



THEME : Son et musique, porteurs d'information

1^{ère} Enseignement scientifique / Physique-Chimie

Activité 7 : La compression des données numériques

Après numérisation, les fichiers multimédias ont vocation à être stockés ou partagés via divers supports (carte SD, smartphone, ordinateur, etc.). Il faut alors leur faire subir des traitements informatiques comme la compression par exemple.

Doc.1 : Pourquoi compresser des fichiers ?

Un film full HD de deux heures peut être très volumineux et atteindre jusqu'à 1 To (10^{12} octets – voir cadre ci-contre), ce qui rend son stockage, et surtout son transfert, très difficiles.

Stocker un tel fichier sur un disque Blu Ray, par exemple, la capacité maximale est de 128 Go, serait tout simplement impossible. Quant à son transfert, il nécessiterait au moins une journée, même à partir d'une connexion fibrée.

Nous utilisons pourtant sans problème nos tablettes et smartphones pour regarder des films et écouter de la musique. Si cela est possible, c'est parce que les fichiers vidéo et audio, accessibles en ligne ou enregistrés sur nos disques durs, ont été préalablement compressés : leur taille a été réduite.

Couramment, on écrit les conversions suivantes : 1ko = 10^3 octets ; 1Mo = 10^6 octets

Mais le système informatique n'est pas un système décimal, mais un système binaire.

En réalité, 1 kilooctet n'est pas égal à 1 000 octets comme le laisse supposer le préfixe « kilo », mais à 1 024 octets.

1 ko = 1024 o

1 Mo = 1024 ko = 1024×1024 o = 1 048 576 o

1 Go = 1024 Mo = ...

1 To = 1024 Go = ...

Doc. 2 : La taille d'un fichier audio

La taille N d'un, fichier audio s'exprime en octets (o) (rappel : 1 octet = 8 bits). Elle dépend bien sûr de la durée du titre, mais aussi des paramètres avec lesquels le fichier a été numérisé : la fréquence d'échantillonnage et la quantification. Elle se calcule en utilisant la formule suivante :

N : Taille du fichier
en bits ou en octets

$$N = f_e \times Q \times n \times \Delta t \quad \text{ou} \quad N = f_e \times \frac{Q}{8} \times n \times \Delta t$$

avec f_e : fréquence d'échantillonnage (en Hz)
 Q : quantification (en bits)
 n : nombre de voies
 Δt : durée du fichier (en s)

Le nombre de voies n dépend du mode de reconstitution sonore : $n=2$ si le son est en stéréo, et $n=1$ si le son est en mono.

Doc. 3 : La compression de fichiers audio

Les fichiers audio sont d'abord enregistrés et numérisés sans compression généralement au format WAV. L'opération de compression, réalisée par des algorithmes, transforme ces fichiers en plusieurs formats possibles.

- Il existe la **compression « sans perte »** qui permet de conserver les informations identiquement à l'original.

Il s'agit de réduire les données en les écrivant autrement : on peut compresser « aaaaaaaaaabbbbb » en « 12a5b », ce qui prends moins de place.

Sur ce principe, si certaines fréquences sont présentes plusieurs fois dans le signal (par exemple 5 fois), au lieu de stocker 5 informations, un algorithme stocke une seule information, ainsi que le nombre de fois où elle se répète. Finalement, il y aura besoin de stocker deux données : la fréquence et le nombre de répétitions.

Formats de fichiers compressés sans perte :
WMA, ALAC, FLAC

- Il existe aussi **des compressions « avec perte »** qui élimine des informations peu importantes :
 - Dans un premier temps, la compression consiste à supprimer les sons auxquels l'oreille humaine n'est pas sensible (entre 20 Hz et 20 kHz) ou peu sensible ;
 - La compression exploite aussi l'effet de masquage. Celui-ci se produit lorsqu'un son fort couvre un son d'intensité plus faible. Avez-vous déjà discuté lorsqu'un camion de pompier passe devant vous ? Lors de la compression, les sons d'intensité plus faible seront supprimés ;
 - Des sons ayant des fréquences très proches vont être assimilés entre eux et stockés une seule fois.

Formats de fichiers compressés avec perte :
AAC, MP3

Pour un fichier compressé, on donne habituellement une valeur en kilobits par seconde (kbit/s).

Format	Qualité	Taille du fichier pour une durée de 2 minutes
MP3 128 kbits/s	*	1,9 Mo
MP3 320 kbits/s	***	4,8 Mo
AAC 320 kbits/s	****	4,8 Mo
WAV	*****	21,2 Mo

Le format WAV est un format non compressé, en qualité CD avec une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz sur 16 bits en stéréo.

Doc.4 : Le taux de compression

La performance des algorithmes qui réalisent les compressions est caractérisée par le taux de compression τ (qui se lit « tau »).

Par définition, le taux de compression τ est lié au rapport du nombre de données après compression N_f sur le nombre de données avant compression N_i .

Il se détermine de la façon suivante :

$$\tau = 1 - \frac{N_f}{N_i}$$

Plus le taux de compression est élevé, plus la taille du fichier compressé est faible, donc moins il prend de place.

Remarque : le taux de compression s'exprime souvent en pourcentage, en multipliant par 100 le résultat obtenu.

Questions :

1. **Doc. 2 et 3 :** Montrer qu'une chanson de 3 minutes 30 secondes, enregistrée en format WAV, représente un fichier audio d'environ 37 Mo. Combien pourrait-on stocker de chansons de même durée sur une carte micro SD de 128 Go ?
- Le format WAV est un format non compressé, enregistré avec les caractéristiques suivantes :
 - une fréquence d'échantillonnage $f_e = 44,1 \text{ kHz} = 44,1 \cdot 10^3 \text{ Hz}$
 - une quantification $Q = 16 \text{ bits}$
 - en stéréo ($n=2$)

La taille d'un fichier de 3min 30s, soit $\Delta t = 210 \text{ s}$, au format WAV est :

$$N = f_e \times \frac{Q}{8} \times n \times \Delta t$$

$$N = 44,1 \times 10^3 \times \frac{16}{8} \times 2 \times 210$$

$$N = 37\,044\,000 \text{ octets} \quad (\text{on prendra l'approximation utilisée de tous : } 1\text{Mo} = 10^6 \text{ octets})$$

$$\mathbf{N = 37 Mo}$$

- Nombre de chansons de 37 Mo pouvant être stockées sur une carte micro SD de 128 Go :
Disons que : 1 Go = 1 000 Mo (en réalité : 1Go = 1 024³ = 1 073 741 824 octets = 1 074 Mo) (voir doc.1)

$$\frac{128 \times 10^3}{37} = 3459$$

On peut donc stocker environ 3 500 chansons de 3'30'' sur une carte micro SD de 128 Go.

Je profite de cet entre-deux-questions pour lever une confusion :

En anglais et dans l'univers informatique, octet se traduit par « byte ».

Pour nous : 1 octet = 8 bits pour les anglophones : 1 byte = 8 bits

Donc quand nous, français, écrivons Go pour gigaoctet, les anglophones écrivent GB pour gigabyte.

En résumé :	1 Go = 8 Gb	1 Gigaoctet = 8 Gigabits
	1 Go = 1 GB	1 Gigaoctet = 1 Gigabyte

Usage

Normalement, les capacités de sauvegarde (par ex. stick USB, disque dur) sont mesurées en bytes (octets) et la vitesse de transfert des données (par ex. connexion Internet) en bits.

2. **Doc. 3 et 4** : Calculer le taux de compression d'un fichier au format WAV compressé au format MP3 128 kbits/s.

Faisons le calcul à partir d'un fichier audio de 2 minutes (tableau doc.3) pour lequel nous avons la taille initiale au format WAV et ma taille finale au format compressé MP3 128 kbits/s.

$$\tau = 1 - \frac{N_f}{N_i}$$

$$\tau = 1 - \frac{1,9}{21,2}$$

$$\tau = 1 - \frac{1,9}{21,2}$$

$$\tau = 0,91$$

Le taux de compression d'un fichier WAV en MP3 128 kbits/s est de 91% !! (ce qui signifie une diminution de 91% des données, mais cela ne signifie pas une perte d'information de 91%, heureusement !)

3. Dédurre des questions précédentes, la taille du fichier de la chanson de 3min 30s convertie au format MP3 128 kbits/s. Combien la carte SD de 128 Go pourra-t-elle alors en contenir ?

- La chanson de 3min 30s de la question 1 au format WAV a une taille de 37 Mo.
Le taux de compression pour la convertir au format MP3 est 91%.
La formule du taux de compression donne :

$$\tau = 1 - \frac{N_f}{N_i}$$

On connaît : $\tau = 0,91$ et $N_i = 37 \text{ Mo}$
On cherche N_f

donc

$$\frac{N_f}{N_i} + \tau = 1$$

$$\frac{N_f}{N_i} = 1 - \tau$$

$$N_f = (1 - \tau) \times N_i$$

$$N_f = (1 - 0,91) \times 37$$

$$N_f = 0,09 \times 37$$

$$N_f = 3,33 \text{ Mo}$$

Modifions la formule pour obtenir l'expression littérale permettant de calculer N_f .

Le fichier audio de 3min 30s aura une taille de 3,33 Mo seulement au format MP3 128 kbits/s

- Nombre de chansons de 3,33 Mo pouvant être stockées sur une carte micro SD de 128 Go :

$$\frac{128 \times 10^3}{3,33} = 38\,438$$

On peut donc stocker plus de 38 000 chansons de 3'30'' au format MP3 128 bits/s sur une carte micro SD de 128 Go !!!

4. Doc.3 : Quel algorithme utilise un encodage plus performant entre le format MP3 et le format AAC ?

Pour comparer les performances entre l'algorithme utilisé pour le MP3 ou pour le AAC, comparons leur qualité pour un même taux de compression.

On voit dans le tableau du doc.3 que pour un même taux de compression (320 kbits/s), la qualité est supérieure pour le fichier un format AAC. Ceci montre que l'algorithme utilisé pour compresser en AAC est plus performant que celui utilisé pour compresser en MP3.

5. Conclure en discutant de la nécessité et de l'intérêt de la compression des données numériques.

La compression est nécessaire pour permettre des transferts de données, et l'intérêt est de pouvoir stocker une grande quantité de données sur un support.

Toutefois, la compression peut entraîner des pertes de données qui peuvent altérer la qualité du fichier.

Test interactif : détectez-vous la qualité audio ?

<https://www.npr.org/sections/therecord/2015/06/02/411473508/how-well-can-you-hear-audio-quality?t=1588609017780>

Franchement, super compliqué de distinguer les différentes qualités ... comme quoi les compressions ne sont pas forcément gênantes !