

# Instruments de musiques auto-oscillants : phénomènes non linéaires dans la production du son.

Christophe Vergez<sup>1</sup>

Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Med, Laboratoire de Mécanique et Acoustique, Marseille, France  
 vergez@lma.cnrs-mrs.fr

La production de son par les instruments de musique a capté l'attention des scientifiques depuis l'Antiquité au moins. Les principaux éléments du fonctionnement d'un instrument de musique sont présentés en Fig. 1 : une source d'énergie acoustique localisée (l'excitateur) couplée dans une boucle de rétroaction à un élément où se propagent les ondes acoustiques (le résonateur).

Ce sont les phénomènes linéaires qui ont d'abord été étudiés, comme la propagation d'une onde sur une corde ou dans une colonne d'air. Mais progressivement, les instruments de musique se révèlent être le siège de multiples non-linéarités [1] : non-linéarités géométriques ou de lois de comportement, impacts, friction, turbulence, ondes de choc ... Pour les instruments dits entretenus, la production du son ne s'explique d'ailleurs que par l'existence d'une non-linéarité. C'est le cas pour les instruments à vent (flûte, clarinette, trompette, saxophone, trombone ...) et les instruments à cordes frottées (violon, violoncelle, ...) qui sont des systèmes dynamiques auto-oscillants : l'émergence du son est due à la perte de stabilité du silence (qui est solution d'équilibre). C'est sur ces instruments que portera l'exposé.

Aujourd'hui le point de vue de la dynamique non linéaire se généralise pour expliquer la richesse de comportement des instruments de musique auto-oscillants. Des modèles mathématiques simples décrivant l'essentiel de la physique mise en jeu sont analysés selon plusieurs directions : les diagrammes de bifurcation fournissent un résumé du fonctionnement du modèle, tandis que les simulations temporelles éclairent certaines subtilités de comportement. La confrontation avec l'expérience est recherchée, avec et sans musicien. Des exemples seront présentés en insistant sur la nature des non-linéarités impliquées et leur conséquence sur le son produit.

L'objectif premier est d'éclairer les liens entre ce qui est fixé lors de la fabrication de l'instrument (géométrie, matériaux), le contrôle du musicien (sa manière de jouer), et le type de son produit (périodicité, fréquence, timbre, ou régime non périodique).

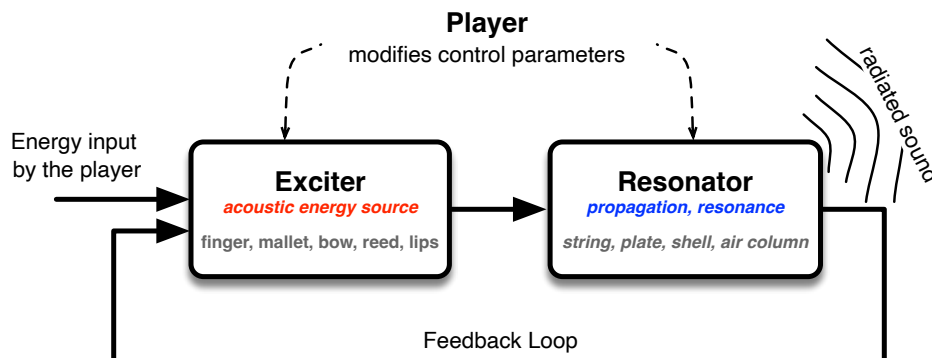


Figure 1. Schéma bloc représentant la production du son par un instrument de musique.

## Références

1. A. CHAIGNE & J. KERGOMARD, *Acoustics of Musical Instruments*, Springer New York (2016).