Ludovic BAUDOIN
Diplôme Professionnel Son 2ème Année
2004-2005

LE SACD



Copyright - Enseignement des Métiers de la Communication
Malakoff 92240 - Tous droits réservés.
Site web : http://www.emc.fr

SOMMAIRE

INTRODUCTION ——— 3

I / RAPPEL : LA NUMERISATION ——— 4

1) L'échantillonnage 4
2) La quantification 5

II / LE SUPER AUDIO CD, QU'EST CE QUE C'EST ? ——— 7

1) Un nouveau format… 8
2) Le DSD 10
3) Modulation Delta-Sigma 11

III / LE S.A.CD EN PRATIQUE… ? ——— 13

1) Caractéristique des disques 13

IV / LE SUPPORT ——— 14

V / EN RESUME… ——— 17

Copyright - Enseignement des Métiers de la Communication
Malakoff 92240 - Tous droits réservés.
Site web : http://www.emc.fr

INTRODUCTION

Depuis environ 200 ans, l'homme est capable de "stocker" des sons. En effet, tout a commencé au début du 19ième siècle, par l'invention de Paul Young qui a réussit à enregistrer un son à l'aide d'un stylet sur un cylindre recouvert de carbone de fumée. Après plusieurs améliorations de ce procédé, Thomas Edison mit au point en 1877 le premier Phonographe, qui permettait d'enregistrer un son pendant quelques secondes. La première phrase enregistrée fut: "what god hath wrought" (ce que dieu a créé).

En 1887, Emile Berliner inventa le Gramophone. Le procédé consistait à remplacer le cylindre par des disques de zinc recouverts d'une couche de cire. Il permettait également une production industrielle des cylindres. Les premiers gramophones furent commercialisés en 1889. Après quelques autres inventions, comme le télégraphone, Marconi et Stille mirent au point le premier magnétophone, qui consistait à enregistrer sur un ruban de plastique recouvert de particules magnétiques.

En 1948, Peter Goldmark créa le premier disque microsillon avec une vitesse de rotation de 33 tours par minute. Les premiers 33 tours stéréo furent commercialisés en 1958. Ce n'est qu'en 1980 qu'on vit apparaître le premier support numérique grand public: le CD (Compact Disque), inventé par Sony et Philips. Jusque là, les sons étaient enregistrés en analogique, c'est-à-dire qu'à chaque instant, le processus électrique est l'image du processus acoustique. C'est un signal continu.
Malheureusement, la qualité du signal est étroitement liée à celle du support. Le signal analogique supporte mal les copies et les manipulations : il se dégrade progressivement... L'enregistrement numérique lui, ne vieillit pas, même si le support se dégrade, car le signal enregistré n'est pas l'image du signal audio, mais un codage binaire, c'est-à-dire, sur des "0" et des "1".

Copyright - Enseignement des Métiers de la Communication
Malakoff 92240 - Tous droits réservés.
Site web : http://www.emc.fr

I - RAPPEL – LA NUMERISATION

Une onde sonore est une vibration, qui se traduit par des zones de pression et de dépression. Elle se transmet dans un milieu élastique (l'air, l'eau, le verre...). Les microphones permettent de transformer ce signal acoustique en signal électrique. Ensuite le stockage de ces informations sonores peut se faire sous forme magnétique (magnétophone) ou sous forme de gravure mécanique (disque). Le son peut donc exister sur différents supports, mais tous les signaux manipulés gardent des formes identiques, se ressemblent : on parle donc d'analogie et par extension de son analogique. Les appareils numériques ne savent gérer que des signaux binaires, donc des "0" ou des "1", le signal doit donc subir une conversion.

La Conversion Analogique / Numérique:

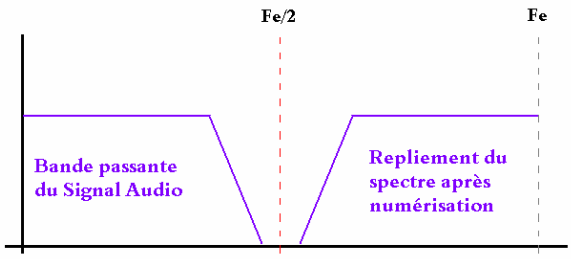
La numérisation d'un son comporte deux étapes: l'échantillonnage (conversion temporelle) et la quantification (conversion de l'amplitude).

1 - L'ECHANTILLONNAGE:

C'est la première phase de la numérisation qui consiste à passer d'un signal à temps continu en une suite de valeurs mesurées à intervalles régulières. Le signal analogique est ainsi découpé en "tranches" ou échantillons (samples). Le nombre d'échantillons par seconde représente la fréquence d'échantillonnage ou sampling rate. Celle-ci est exprimée en Hertz (Hz).

a- La fréquence d'échantillonnage:

La fréquence d'échantillonnage d'un signal audio n'est pas choisie arbitrairement. Elle doit être suffisamment grande, afin de préserver la forme du signal. Le Théorème de **Nyquist - Shannon** stipule que la fréquence d'échantillonnage d'un signal doit être égale ou supérieure au double de la fréquence maximale contenue dans ce signal. Si la fréquence choisie est trop faible, les variations rapides du signal analogique ne seront pas enregistrées.



Ainsi pour un fichier de qualité téléphonique, on échantillonnera à 11,025 KHz - 8 bits - mono. Cela permettra de traiter des fréquences allant jusqu'à 5500 Hz, ce qui est largement suffisant pour rendre une voix parfaitement compréhensible. Pour un enregistrement en qualité CD, la bande passante audible étant environ de 20 KHz, on échantillonnera à 44,1 KHz - 16 bits - stéréo.On peut aussi échantillonner à 48 kHz, 96 kHz ou même 192 kHz, pour des applications professionnelles.

Copyright - Enseignement des Métiers de la Communication
Malakoff 92240 - Tous droits réservés.
Site web : http://www.emc.fr

2 – LA QUANTIFICATION:

C'est la seconde étape de la numérisation. Après avoir découpé le signal continu en échantillon, il va falloir mesurer l'amplitude du signal à cet instant, et lui donner une valeur numérique. Pour cela, on définit un nombre N de bits qui représenteront toutes les valeurs possibles. Ce nombre N est codé en binaire sur 8-16-20 ou 24 bits suivant la résolution du convertisseur A/N. L'amplitude de chaque échantillon est alors représentée par un nombre entier.

Codage sur 8 bits = 2^8 = 256 valeurs possibles
Codage sur 16 bits = 2^{16} = 65536 valeurs possibles
Codage sur 20 bits = 2^{20} = 1.048.576 valeurs possibles
Codage sur 24 bits = 2^{24} = 16.777.216 valeurs possibles

-Notons que, contrairement à l'échantillonnage, la quantification "déforme" le signal car le signal analogique, qui comporte une infinité de valeur, est codé sur des valeurs finies. Celles-ci sont donc "arrondies" à la valeur la plus proche. (fig. 1)

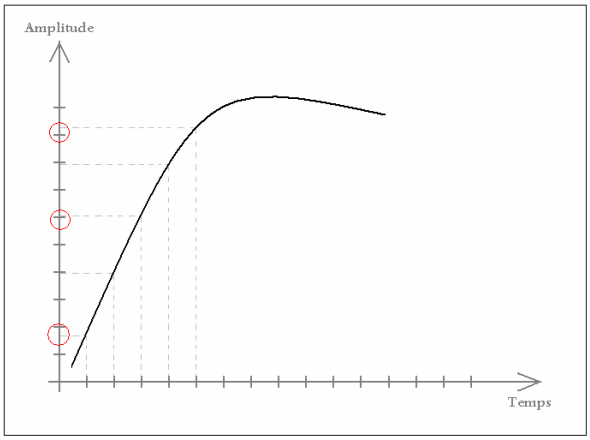
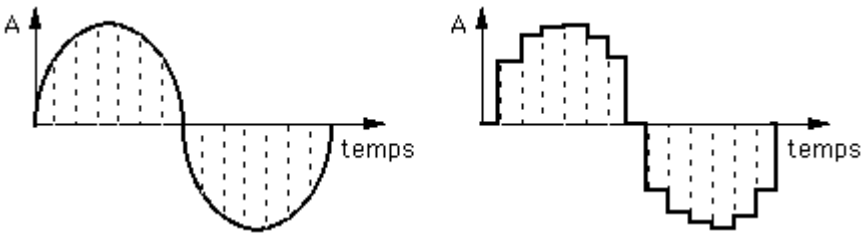


Fig. 1

Le signal audio est maintenant numérisé. Le nombre de bits définit aussi la dynamique du signal (6 dB/bit). Un équipement ayant une résolution de 16 bits offrira une dynamique maximale de 16x6= 96 dB, pour une résolution de 8 bits, 8x6= 48 dB.



Signal analogique - Signal échantillonné

Copyright - Enseignement des Métiers de la Communication
Malakoff 92240 - Tous droits réservés.
Site web : http://www.emc.fr

Quelques infos supplémentaires ...

Le CD Audio :
En qualité CD, le son est analysé 44100 fois par seconde (d'où la fréquence 44,1 KHz) en mesurant chaque fois son amplitude sur une échelle de 16 bits offrant 65536 valeurs possibles.

Le DVD Audio :
C'est la norme définie par le DVD Forum (échantillonnage à 192 KHz - quantification sur 24 bits). Le résultat final donne plus de 1000 fois plus d'informations musicales que sur le CD !

Le SACD :
Il s'agit d'un format plus "propriétaire" promu par SONY et PHILIPS. Le procédé est différent puisque, cette fois, le son est analysé près de 3 millions de fois (2.822.400) par seconde mais uniquement sur 1 bit.

Le DVD Audio et le SACD augmentent considérablement la quantité d'informations par rapport au CD. Cela se traduit par une durée plus importante des musiques stéréo ou par l'augmentation du nombre de canaux. Ainsi on obtient un son 5.1 sans compromis ! Mais ces systèmes ne sont pas encore très présents sur le marché.

Nous avons vu brièvement que, dans l'absolu, pour avoir la meilleure qualité possible, il faut avoir la plus grande fréquence d'échantillonnage possible, et aussi, coder le signal sur le plus de bits possible.

Cependant, il existe d'autres procédés, notamment un qui fut créé par Sony et Philips, qui permettent de coder le signal sur un bit, en augmentant considérablement la fréquence d'échantillonnage, et ceci sans avoir aucune perte du signal, bien au contraire. Malheureusement, ces deux grandes firmes ne veulent pas révéler leurs informations techniques. Cependant, j'ai pu trouver des informations sur le SACD, qui utilise le format DSD, également codé sur 1 bit...

Copyright - Enseignement des Métiers de la Communication
Malakoff 92240 - Tous droits réservés.
Site web : http://www.emc.fr

II- LE SACD, QU'EST CE QUE C'EST?



Préambule…

Le disque compact ou CD, développé par Sony et Philips au début des années 80, fut une révolution dans la façon d'envisager les supports audio. Le CD utilise un format d'enregistrement PCM (Pulse Code Modulation) qui convertit les signaux musicaux en données numériques à intervalles définis par une fréquence d'échantillonnage, sur un certain nombre de bits définissant la précision de la quantification. Lors du développement du format PCM, les ingénieurs voulaient obtenir une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz avec une quantification sur 16 bits pour l'enregistrement et la reproduction de données numériques. Cet objectif allait bien au-delà de ce que la technologie permettait à l'époque.
Les progrès atteints dans les convertisseurs analogique numériques et autres matériels d'enregistrement, ainsi que les développements techniques des filtres numériques et des convertisseurs numériques analogiques côté reproduction ont finalement permis aux ingénieurs d'atteindre cet objectif.

La plage de fréquences comme la gamme dynamique de reproduction avait été conçue en fonction des limites d'audition de l'oreille humaine, mais elle ne représentait qu'une petite partie des sons existants dans la nature. Grâce aux progrès continus dans la technologie numérique, il est devenu possible de créer des enregistrements contenant beaucoup plus d'informations, pour améliorer encore la qualité sonore. Ces développements techniques ont ouvert la voie à la création d'un nouveau support source de qualité sonore encore plus élevée, qui dépasse largement les limites du CD.

Pour répondre à ces développements techniques, Sony et Philips se sont associés une fois de plus pour créer le Super Audio CD.

Beaucoup plus qu'une amélioration de la fréquence d'échantillonnage ou de la précision de quantification, le Super audio CD est une révolution en matière d'enregistrement et de reproduction des données numériques. Avec le Super audio CD, les signaux sonores sont convertis par la technologie DSD (Direct Stream Digital), une approche totalement nouvelle de l'enregistrement numérique.

Copyright - Enseignement des Métiers de la Communication
Malakoff 92240 - Tous droits réservés.
Site web : http://www.emc.fr

intro...

La technologie DSD (Direct Stream Digital) est basée sur une méthode de numérisation appelée Pulse Width Modulation (PWM), un codage prônant la simplicité du phrasé numérique compensé par une très haute fréquence d'échantillonnage. En travaillant à la fréquence de 2.822 MHz (64 fois plus élevée que celle du CD-audio), le **modulateur Delta Sigma** chargé de traduire la courbe de tension analogique en un signal numérique binaire prélève en continu quelques 2.822.400 échantillons par seconde sur la source linéaire. Dès lors, les relevés de tension sont à ce point nombreux et rapprochés les uns des autres qu'il est permis d'utiliser une résolution 1 bit pour les exprimer numériquement, les différences de valeurs (tensions) séparant les échantillons étant logiquement très faibles. L'autre point fort du DSD réside dans sa flexibilité puisqu'il reste possible de le convertir sous forme PCM en vue de l'élaboration d'un CD ou d'un DVD. Le procédé de conversion DSD/PCM est appelé Super Bit Mapping Direct.

1- UN NOUVEAU FORMAT...

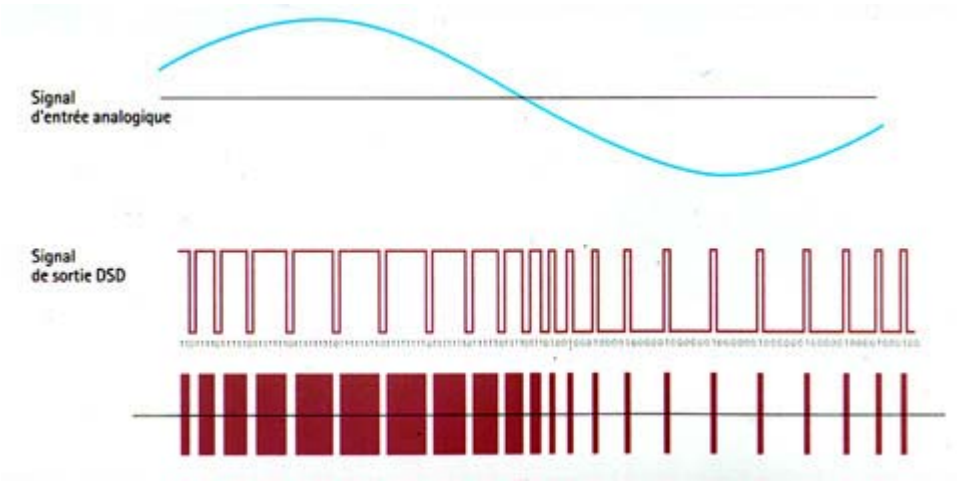


Figure1.

En termes simples, le format DSD représente les signaux numériques en fonction de la concentration de leurs ondes de pulsation, comme illustrés à la figure 1. Bien que les signaux sonores représentés par DSD soient des données numériques, leurs propriétés sont très similaires à celles de l'onde sonore originelle. En principe, en faisant passer ces signaux dans un filtre analogique passe-bas, il est possible de récupérer les signaux analogiques d'origine au moment de la reproduction.

Contrairement à la modulation PCM, où les données numériques sont séparées très clairement, les données numériques traitées par la technologie DSD sont très semblables aux données analogiques.

Le mécanisme DSD simplifié utilisé pour l'enregistrement et la reproduction donne une réponse en fréquence supérieure à 100 kHz avec une dynamique de plus de 120 dB sur toute la gamme des fréquences audibles. La reproduction musicale est alors remarquablement pure et fidèle à l'original.

Copyright - Enseignement des Métiers de la Communication
Malakoff 92240 - Tous droits réservés.
Site web : http://www.emc.fr

De plus, le format DSD peut enregistrer quatre fois plus d'informations que le format CD/PCM actuel, ce qui ouvre la voie au développement de disques de plus grande capacité pour les Super audio CD. Cette capacité supplémentaire permet à un Super audio CD d'accueillir les données de deux canaux stéréo, ainsi qu'une zone d'accueil pour un maximum de six pistes de données multicanaux et une zone supplémentaire pour des images fixes, du texte ou d'autres informations qui pourront être utilisées très prochainement.

Les différents types...

Les Super audio CD mono-couche et bi-couche contiennent respectivement une et deux couches à haute densité (HD). Une version hybride a également été mise au point, constituée d'une couche HD et d'une couche CD. La couche CD du disque hybride peut être lue par un lecteur CD conventionnel, et les lecteurs Super audio CD peuvent également lire les disques CD actuels, assurant une compatibilité complète entre les formats Super audio CD et CD. (Voir détails page 12)

Un succès à protéger

Bien sûr, le succès de ce format de disque et les améliorations de la qualité sonore ont donné une importance particulière au souci de protection des droits d'auteurs des musiciens et des éditeurs. Pour combattre le piratage logiciel, le Super audio CD utilise une technologie de traitement de signaux PSP pour surimprimer un motif évanescent, ou filigrane, sur le côté signal du disque. L'inclusion de ce filigrane permet de vérifier facilement si un disque est une copie, ce qui est un moyen efficace de protection des droits des artistes ou des propriétaires des droits de reproduction.

Un avenir commun prometteur

Le Super audio CD apporte beaucoup d'améliorations au format CD. Mais cela ne signifie pas que le Super audio CD doit remplacer le CD actuel. Il existe à l'heure actuelle environ 600 millions de lecteurs de CD et 12 milliards de CD dans le monde. La production des CD conventionnels ne va pas s'arrêter pour autant. Le Super audio CD offrira aux audiophiles un système adapté à leur exigence d'une fidélité audio supérieure, et s'imposera comme un complément du format CD actuel.

Copyright - Enseignement des Métiers de la Communication
Malakoff 92240 - Tous droits réservés.
Site web : http://www.emc.fr

2- LE FORMAT DSD:

a- Le format sonore des CD conventionnels : PCM

La grande majorité des convertisseurs A/N utilisés dans l'enregistrement PCM du format CD conventionnel sont des convertisseurs 1 bit à haute fréquence d'échantillonnage. Généralement, pour créer des signaux PCM, le modulateur Delta Sigma (DS) crée un flux d'impulsion de données à 1 bit à 64 fe (fréquence d'échantillonnage) qui traverse alors le filtre de décimation, suite à quoi les données sont converties en PCM multibits, par réduction de la fréquence d'échantillonnage (64 fe --> fe).

A la reproduction, la plupart des lecteurs de CD utilisent un convertisseur numérique-analogique 1 bit pour retransformer les signaux numériques en signaux analogiques. Par ce traitement, les signaux PCM sont suréchantillonnés à fréquence élevée par un filtre numérique. Après un traitement d'interpolation qui permet de recréer les données, les signaux traversent un modulateur DS qui les reconvertit en un flux d'impulsion de données à 1 bit.

De plus, l'enregistrement des données PCM décimées sur un disque CD soumet ces signaux à une quantification sur 16 bits (65 536 états possibles) à une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz. Les données de fréquence supérieure à cette fréquence d'échantillonnage sont éliminées, ce qui diminue le volume de données à chaque étape. Les fréquences qui dépassent la fréquence limite de reproduction (en principe la moitié de la fréquence d'échantillonnage, soit 22,05 kHz) sont éliminées. Enfin, la procédure de démarcation sur 16 bits limite la dynamique, en noyant les signaux sonores les plus faibles dans le bruit, de quantification.

b- Le format DSD développé pour le Super audio CD

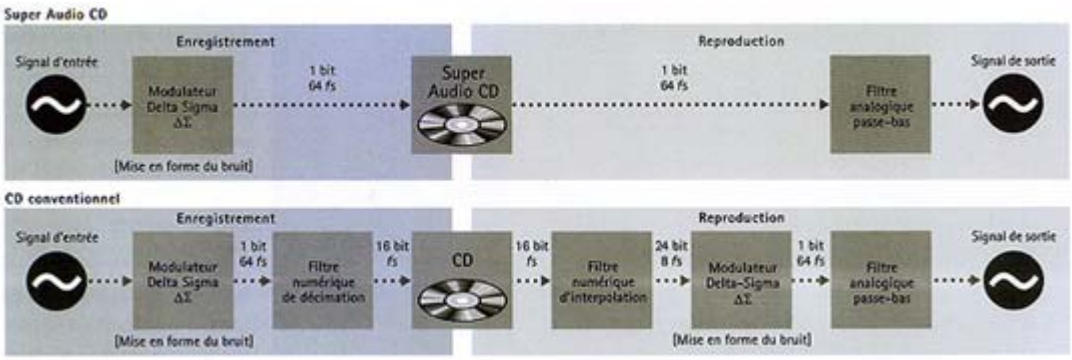


Figure2.

Le Super audio CD permet d'enregistrer directement les données sur 1 bit sur le disque. La fréquence d'échantillonnage du format DSD est de 2,8224 MHz, 64 fois supérieure à la fréquence de 44,1 kHz utilisée pour les CD conventionnels. Cette fréquence permet d'échantillonner le signal sonore 2,8224 millions de fois par seconde, pour l'enregistrer sous forme de données à 1 bit sur le disque. Bien que ce nombre de bits ne représente qu'1/16 de celui utilisé pour le format CD, la fréquence d'échantillonnage est 64 fois supérieure, ce qui donne une capacité de données du DSD 4 fois plus grande que celle d'un CD. En principe, il est possible d'étendre la réponse jusqu'à environ 1,4 MHz.

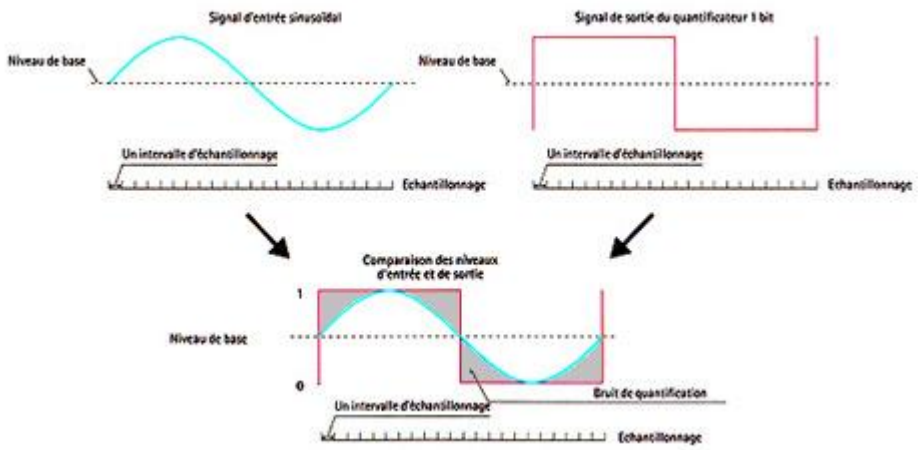
Comme le montre la figure 2, les données au format DSD sont transmises directement depuis le modulateur DS. Les données numériques au format PCM, par contre, doivent subir un certain nombre de filtrage divers tels que la décimation et l'interpolation. Le format DSD élimine ces traitements supplémentaires, ce qui évite par exemple le bruit de re-quantification comme

Copyright - Enseignement des Métiers de la Communication
Malakoff 92240 - Tous droits réservés.
Site web : http://www.emc.fr

l'ondulation résiduelle dans la bande passante. Il devient donc possible de transmettre des données qui conservent toute la pureté du son originel.

3- MODULATION DELTA SIGMA (DS) ET CONVERTISSEUR A/N

Le quantificateur 1 bit décime les signaux analogiques d'entrée sur un niveau standard. Il fournit un signal de sortie codé sur une valeur, "O" ou "1" (sur 1 bit). Prenons l'exemple de signaux sinusoïdaux entrant dans ce convertisseur 1 bit.



Comme l'illustre la figure 3 ci-contre, la partie située au-dessus du niveau de base devient un niveau "1", alors que la partie située sous ce niveau de base devient "O". Le résultat est un signal de sortie carré. La différence entre la forme des signaux d'entrée et de sortie (illustrée en gris, en bas de la figure 3) est appelée bruit de quantification. Comme l'illustre cet exemple, même la méthode de conversion à 1 bit peut donner une distorsion importante du signal sonore de sortie.

En fait, dans la pratique, les impulsions seront plus fines afin de mieux suivre l'amplitude du signal et minimiser ainsi l'erreur de quantification traduite par les zones grises. C'est ce que réalise le modulateur Delta Sigma. Contrairement à la modulation PCM, qui ne gère que les données calculées, la modulation DS convertit les signaux analogiques directement en un flux d'impulsions de "O" et "1".

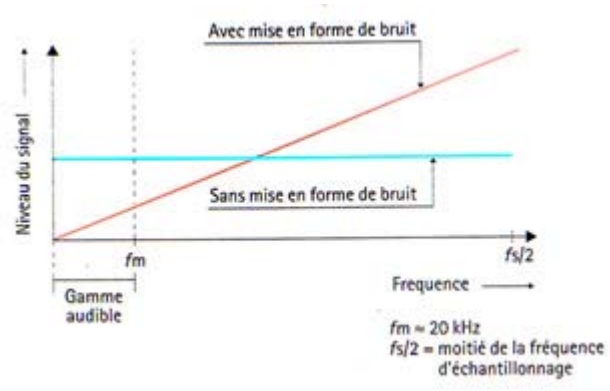


Figure4

De plus, l'augmentation de la fréquence d'échantillonnage diminue le bruit de quantification à basse fréquence, tout en augmentant ce bruit de quantification à haute fréquence. En fait, le bruit de quantification introduit par le modulateur DS est décalé vers les hautes fréquences. Le plancher du bruit de quantification de la modulation DS est incliné et non pas plat. Il est possible d'éliminer les effets du bruit dans les fréquences les plus élevées en faisant passer les signaux par un filtre analogique passe-bas à la reproduction.

Copyright - Enseignement des Métiers de la Communication
Malakoff 92240 - Tous droits réservés.
Site web : http://www.emc.fr

Le modulateur DS est un élément technologique essentiel du Super audio CD.

Les améliorations technologiques permanentes permettent d'espérer une qualité de reproduction encore supérieure à celle du Super audio CD. Les avancées ultérieures de cette seule technologie permettront de mettre en évidence la très large dynamique qui caractérise le format Super audio CD. En principe, il est possible d'obtenir une plage audio et une dynamique dépassant les 120 dB.

Avec le DSD, la bande passante en reproduction peut être étendue jusqu'à environ 1,4 MHz. En réalité, pour réduire le bruit de quantification, cette bande passante est le plus souvent limitée par un filtre passe-bas du lecteur à la reproduction, pour optimiser la bande passante de sortie.

La bande passante du Super Audio CD est une courbe régulière qui permet de reproduire précisément le signal analogique, autorisant la reproduction de signaux dépassant les 100 kHz.

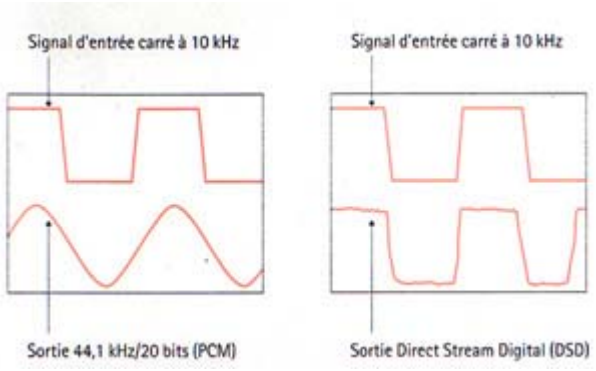


Figure5

La figure 5 illustre la différence de sortie lors de la conversion d'un signal carré à 10 kHz avec le format DSD et le format PCM. Un signal carré peut être décomposé en un signal sinusoïdal fondamental et plusieurs harmoniques. Le signal carré contient beaucoup d'harmoniques impairs. Le format PCM utilisé sur le CD ne permet pas de reproduire ces signaux au-delà du second harmonique, donc les signaux carrés sont limités en fréquence à 20 kHz.

Par contre, le format DSD permet de reproduire les harmoniques d'ordre très élevé, pour une onde de sortie très semblable à l'onde originelle. Cet exemple montre comment le format DSD permet d'obtenir une conversion sonore fidèle pour un résultat quasiment identique à la source.

Le traitement du signal DSD permet d'obtenir une image sonore beaucoup plus détaillée, et donc la possibilité d'enregistrer les harmoniques de toute nature. Le système DSD utilisé dans le Super audio permet de reproduire la qualité artistique d'un concert comme jamais auparavant, pour communiquer la vitalité de l'artiste comme l'ambiance de la salle.

Copyright - Enseignement des Métiers de la Communication
Malakoff 92240 - Tous droits réservés.
Site web : http://www.emc.fr

III- LE SACD EN PRATIQUE...

1- Caractéristiques des disques et utilisation du filigrane (watermark)

Nouveaux disques à grande capacité

A l'instar du DVD, le SACD peut comporter de une à deux couches réfléchissantes sur lesquelles sont inscrits les "creux" (0) et les "bosses" (1), représentant les informations numériques. Ces "creux" et ces "bosses" sont d'une taille beaucoup plus petite que ceux du CD, ce qui fait du SACD un support à très grande capacité de stockage. Cette grande capacité de stockage est mise à profit pour la gravure de données numériques audio codées en DSD.

Le nouveau format DSD utilisé par le Super audio CD permet d'augmenter la capacité jusqu'à 4 fois celle d'un CD conventionnel en modulation PCM. Malgré cette capacité supérieure, les dimensions du Super audio CD sont exactement identiques à celles du CD actuel :12 cm de diamètre et 1,2 mm d'épaisseur.

Le disque Super audio CD le plus simple (monocouche) a une capacité 6 fois supérieure à celle d'un CD, soit 4,7 Go. Ceci correspond pour un enregistrement, stéréo deux canaux à environ 100 minutes d'enregistrement. Le temps d'enregistrement réel possible dépend du contenu de chacun des titres.

Copyright - Enseignement des Métiers de la Communication
Malakoff 92240 - Tous droits réservés.
Site web : http://www.emc.fr

I V- LE SUPPORT

-Un espace séparé pour les enregistrements multipistes et les données supplémentaires

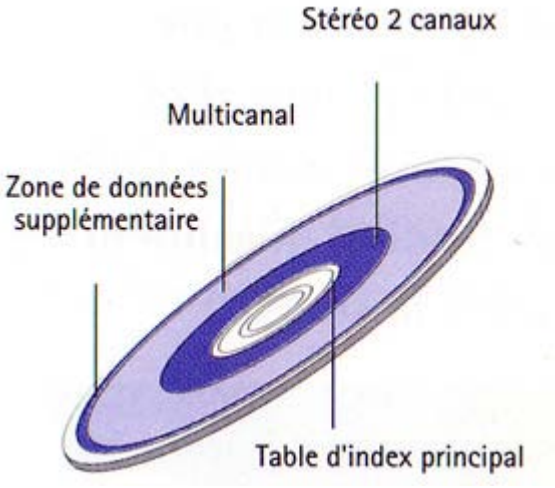


Figure6.

Le Super audio CD est normalisé, un espace du disque est réservé aux enregistrements multicanaux, pour jusqu'à 6 pistes de données supplémentaires et de signaux audio, y compris des enregistrements stéréo sur deux canaux traditionnels. L'espace disque réservé pour les données multicanal inclut les enregistrements audio multipistes de haute qualité enregistrés en DSD, pour une expérience sonore inouïe. L'espace réservé aux données supplémentaires permet d'inclure du texte, par exemple les paroles des chansons, des notes ou même des images fixes. Ces zones seront très bientôt utilisées dans les Super audio CD.

- Jusqu'à 255 titres ou plus

Le Super audio CD permet d'enregistrer et d'indexer jusqu'à 255 pistes séparées, ce qui est beaucoup plus que la limite de 99 pistes du format CD. Le Super audio CD permet donc de créer des titres tel qu'une compilation des 200 meilleurs morceaux classiques, par exemple, ou des logiciels d'apprentissage des langues avec accès très souple. Le Super audio CD a été conçu pour les applications de l'avenir et surpasse les normes des CD conventionnels pour la table d'index et la configuration des pistes.

- Protection des droits d'auteurs

Les systèmes audio actuels protègent contre les atteintes aux droits des auteurs par le système matériel SCMS (Serial Copy Management System). Le Super audio CD offre une grande capacité et représente donc une valeur logicielle importante, qui nécessite un système de protection des droits d'auteur efficace, non seulement sur le matériel mais aussi sur le disque lui-même pour empêcher la copie illégale d'œuvres protégées.

Copyright - Enseignement des Métiers de la Communication
Malakoff 92240 - Tous droits réservés.
Site web : http://www.emc.fr

- Les trois types de disques

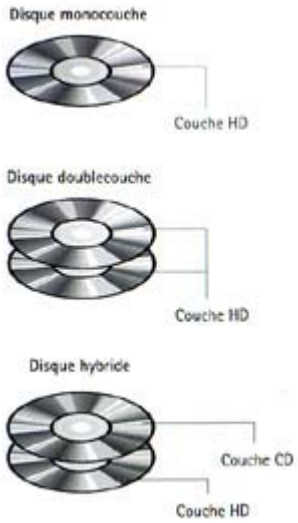


Figure7
Le Super audio CD propose trois types de disques :

Le plus simple est le disque mono-couche, qui ne contient qu'une seule couche de données à haute densité (HD). Ce disque a une capacité de 4,7 Go.

Il existe aussi un disque double-couche, associant deux Super audio CD dans le même disque pour un temps de lecture supérieur et une capacité maximale de 8,5 Go.

Le troisième type de disque est hybride, et contient une couche HD et une couche CD. Les couches des disques bicouches comme des disques hybrides font 0,6 mm d'épaisseur. Deux de ces couches ont donc une épaisseur totale de 1,2 mm, identique à celle de tous les types de Super audio CD et de CD conventionnels.

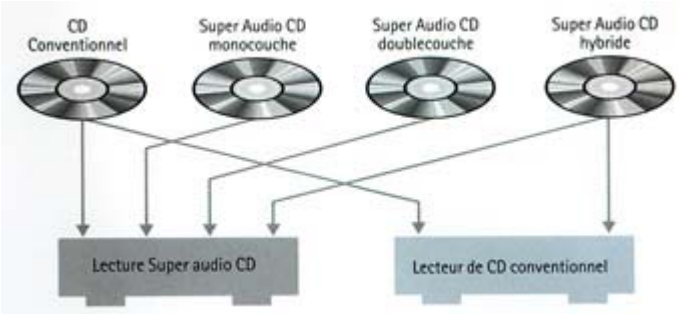


Figure8 : Compatibilité des disques.
La couche CD d'un disque hybride est lisible sur un lecteur de conventionnel ainsi que sur un lecteur Super audio CD pour assurer une compatibilité complète entre les lecteurs Super audio CD et les lecteurs de CD existants (figure 8).

Copyright - Enseignement des Métiers de la Communication
Malakoff 92240 - Tous droits réservés.
Site web : http://www.emc.fr

- Le filigrane

Pour protéger complètement les droits des auteurs, le Super audio CD utilise la technologie PSP (Pit Signal Processing) pour inclure un filigrane, constitué d'un ensemble contrôlé de cuvettes microscopiques sur la surface du disque. Ce système PSP permet de créer deux types de filigranes. Un filigrane "invisible" qui ne peut être détecté que par le lecteur Super audio CD et un filigrane "visible" (à l'initiative du fabricant), imprimé sur le disque sous forme de texte ou d'image. Si un disque copié est inséré dans le lecteur de Super audio CD, ce lecteur détecte l'absence du filigrane invisible et en avertit le système de lecture. Les deux types de filigrane sont quasiment impossibles à dupliquer correctement, ce qui permet de distinguer facilement les disques originaux des disques piratés, en particulier pour le filigrane visible qui est détectable au premier coup d'œil. Ce système évolué permet de protéger les artistes comme les utilisateurs contre les copies illégales.

- La machine

En ce qui concerne le matériel, on recense plusieurs types de lecteurs de SACD : les lecteurs de SACD de première génération qui ne lisaient que les SACD stéréo, les lecteurs de SACD/DVD compatibles avec les SACD stéréo et les DVD-Vidéo et enfin les lecteurs de SACD de seconde génération qui lisent les SACD stéréo et les SACD multicanaux. Aujourd'hui apparaissent les lecteurs universels SACD et DVD audio.

Tous ces appareils sont équipés de décodeurs DSD et de mécaniques de lecture compatibles avec les disques double-couches, très similaires à celles des lecteurs de DVD-Vidéo.

Lecture sur une seule face

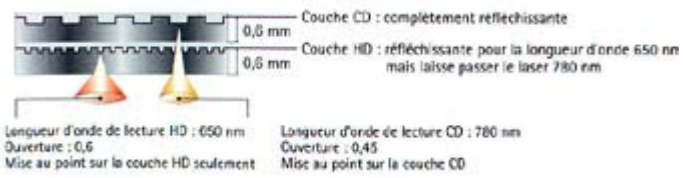


Figure9
Pour lire les deux couches, celle compatible CD et l'autre HD, la localisation précise du faisceau laser passe de 780 nm à 650 nm de longueur d'onde.

Dans les trois types de disques, la lecture des informations s'effectue d'un seul côté. Pour les disques double- couches et hybride, la couche extérieure est semi-transparente, pour permettre la lecture de la couche interne (figure 9). Donc il n'est jamais nécessaire avec le Super audio CD de retourner le disque. Ceci permet aussi d'étiqueter et d'imprimer la face supérieure, comme pour un CD conventionnel.

Copyright - Enseignement des Métiers de la Communication
Malakoff 92240 - Tous droits réservés.
Site web : http://www.emc.fr

V- EN RESUME…

Conçu par Sony et Philips, le SACD utilise l'algorithme DSD, concurrent direct du MLP (pour le DVD-audio), qui est un format audio numérique compressé sans perte, c'est-à-dire qu'il est capable de restituer après compression un signal sonore qui sera identique à l'original, contrairement au Dolby Digital ou au MPEG-2 qui encodent avec une perte de qualité.

Les caractéristiques du DSD

- Gère le son multicanal.
- Les fréquences d'échantillonnage peuvent monter jusqu'à 100 kHz.
- Réponse en fréquence de plus de 100 kHz .
- Dynamique de plus de 120 dB.
- Son débit maximal peut plafonner à 2,8 Mo/s.

DSD, un algorithme intelligent.

L'algorithme de codage du DSD utilise une table de bits unique pour représenter les variations du signal sonore, permettant ainsi un downsampling beaucoup plus précis.

Watermarking sur le SACD ?

Contrairement au DVD audio, qui est encore sujet à polémique, le SACD inclut un watermarking physique, appelé PSP (Pit Signal Processing) dans le cadre de la protection des droits d'auteurs. Celui-ci fait varier la largeur du "trou" sur le CD afin d'y stocker le watermark numérique. Malheureusement, cela implique la présence supplémentaire d'une puce dans le lecteur pour lire cette signature numérique et s'assurer ainsi que la lecture du disque en cours est bien autorisée. Ce qui implique – par extension – l'achat d'un lecteur dédié (pas de lecture possible avec un lecteur de CD, de DVD ou de DVD-Rom). Dommage !

Remarque: Le support SACD n'a été officialisé qu'en avril 1999 dans le « Scarlet book », l'équivalent du « Red book » du CD audio. Sony a annoncé que sa technologie serait gratuite pour tous les constructeurs de lecteurs de CD bien qu'à leur lancement les SACD double couche étaient beaucoup plus chers que les CD ou les DVD…

Copyright - Enseignement des Métiers de la Communication
Malakoff 92240 - Tous droits réservés.
Site web : http://www.emc.fr