

Chapitre 20 : De la chaîne de transmission de l'information à la numérisation de l'information.

- Identifier les éléments d'une chaîne de transmission d'informations.
- Recueillir et exploiter des informations concernant des éléments de chaînes de transmission d'informations et leur évolution récente.

Depuis toujours, les hommes ont tenté de transmettre des messages le plus rapidement, d'un lieu à l'autre. On a d'abord fait appel à des messagers (hommes ou pigeons), à des signaux audibles (tam tam) ou à des signaux lumineux (feu ou fumée).



Un messager peut transporter plusieurs lettres. Chaque lettre constitue un **canal**, assurant la **transmission** d'un message qu'il est alors aisé de séparer des autres à la réception.

I. Exemple de l'évolution de la téléphonie.

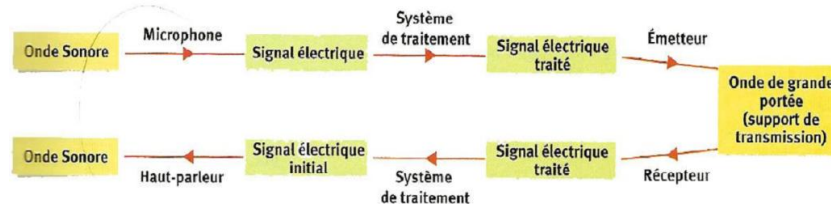
1. Télécommunication.

Le principe des télécommunications réside dans la transformation d'un signal afin de pouvoir en assurer la transmission.

Dans le cas de signaux sonores audibles, les sons occupent une bande de fréquences de 20 Hz à 20 kHz, s'atténuant très vite et leur portée est faible (de l'ordre du mètre au kilomètre).

En radiophonie ou en téléphonie, le signal sonore est transformé en un autre type de signal générant une onde de plus grande portée: c'est le support de la transmission de l'information.

Voici le schéma de principe du traitement de l'information sonore, de sa transmission et de sa restitution.



2. Un peu d'histoire...

Lorsqu'un usager téléphone, une ligne le relie à son correspondant. Elle assure le transport de la voix, dans les deux sens, jusqu'à ce que la communication soit terminée. Cette liaison provisoire est créée par la compagnie de téléphone (la "**telco**", ainsi qu'on l'appelle aux Etats-Unis), grâce à des opérations de commutation effectuées dans les centraux téléphoniques.

Dans l'histoire du téléphone, la commutation a d'abord été réalisée de façon manuelle, puis électromécanique, puis enfin informatique.

Entre l'invention du téléphone par **A.G.Bell (en 1877)** et les années soixante, la voix fut transmise de manière **analogique**, sous forme d'un signal électrique se propageant sur des fils de cuivre. Puis les compagnies de téléphone commencèrent à utiliser la **transmission numérique** entre les centraux.

La transformation du signal, analogique vers numérique et inversement, est assurée par des "codecs" (COdeur/DECodeur).

<http://www.l2l1.com/histp1.htm>

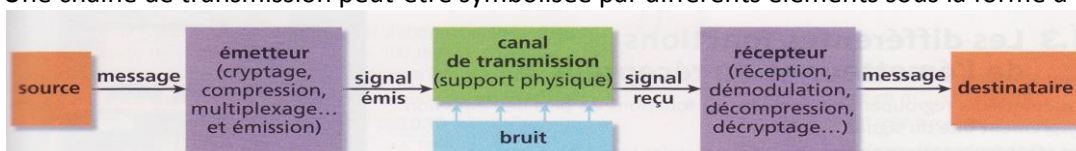
et

<http://cerig.efpg.inpg.fr/icg/Dossiers/ISDN/ISDN-Chapitre1.html>

II. De la source au destinataire.

1. Définition.

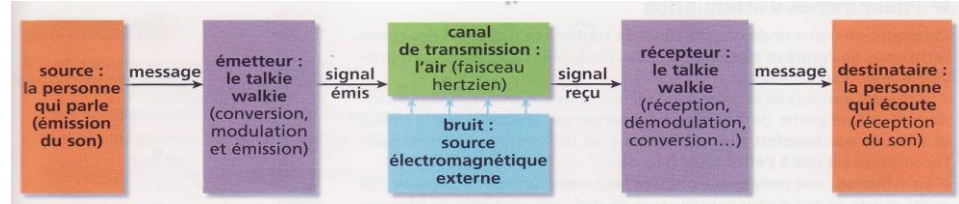
Une chaîne de transmission peut-être symbolisée par différents éléments sous la forme d'un schéma :





La transmission peut-être analogique (signal continu) ou numérique (signal discret).

2. Exemple de chaine de transmission



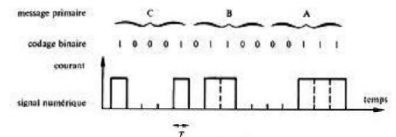
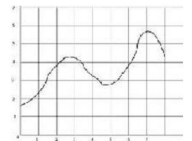
III. Conversion d'un signal sonore : signal analogique et signal numérique

1. Conversion d'un signal analogique en signal numérique.

- Reconnaître des signaux de nature analogique et des signaux de nature numérique.

Un signal est la représentation physique d'une information qui est transportée avec ou sans transformation, de la source jusqu'au destinataire. Il en existe deux catégories :

- les signaux analogiques, qui varient de façon continue dans le temps (intensité sonore, intensité lumineuse, pression, tension), c'est-à-dire qu'ils peuvent prendre une infinité de valeurs différentes.
- les signaux numériques qui transportent une information sous la forme de nombres.



Un fichier numérique (fichier musical MP3) est une succession de nombres binaires appelés bits.

Chaque bit pouvant prendre la valeur 0 ou 1, N bits codent $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times \dots = 2^N$ entiers de 0 à $2^N - 1$.

Ainsi, N = 8 bits constituent un octet qui permet de coder 256 entiers de 0 à 255. En conséquence, le signal numérique ne peut prendre que des valeurs bien définies, en nombre limité.

2. Échantillonnage ; quantification ; numérisation.

- Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un échantillonneur-bloqueur et/ou un convertisseur analogique numérique (CAN) pour étudier l'influence des différents paramètres sur la numérisation d'un signal (d'origine sonore par exemple).

Le signal analogique à convertir est une tension électrique variable issue d'un capteur (microphone par exemple) ou d'un circuit électrique.

La conversion de ce signal analogique, en un signal numérique se fait en plusieurs étapes, à l'aide d'un convertisseur analogique-numérique ou CAN.

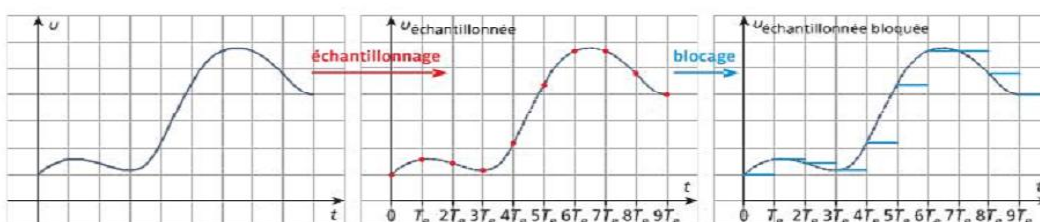
Un premier étage, appelé échantillonneur-bloqueur, bloque la valeur de la tension à intervalles de temps réguliers, les plus courts possibles afin de bien rendre compte des variations du signal.

L'échantillonnage est la prise de mesures d'une tension à intervalles de temps donnés. La fréquence d'échantillonnage doit être suffisamment grande pour pouvoir reconstituer convenablement les variations du signal analogique d'origine.

http://www.ostralo.net/3_animations/swf/echantillonnage.swf

On peut alors faire référence au théorème de Shannon qui indique que si le signal analogique est périodique de fréquence f, la fréquence d'échantillonnage doit alors être supérieure au double de cette fréquence.

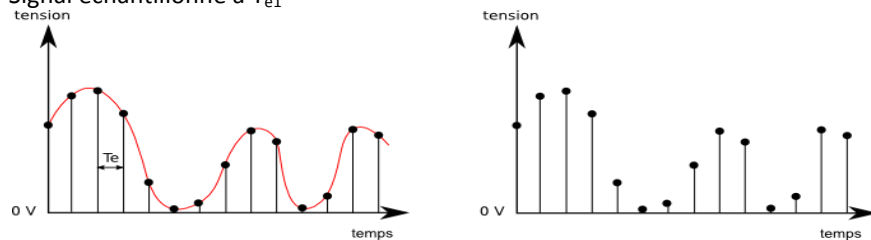
Le blocage permet de garder constante la tension échantillonnée pendant l'intervalle séparant deux échantillons.



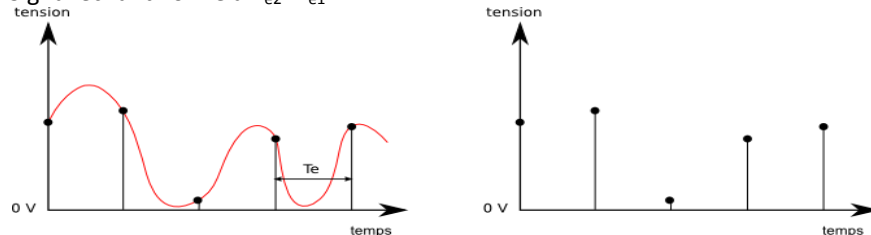
Il est évident que l'échantillonnage s'accompagne d'une perte d'information sur les variations temporelles du signal: celui-ci est bloqué à des valeurs constantes pendant une durée T_e appelée période d'échantillonnage.

Exemples d'échantillonnage du même signal pour deux fréquences.

Signal échantillonné à T_{e1}



Signal échantillonné à $T_{e2} > T_{e1}$



Dans le premier exemple, la fréquence d'échantillonnage choisie permet de reproduire les variations du signal. Par contre dans le second exemple, il est clair que les échantillons recueillis ne sont pas suffisants pour reconstruire le signal d'origine. Le théorème de Shannon permet de connaître la fréquence d'échantillonnage à choisir pour un signal donné :

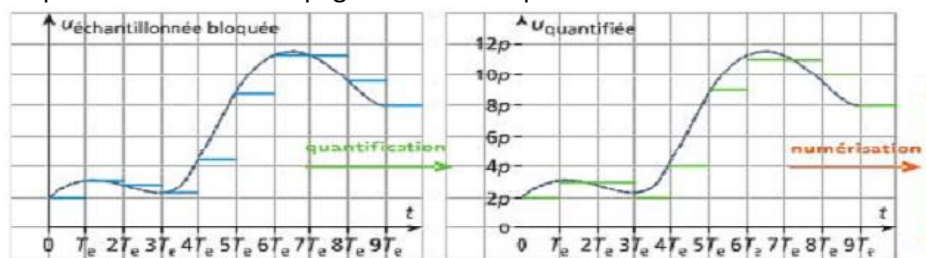
Pour reconstruire un signal de sortie de manière fidèle au signal d'entrée, il faut choisir une fréquence d'échantillonnage au moins deux fois supérieure à la fréquence maximale contenue dans le signal d'entrée : $f_e > 2f_{\max}$

Si cette règle n'est pas respectée, des fréquences parasites qui n'appartiennent pas au signal de départ apparaissent. Ce phénomène est le repliement spectral ou aliasing.

Un second étage, assure la quantification et la numérisation de l'échantillonnage, afin de permettre par la suite à un microprocesseur de comprendre le signal.

Verticalement les valeurs de la tension ne sont plus continues, mais quantifiées par pas ou quantum. La valeur quantifiée du signal est ensuite associée à une valeur numérique. A chaque valeur numérisée de la tension correspond un numéro d'événement formant l'échelle numérique du temps.

La quantification s'accompagne alors d'une perte d'information sur la tension.



Utilisation d'un CAN : <http://lewebpedagogique.com/physique/information-numerique-que-retenir-pour-le-bac-2013/>

IV. Conversion d'une image.

- Associer un tableau de nombres à une image numérique.
- Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un capteur (caméra ou appareil photo numériques par exemple) pour étudier un phénomène optique.

1. Pixellisation.

Une image numérique est un ensemble discret de points appelés PIXELS (contraction de PICTURE ELEMENTS). Elle a pour vocation d'être affichée sur un écran. Chaque pixel possède une couleur.

Pour fabriquer une image numérique (à partir d'un appareil photo, scanner, caméra numérique), il faut des capteurs qui sont de petites cellules photoélectriques placées en quadrillage.

L'appareil découpe l'image en un quadrillage ou trame. Chaque case est un pixel. Le pixel est une portion de surface élémentaire permettant d'échantillonner spatialement une image. A chaque pixel est affecté un nombre binaire correspondant à la couleur de la case.



La définition de l'image est le nombre de pixels qu'elle contient. C'est le nombre de pixels contenus dans la dalle de capteurs d'un appareil numérique.

La résolution de l'image est le nombre de pixels par unité de longueur. Elle s'exprime en ppp (pixel par pouce) ou dpi (dot per inch). Le pouce (inch en anglais) vaut 2,54 cm.

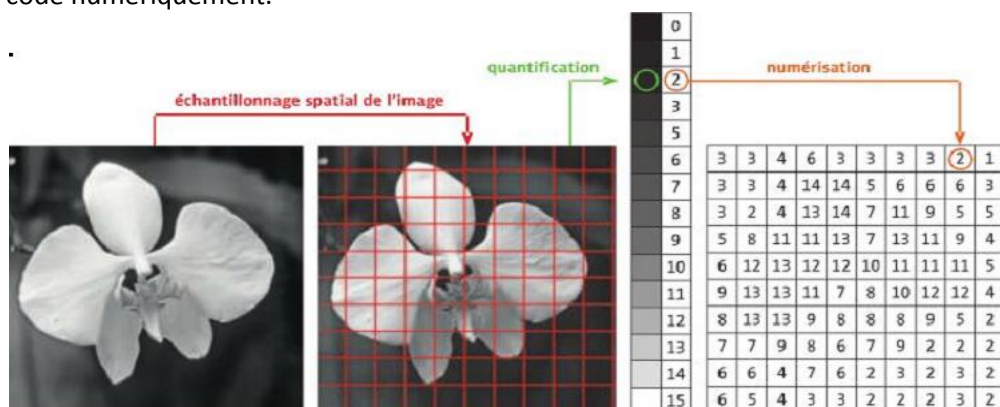
Exemple : une feuille A4 numérisée en 300 ppp correspond à une trame de $300/2,54 \times 21,0 = 2480$ pixels sur $300/2,54 \times 29,7 = 3508$ pixels. Le fichier est composé de $2480 \times 3508 = 8,7$ Mpixels.

2. Le codage en niveaux de gris

Chaque cellule du capteur mesure l'intensité lumineuse moyenne correspondant au pixel.

L'intensité lumineuse, grandeur analogique, est convertie par la cellule en un signal analogique sous forme de tension électrique.

Elle est ensuite quantifiée, puis numérisée. A chaque valeur d'intensité lumineuse correspond un niveau de gris codé numériquement.

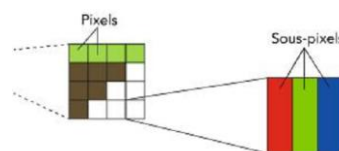


Un système à 4 bits permet de coder $2^4 = 16$ niveaux de gris.

Un octet (8 bits) permet, lui, de coder pour chaque pixel $2^8 = 256$ niveaux de gris. La valeur numérique codant l'intensité lumineuse et la position du pixel sont stockées dans la mémoire. L'image est reconstruite par l'ordinateur à partir des données collectées et numérisées.

3. Le codage RVB

La synthèse additive des couleurs utilise les trois couleurs primaires: rouge, vert et bleu. La superposition de ces trois couleurs émises par des sources lumineuses d'intensités variables permet de recréer toutes les autres couleurs. Pour coder les couleurs d'un pixel dans le système RVB, le fichier image associe à chaque pixel 3 nombres de N bits, un pour chaque couleur primaire. Au total, $3N$ bits sont donc utilisés pour le codage de la couleur d'un pixel.



Chaque échelle est, le plus souvent, codée sur huit bits, soit 256 valeurs par couleur primaire. Le nombre total de couleurs possibles, est donc $256 \times 256 \times 256 = 16,8$ millions de couleurs.

Le gris s'obtient, avec les trois valeurs identiques pour les trois couleurs primaires.

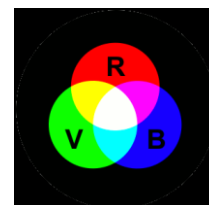
Exemple de codage :

R	0	255	0	0	255	255	0	255
V	0	0	255	0	255	255	255	0
B	0	0	0	255	255	0	255	255

Noir rouge vert bleu blanc jaune bleu clair rose

http://www.ostralo.net/3_animations/swf/couleurs_ecran.swf

<http://nte-serveur.univ-lyon1.fr/tribollet-old/SiteCouleurs/EDUCNET/ecrantev.htm>



La taille d'une image numérique correspond à la place qu'elle occupe.

Si le codage se fait sur 24 bits (3 octets) et une trame de 640 colonnes et 380 lignes la taille est de : $3 \times 640 \times 380$