

# Chapitre 7 : Le son, une information à coder

## Exercices :



### Exercice 1 :

1. Avantage de la compression : Permet de stocker plus de données.  
Inconvénient de cette compression : Perte d'informations, diminution de la qualité.
2. Déterminons la taille du fichier son initial  $T_i$  :

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

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

$$\Delta t = 5 \text{ min} = 5 \times 60 = 300 \text{ s}$$

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

$$c = 2$$

$$\text{Taille} = 44100 \times 300 \times 16 \times 2 = 423360000 \text{ bits}$$

Or 1 bit = 8 octets, Donc

$$\text{Taille} = 423360000 \text{ bits} / 8 = 52920000 \text{ octets} = 52,9 \text{ Mo}$$

car 1 Mo =  $1.10^6$  Octets

3. Déterminons la taille du fichier son après compression  $T_f$  :  
Dans l'énoncé, il est dit que le format MP3 permet de diviser la taille du fichier par 12 donc :  
 $T_f = T_i / 12 = 52,9 / 12 = 4,41 \text{ Mo}$
4. Déterminons le taux de compression :

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

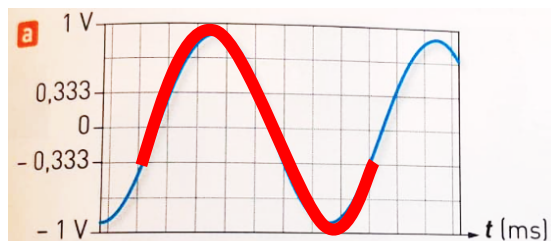
$$T_f = 4,41 \text{ Mo}$$

$$T_i = 52,9 \text{ Mo}$$

$$\sigma = 1 - \frac{4,41}{52,9} = 0,917 = 91,7 \%$$

### Exercice 2 :

1. Déterminons la fréquence  $f$  du signal sonore analogique.



$$T = 8 \times 0,80 = 6,4 \text{ ms} = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$f = 1 / T = 1 / 6,4 \cdot 10^{-3} = 1,57 \cdot 10^2 \text{ Hz}$$

D'après le cours une fréquence d'échantillonnage  $f_e$  adaptée est celle dont la valeur est au moins le double de celle du signal sonore soit le double de  $1,57 \cdot 10^2 \text{ Hz}$  c'est-à-dire  $3,13 \cdot 10^2 \text{ Hz}$ .

2. Déterminons la fréquence d'échantillonnage est finalement retenue :

$$T_e = 0,80 \text{ ms} = 0,80 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$f_e = 1 / T = 1 / 0,80 \cdot 10^{-3} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ Hz}$$

Cette fréquence d'échantillonnage est adaptée car elle est bien supérieure au double du signal sonore.

3. Le signal a été quantifié avec 4 valeurs possibles 1 V, 0,333 V, - 1 V, - 0,333 V. On sait que N bits permettent  $2^N$  valeurs possibles.  
 $2^N = 4$  donc  $N = 2$  bits.
4. Pour chaque valeur possible, donnons son écriture en « 0 » et en « 1 » :  
1 V correspond à l'écriture 11  
0,333 V correspond à l'écriture 10  
- 1 V correspond à l'écriture 01  
- 0,333 V correspond à l'écriture 00
5. L'enregistrement numérique fera une minute au total. Déterminons la taille du fichier son :

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

$$f_e = 1,3 \cdot 10^3 \text{ Hz}$$

$$\Delta t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$N = 2 \text{ bits}$$

$$c = 2 \text{ (stéréo)}$$

$$\text{Taille} = 1,3 \cdot 10^3 \times 60 \times 2 \times 2 = 312000 \text{ bits}$$

Or 1 bit = 8 octets, Donc

$$\text{Taille} = 312000 \text{ bits} / 8 = 39000 \text{ octets}$$

### Exercice 3 :

1. L'échantillonnage consiste à traiter les valeurs du signal analogique de départ à intervalles de temps fixe.
2. Un échantillon numérisé sur  $N = 8$  bits peut prendre  $2^N$  valeurs soit  $2^8$  c'est-à-dire 256 valeurs.  
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. Déterminons la taille du fichier son en Mo pour une minute de musique non compressée :

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

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

$$\Delta t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

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

$$c = 2$$

$$\text{Taille} = 44100 \times 60 \times 16 \times 2 = 84672000 \text{ bits}$$

Or 1 bit = 8 octets, Donc

$$\text{Taille} = 84672000 \text{ bits} / 8 = 10584000 \text{ octets} = 10,6 \text{ Mo}$$

car 1 Mo =  $1 \cdot 10^6$  Octets

### 4. 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.
5. Déterminons le taux de compression si on diminue la taille d'un fichier par deux :

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

$$T_f = T_i / 2$$

$$\sigma = 1 - \frac{T_f}{T_i} = 1 - \frac{T_i/2}{T_i} = 1 - 0,5 = 0,5 = 50 \%$$

#### 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. Les différences entre la qualité CD audio et la qualité Hi-Res audio sont les suivantes :
  - ♣ Le nombre de bits.
  - ♣ La fréquence d'échantillonnage
  - ♣ Un fichier audio est compressé comparé au fichier Hi-Res qui ne l'est pas.
2. Avantage du format Hi-Res : Très bonne qualité du son.  
Inconvénient du format Hi-Res : Fichier très lourd qui limite la capacité de stockage.
3. La fréquence d'échantillonnage retenue pour le format Hi-Res est bien au-delà du double de la fréquence maximale perçue par l'humain soit 20 kHz. Ce format est deux fois plus résolu que le format classique (96/44 ~ 2)

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

4. La compression consiste à réduire la taille d'un fichier numérique.
5. 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.
6. Plus un fichier est compressé, plus il est aisé de le stocker de le transmettre (avantage) mais moins il sera de qualité (inconvenient).

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. Déterminons la taille d'un fichier audio pour un morceau musical de cinq minutes :

Qualité CD audio : 16 bits, 44,1 kHz,

Qualité Hi-Res audio : 24 bits, 96 kHz

Nous prendrons 2 canaux pour tous les calculs.

#### Cas CD audio :

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

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

$$\Delta t = 5 \text{ min} = 5 \times 60 = 300 \text{ s}$$

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

$$c = 2$$

$$\text{Taille} = 44100 \times 300 \times 16 \times 2 = 423360000 \text{ bits}$$

Or 1 bit = 8 octets, Donc

$$\text{Taille} = 423360000 \text{ bits} / 8 = 52920000 \text{ octets} = 52,92 \text{ Mo}$$

car 1 Mo =  $1.10^6$  Octets

### Cas Hi-Res :

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

$$F_e = 96 \text{ kHz} = 96000 \text{ Hz}$$

$$\Delta t = 5 \text{ min} = 5 \times 60 = 300 \text{ s}$$

$$N = 24 \text{ bits}$$

$$c = 2$$

$$\text{Taille} = 96000 \times 300 \times 24 \times 2 = 1382400000 \text{ bits}$$

Or 1 bit = 8 octets, Donc

$$\text{Taille} = 1382400000 \text{ bits} / 8 = 172800000 \text{ octets} = 172,8 \text{ Mo}$$

car 1 Mo =  $1.10^6$  Octets

### Cas MP3 :

$$\text{Taille} = \text{Taille CD audio} / 12 = 52,92 \text{ Mo} / 12 = 4,41 \text{ Mo}$$

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.

### Cas CD audio :

$$1 \text{ Go} = 1.10^9 \text{ octets} = 1.10^3 \text{ Mo}$$

$$8 \text{ Go} = 8.10^3 \text{ Mo}$$

$$8.10^3 \text{ Mo} / 52,92 \text{ Mo} = 151 \text{ fichiers.}$$

### Cas Hi-Res :

$$8.10^3 \text{ Mo} / 172,8 \text{ Mo} = 46 \text{ fichiers.}$$

### Cas MP3 :

$$8.10^3 \text{ Mo} / 4,41 \text{ Mo} = 1814 \text{ fichiers.}$$