

Le son est une onde mécanique qui transporte de l'énergie et une information.

COURS

Le son - Une information à coder

Prof-TC
ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE

La musique est basée sur la production de sons périodiques. Un son musical est caractérisé par sa hauteur (fréquence), son timbre (forme du signal) et son intensité (amplitude).
Depuis l'Antiquité, les musiciens et les mathématiciens ont recherché des rapports simples entre les fréquences pour construire des gammes harmoniques.

I Signaux analogiques et numériques

Définition

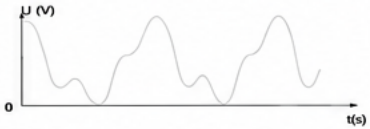
On appelle **signal**, toute grandeur physique mesurée au cours du temps.

Exemples : tension électrique (en V), température (en °C), niveau sonore (dB), pH (sans), cours d'une action ...

1 Signal analogique.

Analogique : contraire de logique !
La logique étant ici "l'art de manipuler" des 0 et des 1 ! (Mais que sont donc ces 0 et ces 1 ?)

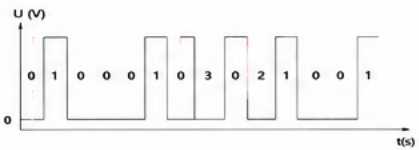
Un signal analogique est un signal **continu** au cours du temps.



2 Signal numérique.

Définition

Un signal **numérique** est une suite de 0 et de 1 logiques.

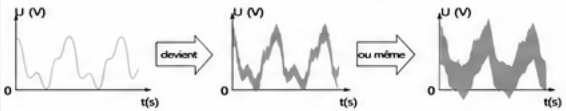


II Numérisation d'un signal

Numériser un signal analogique permet de gagner en qualité.

Parmi les bambins de terminale S lisant ce cours, peu connaissent le "doux" grésillement d'un disque vinyle ! ! (Il paraît même qu'il y a des nostalgiques !) C'est ce qu'on appelle le **bruit de fond**.

Il a pour origines, l'agitation thermique des électrons libres (transmetteurs du signal) dans les circuits électriques et surtout les perturbations dues aux ondes électromagnétiques dans lesquelles nous baignons littéralement !
Alors, un joli signal peut devenir :



Si le signal est trop faible, on peut même ne plus rien reconnaître du tout !



Il est donc impossible de transmettre un tel signal !
Alors qu'en numérique :



Malgré le bruit, on reconnaît quand même les 0 et les 1 !

III Échantillonnage

Propriété

Le "rendu" d'un signal est meilleur si la fréquence d'échantillonnage est élevée.
Le signal est "saucissonné" dans le temps le plus finement possible !

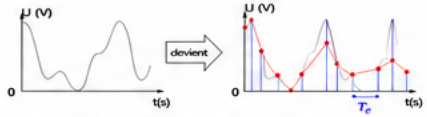
Théorème

Théorème de Shanon : pour que le signal puisse être entièrement reconstruit à partir des échantillons, il faut et il suffit que la fréquence d'échantillonnage doit être strictement supérieure à deux fois la plus grande fréquence présente dans le spectre du signal continu.

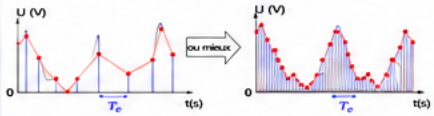
$$f_e \geq 2f_{max}$$

2 Échantillonnage.

L'échantillonnage consiste à prélever des valeurs du signal à intervalle de temps régulier T_e.



Ici, la courbe rouge ne représente pas du tout le signal original. Il faut échantillonner plus fréquemment !



Les échantillons, mis bout à bout, doivent restituer le signal le plus fidèlement possible.

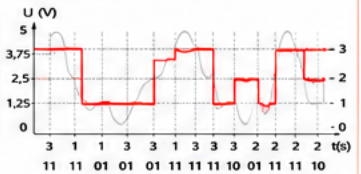
IV Quantification

Il faut également saucissonner le signal en amplitude et attribuer un nombre entier aux différentes valeurs de la tension.
Comme l'ordinateur "travaille" en binaire, on divise la tension par une puissance de 2.
Dans les exemples suivants, on prendra toujours la même fréquence d'échantillonnage.
La tension varie entre 0V et5V et la valeur numérique attribuée est immédiatement supérieure à la valeur réelle.

Codé sur 2 bits :

U (V)	Décimal	Binaire
0	0	00
1,25	1	01
2,5	2	10
3,75	3	11

On obtient les correspondances :



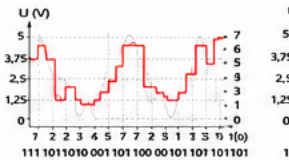
Définition

On appelle pas, la différence de tension entre deux valeurs successives.
Il dépend du nombre n de bits utilisés pour le codage ainsi que de la valeur de la tension maximale U_{max} :

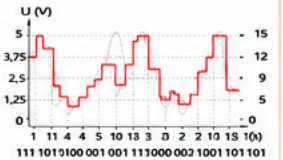
$$p = \frac{U_{max}}{2^n - 1}$$

Le signal rouge est la restitution en tension du signal numérique. Il n'est pas très ressemblant au signal analogique ! Il faut donc "saucissonner" davantage.

Sur 3 bits



Sur 4 bits



Même si le signal rouge s'approche un peu de signal réel, la ressemblance n'est tout de même pas frappante ! Pour progresser encore, il faut augmenter la fréquence d'échantillonnage et diminuer le pas.

V Estimation de la taille d'un fichier audio

La taille d'un fichier audio correspond au nombre N d'octets nécessaire pour décrire numériquement un signal sonore d'une durée Δt :

$$N = f_e \times \frac{Q}{8} \times \Delta t \times n$$

où
f_e est la fréquence d'échantillonnage
Q la quantification en bits
n le nombre de voies (n = 2 pour un son stéréo et n = 1 pour un son mono)
Δt en secondes
N en octets



VI Compression d'un fichier audio

1 Nécessité

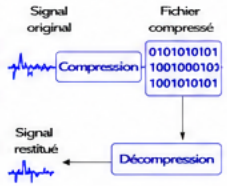
L'information est aujourd'hui essentiellement stockée et diffusée sous forme numérique.
La place non infinie de stockage de toutes les données produites et la limitation de la transmission conduisent à une nécessaire compression des données.

2. Principe

Définition

La compression consiste à réduire la taille d'un fichier numérique.
Il existe deux types de compression :

- sans perte : la restitution est rigoureusement identique à l'original. (ex. : fichiers audio WAV, FLAC)
- avec perte : on supprime des informations jugées peu perceptibles. La restitution est proche mais non identique. (ex. : MP3, AAC, OGG)



À retenir l'essentiel

- Un signal peut être analogique (continu) ou numérique (suite de 0 et 1).
- La numérisation d'un signal comprend l'échantillonnage (dans le temps) et la quantification (en amplitude).
- Plus la fréquence d'échantillonnage et le nombre de bits sont élevés, plus la restitution est fidèle, mais plus le fichier est volumineux.
- La compression permet de réduire la taille d'un fichier audio, avec ou sans perte.