Les harmoniques musicaux

Michel Mourey

EMR 18516

1) Origine des harmoniques
2) Introduction
3) Construction des gammes à partir des harmoniques
4) Harmoniques de la gamme de do Majeur
5) Harmoniques dans la gamme de la mineur
6) Harmoniques et accords
7) Le timbre (couleur du son selon Helmholtz)
8) Rapport harmonique entre les composantes d'un son
9) Les transitoires
10) L'enveloppe
11) Les différentes représentations du son
12) Expériences
13) Conclusion

EDITIONS MARC REIFT

Route du Golf 150 • CH-3963 Crans-Montana (Switzerland)
Tel. +41 (0) 27 483 12 00 • Fax +41 (0) 27 483 42 43 • E-Mail : info@reift.ch • www.reift.ch

Les harmoniques musicaux

Sommaire

1) Origine des harmoniques
2) Introduction
3) Construction des gammes à partir des harmoniques
4) Harmoniques de la gamme de do Majeur
5) Harmoniques dans la gamme de la mineur
6) Harmoniques et accords
7) Le timbre (couleur du son selon Helmholtz)
   Rapport harmonique entre les composantes d'un son
8) Les transitoires
9) L'enveloppe
10) Les différentes représentations du son
11) expériences
12) conclusion

(Fait suite et référence au précis d'acoustique musicale)

1) Origine des harmoniques

Les cordes vibrantes, les tuyaux sonores et les membranes sont des oscillateurs à propagation qui produisent des sons périodiques.

L'oscillateur génère des ondes périodiques avec des harmoniques engendrés par l'instrument de musique.

L'oscillateur excité (ex : coup d'archet sur la corde du violon) est parcouru par une onde stationnaire.

L'onde se réfléchit périodiquement sur les limites du milieu où elle se propage. Des milieux fermés à leur extrémité comme la corde du violon, le tuyau sonore seront le siège d'ondes stationnaires.

Une onde stationnaire est une superposition d'un ensemble de modes de vibration.Les nœuds font entre eux des divisions égales. Les modes auront chacun 2, 3, 4 …nœuds de vibrationsoù on ne décèle pas de vibration.

Pour chaque mode correspond une fréquence harmonique.

L'oreille n'est pas sensible aux relations existantes entre les phases des harmoniques qui ont des amplitudes différentes contribuantainsi au timbre.

2) Introduction

Quand on joue une note d'un instrument de musique, on a l'impression de n'entendre qu'un seul son.

Cependant ce son n'est pas seul, il est mixé avec des sons partiels.

On peut faire l'analogie avec la lumière blanche qui est un mélange des couleurs de l'arc-en-ciel.

Les parties vibrantes d'une corde produisant des sons harmoniques sont séparées par des points où les vibrations sont nulles

➔ Au moyen d'un archet, on fait vibrer le premier tiers de la corde, les deux autres tiers entrent à l'instant d'eux-mêmes en vibration ; mais chacun d'eux vibre isolément autour d'un point N qui reste immobile : c'est un nœud de vibrations (situé au milieu des deux tiers).

  On constate la fixité du point N en plaçant sur lui un petit chevron de papier, qui reste immobile quand la corde vibre.

  Chaque tiers de la corde a un ventre de vibration en son milieu et si on place le chevron de papier sur ces points, il est aussitôt éjecté.

> Si, au lieu du tiers de la corde, on fait vibrer le quart, il se forme dans les trois autres quarts deux nœuds de vibration et trois ventres ; si on en fait vibrer le cinquième, on obtient trois nœuds et quatre ventres, et ainsi de suite …

Quand on parle d'harmoniques il faut bien définir ce que cela signifie :

- La fréquence fondamentale est- elle réelle ou fictive ?
- Les harmoniques sont-ils vraiment des multiples de la fondamentale ou des valeurs approchées c'est à dire des partiels ?

Le son se traduit par un signal complexe périodique, c'est-à-dire qui se reproduit identique à lui-même à intervalles de temps réguliers de durées T.

Une fonction périodique de période T : $f(t) = f(t + T)$ admet un développement en série de Fourier, c'est-à-dire qui se décompose en un certain nombre de sinusoïdes de fréquences 2f, 3f, 4f, 5f, … ($f = 1 / T$ étant la fréquence de la fondamentale).

Le son harmonique est donc un son qui est la superposition de sinusoïdes pures (sons purs) dont les fréquences sont un multiple entier de la fréquence fondamentale.

$$\text{Son} = A \sin(2\pi f t + \phi_1) + B \sin(4\pi f t + \phi_2) + C \sin(6\pi f t + \phi_3)$$

$$+ D \sin(8\pi f t + \phi_3) + \ldots \qquad \text{avec } \pi = 3{,}1416$$

Le rang d'un harmonique est le nombre entiern par lequel on multiplie la fréquence fondamentale soit n = 1, 2, 3, 4, 5, …

n = 1 → fondamentale ou $1^{\text{èr}}$ harmonique

Le spectre de fréquences représente l'ensemble des amplitudes des harmoniques du son.

Soit (A, B, C, D, …) = fonction de (f, 2f, 3f, 4f, 5f, …)

La plus ou moins grande intensité de chacun des harmoniques définit en grande partie le timbre.

La hauteur (fréquence), l'intensité et le timbre sont indissociables.

Deux sons harmoniques produits en même temps seront consonants s'il n'y a pas de battements entre les différentes harmoniques des sons.

Dans la réalité, il est impossible d'obtenir une absence de battements.

La notion de consonance est liée à la lenteur des battements entre les différents sons.

Il existe deux sortes de sons « partiels » :

- Les sons harmoniques :
  C'est le cas lorsque un son partiel vibre 2, 3, 4, 5, 6, 7, ... fois plus vite que la note fondamentale.
  La clarinette et la flute de pan ont des harmoniques impaires.
  Une guitare a toutes les harmoniques.
  On peut définir un spectre harmonique.

- Les sons inharmoniques :
  Si un son partiel vibre par exemple 3,65 fois plus vite que la note fondamentale c'est un son inharmonique car il n'est pas un multiple du son fondamental.
  On ne parle pas d'harmoniques mais de partiels et de spectre inharmonique.

  Les idiophones ont des partiels inharmoniques.

Si on pince une corde de guitare, on peut compter une dizaine d'harmoniques contribuant au son de façon significative. Par la suite, les amplitudes des harmoniques successives deviennent négligeables.

Le timbre se constitue de tous les partiels du son, ce qui nous fait reconnaitre un instrument, mais il y a d'autres facteurs comme l'attaque et la façon dont la note s'arrête qui rentrent également en jeu.

3) Construction des gammes à partir des harmoniques

La gamme de Pythagore est construite à partir des harmoniques f, 2f, 3f, 4f qui donnent les intervalles :

- D'octave (2f)
- De quinte (3 / 2) x f
- De quarte (4 / 3) x f

La gamme de Zarlino est construite à partir des harmoniques f, 2f, 3f, 4f, 5f, 6f induisant les intervalles :

- F – 2f : octave (x 2)
- 2f – 3f : quinte (x 3 / 2)
- 3f – 4f : quarte : (x 4 / 3)
- 4f – 5f : tierce majeure (x 5 / 4)
- 5f – 6f : tierce mineure (x 6 / 5)

Accord parfait majeur : tierce majeur (5/4) + tierce mineure (6/5) = quinte (3/2)

(5/4) x (6/5) = 3/2

Exemple : do mi sol soit en termes de fréquences 1, 5/4, 3/2

$(1 + (3/2)) / 2 = 5/4$

La note mi est la moyenne arithmétique des notes do et sol.

Un monocorde avec un chevalet mobile est un instrument idéal pour étudier les harmoniques et les intervalles.

Si on raisonne en termes de longueur de corde.

Do $\rightarrow$ L1

Mi $\rightarrow$ L2

Sol $\rightarrow$ L3

$1/L2 = ((1/L1) + (1/L3)) / 2 = (L1 + L3) / 2\ L1\ L3$

$L2 = (2\ L1\ L3) / (L1 + L3)$

Mi est à la moyenne harmonique en termes de longueur de corde entre do et sol.

Si on raisonne sur un cercle qui représente l'octave (en utilisant les logarithmes).

Ln : logarithme népérien

$\text{Arc}\ (6/5) = \text{Ln}\ (6/5) \times 2\pi/\text{Ln}2 = 1{,}65$

$\text{Arc}\ (5/4) = \text{Ln}\ (5/4) \times 2\pi /\text{Ln}2 = 2{,}02$

$\text{Arc}\ (4/3) = \text{Ln}\ (4/3) \times 2\pi /\text{Ln}\ 2$

La somme des 3 arcs est bien égale à $2\ \pi$ donc un

Tierce majeure + tierce mineure + quarte

$(5/4) \times (6/5) \times (4/3) = 2$