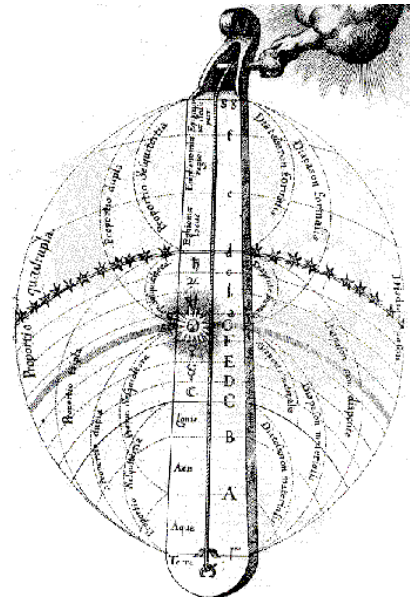


Musique cosmique

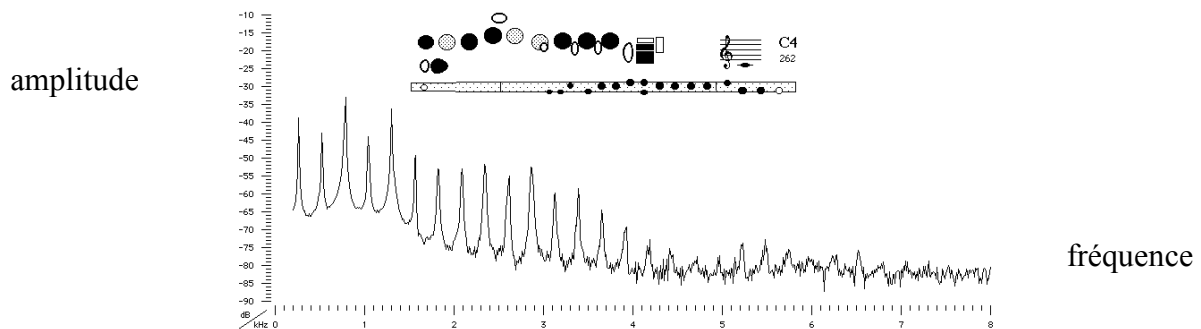
Physique et musique : deux histoires parallèles

On considère que les réflexions rationnelles tant sur la nature que sur la musique ont eu leur berceau simultanément dans la Grèce ancienne. C'est à l'école de Pythagore que les deux se fondent en une vision harmonieuse de l'univers. Véritables mystiques des nombres, les pythagoriciens avaient observé que des notes correspondant à des fréquences d'oscillation dans un rapport 1 à 2 sont très similaires, et se fondent dans un parfait mélange. Aujourd'hui on donne le même nom à de telles notes : le 'do' chanté par une soprano a la fréquence double du 'do' d'un ténor qui en est séparé par une octave. Ils avaient même découvert que les accords agréables à l'oreille sont produits par notes dont les fréquences sont dans des rapports donnés par petits nombres entiers (ex. do/sol = 2/3 ; do/fa = 3/4 ; do/mi = 4/5). Cette découverte, base de l'harmonie naturelle, a certainement renforcé leur foi dans les pouvoirs presque magiques des nombres entiers, et les a poussé à la conclusion que même les distances entre corps célestes devraient être dans les mêmes rapports de nombres entiers, pour produire des sons harmoniques lors de leur mouvement (la « musique des sphères », ou « musique cosmique », avec la main de Dieu qui pouvait « accorder l'univers », comme dans l'illustration ci-dessous).

Ces visions jumelées de la musique et de la structure de l'univers ont dominé la culture pendant environ 2000 ans. Comme leur naissance, leur crise a été simultanée. Du point de vue musical, l'échelle naturelle ne permettait pas de jouer plusieurs tonalités avec un seul instrument. L'adoption de l'échelle tempérée résolut ce problème, malgré une forte opposition, due à l'idée que l'adoption de rapports irrationnels entre les notes « gâchait » la beauté des rapports entiers pythagoriciens. Curiosité de l'histoire, un des plus grands enthousiastes du changement d'échelle musicale était Vincenzo Galilei, père du grand physicien révolutionnaire Galilée.



Les nouvelles idées ont pris quelques années à s'imposer ; les Principes de Newton sortent en 1687, et le 'Clavier bien tempéré' de Bach, vrai monument à la nouvelle musique, en 1722. L'analyse spectrale découverte par Fourier en 1807 montre que chaque son est la superposition d'un nombre infini de fréquences (exemple : le spectre d'une flûte ci-dessous). Le son « pur » des pythagoriciens n'existe pas !

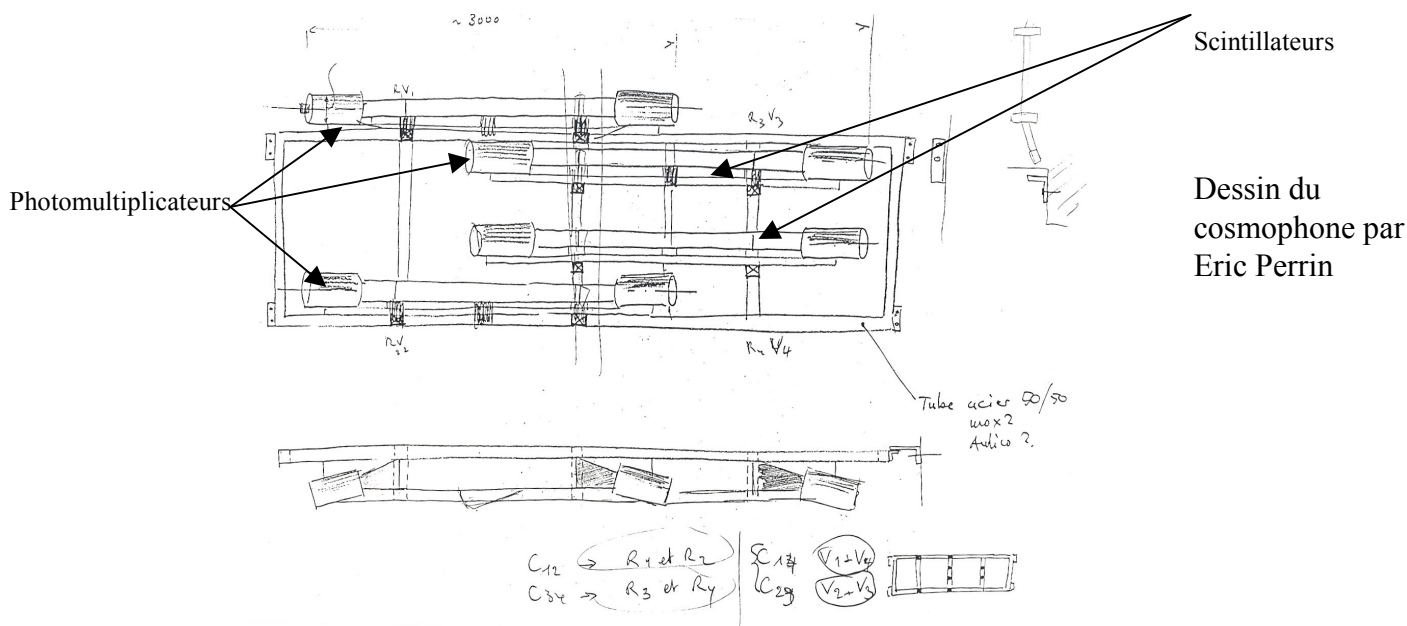


Le spectre ci-dessus fait apparaître que le son est dominé par des multiples de la fréquence de base, les harmoniques, ce qui explique les rapports simples observés pour les accords agréables à entendre. On remarque quand même que ces harmoniques ne sont pas infiniment précises ce qui justifie à posteriori le succès de l'échelle tempérée, approximative. Par contre, tant la théorie de Newton que les observations astronomiques des mouvements des planètes invalidaient les intuitions antiques sur le mouvement des corps célestes!



La domination de la physique classique et de la musique classique n'a duré que 200 ans. En 1900, Max Planck élabore la théorie des quanta pour expliquer l'émission d'un corps noir. En 1905 Einstein donne une explication quantique de l'effet photoélectrique et élabore la relativité spéciale. Parallèlement, l'harmonie classique est remise en question. Déjà au début de 1900 les compositeurs ont commencé à considérer le système tonal comme une limitation à leur liberté. Le passage entre les œuvres avec échelles exotiques de Debussy et l'abandon de la tonalité par Schönberg se déroule à peu près en même temps que les travaux de Planck et la maturité de la théorie quantique.

Retournement de l'histoire, alors même que la musique prenait des libertés avec l'harmonie classique, on réalisait que les électrons dans les atomes suivent des lois harmoniques, les couches atomiques correspondant à des nombres entiers d'oscillations de leur fonction d'onde autour du noyau!



Les développement scientifiques et culturels sont en interaction réciproque, contribuant à former un « esprit du temps ». C'est pour cela que, pour fêter 50 ans de science au CERN et le centenaire de la relativité, nous avons décidé de dialoguer avec les musiciens d'aujourd'hui. Nous vous proposons une version actualisée de la musique « cosmique » rêvée par Pythagore. Il ne s'agit pas de l'ordre parfait des mouvements exacts des sphères, mais d'exprimer la complexité, à la fois cohérente et complètement aléatoire, du passage des rayons cosmiques détectées dans notre Cosmophone.

Principe de fonctionnement du Cosmophone

L'espace « vide » est en réalité rempli de particules (rayons cosmiques primaires, principalement protons) qui, en interagissant avec les couches plus élevées de notre atmosphère, produisent des cascades de particules secondaires. Au niveau de la mer (ou du Lac de Genève) seuls arrivent des muons et des gerbes d'électrons à un taux d'environ 100 particules par seconde par mètre carré. Ces particules sont détectées par les grands scintillateurs enrobés de noir installés sur les murs de l'auditoire de l'école de physique. Ils ont autrefois servis dans une expérience comme compteurs de neutrons.

Au passage d'une particule, le scintillateur produit une faible quantité de lumière. Faible, mais suffisante pour être détectée par les photomultiplicateurs à haute tension placés à l'extrémité des scintillateurs, qui génèrent des signaux électriques. Ledit signal est transformé en signal digital, et est ensuite élaboré par l'ordinateur. Des diodes rouges et vertes matérialisent le passage des muons soit localement (rouge), soit les coïncidences à grande distance (vertes et plus rares) qui indiquent le passage de gerbes de grande taille.

Cette installation est inspirée du Cosmophone développé à Marseille depuis plusieurs années par le physicien Claude Vallée, ses collaborateurs du CNRS et la compagnie musicale Urbis Studio (<http://cosmophone.in2p3.fr>).

Dr. Mario Campanelli, DPNC Université de Genève

Composition musicale et choix des images

Dans la mouvance d'interactivité entre diverses disciplines, nous avons voulu mettre en place un dispositif image/son qui sera déclenché par l'activité cosmique dans l'amphithéâtre de l'école de Physique. L'activité, catégorisée en six modes, et transformée en signaux MIDI (Musical Instrument Digital interface), arrivent dans l'ordinateur contenant une partition musicale et enclenchent une suite d'événements sonores. Le compositeur diffuse ses musiques sur un ensemble de six haut parleurs et un diffuseur de fréquence grave; il a créé des algorithmes dont il se sert pour établir la sélection de chacune de ses séquences et leurs trajectoires dans l'espace. La création d'images est faite de séquences aléatoires en fonction de la musique et du flot de l'activité cosmique. Ainsi un nouvel alliage entre nature, science et art se forme dans ces lieux historiques.

Prof. Emile Ellberger, Conservatoire de Musique de Genève

Participants au projet Cosmophone

Section de Physique: Alain Blondel, Mario Campanelli, Jean-Pierre Richeux, Pierre Béné, Eric Perrin, Florian Maschiocchi, Charly Burgisser, Yann Meunier
Conservatoire de Musique de Genève: Prof. Emile Ellberger, Francisco Huguep et Filippo Fillijer

Le Cosmophone est financé par un subside exceptionnel du rectorat de l'Université de Genève, la faculté des sciences, la section de physique et le DPNC

2004-2005 50^{ème} anniversaire du CERN

100^{ème} Anniversaire de la Relativité

Un cycle de conférences grand public: 'De l'Energie jaillit la Matière'

Précédés d'un prélude cosmophonique

Pour en savoir plus: <http://www.unige.ch/sciences/physique/>



7 décembre 2004 'Les preuves expérimentales du Big Bang'
Prof. Georges Meylan (Laboratoire d'Astrophysique, EPFL)

1er février 2005 'Et rien ne fut plus comme avant'
Prof Chris Quigg (Fermi National Accelerator Laboratory, Chicago)

15 mars 2005 'Comment fabrique-t-on un Univers ?'
Prof Alain Blondel (Université de Genève)

3 mai 2005 'Naissance de la Matière'
Prof. John Ellis (CERN)

14 juin 2005 'Einstein dans l'Univers'
Prof. Michele Maggiore (Université de Genève)

18 octobre 2005
'Des objections d'Einstein aux bits quantique: les propriétés étranges des photons intriqués'
Prof. Alain Aspect (Institut d'Optique, Orsay)

Lundi 14 novembre 2005 'D'autres mondes dans l'Univers ?'
Prof. Michel Mayor (Observatoire de Genève)

13 décembre 2005 'Big Bang à Genève'
Dr Laurent Chevalier (CEA, Saclay)
Les expériences de physique des particules et les manip LHC au CERN

LES CONFERENCES GRAND PUBLIC CONTINUERONT EN 2006

7 mars 2006 '**Nanotechnologies et ordinateurs quantiques**'
Prof. Michel Devoret (Yale University)

J'aimerais être invité(e) aux conférences grand public de la section de physique
Nom Prénom.....
E-mail.....
Adresse postale.....