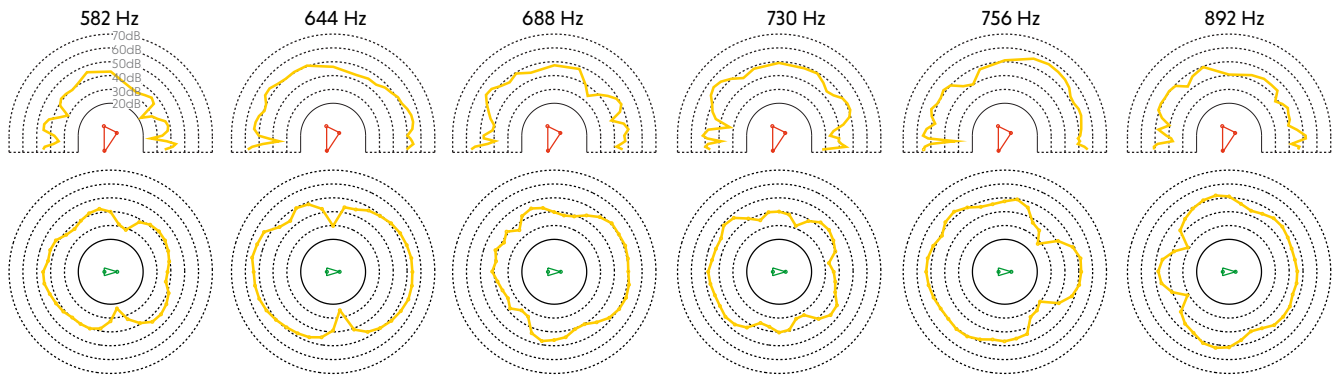




➤ Mais que se passe-t-il à plus hautes fréquences, lorsque les modes ne sont plus discernables ? À partir de la carte d'admittance, il est possible d'exprimer un niveau moyen de couplage qui nous a permis d'identifier des stratégies différentes de fabrication des facteurs de harpes. Certains privilégient une faible mobilité de la table d'harmonie et de la caisse tandis que d'autres font l'inverse. Ces choix ont une conséquence sur l'acoustique des instruments, entraînant, *in fine*, des spécificités sonores propres à chaque fabricant. Nous avons aussi pu montrer qu'en suivant la production de deux grandes familles de facteurs du XVIII^e et XIX^e siècle (la famille Cousineau et la famille Erard), leurs stratégies de fabrication ont évolué au cours des années allant vers une diminution de la mobilité de la table et de la caisse liée très probablement à l'augmentation du nombre et à la tension des cordes.

L'ingénierie mécanique a notablement évolué depuis cinquante ans grâce aux modèles numériques qui mettent en évidence les effets de modifications structurelles et évitent la construction de prototypes longs et coûteux à réaliser. La lutherie est en passe aujourd'hui d'utiliser ces outils pour guider ses évolutions.

FAIRE « CHANTER LES ÉQUATIONS »

Les artisans disposeront ainsi de prototypes virtuels dont la conception est assistée par ordinateur. Toutefois, la connaissance des caractéristiques mécaniques d'un instrument, qui sont les données qu'utilise ce type de modèle, n'est pas toujours aisée. En effet, les paramètres mécaniques du bois varient souvent selon les échantillons et dépendent en outre des conditions hygrométriques et thermiques. Les caractéristiques des liaisons mécaniques, tels les collages, ainsi que les précontraintes introduites dans l'instrument lors de la fabrication sont également difficiles à quantifier. Néanmoins, les informations fournies par ces modèles sont riches et révèlent des quantités physiques difficilement mesurables, comme les transferts ou les couplages entre certaines parties du système.

Le prix à payer pour faire « chanter les équations » est le temps de calcul.

Les caractéristiques vibratoires et acoustiques d'un instrument sont utiles pour l'analyse de son fonctionnement. Ces caractéristiques sont accessibles *via* nombre d'outils, mais il s'agit le plus souvent d'instruments de laboratoire difficiles à mettre en œuvre chez les artisans luthiers.

Aujourd'hui, des outils métrologiques dédiés, à coût réduit, portables et robustes, associés à des interfaces en ligne permettant le calcul de paramètres acoustiques sont conçus pour répondre aux besoins de la profession. Cette démarche, nommée Pafi (Plateforme d'aide à la facture instrumentale) est développée au Laboratoire d'acoustique de l'université du Maine (Laum) depuis plusieurs années, en particulier grâce à des projets d'élèves de l'École nationale d'ingénieurs de l'université du Maine (Ensim) en lien avec le pôle d'innovation de l'Institut technologique européen des métiers de la musique (Itemm) et les activités de l'Union nationale de la facture instrumentale (Unfi). Pour le luthier, plusieurs applications sont visées.

D'abord, l'établissement d'une sorte de carte d'identité technique, qui facilite la traçabilité des interventions tout au long de la vie de l'instrument. En cas de restauration ou de réparation, les comportements d'origine peuvent ainsi être retrouvés et l'on mesure la qualité d'une intervention, par exemple le revernissage. Ensuite, l'artisan s'assure de la reproductibilité d'un procédé de fabrication en archivant des fréquences modales à différents stades. Les outils métrologiques aident également au choix du matériau. Enfin, on peut confectionner des copies d'un instrument de référence, non pas uniquement en copiant sa géométrie, ses matériaux et son aspect, mais en reproduisant ses modes de vibration.

Comparer deux instruments peut alors s'effectuer au moyen d'une écoute des sons de synthèse dite hybride utilisant, d'une part, les modes mesurés d'un instrument et, d'autre part, un geste et des cordes connues numériquement.

Si Gaston Lagaffe avait eu vent de ces outils, son gaffophone n'aurait sans doute pas entraîné autant de dommages ! ■

Selon les fréquences, les vibrations d'une harpe (en rouge, vue de profil en haut et, en vert, vue de dessus en bas) se diffusent différemment dans l'air.

Les auteurs remercient Vincent Doutant et Jakez François qui sont à l'origine de ces travaux sur la harpe de concert.

BIBLIOGRAPHIE

J.-L. LE CARROU ET AL., 18th and 19th French harp classification using vibration analysis, *Journal of Cultural Heritage, Wooden Musical Instruments Special Issue*, vol. 27S, pp. S112-S119, 2017.

D. CHADEFaux, *Interaction musicien/instrument : cas de la harpe de concert*, Thèse de l'université Pierre-et-Marie-Curie, 2012.

J.-L. LE CARROU ET AL., Some characteristics of the concert harp's acoustic radiation. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 127(5), pp. 3203-3211, 2010.

C. WALTHAM ET AL., Vibrational characteristics of harp soundboards, *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 124 (3), pp. 1774-1780, 2008.