



# Communication Multimédia

Mustafa Ali Hassoune  
Département d'informatique  
Université des Sciences et de la Technologie d'Oran

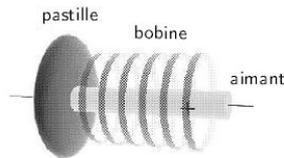


# III- Traitement multimédia dans les communications



# III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique

Le son se concrétise par un changement répétitif de la pression d'un milieu donné, par exemple l'air ou l'eau appelés ondes sonores. Un microphone permet de capter et transformer ces ondes en informations audios analogiques (en signaux électriques). Le microphone est un périphérique d'acquisition qui produit une amplitude sonore dépendante du temps.



Ces signaux sont ensuite numérisés à l'aide d'un CAN (Convertisseur Analogique Numérique) qui, à partir d'une tension électrique, génère un mot binaire représentant l'amplitude instantanée du signal. Ce processus est appelé échantillonnage.

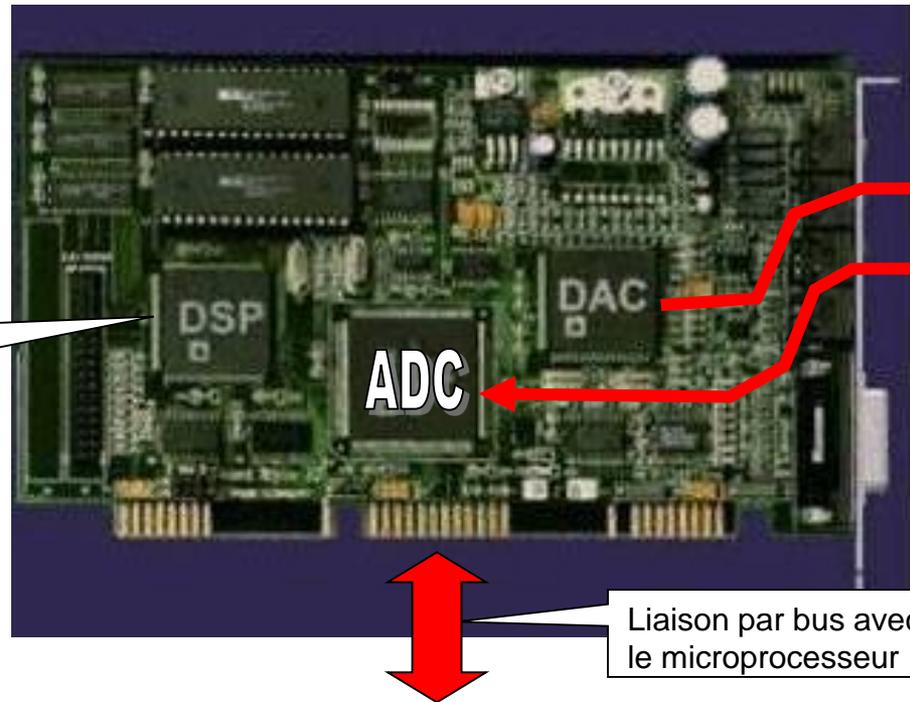


Un CNA (Convertisseur Numérique Analogique) permet, à partir des données numériques, de recréer un signal électrique qui sera ensuite envoyé vers la membrane d'un haut-parleur afin de restituer le son correspondant.



L'audio sous forme numérique est donc formé d'une suite de mots binaires. Par exemple, les supports de type CD (Compact Disc) supportent un signal échantillonné à une fréquence de 44100 Hertz. Ce signal numérique sera donc composé de 44100 échantillons par seconde de 16 bits (débit=1411200Kb/s)

# III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique



Digital Signal Processor

DAC: Digital to Analog  
Convertir en français CNA

hauts-parleurs

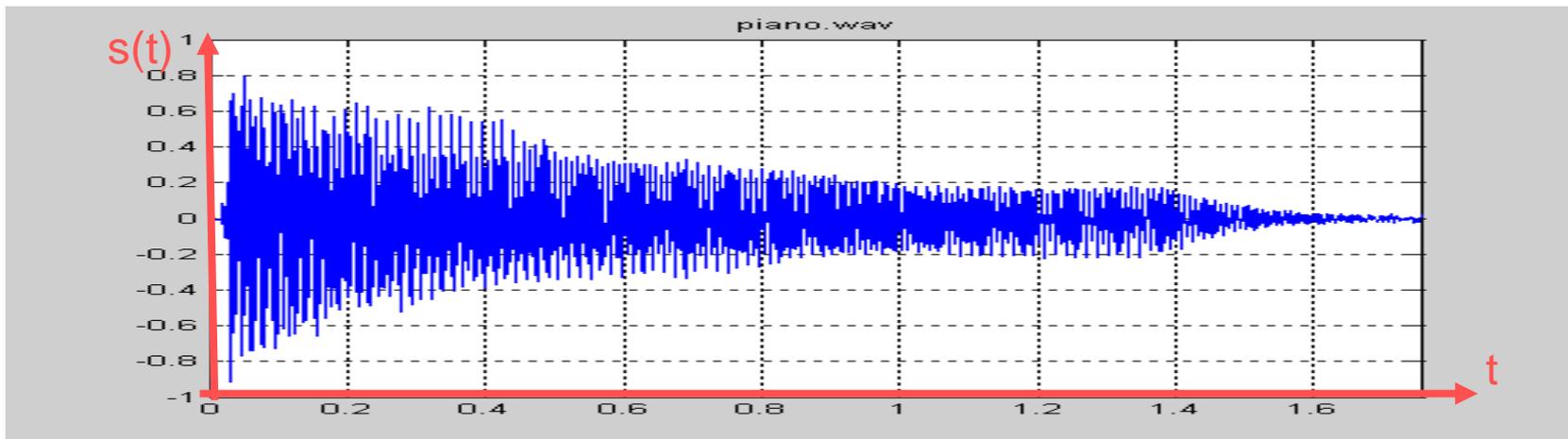
microphone

ADC: Analog to Digital  
Convertir en français CAN

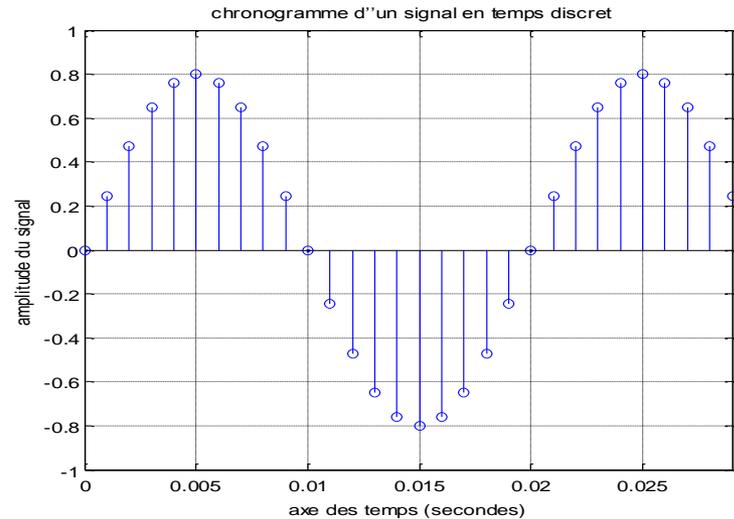
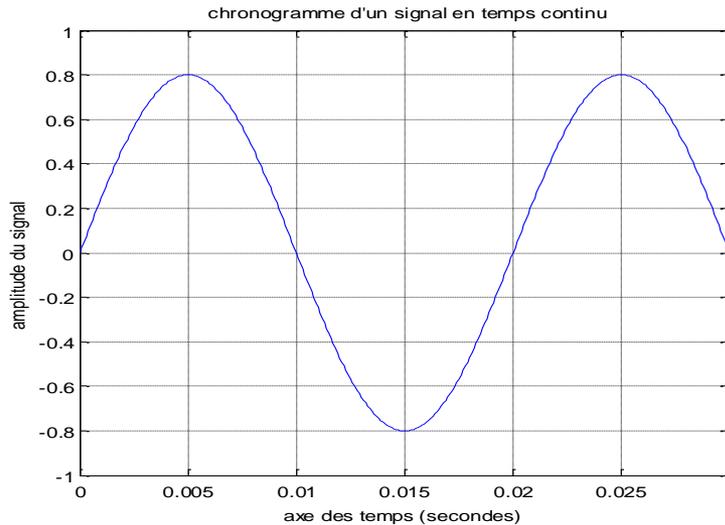
Liaison par bus avec  
le microprocesseur

# III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique

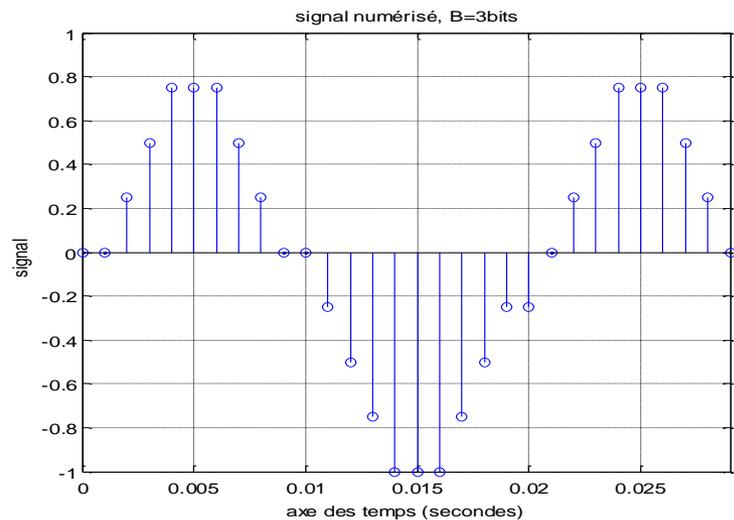
- l'oreille détecte certaines vibrations de l'air, **les sons**
  - *seuil d'audition (0dB) < niveau (W/m<sup>2</sup>) < seuil de douleur (120dB)*
  - *20 Hz < fréquence < 20 000 Hz*
- le **microphone** transforme à tout instant  $t$  la pression de l'air en tension électrique proportionnelle  $s(t)$
- On dit que  $s(t)$  est un **signal audio**
- le **chronogramme** est la représentation temporelle du signal, avec  $t$  en abscisse et  $s(t)$  en ordonnée.



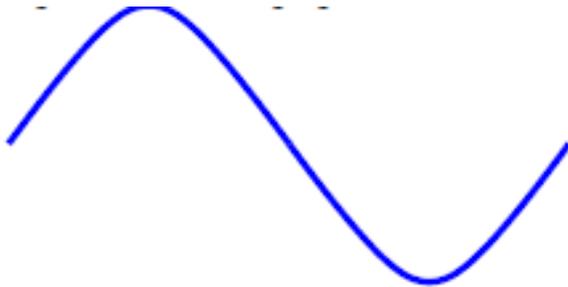
# III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique



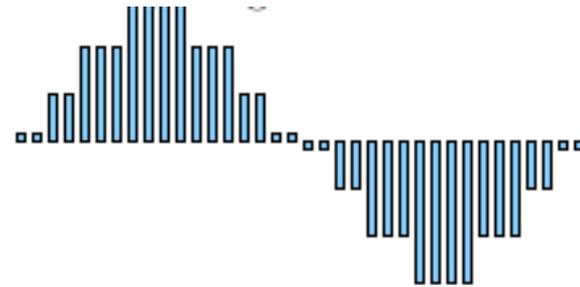
- fréquence d'échantillonnage  $f_e = 1\text{kHz}$
- période d'échantillonnage :  $T_e = 1\text{ms}$
- nombre de bits par échantillon :  $B = 3$
- niveaux de quantification : 8
- pas de quantification :  $Q = 2/8 = 0.25$
- erreur de quantification  $0 < \varepsilon < 0.25$



# III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique

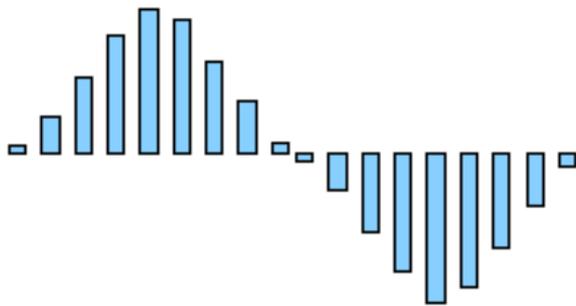


(a) Signal original



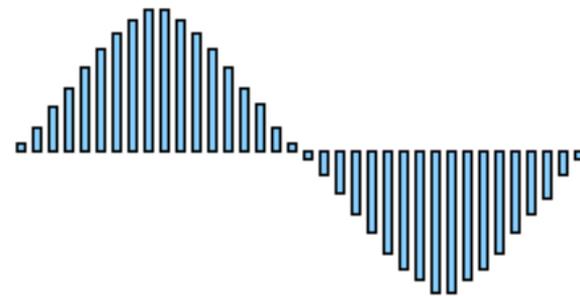
(b)

44100 échantillons/seconde à 8 bits



(c)

22000 échantillons/seconde à 16 bits



(d)

44100 échantillons/seconde à 16 bits

# III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique

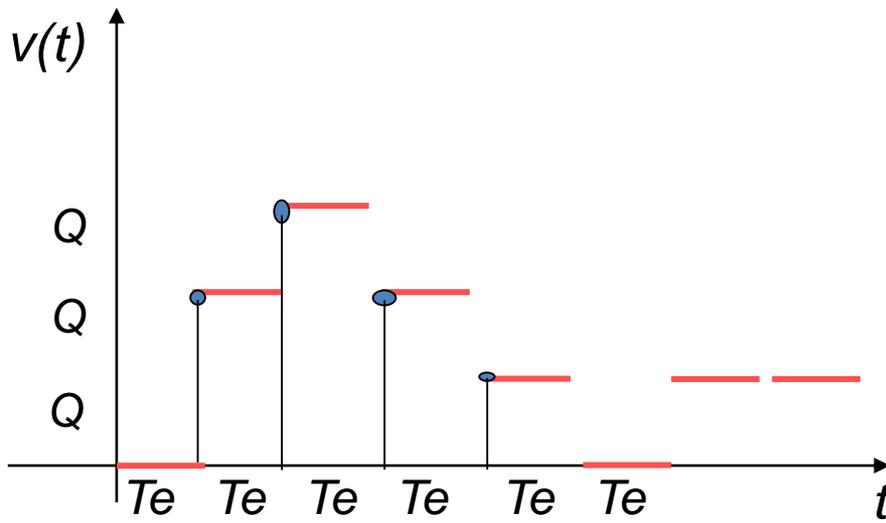
Numériser : échantillonner + quantifier (coder en binaire)

La carte son numérise le signal audio :

1. elle mesure périodiquement le signal audio, avec la période d'échantillonnage  $T_e$  (fréquence d'échantillonnage  $f_e$ ) :

$$s(t) \xrightarrow{\text{échantillonnage}} s(nT_e) = s_n, n = 0 \dots N - 1$$

2. elle code en binaire sur  $B$  bits (d'où le pas de quantification  $Q$ ).



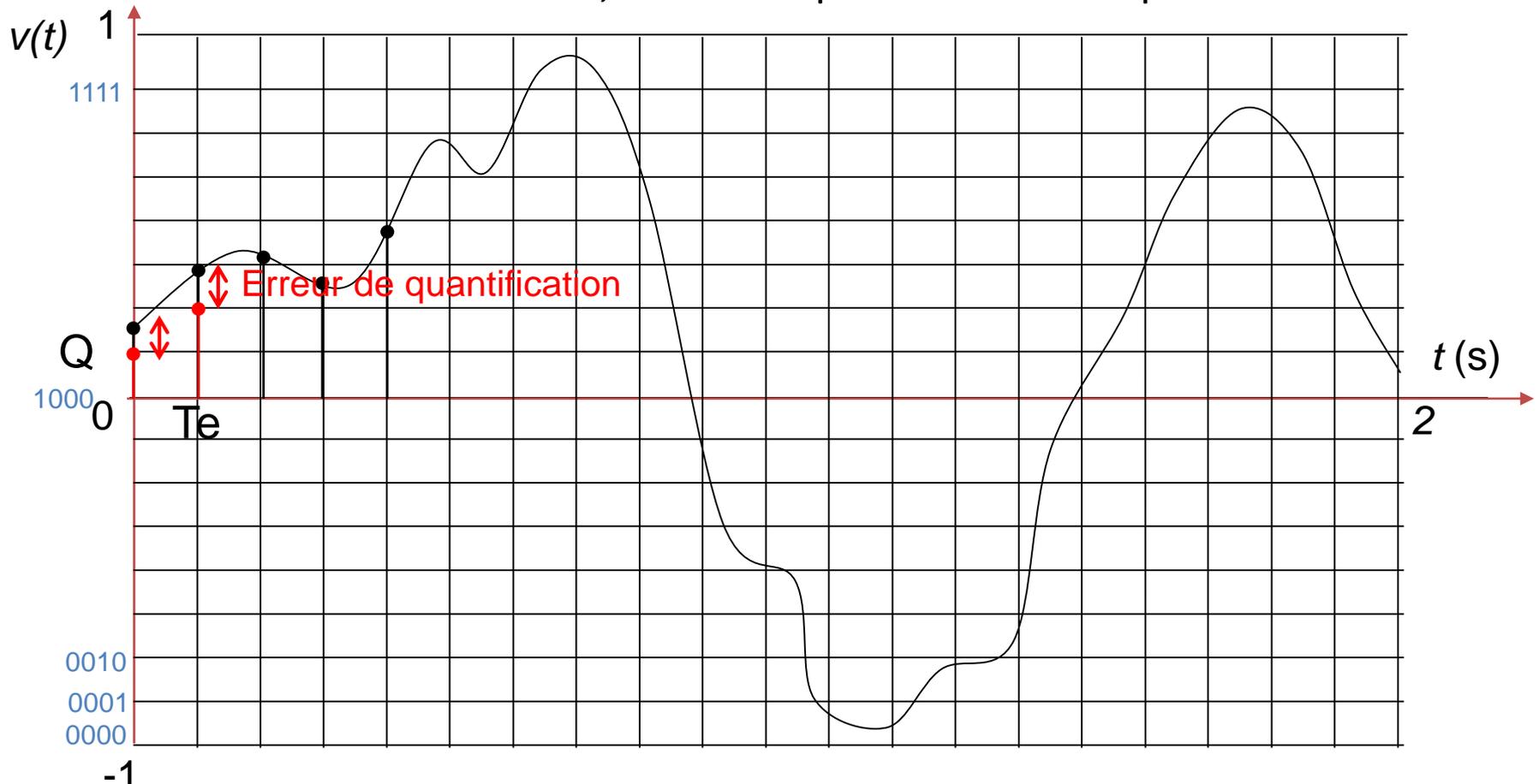
$$T_e = \frac{1}{f_e}$$

$$Q = \frac{1 - (-1)}{2^B} = \frac{2}{2^B}$$

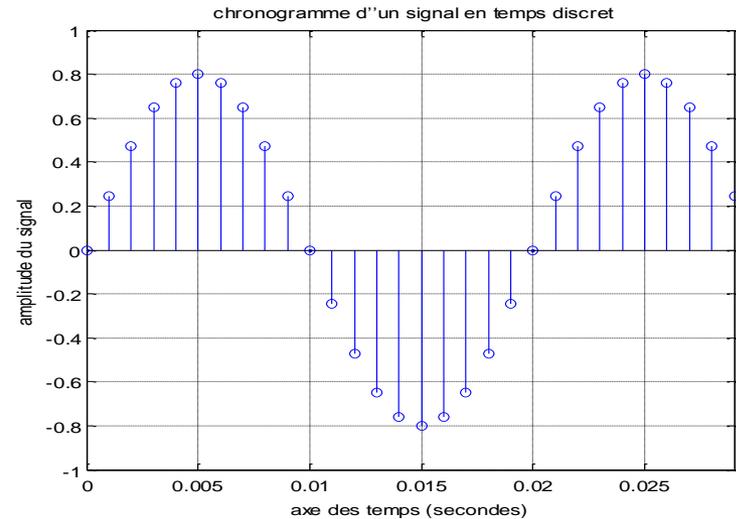
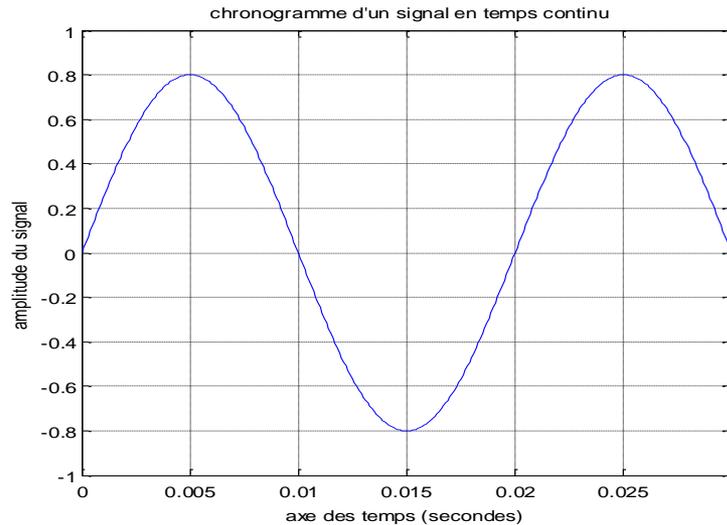
# III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique

Exercice : numériser sur le papier le signal audio suivant

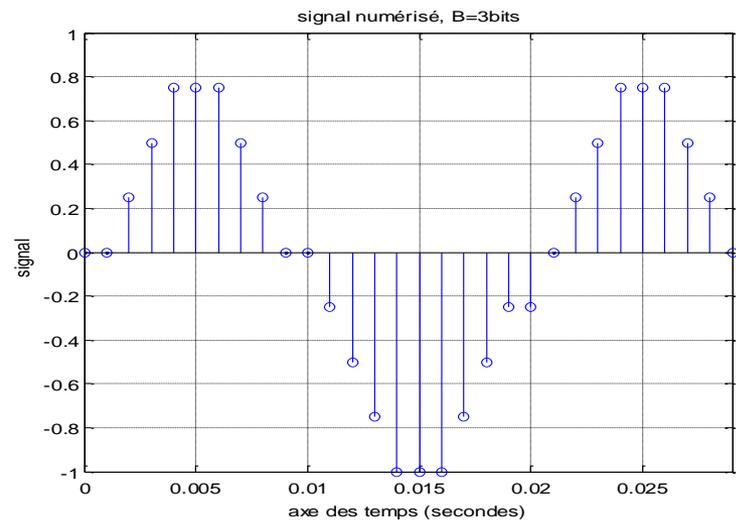
Numériser  $v(t)$ , sachant que  $f_e=10\text{Hz}$  et  $B=4\text{ bits}$  ; on reportera  $T_e$ ,  $Q$ , les valeurs binaires  $1000$  et  $1111$ , et on indiquera l'erreur de quantification  $e$ .



# III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique

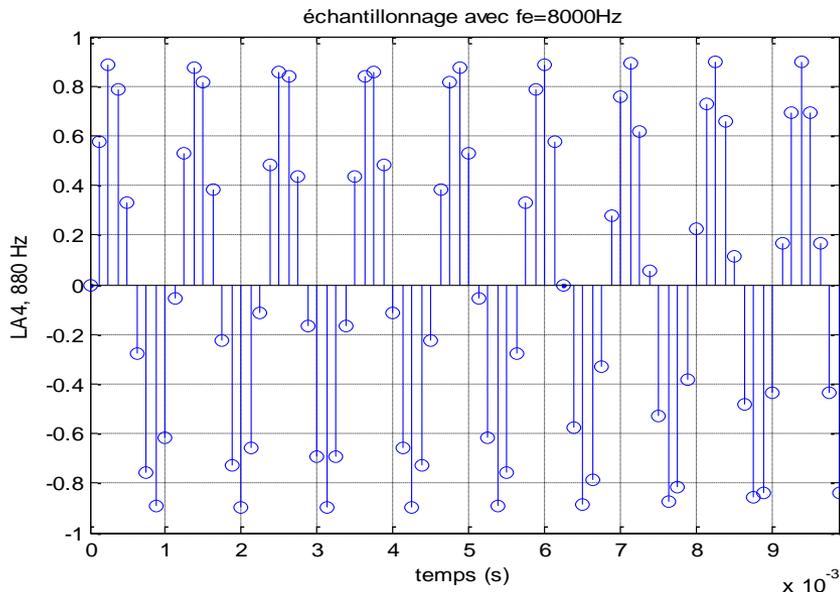


- fréquence d'échantillonnage  $f_e = 1\text{kHz}$
- période d'échantillonnage :  $T_e = 1\text{ms}$
- nombre de bits par échantillon :  $B = 3$
- niveaux de quantification : 8
- pas de quantification :  $Q = 2/8 = 0.25$
- erreur de quantification  $0 < \varepsilon < 0.25$



# III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique

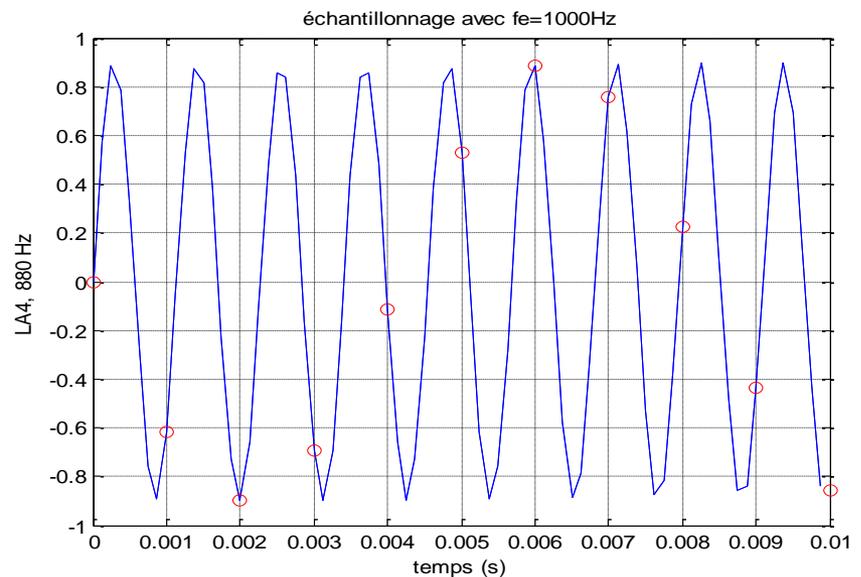
Voici l'effet d'une fréquence d'échantillonnage trop faible



$$5T \approx 5.7\text{ms}$$

$$f = 880\text{Hz}$$

Condition de Shannon  $\rightarrow$  pour échantillonner un signal de fréquence de fréquence  $F$ , il faut une fréquence d'échantillonnage au moins double,  $f_e > 2 \cdot F$



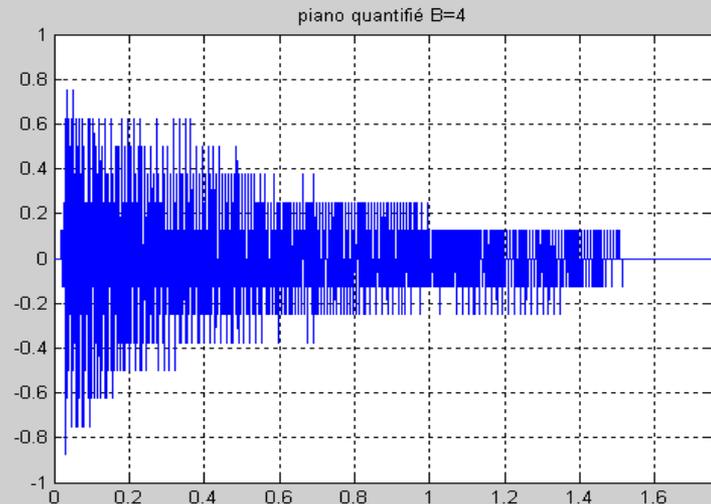
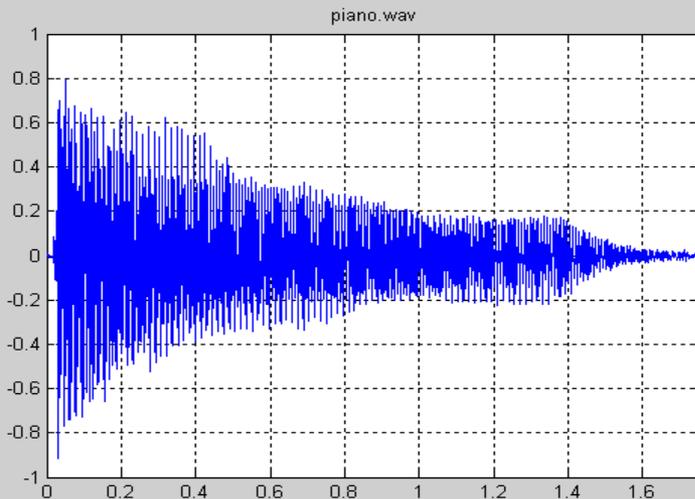
$$T \approx 8.5\text{ms}$$

$$f = 117\text{Hz} \approx 1000 - 880\text{Hz}$$

# III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique

Voici l'effet d'un pas de quantification trop grand

- Voici le chronogramme d'une note de piano quantifiée sur 16 bits à gauche, et sur 4 bits à droite :  
écouter **le bruit de quantification**



# III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique

Calculer taille et débit binaire (bit rate) d'un signal audio

Taille (exprimée en bits) d'un signal audio non compressé :

$$Taille = D \times f_e \times B \times NombreVoies$$

Débit binaire (ou bit rate) d'un signal en bits par seconde (bps) :

$$BitRate = f_e \times B \times NombreVoies$$

- $D$  durée du signal (en secondes)
- $f_e$  fréquence d'échantillonnage ( en  $Hz$ )
- $B$  nombre de bits par échantillon (en bits)
- $NombreVoies$  : 1 en monophonie, 2 en stéréophonie, ...

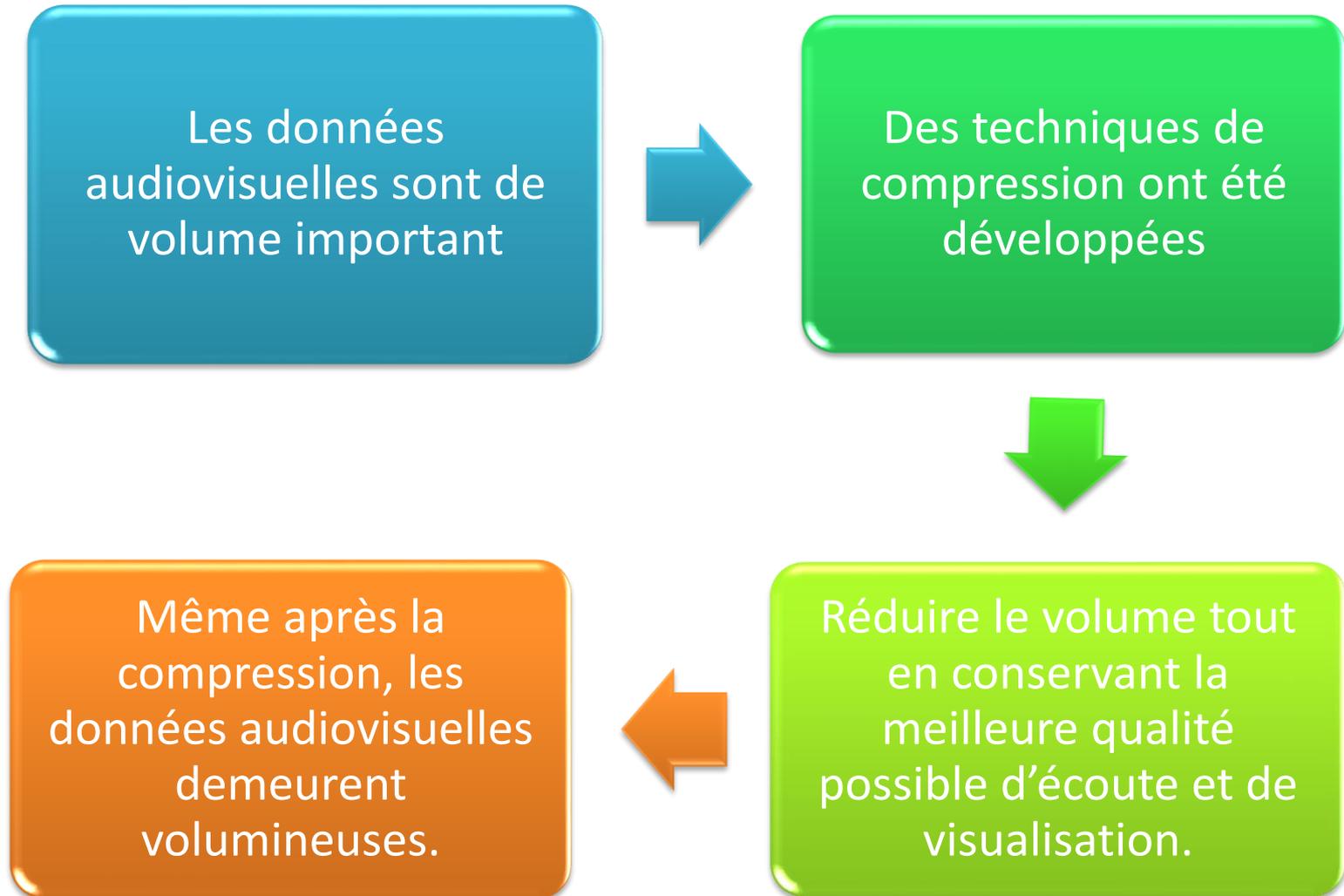
⇒ Compresser, c'est réduire la taille (et réduire le bit rate),  
donc réduire  $f_e$ , ou  $B$ , ou  $NombreVoies$

⇒ Taux de compression :  $C = \text{taille avant compression} / \text{taille après}$

# Exercice

- Calculer le débit binaire ainsi que la taille d'un fichier Audio de 30 minutes sachant que:
- La fréquence d'échantillonnage = 10 KHz
- Le nombre de bit par échantillon = 16 bits
- Le signal en stéréophonie

# III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique(Compression)



Type de données	Volume
500 pages de texte ASCII (30 lignes, de 72 caractères par page)	1 Mo
1 heure de musique, CDA (stéréo, 44.1 kHz, 16 bits)	605 Mo
10 minutes de vidéo non compressées, PAL (768X576 pixels/frame, 24 bit/pixel)	149 Go

Tableau 1.1 – Volume des différents types de données.

# III- Traitement multimédia dans les communications



# III-3 Codage Audio CD pour les applications multimédias

## Encodage Audio CD

Compte tenu des contraintes théoriques de restitution d'un signal analogique de bonne qualité (pour l'oreille humaine) à partir d'un signal échantillonné, on a imposé aux CD audio un format de stockage du son ayant les données suivantes :

Fréquence d'échantillonnage = 44,1 kHz

Données codées sur 16 bits

Son stéréo

# III-3 Codage Audio CD pour les applications multimédias

## Encodage Audio CD

Avec ce standard, calculons la place occupée par une minute de musique.

On a 44100 échantillons en 1 seconde (44,1 kHz).

Chaque échantillon est codé sur 16 bits soit 2 octets et le son est stéréo.

On a donc  $((44100 * 2) * 2 * 60)$  octets pour une minute de musique stéréo soit  $10,584 \times 10^6$  octets!

Il faut environ 10 Mo pour stocker une minute de musique sur un CD.

Si on considère qu'un morceau de musique dure en moyenne 3 à 4 mn, il faudra compter 30 à 40 Mo par morceau si on veut le stocker au format CDA (CD Audio).

On voit qu'un signal audio au format CDA prend beaucoup de place d'où l'idée de chercher à le compresser.

# Exercice

- Calculer la taille d'un fichier compressé à partir d'un fichier CDA de 85 Mo, sachant que la compression est sur une fréquence de 11 kHz , 8 bits, mono

# III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique (Compression)

Les données audiovisuelles sont compressées avant d'être transmises, puis sont décompressées avant d'être restituées au spectateur.

Les algorithmes de compression peuvent être lents, complexes et coûteux.

Mais ceux de décompression sont simple et rapide.

La compression ne s'effectue qu'une fois au moment de la création.

La décompression s'effectue à chaque fois que le contenu est lu par lecteur audiovisuel.

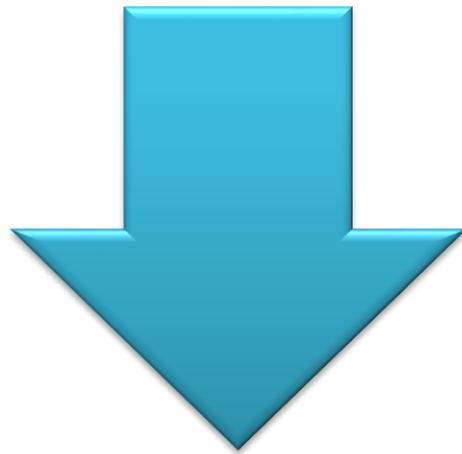
## III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique (Compression)

L'encodage/décodage de données audiovisuelles est effectué par ce qui est appelé *codec*



Les codecs peuvent être logiciels ou matériels, par le biais des cartes dédiées.

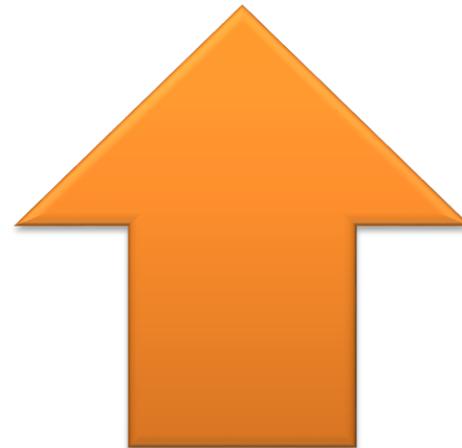
# III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique (Compression)



**Compression  
sans perte**



**Compression  
avec perte**

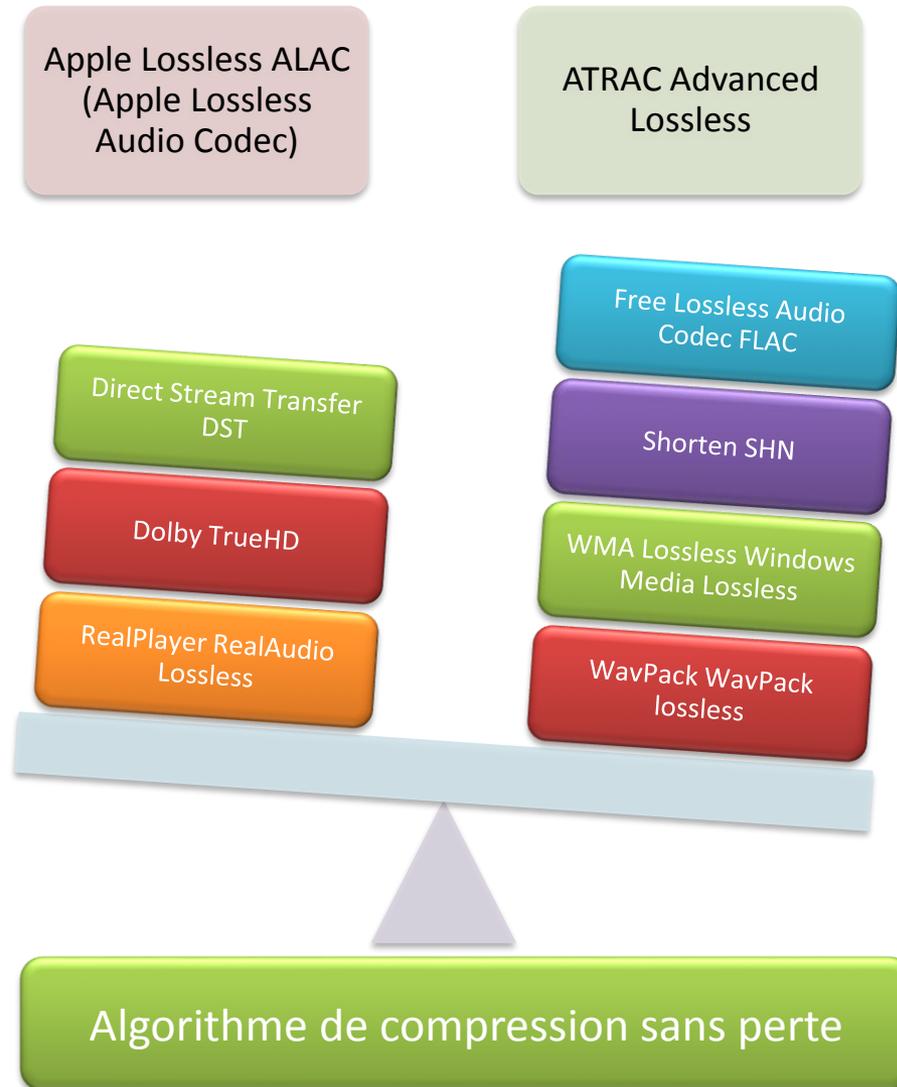


## III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique (Compression)

### Compression sans perte

Une compression, qu'elle soit audio, vidéo ou autre, est sans perte quand il est possible d'obtenir les données originales à partir des données compressées. Le qualificatif sans perte vient de l'expression anglaise « lossless ».

# III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique (Compression)



# Exemple de Compression audio sans perte

## Free Lossless Audio Codec (FLAC)

est un codec libre de compression audio sans perte. À l'inverse de codecs tels que MP3 ou Vorbis, il n'enlève aucune information du flux audio. Cette qualité maximale a pour conséquence un poids plus élevé, qui tout en étant assez variable se trouve en moyenne être de l'ordre de 50 % de la taille du même fichier au format WAV.

# III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique (Compression)

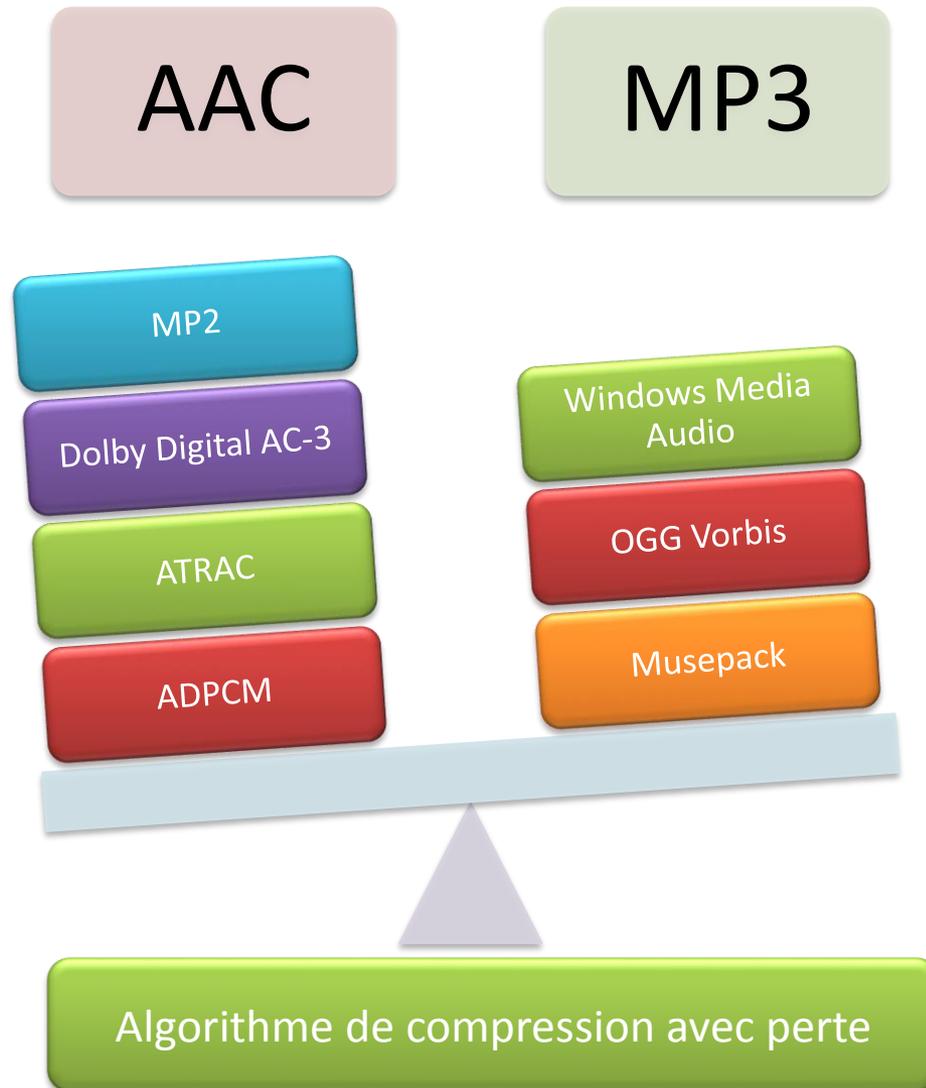
## Compression avec perte

Une compression est appelée « destructive » quand on est incapable d'obtenir les données originales à partir des données compressées.

Il s'agit donc d'une représentation de la source éliminant les données jugées inutiles pour la bonne compréhension, en se focalisant sur les données significatives.

Ce type de compression est utilisé en diffusion audiovisuelle; en production on utilisera des formats « non-destructifs »

# III-2 Codage perceptuel pour le signal audio numérique (Compression)



# Exemple de Compression audio avec perte

## MP3

Le MPEG-1/2 Audio Layer 3, plus connu sous son abréviation de MP3, est la spécification sonore du standard MPEG-1/MPEG-2, du Moving Picture Experts Group (MPEG).

C'est un algorithme de compression audio capable de réduire la quantité de données nécessaire pour restituer de l'audio, mais qui, pour l'auditeur, ressemble à une reproduction du son original non compressé.

# Exemple de Compression audio avec perte

## Technique de codage (MP3)

Le taux de compression peut être augmenté en choisissant un débit binaire (en anglais bitrate) plus faible.

On considère en général qu'il faut au moins 128 kilobits par seconde (kbit/s) pour bénéficier d'une qualité audio acceptable pour un morceau de musique. À 8 kbit/s, le son devient fortement altéré (bruits parasites, ...).

Ce format de données utilise un système de compression partiellement destructif. Il ne retransmet pas intégralement le spectre des fréquences audio.

En revanche il tente d'annuler d'abord les sons les moins perçus de façon à ce que les dégradations se fassent le moins remarquer possible. Ce n'est pas une compression à proprement parler, mais plutôt une suppression d'informations.

Compresser un fichier musical provenant d'un CD audio au format MP3 réduit la qualité. Il suffit de faire plusieurs essais à différents taux de compression pour constater une baisse progressive de la qualité.

# Exemple de Compression audio avec perte

## Technique de codage (MP3)

Les termes commerciaux de « qualité CD » ou « qualité numérique » ne veulent rien dire. D'abord parce que le MP3 réduit la qualité par principe même.

Ensuite, parce que « numérique » n'est pas un critère de qualité (en numérique comme en analogique il existe différentes techniques de qualités très différentes).

On peut améliorer la qualité en utilisant un débit binaire variable (VBR ou Variable Bit Rate par opposition à un débit constant Constant bit rate, CBR).

Dans ce cas, les instants contenant peu de fréquences, comme les silences, seront codés avec un débit d'information plus faible.

Par exemple 64 kbit/s au lieu de 128, réduisant ainsi la taille totale du fichier tout en gardant une très bonne qualité lors des passages riches en harmoniques.

# Exercice

- On veut compresser un fichier audio de qualité CDA , Durée : 15 min, en un fichier MP3 : Stéréo, 8 bits, 22 KHz
- 1) Quelle est la taille du fichier original?
- 2) Quelle est la taille du fichier compressé?
- 3) Quel est le débit binaire du fichier compressé?