

Quelques éléments sur le vibrato des instruments à cordes frottées.

Xavier Boutillon, Laboratoire de Mécanique des Solides, C.N.R.S. - École Polytechnique, 91128 Palaiseau Cedex.

Cette présentation s'appuyait sur les travaux et les observations rapportées dans les articles de M. McIntyre et J. Woodhouse "The acoustics of stringed musical instruments" *Interdisciplinary Science Reviews*, 3, p. 157-173 (1978) (reproduit dans *Musical Acoustics - selected reprints*, édité par T. Rossing, American Association of Physics Teachers, 1988), de G. Weinreich, "Directional tone color", *J. Acoust. Soc. Am.* **101** (4), p. 2338-2346 (1997), de M. Mellody et G. Wakefield, "The time-frequency characteristics of violin vibrato", *J. Acoust. Soc. Am.* **107** (1), p. 598-611 (2000) et au cours d'une conférence donnée à Austin (USA) par C. Gough, "The role of vibrato in the perception of violin quality", dont le résumé figure dans le *J. Acoust. Soc. Am.* **114** (4) Pt 2, p 2437 (2003).

En supposant que la corde et le reste de l'instrument sont peu couplés, on peut considérer séparément les modes propres de vibration de la corde et ceux de l'ensemble caisse-cavité d'air interne. Les premiers, conjugués à la friction de l'archet sur la corde, donnent naissance à un mouvement d'oscillation auto-entretenu de la corde frottée (mouvement de Helmholtz en général). Les seconds, lorsqu'ils sont excités par la force exercée par la corde sur le chevalet de l'instrument, rayonnent le son que nous entendons dans toutes les directions de l'espace.

Le vibrato a son origine dans le mouvement du doigt sur la touche, lequel fait varier la longueur de la partie de la corde mise en vibration par l'archet (ainsi que sa tension, probablement). L'effet est donc une modulation de la fréquence du mouvement de la corde. Lorsqu'on observe cette modulation sur le son rayonné par un violon, elle apparaît comme pratiquement sinusoïdale, de fréquence d'environ 6 Hz, d'excursion variable suivant le musicien, le contexte, le style, etc. On peut donner un ordre de grandeur de 20 cents comme excursion possible de cette modulation de la fréquence de jeu. De plus, chaque partiel évolue en fréquence comme le fondamental de sorte que le spectre reste harmonique.

L'existence des modes du violon se traduit par des pics et des creux dans la fonction de transfert entre la force au chevalet et la pression acoustique mesurable en tout point de l'espace. La largeur des pics est liée à l'amortissement des modes propres et est généralement *inférieure* à l'excursion en fréquence que connaît chaque partiel, du fait de sa modulation par le vibrato. Chaque harmonique du

mouvement de la corde, jouant le rôle d'excitation entretenue à sa fréquence, balaie donc souvent la zone de résonance d'un mode du violon au cours d'une période de vibrato. On doit donc s'attendre à ce qu'une modulation de l'amplitude des harmoniques accompagne la modulation de leur fréquence.

L'excitation des résonances modales peut se faire de manière "quasi-statique", si le temps de réponse d'un mode est faible devant la période du vibrato (cas de l'amortissement modal fort) ou de manière dynamique dans le cas inverse (cas plus fréquent de l'amortissement modal faible). On observe alors dans le mouvement de la caisse, et donc dans le son rayonné, une combinaison de la fréquence du mode et de celle de la corde. L'évolution temporelle de l'amplitude d'un harmonique suit donc une loi compliquée. De plus, la densité modale augmente au-dessus de 800 Hz de sorte que chaque harmonique "explore" éventuellement la zone de résonance de plusieurs modes, lors d'une période de vibrato. Ceci complique encore la modulation de l'amplitude d'un harmonique.

Enfin, la directivité de chaque mode est variable, et devient très accidentée au-dessus de 0.8-1 kHz. Des effets spatiaux viennent donc s'ajouter aux effets de modulations de la fréquence et de l'amplitude décrits plus hauts. Ces effets sont évidemment plus notable sur un soliste que sur un ensemble de violons qui moyenne les effets individuels.