

# Les sons créateurs de formes : Ont-ils participé à la formation de l'univers?

**Alain Boudet**

Dr en Sciences Physiques

[www.spirit-science.fr](http://www.spirit-science.fr)

9 mai 2012

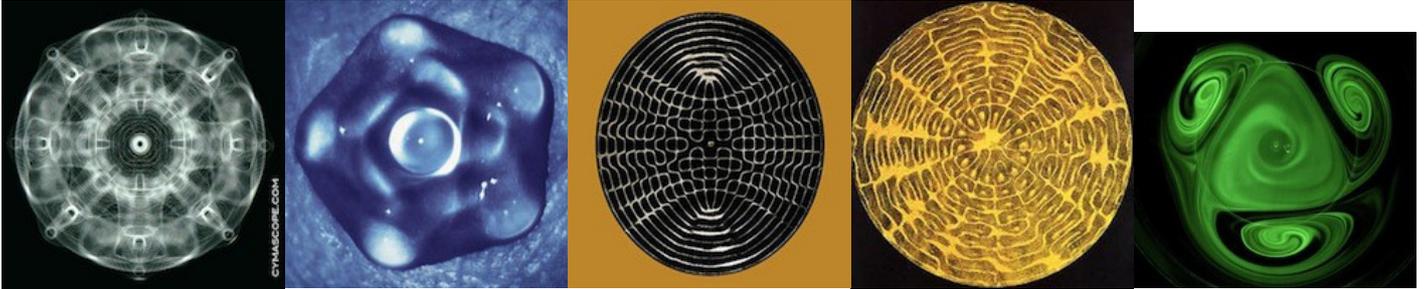
*Lorsqu'une plaque sur laquelle on a déposé du sable ou un liquide est soumise à une vibration ou à un son, le sable ou le liquide s'arrangent en d'extraordinaires **figures géométriques**. Ces figures sont segmentées en cellules symétriques d'autant plus fines et complexes que la fréquence vibratoire est élevée. Des gouttes d'eau isolées pulsent et s'organisent en **polyèdres**. Par ce procédé, le son est transcrit en formes. La **voix humaine** produit de merveilleuses figures et l'on peut suivre les formes d'une musique. Beaucoup de ces figures acoustiques sont analogues à des formes que l'on trouve dans les végétaux et les animaux, et aussi dans les planètes et les crop-circles. Se pourrait-il que l'**univers** et la nature aient été créés par des sons, comme le rapportent les mythes de nombreuses traditions?*

## Table des matières

Les formes résonnantes des plaques vibrantes.....	4
Les découvreurs des formes sonores.....	4
Formes de résonance d'une corde en vibration.....	5
Les figures acoustiques de Chladni.....	6
La voix humaine et le tonoscope.....	8
Formes résonnantes d'une guitare.....	8
Formes vibratoires dans l'air.....	9
Rivières de sable.....	10
Formes mouvantes des liquides visqueux .....	10
Films d'eau.....	11
Gouttes d'eau.....	12
Tourbillons polygonaux dans un liquide en rotation.....	13
Rupture de symétrie.....	14
Réseau cellulaire d'un liquide chauffé.....	14
Davantage de structures sonores.....	14
Les formes des organismes dans la nature.....	15
Les diagrammes sonores des crop circles.....	16
Structures géométriques des planètes.....	17
Le monde a été créé par le son .....	18
La substance primordiale et la géométrie sacrée.....	19
Annexes	
Instruments photosoniques de Jacques Dudon.....	20
Résonance.....	21
Ondes voyageuses.....	21
Ondes stationnaires.....	22
En savoir plus.....	22

Les sons peuvent-ils se manifester par des formes? Compte tenu de leur immatérialité, cela ne semble guère possible. Ils se propagent partout dans l'espace de façon invisible. Toutefois, si on leur prête un peu plus attention, on remarque qu'un son possède une structure qui se déroule dans le temps. Il a un début, un rythme et une fin et nous pourrions parfois dessiner cette forme qui se déploie dans l'espace. Il semble naturel que **des structures rythmiques inscrites dans le temps puissent avoir des correspondances avec des structures géométriques inscrites dans l'espace**. Nous allons explorer comment s'effectue cette correspondance et dans quelles conditions.

Commençons en contemplant ces quelques images.



La première image représente un film d'eau déposé sur une membrane ronde en latex soumise à une vibration de 19 Hertz, éclairé par une lampe installée au-dessus. On voit en blanc les reflets de l'éclairage (Photo [Erik Larson](#))

La deuxième image représente une grosse goutte d'eau déposée sur une surface plate soumise à une vibration de quelques dizaines de Hertz, éclairée par une lampe installée au-dessus. (Photo [Alexander Lauterwasser](#), *Images sonores d'eau*)

La troisième image représente une plaque ovale en acier, de longueur 23 cm, sur laquelle on a déposé du sable fin et qui vibre à 12'301 Hertz. On voit en blanc la figure dessinée par le sable (Photo [Alexander Lauterwasser](#), *Images sonores d'eau*)

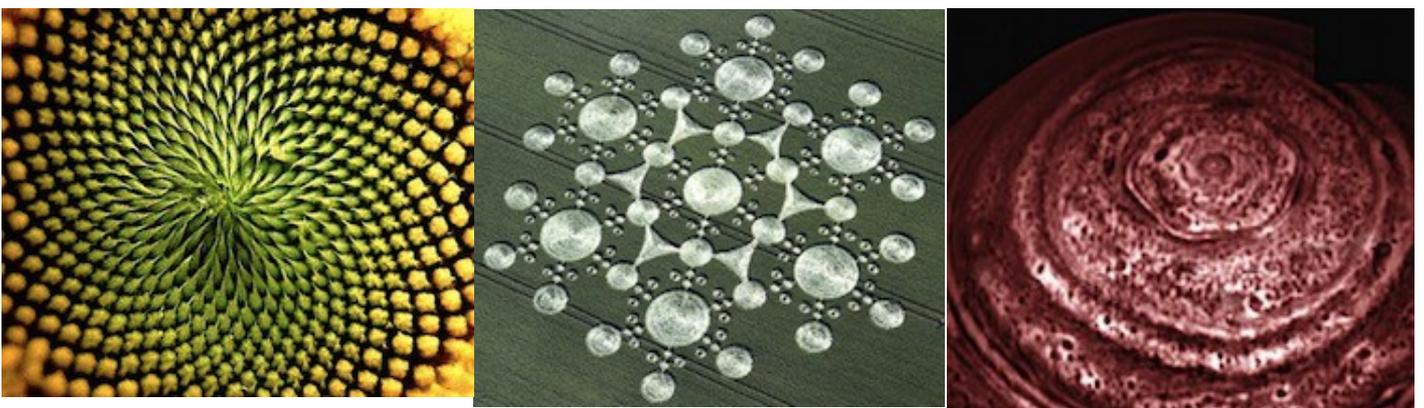
La quatrième image représente une plaque ronde en acier, de 32 cm de diamètre, sur laquelle on a déposé du sable fin et qui vibre à 8200 Hertz. (Photo [Hans Jenny](#), *Cymatics* p. 46)

Les vibrations qui animent ces plaques et membranes (10 à 13'000 Hz) correspondent à des fréquences audibles (voir article [Sons: hauteur et fréquence](#)). Pendant l'expérience, on entend le son correspondant à la vibration du support.

La cinquième image représente de l'eau entraînée à grande vitesse dans un récipient circulaire, à laquelle on a ajouté un colorant fluorescent. (Photo [Peter Rhine](#))

Toutes ces images ont en commun de montrer **de merveilleuses figures géométriques**. Elles ne se produisent que dans certaines conditions précises. **Comment ont-elles été créées?** Nous allons exposer cela en détail.

Contempons maintenant cet autre lot d'images.



La première montre le cœur d'une fleur de tournesol. (Photo [Département d'Ethnologie](#) de l'Université de La Réunion)

La deuxième montre un diagramme imprimé dans un champ de blé, d'une taille d'environ 60 m. L'apparition de telles figures appelées aussi *crop circles* est un phénomène surprenant et prolifique, visible chaque année en Angleterre et dans le monde depuis des dizaines d'années. (Photo ©John Montgomery, [Crop Circle Connector](#))

Enfin la troisième représente la photographie en rayons infrarouges du pôle nord de la planète Saturne. (Photo [NASA / JPL / U. Arizonay](#))

Ces images sont donc à 3 échelles complètement différentes. Leurs formes sont construites sur des lois géométriques précises qui ont de grandes similitudes avec les figures sonores et vibratoires montrées plus haut. Est-ce seulement un hasard? Ou bien **les similitudes de formes nous indiquent-elles une similitude de causes?** Nous nous aventurerons un peu plus dans ce questionnement.

## Les formes résonnantes des plaques vibrantes

Tout d'abord, aventurons-nous dans le monde des plaques qui vibrent.

Si nous frappons une **plaque métallique mince**, posée de telle sorte qu'elle ne soit pas amortie par un contact, elle se met à vibrer pendant un moment. Généralement cela produit un son qui est soit un bruit soit quelque chose de plus musical, une note continue. Puis la vibration s'atténue et s'arrête.

Il existe un procédé facile à mettre en œuvre pour VOIR les vibrations de la plaque. Il consiste à **saupoudrer la plaque avec une poudre fine**: sable, sel ou semoule, par exemple.



Merci à [Wikimedia - Pieter Kuiper](#)

Il y a différentes façons de **faire vibrer la plaque**. Lui donner un choc ne suffit pas car la vibration s'éteint rapidement. Il faut que **la vibration soit entretenue** pour que les grains de poudre aient le temps de se déplacer et de s'organiser. Une méthode simple est de placer la plaque au-dessus d'un **haut-parleur**, dont on peut faire varier à volonté la hauteur du son émis. On peut aussi utiliser un **vibreux électromagnétique**, sort de haut-parleur sans membrane, alimenté par un générateur électronique de courant (plus de renseignements sur le fonctionnement d'un haut-parleur dans [Nature du son](#)).

Sous l'effet des secousses transmises par le son, les grains se déplacent comme lorsqu'on secoue légèrement un tapis. Ils se rassemblent dans les endroits les plus calmes et y forment des lignes.

**Pour certaines fréquences précises, les lignes** divisent la plaque en cellules souvent symétriques et **dessinent des figures géométriques**

**impressionnantes.**

Nous allons explorer ces figures de plus près. Pour cela, nous profiterons des observations des pionniers, Chladni, Waller, Jenny, Lauterwasser. Ils les ont mis en évidence, en ont été émerveillés et passionnés.

## Les découvreurs des formes sonores

Historiquement, le premier à mettre en évidence les formes vibrantes des plaques a été un physicien allemand, **Ernst Chladni** (prononcez *kladni*, 1756 - 1827). [Chladni](#) est le fondateur de l'acoustique moderne. Il a publié ses études dans son *Traité d'acoustique* (1802).

Sa façon d'opérer était un peu différente de ce qu'on vient d'exposer puisqu'il ne disposait pas de haut-parleurs. Il prenait une plaque de verre ou de cuivre, de forme carrée ou autre, fixée sur un axe en son centre. Après l'avoir saupoudrée de sable, il la stimulait **en frottant le bord de la plaque avec un archet de violon**. En faisant varier la force de frottement, sa vitesse et son point d'application, il a obtenu de nombreuses figures variées.

Plus tard, **Mary Desiree Waller** (décédée en 1959), professeur de physique à l'École de médecine du Free Hospital de Londres, s'est prise de passion pour le travail de Chladni. Elle a étudié toutes ses figures avec une rigueur scientifique en les analysant par les mathématiques. Elle a aussi utilisé de nouvelles méthodes d'excitation de la plaque. Elle a publié ses études dans son livre *Chladni Figures, a Study in Symmetry* (1961).



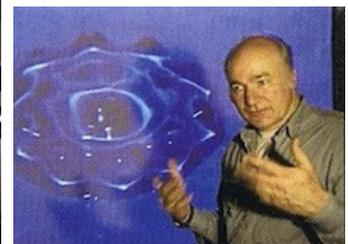
*E. Chladni en démonstration*



*Mary Desiree Waller  
Merci à [Cymascope](#)*



*Hans Jenny  
Merci à H. Jenny,  
[Cymatics](#)*



*Alexander Lauterwasser*

Un peu après, **Hans Jenny** (1904 - 1972) reprend lui aussi ces expériences et explore d'autres champs avec des conditions techniques améliorées. Il était à la fois médecin, artiste peintre, musicien et s'inspirait des visions philosophiques de Goethe et de Rudolf Steiner. En 1967, il donne un nom à cette étude: la **cymatique**, qu'il définit comme la manière dont les vibrations génèrent et influencent les dessins sur des supports vibrants. Il a publié un livre en anglais et en allemand: *Cymatics*.

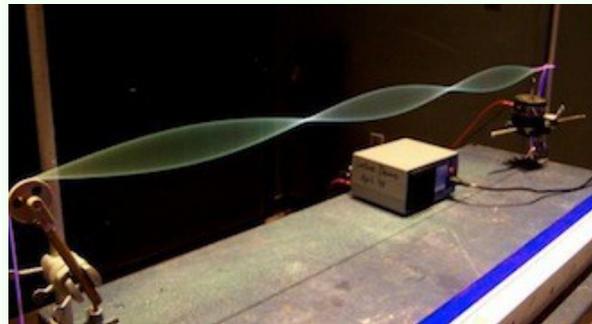
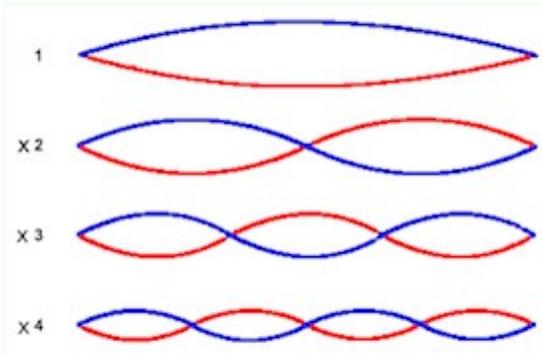
Pour mettre les plaques métalliques et les membranes en vibration, Jenny emploie un cristal piézoélectrique qui vibre en contact avec le support. Un **cristal piézoélectrique** est un cristal tel le quartz (voir [Géométrie cristalline](#)) qui se déforme lorsqu'il est soumis à une tension électrique. Grâce à ce système, Jenny peut à volonté faire varier la fréquence de la vibration, sa force (ou amplitude) et la durée de son application. Il peut aussi choisir précisément l'endroit où il place le cristal sur la face inférieure de la plaque: au centre, à la périphérie ou ailleurs. Il expérimente les figures obtenues avec divers types de poudre (sable, spores, limaille de fer). Il innove en testant aussi des liquides (eau et substances visqueuses). Ses études sont poussées par son émerveillement pour les forces et les formes de la nature. Il est frappé par leur ressemblance avec des figures cymatiques, de la biologie à l'astrophysique.

**Alexander Lauterwasser** (né en 1951) est lui-aussi un chercheur philosophe amoureux du son et des formes, psychologue de formation et habile expérimentateur. Il a publié un livre traduit en français: *Images sonores d'eau*. Il reprend les observations de Chladni et de Jenny, avec méthode et passion, et en élargit les conditions expérimentales. Il utilise un nouveau vibreur électromagnétique adapté à ses supports. Ses interrogations portent principalement sur l'eau et sur la genèse des formes biologiques (*morphogenèse*).

## Formes de résonance d'une corde en vibration

Pour mieux comprendre ce qui se passe quand une plaque se met à vibrer, faisons l'expérience avec un objet plus simple, une **corde**. Plus simple parce qu'une plaque vibre à la fois dans sa longueur et sa largeur (en 2 dimensions) alors qu'une corde ne vibre qu'en longueur (une seule dimension). De plus la vibration de la plaque rigide est très petite et difficilement visible à l'œil nu alors que celle de la corde est bien visible.

Observons donc une **corde sur une guitare** que l'on excite en la poussant ou pinçant. Elle émet une note. Pendant que le son est émis, nous la voyons effectuer des mouvements rapides de haut en bas. Ils sont si rapides que notre œil ne peut pas les suivre et que nous voyons un fuseau. En réalité, la corde passe alternativement d'une position (représentée en bleue sur la figure ci-dessous) à une autre (représentée en rouge). La forme globale de fuseau provient de l'impression durable que produit l'image sur notre rétine.



*A droite les formes créées à différentes fréquences de résonance. Les fréquences sont en rapport simple. 2 fois plus grande pour faire 3 fuseaux.*

*Onde stationnaire de 3 fuseaux sur une corde tendue entre 2 supports. Le support de droite est agité par un moteur. Corde d'1,5 m, enduite de craie fluorescente.*

*Merci à Harvard Natural Sciences*

Afin d'observer ces fuseaux plus aisément, nous transposons cette expérience sur une **corde tendue entre deux supports**. L'un des supports est **agité verticalement** par un moteur (comme une main qui agite une corde à sauter, sauf que l'agitation reste dans le plan vertical, on ne fait pas tourner). Cette agitation est **entretenu**. On peut choisir la vitesse d'agitation et sa force (son amplitude).

Plus on agite vite, plus on fait d'allers et retours par minute ou par seconde. Le nombre d'**allers - retours par seconde** s'appelle la **fréquence**. Elle est exprimée en **Hertz** (abréviation Hz).

Ici, on ne s'occupe pas de savoir si la vibration produit ou non un son comme une corde de guitare. On peut toutefois dire qu'elle sera peut-être audible si sa valeur est située parmi les fréquences audibles (voir [article Sons: hauteur et fréquences](#)).

Commençons par agiter la corde lentement et augmentons la vitesse progressivement. Pour une certaine fréquence qui reste faible (15 Hz dans le cas du montage expérimental de la figure), et uniquement pour cette fréquence, nous obtenons un seul fuseau. Même si le fuseau reste globalement à la même position, la corde n'a rien d'immobile. Mais le mouvement a lieu sur place. On dit qu'il est **stationnaire**.

Si nous augmentons la fréquence, nous perdons cette forme stationnaire et l'agitation devient chaotique. Continuons à augmenter la fréquence. Brusquement, une deuxième forme stationnaire prend place avec 2 fuseaux, puis une autre avec 3, etc.

Les fuseaux ont une position fixe sur la corde, car les points entre deux fuseaux, appelé **nœuds** par les physiciens, sont quasi-immobiles. On pourrait y déposer une fourmi sans qu'elle soit trop dérangée. Par contre entre ces nœuds, la corde oscille de haut en bas et de bas en haut. En plein centre d'un fuseau, c'est l'agitation maximum, c'est un **ventre**. Plus forte est l'agitation, plus grande est l'amplitude du ventre.

**Les valeurs des fréquences qui créent les fuseaux sont spéciales. Pour ces fréquences, la corde est entrée en résonance avec l'agitation entretenue.** (voir en [annexe 2](#) ce qu'est une résonance)

Repérons la valeur de la fréquence qui produit un seul fuseau (par exemple ici 15 Hz). Celle qui produit 2 fuseaux est le double (15x2), celle qui produit 3 fuseaux est le triple, etc. Ces fréquences **sont toutes multiples les unes des autres**. On les appelle des **fréquences harmoniques** (voir article [Timbre et harmoniques](#)).

En conclusion, **la mise en vibration mécanique de la corde crée des formes stationnaires dans l'espace, qui ont lieu seulement à certaines fréquences spécifiques, en résonance avec la corde. La valeur de ces fréquences est liée à la fois à la matière de la corde et à sa longueur.**

## Les figures acoustiques de Chladni

Revenons maintenant aux plaques métalliques et à leurs figures acoustiques.

Observons d'abord comment se forme une figure acoustique. Prenons une plaque carrée que nous saupoudrons de sable fin. Quand nous mettons le vibreur en route, **la poudre se met à bouger, s'écoule, se rassemble peu à peu à certains endroits**. Augmentons lentement la fréquence. La poudre bouge encore, des courants apparaissent, elle s'organise. Puis, **pour une fréquence particulière, une figure géométrique se forme nettement**. Restons à cette fréquence pour la contempler.

Les lignes où le sable se rassemble sont des zones calmes, l'équivalent des nœuds de la corde. Ce sont les **lignes nodales**. Ailleurs, la plaque oscille verticalement. La formation de ces figures est l'indication que des **ondes stationnaires** se sont établies dans la plaque (voir [annexe 4](#)).

Les figures acoustiques obtenues sont extrêmement variées. Nous allons examiner comment elles dépendent des conditions de l'expérience: fréquence de la vibration et forme des plaques. Elles sont reproductibles lorsqu'on utilise le même appareillage dans les mêmes conditions.

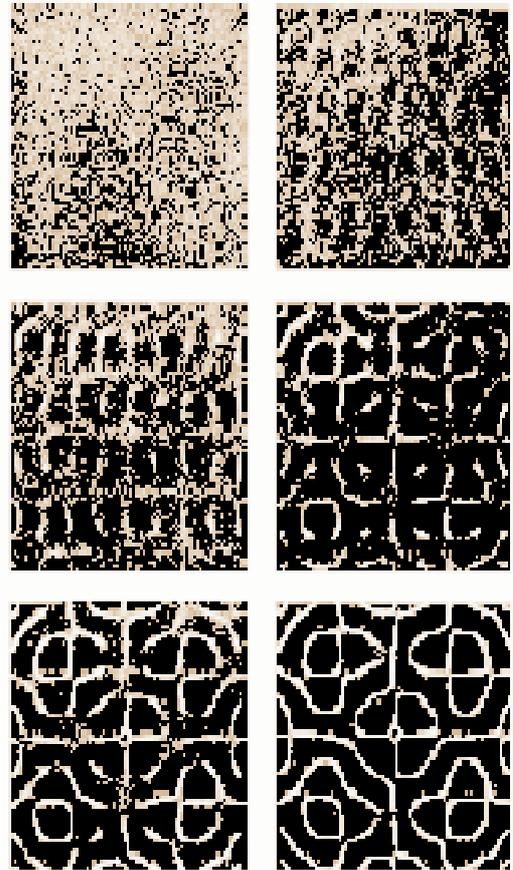
### Suite de fréquences résonnantes

Si nous augmentons progressivement la fréquence de vibration, plusieurs figures géométriques apparaissent successivement et soudainement. Ces figures sont toutes différentes. Toutefois, on y retrouve souvent un même motif de base.

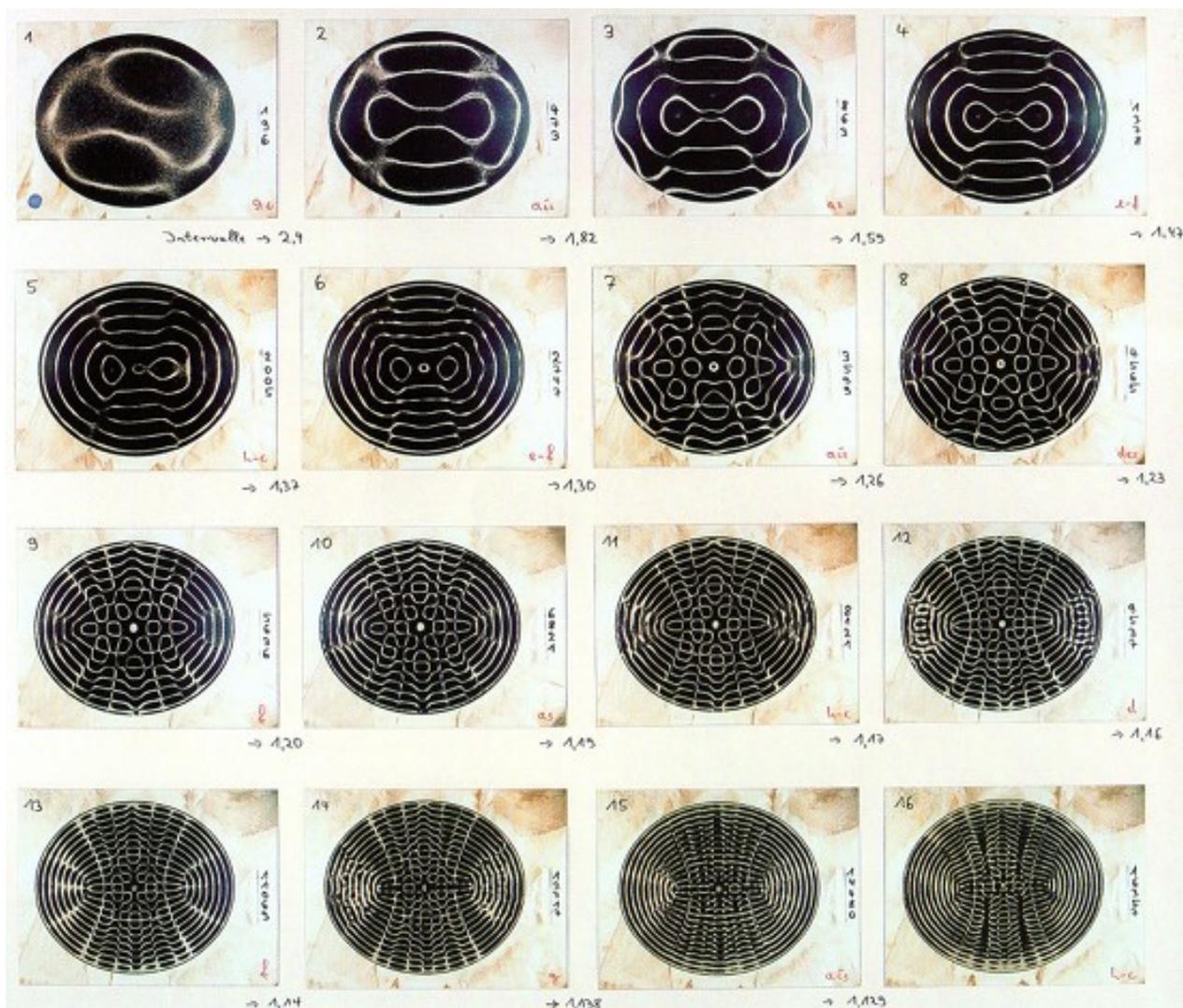
**Les figures géométriques n'apparaissent que pour certaines valeurs précises des fréquences de vibration.** Ces valeurs sont spécifiques du montage expérimental, donc en particulier de la plaque-support choisie.

Les fréquences graves produisent des figures simples. Plus la fréquence est élevée, plus le nombre d'éléments qui composent la figure est grand. Ces éléments sont donc de plus en plus petits. Les lignes sont de plus en plus rapprochées et de plus en plus fines.

Contrairement au cas de la corde tendue, les **fréquences de résonance** de la plaque ne sont pas multiples d'une fréquence fondamentale et on ne peut pas les qualifier d'harmoniques au sens mathématique du terme. Les modes vibratoires d'une surface sont plus complexes que ceux d'un fil.

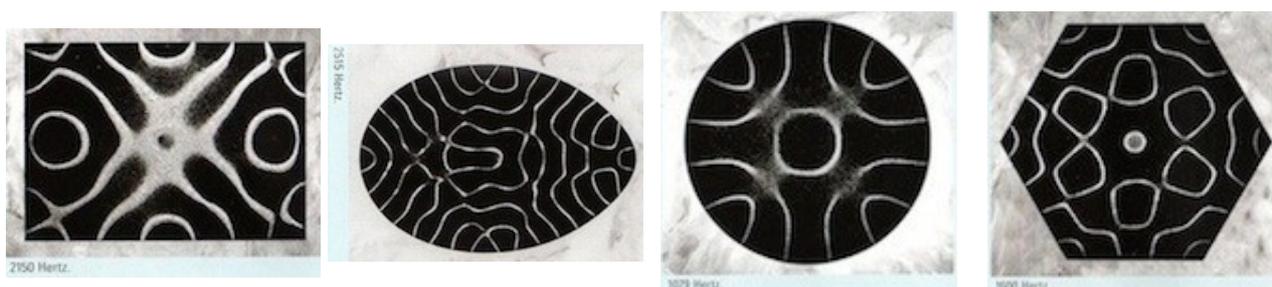


*Sous l'action de la vibration d'un cristal sur une plaque (7560 Hz), le sable bouge et se met en place peu à peu (de haut en bas) jusqu'à former une figure stationnaire. Plaque d'acier de 31x31 cm  
© Cymatics, H. Jenny*



Figures acoustiques apparaissant pour des fréquences croissantes, de gauche à droite et de haut en bas. Le chiffre inscrit verticalement à droite de chaque figure donne la fréquence en Hz, de 196 à 16357. Le chiffre inscrit en-dessous à droite indique le rapport entre 2 fréquences successives.

Photos © A. Lauterwasser, Images sonores d'eau



Figures acoustiques pour des plaques de formes différentes. De gauche à droite, fréquences voisines de 2150, 2515, 1079, 1600 Hz.

Photos © A. Lauterwasser, Images sonores d'eau

## Forme et nature de la plaque

Les figures de résonance changent spectaculairement si les réalise sur des plaques de formes différentes. Chladni et ses successeurs ont testé des plaques carrées, rectangulaires, triangulaires, circulaires, ovales. L'épaisseur de la plaque intervient également. On obtient une très grande variété de figures.

Dans une figure de résonance, on peut généralement distinguer **deux ensembles de lignes nodales**. Les unes rayonnent à partir du centre (lignes radiales). Les autres suivent plus ou moins la forme extérieure, du moins à la périphérie. Les différences d'une plaque à l'autre ont lieu principalement à la périphérie. Le motif central est moins influencé et semble être une forme fondamentale liée à la fréquence.

La taille de la plaque a également une influence. Des expériences ont été rapportées avec des plaques de quelques centimètres à plus de 50 cm.

Les figures dépendent aussi de **l'endroit où est fixé le vibreur** sur la plaque (le plus souvent au centre, à un coin, ou n'importe où). Si la plaque est posée sur un support fixe, comme dans les expériences de Chladni, elle est excitée à un autre endroit par l'archet et l'emplacement de cet endroit a une influence. On peut aussi immobiliser certains endroits du bord de la plaque en y posant le doigt.

Si l'on procède avec des **plaques faites dans des matières différentes**, les valeurs des fréquences auxquelles les résonances se produisent sont modifiées, mais les figures restent assez semblables. Des expériences ont eu lieu avec du cuivre, de l'acier, du verre, du bois, du carton, de la terre cuite, du PVC. Si des **inhomogénéités** de matière sont présentes dans la plaque, elles déforment localement la structure géométrique.

Cette possibilité d'agir sur tous ces paramètres expérimentaux fournit une variété inépuisable de figures.

**Note:** J'attire l'attention sur le fait que nous nous sommes intéressés aux formes de deux façons différentes. Il y a d'abord la forme que possède la plaque **au repos** (ronde, carrée, ovale, etc.) ou la corde au repos (une ligne droite). **Tout objet possède sa forme propre**, tel qu'il est construit. Lorsque l'objet est mis en mouvement, **il vibre, oscille, ondule et passe par un ensemble de formes modifiées**. Lorsque la vibration est stationnaire, cela crée une autre **forme oscillante globale** (les fuseaux de la corde, les figures de Chladni). Il est important de ne pas les confondre. La forme stationnaire dépend de la forme au repos, de sa fréquence d'excitation et des autres paramètres cités ci-dessus.

## La voix humaine et le tonoscope



A gauche, un type de tonoscope

Merci à [Gunesin tam icinde](#)

A droite, une figure obtenue avec la voyelle **A**.

Photo © Cymatics, H. Jenny

Si au lieu d'une plaque, on choisit un support flexible tel qu'un **film plastique**, une membrane, il est **beaucoup plus sensible** aux sollicitations mécaniques. Un simple mouvement de l'air tel qu'un son peut le faire bouger. Il peut donc réagir au son d'un haut-parleur ou directement au son de la voix humaine.

C'est sur ce principe que Jenny a inventé un petit appareil très simple, sans aucune électronique, le **tonoscope**. La membrane plastique est fixée sur l'ouverture d'un vase creux. On y dépose de la poudre. L'utilisateur émet des sons ou des chants par le canal qui débouche dans le vase.

Lorsqu'on émet un son continu de type voyelle, **se forme l'image physique de la vibration de cette voyelle**. Il est intéressant de faire varier la hauteur du son pour chercher les meilleures résonances. Les formes obtenues, je le rappelle, dépendent non seulement du son émis mais aussi des caractéristiques de la membrane elle-même.

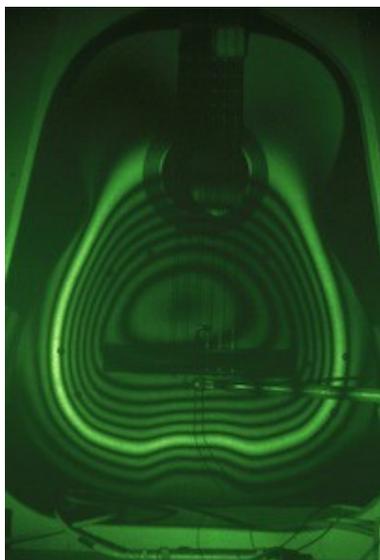
Si l'on chante lentement une mélodie, on voit la figure acoustique se modifier et suivre la mélodie. On peut ainsi "voir" toute une mélodie, tout en l'écoutant. Jenny a proposé que ce dispositif serve d'aide dans l'éducation sonore des mal-entendants.

## Formes résonnantes d'une guitare

La méthode consistant à saupoudrer une plaque ou une membrane pour en visualiser les formes vibrantes peut être appliquée aux instruments de musique à cordes. Sous l'effet de la vibration de la corde, la caisse de résonance d'une guitare ou d'un violon se met à vibrer dans son ensemble. Avec du sable sur des plaques de bois découpées en forme de table d'harmonie (la plaque de dessus) d'une guitare ou d'un violon, on a obtenu des figures qui sont bien différentes selon les fréquences de résonance (*voir des exemples dans le site de [Joe Wolfe](#)*). La visualisation des vibrations stationnaires fournit des renseignements précieux au fabricant (le luthier) car la qualité du son de l'instrument dépend de ces modes de vibration.

Les techniques électroniques actuelles mettent à notre disposition des appareils plus élaborés qui permettent de **visualiser ces formes directement sur l'instrument** sans ajouter de poudre. Ils détectent des amplitudes d'oscillations aussi petites que quelques micromètres. L'instrument est éclairé par un rayon laser qui est réfléchi et on photographie la différence entre l'image de l'instrument au repos et de l'instrument en vibration. C'est la technique appelée **interférométrie**.

L'illustration montre comment vibre une table de guitare. Les zones claires sont les zones de repos, les lignes nodales. Elles dessinent des figures qui sont en rapport avec les contours extérieurs de la table au repos. On remarque que plus la fréquence est élevée, plus **la vibration se segmente en cellules**, d'abord 2, puis 4 ou 10, de plus en plus petites.



*Modes vibratoires d'une table d'harmonie de guitare pour 3 fréquences de valeurs croissantes de gauche à droite. La vibration est provoquée, non pas par la corde, mais par un vibreur posé directement sur le bois (le bâton au bout blanc). Les parties claires correspondent aux zones au repos et les parties sombres aux zones en mouvement. Visualisation par interférométrie holographique: interférence de 2 images (guitare au repos, et en vibration) dont chacune est un hologramme. On obtient un hologramme en illuminant l'objet avec un rayon laser qui suit deux chemins différents et se recombine sur la plaque d'exposition photographique.  
Photos © B. Richardson, Université de Cardiff, Royaume Uni. Merci à [BBC News](#), mai 2011*

## Formes vibratoires dans l'air

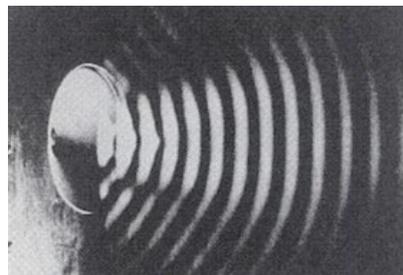
Nous entendons les sons parce qu'ils se propagent dans l'air jusqu'à nos oreilles. L'air vibre et la vibration voyage (*voir annexe 3 [Ondes voyageuses](#)*). Peut-il exister aussi des ondes stationnaires, des structures géométriques inscrites dans l'air?

Une onde stationnaire est possible si elle est contenue dans une forme au repos (*voir annexe 4 [Ondes stationnaires](#)*). Dans l'air, il peut y avoir une ou des ondes stationnaires dans un volume fermé, tel qu'une boîte ou une salle. On peut les mettre en évidence dans une petite boîte ou un tube dont les parois sont disposées à une distance contrôlée.

### Le tube de Kundt

L'expérience a été effectuée dans un tube transparent par le physicien allemand **August Kundt** (1839 - 1894). Le tube est rempli d'une fine poussière de talc. Pour faire l'expérience actuellement, on peut aussi y mettre de la mousse de polystyrène ou de la poudre de liège. À l'une des extrémités du tube, on place un haut-parleur qui émet un son continu dont on peut choisir la hauteur (la fréquence) et le volume. N'ayant pas de haut-parleur, Kundt agissait sur la longueur du tube qu'il modifiait avec un piston.

Lorsque la longueur du tube et la fréquence du son sont en résonance, la poudre se déplace et s'accumule aux noeuds. Les molécules d'air qui dansent qui sont calmes aux nœuds et remuantes aux ventres, alternant surpressions et dépressions. **La structure stationnaire de l'air devient visible.**



*Reproduction de l'expérience du tube de Kundt. Poudre de microbilles de polystyrène mise en mouvement par un générateur de fréquences  
Merci à l'[Université du Michigan](#)*

*Photographie des figures d'ondes sonores dans l'air selon le dispositif de Kock  
Extrait de: W.E. Kock and F. K. Harvey. Bell System Technical Journal, vol. 30, 1951, p.564-587*

## Le microphone lumineux de Winston Kock

Comment rendre visible les structures de l'air qui se mettent en place devant un haut-parleur? Au moyen d'un **microphone**, qui capte la pression de l'air et ses variations là où il est placé, et les transforme en courant électrique. Habituellement, il est envoyé dans un amplificateur puis dans des hauts-parleurs. On peut aussi le numériser et l'enregistrer dans un ordinateur.

**Winston Kock** ne disposait pas d'ordinateur ni de traitement numérique. C'était un ingénieur du Centre de Recherche électronique de la NASA aux USA (1909–1982), musicien et auteur d'un livre sur l'acoustique (*Seeing sound*, Wiley-Interscience, 1971). Il a imaginé un dispositif qui transforme le courant du micro en lumière.

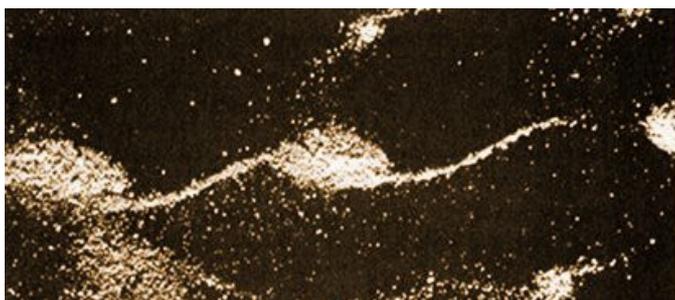
Le courant du micro alimente une petite lampe fixée sur le micro. **La luminosité de la lampe varie en fonction de la pression de l'air, donc du son capté: éteinte pour les sons faibles, pleinement brillante pour les sons forts.** Sur une table, le micro est fixé à un bras mécanisé qui balaye lentement l'espace du champ sonore devant le haut-parleur. Afin d'enregistrer le champ sonore complet sur une plaque photographique, le dispositif est installé dans une pièce noire et le temps de pose dure tout le temps de balayage soit environ 10 mn.

## Rivières de sable

Jusqu'à maintenant, nous avons concentré notre attention sur la géométrie des figures stationnaires qui se forment aux résonances, donc sur leur aspect statique. Or, dans les plaques, si les lignes nodales sont à peu près calmes, les autres parties subissent des oscillations intenses qui bousculent la poudre. Examinons ce mouvement plus attentivement.

Les grains de poudre ne sont pas seulement entraînés dans un mouvement vertical, mais poussés également latéralement. Dans les images de Jenny, les grains de sable ou de lycopodium sont propulsés un peu comme s'ils se trouvaient sur une trampoline. Dans certaines lignes nodales, de véritables courants de sable se mettent en marche.

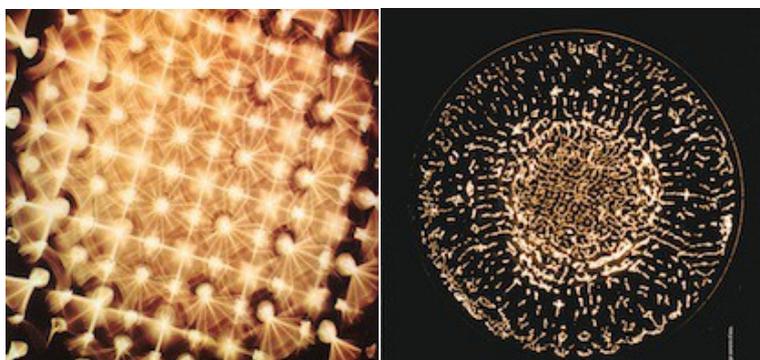
Ailleurs, se forment des tas isolés associés par paires, qui tournent sur eux-mêmes. Dans ce cas, les 2 tas tournent dans des sens opposés. Parfois, on voit le sable couler vers le tas sous forme de deux bras opposés.



*Petit tas de sable entraîné dans un mouvement de rotation, alimenté par deux bras opposés.  
© Cymatics, H. Jenny*



*Poudre de lycopodium propulsée en l'air  
© Cymatics, H. Jenny*



*Réseau structuré en nid d'abeille carré. Film d'essence de térébenthine  
Lumière polarisée avec analyseur.  
© Cymatics, H. Jenny*

*Figure obtenue dans un film d'eau dans un passage d'une musique de Karlheinz Stockhausen, Eaux-lumières  
© A. Lauterwasser, ouv. cité*

Lorsqu'on sort des conditions de résonance des figures stationnaires, le sable se déplace fortement. D'autres types de mouvements plus intenses se déclenchent selon l'intensité de la vibration. Des formes se séparent, d'autres se rejoignent. Parfois, les mouvements sont plus turbulents et les particules sont projetées, comme par une mini-tornade. Le lycopodium se comporte différemment du sable. Si on augmente suffisamment l'intensité, il se met à sauter en l'air.

Pour une meilleure illustration, voir le [film de Jenny](#) n°1, à 3mn 40s.

## Formes mouvantes des liquides visqueux

Jenny a été le premier à expérimenter l'effet des plaques vibrantes sur une variété de **liquides visqueux** et de pâtes, tels que eau glycinée et pâte de kaolin (une variété d'argile blanche). Il les

déposait sur une membrane plastique qui imprime à la matière plus de mobilité qu'une plaque métallique. C'est réellement une trampoline. Il a découvert un monde de formes en perpétuelle transformation, bien différentes de celles obtenues avec le sable. Parfois, elles ressemblent étrangement à des formes d'organismes vivants.

La matière visqueuse s'écoule en courants animés. Les lignes nodales de la membrane ne sont pas des lieux calmes pour le liquide, mais des pistes de courants turbulents. Les paysages composés par le liquide sont sans cesse en transformation. On y repère des tourbillons ou vortex (*voir Spirales et Hélices*). Lorsque la vibration est suffisamment forte et que le processus est bien établi, plusieurs tourbillons se déploient par paires, dans lesquelles les deux tourbillons tournent en sens inverse. Ils tournent d'autant plus vite que la vibration est forte.



*Liquide visqueux  
Membrane de 28 cm, 100 Hz  
© Cymatics, Hans Jenny*



*Liquide visqueux  
© Cymatics, Hans Jenny*



*Forme de disque dans un liquide très visqueux. En surface du disque, il se déplace radialement du centre vers la périphérie et il revient vers le centre par le dessous  
© Cymatics, Hans Jenny*

Les paysages se développent aussi dans la dimension verticale. A certains endroits, des collines et des vallées se forment, des vagues se propagent, des fronts avancent comme des coulées de lave. Pour de fortes amplitudes, des jets fusent, des pics s'élèvent et retombent. Parfois, dans les liquides très visqueux, naissent des figures ordonnées. Bien que la photo laisse penser qu'elles sont statiques, le film montre que la matière se déplace radialement en surface du centre vers la périphérie et revient vers le centre par le dessous.

Pourquoi les formes qui apparaissent avec les liquides visqueux sont-elles différentes des figures de Chladni? Parce que le liquide n'épouse pas la forme vibrante de la membrane. Il est propulsé en permanence et adopte ses propres formes. Le transfert du mouvement entre la membrane et le liquide est beaucoup plus lâche que le transfert de la plaque métallique au sable.

## Films d'eau

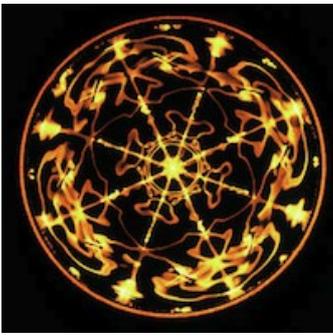
Lauterwasser a apporté une contribution remarquable dans l'étude et la contemplation des formes créées au sein de l'eau par les vibrations sonores. Il prend une coupelle de plusieurs centimètres de diamètre, la remplit d'eau sur une épaisseur de quelques millimètres, et la pose avec minutie sur un vibreur électromagnétique. L'eau se met en mouvement. Des courants, des crêtes, des creux, des tourbillons naissent et forment des structures.

Mais comment délimiter des formes dans l'eau? Où tracer des lignes? C'est la lumière d'éclairage elle-même qui se charge de les dessiner, grâce à sa réflexion sur l'eau. Une lampe est installée au-dessus de la coupelle, et une caméra filme la surface de l'eau. Lorsque les conditions sont finement réglées, des figures stationnaires se forment. La coupelle doit être parfaitement horizontale et l'épaisseur de l'eau doit être ajustée. Puis, pour obtenir une figure symétrique aux oscillations régulières, il faut moduler l'intensité et la fréquence.

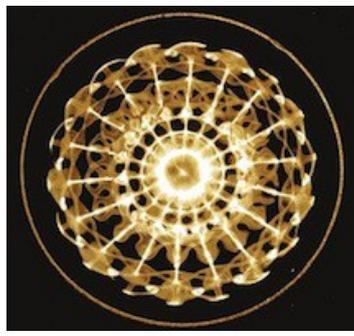
Les parties claires sont celles qui renvoient la lumière vers la caméra. Ce sont essentiellement les crêtes des vagues. Elles se présentent comme des lignes fines. Les vallées aussi sont claires, mais moins, et elles sont aussi plus larges. Les parties noires sont les pentes entre crêtes et vallées. Comme pour le sable, on a un entrecroisement de structures annulaires et de structures radiales.



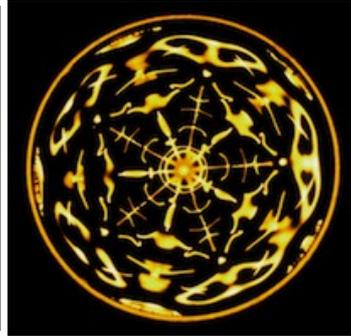
*Suite d'ondes stationnaires dans un film d'eau, pour des fréquences croissantes de 10 à 160 Hz.  
© A. Lauterwasser, Images sonores d'eau  
Ci-dessous, un choix de 4 images agrandies*



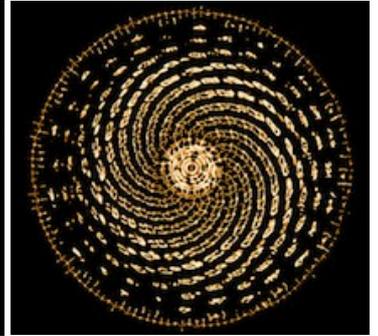
*Structure à 8 branches.  
24,24 Hz  
© A. Lauterwasser*



*Structure à 18 branches.  
35,1 Hz  
© A. Lauterwasser*



*Structure à 5 branches.  
38,45 Hz  
© A. Lauterwasser*



*Spirale à 14 bras. Coupe de  
20 cm. 102,528 Hz.  
© A. Lauterwasser*

Lorsqu'on monte doucement en fréquence, grâce au soin pris pour mettre en place le dispositif, on voit apparaître une grande variété de superbes figures symétriques avec des structures radiales. Le nombre des rayons ou des secteurs est surprenant. On y voit aussi bien des structures simples d'ordre 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16 ou 24, mais également des ordres comme 5, 7, 10, 14 ou 18 branches.

Si on épaissit le liquide, par exemple avec de la glycérine, les figures s'ordonnent en réseau, à la façon d'un cristal (*voir article [Géométrie cristalline](#)*).

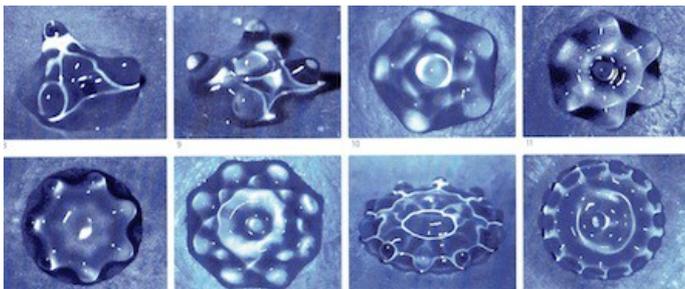
Les films d'eau sont sensibles aux sons d'une musique. Les formes suivent le rythme et la mélodie de la musique. Pour A. Lauterwasser, *ces images-là sont les plus fascinantes et les plus vivantes parce que les figures changent à chaque seconde*.

*Voir le diaporama sur Lauterwasser  
[Water Sound Images](#).*

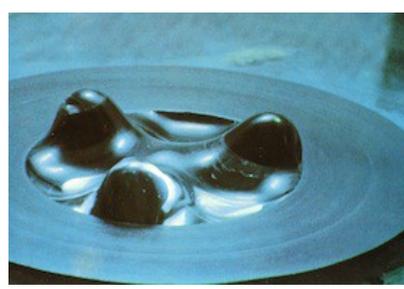
## Gouttes d'eau

Jenny a également exploré l'effet des vibrations sur des gouttes de liquides les plus variés: eau, huile, alcool, essence, alcool. Lauterwasser s'est plongé dans le monde des gouttes d'eau. Les liquides transparents sont éclairés avec une lampe placée par dessous ou par dessus, observés et photographiés par dessus.

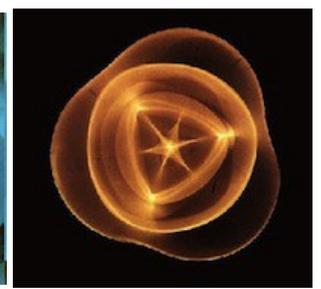
Au début de la mise en marche de la vibration, des cercles concentriques se forment. Ils ne sont pas immobiles, mais parcourus par un mouvement constant. L'eau se déplace du centre vers la périphérie puis revient au centre.



*Des gouttes d'eau saisies un instant dans leur pulsation montrent des formes polygonales étonnantes à 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 et 14 côtés.  
© A. Lauterwasser, ouv. cité*



*Goutte d'eau pulsante. Diamètre 2 cm. Les 3 sommets s'affaissent, les creux deviennent sommets, et l'oscillation se répète.  
© H. Jenny, Cymatics*



*La même goutte observée par dessus. Le cliché la saisit au milieu d'un mouvement. Lumière réfléchie.  
© H. Jenny, Cymatics*

Lorsqu'on augmente l'intensité ou la fréquence vibratoires, des figures géométriques apparaissent brusquement. Puisque les lignes correspondent aux crêtes et protubérances, elles soulignent le relief de la goutte. Des protubérances naissent, s'affaissent et d'autres naissent là où étaient les creux. Un rythme de pulsation s'établit. Ces changements ne sont pas synchronisés avec la vibration. Les photos montrent des instantanés de ces mouvements.

Pour certaines plages de fréquences précises, la goutte se segmente en cellules qui dessinent des **polygones: triangle, quadrilatère, pentagone, hexagone, heptagone, décagone et autres**. Ces polygones oscillent et le point d'un sommet par exemple passe sans cesse de l'état élevé à l'état affaissé. Il suffit d'une petite variation de fréquence pour modifier la forme. Il n'existe pas de relation entre le nombre de côtés du polygone et la fréquence.

Ces polygones montrent des formes, sinon stationnaires, du moins rythmiques, donc en résonance avec sa forme au repos. Dans les cas précédents cette forme au repos était celle de la plaque ou celle du récipient contenant l'eau. Mais ici, la goutte est livrée à elle-même sans contenant, sans limites extérieures. Qu'est-ce qui la limite? C'est une force qui la maintient sous forme de goutte, même au repos. Avez-vous remarqué que certains liquides s'écoulent et d'autres restent en boules lorsqu'on les pose sur une surface? Et que cela varie selon la nature de cette surface? **Cette force (ou tension) maintient les molécules de la surface du liquide entre elles et constitue une sorte de peau.** C'est leur contenant naturel.

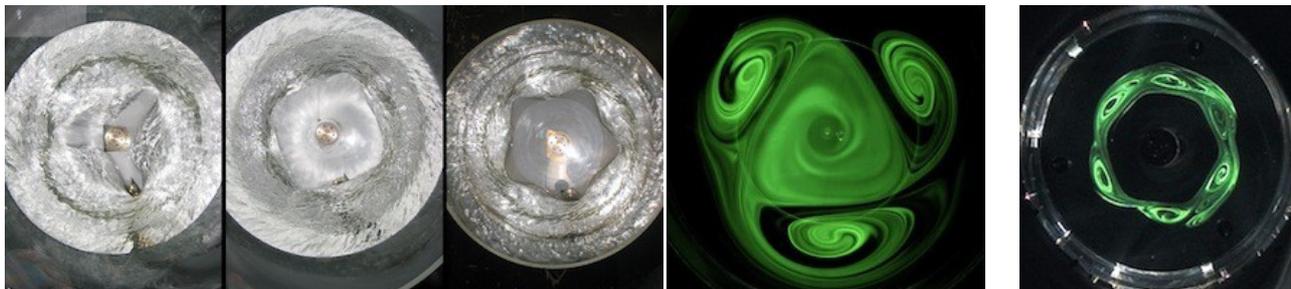
## Tourbillons polygonaux dans un liquide en rotation

Des formes géométriques polygonales sont susceptibles de se produire dans des liquides en mouvement tourbillonnaire, même en l'absence de sons. C'est une autre façon que le vibreur de stimuler le liquide. Des équipes de chercheurs dans le domaine de la dynamique des fluides ont observé comment se comporte un liquide mis en rotation rapide dans un récipient de type seau cylindrique. Ils ont abouti à la création de formes polygonales au sein du liquide.

Au Danemark, **Tomas Bohr et ses collègues de l'Université technique du Danemark à Lyngby** ont pris un récipient cylindrique en plexiglas, de 13 cm ou 20 cm de diamètre, équipé au fond d'un plateau en métal qui peut tourner. Ils l'ont rempli d'eau. Lorsqu'il tourne à grande vitesse (plus de 1 tour/s), la force centrifuge propulse l'eau sur les parois. Une cavité stable se forme au centre, qui n'est pas circulaire. Selon la vitesse de rotation, **la cavité prend des formes diverses, ellipse, étoile à 3 branches, carré, pentagone, et pour la vitesse la plus grande, hexagone.** (publié dans [Nature](#), mai 2006)

Des observations analogues ont eu lieu au **laboratoire de dynamique des fluides géophysique à l'Université de Washington** ([Peter Rhine](#), Seattle, USA, 2003). Dans ce cas, le liquide contenu dans un cylindre en plexiglas transparent est mis en rotation à la fois par le plateau du fond et par un disque en surface tournant à une vitesse différente. On observe des formes tourbillonnaires dans le liquide.

Aux vitesses lentes, le liquide est entraîné globalement dans le récipient. À des vitesses rapides, des turbulences se créent. Dans une certaine fourchette des valeurs de ces vitesses, **les tourbillons se disposent en positions symétriques qui dessinent des formes remarquables.** Le nombre de tourbillons qui tournent autour du centre dépend de la vitesse de rotation.



*De l'eau en rotation rapide dans un cylindre laisse se former au centre une cavité polygonale. Selon la vitesse, le polygone a 3, 4 ou 5 côtés. Diamètre 13 cm. Vue de dessus.*

*Photo © Thomas Jansson et al., 2006*

*Tourbillons dans une eau en rotation rapide dans un cylindre. Vue de dessus.*

*© [Peter Rhine](#), 2003*

*Eau en rotation dans un cylindre. À vitesse rapide, les tourbillons prennent une forme hexagonale. Eau glycinée avec pigment fluorescent.*

*© Photo [Ana Aguiar](#), 2010*

Dans certaines conditions de vitesse, les tourbillons prennent des **formes polygonales**. C'est ce qu'ont constaté des chercheurs du **département de physique de l'Université d'Oxford, Angleterre (Peter Read et Ana Aguiar**, publié dans [Icarus](#), avril 2010). Ils ont rendu les courants visibles en ajoutant un pigment fluorescent, puis des particules blanches de pliolite. Dans la vidéo ci-dessous, on voit clairement se former un hexagone, qui tourne lentement au centre. **Selon les conditions, on obtient d'autres polyèdres, à 3, 4, ou 7 sommets** (voir l'[article de Emily Lakdawalla avec images et vidéo dans le site The Planetary Society Blog](#) et la vidéo [Saturn's hexagon replicated in laboratory](#))

Le cylindre en plexiglas a un diamètre de 60 cm et une profondeur de 10 cm. Le fond et le couvercle comportent un disque intérieur de 30 cm. Le liquide employé est de l'eau mélangée à du glycérol. Les disques intérieur et extérieur tournent à des vitesses différentes et cela crée une instabilité à leur frontière qui se transforme en onde stationnaire.

## Rupture de symétrie

Lorsqu'un polyèdre se forme brusquement dans une goutte d'eau, lorsqu'un film d'eau ou une nappe de sable déposés sur un support rond se cloisonnent en cellules, qu'est-ce qui fait le choix de l'**orientation des lignes de séparation des secteurs**? A priori, **si le support est circulaire**, rien ne permet de prévoir cette orientation. Toutes les orientations sont équivalentes.

Par exemple, si l'eau se scinde en deux vortex symétriques séparés par une ligne droite, pourquoi cette ligne est-elle orientée plutôt en face de nous plutôt qu'en travers? Qu'est-ce qui fait que brusquement **l'une de ces orientations est privilégiée**? L'apparition de ce privilège est appelé une **brisure de symétrie**.

On peut supposer que quelque chose introduit au départ une dissymétrie, quelque chose de minime qui existe dans le support ou dans l'environnement. Il peut exister des inhomogénéités dans la plaque, une légère dissymétrie du vibreur. Ou bien les figures sont sensibles aux champs magnétiques et cosmiques qui les entourent.

## Réseau cellulaire d'un liquide chauffé

Voici un autre type d'expériences dans lesquelles des structures cellulaires apparaissent dans des liquides en mouvement. Il s'agit d'un phénomène découvert en 1900 par le physicien français [Henri Bénard](#) (1874 - 1939).

Si l'on chauffe par dessous un liquide contenu dans un récipient genre bocal de verre résistant à la chaleur, des mouvements de liquide se produisent entre le bas et le haut. La chaleur excite les molécules d'eau et les fait vibrer plus fort.

Pour un flux de chaleur bien déterminé, régulier, ni trop fort ni pas assez, **les courants s'organisent en structures cellulaires, appelées cellules de Bénard**. Si l'on augmente davantage la température du fond, des turbulences apparaissent, les cellules éclatent et le système devient chaotique.

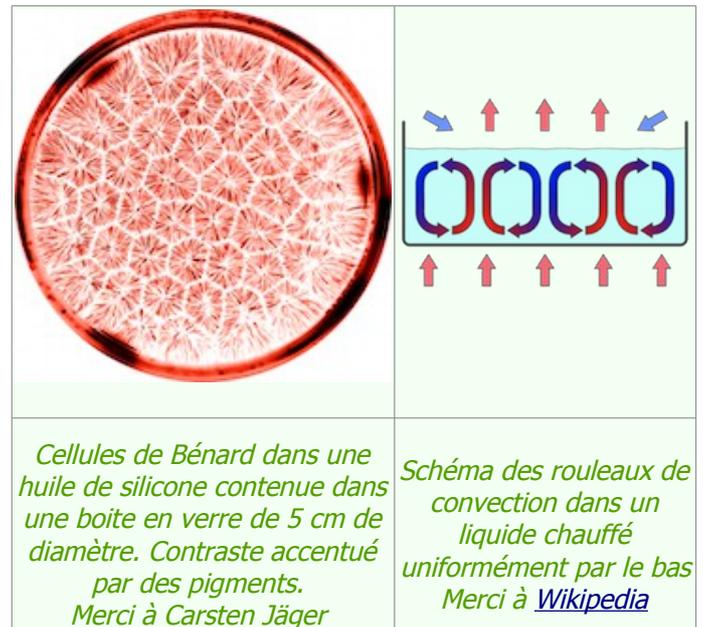
Ces structures cellulaires résultent du fait que les courants se déplacent en rouleaux. Le sens de rotation est inverse dans deux cellules contigües. Selon les liquides observés et les conditions choisies, la taille des cellules est de l'ordre du millimètre ou de quelques millimètres.

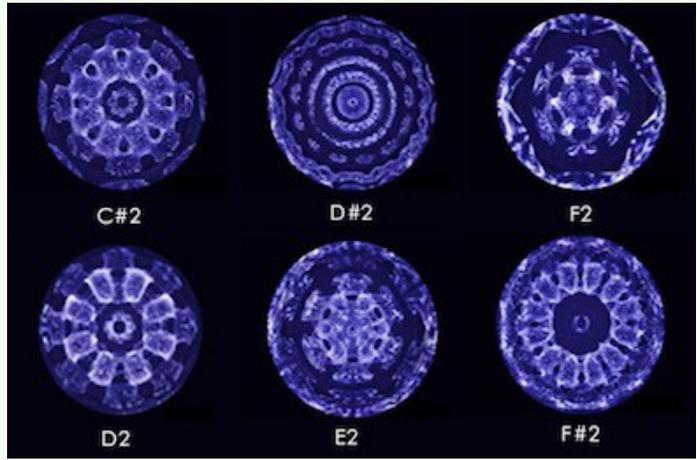
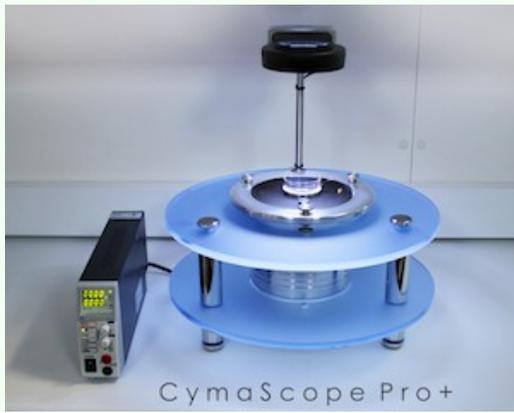
Cette observation a été expliquée plus tard par les scientifiques dans le cadre de la **théorie du chaos et des phénomènes dissipatifs**. Cette théorie énonce qu'**un ordre à grande échelle** (celui des cellules) **peut naître d'un désordre à un niveau élémentaire tel que celui des mouvements de molécules d'eau dans une casserole**.

Elle met l'accent sur l'extrême sensibilité des conditions d'apparition des cellules (sensibilité nommée **l'effet papillon**). Les scientifiques ne peuvent pas prévoir le sens de rotation d'une cellule. Alors que la physique permet de calculer les mouvements des particules individuelles, elle ne peut pas décrire les mouvements globaux avec exactitude, seulement ses probabilités. La température d'apparition des cellules dépend de la viscosité du fluide, de sa conductivité thermique, de son épaisseur et des dimensions du récipient.

## Davantage de structures sonores

Les travaux de Chladni et de Jenny ont inspiré d'autres amoureux des formes sonores. C'est le cas de **John Stuart Reid**, un ingénieur en acoustique, qui poursuit actuellement avec son équipe des recherches sur la **force de création et de guérison du son**. Il est co-inventeur, avec Erik Larson, du [CymaScope](#), un appareil qui permet de visualiser le son avec de l'eau, selon un système analogue à celui de Lauterwasser. Le film d'eau pure est beaucoup plus sensible que les poudres et peut montrer beaucoup plus de détails. Avec cet appareil, il a réalisé de nombreuses observations sur la musique et la voix (*voir les résultats avec des [notes de piano](#) et des [voyelles](#)*).





© Le [CymaScope](#) de J. S. Reid et E. Larson Figures cymatiques obtenues par CymaScope avec des notes de piano: Do#, Ré#, Fa, Do, Mi, Fa#.

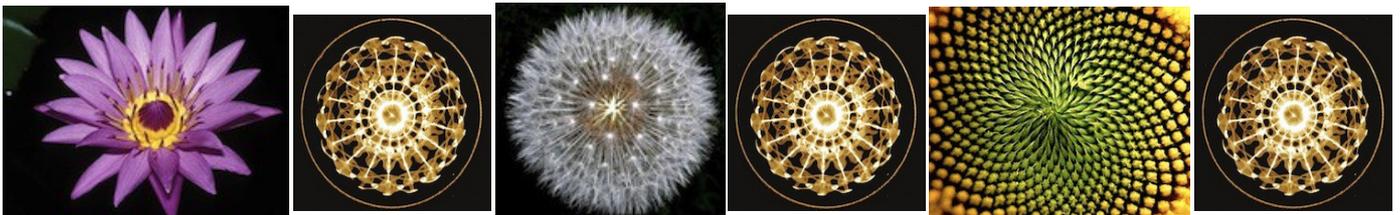
La cymatique ouvre de nouvelles possibilités de recherches dans les domaines pour lesquels nous percevons mieux en "voyant" qu'en "entendant". On peut **visualiser les émissions sonores** des **instruments de musique**, des **chants**, des **sons sacrés**. Cela peut constituer une aide pour l'**acquisition du langage** chez les personnes qui présentent des difficultés. On peut s'en servir comme étude des émissions sonores et des langages chez les **oiseaux** et d'autres **animaux**. Cela a été entrepris avec les sons des [dauphins](#).

La cymatique peut aussi suggérer des **explications sur les formes adoptées par les éléments de la nature** (plantes, animaux), de l'**univers** (planètes, systèmes stellaires, galaxies) ou de certains phénomènes environnementaux (comme les **crop circles**). C'est ce qui est exposé dans les sections suivantes.

## Les formes des organismes dans la nature

*J'ai pu constater par moi-même que les oscillations et les sons peuvent effectivement donner naissance à des figures et donc que les vibrations et les rythmes jouent peut-être un rôle essentiel dans le développement des formes qu'on rencontre dans la nature.* A. Lauterwasser (ARTE, Archimède du 18/01/2001)

Voici quelques similitudes frappantes entre des formes du domaine végétal et des figures cymatiques.



Fleur de **nénuphar**  
*Nymphaea cruziana*  
© [Eric Walravens](#),  
Liège

Onde  
stationnaire à  
18 rayons dans  
un film d'**eau**.  
35,1 Hz  
© Lauterwasser  
ouv. cité

Fleur de **pissenlit**  
Merci à [Camélia](#)

Onde  
stationnaire  
d'ordre multiple  
dans un film  
d'**eau**. 91,8 Hz  
©  
Lauterwasser  
ouv. cité

Fleur de **tournesol**.  
Merci à Université de  
La Réunion,  
[département](#)  
[d'ethnologie](#)

Onde  
stationnaire  
dans un film  
d'**eau**.  
102,58 Hz  
©  
Lauterwasser  
ouv. cité

*En reprenant ces expériences, j'ai constaté qu'une plaque elliptique soumise à des vibrations sonores données permet de reproduire des figures qu'on trouve sur la carapace d'une tortue.* A. Lauterwasser (ARTE, Archimède du 18/01/2001)

Et voici des formes du monde animal mis en parallèle avec des figures cymatiques. A gauche, une carapace de tortue. A droite, il s'agit d'un [trilobite](#), petit crustacé qui a vécu sur terre il y a 500 millions d'années jusqu'à 250 millions d'années.



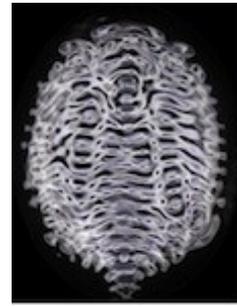
Carapace de **tortue grecque**.  
Merci à [Calliope](#)



**Figure de sable**. Plaque stimulée à partir du bord extérieur. 1088 Hz  
© [Lauterwasser](#), ouv. cité



**Trilobite**, fossile d'un crustacé d'il y a 426 millions d'années.  
Merci à [Science Photo Library](#)



Film d'eau dans le [cymascope](#)  
© [John Stuart Reid](#)



**Pâte visqueuse**  
© [Jenny](#), ouv. cité  
Voir aussi le film n°1 de [Jenny](#) à 2'50"

Les *scientifiques* pensent que la vie s'est organisée par associations successives: les atomes se sont assemblés en molécules, les molécules se sont assemblées en virus, les virus se sont assemblés en cellules, les cellules en organismes (*voir article [Origine de la vie](#)*). C'est un raisonnement qui se fonde sur l'idée d'une machine qui se construit pièce par pièce.

Pour [Lauterwasser](#), ce qui se passe avec le son montre que cela pourrait être l'inverse. **Le mouvement vibratoire crée des tourbillons et des flux, les parties se différencient et structurent la masse**. Plus le mouvement est rapide et plus la structure cellulaire est fine.

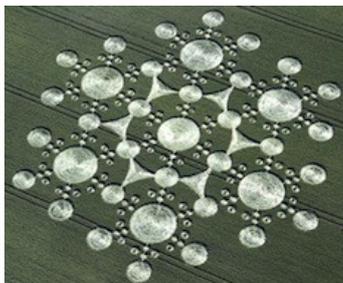
On peut donc dire que c'est **le son qui apporte l'information nécessaire à la création de formes et à leur différenciation**.

## Les diagrammes sonores des crop circles

Les **diagrammes de champ** (en anglais **crop circles**) sont des dessins imprimés dans des champs cultivés, effectués à l'insu des agriculteurs et des observateurs, à quelques rares exceptions près. Leur taille peut aller d'une dizaine de mètres à plusieurs centaines (on peut s'en rendre compte sur les photos par les traces habituelles des roues de tracteur dans le champ). Ils apparaissent chaque été dans le monde entier, mais plus particulièrement dans le sud-ouest de l'Angleterre. Les figures ne révèlent leur dessin que vues du ciel. Leur réalisation est souvent d'une grande complexité et témoigne d'une habileté minutieuse et experte. Depuis les années 1980, on a répertorié des milliers de ces figures de toute beauté. (*Pour en savoir plus, voir l'article [Diagrammes de champs](#) et son diaporama*)



1- Une étoile à 10 bras. 1994



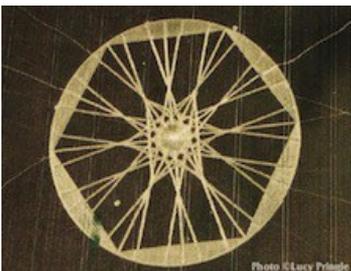
2- 2010



3- Étoile à 4 branches. 2001



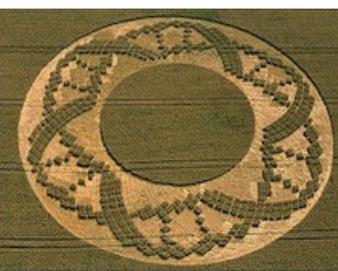
4- Spirales. 1999



5- Hexagone étoilé. 1997



6- Quadruple couronne. 2002



7- Couronnes entrelacées. 2002



8- Spirale à 6 branches. 2001

**Crédits photos:** [Lucy Pringle](#), © photos 1, 3, 5, 6, 8; [Steve Alexander](#) ([Temporary Temples](#)), © photos 4 et 7; [John Montgomery](#), ([Crop Circle Connector](#)) © photo 3.

La majeure partie de ces figures sont construites sur la base de structures géométriques symétriques. Certaines ont des ressemblances frappantes avec les figures acoustiques. Parfois, on a même l'impression que le diagramme est une imitation volontaire de ces figures acoustiques.

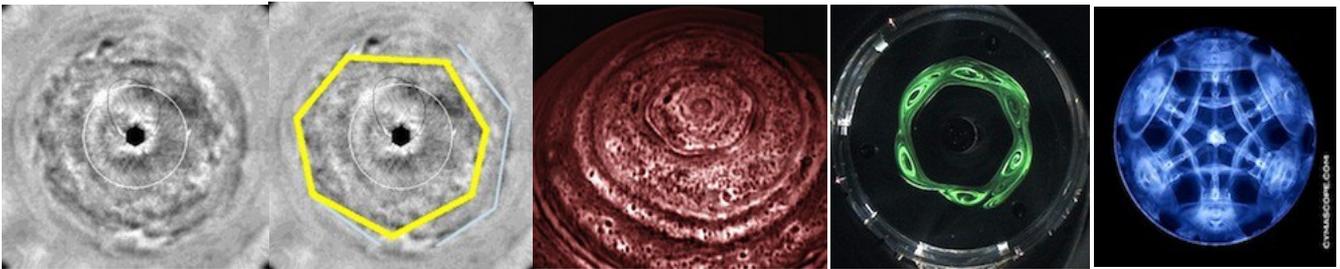
La géométrie de ces dessins est parfaite lorsqu'on les observe de haut, même lorsque le terrain sur lequel ils sont imprimés est irrégulier. Quel que soit le procédé de fabrication, il est indispensable qu'il emploie une **projection verticale**, que ce soit du haut ou du bas. Il pourrait donc s'agir de l'action d'un rayon vibratoire. Aussi, une hypothèse très avantageuse a été avancée. **Ce rayon agirait comme une onde sonore**. De même qu'un son crée des figures cymatiques, de même on peut concevoir qu'une technique plus avancée **crée des formes dans l'air, dans l'eau du sol et dans les plantes par l'usage d'ondes vibratoires stationnaires**. D'ailleurs, certains témoins ont entendu un son suraigu survenant juste avant la formation du diagramme (*voir [Colin Andrews](#)*).

## Structures géométriques des planètes

Récemment, les sondes spatiales d'observation du système solaire ont apporté quelques surprises aux astronomes. Des structures géométriques sont visibles à la surface des pôles de certaines planètes, en particulier Saturne et Jupiter.

En ce qui concerne **Jupiter**, la sonde Cassini a recueilli des images en lumière ultraviolette de son pôle nord pendant 11 semaines en 1999. On y remarque la présence d'un tourbillon ou vortex dont la taille est supérieure à celle de la Terre. Ce vortex semble structuré par un ou plusieurs **polyèdres**. Selon la façon dont on définit les sommets, on peut y voir un pentagone, un hexagone ou un heptagone. Quoiqu'il en soit, une structure polyédrale est bien visible. En fait il semble exister plusieurs polyèdres imbriqués.

Dans le système nuageux de **Saturne**, la sonde Voyager 1 a détecté en 1980 une **structure hexagonale** autour du pôle nord. Son existence a été confirmée par la sonde Cassini en 2006. Les côtés de l'hexagone mesurent environ 13'800 km. Il tourne sur lui-même avec une période de 10h 39 mn.



**Jupiter**,  
stratosphère du pôle  
nord.  
Photographie en  
ultraviolets  
Merci à [NASA/  
JPL/HST/ University  
of Hawai](#) 1999

2 hexagones sont  
visibles dans la  
structure du pôle  
nord. L'un  
représenté en jaune,  
l'autre en bleu clair  
(ajout d'A. Boudet)

**Saturne**, système  
nuageux hexagonal du  
pôle nord  
Photographie en  
infrarouges par la  
sonde Cassini. Les  
parties claires sont les  
nuages et les parties  
sombres sont les zones  
dégagées.  
Merci à [NASA / JPL / U.  
Arizonay](#)

**Eau** en rotation  
rapide. Les  
tourbillons prennent  
une forme  
hexagonale. Eau  
glycérinée, avec  
pigment fluorescent.  
© Photo Ana Aguiar,  
2010

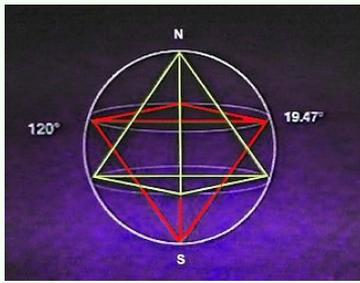
Hexagone visible  
dans un film d'eau  
en vibration sur  
une membrane  
ronde.  
© Photo Erik  
Larson

La plupart des astronomes pensent que ces polyèdres sont dus à des ondes stationnaires dans l'atmosphère de ces planètes. Dans les études rapportées plus haut sur les tourbillons liquides dans des cylindres transparents ([Université technique du Danemark](#) et Université d'Oxford), les chercheurs ont pu simuler la formation de ces structures polygonales en laboratoire. Cela démontre que **des formes inscrites dans les planètes peuvent naître du mouvement circulaire et rythmique de la matière fluide**.

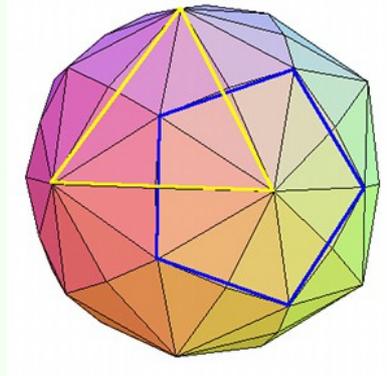
## Les tétraèdres des planètes et de la Terre

**Des observations sur plusieurs planètes suggèrent qu'elles sont sous-tendues par des polyèdres, en particulier par un double tétraèdre.**

C'est ce qu'énonce **David Percy**, un producteur de cinéma et de télévision britannique qui a aussi reçu la fonction de directeur européen des opérations pour la mission Mars. Cela l'a conduit à proposer de nouvelles théories sur les structures des planètes, qu'il a exposées dans son ouvrage *Two-thirds* (Deux-tiers, en collaboration avec David P. Myers et Mary Bennett). Ses propositions et ses documents photographiques ont été repris et exposés au siège de l'ONU en 1992 par [Richard Hoagland](#), un ancien conseiller de la NASA pour le Goddard Space Flight Center.



Double tétraèdre inscrit dans une sphère.  
Merci à [R. Hoagland](#)



Polyèdre 120, base de la grille énergétique de la Terre  
Merci à [Robert Ferréol](#)

Percy montre l'existence d'un **tétraèdre régulier inscrit dans la Terre**. Un sommet est situé au pôle Nord et les autres sommets sont répartis à 120° les uns des autres sur le cercle de latitude 19,5°. **Les côtés et surtout les sommets du tétraèdre se manifestent par des flux énergétiques** à la surface de la Terre. Ces manifestations sont de nature magnétique et géophysique. C'est à la latitude de 19,5° nord qu'on trouve la grande île d'Hawaï qui est le théâtre d'une activité volcanique importante. Beaucoup de **sites sacrés** d'anciennes civilisations sont localisés autour de 19,5° Nord ou Sud: par exemple le complexe de Teotihuacan au Mexique. D'autres chercheurs ont complété ces observations et montré l'imbrication de **5 polyèdres, traditionnellement appelés solides de Platon**, qui se combinent en une grille de **120**

**triangles** (voir les détails dans l'article [La grille énergétique planétaire](#))

Percy a également mis en évidence des phénomènes importants à la latitude de 19,5° nord ou sud dans le système nuageux de plusieurs planètes: vortex géants pour les planètes gazeuses, activité volcanique dans les terres solides. La grande tache rouge de **Jupiter** est à cette latitude. De même la tache noire de **Neptune** découverte par la sonde Voyager II. Les activités volcaniques majeures de **Vénus** se situent autour de 19,5°. Le Mont Olympe, cône volcanique de **Mars** est à cette même latitude. Enfin, les fortes activités magmatiques et thermiques du **Soleil** se produisent à 19,5° Nord et Sud. (d'après le livre [Sedona: Beyond the Vortex](#), Richard Dannelley.

Le pôle nord de Mars est recouvert d'une calotte glaciaire. Comme celle de la Terre, **la calotte glaciaire de Mars** se réduit de plus en plus et tend à disparaître (son réchauffement n'est pas dû à l'effet de serre. Tout le système solaire se réchauffe !). R. Hoagland et D. Wilcock ont fait remarquer qu'en se retirant, elle avait pris **la forme d'un hexagone** ([Interplanetary "Day After Tomorrow?"](#)).

Ainsi, **des formes géométriques polyédrales orientées sont inscrites dans des corps planétaires sphériques**. Comment est-ce possible? Cela ressemble fort à des ondes stationnaires créées par une vibration rythmique. **Le monde aurait-il été formé à partir de pulsations vibratoires?**

## Le monde a été créé par le son

La plupart des cultures traditionnelles planétaires possèdent un récit mythologique de la création du monde, dont beaucoup font référence au son ou à la parole. **Par le son, la parole ou le souffle, les dieux créent les créatures à partir de la substance primordiale sans forme.** (voir aussi [Aspects géométriques et sonores de l'univers - un autre regard sur l'évolution](#))

Dans la **tradition chinoise**, le *Tao Te King* dit: *Avant les Temps et de tout temps existait quelque chose existant de par lui-même, éternel, complet, omniprésent. On ne peut lui donner un nom car ce serait définir l'indéfinissable. On l'appelle **OU** signifiant néant de forme, informulé; on l'appelle aussi **Tao**. Le Yuan Tchi Lun dit: Lorsque les Souffles (tchi) ne s'étaient pas encore séparés en prenant forme, ils étaient unis (mariés) et ressemblaient à un œuf. Puis les Souffles formèrent un globe de forme parfaite que l'on appelait le Grand Un (Taé I). Le Souffle originel, d'abord pur, monta et forma le Ciel; puis, étant troublé, il descendit et forma la Terre.*

Dans les **textes celtes** sacrés, on lit: *Au commencement était l'Unique, la Lumière de la Lumière. Tout était une seule lumière, indicible, sereine et joyeuse, force de vie d'une blancheur infinie, d'une pureté totale, parcourue de grandes ondes blanches et dorées. Les textes bardiques disent: Les ténèbres opaques emplissaient l'infini avant que l'Inconnaissable ne prononce son Nom hors de Keugant; de sa **Parole** jaillirent la Lumière et la Vie. Cette Parole forma trois rayons lumineux colorés et sonores: les **Trois Cris**, véhicules de la pensée créatrice qui firent éclater l'Œuf du Monde. Ces trois cris sont associés à 3 voyelles: I, O, W (ou).*

L'évangile **chrétien** de St-Jean dit: *Au Commencement était le **Verbe**. Le Verbe était avec Dieu. Le Verbe était Dieu. Verbe est une traduction française possible d'un mot qui signifie aussi Parole. **Enoch** précise: Au commencement était le Verbe, cependant le commencement du Verbe se manifesta en un pictogramme lumineux qui prit forme. Provenant des émanations de l'Esprit Divin, les images lumineuses (ou pictogrammes) apparurent; combinées aux géométries des formes créatives, elles produisirent le spectre de toute forme issue de l'alphabet de création. ([Le livre de la connaissance; Les clés d'Enoch](#), Clé 214 J.J. Hurtak).*

Chez **les Hindous et les bouddhistes**, la création est issue de l'énergie primordiale qui est à l'origine de tout. Le principe structurant du chaos d'origine est le son ou mantra **Om** (ou **Aum**). Les sons ont ensuite le rôle de création

permanente. *Dans l'Asie et en Inde plus particulièrement, la tradition rapporte que dans un lointain passé, des saints hommes, les Rishis, (littéralement les clairvoyants), auraient perçu dans le silence profond de leur méditation, **une série de sons traduisant les vibrations inhérentes à toute construction atomique des différents éléments de la nature.** Ils donnèrent à cet ensemble de sonorités le nom de SAM-S-KR ce que nous appelons aujourd'hui le Sanskrit... Ils donnèrent à cette nouvelle langue le nom de "langage des dieux" (André Riehl, enseignant en yoga traditionnel).*

Pour les **Mayas Tzutujils**, les dieux ont créé le monde par leurs mots.

*Les lieux, les animaux, les plantes, le temps et tout ce qui compose le monde extérieur sont aussi à l'intérieur de nous, comme un jumeau, et l'ensemble compose une immense série quadridimensionnelle de cubes concentriques: les épaisseurs s'étendent simultanément à l'intérieur et à l'extérieur, pour former la maison du monde, ou corps du monde. Cette structure est faite par les constructeurs, certains propriétaires, ou dieux, **avec leurs sons et leurs paroles.** Ces sons et ces paroles prennent une signification tangible quand on les émet. Chaque parole du dieu construit la maison du monde en se faisant l'écho d'autres paroles. Ces sons du monde des esprits, quand ils sont tous émis ensemble, composent le chant spirituel du monde. Cette combinaison de sons devient vibrante et tangible en atteignant ce monde-ci, et lui donne la forme que nous voyons et que nous sommes. **Ce chant est le système nerveux de l'univers.** (Martin Prechtel, [Les secrets du jaguar](#), 1999)*

Quand un homme est malade, cela signifie qu'il a perdu sa symphonie intérieure. Le chaman le soigne en recréant l'harmonie par ses paroles sacrées qu'il récite ou chante sur un rythme précis afin de reproduire les Grands Sons Originels.

***Utilisant les noms secrets** des montagnes, des grottes, des rivières, des vallées, des villages, ainsi que les noms de familles des dieux et de leurs royaumes pour chacun de ces endroits, le chaman restructure les composantes de notre esprit. Si ce rituel, dénommé "se rappeler la Terre", est correctement accompli, les corps malades commencent à résonner de l'écho de la Terre originelle, où toute vie prend sa forme, et ils guérissent. (Martin Prechtel, [Les secrets du jaguar](#), 1999)*

Le **chef Navajo Leon Secatero** (décédé en 2008) dit à propos des crânes de cristal, qui sont des cristaux traditionnels taillés en forme de crâne, porteurs des informations des origines de l'humanité et retrouvés chez les Mayas ([voir article Codage d'information et énergie](#)):

*Vous avez entendu parler de l'appel de la nature? C'est un son que seuls les animaux peuvent entendre, un son puissant qui les ramène vers leur vraie nature. C'est le son des crânes de cristal. Nous vivons dans un vaste océan de sons et de vibrations. Les sons nous entourent, mais c'est à travers ce vaste océan que le son des crânes de cristal peut voyager. C'est un son jamais entendu, un son inaudible pour l'oreille humaine ordinaire. Nous ne pouvons l'écouter qu'avec notre "oreille intérieure". C'est **le son inaudible de la création.** Sans lui, rien ne pourrait vivre, car il est **le son qui anime toute chose.** Une feuille qui pousse au printemps produit ce son. C'est le son qui jaillit, au moment de la création quand une vie nouvelle éclot. C'est le son même qui a retenti quand la Terre est venue à l'existence et quand nous avons reçu notre forme humaine. C'est **ce même son de la création qui est aussi en nous** et c'est un son magnifique. (C. Thomas et C.-I. Morton, [Le mystère des crânes de cristal](#), 1999)*

## La substance primordiale et la géométrie sacrée

S'il est vrai que des sons ont créé l'univers, cela impliquerait qu'**il existerait une substance primordiale dans l'univers et que les vibrations de cette substance constituerait le son.** Des ondes stationnaires y auraient créé les formes. Mais quelle serait cette substance?

Les scientifiques décrivent habituellement l'espace comme un vide dans lequel sont disposés des amas de matière (particules, atomes, molécules) comme des objets qui sont éparpillés dans une pièce vide. Par le jeu de leurs influences réciproques d'attraction et de répulsion, des mouvements se transmettent de particule à particule, de molécule à molécule comme le son dans l'air ([voir annexe 3, Ondes voyageuses](#)). Les **pulsations de cette matière cosmique** constituent une sorte de son que les astronomes ont enregistré.

Citons l'exemple des [astronomes de Stanford](#) (USA) qui surveillent **les sons du soleil** par un capteur installé dans le satellite SOHO. Des vagues parcourent la surface du soleil et en font le tour en 2 heures environ. Cette pulsation est trop lente pour être directement audible par notre oreille qui est sensible à des pulsations de dizaines ou de milliers par seconde. Il faut accélérer les enregistrements solaires par 42000 fois et compresser 40 jours en quelques secondes pour pouvoir les entendre. C'est ce qu'a fait l'un des chercheurs, [A. Kosovichev](#). [Écoutez](#) Toutefois, ces ondes de matière ne font pas appel à l'existence d'une substance primordiale.

La substance primordiale de l'univers à laquelle font référence les traditions est d'une nature plus subtile et répond à d'autres lois. Elle a été désignée et nommée prana, éther, etc. La physique quantique la plus avancée commence à décrire une substance de cette sorte, sous le concept de **matrice universelle ou champ de cohérence unitaire.** Cette matrice a la propriété de recevoir des informations, de les enregistrer et de les transférer instantanément en n'importe quel endroit. (voir les articles de physique quantique de ce site et le livre de D. Wilcock, [Investigations sur le champ de conscience unitaire](#))

Les sons primordiaux créent des géométries sacrées dans la matrice. Les sons sont en quelque sorte des codes

d'information transférés à la matrice, qui les transcrit en formes. Sons et géométries sont deux expressions vibratoires jumelles d'un même schéma directeur.

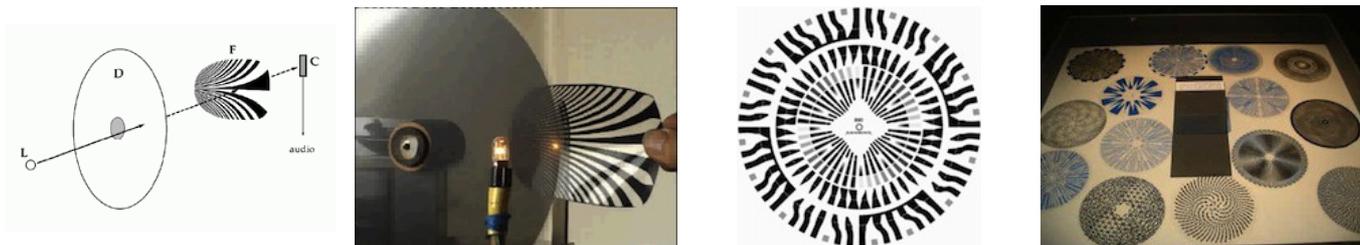
**La géométrie est le fondement de l'univers dans tous ses aspects. Elle est présente aussi bien au cœur des atomes que dans la construction des molécules, des planètes et des galaxies.**

## Annexes

### Les formes créent des sons Instruments photosoniques de Jacques Dudon

Nous avons vu qu'une plaque au repos d'une certaine forme pouvait résonner selon une forme géométrique lorsqu'elle est mise en vibration. On peut expérimenter l'inverse. Si je dessine une forme géométrique selon des lois de symétrie et de périodicité, est-il possible de la transformer en son?

Oui. C'est sur un principe analogue que Jacques Dudon a imaginé et construit des instruments sonores. Imaginez un disque en matière transparente (D) sur lequel est inscrit une telle forme géométrique. Devant, on place une petite lampe (L). La lumière passe à travers le disque mais est arrêtée par les motifs noirs de D. Maintenant, vous placez un détecteur de lumière (cellule solaire) derrière le disque (C). Sa fonction est de transformer en courant ce qu'il reçoit en lumière et ce courant alimente un amplificateur et un haut-parleur qui le traduit en son. Plus la brillance est forte, plus fort est le courant. S'il se trouve en face d'un motif noir, il ne produit aucun courant. S'il se trouve derrière un vide, il produit un courant constant. Mais comment cette forme peut-elle être traduite en un son?



*Instrument et disques photosoniques © Jacques Dudon.  
À gauche, le montage. À droite, des exemples de formes imprimées sur le disque D*

L'élément important est qu'on met le disque en mouvement. Ce n'est pas le disque dans son entier qui est transformé en son. La lampe est placée seulement devant une toute petite partie de la forme imprimée. Mettons-là par exemple à la périphérie, à 3h. A cause de la rotation, se présentent devant elle successivement les motifs imprimés sur la couronne périphérique. La lumière est coupée chaque fois qu'un motif noir passe devant. On produit donc une lumière pulsée. On a transformé une forme périodique dans l'espace en une vibration dans le temps par le truchement du mouvement.

On s'arrange pour que la fréquence de cette pulsation soit audible, donc entre 20 et 8000 Hz. Attention, ce n'est pas la fréquence de l'onde lumineuse (environ 500 000 milliards de Hz), mais la fréquence des coupures de cette lumière. On obtient un son continu. Pour faire varier la hauteur du son, on fait varier la vitesse de rotation du disque.

Remarquez que les motifs ne sont pas de simples traits, mais des formes complexes. Cela agit sur le timbre du son, autrement dit sa couleur, sa composition en harmoniques. Le disque comporte des motifs qui diffèrent de la périphérie au centre. En déplaçant la lampe horizontalement, on peut obtenir des timbres variés. L'instrumentiste a aussi la possibilité de moduler ses sons en introduisant un filtre optique (F) qu'il déplace à la main.

Il y a une relation très forte entre les formes graphiques qui se trouvent sur le disque et les sons produits. Jacques Dudon a créé à ce jour 1250 disques d'ondes originaux permettant l'expérimentation de timbres, comme d'échelles microtonales en adéquation avec ces timbres. Il a exprimé son talent en de nombreux concerts et a enregistré un CD.

## Résonance

Pourquoi les figures acoustiques de la plaque en vibration ne s'établissent-elles qu'à certaines fréquences de vibration bien précises et pas à d'autres? Parce que **la plaque est en résonance avec ces fréquences**. Qu'est-ce que ça veut dire? Qu'est-ce qu'une résonance?

Dans un contexte familier, si vous dites d'un texte ou de paroles qu'elles résonnent bien en vous, vous signifiez qu'elles vous font écho. Alors que vous serez indifférent à un autre propos, le texte vous touche, autrement dit, il **provoque une réaction émotionnelle** en vous. Il a le pouvoir de vous remuer.

Autre exemple: Vous avez parfois constaté que dans une grande salle, une église ou une grotte, votre voix résonne. Cela veut dire qu'elle renvoie un écho de votre voix, l'amplifie. Mais cela ne se produit pas n'importe comment. Si vous faites des *ah* et des *oh*, vous constatez que **cet effet se produit seulement à certaines hauteurs de votre voix**. C'est l'effet de résonance. De même, si vous chantez *ah* devant un tambour, une guitare ou le dessus d'un piano ouvert, à certaines hauteurs de votre voix l'instrument se met à résonner avec la même note. Il vous renvoie votre voix.

Chaque fois que nous émettons un son, il est reçu par les objets et les parois du lieu qui réagissent, le plus souvent de façon imperceptible. Mais parfois, pour certains sons, ils réagissent fortement: c'est une résonance. **Le son envoyé est en accord avec la nature propre de l'objet et le fait réagir**. La salle amplifie le son de votre voix s'il est en accord avec la nature et le volume de la salle. Il y a une affinité, une espèce de sympathie entre le son et la salle.

Comment se produit cette amplification? Imaginez que vous poussez un enfant sur une balançoire. La balançoire s'éloigne, puis revient vers vous. Si vous voulez que le balancement prenne de l'ampleur, vous devez donner une nouvelle impulsion, mais pas trop tôt, ni trop tard: juste au moment où la balançoire est prête à repartir en avant. Si vous le faites avant, vous la freinez dans son mouvement de retour. Si vous le faites après, vous n'avez plus de force, elle s'éloigne. La résonance, c'est quand votre poussée est synchronisée avec **le mouvement propre d'aller et retour** de la balançoire. Ce mouvement propre de la balançoire est inhérent à elle, il est le résultat de son poids, de la longueur de la corde. La résonance, c'est quand il y a **accord entre la fréquence inhérente à l'objet et celle de la stimulation**.

Lorsqu'on frotte ou frappe un objet (plaque, cloche, corde), on le laisse ensuite vibrer à sa façon naturelle. Il répond selon ses fréquences naturelles. Il résonne selon sa nature. Par contre, **si on impose à l'objet une fréquence entretenue, il bouge de façon chaotique et ne prend une forme stationnaire que si la fréquence imposée est en résonance avec sa fréquence naturelle**.

## Ondes voyageuses

Qu'entend-on par onde? **Une onde se produit quand un mouvement momentané de matière à un endroit se transmet de proche en proche**. Explications:

Imaginez des danseurs debout en ligne en face de vous sur une scène. Ils se tiennent l'un à côté de l'autre, disons qu'ils sont 12. Le premier se penche et reste penché. Puis le second se penche et le premier se relève. Puis le 3e se penche et le 2e se relève, et ainsi de suite jusqu'au 12e. Visuellement vous voyez une silhouette penchée qui se propage du 1er au 12e. Il n'y a pas eu un déplacement des personnes. **Ce qui se propage du 1er au 12e, c'est seulement une position**.

**Une onde est la propagation d'un changement de position (d'attitude) des éléments d'un ensemble, sans déplacement de ces éléments**. Les éléments de notre exemple sont des danseurs. Dans la matière, ce sont des molécules ou des particules, des éléments qui sont côte à côte dans l'espace, qui remplissent l'espace.

Prenons l'exemple de **l'eau et des vagues**. Vous êtes au bord d'un bassin, vous plongez doucement la main, et vous donnez une petite poussée. Vous avez créé une vague qui se propage dans le bassin. Les éléments qui dansent, ce sont les molécules d'eau. Elles montent et descendent sur place. Lorsque la vague arrive, la molécule monte et, la vague passée, elle redescend, comme un bouchon qui flotterait à cet endroit.



Prenons l'exemple de la **corde vibrante**. Notez bien que ce qui se déplace d'un bout à l'autre de la corde, ce n'est pas la matière elle-même. Si vous marquez un point de la corde par une encre fluorescente, vous le voyez osciller verticalement. À certains moments, il est tranquille à d'autres il est soulevé.

Dans l'air, les éléments qui dansent sont les molécules d'air. Mais contrairement à l'eau, elles ne bougent pas sur une vague verticalement, mais horizontalement. Imaginons que le premier danseur se penche sur la droite, puis le 2e fait de même tandis que

le 1er revient aussitôt à sa position initiale. Et ainsi de suite. Cela revient à dire que les molécules se rapprochent et s'écartent l'une de l'autre ou encore que la densité d'air (c'est aussi sa pression) varie localement. En réalité, le mouvement de propagation s'effectue dans toutes les directions, radialement, et diffracte à partir de chaque point mis en mouvement.

## Ondes stationnaires

Parfois, on a l'impression que l'onde ne se déplace pas, qu'elle reste sur place. Elle est **stationnaire**. Cela arrive lorsque les danseurs (**les éléments**) **bougent de façon synchronisée**. Ils se penchent tous en même temps et se relèvent en même temps. **Une onde stationnaire est un mouvement synchronisé sur place**. Mais les danseurs ne se penchent pas tous à la même hauteur. Le 1er et le 12e restent immobiles. Le 2e et le 11e se penchent légèrement, les 3e et 10e un peu plus, tandis que les 6e et 7e ont une amplitude maximale.

C'est ce qui se passe également dans la plaque de métal lorsqu'elle est en résonance. Chacune de ses parties vibre verticalement, au maximum dans les lignes ou les points ventraux, pas du tout dans les lignes nodales. Il est remarquable de constater qu'il y a un mouvement intense, et pourtant les lignes nodales dessinent une structure fixe. C'est un mouvement stationnaire, sur place.

Aux fréquences en-dehors de la résonance, la plaque de métal est parcourue de vibrations qui se déplacent de façon chaotique. Et puis, pour une fréquence précise, les ondes deviennent stationnaires. Comment se produit cette transition? Raisonons avec la corde qui n'a qu'une seule direction de propagation. On crée une secousse (un petit déplacement vertical) à une extrémité et elle court jusqu'au bout de la corde. Au bout de la corde, elle rebondit et repart en arrière. Si on crée plusieurs secousses qui se suivent régulièrement, celle qui revient rencontre une secousse qui arrive. Les 2 se combinent. **C'est seulement s'il y a une certaine synchronisation entre les secousses qui reviennent et celles qui arrivent qu'elles se combinent en formant une onde stationnaire**. Cette synchronisation a lieu si la fréquence est telle que les secousses se croisent en se superposant exactement. Le mouvement de propagation est alors en résonance avec la corde, il s'arrête.

Cela explique que le phénomène d'onde stationnaire dépend de la façon dont les ondes se propagent sur la corde, donc **de la matière et de la tension de la corde**. Il dépend aussi de l'**existence d'une frontière sur laquelle elles rebondissent**. Dans le cas d'une plaque, les frontières sont définies par ses bords extérieurs. **La forme de la plaque au repos est déterminante dans le dessin des formes géométriques stationnaires de la plaque en vibration**.

## En savoir plus

### Films

- **Film de Hans Jenny, en 3 parties**
  - partie 1. Après une introduction en anglais, les images commencent à 2mn 07s: <https://youtu.be/05Io6lop3mk>
  - partie 2. Figures des voyelles à 3mn 56s: <https://youtu.be/ahJYUVDY5ek>
  - partie 3: <https://youtu.be/I4jUMWFKPTY>
- [Figures de sable](#). Sans paroles, durée 3'51". Saint Mary's University, Halifax, Canada
- 15 documentaires avec commentaires en anglais. Parmi eux, je suggère particulièrement le [premier](#) (figures de Chladni - 7'31") et le [sixième](#) (Recherches de Lauterwasser - 5')
- [Le tonoscope](#). Description en anglais
- Le Visage de Mars. Conférence de David Percy en 1996, université de Bradford, Angleterre. Traduction en français. <https://dai.ly/x8oyzv>

### Le diaporama de Alexander Lauterwasser

- [Water Sound Images](#)

### Articles dans le site spirit-science.fr

- [Sensations sonores](#). 1. Hauteur et fréquence. 2. Intensité. 3. Timbre et harmoniques
- [Le phénomène sonore: Nature et perception](#): Qu'est-ce que le son?
- [Diagrammes de champs ou crop circles](#). De magnifiques dessins géométriques s'impriment miraculeusement chaque été dans des champs, principalement dans le sud de l'Angleterre.
- [Des particules aux galaxies, la Spirale, mouvement primordial de vie](#). La spirale est un mouvement fondamental inscrit dans la structure de l'univers.

- [Aspects géométriques et sonores des créations de l'univers](#). Les schémas directeurs de l'homme et de la nature. Une vision nouvelle de l'évolution. Loin d'être dues au hasard, les formes de l'univers sont sous-tendues par des trames géométriques qui sont l'expression manifestée de schémas directeurs sous-jacents.
- [La hauteur des notes de musique doit-elle être normalisée par un diapason?](#) Les aléas historiques de la fréquence du LA.
  1. Depuis 1953, une norme internationale recommande d'accorder les instruments de musique à la fréquence de 440 hertz pour le LA. C'est une volonté récente, car dans le passé, on ne s'intéressait qu'aux intervalles entre les notes et on ne savait pas mesurer leur fréquence.
  2. Fixer un diapason à 1 Hz près a un sens purement technique car musicalement, les notes émises par les instruments sont fluctuantes et varient avec la température et le souffle. La nécessité d'un diapason commun est apparue pour des motifs pratiques et commerciaux, afin de faciliter la musique professionnelle d'ensemble et la fabrication des instruments.
  3. Au moins jusqu'au 18<sup>e</sup> siècle, le diapason des instruments variait d'un endroit à l'autre, d'une époque à l'autre et d'un instrument à l'autre. Puis des tentatives de normalisation ont été effectuées, mais le choix des valeurs retenues a suscité des controverses, qui ne se sont pas éteintes avec la normalisation internationale de 1953.
  4. Le choix d'un diapason plus haut ou plus bas peut affecter le rendu sonore et la performance vocale des chanteurs lorsqu'il s'agit d'interpréter des œuvres écrites dans le passé. L'essentiel est l'impact émotionnel et physique de la musique sur l'auditeur. Il résulte de paramètres complexes qui dépassent de loin la question du diapason.
- [Résonances sonores corporelles](#): Les sons de notre environnement ne stimulent pas seulement les tympans de nos oreilles, ils mettent en vibration certaines parties de notre corps.

### Articles sur Internet

- Chladni et ses figures: [Wikipédia](#); [Physique de tous les jours](#)
- Kundt: [Physique](#) à l'Université du Michigan, en images; [Tube de Kundt](#), article wikipédia
- Physique du son: articles wikipédia, [Interférométrie laser](#); [Onde stationnaire](#); [Corde vibrante](#)
- Vibrations de la guitare: [Le laser révèle comment la guitare produit du son](#), Guru méditation
- Atelier d'exploration harmonique: [création de disques photosoniques](#). [Article en pdf](#), *Synthèse photosonique: de la géométrie des ondes au disque virtuel*, par Daniel Arfib, Patrick Sanchez et Jacques Dudon, Journées d'Informatique Musicale, 9e édition, Marseille, 29 - 31 mai 2002

### En anglais (et allemand)

- Figures de Chladni: [Mediateletipos](#); Physique à l'[Université de Los Angeles](#); École de physique de Sydney, le dessus d'un [violon](#) et d'une [guitare](#)
- Alexander Lauterwasser: le site d'A. Lauterwasser en allemand, [Wasser Klang Bilder](#)
- Cymatique: [Cymatics](#), le site de Jeff Volk; voir en particulier les [vidéos](#) et le diaporama [Water Slide show](#). [CymaScope](#), le site de John Stuart Reid et Erik Larson; voir en particulier les pages sur l'[histoire de la cymatique](#), les [formes biologiques](#), le [cymascope](#).
- Crop circles: [Is Sound Creating Crop Circles?](#), Freddy Silva
- Géométrie des planètes: [Interplanetary "Day After Tomorrow?"](#)
- Winston Kock: [Wikipedia. A photographic method for displaying sound wave and microwave space patterns](#), by W.E. Kock and F. K. Harvey. Bell System Technical Journal, vol. 30, 1951, p.564-587

### Ouvrage sur papier

- Images sonores d'eau: La musique créatrice de l'univers, Alexander Lauterwasser, éd. Médecis, 2005
- Investigations sur le champ de conscience unitaire, David Wilcock, éd. Ariane, 2012

Texte conforme à la [nouvelle orthographe française](#) (1990)

09 mai 2012

Copyright 2012 - Alain Boudet. Tous droits réservés

www.spirit-science.fr - France - [Flux RSS](#)

Tous les documents présents sur ce site sont protégés par les lois sur les droits d'auteur.

[Les publications de ce site sont identifiées par le numéro international ISSN 2430-5626](#)

**Cet article est l'aboutissement d'études, d'investigations, de compréhensions, de synthèse, de réflexions, de clarifications et de reformulation en langage simple, qui ont demandé une somme importante de travail.**

**Si vous deviez en tirer parti devant un public de lecteurs ou de spectateurs ou pour quoi que ce soit, merci de le citer.**