



HAL
open science

Reconstitution par impression 3D d'une flûte de Jacques Hetteterre dit le Romain : des fac-similés pour demain ?

Stéphane Vaiedelich, Claudia Fritz, Elsa Lambert, Mina Jang

► To cite this version:

Stéphane Vaiedelich, Claudia Fritz, Elsa Lambert, Mina Jang. Reconstitution par impression 3D d'une flûte de Jacques Hetteterre dit le Romain : des fac-similés pour demain ?. Christophe d'Alessandro and Achille Davy-Rigaux and Christophe Pirenne and Solène Bellanger and Sylvie Pébrier and Julie Rosenkranz and Florence Roy and Mickaël Robert-Gonçalves (dir.). Recherches en musique Actes des Rencontres nationales sur les recherches en musique, Collegium Musicae de l'Alliance Sorbonne Université, pp.284-290, 2023, Collection MusiqueS & Interdisciplinarité, 10.25836/rnrm.2020.34 . hal-04226028

HAL Id: hal-04226028

<https://hal.science/hal-04226028>

Submitted on 3 Oct 2023

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.

Reconstitution par impression 3D d'une flûte de Jacques Hotteterre dit le Romain : des fac-similés pour demain ?

Stéphane Vaiedelich

Équipe Conservation Recherche (ECR),
Musée de la Musique-Philharmonie de Paris

Claudia Fritz

Lutherie-acoustique-musique (LAM), Institut Jean-le-Rond d'Alembert

Elsa Lambert

Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF)

Mina Jang

Équipe Conservation Recherche (ECR), Musée de la Musique-Philharmonie
de Paris, Conservatoire à rayonnement régional Paris

DOI › <https://doi.org/10.25836/rnrm.2020.34>

INTRODUCTION

Bien que le musée de la Musique soit engagé dans une politique de maintien en état de jeu et résolu à faire entendre la collection nationale dont il a la charge, moins de 5 % des instruments de sa collection peuvent être conservés ainsi, au regard des critères déontologiques de conservation, internationalement définis sous l'égide de l'ICOM (International Council of Museums)⁴⁴. Ainsi, pour les instruments à vent en bois des XVII^e et XVIII^e siècles, l'humidité apportée par le souffle du musicien durant le jeu interdit toute perspective de leur utilisation en concert sous peine de provoquer d'irréversibles dégâts et fractures. Pour répondre tout de même à la légitime demande des publics, le musée de la Musique conduit depuis sa création une politique de réalisation de fac-similés d'instruments qui sont employés quotidiennement dans la conception d'évènements musicaux au sein des espaces du musée⁴⁵. Libres de circuler en dehors des espaces muséaux, ces fac-similés sont joués dans le cadre de concerts en dehors même de l'établissement et favorisent la diffusion des connaissances et le rayonnement de la collection. Fruits de collaborations étroites entre chercheurs et facteurs ils prennent, de plus, une part active dans la protection et la transmission des savoir-faire de la facture instrumentale.

Aujourd'hui, les moyens numériques ouvrent de nouveaux horizons de recherche et de démocratisation en questionnant les pratiques traditionnelles de conception et de réalisation de l'instrument de musique. L'emploi des imprimantes dites 3D prend un essor important en facture instrumentale et on trouve de nombreux sites fournissant des fichiers « prêts à imprimer⁴⁶ », dédiés à la fabrication d'instruments sans qu'aucune problématique historique ne soit posée (de la Cuadra, 2017, p. 141). Notre propos, à l'inverse, s'inscrit dans une démarche muséale et questionne ces techniques dans l'optique de concerts historiquement informés. En explorant cette voie nouvelle, nous espérons pouvoir favoriser l'accès au plus grand nombre aux musiques anciennes et questionnons ici leurs qualités musicales au regard des fac-similés traditionnels de la collection du musée de la Musique.

⁴⁴ Le texte français du cadre général du jeu des instruments de musées est accessible sur le site du CIMCIM (Comité international des musées et collections d'instruments de musique).

⁴⁵ Le musée de la Musique possède aujourd'hui près de trente fac-similés dont seulement trois flûtes à bec ou traversières ainsi qu'un jeu de flûtes colonnes.

⁴⁶ Voir par exemple <https://www.3dnatives.com/impression-3d-musique-21062018>

LE CAS D'ÉTUDE : UNE FLÛTE ATTRIBUÉE   JACQUES HOTTETERRE DIT LE ROMAIN

Parmi la collection d'instruments à vent du Musée, plusieurs flûtes traversières et à bec attribuées aux membres de la famille Hotteterre recèlent un intérêt historique et musical de première importance du fait de leur rareté et de leur facture. Si certains homonymes du xvii e siècle restent encore mal connus, ils figurent d s 1657⁴⁷ dans les documents de la Maison du roi (conservés aux Archives nationales) attestant qu'ils sont musiciens ordinaires du roi, pratiquant plusieurs instruments du dessus à vent et à cordes. Jacques Hotteterre, dit le Romain⁴⁸, le plus célèbre de cette dynastie (1674-1763) est un flûtiste réputé et apprécié du monarque qui n'h siste pas à le qualifier de son « bien-aimé Jacques Hotteterre » dans la copie du privil ge *Première suite de pièces à deux dessus, sans basse continue pour les flûtes-traversières, flûtes à bec, violes*, op. 4 en 1712. Compositeur important, il est l'auteur de nombreuses pièces pour une ou plusieurs flûtes. Il publie en 1707 le premier traité sur la flûte traversière *Principes de la flute traversière, ou flute d'Allemagne, de la flute à bec ou flute douce et du hautbois, divisez par traités*. Si la fin de sa vie, aisée, peut laisser supposer qu'il a pu se détacher de la pratique de la facture instrumentale, de nombreux instruments encore existants lui sont attribués.

Ainsi en est-il de la flûte E.999.6.1 de la collection du musée choisie comme original à reproduire dans notre projet (**figure 1 haut**). Réalisé vers 1720 par Jacques Hotteterre, dont il porte la marque au fer, cet instrument est dans un état de conservation remarquable, il est le seul exemplaire signé « JLR » actuellement identifié. Si son pied⁴⁹ n'est malheureusement pas original, l'ensemble du corps et l'embouchure sont de sa main, ne présentent aucune cassure, et n'ont pas subi de modifications.

Par ailleurs, cet instrument présente un avantage par rapport à l'exploration des possibilités offertes par les nouvelles technologies, car un fac-similé en a déjà été réalisé de manière traditionnelle par Claire Soubeyran en 2001 (**figure 1 bas**). Ce fac-similé, jouable, pourra ainsi servir de référence par rapport à celui que nous nous proposons de réaliser grâce à l'impression 3D (**figure 1 centre**).

47 « C'est vers 1650 que Jean prit rang dans la musique du Roy dite la Grande écurie, où il jouait le dessus dans la petite bande des Hautbois et Musettes du Poitou, mais les livrets des ballets dansés à la Cour ne donnant pas toujours les noms des instrumentistes qui y jouèrent, ce n'est qu'en 1657 que son nom y est cité pour la première fois. Il y figure ensuite pendant une dizaine d'années... » (Mauger, 1912, p. 15-16).

48 Il est communément admis que ce surnom, « le Romain », lui aurait été attribué à la suite d'un voyage qu'il a effectué à Rome.

49 On distingue trois parties dans une flûte traversière ancienne dont on attribue l'invention au père de Jacques Hotteterre dit le Romain, Martin Hotteterre : le pied, partie la plus éloignée de la bouche du musicien, le corps central et la partie haute portant l'embouchure sur laquelle se posent les lèvres du musicien.



Fig. 1. Haut: Flûte Hotteterre: original (inventaire E.999.6.1); centre: reconstitution en impression 3D; bas: fac-similé réalisé par Claire Soubeyran en 2001. Collection du musée de la Musique © Cité de la musique-Philharmonie de Paris, J.-M. Angles.

RÉALISATION D'UN FAC-SIMILÉ PAR IMPRESSION 3D MÉTROLOGIE PAR TOMOGRAPHIE AUX RAYONS

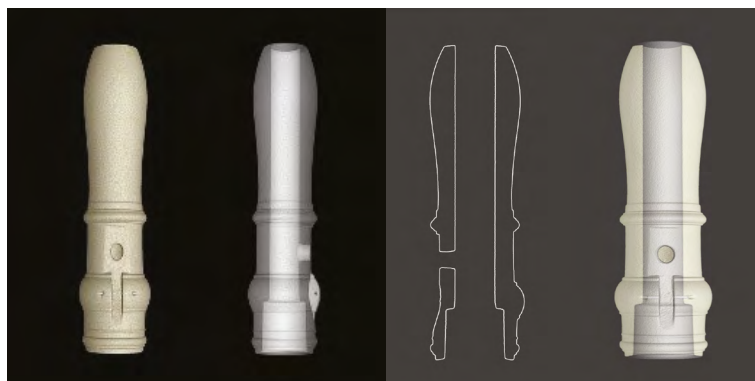


Fig. 2. À gauche. Rendu texturé de la tomographie © C2RMF, E.Lambert.
À droite. Aspect des coupes longitudinales. © C2RMF, E.Lambert.

La première étape dans la réalisation de notre prototype a consisté à effectuer un relevé métrologique le plus précis possible de l'intérieur et de l'extérieur de l'instrument, par tomographie à rayons X au sein du laboratoire de recherche

et de restauration des musées de France (C2RMF). Cette technique d'imagerie permet la reconstruction numérique 3D d'un objet à partir d'une série de radiographies. L'objet, immobile et restant à température et hygrométrie constantes⁵⁰, est positionné sur un plateau rotatif qui tourne avec un pas d'un demi-degré entre la source de rayons X et le détecteur plan. Une projection (radiographie) est enregistrée à chaque pas. Ces données sont traitées par des algorithmes dédiés pour reconstruire le volume 3D de l'objet grâce à un logiciel de traitement des données tomographiques⁵¹. L'objet peut alors être visualisé soit avec un rendu texturé des surfaces (**figure 2 gauche**) soit suivant des coupes virtuelles selon un angle souhaité, et ses mesures internes peuvent être relevées (**figure 2 droite**). À partir de ce relevé géométrique, un fichier informatique a été créé dans le format STL qui a été ensuite utilisé pour l'impression 3D.

CHOIX DU MATÉRIAU DE MISE EN ŒUVRE DE L'IMPRESSION

Si la principale cause du rayonnement d'un instrument à vent se trouve dans la mise en vibration de l'air contenu dans la cavité interne, les effets du matériau, de sa rugosité et de sa porosité ont pu être mis en évidence (Boutin, *et al.*, 2017, p. 2840-2848). Notre choix se porte sur un matériau déposé par filament, avec une stratification par couche⁵² de 16 µm en résine époxydique polymérisée sous rayons ultra-violet. Il permet d'obtenir une certaine rugosité de la surface interne. Il est d'autre part peu onéreux. Le résultat⁵³ est visible en **figure 1 (milieu)**. Dès 1636, Marin Mersenne dans son *Harmonie universelle* souligne qu'il faut choisir « ordinairement du bois d'une belle couleur, & qui reçoit un beau poly, afin que la beauté accompagne la bonté de l'instrument, & que les yeux soient en quelque façon participans du plaisir de l'oreille » (Mersenne, 1636, « Livre cinquième, des instruments à vent », p. 241). De fait on le sait, l'aspect général d'un instrument n'est pas sans influence sur la façon dont il peut être perçu musicalement (Vaiedelich et Fritz, 2017). Le choix de la technique LSA impose une couleur blanche. Le tableau peint vers 1710 par André Bouys⁵⁴ montrant Jacques Hotteterre, tenant dans ses mains une flûte en ivoire, confirme que cela est fréquent à l'époque.

50 Paramètres du scan : tension du tube 185 kV, intensité 5mA, temps d'exposition par plan 1,4 sec [/ filtre en cuivre de 0,3 mm / 720 images / Distance entre la source et le détecteur de 253,5 cm, distance entre le centre de rotation et le détecteur de 13 cm / tube isovolt Sievert 420kV / taille de foyer 1,8 mm.

51 Logiciel VG Studio max développé par Volume Graphics.

52 Technique SLA pour StéréoLithographie Apparatus, technique apparue dès 1988 aux États-Unis)

53 Les auteurs remercient M. Bertrand Busson, dirigeant de la société Wischap3d, pour la réalisation de l'impression 3D.

54 « Réunion de musiciens Bouys.jpg », Wikipédia, https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:R%C3%A9union_de_musiciens_Bouys.jpg

TESTS D'ÉCOUTE

Un premier test informel en aveugle a eu lieu en direct lors de deux présentations publiques au CIMCIM 2020 à la Philharmonie de Paris⁵⁵, à l'intérieur même du musée, durant lesquelles les deux instruments ont été comparés sur un répertoire de l'époque. Il s'agissait d'un test sous le format dit « ABX » (flûte A, flûte B puis flûte inconnue X) dans lequel les auditeurs devaient dire si la flute « inconnue » était la flûte A ou B (Munson et Gardner, 1950). Dans ces conditions d'écoute, le public, constitué dans les deux cas de musiciens et responsables de conservation au sein des musées d'instruments de musique, n'a pas semblé pouvoir différencier clairement les deux instruments, dans aucune des deux sessions.

Si le test ABX pratiqué de manière informelle pourrait inciter à conclure à une grande similitude entre nos deux « fac-similés », il faut cependant garder à l'esprit qu'un tel protocole n'est pas adapté pour évaluer la similarité mais est conçu pour tester si les auditeurs peuvent entendre une différence entre A et B (et ne sera concluant que si tel est le cas). Cette méthodologie n'avait été choisie que parce qu'elle était facile à mettre en place tout en illustrant bien notre propos, à savoir une comparaison des instruments mais aussi une répétition du même instrument. En effet, l'hypothèse de similarité entre les deux flûtes doit être questionnée à l'aune de l'ambitus de liberté laissé au musicien dans sa prise de son et ses choix d'exécutions des extraits musicaux. De fait, notre hypothèse est que cette liberté de l'interprète peut engendrer des différences sonores du même ordre de grandeur que les différences intrinsèques entre les deux flûtes et modifier grandement la perception de l'auditoire.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Suite à ces expériences informelles *in situ* en condition de jeu, un test formel est en cours de réalisation. Plusieurs enregistrements ont été effectués dans le studio de la Cité de la musique durant lesquels les deux flûtes ont été jouées. Divers extraits du répertoire de l'époque ont ainsi été enregistrés, chacun au moins deux fois sur chaque flûte. Un exemple du même extrait musical⁵⁶ joué sur les deux fac-similés est à entendre au lien suivant :

Extrait 1. → [🔊](#)) Extrait 2. → [🔊](#))

55 Colloque « Playing and Operating: functionality in museum objects and instruments » organisé conjointement par le musée de la Musique, l'ICOM-CIMCIM et le CIMUSET au musée de la Musique-Philharmonie de Paris, du 4 au 6 Février 2019.

56 1^{er} prélude en sol majeur de l'art de préluder la flûte traversière, op. 7 de 1719 composé par Jacques Hotteterre

Pour ce test fondé sur des enregistrements, nous allons chercher à recueillir des jugements de similarité et des descriptions des différences lors de comparaisons simultanées de trois ou quatre extraits réalisés avec nos deux flûtes. Ces descriptions sont en effet importantes pour corrélérer les différences perçues avec des différences obtenues par traitement de signal des enregistrements et des différences entre les impédances acoustiques mesurées, afin de pouvoir, à terme, optimiser le fichier d'impression 3D et obtenir un résultat sonore aussi proche que possible du fac-similé traditionnel. Parallèlement, nos recherches se poursuivent pour trouver des matériaux biosourcés qui pourraient être utilisés pour l'impression 3D.

Si la démarche scientifique incite à la prudence, les résultats actuels montrent à tout le moins que nos deux méthodes de fabrication permettent l'une comme l'autre l'expression musicale des répertoires anciens. De fait, il semble aujourd'hui raisonnable de penser que s'ouvrent à nous de nouvelles démarches de diffusion favorisant une démocratisation de ces répertoires et des collections muséales auprès d'un très large public.

BIBLIOGRAPHIE

Boutin, Henri, Sandie Le Conte, Stéphane Vaiedelich, Benoît Fabre et Jean-Loïc Le Carrou. «Acoustic Dissipation in Wooden Pipes of Different Species Used in Wind Instrument Making: An Experimental Study», *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 141, n° 4, 2017, p. 2840-2848.

De La Cuadra, Patricio. «Playability in Flute-Like Instruments: Investigating the Relation Between Flute Making and Instrumental Control», *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 141, n° 5, 2017, p. 3874.

Maison du roi. Copies d'actes émanés des rois Henri IV, Louis XIII et Louis XIV, recueillis pour servir de modèles (1610-1669). Minutes ou transcriptions authentiques d'actes émanés des rois Louis XIV et Louis XV expédiés par le secrétaire de la Maison du Roi et concernant le royaume ou des particuliers [1669-1786]. Tome XII : Inventaire (O/1/1-O/1/128). Archives nationales, Pierrefitte-sur-Seine, 1968, p.258-260. https://www.siv.archives-nationales.culture.gouv.fr/siv/rechercheconsultation/consultation/ir/pdfIR.action?irId=FRAN_IR_000539

Mauger, Nicolas. *Les Hotteterre. Célèbres joueurs et facteurs de flûtes, hautbois, bassons et musettes des XVII^e et XVIII^e siècles. Nouvelles recherches, supplément à la brochure publiée en 1894 par Ernest Thoinan*, Paris, Fischbacher, 1912.

Mersenne, Marin. *Harmonie universelle contenant la théorie et la pratique de la musique*, Paris, Chez Sébastien Cramoisy, 1636.

Munson, W. A. et Mark B. Gardner. «Standardizing Auditory Tests». *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 22, n° 5, 1950, p. 675-675,

Vaiedelich, Stéphane et Claudia Fritz. «Perception of Old Musical Instruments». *Journal of Cultural Heritage*, n° 27, 2017, S2-S7.