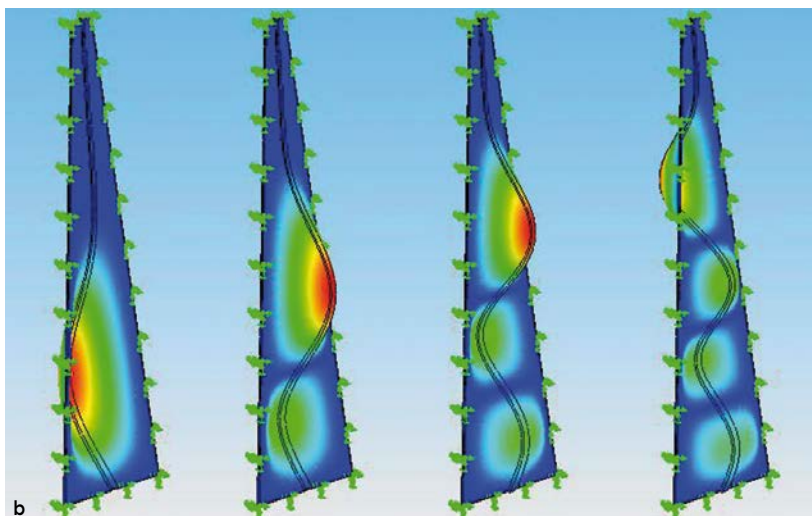
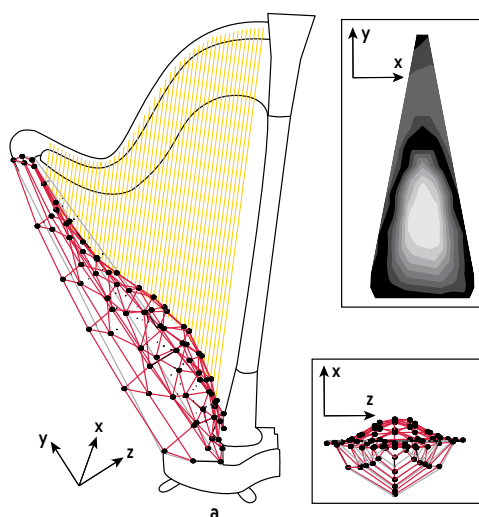




L'analyse modale d'une harpe consiste à déterminer ses modes de vibration, c'est-à-dire les fréquences et les champs vibratoires associés. On identifie ainsi le champ vibratoire de l'instrument soit expérimentalement, comme ici pour le premier mode d'air, nommé mode de Helmholtz et noté A_0 (a), soit numériquement pour les premiers modes de la table d'harmonie (b).

recouverte d'un plaquage dont la composition exacte est à la discrétion du luthier.

Cette plaque, trapézoïdale, est renforcée par plusieurs raidisseurs et par une barre centrale métallique. L'arrière de la table est raccordé à une caisse de résonance tronconique, tandis qu'une colonne soutient la console à l'avant. La difficulté d'accorder l'instrument est connue, tant les tensions des cordes rendent l'équilibre mécanique précaire. Un jeu de sept pédales reliées à un système de tiges articulant près de 1 500 pièces mécaniques différentes permet de modifier la longueur vibrante de chaque corde, et donc sa fréquence fondamentale.

COUPLAGES SYMPATHIQUES

Autre particularité de l'instrument, les nombreuses cordes créent des résonances par sympathie : la vibration d'une corde donnée entraîne, essentiellement par couplage solide, c'est-à-dire *via* les points d'insertion des cordes et l'ensemble de l'instrument, la vibration de ses voisines selon des amplitudes variables. En effet, le couplage entre des cordes est d'autant plus grand qu'il existe des relations simples entre les fréquences mises en jeu : une corde excite facilement les cordes situées à l'octave (le rapport des fréquences de vibrations est égal à 2) ou à la quinte de l'octave supérieure (le rapport est de 3). Ces couplages sympathiques engendrent un phénomène de halo sonore, qui est une signature acoustique de l'instrument. Trop important, ce halo est gênant et peut rendre l'instrument injouable. Le luthier doit donc le maintenir dans une limite raisonnable.

Du fait de ces couplages sympathiques, parmi d'autres, les sons produits ont un grand nombre de composantes spectrales, dont les fréquences sont parfois proches. Un autre type de couplage est dû à l'existence de deux

polarisations pour les cordes, correspondant à deux mouvements vibratoires, l'un dans le plan des cordes de la harpe et l'autre dans un plan perpendiculaire passant par la corde jouée.

Ces différents couplages donnent lieu à des phénomènes de battements et de décroissances multiples. De quoi s'agit-il ? Les battements sont des fluctuations lentes de l'amplitude du son dues à des interférences destructives et constructives entre des composantes spectrales de fréquences proches. Le phénomène de décroissance multiple apparaît quand plusieurs composantes du son sont amorties différemment : certaines sont dominantes au début du son, mais s'éteignent plus rapidement que d'autres, qui perdurent et sont dominantes à la fin du son (le son est alors dit rémanent). Voyons maintenant le mouvement vibratoire de la table d'harmonie, élément essentiel du rayonnement acoustique. L'analyse de la harpe a montré que, pour les premiers modes, ceux dont les fréquences propres sont les plus basses, le volume occupé par la caisse de résonance reste constant au cours de la vibration. Ces modes, sans grande importance acoustique, correspondent à des mouvements vibratoires de la caisse autour de ses points de fixation.

LES MODES DE L'INSTRUMENT

En revanche, les modes de fréquences plus élevées entraînent un mouvement de flexion important de la table d'harmonie et modifient le volume interne de la cavité ; ils engendrent un rayonnement acoustique notable. C'est le cas de deux modes nommés T_1 (le premier mode de la table, ou mode de table) et A_0 (le premier mode de l'air, aussi nommé mode d'air ou mode de Helmholtz). Les modes de table mettent en jeu principalement des vibrations de la table d'harmonie, tandis que les modes d'air correspondent à des mouvements