

Reproduction sonore cinématographique (2^{ème} partie)

Dans [la première partie](#) éditée en Mars 1998, nous avons traité la "chaîne A" de la reproduction sonore cinématographique. Dans ce numéro, nous abordons les éléments de la chaîne B. Vous savez tous que de grandes discussions sont en cours sur certaines parties de cette chaîne B, notamment concernant les niveaux acoustiques, les dynamiques, etc... C'est pourquoi ce dossier apportera certaines réponses, mais posera aussi quelques questions, en essayant de les énoncer clairement, afin de définir des objectifs de travail pour les Départements de la CST.

Rappel sur la chaîne de reproduction cinématographique

Nous redonnons ci-dessous pour mémoire le schéma de la chaîne de reproduction sonore cinématographique.

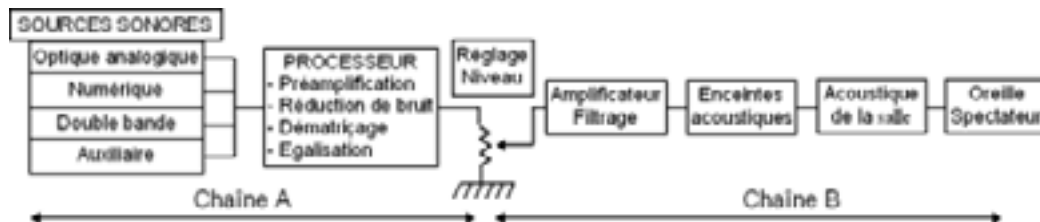


Fig. 1 : La chaîne sonore cinématographique

La chaîne B

Les amplificateurs

L'amplificateur sert à fournir aux haut-parleurs l'énergie électrique nécessaire à l'émission d'un signal acoustique de niveau de pression approprié à la perception intelligible du message sonore. Cela signifie que l'ensemble électroacoustique "amplificateur-enceinte acoustique" doit permettre de diffuser un signal donné à un niveau donné sur une bande de fréquence donnée, sans qu'aucun élément ne puisse altérer cette diffusion.

En reproduction sonore cinématographique, on utilise le plus souvent des amplificateurs de Classe B, car ils produisent le meilleur ratio entre rendement, bruit de fond et distorsion pour ce type d'utilisation. On doit en effet gérer une qualité de diffusion, mais également une "quantité", et un compromis entre les deux doit être proposé.

La puissance de l'amplificateur, donnée en référence à une impédance de charge, doit être étudiée en fonction du rendement des haut-parleurs et du volume de salle à sonoriser. La bande passante du signal à diffuser entre également en compte (notion d'énergie spectrale, voir plus loin). Certains prestataires, comme Dolby ou THX, proposent des abaques de puissance électrique en fonction du volume de la salle et du modèle de haut-parleur.

Les enceintes acoustiques

On distingue trois sources sonores : enceintes d'écran, enceintes d'ambiance, enceintes de renfort de basses. Les voies d'écran et d'ambiance doivent diffuser la bande passante la plus large possible (voir tableau de [la](#)

[première partie](#)).

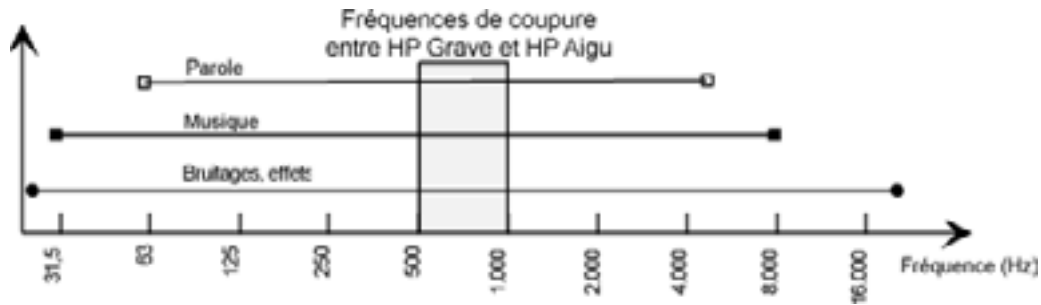


Fig. 8 : Bandes passantes des trois types de son "cinéma" (Fondamentales et 1ères harmoniques)

Au moins 2 haut-parleurs par canal sont nécessaires pour reproduire une bande passante suffisante. Cela nécessite l'utilisation de filtres dont les fréquences de coupures sont situées au milieu de la zone utile de fréquences (500 à 1000 Hz), induisant distorsion de phase et irrégularité de spectre, parfois audibles.

- Voies d'écran : enceintes acoustiques composées d'un haut-parleur de basse ("boomer"), monté en enceinte le plus souvent basse-reflex, pour la diffusion des fréquences basses, et d'une chambre de compression montée sur une "trompette" pour la diffusion des fréquences aiguës.
- Voies d'ambiance : ce canal est appelé "ambiance" et non "effet". Cela signifie qu'il diffuse des sons dont la localisation rigoureuse dans l'espace n'est pas utile (foule, circulation, etc). Ils doivent simplement englober le spectateur. Pour réaliser cela, on utilise un grand nombre de haut-parleurs diffusant à faible niveau, créant ainsi un champ le plus diffus possible. Les enceintes sont en général composées d'un haut-parleur de bas-médium et d'un haut-parleur d'aigu (moteur ou tweeter).
- Renfort de basse : Les enceintes acoustiques sont composées d'un ou deux haut-parleurs de large diamètre (minimum 38 cm). En effet, plus la fréquence à émettre est basse, plus la "surface" émettrice doit être grande. Ces gros haut-parleurs nécessitent un apport en énergie très important.

Le filtrage

Le filtrage sert à séparer les fréquences basses des fréquences élevées, afin de les envoyer sur les haut-parleurs appropriés. L'énergie électrique des signaux "aigus" est faible. Elle ne mettrait pas en mouvement le "gros" haut-parleur de basse. Par contre, dans les basses fréquences, l'énergie électrique est importante, et pourrait détériorer le haut-parleur d'aigu, petit et plus fragile.

Il existe deux principes de filtrage :

- Filtrage passif : le filtre est positionné entre l'amplificateur et l'enceinte acoustique. Il sépare basses et hautes fréquences sans possibilité d'équilibrage des niveaux. Sur certains modèles, on peut simplement atténuer le niveau des fréquences aiguës. Nous sommes alors en monoamplification, car un seul amplificateur est utilisé. Le filtre n'est pas alimenté électriquement.

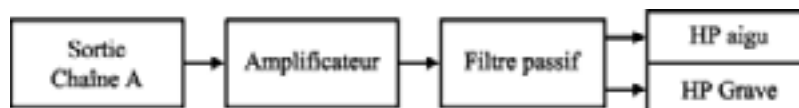


Fig. 9 : Chaîne B "passive" (mono-amplification)

- Filtre actif : ce filtre est positionné en amont de l'amplificateur. Il sépare fréquences graves et aiguës, puis chaque canal obtenu (grave et aigu) peut être augmenter ou atténuer séparément. Ce filtre alimenté électriquement comprend des circuits électronique plus performants, limitant les défauts liés au filtrage (déphasage notamment à la fréquence de coupure). Chaque signal est ensuite conduit vers deux amplificateurs séparés. Nous sommes donc en bi-amplification. Ceci permet entre autre un meilleur équilibrage entre fréquences basses et élevées, une réduction des défauts de filtrage (déphasage, irrégularités de bande passante), mais permet également de ne pas détériorer la diffusion des fréquences

élevées lorsque beaucoup d'énergie est demandée à l'amplificateur pour diffuser les fréquences basses. Les amplificateurs doivent donc posséder des alimentations électriques séparées.



Fig. 10 : Chaîne B "active" (bi-amplification)

Aujourd'hui, on voit apparaître des systèmes à trois haut-parleurs. Pour la plupart, ils fonctionnent avec deux amplificateurs, les deux signaux aigus étant séparés en passif. L'intérêt principal est d'améliorer la qualité du signal dans les fréquences élevées. Ils sont plutôt à utiliser dans des salles de tailles moyennes ou petites, la diffusion des fréquences très élevées étant délicates à grande distance dans des salles "mates" acoustiquement.

Certains systèmes trois voies étudient une modification des fréquences de coupure, afin de limiter les défauts dans la bande de fréquences de la parole.

L'acoustique des salles

Ce domaine très important est traité dans la partie "acoustique" du Guide d'Assistance Technique aux Salles de Cinéma édité par la CST. On retrouve des recommandations très équivalentes dans les recommandations internationales [ISO](#), le plus souvent issues de la [SMPTE](#). Le Département "Exploitation" travaille à sa mise à jour.

Nous rappellerons seulement ici un principe général lié à l'intelligibilité du message sonore, et notamment des dialogues. On doit pouvoir comprendre ce que disent les acteurs. Or chacun a son débit, et contrairement à l'acteur de théâtre ou au chanteur qui adapte sa prestation au lieu où il joue, le débit de l'acteur de cinéma est non modifiable. Qu'il s'agisse de Louis de Funès dans ses extravagances ou de Louis Jovet dans sa sobriété, tout doit passer et être intelligible pour le spectateur. C'est la raison pour laquelle il est demandé que les salles de cinéma soient acoustiquement très absorbantes, afin de ne pas noyer les dialogues dans des réverbérations excessives. Cela permet également de conserver la localisation de la source sonore par rapport à l'image. On constate que bien souvent le rayon acoustique des salles de cinéma est supérieur à la profondeur de la salle, et qu'ainsi le spectateur est plus en champ direct qu'en champ réverbéré.

Certaines sociétés proposent des labels (exemple : [THX](#)). Ce type de label reprend l'ensemble des recommandations en vigueur (SMPTE, ISO, CST, etc), en proposant des solutions particulières pour y arriver. Ces solutions sont excellentes, mais ne sont pas les seules possibles pour obtenir un bon résultat. De plus, ces labels s'appliquent uniquement à la chaîne B, et ne traitent pas directement la chaîne A.

- Chaîne A : traitement du signal ([Dolby](#), [SDDS](#), [DTS](#), [Ultra*Stereo](#), etc, ainsi que les fabricants d'amplificateurs avec préamplificateurs cinéma pour les installations monophoniques)
- Chaîne B : recommandations, normalisations, installateurs, acousticiens, architectes, THX, etc

Le son au cinéma

Ce chapitre va traiter de l'ensemble de la vie d'une bande sonore, de sa conception à sa réalisation, et des problèmes qui peuvent être générés à chaque étape.

Les intervenants

Les étapes de la vie de la bande sonore, ainsi que les intervenants, sont en général :

Etape	Action	Intervenants
-------	--------	--------------

Écriture	Lors de l'écriture du scénario et de la construction du découpage, les impératifs sonores doivent être pris en compte, afin d'en assurer la cohérence en diffusion.	Scénariste, réalisateur, producteur, ingénieur du son
Tournage	Toutes les précautions doivent être prises afin d'assurer qualité et cohérence des prises de son	Réalisateur, producteur, ingénieur et assistant son
Production	Musique, bruitage, post-synchro doivent être réalisés en référence aux recommandations liées à la diffusion cinéma, notamment en matière de référence de niveau d'enregistrement, de bande passante	Réalisateur, producteur, ingénieurs studio
Mixage	Niveau le plus sensible. A ce stade, tous les "produits" utilisés doivent répondre à des valeurs de référence pour être correctement utilisés. La maîtrise des systèmes d'encodage, de compression numérique, de matricage doit être extrême. Les niveaux d'écoute lors du mixage doivent être très précisément ajustés. La connaissance de la diffusion dans des grands volumes (salles de cinéma beaucoup plus grandes que les audis de mixage) est importante. L'audi de mixage doit être rigoureusement étalonné, et ne pas être dérégulé pour les besoins d'une partie du mixage.	Réalisateur, producteur, mixeur, ingénieur son
Report	L'inscription sur support (photographique, magnétique ou CD-Rom) ne doit pas apporter de défaut complémentaire.	Auditorium de report, laboratoires
Distribution	Les copies doivent être stockées et transportées afin de ne pas détériorer le produit.	Distributeurs
Exploitation	Les équipements doivent garantir l'intégrité physique des supports son. Les réglages des installations doivent être scrupuleusement effectués et régulièrement contrôlés.	Exploitants, installateurs

Les éléments décrits ci-dessus ne sont que les premiers éléments des réflexions des Départements Exploitation, Laboratoire et Son de la CST. Il serviront de base à une réflexion plus en profondeur sur les recommandations à établir et les moyens à appliquer afin de garantir des bandes sonores de qualité.

La formation

Les débats déjà engagés prouvent sans appel qu'un des premiers points à traiter est la formation des intervenants. Nous parlons ici de formation technique des utilisateurs de matériel, de l'ingénieur du son à l'opérateur de projection. Des méthodes de mises à jour des connaissances des équipements, des techniques de travail, des technologies innovantes, mais aussi des contraintes à respecter afin de s'intégrer correctement dans la chaîne doivent être développées. Les décideurs doivent être également précisément informés des conséquences de leurs choix "artistiques".

Il est également important de désenclaver chaque étape. Chacun doit prendre conscience de son rôle dans la chaîne globale, et comprendre ainsi pourquoi il doit respecter un certain nombre de choses. Autant l'exploitation doit comprendre et gérer sa "transparence" qualitative, avec des équipements adaptés et une maintenance efficace, autant la production doit connaître et comprendre, au-delà de la liberté de création artistique, ce que les techniques peuvent diffuser et ce que le spectateur peut supporter.

Les recommandations

De nombreuses normes et recommandations existent, autant au niveau national ([Afnor](#), CST) qu'international (ISO, SMPTE, [UER](#)). Un listage lisible de ces textes est à réaliser. Il faudra adjoindre à cette liste les recommandations liées aux matériels (recommandations fournisseurs) et étudier leur compatibilité avec les recommandations générales.

Cette information portera surtout sur le respect des niveaux d'alignement, et éventuellement leur redéfinition,

pour tous les équipements en activité, à toutes les étapes de la chaîne.

Les problèmes et certaines de leurs conséquences

Deux problèmes principaux apparaissent aujourd'hui en diffusion sonore cinématographique : le niveau sonore excessif, et l'intelligibilité du dialogue.

- **PRODUCTION** : le problème le plus sensible aujourd'hui. On s'aperçoit (fig. 11) qu'il y a distorsion entre la dynamique potentielle du numérique et la dynamique réellement utilisable en salle. Celle-ci est d'environ 70 dB(A), limitée en bas par le bruit de fond ambiant et par la nécessité d'un niveau d'émergence, et limitée en haut par le seuil de douleur de l'oreille et la nécessité d'une réserve avant d'atteindre ce seuil.

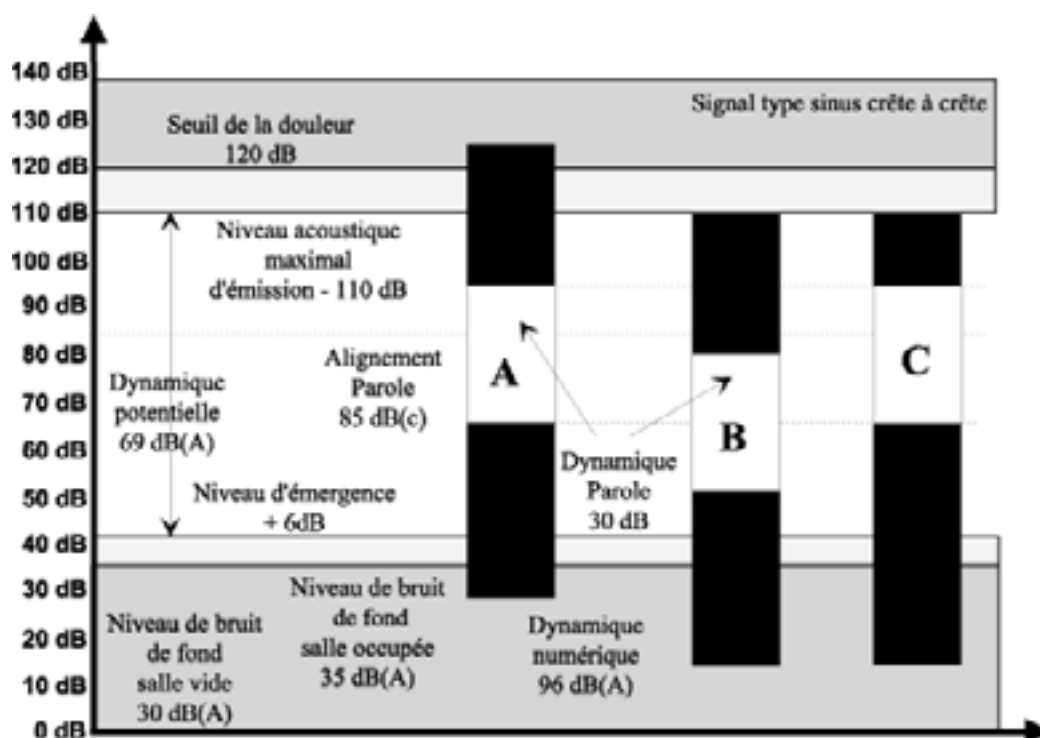


Fig. 11 : "Dynamique sonore des salles" et utilisation du numérique

En théorie, le dialogue est mixé sur un niveau d'alignement de 85 dB(c), permettant une bonne intelligibilité, avec une dynamique de 30 dB (+15, -25) (ex. A sur fig. 9). On voit que si l'on ne prend pas de précaution au mixage, en centrant la dynamique potentielle par rapport à la dynamique utilisable en salle, les niveaux maxi dépassent le seuil de douleur, obligeant l'exploitant à descendre le niveau d'écoute, atténuant ainsi la parole en-dessous du niveau de bonne intelligibilité (B sur fig. 9).

Lors du mixage, il est donc nécessaire, si l'on place des niveaux proches du 100% numérique, que ces niveaux n'excèdent pas +25 dB par rapport au niveau d'alignement parole (85 dB) (C sur fig. 9).

Un autre aspect de la gestion de la dynamique à l'enregistrement est lié à la succession de niveaux sonores différents. Lorsque l'oreille est sollicitée avec un fort niveau de pression, et que ce niveau cesse rapidement, elle n'est pas immédiatement apte à percevoir des niveaux relativement faibles. Ce phénomène doit être géré dès l'écriture du scénario ou du découpage sonore, afin d'éliminer ces configurations.

Enfin, il est une notion très importante qui doit absolument être prise en compte dès l'écriture du scénario jusqu'au mixage : le niveau sonore équivalent. Il s'agit de déterminer l'énergie globale moyenne perçue par le spectateur sur une période donnée (la durée du film). Si le niveau sonore moyen du film est assez faible, l'oreille peut supporter ponctuellement des niveaux sonores élevés, s'ils sont liés de façon cohérente à l'action. Si le niveau moyen est élevé, l'oreille (et le cerveau) se fatigue beaucoup plus vite, et supportera moins facilement des périodes encore plus élevées.

Il faut compléter cette notion par celle d'énergie spectrale, ce pour deux raisons au moins : la quantité d'énergie reçue par l'oreille, et la superposition de deux messages différents dans la même bande de fréquences. Pour un même niveau équivalent sur une période donnée, l'oreille se fatiguera plus avec un signal fort à bande réduite qu'avec un signal de niveau plus faible et de bande plus large (énergie par bande de spectre répartie). Concernant deux messages dans la même bande de fréquences, soit ils sont de niveau équivalents et ils se confondent, soit un est plus fort que l'autre, et il le masque.

Tous les intervenants de la production, et notamment les décideurs, doivent être sensibilisés à ces notions.

- **EXPLOITATION** : afin de correctement jouer son rôle d'intermédiaire, l'exploitation doit absolument se donner les moyens d'assurer une transparence complète en terme de qualité de sa chaîne sonore.

Après s'être assuré que la chaîne A est convenablement alignée, il est impératif que la chaîne B réponde clairement aux critères définis autant par les concepteurs de matériel que par les organismes de normalisation. Cela nécessite quatre réflexions de base, nécessaires mais pas suffisantes :

- **Choix des équipements** : les équipements doivent réellement répondre à des critères précis, en qualité et en fiabilité. Les choix économiques, nécessairement réducteurs en matière de qualité, doivent s'arrêter à un minimum au-dessous duquel le respect de l'oeuvre initiale ne peut plus être garanti.
- **Installation des équipements** : la plus grande rigueur doit être apportée aux réglages des équipements installés. Le temps nécessaire à un travail rigoureux doit être garanti, même si bien souvent il s'agit de la dernière opération avant l'ouverture, et que l'on est déjà en retard.
- **Maintenance des équipements** : pour les deux points précédents, l'exploitation moderne a déjà mis en place ces modes de réflexion. Pour la maintenance, c'est un chantier qui reste à développer, notamment des les grands multiplexes. Tout autant que les compétences des intervenants, sur lesquelles un travail est fait, c'est le temps nécessaire à la maintenance quotidienne, la plus importante, qui n'est pas toujours attribué ou respecté.
- **La formation** : les équipements modernes ont énormément évolué en technologie et en informatique. La formation du CAP de base n'est plus aujourd'hui suffisante pour gérer correctement pour tous cette évolution. La FNCF entreprend des actions ponctuelles, les circuits s'organisent en interne, mais beaucoup restent encore en dehors des circuits d'informations et de mise à niveau.

Conclusion (provisoire)

Ce second volet sur la reproduction sonore au cinéma ne s'est pas limité à un descriptif technique des équipements, que nous terminerons dans une troisième partie. Il a été volontairement orienté vers les réflexions entendues ces six derniers mois dans les réunions de la CST, lors de missions dans les salles, au Festival de Cannes. Des projets de loi ou de décret sont en circulation. Ils ne devraient pas être a priori spécialement contraignants pour le cinéma. Il apparaît cependant à tous qu'un débat doit rapidement s'ouvrir, que des chantiers doivent s'engager sur le sujet. Certaines voies sont à l'étude, comme un rappel des recommandations d'alignement ou des fiches de maintenance pour l'exploitation.

Faites-nous connaître vos réflexions, afin d'avancer sur tous ces sujets. Le 3^{ème} volet de ce dossier technique proposera un synoptique général d'une installation sonore cinéma, un synoptique de la création d'une bande sonore, et les développements des questions posées ci-dessus. A suivre...

Rédaction : [Alain Besse](#)