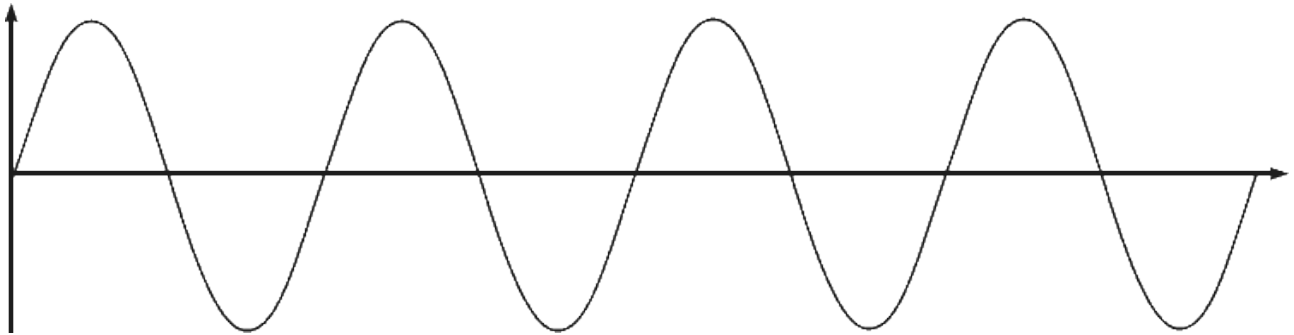


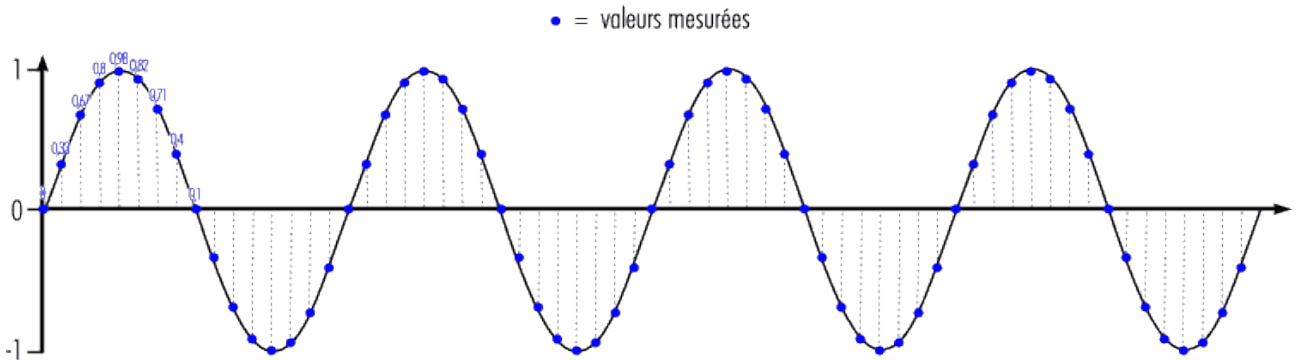
Comment ça marche le MP3 ?

Un son, c'est une vibration. Par exemple, voici l'aspect de la vibration de la note LA (celle que vous avez en frappant un diapason ou en décrochant votre téléphone):



une représentation de la note "LA"

Pour numériser (ou "digitaliser") ce signal, l'ordinateur en mesure la valeur régulièrement.



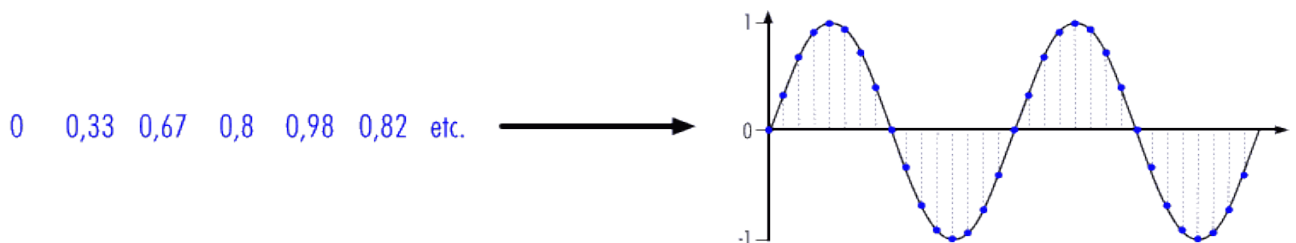
échantillonnage du signal

En qualité CD Audio, l'ordinateur prend 44100 mesures par seconde. On dit qu'on échantillonne à 44100 Hertz (ou 44100 Hz, ou encore 44,1 kHz).

C'est exactement ce qui se passe quand l'ordinateur enregistre un fichier WAV : les valeurs mesurées sont enregistrées dans le fichier.

0 0,33 0,67 0,8 0,98 0,82 0,71 0,4 0,1 -0,45 -0,63 etc.

Pour rejouer le fichier WAV, l'ordinateur recrée le signal à partir de chaque valeur enregistrée.



Reconstitution du signal à partir des valeurs

Tous les sons qui nous entourent (musique, bruits...) sont des vibrations que l'on peut échantillonner

de cette manière. Par exemple, voici un petit bout du signal de la voix d'Ella Fitzgerald dans la chanson "Summertime":

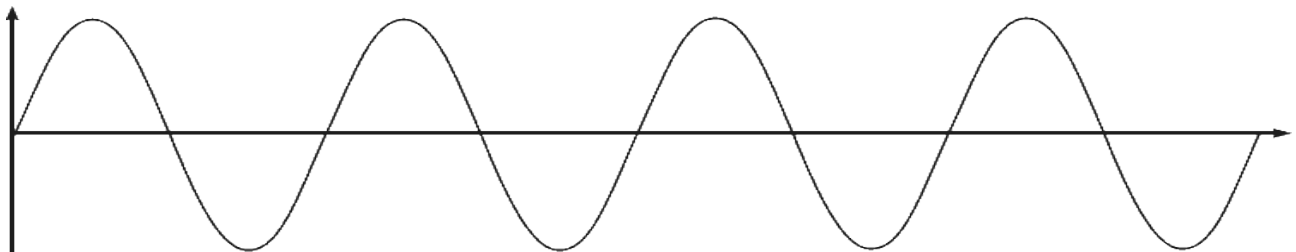


Extrait de "Summertime" chanté par Ella Fitzgerald

Le problème, c'est qu'il faut enregistrer un très grand nombre de valeurs pour chaque seconde de son. Il faut beaucoup de mémoire et beaucoup de place sur disque dur.

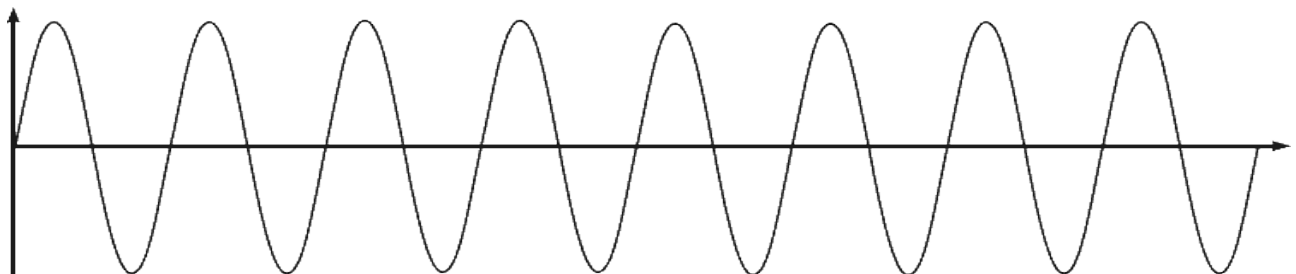
Il a donc fallu trouver des moyens pour gagner de la place. On essaie de compresser le signal, c'est à dire d'utiliser moins de données pour mémoriser la même information.

Dans notre premier exemple - le LA du diapason - on voit bien qu'il y a une répétition. En fait, le signal vibre 440 fois par seconde. On dit qu'il est à 440 Hz.



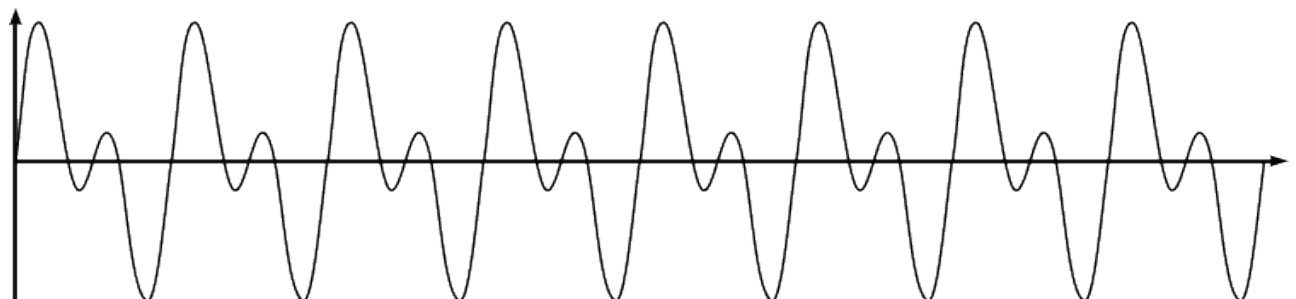
signal à 440 Hz

A 880 Hz, la vibration est deux fois plus rapide et le son plus aigu:



signal à 880 Hz

On peut mélanger les deux signaux (440 Hz et 880 Hz):



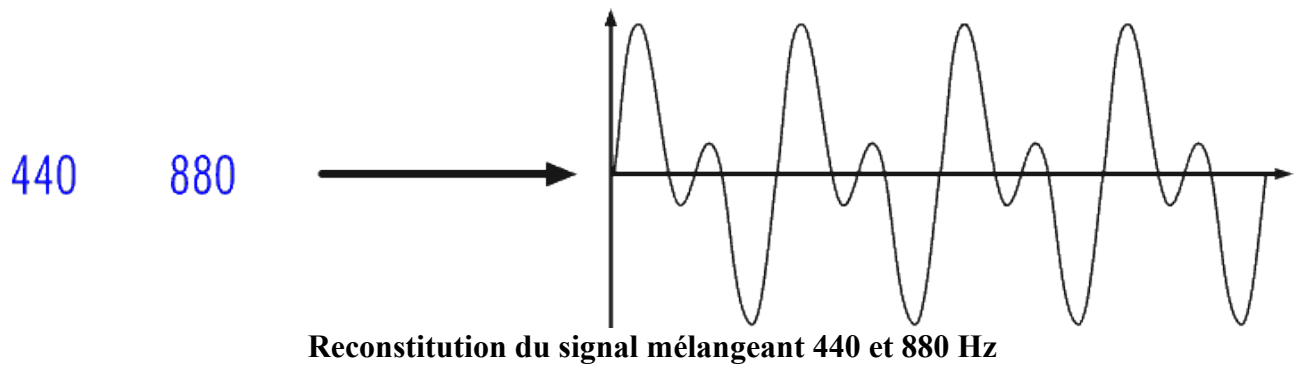
Signal mélangeant 440 et 880 Hz

Plutôt que d'enregistrer tous les échantillons (toutes les valeurs) de ce signal, on pourrait

n'enregistrer que les valeurs 440 et 880.

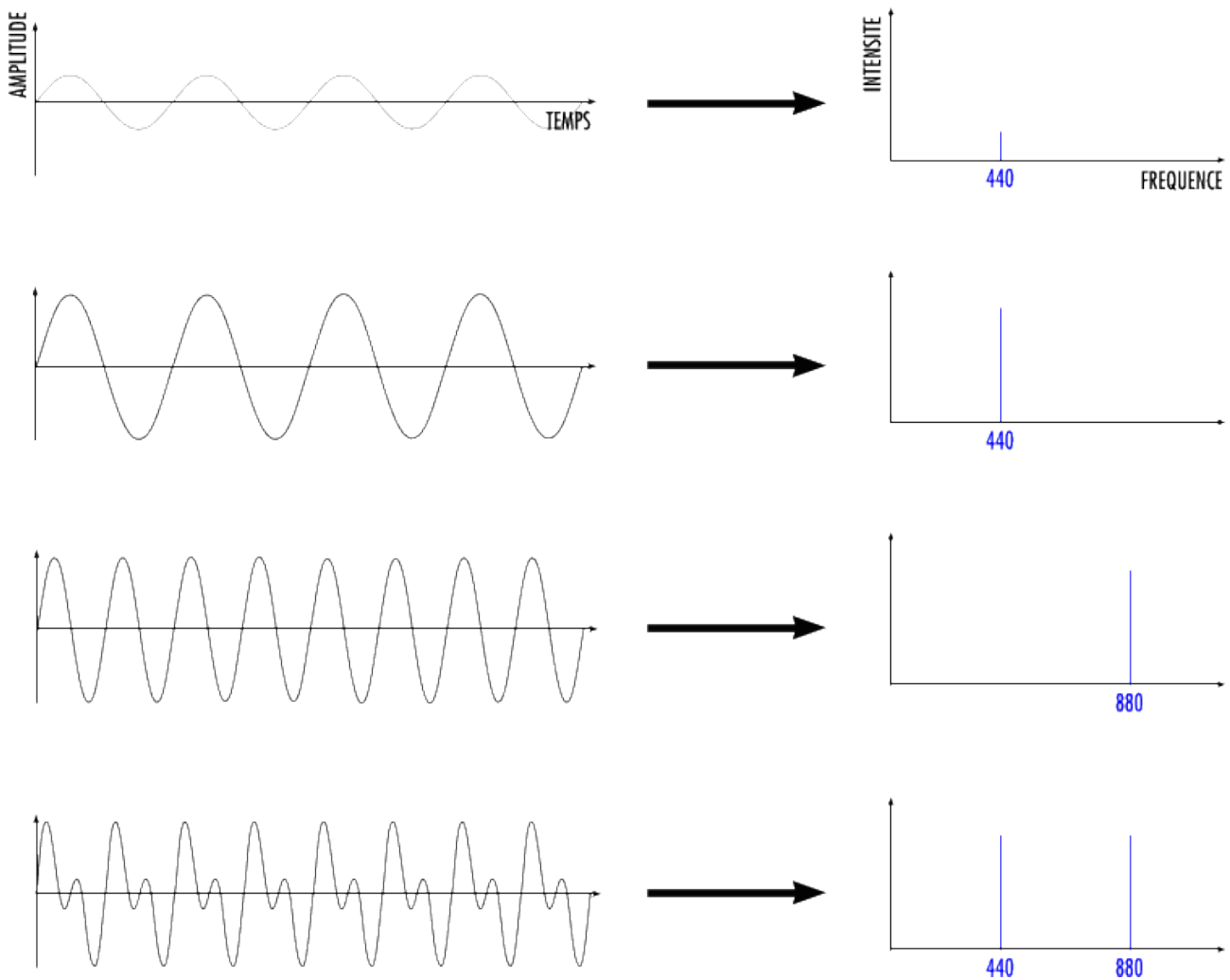
440 880

Ainsi, avec seulement 2 valeurs, on peut reconstituer le signal !



La transformation mathématique qui permet de trouver toutes les fréquences constituant un signal est appelé *transformée de Fourier*.

Par exemple:



Exemples de transformées de Fourier sur différents signaux

C'est sur ce principe qu'est basé le format MP3 : on enregistre les différentes fréquences qui composent un signal et on les note dans le fichier MP3.

Pour rejouer le son (ou la musique), on prend la liste des fréquences, on recrée des signaux de différentes fréquences et on les mélange. Le son est reconstitué.

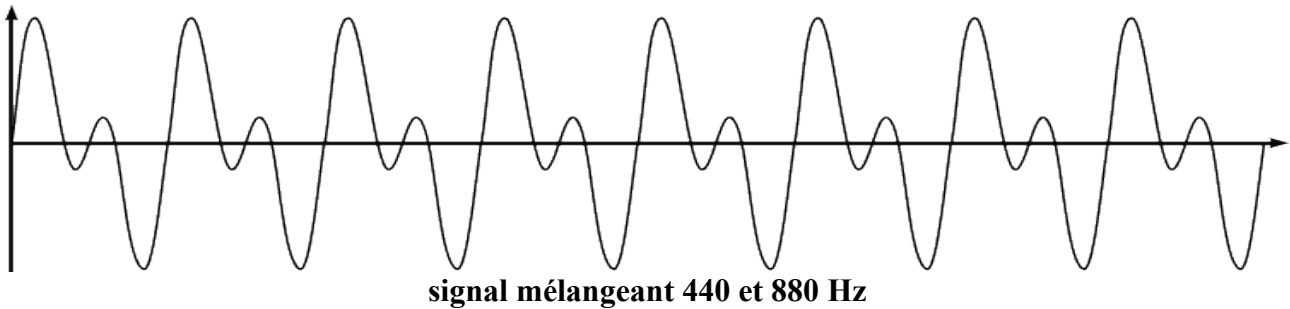
De plus, les logiciels qui créent des fichiers MP3 se basent sur un modèle **psycho-acoustique** pour supprimer certaines fréquences. En effet, l'oreille humaine (et le cerveau) ne perçoivent pas certains sons (fréquences très proches, sons faibles couverts par d'autres sons, etc.). Ils sont supprimés.

Ce modèle psycho-acoustique fait toute la différence entre les différents encodeurs MP3.

L'encodeur MP3 qui possède le meilleur modèle psycho-acoustique est celui de l'université Fraunhofer IIS, commercialisé dans certains logiciels (*.mp3 Producer* par exemple). Cela lui permet d'avoir une meilleure qualité sonore que les autres encodeurs, en particulier dans les forts taux de compression.

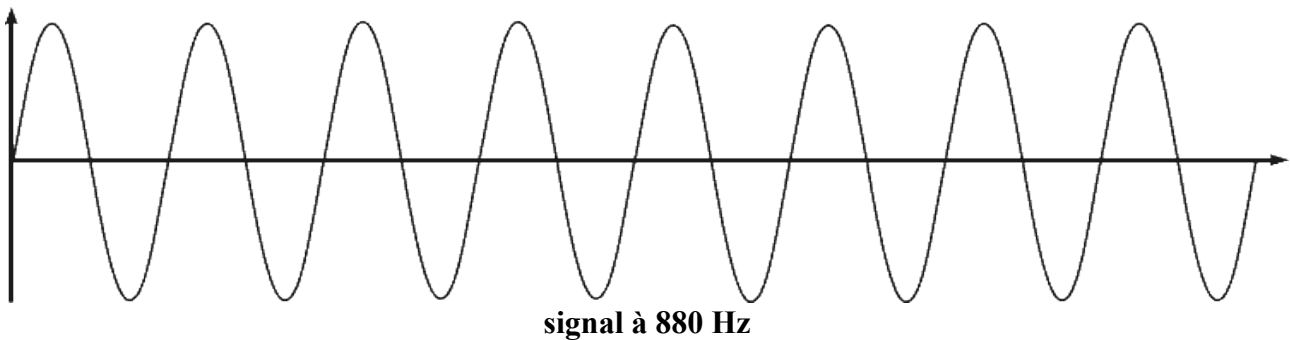
C'est quoi les kilo-bits/seconde ?

Dans notre exemple précédent, le signal mélangeant 440 et 880 Hz avait l'apparence suivante:



On avait choisit d'enregistrer les fréquences 440 et 880.

Si on choisit de ne garder **que** 880, on peut reconstituer le signal suivant:



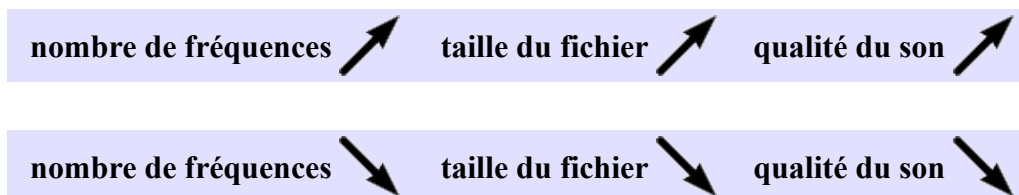
Ce signal est assez proche du précédent (les courbes se ressemblent, et les sons sont assez proches). On pourrait donc choisir de n'enregistrer **que** 880 pour mémoriser ce signal. Ce n'est pas très précis, mais à l'oreille, le son est assez proche.

C'est exactement ce qui se passe en MP3 : on enregistre plus ou moins de fréquences dans le fichier MP3.

On enregistre que les fréquences les plus audibles. Les sons les moins audibles sont supprimés. A l'oreille, la différence ne se fera pas beaucoup sentir.

Quand on **augmente** la quantité de **fréquences** enregistrées dans le fichier MP3, on **augmente** aussi la **taille** du fichier MP3 et on **augmente** la **qualité**. (exemple ici : 2 valeurs (880 et 440)).

Moins on enregistre de **fréquences**, **moins** le fichier est **gros** et **moins** la **qualité** est bonne. (exemple ici : seulement la valeur 880).



Quand on crée un fichier MP3, on peut choisir le débit en **bits par seconde**, c'est à dire la quantité de 0 et de 1 qu'on utilise pour noter les fréquences. On utilise que des 0 et des 1 car on est en base 2. Exemple:

Décimal (base 10)	Binaire (base 2)
0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
27	11011

Avec **4000 à 8000 bits/seconde**, on peut reconstituer la voix. Elle n'est pas de bonne qualité, mais elle est compréhensible.

On trouve souvent la musique sur Internet à **128 000 bits/seconde** (ou 128 kilo-bits/s.). Celle qualité est un choix raisonnable entre qualité et taille du fichier.

La qualité CD n'est vraiment atteinte qu'avec **256 000 bits/s.**

Le maximum pour le format MP3 (MPEG-1 Layer 3) est de **320 000 bits/s.**

Ceci permet de gagner beaucoup de place. Par exemple pour 1 seconde de musique:

En CD-Audio ou fichier WAV : 176 000 octets

En MP3 (à 128 kbits/sec.) : 16 000 octets

Faites la division : cela permet de mettre à peu près 11 CD Audio sur 1 CD-Rom !

Il faut savoir le format MP3 supprime toutes les fréquences au delà de 16 000 Hz. Ce choix permet de gagner de la place (les hautes fréquences nécessitent beaucoup plus de bits par seconde).

On estime qu'une (bonne) oreille humaine peut percevoir jusqu'à 20 000 ou 22 000 Hz (selon les tests). Le format MP3 a été testé auprès des "oreilles d'or" de la planète (une dizaine de personnes : chanteurs, ingénieurs du son) qui sont réputés pour avoir une excellente oreille, et ils ont jugé la qualité du son tout à fait satisfaisante.

Il existe d'autres formes d'encodage comme OGG, WMA, MP3 Pro, MPEG AAC, MPEG-4, Wavelets, WMA ou Sony VQF.

Même si ces nouvelles techniques de compression sont techniquement supérieures au MP3 (meilleure qualité sonore, fichiers plus compacts), le MP3, de par sa popularité, a encore de très beaux jours devant lui.

Il existe une mouture spéciale du MP3: le VBR (Variable Bit Rate) ou ABR (Adaptable Bit Rate). Au lieu de choisir un débit fixe (n bits par seconde), le débit varie avec la musique. Là où la musique le nécessite, on utilise plus de bits.

Avantage du VBR: une meilleure qualité.

Inconvénient : on ne peut pas prévoir la taille du fichier.

Certains baladeurs MP3 et lecteur DVD ne supportent pas les MP3 VBR ou ABR.

Comment créer moi-même des MP3 ?

Le fait de créer un fichier MP3 à partir de fichier WAV ou d'un CD audio est appelé **encodage**: ceci nécessite des calculs qui peuvent être assez longs.

Avec la puissance de calcul des ordinateurs actuels, cette opération prend de moins en moins de temps. En quelques minutes, on peut encoder un CD Audio complet au format MP3.

Pour créer vos fichiers MP3:

Il est possible de créer des fichiers MP3 à partir de fichiers WAV ou directement à partir de CD Audio.

Pour créer des fichiers MP3 à partir de fichiers WAV, je vous recommande **LAME** : il est gratuit, rapide et a une excellente qualité sonore.

Vous pouvez également utiliser **Exact Audio Copy (EAC) ou CD-Ex** : en quelques clics, vous obtiendrez des MP3 ou WAV à partir de n'importe quel CD Audio. EAC et CD-Ex peuvent aussi utiliser directement LAME pour faire l'encodage MP3.

La qualité des MP3 créés dépend:

- du débit que vous avez sélectionné (en kilobits/seconde),
- de la qualité du modèle psycho-acoustique de l'encodeur MP3.

LAME a un modèle psycho-acoustique correct.

L'encodeur *XING* est particulièrement mauvais.

Pour les très faibles débits, le meilleur encodeur MP3 est celui de **Fraunhofer IIS** (commercialisé entre autres dans le logiciel *.mp Producer*).

Mais avec dans la majorité des cas, LAME est un excellent choix.

Notez que certaines maisons de disque ont inclus dans certains CD musicaux des protections anti-copie qui vous empêcheront de les convertir en MP3. Si vous tombez sur un de ces CD, écrivez à la maison de disque pour exiger une copie sans protection.

Pour écouter des fichiers MP3:

Il existe divers logiciels. Le plus connu est **WinAMP**. Il est entièrement gratuit et possède de nombreuses fonctions.

Vous pourrez bien sûr trouver de nombreux autres logiciels (gratuits ou non) sur Internet, mais le triot **CD-Ex/LAME/WinAMP** fait un excellent travail et permet de créer et d'écouter des fichiers MP3 gratuitement.

Je ne vous recommande **pas** l'encodeur **Xing** : il est rapide mais il possède la plus *mauvaise* qualité sonore qu'on puisse trouver de tous les encodeurs MP3.

Au delà du MP3:

Il existe d'autres formats plus performants que le MP3 !

Par exemple, le format **OGG Vorbis** est non seulement de meilleure qualité que le MP3 et compresse mieux, mais il est libre de droits.