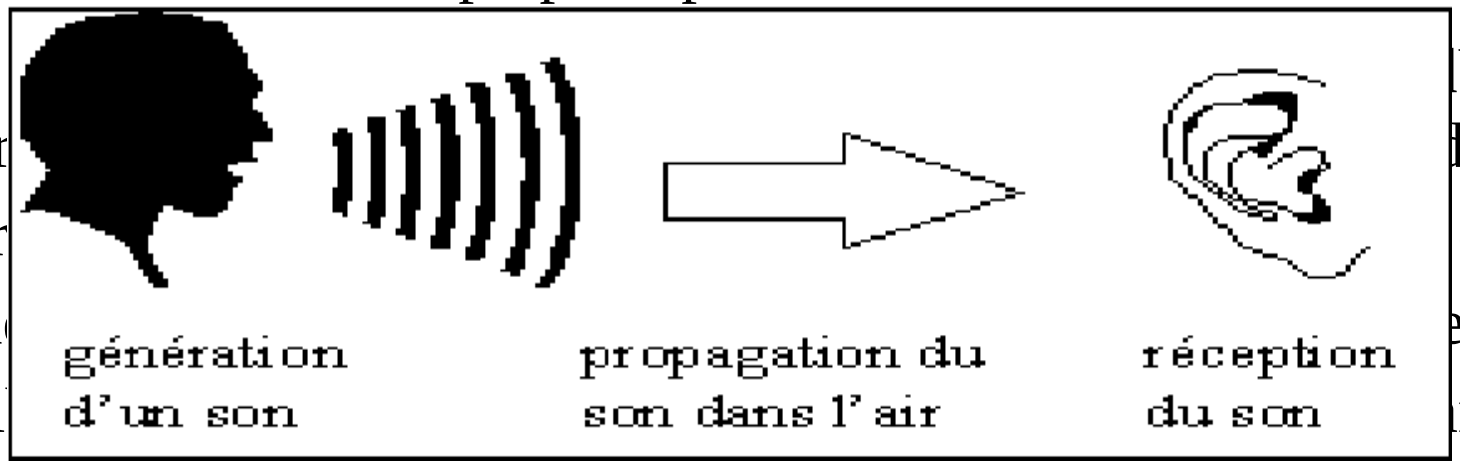
Le Son en multimédia

Introduction

Le son est une vibration de l'air qui se propage et atteint nos oreilles, où elle fait vibrer nos tympans. L'oreille interne transforme alors cette information mécanique en signaux électriques. Le son est donc une grandeur analogique qu'il convient de transformer si on veut la stocker pour la reproduire. C'est le rôle du microphone (qui transforme la vibration acoustique en un signal électrique), puis du préamplificateur (qui amplifie le niveau électrique extrêmement faible du microphone).

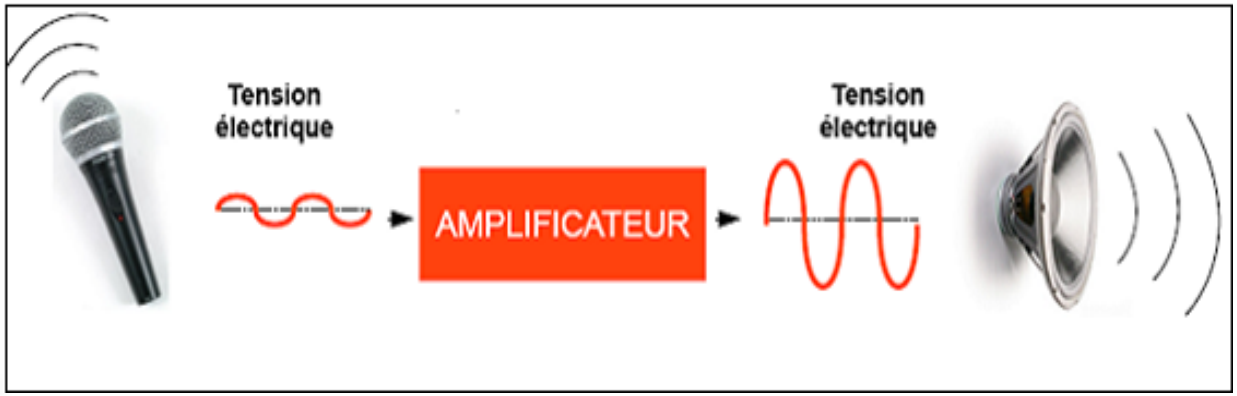
Emission, Propagation et Réception

Pour qu'un son soit émis, une énergie doit avant tout mettre en mouvement un corps pour produire une vibration. Ensuite, pour [illegible]ue favor[illegible]les surpr[illegible] de l'ond[illegible]eur sensi[illegible]ne capable de transmettre les informations de vibration en signaux nerveux jusqu'au cerveau, grâce au nerf auditif. De même, le microphone possède également une membrane permettant de transformer les déplacements de l'air en signaux électriques.



Types de représentation du son/ analogique

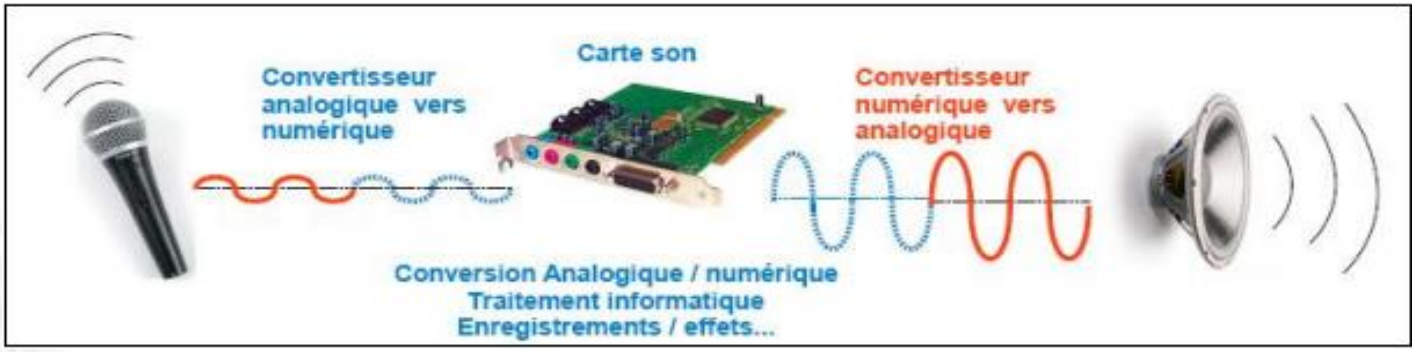
Lorsqu'on capte un son à partir d'un microphone, ce dernier transforme l'énergie mécanique (la pression de l'air exercée sur sa membrane), en une variation de tension électrique **continue**. Ce signal électrique dit « analogique » pourra ensuite être amplifié, et envoyé vers un haut parleur dont la fonction est inverse « transformer à nouveau le signal électrique en une énergie mécanique »



Types de représentation du son/ numérique

C'est au cours des années 80 que la numérisation du son a progressivement envahi les studios d'enregistrement, puis s'est installée chez l'utilisateur final.

Avec l'informatique, lorsque un signal électrique est capturé à partir du micro, il est converti en une suite de nombre. C'est la carte son qui s'en charge, elle contient des entrées (convertisseurs analogique vers numérique) et des sorties (convertisseurs numérique vers analogique).



Caractéristiques du son analogique

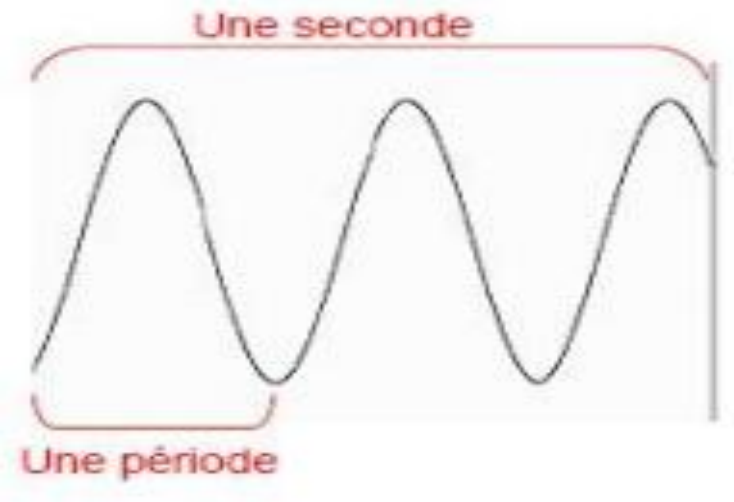
Comme tout phénomène vibratoire, le son peut être analysé comme un signal qui varie dans le temps. Les caractéristiques essentielles sont l'amplitude et la fréquence.

1- L'amplitude :

La première caractéristique d'un son est son amplitude. Appelée aussi intensité ou volume sonore, c'est l'expression de la pression de l'air qui se mesure en décibels (dB). 0 dB correspond au minimum que l'oreille humaine puisse percevoir (seuil d'audibilité).

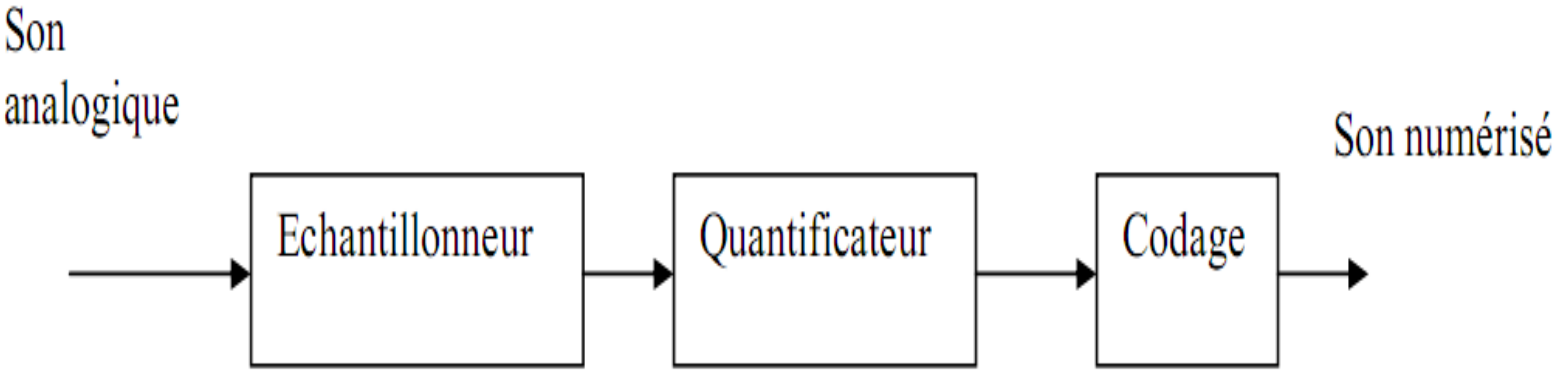
Caractéristiques du son analogique

2- Fréquence : La fréquence, exprimée en Hertz (Hz), est le nombre de répétition d'une période par seconde. Plus elle est élevée plus le son paraîtra « aiguë », et à l'inverse, il paraîtra « grave ». En musique, la fréquence définit donc la hauteur d'un son, soit, la note. (Ex: la note « LA » correspond à 440Hz, soit 440 vibration en une seconde).



CAN

Le son est une vibration de l'aire. C'est donc un signal que l'on peut représenter sous la forme d'une courbe mathématique indiquant l'intensité en fonction du temps.



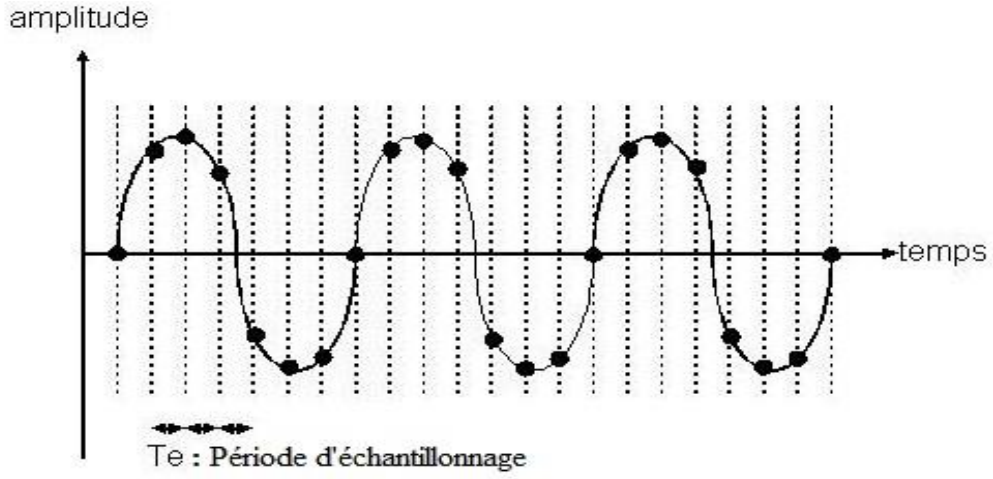
numérique (discret). Le son à numériser doit être échantillonné, quantifié puis codé.

CAN/ Echantillonnage

A fin de numérisé un son, le signal analogique (continu) qui entre dans l'ordinateur est mesuré, un certain nombre de fois par seconde (d'ou la discontinuité). Le son est donc découpé en "tranches", ou échantillons (en anglais «samples»). Le nombre d'échantillons dans le temps correspond à la fréquence d'échantillonnage. L'unité de mesure étant le HERTZ (nombre de découpes par seconde)

La fréquence d'échantillonnage peut varier de 8khz à 48khz, mais doit être fixée avant l'opération de numérisation et ne varie pas pendant la numérisation.

CAN/ Echantillonnage



Pour traduire le plus fidèlement possible le signal analogique de notre micro, il faudra prendre le plus grand nombre de mesures possible par seconde. Autrement dit, plus la fréquence d'échantillonnage sera élevée, plus la traduction numérique du signal sera proche de l original analogique.

CAN/ Echantillonnage

Les fréquences d'échantillonnage sont souvent imposées par des contraintes technologiques. Par exemple, la norme du disque compact audio (CD audio) impose une fréquence d'échantillonnage de 44100Hz.

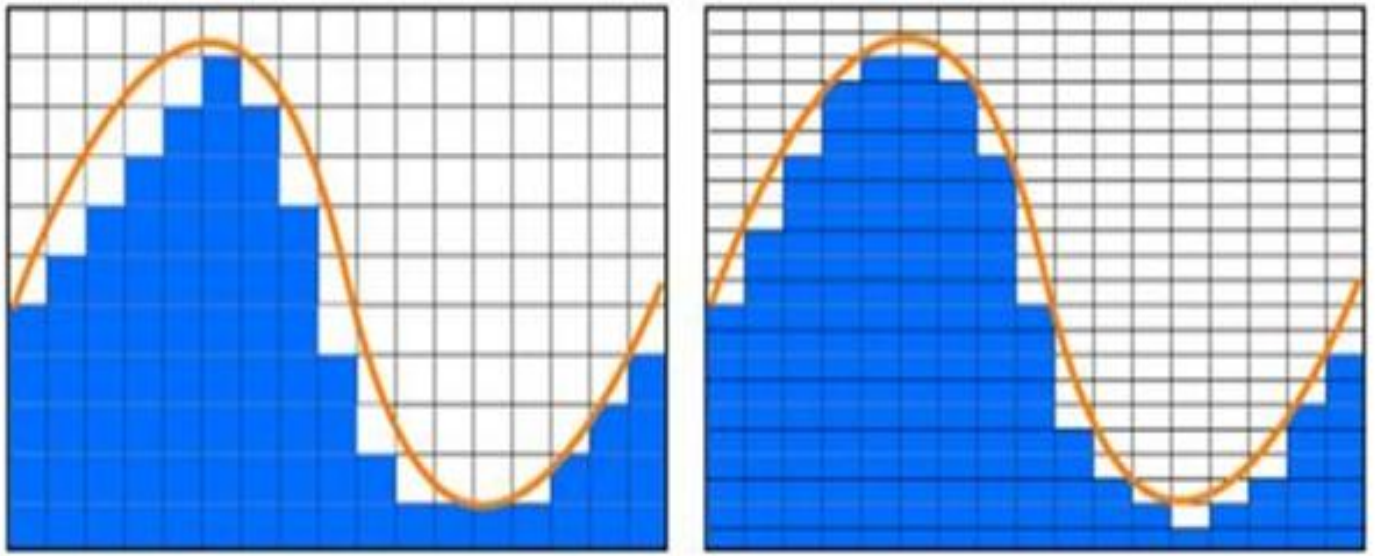
CAN/ Quantification

Alors que l'échantillonnage opère un découpage temporel, l'opération de quantification crée une échelle de valeurs discrètes permettant d'attribuer à chaque échantillon une valeur d'amplitude.

L'amplitude de chaque échantillon doit impérativement prendre l'une des valeurs définies par l'échelle de quantification. Si la valeur d'amplitude de l'échantillon se situe entre deux paliers de l'échelle de quantification, elle est approximée au palier le plus proche. Cette approximation induit une erreur que l'on nomme « erreur de quantification ».

CAN/ Quantification

La figure suivante montre qu'avec une résolution doublée on va minimiser l'erreur de quantification :



Pa e de palier ble. Autrement dit, les petites variations d'amplitude du signal échantillonné sont d'autant mieux approximées que la résolution de la quantification est élevée.

CAN/ Quantification

La fidélité de la forme d'onde numérisée à la forme d'onde du signal analogique dépend donc de la résolution (exprimée en bit) et de la fréquence d'échantillonnage (exprimée en kHz).

De même que pour la fréquence d'échantillonnage, le choix de la résolution de la quantification est soumis à des contraintes techniques.

CAN/ Quantification

Plus le taux d'échantillonnage (exprimé en Hz) est grand, meilleure est la qualité du son, à l'instar de la quantification (exprimée en bits). Ces deux facteurs nous permettent de déterminer le troisième : le débit : débit(Kbps) = taux d'échantillonnage (KHz) **x** quantification (bit) **x** nombre de pistes.

En stéréo on utilise 2 pistes.

Par exemple, un CD audio :

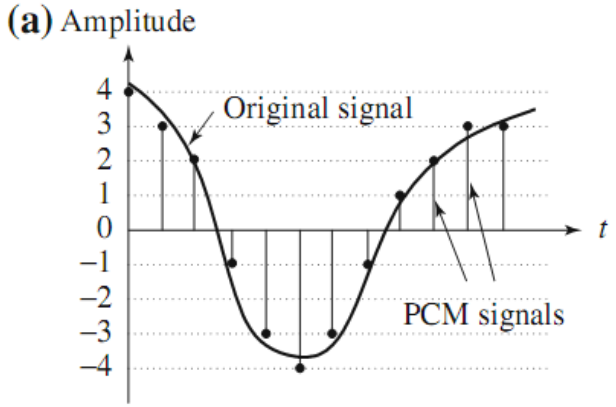
débit = 44.1 Khz x 16 bits x 2 = 1411 kbps

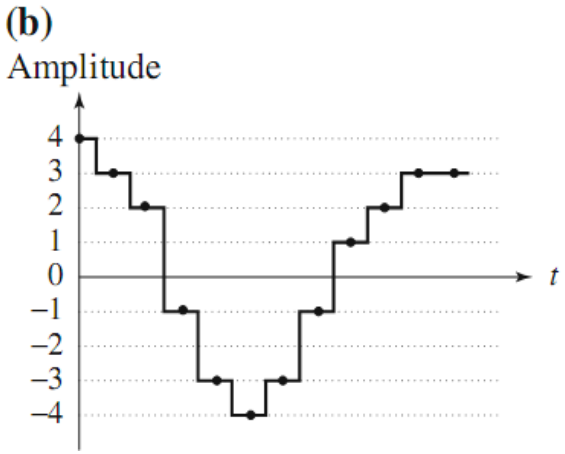
CAN/ Codage

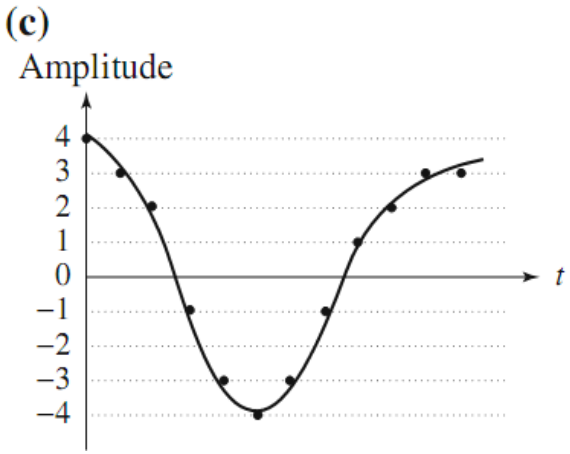
Le format **PCM**, Pulse Code Modulation (en français modulation par impulsion et codage), c'est le format brut du son après échantillonnage et quantification. Ce format est utilisé dans la phase de numérisation et est aussi utilisé en mémoire pour la manipulation des données par les logiciels. Le traitement indépendant de chaque échantillon implique qu'il n'y a ni chiffrement, ni compression des données.

CAN/ Codage

Mais enregistrer directement ces données sur un support de sauvega grandes capacité un son numériq t = Fréquen [octet]) **x** Durée







CAN/ Codage

Ci-dessous un tableau des tailles de fichiers non compressés en fonction de la qualité de la numérisation voulue. On comprend vite la nécessité de trouver un moyen d'en réduire la taille.

Qualité	Echantillonnage (kHz)	Quantification (bits)	Mono/Stéréo	Taille (1 min, en Ko)
Téléphone	11	8	mono	660
Radio	22	8	stéréo	2560
Radio	22	16	stéréo	5120
CD Audio	44	16	stéréo	10 240

CAN/ Codage

Pour éviter une perte trop importante de place pour le stockage de ces informations au format brut PCM, plusieurs algorithmes ont été créés. Ces algorithmes sont appelés des codecs (coder et décoder). La compression de donnée consiste à obtenir des fichiers plus léger, afin d'améliorer la vitesse de transfert sur internet ou limité l'espace de stockage utilisé sur un disque dur.

Comment opère-t-on une compression sur un fichier audio ? En fait, il n'y a pas une seule façon de compresser les données à stocker. Il faut plutôt parler d'un ensemble de techniques qui, appliquées au signal sonore, vont permettre de réduire la quantité d'informations à stocker. Parmi ces techniques, certaines sont dites avec pertes, d'autres non.

CAN/ Codage sans perte

La compression sans perte (lossless) signifie qu'on utilise un algorithme tel qu'on peut toujours retrouver les données d'origine. Typiquement, la compression sans perte permet au meilleur de cas de diviser la taille des fichiers par deux. Elle est relativement peu utilisée, car ce gain est très faible.

Par exemple, imaginons que dans la suite d'échantillons composant une seconde de musique on ait plusieurs fois de suite la même fréquence, par exemple 10 fois. Si au lieu de stocker ces 10 points, on en stocke 1 seul et le nombre de fois où il se répète, on a besoin de coder 2 nombres et non 10.

CAN/ Codage sans perte

ATRAC (Adaptive Transform Acoustic Coding), est une technique de compression audio avec et sans pertes développée par Sony en 1992. Ce format a subi plusieurs évolutions : ATRAC3, ATRAC3+ et ATRAC Advanced Lossless se sont succédé respectivement en 1999, 2002 et 2006.

FLAC (Free Lossless Audio Codec), est un format libre de compression audio sans perte. Les sources audio peuvent être codées en FLAC pour permettre une réduction de taille de 30 à 70 %. Maintenu par la fondation Xiph.org, il est apprécié pour conserver la qualité des fichiers sonores originaux en alternative aux formats de compression avec perte type MP3.

CAN/ Codage sans perte

ALAC (Apple Lossless Audio Codec) est un format d'encodage sans perte apparu en 2004. ALAC est un format propriétaire et qui s'adresse majoritairement aux utilisateurs d'**iTunes** et de l'**iPod**.

ALAC permet de compresser sans aucune dégradation des fichiers musicaux au format PCM à un taux de compression voisin de 40 à 50%.

En regard des formats concurrents, ALAC présente une efficacité moindre. Cette contre-performance est toutefois partiellement délibérée, puisque le format a été essentiellement développé en vue d'être décodé par des appareils bien moins puissants et autonomes que les ordinateurs de bureau. Une meilleure compression suppose en effet une complexité accrue, complexité ayant pour conséquence de réduire l'autonomie des appareils nomades.

CAN/ Codage avec pertes

Parmi les techniques de compression avec pertes, on a essentiellement des méthodes qui exploitent les propriétés de l'oreille humaine. Cette dernière entend les fréquences situées dans la gamme [20 Hz - 20 kHz]. Si un morceau contient des fréquences hors de cette gamme, on peut purement et simplement les supprimer sans perte de qualité audio puisque l'oreille ne les entend pas. On peut encore aller plus loin. En effet, l'oreille humaine entend surtout correctement les fréquences situées dans la gamme [2 kHz - 5 kHz]. Afin de réduire la taille des fichiers d'enregistrements, on peut alors décider de supprimer toutes les fréquences au-delà de 15 kilohertz.

CAN/ Codage avec pertes

Le format le plus connu est le MPEG-1/2 Audio Layer 3, dont l'extension est .mp3. Ce format propose une qualité sonore très correcte pour un débit de 128 kbit/s. C'est ce format qui a été massivement utilisé pour transférer les musiques via internet dès la fin des années 1990.

Dans la décennie 2000, de nouveaux formats ont été proposés. Mais le MP3 reste le plus utilisé, car l'arrivée en continu de nouveaux formats, apportant un avantage assez faible par rapport aux précédents, ne permet pas de mettre en place un standard meilleur que le MP3.

CAN/ Codage avec pertes

Le Codec MP3 permet typiquement un gain d'un facteur 10 de taille du fichier. Cela a rendu possible non seulement le stockage d'un temps d'écoute formidable sur les supports informatiques, mais aussi leur échange par Internet, souvent illégalement.

AC3

Officialisée en 1992, la compression AC3 permet d'utiliser jusqu'à 6 canaux sonores indépendants avec un taux d'échantillonnage de 32 ; 44,1 ou 48 kHz et avec un taux de transfert allant de 32 à 640 kbit/s. ce format est très courant dans les DVD.

CAN/ Codage avec pertes

MP3 (l'abréviation de MPEG-1/2 Audio Layer 3) est une technique de compression des formats audio-numériques. Cette technique de compression prend naissance en 1987 par l'institut allemand de recherche Fraunhofer. L'ISO en fera un standard dans les années 92-93. Les ratios de compression sont d'ordinaire de 1 pour 10 (1:10) (1:4 à 1:12). Très rapide à l'encodage.

La technique MP3 utilise ce que l'on appelle la technique des fréquences masquées qui consiste à ne pas enregistrer les sons qui ont un niveau sonore faible par rapport aux autres.

CAN/ Codage avec pertes

Le tableau suivant montrer les différents ratios de compression MP3.

Sound quality	Bitrate	Mode	Compression ratio
Telephony	8 kbps	Mono	96:1
Better than shortwave	16 kbps	Mono	48:1
Better than AM radio	32 kbps	Mono	24:1
Similar to FM radio	56–64 kbps	Stereo	26:1–24:1
Near-CD	96 kbps	Stereo	16:1
CD	112–128 kbps	Stereo	14:1–12:1

CAN/ Codage avec pertes

AAC (Advanced Audio Coding) ayant pour but d'offrir un meilleur ratio qualité/compression que le format plus ancien MP2 et MP3. Utilisé dans **iTunes**, **iPod** et largement répandu grâce au succès de l'Itunes Store.

mp3PRO

Le format mp3PRO, fruit de la collaboration entre Thomson Multimédia et l'Institut Fraunhofer, combine l'algorithme MP3 et un système améliorant la qualité des fichiers comprimés appelé "SBR" (Spectral Bandwidth Replication).

Ce format a été publié à la fin de 2001; un fichier MP3pro 64 kbit/s a une qualité équivalente à celle d'un MP3 à 128 kbit/s.

L'extension est toujours **.mp3**

CAN/ Codage avec pertes

Ogg Vorbis un format libre, fruit de la fondation Xiph.org. Vorbis se différencie des autres formats par son algorithme. Il segmente les sources audio en paquets successifs, l'algorithme de compression agissant dans un premier temps sur chaque paquet indépendamment des autres. Cela lui permet d'avoir très peu de faiblesses sur certaines fréquences et de conserver la même qualité quel que soit le type de musique.

L'extension des fichiers créés est **.ogg** ou parfois **.oga**.