

CONFERENCE GAMMA

SEMINAIRE DE BOLOGNE - JUILLET 1996

LA RESTAURATION DU SON : METHODES , TECHNIQUE ET ETHIQUE

DU SON OPTIQUE A LA RESTAURATION NUMERIQUE

Dès l'origine du Cinéma on a cherché à mettre du son sur les images.

De nombreuses tentatives ont été faites pour synchroniser un projecteur cinématographique avec un disque sur un gramophone. Mais on s'est vite rendu compte qu'il était impossible de conserver le synchronisme entre le son et les images.

La solution consistait à trouver un moyen de solidariser le son et l'image sur un même support. La découverte de la cellule photoélectrique au Sélénium, dont la résistance électrique variait avec la lumière, permit d'envisager des enregistrements sonores sous la forme de plages plus ou moins lumineuses en fonction de l'intensité du son et de sa fréquence.

Un son est un signal analogique qui peut subir de multiples altérations tout au long de la chaîne de fabrication de la bande sonore d'un film et qui s'abîme avec le passage du temps.

Grâce aux traitements numériques certaines de ces dégradations peuvent être enlevées , mais ces systèmes numériques ne sont pas des boîtes magiques : ils ne vont pas transformer un son de mauvaise qualité en un son de bonne qualité. Un son de bonne qualité c'est un son qui a été correctement enregistré lors du tournage, qui a ensuite été traité puis reporté sur pellicule négative optique sans déformations et enfin développé et tiré selon les normes par le laboratoire.

I - LE SON OPTIQUE : un bref rappel

Le son est composé de vibrations, comme nous le savons tous, et ces vibrations peuvent être transformées en variations électriques par l'utilisation d'un microphone. Dans l'enregistrement optique ces variations électriques servent à moduler la lumière qui frappe le film.

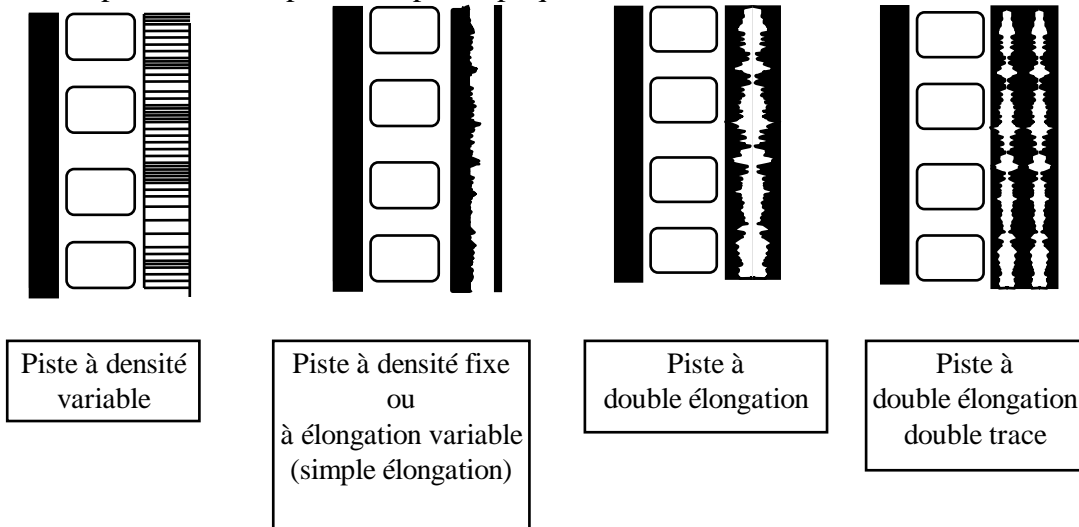
Une piste optique c'est la partie du film sur laquelle vient s'impressionner la lumière passant à travers une fente très fine. Le son est transmis à un modulateur qui transforme les variations électriques du son en variations de lumière. Le système projette sur le film animé d'une vitesse constante l'image de la fente lumineuse fine et perpendiculaire au défilement.

Il se forme alors sur le film négatif optique une image latente qui sera développée puis tirée en positif.

La forme des pistes a beaucoup changé au fil des années.

Dans un premier temps ce fut la piste optique à **densité variable** qui fut la plus utilisée.

En 1955, avec l'arrivée du film couleur, la piste optique à densité variable disparaît complètement pour laisser la place à la piste optique à **densité fixe**.



II - SON ANALOGIQUE ET NUMERIQUE

Le son est représenté par un signal dont la valeur varie en fonction du temps de manière continue.

L'exemple simple est celui d'un signal sinusoïdal (sifflement ou note chantée).

C'est ce qu'on appelle un signal **analogique**. Sa forme est assez simple, mais ce signal peut subir de nombreuses altérations pendant :

- le processus de production et d'enregistrement du son (microphones)
- le transfert du son enregistré sur un autre support (35 m magnétique par exemple)
- l'exploitation dans les salles de cinéma (amplificateurs et haut parleurs).

Le signal analogique est sensible aux parasites, il peut être déformé par le système de transmission à la fois en amplitude et en phase et c'est ainsi qu'il acquiert de la distorsion. Chaque fois qu'on travaille un son (pour le ré-engistrer par exemple) on diminue souvent la qualité de l'original.

Il y a déjà plus de quarante ans qu'ont été décrites les bases de la modulation par impulsions codées (PCM : Pulsion Coded Modulations), c'est-à-dire la numérisation d'un signal. Le signal **numérique** se présente sous la forme d'une suite de symboles. On utilise le système binaire composé de 0 et 1 que l'on matérialise par la présence ou l'absence d'impulsions électriques. Ce genre de signal est beaucoup moins sensible aux imperfections du système de transmission.

Travailler sur un son numérique signifie quantifier ce son sous forme d'impulsions binaires, choisir et calculer les nouvelles formes à donner à ce son. On peut utiliser toutes les ressources de calculs sophistiqués pour donner à peu près n'importe quelle forme à l'impulsion sonore que l'on désire traiter.

Il devient ainsi beaucoup plus facile qu'en matière de traitement analogique, où l'on ne peut utiliser que des filtres ou des limiteurs-compresseurs, d'identifier une voix, de l'isoler et de ne pas lui appliquer le traitement que l'on désire appliquer aux autres informations présentes dans le signal sonore. Grâce à des algorithmes de calcul, il devient possible de traiter un souffle ou une induction, de le faire disparaître du message sonore en tenant compte des sons existants par ailleurs à ce moment précis (effet de masque). Il devient possible d'enlever automatiquement les phénomènes transitoires que sont les parasites. Le système numérique est capable de remplacer le parasite supprimé par un échantillon de son présent juste avant et après cet accident.

Les procédés analogiques de correction permettaient de traiter un son dans son ensemble et non pas par échantillons. Tous les sons étaient corrigés de la même quantité et cela du début à la fin du passage concerné. C'est ce qui fait qu'un souffle ou une induction traitée analogiquement va également entacher le son qui se trouve au dessus et que l'on désire conserver. Des logiciels spécialisés dans le traitement des sons numériques ont été mis au point qui permettent de traiter efficacement un son composite en le débarrassant de ses impuretés.

III - METHODES ET TECHNIQUE DE LA RESTAURATION DU SON

La plus grande partie du travail de restauration se faitavant et après le traitement numérique lui-même.

La **1^{ère} étape critique** consiste à chercher l'élément (un négatif original ou une copie) qui permettra d'effectuer le travail de restauration avec les meilleurs résultats.

A. NEGATIF ORIGINAL:

Le négatif original pourra dans la plupart des cas fournir un son exploitable pour la restauration. Sauf lorsque les champignons ou la décomposition ne permettent plus de voir la trace sonore. Il faudra peut-être effectuer quelques travaux de réparation sur le négatif original afin qu'il puisse passer dans les machines de tirages équipées de débiteurs spécialement usinés (retrait). L'usage du poinçon n'est pas recommandé si l'on doit procéder à la restauration du son : percer un trou dans la piste sonore ne sera jamais aussi précis que l'analyse numérique du signal sonore.

Le tirage de ce négatif va devoir être fait par la méthode des essais comparatifs. C'est en effet la seule façon de procéder à un tirage optimum de la piste sonore. Il n'y a pas d'autre moyen d'éviter de rajouter de la distorsion en effectuant ce travail. Il est essentiel que la copie positive ait la densité la plus élevée possible pour donner un ratio élevé signal sur bruit, un haut niveau (différence entre les zones sombres et claires), et une faible distorsion.

La procédure des tests comparatifs est la suivante.

Pour un original en densité fixe, la densité de la copie positive devrait être approximativement de 1.5 pour une reproduction satisfaisante (ce chiffre est donné par les fabricants de pellicule). A cette densité, après développement du positif, une diffusion de l'image apparaît qui remplit les creux de modulation et conserve les pointes de modulation. Cette non symétrie est provoquée par la forte densité requise. Cela produit un signal déformé donc distordu. Il faut avoir le même étalement de l'image sur le négatif pour compenser l'étalement correspondant de l'image sur le positif (qui est en sens opposé). Le test de Cross-modulation est employé avec les enregistrements à densité fixe pour déterminer le négatif correct en mesurant le remplissage des creux de la courbe. Un test similaire, appelé « test d'Intermodulation », était utilisé pour les enregistrements à densité variable pour déterminer la densité du négatif.

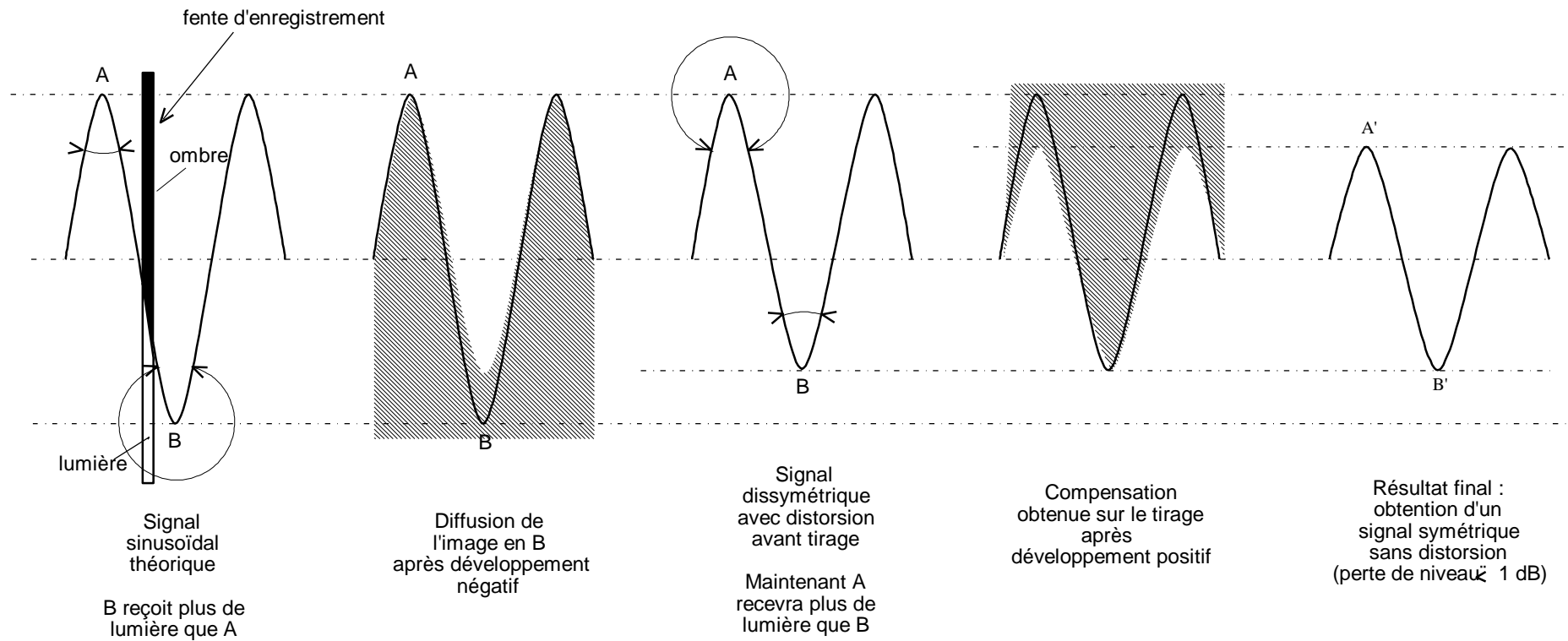
Sur l'illustration de la page suivante, vous pouvez voir la fente d'enregistrement. Autour du point A il y a moins de lumière reçue qu'au point B. Cette quantité de lumière produit une image latente dans les grains en dehors de la zone d'exposition. Lorsqu'on développe à faible densité le remplissage est réduit, et il s'accroît sous des fortes densités.

Sur le négatif développé cela produit un signal distordu.

Toutefois quand ce négatif est tiré sur film positif, il y a autour du point A une plus grande transmission de quantité de lumière et une quantité plus réduite autour du point B. Cela donne une compensation, après développement du positif, qui peut être exactement contrôlée par le test de Cross-modulation. A la fin un signal bien symétrique est obtenu.

Lorsque nous restaurons des bandes sonores de films d'archives nous partons le plus souvent d'un négatif son, et il est bien évidemment impossible d'en changer la densité négative. On ne peut changer que la densité positive. Le seul moyen de déterminer la bonne densité positive qui va donner le meilleur résultat consiste à faire une série de tests de tirage à différentes expositions, en commençant par une faible intensité lumineuse et en l'augmentant par fraction d'ampères. Nous tirons ainsi 5 à 8 échantillons de son (de préférence sur du dialogue), puis nous écoutons ces tests en projection en faisant particulièrement attention à la distorsion en haute fréquence et aux sibilantes, au ratio signal sur bruit et au niveau de sortie. Nous pouvons donc ainsi choisir la bonne exposition pour le tirage positif complet du film qui donnera le meilleur résultat avant la restauration proprement dite. La même procédure est efficace aussi bien pour les pistes sonores en densité fixe qu'en densité variable. Bien entendu toutes les méthodes de tirage humide pourront être employées afin de réduire au maximum l'effet des rayures et accidents de surface du négatif.

DIFFUSION DE L'IMAGE SONORE ET COMPENSATION DES PISTES A DENSITE FIXE



Ce phénomène de compensation doit être pris en compte chaque jour par les laboratoires

CAL / C.LEROUGE JAN 1996

B. COPIE POSITIVE :

Dans le cas où une copie est fournie, on doit immédiatement analyser la qualité du son. Il faut essayer de se rendre compte de la qualité intrinsèque du son à travers les bruits divers et les crachements provoqués par l'usure du temps. Un son qui est inaudible et complètement distordu ne pourra pas servir d'outil de travail. Si c'est le cas, nous devons rechercher une autre copie parmi celles des archives des autres pays.

Il faut se méfier des « marrons » qui sont des copies de sécurité composites réalisées souvent à partir d'une copie positive. Ces éléments ont été tirés à des lumières convenant pour l'image mais pas forcément à la piste sonore. La qualité de celle-ci peut être alors très mauvaise et la rendre tout à fait impropre à une quelconque restauration.

Là aussi on doit proscrire le Zapon : par ce traitement on applique une encre spéciale pour remplir un trou dans la piste sonore. L'opération faite au pinceau ne peut être aussi précise que l'analyse numérique du signal et par conséquent l'encre peut accroître le défaut lorsqu'il est détecté.

L'**étape suivante** de la restauration consiste à vérifier la correspondance entre le son et l'image du film. Le synchronisme et les sons manquants doivent être repérés et analysés. Le synchronisme était-il défectueux dans l'original ? Ou est-ce apparu pendant les travaux ? Les manques de sons existaient-ils dans l'original ? Ou ne sont-ils que le résultat de sons ayant disparu depuis et qui peuvent peut-être récupérer dans une autre copie. Cette étude de la piste sonore permettra également aux ayant-droits de se déterminer sur l'étendue de la restauration qu'ils souhaitent.

La **restauration numérique** pourra alors commencer. Il est impératif de traiter chaque type de défaut et de dommage séparément et d'ajuster progressivement le niveau de traitement pour éviter d'enlever des parties saines du signal. Il faut consacrer du temps à ces opérations pour obtenir une restauration plus précise et préserver la nature du son. Généralement les systèmes existant permettent d'enlever les « clicks » automatiquement. Les scratches et collures doivent être analysés avant traitement. Le bruit de fond doit être analysé et traité séquence par séquence.

Il serait vain de prétendre à un quelconque gain de temps ou d'argent en travaillant d'abord le son par filtrages ponctuels avant d'utiliser les techniques numériques de nettoyage. Cela imposerait aux logiciels de traitement de tenir compte et de traiter non seulement des défauts continus superposés au son initial, mais en plus de traiter ces défauts alors qu'ils viennent d'être modifiés par des filtrages ponctuels qui leur auraient enlevé cette continuité nécessaire à un bon nettoyage numérique.

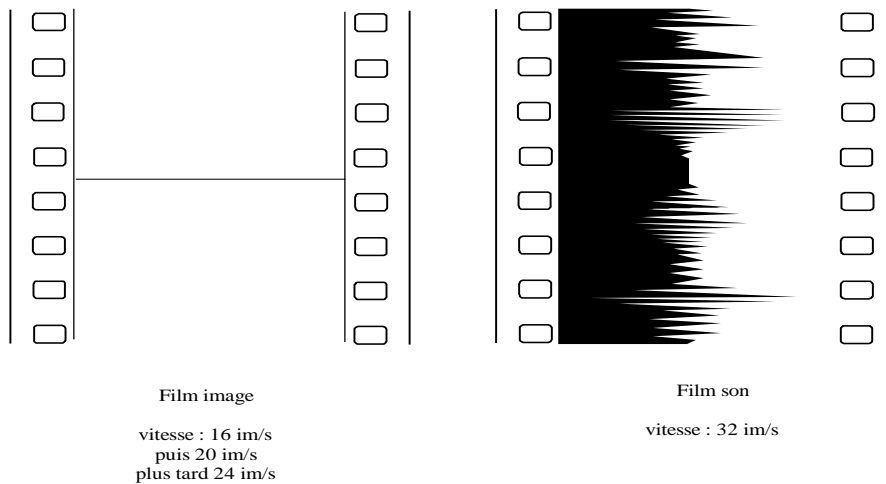
Dernière étape avant le transfert optique : contrôler que le niveau et la tonalité sont compatibles avec une reproduction sur nos appareils et dans nos salles modernes. Dans le cas où le film va devoir être exploité à nouveau en salles il est important de passer par un auditorium de mixage pour s'assurer de la compatibilité sonore avec les opérations de transfert optique qui suivront. Un transfert optique sera ensuite effectué dans les conditions normales actuelles. Un son égalisé pour le passage en salles de spectacle passe très bien en vidéo, alors que la réciproque n'est pas vraie.

IV - RECUPERATION DE SONS SUR FORMATS SPECIAUX

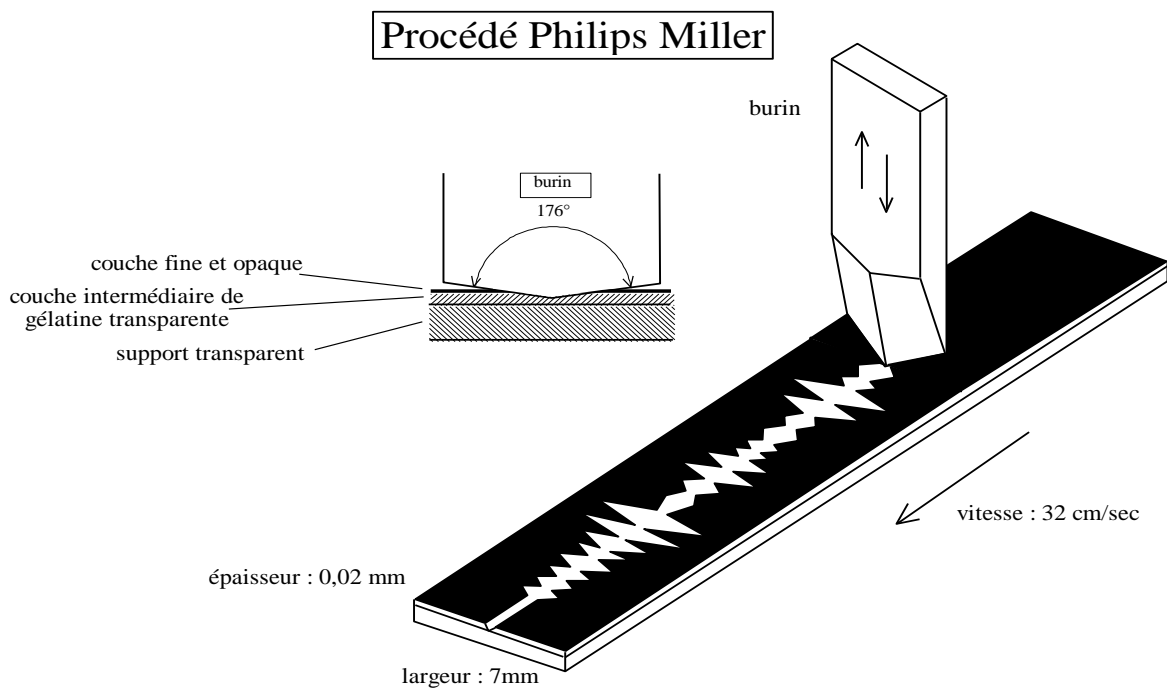
Nous avons eu à restaurer un film intitulé « L'eau du Nil ». Ce film avait été enregistré en 1928 par le système Petersen et Poulsen. C'était un système vraiment très particulier. Il utilisait deux films séparés et la piste sonore à densité fixe occupait tout l'espace entre les perforations. Le film défilait à 16 images par seconde au début du système puis à 24 images par seconde. Le

son défilait à 32 images par seconde. Gaumont acheta les droits d'exploitation Français et l'appela « Procédé G.P.P. ». Le film fut projeté à Paris pendant le mois d'Octobre 1928. Le procédé n'a jamais connu de succès commercial comparé au système sur un seul film en provenance des États Unis.

PROCEDE GAUMONT PETERSEN AND POULSEN :
(Système G.P.P.)



Le procédé Philips-Miller était dérivé à la fois de l'enregistrement sur disque et optique. C'était incontestablement l'enregistreur sonore qui offrait, avant l'arrivée de l'enregistrement magnétique, les meilleurs performances mécaniques et électroacoustiques.



Il est important de souligner que, pour ces deux exemples de restauration, nous avons été amenés à construire une machine spéciale de lecture. Le système de défilement fut adapté pour chaque cas et la lecture s'effectuait avec une cellule solar par l'intermédiaire d'un balayage laser.

Si nous n'avions pas procédé de cette façon nous aurions dû rechercher un appareil original de lecture. En supposant que nous ayons pu en trouver un en ordre de marche nous aurions connu tous les problèmes inhérents aux qualités mécaniques et électroniques de l'époque, et entre autres une vitesse de défilement irrégulière.

Nous avons donc pu disposer d'une qualité de lecture presque parfaite et nous n'avons eu à prendre en compte que les défauts dus à l'enregistrement et à la conservation.

V - RESTAURATION DU SON ET DEONTOLOGIE

Comme vous avez pu le constater, la restauration numérique du son offre une vaste gamme de traitements qui vont du simple nettoyage des « clicks » et des scratches et collures à la reconstitution de sons manquants.

En ce qui nous concerne nous avons décidé de suivre une seule règle : décrire au client quelle pourrait être l'étendue des opérations envisageables sur la piste sonore et lui laisser la décision.

Il semble que l'attitude déontologique diffère entre les archives qui se consacrent strictement à la préservation de l'héritage cinématographique et les autres institutions dont l'activité repose sur la diffusion commerciale des films anciens auprès du grand public.

En plus de ces considérations la restauration numérique du son pose un autre type de problème.

Pendant les premières périodes de l'évolution technologique du son au cinéma, les pistes sonores étaient simplement collées bout à bout, laissant parfois des parties importantes de blanc entre deux sons. Tant que le film n'est pas restauré on s'habitue à la mauvaise qualité de la reproduction sonore. La restauration du son met en évidence le fait que les espaces blancs dans la piste sonore ne sont pas des silences et cela est très désagréable à écouter. Là encore la décision dépend du client.