

La restauration d'une harpe de Jacques Georges Cousineau (XVIII^e siècle) : quête d'une harmonie entre sonorité et restauration (Inv. D.AD.2593)

Blaise Diringer, restaurateur du patrimoine, Paris

La harpe Cousineau présentait de nombreuses altérations liées à son usage, mais aussi à son stockage dans différents musées depuis 1883. Un défi supplémentaire, pour sa remise en état de présentation a été de tenir compte de la fonctionnalité sonore de l'objet. À cet effet une attention particulière a été apportée à la table d'harmonie. En quoi son altération modifie-telle l'information sonore? Quelles sont les modifications acoustiques de sa restauration ? Et parmi les différentes techniques de restauration, laquelle conserve au mieux ses propriétés vibratoires ? Pour répondre à ces questions, la table d'harmonie a été réduite à une plaque de bois. Nous avons travaillé sur un panel de 45 plaques pour lesquelles nous avons reproduit une fente puis sa restauration selon 5 techniques : flipots, toile, colle, taquets longitudinaux et transverses. Pour chacune des plaques, nous avons mesuré sa réponse en fréquence et son intensité de densité spectrale. Les résultats nous permettent de préconiser et de mettre en œuvre la « meilleure » technique à utiliser pour la restauration de la table d'harmonie de la harpe.

Restoration of a harp manufactured by Jacques Georges Cousineau (18th century): in search of harmony between acoustics and restoration (Inv. D.AD.2593)

The harp Cousineau presented numerous changes linked to its use, but also to its storage in various museums since 1883. A supplementary challenge, for its restoration of display was to take into account the sound feature of the object. For that purpose a particular attention was brought to the sounding board. Does its change modify the sound information? Which are the acoustic modifications of its curation? And among the various techniques of restoration, which one preserves in best its vibratory properties?

To answer these questions, the sounding board was reduced to a wooden plate. We worked on a sample group of 45 quarter plates for which we reproduced a crack and then its restoration according to 5 techniques: flipots, cloth, glue, longitudinal and transverses wedges. For each plate, we measured its answer in frequency and its intensity of spectral density. The results allow us to recommend and to operate the « best » technique to use for the restoration of the harp's sounding board.

Les instruments de musique tiennent une place à part dans les objets du patrimoine. Ils ont été considérés comme tels tardivement et leur aspect fonctionnel a prédominé durant de nombreuses décennies. Aujourd'hui, après des constats alarmants concernant des restaurations trop poussées et destructrices, l'approche a changé, et la remise en état de jeu n'est plus l'unique but d'une intervention de restauration [1]. La restitution de la fonctionnalité de l'objet se décide maintenant selon des critères stricts, et fait intervenir de nombreux facteurs : rareté et état de l'instrument, pertinence au sens musical et organologique¹. Cependant, il faut être conscient que tout instrument de musique, qu'il soit réduit ou non au silence, porte en lui l'information de sa sonorité. Nous pensons que ce capital, directement lié à la structure intime de l'objet, doit faire l'objet d'une attention particulière, et être pris en compte lors des opérations de conservation restauration. Très peu d'études ont été réalisées à ce jour pour déterminer quel était l'impact réel d'une intervention sur la sonorité d'un instrument de musique. C'est ce que nous nous sommes efforcés de mettre en lumière dans le cadre de mon mémoire de fin d'études.

I Contexte historique

Dans le cadre de mon mémoire de fin d'études à l'Institut national du Patrimoine, j'ai été amené à étudier et à mener la restauration d'une harpe de Cousineau. Ce nom se retrouve peint sur la table d'harmonie, et chantourné sur une plaque de laiton protectrice. L'activité des Cousineau, luthiers de grand renom, débute en 1758, et s'achève en 1822. Ils se singularisent par une inlassable démarche de recherche pour perfectionner la mécanique de la harpe et acquièrent en 1781 le rang honorifique de « marchands luthiers de la Reine ».

A l'orée du XVIII^e siècle, l'instrument n'a pas encore atteint sa forme et sa fonctionnalité optimum. Il reste à trouver la manière de le faire moduler efficacement pour élargir ses capacités harmoniques. Bien que des mécanismes existent déjà ils ne sont pas pour autant très fiables et désaxent ou cassent les cordes. Les Cousineau, suivis par Naderman ou encore Érard, n'auront de cesse d'apporter des améliorations aux anciens systèmes voués à la désuétude.

¹ L'organologie est la science des instruments de musique (en grec, *organon* signifie instrument). Cette discipline consiste à étudier les techniques de fabrication, de jeu, le fonctionnement acoustique, la diffusion, le contexte de jeu, mais aussi la terminologie et l'étymologie.



Figure 1 : Harpe Cousineau (inv. 2593)
avant restauration

L'engouement sans précédent qu'a connu la harpe dans la deuxième moitié du XVIII^e siècle est vraisemblablement lié aux avancées techniques qui ont permis d'améliorer le confort de jeu, l'ergonomie, ainsi que les possibilités harmoniques et sonores. Néanmoins, on ne peut négliger l'influence de la noblesse, et en particulier la reine Marie-Antoinette qui a su mettre l'instrument au goût du jour.

Notre objet d'étude est conçu avec deux mécanismes originaux : le mécanisme dit à « béquilles » inventé et mis en œuvre par les Cousineau, et un système d'ouverture de la caisse de résonance par cinq volets. Ce dernier inventé en 1787 par Naderman et Krompholtz [2], permettait d'amplifier et de donner des effets aux sons en actionnant une pédale.

De ces considérations historiques et techniques, on peut déduire que la harpe a été fabriquée entre 1787, année d'invention du système à volet,

et 1791, date qui marque la chute de la monarchie et invalide l'inscription « Luthier de la Reine » sur la table d'harmonie.

L'instrument est sorti du XVIII^e siècle sans que l'on ne sache rien sur son ou ses anciens propriétaires. Le seul qui nous soit connu est Paul Jules Audéoud, riche banquier parisien qui fera don de la harpe en 1883 à l'Union Centrale des Arts décoratifs. Une ancienne photo de l'instrument prise aux alentours de 1910, découverte dans les fonds du Musée des Arts décoratifs, nous montre que son état était alors médiocre : cassures, encrassement et lacunes étaient déjà présents. Nous savons que la harpe a été peu exposée² et c'est en 1995 qu'elle a rejoint les réserves du Musée de la musique.

² Exposition probable entre 1889 et 1934, ainsi qu'en 1964 lors d'une exposition temporaire à l'UCAD.

II Une restauration complexe

La harpe est un objet composite. On y trouve du bois de diverses essences (épicéa, poirier, sycomore, tilleul), du métal (alliages ferreux, laiton), de l'ivoire, de l'os, du papier, du parchemin et du verre. La surface est recouverte de peinture, de dorure et de vernis. Les mécanismes ingénieux côtoient les nombreuses pièces de bois savamment assemblées. Nous avons affaire à un objet démontable car nécessitant un entretien fréquent. La harpe est une prouesse technique tant au niveau de l'ébénisterie, que de la mécanique. Compte tenu de l'état général de la structure, mais aussi de la rareté de l'instrument, une mise en état de jeu a été écartée. Nous nous sommes limités à la stabilisation des matériaux altérés et à une amélioration de son état de présentation.

Le démontage de l'œuvre n'a pu être envisagé qu'après de nombreuses observations et recherches techniques et historiques qui nous ont apporté une compréhension de la structure générale. Nous avons ensuite opéré un nettoyage en tenant systématiquement compte de la nature des surfaces. Chaque élément présentait des états de conservation différents, et le concours des autres spécialités de l'Inp³ a été indispensable pour faire les choix adaptés. Les différents matériaux ont été traités de manière indépendante sans pour autant perdre de vue l'unité esthétique générale. La structure bois était elle aussi très altérée. De nombreuses fractures et éclats ont été constatés. Une cassure importante, probable conséquence d'une chute de l'instrument vers l'arrière a brisé la caisse de résonance dans sa partie haute. Ceci a entraîné un décollement partiel de la table d'harmonie, rendant l'équilibre de la harpe précaire. Le travail de collage, effectué en plusieurs étapes a permis de restituer la ligne générale, la cohérence et la stabilité de l'objet. L'autre aspect structurel préoccupant résidait dans la présence de nombreuses fentes sur la table d'harmonie qui affaiblissaient considérablement la solidité de l'ensemble. Une consolidation s'est donc logiquement imposée d'autant plus que la harpe devait être ré-encordée sous faible tension pour des raisons esthétiques.

³ Nous avons collaboré avec les ateliers d'Arts du feu (métal et verre), de Peinture, et d'Arts graphiques.

III Le problème des fentes de la table d'harmonie

Les tables d'instrument de musique à cordes, sont confectionnées dans des bois peu résistants réduits à de très faibles épaisseurs, l'apparition de fentes est donc récurrente. C'est la contrepartie d'un rendement sonore optimum. La traction exercée par les cordes sur cet élément est considérable. Nous l'évaluons à 262 Kg [3] pour une harpe accordée avec un diapason⁴ ancien. De plus, l'ignorance concernant ces diapasons au XIX^e siècle a causé de nombreux dommages. Les cordes modernes montées sur les vieux instruments avaient en effet des tirants beaucoup trop forts, ce qui mettait à mal des structures bien souvent trop fragiles. L'autre facteur est environnemental. Le bois réagit aux variations d'humidité. S'il est contraint, il a tendance à se fendre dans le sens des fibres. Ainsi les violons, les guitares, les harpes, mais aussi les clavecins voient quasi systématiquement leur table se fendre avec le temps. Une opération de consolidation s'avérait nécessaire. Or la table d'harmonie est l'élément le plus sensible, le plus important pour un instrument de musique. Elle conditionne la qualité du son, sa richesse acoustique. Dans la restauration d'instruments, le traitement des fentes fait généralement appel aux techniques traditionnelles héritées de la lutherie:

- pose de taquets (petits éléments de bois) au revers de la table, dans la même essence que la table, collés dans le sens transverse ou longitudinal des fibres du bois ;
- collage d'une bande de toile ou de parchemin le long de la fente au revers de la table ;
- insertion d'un flipot (lamelle de bois) venant combler la fente ;
- collage de la fente, si les deux extrémités sont encore jointives.

IV But et principe de notre étude

Le but de notre étude a été d'évaluer de manière rationnelle quelle technique de restauration permettait au mieux de restituer le comportement acoustique d'une table intacte. Pour ce faire, il faut au préalable simplifier le modèle à l'extrême dans sa géométrie. Nous ne tiendrons compte que des facteurs



Figure 2 : Fentes sur la table d'harmonie

⁴ Le diapason est une note de référence pour l'accordage. Aujourd'hui le diapason est normalisé. Ainsi le LA de référence est à une fréquence de 440 Hz. Plus il est élevé plus la tension des cordes est importante. La référence citée sur la tension des cordes estime ce diapason ancien à 392 Hz.

liés au matériau expérimenté, et aux moyens mis en œuvre pour le restaurer.

Lorsqu'un objet quelconque reçoit de l'énergie mécanique, par exemple sous la forme d'un impact, il va vibrer et réémettre de l'énergie en se déformant. Cet impact apporte tout le spectre de fréquences. En réponse, l'objet va entrer en résonance à des fréquences déterminées. A ces fréquences de résonance correspond un déplacement de l'objet selon des géométries spécifiques.

Ernst Chladni⁵ est le premier à avoir mis en évidence ce phénomène. Il a saupoudré de sable des plaques de cuivre, et les a mises en vibration à des fréquences précises. Lorsque la fréquence d'excitation correspond à une fréquence propre de résonance de la plaque, le sable suit sa déformation et dessine une figure géométrique. Les fréquences caractérisées par des figures spécifiques sont appelées mode de vibration. Ces motifs ont été popularisés par Camille Flammarion en 1880. Il les commentera en écrivant : « Ces sons, nous pouvons non seulement les entendre, mais les voir » [4]. Les zones où le sable se dépose sont appelées « nœuds », ou « zones nodales » ; en ces endroits la plaque ne vibre pas. Les zones dessablées correspondent aux « ventres » ; ce sont les zones où la plaque vibre avec le maximum d'amplitude.

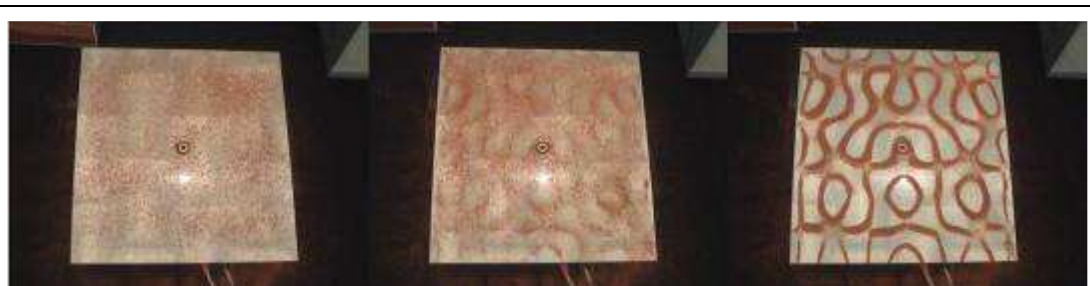
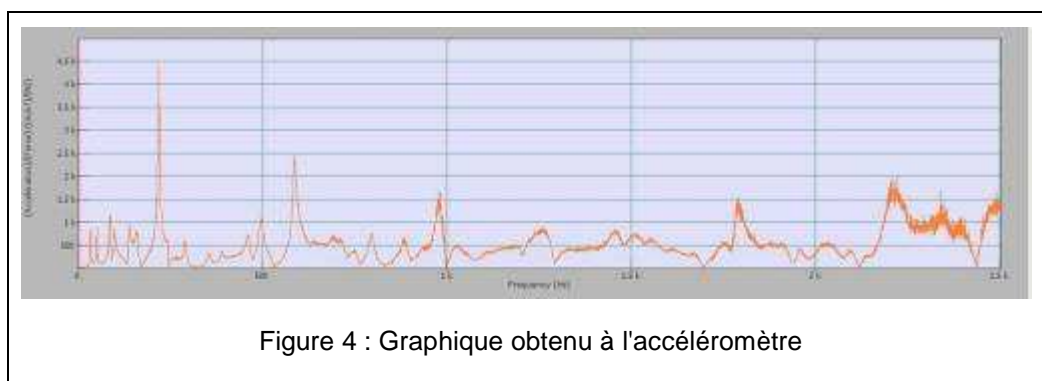


Figure 3 : Mise en évidence d'un mode de résonance

Une étude acoustique revient donc à effectuer une étude mécanique. Par ailleurs la théorie [5] nous montre que les propriétés acoustiques d'un objet, à savoir la manière dont il vibre, dépend de variables liées à ses propriétés mécaniques : ses modules d'élasticité (Young, Poisson), sa masse volumique, et ses dimensions. La table d'harmonie conditionne la qualité du son, suivant que ses modes propres correspondent à ceux des cordes, et assurent une forme de continuité vibratoire.

⁵ Ernst Chladni (1756-1827) est considéré comme le fondateur de l'acoustique moderne avec la parution de son *Traité d'acoustique* en 1802. Il est connu pour ses travaux sur le comportement de plaques mises en vibration.

On peut actuellement s'affranchir de l'expérience visuelle grâce à des techniques de mesure plus perfectionnées. L'utilisation d'un capteur de déplacement appelé accéléromètre nous fournit en une seule mesure les modes de vibration sous forme de pics de fréquence (Figure 4). Un marteau d'impact actionné manuellement apporte tout le spectre de fréquence en une seule fois. La vibration de l'objet est plus importante lorsque la fréquence correspond à un mode de résonance. Ces variations de mouvement sont recueillies grâce au capteur relié à un logiciel de traitement informatique. Le résultat peut se lire sur un graphique qui met en valeur une quantité de déplacement en fonction de la fréquence. Un mode de résonance est donc caractérisé par un pic. Ainsi le graphique obtenu est en quelque sorte « l'empreinte digitale acoustique » de l'objet analysé.



V Mise en œuvre

Le calcul permet de modéliser et de prévoir les modes de résonance d'un objet dont les caractéristiques physiques sont connues. Il existe une équation mathématique permettant de décrire le comportement d'une plaque orthotrope en mode libre [5]. Le bois est un matériau orthotrope c'est-à-dire qu'il ne présente pas les mêmes caractéristiques physiques suivant les directions. La plaque est dite « en mode libre » lorsqu'elle n'est ni maintenue, ni posée. Elle est alors simplement suspendue dans le vide.

Au sens physique, une plaque est un parallélépipède rectangle caractérisé par trois dimensions. La longueur et la largeur doivent être significativement plus élevées que l'épaisseur. Le rapport minimum convenu est : *Dimension la plus grande / Epaisseur* ≥ 10 .

La formule, qui découle des équations standards de mécanique est à même de donner des résultats théoriques qu'il convient de confronter à l'expérience.

Nous avons donc modélisé la table d'harmonie en plaquettes carrées d'épicéa de faible épaisseur⁶. Afin de pouvoir les faire vibrer en mode libre, chaque plaque a été percée dans un coin à l'aide d'une aiguille, de manière à laisser passer un fil pour les suspendre. De manière à éviter les vibrations parasites liées à une inertie trop importante après impact, une petite pièce de mousse a été insérée au point de fixation (Figure 5).

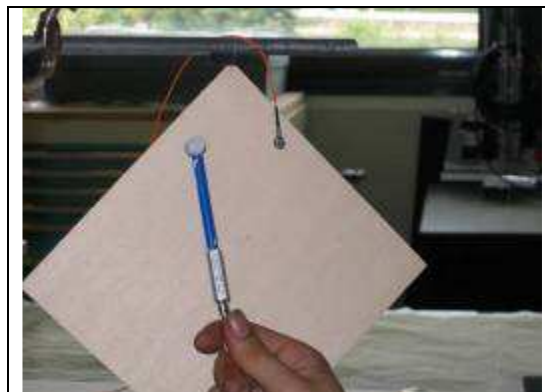


Figure 5 : Mode opératoire

Chaque plaquette a été soumise à l'accéléromètre dans son état initial. Celui-ci a été réglé pour recueillir un spectre allant de 0 à 2500Hz, ce qui recouvre les fréquences généralement employées en musique⁷. Nous avons donc obtenu un graphe pour chaque plaque. Les neuf premiers modes ont été relevés et confrontés à la théorie. Les résultats étant concordants⁸ nous avons déduit que notre système de mesure était fiable.

Les plaques ont ensuite été fendues partiellement, de la manière la plus reproductible possible, et remesurées. Nous avons relevé que les cassures modifiaient le spectre de fréquence. Les pics se décalent, s'élargissent, voire disparaissent. Il est donc possible de quantifier les différences de comportement acoustique suivant les différents états d'un même objet. Nous avons ensuite entamé leur restauration suivant les techniques décrites précédemment⁹. Tous les collages ont été réalisés avec de la colle d'os à 20 % en masse.

⁶ Dimensions : 200x200x1,5 mm.

⁷ Pour référence la fréquence de la tonalité du téléphone est de 440 hertz.

⁸ Ecarts de résultat allant de 0,5 à 17% entre les modes mesurés et calculés.

⁹ Nous avons utilisé un échantillon de 8 plaques par type de restauration, et réalisé des moyennes des résultats obtenus.

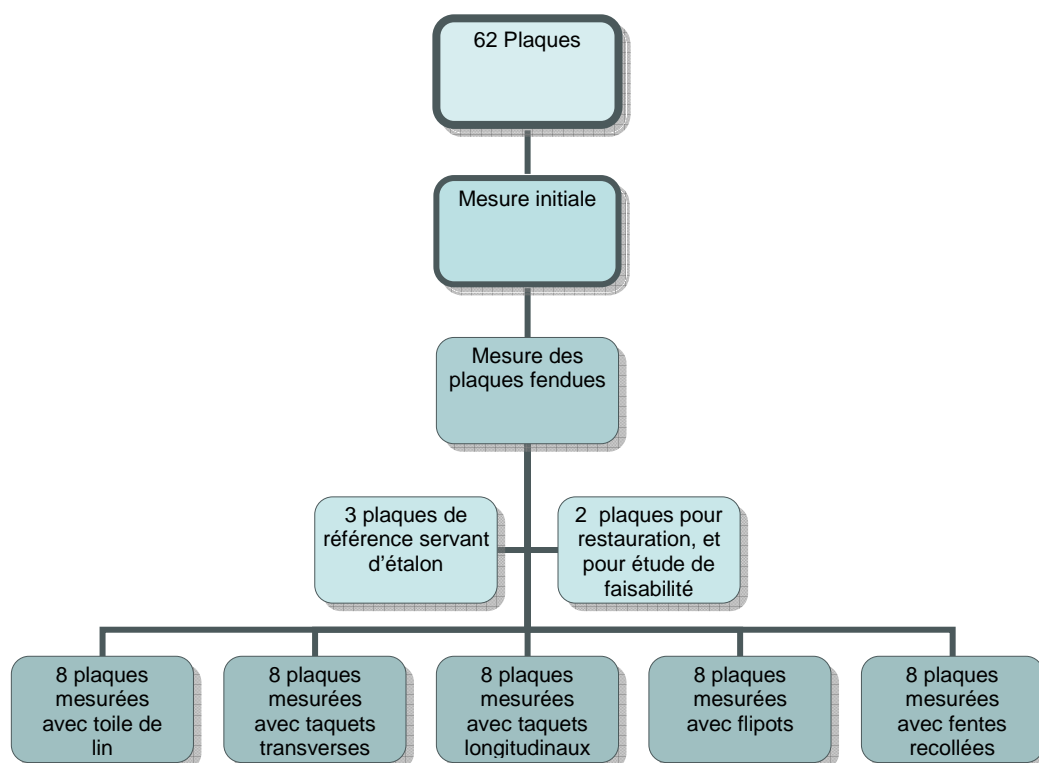


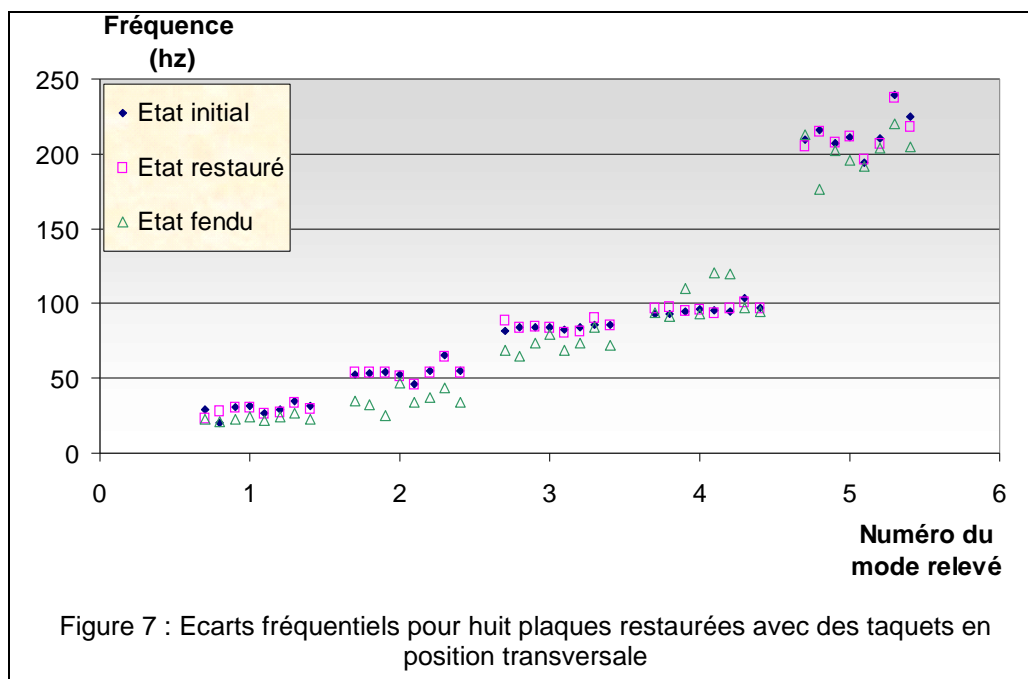
Figure 6 : Résumé du protocole expérimental

VI Exploitation des Résultats

L'exploitation des graphes obtenus s'est faite selon deux approches.

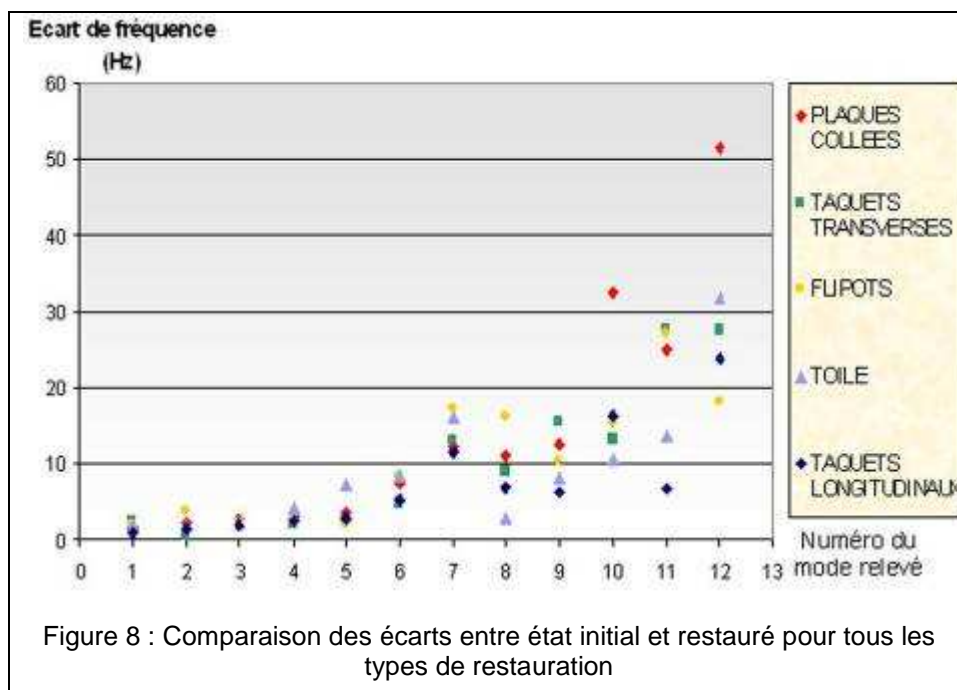
VI.1 L'écart fréquentiel

Nous avons sélectionné douze modes de résonance caractéristiques, et confirmés par la théorie. Ces modes, suivant l'état de la plaque, se déplaçaient dans le spectre de fréquence. Nous avons mesuré et comparé ces déplacements. Les résultats ont été probants. Il s'est d'abord avéré que tous les types de restauration permettent de se rapprocher du comportement acoustique initial. La courbe ci-après nous montre les variations de fréquence sur six modes pour la restauration avec des taquets transverses (Figure 7).



Nous voyons clairement que les plaques cassées « s'éloignent » des données d'origine et que la restauration les fait s'en « rapprocher » à nouveau.

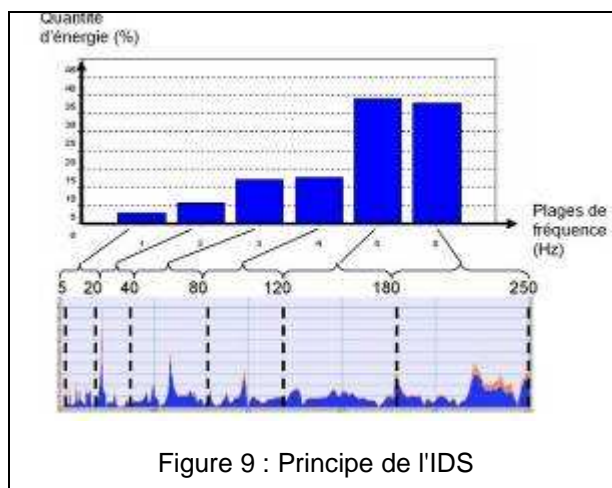
Cette première approche a cependant ses limites. En effet, on ne peut pas dégager un type de restauration par rapport aux autres. La figure 11 nous montre les écarts de fréquence entre état initial et restauré des douze modes mesurés pour toutes les techniques. Les plaques ayant des taquets longitudinaux se rapprochent le mieux de l'état d'origine. Les points se détachent nettement excepté pour le mode 10.



Une interprétation basée uniquement sur le déplacement des modes de fréquence en fonction de l'état de la plaque n'est cependant pas suffisante.

VI.2 L'IDS (*intégration de densité spectrale*)

La deuxième approche n'est donc plus fréquentielle mais énergétique. Le calcul de l'aire des graphiques nous donne directement la quantité d'énergie produite par la plaque en fonction de la fréquence. Nous avons tenté de voir si nos restaurations permettaient aussi de revenir à la répartition d'énergie initiale le long du spectre fréquentiel.



Un logiciel nous a permis de calculer l'aire de la courbe par tranches de fréquence. Elles ont été fixées selon la bande de sensibilité de l'oreille humaine [6]. Les résultats se présentent sous forme d'histogramme. Chaque bâton représente la quantité d'énergie produite par la plaque pour une fourchette de fréquence déterminée.

Nous avons réalisé un IDS sur les graphes des plaques, non cassées et restaurées, puis nous avons comparé visuellement les histogrammes.

Ceux des plaques restaurées avec les taquets longitudinaux nous ont donné les meilleurs résultats.

Nous avons synthétisé les résultats des deux approches dans le tableau suivant :

	Fentes collées	Taquets transversaux	Flipots	Toile	Taquets longitudinaux
Analyse modale	∅	+	+	+++	++++
IDS	++	+	+++	+	+++

En définitive, notre étude a permis de démontrer que la meilleure consolidation des fentes de la table de la harpe Cousineau, au sens acoustique, était la pose de taquets en position longitudinale au revers.

VII Conclusion

L'étude menée nous a apporté des éclairages sur l'impact de techniques traditionnelles de restauration du point de vue de l'acoustique d'un instrument. Elle a permis d'ouvrir un angle d'approche complémentaire pour la restauration d'un instrument de musique : la sonorité potentielle. Dans la mesure où cela est possible, cette valeur doit être un complément aux considérations esthétiques et historiques qui conditionnent également les interventions de conservation et de restauration. La harpe est désormais visible au sein des collections permanentes du Musée de la musique.



Figure 10 : Harpe Cousineau (inv. 2593) après restauration

Bibliographie

- [1] Gétreau, Florence, « Restaurer l'instrument de musique ; L'objet sonore et le document sont-ils conciliables ? », *Histoire de la restauration en Europe*, Tome II, Bâle, 1991.
- [2] Dugot, Joël, « Sonorités inouïes : La nouvelle harpe de messieurs Krumpholtz et Naderman » in *Musique, Images, Instruments*, n°7, 2006, p. 87- 109.
- [3] RACKET, Markus, MARTIUS, Klaus, *Sonderdruck aus Arbeitblätter für Restauration Heft 1999/2*, Nuremberg, 1999, p.184.
- [4] Flammarion, Camille, *Astronomie populaire*, Paris, 1880.
- [5] Caldersmith, Georg, « Vibration theory and wood properties », *Journal of the Catgut Acoustical Society* , n°42, 1984.
- [6] Leipp, Emile, « L'IDS et ses applications », *Groupe d'acoustique musicale*, n°94, décembre 1977.

Crédits photographiques

Figures 1, 2, 10 : Ghyslain Vanneste © INP
Figure 3 : Blaise Diringer © Cité de la Musique
Figure 5 : Blaise Diringer © INP

Biographie

Restaurateur en objet mobilier, diplômé de l'Institut national du Patrimoine en 2007, Blaise Diringer a commencé sa formation par un cursus scientifique en université. Le travail du bois l'intéresse alors, et il s'initie à l'ébénisterie durant deux ans, notamment à l'école Boulle. Employé durant ce temps chez un restaurateur de meubles d'art, cette approche spécifique l'attire tout particulièrement. À l'Institut national du Patrimoine, il s'intéresse aux problèmes liés à la conservation restauration d'instruments de musique. Après des stages au Musée de la musique, mais aussi en Allemagne à Leipzig et Nuremberg, il a axé le sujet de son mémoire de fin d'études sur l'impact de certains types de restauration sur la sonorité rendue par une table d'harmonie.