels une adaptation permanente.

On peut distinguer quatre étapes dans l'évolution du réseau de données et du réseau téléphonique :

- chaque système dispose de son propre réseau
- la voix est numérisée
- la voix est « paquetisée », permettant ainsi un traitement de bout en bout identique pour les deux flux
- la voix et la donnée peuvent, non seulement cohabiter sur un même réseau, mais collaborer dans les applications informatiques finales

Cependant, quelle que soit la complexité du système, le principe reste toujours le même : il faut assurer un transfert fiable d'information d'une entité communicante A vers une entité communicante B.

Ce qui nécessite :

- des données traduites dans une forme compréhensible par les calculateurs,
- un lien entre les entités communicantes, que ce lien soit un simple support ou un réseau de transport,
- la définition d'un mode d'échange des données,
- la réalisation d'un système d'adaptation entre les calculateurs et le support,
- un protocole d'échange.

Normalisation

La normalisation peut être vue comme un ensemble de règles destinées à satisfaire un besoin de manière similaire. La normalisation dans un domaine technique assure une réduction des coûts d'étude, la rationalisation de la fabrication et garantit un marché plus vaste. Pour le consommateur, la normalisation est une garantie d'interfonctionnement, d'indépendance vis-à-vis d'un fournisseur et de pérennité des investissements.

Chapitre 2 : L'information et sa représentation

Généralités

Les flux d'informations

L'acheminement, dans un même réseau, d'informations aussi différentes que les données informatiques, la voix ou la vidéo implique que chacune de ces catégories d'information ait une représentation identique vis-à-vis du système de transmission et que le réseau puisse prendre en compte les contraintes spécifiques à chaque type de flux d'information.

Afin de qualifier ces différents flux vis-à-vis du système de transmission, nous définirons succinctement les caractéristiques essentielles d'un réseau de transmission.

Caractéristiques des réseaux de transmission

Notion de bit binaire

Les systèmes de traitement de l'information emploient une logique à deux états ou binaire. L'opération qui consiste à transformer les données en éléments binaires s'appelle le codage ou numérisation selon le type d'information à transformer.

On appelle débit binaire (D) le nombre d'éléments binaires, ou nombre de bits, émis sur le support de transmission pendant une unité de temps. C'est l'une des caractéristiques essentielles d'un système de transmission. Le débit binaire s'exprime par la relation : $D = V/t$

Autres notions

Débit binaire : $D = V / t$ (bps)

Rapport signal sur bruit : S/N (db)

Taux d'erreur : $T_e = N_{bE} / N_{bT}$

Temps de transfert : t_r

Notion de spectre du signal : analyse de Fourier

Représentation de l'information

Les différents types d'information

Les informations transmises peuvent être réparties en deux grandes catégories. On distingue :

- Les données discrètes : assemblage d'une suite d'éléments indépendants les uns des autres (suite discontinue de valeurs) et dénombrables (ensemble fini). Par exemple, un texte est une association de mots eux-mêmes composés de lettres (symboles élémentaires).
- Les données continues ou analogiques : elles résultent de la variation continue d'un phénomène physique : température, voix, image... Un capteur fournit une tension électrique proportionnelle à l'amplitude du phénomène physique analysé : signal analogique (signal qui varie de manière analogue au phénomène physique). Un signal analogique peut prendre une infinité de valeurs dans un intervalle déterminé (bornes).

Codage des informations

Définitions

Coder l'information consiste à faire correspondre (bijection) à chaque symbole d'un alphabet (élément à coder) une représentation binaire (mot code).

Différents type de code

Le codage des différents états d'un système peut s'envisager selon deux approches. La première, la plus simple, considère que chacun des états du système est équiprobable. La seconde prend en compte la fréquence d'apparition d'un état. Cette approche conduit à définir deux types de code : les codes de longueur fixe et les codes de longueur variable.

Les codes de longueur fixe

Chaque état du système est codé par un certain nombre de bits, appelé longueur du code, longueur du mot code ou encore code à n moments. Avec n bits on code 2^n états

Nombre d'états = puissance lexicographique

$$P = 2^n$$

Nombre de bits pour coder P symboles

$$2^{(n-1)} < P \leq 2^n \rightarrow n = \log_2 P$$

Exemple : Baudot(5), ASCII (7/8), Ebclic (8), UNICODE(16)

Les codes de longueur variable

Lorsque les états du système ne sont pas équiprobables, la quantité d'information apportée par la connaissance d'un état est d'autant plus grande que cet état a une faible probabilité de se réaliser. La quantité moyenne d'information apportée par la connaissance d'un état est appelée entropie.

L'entropie représente la longueur optimale du codage des symboles du système.

$$H = \sum_{i=1}^{i=n} p_i \log_2 \frac{1}{p_i}$$

Le codage Huffman :

Construire l'arbre et attribuer 0 aux branches basses et 1 aux hautes.

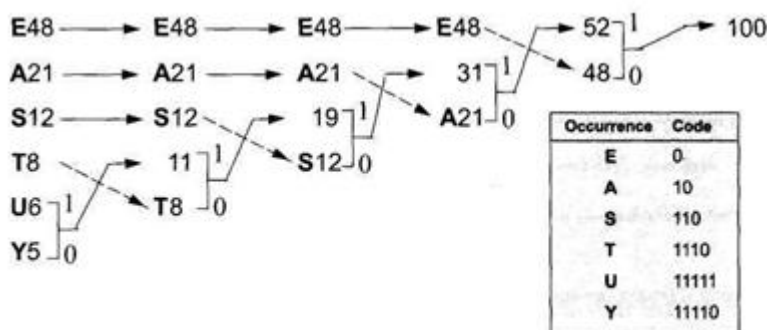


Figure 2.6 Arbre d'Huffman.

Numérisation des informations

Principe

Numériser une grandeur analogique consiste à transformer la suite continue de valeurs en une suite discrète et finie. À cet effet, on prélève, à des instants significatifs (période d'échantillonnage), un échantillon du signal et on exprime son amplitude par rapport à une échelle finie (quantification).

Pour reproduire correctement le signal à l'arrivée, le récepteur doit disposer d'un minimum d'échantillons. Il existe donc une relation étroite entre la fréquence maximale des variations du signal à discrétiser et le nombre d'échantillons à prélever.

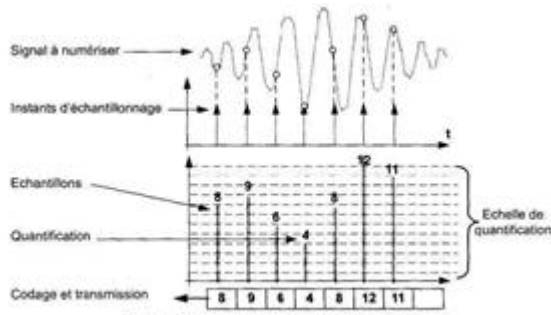


Figure 2.7 Numérisation d'un signal analogique.

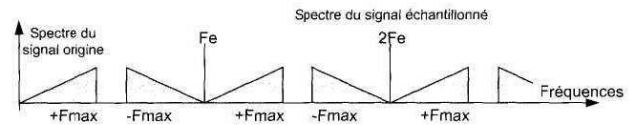


Figure 2.8 Spectre d'échantillonnage.

Soit un signal dont le spectre est limité et vaut F_{\max} (borne supérieure), Shannon a montré que si F_e est la fréquence d'échantillonnage, le spectre du signal échantillonné est le double de F_{\max} et est centré autour de $F_e, 2F_e, \dots, nF_e$. Par conséquent, pour éviter tout recouvrement de spectre, le signal à échantillonner doit être borné (filtre) à une fréquence supérieure telle que F_{\max} soit inférieure à la moitié de l'intervalle d'écartement des spectres (F_e).

$$F_{\text{échantillon}} \geq 2 \cdot F_{\max \text{ du signal}}$$

Application : la voix

Un canal téléphonique utilise une plage de fréquence ou Bande Passante (BP) allant de 300 Hz à 3 400 Hz. Si on prend 4 000 Hz comme fréquence maximale à reproduire, la fréquence d'échantillonnage minimale est de 8.000 Hz

Soit 8 000 échantillons par seconde, ce qui correspond, pour chaque échantillon à une durée de 125 (ms) (1/8 000). Pour une restitution correcte (dynamique et rapport signal à bruit), la voix devrait être quantifiée sur 12 bits (4 096 niveaux).

Les contraintes de transmission en rapport avec le débit conduisent à réduire cette bande. L'utilisation d'une loi quantification logarithmique permet de ramener la représentation numérique de la voix à 8 bits. Ce qui correspond à un débit de 64 000 bit/s. Ce choix correspond à celui du RN IS (Réseau Numérique à Intégration de Service ou ISDN, Integrated Service Digital Network) qui utilise des voies à 64 kbit/s.

Application : la vidéo

Une image colorée peut être analysée selon 3 couleurs dites primaires de longueur d'onde (λ) déterminée. Pour reconstituer l'image d'origine, il suffit de superposer les trois images, c'est la synthèse additive.

Chaque point de l'image est représenté par deux grandeurs, la luminance et la chrominance. La chrominance, ou information de couleur, est le résultat de la superposition de trois couleurs dites primaires. Ces deux grandeurs sont reliées entre elles par la relation :

$$Y = 0,3R + 0,59V + 0,11B$$

L'image est dite RVB, du nom des trois couleurs primaires Rouge, Vert, Bleu. En télévision, pour assurer la compatibilité avec les téléviseurs monochromes, il nous faut transmettre, en plus des informations de chrominance, les informations de luminance (échelle des gris).

Pour une télévision aux standard européen : sachant que l'on code la couleur sur 8 bits, qu'il y a 1440 infos par lignes et 576 lignes ; cela nous fait 6 635 520 bits par images. A du 25Hz le débit minimum est de 166M bit/s.

Ce débit est actuellement difficilement réalisable sur les supports de transmission courants. Pour effectuer correctement une transmission d'images animées numérisées, on utilise des techniques particulières de quantification et de compression

La compression des données

Généralités

Le but de la compression est de réduire la longueur du message sans en altérer le contenu (la sémantique).

Les techniques de compression se répartissent en deux familles : les algorithmes réversibles ou sans perte et les algorithmes irréversibles dits avec perte. Les premiers restituent à l'identique les données originelles. Ils s'appliquent aux données informatiques. Le taux de compression obtenu est voisin de 2. Les seconds, dits aussi codes à réduction de bande, autorisent des taux de compression pouvant atteindre plusieurs centaines au détriment de la fidélité de restitution. Utilisés pour la voix et l'image, ils s'apparentent plus à des procédés de codage qu'à des techniques de compression.

Quantification de la compression

La compression se quantifie selon trois grandeurs : le quotient de compression, le taux de compression, et le gain de compression.

La compression sans perte

Compression d'un ensemble fini de symboles équiprobables

Quand le nombre de symboles appartient à un ensemble fini, par exemple un catalogue de produits, on peut substituer au symbole un code (référence du produit, code d'erreur...). Cette technique appartient à l'organisation des données.

La compression de symboles non équiprobables

Le RLE

Le Run Length Encoding (RLE) qui consiste à remplacer une suite de caractères identiques par le nombre d'occurrences de ce caractère, on obtient des séquences du type : Échappement/Nombre/Caractère, par exemple la séquence @ 10A peut signifier, 10 A consécutifs. Ce codage, peu efficace, pour le texte est utilisé pour compresser les images et les fichiers binaires, notamment par MacPaint(Apple).

Le code Huffman

Le codage d'Huffman ou codage d'entropie substitue à un code de longueur fixe un code de longueur variable. Nécessitant une lecture préalable du fichier et l'envoi du dictionnaire de codage, le code de Huffman est peu efficace. Utilisé en télécopie G3, le code de Huffman modifié (HM) associe, à partir d'un dictionnaire préconstitué, un mot binaire à une séquence de points.

Le code par substitution

Le codage par substitution remplace une séquence de caractères prédéfinie par un code. Le dictionnaire nécessaire au codage et au décodage est construit dynamiquement. Non transmis il est reconstitué en réception. Connu sous le nom de Lempel-Ziv-Welch (LZW), il est utilisé dans les utilitaires de compression PKZIP, ARJ et dans les modems (V.42bis).

Notion de qualité de service

Contraintes de transmission des flux numériques

Les communications traitent des flux numériques et non des informations. Cependant, selon le type de données les contraintes en termes de débit (volume), de temporalité (temps de transfert et variation de celui-ci) et fiabilité (taux d'erreur) diffèrent.

Ainsi, un transfert de fichier est défini par un flux binaire constant, il requiert un débit relativement important et est très peu sensible au temps de transmission. Plus exigeante en termes de temps de transfert (interactivité), les applications informatiques de type conversationnel sont caractérisées par la sporadicité des flux qu'elles soumettent au système de transmission.

Moins sensible aux erreurs, la voix et la vidéo ont des exigences strictes en matière de débit (débit minimal garanti), de temps de transfert et surtout de récurrence temporelle (gigue).

Chapitre 3 : Transmission des données

Transporter de l'information d'un point à un autre nécessite que soit établie une série de conventions concernant la représentation logique des données, les paramètres physiques de la transmission (niveau électrique, rythme de l'émission...) et le mode de contrôle de l'échange. Cet ensemble de conventions constitue le protocole de transmission, il qualifie une transmission et définit ses possibilités d'emploi.

Modes de contrôle de l'échange

Selon l'organisation des échanges

La transmission d'information entre deux correspondants peut être unidirectionnelle (l'échange n'a lieu dans une seule direction), on parle alors de **liaison simplex** (figure 3.1). Chaque correspondant ne remplit qu'une fonction, il est émetteur (source) ou récepteur (puits ou collecteur).

Si les correspondants peuvent, alternativement, remplir les fonctions d'émetteur et de récepteur, la liaison est dite : liaison à l'**alternat** ou **halfduplex**. Le temps mis par les systèmes pour passer d'une fonction à l'autre est appelé temps de retournement. Ce temps peut être important, jusqu'à 1/3 de seconde.

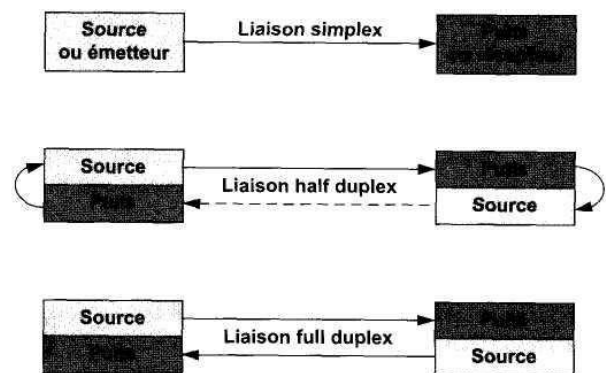


Figure 3.1 Organisation des échanges.

Lorsque l'échange peut s'effectuer simultanément dans les deux sens, sur des voies distinctes ou sur la même voie par utilisation de techniques spécifiques comme le multiplexage fréquentiel, la liaison est appelée **bidirectionnelle intégrale** ou **fullduplex**.

Selon le mode de liaison

La liaison point à point

Dans ce mode de liaison chaque correspondant est relié par un lien dédié à un seul autre correspondant. C'est le cas par exemple d'une liaison entre nœuds d'un même réseau ou entre un ordinateur et un terminal (figure 3.2).



Figure 3.2 La relation point à point.

Les liaisons multipoints

Une liaison est dite multipoint lorsqu'un même support est partagé par plusieurs nœuds. Dans ce cas, des conflits d'accès sont inévitables, il est nécessaire d'instaurer une politique d'accès au support. L'ensemble des mécanismes particuliers mis en œuvre, pour assurer le partage de l'accès au support, porte le nom de politique d'accès au canal. On distingue deux modes de contrôle de l'accès selon la manière dont est gérée la politique d'accès : le mode centralisé ou maître/esclave et le mode décentralisé ou d'égal à égal.

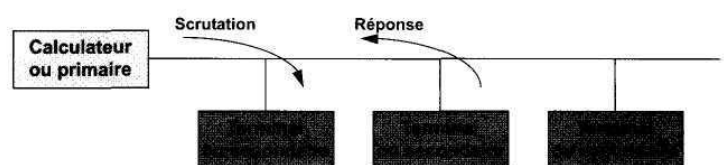


Figure 3.3 La relation maître/esclave.

Le mode d'égal à égal

Dans ce type de configuration, tous les calculateurs sont autorisés à émettre vers n'importe quel autre ordinateur et ce, à tout moment. Cet accès partagé peut donner lieu à des collisions ou contentions de messages (deux stations transmettent en même temps). Mais contrairement à la relation maître/esclave, ici, chaque ordinateur déroule un algorithme pour assurer le partage du support. La politique d'accès est dite décentralisée. Les réseaux locaux constituent un exemple de ce mode de contrôle de l'accès au support.

Modes de transmission

Transmission parallèle, série

Transmission Parallèle

La transmission parallèle (figure 3.6) est caractérisée par un transfert simultané de tous les bits d'un même mot. Elle nécessite autant de conducteurs qu'il y a de bits à transmettre et un conducteur commun (liaison asymétrique) ou autant de paires de fils si la masse n'est pas commune (liaison symétrique).

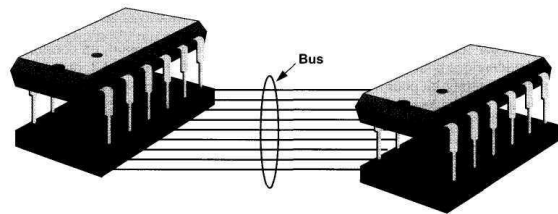


Figure 3.6 La transmission parallèle.

La transmission parallèle est très performante en termes de débit. Elle est utilisée pour des liaisons entre un ordinateur, ses périphériques et ses unités de calcul esclaves.

La transmission parallèle pose de nombreuses difficultés dont les principales sont le rayonnement des conducteurs l'un sur l'autre (diaphonie) et la différence de vitesse de propagation entre les différents conducteurs (**Delay Skew**) qui nécessitent la réalisation d'une électronique coûteuse.

Un coût élevé (nombre de conducteurs) et une distance franchissable limitée par la désynchronisation du train de bits (**Delay Skew**) réservent la transmission parallèle aux liaisons de processeur à processeur ou d'hôte à hôte (ordinateur central). Des techniques apparentées sont mises en œuvre dans les réseaux locaux.

Transmission Série

En transmission série, tous les bits d'un mot ou d'un message sont transmis successivement sur une même ligne.

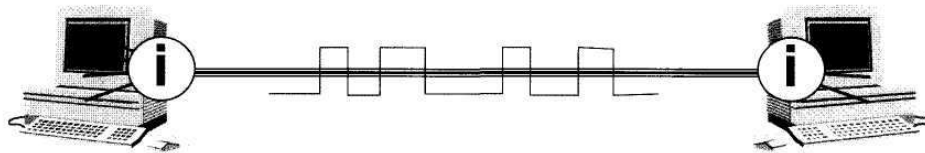


Figure 3.7 Transmission série.

Transmission asynchrone, synchrone

Les bits sont émis sur la ligne à une certaine cadence. Cette cadence est définie par une horloge dite horloge émission. Pour décoder correctement la suite de bits reçue, le récepteur doit examiner ce qui lui arrive à une cadence identique à celle de l'émission des bits sur le support. Les horloges récepteur et émetteur doivent « battre » en harmonie et en phase.

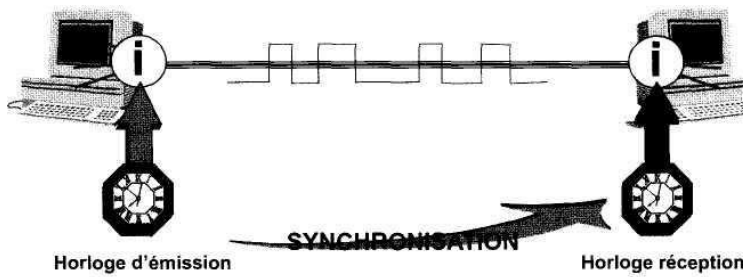
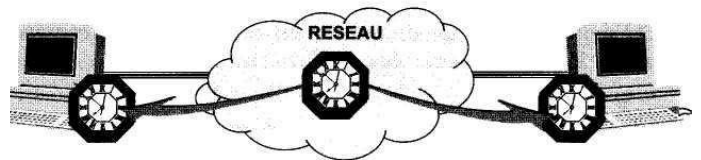


Figure 3.9 Principe de la synchronisation.

Selon le mode de synchronisation de l'horloge du récepteur sur celle de l'émetteur, on distingue deux types de transmission : les transmissions asynchrones et les transmissions synchrones.

Dans les transmissions asynchrones les horloges sont indépendantes ; au contraire, dans les transmissions synchrones on maintient en permanence une relation de phase stricte entre les horloges émission et réception.

Lorsque les systèmes terminaux sont reliés via un réseau de transport, c'est ce dernier qui fournit les horloges de référence.



Notion d'horloge

La synchronisation des différentes horloges mises en œuvre dans les systèmes de transmission est l'une des préoccupations principales des concepteurs de systèmes de transmission. Les dérives d'horloge et, la perte de synchronisation sont les principales causes des pertes de données et des erreurs de transmission dans les réseaux.

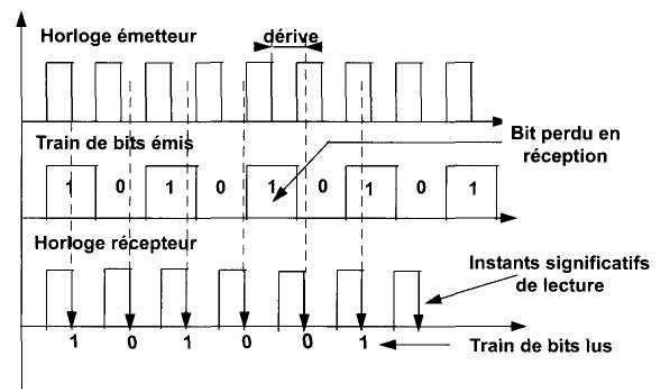


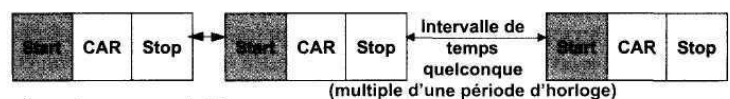
Figure 3.11 La dérive de l'horloge réception occasionne la perte d'un bit.

Transmission Asynchrone

On distingue deux types de protocoles asynchrones :

- **Le mode caractères** : la transmission a lieu caractère par caractère. L'intervalle de temps qui sépare chaque caractère peut être quelconque.
- **Le mode blocs** : les caractères sont rassemblés en blocs. L'intervalle de temps entre l'émission de 2 blocs successifs peut être quelconque.

Asynchrone en mode caractères



Asynchrone en mode blocs



Figure 3.15 Mode caractères et mode blocs.

Transmission Synchrone

En transmission synchrone, la synchronisation des horloges émission et réception est maintenue durant toute la transmission par un signal particulier : le signal de synchronisation. Il est alors possible de transmettre des blocs de taille importante. Cependant, entre chaque bloc transmis, l'horloge réception n'est plus pilotée et dérive. Chaque bloc transmis est par conséquent précédé d'une séquence de synchronisation qui servira aussi à délimiter le début et la fin de bloc. Exemple : BSC, SDLC, HDLC, PPP

Synchronisation 8 bits	Commande 8 bits	Blocs de n caractères de données	Contrôle 8 bits
----------------------------------	---------------------------	---	---------------------------

Figure 3.16 Structure type d'un bloc de données en transmission synchrone.

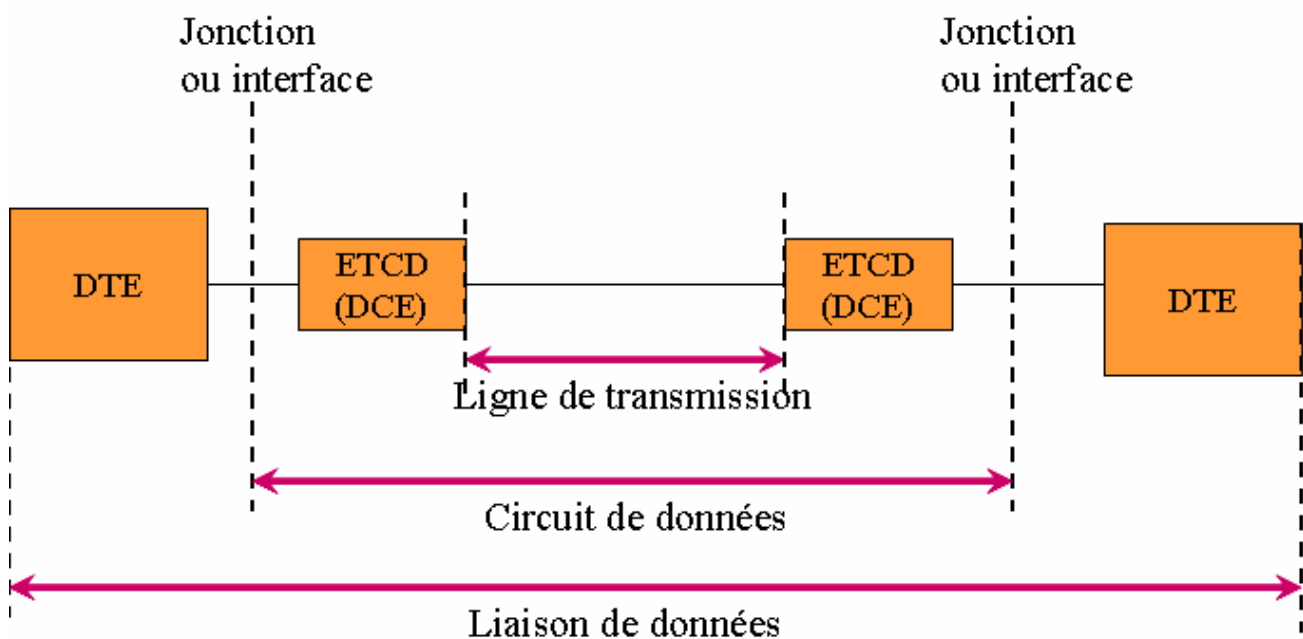
Comparaison Synchrone – Asynchrone

Il n'y a pas de temps de silence entre deux blocs ou deux caractères successifs. L'efficacité d'un protocole est mesurée par le rapport entre le nombre de bits utiles transmis et le nombre de bits réellement transmis. L'efficacité est donnée par la relation : $E = \text{nombre de bits utiles} / \text{transmis}$

Principe d'une liaison de données

Met en œuvre des calculateurs d'extrémité et des éléments d'interconnexion dont les appellations et fonctions sont codifiées.

- Les équipements terminaux ou **ETTD**, Équipement Terminal de Traitement de Données, appelés aussi **DTE** représentant les calculateurs d'extrémité. Ils sont dotés de circuits particuliers pour contrôler les communications. L'ETTD réalise la fonction de contrôle du dialogue.
- Des équipements d'adaptation ou **ETCD**, ou **DCE** réalisent l'adaptation entre les calculateurs d'extrémité et le support de transmission. Cet élément assure un meilleur transport sur la ligne de transmission. Il modifie la nature du signal, mais pas sa signification.
- La jonction constitue l'interface entre ETTD et ETCD, elle permet à l'ETTD de gérer l'ETCD pour assurer le déroulement des communications.
- La ligne de transmission est un élément essentiel de la liaison. Les possibilités de transmission dépendent des caractéristiques physiques et de l'environnement de celui-ci. Le support ou ligne de transmission est un élément essentiel de la liaison. Les possibilités de transmission (débit, taux d'erreur...) dépendent essentiellement des caractéristiques physiques et de l'environnement de celui-ci.



Chapitre 4 : Les supports de transmission

Caractéristiques des supports de transmission

Bande passante et système de transmission

L'impulsion électrique représentative d'un élément binaire est affaiblie et déformée par le système de transmission (figure 4.2).

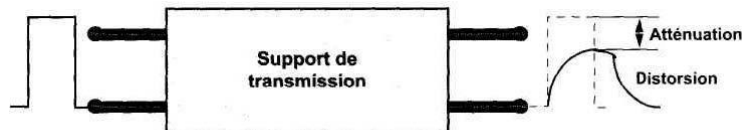


Figure 4.2 Déformation du signal par le support de transmission.

À l'extrémité de la ligne, le récepteur doit identifier et décoder le signal. Cette fonction ne peut valablement être réalisée que si le signal n'a pas été exagérément modifié pendant la transmission. Ces modifications dépendent d'une part de la nature du signal (spectre du signal) et, d'autre part, de la réponse en fréquence du système (bande passante).

Deux paramètres peuvent modifier la forme du signal transmis : l'affaiblissement du a la résistance ohmique et la vitesse de propagation du signal sur le support.

Analyse spectrale

Comme la démontré Fourier, une fonction périodique peut être considérée comme la somme d'une constante et de fonctions sinusoïdales de fréquence égale a celle du signal périodique (fondamental) et multiple de celles-ci (harmoniques). Plus le nombre d'harmoniques utilisées est important, plus le signal reconstitue est proche du signal d'origine.

$$u(t) = 4 U / \pi (\sin \omega t + 1/3 \sin 3\omega t + 1/5 \sin 5\omega t + \dots)$$

Figure 4.3 Décomposition d'un signal carré symétrique par rapport au 0 volt.

Un signal périodique est constitué d'une infinité de signaux sinusoïdaux. Chaque composante peut être représentée par l'énergie qu'elle contient= représentation raie de fréquence. L'ensemble des raies de fréquences constitue le spectre de fréquence du signal. L'espace de fréquence occupé par le spectre est appelé la largeur de bande

Bande passante

On appelle bande passante l'espace de fréquences tel que tout signal appartenant à cet intervalle, ne subisse, au plus, qu'un affaiblissement déterminé par rapport à un niveau de référence.

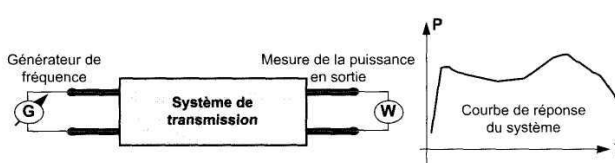


Figure 4.6 Tracé de la bande passante d'un système.

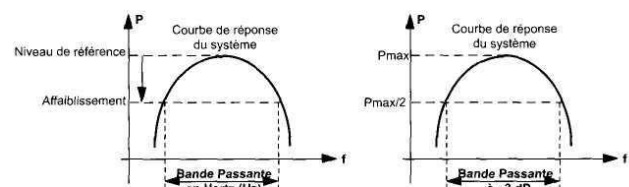


Figure 4.7 Bande passante à -3 dB.

La largeur de bande d'un signal correspond à la bande passante minimale que le système doit posséder pour resituer correctement l'information. La largeur de bande qualifie le signal tandis que la bande passante définit le système.

Les supports guidés

La paire torsadée

Elle est constituée de deux conducteurs identiques torsadés. Les torsades réduisent l'inductance d'une ligne. La paire torsadée est sensible à l'environnement électromagnétique (parasites, proximité de câbles de courants...). L'utilisation de tels câbles est soumise à des contraintes d'installation.

L'immunité aux parasites peut être améliorée en protégeant le faisceau par un écran. Un ruban d'aluminium entourant les paires constitue cet écran contre les perturbations.

Le câble coaxial

Un câble coaxial est constitué de deux conducteurs concentriques maintenus à distance constante par un diélectrique. Le conducteur extérieur, tresse métallique en cuivre recuit appelée blindage, est mis à la terre. L'ensemble est protégé par une gaine isolante. Il possède des caractéristiques électriques supérieures à celles de la paire torsadée. Il autorise des débits plus élevés et moins sensibles aux perturbations électromagnétiques. Le taux d'erreur sur un tel câble est d'environ 10^{-9} . Il a une bonne immunité aux parasites mais est cher et exigeant en contraintes d'installation.

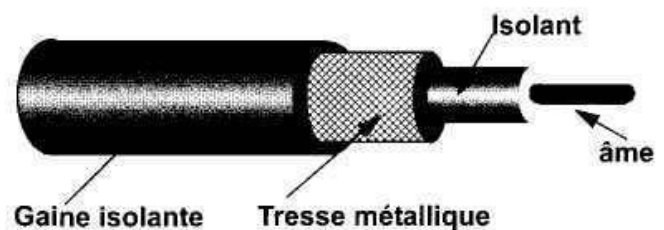


Figure 4.18 Le câble coaxial.

4.2.3 La fibre optique

Principe

Un faisceau de lumière, au passage d'un milieu 1 vers un milieu 2 (dioptré) est réfléchi (retour au milieu d'origine) et est réfracté avec une déviation (passage dans le milieu 2). L'indice de réfraction (n_1, n_2) mesure le rapport entre la vitesse de propagation du rayon lumineux dans le vide et celle dans le milieu considéré, soit : $n = c / v$.

Lorsque l'angle d'incidence augmente, l'énergie réfractée diminue et l'énergie réfléchie augmente. Si on augmente encore l'angle, la réfraction devient nulle et toute l'énergie est réfléchie, réflexion totale. Cette propriété est utilisée pour réaliser des guides de lumière : la fibre optique.

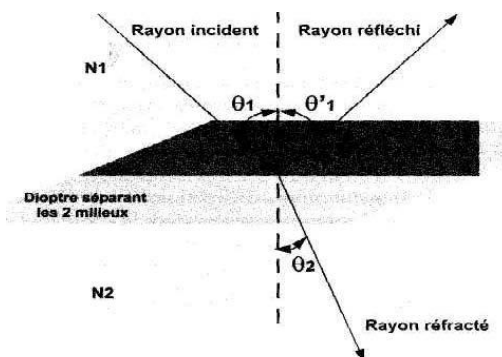


Figure 4.19 La loi de Descartes ($N_1 \sin \theta_1 = N_2 \sin \theta_2$).

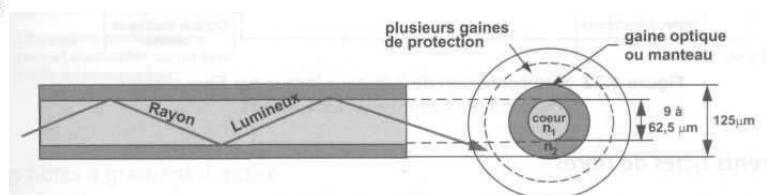


Figure 4.20 La fibre optique : guide de lumière.

Une fibre optique est composée d'un fil de silice appelé cœur, entourée d'une gaine appelée manteau et d'une enveloppe de protection. Un système de transmission par fibre optique met en œuvre : un émetteur de lumière qui transforme les impulsions électriques en lumière. Un récepteur de lumière qui traduit la lumière en signaux électriques.

Les différents types de fibres

La propagation des ondes dans la fibre s'effectue suivant de nombreux modes. Il y a deux modes essentiels : les fibres à saut d'indice (débit MAX de 20 Mbit/s) et les fibres à gradient d'indice dont la bande passante est d'environ pour une fibre de un kilomètre de 50 GHz.

Il y a plusieurs types de fibres : La fibre optique est un support unidirectionnel. Les performances de la fibre optique sont : bande passante, insensibilité aux parasites, faible encombrement et poids, atténuation très faible, vitesse de propagation élevée (monomode), sécurité et légèreté.

- Les fibres multimodes plusieurs rayons lumineux parcourent des trajets différents.
- Les fibres monomodes, un seul rayon lumineux est admis dans la fibre. Largeur de bande de 100 GHz/km

Les liaisons hertziennes

Principe

Un conducteur rectiligne est alimenté en courant à haute fréquence. Ce circuit ou antenne d'émission rayonne une énergie (onde électromagnétique) dépendant de cette fréquence. Cette onde électromagnétique est recueillie par une antenne de réception qui la transforme en courant similaire à celui de départ.

Les ondes électromagnétiques se propagent dans le vide à la vitesse de la lumière. On appelle la longueur d'onde (λ), la distance parcourue pendant une période du phénomène vibratoire.

Elles subissent peu d'affaiblissement, leur mise en œuvre est assez aisée et le coût d'infrastructure généralement faible.

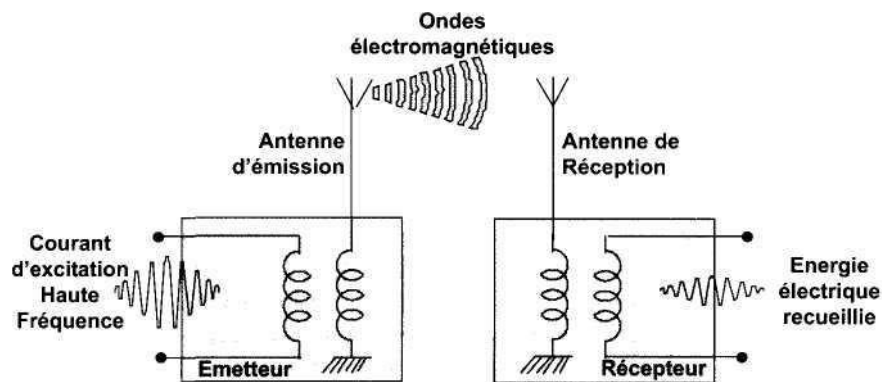


Figure 4.26 Principe d'une liaison radioélectrique.

Les liaisons satellitaires

La nécessité de disposer de stations relais rend difficile la réalisation de liaisons hertziennes à très grande distance. Il existe trois types de satellites :

- Les GEOS (géostationnaires) couvrent une grande partie du monde. Il suffit de 3 satellites pour couvrir la terre. Ils permettent de réaliser des réseaux de diffusion des liaisons point à point et des liaisons hauts débits (500 MHz). Ils sont situés à 36000 Km de la terre.
- Les MEOS : à 1000 Km de nous. Couvrent une plus petite zone. Meilleure bande passante.
- Les LEOS encore plus proches. On les utilisera pour les prochaines générations de GSM (UMTS).

Les liaisons satellitaires ont l'avantage d'avoir un coût moindre pour la diffusion sur de grande distance et un coût indépendant de la distance. Par contre, le délai de transmission est important et comme la liaison est à diffusion, une question de sécurité se pose (chiffrement nécessaire).

Conclusion

Les caractéristiques intrinsèques des supports conditionnent leur limite d'utilisation. Cependant, les progrès importants réalisés par l'électronique numérique reculent de plus en plus ces limites.

Type de liaison	Taux d'erreur	Prix	Distance	Débit	divers
UTP (paire torsadée)	$\sim 10^{-4}$	Peu couteux	Réduit ($\sim 30\text{m}$)	(cat. 5e) jusqu'à 1000Mbits/s	
FTP (paire torsadée écranée)	$\sim 10^{-7}$	Relativement peu couteux	Réduit ($\sim 50\text{m}$)	(cat. 5e) jusqu'à 1000Mbits/s	
STP (paire torsadée blindée)	$\sim 10^{-9}$	Relativement couteux	Réduit ($\sim 100\text{m}$)	(cat. 5e) jusqu'à 1000Mbits/s	Bande passante améliorée
Cable coaxial	$\sim 10^{-9}$	Peu couteux	LAN : 1km CATV : longue distance	100Mbits/s	Difficile à installer
Fibre optique monomodale	10^{-12}	Couteux	Très longue distance (+ 1000km)	2,5Gbits/s (mais problème de protocole)	<ul style="list-style-type: none"> • Diode d'émission • Photodiode de réception • fil de silice
Fibre optique multimodale	10^{-12}	Couteux	Longueur limitée	À faible indice : 50Mbits/s À gradient d'indice : 1Gb/s	
Liaisons hertziennes	Bruit (fort) présent selon l'environnement	peu couteux (si on ne compte pas le prix des infrastructures)	Propagation a vue : limitée à l'horizon par réflexion : très longue distance	155 Mbits/s	Attribution stricte des bandes de fréquence par régions et par application
Liaison lumineuses	Bruit en fonction de l'environnement	Peu couteux (en ne tenant pas compte du prix des infras)	Point-à-point ($\sim 100\text{m}$)	2-10- 16Mbits/s	
Satellite Geostationnaire		Solution peu couteuse pour de grandes distances	Très grande distance	1Gbit/s	3 satellites qui se déplacent à la vitesse de la terre
Satellite Léostationnaire et méostationnaire			Très grande distance	2Gbits/s	Constellation de satellites qui se déplacent plus vite que la terre

Chapitre 5 : Les techniques de transmission

Généralités

Le signal à transmettre devra être adapté au mieux aux contraintes physiques du système de transmission. Deux types d'adaptation ou techniques de transmission sont envisageables :

- La première consiste à modifier légèrement le signal, elle est essentiellement destinée à réduire la composante continue. Cependant, les composantes hautes fréquences étant fortement atténuées, la transmission sera limitée en distance : c'est la transmission en bande de base.
- La seconde translate le spectre du signal à émettre dans une bande de fréquences mieux admise par le système, c'est la transmission large bande.

La transmission en bande de base

Définitions

On a vu que le codage était la représentation d'un symbole de l'alphabet avec une représentation binaire. On désigne par codage en ligne, ou codage en ligne, l'opération qui consiste à substituer au signal numérique (représentation binaire) un signal électrique mieux adapté à la transmission.

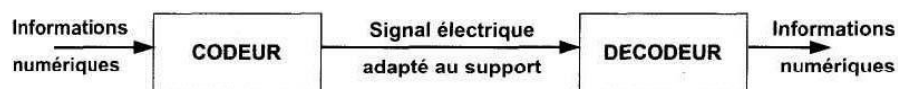


Figure 5.4 Principe du codage en ligne.

L'objectif du transcodage est d'éliminer les composantes continues inutiles, réduire la largeur de bande utilisée et maintenir la synchronisation des horloges.

Les différents types de codes

On utilise essentiellement trois types de codes :

- Codage des 1 ET des 0 (Manchester)
- Codage des 1 OU des 0
- Codages nBmB (substituent à un ensemble de nbits un autre ensemble de mbits)

Code NRZ (No Return to Zero)

En symétrisant le signal par rapport au potentiel de référence (0 volt), on diminue la composante continue. Pour cela, on représente les 1 (ou les 0) par une valeur $+V$ et les 0 (ou les 1) par $-V$. Ce codage élémentaire connu sous le nom de code NRZ (No Return to Zéro, non-retour à zéro) est à la base de tous les codes (figure 5.5). Cependant, le spectre de ce signal est relativement large. Il présente un maximum de puissance à la fréquence zéro, ce qui correspond à une composante continue importante.

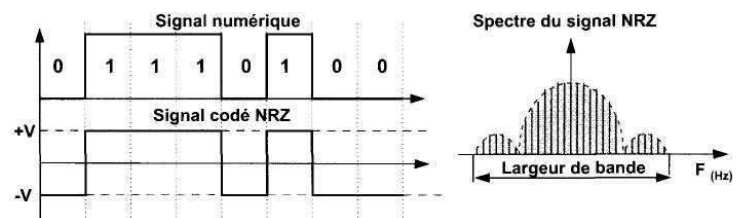


Figure 5.5 Le signal NRZ.

Code Manchester

Avec une transition au milieu de chaque temps bit, le codage Manchester remédie à l'absence d'information de synchronisation. La transition est croissante pour les 0, décroissante pour les 1. Le sens des transitions est significatif, ce qui pose des problèmes en cas d'inversion des fils de liaison.

Multipliant les transitions, le codage Manchester à un spectre très large, il est utilisé dans les réseaux locaux de type Ethernet sur câble coaxial. La bande passante du support y est importante et gratuite et l'inversion de fils impossible.

Le codage Manchester différentiel (figure 5.7) résout le problème d'inversion des conducteurs. Chaque transition, au milieu du temps bit, est codée par rapport à la précédente. Si le bit à coder vaut zéro la transition est de même sens que la précédente ($\Delta p = 0$), si le bit est à 1 on inverse le sens de la transition par rapport à celui de la précédente ($\Delta p = \pi$). Ce codage résout la plupart des problèmes posés, mais son spectre est relativement large. Il est utilisé dans les réseaux locaux de type Token Ring.

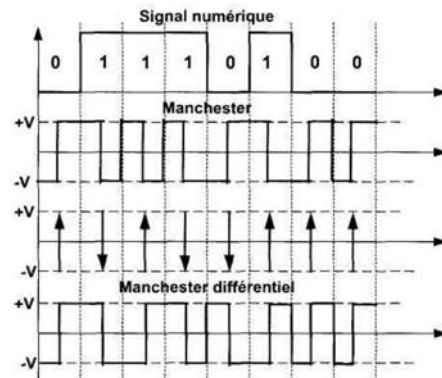


Figure 5.7 Code Manchester différentiel.

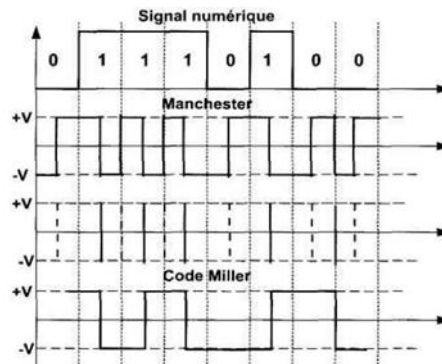


Figure 5.8 Code de Miller.

Code Miller

Pour réduire le spectre on peut, à partir du Manchester simple, supprimer une transition sur deux, que celle-ci soit ou non significative, on obtient alors le code dit Delay Mode ou Miller (figure 5.8). En appliquant cette règle, on constate que les 1 ont une transition au milieu du temps bit et les 0 pas de transition. Mais un 0 suivi d'un 1 a une transition en fin du temps bit.

Code bipolaire

Une réduction encore plus significative du spectre peut être obtenue en ne codant qu'un type de bit (par exemple les 1) et en alternant leur polarité pour éliminer la composante continue. Cependant, lors de longues séquences de 0, ou de 1, il n'y a pas de transition (risque de perte de l'horloge) ce code est appelé code bipolaire.

Code nBmB

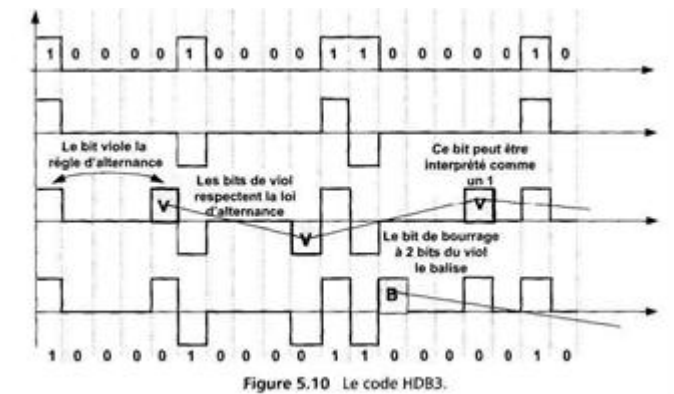
La troisième catégorie de code, dit nBmB avec $m > n$, est utilisée dans les réseaux à hauts débits. Dans ces codes, on substitue à une combinaison binaire de n bits une autre combinaison de m bits.

Le choix de 2^n valeurs parmi 2^m permet de résoudre facilement les problèmes de composante continue, de largeur de spectre et parfois autorisent une autocorrection. Les combinaisons binaires sont choisies de telle manière qu'au moins une transition soit assurée pendant un intervalle de temps t dépendant essentiellement de la stabilité de l'horloge de réception.

Code HDBn

Pour éviter de longues séquences sans transition (suite de 0), les codes HDBn (Haute Densité Binaire d'ordre n) sont des codes bipolaires dans lesquels, si le bit de rang n + 1 est à zéro, on le remplace par un bit particulier. Ce bit, sans signification numérique (bit électrique), viole la loi d'alternance des bits (bit de viol). Ce viol de polarité permet de le distinguer des bits significatifs.

Pour respecter la loi d'alternance du codage (composante continue à zéro), les bits de viol doivent alternativement être inversés (comme les bits à 1). De ce fait, les bits de viol peuvent ne plus être en viol par rapport au dernier bit à 1. Dans ce cas, pour éviter la confusion, on introduit un bit supplémentaire, dit bit de bourrage, qui rétablit le viol. Ainsi, en HDB3, les séquences de 4 bits à zéro successifs peuvent être codées : B00V ou 000V (V signifiant Viol et B Bourrage). HDB3 est utilisé dans les liaisons spécialisées louées, une représentation en est donnée figure 5.10.



	Avantages	Inconvénients
NRZ	<ul style="list-style-type: none">• Base de tous les codes en bande de base	<ul style="list-style-type: none">• Spectre large• perte de synchronisation si longue série de 1 ou de 0• Composante continue encore importante
Manchester	<ul style="list-style-type: none">• Augmente l'information de synchronisation	<ul style="list-style-type: none">• Spectre plus large• Problème d'inversion des fils
Manchester différentiel	<ul style="list-style-type: none">• Règle le problème d'inversion des fils (différence par rapport au précédent quand c'est 1)	<ul style="list-style-type: none">• Spectre plus large
Miller	<ul style="list-style-type: none">• Réduit la largeur de spectre (suppression d'une transition du signal sur 2 par rapport à Manchester)	<ul style="list-style-type: none">• Perte de synchronisation si longue série de 0
Bipolaire	<ul style="list-style-type: none">• Réduction de la largeur de bande (codage d'un seul type de bit – alternance de polarité)	<ul style="list-style-type: none">• Perte de synchronisation si longue série de 0<ul style="list-style-type: none">⇒ Bits de synchro
Bipolaire HDBn		<ul style="list-style-type: none">• Perte de synchronisation si longue suite de 0<ul style="list-style-type: none">⇒ Bit de viol et bit de bourrage
Code nBmB	<ul style="list-style-type: none">• Pas de perte de synchronisation<ul style="list-style-type: none">⇒ Au maximum 3 zéro d'affilé	

Limitation de la transmission en bande de base

La transmission en bande de base est une technique simple à mettre en œuvre, mais elle est limitée par la bande passante du canal de communication et par le rapport signal sur bruit de celui-ci

Critère de Nyquist

L'étalement a pour conséquence que la fin des impulsions transmises se confond avec le début de la suivante, les circuits électroniques ne peuvent alors pas distinguer les 2 impulsions. Il existe une relation étroite entre le nombre maximal de symboles (impulsions électriques) que le système peut admettre et la bande passante de celui-ci.

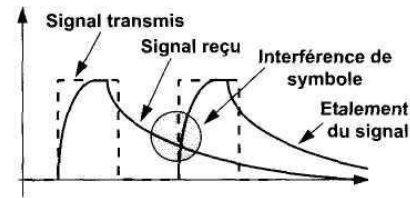


Figure 5.14 L'étalement du signal ne permet plus la récupération d'horloge.

La rapidité de modulation (exprimé en baud) doit donc être inférieure à deux fois la bande passante.

$$v_{\text{mod max}} = 2 * \text{BP (bauds)}$$

Rapidité de modulation et débit binaire

En conclusion, rappelons que l'on peut augmenter les possibilités de débit binaire, sur un canal de transmission donné, en agissant sur :

- la bande passante du canal
- et/ou la valence du signal transporté

$$D_{\text{max}} = v_{\text{mod max}} * Q \text{ (bps)}$$

avec $Q = \log_2 V$

Transmission en milieu bruyant

Les signaux transmis sur un canal peuvent être perturbés par des phénomènes électriques ou électromagnétiques désignés sous le terme générique de bruit. On distingue essentiellement deux types de bruit : le bruit blanc et le bruit impulsionnel.

- Décibel : $S/N_{\text{(db)}} = 10 \log_{10} S/N_{\text{(en val)}}$
- Capacité max de canal selon Shannon : $D_{\text{max}} = 2 \cdot \text{BP} \cdot \log_2 V = \text{BP} \cdot \log_2 (1 + S/N)$
Avec $V = \sqrt{1 + S/N}$

Conclusion

La bande passante ou encore la rapidité de modulation et le rapport signal sur bruit limitent les possibilités de transmission en bande de base. La transmission en bande de base occupe la totalité de la bande passante du canal interdisant l'utilisation des techniques de multiplexage.

La transmission en large bande

Principe

En transmission large bande, le spectre du signal numérique est translaté autour d'une fréquence centrale appelée porteuse.

La translation de spectre résout les deux problèmes posés par la transmission en bande de base : dispersion du spectre (étalement du signal) et la monopolisation du support qui interdit le multiplexage.

Elle est réalisée par un organe appelé modulateur. En réception le signal doit subir une transformation inverse, il est démodulé. Le modem, contraction de modulation/démodulation, est un équipement qui réalise la modulation des signaux en émission et leur démodulation en réception.

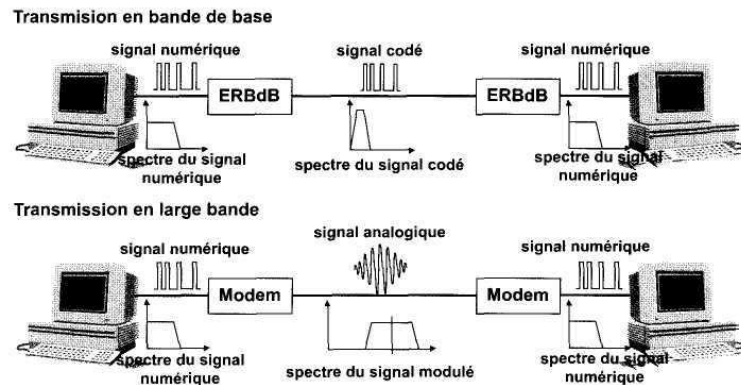


Figure 5.18 Comparaison des modes de transmission.

Type de modulation

La dégradation du signal impulsionnel de la bande de base est rapide, la distance franchissable est limitée à quelques km. Le signal sinusoïdal est plus résistant, d'où l'idée de substituer au signal impulsionnel, un signal sinusoïdal et de modifier l'un de ses paramètres en fonction du signal numérique d'origine : c'est la modulation.

Sur un tel signal, on peut faire varier :

- l'amplitude A_0 , c'est la modulation d'amplitude (ASK, Amplitude Shift Keying) ;
- la fréquence f_0 , c'est la modulation de fréquence (FSK, Frequency Shift Keying) ;
- la phase φ_0 , c'est la modulation de phase (PSK, Phase Shift Keying).

$$u = A_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0) \quad \text{avec} \quad \omega_0 = 2\pi f_0$$

Modulation d'amplitude

L'amplitude étant représentative de l'information, la modulation d'amplitude est très sensible aux bruits parasites, elle n'est pratiquement utilisée qu'en combinaison avec la modulation de phase.

La porteuse, nécessaire à la démodulation, est régénérée par le récepteur.

Modulation de fréquence

Dans ce type de modulation, on associe à une valeur binaire (0,1, ou 01,10...) une fréquence particulière.

La modulation de fréquence est simple à mettre en œuvre, résiste bien aux bruits, mais consomme beaucoup de bande passante.

Modulation de phase

En modulation de phase, on associe une valeur binaire à un signal dont la phase est fixée par rapport à un signal de référence. Dans la figure 5.23, la valeur binaire 1 est associée à un signal en phase avec le signal de référence, et la valeur binaire 0 à un signal déphasé de 180° . La représentation est bivalente : modulation de phase à deux états ou BPSK, Binary Phase Shift Keying.

Si le procédé est simple en émission, il est plus complexe en réception. En effet, il faut reconstituer une porteuse de référence avec une probabilité non nulle d'inversion de phase, donc d'inversion du décodage. Pour cela, dans ces systèmes, une séquence d'initialisation précède l'envoi de données.

Chapitre 6 : Notions de protocoles

On appelle protocole un ensemble de conventions préétablies visant à réaliser un échange fiable de données entre deux entités.

Le protocole de transfert assure la délimitation des blocs de données, le contrôle d'intégrité, l'organisation et le contrôle de l'échange et le contrôle de la liaison.

Délimitations des données

Notion de fanion

En transmission synchrone, un caractère particulier, le fanion, permet de repérer le début et la fin des données transmises. Il délimite les données, permet de maintenir la synchronisation des horloges et permet la synchronisation caractère. Celle-ci permet de traduire le flux de bits en flux d'octets.

Notion de transparence

Protocole orientés caractères

L'utilisation de caractère d'échappement ou de contrôle de l'échange permet de baliser un caractère à protéger.

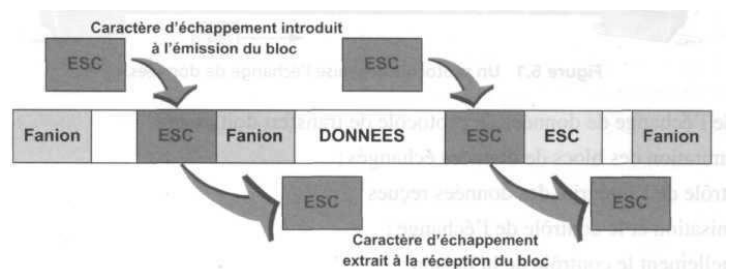


Figure 6.3 Principe de la transparence au caractère.

Protocole orientés bits

Dans ces protocoles, un champ particulier est réservé aux informations de contrôle. Ces protocoles utilisent aussi la technique du bit de bourage.

Protocole haut débit

L'utilisation de codage nBmB permet de délimiter les données.

Contrôles de l'intégrité

Notion d'erreur

Les rayonnements électromagnétiques, les perturbations propres au système peuvent entacher d'erreur les infos transmises. Une liaison est qualifiée par son taux d'erreur appelé BER (bit error rate). Le taux d'erreur est exprimé par : $T_e = \text{nombre de bits erronés} / \text{nombre de bits transmis}$.

La probabilité de recevoir un message erroné augment avec la taille des blocs transmis.

Tout protocole de transmission doit protéger, le destinataire de la délivrance d'un message erroné. La détection d'erreur repose sur l'introduction d'une certaine redondance dans l'info transmise. Il y a 4 techniques pour détecter et corriger les erreurs :

- la détection par écho, le récepteur renvoie le message reçu, s'il est différent de celui émis, l'émetteur retransmet le message
- la détection par répétition, chaque message émis est suivi de la réplique. Si les 2 messages sont différents, le récepteur demande une retransmission.
- la détection par code, une info supplémentaire est ajoutée. Le récepteur contrôle le bit de parité ou la clé, s'il détecte une erreur, il ignore les données reçues et demande une retransmission.
- la détection et correction par code, technique qui constitue a substitué au codes des caractères à transmettre (Ascii par ex), un autre codage qui autorise la détection et l'auto correction d'erreur.

Détection d'erreur par clé calculée

Par bit de parité (VRC et LRC)

Redondance d'information faible, on introduit un bit supplémentaire tel que le nombre de bits, a un, à transmettre soit pair ou impair. Compte tenu de la faible redondance introduite, le contrôle ne porte que sur un caractère.

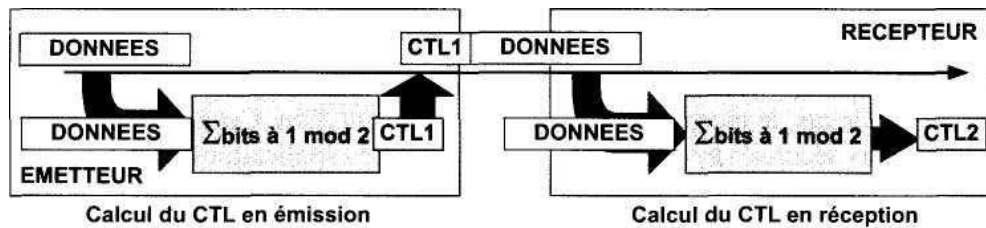


Figure 6.7 Mécanisme du bit de parité.

Par clé calculé

L'information redondante, la clé, est déterminée par une opération mathématique appliquée au bloc de données à transmettre. Ce procédé utilise les propriétés de la division.

Code autocorrecteurs

On fait correspondre à chaque mot à transmettre un nouveau mot (mot code), tel que 2 mots successifs différents de n bits (n est la distance de Hamming). On peut détecter toute erreur portant sur $(n-1)$ bits et corriger toute erreur portant sur $(n-1)/2$ bits.

Contrôle de l'échange

Mécanisme de base

Le principe de base de toute transmission repose sur l'envoi (Send) d'un bloc d'information. L'émetteur s'arrête alors (Stop) dans l'attente (Wait) d'un accusé de réception. À la réception de l'accusé, noté ACK pour Acknowledge, l'émetteur envoie le bloc suivant. Si l'émetteur ne reçoit pas d'accusé après un certain temps, il renvoie le message.

Or si l'accusé s'est perdu au retour, le récepteur va recevoir deux fois le même bloc (doublon). C'est pour cela qu'un compteur de bloc est instauré. Comme cela, si le bloc reçu n'est pas le bloc attendu, il sera rejeté.

Un autre problème (désynchronisation et bloc perdu) peut survenir si l'accusé revient trop tard. L'émetteur va renvoyer le message pour rien. C'est pour cela que l'on introduit aussi un compteur sur les accusés.

L'efficacité d'un protocole mesure le rapport entre le temps nécessaire à l'acheminement des informations utiles sur le temps pendant lequel le support est réellement occupé.

Protocole à anticipation

Les faibles performances du protocole send and wait sont essentiellement dues au temps d'attente de l'ACK. Dans ces conditions, une amélioration peut être obtenue en émettant les blocs suivants sans attendre la réception des ACK, ce processus se nomme anticipation.

L'émetteur procède à l'émission continue d'autant de blocs que le permet son buffer. Le buffer sert à mémoriser dans l'attente des ACK, les blocs envoyés pour autoriser une éventuelle retransmission.

Contrôle de flux

Le mécanisme de la fenêtre d'anticipation optimise la transmission mais ne prend pas en compte les capacités de réception du destinataire. L'émetteur ne doit envoyer des données que si le récepteur peut les recevoir.

Signalisation

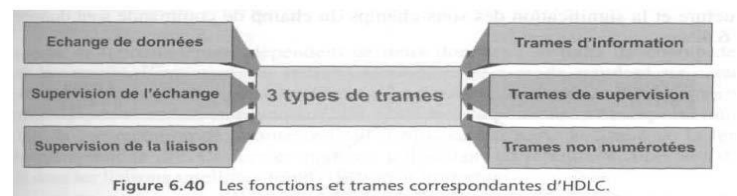
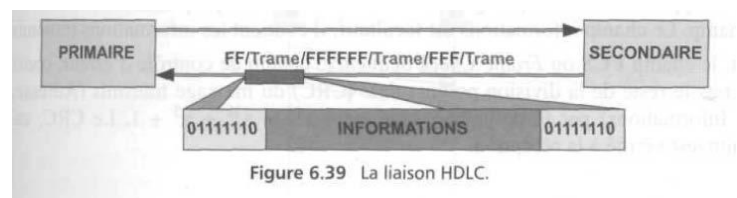
Dans la signalisation dite dans la bande, les informations de signalisation empruntent le même canal de communication que les unités de données. Ces informations sont transportées dans une structure de bloc identique à celle utilisée pour le transfert de données. Un champ spécifique, dénommé type d'unité de données, doit alors identifier la nature des informations transportées : informations de signalisation ou données.

Liaison HDLC

HDLC (High Level Data Link Control) est un protocole ligne dit de point à point.

L'unité de transfert d'HDLC est la trame (Frame), chaque trame est délimitée par un caractère spécifique : le fanion ou Flag. Ce caractère est le seul caractère spécial utilisé par le protocole. Le fanion est aussi employé pour maintenir, en l'absence de données à transmettre, la synchronisation entre les trames. La figure 6.39 représente le principe d'une liaison HDLC.

Les symboles « F » représentent les fanions envoyés durant les silences pour maintenir la synchronisation. L'entité primaire désigne celui qui a initialisé la communication.



Chapitre 7 : La mutualisation des ressources

Objectifs de la mutualisation

Lors de la réalisation d'une liaison de transmission de données, le responsable réseau et télécoms d'une entreprise se doit de rechercher la meilleure solution en termes d'efficacité et de coût. Le problème de mutualisation des ressources se pose également pour l'exploitant de n'importe quel réseau public.

La concentration de trafic n'est réalisable que si chacun des participants ne monopolise pas les ressources attribuées. La première étape de l'étude d'une solution de concentration consiste à évaluer le trafic de chacun en le quantifiant, puis à rechercher en fonction du type de relation à mettre en œuvre la meilleure solution.

Quantification du trafic

Prenons l'exemple d'une application de type conversationnel, si on examine le déroulement d'une session, limitée à un seul échange, on constate que :

- la durée de la session est bornée dans le temps, le support libéré est alors utilisable par un autre utilisateur : c'est la commutation ;
- pendant la durée de la session le support n'est pas en permanence utilisé pour la transmission de données. Durant les instants de silence, le support est disponible pour un autre utilisateur ou une session différente : c'est la concentration de trafic.

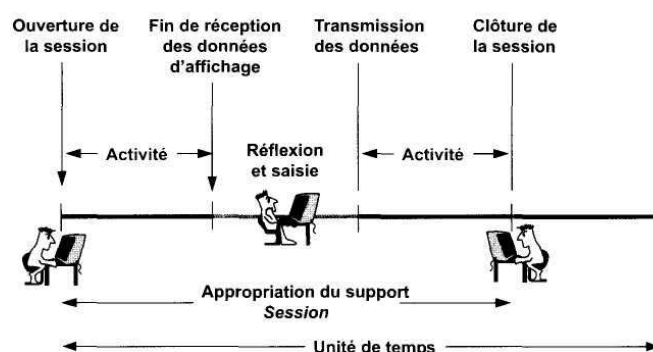


Figure 7.1 L'activité sur une ligne n'est pas permanente.

Évaluation des grandeurs

Deux grandeurs permettent de quantifier le trafic :

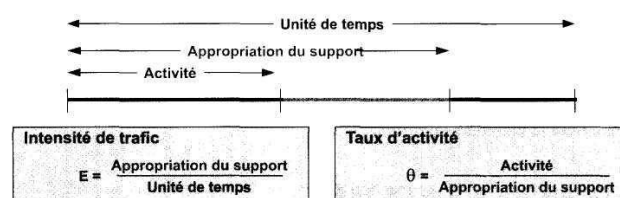


Figure 7.2 Intensité de trafic et taux d'activité.

- l'intensité de trafic qui mesure le temps d'appropriation du support ;

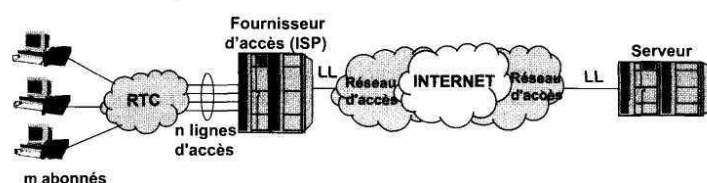


Figure 7.3 Détermination du nombre de lignes.

- le taux d'activité qui mesure l'utilisation effective du support.

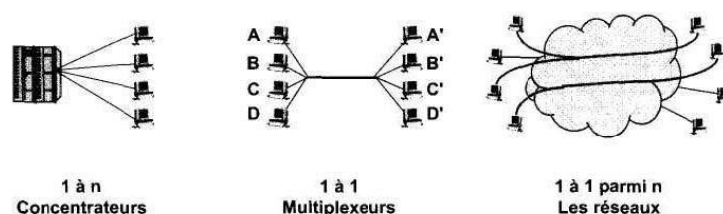


Figure 7.6 Les différents organes de concentration.

Concentrateurs

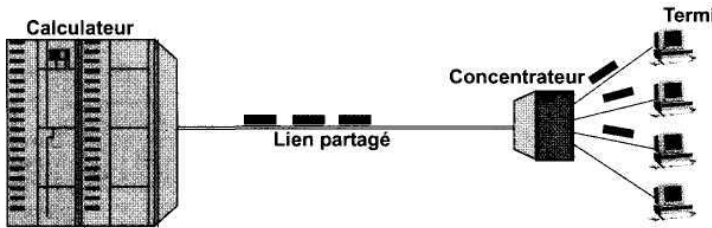


Figure 7.7 Principe de la concentration de terminaux.

Les concentrateurs sont essentiellement utilisés en informatique traditionnelle. Il autorise l'utilisation d'une seule liaison pour l'accès de n terminaux à l'ordinateur central. Le concentrateur analyse le contenu des blocs d'information reçus et les dirige vers le seul terminal concerné. De ce fait, le concentrateur n'est pas transparent aux protocoles : il doit être capable d'analyser les données qu'il transmet.

Avec le développement des réseaux locaux, le concentrateur en tant que tel tend à disparaître. Un micro-ordinateur, désigné sous le terme de passerelle, assure la fonction de concentration. Un logiciel spécifique, chargé sur un micro-ordinateur, poste de travail, émule le terminal passif traditionnel.

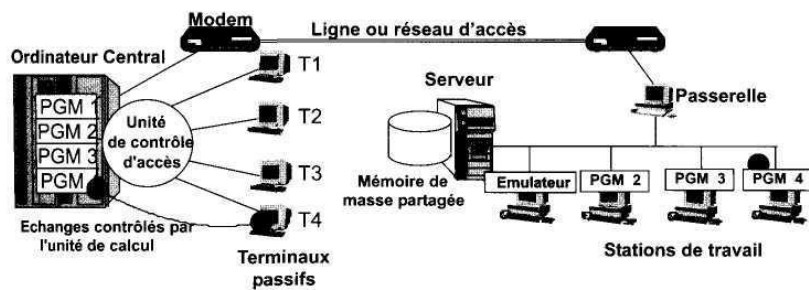


Figure 7.8 L'accès aux ordinateurs centraux via un réseau local.

Multiplexeurs

Principe

Le multiplexeur est un équipement qui regroupe plusieurs voies de communication sur un même support (le multiplexage). L'opération inverse, le démultiplexage, consiste à restituer les différentes voies incidentes. Le partage de la voie composite peut être un partage :

- de la bande disponible, chaque voie dispose en permanence d'une fraction de la bande disponible, c'est le multiplexage fréquentiel ou spatial (FDM).
- du temps d'utilisation de la voie, chaque voie utilise durant un temps prédéterminé de toute la bande disponible, c'est le multiplexage temporel (TDM).

Multiplexage fréquentiel (FDM)

Correspond à la juxtaposition de voies et à une superposition des signaux dans le temps. La bande passante du support est divisée en canaux. Entre chaque canal, un espace de fréquence, dit bande de garde, sépare les canaux et évite l'intermodulation.

Chaque canal est affecté à une voie basse vitesse dénommée voie spatiale. La bande passante est divisée en canaux.

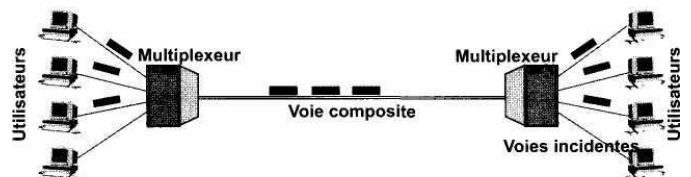


Figure 7.10 Principe du multiplexage.

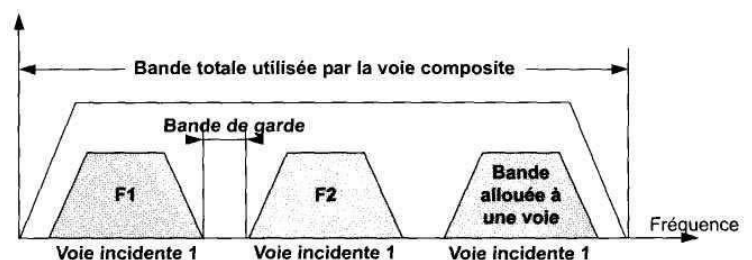


Figure 7.13 Partage de fréquence par les différentes voies.

Le multiplexage fréquentiel a été utilisé en téléphonie. L'unité de base où voie basse vitesse a une largeur de bande de 4 kHz. Les voies basses vitesse sont multiplexées pour former un groupe de voies dit groupe primaire, ce dernier est lui-même multiplexé pour former un groupe secondaire.

Ces regroupements forment la hiérarchie analogique.

Les liaisons optiques mettent en œuvre un cas particulier du multiplexage fréquentiel. Le multiplexage de longueur d'onde (WDM).

Multiplexage temporel

Quand le taux d'activité est inférieur à 1, il existe des espaces de temps qui peuvent être utilisés par d'autres liaisons. Des temps d'utilisations fixes peuvent être alloués à chaque terminal. Cet intervalle de temps où IT constitue une voie temporelle. Il y a une hiérarchie numérique qui consiste à regrouper les voies téléphoniques numériques, elle utilise la technologie du multiplexage temporel.

Si chaque voie est toujours scrutée à période constante, à chaque IT est donc associé une position dans la trame, on parle de multiplexage de position.

Un IT de signalisation permet d'identifier le début de trame, il assure la synchronisation de la lecture des différentes voies (figure 7.17). L'ensemble des différentes voies et de (ou des) l'IT de synchronisation forme la trame multiplexée, couramment appelée le multiplex.

Un tel système transporte des bits, le multiplexeur n'interprète pas les données qu'il transporte, il est dit transparent au protocole. L'arrivée des données est indépendante du fonctionnement du multiplexeur.

Notion de débit de cadrage et bits de cadrage

Dans un système de transmission chaque source est indépendante. Même, si on réalise à partir d'une horloge unique une distribution d'horloge, il est pratiquement impossible de garantir que les horloges de chaque système soient identiques.

Le décalage des horloges provoque des inégalités de débit. Afin d'assurer l'égalité entre le débit incident et le débit correspondant sur le multiplex, il est nécessaire de prévoir, dans le multiplex de sortie, un surdébit pour permettre le cadrage des données (surdébit de cadrage).

Multiplexage statistique

Bien que l'efficacité des TDM soit supérieure à celle des FDM, l'utilisation de la ligne n'est pas optimale. En effet la plupart des applications n'accèdent pas en permanence au support, de ce fait, il existe des temps morts où la ligne est inexploitée. Pour améliorer l'utilisation du support, les multiplexeurs statistiques allouent dynamiquement la bande disponible. Ils nécessitent des mémoires tampons importantes pour stocker les données en attente d'émission. Il engendre cependant un retard dans la transmission.

Conclusion

Le multiplexeur a une logique câblée indépendante du protocole, alors que le concentrateur possède une logique programmée donc fortement liée au protocole, comme, par exemple, l'analyse d'adresse du terminal destinataire.

On peut n'utiliser qu'un seul concentrateur par liaison, alors que les multiplexeurs ne s'utilisent que par couple (multiplexage/démultiplexage). Un concentrateur établit une relation de 1 vers n et de n vers 1, un multiplexeur de 1 vers 1.

Chapitre 8 : Concept de réseau

Généralités

Classification

Un réseau est un ensemble de moyens matériels et logiciels géographiquement dispersés destinés à offrir un service, comme le réseau téléphonique, ou à assurer le transport de données. Les techniques à mettre en œuvre diffèrent en fonction des finalités du réseau et de la qualité de service désirée.

Les nœuds d'accès, situés à la périphérie du réseau, permettent le raccordement des usagers par une liaison dénommée liaison d'abonné. L'ensemble des moyens mis en œuvre pour raccorder un usager est souvent désigné par le terme de boucle locale. Les nœuds sont généralement des routeurs au point d'accès et des commutateurs au cœur du réseau.

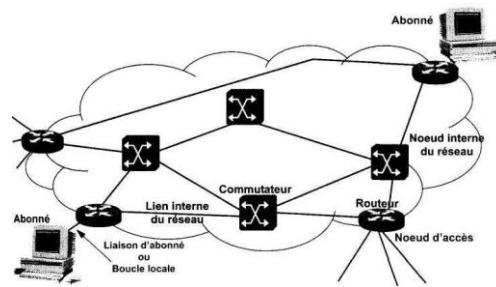


Figure 8.1 Le réseau : ensemble de ressources mises en commun.

LAN : Local Area Network : réseau local d'étendue limitée

MAN : Metropolitan Area Network : étendue de l'ordre d'une centaine de kilomètres

WAN : Wide Area Network : assurent le transport de l'info sur de grande distance

Une autre distinction applicable à tous les réseaux décrit comment les différents nœuds d'un réseau sont synchronisés entre eux :

- Si chaque nœud a une horloge indépendante, le réseau est dit plésiochrone . Les horloges réception et émission sont différentes mais proches.
- Si les horloges des différents nœuds sont toutes asservies à une même horloge, le réseau est dit synchrone.

La synchro des réseaux et les problèmes en relation avec la distribution des horloges constituent un problème majeur de conception d'un réseau.

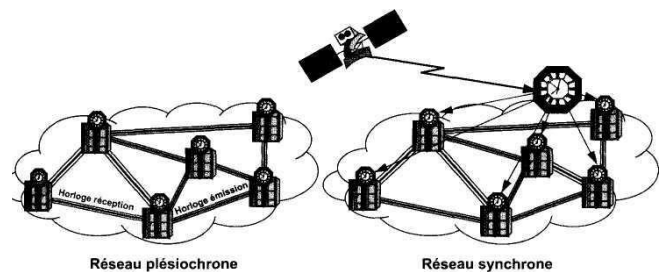


Figure 8.3 Distinction des types de réseaux selon le mode de synchronisation.

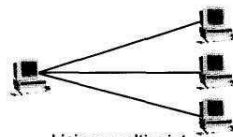
Topologie

La topologie d'un réseau décrit la manière dont les nœuds sont connectés. Cependant, on distingue la topologie physique, qui décrit comment les machines sont raccordées au réseau, de la topologie logique qui renseigne sur le mode d'échange des messages dans le réseau (topologie d'échange).

Les topologies de bases sont toutes des variantes d'une liaison point à point ou multipoint.

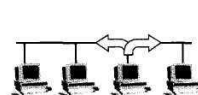


Liaison point à point

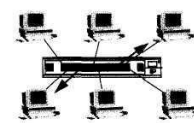


Liaison multipoint

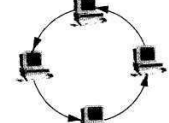
Figure 8.4 Les modes de liaisons élémentaires.



BUS



ETOILE



ANNEAU

Figure 8.5 Les topologies de base.

La topologie Bus

Le bus est une variante de la liaison multipoint, l'information émise par une station est diffusée sur tout le réseau. Chaque station accède directement au réseau. Ils ont de bons rapports performance/prix. Ils autorisent des débits de 100 M bits/s. Il est possible d'insérer une nouvelle station sans perturber les communications en cours. La longueur du bus est limitée par l'affaiblissement du signal, il est nécessaire de régénérer celui-ci régulièrement.

La topologie en Étoile

Tous les nœuds du réseau sont reliés à un nœud central commun : le concentrateur. Les messages transitent par ce point central. Cette topologie s'applique bien au réseau téléphonique privé. Elle autorise des dialogues inter-nœuds performants. Le réseau est vulnérable à la panne du nœud central. Câblage plus coûteux que le bus.

La topologie en Anneaux (« Token Ring »)

Chaque poste est connecté au suivant en point à point. L'info circule dans un seul sens, chaque station reçoit le message et le régénère. Si le message lui est destiné, la station recopie au passage. Ce type de connexion autorise des débits élevés et convient aux grandes distances. L'anneau est sensible à la rupture de la boucle.

La topologie en Arborescence

Dérivés des réseaux en étoile, ils sont constitués d'un ensemble de réseaux étoiles reliés entre eux par des concentrateurs jusqu'à un nœud unique. Essentiellement utilisé dans les réseaux locaux.

La topologie Maillée

Réseau dans lequel 2 stations du réseau peuvent être mises en relation par différents chemins. Effectuée par des commutateurs. Chacun des commutateurs constitue un nœud du réseau. Ce type de réseau, permettant de multiple choix de chemins vers une même destination, est très résistant à la défaillance d'un nœud et autorise une optimisation de l'emploi des ressources en répartissant la charge entre les différents nœuds (voies).

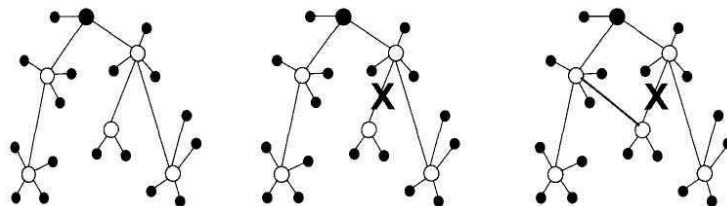


Figure 8.6 De la topologie hiérarchique à la topologie maillée.

Réseaux à commutation

Le concept de réseau à commutation est né de la nécessité de mettre en relation un utilisateur avec n'importe quel autre utilisateur et de l'impossibilité de créer autant de liaisons point à point qu'il y a de paires potentielles de communicants.

$$\text{nombre de liens} = N(N-1) / 2$$

Afin de diminuer le nombre de liaisons, un système est né. Ce système porte le nom de réseau à commutation ; ou le commutateur met en relation les utilisateurs A et B.

Commutation des circuits

Un lien physique est établi durant tout l'échange entre l'émetteur et le récepteur. La connexion est réalisée avant l'échange d'infos et est maintenue tant que les entités communicantes ne la libèrent pas expressément, le taux de connexion est important, le taux d'activité peut être faible.

Les 2 entités correspondantes doivent être présente durant tout l'échange de données, il n'y a pas de stockage intermédiaire.

La régulation du trafic est faite à la connexion, s'il n'y a plus de ressources disponibles la connexion est refusée.

Commutation de messages

La commutation de messages, n'établit aucun lien physique entre les deux systèmes d'extrémité. Le message est transféré de nœud en nœud et mis en attente si le lien internœud est occupé. Une fois le message envoyé, le nœud est libéré.

Les réseaux à commutation de messages assurent, par rapport à la commutation de circuits

- Le transfert, même si le correspondant distant est occupé ou non connecté
- La diffusion d'un même message à plusieurs correspondants
- Le changement de format des messages
- L'adaptation des débits et éventuellement des protocoles

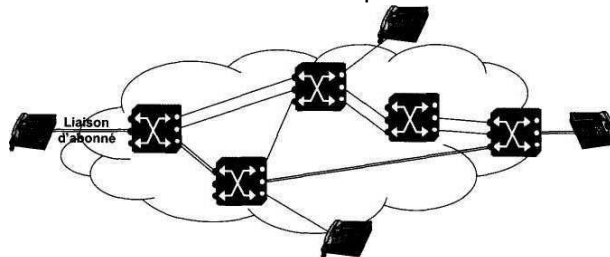


Figure 8.11 Réseau à commutation de circuits ou spatiale.

La commutation de messages ne permet qu'un échange simplex et asynchrone, elle est plus un service qu'une technique réseau. La commutation de messages est aujourd'hui le support logique des réseaux de télex et des systèmes de messagerie modernes.

Commutation des paquets

Principe

La commutation de paquets utilise une technique similaire à la commutation de messages. Le message est découpé en fragments de petites tailles. Chaque paquet est acheminé dans le réseau seul. Contrairement à la commutation de messages, il n'y a pas de stockage d'info dans les nœuds intermédiaires. Chaque nœud, recevant un paquet, le réémet immédiatement sur la voie optimale. De ce fait, le séquençement des infos n'est plus garanti. Pour reconstituer le message initial, le destinataire devra, réordonner les différents paquets avant d'effectuer le réassemblage.

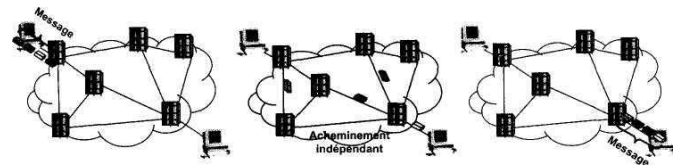


Figure 8.14 Principe de la commutation de paquets.

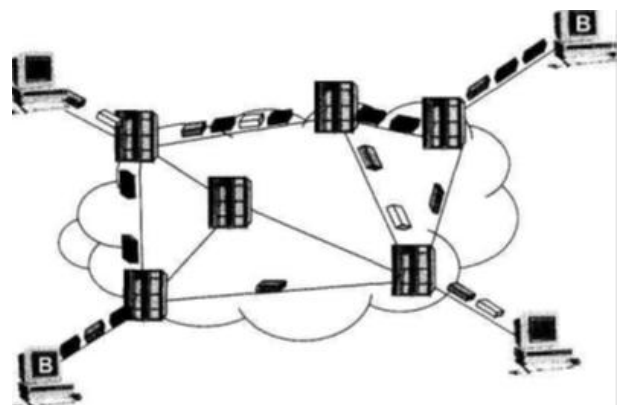


Figure 8.15 Le multiplexage des sources dans le réseau.

Ce mode de transfert optimise l'utilisation des ressources, les paquets de différentes sources sont multiplexés sur un même circuit. Chaque paquet doit contenir les infos nécessaires à son acheminement ou un label identifiant le flux. La ressource offerte est banalisée et non attribuée à une communication particulière.

Mode de mise en relation

Mode non connecté

En mode non connecté, les infos transitent dans le réseau indépendamment les unes des autres. Le destinataire n'est pas nécessairement à l'écoute, les infos sont, dans ce cas, perdues. Dans un tel mode de fonctionnement, les routes empruntées par les différents blocs d'infos peuvent être différentes. Il n'y a pas de garantie de délivrance : pas de ACK. Ce mode est appelé datagramme ou best effort delivery.

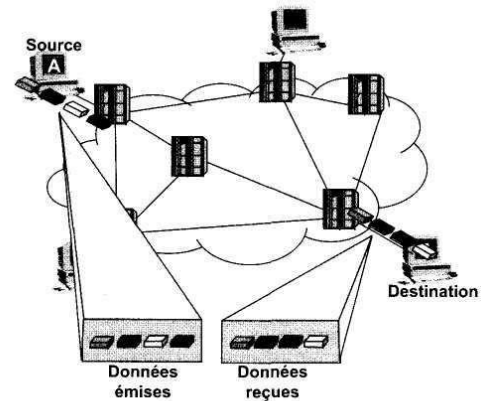


Figure 8.20 Réseau en mode datagrammes

Mode orienté

Une liaison physique est établie avant tout échange de données. Une liaison virtuelle est construite par un mécanisme particulier. Lors de la phase d'établissement de la connexion, les différents ressources nécessaires au transfert (buffers,...) sont réservées. Quand l'échange est fini, une phase de déconnexion libère les ressources. La liaison peut être permanente ou établie appel par appel.

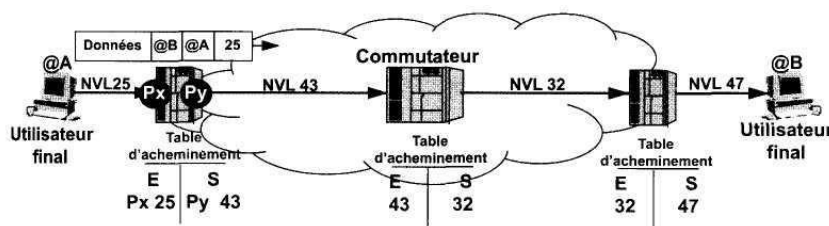


Figure 8.21 Établissement d'un circuit virtuel.

À l'établissement du circuit virtuel, un message spécifique est routé sur le réseau.

Notion d'adressage

Définitions

On désigne par technique d'adressage l'ensemble des moyens utilisés pour identifier les correspondants. Pour assurer la communication, le système d'extrémité source doit fournir au réseau l'adresse du système d'extrémité destinataire (adresse destinataire), et celui-ci doit pouvoir identifier son correspondant (adresse source).

Une adresse est une suite de caractères désignant sans ambiguïté un point physique de raccordement à un réseau (adressage physique) ou identifiant un processus, une machine (adressage logique). Ces deux notions sont complémentaires, l'une désigne l'objet (adresse logique), l'autre sa localisation (adresse physique).

Technique d'adressage

- Absence de champ d'adresse, seules 2 entités peuvent communiquer : liaison en mode point à point où l'adresse est alors inutile
- Adresse destinataire seul, l'émetteur n'a pas à être connu ou l'est déjà par un autre procédé : relations maître/esclave où le maître est toujours identifié
- Adresse sources uniquement, le récepteur n'est pas identifié, toutes les stations à l'écoute reçoivent les infos (broadcast)
- Adresse Source/Destination, l'adressage est distribué
- Adresse absente du bloc de données, on lui a substitué un label, adressage en cascade

L'adressage physique

Généralités

Pour localiser un utilisateur final sans ambiguïté, il faut pouvoir identifier le réseau auquel il est connecté; le point d'accès auquel il est raccordé au réseau, ce point identifie aussi l'installation locale de l'abonné et le système cible dans l'installation locale.

Les deux premiers champs permettent de localiser l'installation de l'abonné, il constitue l'adresse réseau du destinataire, la structure est généralement du type hiérarchique. Le troisième champ identifie le destinataire dans l'installation finale, il peut alors être sans signification, il est alors dit à plat.

L'adressage à plat ou global

Dans ce type d'adressage, l'adresse correspond à un numéro unique attribué sans aucune règle de structuration. Cet adressage est, par exemple, celui utilisé dans les réseaux locaux. Chaque entité raccordée a un numéro différent et sans relation avec n'importe quel autre numéro (adresse) du réseau. Identifiant, dans les réseaux locaux, le point d'accès au support, cet adressage est souvent appelé adressage MAC (Medium AccessControl).

Notion de nommage

La notion de nommage est complémentaire de celle d'adressage, l'un désigne l'objet, l'autre précise sa localisation. Indépendamment qu'il est plus aisé de manipuler des noms que des adresses, l'avantage du nommage est essentiellement de dissocier l'objet de sa localisation géographique.

- Le nommage à plat ou horizontal, ce type de nommage impose une démarche rigoureuse pour garantir l'unicité d'un nom sur l'ensemble du réseau
- Le nommage hiérarchique ou arborescent, plus souple, organise le nommage en domaines. Cette technique autorise une représentation des objets calquée sur l'organisation de l'entreprise. Chaque nœud peut être un domaine dont la gestion peut être confiée à une autorité particulière. Ce mode de représentation et d'administration convient parfaitement à la gestion d'un annuaire très important comme celui d'Internet.

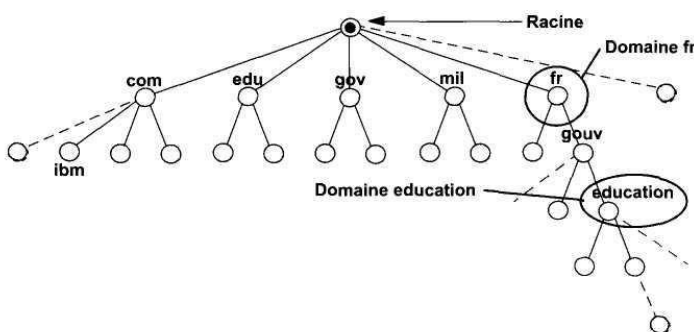


Figure 8.31 Arbre de nommage d'Internet.

La localisation d'un objet nommé nécessite de mettre en relation son nom et son adresse : résolution de nom. L'association nom/adresse est résolue selon deux techniques : la consultation d'un fichier local (nommage local) et la consultation d'une base de données centralisée ou répartie sur un système local ou des systèmes distants (nommage décentralisé).

Acheminement

Acheminer les informations, dans un réseau, consiste à assurer le transit des blocs d'un point d'entrée à un point de sortie désigné par son adresse. Chaque nœud du réseau comporte des tables, dites tables d'acheminement couramment appelées tables de routage, qui indiquent la route à suivre pour atteindre le destinataire.

Lorsque la décision d'acheminement est prise en fonction d'une adresse destination (mode datagramme ou paquet d'établissement dans le mode connecté), on parle de routage, l'opération est réalisée par un routeur. La table d'acheminement est dite table de routage. Une décision d'acheminement est prise, pour chaque datagramme, par chacun des routeurs traversés, cette opération peut être longue, elle pénalise l'efficacité du transfert de données

Adaptation de la MTU

La taille maximale des unités de données que peut transporter un réseau (MTU) n'est pas toujours en accord avec celle de l'émetteur. Quand l'émetteur envoie des unités de données trop grandes, le réseau doit adapter celles-ci : c'est la segmentation. L'unité de données devra être réassemblée, le réassemblage peut être réalisé par le réseau ou par le destinataire (réseau ip par ex).

Congestion

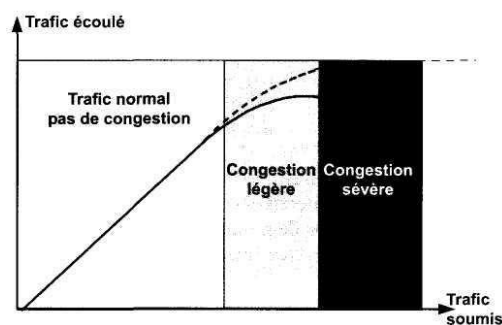


Figure 8.46 Écoulement du trafic dans un réseau.

Les paquets retardés peuvent, ne pas être acquittés dans les délais, ce qui provoque leur retransmission et contribue à augmenter la charge du réseau, plus les paquets ne sont pas acquittés à temps, plus les files d'attente débordent... Le réseau s'effondre, c'est la **congestion sévère**. En présence d'une surcharge du réseau, les mécanismes de reprise des protocoles ont tendance à réagir ensemble.

Mécanismes de prévention de la congestion

La congestion résulte d'un trafic à écoulé supérieur aux capacités de réseau

- Asservir le débit des sources sur les capacités de traitement de chacun des nœuds = **contrôle de flux**
- Ne pas admettre plus de trafic dans le réseau que celui-ci n'est capable d'en écouler = **contrôle d'admission**
- Eviter la propagation de rafales au cœur du réseau en réalisant un **lissage de trafic**

Contrôle de congestion et contrôle de flux

Le contrôle de congestion cherche à limiter le nombre de paquets en transit dans le réseau. Cependant en limitant la longueur des files d'attente dans les nœuds intermédiaires, le contrôle de flux participe à la prévention de la congestion.

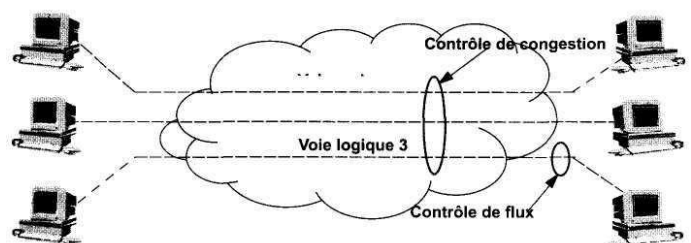


Figure 8.47 Distinction entre contrôle de flux et contrôle de congestion.

Chapitre 9 : Architectures de protocoles

Introduction

L'architecture d'un réseau peut se définir comme étant l'ensemble des spécifications des modes d'échange (protocoles) et des règles d'interconnexions.

Historiquement chaque grand constructeur avait défini la sienne: SNA pour IBM par exemple. Mais il convenait de spécifier une architecture normalisée. C'est ce qu'entreprend ISO en définissant un modèle de référence appelé modèle OSI (open system interconnection) qui décrit un ensemble de services à mettre en œuvre pour assurer l'interconnexion des systèmes ouverts.

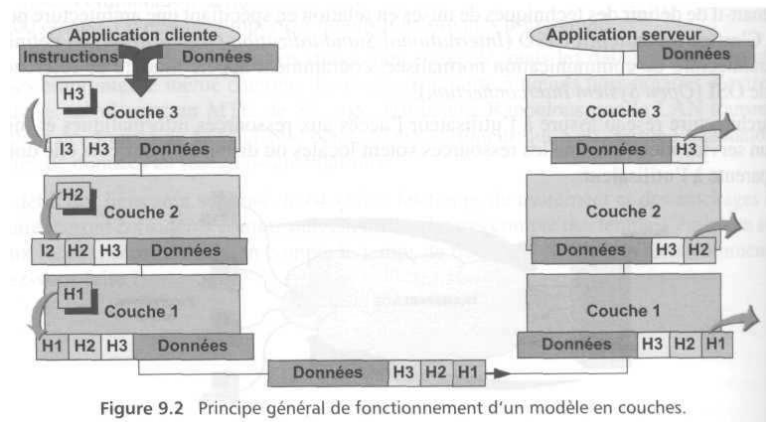


Figure 9.2 Principe général de fonctionnement d'un modèle en couches.

L'architecture réseau assure à l'utilisateur l'accès aux ressources informatiques et lui procure un service identique que les ressources soient locales ou distantes, pour cela elle doit être transparente à l'utilisateur.

Principe de fonctionnement d'une architecture en couches

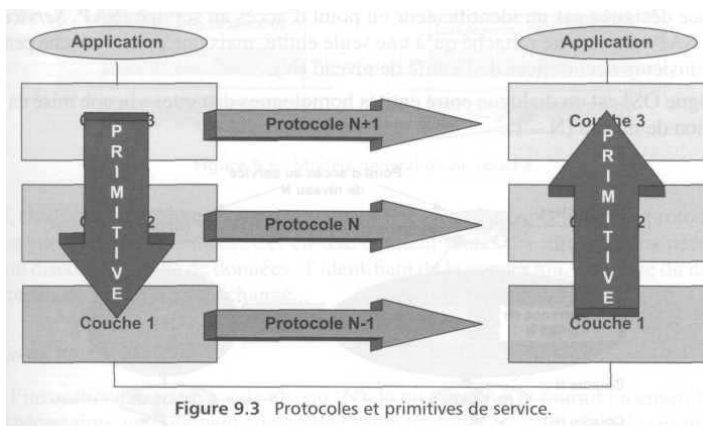


Figure 9.3 Protocoles et primitives de service.

Pour communiquer l'application cliente remet à la couche supérieure, ici la couche 3, des données à destination de l'application serveur ainsi que les instructions décrivant le service attendu et celle nécessaires à l'acheminement des données vers l'application serveur. La couche 3 interprète les instructions reçues et confectionne une structure de données à destination de la couche 3 distante, dite **couche homologue**.

Terminologie : Protocole et service

- Vertical (couches adjacentes) qui correspond au transfert d'info d'une couche à une autre, dialogue réalisé par : **primitives de service**
- Horizontal (couches homologues) qui par l'intermédiaire de messages échangés à travers le réseau transfère, entre couches distantes de même niveau '**couche homologue**', les données d'un système à un autre. Ce dialogue constitue : **le protocole de niveau N**

Concepts de base

Une couche est donc un ensemble homogène destiné à accomplir une tâche ou à rendre un service. L'approche en couche garantit une évolutivité facile du système. La prise en compte d'une nouvelle technologie ne remet en cause que la couche concernée. Le modèle de référence est une architecture en couches.

L'encapsulation des données

La couche (N + 1) a requis les services de la couche N, à l'aide d'une primitive de service de niveau N, pour que celle-ci lui rende le service de niveau N. Peu importe à (N + 1) de savoir comment ces services sont rendus. L'unité de données protocolaire de niveau (N+1), données et en-tête, est transportée dans une unité de données de niveau N (protocole N). Les données de niveau (N+1) sont dites encapsulées dans le protocole N, on parle aussi de tunnel de niveau N.

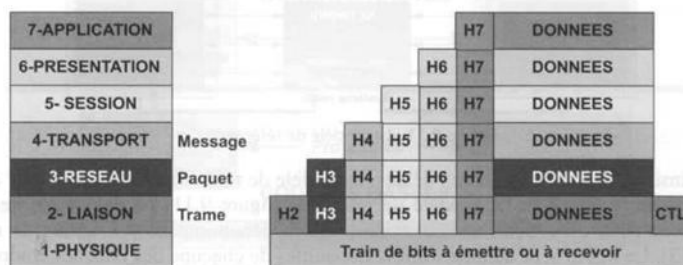


Figure 9.13 L'encapsulation des données dans le modèle OSI.

Protocole en mode point à point et de bout en bout

La communication entre deux systèmes peut être directe ou se réaliser à travers un ou plusieurs relais (sous-réseau réel de transport ou autre moyen d'interconnexion). Cette approche conduit à définir deux types de dialogue :

- Un dialogue entre les systèmes d'extrémité et le relais : dialogue en mode point à point.
- Un dialogue entre les systèmes d'extrémité : dialogue de bout en bout.

Les protocoles de point à point assurent le transport de l'information dans le sous-réseau réel de transport, ils assurent notamment le contrôle du lien, le contrôle et éventuellement la reprise sur erreur, l'adressage et l'acheminement. Les protocoles en mode point à point peuvent être en mode orienté connexion ou en mode non connecté.

Les protocoles de bout en bout doivent essentiellement vérifier l'intégrité, au sens large, des informations remises aux applications et organiser le dialogue. Les protocoles de bout en bout sont généralement en mode orienté connexion.

Organisation du modèle ISO

La nécessité d'identifier des fonctions élémentaires distinctes, mais participant au processus de communication, a conduit à étudier un modèle structuré en couches. La définition des différentes couches descriptives du modèle respecte les principes suivants : identification des fonctions élémentaires, regroupement optimal en couches et création d'une interface de couche.

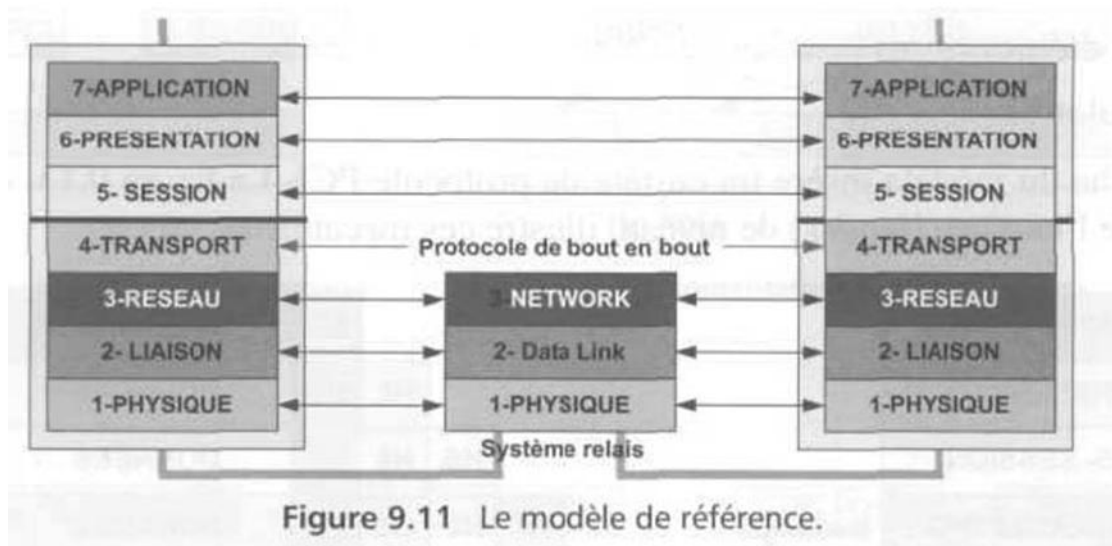


Figure 9.11 Le modèle de référence.

Couches hautes, couches basses

Deux fonctions essentielles peuvent être distinguées pour assurer l'interfonctionnement d'applications informatiques à travers un réseau.

Il faut, d'une part garantir un transport fiable des informations à travers le réseau (couches basses – transport), et d'autre part organiser le dialogue entre les applications distantes (couches hautes – application).

Etude des couches

Définition des couches

Pour réaliser une communication à travers un ou plusieurs systèmes intermédiaires (relais) il faut :

- relier les systèmes par un lien physique (couche PHYSIQUE);
- contrôler qu'une liaison peut être correctement établie sur ce lien (couche LIAISON);
- s'assurer qu'à travers le relais (réseau) les données sont correctement acheminées et délivrées au bon destinataire (couche RÉSEAU) ;
- contrôler, avant de délivrer les données à l'application que le transport s'est réalisé correctement de bout en bout (couche TRANSPORT);
- organiser le dialogue entre toutes les applications, en gérant des sessions d'échange (couche SESSION) ;
- traduire les données selon une syntaxe de présentation aux applications pour que celles-ci soient compréhensibles par les deux entités d'application (couche PRÉSENTATION);
- fournir à l'application utilisateur tous les mécanismes nécessaires à masquer à celle-ci les contraintes de transmission (couche APPLICATION).

Schéma Modèle OSI

m	Organisation des bits transférés	Role	Service à la couche supérieur	Exemple
ation		-Offre les services distants aux applications		HTTP -SMTP -FTP TELNET
ntatio		-Garantit la sémantique (mise en forme des données)	-Elle assure un message compréhensible par les couches supérieurs -Cryptographie et compression de données	ascii, ebcdic, jpeg, cryptage , etc
sion	Transactions	-Assure l'interface entre l'application et le transfert -Synchronisation des échanges		ASP, SQL
port	Messages	-Transport fiable de bout en bout	-Elle assure un transfert fiable quelle que soit la qualité du sous-réseau de transport utilisé	TCP -Bout en bout P2P
au	Paquet	-Elle assure l'adressage et l'acheminement des paquet entre le réseaux (routage)		IP -Routeur (routage)
son	Trames	-Création de liaison logique -Contrôle logique -Transport fiable de nœud en nœud	-Établissement, maintien et libération de la connexion logique -Délimitation des trames pour le transfert de données	Switchc -Ethernet PPP -WAN -LAN
ique	Trains de bits	-Création de liaison physique	-Établissement, maintien et libération de la connexion physique -Transmission série ou parallèle des bits	HUB -UTP - MODEM

Chapitre 10 : Architecture TCP/IP

Généralités

Origine

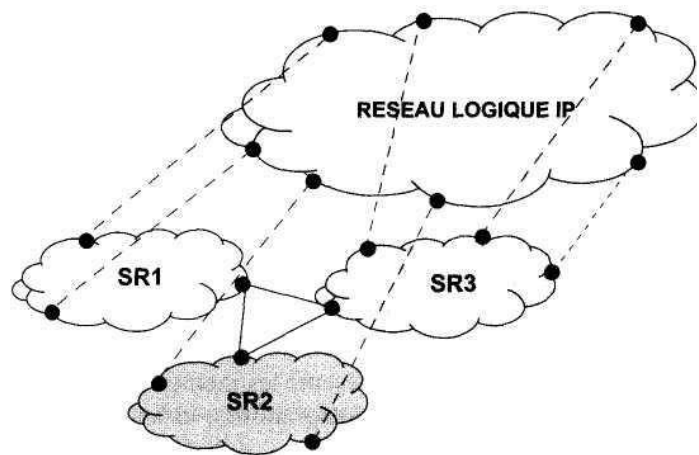


Figure 10.1 Le réseau logique IP et sous-réseaux physiques réels (SR)

L'architecture TCP/IP a été développée, dans le milieu des années 1970, par la DARPA (Defence Advanced Research Project Agency -USA -) pour les besoins d'interconnexion des systèmes informatiques de l'armée (DoD, Department of Défense). TCP/IP, du nom de ses deux protocoles principaux (TCP, Transmission Contrat Protocol et IP, Internet Protocol), est un ensemble de protocoles permettant de résoudre les problèmes d'interconnexion en milieu hétérogène. À cet effet, TCP/IP décrit un réseau logique (réseau IP) au-dessus du ou des réseaux physiques réels auxquels sont effectivement connectés les ordinateurs.

Principe architectural

Précédant le modèle OSI, TCP en diffère fortement, non seulement par le nombre de couches, mais aussi par l'approche. Le modèle OSI spécifie des services (approche formaliste), TCP/IP des protocoles (approche pragmatique). Développé au-dessus d'un environnement existant, TCP/IP ne décrit, à l'origine, ni de couche physique ni de couche liaison de données. Les applications s'appuient directement sur le service de transport. L'architecture TCP/IP ne comprend que 2 couches : la couche transport (TCP) et la couche interréseau (IP). La figure 10.2 compare les deux architectures.

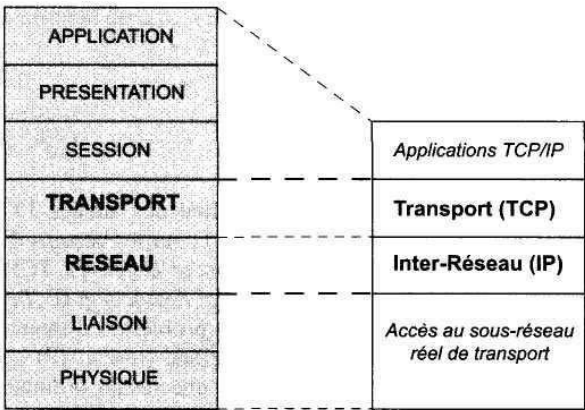


Figure 10.2 Le modèle OSI et l'architecture TCP/IP.

La couche transport, sur laquelle s'appuient directement les applications, fournit deux types de service : un service en mode connecté (TCP) comparable, en ce qui concerne les services rendus, à TP4 d'ISO et un service de transport allégé UDP (UserDatagram Protocol) qui n'offre qu'un service de type best effort (datagramme).

La couche réseau (Internet Protocol, IP) présente les mêmes fonctionnalités que la couche réseau d'ISO en mode non connecté (mode datagramme), et les services rendus sont comparables à ceux de la norme ISO IS8473 (couramment appelé CLNP/CLNS, Connectionless Network Protocol/Connectionless Network Services).

Les principaux protocoles

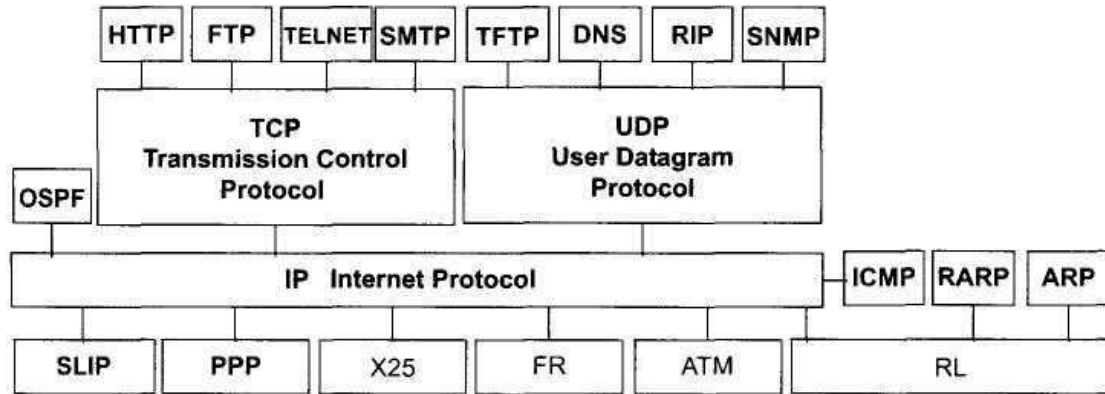


Figure 10.3 Protocoles et applications de TCP/IP.

Mécanisme de base

Modes de mise en relation

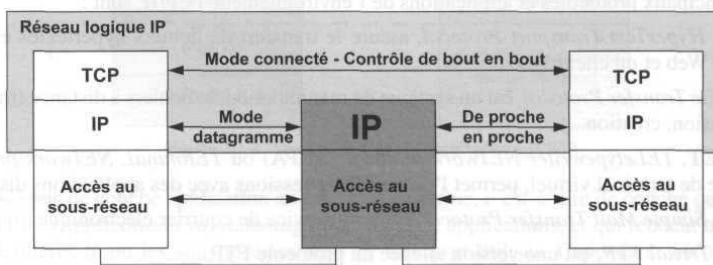


Figure 10.4 Réseau logique IP et modes de mise en relation.

Désirant alléger au maximum la couche interréseau, les concepteurs de TCP/IP n'ont spécifié qu'une couche réseau en mode non connecté. Ce mode de mise en relation optimise l'utilisation des ressources réseaux mais ne permet d'assurer ni un contrôle d'erreur, ni un contrôle de flux. Au niveau du réseau ces tâches sont reportées sur les réseaux physiques réels. C'est la couche TCP qui pallie les insuffisances de la couche interréseau en assurant le contrôle d'erreur et de flux de bout en bout.

Identification des protocoles

Un adressage de couche organise le dialogue vertical. Chaque unité protocolaire de TCP/IP identifie l'application supérieure. L'EtherType des trames identifie le protocole du niveau réseau. L'identifiant de protocole dans le datagramme, IP désigne le protocole de transport utilisé et la notion de port dans le segment TCP détermine l'instance locale de l'application.

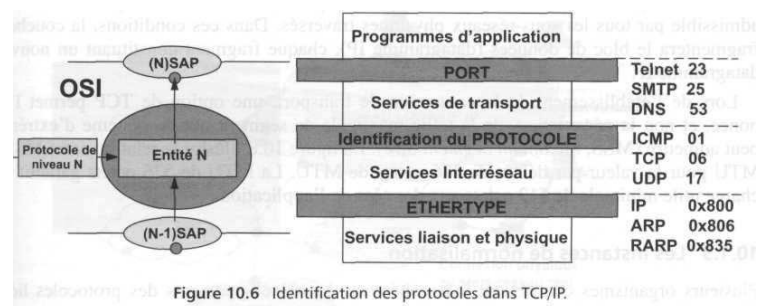


Figure 10.6 Identification des protocoles dans TCP/IP.

Adressage du réseau logique

Principe

Chaque machine connectée à un réseau IP, est identifiée par une adresse IP. La structure de l'adressage IP a été conçue pour assurer un routage efficace des datagrammes IP. A cet effet, l'adresse IP est un couple d'identificateurs qui localise le réseau sur lequel la machine est connectée (net_id ou adresse réseau) et identifie la machine sur le réseau (host_id).

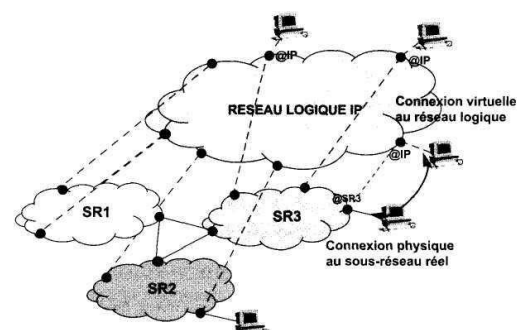


Figure 10.9 Nécessité d'une résolution d'adresses.

On distingue 3 classes d'adresse. Les premiers bits du champ adresse réseau permettent de distinguer la classe d'adressage.

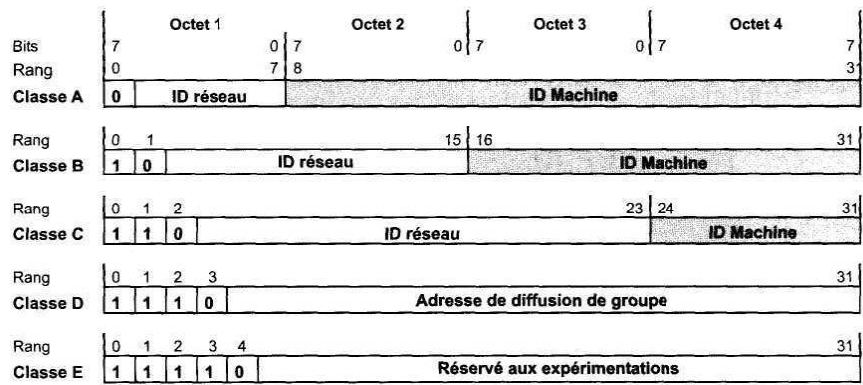


Figure 10.13 Les classes d'adresse IP.

Masque de sous-réseau

Pour déterminer si la machine cible est localisée sur le même sous-réseau, la machine source réalise un «ET» logique entre les bits de l'adresse source et ceux du masque de sous-réseau, elle procède de même avec l'adresse destination. Si le résultat donne une valeur identique les deux machines sont sur le même sous-réseau, sinon le datagramme est adressé au routeur (figure 10.22).

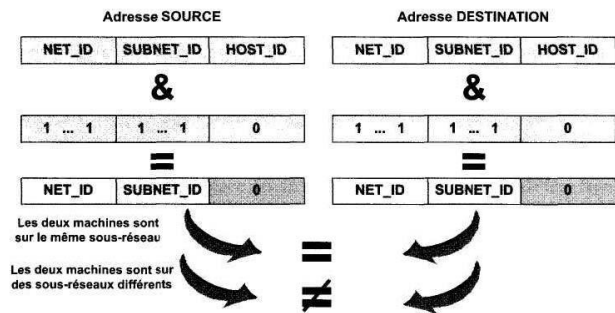


Figure 10.22 Détermination du sous-réseau cible à l'aide du masque de sous-réseau.