

# 1 Numérisation d'un son

## Principe

**Numériser** consiste à retranscrire un **signal analogique**, constitué d'un nombre infini de valeurs, en un **signal numérique** constitué d'un nombre fini de valeurs. Le son est alors représenté par des nombres constitués de deux chiffres « 0 » et « 1 » (Fig. 1).

Ces nombres contiennent des informations appelées données numériques.

## Échantillonnage

L'**échantillonnage** consiste à traiter les valeurs du signal analogique de départ à intervalle de temps fixe (Fig. 2).

La fréquence d'échantillonnage est le nombre de fois par seconde que le signal analogique est traité.

La reproduction la plus fidèle d'un signal analogique nécessite un choix de fréquence d'échantillonnage adapté à ce signal.

Une fréquence d'échantillonnage adaptée est celle dont la valeur est au moins le double de celle du signal sonore.

**Remarque :** La fréquence d'échantillonnage généralement retenue pour le son est 44,1 Hz. Elle est adaptée car le domaine audible s'étend jusqu'à 20 kHz.

## Quantification

La **quantification** consiste à attribuer une valeur, prise parmi un ensemble de valeurs possibles, à un point du signal analogique.

La quantification consiste à représenter le signal sonore par un nombre fini de valeurs possibles.

Le nombre de **bits** traduit ce nombre possible de valeurs. Ainsi  $N$  bits permettent  $2^N$  valeurs possibles.

**Exemple :** Un signal quantifié à 3 bits (Fig. 3) sera représenté avec  $2^3 = 8$  valeurs possibles représenté par les combinaisons possibles d'écrire un nombre à 3 chiffres avec des 0 et des 1 : 000 / 001 / 010 / 011 / 100 / 101 / 110 / 111.

## Fidélité et taille d'un fichier

Plus la fréquence d'échantillonnage est grande, plus le format du fichier est important, plus la numérisation est fidèle, mais plus la **taille du fichier** audio est importante.

La taille d'un fichier son est exprimée en bit ou en octet.  
1 octet est égal à 8 bits.

Le **débit** ( $D$ ) nécessaire à la bonne diffusion du son est lié à la fréquence d'échantillonnage  $f_e$  et au nombre  $N$  de bits (ou d'octets) :

$$D = f_e \cdot N$$

**Exemple :** Les sons sont généralement numérisés avec une fréquence d'échantillonnage  $f_e = 44,1$  Hz sous un format de 16 Mbits (2 Mo).

Si le son est en stéréo, le débit nécessaire est :

$$D = 2 \times 16 \times 44,1 \text{ kHz} = 1\,410 \text{ kbits} \cdot \text{s}^{-1} (= 176 \text{ ko} \cdot \text{s}^{-1}).$$



Fig. 1 : La numérisation du son consiste à le traduire sous forme de 0 et de 1.

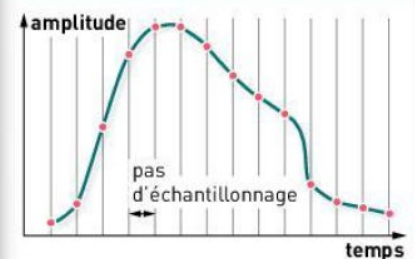


Fig. 2 : L'échantillonnage ne retient que certaines valeurs du signal analogique.

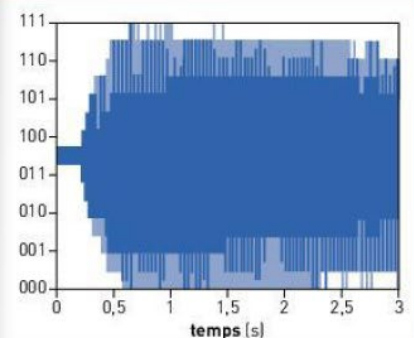


Fig. 3 : Signal quantifié à 3 bits.



## 2 Compression d'un fichier son

### ● Nécessité

L'information est aujourd'hui essentiellement stockée et diffusée sous forme numérique. La place non infinie de **stockage** de toutes les données produites (**Fig. 4**) et la limitation de la **transmission** conduisent à une nécessaire **compression** des données.

### ● Principe

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 dont les oreilles sont peu sensibles.

### ● 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.

$$\text{taux de compression (sans unité ou en \%)} \longrightarrow \tau = 1 - \frac{N_f}{N_i}$$

← nombre de bits après compression  
← nombre de bits avant compression

### ● 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 (**Fig. 5**).

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



**Fig. 4 :** Le stockage des données est exponentiel : il est un enjeu pour le numérique.

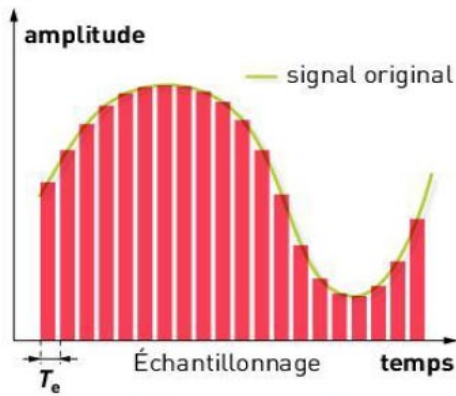


**Fig. 5 :** La compression d'un fichier facilite son écoute en mobilité.

## Le vocabulaire à retenir

- **Compression** : réduction de la taille du fichier par la diminution des données.
- **Débit (D)** : nombre de valeurs transmises (exprimé en bits par unité de temps).
- **Échantillonnage** : découpage du signal analogique.
- **Numériser** : retranscrire une information avec des 0 et des 1.
- **Qualité** : fidélité au signal initial.
- **Quantification** : représentation du signal par un nombre fini de valeurs.
- **Signal analogique** : signal constitué d'un nombre infini de valeurs.
- **Signal numérique** : signal constitué d'un nombre fini de valeurs.
- **Stockage** : enregistrement des données sur un support (disque dur, CD, etc.).
- **Taille d'un fichier** : nombre de valeurs (exprimé en bits) qui ont été nécessaires à la numérisation du son.

## 1 Numérisation du son



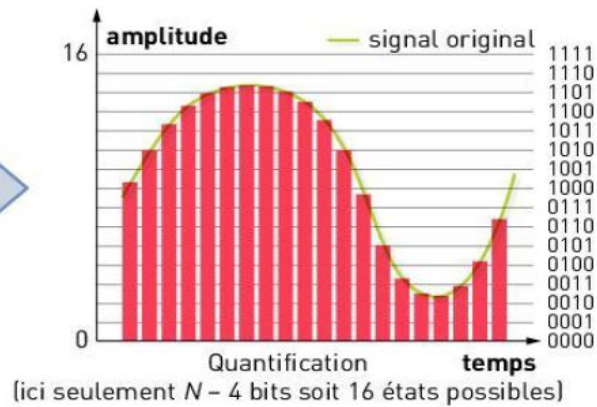
$$f_e > 2 \times f$$

Pour visualiser

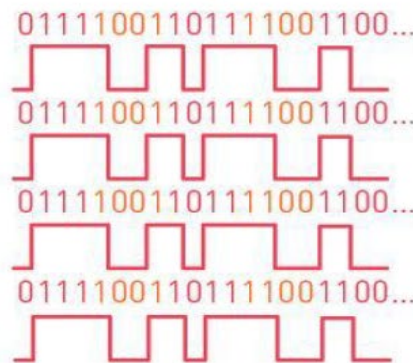


Convertisseur  
analogique-  
numérique

Une animation pour comprendre  
la conversion d'un signal sonore  
en signal numérique.



$2^N$  valeurs  
possibles



44,1 kHz  
16 bits  
stéréo

$$44\,100 \times 16 \times 2 = 1,4 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$44\,100 \times 2 \times 2 = 180 \text{ ko} \cdot \text{s}^{-1}$$

1,5 heure de musique  
8 Gb

1,5 heure de musique  
1 Go

## 2 Compression d'un fichier son



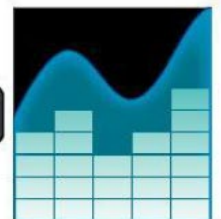
$1,4 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$

$180 \text{ ko} \cdot \text{s}^{-1}$



$120 \text{ kb} \cdot \text{s}^{-1}$

$15 \text{ ko} \cdot \text{s}^{-1}$



taux de compression (sans unité ou en %)  $\rightarrow \tau = 1 - \frac{N_f}{N_i}$

$N_f$  ← nombre de bits après compression

$N_i$  ← nombre de bits avant compression