







<http://perramondphysique.e-monsite.com/>

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Découvrir</b></p>	<p>Les Ressources :</p> <p><a href="#">Q1</a> : Numériser un son </p> <p><a href="#">Q2</a> : La taille d'un fichier </p> <p><a href="#">Q3</a> : Compression d'un fichier son</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Se entraîner</b></p>	<p>Exercices :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ex 1 à Ex 4</li> </ul> <p>Apprendre le cours et réviser avec : Quizlet                  Voir sur le site : Animations, vidéos et quizz. </p> 
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Se auto-évaluer</b></p>	<p>Les savoirs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pour numériser un son, on procède à la discrétisation du signal analogique sonore (Échantillonnage et quantification). <input checked="" type="checkbox"/></li> <li>○ Plus la fréquence d'échantillonnage est élevée et la quantification est fine, plus la numérisation est fidèle, mais plus la taille du fichier audio est grande.</li> <li>○ La reproduction fidèle du signal analogique nécessite une fréquence d'échantillonnage au moins double de celle du son.</li> <li>○ La compression consiste à diminuer la taille d'un fichier afin de faciliter son stockage et sa transmission.</li> <li>○ Les techniques de compression spécifiques au son, dites « avec perte d'information », éliminent les informations sonores auxquelles l'oreille est peu sensible.</li> </ul> <p>Savoir-faire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Justifier le choix des paramètres de numérisation d'un son. <input checked="" type="checkbox"/></li> <li>○ Estimer la taille d'un fichier audio.</li> <li>○ Calculer un taux de compression.</li> <li>○ Comparer des caractéristiques et des qualités de fichiers audio compressés.</li> </ul>



## Chapitre 7 : Le son, une information à coder

### I- Numérisation d'un son

#### 1- Le principe

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

Ces nombres contiennent des informations appelées données numériques.

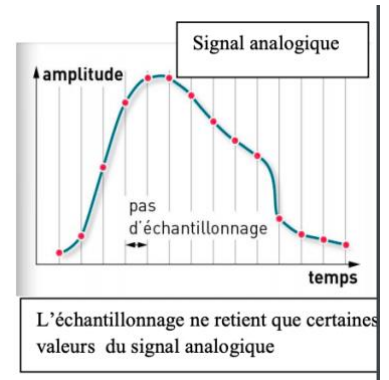
#### 2- L'échantillonnage

L'échantillonnage consiste à traiter les valeurs du signal analogique de départ à intervalles de temps fixe.

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 de 44,1 kHz. Elle est adaptée car le domaine audible s'étend jusqu'à 20 kHz.

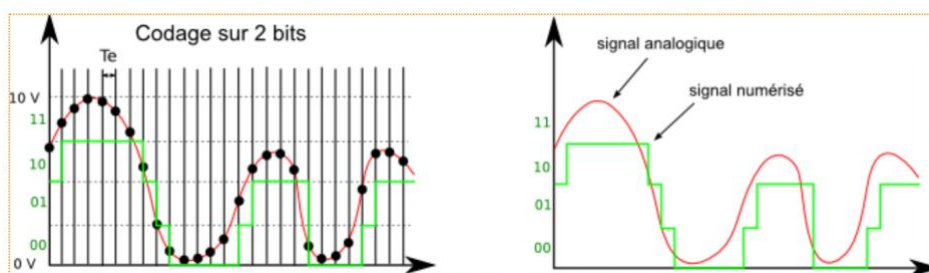
#### 3- La quantification

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

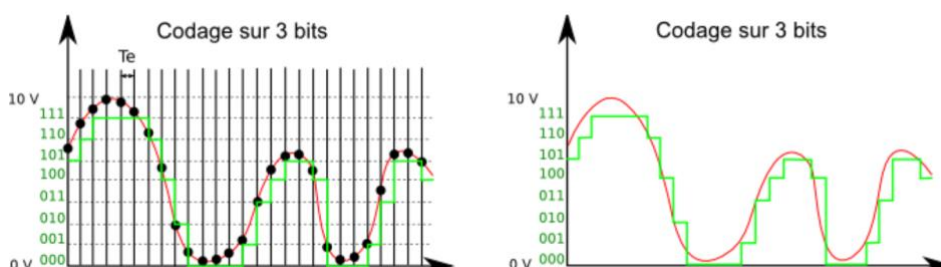
La quantification consiste à représenter le signal sonore par un nombre fini de valeurs possibles.

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

**Exemple :** Un signal quantifié à 2 bits sera représenté avec  $2^2 = 4$  valeurs possibles représentées par des combinaisons possibles d'écrire un nombre à trois chiffres avec des 0 et 1 : 00/01/10/11



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



## Thème 4 : Son et musique, porteurs d'informations

### 4- Fidélité et taille du 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 bits ou en octet. Un octet est égal à 8 bits.

La taille d'une séquence sonore non compressée peut être estimée de la manière suivante :

$$\text{Taille (bits)} = f_e \times \Delta t \times N \times c$$

La taille de la séquence sonore s'exprime en bits

$f_e$  : fréquence d'échantillonnage s'exprime en Hertz

$\Delta t$  : Durée de la séquence en seconde

$N$  : nombre de bits sur lequel est codé un échantillon s'exprime en bits

$c$  : nombre de voies (ou canaux) utilisées (Mono :  $c = 1$  ; Stéréo :  $c = 2$ )

**Exemple :** L'enregistrement de la neuvième symphonie de Beethoven dans sa version la plus longue dure exactement 74 minutes et 33 secondes. C'est cette durée qui aurait été choisie comme standard du CD. Pour un CD audio, les valeurs normalisées par l'industrie ont une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz, d'une qualité de 16 bits et sur deux canaux pour la stéréophonie.

Déterminons la taille de ce fichier audio en Mo.

$$\text{Taille (bits)} = f_e \times \Delta t \times N \times c$$

$$f_e = 44,1 \text{ kHz} = 44100 \text{ Hz}$$

$$\Delta t = 74 \text{ min } 33 \text{ s} = 74 \times 60 + 33 = 4473 \text{ s}$$

$$N = 16 \text{ bits}$$

$$c = 2$$

$$\text{Taille} = 44100 \times 4473 \times 16 \times 2 = 6312297600 \text{ bits}$$

Or 1 bit = 8 octets, Donc

$$\text{Taille} = 6312297600 \text{ bits} / 8 = 789037200 \text{ octets} = 789 \text{ Mo}$$

car 1 Mo =  $1.10^6$  Octets

## II- Compression d'un fichier son

### 1- La 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- Le 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 dans les oreilles sont peu sensibles.

### 3- Le 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.

$$\sigma = 1 - \frac{T_f}{T_i}$$

$\sigma$  : Taux de compression (sans unité ou en %)

$T_f$  : Taille du fichier après compression

$T_i$  : Taille du fichier avant compression

### 4- La qualité d'un fichier compressé

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

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

## Exercices :

### Exercice 1 :

Afin de pouvoir transférer un morceau musical de 5 minutes sur un smartphone, on souhaite compresser le fichier son correspondant.

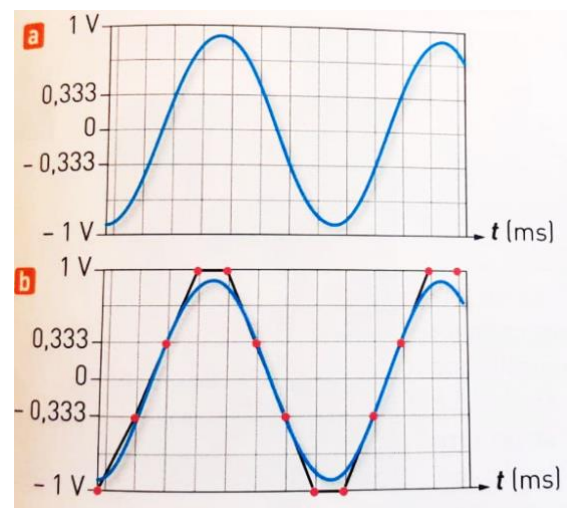
Initialement le fichier est de qualité CD (44,1 kHz, 16 bits, stéréo). On choisit de convertir ce fichier au format mp3. Cette conversion permet de diviser la taille du fichier par 12.

Dans cet exercice, attention à la rédaction des calculs (A.L puis A.N)

1. Donner l'avantage et l'inconvénient de cette compression.
2. Déterminer la taille du fichier son initial  $T_i$ .
3. En déduire la taille du fichier son après compression  $T_f$ .
4. Déterminer le taux de compression.

### Exercice 2 :

On décide de numériser un son continu afin d'en faire une alarme pour un smartphone. Le signal sonore est visible sous un format analogique (a.). Il est numérisé à l'aide d'un logiciel de traitement du son (b). L'axe des abscisses a pour échelle 0,80 ms/div.



1. Déterminer la fréquence du signal sonore analogique.
2. En déduire une fréquence d'échantillonnage  $f_e$  adaptée.
3. Quelle fréquence d'échantillonnage est finalement retenue ? Est-elle adaptée ?
4. Avec combien de bits le signal a-t-il été quantifié ?
5. Pour chaque valeur possible, donner son écriture en « 0 » et en « 1 ».
6. L'enregistrement numérique fera une minute au total. Quelle sera alors la taille du fichier son ?

## Thème 4 : Son et musique, porteurs d'informations

### Exercice 3 :

Pour traiter un son à l'aide d'un ordinateur, il faut convertir le signal analogique obtenu à la sortie d'un micro en signal numérique : c'est le rôle de convertisseur analogique numérique. On peut décomposer la conversion en deux étapes : l'échantillonnage et la quantification. Dans la pratique, ces deux étapes se font simultanément.

1. Que signifie « échantillonner » un signal analogique ?
2. Combien de valeurs peut prendre un échantillon numérisé sur 8 bits ?

Dans le cas d'un format CD audio, la numérisation se fait sur  $2 \times 16$  bits (stéréo) avec une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz.

3. Quelle est la taille du fichier son en Mo pour une minute de musique non compressée ?
4. Qu'est-ce que la compression d'un fichier son ? Expliquer son principe.
5. Si on diminue la taille d'un fichier par deux, quel est le taux de compression ?

### Exercice 4 :

Dans un descriptif d'un site de vente en ligne, on peut lire une présentation des normes Hi-Res : « la norme Hi-Res offre une restitution parfaite du son. C'est un format qualitatif sans perte et sans compression. Si vous êtes mélomane et prêt à réduire le nombre de morceaux musicaux sur votre lecteur pour bénéficier de la musique à son maximum alors vous devez impérativement opter pour la norme Hi-Res.

Le fichier Hi-Res reproduit toute la dynamique d'un morceau en laissant transparaître la différence de niveau entre les sons les plus forts et les sons les plus faibles. Le format audio utilisé couvre des fréquences sonores plus larges et vous restitue ainsi plus de détails et de profondeur. Une expérience plus réaliste que jamais. Vous retrouverez ainsi vos morceaux musicaux tels qu'ils ont été enregistrés en studio ».

### Données :

- Qualité CD audio : 16 bits, 44,1 kHz,
- Qualité Hi-Res audio : 24 bits, 96 kHz

Nous prendrons 2 canaux pour tous les calculs.

1. Quelles différences existe-t-il entre la qualité CD audio et la qualité Hi-Res audio ?
2. Donner un avantage et un inconvénient du format Hi-Res.
3. Proposer une critique quant à la fréquence d'échantillonnage retenue pour le format Hi-Res.

Le format Hi-Res est présenté comme un format non compressé.

4. Qu'est-ce qu'un format compressé ?
5. Comment peut-on compresser un fichier son ?
6. Quels sont les avantages et les inconvénients d'un fichier son compressé ?

Le format MP3 est un format compressé qui permet de réduire jusqu'à 12 fois la taille d'un fichier en qualité CD audio. Pour les trois formats évoqués (CD audio, Hi-Res audio et MP3) :

7. Déterminer la taille d'un fichier audio pour un morceau musical de cinq minutes.
8. En déduire le nombre de morceaux musicaux que l'on peut stocker dans un smartphone offrant 8 Go d'espace disponible pour des fichiers sons.