

Reproduction sonore cinématographique (1^{ère} partie)

La reproduction sonore dans les salles de cinéma a connu ces dernières années des évolutions fondamentales, dans ses principes technologiques, dans son approche économique et dans sa perception artistique. Nous nous proposons ici de faire le point sur l'état des technologies et de leur mise en oeuvre. Pour un descriptif complet des technologies utilisées au fil du temps, nous vous renvoyons au livre de Claude Lerouge (*Sur 100 années, le cinéma sonore* - Ed Dujarric).

La chaîne sonore cinématographique en diffusion

Le schéma suivant indique les éléments constitutifs des équipements composant la chaîne sonore cinématographique d'une salle de cinéma. Sont exposés ici les principes généraux, qui seront ensuite déclinés selon les applications.

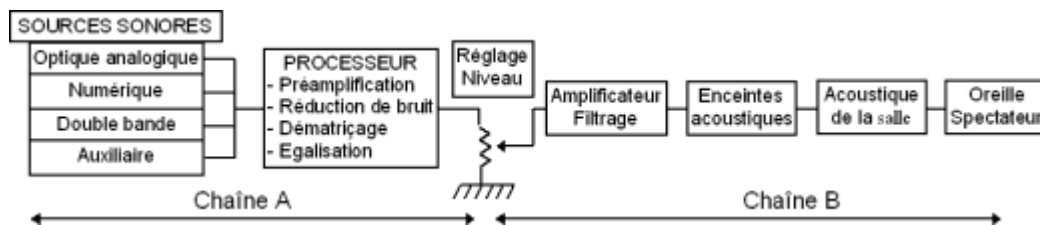


Fig. 1 : La chaîne sonore cinématographique

Avant de développer ces éléments, il est bon de rappeler que cette chaîne sonore de diffusion vient à la suite d'une chaîne sonore de "création", intégrant le travail de nombreux intervenants, tels ingénieurs du son, repiqueurs, mixeurs, laboratoires. Nous étudierons dans un prochain dossier les liens nécessaires qui doivent exister entre tous, afin de garantir aux spectateurs l'écoute de ce qu'a voulu le réalisateur ou l'ingénieur du son.

Les sources sonores

Le son

La diffusion sonore, c'est la transmission jusqu'à l'oreille humaine d'informations captées en d'autres unités de lieu et de temps. Les informations sonores peuvent être définies par trois critères physiques : la hauteur (la fréquence, exprimée en Hertz - Hz), le timbre (la combinaison de plusieurs fréquences) et le niveau sonore, exprimé en dB. Tout système de transmission du son devra être le plus fiable possible, c'est à dire reproduire l'original, dans les limites de ce que l'oreille humaine peut entendre, à savoir : les fréquences de 20 Hz à 20 kHz, les niveaux sonores de 0 dB (seuil d'audibilité) à 120 dB (seuil de douleur).

Les technologies

Le cinématographe utilise aujourd'hui deux technologies pour la restitution sonore :

L'enregistrement analogique (le signal électrique est directement proportionnel au signal sonore)

L'enregistrement numérique (le signal est échantillonné - sa valeur est relevée tous les x fractions de seconde ; puis il est quantifié - chaque valeur échantillonnée est évaluée en fonction d'une échelle de référence,

puis exprimée en un nombre binaire de 0 et de 1). En cinématographie, le nombre d'échantillons est de 44100 par seconde (44,1 kHz) et la quantification se fait sur 2^{16} niveaux, soit 65536 valeurs de niveaux de quantification (voir schémas 2 et 3).

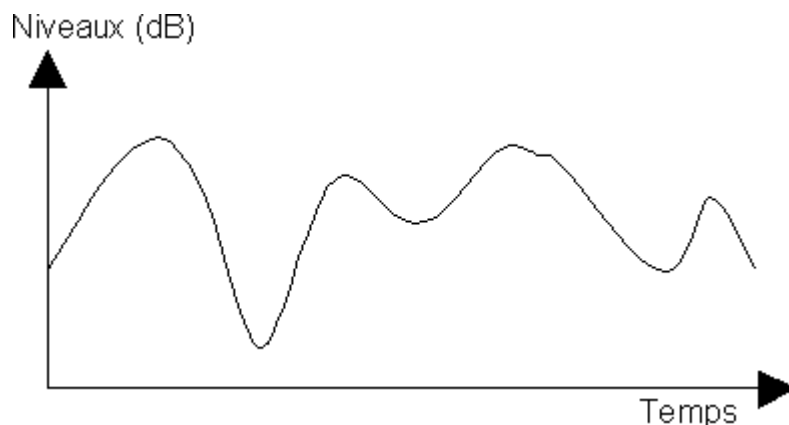


Fig. 2 : Signal analogique en fonction du temps

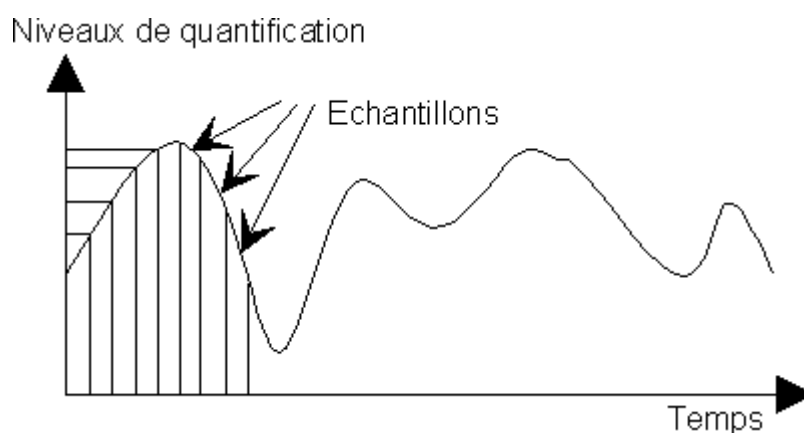


Fig. 3 : Echantillonnage et quantification

Les supports

En diffusion vers le public, le **son analogique** peut être enregistré sur le support photographique (dit "chimique"), la pellicule de la copie. Il peut également être placé sur un support annexe, le plus souvent une bande magnétique dont le lecteur est synchronisé avec le projecteur (avant-première, projections spéciales).

Le **son numérique** peut être enregistré sur le support photographique, ou sur un support externe (bande magnétique, cd-rom) synchronisé avec le projecteur au moyen d'un code temporel.

L'**enregistrement optique analogique** utilise le principe de l'élongation variable. Le niveau du signal sonore est proportionnel à la largeur du signal sur la piste. Ce signal peut être composé d'une seule piste ou de deux pistes identiques (signal mono), ou de deux pistes matricées (stéréo).

L'**enregistrement numérique photographique** utilise soit les manchettes (procédé Sony SDDS), soit la zone entre perforations côté piste analogique (procédé Dolby SR-D).

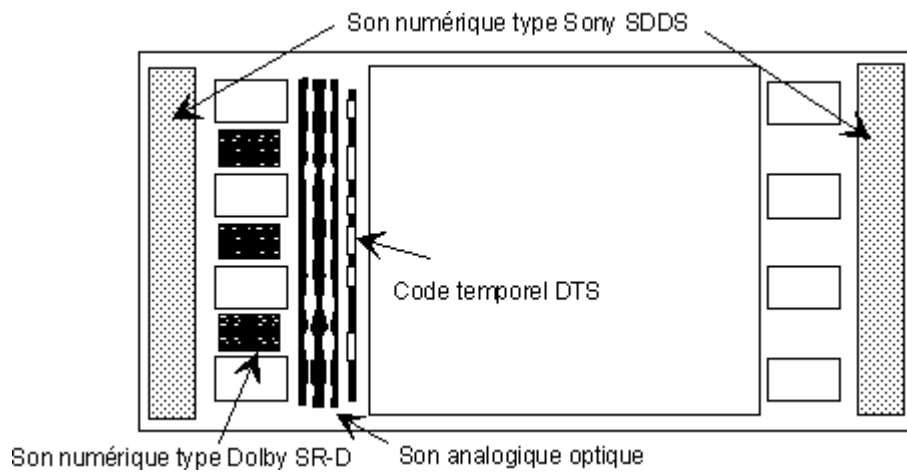


Fig. 4 : Les pistes sonores associées au film

L'enregistrement numérique sur support externe (CD-Rom) place un code temporel de synchro entre la piste optique analogique et l'image (procédé DTS).

Les lecteurs sonores

Le lecteur optique analogique

La lecture des **pistes optiques analogiques** se fait au travers de lecteur comme décrits en fig. 5. Ces lecteurs peuvent être de deux types : à fente projetée (on projette l'image d'une fente mécanique sur la piste pour analyser celle-ci) ; à piste projetée (on projette l'image de la piste sonore sur une fente mécanique). Dans les deux cas, on utilise une cellule de type "solar" pour transformer l'énergie lumineuse, proportionnelle au signal, en énergie électrique.

Les nouveaux lecteurs, appelés "Reverse Scan", sont de type à piste projetée. La source lumineuse n'est plus une lampe à filament, mais une barrette de diodes permettant d'améliorer l'uniformité d'éclairage. Les résultats qualitatifs sont nettement améliorés par rapport aux lecteurs traditionnels.

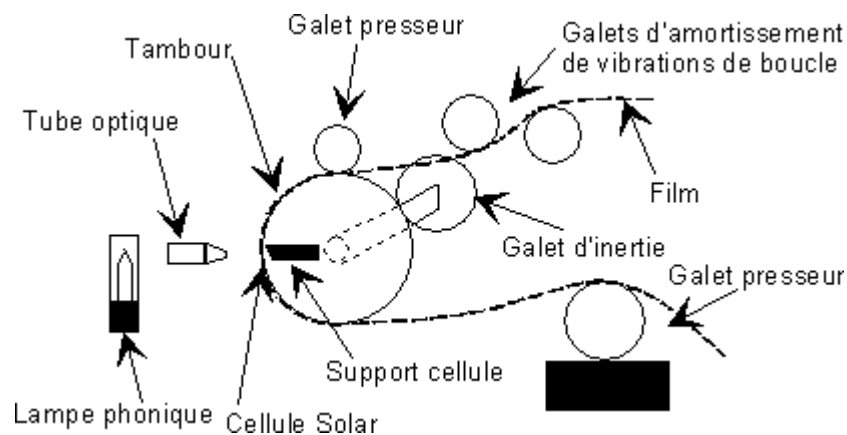


Fig. 5 : Lecteur analogique

Ces lecteurs, à diodes rouges, sont compatibles avec les pistes non empâtées suggérées par les fabricants de pellicule et les laboratoires.

Les lecteurs numériques

Le DTS synchronise le lecteur de cd-rom avec le film au moyen d'un code temporel. Ce code est couché sur la pellicule, entre la piste sonore analogique et l'image (voir Fig. 4). Cette piste étant de type photographique analogique, le lecteur est du même type (lampe, tube optique, cellule solar).

Les pistes numériques photographiques de Dolby et de SDDS sont composées d'une multitude de points noirs ou blancs. Il s'agit donc d'analyser ces lignes de points noirs et blancs. Pour cela, on utilise le principe du CCD. Une source lumineuse de forte puissance éclaire la piste, et projette son image au travers d'un condenseur sur une barrette CCD qui analyse point par point chaque ligne du pavé numérique. Le signal est ensuite transmis comme un signal de type vidéo vers le processeur qui en traitera les informations.

Le traitement du signal

Le signal issu du lecteur sonore est un signal brut. En analogique, il est de quelques millivolts, et en stéréo il est matricé et encodé. En lecture numérique, c'est une suite de 0 et de 1 que l'on ne peut envoyer ainsi sur un amplificateur. Le signal va donc subir divers traitements dans la chaîne de diffusion, qui sont les pendants de ceux réalisés en sortie de mixage, lors du report. Ces traitements vont permettre de diffuser en salle un signal qui devra être le plus proche possible de celui écouté en sortie de mixage.

Le matricage stéréo

On peut rencontrer des pistes matricées par les sociétés Dolby, DTS et Ultra Stéréo. Ces trois matricages utilisant le même principe, issu du brevet de la quadriphonie, sont compatibles entre eux, même si de très légères différences peuvent être observées.

Le matricage stéréo consiste en la combinaison en deux pistes (2 signaux) de quatre signaux issus du mixage. Ces quatre signaux sont les canaux "Gauche-Centre-Droit-ambiance" (voir fig. 6).

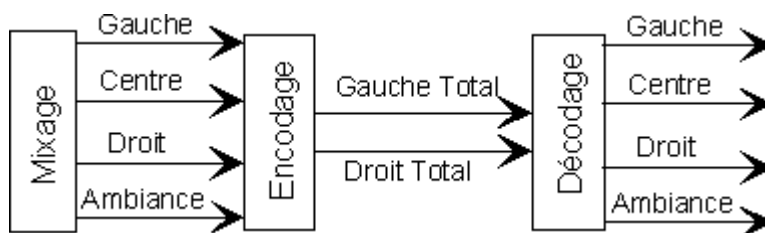


Fig. 6 : Matricage et Dématricage

Les équations sommaires de dématricage sont :

$G_t = D_t$ (signaux en phase) alors le signal passe au centre

$G_t - D_t$ (signaux en opposition de phase) : si le signal résultant est suffisant (seuil de déclenchement), alors le signal passe en ambiance

G_t et D_t différents : G_t passe à gauche et D_t passe à droite

La réduction de bruit de fond

Le principe de la réduction de bruit de fond en son cinéma a été introduit dans les années 70 (Dolby). Il consiste à "traiter" le signal sonore afin d'atténuer les bruits parasites liés à l'enregistrement photographique : souffle (non transparence complète de la pellicule), crépitements (rayures). Ces parasites sont principalement situés dans le registre des fréquences élevées. La bande de fréquence est donc découpée en plusieurs zones (4). On applique à chacune de ces bandes de fréquences le principe de la compression globale à l'enregistrement et de la décompression au-delà d'un seuil à la relecture. Les taux de compression sont plus élevés (donc plus efficaces) pour les fréquences aiguës. Ce type de réduction utilisé en cinéma est appelé "Type A".

La réduction de bruit de fond de type SR associe à un procédé A amélioré la gestion des sons masquants. A une fréquence donnée, on trouvera superposés le son dit "utile" (la modulation correspondant au message sonore) et le signal parasite. On considère que si le signal utile est plus fort de quelques décibels que le signal parasite, le signal utile masque le signal parasite, qui n'est plus perçu par l'auditeur. Le SR gère donc le traitement du signal, ne déclenchant la réduction de bruit de fond que si aucun signal utile ne masque le bruit de fond à la

fréquence considérée (voir fig. 7)

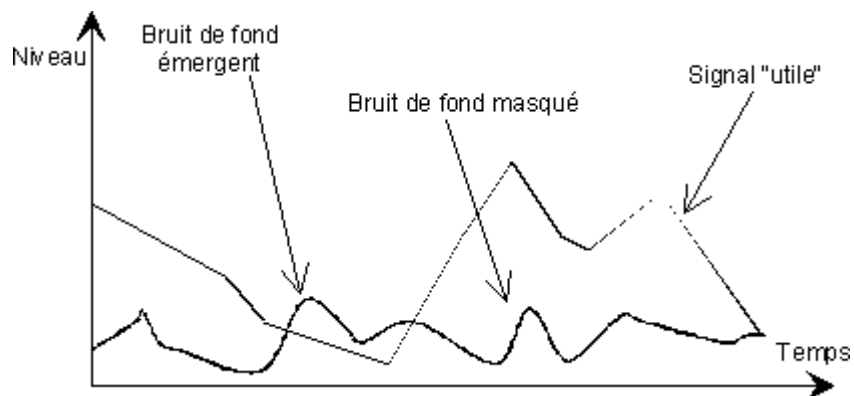


Fig. 7 : Principe du son masquant

Pour une piste sonore analogique stéréo, on peut donc dire qu'elle est matricée "stéréo" (4 canaux recréés à partir de 2), et **encodée** pour la réduction de bruit de fond (types A ou SR).

Enfin, il est indiqué que le traitement de ces opérations peut être effectué soit par des circuits électroniques analogiques, soit par des calculateurs type DSP, après numérisation du signal (nouvelle technologie utilisée par Sony ou Dolby).

Le son numérique au cinéma

Il existe aujourd'hui trois grands systèmes de reproduction sonore numérique pour le cinéma : Dolby SR-D, DTS et SDDS. SDDS et Dolby enregistrent photographiquement sur le film les informations numériques, alors que DTS les enregistre sur un support externe (type CD-Rom), synchronisé au moyen d'un code temporel. Pour des raisons de capacité des supports, les informations numériques sont compressées (de 4 pour 1 à 10 pour 1 selon le cas). Ces compressions sont calculées selon des algorithmes spécifiques à chaque système (MPEG pour DTS, AC-3 pour Dolby par exemple). DTS et SDDS compressent séparément chaque canal, alors que Dolby compresses tous les canaux dans un seul calcul.

Sur les supports, les informations sont répétées plusieurs fois, ce qui permet, en cas de détérioration d'une zone, de pouvoir retrouver l'information manquante. Par ailleurs, les systèmes numériques permettent également de recalculer un signal interrompu, pour peu que la durée de l'interruption reste très courte.

La qualité

En reproduction cinéma, il est préférable de parler de diffusion multicanale, ou de stéréophonie dirigée, par opposition à la stéréo de phase de la HiFi. Une stéréo de phase diffusée via un processeur cinéma provoquera des effets de pompage sur certaines parties du son, en fonction de corrélations de phase.

Les canaux diffusés en cinéma sont les suivants :

Mono	Stéréo Optique	Dolby SR-D	DTS 6	SDDS
Centre	<ul style="list-style-type: none"> • Gauche dématricé • Centre dématricé • Droit dématricé • Ambiance mono dématricé • Renfort de basse repris du canal centre 	<ul style="list-style-type: none"> • Gauche discret • Centre discret • Droit discret • Ambiance gauche • Ambiance droite • Renfort de basse 	<ul style="list-style-type: none"> • Gauche discret • Centre discret • Droit discret • Ambiance gauche • Ambiance droite • Renfort de basse 	<ul style="list-style-type: none"> • Gauche discret • Centre discret • Droit discret • Ambiance gauche • Ambiance droite • Renfort de basse • Inter gauche et inter droit (écrans larges)

En analogique, le canal de renfort de basse est une partie du canal centre (le .1 de 4.1). En numérique, c'est un canal indépendant toujours dénommé ".1" dans 5.1.

Les caractéristiques

La qualité du son peut être définie par trois critères de base : la bande passante, la dynamique (rapport du son le plus fort au son le plus faible), la distorsion harmonique (déformation du signal). Pour intégrer les caractéristiques des supports d'enregistrement, on ajoutera le rapport signal/bruit (rapport entre le signal maximal enregistré et le bruit de fond propre au système), ainsi que la fluctuation de vitesse (génération d'un "vibrato" parasite dû à l'instabilité mécanique du lecteur). Pour les systèmes multicanaux, on jugera également la séparation entre les canaux.

Le tableau suivant décrit les caractéristiques qualitatives des différents systèmes d'enregistrement des bandes sonores cinématographiques. On parle ici des possibilités des systèmes utilisés, en dehors de toute considération artistique ou économique.

Item	Optique mono	Optique Type A	Optique Type SR	Dolby SR-D	DTS	SDDS
Bande passante	50 - 8000 Hz	50 - 10000 Hz	80-12500 Hz	20 - 20000 Hz	20 - 20000 Hz	20 - 20000 Hz
Rapport Signal/Bruit	50 dB(A)	60 dB(A)	75 dB(A)	96 dB(A) *	96 dB(A) *	96 dB(A) *
Distorsion harmonique	2% **	2% **	2% **	< 0,01%	< 0,01%	< 0,01%
Fluctuations de vitesse	0,10%	0,10%	0,10%	négligeable	négligeable	négligeable
Support	film	film	film	film	CD-Rom	film
Diaphonie	-	20 dB(A)	20 dB(A)	96 dB(A)	96 dB(A)	96 dB(A)
canaux	1	4.1	4.1	5.1	5.1	7.1

* *dynamique disponible en échantillonnage 16 bits.*

** *distorsion due à l'enregistrement photographique*

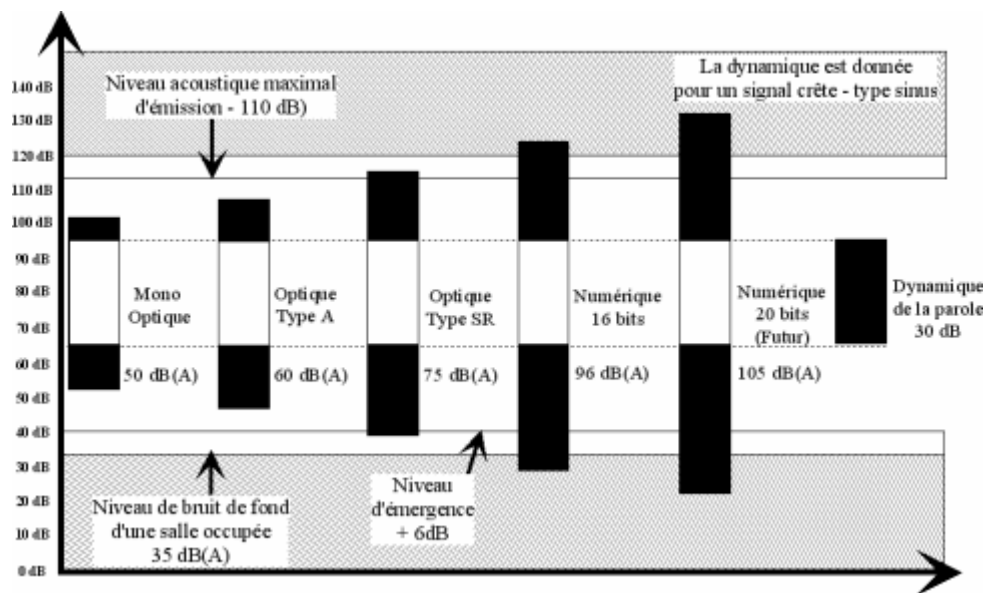
La distorsion harmonique est jugée négligeable en lecture numérique. Cependant, des écoutes comparatives ont montré que des détériorations dues à la compression de données étaient audibles.

La mise en pratique

Dans un prochain dossier, nous développerons les éléments de la chaîne B : amplification, acoustique des salles, et tous les réglages qui leur sont associés.

Pour conclure, nous évoquerons la comparaison entre ce qu'il est possible de faire et ce qu'il est souhaitable de faire. Les systèmes que nous venons de décrire, notamment concernant les pistes numériques, ont des possibilités qui vont bien au-delà de ce qu'il est nécessaire, en bande passante, en dynamique notamment. Le tableau ci-dessous positionne notamment les dynamiques possibles des systèmes par rapport à la "dynamique" acoustique des salles. On voit qu'en numérique, il y a risque soit de saturation des niveaux, soit de perte des niveaux dans le bruit de fond. Cette notion doit être comprise dès le mixage, bien sûr par les mixeurs, qui doivent protéger leurs oreilles, mais également par les "décideurs". On a constaté récemment des films pour lesquels les niveaux des effets étaient excessifs, nécessitant de diminuer le niveau général de diffusion, et ainsi de descendre le niveau du dialogue dans des zones inaudibles. Le prochain dossier sur ce sujet donnera certaines recommandations et méthodes de contrôles pour l'ensemble de la chaîne sonore (production et diffusion).

Dynamique potentielle comparée en équilibrant par rapport à la zone utile



Rédaction : **Alain Besse**

©1998, [Commission Supérieure Technique de l'Image et du Son](#)