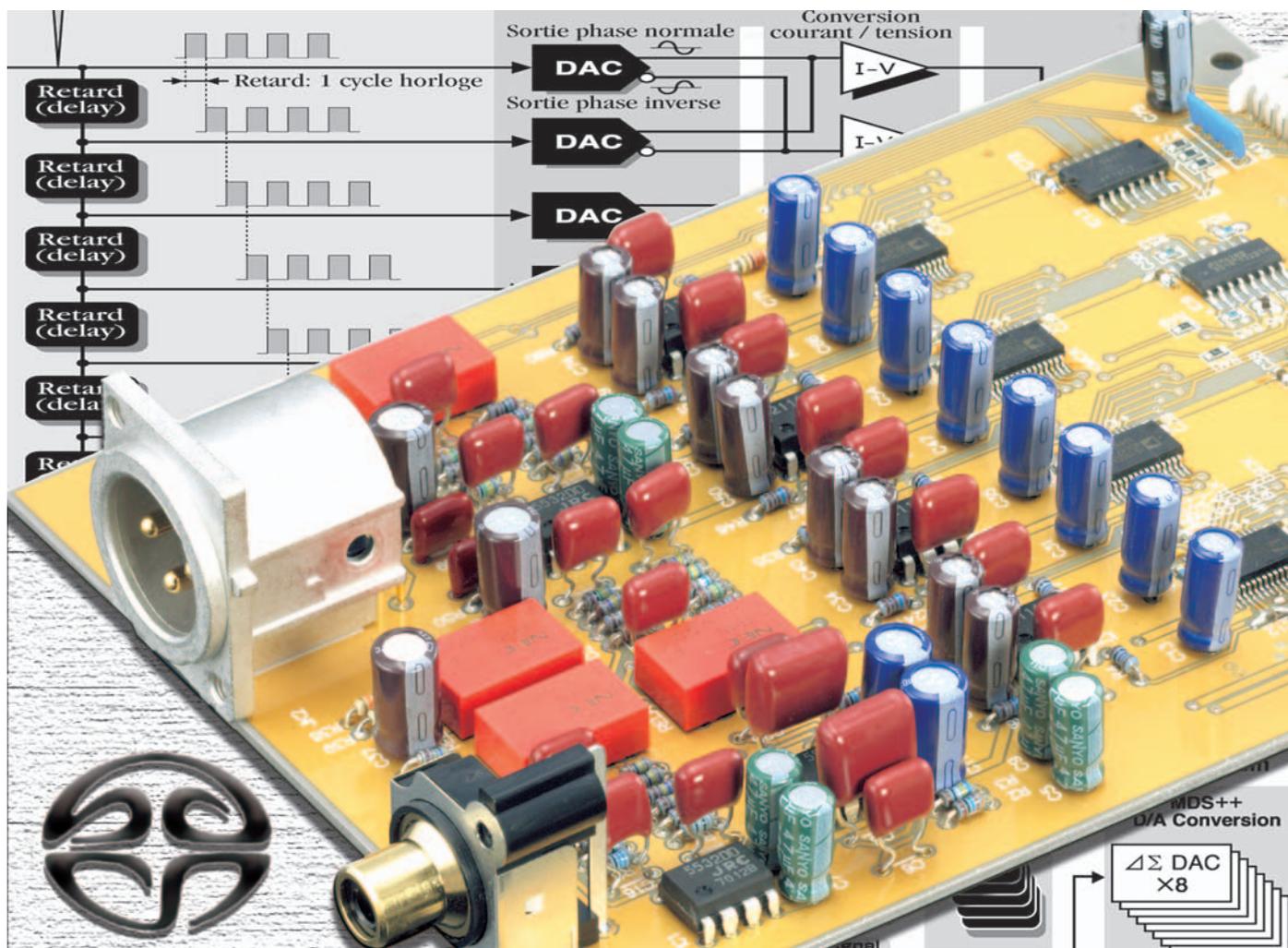


## Audio numérique : le SACD passe à la vitesse supérieure...



Les technologies ne cessent d'évoluer... Dans le domaine de l'audio, et plus précisément de l'audio numérique, les performances techniques et sonores des électroniques ont fait de considérables progrès depuis les années 80. Aujourd'hui, les meilleurs lecteurs CD du marché n'ont pratiquement plus rien à envier aux systèmes de lecture analogique en termes de musicalité. Relativement récent, le SACD et sa haute définition représente théoriquement ce que l'on peut faire de mieux dans le domaine de la lecture audio numérique. Or, en pratique, la supériorité du SACD par rapport au CD traditionnel n'est pas toujours évidente à l'écoute. Bénéficiant de 25 ans de recherches et d'améliorations, les systèmes audio qui exploitent le CD sont arrivés à pleine maturité. Le SACD, pour sa part, n'a pratiquement connu aucune évolution significative depuis sa naissance. Alors que nous commençons à croire qu'aucune technologie n'était capable de le rendre encore plus performant, un constructeur japonais de renommée mondiale nous prépare une petite surprise qui allait donner un sérieux coup de fouet à la qualité de restitution sonore du SACD. Ainsi, avec sa technologie MDS (Multiple Double Speed DSD) mise en œuvre dans le convertisseur DC-801 et le lecteur intégré DP-700 (testé dans le présent numéro), Accuphase est le premier constructeur à faire évoluer le SACD vers un "mieux" réellement audible. Cette évolution vraiment significative méritait qu'un article technique lui soit entièrement consacré...

Une fois n'est pas coutume, ce dossier technique "mieux comprendre" est consacré au travail d'un constructeur bien précis au lieu d'aborder, comme d'habitude, un sujet beaucoup plus général et relatif à une technologie exploitée par "tout le monde". A cela deux raisons : bien qu'exclusive à l'heure actuelle, la technologie "MDS" développée par Accuphase fait évoluer le SACD de façon concrète, et il était impossible d'étudier en détails cette technologie dans le cadre du banc d'essai consacré au lecteur DP-700.

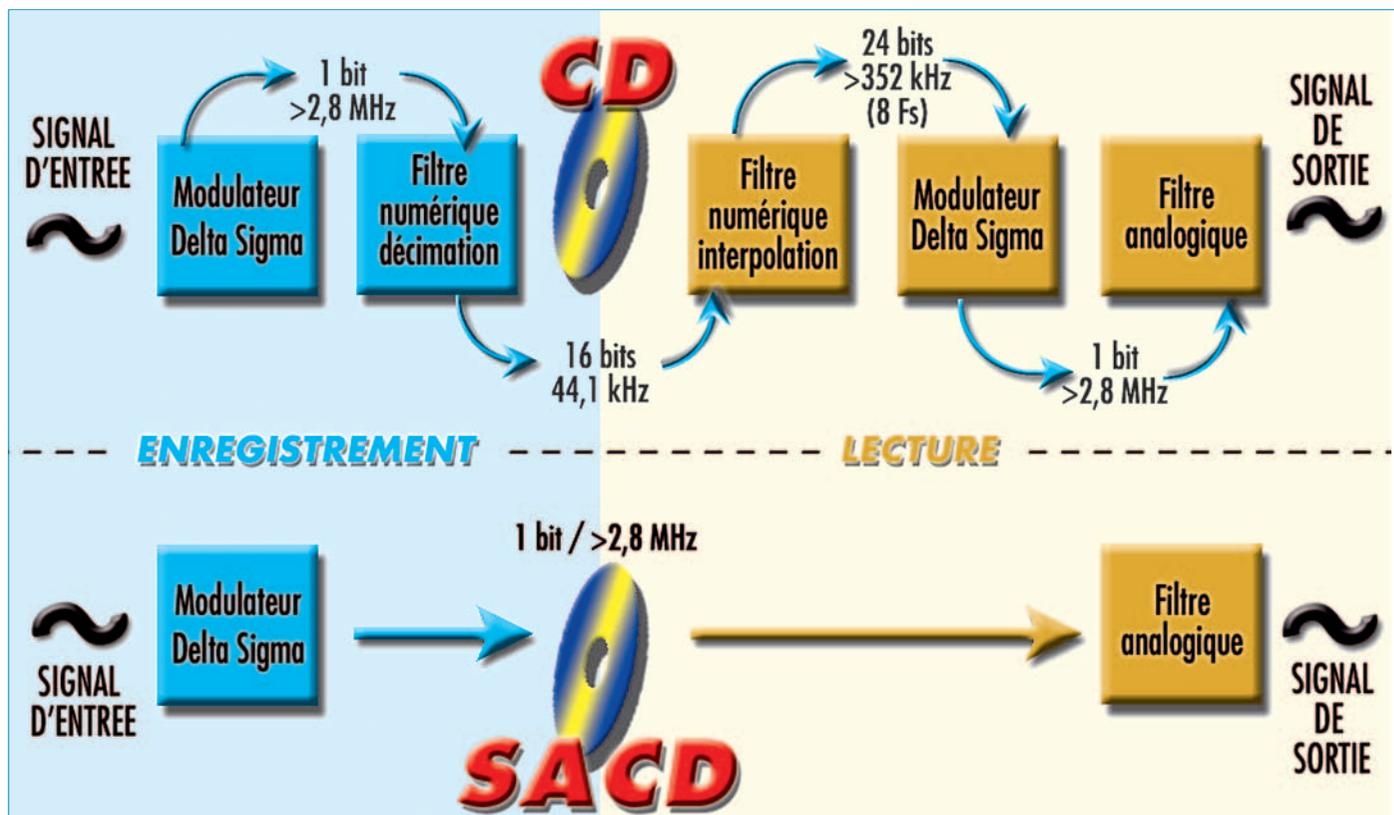
### Du CD au SACD...

Nous avons abordé à maintes reprises, dans nos articles de fond, différents aspects et spécificités de la conversion numérique / analogique relative aux signaux PCM issus d'un CD (conversion multibits dans notre n°15, modulation Delta-Sigma et convertisseur 1 bit dans l'article de notre n°8 sur l'amplification à commutation, traitement numérique du signal dans le n°14). Pour cette raison, nous ne reviendrons pas en détail sur ces technologies.

Le signal audio PCM d'un CD est quantifié sur 16 bits et sa fréquence d'échantillonnage est de 44,1 kHz. Ces caractéristiques traduisent une bande passante allant jusqu'à 22,05 kHz ( $44,1 / 2$ ), une dynamique de 96 dB (16 bits x 6) et une définition de très bon niveau pour le signal analogique après conversion. Les datas audio sont stockés sur le disque sous la forme de mots de 16 bits. A l'enregistrement, la conversion de l'analogique

en numérique s'effectue en mode 1 bit avec une fréquence d'échantillonnage de 2,8224 MHz (64 fois la fréquence de 44,1 kHz). On utilise, pour cela, un modulateur Delta Sigma. Un filtre numérique décimateur fait ensuite passer le signal au format 16 bits / 44,1 kHz. A la lecture, avec un convertisseur 24 bits à suréchantillonnage octuple (très courant), le signal traverse un filtre numérique interpolateur et passe au format 24 bits / 8 Fs. Juste après, un modulateur Delta Sigma le convertit en flux continu de type 1 bit / 2,8224 MHz. En sortie, un filtre analogique passe-bas supprime les composantes de hautes fréquences pour lisser le signal (lissage des marches d'escalier).

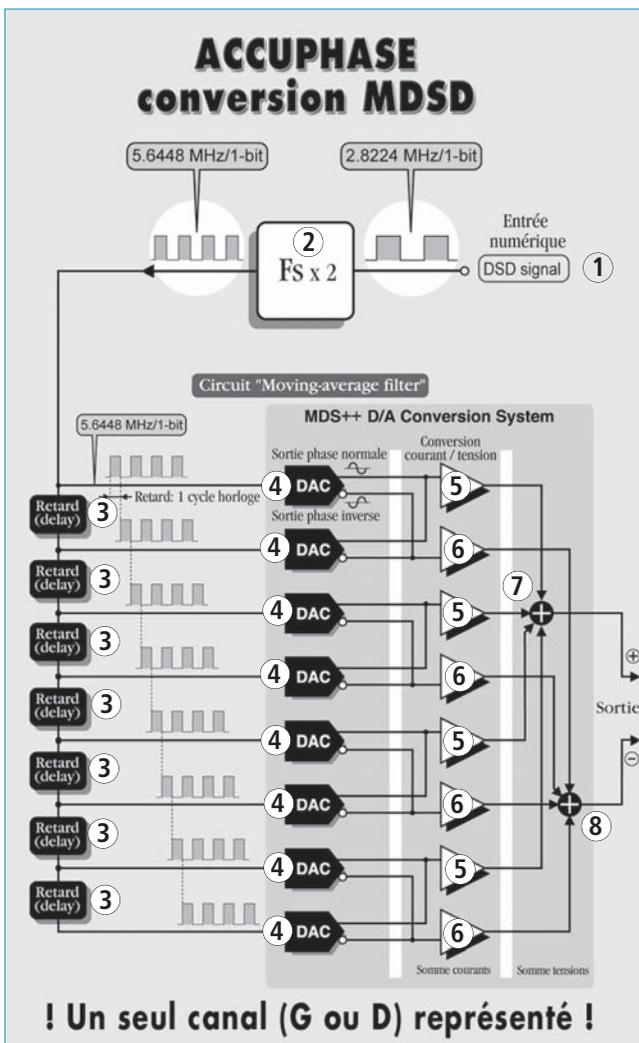
Les choses sont beaucoup plus simples pour le SACD. A l'enregistrement, le flux de données appelé DSD (pour "Direct Stream Digital") est gravé sur le disque sous sa forme native : 1 bit / 2,8224 MHz. A la lecture, on effectue une "simple" conversion 1 bit, puis un filtrage pour retrouver un signal analogique en haute définition. En effet, les caractéristiques du SACD (ou plutôt du signal DSD) sont telles, que la bande passante s'étend jusqu'à 100 kHz et que la définition est supérieure à celle d'un signal PCM issu d'un CD. Au niveau de la dynamique, on atteint 120dB théoriques, ce qui dépasse largement les possibilités du CD. On se retrouve, en fait, avec des caractéristiques similaires à ce que l'on obtient à partir d'un DVD audio où les données sont quantifiées sur 24 bits réels et échantillonnées à 192 kHz.



Différentes étapes (simplifiées) de traitement du signal, à l'enregistrement puis à la lecture, pour un CD et un SACD. Avec son flux DSD de type 1 bit / 2,8224 MHz, le SACD dispose d'une bande passante, d'une définition et d'une dynamique très supérieures au CD. En complément, le signal DSD subit beaucoup moins de traitements (décimation, interpolation, etc.) que le signal PCM du CD.

### Le système MDSD d'Accuphase

Le système de conversion MDSD (Multiple Double Speed DSD) mis au point par Accuphase est inédit et original. Plutôt qu'un long discours, nous vous proposons d'étudier ce système à l'aide du schéma ci-dessous, fourni par Accuphase, et quelques commentaires "explicatifs".



1 - Le signal, ou flux DSD arrive à l'entrée du circuit sous sa forme native : 1 bit / 2,8224 MHz.

2 - Le signal est suréchantillonné à deux fois sa fréquence de base ( $F_s$ ). La fréquence d'échantillonnage passe ainsi à 5,6448 MHz. Ce suréchantillonnage apporte les mêmes avantages qu'en conversion multi-bits avec un signal PCM (CD). Il permet de doubler la fréquence à laquelle intervient le filtre analogique en fin de traitement du signal, ce qui préserve la phase de toute rotation sensible dans la zone de fréquences audibles. En complément, le suréchantillonnage prépare le signal pour l'étape de traitement suivante : "Moving Average Filtering".

3 - Le signal numérique suréchantillonné passe successivement par une série de 7 étages "Delay" (explication un peu plus loin) qui occasionnent, chacun, un retard égal à 1 période de la fréquence d'échantillonnage (soit un retard d'un peu plus de 177 nanosecondes, la fréquence étant de 5.6448 MHz).

4 - Le signal initial (non retardé) et la sortie de chaque "ligne à retard" attaquent individuellement un double convertisseur N/A (ce qui fait un total de huit convertisseurs). Chaque convertisseur dispose de deux sorties : l'une en phase "absolue", l'autre en opposition de phase.

5 et 6 - Les huit convertisseurs sont associés deux à deux : les sorties en phase sont reliées entre elles et les sorties hors phase également.

Chaque regroupement de deux sorties attaque un étage de conversion du courant en tension (la sortie d'un convertisseur est un courant qui doit être converti en tension pour attaquer les étages analogiques finaux).

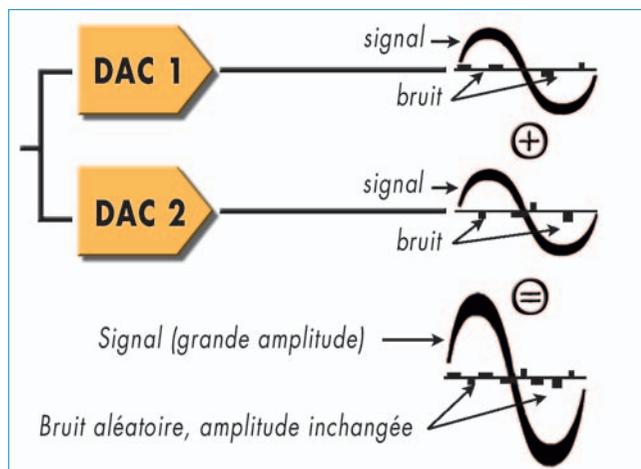
7 et 8 - Les tensions disponibles sont additionnées, avec quatre tensions en phase réunies entre elles d'un côté, et quatre tensions en opposition de phase réunies entre elles de l'autre côté.

Au final, on dispose d'un signal symétrique (un en phase, l'autre en opposition de phase) prêt à attaquer un étage de gain (préampli) et d'adaptation en impédance, après filtrage analogique (suppression des composantes hautes fréquences, lissage du signal).

### Le convertisseur MDS++

Le principe de conversion MDS++ (Multiple Delta Sigma) propre à Accuphase a été présenté en détails dans notre numéro 17 à l'occasion du test du lecteur intégré Accuphase DP-500.

Une conversion numérique / analogique s'effectue systématiquement avec un ajout de bruit (erreurs de conversion, etc.). Ce bruit est aléatoire, il n'est ni cyclique ni répétitif. Entre deux convertisseurs qui travaillent sur le même signal, le bruit est différent à chaque instant. Par conséquent, lorsqu'on utilise deux convertisseurs (simultanément) dont on associe les sorties, on obtient un signal utile de courant élevé (signaux additionnés) tandis que le bruit reste à un faible niveau (voir schéma ci-dessous).



La sommation des signaux issus des convertisseurs produit un signal "utile" de forte amplitude (addition des courants) tandis que l'amplitude du bruit aléatoire reste inchangée. Le rapport signal sur bruit et la dynamique augmentent.

