

Note liminaire :

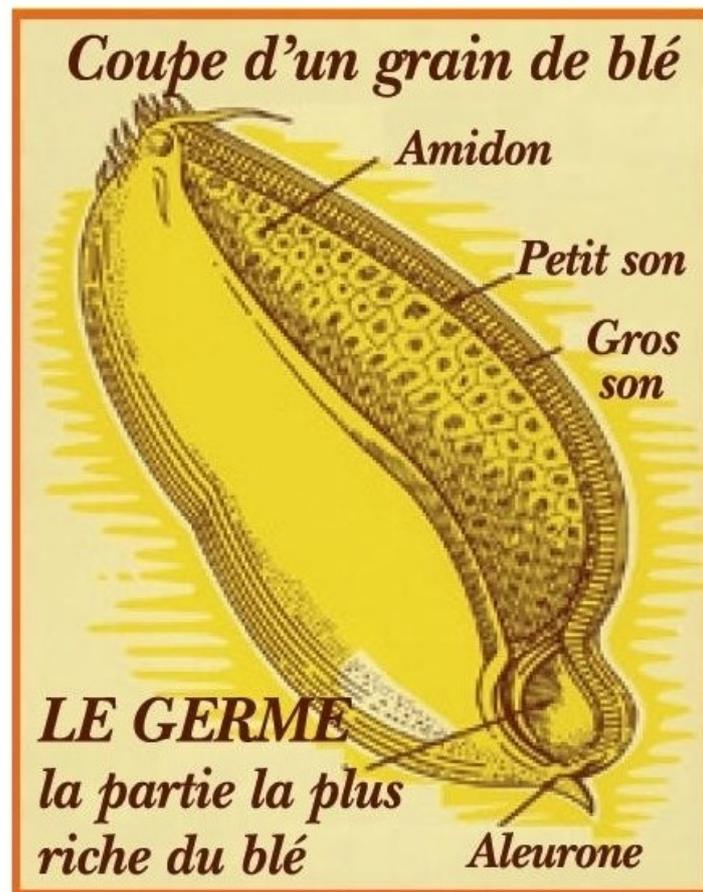
Ce texte est le support remanié qui a servi pour une Curiosité Numérique Digeste organisée par l'association Les Portes Logiques de Quimper(ia).

Un grand merci à cette association d'offrir ce temps de partage et d'échange sur des thèmes numériques quasiment une fois par semaine.

À noter que si vous voulez reproduire tout ou partie de ce support, libre à vous, à 2 conditions :

- pas d'utilisation commerciale (pas de vente de votre texte, ...)
- de citer l'auteur de ces lignes (Gril, contact : Gril (at) riseup point net)

Bonne lecture à vous !



## Qu'est-ce que le son?

Bienvenue aux boulangers et boulangères, content que les Curiosités Numériques Digestes s'ouvrent aux artisans...

Plus sérieusement, nous allons dans un premier temps commencer par les propriétés physiques du son et dans un second temps jeter un œil à la relation entre le son et les images.

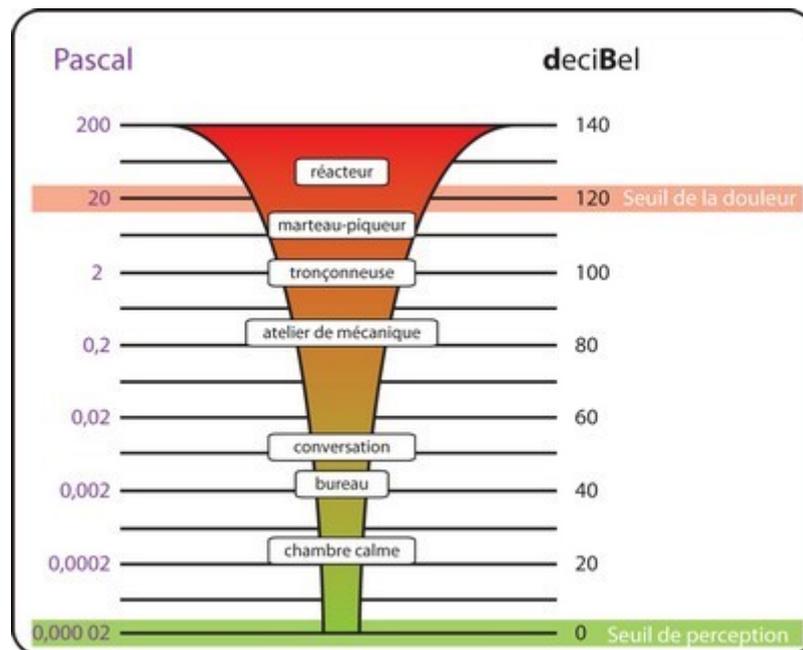
## I. Le son, c'est quoi?

Définition:

« Vibration mécanique d'un fluide, qui se propage sous forme d'ondes longitudinales grâce à la déformation de ce fluide. » ( Wikipedia, 2019)

On distingue plusieurs caractéristiques qui composent un son :

- la direction d'origine
- l'intensité, dite aussi volume sonore ou sonie ; mesurée en décibels (dB). Il y a plusieurs types de dB, dont un pondéré par rapport à l'oreille humaine. Nous le rappellerons une fois de plus, le son peut provoquer des lésions irréversibles...



Et comme vous pouvez le voir ci-dessous, les explosions nucléaires abîment les oreilles :



Dans les illustrations précédentes, l'unité de mesure utilisée est le décibel.

« Le décibel (dB) est une unité de grandeur sans dimension, définie comme dix fois le logarithme décimal du rapport entre deux puissances, utilisé dans les télécommunications, l'électronique et l'acoustique.

Dans le domaine de l'acoustique environnementale, on exprime couramment le niveau sonore en décibels. Cette valeur indique implicitement le rapport des puissances entre la grandeur mesurée et la valeur de référence qui correspond à un son trop faible pour être entendu.

Le décibel est un sous-multiple du bel, très rarement employé. Ni le bel, ni le décibel n'appartiennent au Système international d'unités.

Tous les champs de l'ingénierie peuvent utiliser le décibel. Il est particulièrement courant dans le domaine des télécommunications, dont il est originaire, dans l'électronique du traitement du signal, dans les technologies du son et dans l'acoustique. » ([Wikipedia](#), 2019)

En psycho acoustique:

« La psychoacoustique étudie la perception des sons par les êtres humains. Comme la sensation sonore dépend de nombreux facteurs, les acousticiens sont amenés à filtrer et à intégrer les valeurs de pression sonore de façon beaucoup plus diverse qu'en acoustique physique avant de convertir le résultat en dB ou en unités particulières. Des normes précisent la nature de ces traitements, indiqués par un suffixe après dB :

- **dB A** « décibel du rapport pondéré en fréquence suivant la courbe A ». La courbe de pondération est adaptée à la réponse de l'oreille à des faibles niveaux de pression acoustique, autour de 40 dB SPL. Son usage est obligatoire pour certaines mesures légales du bruit.
- **dB B** « décibel du rapport pondéré en fréquence suivant la courbe B ». Cette courbe a peu d'utilisation actuellement, mais elle est une composante de celle qui sert à l'analyse de la sonie des programmes de télévision.
- **dB C** « décibel du rapport pondéré en fréquence suivant la courbe C ». C'est une courbe de pondération adaptée à la réponse de l'oreille à des niveaux élevés de pression acoustique, supérieurs à 70 dB SPL.
- **dB HL** Hearing Level (Niveau d'audition), « décibel du rapport pondéré par une courbe normalisée pour les audiogrammes ». (*Ibid*)

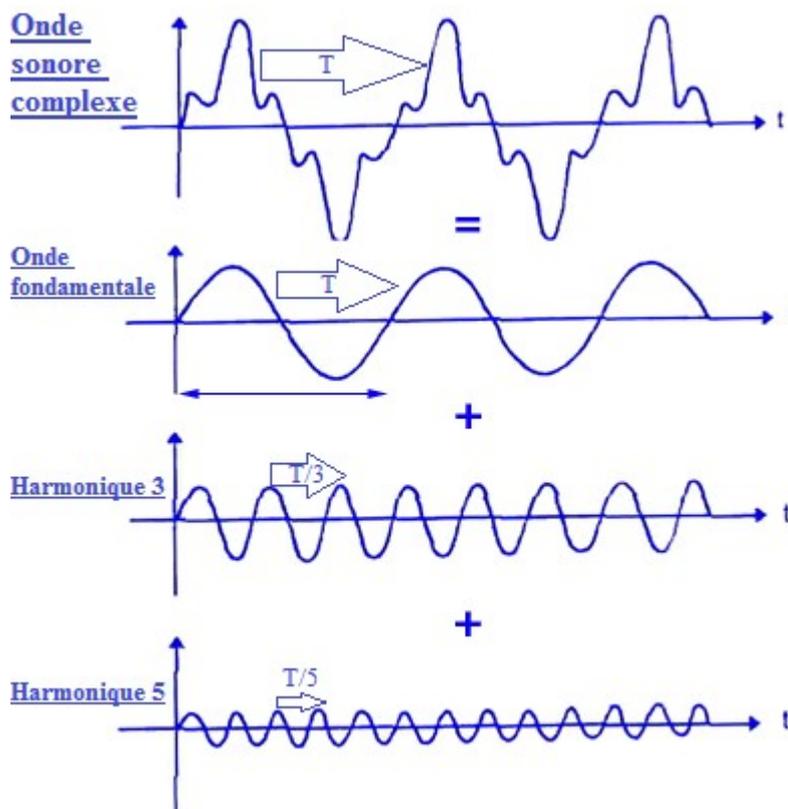
« Des unités basées moins directement sur le décibel ont été définies pour mieux représenter la perception d'un volume sonore :

- le **phone** : s'applique aux sons purs, on applique à la valeur en dB une correction basée sur les courbes isosoniques ;
- le **son** : se calcule selon une procédure normalisée (ISO 532) à partir d'une mesure du niveau en dB re 20  $\mu$ Pa sur soit 10, soit 24 bandes de fréquences. » (*Ibid*)

D'autres composantes sont à considérer pour caractériser un son :

- **la hauteur**, qui se décompose en hauteur tonale et hauteur spectrale
- **le timbre**, qui comprend la variation caractéristique de l'émission sonore dans le temps
- **la fréquence** et les harmoniques :
  - $F=1/T$ , La fréquence est définie par l'inverse de la période. La période d'un son est le temps que met une vibration à revenir à un état en passant par un état milieu. Une onde à 500 Hz signifie que l'air vibre 500 fois par seconde. Une harmonique est un multiple de la fréquence fondamentale.
    - Pour une fréquence de base  $F= 500$  Hz, nous aurons des harmoniques à
      - $F \times 2= 1000$ Hz
      - $F \times 3=1500$ hz
      - etc.

Vous pouvez voir dans la représentation ci-dessous, qu'une onde sonore est complexe puisque composée d'une fréquence fondamentale et de ses harmoniques. Les ondes sonores pures n'existent pas à l'état naturel, mais elles peuvent être générées par des machines telles qu'un générateur basse fréquence, un synthétiseur, un oscillateur simple par exemple.



La bande passante, c'est quoi donc?

C'est la plage des fréquences utilisées, de la plus basse à la plus haute. C'est donc une fourchette de valeurs.

L'oreille humaine a une bande passante qui, en gros selon l'état de santé, va de 20Hz à 20000Hz (ou 20kHz). En dessous des 20Hz, les fréquences sont appelées infrasons, au-delà de 20000Hz, ce sont des ultrasons. Les infrasons et ultrasons ne sont pas audibles par l'oreille humaine. Par contre les infrasons peuvent être ressentis et parfois provoquer des nausées...

Cf « *Le son comme arme, Les usages policiers et militaires du son* » de [Juliette VOLCLER](#) (La Découverte, 2011).

Pour information, on parle aussi de longueur d'onde comme pour la lumière et les ondes radios...

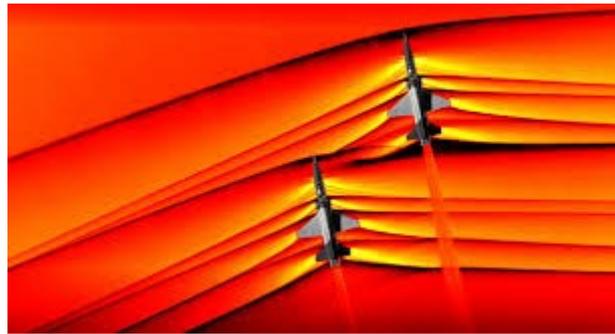
**Et la vitesse du son?**

La célérité du son est la vitesse de propagation d'une onde dans un milieu de propagation.

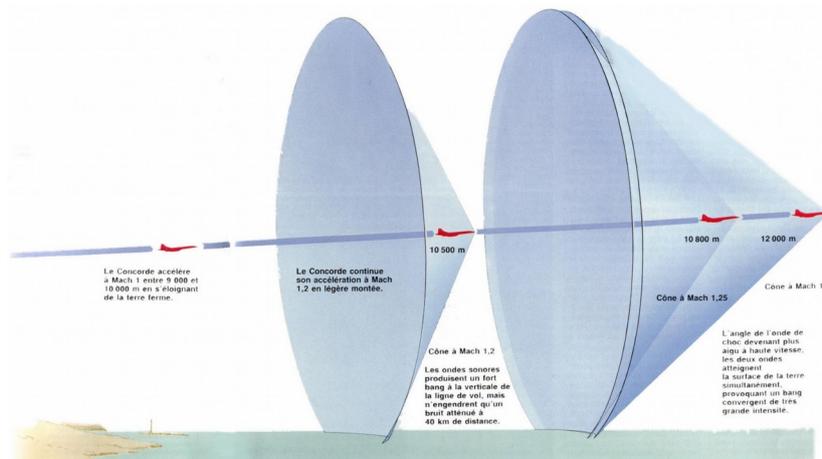
$$c_{\text{son}} = 20.05 \sqrt{T} \quad (T \text{ la température en degrés Kelvins})$$

Elle dépend du milieu de propagation. Par exemple pour l'air, à 15°C, au niveau de la mer, la vitesse moyenne du son est de 340m/s. Lorsque l'on dépasse cette vitesse, on franchit le mur du son.

Voici deux représentations du mur du son :



06\_mur du son colorisé



07\_mur du son concorde

Dans l'eau, la vitesse du son est de 1500m/s. C'est pour cela que l'on entend plus rapidement Flipper dans l'eau qu'en dehors.

Dans l'espace: 0 m/s car c'est le vide donc pas de fluide donc pas de vibration vu qu'il n'y a rien à bouger. Effectivement, dans l'espace, personne ne vous entendra crier.

Différents types d'instruments :



04\_octabasse-01.jpg



05\_octabasse\_02

Dans le registre grave nous avons l'octobasse. C'est un instrument à 3 cordes, frottées. A priori l'instrument à cordes de l'orchestre classique occidental qui descend le plus bas dans le spectre auditif, c'est-à-dire dans les fréquences les plus basses. Pour plus de détails nous vous renvoyons à la vidéo de "[L'instrumentarium de l'insolite](#)".

À l'opposé du spectre auditif, proche des ultrasons donc, nous avons le piccolo. Bien que sa note la plus aiguë soit la même que celle du piano, le piccolo se distinguera par son timbre.

« Le timbre représente un son complexe formé de l'addition algébrique de plusieurs fréquences issues de la fréquence fondamentale. » ( [Easyzic.com](#), 2019)

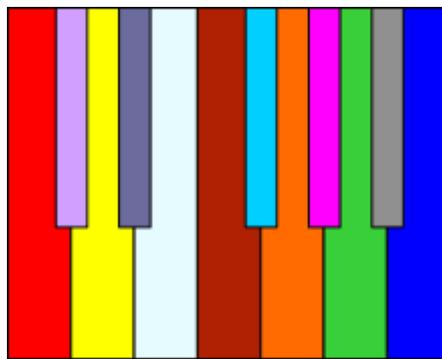
Pour les instruments, ces fréquences sont générées en fonction de tout un tas de paramètres difficilement maîtrisables dans leurs intégralité, qui vont de la lutherie de l'instrument au lieu dans lequel est émis le son en passant par le fait qu'il transite par un appareil de reproduction audiophonique, etc. Ainsi, entre deux instruments différents (piano et piccolo) et entre deux instruments d'une même catégorie (deux piccolo), les notes produites ne seront pas exactement identiques.

## II. Relation sons et images.

On va revenir sur l'oreille humaine mais aussi sur l'interprétation par le cerveau humain. Pour l'acquisition du langage, nous savons qu'au début de la vie, le bébé est capable de différencier plein de sonorités différentes dans le langage humain, et qu'au fur et à mesure de l'acquisition du langage, son champs de perception des différentes prononciations, les phonèmes, se rétrécit (cf Eimas, Siquelard, Jusczyk et Vigorito, 1971). Il y a donc une représentation du monde qui se fait en fonction de l'acquisition de la langue maternelle, en fonction des phonèmes et donc des mots.

Des personnes dès la naissance, a priori, sont sujettes à la synesthésie. La synesthésie se définit comme le fait que deux ou plusieurs sens sont associés. Ainsi la réponse à un stimulus se fait dans un mode autre que celui normalement attendu. Par exemple les synesthètes vont visualiser un son, par des formes et couleurs.

Scriabine, pianiste et compositeur russe de la fin du 19ème, visualisait une couleur par note. Voici une représentation des couleurs qu'il percevait en fonction de la note jouée :



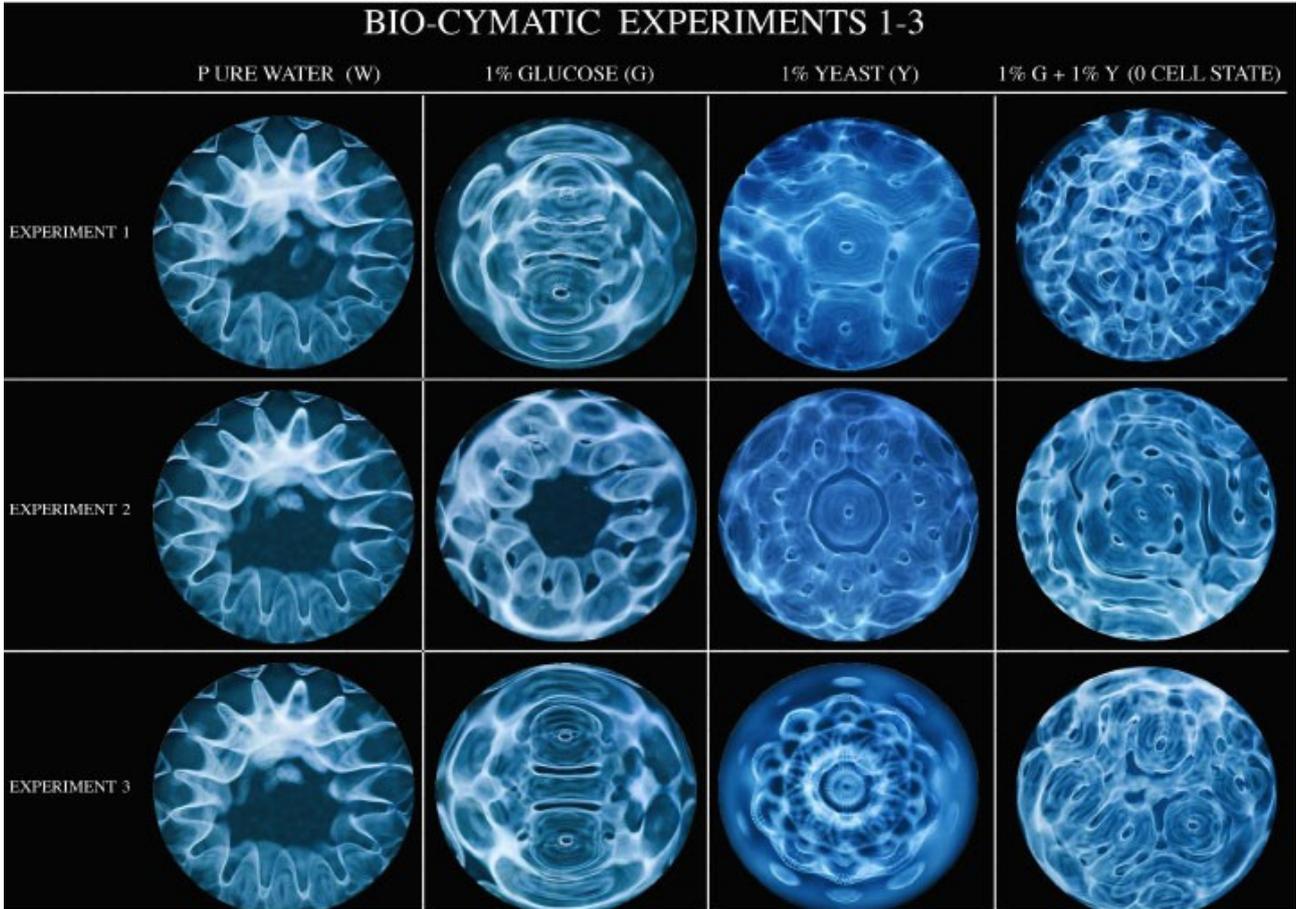
08\_Scriabin\_keyboard.png

Kandinsky était aussi synesthète. Vous trouverez sur internet, dans des encyclopédies ou la bibliothèque la plus proche de chez vous de quoi vous renseigner sur ce peintre.



09\_kandinski.jpg

En dehors de la synesthésie, il y a plusieurs autres façons de visualiser un son. Parmi eux, nous avons la cymatique. Ainsi, la biocymatique consiste à rendre visible le son avec de l'eau. C'est beau !



### 10\_Biocymatics

Cymascope, sur l'exemple ci-dessus, nous voyons la réaction de l'eau à une vibration sonore en fonction des produits ajoutés à cette eau. Il y a du glucose et de la levure utilisés ici dans cette expérience.

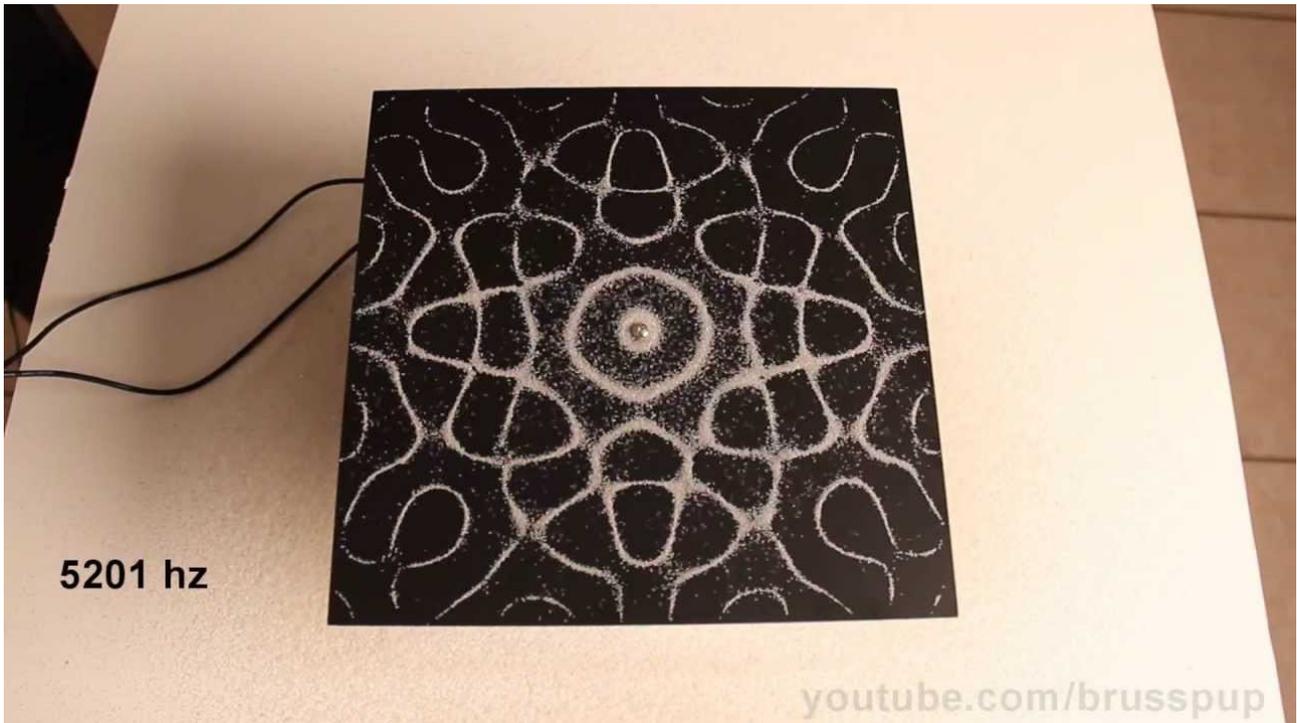
Figures de Chladni ?

Dans un registre assez proche, nous avons les « figures de Chladni ».

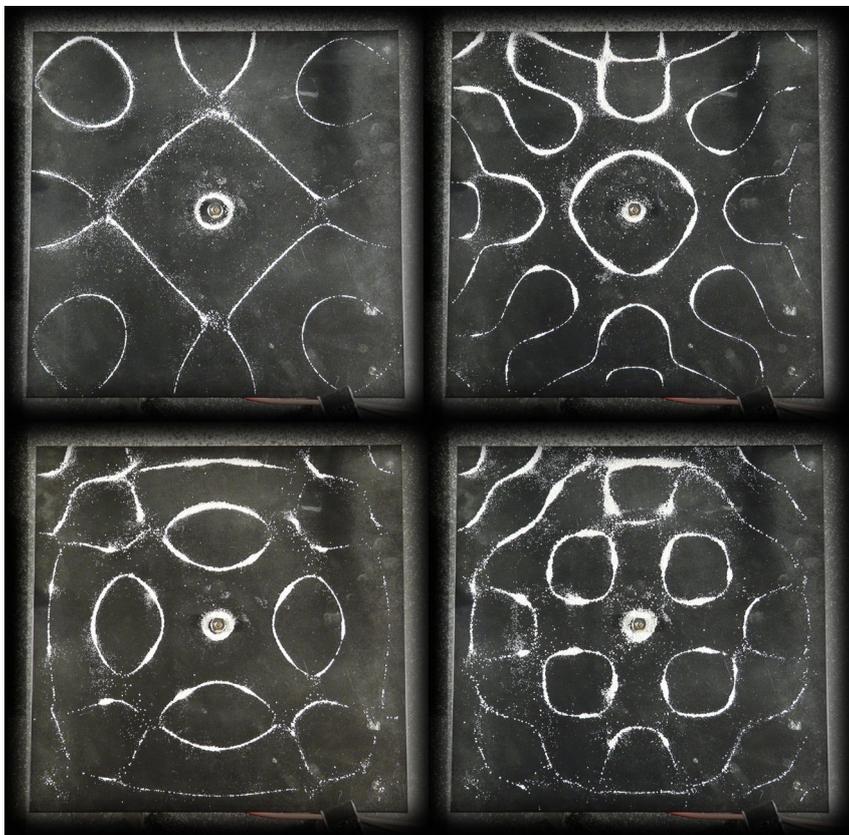
Mais voyons d'abord son vrai visage, à ce Chladni... :



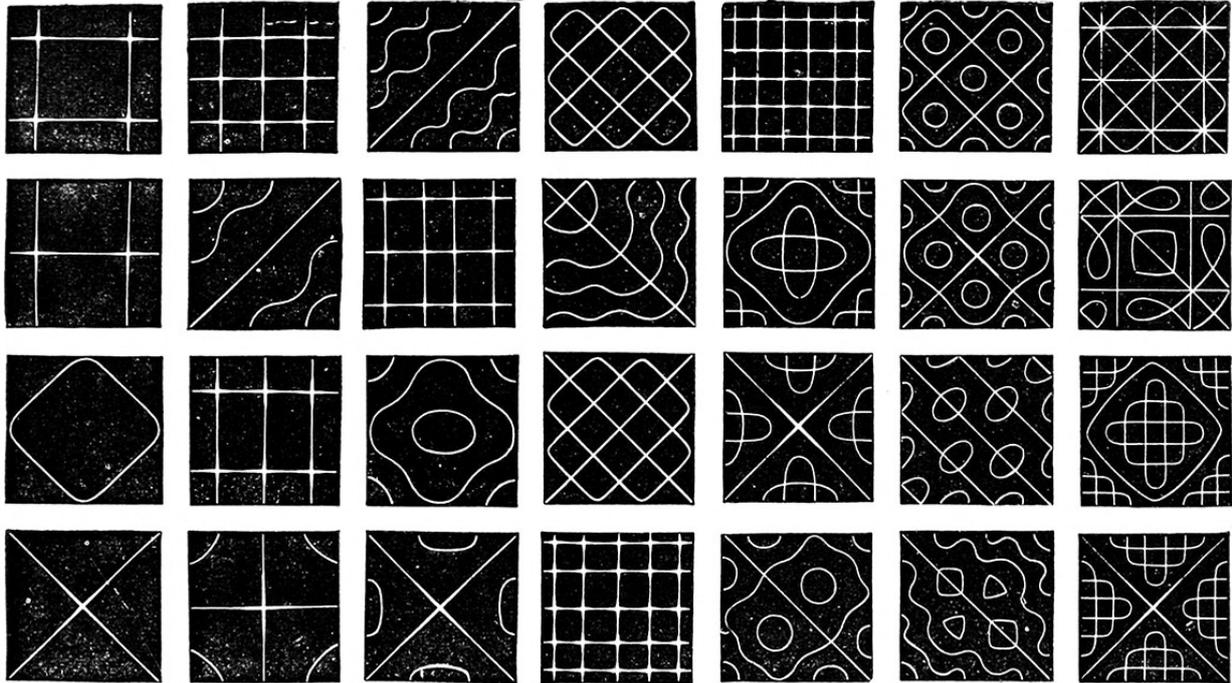
Et maintenant, des exemples des autres figures de Chladni, parce qu'il était super fort en maquillage :



11\_du-sable-sur-une-plaque-vibrante



Ces figures sont obtenues en faisant vibrer une plaque en métal à une fréquence donnée ; plaque sur laquelle on a déposé du sable ou une quelconque matière granuleuse (sel, riz, éléphants...).



### 13\_Chladni

Biographie de Ernst Chladni, rien que pour vous :

« Ernst Florens Friedrich Chladni, né le 30 novembre 1756 à Wittenberg, mort le 3 avril 1857 à Breslau, est un physicien allemand qui étudiait expérimentalement les vibrations de plaques en les saupoudrant de sable fin. Il obtenait ainsi des figures acoustiques auxquelles son nom est associé aujourd'hui. A la suite des travaux de Chladni, cette traduction du son en images a donné lieu à de nouvelles recherches, synthétisées par Hans Jenny sous le nom de cymatique. » ([Paperblog](#), 2012)

Vous pouvez approfondir ce chapitre en allant voir l'émission Genius intitulée « Du sable dansant ».

Des synthétiseurs visuels ?

Il existe des synthétiseurs qui transforment les images en sons.



14\_ANS-Synthesizer.jpg



15\_ANS\_Synthesiser,\_Glinka\_Museum.jpg

C'est une idée qui a été concrétisée dès le deuxième tiers du XXème siècle avec le synthétiseur A.N.S. Ce synthé a été créé par Evgeny Murzin entre 1938 et 1958. A.N.S., ces trois lettres sont les initiales de Alexandre Nikolayevich Scriabin, le lien avec la synesthésie de ce dernier faisant.

Il existe une émulation virtuelle de ce synthétiseur qui s'appelle « Virtual ANS ». Cette émulation est libre et en donation. Vous pouvez importer une image et la faire jouer par le logiciel à la manière d'une partition. Il est aussi possible de dessiner ce que vous voulez entendre...

Pour plus de renseignements, allez faire un tour sur le site du projet : <https://warmplace.ru/soft/ans/>.

« Virtual ANS is a software simulator of the unique Russian synthesizer ANS - photoelectronic microtonal/spectral musical instrument created by Russian engineer Evgeny Murzin from 1938 to 1958. Murzin named his invention in honour of the composer Alexander Nikolayevich Scriabin.

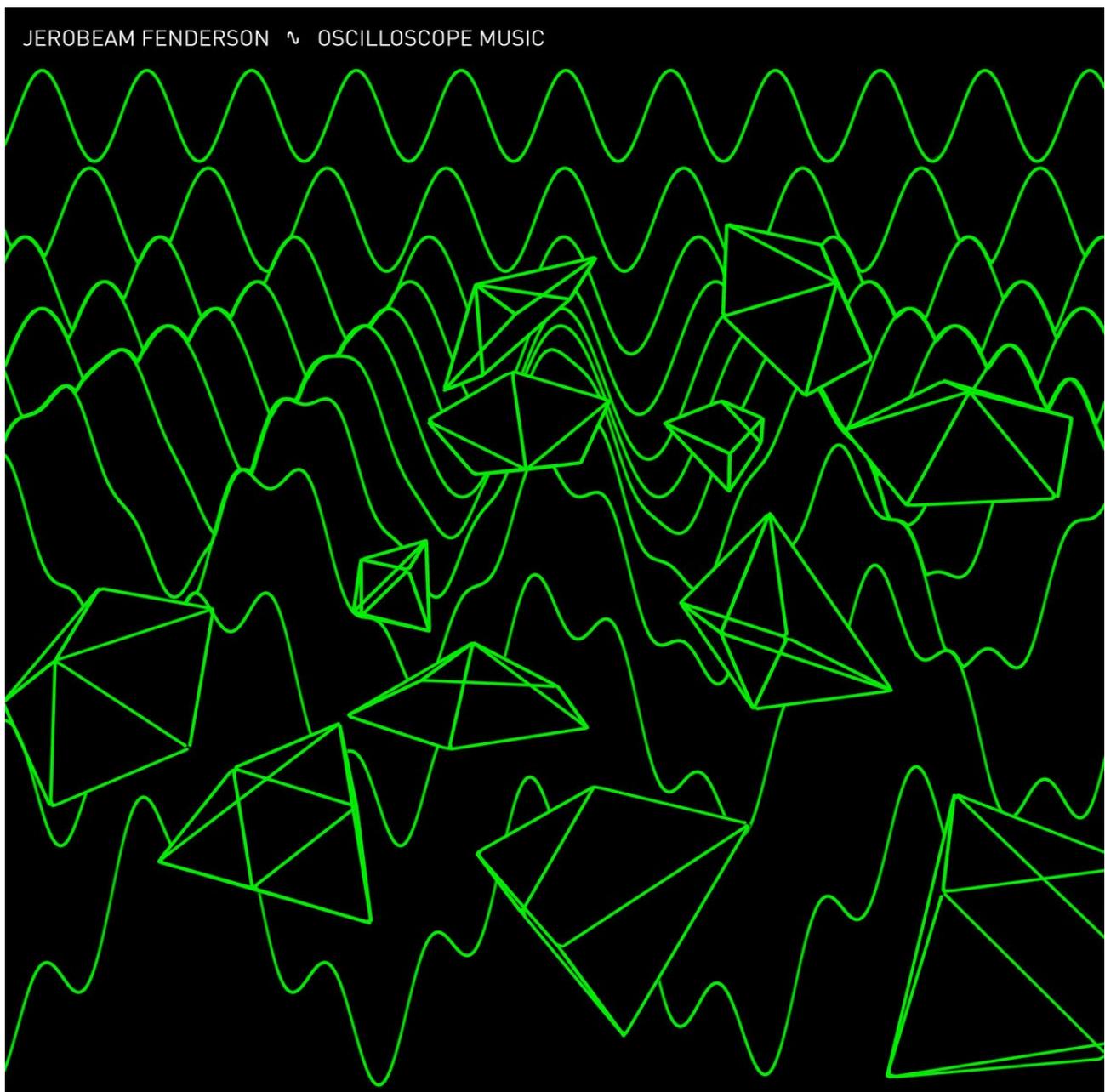
The instrument was used by Stanislav Kreichi, Alfred Schnittke, Edward Artemiev and other Soviet composers.

You can hear the sound of the ANS in Andrei Tarkovsky's movies Solaris, The Mirror, Stalker. »

« Virtual ANS est un logiciel qui simule le synthétiseur assez unique ANS ; qui est un instrument microtonal et spectral créé par l'ingénieur russe Evgeny Murzin de 1938 à 1958. Murzin a nommé son invention en hommage au compositeur Alexandre Nikolayevitch Scriabin. Cet instrument a été utilisé par Stanislav Kreichi, Alfred Schnittke, Edward Artemiev et d'autres compositeurs soviétiques.

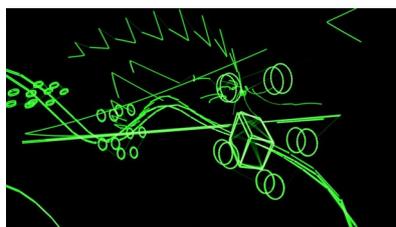
Vous pouvez entendre le son de l'ANS dans des films d' Andrei Tarkovsky tels que Solaris, The Mirror ou encore Stalker. »

(Source: [https://www.warmplace.ru/wiki/virtualans:manual\\_en](https://www.warmplace.ru/wiki/virtualans:manual_en), traduction de l'auteur)



16\_oscillo\_music.jpg

On trouve aussi des travaux sur la relation entre image et son avec des œuvres comme celles de Jerobeam Fenderson. Son site <https://oscilloscopemusic.com/> présente donc les travaux de ce dernier ainsi que le logiciel créé pour permettre de composer de la musique à visualiser sur oscilloscope monochrome.



17\_oscillo\_music.jpg

Enfin, nous ne saurions que trop vous conseiller le documentaire d'ARTE qui se nomme « La magie du son » en complément de la lecture que vous venez de terminer.  
Et bonne journée à vous !