

Compétences

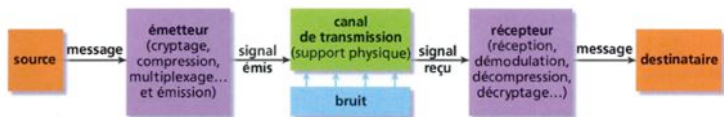
Voici les compétences que vous devez acquérir à l'issue de ce cours :

- Identifier les éléments d'une chaîne de transmission d'informations ;
- Reconnaître des signaux de nature analogique et des signaux de nature numérique ;
- Connaître le principe de la conversion analogique numérique et l'influence des différents paramètres sur la numérisation d'un signal ;
- Associer un tableau de nombre à une image numérique.

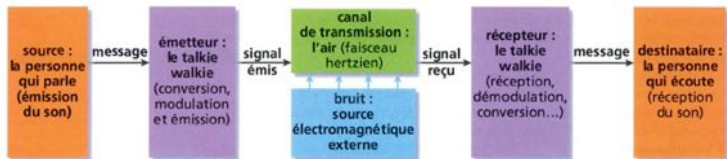
1 Les chaînes de transmission

Une chaîne de transmission est l'ensemble des dispositifs permettant le transport d'une information sur des distances souvent importantes. Une chaîne de transmission comprend trois éléments essentiels : une source, un ca-

nal de transmission et un destinataire. Dans le schéma ci-dessous, les blocs représentent une fonction, les flèches représentent la transmission de l'information.



En général, l'émetteur et le récepteur convertissent le message à délivrer en un signal facile à transmettre, et inversement. Voici l'exemple de la transmission par un talkie-walkie.



2 Les signaux

Les concepts abordés ici sont présentés en deux minutes dans la vidéo « Du signal analogique au signal numérique » : <https://www.youtube.com/watch?v=bkDBFKwSEUo>



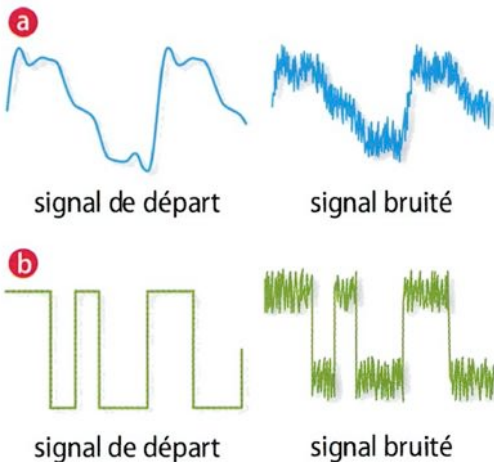
2.1 Signal analogique

Un microphone permet de transformer un signal sonore en signal électrique analogique. Les variations de tension obtenues sont analogues aux variations de la pression acoustique, qui sont continues dans le temps.

Définition

Un signal analogique est continu au cours du temps.

Un tel signal électrique présente l'inconvénient d'être sensible à toute perturbation électromagnétique : il s'en trouve alors modifié.



2.2 Signal numérique

Un signal numérique est un signal électrique en forme de créneaux (succession de tensions nulle et maximale). Il est binaire, c'est-à-dire qu'il n'existe que deux valeurs possibles de la tension : une valeur basse, représentant le 0, et une valeur haute pour le 1.

Définition

Un signal numérique est une succession de « 0 » (tension nulle) et de « 1 » (tension non nulle), appelés bits.

Ce format présente l'avantage d'être peu sensible aux perturbations, les valeurs possibles de tension étant très distinctes.

Ce type de signal offre aussi la possibilité d'un traitement informatisé, un ordinateur ne pouvant effectuer des opérations que sur des nombres binaires (constitués uniquement de « 0 » et « 1 »). Bit est la contraction de l'anglais binary digit. Huit bits forment un octet (ce qui est suffisant pour coder un caractère).

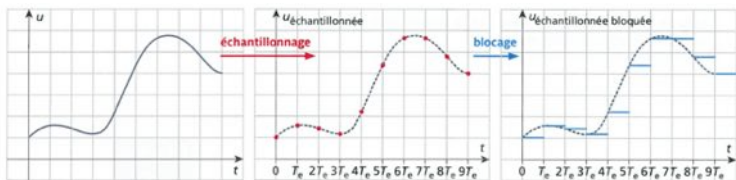
L'inconvénient est qu'il est donc nécessaire de numériser ou de recomposer les signaux analogiques, ce qui peut s'accompagner d'une dégradation.

2.3 L'échantillonnage

La numérisation d'un signal s'effectue en deux étapes successives : l'échantillonnage et la quantification.

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

L'échantillonneur-bloqueur bloque la valeur de la tension à intervalles de temps réguliers, les plus courts possible afin de bien rendre compte des variations du signal. La tension est ainsi « découpée » à intervalle de temps régulier.



Définition

La durée T_e est la période d'échantillonnage,
 $f_e = 1/T_e$ est la fréquence d'échantillonnage.

L'échantillonnage s'accompagne ainsi d'une perte d'information sur les variations temporelles du signal.

Remarque

Le « critère de Shannon » énonce que la fréquence d'échantillonnage d'un signal analogique sinusoïdal doit au moins être le double de la fréquence du signal.

2.4 La quantification

La quantification consiste à approximer toutes les valeurs prises par la tension du signal par un ensemble **limité** de valeurs. À chacune de ces valeurs est associé un nombre binaire, constitué d'une série de « 0 » et de « 1 ».

Avec 1 bit, on peut écrire 2 nombres binaires : « 0 » et « 1 » ; avec 2 bits, on peut écrire 4 nombres binaires : « 00 » ; « 01 » ; « 10 » et « 11 », etc. Lors d'une quantification, il faut décider du nombre de bits utilisés.

Définition

La quantité de nombres binaires possibles est appelée résolution R . Par définition :

$$R = 2^n$$

où n est le nombre de bits utilisés.

L'intervalle de tension qui existe entre deux valeurs numériques binaires successives est appelé le pas de quantification. Pour le déterminer, on divise l'intervalle dans lequel sont comprises les valeurs de tensions par la résolution R .

Définition

Le pas de quantification, noté p , s'exprime en fonction de la résolution R par :

$$p = \frac{\text{plage de mesure}}{R}$$

Puisque $R = 2^n$, on peut écrire :

$$p = \frac{\text{plage de mesure}}{2^n}$$

Exemple

Pour une tension évoluant entre 0 et 6 V, codée en 3 bits, quelle est la résolution et le pas de quantification ?

Solution

On aura une résolution $R = 2^3 = 8$ (soit 8 valeurs possibles). Le pas de quantification est donc $6/8 = 0,75$ V. Ainsi, les 8 valeurs numériques de tension seront 0 V ; 0,75 V ; 1,5 V ; 2,25 V ; 3,0 V ; 3,75 V ; 4,5 V et 5,25 V. Lors de la quantification, chaque tension analogique sera arrondie à la plus proche de ces valeurs.

2.5 Bilan sur le CAN

Un convertisseur analogique numérique (CAN) est caractérisé par :

- sa plage d'entrée en tension (valeurs extrêmes de tensions convertibles) ;

- sa résolution (nombre de valeurs discrètes qu'il peut produire) ;
- son pas (plus petite valeur de tension convertible) ;
- son temps de conversion (durée nécessaire pour convertir un échantillon de tension, donc si le CAN est très rapide ou pas), qui doit être inférieur à la période d'échantillonnage de l'échantillonneur-bloqueur, dont la valeur a quelque chose à voir avec la période du signal.

Exemple

La notice d'un circuit intégré indique que le convertisseur a 22 bits, que le temps de conversion est de 80 ms et que la plage d'entrée est de $\pm 5,00$ V. La fréquence d'échantillonnage est $f_e = 12$ Hz. Calculer la résolution et le pas, et montrer que le CAN a le temps de convertir la tension échantillonnée.

Solution

Résolution :

$$R = 2^{22} = 4\,194\,304 \text{ valeurs}$$

Pas :

$$p = \frac{2 \times 5,0 \text{ V}}{2^{22}} = 2,4 \mu\text{V}$$

Période d'échantillonnage :

$$T_e = \frac{1}{f_e} = \frac{1}{12} = 83 \text{ ms}$$

$T_e > 80 \text{ ms}$: le CAN a le temps de convertir la tension échantillonnée.

2.6 Bilan sur la numérisation

- Pour **numériser** une information, on procède à un découpage temporel du signal : c'est l' *échantillonnage*
- Plus la *fréquence* d'échantillonnage est élevée, plus les mesures sont rapprochées dans le temps, et plus la numérisation de l'information sera fidèle.
- On procède aussi à une mesure de l'amplitude du signal, à différents paliers préétablis : c'est la *quantification*.

- Plus le *nombre de valeurs* de quantification est élevé, plus les mesures d'amplitude sont resserrées, et plus la numérisation de l'information sera fidèle.

3 L'image numérique

Dans un appareil photo ou une caméra numériques, les capteurs utilisés sont de petites cellules photoélectriques placées en quadrillage. Cette méthode de capture de l'image implique son échantillonnage spatial et son codage en petits morceaux appelés pixels (de l'anglais « picture element »)

3.1 Pixellisation

La pixellisation est le fait de convertir une image en pixels.

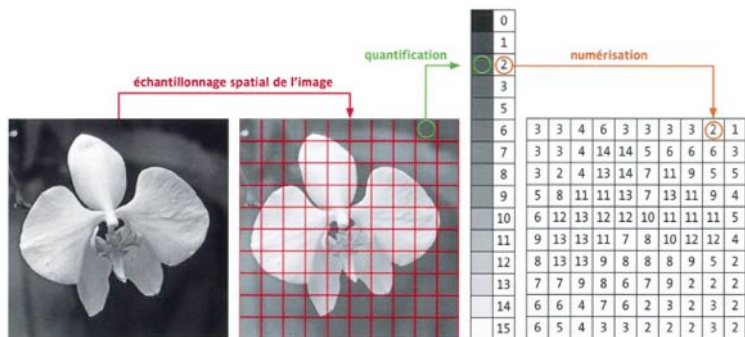
La définition de l'image est le nombre de pixels qu'elle contient. En général, on donne les deux côtés d'un écran en pixels.

La résolution de l'image est le nombre de pixels par unité de longueur. Elle s'exprime en ppp (point par pouce)

ou dpi (dot per inch). Le pouce (inch en anglais) vaut 2,54 cm. En général, on donne la taille des diagonales d'un écran en inch (symbole ").

3.2 Principe du codage d'une image

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. À chaque valeur d'intensité lumineuse correspond un niveau de gris codé numériquement.

4 bits permettent de coder $2^4 = 16$ niveaux de gris, et 8 bits de coder $2^8 = 256$ niveaux de gris.

La valeur numérique codant l'intensité lumineuse et la position du pixel sont stockées dans la mémoire, permettant à l'ordinateur de reconstruire l'image.

3.3 Le codage RVB

La synthèse additive des couleurs utilise les trois couleurs primaires : le rouge, le vert et le bleu. La superposition de ces trois couleurs émises par des sources lumineuses d'intensités variables permet de recréer toutes les autres couleurs. Ainsi, chaque pixel d'un écran est composé de trois sources lumineuses : un rouge, une verte et une bleue.

Inversement, pour capter une image en couleur, il faut donc trois quadrillages différents de cellules photoélectriques, chaque quadrillage étant placé derrière un filtre rouge, vert ou bleu.

Un tel enregistrement peut ensuite directement piloter un écran.

3.4 Taille d'une image numérique

La taille de cette image est la place qu'occupe le codage de tous les pixels qui constituent cette image. La taille

s'exprime en octet, elle est donnée par la relation :


Définition

$$\begin{aligned} \text{Taille} \\ = \\ \text{nombre d'octets par pixel} \times \text{définition} \end{aligned}$$

Exemple

Si le codage des couleurs d'une image de 640 par 480 pixels est de 24 bits (3 octets) par pixel, la taille de cette image est de : $3 \times 640 \times 480 = 721\,600$ octets.

En physique, les préfixes « kilo », « méga », « giga », etc. placés devant une unité multiplient cette dernière par une puissance de 10. En informatique, on utilise les puissances de 2. Ainsi, un kioctet correspond à $2^{10} = 1\,024$ octets ; son symbole se note Kio. Le mébioctet (Mio) représente $2^{20} = 1\,048\,576$ octets.

 Exercices n° 5, 6, 7, 15, 22 et 24 pages 533 à 538.