

Phénomènes physiques au service de la musique : l'archet et les cordes du violon

En tant que passionnée de violon et scientifique, j'ai décidé d'allier les deux pour décortiquer de façon scientifique les habitudes des musiciens comme l'application de la colophane sur les crins de l'archet.

L'interaction par frottement entre l'archet et la corde du violon permet de générer le son. Le mouvement de la corde présente alors différentes phases : la corde est tirée par l'archet jusqu'à un point de rupture où elle se met à osciller.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Archet</i>	<i>Bow</i>
<i>Corde</i>	<i>Violin string</i>
<i>Frottement</i>	<i>Friction</i>
<i>Collé-glissé</i>	<i>Stick-slip</i>
<i>Vérification expérimentale</i>	<i>Experimental verification</i>

Bibliographie commentée

Le principe du violon est connu par tous : c'est l'interaction par frottement de l'excitateur qu'est l'archet qui met en mouvement les cordes, générant ainsi un son.

Les questions qui peuvent se poser sur l'interaction entre le l'archet et la corde ont déjà été étudiées. Elles consistent à se demander comment entretenir le mouvement d'oscillations de la corde par frottement avec l'archet.

A la fin du XIXème siècle, le violoniste allemand Helmholtz étudie le mouvement de la corde de violon [1]. Ce dernier montre que lorsque l'archet apporte suffisamment d'énergie à la corde, celle-ci forme un point en V appelé « coin de Helmholtz ». Celui-ci se déplace le long de la corde faisant un aller-retour par période. [2] Ce régime de Helmholtz est caractérisé par une phase de collé-glissé correspondant à l'adhérence et à la rupture d'adhérence de l'archet sur la corde. [3] Cependant, il ne suffit pas de frotter de façon quelconque la corde pour rester dans ce régime. En effet, en 1973, Schelleng a mis en évidence dans un diagramme, l'influence de différents facteurs telles que la pression appliquée à l'archet, sa vitesse et sa position sur la corde ; sur le timbre. De manière plus approfondie, Guettler met en place un archet mécanique permettant d'observer l'influence de la pression et la vitesse appliquées à l'archet sur le son. [4] Néanmoins, qu'en est-il du frottement ? En effet, tout violoniste apprend dès ses premiers cours de musique à utiliser la colophane. Cette résine

à appliquer sur l'archet permet de faire vibrer la corde. Sans elle, il y a très peu de son. Elle permet de créer une différence entre le coefficient de frottement statique et le coefficient de frottement dynamique. [5] Ainsi, un musicien se fie à son audition pour savoir quand l'appliquer. Il existe plusieurs colophanes ce qui amène à se demander quelles sont les différences entre chacune d'elle, quelle est la plus appropriée ? Pour répondre à cette question, le violoniste tchèque Bohdan Warchal mène une expérience composée de deux parties. La première consiste à appliquer sur quarante archets des colophanes différentes et à l'aveugle, des violonistes professionnels choisissent les onze meilleurs. Parmi ceux-ci, un classement a ensuite été fait selon deux critères : le maximum de projection sonore et la plus grande résistance aux grincements. [6]

Cependant la majorité des études liées au frottement sont plutôt des études musicales relatives au ressenti, à l'ouïe des musiciens. En théorie, l'archet et la corde de violon peuvent être respectivement modélisés en mécanique, par une masse et un ressort possédant une vitesse constante. L'équation du mouvement peut être résolue et modélisée sur Python. [7] Pour comprendre le choix musical du musicien, il est nécessaire de le comparer à l'aspect théorique du phénomène.

Problématique retenue

Le principe du violon peut être modélisé mécaniquement par une masse et un ressort. Il est intéressant de le comparer au modèle instrumental et à partir d'un prototype représentant le frottement de l'archet sur une corde, de vérifier les choix musicaux des artistes.

Objectifs du TIPE

Je me propose :

- i) D'étudier le modèle physique de l'archet et de la corde par une masse et un ressort
- ii) D'étudier le modèle instrumental
- iii) De mettre en place un prototype modélisant le frottement de l'archet sur une corde de violon pour pouvoir faire des vérifications expérimentales quantitatives et reproductibles

Abstract

I'm interested by the friction between the bow and violin strings. First, I met a violin maker and a violinist to speak about her job and her experience. Then, I studied the theoretical aspect by studying the mechanic model from the analogy that exists with a mass and a spring. Thanks to this, I had the motion equation and the sliding condition. Then, I created a mechanism to make reproducible experiences in order to study the string movement, measure the friction coefficient and verify human feeling.

Références bibliographiques (phase 2)

[1] CONCOURS CENTRALE-SUPÉLEC : Physique-Chimie MP 2011 : <https://www.concours-centrale->

supelec.fr/CentraleSupelec/2011/MP/sujets/physchim.pdf

[2] The Helmholtz motion : *http://knutsacoustics.com/files/The-Helmholtz-motion.pdf*

[3] CAMBRIDGE UNIVERSITY ENGINEERING DEPARTMENT : Mechanics of the contact area between a violin bow and a string : *http://www2.eng.cam.ac.uk/~jw12/JW%20PDFs/Pitteroff_2.pdf*

[4] FLORIAN KAISER : Etude croisée geste-son des articulations du violon :

http://www.atiam.ircam.fr/Archives/Stages0506/FlorianKaiser.pdf

[5] SCHOOL OF PHYSICS, THE UNIVERSITY NEW SOUTH WALES-SYDNEY-AUSTRALIA : Bows and strings :

http://newt.phys.unsw.edu.au/jw/Bows.html

[6] GUILLAUME KESSLER : La colophane parfaite : *https://www.guillaume-kessler.fr/la-colophane-parfaite-selon-warchal/*

[7] DOMINIQUE LEFEBVRE : Le modèle de la corde de violon :

http://www.tangentex.com/CordeViolon.htm

DOT

[1] *Etude du modèle mécanique : analogie avec une masse et un ressort*

[2] *Modélisation des résultats sur python*

[3] *En octobre, rencontre avec une luthière et violoniste (Mme Morin Christine) pour discuter avec elle de son métier et de son expérience en tant que violoniste : le but de la colophane, quand l'appliquer, le paramètre vitesse, force exercée sur l'archet*

[4] *Mise en place d'un dispositif permettant d'effectuer des expériences reproductibles afin d'étudier le mouvement de la corde et de calculer le coefficient de frottement*

[5] *Etude du mouvement de la corde en la filmant à partir du dispositif mis en place à l'aide d'une caméra rapide du laboratoire capturant 400 images/s. Etant insuffisant, il a fallu le faire avec une caméra capturant 960 images/s. Ensuite pointage des vidéos obtenues à partir du logiciel LatisPro*

[6] *Calcul du coefficient de frottement à l'aide du tensiomètre mis en place sur le dispositif initial. Mais valeurs non significatives. Donc mise en place d'un nouveau dispositif permettant de calculer la tension à partir de la masse appliquée sur l'archet afin qu'il se déplace sur la corde fixe.*