

Signal analogique, signal numérique :

Un signal **analogique** est un ensemble **continu** d'informations. (exple : son, capteur de température...)
 Un signal **numérique** est un ensemble **discret** (c'est-à-dire discontinu) d'informations.
 Pour transformer un signal analogique en signal numérique, il faut **discrétiser** les informations : on parle de **numérisation**.
 Les ordinateurs ne traitent que des données binaires (0 ou 1), les informations sont ensuite traduites en binaire, c'est-à-dire en ensemble de 0 ou de 1.

La numérisation est faite par un **convertisseur analogique-numérique** (en abrégé : **CAN**):



Classer les signaux décrits ou représentés ci-dessous en « analogique » ou « numériques »

| | | | | |
|------------------|------------------|--|---|---|
| <p>A </p> | <p>B </p> | <p>C Evolution de la température au cours d'une journée</p> <p>F Son émis par un haut-parleur relié à un lecteur CD (via un amplificateur)</p> | <p>D Affichage toutes les heures des températures</p> <p>G Film enregistré par un magnétoscope sur cassette VHS</p> | <p>E Film diffusé en streaming sur internet</p> <p>H </p> |
|------------------|------------------|--|---|---|

La numérisation est d'autant meilleure que le signal numérique se rapproche du signal analogique initial.

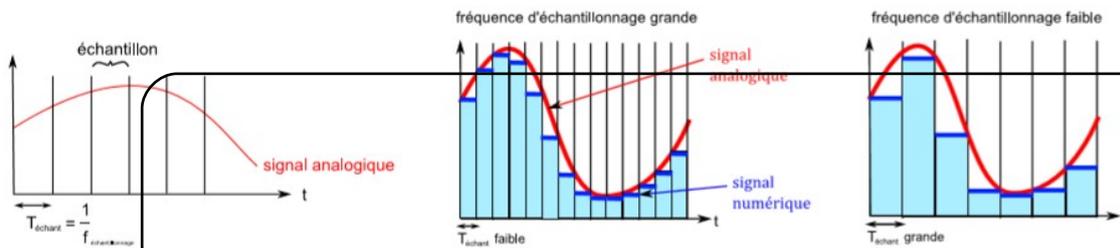
Pour cela, plusieurs paramètres ont leur importance, en particulier la fréquence d'échantillonnage et la quantification.

Réponse:

- A: B: C: D: E:
 F: G: H:

La fréquence d'échantillonnage :

Pour numériser un signal, il faut le découper en **échantillons** (« samples » en anglais) de durée égale T_e .
 La **fréquence d'échantillonnage** correspond au nombre d'échantillons par seconde et s'exprime : F_e



Rendez-vous sur le site:

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

Fréquence du générateur: $f_1=200\text{Hz}$

Fréquence d'échantillonnage f_e : 50Hz, 190Hz, 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz

On considère que l'échantillonnage est correct si le nombre de période du signal échantillonné correspond au signal du générateur.

**Fiche N°4-6
Le Son**

**Numérisation
des signaux**

Compléter

Plus la fréquence d'échantillonnage sera grande, plus la période d'échantillonnage sera _____ plus le nombre d'échantillons sera _____, plus le signal numérique sera [*proche/éloigné*] du signal analogique et donc _____ sera la numérisation :

Théorème de Shannon

Pour numériser convenablement un signal, il faut que la fréquence d'échantillonnage soit au moins deux fois supérieure à la fréquence du signal à numériser.

En se remémorant le domaine de fréquence audible par l'Homme, expliquer pourquoi les sons des CD audio sont échantillonnés à 44,1 kHz.

La voix humaine est comprise dans une bande de fréquence comprise entre 100 et 3400 Hz. Quelle fréquence d'échantillonnage doit-on choisir pour la téléphonie ?

Conclure : Si l'on réduit la fréquence d'échantillonnage, quel type de son est alors mal numérisé ?

La quantification :

Présentation de la quantification

Lors de la numérisation, il faut également discrétiser les **valeurs de l'amplitude du signal**. La quantification consiste, pour chaque échantillon, à lui associer une valeur d'amplitude. Cette valeur de l'amplitude s'exprime en « bit » et l'action de transformer la valeur numérique de l'amplitude en valeur binaire s'appelle le **codage**.

Qu'est-ce qu'un bit ?

Un « bit » (de l'anglais *binary digit*) est un chiffre binaire (0 ou 1)

Avec 2 bits, on peut écrire : 00, 01, 10 et 11 soit 4 valeurs. ($4 = 2^2$)

Avec 3 bits, on peut écrire : 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111 soit 8 valeurs ($8 = 2^3$)

Avec 4 bits, on peut écrire $2^4 = \dots$ valeurs

Avec n bits, on peut écrire valeurs

Conversion d'un nombre binaire en nombre décimal : un exemple vaut mieux qu'un long discours :

Que vaut l'octet (ensemble de 8 bits) **10110010** en décimal ?

| | | | | | | | | |
|------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 2^7 | 2^6 | 2^5 | 2^4 | 2^3 | 2^2 | 2^1 | 2^0 |
| | = 128 | = 64 | = 32 | = 16 | = 8 | = 4 | = 2 | = 1 |
| Octet = | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| somme de: | 1 x 128 | 0 x 64 | 1 x 32 | 1 x 16 | 0 x 8 | 0 x 4 | 1 x 2 | 0 x 1 |

Ici **10110010** = $1 \times 128 + 0 \times 64 + 1 \times 32 + 1 \times 16 + 0 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times 2 + 0 \times 1 = 178$

Exemples d'écriture binaire :

1. Ecrire la valeur décimale de l'octet 01001101.
2. Écrire, en binaire, la valeur maximale que peut prendre une grandeur codée sur 4 bits puis calculer sa valeur en décimal.
3. Ecrire l'octet correspondant au nombre 15. Même question pour le 16. Peut-on « coder » 16 sur 4 bits ?

Rendez vous sur :

http://www.ostralo.net/3_animations/js/CAN/index_v2moins1.htm

La simulation permet de visualiser la numérisation du signal sur 3 bits, 4 bits et 5 bits
Dans chacun des cas évaluer le quantum ainsi que l'erreur commise lors de la numérisation.

Avec une quantification de 16 bit (soit une séquence binaire de 16 zéros ou un), de combien de valeurs dispose-t-on pour traduire l'amplitude du signal dans chaque échantillon ?

Même question avec une quantification de 8 bit (soit une séquence binaire de 8 zéros ou un).

Exercice :

- a. Calculer le nombre le « paliers » dont on dispose pour décrire l'amplitude en 24 bits. Idem en 4 bits.
- b. Lequel permettra de bien distinguer un son intense d'un son moins intense ?

Pistes de réflexion et informations :

Le nombre N d'octets (ensemble de 8 bits) nécessaires pour « décrire » numériquement une minute de son est:

$$N = F \times (Q/8) \times 60 \times n$$

avec F fréquence échantillonnage en Hz

Q : quantification en bits

n : nombre de voies (si le son est stéréo, n= 2 ; en mono : n = 1)

N s'exprime en octet

Exemples :

1. Calculer la taille occupée, en octets puis Mo, d'une minute du son d'un CD audio (44,1 kHz et 16 bits, stéréo):
2. Même question pour le son d'un film encodé au format « ac3 » sur un DVD (48 kHz et 24 bits, stéréo):
3. Un réseau informatique domestique de mauvaise qualité possède un débit binaire (nombre d'octets pouvant circuler sur le réseau par seconde) de 230 ko/s. Le son du CD pourra-t-il être transmis sur ce réseau ? Et celui du DVD ?

Exercice bilan :

Une personne mal attentionnée télécharge sur un forum une chanson de 3 minutes au format mp3.

La chanson a été numérisée par un pirate à 16 kHz et 8 bits mono.

La personne, voulant une qualité « DVD » pour la chanson, modifie le fichier et le transforme en 48 kHz et 24 bits stéréo.

- a. Calculer le poids en octet de la chanson avant transformation.
- b. Même question après transformation.
- c. Décrire la sensation auditive que l'on éprouve en écoutant le fichier téléchargé avant transformation.
- d. La qualité de la chanson a-t-elle été améliorée par la transformation ?
- e. Comment la personne peut-elle améliorer la qualité du fichier téléchargé ?