



Qualité et compression d'un son

But : Sensibiliser aux paramètres déterminant la taille d'un fichier son numérisé – comprendre l'intérêt de créer plusieurs formats de numérisation.

Compétences : APP – REA – VAL

S'il n'est fait que peu, ou pas, attention à la qualité de la musique aujourd'hui (sous sa forme numérique), c'est souvent parce que les outils de restitution du son se révèlent très médiocres. La faute aux enceintes fournies avec les ordinateurs de bureau ou intégrées à l'ordinateur portable, mais aussi aux écouteurs/casques fournis avec les baladeurs MP3 qui sont, dans leur grande majorité, des produits d'entrée de gamme. En revanche, pour qui s'est équipé de matériel performant, il devient vite désagréable d'entendre des morceaux mal enregistrés ou mal encodés.

Document 1 : Signal analogique et signal numérique

Un signal analogique est un signal dont la valeur varie de façon continue au cours du temps, il est constitué d'un nombre infini de valeurs. Un signal numérique est un signal discontinu, il est constitué d'un nombre fini de valeurs

Document 2 : Taille d'un fichier sonore

Lorsqu'un signal sonore est numérisé, les différentes valeurs acquises sont transformées en code binaire par le système d'acquisition, on peut ainsi déterminer la taille en octets des informations correspondant à une seconde de musique.

Ce nombre va prendre en compte les différents paramètres qui sont :

La fréquence d'échantillonnage (f_e)

Le nombre de bits utilisés pour la quantification

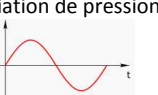
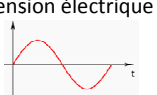
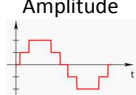
Le nombre de voies (une seule pour un son mono, deux pour un son stéréo, 6 pour un son 5.1)

Ainsi la taille d'un fichier son est donné par l'opération suivante :

Fréquence d'échantillonnage × (Nombre de bits) × nombre de voies × durée

Pout obtenir le résultat en "octets" il faut **diviser** le nombre précédent **par 8** (un octet correspond à 8 bits ou Binary digits).

1. Chaîne de transformation du son

① Instrument de musique	② Microphone	③ Carte son	④ Ordinateur
			
variation de pression 	tension électrique 	Amplitude 	000 001 010 111

1.1. Parmi les représentations ①, ②, et ③, identifier celles qui correspondent à un signal analogique et à un signal numérique.

1.2. Associer le numéro ①, ②, ③ ou ④ à chacune des propositions suivantes :

- A. Conversion du signal sonore en signal électrique C. Conversion du signal électrique en signal numérique
B. Mise en mémoire des données sous forme numérique D. Propagation du signal dans l'air

2. Des sons numérisés

On dispose de 5 fichiers son de qualités différentes d'un même extrait de 30 secondes du titre *Darling are you gonna live me* par London Grammar (Album *If you wait* (2013) – version Deluxe)

🔊 Ecouter au casque audio les différents fichiers.

2.1. Quel est le fichier possédant le son de meilleure qualité ?
Celui possédant le son de plus mauvaise qualité ?

Caractéristiques de différents fichiers disponibles :

Qualité	CD	Intermédiaire	Radio	Téléphone	Basse Mono
Fréquence d'échantillonnage	44 100 Hz	44 100 Hz	22 050 Hz	11 025 Hz	8 000 Hz
bits	16	8	8	8	8
voies	2	2	1	1	1
taille	5,21 Mo	2,60 Mo	667 ko	33 ko	242 ko

2.2. Quel est le lien entre la qualité d'un fichier sonore et sa taille (pour une même durée) ?

2.3. Compléter le tableau après avoir réalisé les calculs correspondants aux questions suivantes :

- Retrouver approximativement la taille du fichier en Mo enregistré au format wav qualité CD.
- En déduire la taille qu'aurait la chanson entière qui dure environ 3 minutes.
- Calculer combien de fichiers du même type pourraient être enregistrés sur une carte SD de 128 Go.

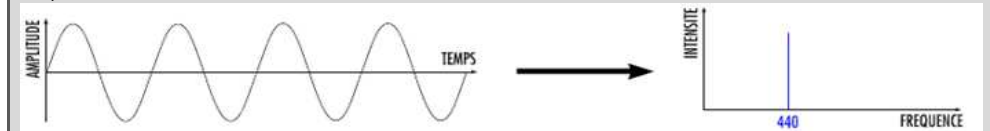
Remarque : On admettra que la taille d'un fichier en octets est divisée par 1000 pour obtenir des kilooctets (ko) ou par 10^6 pour des mégaoctets (Mo). De même, 1 gigaoctet (Go) = 10^9 octets.

Taille du fichier enregistré au format wav qualité CD	Taille d'une chanson entière qui dure environ 3 minutes	Nombre de fichiers du même type (chanson de 3 minutes) sur une carte SD de 128 Go ?

3. Compression

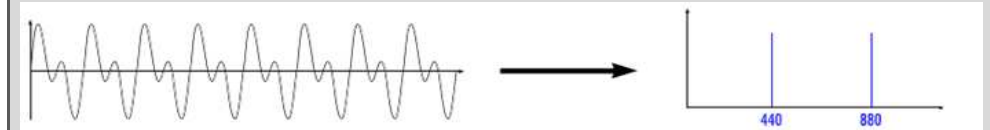
Document 3 : Compression sans perte

Le son produit par le diapason, est un son simple ou pur, son analyse montre qu'il n'est formé que d'une seule fréquence



Alors plutôt que de numériser les différentes valeurs du signal, on peut ne retenir que cette valeur de fréquence : 440 Hz.

Pour un son composé, comme le suivant qui est en fait un mélange des fréquences 440 Hz (le fondamental) et 880 Hz (l'harmonique de rang 2).



Il suffira de ne retenir que les deux valeurs, 440 Hz et 880 Hz, ainsi que leur "amplitude". La quantité d'informations est ainsi moindre, le fichier est compressé.

Il suffit donc généralement de réécrire autrement les données, ainsi une information telle que "aaaaaaaabbbb" pourrait s'écrire plus simplement "8a4b" ce qui permettrait de gagner de la place sans pour autant supprimer d'informations.

Document 4 : Format .wav

Le format ".wav" (waveform audio file format) correspond à ce qui est appelé la qualité CD. Les sons sont échantillonnés à une fréquence de 44,1 kHz avec une quantification de 16 bits et sur deux voies (stéréo).

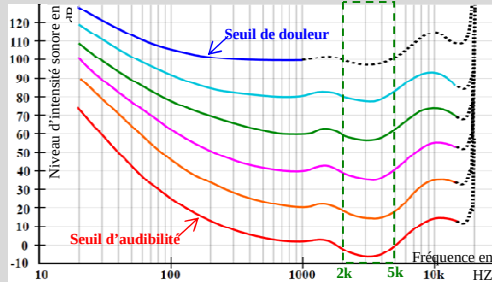
Document 5 : Format .mp3

Le format ".mp3" (mpeg-1/2 audio layer III) a été développé dans les années 1990 par un groupe de travail réunissant des scientifiques européens (financés par l'Union Européenne) dont l'objectif était de diviser la taille des fichiers audio par 10. Il s'est appuyé, entre autre, sur des recherches menées dans le domaine de la psycho-acoustique dès 1920 par des chercheurs, américains, de l'industrie de la téléphonie.

Outre les techniques de la compression sans perte, le format **mp3** utilise également d'autres techniques de compression dites destructives. C'est-à-dire qu'une fois compressées, certaines informations seront définitivement perdues.

Le choix des informations supprimées est fait à partir des propriétés de l'oreille humaine (modèle psycho-acoustique).

- L'oreille humaine n'étant sensible qu'aux fréquences situées dans la gamme [20 Hz - 20 kHz], les fréquences hors de cette gamme sont purement et simplement supprimées sans perte de qualité (l'oreille humaine ne les perçoit pas).
- Une étude plus poussée des capacités de l'oreille (voir ci-contre) montre qu'elle est surtout sensible aux fréquences situées dans la gamme [2 kHz - 5 kHz] (moins de 5dB de niveau sonore suffit pour entendre les fréquences situées dans cette bande alors qu'il faut plus de 20dB pour entendre les fréquences situées en dessous de 100Hz ou au dessus de 10kHz). On peut ainsi éliminer toutes les fréquences au dessus de 15kHz sans que la qualité n'en soit profondément altérée.
- Imaginons que l'on soit dans le jardin à écouter le chant des oiseaux (très agréable...). Le voisin décide de tondre sa pelouse : le chant des oiseaux n'est plus audible car il est masqué par le son de la tondeuse.....Il n'est donc pas nécessaire de conserver les fréquences de niveau sonore faible, car au final, on ne les entend pas.
- Enfin, si les deux voies d'un son stéréo présentent des séquences semblables, au lieu de dupliquer ces séquences, on stocke une seule voie. Et pour ces moments là, l'information des voies droite et gauche est identique.



Document 6 : Taux de compression

Le taux de compression est défini comme le rapport de la taille du fichier audio compressé sur la taille du fichier initial, on le note τ (prononcé tau) :

$$\tau = \frac{\text{taille fichier compressé}}{\text{taille fichier initial}} \quad (\tau \leq 1)$$

τ s'exprime généralement en pourcentage (%).

Exemple : si $\tau = 0,067$ on écrit 6,7 %, ce qui signifie que le fichier compressé a une taille égale à 6,7 % de celle de l'original.

Autrement dit, cette compression a permis de réduire de 93,3 % la taille du fichier original.

Remarque : On peut trouver, parfois, une autre définition du taux de compression :

$$\tau' = 1 - \frac{\text{taille fichier compressé}}{\text{taille fichier initial}} \quad (\tau' \leq 1)$$

Le taux de compression définit alors le gain en taille rapporté à la taille initiale du fichier. Dans l'exemple précédent, on obtiendrait $\tau' = 93,3 \%$, ce qui signifie que le fichier aurait été compressé à 93,3 %.

3.1. Comparaison à l'écoute

On compare dans ce paragraphe les deux mêmes extraits musicaux de la chanson aux formats wav et mp3.

- Écouter successivement les deux enregistrements
- 3.1. À l'oreille peut-on identifier des différences de qualité entre les deux fichiers ?

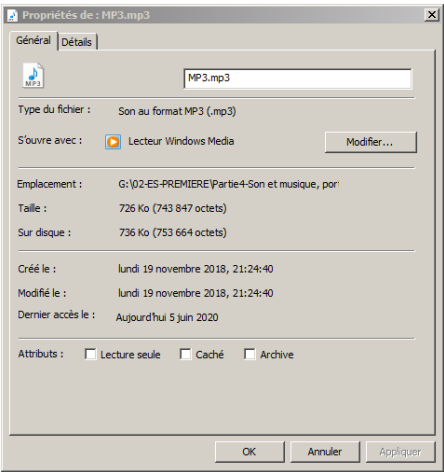
3.2. Comparaison des formats

3.2.1. Le fichier mp3

- 3.2.1.1. Le format mp3 est-il un dispositif de compression avec ou sans pertes ?
- Relever les connaissances psycho-acoustiques utilisées pour la compression par le format mp3.
- 3.2.1.2. Pourquoi ce type de compression n'altère-t-il pas trop la qualité du son perçu ?

3.2.2. Taille des fichiers et stockage

Exploiter les propriétés du fichier correspondant à l'extrait de chanson au format mp3 pour répondre aux questions :



- 3.2.2.1. Relever la taille du fichier mp3.
- 3.2.2.2. Compléter le tableau après avoir réalisé les calculs correspondants aux questions suivantes :
 - En déduire la taille qu'aurait la chanson entière qui dure environ 3 minutes.
 - Calculer combien de fichiers identiques pourraient être enregistrés sur une carte SD de 128 Go.

Taille du fichier enregistré au format mp3	Taille d'une chanson entière qui dure environ 3 minutes	Nombre de fichiers du même type (chanson de 3 minutes) sur une carte SD de 128 Go ?

- 3.2.2.3. Calculer le taux de compression τ (%) du format mp3 par rapport au format wav et en déduire τ' .
- 3.2.2.4. Conclure quant à l'intérêt de la compression au format mp3 par rapport au format wav.

4. Le compromis de la compression

Une compression destructive, non destructive, aucune compression ? Les professionnels du son vous le diront : la compression destructive est une calamité ! En effet, pourquoi se fatiguer à travailler le mix d'un morceau en finesse, l'échantillonner en 24 bits/96 kHz, travailler le son dans les moindres détails si c'est pour finalement utiliser une compression destructive ? Et pourtant la télévision, la radio, internet utilisent la compression destructive

- 4. Proposer dans un court paragraphe des arguments pour expliquer ce qui semble être ici, un paradoxe.