

Son - Musique

Le son - Une information à coder

I Signaux analogiques et numériques

Définition

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

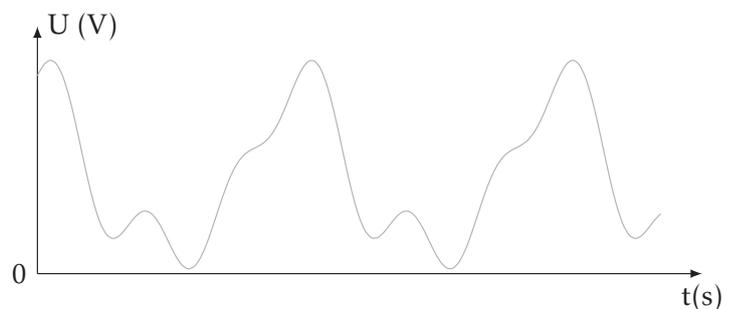
Exemples : tension électrique (en V), température (en en °C), niveau sonore (dB), pH (sans), cours d'une action ...

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 ?*)

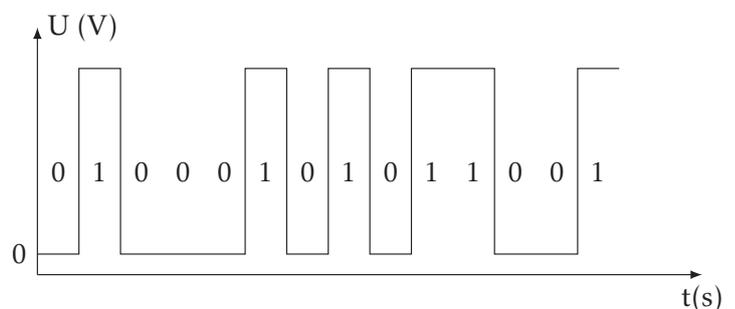
Un signal **analogique** est un signal **continu** au cours du temps.



2 Signal numérique.

Définition

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



II Numérisation d'un signal

1 Intérêt.

C'est une question de qualité !

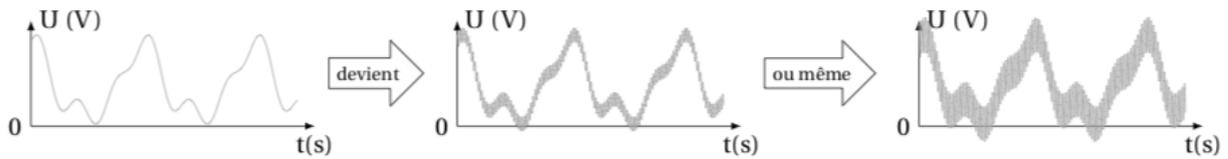
Parmi les bambins de terminale S lisant ce cours, peu connaissent le "doux" grésillement d'un disque vinyle !!

(*Il paraît même qu'il y a des nostalgiques !*)

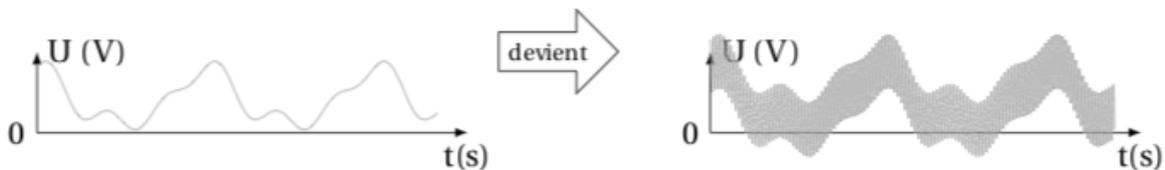
C'est ce qu'on appelle le **bruit de fond**.

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 :

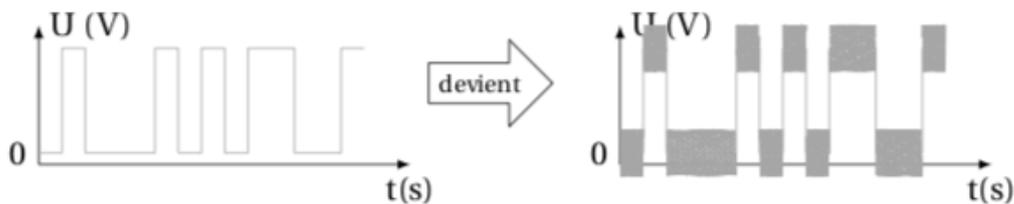


Si le signal est trop faible, on peut même ne plus rien reconnaître du tout !



Il est donc impossible de transmettre un tel signal !

Alors qu'en numérique :



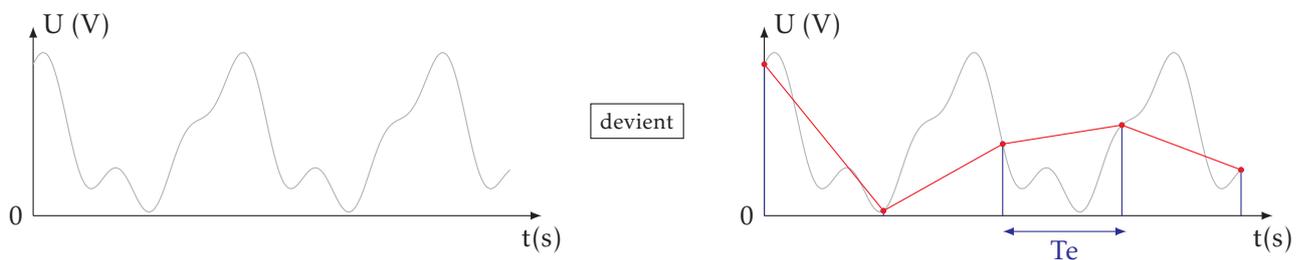
Malgré le bruit, on reconnaît quand même les 0 et les 1 !

III Échantillonnage

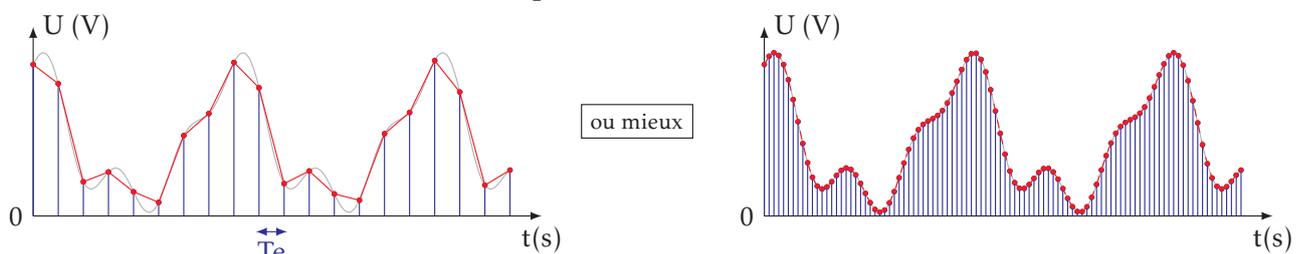
Définition

Comme son nom l'indique, l'échantillonnage consiste à prendre un échantillon du signal à intervalle de temps régulier.

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



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



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 Shannon : 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.

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

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.

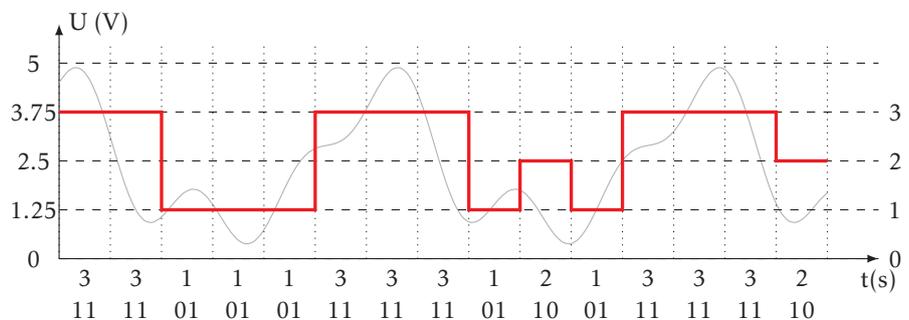
Dans les exemples suivants, on prendra toujours la même fréquence d'échantillonnage.

La tension varie entre 0V et 5V et la valeur numérique attribuée est immédiatement supérieure à la valeur réelle.

Codé sur 2 bits :

On obtient les correspondances :

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



Définition

On appelle **pas**, la différence de tension entre deux valeurs successives.

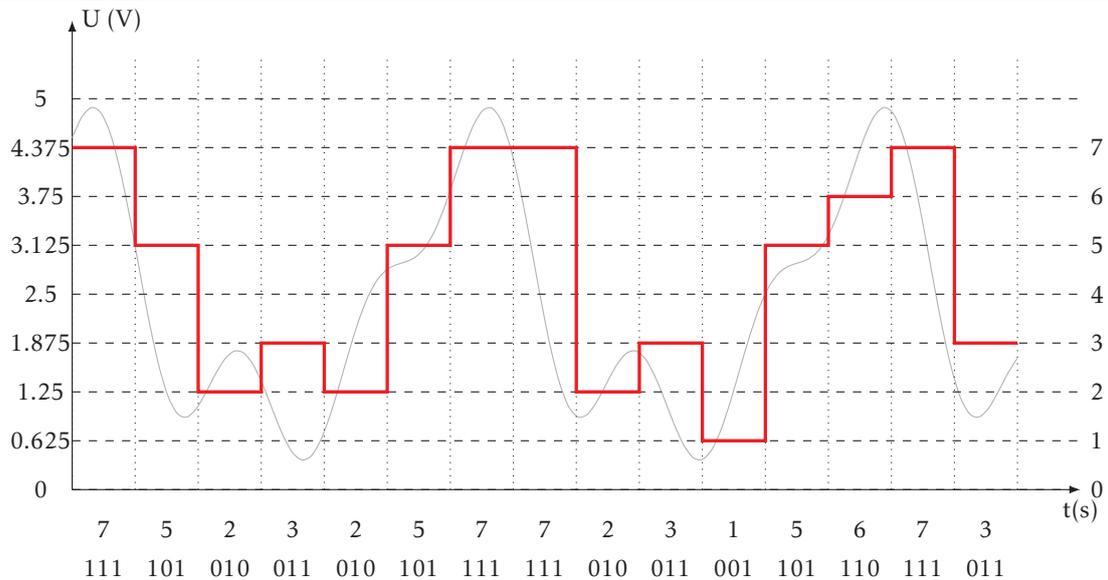
Il dépend du nombre n de bits utilisés pour le codage ainsi que de la valeur de la tension maximale U_{max} :

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

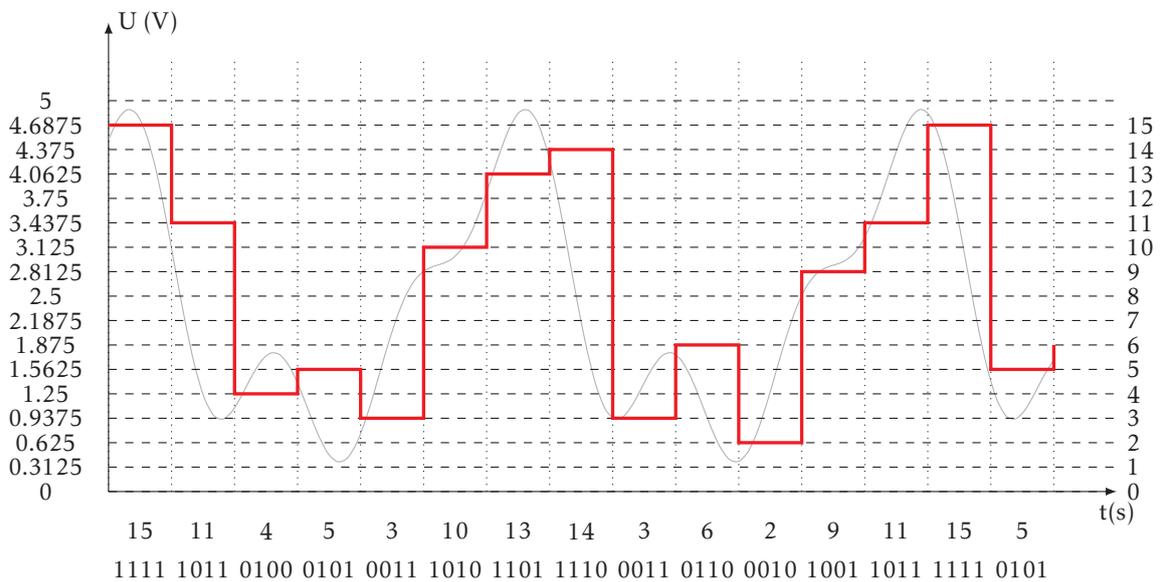
Le signal rouge est la restitution en tension du signal numérique. Il n'est pas très ressemblant au signal analogique !

Il faut donc "saucissonner" davantage.

Sur 3 bits

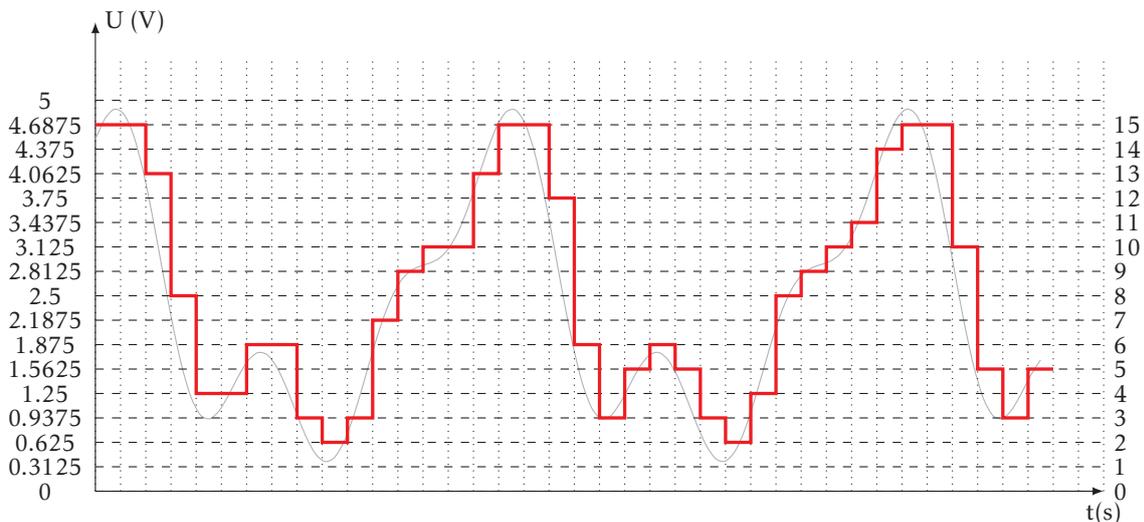


Sur 4 bits



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.

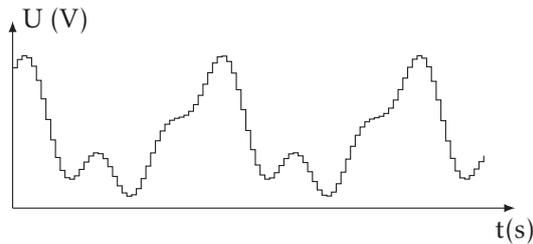


Je vous laisse vérifier que le codage est bien :

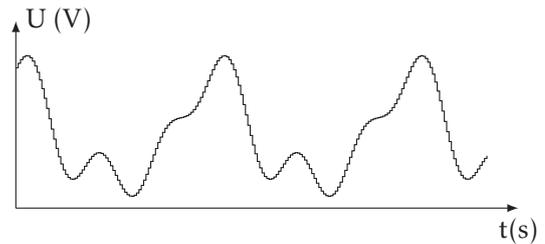
11111111110110000100010001100110001100100011011110011010101011011111111111000

11000110101011001010011001001000100110101011111011111111010010100110101

Finalement, le signal pourrait ressembler à :



puis à



Qu'en est-il aujourd'hui ?

Les ordinateurs actuels codent les informations sur 64 voire 128 bits, c'est-à-dire une suite de 64 ou 128 zéros ou uns par échantillon et à des fréquences avoisinant le MHz.

Cela laisse imaginer le nombre d'informations à stocker !

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 :

- la compression sans perte d'information, les données se retrouvent à l'identique après décompression ;
- la compression avec perte d'information, elle élimine les informations sonores pour lesquelles les oreilles sont peu sensibles

3 Taux de compression

Le taux de compression traduit le niveau de compression d'un fichier au regard du fichier initial. Ainsi un taux de compression de 50 % signifie que les données ont été divisées par deux pour traduire l'information.

$$\tau = 1 - \frac{N_f}{N_i}$$

où

τ taux de compression (sans unité)

N_f nombre de bits après compression

N_i nombre de bits avant compression

4 Exemples de formats de compression.

	Original	Compressions			
Format	WAV	MP3 (320)	MP3 (56)	FLAC	WMA
Durée	59 s	59 s	59 s	59 s	59 s
Taille	10,4 Mo	2,36 Mo	413 ko	2,36 Mo	690 ko
Taux	1	0,23	0,04	0,23	0,07

5 Qualité d'un fichier compressé

Plus un fichier est compressé, plus il est aisé de le stocker et de le transmettre mais moins il sera de qualité. Il y a donc un compromis à faire. L'exigence en qualité d'un son ne sera pas la même si l'enregistrement est écouté sur une tour ou avec son smartphone.

On évitera de compresser un fichier son à un taux de compression supérieur à 90 % pour l'écouter sur une chaîne hi-fi.