

Chapitre 1. Introduction, Organismes de normalisation, Support et canaux de transmission, Principe d'une liaison de données. Structure générale d'une chaîne de transmission (Numérisation des informations, source d'information, codage source, codage canal, modulation, démodulation, décodage canal, décodage source).

Notions préliminaires

- Un caractère ASCII est codé sur 8 bits.
- Un octet (byte) caractère est codé sur 8 bits.

Les préfixes binaires sont souvent utilisés lorsqu'on a affaire à de grandes quantités d'octets ou de bits. La raison d'être de ces préfixes binaires est d'éviter la confusion de valeur avec les préfixes SI (Système International).

- **Préfixes binaires :**
 - kilo bit : Ki soit $2^{10}=1024$
 - Méga bit : Mi soit $2^{20} = 1\ 048\ 576$
 - Giga bit : Gi soit $2^{30} = 1\ 073\ 741\ 824$
 - Téra bit : Ti soit $2^{40} = 1\ 099\ 511\ 627\ 776$
- **Préfixes SI :**
 - Kilo : K soit $10^3=1000$
 - Méga : M soit $10^6=1000.000$
 - Giga : G soit $10^9=1000.000.000$
 - Téra : T soit $10^{12}=1000.000.000.000$

• **Débit :** nombre de bits transmis en une seconde soit bits/s ou bps

Formule : $D \text{ (bits/s)} = Q \text{ (bits)} / t \text{ (s)}$

Rendement = Nb de bits de données / Nb de bits transmis

I.1 Introduction

Un réseau est un ensemble d'équipements techniques de commutation et de transmission destinés à la transmission filaire (câble ou fibre) ou radioélectrique (ondes électromagnétiques) de signaux entre un point d'émission et un ou plusieurs points de réception.

I.2 Organismes de 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.

En matière de télécommunication, la normalisation est issue d'organismes divers. Du groupement de constructeurs aux organismes internationaux, la normalisation couvre tous les domaines de la communication.

I.2.1 Les principaux groupements de constructeurs sont:

- **ECMA** European Computer Manufacturers Association, à l'origine constituée uniquement de constructeurs européens (Bull, Philips, Siemens...) l'ECMA comprend aujourd'hui tous les grands constructeurs mondiaux (DEC, IBM, NEC, Unisys...).
- **EM**, Electronic Industries Association connue, essentiellement, pour les recommandations RS232C, 449 et 442;
- **POSI**, Promotion conference for OSI in Japon, association des six principaux constructeurs japonais;
- **COS**, Committee On Standardization (USA);
- **SPA C**, Standard Promotion and Application Group (Europe);
- **NTT**, Nippon Telephon and Telegraph Corporation.

I.2.2 Les principaux organismes nationaux sont:

- **ANSI**, American National Standard Institute (USA);
- **DIN**, Deutsches Institut für Normung (Allemagne), bien connu pour sa normalisation des connecteurs (prises DIN);
- **BSI**, British Standard Institute (Grande Bretagne).
- **AFNOR**, Association Française de Normalisation, divisée en commissions (industriels, administrations, utilisateurs).

I.2.3 Les organismes internationaux:

- **ISO**, International Standardization Organization, regroupe environ 90 pays. L'ISO est organisée en Technical Committee (TC) environ 200, divisés en Sub-Committee (SC) eux-mêmes subdivisés en Working Group (WG).;

- **CEI**, Commission Électrotechnique Internationale, affiliée à l'ISO en est la branche électricité.

- **UIT-T**, Union Internationale des Télécommunications section des télécommunications, ex CCITT, publie des recommandations. Celles-ci sont éditées tous les 4 ans sous forme de recueil. Les domaines d'application sont identifiés par une lettre:

V, concerne les modems et les interfaces,

T, recommandations relatives aux applications télématiques,

X, désigne les réseaux de transmission de données,

I, se rapporte au RNIS,

P, se rapporte à la qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux,

Q, concerne la téléphonie et la signalisation.

Notons aussi que l'IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers, société savante constituée d'industriels et d'universitaires, est essentiellement connue par ses spécifications sur les bus d'instrumentation (IEEE 488) et par ses publications concernant les réseaux locaux informatiques (IEEE 802) reprises par l'ISO (IS 8802).

I.3 Support et canaux de transmission

I.3.1 Introduction

Nous entendons par support de transmission tous les moyens par lesquels on peut conduire le signal de son lieu de production à sa destination avec le moins possible de réductions, dispersions, ou distorsions. Le support de transmission au sens de la propagation est la portion du milieu physique utilisée pour la transmission particulière étudiée. Le canal de transmission au sens de la théorie des communications inclut le milieu physique de propagation et également des organes d'émission

et de réception.

I.3.1 L'information

L'information est au cœur de nos sociétés modernes : presse, téléphonie, données météorologiques, Internet... De nombreux vecteurs concourent à nous transmettre les messages porteurs de ces informations. Les machines associées à des outils informatiques sont elles aussi soumises à un flux de données provenant de capteurs susceptibles d'améliorer leur performance et leur sécurité. Les flux d'information sont ainsi omniprésents dans notre quotidien. Il faut impérativement que le message reçu soit l'exacte réplique du message émis.

I.3.2 Chaîne de transmission

La chaîne de transmission de l'information, est constituée :

- D'un émetteur ;
- D'un canal de transmission ;
- D'un récepteur.

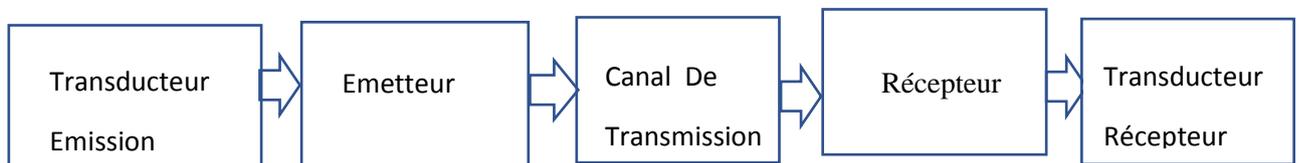


Figure I.1 Principe de la chaîne de transmission de l'information

Par analogie avec l'humain, l'émetteur « parle » au récepteur en utilisant le canal de transmission. Pour se comprendre, ils doivent aussi utiliser la même « langue »

- **Transducteur à l'émission**

Le transducteur à l'émission permet de convertir le signal original (voix, image,...) en un signal électrique utile pour l'émetteur.

Transducteur	Signal Original
Microphone	Voix Humain
Clavier	Touche pressée
Capteur CCD	Mouvement objet
Thermocouple	Mesure de température

Figure I.2 Transducteur à l'émission

- **L'émetteur**

L'émetteur a pour fonction d'adapter le signal issu du transducteur en vue de le transmettre au canal de transmission. Il peut simultanément remplir plusieurs fonctions :

- **Coder** le signal issu du transducteur (tension) en nombres, dans le cas d'une conversion analogique numérique ou/et de chiffage.
- **Moduler.**
- **Amplifier.**

Cet émetteur peut être un émetteur analogique (exemple : émetteur radio FM) ou encore un modem ADSL utilisé pour Internet dans le cadre d'une information numérique.

- **Le canal de transmission**

Un canal de transmission permet au récepteur de recevoir l'information émise par l'émetteur. De nombreux supports sont utilisés. On peut dire est le moyen physique de transmission de l'information (signal) Il représente le lien physique entre l'émetteur et le récepteur. Parmi les supports utilisés sont :

- Les supports avec guide physique (câbles, fibres, ...).
- les supports sans guide physique (ondes radio, ondes lumineuses).

Ces différents supports sont choisis en prenant en compte :

1. le débit d'information à transmettre.
2. les caractéristiques du signal (bande passante, codage...).
3. la distance entre l'émetteur et le récepteur.
4. les possibilités de mise en œuvre.

Remarque :

Les câbles électriques à paires torsadées sont les moins fiables, suivis par les câbles coaxiaux, les fibres optiques offrent actuellement le meilleur compromis fiabilité/performance.

- **Le récepteur**

Son rôle est de recevoir le signal émis ainsi que de le rendre compatible avec le transducteur (exemple : haut-parleur) servant à la réception. Les actions réalisées par le récepteur sont alors les suivantes :

1. Filtrer le signal reçu (éliminer la partie inutile du signal reçu pour ne garder que l'information).
2. Décoder :
 - a. soit en réalisant une conversion numérique analogique.
 - b. Décodage
3. Démoduler.
4. Amplifier le signal pour le rendre utilisable par le transducteur de sortie.

Exemple :

Ce récepteur est par exemple un poste de radiophonie pour un signal analogique ou un modem ADSL pour les informations numériques.

- **Transducteur à la réception**

Son rôle est de fournir une information exploitable par le destinataire sous la forme d'un signal.

Transducteur	Information
Haut-parleur	Son
Ecran	Image
Signal de commande	Commande actionneur (vanne, pompe)

Figure I.3 Transducteur à la réception

Remarque :

Il ne faut pas confondre le terme transducteur avec celui de décodeur qui a pour but de décoder un signal crypté en une information « claire ».

I.3.3 Différence Entre Canal De Transmission Et Support De Transmission

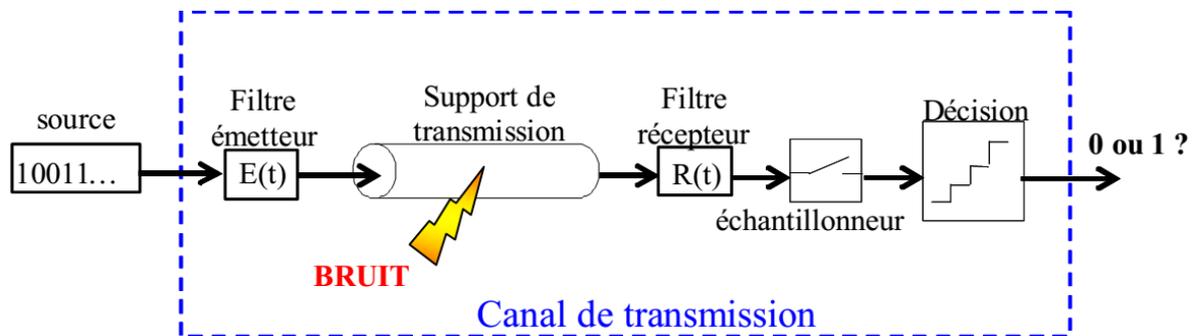


Figure I.4 - Schéma d'un canal de transmission numérique

La Figure(I.4) montre la différence entre support de transmission et le canal de transmission

Le transfert de l'information nécessite une source de données, traduites dans un système compréhensible par l'émetteur et le récepteur (codage, format, compression préalablement définis). Le canal proprement dit représente le lien ou le support de transport de l'information entre les 2 entités communicantes. Un canal de transmission n'est pas simplement composé du support de transmission, mais aussi de l'ensemble des dispositifs qui permettent d'adapter le signal à transmettre au canal et de minimiser les erreurs de réception. Les transmissions d'informations se font en général par liaison filaire (câble électrique ou fibre optique) ou par liaison hertzienne (ou sans fils). Cette dernière est la plus sensible aux perturbations externes et dont l'environnement de propagation est le plus difficile à modéliser.

I.4 Principe d'une liaison de données

Une transmission de données met en œuvre des calculateurs d'extrémité et des éléments d'interconnexion dont les appellations et fonctions sont codées. On distingue :

– Les équipements terminaux (End System) ou ETTD, (Équipement Terminal de Traitement de Données, appelés aussi DTE (Data Terminal Equipment) représentant (calculateurs ou ordinateur). Ces calculateurs sont dotés de circuits particuliers pour contrôler les communications. L'ETTD réalise la fonction de contrôle du dialogue. Des équipements d'adaptation ou ETCD, Équipement Terminal de Circuit de Données (modems)

Ou DCE (Data Communication Equipment) réalisent l'adaptation entre les calculateurs d'extrémité et le support de transmission. Cet élément remplit essentiellement des fonctions électroniques, il 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 (DTE) et ETCD (DCE), elle permet à l'ETTD de gérer l'ETCD pour assurer le déroulement des communications (établissement du circuit, initialisation de la transmission, échange de données et libération du circuit).

– Le support 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 (voir **Figure I.5**).

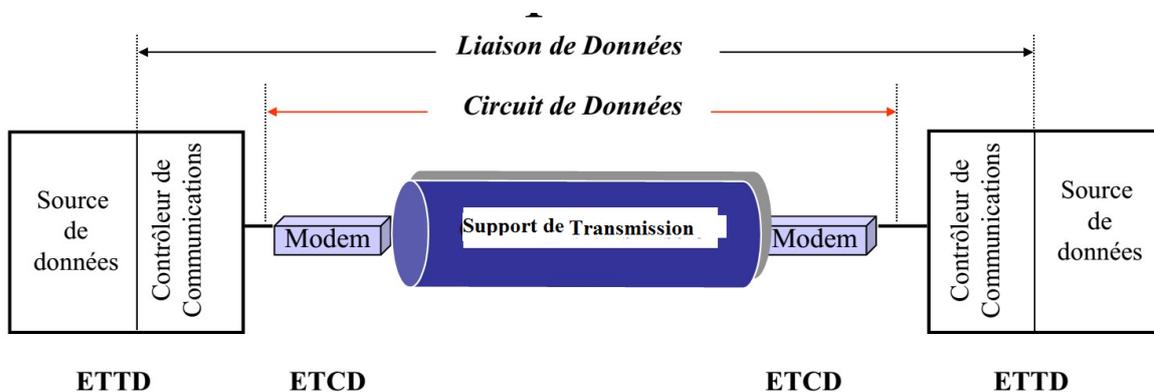


Figure I.5 - Schéma d'une liaison de donnée (Équipements voisins)

- **Support de Transmission** : câble coaxial, paires torsadées, fibre optiques...
- ETTD Équipement Terminal de Transmission de Données (exemple : ordinateurs)
- ETCD Équipement Terminal de Circuit de Données (modem)
- Modem Modulateur / Démodulateur
- ETTD Équipement Terminal de Transmission de Données (exemple : imprimantes)

Dans la (Figure I.6) on représente une liaison de donnée Équipements distants

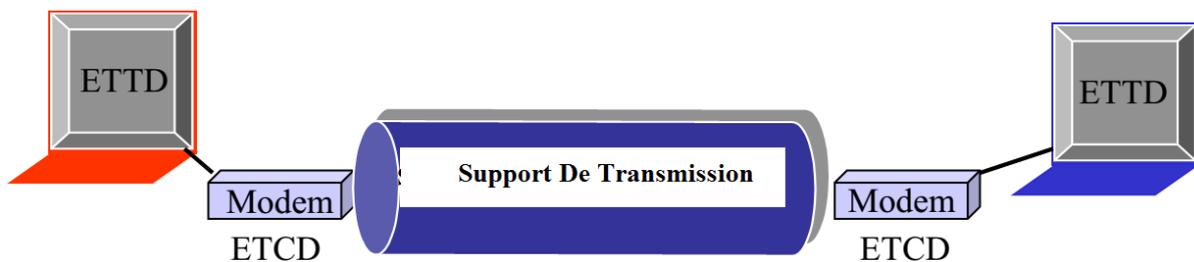


Figure I. 6 - Schéma d'une liaison de donnée (Équipements distants)

- ETCD Équipement Terminal de Circuit de Données
- DCE Data Communication Equipment
- Modem Modulateur / Démodulateur
- Support de transmission : **Ligne téléphonique**

I.5 Structure Générale D'une Chaîne De Transmission

I.5.1 Numérisation des informations

Une chaîne de transmission d'informations est un ensemble d'éléments permettant de transférer de l'information (son, image, écrit ...) d'un lieu à un autre. On désigne par **canal de transmission** le dispositif par lequel les informations sont transmises de l'émetteur au récepteur.

1. Conversion Signal analogique au signal numérique :

Le monde qui nous entoure est décrit par des grandeurs analogiques qui varient de manière continue en fonction du temps. (Dans la Figure I.7 représente pression de l'air au passage d'une onde sonore est une grandeur analogique en fonction du temps, (Figure I.8) représente tension en fonction du temps). Pour être transmises sous forme d'informations, ces grandeurs sont converties en signaux électriques par des capteurs (ex : microphone). Si le signal électrique varie de manière analogue à la source et constamment en fonction du temps, il est dit **analogique**.

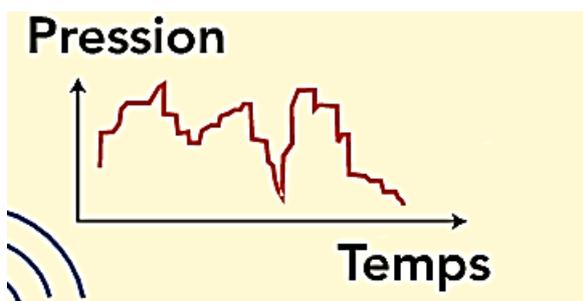


Figure I.7- Pression en fonction du temps

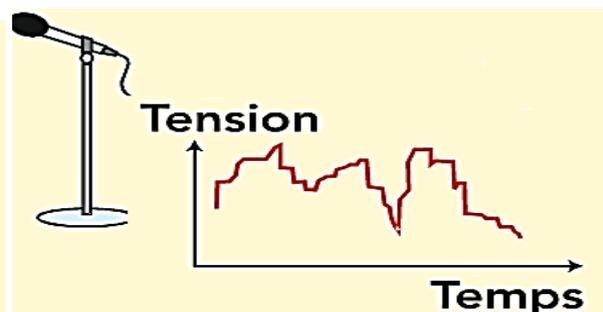


Figure I. 8- Tension en fonction du temps

Aujourd'hui, la plupart des signaux sont transmis sous forme numérique de manière à améliorer la qualité du transport et le stockage. Avant d'être transporté, un signal analogique peut être converti en signal numérique grâce à un **convertisseur analogique numérique (CAN)** qui transforme l'amplitude continue d'un signal analogique en langage binaire (succession de 1 et de 0).

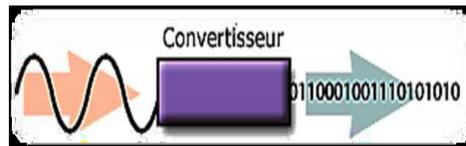


Figure I.9- convertisseurs analogiques numériques

La numérisation d'un signal analogique se fait par un CAN en trois étapes : l'**échantillonnage** et la **quantification, codage**.

- **L'échantillonnage :**

Le signal analogique est dans un premier temps « découpé » en échantillons de durées égales T_e (appelée **période d'échantillonnage**). T_s (appelée **période du signal**) avec $F_s = 1/T_e$ (appelée **fréquence du signal**).

La fréquence d'échantillonnage $F_e (=1/T_e)$ doit être suffisamment grande par rapport à la fréquence du signal analogique pour que l'échantillonnage soit satisfaisant (c.-à-d. $F_e \geq 2F_{max}$)

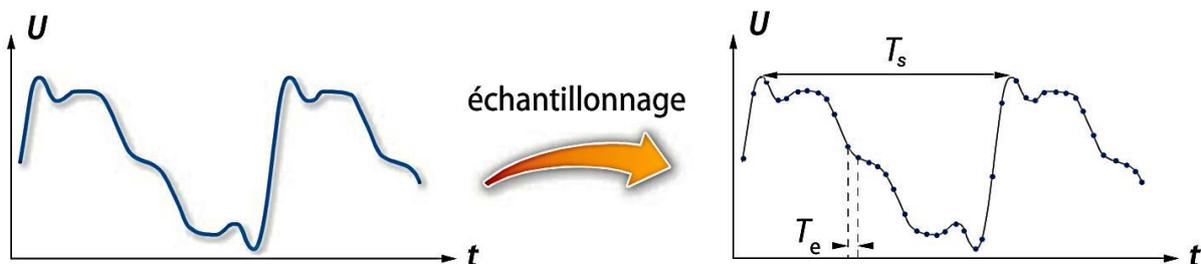


Figure I.10- Etape D'échantillonnage

- **La quantification :**

La quantification consiste à associer à chaque valeur de la tension retenue après échantillonnage un nombre binaire constitué de 0 et de 1 :

La quantité de nombres binaires possibles, appelée **résolution**, est limitée par les capacités de stockage. La quantification consiste donc à approximer les valeurs des échantillons.



Figure I.11- Etape De Quantification

Exemples :

- avec une quantification à 3 bits, le nombre de niveaux possibles est égal à 2^3 , soit 8 (000 ; 001 ; 010 ; 011 ; 100 ; 101 ; 110 ; 111)
- avec une quantification à n bits, la résolution est égale à 2^n .

- **Codage :**

Transformation de la valeur quantifiée en mot binaire exploitable par le calculateur, en d'autre terme affecter une valeur binaire distincte à chaque valeur quantifiée.

Exemple (voir Figure I.12)

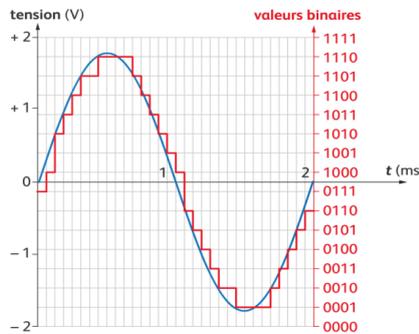


Figure I.12-Quantification d'un signal analogique sur 4 bits

I.5.2 Source D'information

La (Figure I.13) illustre le fonctionnement système de transmission numérique. La source émet un message numérique sous la forme d'une suite d'éléments binaires. Le codeur englobe en général deux fonctions fondamentalement différentes. La première, appelée codage en ligne, associe un support physique adéquat aux éléments abstraits émis par la source. La seconde, appelée codage correcteur d'erreurs, consiste à introduire de la redondance dans le signal émis en vue de le protéger contre le bruit et les perturbateurs présents sur le canal de transmission. La modulation a pour rôle d'adapter le spectre du signal au canal (milieu physique) sur lequel il sera émis. Enfin, du côté récepteur, les fonctions de démodulation et de décodage sont les inverses respectifs des fonctions de modulation et de codage situées du côté émetteur.

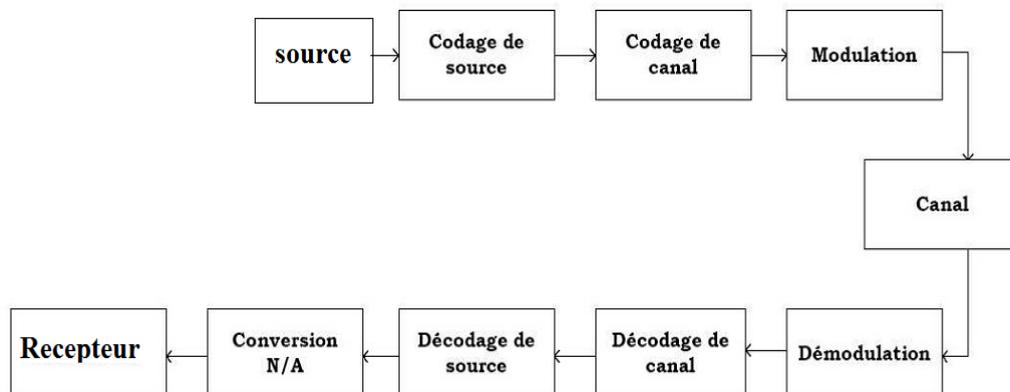


Figure I.13 Architecture générale d'un système de transmission numérique

I.5.3 Codage de sources

L'objectif du codage de sources est d'éliminer le plus possible les redondances présentes dans des données de manière à réduire au minimum le flux d'informations stockées ou transmises sur des réseaux de communication. Le codage de sources est aujourd'hui un élément essentiel à la transmission de données multimédia (texte, image, son, vidéo) ainsi qu'au stockage de ces données sur des supports variés. (Ordinateurs, serveurs en lignes, smartphones, objets connectés, etc.).

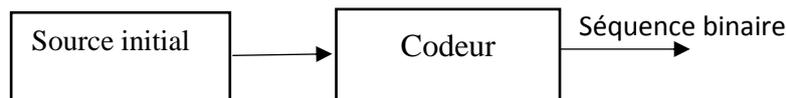


Figure I.14 codage d'une source information

I.5.3.1 Classification des codes

Considérons le tableau ou une source $x_i = [x_1, x_2, x_3, x_4]$ a été codée des codes binaires formés des symboles « 0 » et « 1 », avec, x_1, x_2, x_3, x_4 sont appelés mots codes.

I.1 Tableau codes binaires

x_i	Code 1	Code 2	Code3	Code 4	Code 5	Code 6
x_1	00	00	0	0	0	1
x_2	01	01	1	10	01	01
x_3	00	10	00	110	011	001
x_4	11	11	11	111	0111	0001

- **Codes à longueur fixe.**

Un code à longueur fixe pour lequel la longueur des mots du code est fixée

Exemple : les codes 1 et 2 du tableau sont des codes à longueur fixe de longueur 2.

- **Codes à longueur variable.**

Un code à longueur variable pour lequel la longueur des mots du code n'est pas fixée.

Exemple : les codes du tableau 3, 4, 5 et 6 du tableau sont des codes à longueur variables.

- **Codes distincts.**

Un code est dit distinct si chaque mot de code est différent des autres mots du code.

Exemple : Les codes du tableau 2, 3, 4, 5,6 sont distincts, par contre le code 1 ou x_1 et x_3 sont identiques.

- **Codes à préfixe différent**

Préfixe : symbole placé en tête d'un code, d'une autre façon c'est un Chiffre(s) placé(s) en tête d'un numéro de téléphone et servant à identifier l'opérateur choisi, le pays ou la zone de destination de la communication, etc. Codes à préfixe différent est un code pour lequel aucun mot du code ne peut être formé en ajoutant des symboles à un autre mot code est appelé un code à préfix différent. Ainsi, dans ce code, aucun mot du code est le préfixe d'un autre mot code.

Exemple : Dans le tableau les codes 2, 4,6 sont des codes à préfixe différent. Par contre code 3 n'est pas codes à préfixe différent parce que si on ajoute un symbole « 0 » à x_1 on obtient x_3 même chose code 5 n'est pas codes à préfixe parce que si on ajoute un symbole « 1 » à x_1 on obtient x_2 .

I.5 .4 Codage de canal (support de transmission)

Un canal de communication donne une possibilité de communiquer à grandes distances Le codage de canal est souvent utilisé dans les systèmes de transmission numérique pour protéger les informations numériques du bruit et des interférences et réduire le nombre d'erreurs sur les bits. Le codage de canal est principalement réalisé en rajout de bits d'information supplémentaires dans le message pour permettre de corriger les erreurs de transmission. Ces bits supplémentaires permettront la détection et la correction d'erreurs de bits dans le flux de données reçu et fournir des informations plus fiables. Le but de la théorie du codage de canal, est de trouver des codes qui transmettent rapidement, contiennent de nombreux mots de code valides et peuvent corriger ou au moins détecter de nombreuses erreurs. Ainsi, différents codes sont optimaux pour différentes applications. Les propriétés nécessaires de ce code dépendent principalement de la probabilité que des erreurs se produisent lors de la transmission. L'opération du codage permet de minimiser l'effet du

bruit introduit par le canal sur le signal et ainsi améliorer la qualité à la réception.

I.5 .5 Modulation

A pour objectif d'adapter le signal à émettre au canal de transmission. Cette opération consiste, en général, à moduler la phase, la fréquence et/ou l'amplitude d'une onde porteuse centrée sur la bande de fréquence du canal. Adaptation du spectre du signal au canal (milieu physique) sur lequel il est émis.

I.5 .6 Démodulation

Son rôle permet de reconstituer le signal ayant servi à moduler (en amplitude, en fréquence ou en phase), Il s'agit du processus d'extraction des informations d'origine du signal modulé, d'autre part il est utilisé pour récupérer le contenu d'information à partir signal modulé.

I.5 .6 Décodage canal

Le décodeur interprète le signal issu du démodulateur et en déduit la suite binaire correspondante. Il transforme la séquence binaire reçue (généralement différente de celle transmise au canal) en une séquence d'information plus proche de la séquence émise au codeur de canal. Selon les lois du codeur de canal, le décodeur effectue une opération de détection et/ou de correction des erreurs et produit dans la phase modulation. Ces corrections sont effectuées par l'ajout de quelques bits redondants. Cet ajout de bits aide à la récupération complète du signal d'origine.

I.5 .7 Décodeur de source

Le décodeur de source convertit la sortie binaire du décodeur de canal en une séquence de représentants de m symboles chacun. Dans le cas idéal (canal non bruité), cette séquence est identique à celle générée à la sortie de la source.