

COMPRESSION D'UN FICHIER AUDIO NUMÉRIQUE



Capacité(s) contextualisée(s) mise(s) en jeu durant l'activité :

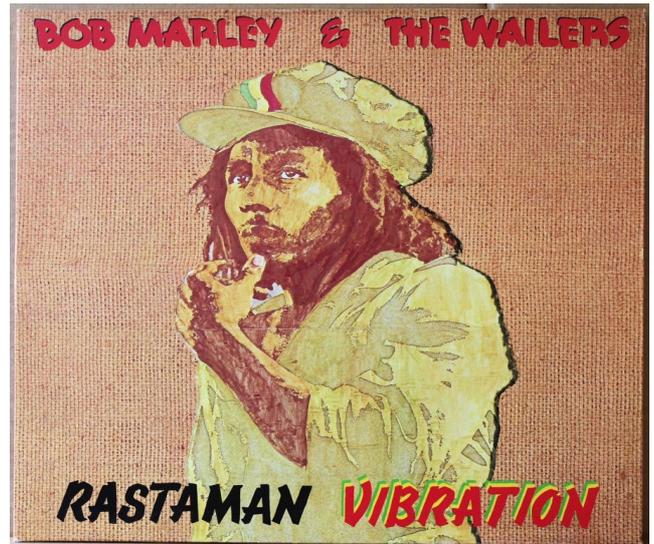
- ✓ Reconnaître des signaux de nature analogique et des signaux de nature numérique.

Situation de départ

Une élève de TS retrouve dans son grenier 8 albums 33 tours de Bob Marley ayant appartenu à son grand père.

Il y en a, en tout, pour 10h37 de reggae...

Elle souhaite numériser ces 8 disques et les graver sur un unique CD de 700 Mo pour pouvoir en profiter dans sa voiture.



Problème

(analyser, réaliser, valider, communiquer)



A l'aide des documents suivants et de vos connaissances, déterminer si cette élève peut graver ces 8 disques dans un format audio numérique non compressé sur un seul CD de 700 Mo.

Dans le cas contraire, proposer une solution permettant de graver ces 8 disques sur un seul CD de 700 Mo tout en conservant au mieux la qualité du son original.

Toute prise d'initiative sera valorisée.

L'ensemble de la démarche suivie et des calculs correspondants doivent apparaître de manière détaillée.



Documents

(s'approprier)

Doc.1 : Signal analogique et signal numérique

Un **signal analogique** est un signal qui reproduit à l'analogue un phénomène physique, tel qu'une onde mécanique (pour le son) ou une onde électromagnétique (pour l'image). C'est une fonction **continue** dans le temps ou dans l'espace.

Inversement, un **signal numérique** est **discontinu** c'est-à-dire qu'il ne peut prendre qu'un nombre fini de valeurs à des instants précis. La grandeur associée est alors quantifiée à l'aide d'un nombre (composé d'une suite de 1 et de 0, les éléments binaires ou bits).

La représentation d'un signal analogique est donc une courbe (**Fig.1**), tandis qu'un signal numérique pourra être visualisé par un histogramme (**Fig.2**).

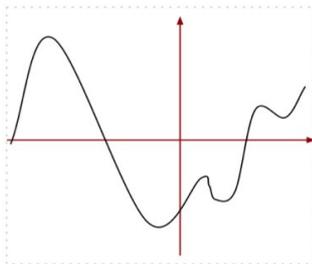


Fig.1 : Signal analogique

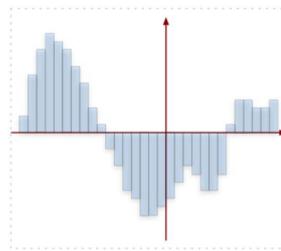


Fig.2 : Signal numérique

Doc.2 : Le langage binaire

Les appareils numériques utilisent le **langage binaire**. La plus petite information numérique est le **bit** (*binary digit*). Cette information peut prendre deux valeurs : 0 ou 1.

- L'association de **2 bits** permet d'écrire **4 valeurs différentes** : 00, 01, 10 ou 11 soit $2^2 = 4$ valeurs.
- L'association de **3 bits** permet d'écrire **8 valeurs différentes** : 000, 001, 010, 100, 011, 110, 101 ou 111 soit $2^3 = 8$ valeurs.
- L'association de **8 bits** permet d'écrire **256 valeurs différentes** : $2^8 = 256$ valeurs.

Le regroupement de 8 bits représente un **octet**.

Représentation d'un OCTET

Numéros des "bits"							
7	6	5	4	3	2	1	0
1	0	0	0	1	0	1	0
128	64	32	16	8	4	2	1
Valeurs en décimal							

$$138 = 2^7 + 2^3 + 2^1 = 128 + 8 + 2$$

138

décimal

10001010

binaire

Doc.3 : Comparaison entre musique numérique et musique analogique

	Musique numérique	Musique analogique
Qualité de la lecture audio	<p>Ne se dégrade pas avec le temps ; supports utilisés pour stocker la musique numérique très résistants.</p> <p>Les grésillements, les crépitements ainsi que le souffle des cassettes sont atténués, rendant le son des fichiers musicaux plus pur que la musique analogique d'origine.</p> <p>Si l'on exclut les appareils audio analogiques audiophiles, vous bénéficierez probablement d'un meilleur son avec des systèmes audio numériques.</p>	<p>La qualité audio se détériore à chaque lecture. [Lors de la lecture analogique, le dispositif de lecture (tel que l'aiguille du tourne-disque) rentre en contact direct avec le support (tel qu'un album) ; dans le cas de la lecture numérique, au contraire, ce contact n'existe pas (par exemple, un laser lit un CD)]</p> <p>Les vieux enregistrements sont truffés de grésillements et de crépitements.</p> <p>Malgré tout, certaines personnes préfèrent encore la « chaleur » de la lecture analogique.</p>
Solidité	<p>Les fichiers WAV ou MP3 sont faciles à conserver et à stocker, et ils ne s'endommagent pas non plus.</p>	<p>Se dégrade avec le temps ; les disques vinyles se rayent facilement et les bandes des cassettes se déchirent.</p>
Niveau de fidélité	<p>Qualité uniforme</p>	<p>Dépend beaucoup de la qualité de la chaîne hi-fi</p>
Portabilité de la musique	<p>Certains appareils de lecture sont ultra compacts.</p>	<p>Les disques vinyles ne sont pas faciles à transporter, pour une écoute à tout moment. Les équipements de lecture sont également encombrants.</p>
Transférabilité de la musique	<p>Les copies sont identiques à l'original (quel que soit le nombre de copies réalisées). En outre, vous pouvez copier et déplacer facilement les fichiers d'un périphérique de stockage à un autre, voire les transférer sur Internet en un tour de main.</p>	<p>Perte de qualité à chaque copie.</p>

Doc.4 : Qu'est-ce que la musique numérique compressée ?

Le format CD audio est une forme de fichier audio numérique non compressé. Lors du processus de numérisation de la musique, l'ordinateur traite et stocke tous les sons sous la forme de chiffres, en intégrant les éléments que l'oreille humaine ne peut percevoir.

Comme les fichiers musicaux non compressés sont volumineux, ils ne peuvent pas être transférés rapidement sur Internet ni copiés sur votre baladeur. L'une des solutions pour réduire la taille de ces fichiers consiste à utiliser un programme appelé « codec » (abréviation de compression (encodage) et décompression (décodage) de données audio).

Un système de codec encode (compresse) un signal audio, puis le décode (décompresse) en vue de sa lecture (**Fig.3**).

Il existe de nombreux codecs différents permettant de compresser un fichier musical. En général, on utilise le terme générique MP3 pour représenter tous les formats audio numériques compressés.

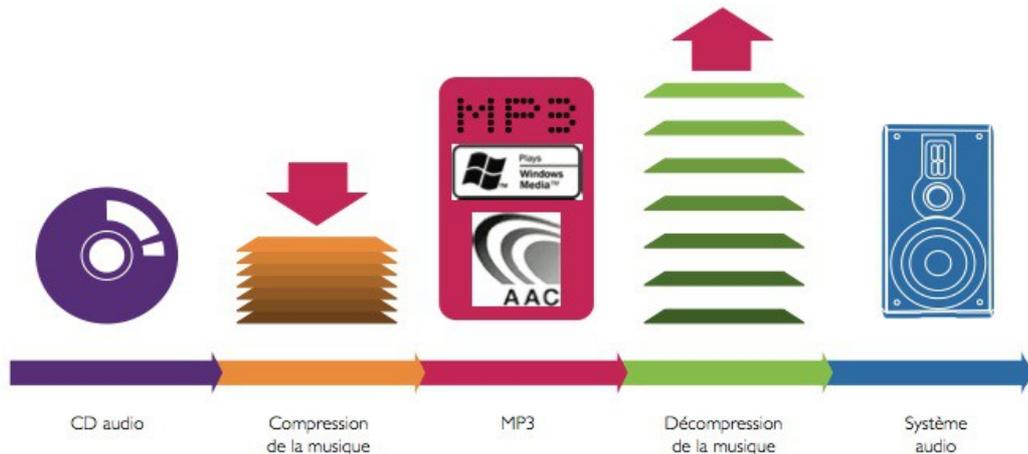


Fig.3 : Encodage et décodage d'un fichier audio

Le principe de la compression MP3 repose sur trois critères principaux :

- L'échantillonnage ;
- Le débit binaire ;
- Les principes psychoacoustiques.

Doc.5 : L'échantillonnage

L'**échantillonnage** consiste à prélever périodiquement des échantillons d'un signal analogique (Fig.4).

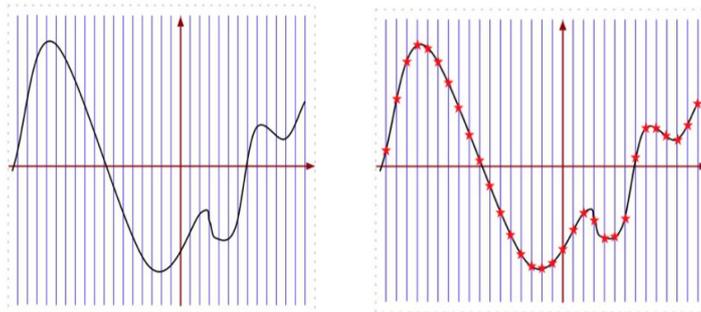


Fig.4 : Echantillonnage d'un signal analogique

La qualité du signal numérique dépend de la fréquence d'échantillonnage (appelé taux d'échantillonnage) : plus celle-ci est grande (c'est-à-dire que les échantillons sont relevés à de petits intervalles de temps) plus le signal numérique sera fidèle à l'original (Fig.5).

En pratique, on applique le **théorème de Shannon** qui précise que la fréquence minimale d'échantillonnage d'un signal doit être au moins le double de la fréquence maximale contenue dans le signal à échantillonner.

$$F_{\text{échant}} \geq 2 F_{\text{signal}}$$



Fig.5 : Taux d'échantillonnage

On parle de **sous-échantillonnage** si la fréquence d'échantillonnage n'est pas suffisante pour représenter de façon adéquate le signal. Le résultat issu d'une reconversion en analogique n'a alors plus rien à voir avec le signal de départ.

À l'inverse, un **sur-échantillonnage** consiste à prendre trop d'information, beaucoup plus qu'il n'en faut pour représenter de façon adéquate le signal analogique. Il n'en résulte pas forcément une meilleure qualité sonore détectable, mais en tout cas une quantité de données beaucoup plus importante à traiter.

Ce théorème peut être appliqué aux images : pour ne pas perdre de détails dans une image, la taille des pixels doit être moins de (ou égale à) la moitié du plus petit détail de l'image.

Doc.6 : La quantification et le débit binaire

La **quantification** consiste à affecter une valeur numérique (nombre composé d'une suite de 1 et de 0, les éléments binaires ou bits) à chaque échantillon prélevé (**Fig.6**).

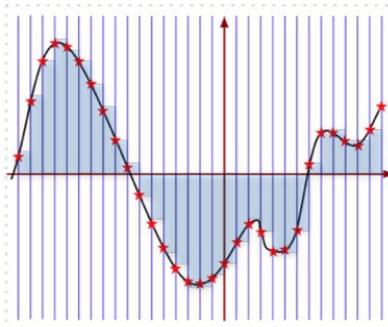


Fig.6 : Quantification des échantillons prélevés

C'est le rôle d'un **convertisseur analogique numérique (CAN)**.

En amont du convertisseur analogique numérique, l'échantillonneur permet d'acquérir la grandeur analogique à un instant t et le bloqueur de maintenir cette grandeur pendant la durée de la numérisation.

La qualité du signal numérique dépend du nombre de bits sur lequel on code les valeurs : il s'agit en fait du nombre de valeurs différentes qu'un échantillon peut prendre. Plus celui-ci est grand, meilleure est la qualité.

Le **débit binaire** correspond à la quantité de données par unité de temps et s'exprime en kilobits par seconde (kbits/s). Il dépend donc de la fréquence d'échantillonnage et de la hauteur de quantification (nombre de bits N sur lequel le signal est codé).

$$D = F_{\text{échant}} \times N$$

Doc.7 : Les principes psychoacoustiques

En termes de psychoacoustique, la compression MP3 repose sur la perception des sons par l'oreille humaine ainsi que sur le traitement de certains de ces sons par le cerveau.

L'objectif est d'identifier les parties du son pouvant être exclues d'un fichier encodé, sans sacrifier pour autant la perception globale de la qualité de la musique.

En psychoacoustique, il est avéré que les êtres humains perçoivent davantage les fréquences moyennes que les très hautes ou très basses fréquences. En outre, la sensibilité aux hautes fréquences décroît avec l'âge et en cas d'exposition prolongée à des volumes sonores élevés.

Doc.8 : La compression avec et sans perte

La musique compressée numériquement est stockée, transmise et téléchargée sous différents formats de fichiers codec pouvant être regroupés en trois grandes catégories :

- audio non compressé ;
- compressé avec perte ;
- compressé sans perte.

Les formats audio non compressés (souvent appelés formats PCM (Pulse Code Modulation) ou modulation d'impulsion codée), les plus gourmands en termes d'espace de stockage, sont, comme leur nom l'indique, des formats qui n'utilisent pas de compression. En d'autres termes, aucune donnée, qu'elle soit nécessaire ou non, n'est rejetée. Un fichier audio Windows WAV est un exemple de format audio non compressé.

Un CD audio comporte 2 voies (stéréophonie) codées sur 16 bits.

Sachant que la fréquence maximale audible est de 20 kHz en comptant très large, la fréquence d'échantillonnage des CD audio est de 44,1 kHz.

Dans le cas de la compression avec perte, une partie des données du fichier source est rejetée afin d'économiser de l'espace. Lorsque le fichier est décodé en vue de sa lecture, ces données sont reconstituées par des algorithmes mathématiques. Comparée à l'original, la qualité audio s'en trouve altérée. Toutefois, ce type de compression est devenu très populaire en ligne car la petite taille des fichiers (**Fig.7**) accélère et facilite les transferts de musique sur Internet. Les fichiers .mp3, .aac et .ogg sont des exemples de compression avec perte.

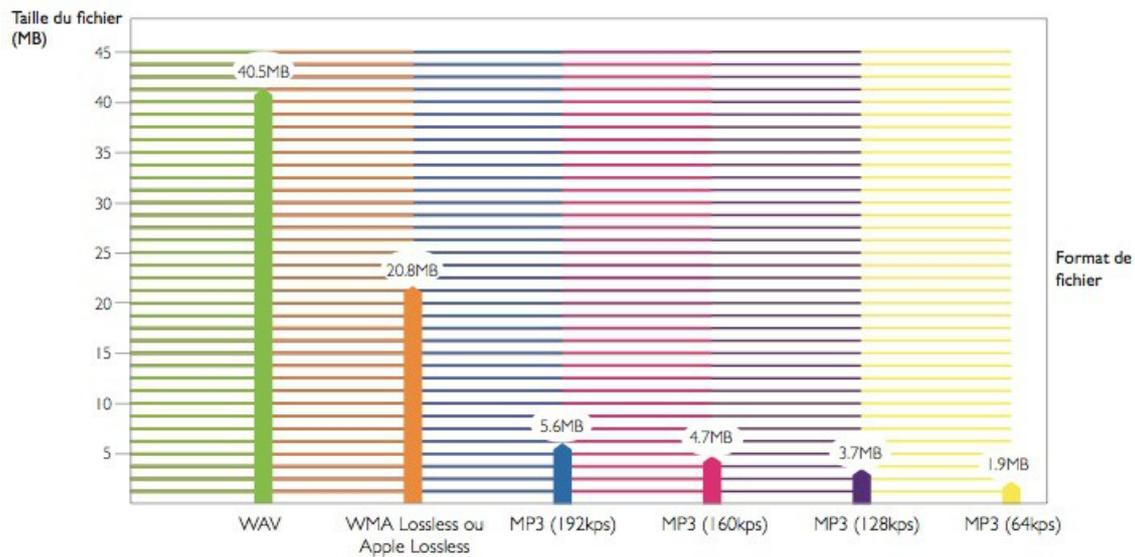


Fig.7 : Taille d'un même fichier audio compressé sous différents formats

Quelques repères au sujet du format de compression .mp3 (en débit binaire) :

- 96 kbits/s – qualité radio FM
- 128 kbits/s – qualité correcte (débit binaire le plus courant pour les fichiers .mp3)
- 192 kbits/s – bonne qualité ; imperfections difficiles à percevoir
- 320 kbits/s – très grande qualité