

Technologie Multimédia

Chapitre 5: Traitement numérique du son

> 1. QU'EST-CE QU'UN SON?

Définition

D'un point de vue physique, Un son est la propagation une onde audible de pression dans l'air.

Le traitement du son est la branche du traitement du signal qui s'applique aux signaux audio, dans le but notamment d'améliorer la qualité, de les compresser, ou d'extraire de l'information

Le traitement du signal est la discipline qui développe et étudie les techniques de traitement, d'analyse et d'interprétation des signaux. Parmi les types d'opérations possibles sur ces signaux, on peut dénoter le filtrage, la compression de données, la numérisation, le codage, le chiffrement et la transmission de données.



> 1. QU'EST-CE QU'UN SON?

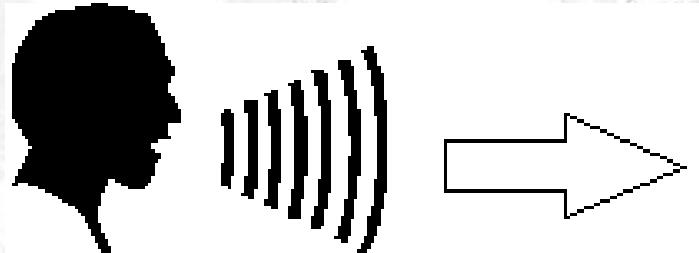
Émission, Propagation, Réception

- Pour qu'un son soit émis, une **énergie doit avant tout mettre en mouvement un corps pour** produire une vibration. **Ainsi, le muscle du larynx (situé dans la gorge), la chute d'un objet sur le sol, ou la tension électrique dans un haut-parleur,** provoqueront l'énergie nécessaire pour produire cette vibration.
- Ensuite, pour que ce son puisse se propager, il faut **un milieu élastique favorable à la transmission de la vibration. En créant des surpressions ou des dépressions,** l'air permet la propagation de l'onde. Les matériaux solides ont aussi cette capacité de transmettre le son.
- Enfin, pour être perçue, il doit y avoir un **récepteur sensible. Chez l'homme, l'oreille possède** une membrane (le tympan) 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 déplacement de l'air en signaux électriques.



>> 1. QU'EST-CE QU'UN SON?

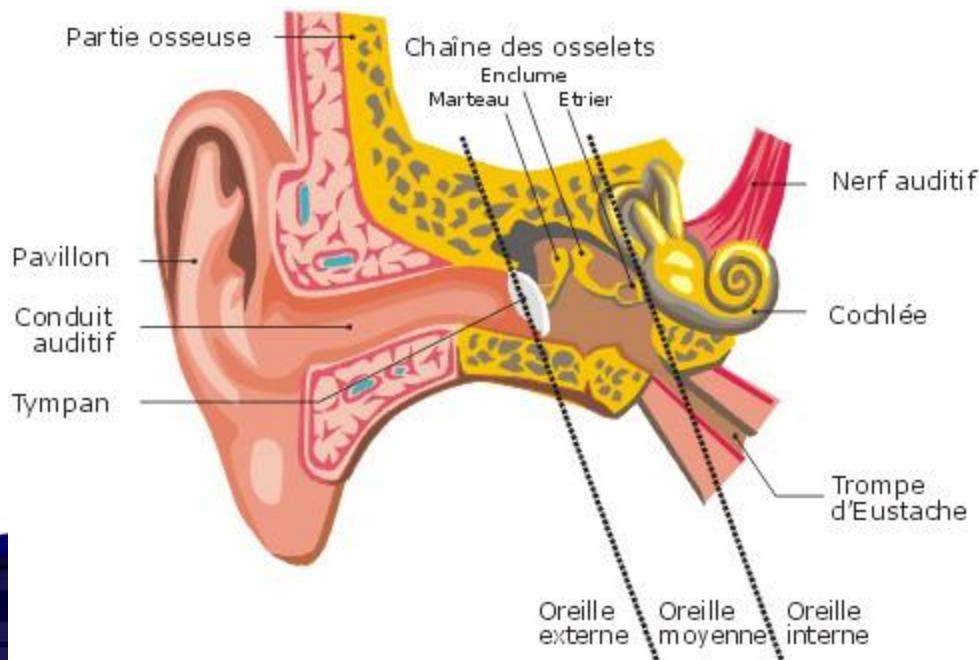
Émission, Propagation, Réception



génération
d'un son

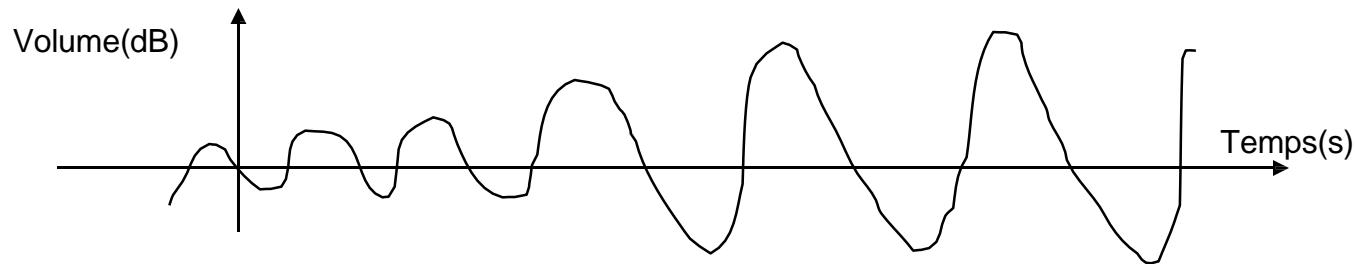
propagation du
son dans l'air

réception
du son



2. CARACTERISTIQUE DU SON

Comme tout phénomène vibratoire, le son peut être analysé comme un **signal qui varie dans le temps**.



Le son a deux caractéristiques essentielles qui sont l'**amplitude et la fréquence**.

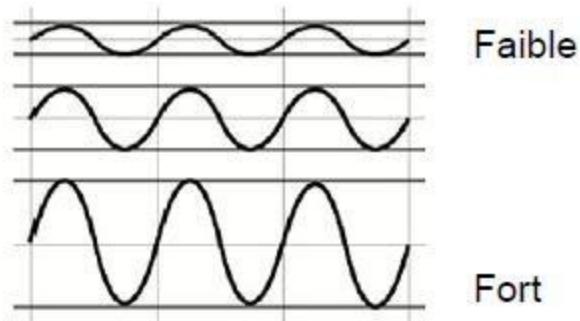


> 2. CARACTÉRISTIQUE DU SON

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).

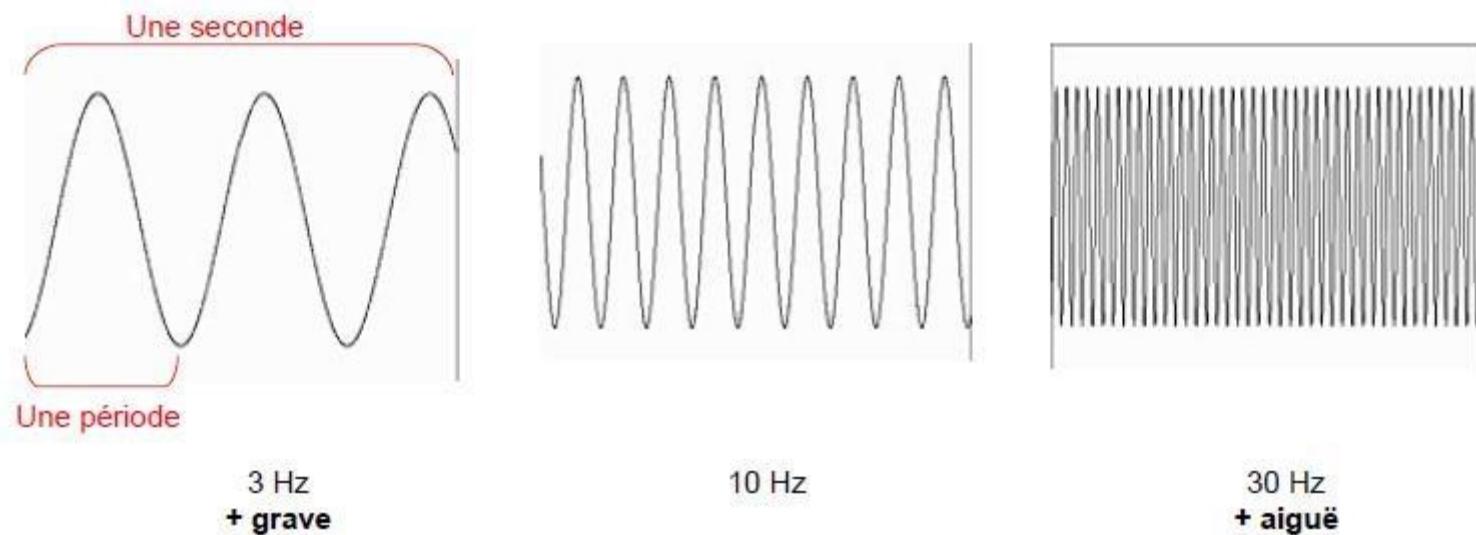


> 2. CARACTÉRISTIQUE DU SON

Fréquence

La **fréquence**, exprimée en **Hertz (Hz)**, est le nombre de répétition d'une période par seconde.

Plus elle est élevée et plus le son paraîtra « aiguë », à l'inverse, il paraîtra « grave ». En musique, la fréquence définit donc la **hauteur d'un son**.



> 3. DE L'ANALOGIQUE AU NUMERIQUE

Le son analogique : un signal continu

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 hautparleur dont la fonction est inverse: transformer à nouveau le signal électrique en une énergie mécanique (on peut observer le déplacement de la membrane d'un haut parleur en marche).

Energie mécanique



Tension électrique

Exemple d'une chaîne analogique



AMPLIFICATEUR



Tension électrique

Energie mécanique



> 3. DE L'ANALOGIQUE AU NUMERIQUE

Le son numérique

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

La première phase appelée numérisation consiste donc à passer d'un signal **continu** (**une variation de tension électrique**) en une suite de **valeurs mesurées à intervalles réguliers, donc discontinu**.



> 3. DE L'ANALOGIQUE AU NUMERIQUE

Le son Numérique

Exemple d'une chaîne numérique



L'avantage du numérique, est la possibilité de lire et de dupliquer autant de fois ce signal sans aucune dégradation, puisqu'il a été réduit en une **suite de nombres stockée dans un fichier informatique!**



> 4. CARACTERISTIQUE DU SON NUMERIQUE

Fréquence d'échantillonnage (Hz):

Lorsqu'un son est numérisé, le signal analogique (continu) qui entre dans l'ordinateur est mesuré, un certain nombre de fois par seconde (d'où la discontinuité).

Le son est donc découpé en "tranches", ou échantillons (en anglais « samples »). Le nombre d'échantillons disponibles dans une seconde d'audio s'appelle la **fréquence d'échantillonnage exprimée en hertz**.

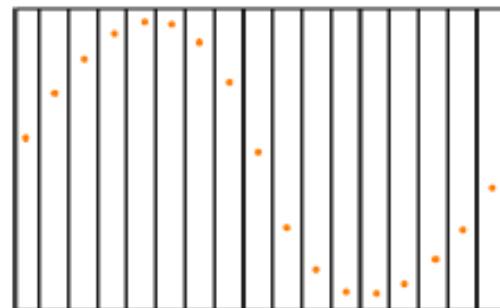
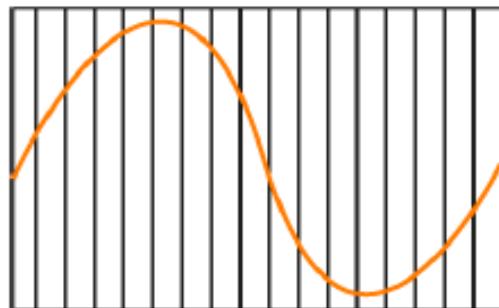
Pour traduire **le plus fidèlement possible** le signal analogique de notre micro, il faudra prendre **le plus grand nombre de mesures possible par seconde**.

Autrement dit, plus la fréquence d'échantillonnage sera élevée, plus la traduction numérique du signal sera proche de l'original analogique.

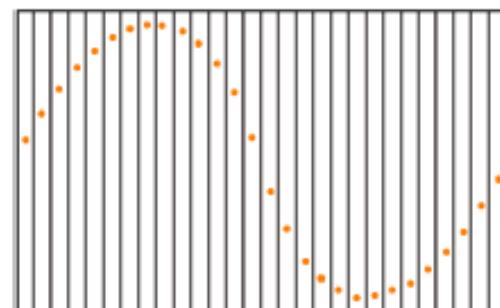
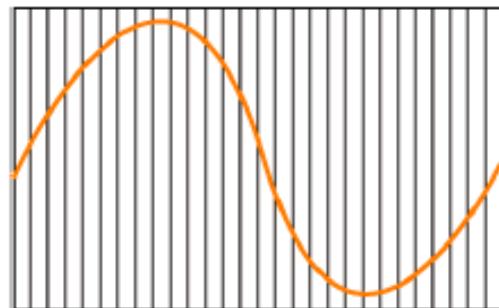


4. CARACTERISTIQUE DU SON NUMERIQUE

Fréquence d'échantillonnage (Hz):



Une fréquence d'échantillonnage faible peut convenir pour certains sons graves.



Doubler la fréquence d'échantillonnage améliore la réponse dans les fréquences hautes (les sons aigus).

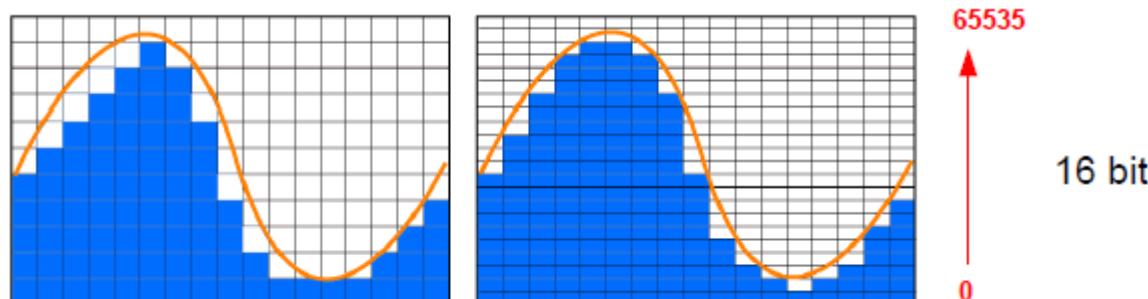


> 4. CARACTÉRISTIQUE DU SON NUMÉRIQUE

Résolution et quantification (bit):

Une autre caractéristique importante est la **résolution numérique du son**, soit le nombre de « niveaux » ou de « paliers » qu'il est possible d'enregistrer pour reproduire l'amplitude du signal.

Avec une résolution de **16bit**, on dispose de 2^{16} , soit **65535** valeurs possibles pour traduire l'amplitude du son. Ainsi, plus la résolution est élevée, meilleur sera la **dynamique** (l'écart entre le son le plus faible et le plus fort qu'il est possible de reproduire).



La zone bleue montre qu'en doublant la résolution, on est plus proche de la courbe « analogique », soit le signal parfait que l'on souhaite reproduire





4. CARACTÉRISTIQUE DU SON NUMÉRIQUE

Mémoire requise pour stocker un son:

Il est simple de calculer la taille d'une séquence sonore **non compressée** en connaissant le nombre d'échantillons par seconde (fréquence d'échantillonnage), la résolution (nombre de bits sur lequel est codé un échantillon), le temps de la séquence (en seconde) et le nombre de voies utilisées :

$$\text{poids (octet)} = \text{Fréquence d'échantillonnage (Hz)} \times \text{Résolution (octet)} \times \text{Durée (seconde)} \times \text{Nombre de voies}$$



4. CARACTÉRISTIQUE DU SON NUMÉRIQUE

Mémoire requise pour stocker un son:

poids (octet) = Fréquence d'échantillonnage (Hz) x Résolution (octet) x Durée (seconde) x Nombre de voies

Exemple: Calcul du poids d'une minute d'audio qualité CD, 16bit, stéréo.

Rappel: 1 octet = 8bit et 1 kilo-octet (ko) = 1024 octet

44100(hz) x 16 (bit) x 60 (sec) x 2 (voies)

On sait que: 1 octet = 8 bit, donc 16bit = **2 octets**

44100 x 2 x 60 x 2 = 10584000 octet

Conversion de octet vers Kilo-octet (Ko): $10584000 / 1024 = 10335$ Ko

Conversion de octet vers Mega-octet (Mo): $10335 / 1024 = 10$ Mo





5. RESUME

Un son,

- * Est un phénomène **vibratoire**
- * Se propage dans un milieu particulier (air, eau, matière...)
- * 3 phases pour exister: émission / transmission / réception

-Ses caractéristiques sont:

- * L'amplitude, ou l'intensité du son exprimé en décibel (db)
- * La fréquence, répétition d'une période définissant ainsi la hauteur (grave ou aiguë)
- * La nature de son signal: analogique (variation électrique) ou numérique (codage binaire)





5. RESUME

-Un son numérique est traduit par :

- Sa fréquence d'échantillonnage, le nombre de « relevés » effectués chaque seconde.
- le nombre de bits des échantillons, les valeurs numériques disponibles pour traduire l'amplitude du signal (8bit = 2⁸= 256 valeurs, 16bit = 2¹⁶ 65535 valeurs).
- le nombre de voies utilisées (Mono = une voie, Stéréo = 2 voies, Quadriphonie = 4 voies...)

-Mémoire requise pour stocker un son non compressé en octet:

Fréquence d'échantillonnage(Hz) x Nombre de bits / 8 (octet) x Durée (sec) x Nombre de voies



> 6. LES FORMATS DE FICHIER SON

Principaux formats de fichier non compressés:

.WAVE : Mis au point par Microsoft et IBM, le format Wave PCM est le format son standard de Windows. Il est limité à un poids de 2Go.

.AIFF : format de stockage des sons sur les ordinateurs Macintosh d'Apple. C'est l'équivalent du format WAV dans le monde Macintosh.

.RAW : Format audio brut

.AU : Le format AU est assez bien répandu grâce à Unix et Linux. La fréquence d'échantillonnage est comprise entre 1 kHz et 200 kHz.



> 6. LES FORMATS DE FICHIER SON

Principaux formats de fichier compressés:

.MP3 : format de compression très populaire permettant d'occuper quatre à douze fois moins d'espace de donné. La compression au format MP3 exploite aussi un modèle psychoacoustique de l'effet dit de « masque » : si deux fréquences d'intensités différentes sont présentes en même temps, l'une peut être moins perçue que l'autre par l'oreille, selon que ces deux fréquences sont proches ou non.

.AAC: Amélioration du format MP3, c'est le format des fichiers audio supportés par Apple au sein de son baladeur numérique iPod et de son logiciel iTunes. L'AAC est un format de compression audio standardisé par l'ISO basé sur les noms du MPEG-4, d'où son nom MP4. Les fréquences d'échantillonnage vont de 8 kHz à 96 kHz (MP3 officiel : 16 à 48 kHz) et il peut gérer jusque 48 canaux.

.WMA : format de compression audio propriétaire développé par Microsoft. Il offre la possibilité de protéger dès l'encodage les fichiers de sortie contre la copie illégale par une technique nommée gestion numérique des droits (ou GND).



> 6. LES FORMATS DE FICHIER SON

Principaux formats de fichier compressés:

.OGG Vorbis (ou OGA): formats et codecs multimédias ouverts, libres et dégagés de tout brevet. Le format de compression audio « Vorbis » est proposé par la fondation Xiph.Org. Moins populaire que le MP3, il lui est pourtant supérieur en terme de qualité à poids égal.

.RA: .ra (real audio), .rv (real video), .rm (real media), .ram (real audio metadata). Famille de codecs audio propriétaires (RealNetworks). Très ancien, il permet de diffuser de la musique sur internet en utilisant la technique du streaming.



> 7. LA COMPRESSION DE DONNÉE:

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.

Il existe deux principaux types de compression:

- **La compression sans perte: .zip .cab .rar .ace .7z .tar .gzip...**

appelée aussi « compactage », cette solution consiste simplement à coder les données binaires de manière plus concise dans un fichier. Elle permet ainsi de retrouver la totalité des informations après une procédure de décompactage.

La compression avec perte: .mp3 .ogg ...

Concernant essentiellement les fichiers de média (image, son, vidéo), elle consiste en une « réduction » de l'information basée sur notre propre limite de perception.





7. LA COMPRESSION DE DONNÉE:

Mp3

La structure d'un fichier MP3 est légèrement différente d'un fichier wav standart. On retrouve ainsi :



1 **Synchronisation**

Cette partie sert à donner des informations sur la compression : fréquence d'échantillonage, taux de numérisation...

2 **ID**

Cette partie sert à donner des informations sur le fichier : nom d'auteur, titre de la chanson...

3 **Données**

Cette partie contient la musique

