



HAL
open science

Maintenance et conservation-restauration sur des objets patrimoniaux avec une fonction d'usage: le cas particulier des instruments de musique

Marie-Anne Loeper-Attia

► To cite this version:

Marie-Anne Loeper-Attia. Maintenance et conservation-restauration sur des objets patrimoniaux avec une fonction d'usage: le cas particulier des instruments de musique. Conservation restauration des biens culturels , 2023, 40. hal-04448577

HAL Id: hal-04448577

<https://hal.science/hal-04448577>

Submitted on 19 Feb 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MAINTENANCE ET CONSERVATION- RESTAURATION SUR DES OBJETS PATRIMONIAUX AVEC UNE FONCTION D'USAGE : LE CAS PARTICULIER DES INSTRUMENTS DE MUSIQUE

Marie-Anne Loeper-Attia

Résumé

La problématique du maintien en état de jeu est une question récurrente à laquelle sont confrontés tous les musées qui hébergent une collection d'instruments de musique. La plupart ont ainsi des instruments en état de jeu : ce choix est toujours âprement discuté et concerne le conservateur, le scientifique, le conservateur-restaurateur/facteur d'instruments et occasionnellement le musicien. Au travers d'exemples, plusieurs outils non destructifs sont proposés. Ils sont une aide à la décision sur la jouabilité; ils permettent une meilleure traçabilité de l'instrument, une quantification de son état et un suivi de sa dégradation.

Abstract The problem of maintaining playability is a recurring issue faced by all museums that host a collection of musical instruments. Most of them have indeed instruments in playable state: this choice is always bitterly discussed and relates to the curator, the scientist, the conservator-restorer/instrument maker and occasionally the musician. Several non-destructive tools are suggested by way of examples. They help decision-making on playability; they allow better instrument traceability, condition state quantification, and degradation monitoring.

Resumen El problema de mantener el juego es una pregunta recurrente que enfrentan todos los museos que albergan una colección de instrumentos musicales. La mayoría tiene instrumentos en un estado de juego. Esta elección siempre se discute ferozmente entre el curador, el científico, el conservador-restaurador/fabricante de instrumentos y ocasionalmente el músico. A través de ejemplos, se ofrecen varias herramientas no destructivas que ayudan a tomar decisiones sobre la jugabilidad, permiten una mejor trazabilidad del instrumento, la cuantificación de su estado y el monitoreo de su degradación.

Introduction

La problématique du maintien en état de jeu est une question récurrente à laquelle sont confrontés tous les musées qui hébergent une collection d'instruments de musique. La plupart ont ainsi des instruments en état de jeu : ce choix est toujours âprement discuté et concerne le conservateur, le scientifique, le conservateur-restaurateur/facteur d'instrument et occasionnellement le musicien. Ce quatuor tente ainsi de définir des modalités de jeu, en s'aidant de questionnaires préétablis comme ceux proposées par R. Barclay (Barclay, 2005) ou, plus récemment, Véra de Bruyn-Ouboter (Bruyn-Ouboter, 2018) qui aident à la prise de décision d'une telle intervention. Néanmoins, ces premiers questionnaires ne suffisent pas car, dans le cas où l'instrument est remis en état de jeu, un protocole strict de suivi de l'état de conservation et de maintenance doit être proposé. Après avoir développé la spécificité du patrimoine instrumental, nous ne considérerons que les instruments en état de jeu. Nous évoquerons les contraintes liées au jeu puis aborderons ce qu'est une maintenance, quelles en sont les catégories et leurs parallèles dans le contexte muséal. Seront ensuite proposés des protocoles de suivi de jeu en cours d'élaboration au musée et les axes de perfectionnement de ces procédures.

Spécificité du patrimoine musical

Une production sonore est fonction de quatre critères : l'instrument, le musicien, le lieu et l'auditoire. Elle est sans cesse confrontée à la notion d'authenticité de ce qui est produit, chacun de ces critères pouvant modifier de façon sensible le résultat obtenu. Elle est liée autant au domaine du subjectif, à savoir l'esthétisme, le ressenti du spectateur – la psychoacoustique – et l'interaction du musicien avec l'instrument, qu'au domaine des sciences des matériaux et de l'acoustique. Si l'on se place du côté de la production sonore on peut aisément la considérer comme patrimoine immatériel, alors que l'instrument de musique appartient au patrimoine matériel (Broclain *et al.*, 2019). Cette multiplicité de critères montre bien comment l'approche du patrimoine musical en milieu muséal peut être complexe.

L'instrument de musique a deux corps, son corps physique et son corps musical, chacun possédant une histoire et une temporalité propre : « Avant d'être un moyen, un instrument de musique est une idée sonore, une approche sonore particulière du monde » (Sève, 2013). Dans ses ouvrages sur la philosophie et la musique, Bernard Sève explique que la musique, sans cesse renouvelée, est le seul art dont les instruments sont utilisés tout au long de la réalisation de l'œuvre, de sa genèse à sa diffusion au grand public. Une fois le tableau achevé, le peintre n'a plus besoin de son pinceau, mais la partition terminée, le musicien a plus que besoin des instruments. En jouant l'œuvre, l'instrument passe de son corps physique à son corps musical. On comprend donc bien que la conservation de l'intégrité physique et acoustique de l'instrument soit primordiale pour une perception musicale authentique. Comme les instruments transmettent à la fois des sons et un sens, ils délivrent une foule d'informations non seulement sur le plan musical, mais encore dans tous les autres domaines qui constituent le contexte socioculturel. Les valeurs culturelles associées à un instrument de musique sont donc nombreuses, comme la valeur de recherche, artistique, sociale, d'ancienneté, historique, religieuse et d'usage. L'instrument est le reflet de son époque tout en étant vecteur de courants artistiques ou techniques. Il peut s'intégrer à une fête, rappeler un moment historiquement daté ou une excellence technique.

L'usage d'un objet de musée crée toujours un risque d'abus; or, le retour en force de la musique ancienne dès 1960, réclamant des interprétations authentiques sur des instruments d'époque, a forcé les musées à se pencher plus avant sur ces demandes, d'autant plus qu'elles ne cessent d'augmenter. L'instrument de musique appartient à un corpus d'objets qui a subi de nombreuses réparations pendant ses phases d'utilisation, le plus souvent dans un seul objectif : améliorer le timbre et la qualité sonore de l'instrument. On peut donc s'interroger :

- quelle est l'authenticité de l'instrument?;
- vaut-il mieux jouer sur un instrument ancien ou sur une copie d'ancien?;
- contraindre un instrument silencieux depuis longtemps à produire des sons ne risque-t-il pas de lui être fatal? (Collectif, 1996).

La Cité de la musique – Philharmonie de Paris a plusieurs instruments patrimoniaux maintenus en état de jeu. Le tableau ci-dessous reprend les pourcentages d'instruments joués pour le corpus des cordes frottées et pincées (**fig. 1**).

Famille d'instruments	Nombre d'instruments en état de jeu	% approximatif d'après l'ensemble de la collection pour cette famille d'instruments
Piano, clavecin, régale, clavicorde, orgue...	21	7
Violon, violoncelle, guitare, luth, archiluth, koto, harpe, mandoline, vièle, ud...	38	4

Figure 1 Instruments joués dans les corpus des cordes frottées et pincées.

On constate une nette majorité de cordes frappées, comme les cordes pincées et pianos. Quelques cordes frottées, comme le violon Stradivarius Davidoff, ont été joués, mais ces exemples relèvent encore plus de l'exception. Une étude plus fine du corpus des cordes frottées a été faite en 2004 par le laboratoire de Conservation-recherche de la Cité de la musique (**fig. 2**). On peut, entre autres, voir que le critère de rareté conduit à des décisions contradictoires :

- maintien en état de jeu intéressant car instrument très rare;

ou

- instrument très rare pour lequel le jeu constitue un risque supplémentaire et instrument déclaré non jouable.

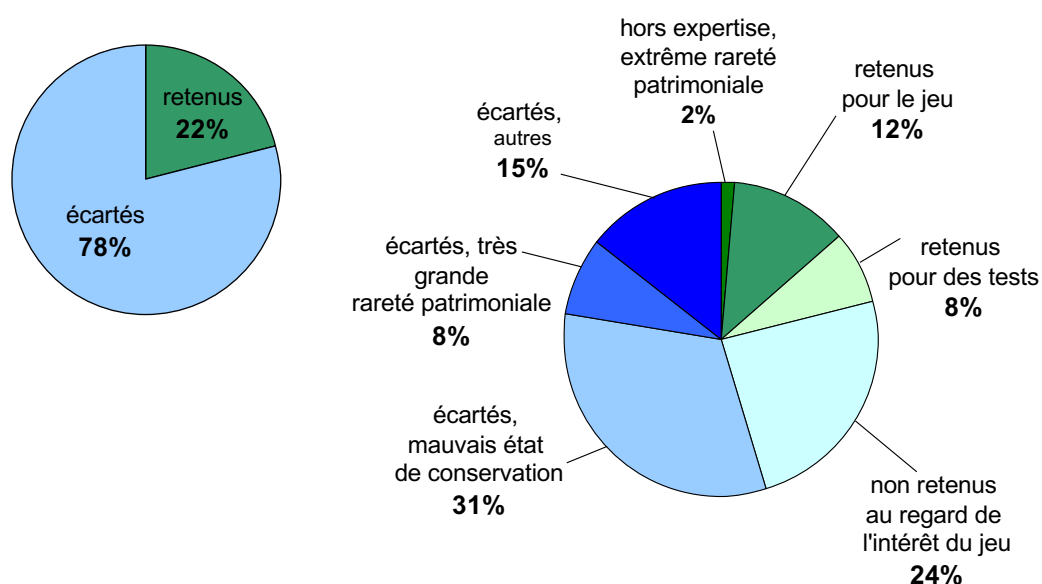


Figure 2 Bilan de l'expertise portant sur l'examen portant sur 199 violons, altos et violoncelles de la Cité de la musique-Philharmonie de Paris (2004).

Au musée, le pourcentage d'instruments de la collection joués, tous corpus confondus, n'exède pas 5 % : pourquoi un taux aussi faible? Tout instrument de musique, par son aspect composite et son haut degré de technicité peut être considéré comme une structure complexe en équilibre. Les risques d'endommagement de l'instrument quand il est joué sont variés et liés à son corpus. Pour celui des instruments à cordes (frappées, pincées ou frottées), l'aspect mécanique est dominant à cause des fortes contraintes mécaniques et de phénomènes vibratoires induits par la tension des cordes (**fig. 3**).

Type d'instrument	Poids de l'instrument	Tension moyenne des cordes
Piano	200-450 kg	1-2 tonnes
Clavecin	50 kg	600 kg
Violon	360 gr	40 kg

Figure 3 Contraintes subies par l'instrument en état de jeu.

Pour les instruments à vent en bois (ou autre matériau de nature organique), le rapide et fort gradient d'humidité à l'intérieur du corps de l'instrument lors du jeu favorise des reprises de corrosion des parties métalliques et des craquements ou fissurations du bois. Les cuivres, si leur état structurel le permet, sont plus souvent joués avec des protocoles de maintenance associés qui seront détaillés plus tard.

En effet, tout objet, qu'il soit patrimonial ou non, doit, lorsque qu'il est en état de fonctionnement, être soumis à une série de protocoles de surveillance, tests pour vérifier son bon état structurel et fonctionnel. C'est la définition même de la maintenance. La conservation en l'état de l'instrument ne suffit pas et doit être couplée à d'autres procédures de suivi. Mais

quelle maintenance peut être faite dans une institution muséale? En quoi la maintenance effectuée dans le milieu industriel peut-elle participer à un meilleur suivi de ces instruments?

La maintenance dans le monde de l'industrie

Au sens de la norme (séries NFX 60-000 puis NFX 60-010 de l'AFNOR), la maintenance est l'ensemble des activités destinées à maintenir ou à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement pour accomplir une fonction requise. Ces actions s'inscrivent dans plusieurs niveaux de maintenance qui forment donc une typologie (Frihi, 2015) :

- la maintenance corrective sert à la remise en fonctionnement de la machine;
- la maintenance préventive sert à garantir le fonctionnement de la machine pendant une période déterminée;
- la maintenance prédictive sert à détecter les anomalies à temps et programmer leur correction.

Le tableau ci-dessous reprend les actions à réaliser et les motifs associés (fig. 4).

Maintenance	Corrective	Préventive	Prédictive
Motif de l'action	Panne	Révision programmée	Inspection programmée
État de l'objet	Arrêté	Arrêté	En fonctionnement
Tâche à réaliser	Changement ou réparation de pièces	Révision ou changement de pièces	Surveillance de paramètres

Figure 4 Différents types de maintenance.

Les pratiques de maintenance préventive et prédictive améliorent la fiabilité des objets et réduisent la maintenance corrective qui est coûteuse, souvent interventionniste – au détriment des parties originales de l'objet. La maintenance corrective peut être immédiate ou différée, temporaire ou définitive. La périodicité de la maintenance préventive est variable. Elle dépend de l'état de l'objet mais aussi du type d'usage, s'il diffère d'une fois sur l'autre. Elle peut être réalisée par l'utilisateur ou un autre acteur. La périodicité d'une telle maintenance est fonction de plusieurs critères :

- la criticité (mineure, majeure, critique) est fonction du niveau de contrainte (bas, normal ou sévère) subi par l'objet lors de l'usage. Chaque niveau est aggravé par l'existence ou non de pièces de rechange ou de solutions alternatives permettant le jeu;
- les conditions environnementales (favorables, normales ou sévères).

Quelle maintenance pour un instrument de musique patrimonial?

Ces pratiques, si elles existent dans l'industrie depuis longtemps, ne sont pas ou peu prises en compte dans le domaine patrimonial. En effet, comme cela a été évoqué plus haut, la remise en état de fonctionnement ou de jeu d'un instrument pose de nombreux problèmes et, par précaution, le choix était presque systématiquement la non remise en état de jeu de l'instrument. Néanmoins, plusieurs pratiques, fiches de suivi et analyses existent et couvrent une partie de ces problématiques. L'objectif de ces techniques a été de développer

une méthodologie et des outils permettant de connaître finement le comportement mécanique d'un instrument. Ces outils peuvent être utilisés de manière raisonnée pour accompagner le suivi des instruments en état de jeu.

L'apport du numérique permet aujourd'hui de faire des simulations mécaniques de ces objets. Dans l'idéal, pour que les modèles soient le plus précis possible, il faut pouvoir leur donner comme informations la géométrie interprétée ou non (puisque l'objet d'étude est généralement déformé), les matériaux constitutifs, puis les efforts extérieurs qui s'appliquent sur la structure, comme la tension des cordes ou des variations climatiques. Le résultat du modèle apportera des données, plus ou moins précises, selon la précision des informations renseignées sur l'état mécanique statique (contraintes) et dynamique (vibratoire). Afin d'être optimisés puis validés, ces modèles doivent être confrontés à des mesures *in situ*, qui se doivent d'être non destructives.

Pour les instruments conservés en état de jeu au musée, seront présentées principalement les maintenances préventive et prédictive, car la maintenance corrective s'apparente surtout aux interventions de conservation curative et de restauration qui ne sont pas l'objet du présent article. La maintenance corrective ne sera abordée que pour proposer des techniques d'analyse permettant d'affiner les protocoles d'intervention. Pour chacune de ces techniques, une synthèse du fonctionnement sera abordée, associée à des références bibliographiques plus complètes.

Techniques s'associant à la maintenance préventive

Ces techniques ne peuvent être utilisées que quand l'instrument n'est pas en train d'être joué et en permettent une révision programmée.

La radiographie X



Elle consiste à obtenir une image générée par le contraste entre le passage et l'absorption de rayons X projetés sur un objet. Elle permet de visualiser sa structure interne et de mettre en évidence son état de conservation. Les informations obtenues concernent aussi bien la recherche d'éléments liés à la technique de fabrication et l'identification de différentes phases d'élaboration successives que la détection de zones de restauration ou encore de zones de faiblesse (fig. 5).

Figure 5 Radiographie X du violon ayant appartenu au peintre Jean-Auguste-Dominique Ingres (Cité de la musique-Philharmonie de Paris) montrant d'anciennes fissures sur la caisse, aujourd'hui comblées. © Cité de la musique-Philharmonie de Paris.

ATAX[®] Analyse des traces acoustique de xylophages

Le système ATAX[®] a été développé par le laboratoire de Recherche et de restauration du musée de la Musique (Cité de la musique-Philharmonie de Paris), en collaboration avec le laboratoire d'Acoustique de l'université du Mans (LAUM), le laboratoire de Recherche des Monuments historiques (LRMH) et l'université Pierre et Marie Curie (UPMC). Son emploi permet de conclure à la présence ou non d'insectes xylophages et de prévoir ainsi les traitements à réaliser à bon escient. Dans sa configuration actuelle, c'est un matériel dédié aux mesures sur des objets en général et les œuvres du patrimoine en particulier. Il est basé sur l'émission acoustique ultra sonore. Les signaux enregistrés et analysés par le système sont liés aux signaux que provoque la présence des insectes xylophages au sein du xylème. Étant donné son principe fonctionnel, la détection faite est indépendante de la variété animale que l'on cherche, dès lors qu'elle niche au sein du bois ou qu'elle soit en train d'y pénétrer. Il n'y a pas d'identification directe de l'insecte. Le système, facilement transportable, se compose d'une chaîne d'acquisition et d'un système de traitement du signal : un ou plusieurs capteurs piézo-électriques sont placés sur le bois à tester. Ils sont joints au bois de manière temporaire ou définitive par un couplant assurant une continuité de transmission acoustique (fig. 6). Le signal détecté par le capteur est amplifié, numérisé et stocké via un ordinateur portable, puis traité par un logiciel développé à cet effet. Le temps d'acquisition dépend de l'activité à analyser (Le Conte *et al.*, 2015).



Figure 6 Enregistrement sur un clavecin suspecté d'être infesté par des xylophages avec le système ATAX[®]. © Cité de la musique-Philharmonie de Paris.

Seuls les signaux contenant des informations sont stockés, le gain de place ainsi généré permet une mesure en continue sur plusieurs centaines d'heures. Le graphique ci-dessous

présente le résultat d'une acquisition; sa lisibilité permet de conclure instantanément sur la présence d'insectes (**fig. 7**).

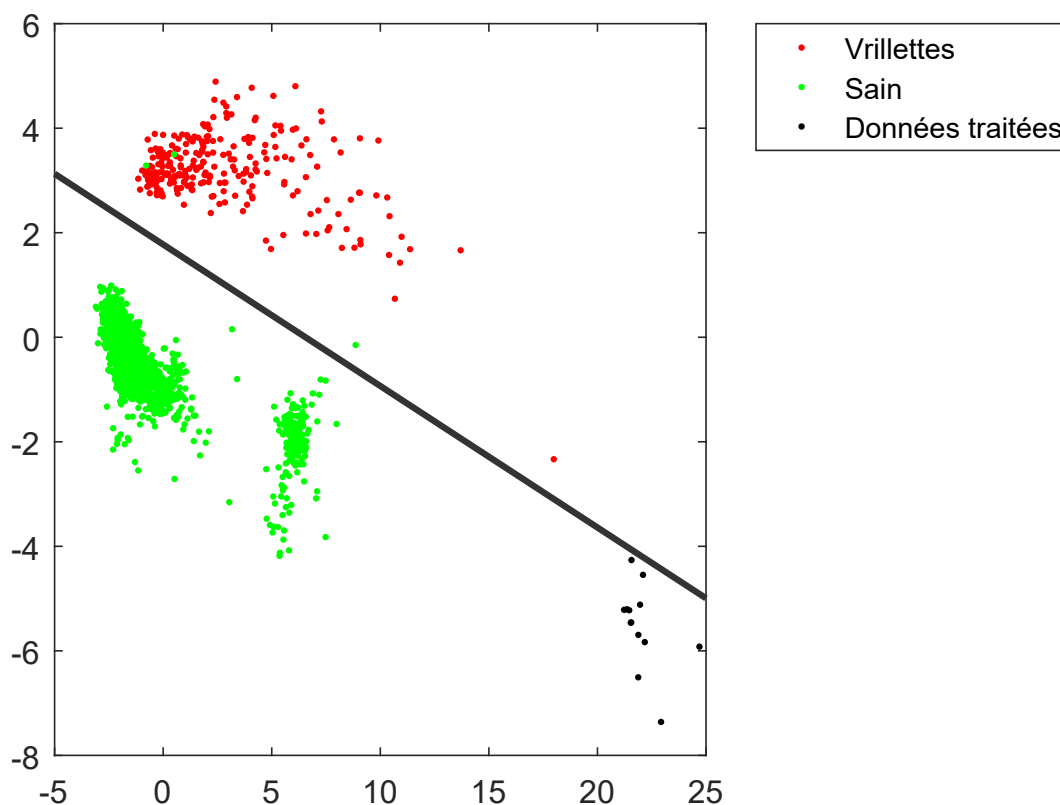


Figure 7 Graphique d'acquisition par le système ATAX ®. © Cité de la musique–Philharmonie de Paris.

Holographie acoustique

Les propriétés acoustiques d'un objet, à savoir la manière dont il vibre, dépendent de variables liées à sa géométrie et au matériau. Ses propriétés mécaniques, à savoir ses modules d'élasticité (Young, Poisson), sa masse volumique et ses dimensions sont donc indispensables pour mieux caractériser la vibration de cette structure. Tant que ces trois paramètres n'évoluent pas avec le temps, la réponse vibratoire de l'objet est constante. En revanche, dès qu'un des paramètres évolue, la réponse vibratoire est différente. La réponse vibratoire apparaît donc comme un indicateur de l'évolution des propriétés intrinsèques de l'objet.

L'holographie acoustique est une technique qui permet de mesurer le comportement des surfaces. (Le Conte, Le Moyne, 2008). Son fonctionnement est le suivant : une antenne de microphones acoustiques enregistre le champ de pression généré par la vibration de la structure après excitation de la surface de l'instrument. On obtient alors une caractérisation du comportement de la table de l'instrument (ici un violon) en fonction des fréquences. Les zones de vibrations (déplacements) les plus importantes sont alors visualisées sur des schémas grâce à une charte colorée associée (**fig. 8 et 9**). Cette caractérisation, si elle est faite à intervalles de temps réguliers, ou avant et après un concert, permet ainsi d'estimer et d'anticiper le vieillissement de l'instrument maintenu en état de jeu.



Figure 8 Holographie acoustique du violon Davidoff E.111 (Cité de la musique – Philharmonie de Paris) lors d’une étude préalable au jeu.
© Cité de la musique – Philharmonie de Paris.



Figure 9 Excitation de la surface d’une guitare avec un marteau d’impact électromagnétique pour l’acquisition du signal. © Cité de la musique – Philharmonie de Paris.

Système de monitoring de la masse d’un instrument, de la température et de l’humidité (SMMITH)

Ce protocole permet de mesurer finement la variation de masse de l’objet en fonction des variations hygrométriques. En effet, l’humidité joue sur les dimensions de l’instrument, via des phénomènes de dilatation et contraction, mais aussi sur les propriétés physico-chimiques

de ses matériaux constitutifs. Par exemple, l'hygrométrie impacte la viscoélasticité du bois. Ce système, encore à l'état de prototype, a été utilisé avec succès pour le suivi d'un instrument de la collection particulièrement fragile, la guitare voboam E.28, sur laquelle la moindre variation hygrométrique entraînait une modification volumétrique de la caisse au niveau des éclisses et, donc, un décollement des anciens montages (**fig. 10**).



Figure 10 Guitare voboam E.28 (Cité de la musique-Philharmonie de Paris), carapace de tortue, bois, écaille de tortue, céramique. © Cité de la musique-Philharmonie de Paris.

Les capteurs choisis ont permis de mesurer des écarts de masse entre 0,02 g et 0,05 g, des variations hygrométriques comprises entre 1,5 et 3 % d'HR et des variations de température entre 0,1 et 0,5 °C. Associé à la vitrine d'exposition de la guitare, il permettrait de vérifier la bonne stabilité du climat associée aux variations dimensionnelles de la guitare (Gauthier, 2016).

Scanner 3D et photogrammétrie

La photogrammétrie est une technique de mesure qui consiste à déterminer la forme, les dimensions et la situation d'un objet dans l'espace à partir de plusieurs prises de vues photographiques de cet objet. Ces mesures peuvent permettre de suivre les déformations et changement structurels d'un instrument, soit lors du jeu, soit à la suite d'évènements climatiques. Ces mesures, via un scanner 3D, avaient été utilisées avec succès lors de l'étude de la guitare voboam E.28 pour connaître la structure interne de l'instrument et aider au choix de la technique d'intervention pour stabiliser les éclisses. Une des vues est présentée ci-dessous (**fig. 11**). On y voit distinctement les zones de renfort en toile enduite entre l'éclisse et la carapace de tortue, zones où se situaient les décollements et, donc, les variations géométriques de la caisse lors des changements hygrométriques.

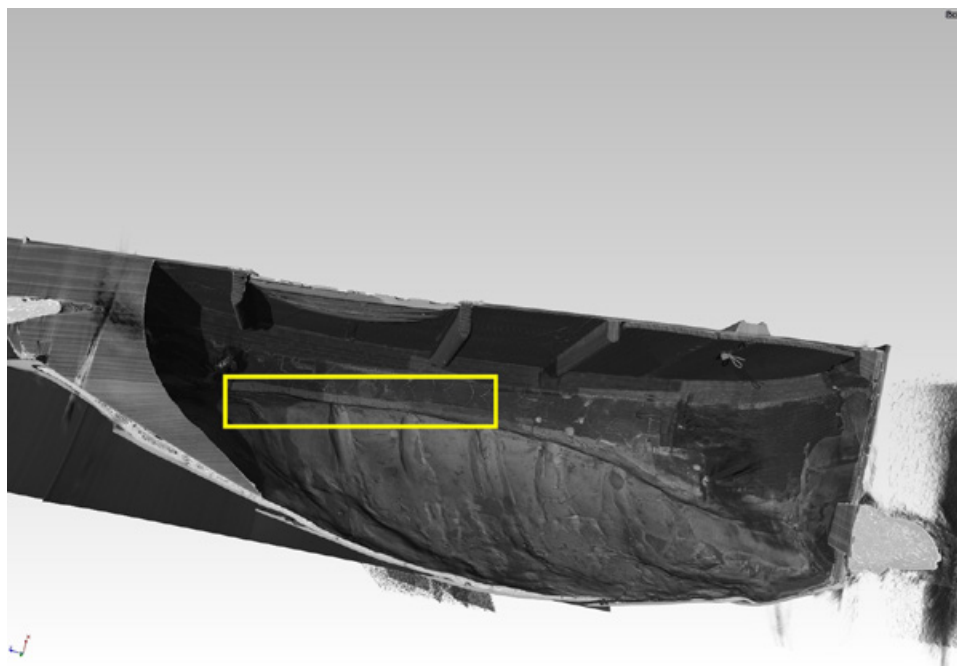


Figure 11 Scanner 3D de la guitare voboam E.28.
© Cité de la musique – Philharmonie de Paris.

Techniques s’associant à la maintenance prédictive

Ces techniques ne peuvent être utilisées que quand l’instrument est joué ou que le jeu est simulé; l’inspection peut être programmée en fonction des concerts ou répétitions programmés.

Suivi du jeu par caméra ultra rapide

La caméra ultra rapide, également appelée caméra haute vitesse, permet d’enregistrer des phénomènes extrêmement brefs et/ou extrêmement rapides. La caméra haute vitesse est utilisée partout où un comportement doit être analysé ne pouvant pas être détecté par l’œil ou caméras classiques. Cet outil a été utilisé avec succès pour caractériser le mouvement de la mécanique originale d’un piano du musée. La caméra fixe enregistre les mouvements dans le plan, puis le traitement de l’image permet de mesurer la flexion du marteau. Lors du jeu, le cuir recouvrant le marteau est écrasé lors du choc sur la corde. L’écrasement du cuir permet d’évaluer l’élasticité du cuir et donc d’estimer son renouvellement pour une prochaine phase de jeu (Le Conte, 2011).

Suivi du climat lors du jeu

Le suivi climatique lors du jeu, des répétitions et des transports de l’instrument, de la réserve à la salle de répétition et de concert, sont utiles à enregistrer et peuvent se corrélérer avec différents aléas observés. La pose de sonde se fait dans une zone qui ne gênera pas le musicien, soit sur l’objet, soit à proximité directe si l’instrument ne le permet pas, comme cela peut être le cas avec des flûtes. Ces variations climatiques sont ensuite comparées au suivi climatique général des espaces.

Enregistrement sonore

L'enregistrement est utile pour garder une trace acoustique de l'instrument et permettre de pouvoir comparer différents réglages appliqués à l'instrument. En revanche, il faut s'assurer de la bonne reproductibilité de la prise de son.

Mesure d'impédance d'entrée d'instrument à vent

Dans certains registres, la jouabilité des instruments à vent dépend des caractéristiques des résonances de la colonne d'air (Boutin *et al.*, 2015). Dans le cas des instruments en bois, ces données sont liées à l'état de surface de la perce sur lequel le facteur et le musicien peuvent agir par le choix de l'essence, de la direction du fil de coupe et l'huilage du bois. La mesure de l'impédance de l'instrument permet la détermination du ton et de l'harmonicité. Cette mesure de l'impédance d'entrée du tuyau relié à la caractérisation de son état de surface aide au suivi de l'entretien de l'instrument et son impact sur le potentiel acoustique de l'instrument. Cette mesure permet également d'associer des éléments orphelins (instrument et embouchure) par corrélation de leurs réponses respectives (fig. 12).



Figure 12 Mesure d'impédance d'entrée du serpent E.2011.14.1 (Cité de la musique-Philharmonie de Paris). © Cité de la musique-Philharmonie de Paris.

Techniques s’associant à la maintenance corrective

Plusieurs travaux de recherche en acoustique et en conservation-restauration se sont révélés utiles à la maintenance corrective des instruments lors de leur entretien ou de leur réparation.

Le travail de master en Conservation-restauration des biens culturels de Blaise Diringer a permis de montrer comment des mesures vibratoires permettent de choisir une intervention de conservation-restauration qui modifie le moins la réponse vibratoire de l’instrument (Diringer, 2008). 45 plaques en bois ont été fendues puis ont servi de support à cinq techniques traditionnelles de restauration : pose de flipot, toile, colle, taquets longitudinaux et transverses. Chaque plaque a été excitée avec un marteau d’impact pour mesurer sa réponse en fréquence (chaque type de restauration pouvant modifier le spectre de fréquence enregistré) et son intensité de densité spectrale.

Le travail de thèse de Pauline Eveno (Eveno, 2012) porte sur la mesure de l’impédance d’entrée pour l’aide à la facture des instruments de musique à vent. Il permet l’évaluation et le choix de descripteurs objectifs pertinents du point de vue de la qualité des instruments de musique à vent et s’inscrit dans le cadre d’un projet collaboratif de développement d’une plate-forme d’aide à la facture instrumentale. Il permet d’identifier en quoi des réparations peuvent modifier la réponse acoustique de l’instrument.

Enfin, de récents travaux peuvent participer au choix d’instruments pour le jeu. La thèse de Victor Almanza (Almanza *et al.*, 2020) a pour objectif d’évaluer la capacité de la simulation numérique à prédire le comportement statique et dynamique d’instruments de musique du patrimoine, en vue d’en optimiser leur conservation et leur maintien en état de jeu. Les premiers résultats numériques et expérimentaux sur un archiluth et une table d’harmonie ont permis de mesurer l’impact de différents paramètres comme la tension des cordes ou la qualité du collage lors des étapes d’assemblage. La méthodologie mise en place sera un outil pertinent pour la maintenance de l’instrument de musique, puisqu’elle permet de mettre en évidence les facteurs ayant un rôle discriminant dans la prise de décision pour une éventuelle mise en état de jeu.

Traçabilité des analyses et interventions

La multiplicité des approches présentées ci-dessus doit aller de pair avec une rigueur toute particulière pour le référencement des actions entreprises. Le domaine de la régie des œuvres est confronté quotidiennement à la traçabilité des mouvements d’œuvre : il doit en être de même pour ces phases d’intervention. À ce titre, plusieurs fiches peuvent être proposées, que cela soit pour le suivi du jeu des instruments ou pour le suivi de la maintenance. Quelques-unes de ces fiches sont présentées ci-dessous; elles devraient à terme être associées systématiquement aux dossiers d’œuvre des instruments concernés dans la nouvelle base de données des œuvres du musée.

Fiche de suivi de maintenance

La fiche ci-dessous permet d’avoir une traçabilité générale de l’instrument, en référençant le type de maintenance utilisée et les principales interventions menées (**fig. 13**).

Protocole de maintenance Corrective Préventive Prédictive	Avant jeu Pendant jeu Après jeu	Date : Réalisé par : Instrument concerné :
Matériel utilisé :		
Analyses, mesures :		
Contrôle visuel général :		
Démontage de pièces :		
Interventions sur les mécanismes, pièces :		
Interventions sur les surfaces :		
Remarques :		

Figure 13 Protocole général de maintenance.

La fiche présentée ci-dessous concerne plus spécifiquement les phases de jeu de l’instrument. Elle recense les interventions de montage, démontage et contexte du jeu (**fig. 14**).

Fiche de suivi de jeu
Rédacteur :
Date :
Instrument :
n° d’inventaire :
Facteur :
Dates de jeu :
Diapason :
Objectif :
Musicien :
Date de mise sous tension :
Temps de répétition :
Date du concert :
Constat d’état associé avant jeu (date / référence) :
Conclusions du constat d’état :

Modifications, réglages des mécaniques et des claviers, accords :
Montage, type de cordes :
Remarques du musicien :
Réglages après concert :
Constat après concert (date/référence) : Instrument toujours jouable O/N :
Temporaire/définitif :
Enregistrement :

Figure 14 Fiche de suivi de jeu.

En fonction des corpus, des protocoles de nettoyage, réglage, montage et démontage des instruments sont également proposés (Loeper-Attia, 2007). Ils sont présentés ci-dessous (**fig. 15**).

Protocole de maintenance préventive	Instruments à cordes pincées et frappées	Instruments à cordes frottées	Cuivres
Avant jeu			
Après jeu			
Date :			
Réalisé par :			
Instrument concerné :			
Date du jeu :			
Matériel utilisé :			
Contrôle visuel général :			
Interventions sur les surfaces :	Nettoyage touches (eau + tensio actif) Dépoussiérage	Nettoyage eau + tensio actif Ethanol Cyclohexane	Nettoyage eau + tensio actif Éthanol Acétone Cyclohexane
Interventions sur les mécanismes :	Dégraissage séchage	Dégraissage séchage	Dégraissage séchage
Démontage de pièces :			
Remarques :			

Figure 15 Protocoles de maintenance préventive des instruments à cordes pincées et frappées, des instruments à cordes frottées et des cuivres.

Ces protocoles ne sont pas encore tous utilisés de manière systématique au musée mais pourraient, à terme, sous une forme ou une autre, rejoindre la nouvelle base de données du musée, associés aux dossiers d'œuvres.

Le tableau ci-dessous reprend le déroulé des points à aborder lorsque se pose la question de jouer d'un instrument patrimonial, ainsi que les protocoles et documents associés (fig. 16). Ce travail, pour être complet, doit se faire longtemps en amont en concertation avec toutes les équipes du musée.

Année	Interventions	Protocoles / formulaires associés
N-2	Evaluation de l'état matériel de l'instrument Choix de la musique associée à l'instrument Avis sur le jeu (concert unique, occasionnel, fréquent)	Constat d'état Protocole général de maintenance
N-1	Intervention de conservation-restauration Mise en état de jeu	Dossier d'intervention Protocole général de maintenance Modification éventuelle du protocole de maintenance préventive
N	Jeu Modification éventuelle sur jeu	Protocole de maintenance préventive avant et après jeu Protocole général de maintenance

Figure 16 Échéancier pour une mise en état de jeu d'un instrument de musique.

Conclusion

Comme nous avons pu le voir, la décision de mettre un instrument en état de jeu est lourde de conséquences et impose un suivi qui ne se résume pas au moment du jeu, mais doit s'étendre largement avant et après. Les clavecins et pianos maintenus en état de jeu et présentés dans les collections permanentes imposent aussi un suivi climatique particulier, puisque les cordes ne sont pas détendues après le jeu, suivi qui peut aller à l'encontre de tentatives d'assouplissement des normes climatiques proposées aux musées actuellement. L'évaluation honnête des conséquences du jeu peut entraîner l'arrêt du jeu de l'instrument mais aussi permettre de proposer de nouveaux candidats au jeu. Les outils proposés, non destructifs, sont une aide à la décision sur le maintien en état de jeu : ils permettent une meilleure traçabilité de l'instrument, une quantification de son état, un suivi de sa dégradation et peuvent aider à donner une réponse à la pression événementielle. Ce suivi pourrait tout à fait être adapté à d'autres corpus d'objets patrimoniaux où la fonction d'usage est importante. Enfin, tout ce travail n'aurait pu voir le jour sans les discussions, rencontres et travaux menés avec les équipes de la Cité de la musique-Philharmonie de Paris; qu'ils en soient tous remerciés.

Références bibliographiques

- Almanza V., Vaiedelich S., Placet V., Cogan S., Foltête E., Serfaty S., Le Conte S.** (2020), « Conserver l'instrument de musique en état de jeu : contraintes d'origine et origines des contraintes mécaniques au sein de l'instrument de musique à cordes », *Technè*, N° 50, p. 63-71. Disponible sur : <https://doi.org/10.4000/technè.7838>
- Barclay R.** (2005), *The preservation and use of historic musical instruments, display case and concert hall*, London, Earthscan, 303 p.
- Boutin H., Le Conte S., Fabre B., Le Carrou J.-L.** (2015), « Comment l'état de surface du bois modifie les caractéristiques des résonances dans la perce des instruments à vent », dans *22^e Congrès français de mécanique*, août 2015, Lyon, France, p. 1-6. Disponible sur : hal-02470054.
- Broclain E., Benoît Haug B., Patrix P.** (2019), « Musique : patrimoine immatériel? », *Transposition musique et sciences sociales*, N° 8, 24 p. Disponible sur : <https://doi.org/10.4000/transposition.4121>
- de Bruyn-Ouyboter V.** (2018), « Material or immaterial? A questionnaire to help decisions about the preservation of musical instruments », dans Perez M., **Marconi E.** (ed.), *Wooden musical instruments different forms of knowledge, Book of end of woodmusic, COST Action FP 1302*, p. 35-52.
- Diringer B.** (2008), « La restauration d'une harpe de Jacques Georges Cousineau (xviii^e siècle) : quête d'une harmonie entre sonorité et restauration (Inv. D.AD.2593) », dans *Actes de la journée d'étude Le bois : instrument du patrimoine musical*, Cité de la Musique, 29 mai 2008, 13 p. Disponible sur : http://www.citedelamusique.fr/pdf/insti/recherche/bois_patrimoine/diringer.pdf
- Eveno P.** (2012), *L'impédance d'entrée pour l'aide à la facture des instruments de musique à vent : mesures, modèles et lien avec les fréquences de jeu*, thèse de doctorat en acoustique, université de Paris 6. Disponible sur : <https://www.theses.fr/2012PA066502>
- Frihi D.** (2015), *Cours sur la maintenance industrielle*, université du 8 mai 1945 – Guelma, faculté des Sciences et de la Technologie, département de Génie mécanique. Disponible sur : https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/bitstream/123456789/574/1/Cours_FRIHI_Djamel.pdf
- Gauthier V.** (2016), *Rapport interne d'activité de vacation, Ingénierie pour la conservation et la restauration des éléments structurels des instruments du patrimoine*, Philharmonie de Paris - ENSIM.
- Le Conte S., Le Moyne S.** (2008), « Modélisation mécanique et holographie acoustique : application à la restauration et à la conservation du clavecin Ioannes Couchet », dans *Le bois : instrument du patrimoine musical, actes de la journée d'étude*, Cité de la musique, 29 mai 2008, 10 p.
- Le Conte S., Vaiedelich S., Thomas J.-H., Muliava V., De Reyer D., Maurin E.** (2015), « Acoustic emission for tracing the activities of the woodboring beetles in wooden musical instrument », *Journal of cultural heritage*, Vol. 16, Issue 3, p. 338-343.
- Le Conte S.** (2011), « The use of multidisciplinary mechanical tools for reconstitution and restoration of ancient musical instruments », dans *Analysis and description of music instruments using engineering methods*, Proceedings, Halle/Saale, Germany, 12-13 May, 2011, p. 1-2.
- Loeper-Attia M.-A.** (2007), « L'impact des restaurations sur la conservation des instruments de musique de la famille des cuivres », dans *Journées HBS*, Paris, 29 juin-1^{er} juillet 2007, Paris, Cité de la musique, p. 58-69.
- Collectif** (1996), *Les instruments de musique*, *Museum*, N° 189, Vol. XLVIII, N° 1. Disponible sur : https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000104056_fr
- Viapost** (éd.) (2021), *La maintenance des équipements industriels*. Disponible sur : <https://www.viapost.fr/nos-actualites/post/la-maintenance-des-equipements-industriels>
- Sève B.** (2013), *L'instrument de musique. Une étude philosophique*, Paris, Seuil, L'ordre philosophique, 376 p.

L'auteur

Marie-Anne Loeper-Attia Après un diplôme d'études supérieures de l'École du Louvre, cycle de muséologie, spécialité égyptologie, d'un master en Conservation restauration des biens culturels dans la spécialité archéologie et d'un DEA d'Archéologie des périodes historiques (université Paris 1 – Sorbonne), elle est assistante de la spécialité Arts du feu -Métal à l'INP – département des Restaurateurs. Elle est en charge également à mi-temps de la conservation préventive et curative des collections à la Cité de la musique-Philharmonie de Paris, affiliée au Centre de recherche sur la conservation, CRC-USR 3224. En parallèle, elle développe une activité de conseil en conservation préventive et restauration ainsi que des formations pour diverses institutions.