

## La transmission audio numérique et le lecteur CD

### 1. Transmission numérique du son

Dans une installation audio moderne ‘tout numérique’, la transmission audio numérique comporte, par rapport à la transmission analogique, deux avantages :

- Elle ne nécessite pas de convertisseurs N/A et A/N entre les deux appareils numériques interconnectés, et *a fortiori*, évite les dégradations du signal consécutives à des conversions A/N et N/A successives.
- Du fait d'une relative robustesse au bruit, les données reçues sont la copie parfaite des données transmises.

En revanche, comme la transmission numérique consiste en l'échange de nombres entre deux appareils, le récepteur doit être capable d'interpréter correctement la séquence codée par le transmetteur. La transmission numérique nécessite donc un protocole de communication.

Il existe plusieurs façons de transmettre de l'audio sous forme numérique. Certaines d'entre elles ont fait l'objet d'une normalisation, d'autres, adoptant des protocoles appartenant aux sociétés qui les ont introduites, se sont imposées par l'usage.

Cette première partie du labo se penche en particulier sur la transmission S/PDIF, normalisée en 1989 (IEC958 type II)<sup>1</sup> et revue en 1998 (IEC60958). Quelques informations sont ensuite fournies sur deux autres types de transmission particulièrement répandus : le standard AES3 (AES/EBU)<sup>2</sup> et l'ADI de la marque Alesis.

#### 1.1 La transmission S/PDIF

La transmission numérique S/PDIF (Sony / Philips Digital InterFace) est passée standard sur le matériel grand public. Bien qu'elle soit à l'origine l'œuvre des marques qui l'ont introduite, elle a été consacrée par plusieurs groupements de normalisation dont l'IEC et EAIJ<sup>3</sup>.

La transmission S/PDIF a été initialement développée pour transmettre deux canaux audio codés sur 16 ou 20 bits (extensible à 24 bits). C'est une transmission synchrone qui a lieu dans un sens seulement : du transmetteur vers le récepteur.

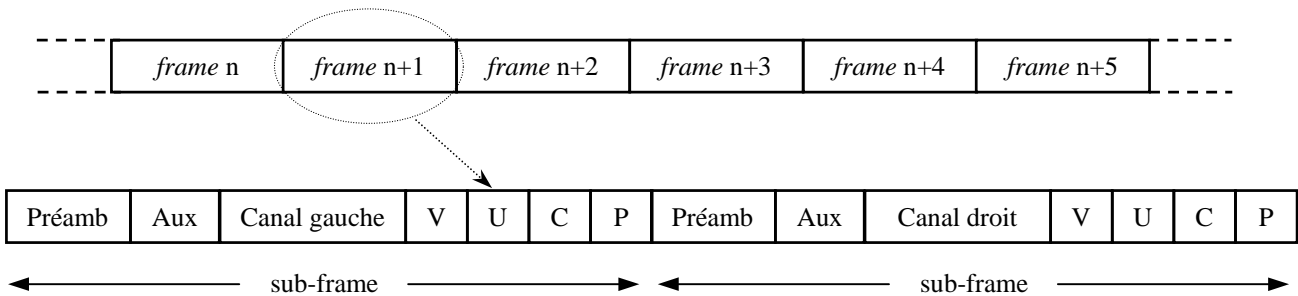
---

<sup>1</sup> IEC : International Electrotechnical Commission

<sup>2</sup> AES : Audio Engineering Society EBU : European Broadcasting Union

<sup>3</sup> EAIJ : Electronic Industries Association of Japan

Le flux de données est organisé en tranches fondamentales appelées *frames*. Le *frame* est constitué de deux *subframes* de 32 bits chacun, et comprenant pour l'un l'échantillon gauche courant, pour l'autre l'échantillon droit, ainsi que d'autres informations comme détaillé plus loin et à la figure 1. 192 *frames* consécutifs forment un *data-block*.

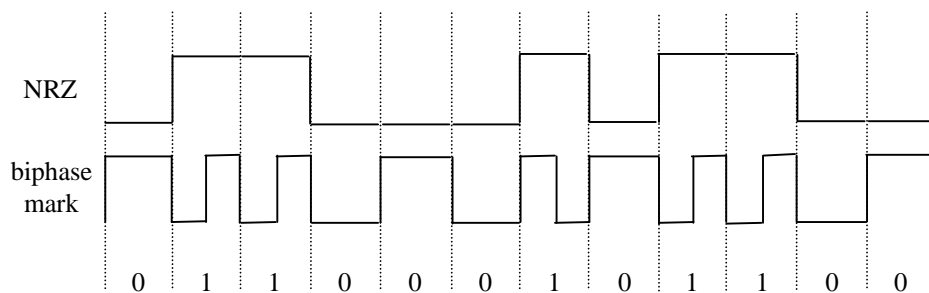


**Fig. 1 :** *Détail de l'organisation d'une transmission S/PDIF*

La figure 1 montre que les deux *subframes* ont la même structure :

- Un préambule (4 bits) indiquant le début du *subframe*,
- Un bloc de données auxiliaires (4bits),
- L'échantillon courant (20 bits en complément à 2, LSB transmis en premier, MSB aligné à droite contre le bit V),
- Enfin les 4 bits *Validity*, *User*, *Channel Status* et *Parity*.

Les bits ne sont pas transmis tels quels, mais sont au préalable codés par modulation *biphase mark*, laquelle, au lieu de coder les niveaux '0' et '1' par des tensions, code l'information au moyen d'inversions de phase. Dans la modulation *biphase mark*, chaque bit est délimité à gauche par une inversion de phase. Si le bit transmis est '1', une inversion de phase supplémentaire est générée au milieu de la période d'horloge.

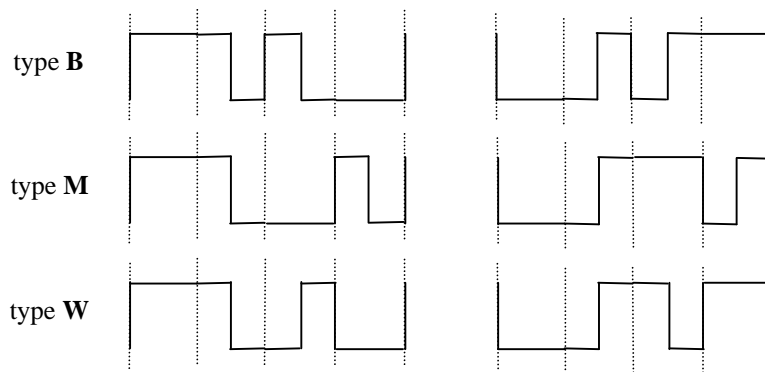


**Fig. 2 :** *Modulation biphase mark*

Comme le signal comporte toujours au moins une inversion de phase par bit transmis, le récepteur peut en extraire l'horloge d'encodage.

De plus, un signal encodé par modulation *biphase mark* est facilement synchronisé. En effet, le préambule, en violant la modulation *biphase mark*, identifie clairement le début du *subframe*. Il existe trois types de préambules (Fig.3) :

- type **B** : identifie le premier *subframe* (canal gauche) à l'intérieur un *data-block* de 192 *frames*.
- type **M** : identifie le canal gauche pour les autres *subframes* du bloc de 192 *frames*.
- type **W** : identifie le canal droit pour tous les *subframes*.



**Fig. 3 :** Motifs possibles pour le préambule. Chaque motif contient trois cellules successives au même niveau. Le préambule prend une des trois formes de gauche, si la dernière cellule du subframe précédent était à l'état bas, ou une des trois formes de droite sinon.

Le format des *auxiliary data* est libre. Quand les échantillons sont codés en 24 bits, les *auxiliary data* contiennent les 4 bits de poids faible.

Si le bit V est posé, il indique que l'échantillon transmis n'est pas propre à la conversion. Ce bit est typiquement posé par un lecteur CD qui rencontre des erreurs à la lecture d'une portion du disque.

L'utilisation du bit U est laissée libre. Le bit U peut servir à convoier le numéro ou le titre de plage.

Les 192 bits C d'un *data-block* sont successivement accumulés dans une structure de 24 bytes dont seuls les 4 premiers se voient à ce jour attribuer un sens, les 20 bytes restants étant réservés pour un usage futur. Le tableau 1 détaille l'utilisation faite des 4 premiers bytes de la structure *Channel Status*.

On notera en bref :

- Que le bit 0 PRO est toujours mis à 0 pour une transmission S/PDIF.
- Que le bit 1 Audio vaut 0 pour de l'audio PCM. Il peut valoir 1 pour la transmission d'audio comprimé AC3/MPEG.
- Que les bits Copy et L sont générés par le circuit SCMS (Serial Copy Management System), obligatoire sur les appareils grand public, et qui n'autorise que les copies numériques de la première génération.

Enfin, le *subframe* s'achève par la transmission d'un bit de parité P.

Au niveau hardware, la norme prévoit que le flux se fera :

- soit au travers d'un câble vidéo coaxial standard  $75 \Omega$  doté de connecteurs RCA ('cinch'), en mode asymétrique, min. 0,5V crête à crête, et sur une longueur de maximum 10 mètres.
- soit au travers d'une fibre optique de longueur inférieure à 15 mètres et dotée de prises Toslink.

### Manipulation:

- Branchez l'oscilloscope Tektronix sur une résistance de  $75 \Omega$  montée sur la sortie S/PDIF du lecteur CD.
- Appuyez sur le bouton 'Autoset'.

- Grâce au bouton '*Quickmenu*', vous accédez aux options de réglages les plus courantes. Dans le menu vertical affiché à l'écran, sélectionnez une bande passante de 20Mhz et l'option de couplage 'CA'.
- Pour faciliter la lecture du signal, sélectionnez un niveau de déclenchement hors de la zone du signal. Faites l'acquisition d'un échantillon du signal en appuyant sur '*Force trig*' puis directement sur '*Run/Stop*'.
- Repérez des '0' et de '1' codés par modulation biphase mark. Mesurez l'amplitude du signal S/PDIF crête à crête. Mesurez-en la période fondamentale et justifiez ce chiffre par un calcul simple. (Des marqueurs sont accessibles par le menu horizontal de l'écran : *Curseur -> barH* ou *barV*).
- Sélectionnez la base de temps 40µs, régler le '*waveform intensity*' sur une faible valeur et faites un zoom sur le signal (*icône loupe*). Réglez la base de temps de la portion zoomée pour avoir une vision claire du signal.
- Vérifiez que le bouton « delay » est désactivé et essayez de repérer le commencement d'un *data-block* par répétition de la combinaison '*Force Trig*' et '*Run/Stop*' en profitant des fonctions de déclenchement évoluées de l'oscilloscope : le déclenchement sur largeur d'impulsion (*Trigger menu → Type Front = impulsion → Classe Largeur = Largeur. Réglez le critère de déclenchement sur une valeur suffisante*). Si vous n'y parvenez pas, vous pouvez charger la sauvegarde d'une mesure antérieure (bouton gris '*ref*' puis menu écran *ref2*). Interprétez chaque champ dans chaque *subframe*, et reconstruisez la structure *Channel Status* jusqu'au 6<sup>ième</sup> bit.

Champ	Taille (bits)	Localisation	Description
PRO	1	bit 0	PRO = 0 identifie le S/PDIF
Audio	1	bit 1	Audio = 0 pour signifier que les données sont de l'audio
Copy	1	bit 2	Copy = 1 → copie autorisée
Emphasis	3	bits 3-5	000 : pas de pré-accentuation des aigus 100 : pré-accentuation 50/15 µs
Mode	2	bits 6-7	Détermine l'utilisation faite des 3 bytes suivants. Seul le mode 00 est défini actuellement.
Category	7	bits 8-14	Identifie l'origine de l'audio ex: 100 0000 Lecteur CD 100 1001 Lecteur MD 110 0000 Lecteur DAT
L	1	bit 15	bit SCMS
Source num.	4	bits 16-19	Numéro de la source
Channel num.	4	bits 20-23	Numéro de canal 0000: non-spécifié 1000: canal gauche (en mode stéréo) 0100: canal droit en mode stéréo
Fs	4	bits 24-27	Fréquence d'échantillonnage 0000 44.1 kHz 0100 48 kHz 1100 32 kHz
Clock acc.	2	bits 28-29	Précision de l'horloge

			00: 1000 ppm 01: variable 10: 50 ppm (haute précision)
Res.	2	bits 30-31	00 - Réservé

**Tabl.1 :** Contenu de la structure Channel Status

## 1.2 Le standard AES/EBU

Le standard AES3 – ou AES/EBU - pour la transmission de deux canaux audio a été proposé par le comité de standardisation de l’Audio Engineering Society en 1985. Il a été révisé pour la dernière fois en 2003. Contrairement aux normes IEC dont la consultation est payante, le texte actuel du standard AES3 est librement consultable sur internet à l’URL:

[http://www.aes.org/standards/b\\_pub/aes-standards-in-print.cfm](http://www.aes.org/standards/b_pub/aes-standards-in-print.cfm)

Ce standard est très semblable au S/PDIF dont il reprend l’organisation générale du flux de données et la modulation *biphase mark* décrite précédemment. L’AES3 ne se distingue du S/PDIF que par l’utilisation qu’il fait de la structure *Channel Status*, et par les dispositions prévues au niveau électrique.

Le texte du standard AES3-2003 prévoit 3 implémentations possibles du protocole:

- La première, dite minimale, consiste à poser le seul bit 0 PRO de la structure *Channel Status* à 1 pour identifier le protocole *a contrario* du S/PDIF. Tous les autres bits de la structure sont posés à 0. L’implémentation minimale, déconseillée par le comité de l’AES, impose que le récepteur connaisse toutes les caractéristiques du signal entrant (nombre de canaux, résolution, etc.).
- Le seconde, dite standard, requiert de compléter les 3 premiers bytes, ainsi que le dernier (24<sup>e</sup>) byte. Les 3 premiers bytes sont décrits en annexe. Le dernier byte est un code de correction d’erreur.
- Enfin, la troisième implémentation dite ‘enhanced’ (élargie), consiste simplement à dépasser le niveau ‘standard’.

Sur le plan électrique, le comité prévoit que la transmission se fera en mode symétrique, sur une longueur de maximum 100 mètres, au travers d’une paire de conducteurs blindés d’impédance 110  $\Omega$  et dotée de connecteurs XLR (prises ‘Canon’). L’amplitude du signal, mesurée sur une résistance de 110  $\Omega$  montée en sortie, vaut entre 2 et 7 V crête à crête. Les spécifications électriques du protocole AES3 sont compatibles avec la norme de communication série RS422.

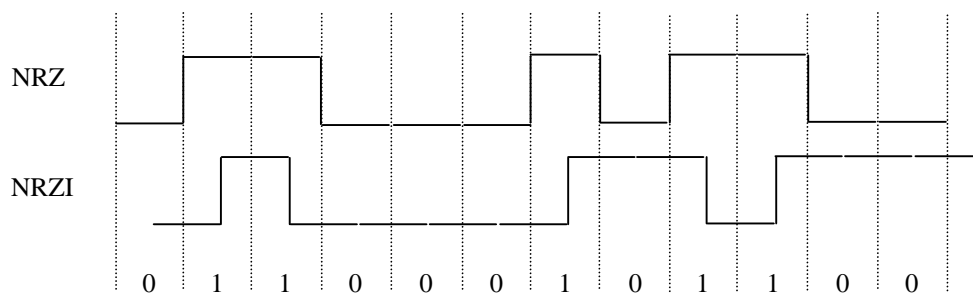
**Problème:** On souhaite copier un enregistrement transmis par AES3 sur un appareil MiniDisc grand public équipé d’une entrée S/PDIF seulement. Le niveau de tension du signal AES3 est, via un diviseur résistif, ramené à une valeur conforme aux spécifications S/PDIF, et l’enregistreur MiniDisc semble ignorer le bit PRO. La copie est-elle possible ?

## 1.3 Le format ADI de Alesis

Alesis s’est fait connaître au début des années 90 en commercialisant des enregistreurs numériques 8 pistes 16 bits sur bande vidéo S-VHS appelés ADAT (Alesis Digital Audio Tape). En plus de fournir une solution fiable et économique à l’enregistrement numérique, le système ADAT était modulable: il permettait d’associer jusqu’à 16 enregistreurs (1 ‘maître’ commandant 15 ‘esclaves’) pour enregistrer simultanément sur 128 pistes. Enfin, le système

ADAT offrait une implémentation du protocole ADI pour transmettre 8 voies d'audio numérique sur un unique canal physique, toujours optique. Le système ADAT est tombé aujourd'hui en désuétude. En revanche, le protocole ADI lui a survécu et reste largement répandu, y compris sur des équipements émanant de fabricants autres qu'Alesis.

Selon le protocole ADI, le flux de données est découpé en tranches de 256 bits appelées *frames*, et est encodé par modulation NRZI (Non Return to Zero Inverted – voir figure 4). Le *frame* est l'unité logique fondamentale du protocole ADI ; il renferme les échantillons courants des 8 voies, codés sur 24 bits, ainsi que des informations de synchronisation.



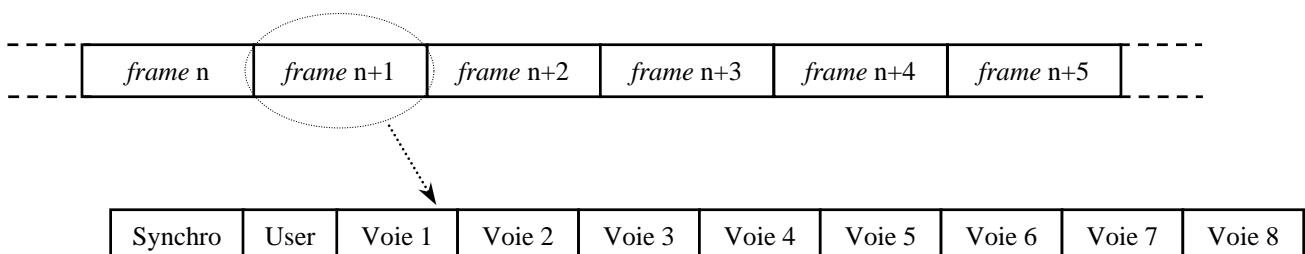
**Fig. 4:** Illustration de la modulation NRZI. Les bits 1 de la séquence originelle sont encodés par une inversion de niveau, et les bits 0 par un niveau inchangé.

Le *frame* comporte trois parties (voir fig. 5):

- Un bloc de synchronisation constitué de 10 'zéros' consécutifs suivis d'un 'un'. Ce bloc marque le début du *frame*.
- 4 *user bits* suivis d'un 'un'. L'utilisation des *users bits* est variable: numéro de prise, date, timecode etc...
- Les 8 échantillons codés sur 24 bits, LSB transmis en premier. Chaque échantillon est découpé et transmis par blocs de 4 bits, séparés par un 'un'.

On notera en particulier:

- L'absence de bit de parité et/ou de correction d'erreur.
- L'occurrence d'un 'un' au moins tous les 4 bits, sauf au sein du bloc de synchronisation, qui permet l'extraction d'une horloge du signal reçu.



**Fig. 5:** Détail d'un frame de transmission ADI

Exercice: Représentez graphiquement le *frame* ADI pour lequel les 4 premiers échantillons valent respectivement A7C912, B4207A, 081302 et 4D5FE8, les quatre derniers échantillons étant tous nuls. Les *user bits* seront pris tous nuls également.

## 2. Le lecteur CD

La deuxième partie du laboratoire propose une visite guidée de l'électronique d'un lecteur CD Philips CD880. Dans cet appareil de construction assez ancienne (milieu des années '80), les diverses fonctions nécessaires au décodage des données du CD sont réparties entre plusieurs circuits spécialisés (la tendance actuelle est de concentrer toutes les fonctions dans un même circuit). Le but de ce labo va consister à relever et interpréter quelques signaux typiques. Il ne sera probablement pas possible d'effectuer toutes les manipulations proposées dans le temps imparti. Il est demandé de réaliser la manipulation 1, ainsi qu'au moins une autre manipulation, au choix. Les étudiants qui expérimentent – volontairement ou involontairement – les courts-circuits seront sanctionnés sur-le-champ !

Trois circuits, repérés par les étiquettes '1', '2', et '3', participent au recouvrement des données et à leur restitution sous forme analogique (fig.6):

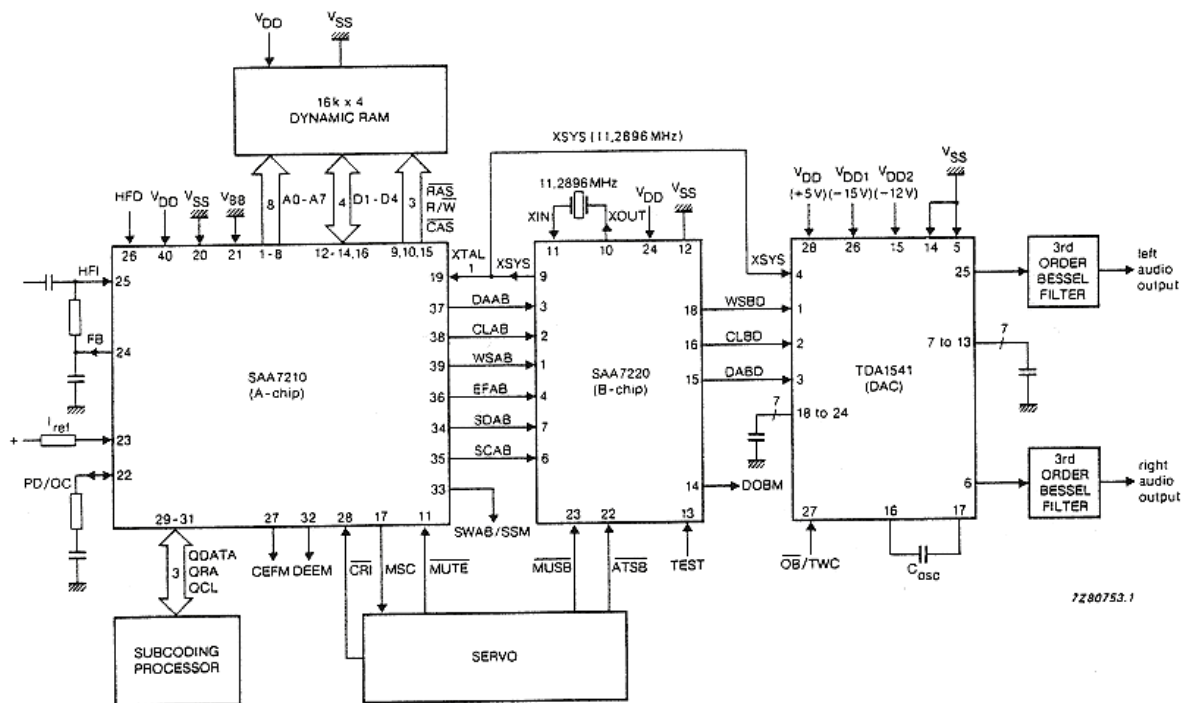


Fig. 6: Schéma bloc de l'électronique du lecteur CD880 (source: Philips SAA7220 Datasheet)

- Le SAA7210, qui reçoit en entrée le signal RF en provenance de l'unité laser. Ce circuit repère le début de chaque trame, réalise le décodage EFM, sépare l'audio du *subcode*, désentrelace les échantillons, procède à la correction d'erreurs et contrôle la vitesse de rotation du CD. Le SAA7210 est relié à une mémoire de travail externe de taille 16k x 4 bits (NEC D41416).
- Le SAA7220 prend en entrée l'audio et le *subcode* traités par le SAA7210. Il effectue une interpolation pour les échantillons qui n'ont pu être corrigés, prépare un flux d'audio numérique au format S/PDIF, sur-échantillonne (*oversampling*) et réalise un filtrage



passé-bas FIR sur l'audio qu'il transfère au format I<sup>2</sup>S<sup>4</sup> à destination du convertisseur N/A

- Enfin, le convertisseur stéréo 16 bits TDA1541A en sortie duquel l'audio analogique est une dernière fois filtrée avant d'être disponible sur les prises RCA à l'arrière de l'appareil.

## 2.1 Rappel préliminaire

La trame est l'unité fondamentale d'organisation des données sur un CD (voir fig. 8.10 p. 240 dans les notes de cours). Elle est constituée de 588 bits répartis en six champs:

- Le champ *Sync* de 27 bits. Ce champ ne contient pas d'information, mais seulement un mot identifiant sans équivoque possible le début de la trame.
- Le champ *Subcode* comprenant les 8 bits P, Q, R, S, T, U, V et W. Seuls les deux bits P et Q sont utilisés sur un CD audio. Les 6 autres bits valent toujours 0.
- Deux champs *Data* contenant chacun 96 bits d'audio PCM.
- Deux champs *Parity* de 32 bits chacun, utiles au système de correction des erreurs.

A l'exception du champ *Sync*, toute la trame a été encodée selon la modulation EFM qui substitue des symboles de 14 bits aux symboles de 8 bits. De plus, chaque symbole est suivi de 3 bits dits *merging bits* choisis de façon à réduire la composante continue du signal.

Au total, la longueur d'une trame vaut bien 588 bits:

$$27 + (8 + 2 \times 96 + 2 \times 32) \cdot \frac{14 + 3}{8} = 588$$

## 2.2 Le signal RF

C'est le signal recueilli par l'unité laser. La figure 7 ci-dessous illustre la relation existant entre les inscriptions sur le disque et le signal RF.

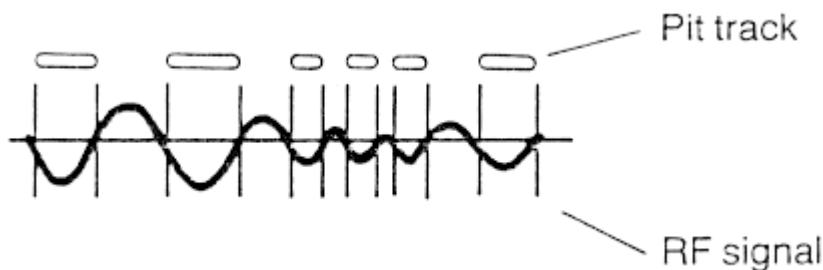


Fig. 7: Le signal RF

### Manipulation 1:

- Branchez l'oscilloscope numérique Tektronix sur la sonde marquée 'RF'. Réglez l'oscilloscope de façon qu'il déclenche sur le flanc montant du signal.
- En vous reportant au principe de la modulation EFM, interprétez l'allure du signal.
- Observez que le signal sur l'écran est relativement flou. Pourquoi?

## 2.3 Démodulation EFM et contrôle de la vitesse de rotation du disque

---

<sup>4</sup> I<sup>2</sup>S: Inter IC Sound

Le circuit SAA7210 convertit dans un premier temps le signal RF en un signal NRZI, puis en un signal NRZ. Les 27 bits du bloc de synchronisation, de même que les *merging bits*, sont écartés du signal et ignorés dans la suite du traitement. Les 33 mots de 14 bits sont alors démodulés, c à d, reconvertis en symboles de 8 bits. Les bits de *subcode* sont transférés vers l'unité *ad hoc*, cependant que les données relatives à l'audio sont stockées dans la RAM externe. Cette RAM fonctionne comme un buffer FIFO lu par l'unité de correction d'erreurs à un taux constant directement lié à la vitesse d'échantillonnage de 44100 Hz.

C'est ici qu'intervient l'unité de contrôle de la vitesse de rotation du disque : cette unité doit faire en sorte que la RAM soit en permanence à moitié pleine. Si le taux de remplissage de la RAM est inférieur à 50 %, l'unité informe le servo qu'il doit augmenter la vitesse de rotation du disque. Si au contraire le taux de remplissage est supérieur à 50 %, l'unité demande au servo de ralentir la rotation du disque.

Le signal envoyé par l'unité de contrôle à destination du servo est disponible sur la pin 17 (MSC – *Motor Speed Control*) du circuit SAA7210. Il s'agit d'un signal PWM de 88 kHz dont le facteur d'utilisation varie autour de 50 %<sup>5</sup>.

### Manipulation 2 :

- Connectez l'oscilloscope sur la pin MSC. Relevez les caractéristiques du signal PWM. Observez que ce signal fluctue continuellement autour d'une valeur centrale.
- Ralentissez la rotation du CD en appuyant *délicatement* le bout du doigt contre la tranche du disque. Qu'observez-vous ? Expliquez.

## 2.4 Le subcode

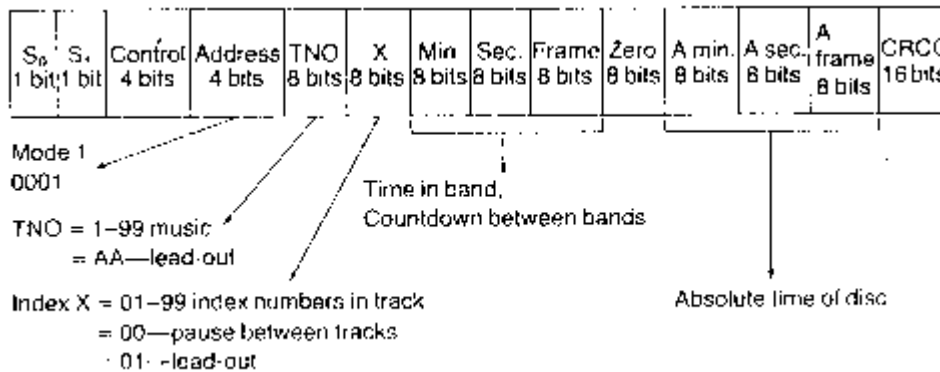
Comme mentionné précédemment, seuls les bits P et Q du *subcode* se voient attribuer une signification dans le cadre du CD audio.

Le bit P sert à délimiter les plages présentes sur le disque. Il vaut 1 pendant les temps de silence séparant les différentes plages, et vaut 0 partout ailleurs (abstraction faite du *lead-out*). Ce bit est généralement ignoré par les lecteurs CD.

Les valeurs successives du bit Q sont accumulées dans une structure de 98 bits renouvelée 75 fois par seconde et illustrée à la figure 8.

---

<sup>5</sup> La procédure de contrôle de la vitesse a été volontairement simplifiée. La RAM est en fait séparée en deux zones distinctes. Les données transitent une première fois dans la RAM avant leur traitement par le bloc C1 de correction d'erreurs. C'est à ce niveau qu'intervient le contrôle de vitesse. En sortie du bloc C1, les données sont stockées dans la seconde zone où elles sont désentrelacées, avant d'être prises en charge par le second bloc C2 de correction d'erreurs. Chaque adresse de la RAM contient un mot de 8 bits accolé à deux flags d'erreur, soit 10 bits par adresse.



**Fig. 8 :** Organisation possible pour la structure de subcode Q

Cette structure est constituée :

- Des deux bits  $S_0$  et  $S_1$  utiles à la synchro seulement.
- Du champ *Control* de 4 bits.
- Du champ *Address* de 4 bits également.
- De neuf champs de 8 bits explicités plus loin.
- Enfin, de 16 bits pour la détection et la correction d'erreurs à l'intérieur de la structure.

La signification du champ *Control* est donnée dans le tableau 2 ci-dessous. Le champ *Address* indique comment il faut interpréter les champs suivants. En effet, la structure Q peut prendre plusieurs formes, et seule celle correspondant au *Mode 1* (*Address* = 0001) sera étudiée au cours de ce laboratoire.

Bit du champ <i>Control</i>	Signification
bit 0	0 : 2 canaux
	1 : 4 canaux
bit 1	0 : Contenu audio
	1 : Contenu Data
bit 2	0 : Copie interdite
	1 : Copie autorisée
bit 3	0 : Pas de pré-accentuation des aigus
	1 : Pré-accentuation des aigus

**Tabl. 2:** Signification des différents bits du champ *Control*

Dans le *Mode 1*, le champ *TNO* (*Track Number*) indique le numéro de plage courante, le champ *X* permet de repérer jusqu'à 99 index par plage, les trois champs *Min*, *Sec*, *Frame* indiquent le temps écoulé depuis le début de la plage, et enfin les trois champs *Amin*, *Asec* et *Aframe* (*Absolute Time*) donnent le temps écoulé depuis le début du disque. Ce sont ces informations de la structure Q qui permettent au lecteur de renseigner à tout moment du numéro de plage ainsi que du temps écoulé.

Le circuit SAA7210 transfère le *subcode* d'une part à destination du SAA7220 (qui en a besoin pour l'encodage du signal S/PDIF) et d'autre part à destination du microcontrôleur central, à la demande de ce dernier.

Trois pins du SAA7210 servent à la communication avec le microcontrôleur central (fig. 9).

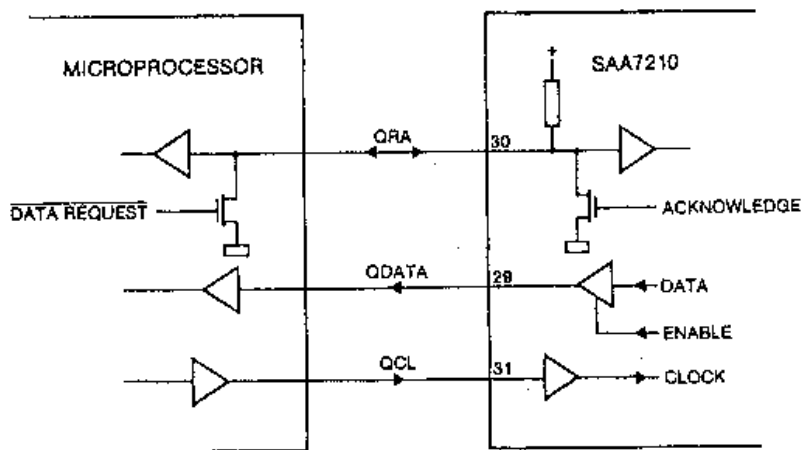


Fig. 9 : Connexions pour le transfert du subcode (source : SAA7210)

Le signal QRA (*Q Request/Acknowledge*) est normalement maintenu à l'état bas par le microcontrôleur. Lorsque celui-ci requiert des données du *subcode*, il relâche la pin et le signal passe à l'état haut du fait de la résistance de pull-up interne au SAA7210 présente à la figure 9. Le SAA7210 à son tour abaisse le signal QRA quand il est prêt à transmettre. A ce stade, deux suites pour la procédure sont possibles :

- Soit le microcontrôleur envoie le signal d'horloge sur lequel le SAA7210 va synchroniser la transmission. Le SAA7210 permet au signal QRA de retourner à l'état haut quand il détecte le premier flanc de l'horloge. Le microcontrôleur n'est pas tenu d'accepter les 80 bits de *subcode*. Il lui est loisible d'interrompre à tout moment la transmission. Pour cela, il lui suffit de rabaisser le signal QRA pour informer le SAA7210 qu'il dispose d'assez de données (fig. 10).

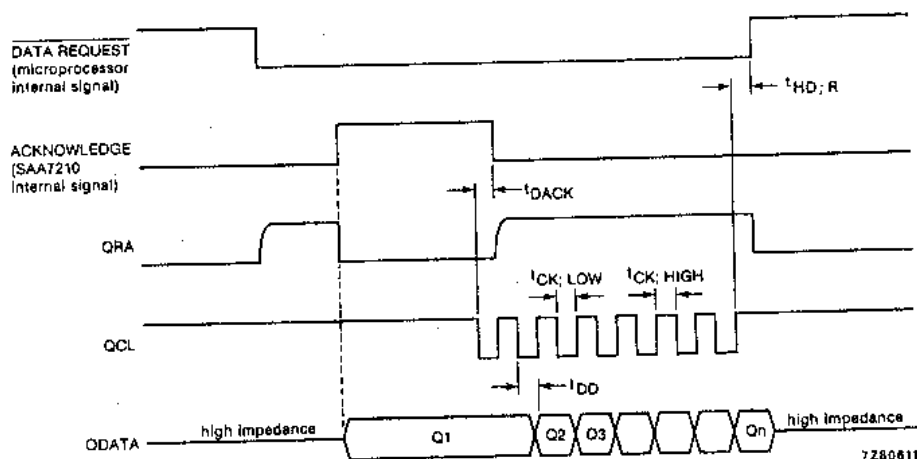


Fig. 10 : Transmission du subcode en mode 'normal' (source : Datasheet SAA7210)

- Si le microcontrôleur est occupé par d'autres tâches et ne peut poursuivre la communication avec le SAA7210, celui-ci, au bout d'environ 10 ms, redresse le signal QRA, et l'abaisse une nouvelle fois 3 ms plus tard pour signifier qu'il a rafraîchi les informations de *subcode*. Si le microcontrôleur peut accepter les données, il envoie l'horloge de communication et la procédure s'achève comme au paragraphe précédent. Si en revanche le microcontrôleur est toujours occupé par d'autres tâches, le SAA7210 rafraîchit à nouveau les données *subcode* comme décrit ci-dessus (voir fig. 11).

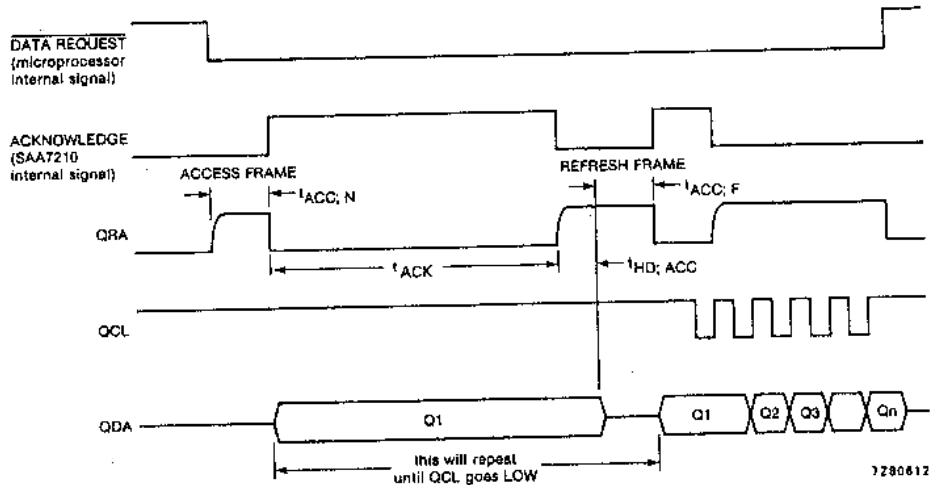


Fig. 11 : Transmission du subcode en mode 'refresh'

### Manipulation 3 : Le bit Q

- Lisez la première plage du CD fourni (Lexicon). La première plage est en fait un fichier PDF. Le lecteur indique 'data' en lieu et place des numéros de plage et d'index. Expliquez.
- Observez simultanément à l'oscilloscope le signal QRA et un des signaux QCL (*Q Clock*) ou QDA (*Q Data*). Relevez les signaux et expliquez.

## 2.5 Les ultimes traitements avant la conversion

A ce stade, les données quittent définitivement le circuit SAA7210 pour parvenir au SAA7220 d'architecture plus simple. Six signaux sont envoyés du SAA7210 à destination du SAA7220 (fig. 6) :

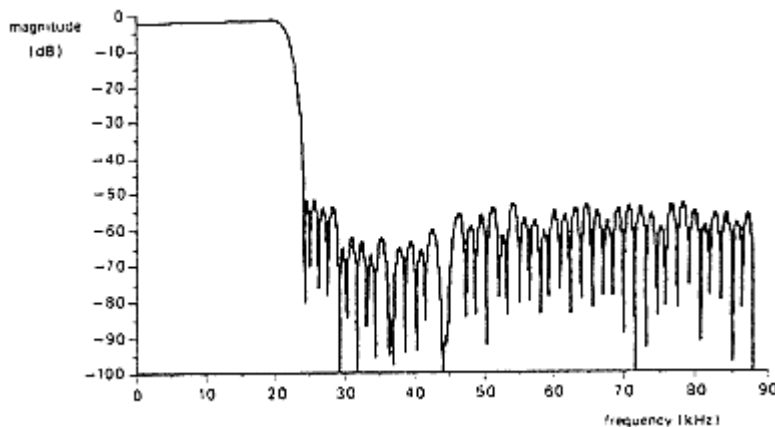
- D'une part les signaux DAAB (*Data*), CLAB (*Clock*), WSAB (*Word Select*) et EFAB (*Error Flag*). Ces signaux contiennent dans l'ordre l'audio (par mots de 16 bits), l'horloge qui les synchronise, l'information gauche/droite, et enfin l'indication éventuelle d'erreurs non-corrigées.
- D'autre part les signaux SDAB (*Subcode Data*) et SCAB (*Subcode Clock*) grâce auxquels transite le subcode.

Le SAA7220 va s'acquitter des tâches suivantes :

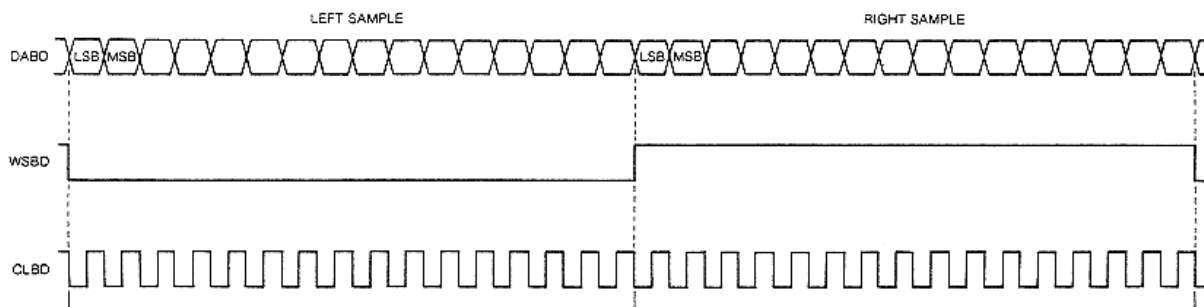
- Interpolation des échantillons marqués erronés, jusqu'à un maximum de 8 échantillons consécutifs. S'il dénombre plus de 8 échantillons erronés, il procède à une mise en sourdine (*mute*) progressive.
- Codage d'un flux d'audio numérique au format S/PDIF (avant filtrage !).

- Interpolation pour le sur-échantillonnage et filtrage passe-bas par un filtre FIR transversal par canal. Les deux filtres sont identiques, et sont définis par 60 coefficients stockés dans une ROM interne au SAA7220. Du fait de la symétrie de la réponse impulsionnelle du filtre passe-bas (de type  $\sin(x)/x$ ), la ROM est parcourue deux fois, et la longueur du filtre FIR résultant est de 120 termes. La figure 12 ci-dessous donne la réponse en fréquence des deux filtres.

Ces opérations effectuées, le SAA7220 transfère les données audio vers le convertisseur N/A. Le format utilisé pour cette communication est l'I<sup>2</sup>S, qui nécessite trois signaux : les données proprement dites, transmises sériellement, l'horloge, et un signal dit *word select* qui permet d'identifier les canaux gauche et droit. Dans le cadre du lecteur CD étudié, ces signaux ont été respectivement nommés DABD, CLBD et WSBD. Bien que l'I<sup>2</sup>S soit un protocole propriétaire de Philips, il est très répandu en électronique audio pour le transfert de deux canaux entre deux circuits intégrés. L'I<sup>2</sup>S est notamment présent sur les cartes d'évaluation des dsp Motorola détenues par le département, entre le dsp lui-même et le codec. La figure 13 illustre l'allure générale d'une transmission I<sup>2</sup>S.



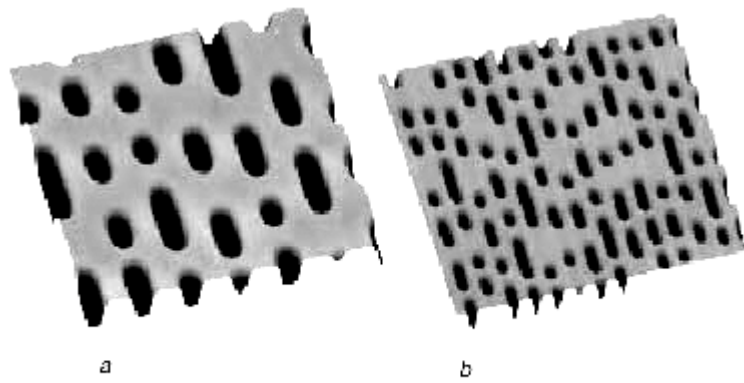
**Fig. 12 :** Réponse en fréquence du filtre FIR passe-bas du SAA7220 (source : Datasheet SAA7220)



**Fig. 13 :** Illustration du protocole I<sup>2</sup>S. L'échantillon est en retard d'un cycle d'horloge par rapport au flanc du signal 'word select'(source : Datasheet SAA7220)

#### Manipulation 4 :

- Connectez l'oscilloscope sur deux des pins du SAA7220 dédiées à l'I<sup>2</sup>S.
- Quelle est la fréquence de l'horloge ? Déduisez-en le taux de sur-échantillonnage.



*TappingMode AFM perspective images of a) CD disc and (b) DVD disc.  
10 $\mu$ m scans.*

Byte 0

bit	0	Use of channel status block
state	0	Consumer use of channel status block (see note).
	1	Professional use of channel status block.

bit	1	Linear PCM identification
state	0	Audio sample word represents linear PCM samples.
	1	Audio sample word used for purposes other than linear PCM samples.

bits	2 3 4	Audio signal emphasis
states	0 0 0	Emphasis not indicated. Receiver defaults to no emphasis with manual override enabled.
	1 0 0	No emphasis. Receiver manual override is disabled.
	1 1 0	50 $\mu$ s + 15 $\mu$ s emphasis. Receiver manual override is disabled.
	1 1 1	International Telecommunication Union (ITU-T) J.17 emphasis (with 6,5-dB insertion loss at 800 Hz). Receiver manual override is disabled
	All other states of bits 2 to 4 are reserved and are not to be used until further defined.	

bit	5	Lock indication
state	0	Default. Lock condition not indicated.
	1	Source sampling frequency unlocked.

bits	6 7	Sampling frequency
states	0 0	Sampling frequency not indicated. Receiver default to interface frame rate and manual override or auto set is enabled.
	0 1	48-kHz sampling frequency. Manual override or auto set is disabled.
	1 0	44,1-kHz sampling frequency. Manual override or auto set is disabled.
	1 1	32-kHz sampling frequency. Manual override or auto set is disabled.

NOTE 1 The significance of byte 0, bit 0 is such that a transmission from an interface conforming to IEC 60958-3 consumer use can be identified, and a receiver conforming only to IEC 60958-3 consumer use will correctly identify a transmission from a professional-use interface as defined in this standard. Connection of a professional-use transmitter with a consumer-use receiver or vice versa might result in unpredictable operation. Thus the following byte definitions only apply when bit 0 = logic 1 (professional use of the channel status block).

NOTE 2 The indication of sampling frequency, or the use of one of the sampling frequencies that can be indicated in this byte, is not a requirement for operation of the interface. The 00 state of bits 6 to 7 may be used if the transmitter does not support the indication of sampling frequency, the sampling frequency is unknown, or the sample frequency is not one of those that can be indicated in this byte. In the latter case for some sampling frequencies byte 4 may be used to indicate the correct value.

NOTE 3 When byte 1, bits 1 to 3 indicate single channel double sampling frequency mode then the sampling frequency of the audio signal is twice that indicated by bits 6 to 7 of byte 0.



## Byte 1

bits	0 1 2 3	Channel mode
states	0 0 0 0	Mode not indicated. Receiver default to two-channel mode. Manual override is enabled.
	0 0 0 1	Two-channel mode. Manual override is disabled.
	0 0 1 0	Single-channel mode (monophonic). Manual override is disabled.
	0 0 1 1	Primary-secondary mode, subframe 1 is primary. Manual override is disabled.
	0 1 0 0	Stereophonic mode, channel 1 is left channel. Manual override is disabled.
	0 1 0 1	Reserved for user-defined applications.
	0 1 1 0	Reserved for user-defined applications.
	0 1 1 1	Single channel double sampling frequency mode. Sub-frames 1 and 2 carry successive samples of the same signal. The sampling frequency of the signal is double the frame rate, and is double the sampling frequency indicated in byte 0, but not double the rate indicated in byte 4, if that is used. Manual override is disabled. Vector to byte 3 for channel identification.
	1 0 0 0	Single channel double sampling frequency mode – stereo mode left. Sub-frames 1 and 2 carry successive samples of the same signal. The sampling frequency of the signal is double the frame rate, and is double the sampling frequency indicated in byte 0, but not double the rate indicated in byte 4, if that is used. Manual override is disabled.
	1 0 0 1	Single channel double sampling frequency mode – stereo mode right. Sub-frames 1 and 2 carry successive samples of the same signal. The sampling frequency of the signal is double the frame rate, and is double the sampling frequency indicated in byte 0, but not double the rate indicated in byte 4, if that is used. Manual override is disabled.
	1 1 1 1	Multichannel mode. Vector to byte 3 for channel identification.
All other states of bits 0 to 3 are reserved and are not to be used until further defined.		

bits	4 5 6 7	User bits management
states	0 0 0 0	Default, no user information is indicated.
	0 0 0 1	192-bit block structure. Preamble Z indicates the start of block.
	0 0 1 0	Reserved for the AES18 standard.
	0 0 1 1	User defined.
	0 1 0 0	User data conforms to the general user data format defined in IEC 60958-3.
	0 1 0 1	Reserved for metadata
	All other states of bits 4 to 7 are reserved and are not to be used until further defined.	

2003-09-09 printing

## Byte 2

bits	0 1 2	Use of auxiliary sample bit
states	0 0 0	Maximum audio sample word length is 20 bits (default). Use of auxiliary sample bits not defined
	0 0 1	Maximum audio sample word length is 24 bits. Auxiliary sample bits are used for main audio sample data
	0 1 0	Maximum audio sample word length is 20 bits. Auxiliary sample bits in this channel are used to carry a single coordination signal. See note 1
	0 1 1	Reserved for user defined applications.
	All other states of bits 0 to 2 are reserved and are not to be used until further defined	

NOTE 1 The signal coding used for the coordination channel is described in Annex A.

bits	3 4 5	Encoded audio sample word length of transmitted signal. See notes 2, 3, and 4	
		Audio sample word length if maximum length is 24 bits as indicated by bits 0 to 2 above.	Audio sample word length if maximum length is 20 bits as indicated by bits 0 to 2 above.
states	0 0 0	Word length not indicated (default).	Word length not indicated (default).
	0 0 1	23 bits	19 bits
	0 1 0	22 bits	18 bits
	0 1 1	21 bits	17 bits
	1 0 0	20 bits	16 bits
	1 0 1	24 bits	20 bits
	All other states of bits 3 to 5 are reserved and are not to be used until further defined.		

bits	6 7	Indication of alignment level
states	0 0	Alignment level not indicated
	0 1	Alignment to SMPTE RP155, alignment level is 20 dB below maximum code.
	1 0	Alignment to EBU R68, alignment level is 18.06 dB below maximum code.
	1 1	Reserved for future use.

NOTE 2 The default state of bits 3 to 5 indicates that the number of active bits within the 20-bit or 24-bit coding range is not specified by the transmitter. The receiver should default to the maximum number of bits specified by the coding range and enable manual override or automatic set.

NOTE 3 The nondefault states of bits 3 to 5 indicate the number of bits within the 20-bit or 24-bit coding range which might be active. This is also an indirect expression of the number of LSBs that are certain to be inactive, which is equal to 20 or 24 minus the number corresponding to the bit state. The receiver should disable manual override and auto set for these bit states.

NOTE 4 Irrespective of the audio sample word length as indicated by any of the states of bits 3 to 5, the MSB is in time slot 27 of the transmitted subframe as specified in 4.1.1.

2003-09-09 printing