

Mémoire de fin d'études — Section SON
Mai 2014

Restauration sonore

Camille Cygan

Sous la direction de
Jean Rouchouse – Jean-Marc Fontaine

Jury présent à la soutenance du 17 juin 2014

Jean Rouchouse
Jean-Marc Fontaine
Mireille Faure

Directeur interne
Directeur externe
Rapporteur

Remerciements

Merci à Pierre Kremer, ingénieur du son du « Trio Millière », ainsi que Philippe Mergen, responsable technique pour la sauvegarde et restauration des archives sonores du Centre National de l'Audiovisuel, pour leur disponibilité et leur soutien, sans qui ce travail n'aurait pu exister.

Merci à Jean Rouchouse et Jean-Marc Fontaine pour leur implication.

Merci au « Trio Millière ».

Résumé

En précisant l'aspect méthodologique de la restauration sonore, j'ai cherché à montrer que le restaurateur d'un document sonore est le médiateur essentiel dans la chaîne de restauration en ce sens qu'il doit faire face à des choix techniques guidés à chaque étape, par des choix esthétiques selon une déontologie propre à l'exercice. Une première partie définira la restauration sonore par rapport aux concepts de l'historien d'art Cesare Brandi. Différentes étapes constituent le travail de restauration du son qui le différencie de celui de la restauration (des arts plastiques par exemple), notamment par l'étape essentielle de transfert du contenu sonore qui conditionne en grande partie la suite des interventions. La consultation de plusieurs entretiens de restaurateurs mettra en lumière l'absence de tout code déontologique associé à cette profession, assimilable à une pratique artisanale où le savoir faire est guidé essentiellement par l'oreille (appréciation subjective) et par l'expérience acquise au contact des appareils de lecture (supports analogiques). Ces derniers venant à disparaître, il sera de plus en plus difficile pour les générations actuelles d'ingénieurs du son d'acquérir les compétences nécessaires à cette pratique. Suite à cette constatation, une méthode de travail sera proposée et éclairera les principes de base permettant le respect de l'intégrité du document sonore à transmettre. Cette méthode, dont la conservation des supports en est l'étape primitive, considère la restauration comme un enchaînement dont chaque geste effectué peut influencer les étapes les une par rapport aux autres. La deuxième partie mettra en avant l'importance de la combinaison des activités de conservation du support et de recherches archivistiques autour du document sonore dans le processus de restauration. Un support bien conservé associé à un contexte de production élucidé donne au restaurateur de bonnes conditions pour entreprendre sa sauvegarde. L'étude du patrimoine sonore montrera que les moyens mis en œuvre dans les institutions investies d'une mission de conservation et de transmission ne correspondent pas à la hauteur des enjeux posés par la sauvegarde d'un patrimoine commun. La méthode établie en première partie me sert de guide pour mon travail pratique qui fait l'objet de la restauration d'un extrait de l'enregistrement du trio de cuivres « Trio Millière », datant de 1985. Ce travail s'appuie sur l'aide des acteurs de cet enregistrement (musiciens et preneurs de son), ainsi que sur les moyens techniques du Centre National de l'Audiovisuel, et a donné lieu à différents résultats: l'acquisition des supports, l'expérimentation des étapes de restauration, la caractérisation des outils de restauration. Confrontée directement à la perte de matériel nécessaire à la numérisation, j'ai pris conscience de la vulnérabilité de cette discipline dans le contexte actuel.

Abstract

By means of defining the methodological aspect of the sound restoration, I have endeavored to show that the sound restorer is the essential mediator in the chain of restoration practice, insofar as he is obliged, at every step of the process, to take technical choices reflecting an aesthetic informed by a code of ethics and specific requirements of sound treatments. The initial part of this work will be to define the process of sound restoration as it relates to the concepts set forth by the art historian, Cesare Brandi. There are several stages of sound restoration that differentiate it from pictorial restoration, most notably the stage of the actual transfer of the audio material which invariably conditions any following intervention. According to restorers, we become aware of the almost total lack of any specific kind of code of procedure, or ethics; the restoration process was, for them, a practice far more related to the work of artisans, where a skill, or knack, was essentially guided "by ear", and by a long period of hands-on experience with the appropriate machines. Given that this last generation of the analog recording area is on the verge of extinction, it is become more and more difficult for future sound engineers to acquire the skills needed for this practice. Having come to this realization, a working method will be proposed and will help to clarify the ground rules necessary to maintaining the integrity of the document which is to be transferred. This method, whose most primitive aspect might be seen to be the mere maintenance of the actual physical material, considers any process of restoration to be a series of actions where each individual gesture has the possibility of influencing all subsequent interactions with the material. The second part of this work will aim to highlight the importance (at the time of the actual transfer) of combining the conservation of the material with archival research as to the document's provenance. Material that has been properly conserved, in conjunction with a process that has been properly elucidated, leaves the restorer in the very best of positions as regards the future safekeeping of the sound document. The method, as set forth in the first part of my work, will serve as a guide to conduct practical part of my work concerning the restoration of a recording brass trio excerpt, which dates from 1985. This work relies on the help of the main recording actors (musicians and sound engineers) as well as on the technical facilities of the Centre National de l'Audivisuel, and has given birth to a host of diverse results: the acquisition of audio material, the gaining of experience in the various steps of the restoration processing, the characterization of the specific tools necessary to effect the restoration. Being confronted with the actual loss of the material (but also by a sort of know-how distance in the near future) needed for digitizing, has made me deeply aware of the vulnerability of this discipline as things now stand.

Table des matières

Remerciements.....	1
Résumé.....	2
Abstract.....	3
Table des illustrations.....	7
Introduction.....	9
Chapitre 1	La restauration sonore.....11
I.1	L'acte de restauration : l'éthique de la sauvegarde..... 11
I.1.1	Concepts de Cesare Brandi..... 11
I.1.2	Peut-on les confronter à la restauration sonore ?..... 12
I.2	Le couple support/contenu, unité de la matière sonore à restaurer.....14
I.3	La restauration sonore appartient au domaine de l'artisanat.....17
II.1	La conservation des supports, étape primitive de la restauration.....21
II.2	Une méthode de restauration des documents sonores.....22
II.2.1	Méthodologie.....22
II.2.2	Les documents liés à la restauration.....26
II.3	Le restaurateur, médiateur essentiel de la transmission du message sonore.....28
Chapitre 2	Le patrimoine sonore.....32
I.1	Statut du patrimoine sonore et état actuel de l'archivage en France.....32
I.1.1	Existe-t-il un patrimoine sonore ?.....32
I.1.2	Les structures dédiées au patrimoine sonore.....35

I.2	Identification d'un son à un patrimoine sonore.....	36
I.3	L'archivage.....	38
	I.3.1 Qu'est-ce qui a été archivé et comment ?.....	38
	I.3.2 Qu'est-ce qui est archivé et comment ?.....	41
II.1	Distinction entre l'archivage et la conservation.....	49
II.2	Les supports d'enregistrement et leur méthode de conservation.....	51
	II.2.1 les supports mécaniques.....	51
	II.2.2 les supports magnétiques.....	57
	II.2.3 les supports optiques.....	62
II.3	Combinaison d'une conservation du support et de l'investigation autour du document: point de départ pour la restauration.....	64
 Chapitre 3 Partie pratique.....		66
I.1	« Trio Millière », bandes magnétiques master et disque vinyle.....	66
	I.1.1 Ma démarche.....	66
	I.1.2 Les pistes d'exploitation de ces supports.....	68
I.2	Caractérisation de ces supports.....	68
	I.2.1 Les bandes magnétiques master.....	68
	I.2.2 Le disque vinyle.....	69
	I.2.3 La chaîne d'enregistrement.....	70
II.1	Les systèmes de réduction de bruits.....	71
	II.1.1 Principe.....	72
	II.1.2 Dolby A.....	76
	II.1.3 Dolby B.....	78
	II.1.4 Dolby C.....	79
	II.1.5 Dolby S.....	80
II.2	Optimisation du magnétophone Studer A 80.....	81
	II.2.1 Nettoyage.....	82
	II.2.2 Démagnétisation.....	83
	II.2.3 Procédure de réglage.....	84
II.3	Numérisations au Centre National de l'Audiovisuel.....	88
	II.3.1 Numérisation des bandes master.....	90
	II.3.2 Synoptique de la chaîne d'acquisition analogique numérique.....	93

II.3.3 Numérisation d'un extrait du vinyle « Trio Millière ».....	94
II.4 Traitements de restauration.....	99
Annexes.....	105
A1 Magnétophone Studer A820.....	105
A2 Courbes caractéristiques des pointes de lecture.....	106
A3 Platine vinyle EMT 950.....	107
A4 Convertisseur A/D Lake People F444.....	108
Conclusion.....	109
Bibliographie.....	111
Ouvrages.....	111
Mémoire, notes de travail et articles issus de périodiques spécifiques.....	111
Articles de presse.....	112
Sources internet.....	112

Table des illustrations

2.1 Photographie des urnes dans les caves de l'opéra Garnier.....	41
2.2 Tableau des principaux supports magnétiques. M-F CALAS et J-M FONTAINE, <i>La conservation des documents sonores</i> , 1997, Paris, CNRS éditions.....	58
3.1 Constantes de temps des circuits RC en fonction des normes (CCIR, NAB) et des vitesses de défilement, http://restauration-sonore.over-blog.com/	69
3.2 Courbes isosoniques normalisées. Philippe BELLAICHE, <i>Les systèmes Dolby, Zero Vu</i> , 1991.....	72
3.3 Schéma de principe de la compression/expansion. Philippe BELLAICHE, <i>Les systèmes Dolby, Zero Vu</i> , 1991.....	73
3.4 Schéma de principe d'un dispositif d'affaiblissement de bruit. Philippe BELLAICHE, <i>Les systèmes Dolby, Zero Vu</i> , 1991.....	73
3.5 Caractéristiques de transfert d'un compresseur/expandeur simple, travaillant dans une seule bande de fréquence. Philippe BELLAICHE, <i>Les systèmes Dolby, Zero Vu</i> , 1991.....	75
3.6 Principe de traitement du signal décomposé en quatre bandes de fréquences. Philippe BELLAICHE, <i>Les systèmes Dolby, Zero Vu</i> , 1991.....	77
3.7 Synoptique d'un codeur/décodeur Dolby A. Philippe BELLAICHE, <i>Les systèmes Dolby, Zero Vu</i> , 1991.....	78
3.8 Tableau comparatif des technologies des systèmes Dolby B, C et S, http://restauration-sonore.over-blog.com	81
3.9 et 3.10 Magnétophones Studer A820 (gauche) et Studer A80 (droite), http://restauration-sonore.over-blog.com/	82
3.11 Platine de défilement du magnétophone A80, http://restauration-sonore.over-blog.com	83
3.12 Bande étalon stéréophonique 38-6 CEI, BASF, http://restauration-sonore.over-blog.com/	84
3.13 Représentation schématique des enregistrements d'une bande étalon 38-6 IEC 1 pour une exploitation à 38,1cm/s en stéréophonie pour une largeur de 6,3 mm, http://restauration-sonore.over-blog.com/	85

3.14 Schéma de réglage de l'azimut, http://restauration-sonore.over-blog.com/	86
3.15 Figures de Lissajous (G sur y et D sur x) obtenue après réglage de l'azimut à 10 kHz et à 1 kHz.....	87
3.16 Stockage des archives (température à 16°C et humidité d'air relative de 40%HR), www.cna.public.lu/	89
3.17 et 3.18 Stations de numérisation, www.cna.public.lu/	90
3.19 Platine vinyle EMT 950, www.emt-profi.de	94
3.20 Schéma d'une pointe de lecture dans un sillon. <i>Comment fonctionnent les cellules phonocaptrices?</i> , Hifi Stéréo n°1423, Octobre 1973.....	95
3.21 Représentation d'une section de cellule sphérique et cylindrique, <i>Comment fonctionnent les cellules phonocaptrices?</i> , Hifi Stéréo n°1423, Octobre 1973.....	96
3.22 Représentation d'un sillon dans le cas d'une gravure stéréophonique. <i>Comment fonctionnent les cellules phonocaptrices?</i> , Hifi Stéréo n°1423, Octobre 1973.....	97
3.23 Morphologie d'une cellule captrice stéréophonique. <i>Comment fonctionnent les cellules phonocaptrices?</i> , Hifi Stéréo n°1423, Octobre 1973.....	98
3.24 Représentation graphique caractéristique d'un clic sous Izotope, www.izotope.com	98
3.25 Fenêtre de réglage de l'outil « Declick and Decrackle » d'Izotope, www.izotope.com	100
3.26 Fenêtre de réglage de la fonction "Deconstruct" d'Izotope, www.izotope.com	101
3.27 Fenêtre de réglage du "Denoiser" d'Izotope, www.izotope.com	102
3.28 Fenêtre de réglage, www.izotope.com	104
A1 Magnétophone Studer A820, www.studer.ch	105
A2 Courbes caractéristiques des pointes de lectures (dans l'ordre) TDS15, SPH, SFL et VDH, www.cna.public.lu/	106
A3 Platine vinyle EMT 950, www.emt-profi.de	107
A4 Convertisseur A/D Lake people F444, http://www.audiopole.fr/	108

Introduction

Le mouvement intellectuel de la prise de conscience de la nécessité de conserver et de restaurer les œuvres prend son essor au XVIII^{ème} siècle, où se développe l'historicisation des œuvres avec le développement de l'esthétique et de l'histoire de l'art reconnues comme disciplines à visée scientifique. Par rapport à une époque pré-moderne où restauration était synonyme de transformation de l'œuvre, dans le sens où celle-ci était considérée comme perfectible, l'historicisation des œuvres a encouragé cette conception qui stipule que l'oeuvre doit être restaurée et conservée dans les meilleures conditions possibles. La définition de la restauration de Cesare Brandi, historien d'art auteur de la *Théorie de la restauration*, ouvrage considéré comme socle théorique en vue de la formation de métier de conservateur-restaurateur, découle de cet démarche. La restauration est considérée, d'après Cesare Brandi, comme «le moment méthodologique de la reconnaissance de l'oeuvre d'art et sa double polarité esthétique et historique, en vue de sa transmission aux générations futures». Aloïs Riegl, historien d'art du XIX^{ème} siècle, réfléchit autour de cette valeur historique qu'il définit comme suit dans *Le culte moderne des monuments*: «tout ce qui fut autrefois et aujourd'hui n'est plus»¹. Ainsi, selon cette conception toute activité ou fait humain dont un témoignage ou une connaissance nous est conservé peuvent ainsi sans exception prendre une valeur historique. Mais un «monument» n'a pas seulement une valeur historique, il comporte également une valeur d'art. Pour Riegl, la valeur d'art d'un monument est appréciée si elle est conforme aux exigences du «vouloir d'art moderne». La valeur d'art dépend, selon lui, d'une conception historiquement située des normes esthétiques d'une époque. Cependant, l'opération restauratrice s'effectue toujours en fonction d'une visée d'authenticité. Or celle-ci est difficilement objectivable, puisqu'elle dépend de « l'horizon de sens depuis lequel se produit la réactivation symbolique de l'objet. »²L'auteur fait ici référence aux copies actualisantes des peintures flamandes du 17^{ème} et 18^{ème} siècles, proches de ce qui peut se jouer dans le re-mastering, dans le sens où le copiste actualisant son modèle comme le «rééditeur», mesure la qualité des

1 Aloïs RIEGL, *Le culte moderne des monuments*, Paris, L'Harmattan 2003.

2 Thierry LENAIN, *Pour une poétique de l'acte restaurateur* », Recherche Poïétiques, n°3, 1995.

enregistrements anciens à l'aune de la production de son temps. D'un autre côté, cette démarche provoque les critiques des tenants de la valeur d'histoire pour qui les critères sonores actuels sont un obstacle à l'appréciation véritable de l'enregistrement ancien qui n'est susceptible dans ce cas d'aucune amélioration possible... C'est autour de cette problématique de ce qui constitue restaurer un enregistrement sonore que se base ma réflexion. Naturellement, puisqu'il s'agit de restauration sonore, celle-ci s'articule avec la prise en compte des spécificités de l'art du «recording»: par exemple la question de la réversibilité qui se pose de manière différente, ainsi que celle de la longue chaîne de médiations qui interviennent dans l'enregistrement. J'ai également articuler cette question de départ avec l'idée du mouvement de patrimonialisation des enregistrements sonores. En effet, si l'idée de la sauvegarde et de la conservation des archives sonores et des supports à vocation tant musicale que documentaire est acquies, plusieurs textes consultés font apparaître le constat d'une relative méconnaissance de ce patrimoine et d'un manque de reconnaissance de la dimension esthétique des enregistrements musicaux...

CHAPITRE I

La restauration sonore

I.1 L'acte de restauration : l'éthique de la sauvegarde

I.1.1 *Concepts de Cesare Brandi*

Cesare Brandi, historien et critique d'art, écrivit en 1933 la *Théorie de la restauration*. Cet ensemble de principes aura pour but de définir l'acte de restauration en instaurant un certain nombre de règles reconnues pour avoir fait reculer l'empirisme et l'arbitraire dans ce domaine. Ces concepts ont permis d'établir un socle de connaissances et de reconnaître une profession disposant aujourd'hui de filières de formations. Selon Brandi, deux instances, esthétiques et historiques définissent l'œuvre d'art. Un premier principe impose le fait que c'est l'œuvre d'art qui doit dicter la restauration et non l'inverse. D'autre part, il semble que la restauration soit indissociable de la notion de transmission : « La restauration constitue le moment méthodologique de la reconnaissance de l'œuvre d'art, dans sa consistance physique et sa double polarité esthétique et historique, en vue de sa transmission aux générations futures »³. Les premiers axiomes découlent des deux aspects de cette définition : l'interprétation ne doit en aucun cas dicter les interventions. La restauration est une transcription de l'œuvre originale qui doit nécessairement être considérée dans son unité: « On ne restaure que la matière de l'œuvre d'art »; « La restauration doit viser à rétablir l'unité potentielle de l'œuvre d'art, à condition que cela soit possible sans commettre un faux artistique, ou un faux historique, et sans effacer aucune trace de cette œuvre d'art dans le temps ». Dans les trois concepts qui suivent, Brandi nous éclaire sur les moyens à mettre en œuvre pour tendre vers l'unité d'une œuvre d'art : « la réintégration devra toujours être facilement reconnaissable sans qu'il faille pour cela rompre cette unité que l'on cherche

³ BRANDI Cesare, *Théorie de la restauration*, 2001, Paris, Monum

à reconstruire » ; « la matière n'est irremplaçable que si elle contribue directement au caractère figuratif de l'image. Il s'ensuit, mais toujours en accord avec l'instance historique, la plus grande liberté d'action relativement aux supports, aux structures portantes et ainsi de suite,... » ; « aucune restauration ne doit rendre impossible, mais au contraire faciliter les interventions éventuelles dans le futur »...

D'après ces concepts fondamentaux, la restauration d'une œuvre est une entreprise qui vise à tendre le plus possible vers l'œuvre originale en y intégrant des éléments constitutifs de l'œuvre dans une unité que l'on tente de reconstruire. Il s'agit d'une reconstruction où l'intervention humaine restera décelable, malgré les efforts du restaurateur pour ne transparaître à travers la restauration de l'œuvre. Le respect absolu de l'intégrité esthétique et historique doit être la marche à suivre. Cependant, aucune limite dans la manipulation de l'œuvre n'est proscrite. La matière de l'œuvre doit pouvoir être remplaçable si elle ne contribue pas directement à ce qui « porte le sens de l'image ». La restauration d'une œuvre doit être rendue modifiable à n'importe quel moment. Son évolution reste possible et ne semble pas se limiter nécessairement à un seul intervenant.

1.1.2 Peut-on les confronter à la restauration sonore ?

Dans le domaine sonore, on sauvegarde l'ensemble du document, contrairement à la restauration dans le domaine des arts plastiques où l'on procède par « réintégration » d'éléments restaurés à l'ensemble de l'œuvre. La « distance » avec l'œuvre originale est plus importante dans le domaine du son et le risque de s'en éloigner également. Si la restauration picturale permet de travailler par « touches » d'intégrations sur le support original, il n'en est pas de même pour le travail du son restauré qui nécessite l'extraction du contenu sonore au moyen d'un transfert d'un support à un autre. En conséquence, la notion d'unité de l'œuvre d'art, dans le cas de la restauration sonore est, par rapport à la restauration picturale, peut-être moins évidente à appréhender pour le restaurateur. La

relation du contenu au « support portant » est une autre différence importante. Le support du disque ou de la bande magnétique peut être considérée comme « structure portante » du message sonore. Le second axiome énoncé « autoriserait », dans le plus grand respect de l'instance historique de l'oeuvre, l'idée d'extraction du contenu, ce qui impose déjà, dès cette première étape que constitue le transfert, un certain nombre de questionnements.

Le restaurateur se doit de respecter l'unité de l'oeuvre d'art. L'intégrité d'une oeuvre d'art ne peut être transmise que si « le point de vue » de l'artiste a été saisi. Il semble, dans le cas de l'art pictural, qu'il n'y ait qu'un seul générateur de l'oeuvre. L'enregistrement d'un son est assimilé à la somme d'une multitude d'interventions : le ou les interprètes à l'origine du message sonore à transmettre; le preneur de son, médiateur de l'événement sonore au moyen des outils dont il dispose; les intervenants en post-production ainsi que les acteurs intervenant dans la réalisation du support portant (fixation de l'information sonore sur le support)... L'enregistrement serait donc une oeuvre commune dans laquelle le message sonore est le résultat d'une première transaction s'opérant lors de la prise de son qui peut déjà en elle même être un compromis entre plusieurs intervenants... Comment peut-on comprendre le message sonore à transmettre lors d'une restauration si celui-ci est le reflet d'une multitude d'interventions, d'une multitude de points de vue? Peut-on encore parler de l'unité de l'oeuvre dans le cas d'un enregistrement ?

La restauration sonore concerne le monde de l'enregistrement analogique. Si ses objectifs concernent la sauvegarde d'un patrimoine sonore, notion qui sera définie en seconde partie, il faut cependant les distinguer de ceux du remastering ou rééditions sonores. Par définition, remastering désigne le processus de fabrication d'un nouveau mastering pour un album, film ou toute autre oeuvre de création audiovisuelle. C'est une technique de post-production utilisée dans les industries musicales ou cinématographiques dont l'objectif premier est de rendre agréable les enregistrements sonores vieillissants. L'accomplissement de cet objectif pouvant toujours être discuté. Il consiste à effectuer un nouveau master de l'enregistrement ou du mixage original en partant des sources disponibles en vue d'une meilleure diffusion commerciale. Il s'agit

donc de partir d'un contenu sonore d'origine historiquement riche pour le transformer en un document sonore qui serait conforme aux « goûts du jour » et satisferait les attentes auditives des auditeurs, habitués à une certaine écoute.

Un remastering peut aussi être l'occasion d'inclure des éléments sonores supplémentaires. Prenons l'exemple de la bande son du film *Bird* de Clint Eastwood, enregistré à l'origine sur bande ¼ de pouce, en mono: grâce à un procédé technique, il a été possible d'effacer toute la section rythmique d'origine autour du solo de Charlie Parker au saxophone alto pour y substituer de nouveaux accompagnements enregistrés en stéréo. Bien que ce film fasse l'objet d'une biographie d'un musicien de jazz célèbre, la bande sonore de ce film a été adaptée très librement à partir de documents originaux afin de susciter la plus forte adhésion du spectateur-auditeur ciblé. Que peut-il avoir de commun entre la remasterisation et la restauration sonore? Un certain public peut-être mais certainement pas pour les mêmes raisons! En effet, il convient de distinguer pourquoi et pour qui on restaure. Il semble que dans le cadre de la remasterisation, l'objectif de commercialisation amène à adapter un contenu sonore vers des normes d'écoutes connues par tous. La satisfaction auditive des auditeurs cadre cette entreprise de réédition qui sera quantifiée (audimat radio, nombre de consultation web et relevé de vente de support). Il n'en est pas de même pour la restauration sonore dont l'objectif est de transmettre un bagage historique de la manière la plus intégrale possible. Est-il possible de cadrer une telle discipline ou les repères historiques et esthétiques sont si difficiles à reconstituer et diffèrent au cas par cas? Peut-on réellement s'éloigner de la subjectivité?

I.2 Le couple support/contenu, unité de la matière sonore à restaurer

Par définition, un art est allographique dans l'exacte mesure où il est justifiable d'une notation. La musique, en tant qu'art à caractère allographique, se distingue des arts autographiques, par la séparation entre la création de l'oeuvre en elle-même et

l'interprétation de celle-ci (le son produit). La mise au point de sa notation permet son exécution. Toute pièce jouée peut être écrite et étant écrite elle peut être rejouée. Autrement dit, on ne considère pas comme « faux » une pièce interprétée par tel musicien plutôt que par un autre... La peinture, appartenant aux arts autographiques, se caractérise, à l'inverse, par le fait que toute copie d'une œuvre est considérée comme fautive. Cette première réflexion peut être mise en parallèle avec un des principes fondamentaux qu'instaure Brandi, qui suppose que l'on ne restaure que la matière de l'œuvre d'art. Il distingue donc la matière à restaurer (la peinture par exemple) des moyens utiles pour faire exister cette « image » : sa structure (panneau en bois, support, etc). Il s'avère que cette distinction est, à son sens, moins évidente lorsque la structure donne à la matière certaines de ses caractéristiques propres : dans ce cas, la structure se comporterait comme une médiation qui contribuerait à rendre l'œuvre telle qu'elle est. Cette notion de distinction entre matière et support n'a pas lieu d'être dans le cas d'un enregistrement : si la musique sépare l'interprétation de l'œuvre écrite (partition), nous percevons en revanche directement le son d'un enregistrement par l'intermédiaire du support. La matière sonore est conditionnée et caractérisée par le support sur laquelle elle est « couchée » dès l'enregistrement. Il n'y a pas d'intermédiaires possible entre le son enregistré et le support sur lequel on enregistre. Ainsi, une restauration sonore doit considérer le couple support-contenu comme l'unité de la matière à restaurer.

Le transfert apparaît donc comme une étape nécessaire de la restauration sonore. En effet, toute situation exige un transfert : cas d'enregistrements analogiques sur supports mécaniques, magnétiques ou optiques. Pour cette transaction, un ensemble d'outils vont être désignés et réglés par un opérateur. Cette multiplication d'intermédiaires entre le support et son contenu d'origine vers le résultat de la transaction sont autant d'interventions susceptibles d'influencer sur le résultat sonore. L'acquisition d'une matière sonore implique un savoir faire technique de la part de l'opérateur : il s'agit de « désolidariser » le couple support-contenu sonore pour extraire la matière sonore. L'ensemble de ses gestes doit être parfaitement maîtrisé pour que le transfert s'effectue dans des conditions les plus neutres possibles. L'extraction du maximum d'informations depuis le support dépend de la qualité de lecture de celui-ci :

tout les gestes de l'opérateur constituent alors autant d'interventions susceptibles « d'entraver » cette transparence. Afin de rendre compte de l'influence que peut produire une erreur de manipulation, prenons l'exemple de la lecture d'un disque 78 tours. L'opérateur doit respecter un certain nombre d'étapes de réglage: le nettoyage du disque, la préparation et le réglage de la platine, le choix de la pointe de lecture, le réglage de la vitesse de lecture, le réglage de la courbe de correction... Dans ces étapes de lecture, la notion de choix intervient à plusieurs reprises. Ainsi, le son extrait n'est pas perçu de la même manière en utilisant telle ou telle pointe de lecture. La qualité du son extraite dépend ici directement d'une décision prise par le restaurateur. Ce choix a donc des répercussions sur le devenir du son restauré : pourra-t-on encore parler de restauration si la matière sonore servant de référence est elle même tronquée ? La notion de copie droite d'un document que l'on effectue à des fins archivistiques a-t-elle un sens ?

L'enregistrement du son est l'aboutissement d'un processus qui met en jeu une multitude d'intermédiaires qui sont nécessaires à son élaboration et à sa perception. Analysons les phases du processus dont le résultat est un enregistrement sonore dont l'événement sonore originel (réalité dont « l'image » est vers ce à quoi tend le ré-enregistrement) en est le point de départ. Dès l'étape suivante qui consiste en la prise de son, l'ingénieur du son intervient pour décider comment l'enregistrement sera effectué (type et placement des microphones, choix du matériel d'enregistrement et du lieux...) Lors de l'enregistrement en mode analogique, le son peut subir des modifications involontaires (défaut d'alignement, variations de vitesses, défaillance de l'enregistreur...) et d'autres intentionnelles (choix d'égalisation, réducteur de bruit de fond). Enfin, le signal est « couché » sur le support, qui aura sans doute subi lui-même des dégradations physiques... Le son à transférer comprend toutes ces étapes qui font partie de son histoire. L'opérateur, véritable médiateur du son à transférer, doit prendre en considération toutes ces caractéristiques afin d'aboutir à un transfert « droit ». Il doit, dès l'étape de transfert, se poser la question de savoir quelle est la matière sonore à transmettre. Les réponses à cette interrogation guideront ses choix dans tout le processus de restauration. En plus des compétences techniques, l'opérateur devra faire preuve de qualités de discernements sur la matière sonore sur laquelle il intervient

(discernement des modifications intentionnelles des modifications involontaires...) ainsi que d'une culture sonore des supports et des appareils lecteurs qu'il manipule...

I.3 La restauration sonore appartient au domaine de l'artisanat

La *Théorie de la restauration* constitue un socle de connaissances dans le domaine de la restauration académique, des arts plastiques. Seuls les principes concernant l'éthique de la sauvegarde peuvent être mis en commun. Les études scientifiques sur les supports ont permis d'établir un certain nombre de règles précises de conservation mais la disparité des fabrications obligent parfois à en redéfinir certaines au cas par cas (seuls les paramètres touchant aux « performances du signal » sont normalisés, comme le niveau de magnétisation de la bande par exemple)... Des extraits d'entretiens de plusieurs restaurateurs concernant la phase de lecture d'un 78 tours nous permettront de saisir la difficulté d'associer des règles strictes au domaine de la restauration sonore. Avant toute opération de transfert, l'acquisition d'un appareil lecteur adéquat est déjà loin d'être évidente si l'on considère que le support correspond à une époque de grande diversité de marques d'appareils lecteur. Dans notre cas, le 78 tours est issu d'une époque où les technologies d'enregistrement ne sont pas encore stabilisées. Le restaurateur doit adapter son matériel (moteur de la platine, bras, tête de lecture, pointe de lecture) en tenant compte de paramètres tenant autant aux caractéristiques de la matière du disque qu'aux techniques de gravure... Il faut aussi qu'il puisse adapter ses gestes aux particularités de chaque support qu'il manipule : les disques anciens comme les 78 tours n'ont pas toujours un trou centré, ce qui peut provoquer un défaut de lecture appelé « pleurage » si la situation est laissée telle qu'elle : «... Et une fois qu'on a le bon exemplaire, le but c'est de prendre au mieux le son. Je dirais que c'est la phase la plus importante. Dans la restauration sonore le travail de lecture c'est au moins 60 % du travail, peut-être plus même. »⁴

Avant toute lecture, un support doit être nettoyé. Un diagnostic s'impose de la part du restaurateur qui jugera de l'état de détérioration du matériel. Cependant, malgré

⁴ SEVIN Jean-Christophe, *Transfert et restauration des enregistrements sonores*, notes de travail. 2008, Marseille, shadyc-cnrs.

toutes les connaissances sur la structure chimique et les processus d'altération des divers composants des supports, plusieurs méthodes de nettoyage existent et le choix d'une d'entre elle dépendra du jugement du restaurateur sur l'état du support, de son savoir-faire (qui n'exclut pas un certain empirisme) ainsi que du système de lecture utilisé par la suite. Prenons l'exemple du nettoyage d'un 78 tours dont une technique courante consiste à humidifier le disque avec de l'eau déminéralisée, ce qui a pour conséquence de diminuer le bruit de fond lors de la lecture. On peut également y ajouter une goutte de détergent. Si cette astuce peut se révéler efficace, elle ne permettra pas de relire le disque « à sec », mais toute adjonction de produits appelle la plus grande vigilance pour ne pas compromettre la durée de vie de l'original.

La lecture d'un 78 tours, et plus généralement des disques noirs, dépend également du choix de la pointe de lecture. Il faut que celle-ci soit adaptée à la largeur du sillon de gravure qui varie lui même en fonction du temps, des pays, des marques de disque et du degré d'usure. Ainsi, si aucune information ne peut être retrouvée sur les caractéristiques des pointes de lecture d'un support, le restaurateur devra choisir, d'après une large palette de pointes de lecture, s'il en dispose d'une, celle qui paraît la plus appropriée. Le restaurateur est confronté au même problème lorsqu'il s'agit de régler la vitesse de lecture d'un disque. Dans le cas d'un 78 tours, l'instabilité du courant pouvait à l'époque faire varier de manière considérable la vitesse de lecture et donc de gravure du disque, ce qui pouvait changer la tonalité de l'ensemble... Pour rétablir ces changements de vitesses, la solution consiste pour le restaurateur à ruser avec le variateur de vitesse de la platine. Autant de gestes qui doivent être acquis par habitude de manipulation des appareils. En plus de cette maîtrise technique, rétablir une tonalité demande une oreille habituée aux sonorités des enregistrements d'époque et ce, quel que soit la nature du son : « ...Il faut choisir un bon diamant. On a une vingtaine de tailles, de types différents, coniques, elliptiques. Le tout c'est d'avoir un certain nombre de tailles, parce que ça varie beaucoup, entre les années 20 ou 40 ou 50 c'est pas du tout la même taille de gravure. Et encore c'est même pas forcément lié aux années. On peut avoir un enregistrement de février 34 enregistré à Paris et un autre enregistré à Londres et avoir une bonne différence parce que le graveur n'était pas le même dans les deux villes... »⁵

⁵ SEVIN Jean-Christophe, *Transfert et restauration des enregistrements sonores*, notes de travail. 2008, Marseille, shadyc-cnrs.

La préaccentuation lors de la gravure est également un des paramètres influençant directement la lecture d'un disque. Le restaurateur se doit donc de compenser cette courbe, particulière à chaque enregistrement, qui varie selon les marques et les années en appliquant la courbe de désaccentuation la plus pertinente. Cette courbe ne sera standardisée qu'au milieu des années 50, pour les disques vinyles, sous le nom de courbe RIAA (Recording Industry Association of America), l'association interprofessionnelle de l'industrie du disque qui la proposa. Peu de ressources sont disponibles pour les restaurateurs à ce sujet: des livrets ont pu être édités recensant les diverses courbes utilisées selon les firmes et les années ou encore des courbes pré-réglées sur les organes de pré amplification selon les différentes marques. Si aucun de ces indices n'est disponible, le restaurateur devra régler cette courbe manuellement, guidé par son oreille et son expérience, par un savoir intégré au fil des écoutes et des épreuves répétées : « ...La courbe qui est relativement standardisée dans les années 50, 55-56, c'est la courbe RIAA. Mais, avant, chaque label devait avoir sa courbe, mais on n'en sait rien. Il y a des appareils qui existent, des préamplificateurs, avec différentes courbes de marques, Columbia, etc. Mais ça ne marche jamais. ».

L'ensemble de ces choix semble guidé d'une part par la connaissance technique que possède le restaurateur du couple support/appareil lecteur ainsi que par l'expérience qu'il a du rendu sonore de ce support de lecture. Les choix techniques de vitesse de lecture, de courbe de réponse variants d'un cas à l'autre sont conditionnés par des habitudes d'écoutes issues de l'expérience d'écoutes répétées sur un même type support de lecture. Ces habitudes d'écoutes sont-elles le reflet des mœurs d'une époque ou d'une satisfaction qu'éprouvera l'opérateur du transfert avec un tel réglage de l'appareil lecteur ? Ou bien des deux ? Cela paraît difficile à quantifier ! Bien que soucieux de l'intégrité sonore du document à transmettre, l'opérateur effectuera des réglages qui lui paraîtront justes « esthétiquement » en fonction de sa propre sensibilité et de ses intentions. Cette étape d'acquisition est quelque part nécessairement soumise à l'appréciation subjective des intervenants. Rappelons que l'auto-satisfaction ne rentre pas dans les objectifs de transmission de la restauration sonore mais est-il seulement possible de tendre vers la minimisation de cet aspect ? L'utilisation des appareils de lecture d'époque par les générations actuelles entretiendrait ces références d'écoute perdues et rendrait possible

leur manipulation plus aisée bien que l'évolution de plus en plus rapide des technologies n'aille pas véritablement dans ce sens. La tentation est grande pour les générations actuelles, qui considèrent les normes d'écoutes d'aujourd'hui comme étant qualitativement supérieures aux précédentes, d'adapter les enregistrements anciens à ces normes connues : compression, agrandissement de la dynamique... Peut-il en être autrement si l'on n'a comme unique repère «le son d'aujourd'hui » ? Assimilable à une discipline d'artisanat, la restauration sonore requiert une transmission des connaissances techniques ainsi qu'une sensibilisation aux sons d'époque de la part des générations passées envers les générations actuelles : «...Nous on désactive la courbe et après on fait travailler l'oreille. On essaye de la retrouver [...] c'est beaucoup à l'expérience. Avec le 78 tours, c'est le meilleur exemple, il n'y a aucune règle, chaque disque est complètement différent. Chaque enregistrement est différent.»⁶

Malgré la multitude d'organisations visant à protéger le patrimoine sonore, il semble que les directives ne se préoccupent guère de la situation des documents audiovisuels dans les archives... Au sein de l'Audio Engineering Society (AES) existe un groupe de travail (Working Group on Audio Preservation and Restoration) ayant pour objectif de sensibiliser à la fragilité de ces supports les techniciens de cette association dont les missions sont de développer toujours plus de nouveautés. Mais cette prise de conscience reste encore bien limitée : l'obsolescence toujours plus rapide des matériels a des conséquences incalculables. Les cycles de l'innovation technologique se raccourcissent sans cesse, ce qui a pour conséquence une diminution de la durée de vie des standards en usage à un moment donné. Une quantité de chaque format sera entreposée dans les fonds d'archives, mais il sera devenu impossible de les lire faute de matériel adapté. Si certains appareils de lectures peuvent être reconstruits avec une technique mieux maîtrisée qu'à l'époque (cas des lecteurs de cylindres par exemple), il sera financièrement lourd, voire impossible de reconstruire un lecteur de disque laser lorsque le dernier aura disparu. Des moyens financiers et humains doivent être très rapidement mis en place pour remédier à cette situation. En attendant, une part importante de la mémoire sonore et audiovisuelle continue à se dégrader. Que deviendra

⁶ SEVIN Jean-Christophe, *Transfert et restauration des enregistrements sonores*, notes de travail. 2008, Marseille, shadyc-cnrs.

la sauvegarde d'un patrimoine sonore, dans un contexte de disparition annoncé des lecteurs, si la transmission d'un savoir faire propre à ces techniques n'est pas assuré ?

II. Instaurer une déontologie propre à l'exercice de la restauration sonore

II.1 La conservation des supports, étape primitive du processus de la restauration

La conservation d'un document désigne l'ensemble des opérations qui visent à arrêter son évolution dans le temps. Cette définition entretient un lien étroit avec celle de la restauration qui se donne pour mission de consolider et rétablir l'état d'un document en intervenant indirectement, dans le cas de la restauration sonore, sur celui-ci. Le but de la conservation est de se rapprocher le plus possible de l'état d'origine du support, afin d'avoir une vision claire des interventions possibles sur le document. L'état de détérioration des supports détermine directement l'état du contenu sonore, qui, à l'issue du transfert, servira de document de référence dans la suite des interventions. Un document sonore détérioré éloignera le restaurateur dans sa tentative d'approche du document vers son état original. C'est à terme la dégradation physico-chimique des supports analogiques, qui dans une optique de conservation des contenus sonores, amène ceux-ci à être transférés. La quantité des transformations que l'objet a subi au cours du temps influence ce qui peut en être compris. Tout geste de conservation doit être précédée d'une analyse préalable sur l'objet à conserver permettant de relever les éléments d'identification et d'interprétation que celle-ci fournit. Cet ordre des choses va de paire avec la méthode dictée par la restauration : avant toute intervention, il y a analyse du document : l'intervention technique elle-même est en fin de parcours l'expression concrète du jugement technique qui s'est constitué au cours du travail.

La conservation peut être envisagée de deux manières différentes : elle peut être dans un premier cas le maillon d'une chaîne de sauvegarde du patrimoine, dans le cas où l'on le document fera uniquement l'objet d'une « copie droite », ou copie de sauvegarde. La conservation apporte dans ce sens son concours technique à un projet global: la constitution d'un patrimoine utilisable, c'est à dire étudiable, présentable ou archivable selon les cas, mais présentant toujours une certaine accessibilité. Dans le cas où la vie du document est amenée à être prolongée par la restauration, la conservation est un premier objectif dans le processus de restauration. Ces deux disciplines ne peuvent en aucun cas être dissociées l'une de l'autre car c'est de l'état de conservation physique du support d'un document dont dépendra par la suite, les interventions de restauration possible sur celui-ci.

II.2 Une méthode de restauration des enregistrements sonores

II.2.1 Méthodologie

Anne Marie Bruleaux est l'auteur d'un guide de conservation et restauration des documents anciens. Le guide présente six modules pédagogiques, tous emprunts d'une déontologie, où elle expose les méthodes de préservation et de restauration des œuvres. La restauration d'un document sonore n'est pas un acte anodin. Si cette discipline est fortement menacée par l'obsolescence des appareils de lecture ainsi que par la transmission d'un savoir faire, il convient de remarquer que cette discipline, difficilement cadrée, ne bénéficie d'aucun code déontologique. Si la conservation des documents sonores, définie comme la première étape de la restauration répond à un certain ordre établi (connaissance des supports puis des facteurs de détérioration, moyens de lutte contre ces facteurs de détérioration), pourquoi n'en est-il pas de même pour la restauration ?

Etape 0 : conservation des supports

Etape 1 : investigation autour du document, en collaboration avec l'archiviste

Analyse physique du support :

- L'état dans lequel a été déposé le document et les conditions de conservation
- Analyse du rapport relatant de l'évolution de l'état du document lors de sa conservation.

Analyse des ressources existantes :

- Analyse de la nature du support : document édité ? (existence d'une version du contenu sous un autre support : cassette DAT, disque vinyle, réenregistrement...), document inédit ? Rushes ? (ensemble d'éléments -originaux ou copies- n'ayant pas fait l'objet d'une sélection)
- Analyse de toute documentation relative au support, provenant du document lui-même ou non : registre, base de données, livret accompagnant le support...
- Analyse des données techniques pouvant préciser le contexte de lecture : marque et type du support, firme de fabrication du support, vitesse de lecture, durée d'enregistrement...

Analyse du contexte d'enregistrement :

- Analyse des éléments principaux connus qui caractérisent le document : interprète ou formation célèbre possédant une discographie connue, instance productrice de l'enregistrement, lieu d'enregistrement caractéristique, contexte technique d'enregistrement ou de post-production précis, contact possible avec les acteurs de l'enregistrement (interprètes, chefs d'orchestre, techniciens, critiques...).

Etape 2 : diagnostic du support physique

Pour sauver un document d'une destruction certaine, le restaurateur peut être amené, en manipulant le support avant ou pendant la lecture de celui-ci, à lui apporter des modifications importantes qui peuvent entraîner une perte d'informations (datation, informations sur les modifications qu'il a pu subir dans le passé...). Le restaurateur doit avant toute intervention procéder à un diagnostic du support physique avec la plus grande précision. Il consiste à :

- déterminer la nature des divers composants du support
- comprendre les causes de l'altération du support

Le restaurateur doit faire appel à des connaissances et des techniques :

- la connaissance de la structure chimique et des processus d'altération des divers composants du support
- l'observation
- les analyses chimiques dans certains cas (bande magnétique par exemple)

Etape 3 : réglage de l'appareil lecteur et éléments de la chaîne de numérisation

Le lecteur analogique constitue le point de départ de la chaîne de numérisation. Quelle que soit la nature de ce lecteur (platine vinyle, magnétophone...), celui-ci doit être optimisé pour la lecture du support : nettoyage, démagnétisation, réglage du gain, de l'azimut, de la courbe de lecture à partir de la bande étalon correspondant à l'appareil, pour un magnétophone. L'objectif de la lecture étant l'extraction d'un maximum d'informations depuis le support, un dérèglement de l'appareil peut entraîner une mauvaise perception sonore du document : modification de tonalité ou de timbre, de l'image stéréophonique, de l'ensemble des paramètres de mixage qui caractérisent l'oeuvre en général. La chaîne de numérisation comprend les éléments suivants, dont les

spécifications techniques de la chaîne seront donnés en II.1.3, dans le paragraphe concernant l'état actuel de l'archivage :

- Le lecteur analogique optimisé pour la lecture du support disposant de sorties analogiques symétrisées raccordées en respectant le choix des niveaux nominaux en sortie du lecteur et en entrées du convertisseur (niveaux nominaux fixés généralement au niveau ligne de +4 dBu)
- Un convertisseur analogique numérique permettant, au minimum, d'une quantification sur 24 bit et une fréquence d'échantillonnage de 96 kHz et disposant d'entrées analogiques symétrisées avec un niveau nominal d'entrée fixé au niveau ligne de +4 dBu.
- Un ordinateur-hôte
- Une horloge mère pour synchroniser l'ensemble des équipements numériques.

Etape 4 : transfert

Cette étape de lecture consiste pour le restaurateur en un second diagnostic. La lecture droite du support permet d'identifier l'ensemble des défauts et l'opération de transfert qui en découle a pour résultat la constitution de l'exemplaire de conservation sans aucun traitement. Ces défauts doivent être classifiés le plus précisément possible dans un rapport mettant en avant leur nature : défauts dus au vieillissement du support, à des modifications volontaires ou involontaires du signal. Ce « second diagnostic » est indispensable car de façon générale, moins on comprend le processus d'altération, plus on est tenté de choisir un traitement global, peu spécifique, avec des risques et des effets secondaires plus élevés.

Etape 5 : choix des traitements

Le choix des traitements doit se faire à partir de l'identification des défauts de l'étape précédente. Il faut insister, à cette étape sur la réversibilité des manipulations : en effet, il faut après chaque traitement faire une copie du fichier pour pouvoir revenir en arrière.

- Le traitement doit être spécifique au défaut entendu.
- Le traitement doit être compatible avec tous les défauts composant le document, y compris ceux qui ne sont pas impliqués directement dans le processus de dégradation. Il y a en effet toujours un risque qu'un traitement efficace pour un aspect devienne nocif pour l'ensemble du document.
- Le traitement doit être « réversible ». Une copie du fichier doit être disponible avant traitement de façon à ce que l'on puisse revenir en arrière.
- Le traitement doit être aussi limité que possible car toute intervention comporte un risque de perte d'information. En même temps, le restaurateur doit intervenir de façon suffisante pour permettre la compréhension sonore. Il doit donc concilier au mieux ces deux impératifs souvent divergents.

II.2.2 Les documents liés à la restauration

Le cahier des charges

Le cahier des charges est un document établi par le service qui donne à restaurer un document à un restaurateur. Sa rédaction est importante car il permet d'établir les responsabilités et de garantir les recours en cas de problème ultérieur. Il fait l'objet des points suivants :

- Evaluation de la luminosité et de la température du local de stockage ;
hygrométrie
- Positionnement des supports dans le local
- résultats de test : tests d'acidité par exemple pour la bande magnétique (bande acétate)
- L'analyse des processus de dégradation, la justification des choix de traitement (si besoin) : le traitement effectivement appliqué (description précise des méthodes et produits appliqués - quantités, conditions d'application- , etc.)

- Les traitements interdits pour le type de document à restaurer : produits qu'ils convient d'utiliser et ceux à exclure
- L'ensemble des documents d'archive relatifs au support doivent y figurer (pochettes originales pour les disques, rapports des sessions d'enregistrement, etc), ainsi que les informations spécifiques au support qu'il a été possible de rassembler concernant le contexte d'enregistrement et de post-production.

Les principes déontologiques de la restauration physique doivent être rappelés:

- respect de l'intégrité du document
- principe de réversibilité

Les souhaits spécifiques du service commanditaire

- copie droite
- restauration
- réédition

Le rapport de restauration :

Le rapport de restauration doit fournir des renseignements sur :

- Les conditions de lecture lors du transfert du document sonore : elles doivent, dans l'idéal, pouvoir être justifiées par des documents de référence (réglage de la vitesse de lecture, choix d'une pointe de lecture, courbe d'égalisation...)
- Analyse des caractéristiques du document sonore sur la base des documents de références fourni par l'archiviste : repérage et classification des défauts...
- Définition des traitements de restauration en fonction de l'analyse auditive du support. La version de copie droite doit être conservée et rendue consultable à tout moment. La conservation de cette copie droite assurerait la réversibilité des traitements de restauration dans le sens où il sera toujours possible de revenir à « la source ».

II.3 Le restaurateur, médiateur essentiel dans la transmission du message sonore

Le restaurateur doit être guidé tout au long de son travail par son objectif premier : celui de transmettre l'histoire du son sans la réécrire ou la réinterpréter. Cependant, même si son travail est animé par ce principe déontologique, nous remarquerons qu'il sera toujours en présence de plusieurs possibilités comme dans le cas de l'opération de transfert, répertoriées par William Storm dans « *The Establishment of International Re-recording Standards* » datant de 1980 :

- « - Le type 0 ou "le fac-similé". Par exemple, le disque est pressé à neuf en passant par une matrice.
- Le type 1 ou "l'histoire du son". Le but de ce réenregistrement est de lire le document de la même manière qu'à l'époque. Le document est donc lu par l'appareil de reproduction en vigueur à l'époque. Cette méthode pose le problème de détérioration du document par des appareils non perfectionnés qui sont susceptibles d'ajouter de la distorsion.
- Le type 2 ou "la reconstruction du phénomène sonore originel". Le but de ce transfert vise à éliminer toutes les modifications du phénomène sonore originel survenues aussi bien à l'enregistrement qu'à la restitution. »⁷

Les possibilités de Storm ont été critiquées comme des principes s'éloignant de la réalité pratique notamment par Tom Owen dans l'article « *Technologie du transfert et de la restauration des documents sonores* » publié dans la revue française «*Sonorités*» en 1982. En effet, celui-ci s'oppose à une telle classification dans la mesure où celle-ci propose une utilisation sans limite des technologies actuelles pour la conservation et la restauration du son. Prenons l'exemple de la lecture d'un document par l'appareil sonore utilisé à l'époque : une lecture mécanique pourrait détruire certains supports comme les cylindres ou les disques acétates très dégradés... Ces trois propositions mettent néanmoins en valeur une question fondamentale à laquelle sont confrontés les

⁷ M-F CALAS et J-M FONTAINE, *La conservation des documents sonores*, 1997, Paris, CNRS éditions

restaurateurs : en quoi consiste ce phénomène sonore à transmettre ? Cherche-t-on à conserver le son tel qu'il est perçu par un auditeur de l'époque au travers d'un appareil lecteur d'époque ou bien cherche-t-on à reconstituer le son à sa source, sans prendre en compte toutes les modifications qu'implique une chaîne d'enregistrement ? Les modalités de transfert d'un document original posent au restaurateur des choix décisifs. En premier lieu, l'appareil de lecture doit être adapté au document original sans le détériorer, être réglé de manière à engendrer des distorsions les plus basses possibles. Les appareils originaux ne peuvent être utilisés que dans très peu de cas. La fabrication de moyens de lecture des supports sont rares car coûteux, mais cependant possible : des dispositifs de lecture optique avec fibre légère ont été fabriqués par l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne et la société Finial/ELP Co pour la lecture laser. De tels procédés optiques offrent une chance supplémentaire de lire les documents particulièrement dégradés et peuvent se trouver moins réducteurs que la pointe d'un stylet vis à vis de la quantité d'informations entre les sillons. Mais la conception de moyens de lecture adaptés à chaque support en fonction de leur fragilité est difficilement concevable en dehors d'un contexte de recherche... Concernant les types de correction à appliquer, certaines références correspondant aux type de support et à l'année d'enregistrement sont disponibles mais les corrections peuvent être très diverses avant l'apparition de la norme RIAA (cas des 78 tours). Pour les imperfections dus aux appareils d'enregistrement, il s'agit surtout d'erreurs de gravure pour les disques et pour les cylindres, pour l'enregistrement magnétique c'est la position des têtes de lecture qui entre en jeu. Dans le cas des imperfections techniques des enregistreurs, doit-on chercher à éliminer tous les défauts si ceux-ci font partie intégrante de l'enregistrement? Voici les constatations de Storm à propos du problème de compensation des modifications dues aux imperfections techniques des appareils d'enregistrement : «Pour l'archiviste sonore, le principe qui doit le guider lors d'un réenregistrement est en relation directe avec sa mission : celle de conserver l'histoire et non de la réécrire. Ce principe a été approuvé aussi bien par l'Association internationale des archives sonore (IASA) que par l'Association nord-américaine des archives sonores (ARSC) » ; «La définition et l'appréciation de la bonne qualité du son dépendent toujours de la formation et de l'expérience de la personne qui juge. Cette appréciation dépend aussi de

l'état physique et psychique de l'auditeur»⁸.

Ces deux citations de Storm ne servent pas réellement en réponses mais se rapportent à la subjectivité des l'auditeurs et des acteurs de la restauration... Il semble cependant que ces « choix » auxquels est confronté le restaurateur ont souvent leur réponses techniques. Malgré le côté subjectif inhérent à toute pratique qui implique une sensation, le restaurateur peut être guidé par des informations concernant le contexte de l'enregistrement. Dans un article publié par le journal de l'AES, Dietrich Schüller propose une analyse claire des points critiques du réenregistrement et examine les questions qui surgissent à chaque phase du processus : le premier élément susceptible de modifier l'événement sonore originel est l'ingénieur du son qui décide de comment le son va être capté par l'enregistreur. Plusieurs éléments vont influencer cette captation : type et emplacement des microphones, choix du local (acoustique du lieu), choix de l'enregistreur, du réducteur de bruit, du système de réduction des distorsions. Lors de l'enregistrement, des modifications involontaires du signal peuvent intervenir. Elles résultent des insuffisances techniques inhérentes au procédé d'enregistrement (distorsions, variation de vitesse, mauvais angle de gravure ou mauvais positionnement des têtes dans le cas d'un enregistrement au magnétophone). Lorsque le signal arrive sur le support, il a peut-être subi toutes ces modifications. Lorsque nous procédons à un réenregistrement il faut prendre tous ces points en considération.

Le restaurateur est la dernière personne à intervenir sur le support. Il a la responsabilité de transmettre une « image » du contenu la plus proche possible du phénomène sonore originel. Un certains nombre de choix compliquent son travail, dont les décisions prises dépendront ou non d'une recherche approfondie sur l'enregistrement du signal. Cependant, il n'échappe pas à certaines inconnues mais son soucis d'objectivité reste le fil directeur de son travail. Storm a en 1988 répertorié une sorte de questionnaire pour les opérations de réenregistrements. Le nombre de réponses claires apporté pourra quantifier le degré d'objectivité du travail de restauration par rapport aux nombres de compromis... Voici un ensemble d'interrogations qui composerait ce

⁸ M-F CALAS et J-M FONTAINE, *La conservation des documents sonores*, 1997, Paris, CNRS éditions

questionnaire :

«Quelle estimation réaliste peut-on donner de la qualité sonore de l'original ?

Sur quels critères objectifs se fonde cette estimation ?

A-t-on choisi le bon système de reproduction sonore lors de la lecture du signal originel ?

L'appareil de lecture est-t-il convenablement bien réglé et d'une neutralité telle qu'il permette de juger l'enregistrement ?

Le local d'écoute présente-t-il les caractéristiques sonores appropriées ?

Les filtres, égaliseurs, chambres d'écho et autres dispositifs techniques sont-ils utilisés à partir de jugement subjectifs ?

La technique de réenregistrement est-elle influencée par des préférences personnelles et des phénomènes psycho-acoustiques ?

Un procès-verbal détaillé a-t-il été dressé aussi bien lors de la lecture de l'enregistrement originel que lors de l'enregistrement sur le nouveau support ?

L'ensemble des procédures, des tests et des résultats peut-il être vérifié ? »⁹

⁹ M-F CALAS et J-M FONTAINE, *La conservation des documents sonores*, 1997, Paris, CNRS éditions

CHAPITRE 2

Le patrimoine sonore

I.1 Statut du patrimoine sonore et état actuel de l'archivage

I.1.1 Existe-t-il un patrimoine sonore ?

Une part importante de notre patrimoine réside sur les supports sonores. Dès 1891, anthropologues, linguistes utilisent un matériel amateur (seul disponible) pour enregistrer les chants et les parlers collectés sur le terrain, mais à part la collection réunie par l'anthropologue Azoulay en 1900 à Paris, peu de supports de cette époque sont encore capables de nous livrer encore le moindre message. Depuis cette date, les progrès techniques ont fait un bond prodigieux et pourtant la conservation des archives sonores n'est pas assurée de façon satisfaisante. Constituées avant les premières cinémathèques, les phonothèques sont encore mal connues et souffrent encore, comparée à l'image, d'un certain mépris auprès du public. La colorisation des films dans les années 80 est un événement qui a fait scandale auprès des réalisateurs soucieux de préserver l'intégrité de leurs productions alors que le jeune public ne voyait plus l'intérêt du film noir et blanc... Evolutions techniques et sociologiques ont coïncidé à une certaine époque et marqué le patrimoine cinématographique qui est aujourd'hui largement diffusé. Quel est le cheminement du patrimoine sonore en France dans le contexte des évolutions technologiques? On constate qu'avant les années 1980, peu d'institutions sont prêtes à investir dans les recherches nécessaires à la conservation des supports. La phonothèque nationale, département de la Bibliothèque Nationale, s'est préoccupée de la préservation indéfinie des supports magnétiques audio mais trouve peu de soutien financier. A partir des années 1980, le ministère de la Culture crée un poste d'ingénieur acousticien dédié aux archives sonores et prend conscience que la

préservation des documents sonores doit utiliser les technologies de pointe. Marie-France Calas, directrice du département de la phonothèque nationale (Bibliothèque Nationale), soutenait dans un article de la revue *Culture et recherche*, que la préservation implique des recherches interdisciplinaires et exige un personnel d'un haut niveau formé dans les technologies de pointe mais aussi sensibilisé au patrimoine. D'autre part, l'évolution rapide des outils numériques, encore peu maîtrisés à cette époque, traduit une instabilité préoccupante, mais promet des progrès non négligeables qui permettront par exemple la lecture des cylindres ou la «reconstitution» de plages de disques défectueuses. La revalorisation des archives sonores aux yeux du public doit passer par des expositions, des échanges entre ingénieurs et techniciens, mais également par la collaboration entre institutions ayant les même buts: INA et Phonothèque Nationale... C'est ainsi, qu'à l'époque, la Bibliothèque Nationale a signé une convention avec l'Université Paris VI ainsi qu'avec certains laboratoires spécialisés.

Aujourd'hui plusieurs institutions ont en commun la mission de transmission, à des échelles différentes, du patrimoine sonore. La valorisation du patrimoine sonore n'existe pas sans l'association de deux notions qui portent pourtant des sens antinomiques: la conservation des documents et leur diffusion. En effet, un document mal conservé ne pourra pas être diffusé. Cependant, cette ambivalence se retrouve jusque les rôles des bibliothèques qui n'assument pas simultanément les missions de conservation et de diffusion des documents: bibliothèques publiques (diffusion), bibliothèques de conservation de type BNF (conservation, consultation possible mais uniquement sur place, diffusion sur l'internet si les droits le permettent), bibliothèques musicales (diffusion et mission patrimoniale)... Cette problématique de missions est d'une part lié à un problème financier (la conservation des documents nécessite des structures et des équipements particuliers) mais également au fait que certains documents passent à la trappe et notamment les auto-produits, même si le dépôt légal est aussi une obligation pour les enregistrements sonores édités. Dans certains cas, les bibliothèques musicales seront peut-être les seules à posséder ces documents, susceptibles de disparaître des rayonnages. Quelle attitude adopter face à ces documents en voie de disparition mais qui ne peuvent pas être correctement conservés? Faut-il

alors se débarrasser des fonds de 33 tours, dont certains n'ont pas été réédités en CD et sont maintenant introuvables? Se débarrasser des fonds musicaux écrits et imprimés anciens pour les bibliothèques qui en possèdent? Cela reviendrait à ne pas considérer ces documents comme faisant partie du patrimoine sonore... Ou faut-il au contraire se saisir d'une mission patrimoniale qui inclura de ce fait une mission de conservation même si l'on estime que la mission première d'une médiathèque est la diffusion? Le fait de posséder, pour toutes ces institutions, des documents en double (un exemplaire pour la conservation, un autre pour la diffusion) pourrait être une solution à envisager. La «conservation partagée» en est une autre: depuis 1982 et le rapport Desgraves, les bibliothèques et les autres institutions détentrices de fonds patrimoniaux sont encouragées à coopérer pour la sauvegarde active de ces collections, mais les initiatives de ce type ne sont que très récentes pour les documents sonores. En effet, le disque et ses avatars peinent à atteindre le statut d'objet patrimonial malgré la fragilité des supports et la richesse des contenus: archives parlées, tradition orale et musiques régionales, édition musicale, enregistrements de concert. L'amélioration du stockage des supports, la vigilance par rapport aux 75 % de non rééditions et à la rotation de plus en plus rapide des disques édités, mais aussi la collecte thématique des productions contemporaines ne peuvent être matériellement assurés que dans le cadre d'une collaboration, très difficile à initier à l'heure actuelle, entre les institutions détentrices de fonds sonores. Ce type de coopération, dite conservation partagée, relève à la fois de la préservation physique des œuvres et de la politique documentaire. Il s'agit de répartir entre les bibliothèques et centres de documentation d'un territoire donné la responsabilité de la conservation optimale, des acquisitions exhaustives et d'une large communication des disques selon un découpage par support, par genre musical...

Gérer une collection patrimoniale demande du temps et des moyens de conservation dont les bibliothèques sont souvent démunies. Cela est peut-être dû au fait qu'il n'existe pas vraiment de politique patrimoniale à l'échelle nationale surtout dans le domaine de la musique. Les raisons pour lesquelles le patrimoine sonore n'a pas de réel statut sont nombreuses, à commencer par le manque de législation concernant l'appartenance d'une collection d'enregistrements à un patrimoine sonore. A ceci s'ajoute

les rôles figés des institutions qui ne trouvent pas d'équilibre entre diffusion et conservation des documents, faute d'équipements peu adaptés à l'un ou à l'autre. Cependant, l'urgence de permettre l'évolution de ce patrimoine sonore est grande si l'on considère la quantité de documents sonores vieillissants voués à leur perte. Quel est l'avenir d'un patrimoine sonore s'il n'est pas destiné à être partagé?

1.1.2 Les structures dédiées au patrimoine sonore

La première initiative d'archivage est née à Vienne, à la fin du XIX^{ème} siècle. La communauté scientifique (linguistes, anthropologues...) prend conscience de l'importance de conserver les documents sonores. Les premières institutions d'archivage nationales voient alors le jour avec la constitution en 1899 des Archives phonographiques par L'académie des Sciences de Vienne. Les documents conservés sont alors essentiellement des enregistrements à caractère scientifique. En 1925 est institutionnalisé à Paris la Phonothèque Nationale suite à la loi sur le dépôt légal du 19 mai prévoyant le dépôt des phonogrammes et des œuvres cinématographiques. C'est avec l'étude sur la conservation des disques et des bandes magnétiques par deux ingénieurs américains Pickett et Lemcoe, commandée par la *Library of Congress* et publiée en 1959, que la recherche scientifique sur le vieillissement des supports prend de l'importance. En effet, on ne considère plus uniquement à présent la conservation physique des supports, et de nombreuses phonothèques spécialisées voient le jour à partir de la fin de la seconde guerre mondiale. Peu à peu, les institutions de conservation spécialisées des documents sonores tentent de s'organiser et de jeter les bases d'une coopération internationale. En 1963 en crée, sous l'initiative de Roger Decollogne, directeur de la Phonothèque Nationale à Paris, la Fédération Internationale des Phonothèques, supplantée de peu en 1969 par l'IASA (l'Association Internationale des Archives Sonores). L'IASA est une organisation non gouvernementale de l'Unesco comprenant une équipe technique qui étudie, entre autre, les problèmes de conservation

et de restauration des documents sonore en y intégrant les nouvelles technologies, dans un contexte de collaboration internationale. Aux Etats-Unis, une organisation similaire voit le jour en 1959, l'ARSC, l'Association for Recorded Sound Collections. Depuis les années 1980, une structure d'échange au sein de l'Unesco permet la confrontation de diverses associations concernées par la conservation des enregistrements audiovisuels : l'IASA, la FIAF, la FIAT (Fédération Internationale des Archives de Télévision) ainsi que l'IFLA (l'Association internationale des associations de bibliothécaires). En 1987, le premier Joint Technical Symposium (JTS) a lieu à Berlin. Cette réunion concerne les aspects techniques de la conservation et aborde les questions de protection, de conservation et de restauration des supports audiovisuels. Suite à ces échanges, remportant un succès auprès des comités techniques de l'IASA, est fondé le Technical Coordination Committee of the International Federation of Audio, Film and Television Archives. Cette organisation rassemblant deux représentants de chaque comité technique organisera les Joint Technical Symposia tout les cinq ans (Ottawa en 1990, Londres en 1995...) et sera à l'origine de nombreuses consultations d'utilisateurs et de fabricants d'équipements techniques d'archivage sonore, cinématographique et télévisuel : le guide de Georges Boston sur l'équipement technique spécifique aux archives audiovisuelles en est un exemple. La décennie des années 80 est également marquée par la « Recommandation For The Safeguarding and preservation of Moving Images », émise par l'Unesco le 27 octobre 1987. Ce texte atteste du fait que les productions audiovisuelles font désormais partie intégrante du patrimoine culturel et les Etats membres doivent assurer leur protection au même titre que les biens traditionnels.

I.2 Identification d'un son à un patrimoine sonore

Pour être inscrit au patrimoine sonore, un document doit convaincre les décideurs institutionnels qu'il mérite de l'être, après avoir respecté les multiples contraintes juridiques (production, édition...). L'expérience prouve, qu'en France, ce n'est pas

simple. Les institutions documentaires audiovisuelles sont nées de la légitimation progressive au cours du XX^{ème} siècle du phonogramme. Aujourd'hui, un document sonore, pour être inclus dans le patrimoine doit donc présenter un intérêt en tant qu'objet documentaire (utilisable comme objet de recherche en musicologie, sociologie, histoire, linguistique...), patrimonial (conservation du signal, pour le transmettre aux générations futures) et culturel (bibliothèques et les discothèques doivent en favoriser la diffusion dans toutes les couches de la population). Ayant eu à réfléchir à cette question dans le cadre d'une formation pour le DEUST Métiers du Livre de Clermont-Ferrand, Antoine Provansal en a conclu qu'il n'existe qu'un unique texte faisant référence au patrimoine sonore. Il s'agit de l'article 8 de la Charte des bibliothèques qui réduit le patrimoine sonore aux documents rares, anciens et précieux. A Londres, la National Sound Archive (*British Library*) considère quant à elle que tous les enregistrements de la gare Victoria produits entre 1950 et 1990 appartiennent au patrimoine sonore. Dans le même ordre d'idée, le site de l'association *Dastum* permet l'accès à tout ce qui concerne, sonorement parlant, la culture bretonne (musique, enregistrements de voix parlées, etc...). Ceci est un bel exemple de collectage du patrimoine sonore d'une région. Comment envisager une étude de la vie musicale dans une région particulière si la bibliothèque locale ne peut fournir aucun document? Peut-on raisonnablement réduire le patrimoine sonore à des documents rares?

Après avoir admis qu'un document ou une collection est digne d'appartenir au patrimoine sonore, il s'agira de déterminer à quel établissement sera confiée la collection. Si par exemple le document appartient à un patrimoine local, l'établissement en charge pourra bénéficier d'aides auprès de la région pour son exploitation. L'objectif des travaux d'inventaire et de catalogage sont l'identification d'un son à un patrimoine sonore. Les caractéristiques d'identification d'un son dépendent du domaine auquel appartient le document à identifier: dans l'édition, l'identité est caractérisée notamment par le type de support, le numéro de matrice (pour les documents anciens), le numéro de prise de son, dans tous les cas par le numéro de catalogue dans la marque éditrice, par le nom de l'oeuvre enregistrée ou le type de sons fixés, le nom du compositeur et celui des interprètes, le matériel d'enregistrement, les lieux et dates de prise de son... Pour les

documents radio, le type de support de fixation, la vitesse d'enregistrement, le «conducteur» de l'émission ou le questionnaire type, sa date d'enregistrement et de diffusion, le nom des différents intervenants... Pour les documents collectés par les chercheurs, les lieux et dates d'enregistrement et bien sûr par le contenu enregistré (voix, chants, ambiances...). Les disciplines concernées par ce travail de documentation autour du support sont vastes et différent en fonction des sources et des besoins: elles peuvent aller de la musicologie, à la sociologie, en passant par l'ethnologie... Dans la plupart des cas, les informations précises sur le documents sont rares et difficiles à reconstituer et nécessite des recherches interdisciplinaires. Cette quête est rendue d'autant plus difficile que les supports peuvent être la propriété des sociétés éditrices ou de particuliers.

I.3 L'archivage

I.3.1 Qu'est-ce qui a été archivé et comment ?

A partir du début du XXème siècle, un fait marquant dans l'histoire du patrimoine sonore témoigne d'une volonté de préserver du temps une collection d'enregistrement de voix. Sous l'initiative d'Alfred Clark, directeur de la compagnie de Gramophone à Paris, ont été enfouis sous les caves de l'opéra Garnier, en présence du ministre de l'instruction publique et des Beaux-Arts, des disques d'enregistrements des plus belles voix lyriques de l'époque : une première fois en 1907 (voix de Tamago, Cruso, Battistini, de Lucia, le Melba, Emma Calvé), suivi d'une seconde en 1912 (Grémier, Marcel Journet, Léon Beyle, Reynaldo Hahn, Vigneau, Korsoff...). Ces disques ont été déposés dans des urnes avec leurs appareils de lecture ainsi que les aiguilles et diaphragmes correspondants). La découverte de ces trésors de conservation ont permis de redécouvrir ces voix enfouies pendant plus d'un siècle et qui font partie aujourd'hui d'un patrimoine sonore commun. Il faut reconnaître que les institutions

ayant vocation à conserver le patrimoine sonore ont toujours été limitées. Pendant longtemps, l'ORTF et la Phonothèque nationale sont restés seuls à posséder des collections encyclopédiques sur tous les supports. Toutefois, depuis les années 1980, les demandes de conseils pour traiter, conserver, stocker les archives sonores se sont multipliées. Elles émanent du secteur associatif, de radios locales, d'archivistes, d'éditeurs, de particulier soucieux de restaurer leurs collections. La création, en 1979, de l'Association française d'archives sonores, répondait à cette demande.

On distingue actuellement diverses sources d'archivage. L'archivage institutionnalisé par les structures patrimoniales actuelles comme la Bibliothèque Nationale de France (département de la phonothèque nationale en ce qui concerne les documents sonores), l'Institut National de l'Audiovisuel ainsi que les radios (Maison de la Radio). Dans ces structures, les documents sonores ou non sonores ont un certain statut : le cycle de vie du document est marqué par son indexation, les travaux de documentation autour du document, le conditionnement et stockage du document selon des mesures de conservation jusqu'à la destruction de celui-ci en ce qui concerne les documents non sonores et selon leur statut juridique (pour les archives de la SIAF -Services Interministériel des Archives de Française-, notamment). L'ensemble des ressources de la BNF est rendue disponible au public au moyen d'une base de données : la base *Galilée*. On distingue de cet archivage public l'archivage privé : c'est le cas du monde de l'édition. L'industrie phonographique détient des collections d'enregistrements dont la durée de vie correspond, malheureusement car synonyme de perte, à celle de la maison d'édition. Dans ce cas, nous disposons de peu de données sur la gestion des maisons de disques de leurs fonds, du destin des originaux qu'elles sont parfois seules à détenir en dehors de collectionneurs éventuels. La catégorie des collectionneurs (archivage libre) constitue une source non négligeable de documents sonores. Ceux-ci détiennent parfois des trésors comme l'impressionnante collection de disques et d'ouvrages de jazz de Charles Delaunay dont la BNF a hérité par donation. Dans ce cadre d'archivage libre, à l'instar des maisons de disque, peu de données sur l'indexation et les conditions de conservation des documents sonores collectionnés nous reviennent... Une telle diversité de sources d'archivage rend difficile tout recensement des documents

qui pourtant appartiennent à un patrimoine censé être commun... Certaines institutions comme l'INA et la Maison de la Radio oeuvrent ensemble pour la diffusion d'un patrimoine sonore : dans le domaine du documentaire radio par exemple, la notion de « restauration » reste assez imprécise, en raison du contenu qui prime sur la sonorité. C'est sur ce contenu que semble peser la dimension patrimoniale, mémorielle ou archivistique. D'autre part, « l'immédiateté » que requiert la radio pour la numérisation de tel ou tel fonds d'archive ne semble pas toujours compatible avec un travail de restauration, d'autant plus si l'on considère la compression systématique de la diffusion radiophonique... La restauration serait-elle indispensable pour la diffusion du patrimoine sonore ? Oui, elle est nécessaire pour en ce qui concerne les documents sonores analogiques mais les conditions de restitution et de lecture ne sont souvent pas à la hauteur d'un travail de restauration (compression évidente pour les contenus diffusés en ligne...).

La question du transfert des archives sonores a été évoqué tout au long des décennies 1980 et 1990 en même temps qu'une évolution technique marquant le passage de l'analogique vers le numérique battait son plein. Un article intéressant sur la 88ème convention de l'AES à Montreux datant du 28 mars 1990 intitulé « *De vieux enregistrements retrouvent la qualité des disques compacts* » témoigne de la fascination pour les techniques d'élimination de parasites en tout genre produits par la société californienne *Lucas-Films*. Ainsi : Disneyland Productions s'apprête à ressortir de nouvelles copies de ses premiers films avec des bandes sons entièrement retraitées (dont la *Belle au bois dormant*); Le *Boléro* dirigé par Ravel lui-même en 1932 est également restauré par Phonogram. RCA réédite en compacte son prestigieux catalogue de Jazz *Blue Bird* débarrassé de tout craquements. Les premiers albums des Beatles (EMI) et les Doors (*Legend of the Doors*) ont été également liftés... Techniquement, le logiciel No Noise permet une automatisation de certains défauts analogiques par interpolation, la société grenobloise *Digigram* lance la carte PCX3 à insérer sur un PC AT qui permet de diviser par 5 l'espace mémoire : « *compression et décompression s'effectuent en temps réel sans perte de qualité audible...* »¹⁰. Désormais, la transparence du son numérique

¹⁰ *De vieux enregistrements retrouvent la qualité des disques compacts, 88ème Convention de l'AES, 1990*

est synonyme de qualité et l'on envisage de sauver les vieux enregistrements de tous leurs « défauts ». Bien que l'obsolescence des matériels étaient déjà remarquée (« *la vie de certains produits n'excède parfois pas quelques mois* »), on considère à cette époque que les réducteurs du bruits en tout genre allaient assurer la sauvegarde des documents sonores en faisant progresser qualitativement leur contenu. Ce manque de recul sur l'évolution toujours plus rapide des technologies pose aujourd'hui un problème: si l'on ne se souciait pas à l'époque de la dimension patrimoniale des documents, la question est aujourd'hui à l'ordre du jour si l'on considère les milliers de documents voués à être perdus ainsi que la dimension originale de nos documents si l'on prend en compte le nombre de nouvelles versions éditées en fonction des technologies qui arrivent sur le marché.



Figure 2.1 : photo des urnes des caves de l'opéra Garnier

1.3.2 Qu'est-ce qui est archivé et comment ?

Le document «*Ecrire un cahier des charges de numérisation des collections sonores, audiovisuelles et filmiques*», datant de 2009, rédigé par Dominique Théron,

responsable Régie/Travaux, Département de l'Audiovisuel, Bibliothèque Nationale de France, servira de fil directeur dans le paragraphe suivant qui se concentre essentiellement sur les aspects techniques de la numérisation mais explicite, en amont, une procédure d'identification des documents à une collection, étape précédant toute numérisation.

Etape 0 : L'inventaire et l'identification technique des documents

Un inventaire décrivant le plus précisément possible les différents éléments permettant une évaluation de l'état de conservation des documents doit être fourni par l'archiviste. Dans le cas d'une prestation de service, Il s'agit aussi d'informations fondamentales pour les prestataires susceptibles de répondre à un appel d'offres. Plus l'inventaire sera précis, mieux les coûts seront évalués. Par exemple, le fait d'organiser des lots de même nature (âge et type de supports, spécifications, contenu...) permettra d'obtenir des prix plus intéressants qu'un mélange de matériels hétérogènes. De la précision de l'inventaire réalisé dépendra fortement la réussite du plan de sauvegarde. Par inventaire technique, il convient d'entendre à minima :

- Identification des types de supports
- Evaluation de l'état des supports (dégradations éventuelles)
- Analyse de la documentation relative aux supports (datation, nature du contenu, métadonnées...)
- Dénombrement et évaluation du volume à numériser (nombre et durée, si possible)

Etape 1 : Typologie des supports

Un premier degré de différenciation des supports, sera établi autour des grandes caractéristiques techniques induisant l'usage d'une ressource matérielle spécifique pour la restitution du contenu; on identifiera ainsi le disque microsillon, la vidéocassette U-Matic, le CD-Audio, le film 16mm...

Un deuxième niveau, susceptible d'autant de subdivisions que nécessaire, permettra le renseignement d'informations correspondant à des paramètres tels que : vitesse de défilement, standard de couleur, format de pellicule, fréquence d'échantillonnage, nombre et nature des pistes son... Un autre axe d'identification peut également être utilisé, il porte sur de grands ensembles de supports, directement liés cette fois-ci aux techniques de fabrication : mécaniques (cylindres et disques), magnétiques (bandes et cassettes), optiques (CD, DVD), et plus pertinent encore en termes de conservation (température / hygrométrie des lieux de stockage). Voici l'ébauche d'un classement pour les supports audio les plus enclins à figurer dans un fonds d'archives, de bibliothèques, de musées ou d'autres services culturels :

- Cylindre: type de gravure (directe ou moulé), taille, diamètre, composition du support (cire, celluloïd...), vitesse de rotation, durée.
- Disque «78T»: Diamètre, composition du support (laque...), vitesse de rotation, gravure (verticale, latérale), durée.
- Disque à gravure directe: Diamètre, composition du support (nitrate de cellulose, zinc...), vitesse de rotation, durée.
- Disque microsillon: Diamètre, composition du support (vinyle...), disque, vitesse de rotation, mono, stéréo, durée.
- Bande magnétique: Diamètre, composition du support (triacétate, PVC, polyester), largeur de bande, vitesse de défilement, nombre de pistes, durée support et/ou durée programme.
- Cassette : Nombre de pistes, composition du support (Fer, Chrome, Métal), nombre de pistes, bande codée ou non (Dolby ou autre...), durée support et/ou durée programme
- Micro cassette: Vitesse de défilement, type de magnétophone enregistreur, durée support et/ou durée programme.
- DAT: Fréquence d'échantillonnage, durée support et/ou durée programme.
- Mini Disc: support pressé ou enregistrable, taux de compression, densité d'enregistrement, capacité support et/ou durée programme.
- CD-Audio: Support pressé ou gravé (CD-R ou CD-RW), durée support et/ou durée programme, CD-ROM.

Etape 2: évaluation de l'état des supports et analyse de la documentation relative au support

Une analyse visuelle et olfactive (syndrome du vinaigre) de la boîte et de son contenu permettent de se faire une idée de l'état de conservation du document : poussière, moisissures, état des étiquettes et de leur colle, ratures synonymes d'une réutilisation d'un support enregistrable sont autant d'indices de problèmes éventuels et de la nécessité d'un dépoussiérage ou d'un nettoyage, voire plus, avant lecture.

Analyse de la documentation relative au support :

- la datation

Qu'elle provienne de sources autres que le document lui-même (registres, bases de données...), ou qu'elle figure sur le boîtier ou le support, toute information technique ou de date permet d'affiner l'identification technique. L'âge du support, qui n'est pas forcément celui du contenu - cas des supports offrant la possibilité de réenregistrements multiples (bande magnétiques, CD-RW...), associé aux diverses informations de nature technique pouvant être relevées (marque, type, durée) permet de mieux identifier les ressources et les paramétrages adéquats pour une lecture optimale.

- la nature du contenu

Selon la nature du fonds à traiter, les documents peuvent être de natures très différentes : documents édités, documents inédits, rushes... Nature du contenu et typologie des supports ont un lien très fort, en étroite relation avec le contexte de production. Une cassette audio contiendra plus vraisemblablement un enregistrement amateur qu'une vidéocassette Betacam. Mais le caractère unique de cette cassette audio pourra avoir plus d'importance que le contenu de la vidéocassette dont un « master » existe peut-être par ailleurs. Des priorités pourront donc être mises en œuvre en fonction de la meilleure connaissance possible des fonds à traiter.

Etape 3 : « Nommage » des documents destinés à être numérisés

Sans préjuger du choix qui sera fait en termes de structuration des fichiers numériques, une identification minimale devra être réalisée au stade de l'inventaire :

- Attribution d'un identifiant unique : dans un environnement informatique où chaque fichier doit pouvoir être « adressé » de façon univoque, un nom (ou numéro) unique devra être attribué à chaque document à numériser (par exemple : XX_000001).
- Volumaison : les différentes parties (volumes, bobines, cassettes...) d'un tout (le document, la cote, la référence...) font également l'objet d'une identification grâce à la subdivision d'un identifiant unique (par exemple : XX_000001_V1_1 ou XX_000001_V1_n, si n parties).

Recommandations techniques concernant la chaîne de numérisation:

Les formats, les résolutions, les supports, et les systèmes technologiques sélectionnés sont partie intégrante de la conservation de l'audio lorsqu'ils souscrivent aux normes internationales établies à des fins d'archivage. Un document résultant d'un comité technique de l'IASA, datant de 2014, nous éclaire sur les normes recommandées, bonnes pratiques et stratégies de l'archivage.

Formats de fichiers:

En raison de la simplicité et de la généralisation du format Pulse Code Modulation (PCM) linéaire (entrelacé pour la stéréo), IASA recommande l'utilisation du format WAVE (extension .wav). Ce format est très largement utilisé dans l'industrie audio professionnelle et permettra d'effectuer une meilleure migration vers de futurs formats de fichiers dans le futur.

Taux d'échantillonnage:

Pour la production de copies « droites » d'archives, IASA recommande un taux minimum d'échantillonnage de 48 kHz pour tout document. Les artefacts involontaires et indésirables dans un enregistrement font aussi partie du document sonore, qu'ils soient inhérents à la réalisation de l'enregistrement ou qu'ils aient été ultérieurement ajoutés au signal original suite à l'usure, à une mauvaise manipulation ou au stockage défectueux. Les deux types d'artefact doivent être conservés avec la plus grande exactitude. Les taux d'échantillonnage doivent être adaptés au document audio: l'IASA recommande le taux d'échantillonnage plus élevé de 96 kHz que l'on considèrera comme une indication, non comme limite maximum. Pour le contenu audio numérique, le taux d'échantillonnage de la technologie de la version stockage devrait égaler celui de l'original.

Quantification :

L'IASA recommande un taux d'encodage d'au moins 24 bits pour capturer tous les signaux analogiques. Pour les séquences nées numériques, le niveau de quantification conforme aux conditions technologiques de stockage devrait au moins égaler celui de l'original. Il est important d'être attentif, lors de l'enregistrement, au fait que le procédé de transfert respecte toute la dynamique. Le signal quantifié en 16 bits, norme CD, peut être incorrect pour saisir la dynamique de nombreux types de signaux, notamment quand des transitoires de niveau élevé sont encodés, par exemple lors du transfert de disques endommagés.

Réduction de données :

L'utilisation de toute réduction de données (« compression ») fondés sur le codage perceptuel (codecs avec perte) ne doivent pas être utilisés dans le monde de l'archivage audio. Cependant, de telles réductions de données peuvent conduire à une qualité d'écoute identique ou très proche de celle produite par le signal non compressé (linéaire), du moins pour la première génération, mais l'utilisation ultérieure des signaux ayant fait l'objet de réduction sera strictement limitée concernant des documents

d'archives dont l'intégrité a été compromise.

Convertisseurs analogiques numérique (A/N) :

Il s'agit d'un des éléments le plus exigeant dans la chaîne de traitement du signal. L'IASA recommande l'utilisation de convertisseurs A/N séparés (autonome), connectés via une interface AES/UEER ou S/PDIF, un bus IEEE1394 (firewire) ou une interface série USB ; tout convertisseur intégré à la carte son d'un ordinateur ne peut respecter les spécifications requises du fait des circuits à bas coût et du bruit électrique inhérent à l'ordinateur (ajout de bruit ou coloration du son). Toutes les spécifications mesurées à la sortie numérique du convertisseur A/N sont conformes avec la norme AES (Audio Engineering Society) AES 17-1998 (r2004), IEC 61606-3 et les normes associées identifiées.

Taux de distorsion harmonique + bruit : pour un signal de 997 Hz à -1 dB FS (Full Scale), la THD+N du convertisseur A/N doit-être inférieure à -105 dB non pondérés et -107 dB pondérés dBA, avec une bande passante de 20 Hz à 20 kHz.

Distorsion d'intermodulation : le convertisseur A/N IMD n'excèdera pas -90 dB (AES17/SMPTE/DIN séquences test à deux tons, combinaison de deux fréquences équivalente à une onde sinusoïdale d'amplitude pleine échelle).

Dynamique (rapport signal sur bruit) : supérieure ou égale à 115 dB non pondéré, pour 117 dBA (mesurée selon une THD+N relative à 0 dB FS, bande passante 20 Hz - 20 kHz, pour un signal de 997 Hz à -60 dB FS).

Réponse en fréquence : pour une fréquence d'échantillonnage A/N de 48 kHz, la réponse en fréquence sera meilleure 0,1 dB sur 20 Hz-20 kHz. Pour une fréquence d'échantillonnage A/N de 96 kHz, la réponse en fréquence mesurée sera meilleure que $\pm 0,1$ dB sur l'étendue 20 Hz-20 kHz et $\pm 0,3$ dB sur 20 kHz-40 kHz.

Amplitude linéaire : linéarité de l'amplitude de + ou- 0,5 dB sur l'échelle -120 dB.

Signaux harmoniques parasites : inférieurs à -130 dBFS pour un stimulus de 997 Hz à -1 dBFS

Précision de la fréquence d'échantillonnage de l'horloge interne : pour un convertisseur A/N synchronisé avec son horloge interne, la précision de fréquence de l'horloge mesurée en sortie du flux numérique sera d'au moins ± 25 ppm (parties par million).

Jitter : inférieur à 5 ns (mesuré à la sortie)

Synchronisation externe : lorsque l'horloge du convertisseur A/N est synchronisée avec un signal de référence externe, le convertisseur A/N doit réagir de manière transparente aux variations du taux d'échantillonnage de $\pm 0,2$ % du taux d'échantillonnage nominal. Le circuit de synchronisation externe doit effectuer une réjection du jitter entrant afin que l'horloge synchronisée au taux d'échantillonnage soit exempte de tout artefact et perturbation.

Cartes son :

La première fonction d'une carte son pour la conservation de contenus audio est de faire passer un flux audio de données numériques sans provoquer de modification ou d'altération (technique appelée «bit perfect») par le bus de données de l'ordinateur, bien que la carte puisse également être utilisée pour convertir le signal en mode analogique pour effectuer des contrôles. La carte son devra accepter le taux d'échantillonnage et la quantification appropriés, sans injecter de bruit ou autre artefact extérieur. L'IASA recommande l'utilisation d'une carte son de haute qualité satisfaisant aux spécifications suivantes :

Taux d'échantillonnage : 32 kHz à 192 kHz + ou - 5 %.

Quantification audio numérique : 16-24 bits.

Variation de vitesse : automatique par signal audio entrant ou wordclock (horloge de référence)

Synchronisation : horloge interne, wordclock, entrée audio numérique.

Interface audio : AES/EBU à vitesse élevée selon spécification AES3.

Jitter admissible et récupération du signal d'entrée : jusqu'à 100 ns sans erreur.

Systemes informatiques et logiciels de traitement :

L'IASA recommande d'utiliser un ordinateur audio professionnel dont la longueur de mot de traitement excède celle du fichier (c'est-à-dire supérieure à 24 bits) et qui n'altère en rien le format du fichier. Certains systèmes sectionnent les mots d'une séquence pour la traiter (lors de l'entrée des données dans le système via la carte son ou un autre port), ce qui génère une baisse du débit numérique, tandis que d'autres n'effectuent que des compressions de fichiers, tels que MP3 : aucun n'est acceptable.

II. L'archivage et la conservation

II.1 Distinction entre l'archivage et la conservation : deux domaines étroitement liés

La notion de conservation a considérablement évolué depuis une trentaine d'années. Si la conservation des documents était autrefois perçue comme curative (tentative de conservation des documents précieux endommagés), elle a évolué depuis les années 1980 dans le sens d'une conservation préventive. Ce changement étant d'une part la conséquence des progrès scientifiques sur le vieillissement des supports et d'autre

part d'une prise de conscience de l'urgence de sauvegarde de beaucoup d'institutions investies d'une mission de conservation: archives, bibliothèques, musées...

Les documents, quel que soit leur support vieillissent inexorablement. La conservation préventive a pour objectif de retarder le phénomène de vieillissement des documents, d'empêcher leur détérioration. Pour atteindre ces objectifs, le document doit être maintenu dans des conditions optimales de conservation à tous les niveaux: l'entreposage, le conditionnement, le transport, la manipulation et l'utilisation des documents. Pour ce faire, des gestes techniques fondés sur des recherches scientifiques doivent être effectués: la connaissance des différents supports et matériaux qui composent les documents, la connaissance des facteurs de détérioration internes et externes, la connaissance des moyens de lutte contre ces facteurs. Dans toutes les institutions dont l'objectif est la préservation des documents, c'est à l'archiviste ou au conservateur que reviennent cette mission de conservation. En se préoccupant de l'environnement de vie des documents, il est confronté à un phénomène de masse: il s'occupe d'intégrer un document dans un ensemble plus vaste. L'archiviste peut être confronté à des choix tels que la priorité donnée à tel ou tel fonds pour la restauration ou le conditionnement, les mesures à prendre en cas de catastrophe naturelle... Il est également limité par des contraintes se traduisant par des normes climatiques, des règles de restauration : «Savoir conserver, c'est faire des choix, imposer des contraintes et concilier les contradictions qui parsèment la réflexion »¹¹.

La profession d'archiviste ou de conservateur comprend plusieurs aspects : dans un premier temps, la sauvegarde du support physique de tous documents. Cette mission représente l'aspect matériel de la conservation du document (la conservation spécifique d'un document isolé est rare). Dans un deuxième temps, le responsable des collections doit également assurer la transmission de toutes les informations disponibles (directement ou non) concernant le document en question. Ce deuxième objectif amène une réflexion au cas par cas et une recherche spécifique autour de chaque support. L'analyse du support physique permettra de fournir une carte d'identité, la plus complète possible, du support. Un autre axe d'analyse visera, par exemple, à rassembler les informations permettant de comprendre le contexte d'enregistrement ou de production

¹¹ Gilbert COUTAZ, *rapport d'activités des Archives cantonales vaudoises*, 1999.

du document sonore. A travers ces activités de recherches pluridisciplinaires, le responsable a pour mission de comprendre d'un point de vue esthétique et historique ce qui fait l'unicité du document, afin de pouvoir le transmettre au restaurateur ou à tout autre spécialiste s'intéressant au support. Ce regard sur la profession d'archiviste/conservateur me permet de dresser un profil des qualités requises et à acquérir: la capacité de concilier à la fois un regard global sur une collection de documents et particulier sur un document. La capacité à de faire des choix judicieux en fonction des moyens mis en place, qui n'endommageront pas la conservation physique des supports dont les états d'avancement dans le vieillissement diffèrent d'un document à l'autre. Mais également faire preuve de rigueur concernant la véracité des informations à transmettre ainsi que de les communiquer dans les formes requises en fonction des besoins et de la nature de la personne réceptrice.

II.2 Les supports d'enregistrement et leur méthode de conservation

II.2.1 *Les supports mécaniques*

L'évolution des supports mécaniques s'étend de 1877 à l'avènement du microsillon en 1947. C'est une période riche en expérimentations où les techniques d'enregistrement du son co-existent.

- Les cylindres

Thomas Edison, qui utilisera la gravure verticale jusqu'en 1930, invente en 1877 le phonographe dont le support d'enregistrement est un cylindre recouvert d'étain. Charles Tainter remplacera l'étain par de la cire en 1887. Le principe d'enregistrement sur cylindre est le suivant : le cylindre tourne autour d'un axe au moyen d'une manivelle.

Une embouchure permettant de parler est placée devant la membrane solidaire d'une pointe en métal qui reproduit les vibrations du son sur l'étain. Le cylindre est fabriqué jusqu'en 1920, mais sera concurrencé dès 1888 par le premier disque, expérimenté par Emile Berliner. Il sera d'abord fabriqué en cire dont l'épaisseur varie entre 7,5 et 4 mm, puis en celluloïd. Dès 1895, ils sont fabriqués à l'unité mais le succès de ce support amène à les dupliquer. Les firmes Pathé et Columbia en fabriquent de 1902 jusqu'à la fin des années 20 au moyen d'un système de moulage par galvanoplastie. Leur lecture s'effectue au moyen d'une pointe en saphir parcourant les sillons mais ceux-ci sont fragilisés par le nombre d'écoutes et ne permettent pas une bonne audition de la totalité de l'enregistrement. Les cylindres les plus courants ont une vitesse de lecture qui n'est pas constante: elle peut varier entre 80 et 190 tours par minutes. Les principales firmes produisant des cylindres sont: ceux de marque Tainter, Edison et Columbia (mélanges de cires) ainsi que ceux de la US Phonograph Company (de 1903 à 1913) et Lambert Company (de 1901 à 1905) (en celluloïde) pour les Etats Unis ; les cylindres Pathé Frères pour la France.

Conservation des cylindres: conditions de stockage et procédés de nettoyage

Une feutrine collée à l'intérieur des boîtes « d'époque » des cylindres, conçue afin d'éviter les chocs pendant leur transport, est fréquemment à l'origine de moisissures. Une des premières mesures de conservation consiste à protéger le cylindre de la moisissure dans un emballage spécifique : support cartonné non acide laissant les vapeurs de celluloïd s'échapper et dont la matière neutralise une partie de gaz. La boîte doit maintenir le cylindre droit et être stockée dans un endroit bien ventilé, sec, à l'abri de la lumière du jour et de la lumière artificielle à faible longueur d'onde, à une température inférieure à 18° et une hygrométrie de 40% (\pm 5%) et contenir, dans l'idéal, un tampon imbibé d'une solution alcaline pour neutraliser les vapeurs acides.

Aucune étude scientifique n'a été publiée sur les procédés de nettoyage des cylindres et leurs éventuelles conséquences. Il convient, lorsque l'état du cylindre le permet, de passer un chiffon doux en velours de coton non pelucheux et sec, en tournant

dans le sens des sillons. Si le cylindre possède des tâches blanches caractéristiques des moisissures, il faudra les nettoyer délicatement avant de le reconditionner. Dans tous les cas, les cylindres ne doivent être utilisés que pour faire une copie mère et ne plus servir ensuite. On utilisera un saphir pour la lecture verticale, le plus léger possible, dont le poids et la taille sera adapté au cylindre en question.

- Les disques

La gravure latérale, dont le principe a été décrit en 1878 par Charles Cros sera innové pour la première fois par Emile Berliner. Contemporain à Thomas Edison, Emile Berliner dépose un brevet en 1887 concernant un procédé d'enregistrement du son, par gravure latérale, sur disque noir (ou disque de zinc). Les premiers disques, en ébonite, actionnés à la main ont une durée de 2 minutes. Les essais sont multiples et les progrès vont de tâtonnements en tâtonnements : remplacement de l'ébonite par de la laque en 1897, essai de motorisation d'un gramophone en 1896 par Johnson, essai de gravure latérale sur disque avec Michaelis en 1904... La technique de gravure latérale représente un progrès par rapport à la gravure verticale car l'information sonore y est mieux retranscrite. Dans ce type de gravure, le tranchant du burin graveur oscille dans le plan du disque de façon à couper le sillon suivant une spirale ayant le centre du disque plat comme origine, la profondeur du sillon étant constante. Toutefois, les enregistrements à gravure latérale sont lus avec une aiguille dont l'usure est rapide et qu'il est nécessaire de changer souvent pour ne pas trop abîmer les sillons.

La mise au point du microphone et le développement de l'amplification par voie électrique va bouleverser les conditions d'enregistrement et de lecture des sons. En effet, il est possible, avec les progrès d'augmentation d'intensité des courants, de fixer, à priori, tous les sons sur une plage de fréquence de plus en plus étendue. En 1906, grâce à la diode, Lee De Forest rend possible l'amplification. En 1920, deux anglais, Lionel Guest et H. O. Merriman, expérimentent une méthode d'enregistrement avec prise de son par microphone, amplification puis gravure électrique. En 1924, aux Etats Unis, la firme Bell Telephones produit un disque où sont gravées les fréquences de 100 à 5 000 Hz, lues par un appareil de reproduction mécanique avec un pavillon exponentiel...

Commence alors une phase d'expérimentation essentielle où les supports voient leurs durées de lecture s'allonger, la vitesse de lecture des disques est peu à peu standardisée au début des années 40 par l'adoption de moteurs électriques pour les machines d'enregistrement (78 tours)... En 1938, l'écoute des disques se voit améliorée par l'adoption d'une pointe en saphir. Depuis les premiers disques Berliner jusqu'à l'avènement des disques microsillon, les matières composant les disques varient énormément. D'abord en résine revêtue d'une cire laque, puis en ébonite dont l'usage de production s'impose, jusqu'aux matières composant le disque microsillon...

Bien que la technique de galvanoplastie se généralise, la fixation des sons et leur édition sous forme de disque constituent une forme d'artisanat. Dans le cas des disques microsillon comme du disque noir, son processus de fabrication (mélange de résines, ajout d'adjuvant, lubrifiants, stabilisants, agents démoulant, fongicides...) varie d'une ligne de pressage à l'autre pour une même firme phonographique. De cette qualité de fabrication dépend la longévité du disque, sa résistance physique au temps. Les réactions chimiques qui ont lieu entre les différents composants peuvent accroître ou diminuer la durée de vie de disque de plusieurs dizaines d'années. Même si le disque parvient intact directement du centre de distribution à son lieu de conservation, il a une histoire et sa durée de vie théorique est déjà déterminée par les contraintes de fabrication et de stockage qu'il a subies au préalable.

Conservation des disques ; dégradations possibles en fonction des types de disques

Les disques à gravure directe :

Le rétrécissement de la couche cellulosique causé par la perte du plastifiant (huile de ricin) représente le premier facteur d'altération pour les disques à gravure directe. Au fil du temps, on observe des craquèlements de l'enduit à la surface du disque dues aux tensions internes provoquées par la perte du plastifiant (huile de ricin) et par les contraintes provoquées par les dilatations différentes de l'âme métallique. L'hygrométrie

et la luminosité du local (photo-oxydation) interviennent dans ces dégradations : la rencontre entre le peroxyde d'azote et l'eau engendre de l'acide nitrique responsable de la réaction développée plus haut. Une fois de plus, la durée de vie des disques dépend fortement de leur composition : on estime que les disques à gravure directe utilisés depuis les années 30 constitués d'acétates d'origine commerciales contenant de l'huile de ricin raffinée ainsi que de la résine alcaline et un plastifiant synthétique se conservent mieux que les acétates de la radio ou des studios qui sont plastifiés à l'huile de ricin ordinaire. Même si certaines études annoncent une durée de vie de 15 années pour ce support (rapport « *Pickett et Lemcoe* »), on arrive encore aujourd'hui à extraire le contenu sonore de disques correctement conservés.

Le disque noir :

Les disques en gomme laque sont plus stables que les disques à gravure directe. Composé de matières organiques, une condensation de ses composés s'opère dès la fabrication du disque et entraîne un rétrécissement de la gomme qui s'effrite. Même après la fabrication du disque, cette condensation se poursuit, à un rythme très lent. La vitesse de cette réaction dépend de la température et du taux d'humidité de l'air du lieu d'entreposage. Une forte humidité accélère la réaction. Ainsi, les disques subissent inexorablement une altération lente mais irréversible qui rend la gomme laque de plus en plus cassante. Au fil des lectures du disque, le passage de la pointe produit une fine poussière faite de matière du disque — poussière qui accentue les risques de contamination fongique.

Le disque microsillon ou disque vinyle :

L'Union Carbide produit dès 1931 une nouvelle matière : la vinylite. Ce n'est qu'à partir de 1947 que le disque microsillon, ou disque vinyle, se développe aux États-Unis sur la base du brevet CBS de 1947. Son apparition représente une révolution dans les modes de production et d'édition : la pochette du disque est soignée pour lui donner une véritable impression de couverture. L'idée de haute fidélité apparaît alors : 15 dB de

bruit de fond sont gagnés par rapport au disque 78 tours en gomme-laque. Le format devient plus maniable, son poids plus léger. Son mode de gravure qui comporte une courbe de gravure normalisée de 50 à 10 000 Hz, ce qui n'était pas le cas avec les disques acoustiques et les 78 tours) permet une augmentation de la durée d'audition qui passe de 5 minutes pour un 78 tours à 30 minutes. Les vitesses de rotation sont également normalisées : 33 tours et 1/3 pour les disques de 30 et 25 cm, 45 tours pour les disques de 17 cm (destinés à la variété)... Cependant, la composition chimique de la vinylite est encore loin d'être « normalisée » : le disque vinyle est fait d'un mélange de résines thermoplastiques dans les proportions suivantes : 15% d'acétate et 85% de chlorure de vinyle ainsi que du chlorure de vinyle pur. Dans certains cas, on utilise, pour un meilleur moulage, des mélanges binaires et ternaires d'acétochlorure de vinyle et de chlorure de vinyle en plus de certains stabilisants. Le principal risque d'altération du disque vinyle provient d'expositions à des températures élevées (>35 °C) et aux rayons UV (chlorure de vinyle sensible aux rayons du soleil). Ceci engendre des risques de déformations importantes du support. Grâce à des conditions de stockage qui prennent en compte ces risques, la durée de vie de ce support peut être très longue. D'autres types de dégradations peuvent provenir de la fabrication : disque voilé provient d'un mauvais refroidissement au cours du pressage...

Conditions de stockage et procédés de nettoyage des disques :

Une brosse spéciale (fibres de carbone éliminant les charges électrostatiques) souple peut être utilisée pour le nettoyage des disques noirs en l'appliquant bien dans le sens des sillons. L'utilisation d'un fongicide est possible en petite quantité, il faut ensuite rincer à l'eau distillée le support et le sécher parfaitement. Certaines phonothèques disposent de machines de nettoyage spécifiques. Pour les disques acétates, la Library of Congress utilise une cuve à fréon TF, une machine de marque DiscWasher D4+ pour les enregistrements vinyles et une D4+ Schella Formula pour les enregistrements en gomme-laque. Les machines à ultra son sont quant à elles utilisées pour les films, la méthode de nettoyage consiste à immerger celui-ci dans une solution de nettoyage agitée par ultrasons (procédé déconseillé pour les disques 78 tours). Pour tous les disques, il convient de ne pas garder sans protection la pochette d'origine lorsqu'elle

n'offre aucune protection au temps et présente un risque de préservation à long terme (présence de moisissures pouvant migrer sur les disques...) mais de la substituer par une pochette spéciale type archive : composition « sandwich » de polyéthylène-carton-aluminium-polyéthylène. La pochette restera ouverte car la sceller hermétiquement pourrait être à l'origine d'un micro-climat, un confinement favorables aux moisissures. Il convient de positionner les disques noirs en position verticale afin de ne pas compresser les sillons, sur des étagères contenant 25 boîtes chacune environ, et de manière à ne pas laisser de vide entre elles. Cette manière de disposer les disques permet d'exercer une légère pression et aussi d'éviter le voilage des supports. Le local de stockage sera à l'abri des sources de chaleur, de la lumière du jour et des lumières électriques à courte longueur d'onde, ventilé, à une température constante de $18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et une hygrométrie de $40\% \pm 5\%$. Si un document doit être sorti de la salle de stockage pour être consulté, il doit être placé le temps d'une journée entière dans l'aire du local d'accueil avant d'être déballé. De même pour le retour en salle de stockage.

II.2.2 Les supports magnétiques

La bande magnétique

Le brevet d'invention de la bande magnétique est déposé par l'allemand Fritz Pfleumer en 1928. Les premières formes d'enregistrement magnétique se développent en 1940 avec l'enregistreur à fil d'acier développé par Marvin Camras, selon le principe conçu par V. Poulsen en 1898. Destiné à des applications militaires (détection sous-marine, enregistrement de signaux en morse et de messages parlés), il faudra attendre l'après guerre (1946) pour que des versions civiles d'enregistreurs soient commercialisées (le « Peirce Wire Recorder », le « Webster », le « General Electric »), puis importés en France sous licence (Filson, Dictafil, l'Electro-Magnétique). L'enregistreur à fil sera utilisé jusqu'à la fin des années 50 en tant que répondeur téléphonique et enregistreur de courrier. La qualité médiocre de l'enregistrement,

suffisant pour la parole, provient principalement des conditions d'enregistrement, la bobine de fil se conservant généralement assez bien. En effet, l'entraînement, effectué par l'intermédiaire de la bobine motrice, est source de distorsions. La superposition du fil, toujours irrégulière malgré le dispositif de pose en couches, provoque des variations de vitesse qui se traduisent par un pleurage. Un dispositif mécanique de régulation compense plus ou moins les irrégularités. La vitesse de lecture, 0,75 m/s environ, ne peut être réglée généralement tout au long de l'enregistrement.

Alors que le fil montre ses limites dans la qualité d'enregistrement et les montages (impossibles à effectuer), la bande magnétique permet quant à elle toutes les améliorations : qualité et durée d'enregistrement, montage par coupure aux ciseaux... Le succès du magnétophone est lié à l'invention du ruban : un film plastique souple et résistant est enduit d'une couche sensible aux champs magnétiques de la tête d'enregistrement, couche qui contient des particules ferromagnétiques dispersées dans une matière organique de fixation (liant). Au fil des années, les propriétés physiques ont été améliorées grâce à l'utilisation de films plus résistants et moins sensibles aux conditions instables de températures et d'humidité. La réduction de la taille des particules, l'introduction d'agents lubrifiants ont sensiblement amélioré les qualités d'enregistrement et favorisé les conditions de glissement sur les têtes.

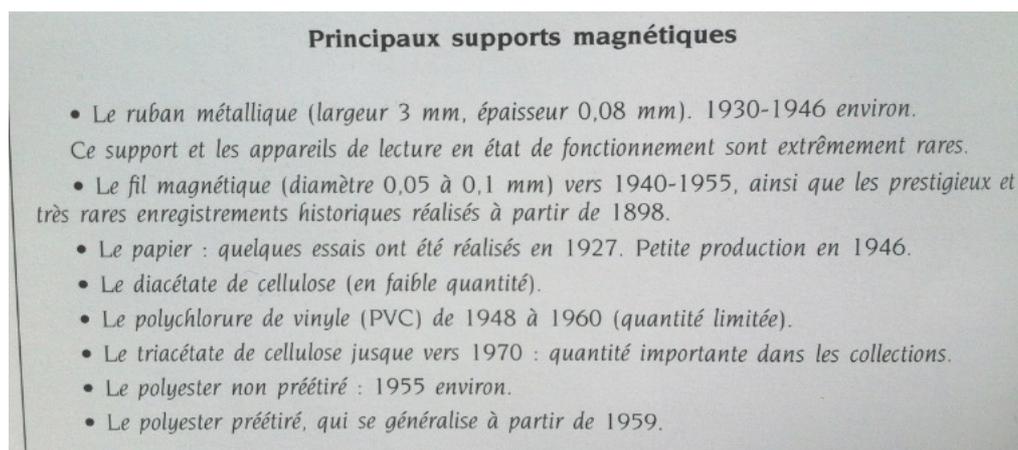


Figure 2.2 : principaux supports magnétiques en fonction des époques d'utilisation

Les collections d'enregistrement magnétiques sont constituées de différents types de bandes dont il est complexe d'identifier précisément les composants du ruban magnétique. La constitution du support conditionne en partie le comportement de la bande et sa conservation dans le temps. Il serait utile de connaître la composition du revêtement, du liant en particulier, mais les données dont nous disposons restent limitées et partielles, les fabricants ne communiquant pas les formulations, même après l'arrêt de production.

Conservation des supports magnétiques, cas des bandes acétates :

Agressions de type climatique : l'humidité et température

Le processus d'hydrolyse ou décomposition du matériau du support par l'eau dégrade de manière irrémédiable la couche pigmentaire des bandes magnétiques lorsque l'humidité atteint 65%. Cette réaction chimique représente un réel danger pour le support car il est impossible d'arrêter le processus une fois enclenché. La congélation de la bande peut stopper momentanément l'évolution des dégradations mais ne les restaure en aucun cas. La température influence ce processus d'hydrolyse : plus elle est élevée, plus elle augmente la vitesse de la réaction chimique. Les bandes affectées par les problèmes d'hydrolyse peuvent également être atteintes du syndrome du vinaigre, procédé auto catalytique qui libère de l'acide acétique de façon croissante dont le taux peut être évalué grâce à un test d'acidité. Les bandes acétates sont sensibles aux variations de température et d'humidité (taux de dilatations relative) qui engendrent des contraintes élevées dans le bobinage à l'origine de déformations. En outre, afin de protéger les bandes des moisissures, il convient d'observer les mesures suivantes :

- conserver les bandes dans un endroits climatisé (HR < 40 % \pm 5%, T entre 16 et 20°C \pm 5%)
- le respect d'un parfait état de propreté pour éviter la présence de produits contaminants : matières grasses, tissus, papier, etc...
- la prudence dans l'utilisation des sachets polyéthylène minces, car ils ne sont pas

étanches à la pénétration de l'humidité. Le microclimat à l'intérieur du sachet peut se montrer défavorable vis-à-vis du développement des moisissures.

La température :

Une bande exposée à des températures supérieures à 40°C (limite de température maximale supportée par un boîtier) subit des agressions. Le niveau du signal enregistré décroît de 1 à 9 dB autour de 10kHz. Ces atténuations du son proviennent des facteurs suivants :

- modification chimique du liant qui affecte les conditions de frottement tête-bande ;
- une dégradation sévère de l'enduction se traduit par la formation de poudrette ;
- les déformations du ruban ;
- la diminution du niveau d'enregistrement sous l'effet de la chaleur.

Les déformations mécaniques :

Plusieurs facteurs d'origine mécanique peuvent compromettre la souplesse et la résistance mécanique des bandes magnétiques : usure et qualité de pose des collants de montages originaux, déformations provoqués par un mauvais stockage des bobines (il convient de les stocker verticalement), agressions climatiques (tuilage, ondulations)... Toutes ces déformations mécaniques produisent un écartement lors du passage de la bande devant la tête de lecture : éloignement du ruban par rapport à la tête qui conduit à l'affaiblissement des fréquences élevées, défaut d'alignement (erreur d'azimut). L'erreur d'azimut produit deux phénomènes importants : l'affaiblissement de la modulation et un déphasage entre les pistes. La formation de poudrette provoqué par l'arrachement des parcelles du revêtement produit des dépôts. Il s'ensuit un mauvais glissement de la bande ainsi que des problèmes de déroulements et de défilement...

Les poussières et salissures :

La poussière doit être éliminée dans l'aire de stockage dès l'entrée des documents, par des opérations de nettoyage. Une autre méthode pour faire disparaître la poussière

consiste à faire passer un raclor constitué d'une lame en saphir, carbure de tungstène, céramique, et dont les particules sont évacuées par un dispositif d'aspiration. Il existe des machines de nettoyage des bandes : par exemple Elcon, utilisé et conseillé par le National Film and Sound Archive australien. Aucune poussière ne doit gêner la lecture d'une bande. Celles-ci représentent le point de départ du développement des moisissures outre les problèmes mentionnés ci-dessus.

Les champs magnétiques :

Les champs magnétiques engendrés par les microphones dynamiques, les enceintes, les casques d'écoute ou la proximité d'un bloc de transformation de courant ne doivent pas parasiter les bobines de bandes magnétiques. La loi de décroissance du champ magnétique provenant d'une source varie en proportion inverse du carré de la distance. L'éloignement des bandes par rapport aux sources magnétiques semble être la première mesure de protection : pour les petites sources ponctuelles (120 kA/m), une distance d'une dizaine de cm élimine tout risque. Les bandes magnétiques ne doivent pas être exposées à un seuil supérieur à 400 A/m (= 5 Oe -Oersted-) en champs continu, ou à 2000 A/m (= 25 Oe). Une mesure préventive efficace consiste, avant l'introduction des bandes, à dresser une cartographie magnétique des espaces de stockage à l'aide d'un gaussmètre.

L'électricité statique :

Le support magnétique et la couche sensible sont des isolants électriques. L'accumulation de charges électrostatiques se produit en milieu sec, sous l'effet de facteurs favorisant la production de charges électrostatiques (frottement de la bande sur les guides, la séparation des spires, la charge des opérateurs. Des défauts sonores peuvent être produits par la décharge de la tension électrique accumulée par le ruban sur la tête de lecture. Pour lutter contre ces effets, il est possible de : augmenter le taux d'humidité dans les aires de travail, relier les machines, bobines, à une prise terre, placer un ioniseur devant la tête de lecture (dans les cas difficiles), utiliser des bandes pourvues de dorsale antistatique (noir de carbone)...

II.2.3 *les supports optiques*

La numérisation du signal, associée à une lecture optique de l'information révolutionne peu à peu la lecture des sons et met fin aux contraintes imposées par la lecture mécanique du signal perturbée par la présence de poussière, traces de doigts, etc... Un des avantages par rapport au disque noir réside dans l'absence de contact mécanique avec le dispositif de lecture. Les années 1970 marqueront l'aboutissement d'une époque de développement intense du vidéo disque, dont un des principes de fonctionnement donnera naissance au disque audionumérique. Entre 1970 et 1974, plusieurs types de vidéodisque sont présentés, fondés sur trois grands types d'enregistrement. Les vidéodisques lus par contact (principe piézo-électrique et principe capacitif), le vidéodisque à lecture laser sans contact. Le « Very Long Play » de Philips présenté en 1972 sera commercialisé en 1978. Cette technologie d'inscription de l'information (signal numérique inscrit à impulsion codées) et de lecture sera à l'origine du disque audionumérique développé et commercialisé conjointement par Philips et Sony dès 1980. On peut distinguer les catégories de disques par leur procédé de fabrication : les disques compacts en polycarbonate tels que l'on trouve dans le commerce grand public, les disques à substrat en verre où l'information est transférée, grâce à la matrice en nickel, par pressage dans une résine photopolymérisable, enfin les disques avec les informations gravées dans le verre. Pour chaque technologie utilisée (disques préenregistrés, enregistrables ou effaçables), différentes applications sont possibles, la plus connue est le compact disc audio (CD-A) où peuvent être préenregistrés jusqu'à 73 minutes de musique. En 1987, la revue américaine *Video* évoquait les problèmes spécifiques de dégradation de disques vidéo et cassa le mythe du disque « éternel ». A l'origine des défaillances : l'attaque de la couche par une colle de mauvaise qualité, par l'encre dans certains disques monoface. Cette couche dite de protection, de composition variable, ne tolère guère la moindre agression d'origine chimique. Du fait de sa nature chimique et de sa minceur, elle constitue la point le plus faible des disques optiques.

Principales manifestations des dégradations dont sont l'objet les disques compacts suite aux agressions accidentelles et au vieillissement :

- Evolution des caractéristiques mécaniques : voilement du disque, délamination de la couche d'inscription, migration de l'encre d'inscription, délamination du vernis protecteur, augmentation de rayures et micro-craquelures, oxydation et corrosion de la couche réfléchissante, destruction physique totale du disque provoquée par les contraintes thermiques et les cycles climatiques sévères.
- Dégradation des propriétés optiques : perte de transparence, coloration jaunissante, perte de réflectivité, augmentation de la biréfringence.
- Dégradation des propriétés électriques : augmentation du niveau de bruit électrique, perte du niveau signal/bruit, augmentation du taux d'erreurs, augmentation du temps d'accès aux informations, perte d'une quantité d'information trop grande par rapport aux capacités de corrections et de reconstruction du signal.
- Mises en échec du lecteur : impossibilité d'assurer les asservissements correct du moteur d'entraînement, impossibilité d'assurer les asservissement de focalisation, abrasion de la tête de lecture laser par le disque voilé, blocage du disque dans le lecteur.

Conditions optimales de conservation pour le compact disque

Les disques ont un vieillissement qui diffère de manière significative suivant les types de support. Un environnement de stockage à l'abri des rayons lumineux semble être une condition nécessaire à la bonne conservation de ce support. Voici ce que seraient de conditions idéales de stockage pour des archives sonores en CD-A (environnement théorique) :

- atmosphère ventilée : $T = [12-18^{\circ}\text{C}]$; taux d'humidité est de 35%.
- lutte contre les poussières se traduit par un filtrage sévère de l'air.
- la lumière ne dépassant pas une intensité de 100 Lux.
- L'intensité magnétique du lieu est vérifiée au gaussmètre : 400A/m (5 gauss max)
- Empêcher la production d'électricité statique en reliant les rayonnages métalliques à la Terre.

II.3 La combinaison de la conservation du support et de l'investigation autour du document: point de départ pour la restauration

Quel que soit l'objectif de la sauvegarde d'un document sonore, copie droite, ou choix de traitements sur la matière sonore dans le cadre d'une restauration, l'enregistrement du son, musical ou non nécessite forcément une opération de transfert. Néanmoins, transférer un enregistrement sur un autre support pour en faire une copie ne conduit pas à une reproduction à l'identique. Contrairement à ce que l'on pourrait penser d'un premier abord, en raison d'un appareillage technique à la réputation d'infailibilité, les nombreuses médiations qui interviennent dans l'acquisition du contenu puis dans la correction et le traitement numérique des bruits sont susceptibles d'influer sur le contenu sonore. Ces nombreuses médiations concernent d'ores et déjà l'étape de conservation du document sonore, conduite par l'équipe d'archivage: les choix pour les conditions de stockage des documents sonores vont influencer sur l'état du support et à posteriori sur la quantité d'informations qu'il est possible d'extraire lors du transfert.

Le statut peu visible de l'opérateur, considéré comme un restaurateur, apparaît stratégique. Lors de l'opération de transfert, c'est le statut problématique de l'enregistrement lui-même qui est révélé dans cette épreuve. Dans cette perspective, il est possible de constater que certains restaurateurs doivent faire face à certaines ambiguïtés si l'on considère que l'enregistrement est une œuvre dont l'intégrité doit être respectée. C'est en définitive la catégorisation de ces caractéristiques en tant que défauts qui pose problème. La difficulté est qu'il faudrait distinguer entre ce qui peut être considéré de façon légitime comme un défaut pour ce qui concerne une défaillance technique qui se manifeste lors d'un enregistrement et ce qui apparaît comme une limitation d'une technologie de l'enregistrement, qui n'apparaît comme telle qu'à l'aune des développements ultérieurs de ces techniques. Ainsi le matériel d'enregistrement pouvait avoir des défaillances, comme par exemple les irrégularités de rotation du plateau lors de l'enregistrement, un pleurage qui à la lecture provoque une déformation de la musique en raison d'une fluctuation de vitesse. Mais faut-il considérer comme des défauts le bruit ambiant du local dans lequel la musique a été enregistrée ou le bruit

engendré par le burin graveur que l'on peut ensuite percevoir à l'écoute des disques ? En plus des informations de base concernant le support fournies au restaurateur (datation de l'enregistrement, modifications qu'il a déjà pu subir dans le passé, réparations, ajouts, falsifications...), les spécialistes de l'archivage amènent leur expertise, dans cette étape d'analyse des caractéristiques de l'enregistrement, dans le sens où l'apport de ses recherches sur le contexte d'enregistrement du document sonore peut éclairer le restaurateur sur l'origine de tel ou tel caractère, qui doivent être considérés comme des défauts ou non, et permet également de définir les traitements de restauration.

La restauration d'un document sonore s'intéresse au bien culturel comme objet unique et précieux, les professionnels en charge de l'archivage ont un rôle capital dans l'entreprise de la restauration d'un document. En effet, la combinaison d'une conservation réussie du support, ainsi que de la définition, le plus précise possible, du contexte d'enregistrement consistera en une base de travail pour le restaurateur dans son analyse et sa compréhension du document sonore à transmettre.

CHAPITRE III

Partie Pratique de Mémoire

I.1 « Trio Millière », bandes magnétiques master et disque vinyle

I.1.1 Ma démarche

Le premier contact avec le matériel dont je dispose, pour ce qui constitue ma partie pratique de mémoire, est le disque vinyle « Trio Millière », musique de chambre pour trio de cuivres. Ma curiosité m'a poussée à en connaître d'avantage sur le cet enregistrement. Pierre Kremer actuellement ingénieur du son au conservatoire de la ville de Luxembourg, chargé à l'époque de la prise de son, a pu mettre à ma disposition les bandes magnétiques master. Ce matériel constitue une base solide pour entreprendre une restauration soucieuse du respect de l'enregistrement d'origine. En effet, il ne peut y avoir plus proche de la prise de son que les bandes master issues de l'enregistrement. Le disque vinyle me permet, quant à lui, d'entrevoir l'ensemble de la production qu'il y a eu à postériori. D'autre part le contact qu'il est possible d'établir avec le preneur de son ainsi que les musiciens interprètes de l'enregistrement est un atout considérable pour reconstituer l'histoire et le contexte de l'enregistrement.

L'enregistrement date de 1985. Il s'est produit dans l'église Sainte Cunégonde à Clausen, au Luxembourg. Vingt-neuf ans me séparent de cet enregistrement. En effet, peu de choses me rattachent à cette époque, à la manière dont on écoutait la musique ainsi qu'aux techniques d'enregistrement. Etant née dans l'époque numérique, je n'ai pas été habituée à l'écoute des disques vinyles, et encore moins à ce qui touche à l'enregistrement magnétique... Le nettoyage des disques, le choix d'une pointe de lecture, le réglage de la vitesse de lecture ne sont pas des gestes familiers, ni pratiqués

régulièrement. Je ne suis non plus pas familiarisée avec l'empreinte sonore de ce type de support, le frottement de la pointe sur le disque, le souffle, la richesse du son produit... Malgré ma volonté de produire une restauration au plus proche de l'origine, comment, avec mes oreilles habituées à un son transparent, vais-je me positionner face à la restauration de ces supports ? Plusieurs questions se posent : comment, à mon niveau, distinguer ce qui peut être considéré comme un défaut pour ce qui concerne une défaillance technique et ce qui apparaît comme une carence technique ou une limitation d'une technologie de l'enregistrement ? On peut en effet être rapidement tenté de pallier les carences des techniques d'enregistrements anciens, en intervenant sur l'égalisation, sur la mise à niveau des différentes pistes, au motif des conditions techniques précaires de l'époque. De même que l'on peut être tenté de remédier à une « mauvaise prise de son » en intervenant sur les niveaux pour les rehausser, parce qu'il seront perçus comme étant trop bas... Cette entreprise de restauration me permet ainsi de me confronter directement aux problématiques liées à la sauvegarde d'un patrimoine sonore : une ligne peut ainsi être vite franchie entre ce qui serait de l'ordre de la restauration qui tente de se conformer à l'intention esthétique qui préside une prise de son et ce qui serait de l'ordre de la manipulation de cet enregistrement que l'on tente de conformer à une esthétique sonore contemporaine, en lui « redonnant un peu de jeunesse » en jouant sur les nombreux outils dits d'effets dont il dispose : réglage de la courbe de correction (paramétriques), augmentation de la dynamique...

Quelques décennies me séparent de cet enregistrement à restaurer, et je constate que les repères dont je dispose ne sont pas nombreux. Si la restauration sonore est une branche particulière des métiers techniques du son, il faudrait, dans l'idéal, affirmer sa position dans l'enseignement supérieur des futures générations de techniciens afin de faire naître l'envie de connaître les techniques d'enregistrement et de lecture passées autrement que par ce qui ressemblerait à un « cours d'histoire ». Aujourd'hui, la difficulté de trouver du matériel d'époque est telle qu'il est presque compromis, pour les jeunes générations, et ce, même dans les institutions dédiées, de manipuler les appareils d'époque et ainsi, de se rattacher à un métier qui peut être similaire aux métiers qu'ont

connu nos prédécesseurs dans la démarche mais qui reste très éloigné d'un point de vue pratique. Cependant, au delà de la transmission d'un savoir technique, nos métiers se basent également sur la pratique de la sensation d'audition, qui elle se devrait d'être partagée d'une génération à l'autre, au risque de voir disparaître une partie de notre patrimoine sonore commun.

1.1.2 Les pistes d'exploitation de ces supports

Les bandes master ont subi un traitement d'encodage Dolby A à l'enregistrement. Le Centre National de l'Audiovisuel de Dudelange, au Luxembourg, a accepté ma demande pour décoder mes bandes au moyen de leur décodeur Dolby A. J'ai l'opportunité de lire un extrait du vinyle sur une platine EMT 950, avec différentes pointes de lecture qui diffèrent par leur géométrie leur courbe de réponse. Le transfert issu du disque vinyle s'est effectué dans le studio principal du CNA équipé d'une paire d'enceintes Genelec 1037 B. Le disque vinyle est dans un état impeccable, et s'apprête à être lu pour la première fois. N'étant pas familière à ce type d'écoute, la première écoute ne m'en dit pas beaucoup sur les pointes testées, il faudra attendre une écoute au casque pour percevoir les différences. Par cette même occasion, j'entrevois la possibilité de comparer, pour un même extrait, les limites des supports que constituent la bande magnétique et le disque vinyle (disque lu, dans ce cas de comparaison, avec une pointe dont la courbe de réponse est la plus plausible possible). Au delà des caractéristiques propres à la lecture des supports (craquements, souffle...), il s'agira de dégager les caractéristiques des réponses de chaque support le plus précisément possible.

I.2 Caractérisation des supports

1.2.1 Les bandes magnétiques master

Les paramètres qui permettent de caractériser un enregistrement sur bande magnétique le format de la bande et le nombre de pistes, la vitesse de défilement, le

niveau de magnétisation, les circuits de correction utilisés.

- Bandes BASF, ¼ de pouces, stéréo master (interpiste de 0,75 mm).
- Vitesse de défilement de 38,01 cm/s
- Les bandes master ont un niveau de magnétisation de 320 nWb/m.

Les différents niveaux de travail normalisés sont : 250,320,510,640 nWb/m. Le niveau nominal d'un magnétophone est fixé à la construction. Il s'agit d'un niveau de référence de magnétisation de la bande que l'on fixe avec une marge de sécurité par rapport à la saturation. Les niveaux les plus courants sont : -10 dBm, 0 dBm, + 4 dB m (N.A.B), + 6dBm (C.C.I.R), + 12dBm.

- Pré accentuation: 35 microsecondes (constante de temps correspondant à un circuit RC)

	C.C.I.R	N.A.B
9,5 cm/s	90 μ s et 3180 μ s	90 μ s et 3180 μ s
19 cm/s	70 μ s	50 μ s et 3180 μ s
38 cm/s	35 μ s	50 μ s et 3180 μ s
76 cm/s	17,5 μ s	17,5 μ s

Figure 3.1 : constantes de temps des circuits RC en fonction des normes (CCIR, NAB) et des vitesses de défilement.

1.2.2 Le disque vinyle

Il s'agit d'un disque vinyle 33 tours, distribué par *Pavane Records*, premier label indépendant belge de musique classique. La post-production de l'enregistrement a été prise en charge par M. Antoine de Wouters d'Oplinter, dans les studios de la chaîne de télévision RTL, chaîne privée belge depuis 1987.

I.2.3 La chaîne d'enregistrement

– Enregistreur : L'enregistrement a été réalisé avec un PCM 1600 de Sony. La copie sur bande a été faite moyennant une machine Studer A80 avec encodage Dolby A.

L'enregistreur PCM 1600 est un système d'enregistrement numérique du son avec un système d'enregistrement à têtes rotatives, correspondant au format E.I.A.J. (Electronic Industry Association of Japan). Ce format a été exploité assez longtemps dans la fabrication de bandes master destinées à l'édition de CD audionumériques. Il a existé plusieurs formats audionumériques : le format E.I.A.J (version grand public), le format E.I.A.J (version professionnelle), le format R-DAT, les formats MDM, le format Nagra D I et D II. Ces systèmes d'enregistrement sont composés d'une part d'un adaptateur PCM pour la conversion et le codage du signal audio et d'autre part d'un magnétoscope pour l'enregistrement des données audionumériques. Lors de l'enregistrement, le son numérique correspondant à deux voies numériques (voie gauche – voie droite) est enregistré sur la piste vidéo d'un magnétoscope (Vidéo In). Les magnétoscopes sont des enregistreurs analogiques d'image vidéo. L'analyse d'un signal vidéo se fait par deux balayages verticaux successifs appelés trames, chacun de ces balayages ou trames se compose de balayages horizontaux ou lignes. Le système est pourvu d'un code de détection et de correction d'erreurs : code CRCC (Code de Contrôle par Redondance Cyclique).

– Microphonie et type de prise de son

Le trio a été enregistré dans la partie autel de l'église Sainte Cunégonde de Clausen. Leur disposition reste fixe (cor, trompette, trombone; de la gauche vers la droite) sauf pour quelques pièces où trombone et cor échangent leur place. Il s'agit d'une prise de son globale, au moyen d'un couple de *Schoeps* à capsule omnidirectionnel monté sur pied à une hauteur plus ou moins d'un mètre au-dessus des interprètes, et relativement proche: situé à 1 ou 2 mètres du musicien au centre. La directivité des microphones

change d'omnidirectionnel à cardioïde pour la pièce de Gershwin. Le contrôle de l'enregistrement a été effectué au casque. La situation ne permettait, malheureusement pas une disposition avec écoute aux enceintes. L'enregistrement d'un ensemble de cuivre est particulièrement délicat compte tenu du choix de prise de son globale et de la différence d'émission du son des instruments. En effet, si la trompette et le trombone ont une émission très directive, il n'en est pas de même pour le cor, où la position du pavillon entraîne une projection du son d'avantage « rayonnée » et principalement derrière l'instrumentiste. Cependant, dès la première écoute des bandes, après numérisation, je suis rapidement convaincue par l'équilibre entre les instruments ainsi que par la balance entre son direct et son réverbéré compte tenu du type de musique.

II.1 Les systèmes de réductions de bruit

Les bandes master dont je dispose ont été soumises à un codage de type Dolby A. Ce système de réduction de bruit, dont le principe et les caractéristiques seront exposées dans les paragraphes qui suivent, a été mis au point en 1966 et utilisé jusque dans les années 1990 par les professionnels de l'industrie musicale. Ce module, dont les performances qualitatives ont fait l'unanimité, a été un outil indispensable dans les studios d'enregistrement et de post-production. Malgré la popularité qu'à rencontré l'appareil, je me heurte aujourd'hui à la difficulté de trouver un module Dolby A encore en état de fonctionner. Cet appareil reste néanmoins indispensable pour décoder mes bandes : il n'existe aucun logiciel ou plugins audio permettant d'émuler le décodage d'une bande ou une cassette encodée en dbx ou Dolby. Il est possible de le faire « manuellement » en bricolant avec un expander et un égaliseur, au risque de bouleverser l'ensemble du spectre de l'enregistrement, mais cela n'est en aucun cas la démarche de mon entreprise... Les lieux susceptibles d'accueillir encore aujourd'hui des modules Dolby sont les studios d'enregistrement ayant été en activité dans les années 70/80, les institutions comme l'INA ou la Maison de la Radio. C'est avec étonnement que je constate malheureusement que, même dans les institutions qui ont pourtant traversé ces époques, soit ces appareils n'ont pas été gardés par leur service technique, soit il n'est

pas possible de leur redonner vie (pièces manquantes ou trop détériorées)... C'est au Centre National de l'Audiovisuel, au Luxembourg, que je me rends pour numériser les bandes master. Le CNA numérise une importante collection de bandes magnétiques en provenance des archives de Radio Luxembourg, l'ancien Orchestre de Radio Luxembourg et de RTL Radio Lëtzebuerg qui nécessite un décodage Dolby A qui fonctionne quotidiennement.

II.1.1 Le principe

L'effet de masque :

Les effets du bruit varient selon plusieurs paramètres : leur nature, leur intensité, le domaine fréquentiel, la durée, l'heure, le lieu, l'occupation du moment... L'oreille humaine dispose notamment de deux moyens pour lutter contre le bruit : d'abord la courbe de sensibilité, qui n'est pas une droite, favorise certaines plages fréquentielles en atténuant d'autres. Ensuite, l'être humain a la possibilité de limiter l'image de l'intensité sonore transmise au cerveau. La figure suivante montre le réseau de courbes de sensibilité généralement admis. On constate que la courbe présente un creux général dans les médiums et un creux particulier vers 4000 Hz. L'oreille est donc plus sensible dans cette gamme de fréquence, correspondant d'ailleurs à la parole.

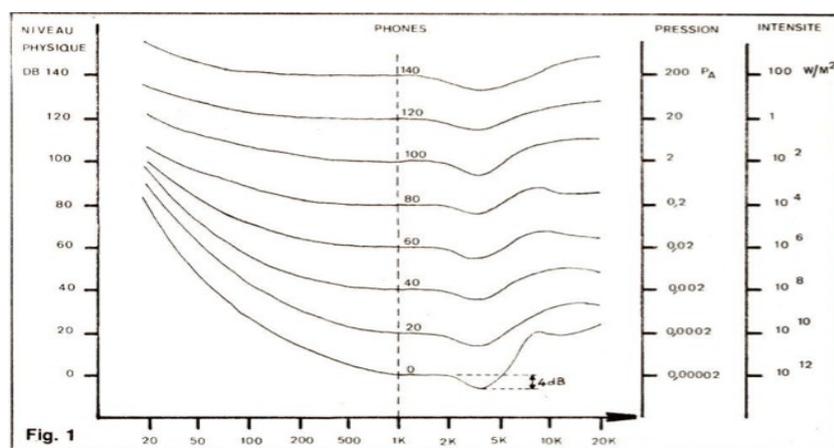


Figure 3.2 : courbes isosoniques normalisées

L'audition normale avec les deux oreilles permet de localiser la direction d'une source sonore dans l'espace. L'être humain possède donc la faculté d'isoler dans la totalité de l'espace, une zone bien déterminée en dehors de laquelle un son, bien que perçu, ne trouble pas l'attention. On distingue donc la zone d'écoute attentive et la zone de perception. Cependant, si le bruit ambiant devient trop grand, l'audition des sons désirés devient pénible. C'est l'effet de masque. Ainsi, pour pouvoir continuer une conversation dans un métro en marche, il est nécessaire d'élever la voix ou de parler avec une voix plus aiguë. L'étude de l'effet de masque a permis de formuler des lois suivantes:

1. L'effet de masque est maximal pour les fréquences voisines de celles du son masquant.
2. L'effet de masque est négligeable tant que le niveau de masque est faible.
3. L'effet de masque croît beaucoup plus vite que le niveau du son masquant.
4. Les fréquences basses sont les plus gênantes.
5. Les fréquences aiguës sont les plus gênées.

Principe de compression/expansion :

Le principe fondamental des systèmes Dolby consiste à compresser la dynamique du signal pendant l'enregistrement (codage), et à l'expanser pendant la lecture (décodage), afin de lui restituer sa dynamique d'origine. La compression permet ainsi d'enregistrer les signaux de faible amplitude à un niveau plus élevé que dans des conditions normales, et par conséquent de les positionner au dessus du niveau de bruit de la bande. A la reproduction, l'expansion aura pour effet de rabaisser les signaux à leur niveau initial, tout en rabaisant celui du bruit, comme le montre la figure ci-dessous.

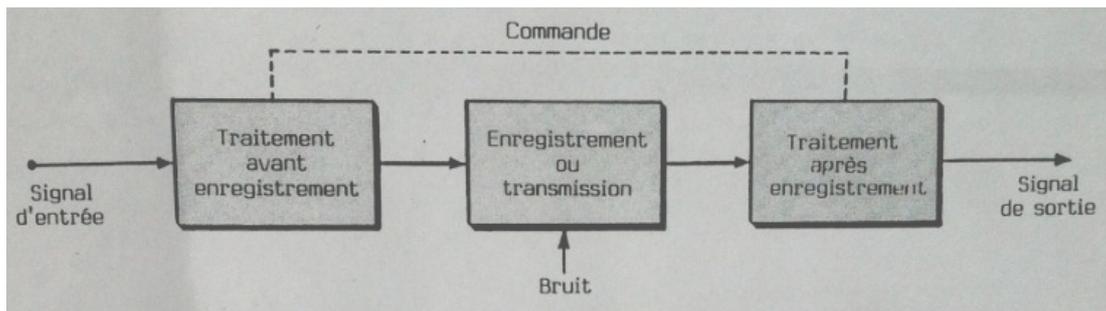


Figure 3.3 : schéma de principe de la compression/expansion

Certains types de Dolby effectuent également, au cours de la compression, un rabaissement des signaux les plus élevés en dessous du seuil de saturation du support, ce qui réduit considérablement la distorsion. Le dispositif d'affaiblissement du bruit de base ainsi que les caractéristiques de transfert d'entrée/sortie d'un tel dispositif sont données par les schémas et synoptiques des figures qui suivent.

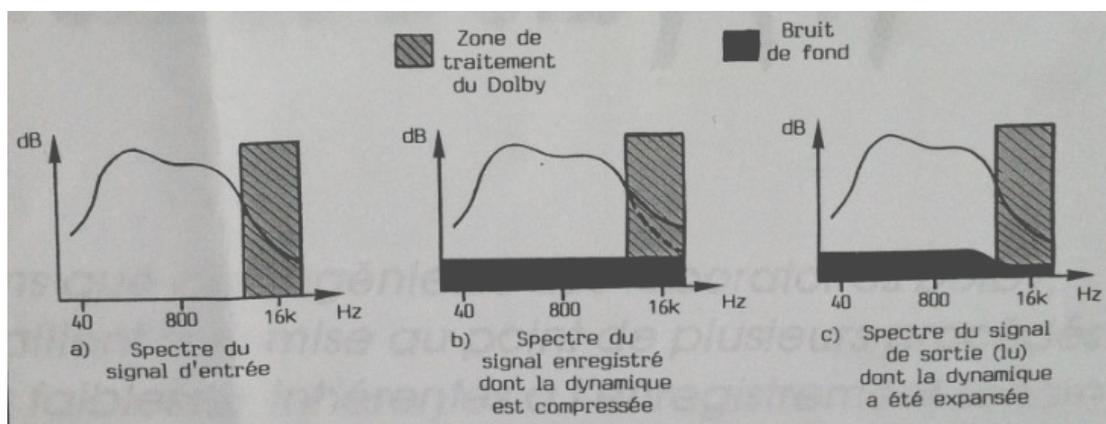


Figure 3.4 : schéma de principe d'un dispositif d'affaiblissement de bruit

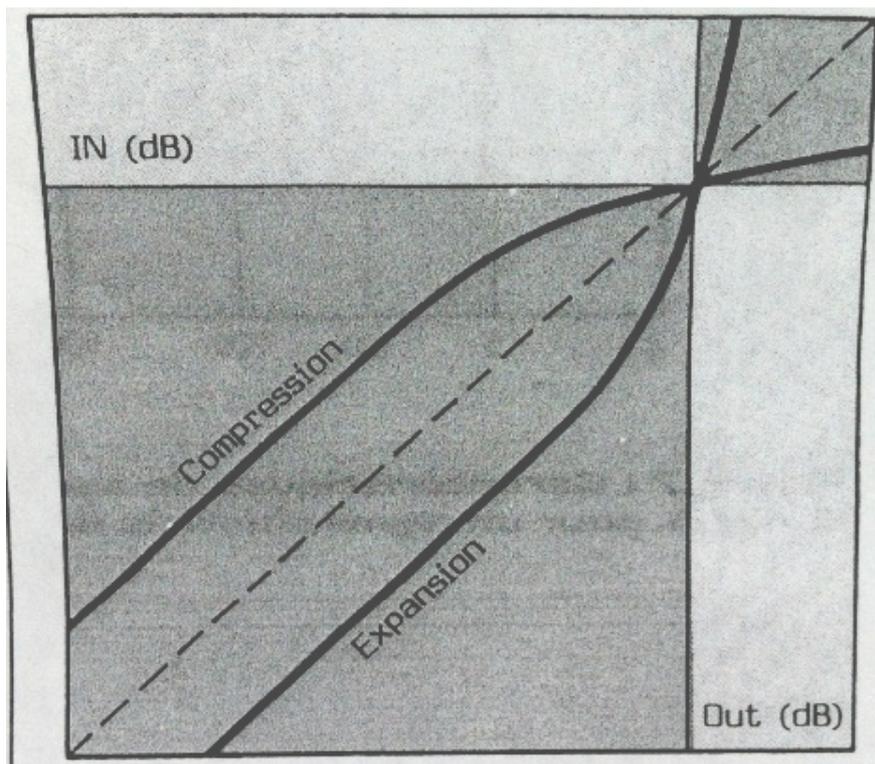


Figure 3.5 : caractéristiques de transfert d'un compresseur/expandeur simple, travaillant dans une seule bande de fréquence

Avec quatre collaborateurs, le physicien américain Ray Dolby fonde les laboratoires Dolby à Londres en 1965. Huit mois plus tard, le système de réduction de bruit professionnel Dolby A est présenté, mais ne sera introduit effectivement dans l'industrie musicale (CBS, RCA, MCA) qu'au cours de l'hiver 66-67. Puis vient le tour du Dolby B, développé pour les marchés grand public début 68. Les premières cassettes musicales pré-enregistrées codées en Dolby B sont éditées par Ampex et Decca. Au cours de la même année, une seconde génération de circuits Dolby A fait son apparition : leur taille réduite va permettre de les intégrer plus facilement dans des installations multipistes. La première application du principe Dolby au cinéma remonte à l'été 1972. Le réel format Dolby Stéréo en 35 mm (son optique) est véritablement instauré à l'issue de la convention du SMPTE de novembre 74. En juin 79 est présenté le Dolby HX. Le Dolby C est, quant à lui, mis en exploitation en automne 80 ; ses performances améliorent celles du Dolby B dans certains équipements audio haut de

gamme. En décembre 82, la société Surround Sound Inc. Conçoit, pour le cinéma, le premier décodeur Dolby Surround. Au printemps 86, le Dolby SR est introduit au USA, en Allemagne, en Angleterre et au Japon. En 1989 apparaît un nouveau système de réduction applicable au matériel grand public : le Dolby S.

II.1.2 Dolby A

Le Dolby A est le premier système de réduction de bruit développé en 1966 par les laboratoires Dolby. A partir de 69, la majorité des studios d'enregistrement s'équipaient de magnétophones pourvus, sur toutes leurs pistes, de ce réducteur de bruit. Il est de qualité supérieure aux systèmes Dolby B et C et est réservé au domaine professionnel. Le spectre du signal est divisé en quatre bandes indépendantes les unes des autres avant que celui-ci ne soit soumis au moindre traitement : la division des bandes se répartit ainsi :

- bande 1 : de 0 à 80 Hz (passe-bas). Affaiblit les bruits type ronronnement et bourdonnement
- bande 2 : de 80 à 3 kHz (passe-bande). Agit sur la diaphonie, les effets d'écho, les autres bruits à large bande
- bande 3 : 3 kHz (passe haut). Réduit les sifflements
- bande 4 : 9 kHz (passe haut). Réduit les défauts les plus aigus (sifflements, chuintements, grésillements...)

Le codage Dolby A est obtenu par l'addition des signaux de sortie des quatre filtres et des canaux d'un compresseur à faible niveau, au signal principal. Dans le décodeur, le circuit du filtre et du compresseur sont connectés de façon inverse, pour assurer la complémentarité global du système. Le schéma de principe d'un tel système d'affaiblissement est donné ci-dessous.

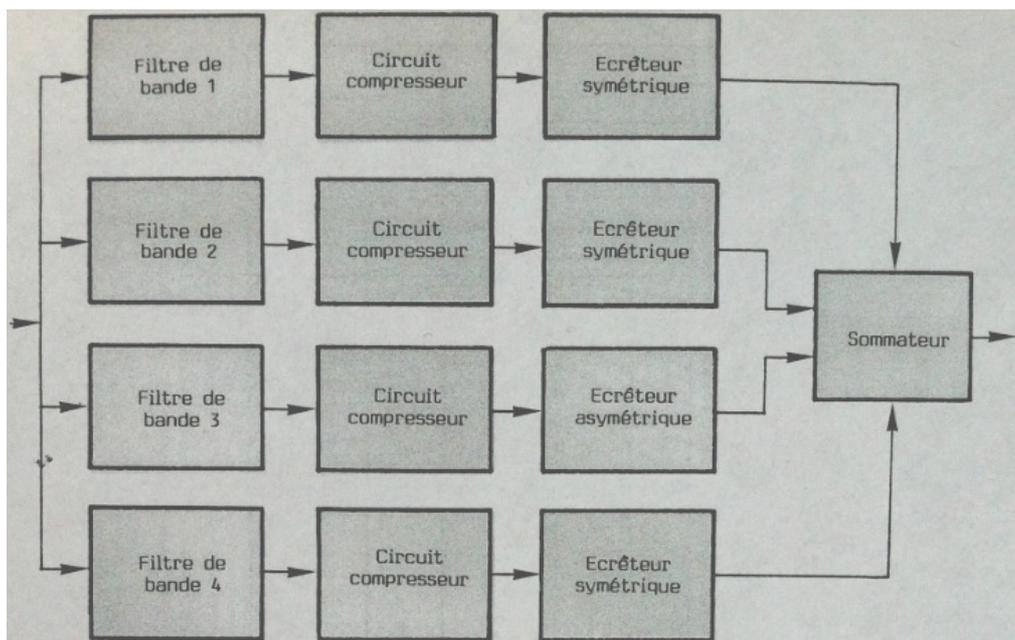


Figure 3.6 : principe de traitement du signal décomposé en quatre bandes de fréquences. Ce réseau est le même à l'enregistrement et à la lecture.

Les bandes 1, 3 et 4 ont des filtres de 12 dB par octave, alors que la bande 2 a une réponse en fréquence complémentaire de celles des bandes 1 et 3. Après la combinaison des signaux de sortie des quatre bandes avec le signal audio sont rehaussées de 10 dB jusqu'à 5 kHz ; et de 15 dB à 15 kHz. La figure qui suit représente un synoptique d'un codeur/décodeur Dolby A. On y remarque la présence de trois filtres, un passe-bas (80 Hz) et deux passe-haut (3 et 9 kHz). Le filtrage passe-bande (80 Hz à 3 kHz) est obtenue à partir des sortie des filtres passe-bas 80 Hz et passe haut 3 kHz. Les signaux issus des filtres passe-bas et passe-haut sont acheminés vers un inverseur. Ceux-ci délivre les composantes à retirer du signal d'entrée. Un sommateur additionne le signal d'entrée et ceux, de phase négative, délivré par l'inverseur. Pour ce qui est du principe même de la compression et de l'expansion du signal, chacune des quatre bandes de fréquences comporte son propre réseau de commande de gain (VCA). Celui-ci est composé d'un amplificateur dont le gain est fixé par la tension issu de de son redresseur. Les sorties de ces cellules sont alors additionnées pour donner un signal unique.

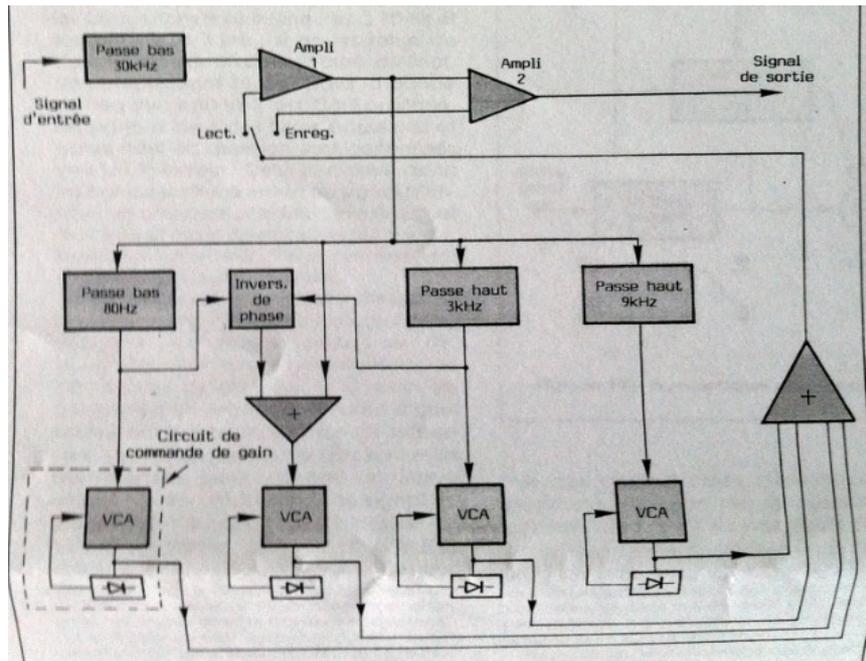


Figure 3.7 : synoptique d'un codeur/décodeur Dolby A.

Tout système de réduction de bruit utilisant la compression/expansion est sensible à l'alignement du magnétophone : un défaut d'alignement étant amplifié à l'étape de lecture. Le Dolby A supporte une erreur d'alignement de 1 dB environ. L'alignement est réalisé au moyen d'un signal (le Dolby Tone dans le cas du Dolby A), enregistré en début de bande, avant l'enregistrement, en position NR OFF pour annuler les fonctions compression/expansion.

II.1.3 Dolby B

Ce réducteur de bruit de fond est développé en 1968 et destiné exclusivement au marché grand public (enregistrement magnétique à faible vitesse 9 cm/s, 4,5 cm/s, mini-cassette, cassette VHS). Son principe repose sur une compression/expansion du signal dans une seule et unique plage de fréquence, dont la largeur dépend des variations du signal. L'action du Dolby B a été fixée à partir de 500 Hz, pour s'étendre jusqu'aux limites de l'audibilité. Le même circuit assure le codage aussi bien que le décodage selon que l'appareil est en enregistrement ou en lecture. La réduction de bruit apportée

par un circuit Dolby B repose exclusivement sur une modification compensée des faibles niveaux du signal. Cependant, si le signal comporte des séquences de basses fréquences avec des amplitudes constamment élevées, le réducteur ne devrait pas agir ; le codage de tels passages induirait inévitablement une surmodulation. Le bruit de la bande ne sera donc pas atténué à ces moments précis. Cela sous-entend que l'on compte sur les fortes modulations du signal d'entrée pour masquer, à l'écoute, ce bruit non traité. Ce n'est pas ce qui se produit avec des sons impulsionnels, forts et isolés, comme par exemple une grosse caisse. Pendant la courte durée d'une telle note, la perception du bruit va croître progressivement en audibilité pour diminuer et retrouver son niveau affaibli à l'issue de ce battement de caisse. Il résulte de ce problème un effet de pompage de souffle dont le circuit tient compte. Il ne cesse pas son action lorsqu'il reçoit un signal de forte amplitude et situé dans le domaine des basses fréquences. Le circuit de commande de contre réaction effectue pour cela une transposition de domaine de fréquence élevées. Ainsi, tout en évitant les risques de surmodulation précipités, le Dolby B assure une bonne réduction du bruit pour les fréquences plus élevées que celles que peut masquer le signal. Le Dolby B apporte une amélioration du rapport signal sur bruit d'environ 10 dB.

II.1.4 Dolby C

Le compresseur de système Dolby C se compose de deux étages montés en cascade, (assimilables à deux circuits Dolby B) qui agissent en fonction des niveaux d'entrée. Il en est de même pour l'expanseur. L'efficacité d'un tel système est deux fois supérieure à celle du Dolby B, les gains des deux étages sérialisées étant multipliés (donc additionnés en dB). Le Dolby C permet ainsi la réduction de bruit de 20 dB. A l'issue d'essais effectués sur plusieurs configurations et combinaisons de filtres, une même fréquence de coupure a été fixée pour les filtres des deux étages : autour de 375 Hz (deux octaves en dessous de celle du Dolby B). Le Dolby C permet ainsi une réduction de bruit démarrant à 3 dB autour de 100 Hz, atteignant 8 dB à 200 Hz, et 16 dB à 500 Hz ; son efficacité maximum se situe à 1 kHz avec une atténuation de 20 dB.

Le Dolby C utilise également un circuit anti-saturation et permet la réduction de la saturation aux hautes fréquences notamment pour les enregistrements à cassettes (commence à se faire ressentir aux extrêmes de la bande passante et devient très gênante quand le niveau augmente). Le traitement « spectral skewing » du Dolby C assure que le canal d'enregistrement préserve correctement amplitudes, phases et fréquences du signal audio traité dans toute sa bande passante. En effet d'éventuelles erreurs en réponse HF, induites entre le compresseur et l'expandeur, seront indissociables du signal utile à la réception. En fonction du contenu spectral du signal restitué, certaines erreurs risquent d'être perceptibles. Ces problèmes trouvent leur solution avec le « spectral skewing » : avant son entrée dans le compresseur, le signal est soumis à une chute de niveau de 10 dB à partir de 12 kHz. A la sortie de l'expandeur, le signal est soumis au traitement complémentaire, de façon à ce que soit maintenue une réponse plate en fréquence. Certes, la réduction de bruit devient de ce fait moins effective sur les parties du signal situées au-dessus de 12 kHz ; on note en effet une perte de 12 dB dans l'efficacité de la réduction de bruit autour de 20 kHz. Cependant l'écoute à 20 dB est de 30 dB moins sensible qu'à 5 kHz.

II.1.5 Dolby S

L'immense succès rencontré par la cassette pré-enregistrée auprès du grand public, ainsi que l'amélioration significative des performances mécaniques et électromagnétiques des enregistreurs à cassette ont incité les ingénieurs des laboratoires Dolby à étudier un nouveau système de réduction de bruit, à la fin des années 80, le Dolby S. Un facteur essentiel qui a guidé la mise en œuvre du Dolby S est l'amélioration de la qualité du son non seulement dans des conditions d'écoute idéales mais également dans l'usage de tous les jours. Dans les circuits du Dolby S, on retrouve un traitement sur deux étages en cascade, ainsi que les réseaux « spectral skewing » et antisaturation, du Dolby C. La grande différence réside dans le fait que les deux étages travaillent aussi

bien sur des bandes de fréquences fixes que sur des bandes glissantes, de façon à adapter l'action du filtrage au spectre du signal d'entrée de manière « intelligente ». Le potentiel de réduction de bruit du Dolby S est globalement supérieur à ceux des Dolby B et C. On note également une significative réduction de bruit de modulation. La distorsion est quant à elle minimisée, particulièrement aux fréquences hautes et basses. Le niveau maximum d'enregistrable est plus élevé aux fréquences extrêmes. Le Dolby S est également moins vulnérable aux erreurs de fréquences et de niveaux pouvant prendre naissance entre le codeur et le décodeur.

L'entreprise anglo-américaine créée par Ray Dolby en 1965 est à l'origine de plusieurs standards de réduction de bruit de fond pour les enregistrements, tels que Dolby A, B, C et S mais aussi Dolby Stéréo, Dolby Surround, Dolby Surround Prologic, Dolby SR (Spectral Recording) Dolby Digital (SRD), Dolby E ... Voici un tableau de comparaison entre trois types de Dolby, le Dolby B, C et S.

Technologies	Dolby B	Dolby C	Dolby S
Système d'encodage et décodage	Oui	Oui	Oui
1 compresseur-expandeur à gain variable	Oui	Oui	Oui
2 compresseur-expandeurs à gain variable	Non	Oui	Oui
Circuit anti-saturation	Non	Oui	Oui
Circuit d'analyse du spectre des hautes fréquences	Non	Oui	Oui
Circuit d'analyse du spectre des basses fréquences	Non	Non	Oui
Contrôle des modulations	Non	Non	Oui
Réduction du bruit pour les basses fréquences	Non	Non	Oui
Réduction du bruit pour les hautes fréquences	10 dB	20 dB	24 dB
Réduction en dB du bruit basses fréquences	0	0	10 dB

Figure 3.8 : tableau comparatif des technologies des systèmes Dolby B, C et S

II.2. Optimisation du magnétophone Studer A 80

La procédure de nettoyage et de réglage décrite ci-dessous concerne les magnétophones analogiques. Les appareils que j'ai pu manipuler dans le cadre de ma partie pratique sont : le magnétophone Studer A80, de l'ENSLI ainsi que le Studer A820 du CNA, pour la numérisation des bandes.

J'ai utilisé le matériel suivant, mis à ma disposition pour le nettoyage et le réglage du

Studer A80 :

- bande étalon stéréophonique 38-6 IEC2, BASF
- système de mesure, Neutrik (référence du modèle : A2)
- oscilloscope, Tektronix (référence du modèle : TDS1002B)
- trousse de nettoyage pour les têtes (alcool dénaturé, coton-tige)
- clef de réglage azimuth et tournevis plat
- toutes les connectiques nécessaires



Figures 3.9 et 3.10 : magnétophones Studer A820 (gauche) et Studer A80 (droite)

II.2.1 Nettoyage

Les performances et la stabilité de tout appareil de lecture analogique dépendent de son état de propreté. La platine de défilement du magnétophone est un composant essentiel. Elle garantit la position de la bande magnétique et la régularité de la vitesse de défilement déterminées par l'axe du moteur-cabestan. La platine de défilement est composée d'un châssis rigide en alliage léger moulé où sont montés tous les sous-ensembles relatifs au transport de la bande (galets, guides, têtes magnétiques, cabestan, galet presseur...), où peuvent venir se loger des poussières de particules magnétiques. Si un système d'aspiration est conseillé pour nettoyer tous ces éléments, un chiffon doux ou pinceau peuvent également être utilisés pour le nettoyage. Les dépôts sur les têtes et le galet presseur peuvent être retirés à l'aide d'un coton-tige imbibé d'alcool dénaturé. Tout produit à base de trichlore ou tétrachlorure sont à condamner car ils peuvent être

nocifs pour certains composants.

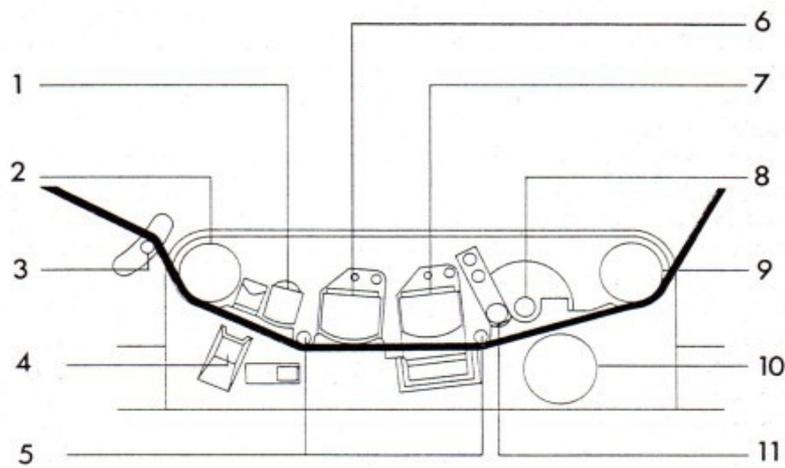


Figure 3.11 : platine de défilement du magnétophone A80

- 1 : Tête magnétique d'effacement
- 2 : Guide de bande magnétique gauche
- 3 : Tendeur de bande
- 4 : Système infrarouge pour l'arrêt de la bande
- 5 : Axes de retrait de bande
- 6 : Tête d'enregistrement
- 7 : Tête de lecture
- 8 : Axe du moteur cabestan
- 9 : Guide de bande magnétique droit
- 10 : Galet presseur
- 11 : Guide bande droit

II.2.2 Démagnétisation

La magnétisation rémanente des circuits magnétiques et de certaines pièces

mécaniques en contact avec la bande peut engendrer un bruit de fond et des distorsions. En cas de forte magnétisation cela peut aller jusqu'à un effacement des fréquences aiguës. L'appareil ne doit pas être sous tension. Un démagnétiseur sera mis en contact avec les pièces du magnétophone une par une qui sont en contact avec la bande (pendant une trentaine de secondes environ), pour être ensuite éloigné d'une trentaine de centimètre de la pièce « touchée ». Le démagnétiseur pourra alors être désactivé.

II.2.3 Procédure de réglage

Un magnétophone qui n'est pas réglé avec la bande étalon correspondant à son format d'exploitation ne sera pas utilisé avec précision. Les bandes étalon, en voie de disparition condamnent à terme, l'utilisation de ces appareils de lecture, pour le moins de manière optimale (musique). De nombreux formats d'enregistrements et de lecture existent et sont fonctions de plusieurs paramètres propres à la bande magnétique en elle même et au dispositif de lecture : largeur de la bande magnétique, des dimensions des entrefers magnétiques, du type d'exploitation de la bande (bobine, cassette) et de la vitesse de défilement de la bande magnétique. A un type de format d'enregistrement et de lecture correspond une bande magnétique étalon dont l'utilité est d'optimiser la réponse du magnétophone pour ce format particulier d'enregistrement et de lecture. Dans le cas du réglage du magnétophone A80, je dispose d'une bande étalon 38-6, IEC1, de marque BASF.



Figure 3.12 : bande étalon stéréophonique 38-6 CEI, BASF

Plusieurs sections de réglages se succèdent sur cette bande, chacune précédée d'une introduction en anglais : section de réglage du niveau nominal, de l'azimut, de la réponse amplitude-fréquence, de la diaphonie, de l'interpiste.

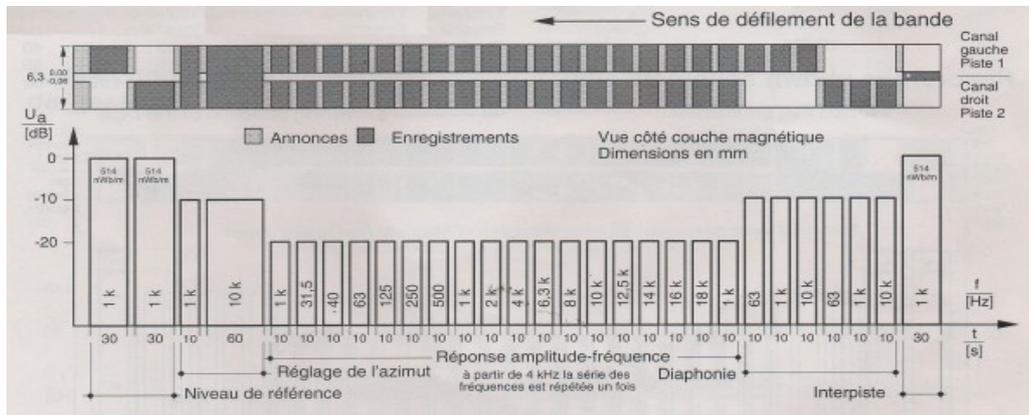


Figure 3.13 : représentation schématique des enregistrements d'une bande étalon 38-6 IEC 1 pour une exploitation à 38,1cm/s en stéréophonie pour une largeur de 6,3 mm

Section du niveau de référence

Il s'agit de régler les amplificateurs de lecture au niveau de travail requis, ou niveau nominal. Le niveau de référence de 1000 Hz correspondant à un flux de magnétisation de 514 nWb/m est enregistré séparément pour le canal gauche, puis pour le canal droit. La lecture monorale des deux pistes d'un enregistrement stéréophonique doit permettre d'obtenir le même niveau que la lecture d'un enregistrement monoral pleine piste à 320 nWb/m. En pratique, un tournevis plat permet de tourner le potentiomètre correspondant aux électroniques des canaux gauche ou droit jusqu'à l'obtention de la valeur de gain correspondant au niveau nominal de + 4,1 dBu.

Studer A80 : réglage du niveau de référence.

Un écart de 0,15 dBu est observé entre canal droit et canal gauche. On mesure :

Left channel → +4,00 dBu

Right channel → +4,15 dBu

Section pour le réglage de l'azimut :

Le signal sinusoïdal est respectivement de 1000 Hz enregistré à - 10 dB en dessous du niveau nominal pour une durée de 10 secondes et de 10 000 Hz enregistré à - 10 dB pour une durée de 60 secondes. Il s'agit de lire la bande et régler l'azimut de la tête de lecture pour obtenir le maximum de niveau et la meilleure stabilité en sortie ligne lecture, en tournant la vis d'azimut correspondant à la tête de lecture au moyen d'une clef d'azimutage. Un réglage d'azimut précis est suivi par l'analyse des deux pistes stéréophoniques ou par l'analyse de deux pistes sur un multipiste (choisir deux pistes contigües pour la répartition gauche droite). Cette deuxième étape de réglage de l'azimut doit être fait après le réglage de la courbe de réponse et le réglage des gains. Plusieurs méthodes sont possibles : rechercher le minimum d'écart de phase avec un gîteur de phase ou utiliser un oscilloscope configuré en représentation de Lissajous (Gauche sur x et Droite sur y). Un réglage d'azimut correct correspond à une fluctuation minimale autour de cette droite : deux signaux en phase et d'égale amplitude forment une droite inclinée de 45° « sur la droite ». Une autre solution consiste à mélanger les deux pistes en opposition de phase : un réglage d'azimut correct correspond à un affaiblissement du mélange d'au moins 20 dB par rapport au niveau nominal de la bande étalon.

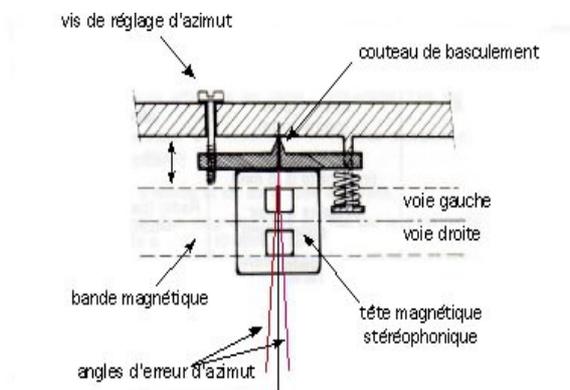
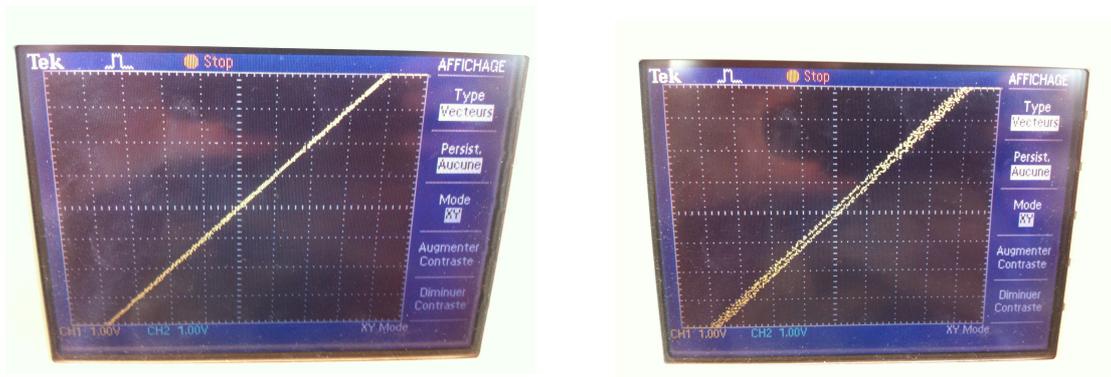


Figure 3.14 : schéma de réglage de l'azimut

Studer A80 : réglage de l'azimut



Figures 3.15 : Figures de Lissajous (G sur y et D sur x) obtenue après réglage de l'azimut à 10 kHz (photo droite) et à 1 kHz (photo gauche)

Section réponse amplitude-fréquence :

Cette section enregistrée permet le contrôle et le réglage de la réponse amplitude-fréquence des amplificateurs de lecture. Le réglage consiste à obtenir le même niveau en sortie ligne à chaque fréquence de la section en fonction de la préaccentuation normalisée. Il s'agit de régler les correcteurs aigu et basse pour obtenir la réponse la plus linéaire, en ajustant un tournevis plat : le correcteur basse est nécessaire pour trouver le meilleur compromis face aux accidents de la courbe de réponse aux basses fréquences (potentiomètre *bass*), le correcteur aigu est nécessaire pour ajuster le niveau des aigus après un changement de norme ou pour corriger l'usure des têtes magnétiques de lecture (potentiomètre *treble*). Les plages de fréquences sinusoïdales vont de 31,5 Hz à 18 000 Hz. Chaque plage dure 10 secondes. Les signaux sont enregistrés à -20 dB en dessous du niveau nominal.

Studer A80 : Réponse en fréquence à 38 cm/s : + ou - 3 dB de 30 Hz à 20 kHz

4 - Section contrôle de la diaphonie :

Cette section comporte une suite de signaux à -10 dB en dessous du niveau nominal,

enregistrés alternativement sur les deux pistes, de telle sorte qu'à la lecture du signal enregistré sur une piste (piste1 ou canal gauche), on puisse mesurer la diaphonie sur l'autre piste non enregistrée (piste 2 ou canal droit).

Studer A80 : réglage de la diaphonie

Les mesures en dBu correspondent dans le tableau suivant au niveau mesuré sur la piste non enregistrée :

	Canal gauche en dBu	Canal droit en dBu
63 Hz	-58,3	-59
1 kHz	-58,7	-59,2
10 kHz	-59,9	-57,2

5 - Section enregistrement sur l'interpiste :

La lecture de l'enregistrement réalisé sur l'interpiste produit par induction latérale dans les têtes magnétiques des deux canaux, un signal permettant de contrôler et de régler le positionnement en hauteur de celle-ci.

II.3 Numérisations au Centre National de l'Audiovisuel

Les archives sonores du CNA contiennent actuellement plus de 20 000 documents sonores sur différents supports physiques. Tous les documents sonores archivés par le CNA font partie du patrimoine audiovisuel du Luxembourg. Ces documents sont répartis dans trois grandes catégories: la **Magnétothèque CLT-UFA**, le **dépôt légal** et le **dépôt volontaire**.

- La **Magnétothèque CLT-UFA** est la plus grande collection des archives sonores. Elle est constituée de 16.000 bandes magnétiques en provenance des

archives de Radio Luxembourg, l'ancien Orchestre de Radio Luxembourg et de RTL Radio Lëtzebuerg. On y retrouve des enregistrements sonores de 1945 à 1989.

- Le **dépôt légal** se base sur un règlement Grand-Ducal, obligeant tout éditeur de phonogrammes à déposer un exemplaire de l'édition au CNA. On y retrouve quelques 1000 éditions sur disques, cassettes et CD des années 60 à nos jours. Pour chaque édition, le CNA conserve plusieurs exemplaires, portant le nombre des supports physiques à environ 4000 éléments.

- Les **dépôts volontaires** sont pour la plupart des enregistrements sonores privés ou réalisés par des associations ou ensembles musicaux. Il s'agit d'enregistrements non-commercialisés, mais dont le contenu présente un certain intérêt pour être conservé. Parmi ces dépôts on retrouve des interviews avec différents groupes de la population luxembourgeoise, des enregistrements d'ensembles musicaux amateurs ou de pièces de théâtre, etc.



Figure 3.16 : stockage des archives (température à 16°C et humidité d'air relative de 40%HR)

Le CNA dispose de deux stations de numérisation et d'un grand studio pour les travaux de restauration et autre productions : relié avec les autres installations audiovisuelles du CNA (studio de prise de vue, salle de transfert, salles de cinéma, salles de montage vidéo, etc.) et de la salle de concert "Opderschmelz", le studio permet de réaliser des travaux sonores dans plusieurs domaines.

- enregistrements de voix
- enregistrements musicaux en cabine ou dans la salle de concert

"[opderschmelz](#)" (40 canaux)

- enregistrements en direct de concerts dans la salle "[opderschmelz](#)"
- post-production film: montage et mixage
- post-production musicale: montage, mixage et mastering
- écoute d'un mixage dans les deux salles de cinéma Starlight 1 et Starlight 2
- restauration sonore et remastering



Figures 3.17 et 3.18 : stations de numérisation

II.3.1 Numérisation des bandes master

La chaîne de numérisation du son comprend les éléments suivants :

- un magnétophone **Studer A820**, réglé pour la lecture du support, disposant de sorties analogiques symétrisées, avec un niveau nominal de sortie de +4 dB.
- le convertisseur analogique numérique *A/D LAKE PEOPLE ADC F444* comprenant des entrées analogiques symétrisées avec un niveau nominal d'entrée fixé à + 4dB, permettant une fréquence d'échantillonnage de 96 KHz, une quantification sur 24 bits et pouvant être synchronisé au niveau du signal d'horloge interne par un signal référentiel

du type “word clock”.

- une interface audio **MERGING MYKERINOS**, configurée en master pour la synchronisation.
- un ordinateur hôte équipé d'un disque dur de travail sur port IEEE 1394. L'ordinateur peut également recevoir sur son port d'extension (PCIe) des électroniques additionnels à base de processeur de traitement de signal du type DSP (Digital Signal Processor) et de processeur à champ programmable du type FPGA (Field Programmable Gate Array). Ces électroniques sont conçues pour le traitement des signaux ordonné par un moteur audio du type DAE (Digidesign) ou Mass Core (Merging Technologies). L'ordinateur est équipé du logiciel STEINBERG WAVELAB 8.
- Un encodeur décodeur **Dolby A, modèle 363**.

Dolby A, 363

Cet appareil est un système de réduction de souffle externe 2 canaux entièrement rackable qui utilise les célèbres normes Dolby A et Dolby SR. Il est destiné aux enregistreurs à bandes professionnels de studio d'enregistrement (Studer, Otari...). Il peut utiliser 3 paires de cartes de réduction de souffle, cartes électroniques qui sont amovibles par l'avant sans devoir démonter l'appareil. C'est un des seuls (avec le modèle 422) de la marque qui est capable de prendre en charge deux normes de réduction de souffle sur une seule paire de cartes amovibles, ce qui éviterait d'interchanger les modules lorsqu'on voulait changer de norme...

- Cat. No. 300 Module (Dolby A et SR - choix de l'un ou de l'autre par sélecteur sur l'appareil mère)
- Cat. No. 350 Module (Dolby SR uniquement)
- Cat. No. 450 Module (Dolby A uniquement).

L'appareil possède un jeu de 8 connecteurs XLR symétriques, dans une hauteur de 1 U alors que beaucoup d'autre appareils analogiques réducteur de souffle tiennent en 2 U.

Calibration d'un encodeur décodeur Dolby A :

Pour exploiter un système Dolby, le calibrage des niveaux de modulation et des niveaux Dolby est primordial. Pour cela, un générateur de fréquence est intégré à l'encodeur, et peut être activé pour envoyer un signal bien spécifique vers le support, en lieu et place du signal audio normal. Lors d'une séance d'enregistrement, pour garantir une bonne lecture du signal, l'ingénieur du son doit générer une trentaine de secondes de cette tonalité ou de ce bruit Dolby (« Dolby Tone » dans le cas du Dolby A). Cet enregistrement doit être réalisé sur le même magnétophone que celui avec lequel l'audio va être mis sur la bande, sans qu'aucun réglage n'ait été modifié entre-temps sur le magnétophone. Rappelons que ces tonalités doivent être enregistrées, si le magnétophone est équipé d'un système de réduction de bruit, avec ce dernier en BYPASS, hors de question que son encodeur vienne changer les niveaux de ces fréquences dont le but est, précisément, de retrouver ces niveaux, au dB près !

II.3.2 *Synoptique de la chaîne d'acquisition analogique-numérique*

Dolby A 363

Magnétophone Studer A820 CCIR

38,01 cm/s



1: Liaisons symétriques analogiques au niveau nominal de +4 dBu entre les sorties lignes du magnétophone Studer A80 et les entrées lignes du Dolby A ; entre les sorties lignes du Dolby A vers les entrées lignes de l'interface audio Merging Mykerinos.

2: Liaison série IEEE 1394 entre l'interface audio et la station de travail.

II.3.3 Numérisation d'un extrait du vinyle « Trio Millière »

Après avoir numérisé l'intégralité des bandes master depuis les stations de numérisation, j'ai la possibilité de numériser un court extrait du vinyle du même enregistrement à partir d'une platine EMT 950 en comparant, pour le même extrait, quatre pointes de lecture différentes: TSD15 SPH, SFL et VDL.



Figure 3.19 : platine vinyle EMT 950

Le rôle d'une cellule phonocaptrice est de traduire sous forme de signaux électriques les informations musicales gravées dans la matière même du disque. Avant de savoir comment fonctionnent les cellules phonocaptrices, appelées communément pickup, il est nécessaire de savoir sous quelle forme les informations à traduire ont été inscrites. Ensuite, nous aborderons la morphologie des cellules phonocaptrices de techniques différentes : piezo électrique, aimant, bobine, etc...

Les disques et les sillons

Parlons d'abord de la matière qui constitue le disque : ce matériau est un co-polymère d'acétate et de chlorure de vinyle c'est-à-dire une matière plastique. Il répond aux critères suivants : sous une faible pression, le matériau est élastique, c'est-à-dire qu'il se déforme sous l'effet de la pression puis, la pression ayant disparu, il reprendra sa forme originelle. Sous une pression plus élevée, ou de longue durée, le matériau est plastique, c'est-à-dire qu'il se déforme et que la pression ayant disparu, il reste déformé et ne retrouve jamais sa forme originelle. Sous une pression très élevée, le matériau s'écrase et la surface est arrachée, sa forme originelle est détruite.

Le seul point à retenir est que si la pression de la pointe sur le disque dépasse une certaine limite, il y a déformation permanente du sillon, et que pour les pressions bien supérieures, il y a destruction de la surface du sillon. La pression exercée par une pointe conique sur un sillon de 17 microns-mètres, réglée à 2 grammes est de 34 kg/mm², soit 2000 fois environ la pression de l'air contenue dans les pneus de voitures.

Le sillon :

Le disque ne contient en vérité qu'un seul sillon spiralé partant du diamètre extérieur et se terminant dans la zone centrale du disque. Ce sillon est de forme triangulaire et la largeur de l'ouverture est de 60 micromètres environ, ce qui correspond au diamètre d'un cheveu. L'angle d'ouverture est de 88°, le sommet du triangle est légèrement arrondi.

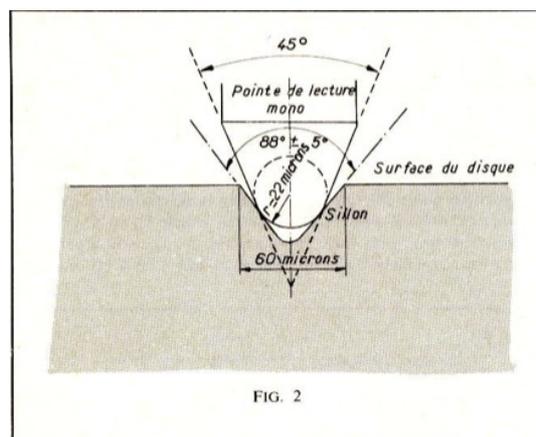


Figure 3.20 : schéma d'une pointe de lecture dans un sillon

Morphologie d'une cellule phonocaptrice :

Quel que soit son type, une cellule phonocaptrice se compose de deux parties: le moteur et la pointe. La pointe de lecture est fabriquée en saphir ou diamant. La figure ci-dessus montre la forme la plus usuelle donnée aux cellules: il s'agit d'un cône tronqué surmonté d'une petite sphère. Il existe d'autre forme de pointe de lecture: cylindrique ou elliptique par exemple, fabriquées depuis 1964. Les pointes sphériques sont caractérisées par le rayon de la sphère terminale. Les pointes elliptiques par la longueur des deux axes. Les dimensions sont déterminées par la largeur des sillons.

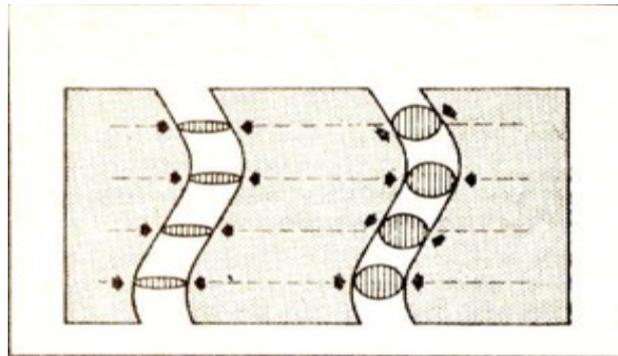


Figure 3.21 : représentation d'une section de pointe sphérique (droite) et elliptique (gauche)

La largeur d'un sillon est d'environ 60 microns et l'ouverture de l'angle faite par le graveur est de 88° environ. L'angle de la pointe de lecture est de 45° . Le rayon de la sphère terminale varie en fonction de l'utilisation: pour la lecture des disques monophoniques, le rayon doit être compris entre 18 et 26 microns; pour la lecture des disques stéréophoniques le rayon de la sphère terminale doit être compris entre 13 et 18 microns. Aujourd'hui, le rayon adopté semble être de 17 microns; on s'est aperçu à l'usage qu'on pouvait parfaitement lire les disques mono avec des pointes de 17 microns sans les détériorer. Bien que le matériau employé pour la fabrication de la pointe soit dur (saphir ou diamant), les parties de la pointe en contact avec les flancs du sillon s'useront et il se formera un plat (« *usure* » sur le schéma ci-dessous). A un moment donné, les plats seront tels que l'extrémité de la pointe toucheront le fond du sillon. A ce degré d'usure, la pointe ne sera plus guidée, elle détruira les très fines sinusoïdes du sillon et l'audition sera affectée de bruits parasites particulièrement gênants

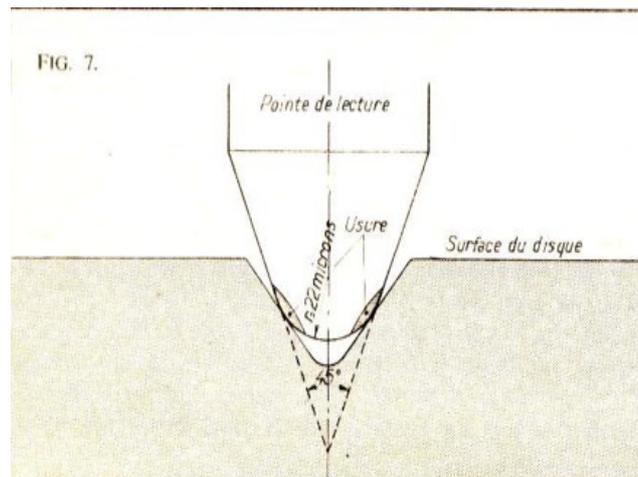


Figure 3.22 : représentation d'une pointe lecture

La pointe est fixée sur un stylet. Ce stylet doit être monté de telle sorte qu'il ait une souplesse horizontale pour suivre la sinusoïde sans déplacer le bras du pick-up. Il existe plusieurs techniques pour fabriquer des cellules phono-captrices, c'est-à-dire plusieurs méthodes permettant de convertir les mouvements de la pointe en signaux électriques. Ceci nous donne plusieurs catégories de cellules phonocaptrices: les cellules phonocaptrices utilisant l'effet piézo-électrique de certains cristaux ou de certaines céramiques ; mais actuellement les cellules phonocaptrices dites à aimant mobile et les cellules à bobine mobile.

LA STERÉOPHONIE :

La stéréophonie a posé des problèmes de gravure très complexes aux constructeurs de cellules phonocaptrices. Le système de gravure universellement adopté est celui dit 45°-45°, angle porté par chaque flanc du sillon portant une information. Mais il est assez difficile de comprendre comment on peut réaliser une telle gravure. Le plus simple est de partir sur une autre idée. A l'origine des enregistrements gravés, qu'ils aient été faits sur rouleau (Edison) ou sur disque, on a utilisé deux procédés: l'enregistrement latéral (ou horizontale) et l'enregistrement vertical. La gravure suit rigoureusement l'axe de la spirale mais la profondeur de la gravure varie en fonction de l'amplitude. Bien entendu, dans ce cas, comme dans l'autre, la longueur de la sinusoïde varie comme l'inverse de la fréquence. Rien n'empêche de combiner une gravure latérale qui porterait les informations du canal gauche et une gravure verticale qui porterait les informations du

canal de droite. Il suffit de donner une deuxième commande verticale au graveur pour l'enregistrement, une souplesse verticale et un moyen de décodage des vibrations verticales à la cellule phonocaptrice. Cette solution est très séduisante mais le pressage des disques devient dans ce cas très complexe. La figure ci-dessous donne une représentation très sommaire de ce que serait dans ce cas un sillon. On a pensé qu'en faisant tourner la figure, on pourrait graver sur un des flancs du sillon les informations du canal de gauche et sur l'autre les informations du canal de droite. Pour obtenir ce résultat, il fallait faire subir une rotation de 45°, aux organes de commandes latérales et verticales du graveur.

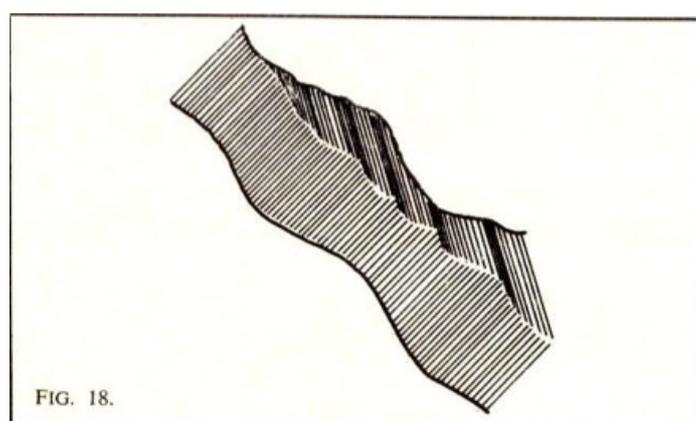


Figure 3.23 : représentation d'un sillon dans le cas d'une gravure stéréophonique

La figure ci-dessous montre clairement que le stylet sur lequel est fixée la pointe agit verticalement et latéralement aussi bien sur les transducteurs du canal gauche que sur ceux du droit.

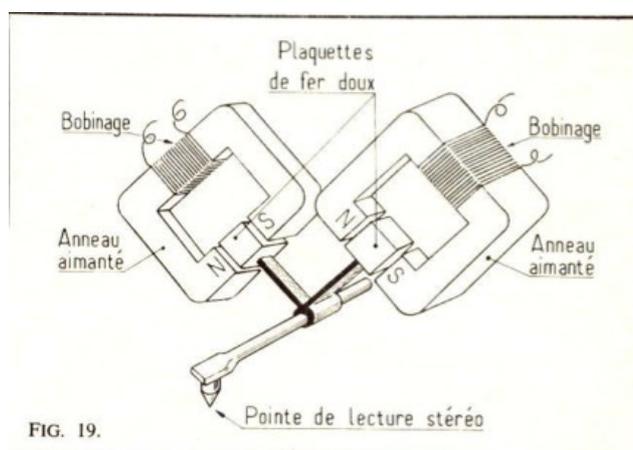


Figure 3.24 : morphologie d'une cellule captrice stéréophonique

II.4 Traitements de restauration

Cette partie sera consacrée au choix des traitements effectués sur l'extrait restauré et sur la caractérisation de ces outils. Les traitements de restauration correspondent à ceux de la suite de restauration Izotope RX3 ainsi que de l'outil de mastering Ozone d'Izotope. Dans un premier temps, les numérisations de l'extrait de vinyle issues de différentes pointes de lecture, dont les courbes de réponse sont données en annexe, me permettent de comparer le rendu sonore de ces acquisitions.

EMT, marque légendaire de platines tourne disque et de cellules de lecture propose aujourd'hui une gamme de cellules de lecture de référence. Cellules OFS, OFD, TMD, TND pour disques anciens mono, cellules TSD 15 (pour platine EMT) et XSD 15 (montage universel). Ces cellules sont développées et optimisées en laboratoire mais aussi et principalement avec un comité d'écoute spécialisé. EMT propose les cellules stéréo TSD 15 (bras EMT) et XSD 15 (bras universel) en 3 tailles de diamant : sphérique 15 microns (SPH), super fine line (SFL) 6 microns et Van Den Hul (VDH) 4 microns.

Identification et traitements des défauts : extrait issu de la bande magnétique master

A l'écoute de l'acquisition j'identifie principalement deux types de bruit : les bruits dits impulsions et les bruits dits continus. Malgré le parfait état de conservation de la bande master, on distingue du souffle, quelques clics et un défaut difficilement identifiable. Il s'agirait, à priori d'une saturation très légère mais bien perceptible, ce défaut est corrélé aux sons produits (attaque et enveloppe) par la trompette jouée avec sourdine. Il n'est cependant pas perceptible sur le disque vinyle mais apparaît sur les deux bandes master, après un certain temps d'enregistrement. Il s'agirait donc d'un défaut qui n'est pas inhérent à la bande mais qui est apparu au fil du temps. La captation étant celle d'un couple de microphone, il ne peut s'agir d'un dysfonctionnement de micro d'appoint. Est-ce une intolérance de la tranche ? Un décrochage de l'encodeur décodeur

Dolby A ? Seules des hypothèses peuvent être formulées sur ce mystérieux défaut. Cependant, la connaissance de l'origine d'un défaut ne préjuge, à priori en rien de la possibilité de le traiter...

Les bruits impulsifonnels

Outil « Declick and Decrackle »

Les clics sont une des altérations les plus couramment rencontrées dans la lecture de supports. Ils peuvent arriver à n'importe quelle étape du processus d'enregistrement et peuvent être le résultat d'interférences, d'erreurs numériques... On perçoit de très brèves impulsions qui correspondent à des fréquences très aiguës si on fait une transformée de Fourier. Le plugin correspondant est le declicker. On remarque que l'utilisation d'un filtrage des hautes fréquences ou d'un outil de desoufflage au préalable rend moins performant le declicker. Le declicker d'Izotope est conçu pour identifier un clic et permettre à l'utilisateur de l'atténuer ou de l'enlever entièrement, un à un, ou en traitant une sélection en entier. L'interface graphique facilite le repérage des bruits impulsifonnels et permet ainsi de les traiter « manuellement ». A l'usage, on repère facilement les défauts caractérisés par leur « forme » graphique dans la timeline.

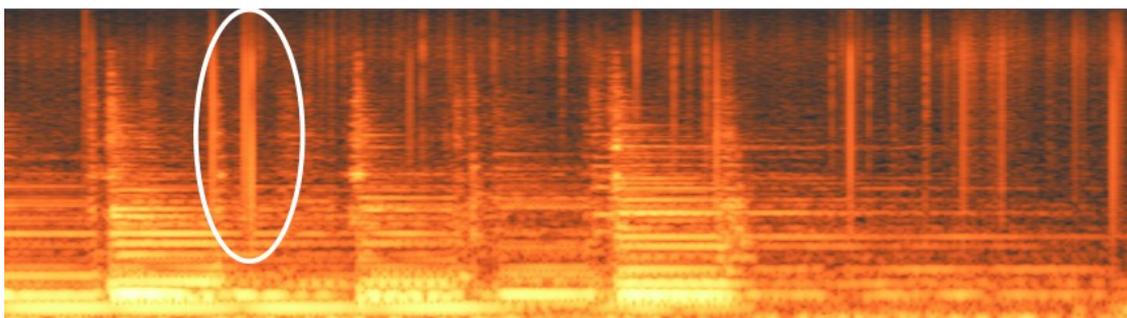


Figure 3.25 : représentation graphique caractéristique d'un clic sous Izotope

L'outil d'Izotope appelé "declick and decrackle" permet de traiter plusieurs bruits impulsifonnels (crackles, clics, pops) et possède dans le même module un outil d'interpolation qui permet de faire des corrections manuelles de niveau d'échantillon audio. Dans l'onglet Declick, deux sortes de défauts sont sélectionnables « random

click » ou «periodic click » et sont associés à des algorithmes traitant différemment les clics à fréquences périodiques ou aléatoires. Le réglage maître du declicker est la gestion du seuil au dessus duquel il travaille. Il s'agit de procéder précautionneusement par palier et de comparer après chaque réglage l'extrait traité avec l'original. En effet, une utilisation abusive produit rapidement une impression auditive de pompage (seuil trop bas). L'onglet « only click » permet de d'écouter uniquement l'information « retirée » du son utile. Si le fichier est envahi par des défauts de type impulsionnel une façon de procéder peut être de régler un seuil acceptable pour tout le fichier et de revenir manuellement sur les défauts plus prononcés. Dans mon cas, j'ai procédé manuellement à l'élimination des quelques clics.

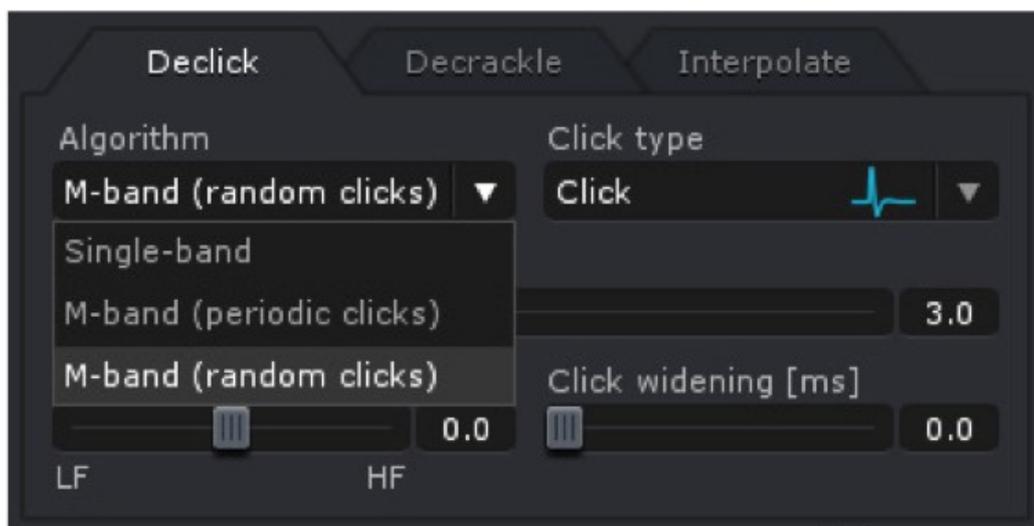


Figure 3.26 : fenêtre de réglage de l'outil « Declick and Decrackle » d'Izotope

Outil « Deconstruct »

Avec le **RX 2 Advanced**, izotope introduit un nouvelle classe d'outil de manipulation audio appelé "Deconstruct". La fonction "Deconstruct" sépare « intelligemment » les composantes tonales des composantes bruitées de l'audio. Prenons l'exemple suivant : la voix d'un chanteur se décompose en parties tonales : voyelles, sons de "M" ou de "N", et en bruits : respiration et sifflantes telles "H", "S" ou "Ch". Le module 'Deconstruct' permet de séparer et de ré-équilibrer ces blocs audio afin de pouvoir accentuer seulement la partie tonale d'un instrument ou d'accentuer les caractéristiques aériennes d'une voix, par exemple. Cette fonction permettrait, dans l'idéal, d'éliminer

dans notre cas ce défaut 'non identifiable' en séparant composantes tonales et bruitées du son. Ce module permet donc de traiter la structure harmonique de l'échantillon. Il est très gourmand en ressources, c'est pourquoi je procède à une augmentation de la taille des mémoires tampon. Pour les réglages, il s'agit de travailler par palier, en partant du 0 dB pour évoluer vers des atténuation de l'ordre de -2 dB (Tonal) et -8 dB (Noise). Il faut évoluer en comparant les signaux, tout en appréciant l'atténuation de la saturation. Le "Process" peut entraîner une baisse du niveau qui se compense très bien avec le module "Gain" pour retrouver la valeur du raccord de niveau. Je procède "manuellement" sur chaque saturation. Les réglages pour le Tonal gain s'échelonnent entre -0,3 et -0,8 dB ; et entre -3 et -5,5 dB pour le Noisy Gain. Je rattrape le niveau en rajoutant +1 dB de gain, environ.

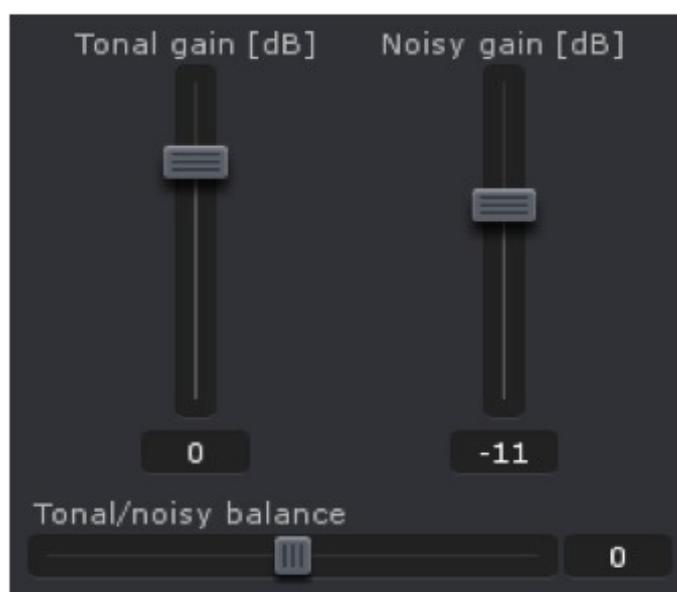


Figure 3.27 : fenêtre de réglage de la fonction "Deconstruct" d'Izotope

Commande Tonal Gain (dB): ajuste le gain résultant des composantes tonales du signal.

Commande Noisy Gain (dB) : ajuste le gain résultant des composantes bruitées du signal.

Commande Tonal/Noisy Balance : ajuste l'équilibre entre contenu audio et tonal.

L'algorithme équilibre en appliquant des gains envers les composantes tonales ou

bruyantes en conséquence de la balance choisie.

Les bruits continus

Outil Denoiser

Le souffle (bruit large bande) est une caractéristique sonore répandue dans la lecture des supports analogiques. Il s'agit d'un traitement difficile à gérer car on agit « en masse » sur tout le spectre audio du signal. Un usage abusif risquerait de changer complètement la couleur sonore lors de cette étape. Ce traitement de "Denoising" se base sur un apprentissage du défaut observé dans l'extrait (bouton 'learn'). Une empreinte du bruit est réalisée par le logiciel. De même que pour les autres traitements, on règle l'intensité de diminution du bruit par un seuil d'action et un taux de réduction. Ce module modifie la dynamique du signal, en agissant sur les transitoires. En effet, le bruit atteint une large bande passante, et traiter les fréquences aiguës revient à diminuer la sensation de transitoire dans le son.

En utilisant la re-synthèse de hautes fréquences, le module "Denoiser" permet la suppression du bruit en "réinjectant" des transitoires. Cependant, il peut arriver que l'ajout de ces transitoires ne soient pas bien acceptés par l'outil et on constate parfois des bruits de « traînées » numériques post-transitoire. Le "Denoiser", est doté d'un "adoucisseur" hybride temps / fréquence, qui permet de diminuer les artefacts dégoulinants communément associés aux réducteurs de bruits. Le "Denoiser" permet également un contrôle indépendant aussi bien sur la tonalité que les composants de fréquences du bruit résultant.

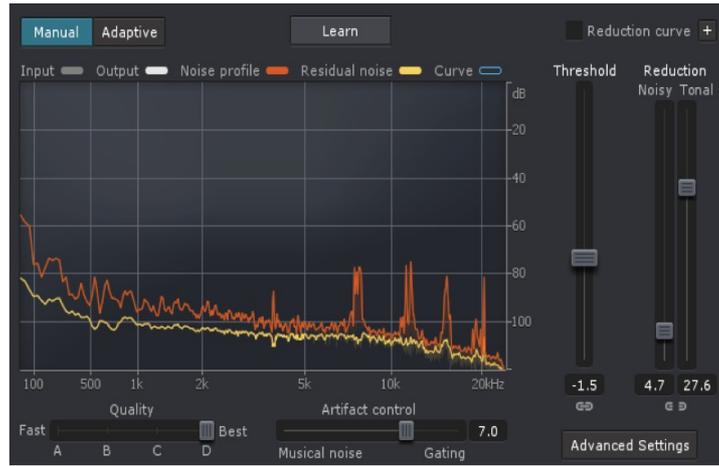


Figure 3.28 : fenêtre de réglage du "Denoiser" d'Izotope

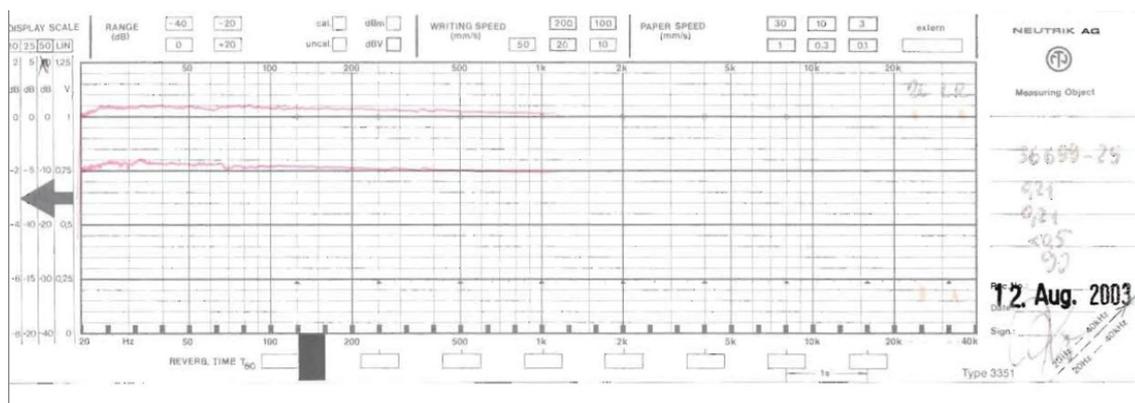
D'autres modules composent la suite RX3 d'Izotope : Spectral Repair, Declipper, Remove Hum...

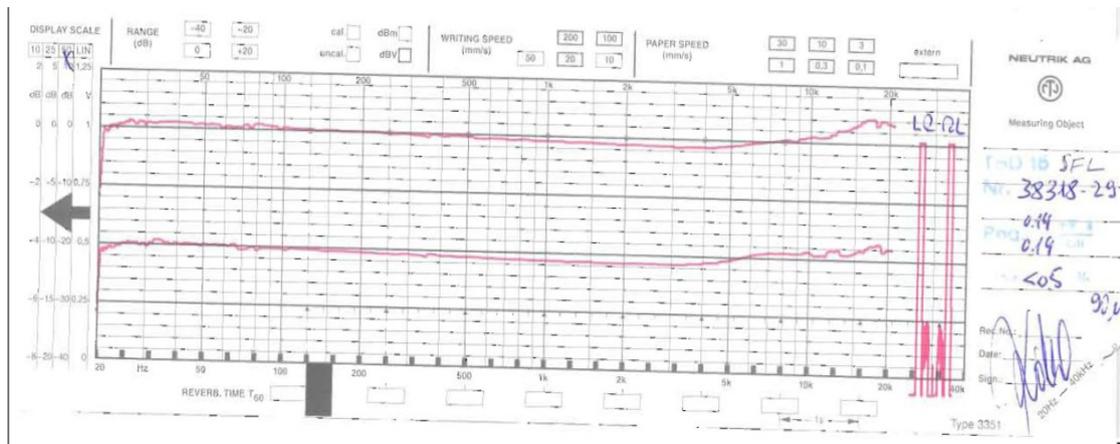
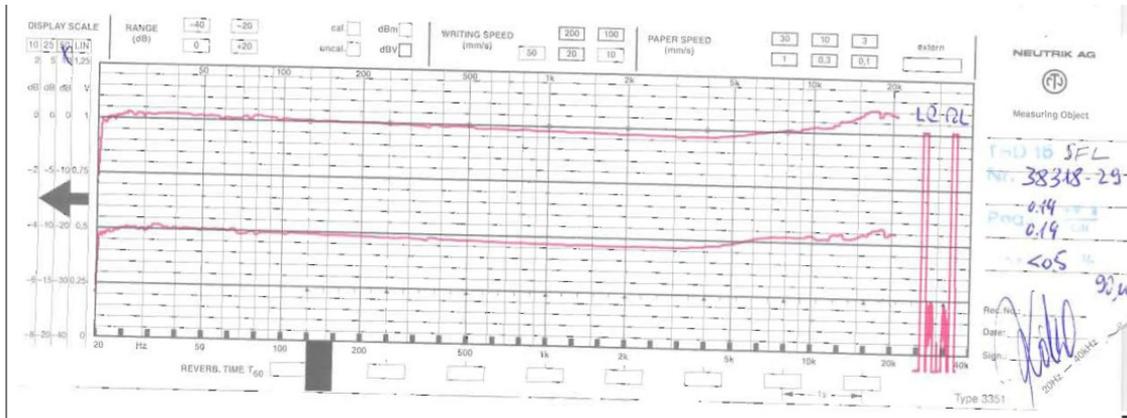
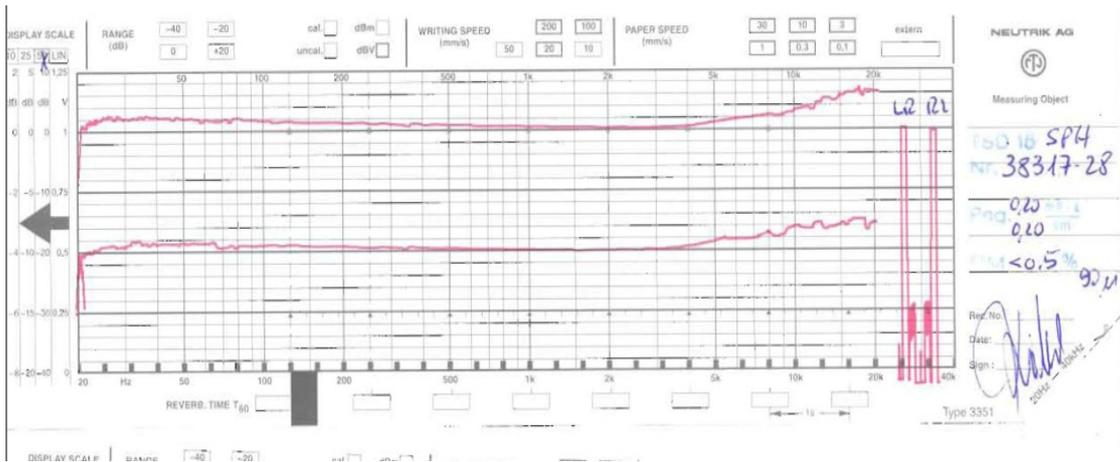
Annexes : Spécificités techniques du matériel de numérisation du CNA

A 1: magnétophone Studer A820

- Varispeed (à 38 cm/s = 15 ips) : + ou - 7 demi-tons
- Pleurage à 38 cm/s : max 0,04
- Temps de démarrage à 38 cm/s : 0,5 secondes
- Réponse en fréquence à 38 cm/s : + ou - 2 dB de 30 Hz à 20 kHz
- Puissance : max. 300 Watts
- Poids : 57 kg

A 2: courbes caractéristiques des pointes de lectures (dans l'ordre) TDS15, SPH, SFL et VDH.





A 3: Platine vinyle EMT 950

Technical data

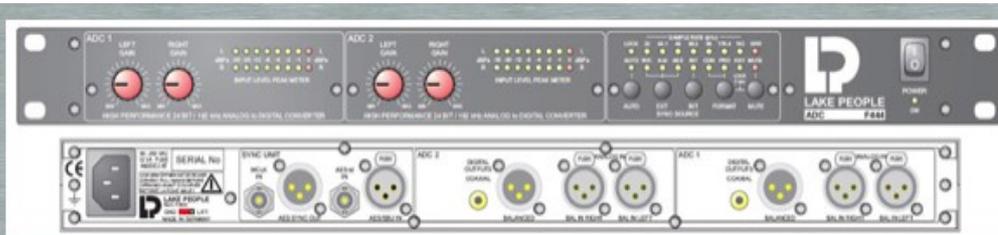
<p>Drive System</p> <p>Speed 33 1/3, 45, 78 RPM ±0,1 %</p> <p>Turntable diameter 33 cm (13")</p> <p>Wow and flutter (DIN 45 507/ANSI/IEC) max. ± 0.05 %</p> <p>Run-up time max. 0,2 s</p> <p>Rumble (DIN 45 539) Signal-to-noise ratio, unweighted greater than 56 dB</p> <p>Signal-to-noise ratio, weighted greater than 70 dB</p> <p>ac mains power connection 100 to 130 V, 200 to 240 V, 50-60 Hz</p> <p>Power consumption approx. 100 VA</p> <p>Dimensions standard model, chassis alone 693 x 462 x 332 mm (27,6" x 18,4" x 13,2")</p> <p>with floor supports (free-standing) 697 x 466 x 854 mm (27,8" x 18,6" x 34")</p> <p>narrowline model, chassis 512 x 575 x 332 mm (20,4" x 22,9" x 13,2")</p> <p>Required mounting recess depth below table top 245 mm (9,8")</p> <p>Weight approx. 70 kg (154,32 lbs.)</p>	<p>Amplifier: (plug-in cards)</p> <p>Equalization DIN, NAB, IEC, RIAA 75/318/3180 us</p> <p>FLAT 0/318/3180 us</p> <p>Input sensitivity 0,2 to 1 mV for EMT-T series pick-ups</p> <p>2 to 10 mV with 47 kohms version</p> <p>Output level +6 dB (1,55 V) max. 4,4 V min. 0,775 V</p> <p>Max. Output level +22 dB (10 V)</p> <p>Frequency response 40 Hz to 15 kHz ± 0,5 dB 30 Hz -3 dB below 30 Hz approx. 20 dB/octave rolloff above 25 kHz approx. 12 dB/octave rolloff</p> <p>Total harmonic distortion less than 0,1 %, 30 Hz to 12 kHz</p> <p>Signal-to-noise ratio, rms, unweighted min. 75 dB</p> <p>Signal-to-noise ratio, peak, weighted min. 70 dB</p> <p>Crosstalk better than 55 dB</p> <p>Headphone output stereo, max. 2 V into 200 ohms</p> <p>Stereo/mono switch remote controlled (24 V DC or from internal voltage)</p>
---	--

Subject to change without notice

Spectral Analysis of Rumble, measured with adapter (top) and test disk (bottom). The reference level differ by 10 dB.

Starting performance, measured with the EMT 424 Flutter Analyzer (Rec 2 output). The impulses immediately following start initiation are produced as the PLL circuit locks in.

A 4: Convertisseur A/D Lake people F444



2 / 4-ch ANALOG to DIGITAL CONVERTER ADC F444

ADC F444 S = 1 x ADC Module

ADC F444 D = 2 x ADC Modules with following features:

- 2 x electronically balanced inputs via XLR
- Level pots on the front panel
- Analog frontend with typical 126 dB dynamic range
- 8-step level display per channel
- Conversion with 24 bit, max. 192 kHz
- 1-bit converter with 128 / 64 x oversampling
- Dynamic range > 119 dB
- THD+N < -109 dB
- 2 digital outputs: transformer balanced via XLR (AES 3/11), coaxial via Cinch (S/P-DIF/AES-3id) Sync:
- Internal oscillators switchable to 32, 44.1, 48, 88.2, 96, 176.4, 192 kHz
- External synchronisation via AES/EBU (AES 3/11), WCLK and AES-id (AES-3id-1995)
- Auto-Mode, Format, Key-Lock und Mute switchable
- Displays for: Sync-Source, Sample-Rate, Lock, Error, Mute, Pro/Con- Format, Auto-Mode, Key-Lock
- Multimode power supply 90 ... 260V AC
- 19", 1 U stainless steel case, front dark grey

Technical Data

Analog inputs:	2 x XLR, electronically balanced, impedance 10 kohms
Input sensitivity:	+2 ... +25 dBu
Frequency range:	10 Hz ... 20 kHz (- 0,1 dB) 10 Hz ... 40 kHz (- 1 dB)
Crosstalk:	< -100 dB (@ 15 kHz)
Resolution:	24 bit / up to 192 kHz
Dynamic range:	> 119 dB (A-wtd)
THD+N:	< -109 dB (@ -1 dBfs)
Output format:	AES 3, S/P-DIF, (Pro/Con format)
2 digital outputs:	XLR male, transformer balanced, 110 ohms, output voltage > 4 Vss Cinch, unbalanced, 75 ohms, output voltage > 1 Vss
External Sync:	AES 3/11(XLR), WCLK (BNC) AES-3id-1995 (BNC) 32 ... 210 kHz
Internal sync:	32, 44, 48, 88, 96, 176, 192 kHz
Power supply:	90 ... 260 V AC, 12 VA
Dimensions:	483x44x166 mm (WxHxD), 19", 1U
Case/Finish:	Stainless steel / Front dark grey
VERSIONS:	F444 S(ingle) / F444 D(ouble)

Conclusion

La problématique de la restauration sonore ne s'envisage qu'à travers les supports qui sont parvenus jusqu'à nous. Contrairement à la restauration des œuvres graphiques, la restauration sonore est une discipline "jeune". Une combinaison subtile de compétences multidisciplinaires des archivistes-conservateurs alliant la conservation du support et l'investigation autour du document à sauvegarder permet d'aborder la restauration sonore. En relation avec ces acteurs de la restauration, ces travaux préliminaires apporteront à l'opérateur en charge de la restauration des supports et de la matière sonore, les éléments nécessaires à la compréhension de l'œuvre. Dépourvue de toute déontologie, la restauration implique un savoir faire artisanal guidé par une oreille longuement exercée au contact des appareils de lecture d'époque mais aussi dans la plus grande rigueur visant au respect de son original. Confrontée directement à cette discipline, mon travail pratique m'a permis de constater la richesse de cette activité, qui implique l'acquisition de supports, d'appareils de lecture en bon état qui se font de plus en plus rares, ainsi que l'utilisation d'outils spécifiques de traitement. J'ai pris conscience de la position du restaurateur dans le sens où la prise de décision de traiter un défaut a, dans tout les cas, une conséquence (même minime) sur le rendu global sonore. Tout en traitant un défaut ponctuel, il s'agit de garder une écoute globale et « consciente », toujours en rapport avec la copie droite. Cette dernière a une importance capitale car elle est la version de référence de l'enregistrement et consiste en notre « seule solution » de réversibilité. L'expression « copie droite » est à manier avec précaution car cette version, résultat de l'extraction du contenu sonore, est, même dans ce cas où l'objectivité est de rigueur, soumise à l'appréciation auditive de l'opérateur qui règlera les paramètres de lecture en fonction de sa propre oreille et des sources dont il dispose, ou pas... J'ai conscience du fait que la restauration d'un extrait du « Trio Millière » a été un cas idéal et rare dans le sens où, étant en lien direct avec les acteurs de l'enregistrement, j'ai pu rassembler toutes les informations nécessaires me permettant de structurer mon travail. La confrontation avec d'autre extraits sonores, dont les provenances me sont inconnues, m'ont rendues la tâche plus difficile, mais rappelons qu'il s'agit de situations plus réalistes. D'autre part, le fait de cadrer ces opérations en élaborant une méthode de

travail, rappelle l'importance des étapes et des principes généraux à respecter, mais ne prévaut en rien du résultat ! En effet, il me semble capital de passer par une analyse auditive rigoureuse des caractéristiques de l'enregistrement en les catégorisant en « défauts subis » ou « choix assumés » par le preneur de son par exemple, dans le sens où cette compréhension sonore va présider le choix de traiter ou non... A partir de là se pose également la question de savoir sur quel critère on choisit de traiter tel ou tel défaut, ce qui implique de définir précisément l'objectif de la restauration. Par rapport aux appellations « rééditions » ou « remastering », l'utilisation du terme de restauration ne peut être envisagée, à mon sens, que lorsque la restauration concerne un but patrimonial. Dans ce cas précis, la restauration sonore pose la question de savoir en quoi consiste le bagage historique d'un enregistrement sonore et comment mettre en œuvre sa transmission... Convenons que la panoplie des outils utilisés par les restaurateurs n'est en rien différente des outils de remasterisation, ce qui peut ajouter à la confusion dans les esprits, donc dans les gestes, et prédisposer à des tentations d'"embellissement" inappropriés du son relativement aux critères que l'on s'est fixés.

Au delà de la découverte du domaine du patrimoine sonore, ce travail a été enrichissant car j'ai pris goût à la rigueur qu'exige le travail d'une restauration sonore. Confrontée directement à la difficulté de trouver des appareils nécessaires à la lecture des mes supports, j'ai pris conscience de la fragilité de cette discipline, d'autant plus vulnérable que le savoir faire et l'expérience requis ne sont pas transmis de générations en générations relevant que les contacts avec des acteurs, des spécialistes directs de l'enregistrement analogique ne seront bientôt plus possibles.

Bibliographie

- **Ouvrages :**

CESARE Brandi, *Théorie de la restauration*, Monum 2001.

M-F CALAS et J-M Fontaine, *La conservation des documents sonores*, CNRS éditions, 1997.

CATHALY-PRETOU Gérard et Al., *L'archivage sur CD-R*, Eyrolles, 2006.

Claude Gendre, *L'histoire du son et de l'enregistrement*, Dunod, 2005.

Claude Gendre, *Les magnétophones : enregistreurs numériques et analogiques*, Dunod, 2005

Ludovic Tournès, *Du phonographe au MP3 : Une histoire de la musique enregistrée, XIX-XXIe siècle*, Editions Autrement, 2008.

- **Mémoire, notes de travail et articles issus de périodiques spécifiques :**

Jean-Christophe SEVIN, *Transfert et restauration des enregistrements sonore*, notes de travail. Musique/Patrimoine. Des expériences culturelles urbaines, Marseille, shadyc-cnrs, 2008.

Jean-Christophe SEVIN, *rapport d'étape, Approche sociologique de la restauration des enregistrements sonores*, 2007.

Jean-Christophe SEVIN, *rapport d'étape, De la déontologie de la restauration des enregistrements sonores à l'esthétique du remastering*, 2008.

DAUDET Laurent, GALIEGUE Hélène et FONTAINE Jean-Marc, *Analysis and restoration of faulty audio Cds*. Audio Engenering Society, 2007.

IASA Technical Comitee TC04, *Guideliness on the Production and Preservation of Digital Objects*, International Association of Sound and Audiovisual Archives, 2004.

Vincent RIBAUD, *La restauration des archives sonores*. mémoire son, ENSLL 2009.

Federica BRESSAN et CANAZZA Sergio, *A Systemic Approach to the Preservation of Audio Documents : Methodology and Software Tools*, Journal of Electrical and Computer Engineering, 2013

THERON Dominique, *Ecrire un cahier des charges de numérisation des collections sonores, audiovisuelles et filmiques*, Ministère de la Culture et de la Communication, 2009.

CZYZEWSKI A., *Méthode multifonction de restauration des enregistrements anciens*, Journal de Physique IV, Colloque C5, supplément au Journal de Physique III, Volume 4, mai 1994.

DIETRICH SCHÜLLER et LEOPOLD KRANNER, *Life expectancy testing of magnetic tapes - a key to a successful strategy in audio and video preservation*. Phonogrammarchiv, Austrian Academy of Sciences, A-1010 Vienna, Austria ofi, Austrian Plastics Institute.

FONTAINE J-M, *La mémoire de la musique enregistrée en danger, pourquoi ?* Citée de la musique, Journée d'étude, Patrimoine musical du XXème siècle, Paris, 6 avril 2009.

J-M FONTAINE, *Sauvegarde du patrimoine sonore*, Journal de physique IV, colloque C5, supplément au journal de physique III, volume 4, 1994.

CALAS M-F, *Quel patrimoine sonore et vidéo pour demain?*, Culture et recherche n°3, Sept-Oct 1985.

- **Articles de presse:**

F. RUTKOWSKI, *Les réducteurs de bruit*, HIFI STEREO, 1977.

Y. Marzio, *Restauration*, HIFI STEREO, 1988.

Jean Sebastien STEHLI, *Toscanini: les archives du chef*, Le Point n°912, 1990.

Franck Erikson, *Toscanini: cher grand-papa...*, Spectacles, 1990.

Philippe BELLAICHE, *Les systèmes Dolby, Zero Vu*, 1991.

G.P., *La mémoire qui flanche*, 50 Millions de consommateurs n°229, 1990.

Denis FORTIER, *De vieux enregistrements retrouvent la qualité des disques compacts*, Le Monde, 1990.

- **Sources internet:**

www.academia.edu/2217848/La_restauracion_et_la_reedition_numerique_de_la_musique_In_Culture_and_Musee_n_19_2012

www.piaf-archives.org, modules 1 à 8 "Préservation et Restauration", Anne-Marie BRULEAUX et Andréa GIOVANNINI.

www.studer.ch, A80 RC MKII manual

www.izotope.com, izotope RX Reference, izotope AudioRepair with RX3 Manuals

www.cna.public.lu/

www.emt-profi.de

<http://restauration-sonore.over-blog.com/>