

1. Généralités:

Depuis l'aube des temps, l'être humain a toujours voulu communiquer avec ses semblables rapidement et sur des distances de plus en plus éloignées. Ainsi, il a utilisé différents types de signaux ; comme par exemple :

- Les signaux lumineux (réflexion de la lumière sur des miroirs),
- Les signaux sonores (tambours ou autres),
- Des signaux de fumées,
- ...etc.

Avec, l'avancée technologique il a pu inventer d'autres moyens de communications plus souples, plus sûres et surtout plus rapides sur des distances importantes. L'exemple, de service postale et de la téléphonie sont les plus frappants.

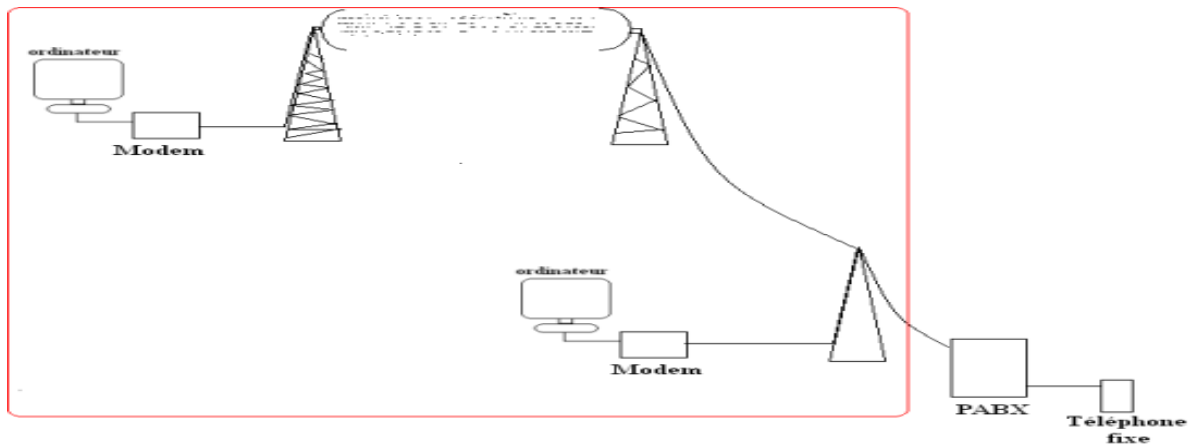
De nos jours l'utilisation des signaux numériques est devenue une nécessité incontournable aussi bien pour la communication que pour le traitement. En effet, avec la vulgarisation de l'outil informatique et de l'ordinateur pour le grand public il s'est avéré qu'il peut être utilisé facilement et sûrement comme un moyen de communication, alors qu'il est à l'origine un outil de traitement de l'information, entre les personnes mais aussi entre les entreprises et les états. Il peut donc assurer des liaisons, de différents types, entre les villes, les pays et les continents.

Cependant, et compte tenu que l'élément essentiel de ce type de communication est l'ordinateur l'information émise et/ou reçue est sous une forme numérique.

A. Définition historique de la téléinformatique :

La téléinformatique est le traitement et la transmission de l'information à distance. En effet, le terme TELE veut dire distance et INFORMATIQUE signifie le traitement de l'information.

Ainsi, la téléinformatique veut dire essentiellement la transmission à distance de l'information sous forme numérique. Ce type de transmission est en réalité très ancien. En effet, il est très facile de transmettre une information de nature simple, c'est à dire que la grandeur physique qui la caractérise ne peut prendre qu'un nombre fini de valeurs (ou états). Ainsi, par des procédés élémentaires, tels qu'une torche allumée ou éteinte, un trou perforé ou non, un son ou non ...etc nous pourrions prétendre à de telles transmissions numériques. Mais de nos jours il est questions d'une communication par des signaux numériques, souvent électriques, très rapide et sur des distances extrêmement élevées.



Les premiers systèmes avaient tous pour but de transmettre des messages constitués de lettres ou de chiffres codés. Parmi ces applications, on peut citer :

- le 24 mai 1844 (le télégraphe): Samuel Morse artiste et inventeur américain teste une ligne entre Washington et Baltimore avec un code de traits et de points qui porte son nom.
- En 1875 Baudot : le télégraphe à impression de Emile Baudot fut le premier à utiliser un clavier de type machine à écrire, plus important ce télégraphe n'utilisait pas le morse. Le code à cinq niveau de baudot envoyait dans le câble cinq impulsions chaque caractère transmit.
- 14 février 1876 (le téléphone): Alexander Graham Bell (Boston) fait breveter un appareil qui reproduit la voix humaine, ce dernier résolu le problème de la transmission de la voix en changeant complètement le principe : au lieu d'utiliser des courants intermittents, Bell découvrit une manière de produire un courant électrique qui variait continûment avec les variations de la voix humaine et d'autres sons.
- 1899 : Marconi réalisa une première liaison télégraphique par Onde hertzienne
- 1930 et 1940: plusieurs procédés furent développés pour permettre la transmission de signaux télétype par l'intermédiaire de système radio employant les ondes courtes.
- 1970 : apparition des premiers ordinateurs personnels avec une taille moyenne grande. Ces ordinateurs ont d'abord été utilisés en tant que machines autonomes.
- En 1980: apparition du fax, ou télécopieur, et les télétypes radio qui ont été supplanté par les liaisons par satellite.
- Les années 80: Informatique personnelle et mise en œuvre des réseaux locaux
- Les années 90: Applications de l'INTERNET... Mobiles

B) Premiers systèmes de téléinformatiques :

Peu après l'apparition des premières machines de traitement numériques de l'information il s'est révélé le besoin de transmettre à distance des informations de nature numérique dès l'origine. Ainsi, les premiers calculateurs (on parle de calculateurs au lieu d'ordinateurs car ils ne peuvent réaliser que des opérations arithmétiques élémentaires et ils ne possèdent pas un jeu d'instructions), qui sont apparus au milieu des années 40 (1946) permettaient de communiquer avec quelques périphériques d'entrée-sortie tels que les imprimantes, les bandes magnétiques d'enregistrement, les lecteurs de cartes perforées ...etc. Il apparaissait utile à un utilisateur éloigné de pouvoir transmettre des cartes perforées (par exemple) par l'intermédiaire du réseau télégraphique jusqu'à la proximité du lecteur de cartes du calculateur. Le but recherché est bien entendu d'annuler le temps de transport des informations. En 1963 apparaissait le premier système en temps partagé utilisable à distance, les ordinateurs de la troisième génération, dont la série IBM, facilitaient la mise en œuvre d'applications de télétraitement.

En résumé les intérêts de la téléinformatique sont nombreux. Nous pouvons citer à titre d'exemples :

- La rapidité de transmission,
- Utilisation pour différents types d'information,
- La transmission sur de longues distances,
- La possibilité de travailler avec plusieurs groupes et de partager les informations, pratiquement en temps réel et simultanément,
- La possibilité de rendre l'information transmise secrète (confidentialité).
- D'utiliser des canaux de transmission existants (téléphonie, ou radiofréquence. etc),

C. Organisme de Normalisation

Définition: La normalisation est nécessaire dans tout processus de fabrication à caractère répétitif. Elle fixe un cadre réglementaire indispensable à l'industrie, à la sécurité de la fabrication, aux utilisateurs ainsi qu'à la chaîne économique du produit.

Principaux organismes

L'ISO (date de 1947, 1, rue de Varembe Case postale 56CH-1211 Genève 20): pour International Standard Organization en anglais, et Organisme de Normalisation International en français, se situe à un niveau international et s'occupe de normalisation dans à peu près tous les domaines.

- UIT (date de 1932, Place des Nations CH-1211 Genève): Union Internationale des Télécommunication anciennement CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique)
- L'ANSI (American National Standard Institute) est l'institut américaine (USA) de normalisation, et possède un rôle semblable à celui de l'ISO, mais au niveau national
- Il existe l'équivalent de l'ANSI en France, c'est l'AFNOR (Association Française de Normalisation). De même, en Allemagne on trouve DIN (Deutsches Institut Für Normung) bien connu pour sa normalisation des connecteurs (prises DIN), et en Angleterre le BSI (British Standards Institute).
- IEEE (Istitute of Electrical and Electronics Engineers), c'est –à-dire l'Institut des ingénieurs en Électricité et Électronique, est une entité américaine qui gère différents projets de recherche, avec cependant une vocation internationale.

CHAPITRE II : LA TRANSMISSION DE DONNEE

La communication est au sens large un transfert d'info d'une source vers un destinataire à travers un milieu appelé canal. Pour qu'elle ait lieu les conditions suivantes doivent être remplies :

- Source et destinataire doivent se mettre d'accord sur la réception symbolique de l'info à transmettre (le code utilisé)
- Le canal doit être parfaitement transparent c'est-à-dire ne jouer qu'un rôle neutre de convoyeur, sans interférer sur l'info transmise
- Le canal doit être adapté (techniquement et économiquement au type de source et de destinataire mise en jeu)
- L'info à transmettre doit être mise sous une forme compatible avec le canal

Dans le cas des télécom le canal est tjrs un milieu physique qui exige que l'info (notion abstraite), soit au préalable concrétisée par des signaux de nature électromagnétique.

I. Le signal utilisé

On appelle signal, une grandeur physique variable et porteuse d'information.

Le passage de l'info (généralement codée) au signal, et réciproquement est effectué dans des traducteurs électrique tels que le microphone, l'écouteur, le haut-parleur, la caméra, le modem

II. Les types de signaux

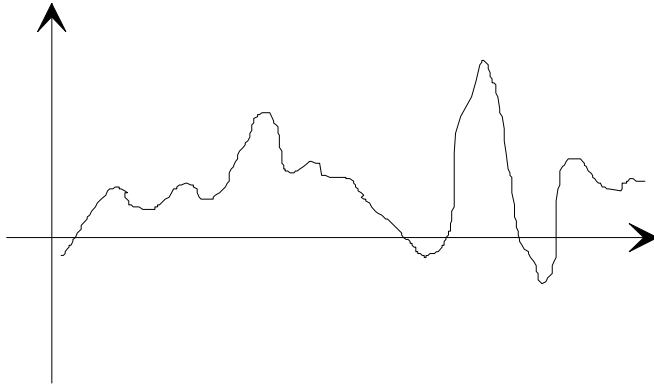
Les informations transmises peuvent être réparties en deux grandes catégories selon ce qu'elles représentent et les transformations qu'elles subissent pour être traitées dans les systèmes informatiques. On distingue:

- Les signaux analogiques ayant des variations électriques à chaque instant proportionnel aux variations du signal dont elles sont issues.
- Les signaux numériques ayant des variations électriques discontinues et avec un nombre fini d'états. Chaque état a une durée déterminée.

A) Les signaux analogiques

Les données continues ou analogiques (figure2.3) 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).



a-1) le signal vocal

Le signal dans le contexte de la téléinformatique est généralement caractérisé par trois grandeurs subjectives qui sont :

- L'intensité (amplitude)
- La hauteur (fréquences fondamentales)
- Le timbre (les harmoniques)

La bande audible pour l'homme est de 0Hz à 20 Hz

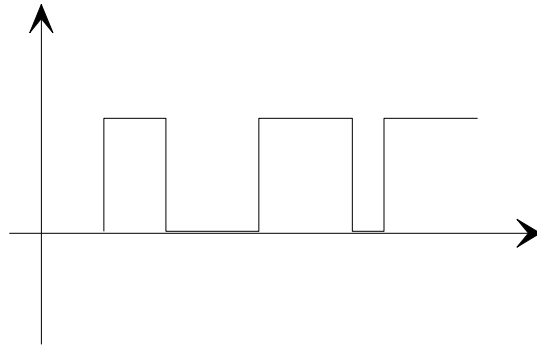
La bande passante téléphonique est limitée de 300 Hz à 3400 Hz

a-2) le signal vidéo

Le signal vidéo est plus complexe car il transporte plus d'information.

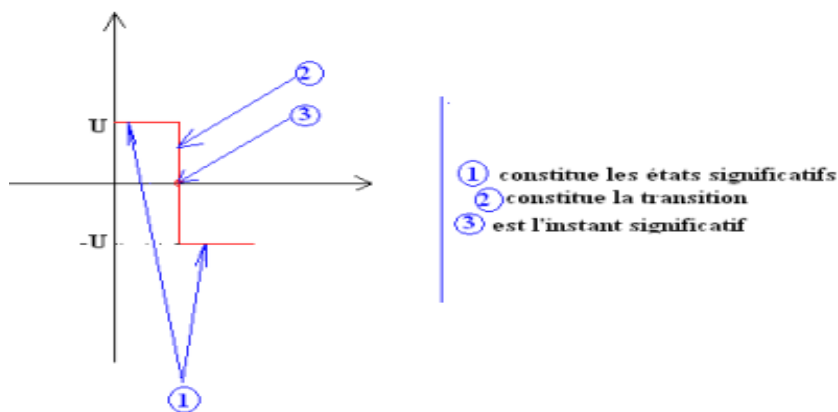
L'image de télévision par exemple est décomposée en ligne, chaque ligne est analysée, la luminosité des points de la ligne est transformée en signal électrique.

B) Le signal numérique



b-1) Définitions

b-1-1) Etat significatif



Un état significatif correspond à l'une des différentes valeurs significatives que peut prendre le signal numérique

b-1-2) Transition

Une transition est le passage d'un état significatif à un autre significatif différent

b-1-3) Instant significatif

Un instant significatif correspond à l'instant où se produit une transition

b-1-4) La valence

La valence (V) d'un signal est le nombre d'état significatifs distincts utilisés pour véhiculer le signal.

$$V=2^n$$

b-1-5) Élément de signal

Un élément de signal est le plus petit élément transmis en ligne, il dure une période T, c'est une information élémentaire vis-à-vis de la ligne.

b-1-6) la rapidité de modulation

Un message est constitué d'une succession des signaux de durée égale T. T est appelé intervalle élémentaire ou moment élémentaire. Toute transmission est caractérisée par sa rapidité de modulation, une grandeur qui nous permet de déterminer la bande de la largeur de fréquence à transmettre. On appelle rapidité de modulation l'inverse de l'intervalle élémentaire T.

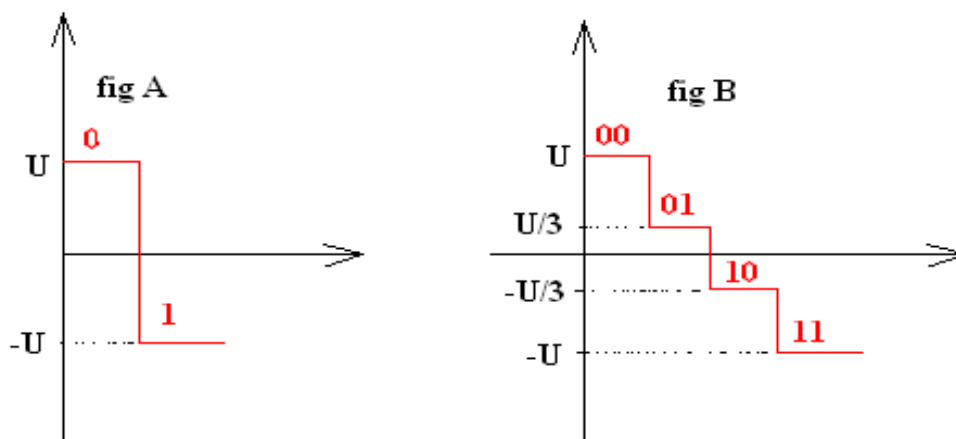
$$R=1/T \text{ (R en baud (bd), T en seconde (s))}$$

b-1-7) Élément binaire

- En théorie de l'information, c'est l'unité de quantité d'information.
- En pratique, c'est le signal élémentaire utilisé en représentation numérique de l'information. Il peut avoir 2 états «0 » ou « 1 »

b-1-8) le débit binaire

Le débit binaire (D) : c'est le nombre d'élément binaires transmis par unité de temps et exprimé en bit/ s.



Remarque

Le débit binaire (D) intéresse l'utilisateur

La rapidité de modulation (R) intéresse le transmetteur, car elle est fonction de la bande passante (B) du support de transmission.

C) Relation entre le débit et la rapidité de modulation

La relation entre le débit binaire (D) et la rapidité de modulation (R) est fonction de la valence (V)

$$D = R \cdot \log_2 V$$

$$V = 2^n \implies n = \log_2 V$$

n est le nombre de bit par état significatif

la relation entre le Débit (D) et la rapidité de modulation (R) est donc immédiate

$$D = n \cdot R$$

Cette relation entre D et R est plus souvent déterminée par le codage utilisé.

CHAPITRE III : LES TRANSMISSIONS ET LES SUPPORTS

Un réseau suppose plusieurs équipements informatiques (ordinateurs...) situés à distance les uns des autres. La première chose à mettre en œuvre pour constituer le réseau est la transmission des informations d'un équipement à l'autre : on utilise, pour cela, des supports de transmission dont nous présentons les caractéristiques principales dans les deux premières sections de ce chapitre. De plus, à chaque nature de support correspond une forme particulière du signal qui s'y propage.

Il faut donc fabriquer les signaux, grâce à l'équipement communément appelé « modem ». Les techniques de transmission et l'interface entre l'ordinateur et son modem sont normalisées pour assurer l'interopérabilité des équipements. À titre d'exemple, nous décrivons brièvement le raccordement ADSL dans la dernière section

I. Supports de transmission

Les supports de transmission (décrits brièvement dans cette première section) sont nombreux. Parmi ceux-ci, trois familles sont à distinguer : les supports métalliques, non métalliques et immatériels. Les supports métalliques, comme les paires torsadées et les câbles coaxiaux, sont les plus anciens, les plus largement utilisés et servent à transmettre des courants électriques. Les supports de verre ou de plastique, comme les fibres optiques, transmettent de la lumière, tandis que les supports immatériels des *communications sans fil* transmettent des ondes électromagnétiques et sont en plein essor.

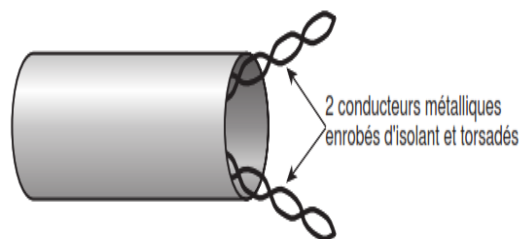
1 PAIRES TORSADÉES

Une *paire torsadée non blindée* (UTP, *Unshielded Twisted Pair*) se compose de deux conducteurs en cuivre, isolés l'un de l'autre et enroulés de façon hélicoïdale autour de l'axe de symétrie longitudinal.

L'enroulement réduit les conséquences des inductions électromagnétiques parasites provenant de l'environnement. L'utilisation la plus courante de la paire torsadée est le raccordement des usagers au central téléphonique (la *boucle locale*) ou la desserte des usagers de réseaux privés. Son principal inconvénient est l'affaiblissement des courants transmis, d'autant plus important que le diamètre des conducteurs est faible. Les paires torsadées contiennent, à intervalles réguliers, des éléments appelés *répéteurs* qui régénèrent les signaux transmis. Quand

plusieurs paires sont rassemblées dans un même câble, les courants qu'elles transportent interfèrent les uns avec les autres. Ce phénomène est appelé *diaphonie*.

Pour les réseaux locaux d'entreprise, où les distances se limitent à quelques kilomètres, la paire torsadée peut suffire. Ses avantages sont nombreux : technique maîtrisée, facilité de connexion et d'ajout de nouveaux équipements, faible coût. Certains constructeurs proposent des *paires torsadées blindées* (STP, *Shielded Twisted Pair*). Enrobées d'un conducteur cylindrique, elles sont mieux protégées des rayonnements électromagnétiques parasites. Une meilleure protection prévoit un blindage par paire.



2 CÂBLES COAXIAUX

Pour éviter les perturbations dues aux bruits externes, on utilise souvent deux conducteurs métalliques cylindriques de même axe séparés par un isolant. Le tout forme un ensemble appelé *câble coaxial*. Ce câble présente de meilleures performances que la paire torsadée : affaiblissement moindre, transmission de signaux de fréquences plus élevées, etc.

La capacité de transmission d'un câble coaxial dépend de sa longueur et des caractéristiques physiques des conducteurs et de l'isolant. Sur 1 km, un débit de plusieurs dizaines de Mbit/s peut être atteint alors que sur des distances plus courtes, des débits supérieurs sont possibles. Sur des distances supérieures à 10 km, les débits de transmission sont inférieurs à 10 kbit/s.

3 FIBRE OPTIQUE

Une *fibre optique* est constituée d'un fil de verre très fin. Elle comprend un cœur, dans lequel se propage la lumière émise par une diode électroluminescente ou une source laser, et une gaine optique dont l'indice de réfraction garantit que le signal lumineux reste dans la fibre.

Les avantages de la fibre optique sont nombreux : le diamètre extérieur est de l'ordre de 0,1 mm, son poids de quelques grammes au kilomètre. Cette réduction de taille et de poids la rend facilement utilisable. En outre, sa très grande capacité permet la transmission simultanée de très nombreux canaux de télévision, de téléphone... Les points de régénération des signaux transmis sont plus éloignés, du fait de l'atténuation plus faible de la lumière. Enfin, l'insensibilité des fibres aux parasites électromagnétiques constitue un avantage très apprécié, puisqu'une fibre optique supporte sans difficulté la proximité d'émetteurs radioélectriques. On peut donc les utiliser dans des environnements très perturbés (avec de puissants champs électromagnétiques, par exemple) ou pour isoler électriquement des bâtiments entre eux.

4 TRANSMISSIONS SANS FIL

Les ondes électromagnétiques se propagent dans l'atmosphère ou dans le vide (le terme d'*éther* désigne parfois ce type de support). L'absence de support matériel apporte une certaine souplesse et convient aux applications comme la téléphonie ou les télécommunications mobiles, sans nécessiter la pose coûteuse de câbles. On utilise des faisceaux directifs, faisceaux hertziens (pour franchir de grandes distances) ou ondes diffusées (pour atteindre des récepteurs géographiquement dispersés).

Faisceaux hertziens

Les *faisceaux hertziens* reposent sur l'utilisation de fréquences très élevées (de 2 GHz à 15 GHz et jusqu'à 40 GHz) et de faisceaux directifs produits par des antennes directionnelles qui émettent dans une direction donnée. La propagation des ondes est limitée à l'horizon optique ; la transmission se fait entre des stations placées en hauteur, par exemple sur une tour ou au sommet d'une colline, pour éviter les obstacles dus aux constructions environnantes. Les faisceaux hertziens s'utilisent pour la transmission par satellite, pour celle des chaînes de

télévision ou pour constituer des artères de transmission longue distance dans les réseaux téléphoniques.

Les ondes radioélectriques

Les *ondes radioélectriques* correspondent à des fréquences comprises entre 10 kHz et 2 GHz. Un émetteur diffuse ces ondes captées par des récepteurs dispersés géographiquement. Contrairement aux faisceaux hertziens, il n'est pas nécessaire d'avoir une visibilité directe entre émetteur et récepteur, car celui-ci utilise l'ensemble des ondes réfléchies et diffractées. En revanche, la qualité de la transmission est moindre car les interférences sont nombreuses et la puissance d'émission beaucoup plus faible.

II. Caractéristiques globales des supports de transmission

Quelle que soit la nature du support, le terme *signal* désigne le courant, la lumière ou l'onde électromagnétique transmis. Certaines caractéristiques physiques des supports en perturbent la transmission. La connaissance de leurs caractéristiques (la bande passante, la sensibilité aux bruits, les limites des débits possibles) est donc nécessaire pour fabriquer de « bons » signaux, c'est-à-dire les mieux adaptés aux supports utilisés.

1 BANDE PASSANTE

Les supports ont une *bande passante* limitée. Certains signaux s'y propagent correctement (ils sont affaiblis mais reconnaissables à l'autre extrémité), alors que d'autres ne les traversent pas (ils sont tellement affaiblis ou déformés qu'on ne les reconnaît plus du tout à la sortie). Intuitivement, plus un support a une bande passante large, plus il transporte d'informations par unité de temps.

Remarque

En général, on caractérise un support par sa bande passante à 3 dB (décibels), c'est-à-dire par la plage de fréquences à l'intérieur de laquelle la puissance de sortie est, au pire, divisée

par deux. En notant P_s la puissance de sortie, et P_e la puissance d'entrée, l'affaiblissement A en dB est donné par la formule :

$$A = 10 * \log_{10} P_e / P_s \quad \text{Pour } \frac{P_e}{P_s} = 2 \text{ on trouve } A = 10 * \log_{10} \left(\frac{P_e}{P_s} \right) = 3 \text{ dB}$$

2 CAPACITÉ LIMITÉE DES SUPPORTS DE TRANSMISSION

La *capacité* d'un support de transmission mesure la quantité d'informations transportée par unité de temps. L'ensemble des caractéristiques que nous venons de voir fait que la capacité d'un support est limitée. Un théorème dû à Shannon exprime, en bits par seconde, la borne maximale de la capacité Cap_{Max} d'un support de transmission :

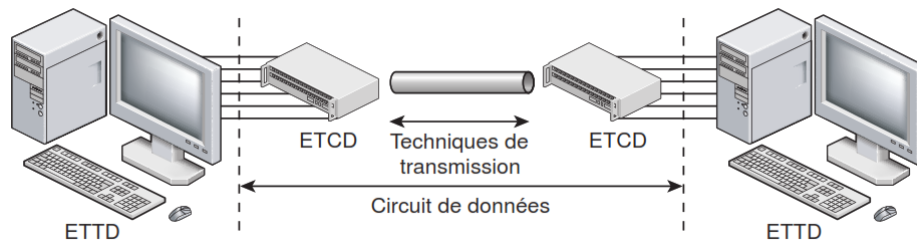
$$Cap_{Max} = W * \log_2 \left(1 + \frac{S}{B} \right)$$

Dans cette formule, W est la largeur de la bande passante du support de transmission exprimée en hertz, S/B représente la valeur du rapport entre la puissance du signal (notée S) et la puissance du bruit (notée B) ; la base 2 du logarithme sert à exprimer la quantité d'informations en bits

Exemple: Sur une liaison téléphonique dont la bande passante a une largeur de 3 100 Hz et un rapport S/B correspondant à 32 dB

III. Fabrication des signaux: techniques de transmission

Selon les techniques de transmission utilisées, un équipement spécifique est placé à chaque extrémité du support: soit un *modem* (modulateur-démodulateur), soit un *codec* (codeur-décodeur). Cet équipement assure la fabrication des signaux en émission et leur récupération en réception. Pour émettre les données, le modem reçoit la suite de données binaires à transmettre et fournit un signal dont les caractéristiques sont adaptées au support de transmission. Inversement, en réception, le modem extrait la suite des données binaires du signal reçu. Le support de transmission est ainsi transparent à l'utilisateur. Le support de transmission et les deux modems placés à chacune de ses extrémités constituent un ensemble appelé *circuit de données*.

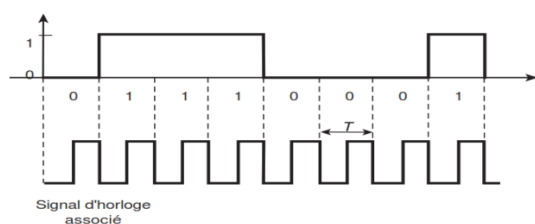


L'ISO et l'ITU (*International Telecommunications Union*) ont attribué des appellations génériques normalisées au modem et à l'équipement qui émet ou reçoit les données (ordinateur de l'utilisateur, imprimante...). Ainsi, le modem et le codec appartiennent à la famille des ETCD (équipement de terminaison du circuit de données), l'ordinateur ou l'imprimante font partie des ETTD (équipement terminal de traitement des données).

Définition

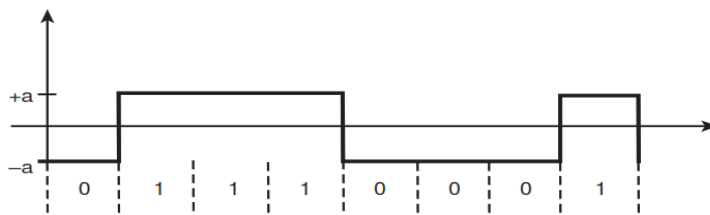
Le *circuit de données* est une entité capable d'envoyer ou de recevoir une suite de données binaires, à un débit donné, dans un délai donné et avec un taux d'erreur dépendant du support utilisé.

L'utilisation d'un circuit de données dépend de la nature des ETCD situés aux extrémités du support de transmission. La communication est en mode *duplex intégral* si la transmission simultanée est possible dans les deux sens. Si elle n'est possible que dans un seul sens à un moment donné (transmission à *l'alternat*), le circuit est *semi-duplex*. Enfin, le circuit est *simplex* lorsque la transmission ne se fait que dans un seul sens prédéfini.



Le message de données synchrone utilise une représentation conventionnelle de l'information. La plus habituelle est un signal binaire sans retour à zéro, dit NRZ (*No Return to Zero*). On

utilise un niveau de tension pendant une période complète pour représenter la valeur 1 d'un bit, et un autre niveau pour sa valeur 0.



1 TRANSMISSION EN BANDE DE BASE

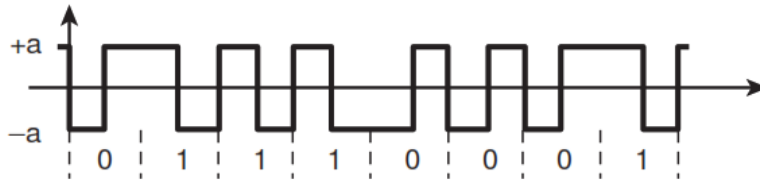
Dans la transmission en bande de base, l'ETCD code le message de données synchrone en une suite de signaux compatibles avec les caractéristiques physiques du support de transmission (l'ETCD effectue, en fait, un simple transcodage du signal que fournit l'ETTD). Plusieurs facteurs expliquent les principales difficultés rencontrées dans la *transmission en bande de base* : la limitation de la bande passante – dans les basses comme dans les hautes fréquences – et le fait qu'il faille transférer les données quelle que soit leur valeur.

Nous verrons que les longues suites de 0 ou de 1 peuvent engendrer des problèmes à la réception.

L'ETCD récepteur doit reconstituer correctement le signal d'horloge associé aux données. Pour cela, deux techniques de transmission de l'horloge sont envisageables : soit indépendamment du message de données (ce qui consomme une partie de la puissance disponible pour le signal), soit en utilisant les transitions du signal codé (il faut donc que le signal présente suffisamment de transitions). Dans ce dernier cas, si les données à transmettre contiennent une longue suite de 0 ou de 1, le signal NRZ reste à la même valeur pendant longtemps, provoquant ainsi une absence de repère temporel pour l'ETCD récepteur, d'où une perte de synchronisation. On ne transmet donc pas directement le signal en NRZ mais sous une forme voisine, qui prend en compte les contraintes précédentes. Le *code biphase* est un exemple très connu de codage pour la transmission des données en bande de base.

Le code biphase, également appelé code Manchester, utilise une représentation à deux niveaux : pendant chaque intervalle de temps correspondant à un symbole binaire, deux polarités opposées sont transmises. Selon la donnée à coder, on trouve un front montant (transition vers le haut) ou un front descendant (transition vers le bas) au milieu de l'intervalle de temps

significatif. Il y a donc systématiquement une transition du signal à chaque intervalle de temps, ce qui garantit une bonne synchronisation entre les deux ETCD et facilite le travail de décision du récepteur.



IV. Caractéristique d'une transmission

L'introduction d'une distance entre équipements informatiques nécessite un *support de transmission*. Or, nous avons vu que les ETCD cachaient la nature réelle du support à l'utilisateur (pour lequel elle est transparente). Celui-ci ne voit donc la transmission qu'à travers l'interface entre ETTD et ETCD. Du circuit de données, il ne connaît pratiquement que le débit binaire utilisé pour la transmission.

1 LA QUALITÉ DU CIRCUIT DE DONNÉES

La qualité du circuit de données est mesurée selon différents critères techniques :

- ✚ Le *taux d'erreurs* est le rapport entre le nombre de bits erronés, sur le nombre total de bits transmis.
- ✚ La *disponibilité* permet d'évaluer la proportion de temps pendant lequel la transmission est possible (absence de panne ou de coupure). On peut s'intéresser également au nombre d'incidents et à leur durée cumulée, afin de déterminer la durée moyenne et le coût d'une panne.
- ✚ Le *débit binaire* D représente le nombre de bits transmis par seconde. On peut préciser, en outre, que le débit est en mode duplex intégral, semi-duplex ou en simplex.
- ✚ La *rapidité de modulation* R , exprimée en bauds, indique le nombre de symboles transmis par unité de temps. Si Δ représente la durée (en secondes) de l'intervalle de temps séparant deux valeurs significatives du signal, alors $R = 1/\Delta$ bauds.
- ✚ Le *délai de propagation* définit le temps matériellement nécessaire au signal pour traverser le support. Par exemple, il faut environ un quart de seconde à un signal se

propageant à la vitesse de la lumière pour parcourir une distance de 72 000 km (cas des satellites géostationnaires).

Remarque

La formule : $D = R \cdot \log_2 V$ exprime la relation liant la rapidité de modulation au débit binaire. Pour des modulations simples, des signaux de valence 2, chaque intervalle Δ transporte 1 bit. Les valeurs numériques du débit binaire et de la rapidité de modulation sont alors égales. Pour un support de transmission, la rapidité de modulation maximale dépend de sa bande passante (critère de Nyquist). La rapidité de modulation maximale R_{\max} est égale au double de la fréquence la plus élevée disponible sur le support : $R_{\max} = 2F_{\max}$.

2 LES DONNÉES TRANSMISES

Les informations échangées sur le réseau proviennent de textes, de tableaux de nombres, d'images fixes ou animées, de musiques ou de sons : tout est mis sous forme numérique, c'est-à-dire de *données binaires*. La numérisation de la parole, du son, des images n'entre pas dans le cadre de cet ouvrage. La notion de caractère (une lettre dans un texte) est elle aussi assimilée à une suite de bits (par exemple, chaque lettre ou chaque chiffre se code sur 7 bits dans l'alphabet ASCII. On peut donc représenter 2^7 soit 128 caractères différents avec ce code). D'une façon générale, on associe à tous les « objets » traités par l'informatique (et donc par les réseaux) des codes binaires dont la longueur dépend directement du nombre d'objets à dénombrer ou à coder.

Definition

En informatique, l'unité de quantité d'informations est le bit et tous ses multiples : octet, Kilo-octet (Ko), mégaoctet (Mo). Un Kilo-octet (avec un K majuscule)⁴ contient 2^{10} octets, soit 1024 octets (et non 1 000) ; un mégaoctet vaut 1024 Kilo-octets soit 1048576 octets (et non 10^6 ...) ; les unités suivantes sont le gigaoctet (Go), qui vaut 1 024 Mo, le téraoctet (1 024 Go), le pétaoctet (1 024 To)...

Dans les réseaux informatiques et les télécommunications, le débit binaire s'exprime en bit/s et ses multiples : un kilobit/s (avec un k minuscule), un mégabit/s... ; ces dernières

sont des puissances de 10 du bit/s. Ainsi, un modem à 5 6 kbit/s peut émettre ou recevoir jusqu'à 56 000 bit/s (et non 57 344 bit/s...)

V. ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*)

L'ADSL fait partie d'une famille d'accès à haut débit (d'où le nom générique *xDSL* donné à ces techniques de transmission), qui utilise les lignes téléphoniques ordinaires comme support de transmission. L'ADSL utilise la *boucle locale* raccordant chaque usager du téléphone au central téléphonique dont il dépend. L'idée est la suivante : puisque la bande passante utilisée pour les conversations téléphoniques est faible (de 300 à 3 400 Hz), la majeure partie de la bande passante des paires torsadées est inutilisée et peut s'employer pour le transfert des données numériques. L'ADSL multiplexe, sur la ligne de l'abonné, les données numériques (provenant d'un ordinateur par exemple) et le téléphone vocal. Les deux équipements s'utilisent ainsi simultanément sans interférences.

Une des caractéristiques de l'ADSL tient dans son nom : le débit est différent dans les deux sens de transmission ; le sens le moins rapide possède un débit environ 10 fois inférieur à l'autre sens. Le débit binaire disponible dépend de la longueur et de l'état de la boucle locale. Ces deux facteurs déterminent, à l'initialisation, le débit maximal offert à l'abonné. Au départ, l'ADSL permettait d'émettre jusqu'à 8 Mbit/s dans le sens *descendant* (du fournisseur vers l'utilisateur) et jusqu'à 800 kbit/s dans le sens *montant* (de l'utilisateur vers le fournisseur). Les dernières versions offrent des débits pouvant aller jusqu'à 50 Mbit/s, mais sur des distances beaucoup plus courtes.

Dans le central téléphonique, les deux types de systèmes coexistent : le réseau de données (le réseau du fournisseur d'accès) vient se greffer sur le réseau téléphonique classique, les deux réseaux utilisant la ligne de l'abonné. Les deux types de signaux sont acheminés dans leurs équipements respectifs, chez l'abonné comme dans le central téléphonique. Un équipement appelé *répartiteur* (*splitter*) est responsable de l'éclatement et de la recombinaison des deux types de signaux dans le central et chez l'abonné (indispensable chez ce dernier uniquement lorsque celui-ci utilise un téléphone numérique ; il sert alors à séparer les canaux utilisés pour la téléphonie de ceux employés pour la transmission des données). Pour un téléphone analogique, un simple filtre placé devant le téléphone de l'abonné suffit.

La transmission des données de l'ADSL utilise une modulation particulière (DMT, *Discrete MultiTone*), spécifiquement adaptée aux caractéristiques physiques des lignes d'abonnés sur une courte distance (généralement moins de 3,5 km) et utilisant deux débits différents. Le modem ADSL logé chez l'abonné et l'interface utilisateur peuvent se présenter sous plusieurs formes, dont la plus récente est le port USB.