



Instruments à cordes : problématiques et avancées récentes

Xavier Boutillon

► To cite this version:

Xavier Boutillon. Instruments à cordes : problématiques et avancées récentes. CFM 2015 - 22ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2015, Lyon, France. <hal-03444594>

HAL Id: hal-03444594

<https://hal.science/hal-03444594v1>

Submitted on 23 Nov 2021

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.



HAL Authorization

Instruments à cordes : problématiques et avancées récentes

X. BOUTILLON^a

a. Laboratoire de mécanique des solides (LMS), boutillon@lms.polytechnique.fr

Résumé

En tant qu'objets d'étude scientifique, les instruments de musique tirent leur intérêt de la façon dont ils remplissent leurs fonctions et de la manière dont ils ont été élaborés. Dans cet exposé, les fonctions des instruments de musique à cordes (et marginalement, à percussion) seront présentées au regard des problématiques qu'elles posent à la mécanique des structures et aux sciences des matériaux, problématiques parfois situées au croisement entre ingénierie et sciences humaines. Ces fonctions seront illustrées par des résultats récents de la recherche.

Abstract

As objects of scientific investigations, the musical instruments have specific interests due to the way they have been conceived and developed and how they satisfy their various functions. The main functions of string instruments (and marginally, percussion instruments) will be presented with respect to the questions they address to structural mechanics and to material sciences. These questions also cross boundaries between engineering and human sciences. Recent results of research will enlighten their presentation.

Mots clefs : Mécanique vibratoire, dynamique, acoustique, interaction homme-machine, perception, instruments de musique.

1 Le développement des instruments de musique

Pour une part, mais réduite, ils sont le fruit de la compréhension scientifique des phénomènes (mécaniques, vibratoires, acoustiques, etc.) qui y prennent lieu. Par rapport à d'autres objets d'ingénierie (mécanique, acoustique, électrique, médicale, etc.), les instruments ont toutefois été développés avant que n'interviennent les progrès scientifiques nécessaires à la compréhension fine de leur fonctionnement. Pour l'essentiel, ils sont donc le fruit de la démarche empirique. Produits de traditions souvent séculaires, ils continuent d'être élaborés de cette manière.

À l'heure actuelle, les sciences de l'ingénieur, dont la mécanique, ont suffisamment progressé sur le plan des connaissances et des capacités technologiques pour être en mesure d'apporter des contributions significatives, en rupture sur le plan méthodologique avec cet empirisme traditionnel. Cette rupture pose évidemment un problème d'ordre sociologique. En France, le ministère de la culture, d'autres acteurs institutionnels au CNRS ou à l'Université ainsi mais que les sociétés savantes sont attentifs depuis maintenant plusieurs décennies à réduire cette fracture sociologique entre

scientifiques et ingénieurs d'une part, luthiers et musiciens de l'autre. Cela dit, force est de reconnaître que le temps, l'habileté des hommes stimulée par le désir de créer du beau ont donné lieu à des objets assurant des fonctions à un degré souvent extraordinaire de raffinement.

2 Les fonctions des instruments de musique à cordes

La fonction la plus évidente est la fonction acoustique : rayonner le son, support de la musique, vers les auditeurs. Plus généralement, il s'agit d'une fonction vibro-acoustique qui couple, filtre, transfère les vibrations entre les différentes parties de l'instrument que sont cordes, membrane, chevalet, table d'harmonie et fond, cavité interne. Si au premier ordre, le formalisme linéaire suffit et a longtemps été seul utilisé, les non-linéarités sont maintenant de plus en plus examinées.

La plupart des instruments sont constitués d'une partie excitatrice (archet, marteau, maillet, ...) et d'une structure vibrante. L'interaction entre les deux est toujours fortement non-linéaire (chocs, friction) et, à ce titre, réclame un traitement spécifique. La proximité du problème de la corde frottée et du crissement des freins (par exemple) a souvent été mentionné mais rares sont les collaborations entre spécialistes de chacun des domaines. Pour l'analyse de la dynamique du clavier de piano, on montrera que les apports de la mécanique non-régulière s'avèrent déterminants.

Moins apparente que les précédentes, la tenue de l'instrument aux efforts statiques s'avère tout aussi cruciale (sinon davantage) que la fonction acoustique pour la conception et le dimensionnement de ces instruments.

Une fonction essentielle de l'instrument de musique est de devoir réaliser une interface de type « homme-machine », pour le contrôle du son (ou, plus précisément, de la vibration) par le musicien. Par exemple, le clavier d'un piano assure la même fonction de base que celui d'un ordinateur (l'action du doigt produit un résultat singulier). Toutefois, les autres fonctions du clavier de piano (contrôle du moment de production, de sa dynamique, combinaison des modalités sensorielles pour l'apprentissage, etc.) rendent son étude très fertile. Par ailleurs, les progrès en synthèse des sons instrumentaux rendent essentielle l'intégration de cette fonction à un haut niveau de qualité pour le succès des synthétiseurs. De manière générale, l'étude de cette fonction se situe à la frontière entre perception (haptique d'une part, auditive de l'autre) et dynamique, au niveau d'exigence correspondant à la finesse du contrôle requis. Il en est de même pour de nombreux objets auxquels s'intéresse l'ingénieur mécanicien ou roboticien dans d'autres domaines industriels.

Si elle ne concerne pas directement le mécanicien, la fonction esthétique est importante dans le contexte où opère l'instrument de musique. Pour le musicien ou l'auditeur, elle est plus ou moins intégrée aux fonctions perceptives (haptiques et auditives). Pour le facteur d'instrument, il est essentiel qu'elle réponde à l'attente du musicien. Une étude récente sur la qualité comparée des violons anciens et modernes illustre la tension entre attente et objectivité. Reste à savoir si cette tension est réductible...

Historiquement, les instruments ont été réalisés principalement en bois, et marginalement avec d'autres matériaux biologiques (feutre, crin, boyau, peau) ou des métaux (certaines cordes, certains éléments de structure). L'apparition des matériaux de synthèse (du nylon pour les cordes aux fibres de carbone pour certaines tables d'harmonie), l'évolution des techniques (en métallurgie, en traitement des bois) ne semblent pas avoir provoqué, du moins jusqu'ici, d'innovation majeure : contrairement au XIX^e siècle, la facture instrumentale du XX^e siècle a plutôt cherché à imiter l'ancien, éventuellement par des moyens modernes, qu'à créer du nouveau. Qu'en sera-t-il au XXI^e siècle ? On peut au moins s'attendre que les progrès de la connaissance et les évolutions techniques se traduisent dans les méthodes d'élaboration des instruments évoquées plus haut.