
OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIAD



Glass-Harmonica

LYCÉE

Lycée Saint-Exupéry - 78180 Montigny-le-Bretonneux (*Versailles*)

PARTICIPANT

Professeur

D. GAUDELETTE

HISTORIQUE DE GLASS-HARMONICA

Cet instrument de musique a été inventé par Benjamin Franklin en 1761. A partir de 1787, Glass-Harmonica a commencé à être utilisé dans de nombreux orchestres. Des pièces ont été écrites par W.A. Mozart, L.V. Beethoven et d'autres compositeurs pour cet instrument qui a donc connu, à l'époque, un beau succès.



Actuellement Glass-Harmonica revient à la mode en particulier aux USA où un opéra a été écrit et joué pour cet instrument en 1997.

On joue du Glass-Harmonica suivant le principe du clavecin et du piano. Glass-Harmonica «historique» comportait déjà trois octaves. Dans les Glass-Harmonica de cette époque, les cloches de verres étaient entraînées par un dispositif mécanique à manivelle où à pédales (style machines à coudre anciennes). Les cloches étaient en cris-

OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIAD

tal plus résistant et sonore que le verre ordinaire. C'est le contact des doigts sur les cloches de verre mouillées qui les fait résonner.

Aujourd'hui, les Glass-Harmonica sont activés grâce à un moteur électrique silencieux, les cloches sont en quartz mais certains instruments dont le nôtre sont en verre borosilicaté (Pyrex), en raison du coût prohibitif du quartz. Différence entre le quartz et le verre borosilicaté : le son émis s'amortit moins rapidement avec le quartz, un timbre différent apparaît entre ces deux variétés de verre.

Glass-Harmonica est un instrument particulièrement lyrique mais difficile à jouer : très peu d'instrumentistes l'utilisent. Il faut en moyenne trois années d'exercices à un musicien pour bien maîtriser l'instrument. En France l'un des grands spécialistes est M. Thomas BLOCH qui a gentiment accepté d'être notre partenaire principal.

G. FINKENBEINER INC.
 33 RUMFORD AVENUE • WALTHAM MA 02154 • (617) 899-3138
The Sound That's There But Does Not Have A Beginning




TABLE TOP VERSION CONCERT MODEL
 4" CUP (LARGEST CUP IS 11" DIA.)

It's the famous Benjamin Franklin Glass Harmonica that is now in production again. Played by applying wet fingers to the rim of rotating glass cups the instrument produces a hard to describe eerie sound that seems to come out of nowhere. The melodies and cords are at the same time sweet and powerful enough to fill a large auditorium without amplification. The instrument's popularity peaked when such musical giants such as Mozart and Beethoven composed music especially for the glass harmonica; played solo as well as with other instruments, by amateurs or professional soloists, it still enraptures audiences just as it did 200 years ago. The Glass Harmonica is available at prices comparable with contemporary harpichords.

CABINET MODEL

THÉORIE DES VIBRATIONS

L'étude énergétique montre que pour une cloche de rayon «R», d'épaisseur de verre «e», de hauteur «H», le son fondamental a pour fréquence :

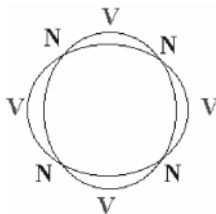
$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{3Y}{5\rho}\right)} * \frac{e}{R^2} * \sqrt{\left[1 + \frac{3}{4} \left(\frac{R}{H}\right)^4\right]}$$

 OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIAD

Dans cette relation «Y» représente le module d'Young et « ρ » la masse volumique du verre. Étant donné la géométrie des cloches, le terme contenant le rapport R/H est très proche de 1. On en déduit que pour une cloche donnée, le son fondamental est proportionnel à l'épaisseur de verre et inversement proportionnel au carré du rayon. Les sons fondamentaux émis vont donc du plus grave pour la plus grosse des cloches au plus aigu pour la plus petite.

Le contact du doigt sur le bord d'une cloche Glass-Harmonica mouillée provoque des vibrations dans le verre au travers d'un processus d'accrochage et de glissement. De la même façon que l'archet d'un violon excite la corde.

Durant une partie du cycle vibratoire, le bord du verre en contact avec le doigt bouge (avec une amplitude maximale au ventre de vibration), pendant l'autre partie du cycle, le contact est perdu et le doigt glisse jusqu'à la position d'équilibre (nœud de vibration). Il en résulte un son COMPOSÉ d'un **Fondamental** et d'un certain nombre d'**Harmoniques**. Suivant la façon dont le doigt appuie ou frotte le verre, on génère seulement le mode $m = 2$ (le plus courant avec 2m ventres et 2m nœuds) ou bien des modes plus élevés.



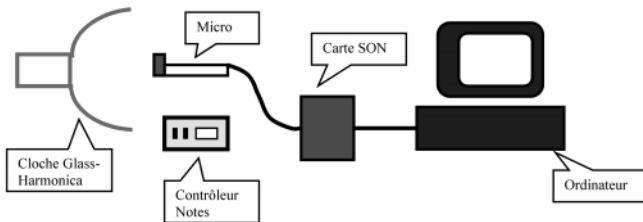
Pour une cloche de verre donnée, les différents modes se superposent et forment ainsi un ensemble d'harmoniques. On a dénombré jusqu'à une vingtaine d'harmoniques par cloche de verre, c'est ce qui donne un timbre tout à fait spécifique à cet instrument de musique.

L'EXPÉRIMENTATION

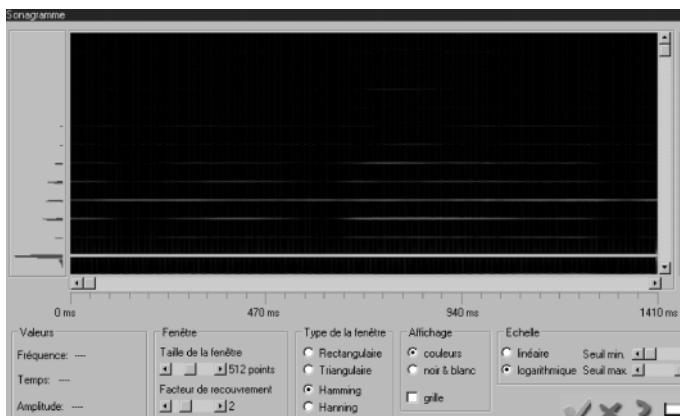
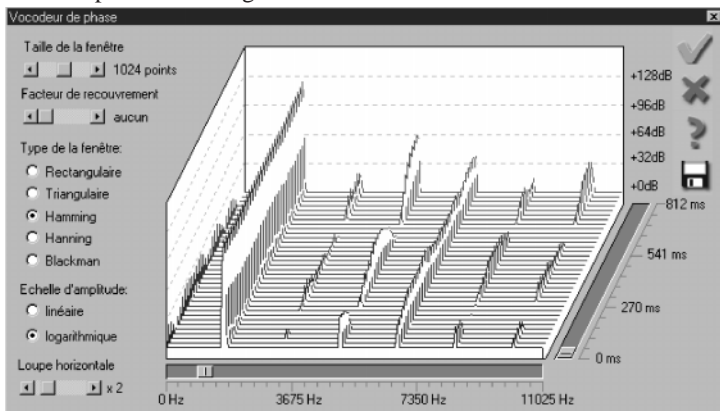
Un Glass-Harmonica expérimental a été réalisé en collaboration avec la *Cité de la Musique* et un souffleur de verre de *Hoechst-Marion-Roussel Uclaf*.

Chaque cloche a été testée avec un bon micro, une carte son et le logiciel Virtual Waves afin d'obtenir son spectre et son sonagramme.

OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIAD



Ci-dessous spectre et sonagramme de la note Sol 5#.



OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIAD

A partir de ces analyses, il a fallu rectifier les cloches avec une surface abrasive de façon à ajuster le rayon pour avoir la valeur la plus proche possible du son fondamental recherché. Soixante-dix cloches ont ainsi été réalisées, analysées, et certaines rectifiées.

Un choix délicat nous a permis de sélectionner dix-huit cloches couvrant donc presque deux octaves. Ce sont ces dix-huit cloches qui ont formé le Glass-Harmonica présenté au concours régional à Armentières.

La présentation aux olympiades s'est faite sous la forme d'une pièce de théâtre mettant en scène, par le jeu des trois élèves : Benjamin Franklin, Mozart et un physicien moderne. Cette présentation originale a demandé la collaboration du professeur de français (mise en scène).

Thomas BLOCH, notre partenaire de la *Cité de la Musique* a terminé cette présentation par l'interprétation très applaudie, d'une symphonie de Mozart, jouée avec son Glass-Harmonica.

N'ayant pas été sélectionnés pour le concours national, notre seul regret est de n'avoir pas pu faire profiter le jury national de cet «original spectacle de physique».