

Sinusoidal Perspectives —

Five Sound Creations by
Ryoko Akama, Hervé Birolini,
Émilie Payeur, Cathy van Eck
and Mo H. Zareei

EDITOR / ÉDITEUR
NICOLAS BERNIER

Perspectives sinusoïdales —

Cinq oeuvres sonores de
Ryoko Akama, Hervé Birolini,
Émilie Payeur, Cathy van Eck
et Mo H. Zareei

Sinusoidal Perspectives — Perspectives sinusoïdales

Contents —

Tables

des matières

Foreword — Avant-propos
Nicolas Bernier

- ↗ 04
- ↗ 134

Inefficient Ways to Comprehend The Matter
Ryoko Akama

- ↗ 09
- ↗ 141

Des courants
Hervé Birolini

- ↗ 29
- ↗ 161

Rebellion Against Establishment & Sacred Space #1: Healing Machine for a Plant
Émilie Payeur

- ↗ 41
- ↗ 173

Waving Sine Waves
Cathy van Eck

- ↗ 57
- ↗ 191

Prime Frequencies
Mo H. Zareei

- ↗ 71
- ↗ 205

Five Perspectives —
Cinq perspectives
Guillaume Boutard & Nicolas Bernier

- ↗ 115
- ↗ 249

About the authors
Les autrices et auteurs
270

Credits
Crédits
274

Towards an Aesthetic of the Sine Wave

Foreword

Words by: Nicolas Bernier

Translation by Kjel Sidloski

This work concludes the research-creation project *Towards an Aesthetic of the Sine Wave* by first presenting five texts by artists on the works that were commissioned specifically for the project¹. These texts are then analyzed using the conceptual framework that we previously developed, as proposed in the article *Sine Wave in Music and Sound Art: A typology of artistic approaches* (Bernier et al., 2023). Carried out following a survey of artists, this framework constitutes the cornerstone of the projet *Towards an Aesthetic of the Sine Wave*, leading to a classification of artistic approaches based on the sine wave². The analysis carried out essentially by the researcher Guillaume Boutard makes it possible to close the loop by laying the foundation of an analytical reading of works based on the sinusoidal wave.

The five artists who created works for the project were selected with the understanding that they would not only have an interest in the sine wave, but also a research interest. We enquired artists with diverse approaches that would represent the broad spectrum of sound art practices: from performance to installation, from fixed to algorithmic writings, and from formal to conceptual. When we commissioned the works from the five artists, we deliberately avoided giving indications that would have guided the form of the works. It is thus in a natural way that the works created reflect a plurality of approaches, echoing the diversity that we found following our initial survey distributed to the sound art community. We have also maintained the artists' freedom of speech in the texts that present their creative process, avoiding the suggestion of themes, or particular writing styles—academic, for example. Although the texts have been revised by our team, this revision is minimal, taking care not to distort either the artist's statement or the way this statement is articulated.

1.

The research results of the project, including the documentation on the produced artworks, are presented on Laboratoire formes • ondes website: www.lfo-lab.ca/onde-sinusoidale

2.

The classification comprises 8 main categories:

- 1) Ontological Perspective
- 2) Scientific References
- 3) Philosophic References
- 4) Psychological Aspects
- 5) Sociocultural Aspects
- 6) Artistic Fields
- 7) Aesthetic Approaches
- 8) Creative Process.

It is clear that each of the artistic approaches proposes a singular perspective of working with the sine wave. The Japanese-Korean artist Ryoko Akama is known for her *in situ* minimalist work, anchored in close relation to the space of presentation. The installation piece *Inefficient Ways to Comprehend The Matter* pursue this work, in a variegated visual aesthetic that contrasts with the formalism and coldness often associated with the sine wave. Also far from the themes usually associated with the sine wave is the work of Dutch artist Cathy van Eck, whose performance *Waving Sine Waves* weaves a particular link between the gesture of waving and a gesture associated with cleaning that alludes to the purity of the sine wave. A certain humor emerges from the works of Akama and van Eck, detaching itself from the austerity often conferred on the sine wave. van Eck's performance, realized mid-pandemic, is in our documentation interpreted by sound artist Véro Marengère. Although outside the scope of our research project, this element might be of interest to people working on the phenomenon of interpretation in sound art which, unlike interpretation in classical music, is usually done by the artist who creates the work. Marengère's precise interpretation exemplifies the clarity of the indications—which can be thought of as the equivalent of a score—provided by Cathy van Eck. As part of the project *Towards an Aesthetic of the Sine Wave*, the interpretation phenomenon was discussed in the article *Sine Wave Interpretations* (Bernier et al., 2021) in connection with the work of the Ensemble d'oscillateurs. The work *Des courants* created by the French artist Hervé Birolini makes use of this ensemble, in which ten musicians play on analog oscillators, with a score based on a writing model developed by and for the ensemble (for more information on this ensemble, see the article *Observations on Performing Sine Waves with an Oscillator Ensemble* (Bernier, 2022)). Having partly evolved in the *musique concrète* milieu, Birolini creates in his work a dialogue between the simple frequency spectrum of the sine waves and a textured sound universe, spectrally richer and precise in its temporal writing. The temporal precision is also exploited in a flagrant way in the work *Prime Frequencies* of the Iranian artist Mo H. Zareei. The precision in this work is algorithmic, as the artist has written a series of algorithms using the music programming

language ChuckK. Zareei uses prime numbers to write about fifty sequences that produce different musical patterns each time the program is executed. Of all the works created here, Zareei's is the one that best exemplifies a formalist and digital approach to the sine wave. In contrast to the formalism and purity of the sine wave is Quebec artist Émilie Payeur, whose installation work *Rebellion Against Establishment* focuses instead on the decay over time of a sine wave signal looped on a tape answering machine. The artist also dwelt on the phenomenon of beating from a mystical communication perspective in the work *Sacred Space #1: Healing Machine for a Plant*.

The book you are about to read is therefore, on the one hand, an entry into the imagination of artists who have worked in close and conscious relationship with the sine wave. On the other hand, it is an opening towards a deeper analysis of the works that are based on the sine wave. For one of the findings of *Towards an Aesthetic of the Sine Wave*: although the sine wave constitutes one of the main archetypes of electronic music, there is still little literature on it at the aesthetic level, beyond as a scientific or technical phenomenon. The series of texts and works resulting from this research-creation project constitutes a rich contribution to the sound art milieu.

In the twilight of the research-creation project *Towards an Aesthetic of the Sine Wave*, a fundamental question still persists: could we really claim an "aesthetic of the sine wave"? The diversity of approaches we surveyed seems rather to indicate the contrary. Rarely used alone, behind this undoubtedly significant object in sound creation, the sine wave seems to be used essentially as a pretext to establish dialogues with a teeming quantity of themes. The project *Towards an Aesthetic of the Sine Wave* will have made it possible to collect a considerable quantity of writings and works on the subject³, while formalizing the various principal tangents of creation taken by the artists in their work with the sine wave. We hope to have contributed significantly to the enrichment of knowledge on this fundamental sound signal.

3.

A Zotero database collecting works and writings on the sine wave is accessible: www.zotero.org/groups/2521746/sine-references

Inefficient Ways to Comprehend The Matter (2021)

Sound installation
exploring sine waves

Words by:
Ryoko Akama

[...] there is more than simply *hearing* and *listening* when I work with sine waves. Perception, vision, sensations and feelings add up to form an overall experience.

Approaching Towards an Aesthetic of the Sine Wave

Inefficient Ways to Comprehend the Matter (iwtcm) is not about sine waves, or an aesthetic of the sine wave, but rather, aims *towards* an aesthetic of the sine wave, in the hope of demonstrating wider options in the exploration of the relationship between this particular waveform and our experience with it. I use the term *experience*, as there is more than simply *hearing* and *listening* when I work with sine waves. Perception, vision, sensations and feelings add up to form an overall experience. Deceptive listening, for example —hearing a sound when there is none, or hearing nothing when there is— is not simply representative of falsity, nor is it considered erroneousness in my practice, but as one of the ephemeral factors of the experience.

iwtcm investigates sine waves with playfulness and humour. It does not consider efficiency, negating proposals for better economics towards sine wave analysis. I present ambiguous information, doubtful structure and unnecessary design. Though the main purpose of *iwtcm* is to investigate my artistic concerns behind the usage of sine waves, the work is a total artwork (Gesamtkunstwerk). Japanese Noh theatre has used this concept as a creative pivot, suggesting that a work is only to be described from multi-dimensional angles or elements.

I observe objects as orchestral instrumentalists. After an initial sketch of a given piece, they, in this case 'objects', perform in their own ways. They become independent from my score, which is my initial aim. They can mess about or behave differently than how I had planned, which is fine in my creative opinion.



figure 1



Some objects appear repetitively in my installations, while others occur only once or a few times. In the process of making *iwtcm*, I started with the sine wave as the nucleus, yet the rest grew rhizomatically as days passed in my studio. The painter Ibrahim El-Salahi says:

“When I am working, I am not at all aware of what it is going to look like... The work develops by itself and shows me things possibly in my subconscious mind that I am not at all aware of what it is all about... It’s almost like children growing. You give them a name then later on they change their name and they give you another kind of image... Let that be judged by a viewer. And the viewer has got a role to play that when you look at the work what the work means to you.” (Tate Modern Film, 2012)

These words resonate with my own working process. There is always a nucleus, or at least, the hint of a nucleus, as a starting point, but no definite direction is present at the beginning.

I like using a colour. This time, I chose mustard yellow (figure 2) as a secret essence. Having an infusion of one colour seems to act as a distraction and surprise from one’s inkling towards the piece, which contributes to an unexpected perception in seeing, listening, and hearing.

A sine wave, in other words, sinusoid, pure tone, or sine tone, is a waveform that oscillates periodically. Sine waves are the physical manifestation of mathematics and geometry, having fascinated creators and researchers who have experimented with them across a diverse range of fields. Mathematically represented as $y = \sin x$, this simple function continues to be analyzed, discussed, processed, and implemented within new equations. Music has a history of using sine waves to produce compositions and sound art in various formats, but as captivating as sine waves can be, they can also be piercing and annoying. I’ve lost count of how many audiences have awkwardly left my performance, upset when I start the sine tones using hearing aids. The sine wave is a delicate monster, especially at higher frequencies, and can be physically and mentally disturbing when obstinately continuous.



figure 2



People tend to be fascinated by the hearing aid, which simply collects sound from the environment and resonates the amplified signal through a tiny speaker (a receiver) in a bottle.

A cheap hearing aid does not complete a listening analysis in order to adjust its ability to an individual's hearing loss. I mount these old hearing aids onto the mouth of glass jars with the microphone part towards the outside, and the receiver inside. This creates a feedback process which creates sustained sine tones. There are certain complexities and variations one can use when creating with hearing aids, such as voltage strength, choice of material, size of the containers within which they resonate, and most importantly, the characteristics of the space they inhabit. The relationship between jars —how they are situated, distanced, and how they interact— can create remarkably different outcomes. How sine tones react to each other is so variable that the subject could constitute a lifelong scientific and creative inquiry, but I am not interested in that. What interests me is a hands-on approach to playing with a situation of imagined scientific myths, and furthering my own doubts and interrogations.

The same installation causes non-identical results when placed in a new environment. Its mechanism is accidental, with occasional technical failure, and often delivers beautiful harmonies and beating patterns. The sine waveform is so simple, fragile and mutable. Change in sound is sensitive to the tiniest movement one makes, close by or afar. A person standing up from a seat, closing a window, placing another jar in the distance, or changing a light-bulb, could all alter the aural structure. A listeners' head position and gesture also determine what and how (s)he hears. An imperceptible amount of movement can trigger a wave reinforcement or cancellation. Moreover, the relationship between binaural capture, body perception, and brain processes further complexifies the nature of the experience.

I've observed that the physical reality of the phenomena is often divergent with the subjective evaluation, suggesting that culture, upbringing, background knowledge, and other various factors may inform the hearing process and its result.

Objects and Spatial Structure

Materials in my works come from everywhere, including the streets, junk markets, hardware shops, friends, and auctions. First, I fall in love (aesthetic intuition), then physical facts (weight, material, colour, shape, size) become articulated and calculated. I redefine and blend an original function into a new one. Reformatting is a creative game. In this process, I am both frivolous and serious. Though attracted to old objects, I am not necessarily interested in antiqueness or quaintness. Most often, something that other people throw away or do not take notice of —broken and rusted— comes to my attention. Even if I have no idea what they were originally made for (function), it does not matter, as a reuse and misuse mechanism erases its association and representation. However, I do not seek to control how viewers see, hear, or perceive. For example, if I have three identical sine waves coming from 1) a hearing aid in small glass, 2) expensive Genelec speakers or 3) a sonic bed (Kaffe Matthews project), the resultant experience will clearly be divergent. Objects, space, and construction are intimately intertwined, metamorphosing into individual episodes.

Because a hearing aid is small, a listener starts without knowing where the sound is coming from. (S)he walks around, concentrated and attentive, realizing that there are various materials seemingly contributing to the listening phenomena. My work is all about 'being noticed'. It is never boldly expressive or impressive. If there is not enough time, one could pass by without any experience, which is also a fine experience in itself. Otherwise, when there is enough time to notice, a possibility is presented for body and mind to react and negotiate with the many aural/visual occurrences.

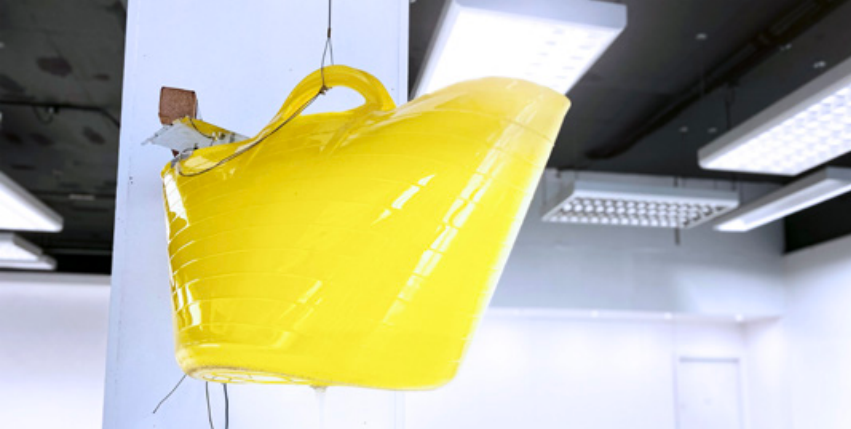
figure 3



I use the word 'island' to specify a set of material structures (contraptions) in my work. Each island is both independent and interconnected, in this case, acting as switches to trigger sine tones from hearing aids. The photomontage on the next page describes how each island affects each other while remaining autonomous. Hearing aids are implemented in islands 01, 02, and 03, causing variations to the sine wave composition. Scattering objects around the floor and ceiling decentralizes the listening process, and one needs to participate in the reception/listening of the waveforms.

In day to day life, psychoacoustics is more convoluted than a simple term such as 'auditory perception'. Entities are variable—so is mentality. Additionally, where more than two elements exist, there is a constantly changing relationship and relativity between these elements. Multiple elements can also exist within a single unit, which makes the psychoacoustics more intricate. Nothing is made for easy compliance in *iwtcm*. Islands can disobey my thinking and surprise me. As mentioned, this installation uses hearing aids to experiment with sine waves. Despite its small size, what it achieves can be piercing to the ear. While the frequency range of the device is limited, numerous factors can be utilized to change the waves. Sound is not a material, but rather, air molecules in motion. A sine wave is fundamentally a smooth motion happening in the air and thus can be easily manipulated; phase shifts, pitch shifts and amplitude modulations all result in beat patterns (changing at a regular rate). These small devices naturally emit very high and high to mid-range frequencies. It is almost impossible to achieve lower frequencies. However, I enjoy experimenting with this narrow frequency range.

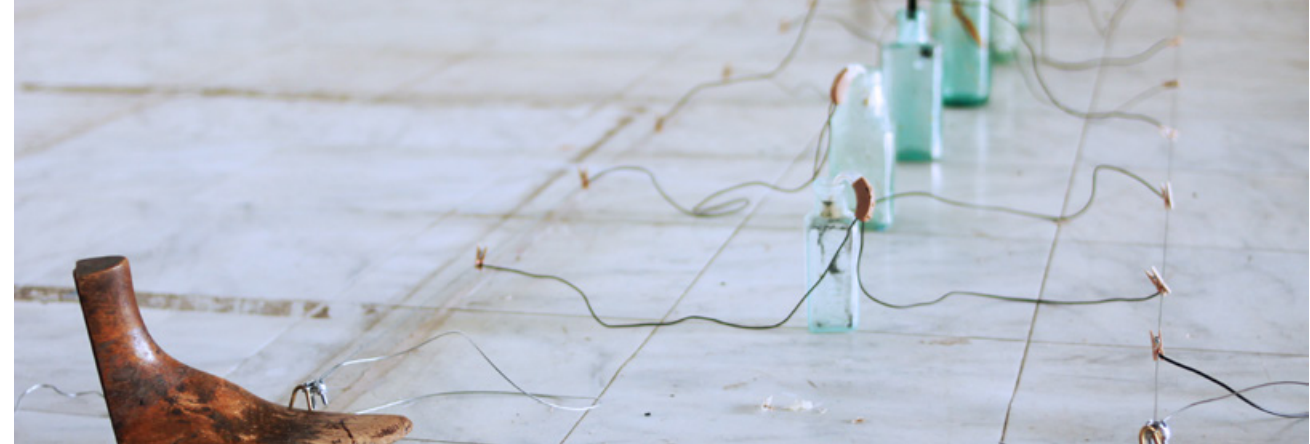
Another phenomenon that interests me is 'heat', which plays an important role in my recent practice. Like sound, heat is an event transferring thermal energy between molecules (warm to cold). Temperature is the average kinetic molecular energy at a given point. Heat can be visible in many ways. It can melt or burn materials, make metalware glow red (thermal radiation), or cause mirages (heat shimmer). Heat also requires care as, though often invisible like sound, can be dangerous.



As the water goes down the tube, the bucket gets lighter. Once a certain threshold is reached, it makes contact with the metal sheet, triggering the 7 hearing aids to start emitting sound.

island 01

10 SINE TONES IN TOTAL;
CREATING:
»REINFORCEMENT
»CANCELLATION
»BEATING PATTERNS



7 sine tones:
»runs on 3V
»different glass jars

island 02



Water flows down the tube, reducing the volume of air in the green glass bottle.

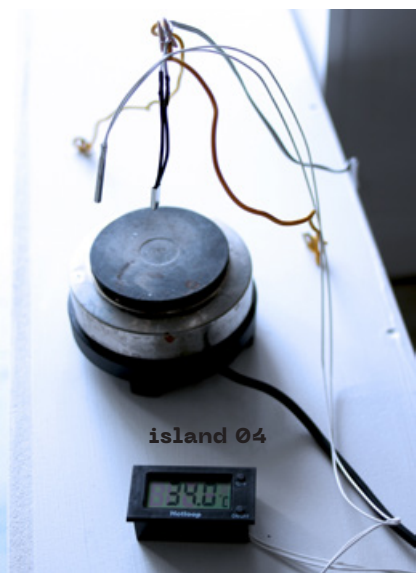


island 04



2 sine tones:
»runs on 3V
»pitch varies according to the temperature

island 03



island 04

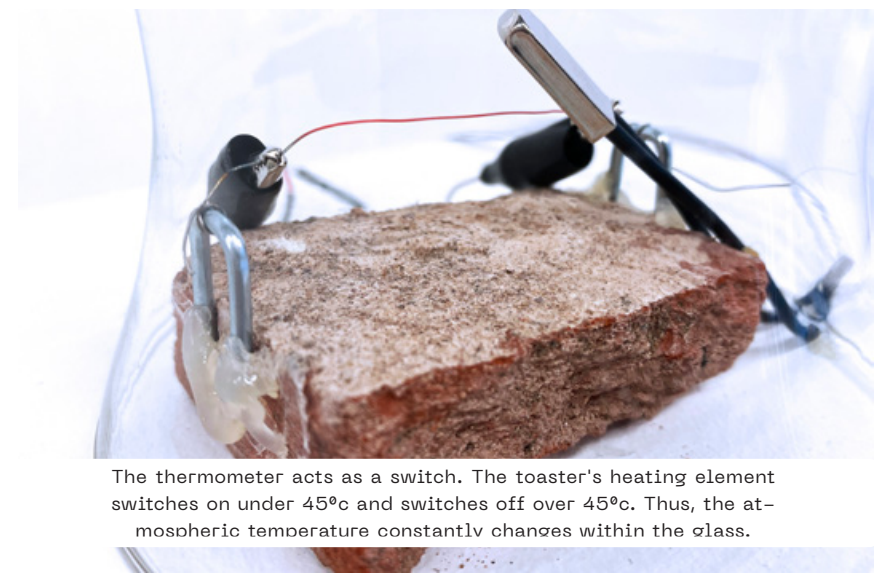


The thermometer acts as a switch. The heater and hearing aid turn off over 50°C and back on under 50°C.

island 05

The thermometer acts as a switch. The heater and hearing aid turn off over 55°C and back on under 55°C.

1 sine tones:
»runs on 3V
»pitch varies according to the water volume



The thermometer acts as a switch. The toaster's heating element switches on under 45°C and switches off over 45°C. Thus, the atmospheric temperature constantly changes within the glass.

Heat doesn't affect sound waves themselves, however, sound travels faster in higher temperatures, which means that there is a tiny difference in how pitch changes when the temperature is higher. In island 03 (figure 3), I aim to exploit this phenomenon with two identical sine waves resonating in two identical glass containers. This setup is scientifically problematic due to the fact that the containers are not strictly identical. In the glass, approximately four to five centimetres of nichrome wire is driven with 3.5v electricity. Once the temperature within the glass reaches 45c, or 55c in the other glass, the thermal protector switches the electric circuit off and the apparatus enters a cooling mode, receiving no electricity. When the temperature descends below the thermal threshold, the electricity is reinstated. Simultaneously, two identical hearing aids are hooked around the top mouth of the glass. Both are fed by the same 3v electricity with an on and off switch depending on another thermal protector at island 05. The environment in and around the two jars constantly changes and one seems to be able to hear beating patterns caused by two presumably homogeneous sine waves.

One can hear ten hearing aids in total resonating in the space, switching on and off according to temperature. The thermal switch I use is a basic thermal protector. The internal bimetal system is often unstable, which causes capricious actions and a suspiciously variable tolerance range —characteristics which are often accepted by my aesthetic. The installation resembles a painting studio. Each sine tone is like a paint brush, painting air particles by moving, interacting and refracting. However, unlike paint on a canvas, sound is a passing memory, ever changing and vanishing.

Islands 04 and 05 (figure 4) have thermal protectors controlling different setups. Island 04 controls a hot plate and a hearing aid at Island 01 while Island 05 controls a hot plate and a hearing aid at Island 03. The thermal protector's response speed is fast yet the reliability is poor. Hence, it creates unexpected consequences which again I enjoy.

Air volume and pitch are relatively and respectively experimented in island 01. Water in a yellow bucket hung from the ceiling slowly enters down through the tube (figure 5) into the green glass bottle, changing the volume of air inside. Consequently, the



figure 4



figure 5

pitch from the hearing aid on the bottle mouth becomes higher. The bottle acts as a resonating chamber. In the actual installation, water drips unnoticeably slow, with the intention of extending the duration of the composition. The bucket is hooked on a vintage metal scale attached to the ceiling. The more the water is emptied, the lighter the bucket becomes and the higher it is lifted. At a certain point, the metal tape on the bucket comes in contact with another metal part attached to the wood bar. This contact activates seven hearing aids at island 02.

A video demonstration shows the performance of island 01 and 02 in 2 minutes. A sweep effect is hurriedly created with the sine wave on the green bottle mouth, followed by seven other hearing aids at island 02 taking over the space. In the installation, this happens nearly unnoticeably over the course of many hours.

It also demonstrates the manual task of pouring the water back into the bucket after it completes the drain. This is a 'funny' part of the process and there is a good reason for not implementing a better solution with an automation device to circuit the water back by itself: it invites labour, nurturing an inefficiency, an awkwardness, and an unrefined nature.

The composition *walking around iwtcm* is comprised of several recordings captured around the piece. I walked around the installation in a slow pace with a pair of directional microphones, each attached around my left and right ear, aiming to capture the audio binaurally, and as closely as possible to the experience. I sometimes became motionless, losing my sense of direction, and then swayed my head slightly in order to capture varying interactions between sine waves. A shift by a millimetre could cause a drastic transposition or total cancellation, and I went through the matrix of waves and silence in turn.

Iwtcm plays with our ability to localize, obfuscating the location of individual sounds, pitch recognition, and sound individuation. One has to listen and engage with the space. (S)he must contribute an effort to hear and capture a moment. A slight head angle will deliver beating patterns. A body shift will reveal new pitches and harmonies. This auditory creativity is a composition by the listener, forming a unique ephemeral sculpture. I enjoy experimenting with sine waves for this participatory characteristic. A receiver becomes

active in creating a form. Sine waves react not only to where they are embedded (micro container), and to where they are received (listener), but also to the building (macro container). They have a symbiotic nature, being mutualistic, commensalistic, or parasitic to/with other entities. The opportunities sine waves provide seem limitless and evolving.

The venue for this performance was the Dai hall gallery. It is a disused shop unit with an approximate size of 14(L) x 11(W) x 4.5(H) feet. The concrete ceiling offers a great acoustic character, with a balanced resonance response. *Iwtcm*, with the same diagram, will sound dissimilar in another space. Similarly, *iwtcm* with another diagram will sound dissimilar in the same space. This is perhaps the difference between 'sound exhibition' and 'sound installation'. An exhibition presents a separate form from the space whereas an installation takes over the content of the space being associative, a site-specific construct designed for a temporary period of time.

In principle *iwtcm* as an archive does not capture the full picture of the installation. Its full duration is never wholly represented in the video or photography, which tends to emphasize objects as main acts. On the other hand, there *is* an engrossing element in the microscopic views video and photography provide. Micro gestures are highlighted, allowing viewers to comprehend details of technology and methodology. However, to apprehend my intention 'towards' an aesthetic of the sine wave, one must engage longer, and seize each short-lived moment alone in the space. I like this property and behaviour of *iwtcm*. This is where my experiment goes 'towards' an aesthetic of the sine wave.

Des courants (2022)

Mixed sine wave work(s) for ten
oscillators and electronics

Words by:
Hervé Birolini

Translation by Kjel Sidloski

My music is not electronics, my music is electricity

Pierre Henry at the Quartz (trans.)
Electronic Music Awards
/ Paris 2006

Des courants

The sine wave has often played a role in my projects. From acousmatic pieces like *Ozone* (2006) or *Bass Exartikulation* (2015), to the recent live electronic pieces, *Des éclairs* (2020) and *Tesla* (2022), dedicated to the sonic power of energy, this signal with singular characteristics has made its way into my work. In *Ozone*, I was almost a chemist, imagining the acoustic blend between the breath of a saxophone and the primary waves to give birth to a metaphorical ozone (ozone is the gas produced after an electric discharge). In *Bass Exartikulation*, I was looking for an acoustic transparency with my speaker array. Sine waves were an intrinsic part of this because of their elusive nature. With *Des éclairs*, I explore sound bursts caused by energy. Then, in *Tesla*, I approach, through François Donato, the figure of Nikola Tesla, father of the alternating current. Finally, with *Des courants*, I consider the sine wave from another point of view: the history and the poetization of the electric current.

Des courants is a set of short pieces that mix an element of fixed media electronics with a set of sinusoidal oscillators intended to be performed live. These pieces can be considered separately, or as a whole—as a single electronic piece. Thanks to the graphic score editor developed especially for the occasion, I was able to write the sine wave part at the same time as the piece itself.

After numerous research and readings for recent performances as well as upcoming pieces around the question of electrical energy, it seems natural that *Des courants* draws its inspiration from “electrical material”. From its democratization amid American industrialization, to its sonic powers, electricity and its symbolic fields intersect with the research of Laboratoire formes • ondes at the Université de Montréal. This piece represents for me the opportunity to carry out research that is complementary to those that I have already engaged in with my performative pieces. It also deepens my questioning around the sine wave.

25, 27, 33, 40, 42, 43,
 45, 50, 58.3, 60,
 62.5, 66.7, 76,
 87, 100, 125
 133, 140
 400

One of the artistic and technical foundations of the piece is certainly its “harmonic grid”, derived mainly from a list of frequencies of industrial current in use in 1897 in North America, which I discovered during my preparatory research. In further investigation, I came up with a list of the main frequencies of the current used in the world since 1897. We find the following frequencies (in hertz): **25, 27, 33, 40, 42, 43, 45, 50, 58.3, 60, 62.5, 66.7, 76, 87, 100, 125, 133, 140 and 400.** These frequencies are either inherited from the design of steam engines (by their speed of rotation), or deduced by calculations related to the structure of the machines in service, or compromises to optimize the operation or compatibility with the largest number of receivers. For example, the frequencies chosen in France and North America (50 Hz and 60 Hz, which are still in use today) were chosen for a practical reason: frequencies lower than 50 Hz cause perceptible flickering in the light of arc lamps or incandescent bulbs. Here, I am particularly interested in the choices, the trial and error, and the paths that the distribution of energy has taken. I see them as a kind of natural bridge between human and technical. It is a primordial thing in my research. From the outset, these frequencies and their multiples constitute for me a base, a grid of composition, but I do not prohibit myself from using other complementary frequencies in a more arbitrary way.

If in 1897 the frequencies of the electric current were not yet standardized, it is because the “War of the currents” raged ten years before. Around 1887, we were in the middle of the industrial revolution, and the first electric motors were beginning to replace human beings in the most arduous work. At that time, the debates were tough and the financial stakes were enormous. The first issue was to validate the form that electric current would take for its distribution. Thomas Edison defended direct current (which flows in one direction only) and Nikola Tesla defended alternating current (sinusoidal current). After having worked together, the two men opposed each other with scientific and public demonstrations. Tesla showed the power of his high-frequency currents in spectacular demonstrations, while Edison showed the danger of alternating current by organizing public electrocutions of animals to try to establish the superiority of his direct current. But thanks to Tesla’s

tenacity, his extraordinary humanism, the technical and practical superiority of his current, as well as his numerous discoveries and applications, alternating current finally imposed itself through George Westinghouse, another major player in this war of currents.

Something fundamental and almost forgotten seems to modestly link my piece to this great history, because when Tesla developed his resonant oscillator around 1891 (the Tesla coil) and then invented an electromechanical oscillator around 1893, he studied resonance phenomena. It is said that his experiments went so far as to cause the shaking of buildings in New York. Later, around 1899, he continued his research in his laboratory in Colorado Springs and linked his intuitions about the mechanical resonance of the planet with electricity in an even more obvious way. The sinusoidal current, the electric oscillator and many other things were born out of all these human adventures and fundamental research carried out by Nikola Tesla and which we still talk about today. At that time, the idea of listening to electric current as a sound object was not yet established, but Tesla may have unknowingly taken one of the decisive technological steps in the development of sound synthesis and electronic music in the early 1950s. These operating principles obviously prefigured audio oscillators, first with the Tesla coil, then measuring devices, then studio equipment and finally synthesizers. These founding principles will serve me to dream the piece *Des courants* one hundred and thirty years later.

Operating myself by trial and error in the composition of the piece, the additive synthesis of primary waves at the frequencies of the electric current allow, for example, the discovery of surprising sound concordances/resonances. For example, the resulting wave of sinusoids in phase at 25 Hz + 27 Hz + 33 Hz + 40 Hz + 42 Hz mixed at approximately the same level produces an organic beat close to that of a human heart (heard in the composition between 12 min 10 sec and 12 min 17 sec).

However, by a chance playing of a sequence with my Schlumberger GBT 662 oscillator (dating from 1970) in a gesture between 2500 Hz and 10K Hz, by rapid changes in frequency, I happened upon what resembled a bird song (a sinusoidal song), close to that of an exotic bird (heard in the composition between 1 min

57 sec and 2 min). This sound allowed me to make the symbolic link between the primary waves, the beginning of the history of alternating current, and the sounds I had heard in the old-growth forest, notably the birds and insects that I had recorded in 2001 in Guyana. I remembered then that when I listened to them at the time, they already evoked for me complex wave generators.

The first movement of the piece that I was composing on the mathematical genesis of the sine wave, suddenly took a more organic turn, and I started to make, with the help of the iVCS3 (an iOS synthesizer for iPad), other insects, water bubbles, all made from sine waves, but in more complex combinations like frequency modulations and intermodulations. Finally, this part will include very few phonographic sounds (heard in the composition between 3 min 32 sec and 3 min 46 sec).

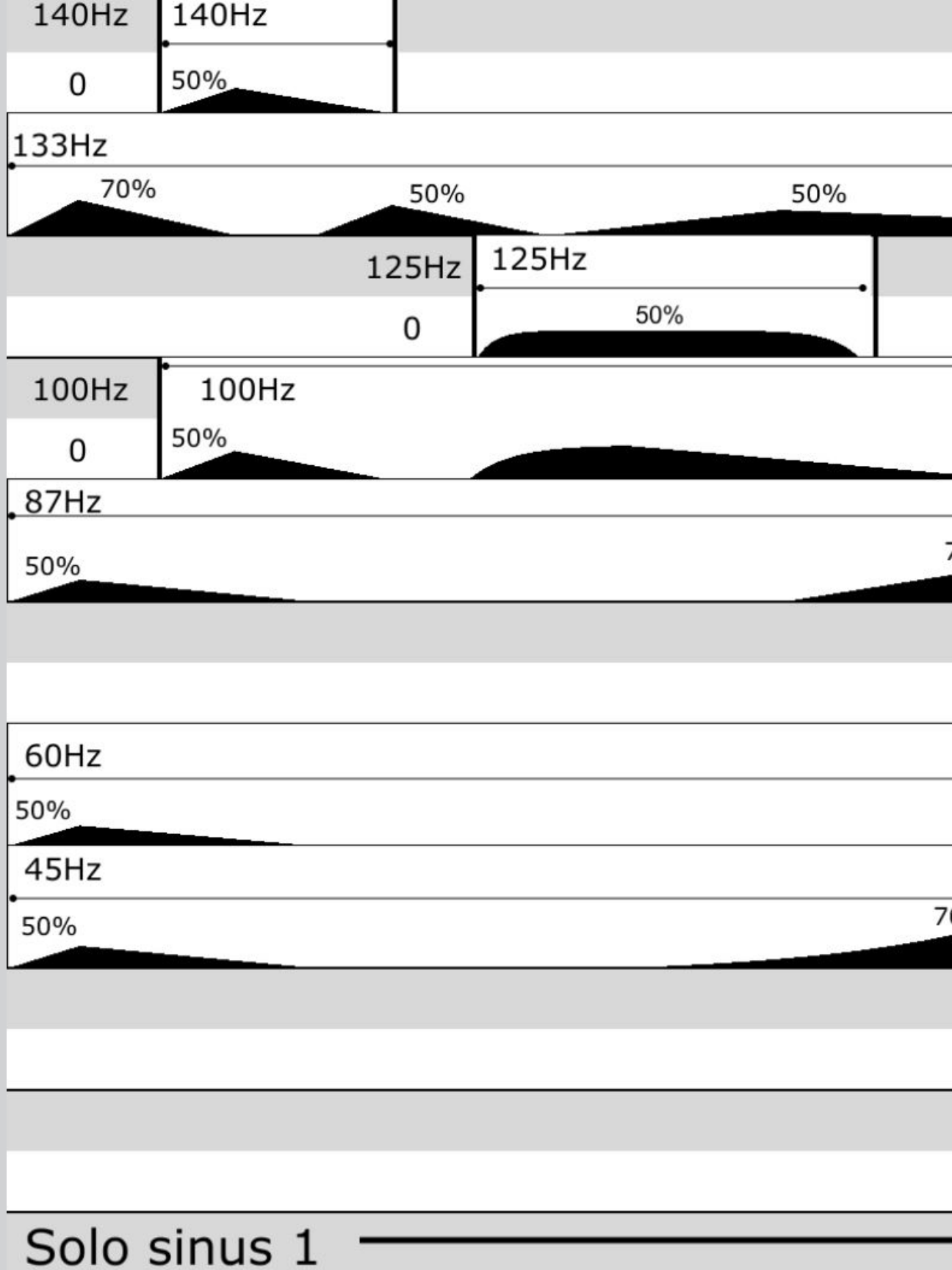
In making these sounds, I hear traces of several works that have resonated with me over the years: I think of Luc Ferrari's *Presque rien N°2*, David Tudor's *Rain Forest* or Leo Kupper's *Automatismes sonores*. I wonder if there isn't a heritage, or even a mimicry at work here.

My Schlumberger oscillator, submitting to time after years of use, is technically no longer fully functional; it yields various noises, unstable frequencies, crackles, distortions and other peripheral sounds. I aim to take advantage of these materials and use them in this cycle.

Movements (1–3)

Part One ~ Des courants émergents ~ Emerging currents

This first movement is composed of pure sinusoidal sounds, calculated by the computer from "sequences" generated with my collection of vintage function generators, various sounds of industrial objects, percussion sounds, a piano imitating sine tones and some recordings from the Guyanese jungle. I sought in these Guyanese recordings the insects and the birds which constitute



for me “the complex waves” of the forest. They are considered, in this movement, as complex oscillators from nature much more than as realistic recordings of old-growth forests. Almost all of this movement involves sine waves, electronic sounds, or instruments imitating sinusoidal sounds creating a disturbance with the appearance of insect sounds. By developing this part, I try to make the link between the primary aspect of the waves and the primitive but complex aspect of nature.

Part Two ~ Des courants résonnants ~ Resonant currents

The second movement uses feedback (microphones plus speakers) as well as various artifacts such as impacts and rubbing recorded with the microphone. Controlled feedback is another interesting way of creating sine waves in an electroacoustic context. It is a commonly used method, both live and in the studio. In this movement, instrumental sounds of celestas deprived of their attacks, and glockenspiel, reinforce the harmonic base.

Part Three ~ Des courants plasmas ~ Plasma currents

The third movement is composed of pure sine waves passed through Tesla coils, allowing new harmonics to appear in the signal through acoustic distortion.

To these basic materials, some instrumental sounds (notably percussion) are added. Almost all of the instrumental sounds in the piece use “sinusoidal” playing modes applied to acoustic instruments. The double bass, piano and percussion sounds produced in the studio attempt to imitate sine waves as closely as possible. These sounds require the musicians to be as neutral as possible in the execution of a pitch in order to create with their instrument the least rich sound possible (without timbre). Between relative perfection and assumed imperfection, these sounds bring their personality to the piece. Finally, some recordings from industrial and domestic objects such as transformers, neon lights, electric ovens, coffee machines, motors, electrotherapy devices, and magnets complete the list of sound materials.

In view of the almost unlimited possibilities that the computer offers today for making sounds, we might think that the use of sine waves is an enormous conceptual constraint for a composer, far from the promises of new timbres represented by the clusters of sine waves used in Karlheinz Stockhausen’s *Studie II* of 1954, for example. After a long period devoted to real sounds, I decided some time ago to turn towards electronic sounds. Contrary to what one might think, sine waves contain a range of possibilities that have yet to be explored.

Des courants strives to survey the historical and technological path from the raw wave to energy, from the sine wave and its pure and mathematical generation calculated by the computer to its sound manifestation by plasma discharges in the air. I invite the listener to be guided by these notions, these trajectories, these flows of electrons.

Acknowledgements

First of all, I would like to thank the Université de Montréal for the honor of this commission.

I would also like to thank Nicolas Bernier for his trust, without whom this project would never have been born.

Finally, I would like to thank Mathieu Chamagne for his precious help in the development of the graphic score editor.

**Rebellion Against
Establishment
(2022)**

**Sacred Space #1:
Healing Machine
for a Plant
(2022)**

Words by:
Émilie Payeur

Translation by Kjel Sidloski

Introduction

1.

The album *Kaksi Kertaa* is an example of my music using feedbacks: <https://raraavis-kaksikertaa.bandcamp.com/releases>

As part of the research project *Towards an Aesthetic of the Sine Wave*, I have created two works (a sound sculpture and a multi-media installation), exploring and using sine waves in completely different ways. At the very beginning of the project, I was thinking of composing a noise music piece using exclusively feedback generated by the no-input technique I have been using for several years now. For me, feedback plays the role of pure sine waves due to their similar acoustic quality, being linear, relatively pure and able to generate stable frequencies (depending on the settings). I particularly like their minimalism. I have often used feedback to play melodic lines, sometimes abstract and sometimes more precise, closer to instrumental music, by turning the knob of a ring mod pedal connected in no-input. I also used them to create more complex sounds by layering them with a loop pedal. In the past I have also often used sine waves generated by a modular synth in installations. I'm thinking especially of the "birds" generated using an LFO and VCO in *I Once Thought Trees Could Sing But it Was All in my Head* (2018) and the VCOs controlled by a light sensor in *Je me souviens, tu m'avais dit que la réalité était si complexe que nos yeux seuls ne pouvaient réussir à la voir* (2019).

Then I thought I could revisit and push further what I had explored in my master's degree: abstraction and sound plasticity, where I was drawing parallels between sine waves and straight lines. But none of this truly motivated me, probably because I am now elsewhere in my artistic concerns. In fact, just before the Covid-19 pandemic started, I started to question my artistic practice, to review the reasons why I was making art and music. I realized that I no longer wanted to create just for myself, in a somewhat egotistical way, but with the other person in mind, the sharing with the spectator. What is the point and is it even relevant to continue to create as we did before, considering all that is happening in the world? Shouldn't we reconsider what we do as artists?



Through these questions, I realized that I wanted to approach creation in a spiritual way, as if these moments of creation allowed me to have access to something sacred and then to allow the audience to connect to it in turn. More importantly, I realized that this was my role as an artist: to be a kind of intermediary between the sacred and the audience through the art and music that I make. Isn't that one of the reasons why we like to go to concerts and visit galleries and artist-run centers, without necessarily being aware of it?

I came to the conclusion that I didn't really want to compose music for this project and that the idea of working on a sound installation was more motivating. Here are the two works that came out of my reflection work in relation with sine waves.

Rebellion Against Establishment

As I began my thought process for this project, I asked myself if it was possible to denature a sine wave, and if so, how could I do it? In other words, how could I make it impure? I had the idea of using an old cassette recorder (a device I often used in my music) to play back a recording of a sine wave at 440 hertz. The result is exactly what I had in mind. The unstable mechanism of this old-fashioned responder makes the playback faster than supposed, thus altering the pitch heard. The 440 hertz starting sine not only changes approximately to an unstable 452 hertz, but is also plagued with noisy artifacts, a consequence of the friction of the playback head on the magnetic tape, a rather dirty volume control knob that causes interruptions, in addition to a small, poor quality built-in speaker.

What interests me here is on the one hand, to desacralize the famous 440 hertz reference, hence the title of the work. Even more interesting, however, is the result of the non-fidelity of another technology: a technology that destroys another one, as if the past

technology was attacking the perfection of the sine wave, wanting to reduce it to its own limitations. The 440 hertz, thus denatured, can no longer fulfill its role as a reference, nor can it help musicians to tune their instruments. What is its purpose now?

On the other hand, I also see a parallel with memory and the constant work of modifying memories—a recurrent theme in my work as an artist. Here I highlight the parallel between the tape of the answering machine and the memory. The former loops the same recording in an infinite and almost obsessive way, rendering it entirely different from what it was at the time when it was fixed in "tape memory". I would bet that the work of time, by letting the device roll, would continue to transform this "sound memory". If there were no way to quantitatively measure this sound, I wouldn't be surprised if the modifications made by the passage of time—the alterations caused by the device—were not all noticed (unless you have absolute pitch). In the same way that a memory changes without one being aware of it unless one has described it precisely in one's diary and rereads it later to become aware of the differences, of the details suddenly added, deleted, or modified.

A mystery persists: it is after all an answering machine... who could have left such a message? And for what purpose?

Although happy with the result, I must admit that I wanted to explore other grounds, more in line with my interests and my approach as an artist. In addition to being interested in traces and memories, I am also interested in the notion of the sacred, ritual, dreams, animism and transcendence. I seek to bring to light those moments of wonder at the suddenly revealed beauty of an element or an experience of the everyday. I exploit these moments of awakening that unveil a dimension normally inaccessible, by allowing us to get in touch with something sacred. The following work is directly related to this field of interest.

DUOFONE TAD-112C
VOICE ACTUATED • DUAL CASSETTE
REMOTE CONTROL TELEPHONE ANSWERING SYSTEM

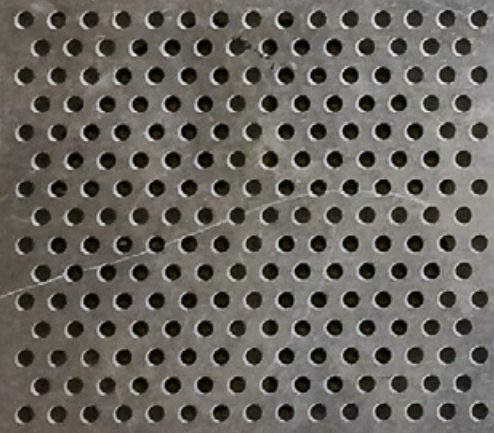


- RECORD
- CALLS
- READY

Rebellion Against Establishment

Radio Shack

MIC
|||



VOLUME

MIN MAX

ERASE

REWIND

ANSWER CALLS

PLAYBACK CALLS

OFF

START

UNCE

ENT



VOLUME

MIN MAX

ERASE

REWIND

ANSWER CALLS

PLAYBACK CALLS

OFF

START

UNCE

ENT

Sacred Space #1 : Healing Machine for a Plant

I have always been fascinated by sine waves, seeing them as elementary particles that add up to the more complex sounds that surround us. I can't help but draw a parallel with the elements of the periodic table, which groups together the elements that are the basis of everything in nature; the chemistry (or alchemy) of sounds: pure sounds produced by synthesis in "laboratories" which do not exist as such in nature.

I first had the idea of making an installation in which two plants would communicate with each other electrically and be made audible through a modular synthesizer, but it didn't seem to me to be the project most in line with the proposed theme. Then I remembered that certain frequencies are recognized as having therapeutic properties which can promote the healing of humans and plants. This is the starting point of the installation in question.

It is interesting to note that just before the beginning of the pandemic and in continuity of my studies in herbal medicine, I had the idea to develop a personal approach to sound meditation where a person would choose the frequency that suits him or her by turning the knob of a VCO. This experimental approach is a different way of approaching sound meditation using the same tools I use in my musical practice.

Here is a brief and rather technical description of my installation, which will be followed by a more analytic and symbolic description. Two sine waves of 285 hertz (a frequency which is supposed to promote healing) are generated by two VCOs of a modular synthesizer. The two outputs are plugged into two inputs



of a sound console, one panned left and the other right. The wave on the right is detuned down a few cents, causing a beating effect. The two speakers are placed on the floor. A sound console and a modular synthesizer are also in the space. Elements are placed on the pressure nodes and antinodes marking the location of sound variations. In front of the back wall, a small altar is set up and on it are placed a sick plant and a small pile of dead leaves from the same plant. On this wall, a video is projected.

I see this beating as a third element that is somehow impossible, inexplicable, even magical. It is the result of the addition of two almost identical pure waves and manifests itself in the form of a rhythm that changes depending on where you are in the room and differs greatly from the sound of the two basic sounds. The pulsing pattern is minimalist, repetitive, hypnotizing and aims to achieve a state of trance or altered consciousness. The two sine waves link together sonically and establish a kind of immaterial connection without which the third element could not exist. The sound also serves as a link between the visitors, the installation and the visual and sound elements, as if it were playing the role of an intermediary or a link between the material and immaterial world.

The way that I approach this installation is detached from my knowledge of acoustics and more spiritually oriented. The need to create a sacred space where it is possible to connect to something greater is increasingly part of my interests and concerns as an artist. Thus, this installation is a space dedicated to a healing ritual. There is a desire to go back to the roots, to a time in our history when certain phenomena were still unexplainable and could only be explained by magic, by spirituality. There is something beautiful and inspiring in this. The work proposes a sound experience reduced to its simplest expression.

The idea of healing is at the heart of this project. The installation is a “machine dedicated to healing a sick plant”, but goes beyond that. Thus, through our movement in space, going from point to point, we take part in this ritual which helps us also to heal our own wounds thanks to the vibrations of the sounds. Our gaze on the sick plant echoes all the climatic upheaval and the ongoing destruction of our planet. The empathy felt towards the plant helps us to feel empathy for ourselves, for the people we know, for

humanity, and aims to promote our connection to nature. In this work, the healing is done in an immaterial, invisible, almost magical way: through vibrations.

The work is intended to be a somewhat improbable encounter between science and spirituality. I had in mind to integrate a device generating Chladni figures in order to materialize the sound, to make it visible—again, this idea of magic. But I was not so convinced of this choice, since on the one hand, the sounds heard in the installation do not change, so there would be no modification of the Chladni figure, and on the other hand, I would have had to add a third voice to my work, which went against what I wanted to do. And then, during that same day, I saw a post on Instagram about the tapestries made by the Shipibo people who live in the Amazon rainforest of Peru and that gave me a new idea, more related to my work. The photo that was attached to the post more than surprised me: the tapestry patterns looked very similar to Chladni’s figures.

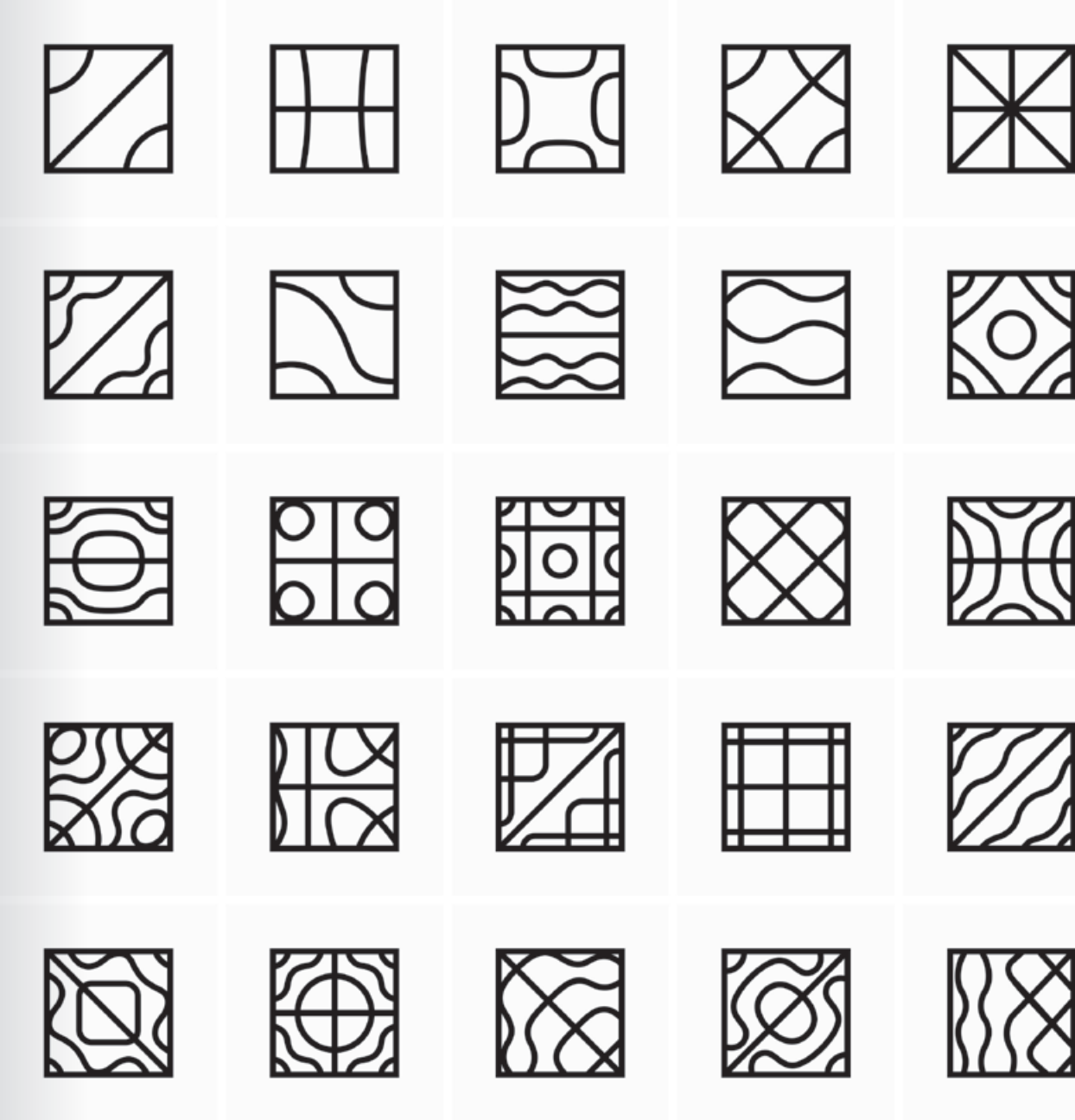
While researching, I discovered that for the Shipibo people, these recursive patterns represent the language of the plants and the vibrations of the songs sung by the healers during an Ayahuasca ceremony (a psychoactive plant decoction taken for therapeutic purposes) during which they reorganize the “energetic geometry” of their patient. They transmit healing through sound vibrations that create different patterns. These patterns, which are woven into tapestries or painted on vases, are meant to be a visual representation of a song, a visualization of the vibrations as perceived by these healers during Ayahuasca ceremonies, which can then be decoded like a score and played back. Thus, science meets the sacred. I wanted to include one of these tapestries in my work, and I chose one especially for its resemblance to the Chladni figures, that I hung on the altar made of an old radiator, in addition to echoing this idea of healing through sounds—music.

In the same spirit, two of the five elements which are used to mark the different points (where there are resonant nodes and antinodes) are in fact plants which can serve as analogues to the plants traditionally used to make Ayahuasca. For the mixture to be psychoactive, two types of plants must be taken at the same time. In the case of the traditional mixture, a liana (*Banisteriopsis caapi*)

containing harmaline is combined with the leaves of another plant (*Psychotria viridia*) containing DMT. If the latter was consumed alone, no effect would occur. By combining the two, the harmaline in the vine prevents the DMT molecules from being broken down by the stomach and thus produces powerful visions. In the work shown, I replaced the vine with *Peganum harmala* seeds (which I arranged to form a square on a sheet of white paper) since it contains traces of harmaline, and the other plant with *Mucuna pruriens* powder. Once again, the idea of combining two constituents to form a third one is the same as my basic idea of two sinusoidal waves forming a third element. A multitude of questions come to mind: could it be that these plants allow the brain to access another reality by connecting to the right frequency? Could this explain shamanism, geometric and mathematical visions? Could there be a link between this form of spirituality, psychedelic visions and quantum physics which explains that everything is vibration?

Three other items of symbolic importance mark the location of nodes and anti-nodes: a candle I made which resembles a smiley face —an important symbol for me that is linked to a significant experience in my healing process; a branch made of clay with a hand at one end; and a bread ball. This last one was on a pizza, and I noticed that it seemed to have a small face. For some reason, I became emotionally attached to it and couldn't get rid of it. To me, it represents kindness, which is so important in a healing process. I placed it on bubble wrap, a modern symbol of protection.

The video that is projected on the back wall was made from footage filmed in the forest during my last trip to Finland in 2019. This trip was very impactful for me and contributed to my personal healing process. It shows a hand, mine, pulling bits of branches and other natural elements from the ground. The triangular shape hides part of the image and makes it somehow more mysterious, inaccessible. The triangle appeared to me in a dream, and the same week I also dreamed of a black square. These two dreams were significant, and I wanted to use these shapes in my installation since they not only have a particular meaning for me, but also as symbols in the collective imagination.



Chladni figures



Finally, the sick plant that is the focus of the installation is the newest plant I bought for myself, a *Soleirolia soleirolii*. When it grows in the wild it dies when winter comes and is reborn in spring. It was very vigorous at the time of purchase, but a few weeks later it began to dry out in mysterious ways. I hope that the time spent in my installation will allow it to heal.

Of course, the architecture of the room where the installation is located plays an important role on the perception of the sound variations (the nodes and the anti-nodes), and also on the sound reflections produced by the different surfaces. Thus, the installation will be modular and adaptable to the different places where it will be presented, making the visual and sound result unique each time, as if it had the power to find the resonances inherent to a specific place, and thus, activate their magic—their powers. I worked on and set up this installation at home, in the space in the attic that I use as a studio

Conclusion

55

I am particularly grateful to have been able to participate in this research project, as it has allowed me to further explore questions that were already very present in relation to my artistic practice and my role as an artist. I am more than ever eager to continue exploring this spiritual and therapeutic approach.

Through my next works, I want to find out how I can return to the sources of art and performance art, to their connection to ritual, ceremony, and transcendence. I want to find a way to repair this separation of art and the sacred. I also see the possibility of forming a collective of artists whose goal would be to reflect, develop and present works related to this return to the sources of the primary function of art in all its forms.

Waving Sine Waves (2021)

Documentation of the composition
process for *Waving Sine Waves*

Words by:
Cathy van Eck

Introduction

In this short text, I document how I developed the performance *Waving Sine Waves*. I describe the creative process from its initial ideas and conceptualization, including various paths that were abandoned during the process, and an evaluation of the finished piece. This text describes my thoughts and ideas during the compositional process to the best of my ability. Since I also talk about doubts and abandoned ideas, the text is written in a quite personal way, and sometimes meanders a bit from one thought to another.

Conceptualization

In February 2021, Nicolas Bernier asked me to produce a sound work. The central theme of this proposed work was the sine wave. I was asked in February, and the deadline was in November. Compared to other projects, this timeline was rather short. I like to start early with the composition process and have a long time for developing my first ideas. That being said, the proposed topic immediately appealed to me. Working in the field of electronic music, the sine wave is an element that is often present. In both my research work and my teaching work, the sine wave is a reoccurring element and I use them in several of my compositions. Nevertheless, I would never have thought of creating a performance that would be dedicated to the sine wave, and it was exactly this that made Nicolas Bernier's request attractive. I would have to examine the sine wave thoroughly and think of a way of making a piece that would focus on sine waves.

After confirming my participation, I began conceptualizing the work. This process often starts with sounds connected to performative actions (cheering hurrah, eating an apple, shoving chairs

around, etc.). My excitement of starting this sine wave piece was the lack of a relation to any specific action. For me, the sine wave is one of the least "action-related" sounds possible: the sound is generated by an analogue electronic circuit or a digital system. The sound does not exist in nature and therefore cannot be produced by a physical action of a human being, animal, or any other physical phenomenon.

When I think of sine waves, my first thoughts are not only on the sound, but perhaps even more so on the *shape* of the wave. This is probably because of its clear, easily recognizable form. The sine wave is also the waveform I likely see most in close-ups, for example, during lessons on FFT. When starting to think of making a piece using sine waves, I thought about the form of the wave, and how significant that is for me. If you do not have any knowledge of waveforms, it is difficult to visually relate this waveform to the sound of the sine wave. I started to draw this shape in the air with my hand. By doing this, trying out how it felt, and changing the movement slightly, I realized that the movements I was making visually reminded me of a waving movement. The play on words of *sine wave* and *waving* also caught my attention and I thought this might be a direction I wanted to follow.

My other initial thoughts were in the direction of the sound itself. As mentioned before, the sine wave sound does not exist in nature. This perfectly harmonious movement can only exist when the object is free from physical restrictions. The loudspeaker diaphragm is not free from these physical restrictions, for example, since it is made from material and therefore has some weight. Strictly speaking, a sine wave is therefore not reproducible through a loudspeaker. I like this idea of an "impossible" sound a lot—a sound that gets distorted the moment you want to hear it. The ideal sine wave sound can only exist in theory and be an endless harmonious movement. All sine waves heard through loudspeakers are approximations of this ideal, which might exist as an electric signal, but can never become audible in their perfect form. Nonetheless, sine waves are very common in electronic music, and the sonic approximation of this waveform is a recognizable sound. For me, the sound itself has a disorienting quality. It is difficult to recognize the source in space, seeming to be everywhere.

These first thoughts led me to the idea of generating a perfect movement in order to achieve an approximation of the ideal sine wave. I would have to create a perfect waving movement, at a very regular speed, to obtain this perfect sine wave. Waving seemed appropriate, not only because of the pun, but especially due to the endlessness of the theoretical sine wave. This never-ending waveform gave me the idea of an endless goodbye, and thus, a performance in which I was waving goodbye, and this moment, which normally is the end of something, would instead continue repeatedly.

Process

After my initial thoughts, I realized that I associated the sonic character of the sine wave with a sense of “cleanliness”, suggesting the incorporation of cleaning movements in the performance. Other composers have referenced this quality, such as Alvin Lucier using the term “pure waves” to describe the sinusoidal tones of his 1992 piece *Music for Piano with Slow Sweep Pure Wave Oscillators*, or Karel Goeyvaerts’ use of “zuivere tonen” (pure tones in Dutch) in the title of his 1953 piece *Compositie Nummer 5 met zuivere tonen*. The lack of any partials validates the idea that the sine tone is a “pure wave”, and that to obtain one, it should be “cleaned” from all other sounds. I added some cleaning movements to the waving movements. Sonically, I thought of a work in which the waving movements would slowly build up a sound, starting with a sine wave and then slowly adding more and more sounds. These could be more sine waves, but could also be slowly opening a bandpass filter so a broader sound would become more audible by waving. The sine wave could become noisier with every waving movement, or, it could slowly become audible, treating the sine wave as a musical fragment. In short, the waving movement would pollute the clean sine wave sound with other sounds. This sound would then be cleaned again and transformed into a pure sine wave sound

by making cleaning movements. The whole piece would become a combination of making waving movements that slowly transform a pure sine wave into another less “pure” sound, and then going back to a sine wave by “cleaning” the audio with cleaning gestures.

During this process, many elements were introduced only to be abandoned. I thought for example of adding a big cloth, which would function as both a big handkerchief (for waving goodbye) but also as a cleaning rag. I also thought of making a loudspeaker out of this rag, using a tactile transducer and some stiff paper instead of a cloth. I thought of carrying one loudspeaker with me, on my arm, as a kind of luggage. I would clean this loudspeaker during the performance. I also wanted to have another point in the room, a point I would go to highlight the goodbye. I decided to place a second loudspeaker in the room, behind me on stage.

This was meant to be the spot I would move to, and I envisioned saying goodbye several times over the course of the piece by turning and slowly moving towards the loudspeaker. At this point, the working title for the piece was *Waving, cleaning, tidying up and other methods to obtain a pure sine wave*. Nearly all ideas mentioned in this paragraph were abandoned later on in the process, with the exception of the loudspeaker on stage.

Technically, I wanted to use sensors such as a gyroscope and/or an accelerometer to track the waving movement of my arm. I was thinking of making a piece with the Bela platform, with a laptop independent of the wearable and wireless performing unit. During the process, I decided to forget this idea, since I wanted the two loudspeakers to be synchronized in some way. Therefore, I needed a connection between them, and using cables proved to be the most effective solution. I decided to use a mobile phone as a sensor, due to their reliability, and the relative ease of instructing someone to work with a mobile phone, versus a more complicated sensor system. A typical mobile phone has both a gyroscope, and an accelerometer, and various applications permit the extraction and sending of this data to a computer. The second loudspeaker would be placed behind me, as a point to move towards. I also wanted the second loudspeaker to have a distance sensor to measure the distance between itself and my body, in order to



Still picture from the documentation
video of the piece *Waving Sine Waves*
performed by Véro Marengère.

create a second interaction besides the waving, which would focus on me moving towards this loudspeaker. I experimented with a Maxsonar sensor, influencing the pitch of a sine wave.

Video recordings of a few attempts made me realize that by carrying the loudspeaker, my movements became quite stiff and unnatural. The movement of the speaker also made the sound more chaotic, and individual sounds were not as clearly distinguishable as I had hoped for. So, I decided to place another loudspeaker on the floor. The loudspeaker at the back of the stage had a specific function when it was still used with a distance sensor. Every time I approached this loudspeaker it would be playing a sine wave, and it would change its frequency based on my proximity to it. During my trials, I realized that the sensor forced me to perform only in the specific area it was sensitive in, and that there was an unclear relationship between my position and the sound (which was technically strictly defined, of course, but difficult to perceive). I abandoned this distance sensor and decided to do something else with the loudspeaker at the back of the stage. I changed the loudspeaker setup and decided that the loudspeaker I was carrying would be placed at the back of the stage, and the other loudspeaker would be placed behind the audience. With this setup, I was waving to the loudspeaker beyond the audience, and I could move to the loudspeaker on stage, placed behind me. I decided that my waving would cause more and more sounds to come through the loudspeaker beyond the audience. In the beginning, nothing would sound through this loudspeaker, but as I continued to wave, long and stable sine waves would slowly arise. This relationship between waving movements and these long and stable sine waves would not be easy to read for the audience, but would be an important element for the performer. During the performance, the loudspeaker slowly gets more and more filled with sine waves. The performer aims to fill the loudspeaker with sine waves. When this is accomplished, the performer can stop waving and leave the stage.

Another issue which took me several different versions was the mapping of the waving movements to the sounds. I tried out many different forms of sounds being processed in different ways by the waving movements. I had, for example, sound files that were filtered so that not much more than a sine wave would come

through, and with each waving movement, the filter would become a bit broader, until at the end the whole sound file would sound. By trying out many possibilities, I realized that just a few sine waves and filtered noise would be enough as sound sources since their relationship to my waving movements would be clearer. I then used the gyroscope sensor to decide when the sound would start, and I often used the accelerometer for small changes in sound during the movement. During the first video recordings, I realized that I was adapting my waving to what was happening sonically, and my waving did not look at all like realistic waving anymore. I therefore decided to redo the mappings and to start with more realistic waving movements. The sounds were now mapped to this movement. Still, I needed to be aware of how I wave as sometimes the waving in the piece is deliberately quite artificial and more related to the sound control than the actual waving. Nevertheless, many of the movements could be done as if simply waving and not controlling the sound at the same time. This combination is important. I should often look as if I am “just waving”, but at the same time, the real aim of the performance and my movements is the sound and the sound control.

The pitches of the filters and sine waves are based on a group of thirteen pitches that stay the same during the whole piece. These pitches are, in Hz: 230, 243, 349, 377, 432, 522, 523, 534, 545, 867, 899, 937, and 1123.

As can be seen, there is some focus around certain frequency areas, but there is not a specific system nor a tuning at the base of these frequencies. I first chose frequencies which are different and not related to each other. There is a low frequency, some in the middle range and some in the higher range. For this piece I wanted the sine waves to relate to the human body, so I chose frequencies that one could more or less sing (probably easier for a woman than for a man). I also did not want any harmonic spectrum, because otherwise the frequencies might blend too much into one sound. I wanted to avoid this, so one could recognize individual pitches at the same time. I chose frequencies which had no obvious spectral relationship with each other, by for example, avoiding octaves. I created one strong frequency region around 530 Hz, by choosing many pitches in this area so that pitches around this frequency ap-

pear more often.

The next step was doing trials with these frequencies and making corrections. The corrections were based on my experiences when trying out the patch. For example, I felt that the highest pitch was too high, sounding unrelated to the other examples. I instead looked for frequencies that could always sound as if they were part of a weird, broken melody. If, for example, the highest frequency was 3000 Hz, one would lose that feeling, but with 1123 Hz, there was still some melodic relation with the other pitches. Again, this decision was also based somewhat on the idea that “someone might be able to sing this”. By listening to the frequencies, I then made small corrections. I would notice that there was too much happening in one area, that something was too melodic, and I would make small corrections.

For each waving movement, one of these pitches was chosen, but a small amount of randomization was added, so that the chance of repeating the same pitch is very small. The randomization is between zero and 10 Hz more, in 5000 steps of 0.002 Hz each. Each frequency is the base frequency plus one of the 5000 steps. The sine wave chords around part six are an exception and consist of more pitches than the thirteen mentioned above. I did not want any progress or development in the pitch content, since all changes should happen in the sound itself: the development is happening in between the spectral changes between sounds that can be recognized as noise, sine waves, sine wave chords, or anything in between.

At the beginning of the piece, only the loudspeaker on stage is sounding. It diffuses noise every time I wave. As time passes the noise gets filtered by a bandpass filter and results in a pure sine wave after a few waves by the performer. These sine waves take different forms, including some glissando sounds and sine wave chords, both controlled by the waving. In the meantime, the loudspeaker behind the audience, starts sounding as well. It gets “filled” with sine waves. Sixty seconds after the piece starts, every time I wave a certain sine wave, it appears later on in the loudspeaker. At this moment it takes around fourteen seconds of waving before a sine wave is taken over by the loudspeaker. Later in the piece, sine tones are taken up immediately. In the beginning, the sine wave

in the loudspeaker behind the audience just stays a few seconds. Later yet, it stays much longer (around thirty seconds plus a 15 second fade out). The performer does not have to be aware of these timings. It is the intention of the piece that sometimes a sine wave appears in the loudspeaker in the back, and sometimes not. At the end of the piece, these sine waves overlap if many different waving movements are made by the performer. At the very end, I create sine chords by taking my hand up just a little, no longer waving. It is in this part that the interaction between the sine wave sounding through the loudspeaker on stage produced by waving, and the sine wave sounding as a reaction to this through the loudspeaker beyond the audience becomes audible. The end of the piece is reached when the loudspeaker beyond the audience has enough sine waves to sound for a while after the performer has walked away.

When developing the system, I first thought it would be a kind of performance installation during which there is no beginning or end, and therefore no strict timeline and no changes in the interactive system. One could perform for as long as one liked and try to obtain a pure sine wave. But when I was further into development, and after trying several versions with this stable setup, I realized that I would need some kind of timeline in the piece, to make sure that every time I wave I clean another sine wave, and also to make a richer connection between movements and sounds. I wanted to start with more realistic waving movements and make them a bit more artificial in the middle of the piece. The timeline used now is different every time, though the overall development is the same. I realized that not knowing exactly which sound is going to be audible through my waving makes it more interesting for me, changes my attention as a performer, and also gives more combinations of waving gestures and sounds. In the beginning, I wave more realistically, and the sounds are noisy. Slowly, more sine waves appear in the noise. Later, sine wave chords are controlled by the waving movements, and it is in this part that the waving movements get more artificial (around number 6 in the score following this text). By this time, I had also realized that the cleaning movements were not very helpful because they were too concrete. Sometimes there

are reminiscences of these cleaning movements in the piece and my waving movements seem to be a sort of artificial cleaning gesture. This should not be recognized by the audience, but makes it easier for me.

From performance to research question

For me, the performance has also become a research question: how can I connect physical movements to a sine wave sound that is by its nature electronically generated and thus does not need any physical movements of a performer? Every movement of the performer can only destroy the perfect sine wave and the sine waves in my performance become audible at the end of the piece through the loudspeaker beyond the audience when the performer is not moving anymore.

Prime Frequencies

Words by:
Mo H. Zareei

[I]

It was late May in 2011. I had just finished my first year of undergraduate studies at California Institute of the Arts (CalArts) and was visiting New York. According to a friend who I was staying with, there was an audiovisual installation at Park Avenue Armory that was worth checking out.

Less than a year earlier, I had moved to the US to study music technology at CalArts. During my first year of studies, I had been introduced to a whole new approach to musical practice, where I was taught to make music with codes and circuits. As someone with no prior formal musical training, this would open up so many doors for me.

Before moving to the US, I had done a bachelor's degree in physics at Shahid Beheshti University in Tehran, where I had been born and raised. I had always been passionate about music, but prior to CalArts, had not been able to pursue it professionally. As a result, when I was moving to the US, I did not know much about the different species of counterpoint, but thanks to my physics degree, I had a fairly good idea of what an oscillator was or how a function could impact an input variable. That is why the type of musical education that I received at CalArts was so encouraging and empowering. From the very first day in the 'intro to programming for musicians and artists' class where we wrote a few lines of code to generate an audible sine wave, I knew that I was in the right place.

It was perhaps the noticeable shift in my musical preferences and activities during that year that prompted my New York friend to suggest the Park Avenue Armory installation. We caught the N train from Sunset Park, got off at 5th Avenue, and walked to the exhibition under the bright midday Manhattan sun. As we stepped inside the shaded foyer to get our tickets, I could hear a barrage of high and low frequencies that invited us to the main gallery space. As we were entering the enormous, darkened warehouse, filled with incessant bursts of soundwaves and stroboscopic geometrical imagery, I had a glance at my ticket.

[II]

It said: **THE TRANSFINITE - RYOJI IKEDA**. In a story that was published on Streaming Museum [1], I have talked about how significant experiencing *Transfinite* [2] was in my early years of experimenting with sound art and electronic music. I have also detailed why the sense of radical minimalism manifested in works of artists such as Ikeda, Pan Sonic, and the whole Raster-Noton movement resonated with me so strongly. The aesthetic principles and approaches championed by such artists were so influential in my formative years at CalArts that I continued to do my PhD research around them [3]. I moved to New Zealand in 2012 and started my PhD at the Sonic Arts program at Victoria University of Wellington. In an article that was published by Organised Sound in 2015, I have summarized the core of my PhD work, discussing how my upbringing in a brutalist apartment complex in Tehran formed my deep-rooted affinity for such aesthetics, and how this guided my artistic practice [4]. I identified parallels between the aforementioned aesthetic tendencies and the revival of brutalist architecture and coined the term *sound-based brutalism* as a frame of reference for such academically overlooked independent practices. I defined this sound-based brutalism as a shared sense of aesthetics built around celebratory exposure of raw materials (digital or physical) through radically stripped-back, undecorated, and often quantized audio/visual modes of expression, where "sine waves are presented as sine waves, filtered white-noise as filtered white-noise, DC motors as DC motors, and sewing machines as sewing machines" [4].

[III]

The portfolio of work that I have developed over the past decade or so has been, in some shape or form, built upon the same aesthetic foundations. Whether kinetic or digital, my practice often revolves around utilization of basic sound and/or light generating mechanisms and materials that are temporally and/or spatially presented in rigidly organized forms. I am interested in highlighting the medium itself as an integral part of the artistic output. If a certain technology has been used to develop a work, the technology will be manifested in the presentation of the work. I find value in disclosing the mechanisms and materials that bring the artistic output into existence.

Whether due to my limited experience with classical notation and theory-based musical practice, my background in physics and math, or my strong interest in musical minimalism (both old and new schools), I feel much more at home working with process-based or data-driven modes of composition. From the speed of sound travelling in a physical medium [5], to wave interference [6] and mathematical functions [7], my works usually explore concepts that are rooted in, or directed by some physical or scientific principle. Therefore, when Nicolas Bernier invited me to produce a sound work with sine waves as its central theme, I had to find a fitting concept to guide my compositional ideas. This was particularly important, as at this point, more than two decades had passed since the emergence of the new wave of radical minimalists, and what seemed radical at the time, had naturally lost some of its niche value. Indeed, with the extended accessibility of technological tools over this period, composing music with basic oscillators just for the sake of it might not be particularly novel in the 2020s. While I do believe that the post-digital test tone aesthetics and austere minimalism of Ryoji Ikeda and Mika Vainio are still incredibly relevant, in order to engage with this project, I needed my own clearly defined motive that was beyond my aesthetic interests and preferences, one that was scaffolded by a robust concept.

[IV]

Henry Cowell described *sound* and *rhythm* as primary musical elements, defining sound as anything audible, and rhythm as the formulating impulse behind it [8]. Within all things audible, sine waves are arguably the simplest, yet most fundamental elements. They are comprised of one single frequency and cannot be stripped back any further. On the other hand, as stated in the Fourier theorem, virtually all complex sounds can be broken down to, and expressed as a series of simple sine waves.

Thinking about such fascinating qualities of sine waves directed me to a somewhat similar phenomenon elsewhere: prime numbers. A prime number cannot be divided by any other number (other than 1 and itself). At the same time, any number can be expressed as a product of a series of prime numbers. Defined based on this seemingly simple premise, prime numbers have been pivotal to many significant mathematical conjectures and theorems for many centuries.

Entire volumes, articles, and websites have been devoted to different qualities of prime numbers, their history, and their role within the evolution of mathematics [9], the unsolved mystery behind their unpredictable distribution [10][11], or their oddly ordered randomness [12]. What interested me the most, however, was that the fact that at their core, just like sine waves, prime numbers are the simplest, yet the most elegant and the most foundational entities within their respective systems.

Now that I had the concept, it was time to plan its realization.

[V]

Prime Frequencies was developed using a combination of tools and techniques that sweep across several compositional strategies. At the heart of the project lie a series of numbers, i.e., primes. Considering this, data sonification was an integral part of the compositional process. The nature of this process, along with the inherent qualities of the project's raw material, i.e., numeric values, guided me towards using computer programming as the compositional medium. While I sketched out some early ideas using Max/MSP, it soon became clear to me that a text-based programming environment would be much more appropriate. Not only was it easier to prototype and test different sonification methods in code, but I also found a very strong aesthetic connection between the concept, raw material, and medium this way. Therefore, I moved on to prototype my ideas in the object-based coding language Chuck [13]. On reflection, it was very fitting that my first ever piece of computer music written as an undergrad student at CalArts was a short burst of a sine wave oscillator written in this language:

```
// create an instance of
// a sinusoidal oscillator,
// call it "s",
// and connect it to the
// digital to analog conver-
// tor:
SinOsc s => dac;
```

```
// set the oscillator's
// frequency to 220 Hz:
220 => s.freq;
```

```
// run the oscillator for
// two seconds:
2::second => now;
```

[VI]

Using lines of codes as a medium to write music provides the opportunity to leave certain compositional decisions to the computer algorithms and computer-assisted generative processes. In addition, working in such an environment encourages the employment of algorithmic and rule-based processes on a broader sense. Not every single decision regarding every single aspect of the compositional material needs to be made manually by the composer. Just as is the case with the raw material used in this series, where there is a degree of negotiation between pre-determined decisions (i.e., sonification of specific data) and the composer's creative input (i.e., the mapping strategies), this hybrid approach can be extended to the utilization of the medium as well. Preserving a certain degree of autonomy for the medium, i.e., the computing machine, for some of the compositional decisions, I decided to come up with a number of high-level rules and let the algorithms take care of some of the low-level details. I think it is this embedded sense of unpredictability that gives birth to some of the most interesting moments in generative music. Therefore, in the end, my main role was to maintain the balance between pre-determined algorithmic and chance-based processes and my own compositional will, guided by my aesthetic inclinations and preferences.

[VII]

When listening to or thinking about an audible sine wave, the first thing that comes to mind is perhaps the frequency of the tone. Although both amplitude and phase of a sinusoidal waveform are determining features in the context of overtone series and additive synthesis, from an experiential standpoint, its frequency assumes a more central role. Of course, this subjective assumption does not account for a scientific statement. In the context of this project, however, it helped me form the basis for the construction of a perceptually meaningful link between prime numbers and sine waves:

Throughout this series, prime numbers are used to determine the frequency of every single oscillator.

An interesting byproduct of this mapping strategy is the total absence of harmonicity. No prime number is a multiple of another, and consequently, there is no harmonic relationship between any given pairs of sine tones used in this series. As a result, the series comprises an entirely microtonal frequency palette.

[VIII]

As mentioned earlier, the study of prime numbers has been keeping mathematicians occupied for centuries. One of the main areas of focus has been the identification of a pattern in the seemingly random distribution of primes within the series of natural numbers. Along the arduous path of examining prime numbers and their distribution, mathematicians have been organizing them into different categories. These categories contain prime numbers that share a certain quality such as being constructed through a similar formula or behaving similarly under a certain condition. Examples of these categories can be found on online resources such as the On-Line Encyclopedia of Integer Sequences [14], Prime Numbers Library [15], or simply Wikipedia [16].

Having gone through different prime number groupings and their wide-ranging scope and characteristics, it felt very intuitive to use this categorization as a guiding lattice in refining the concept of prime number sonification. Accordingly, the project would be divided into a series of compositions, each of which linked to a specific prime number category.

There are many different prime number categories, and with the help of the resources mentioned earlier, I started to explore them with a mind to identify themes and commonalities. With the overall strategy of sonifying each prime through one sine wave, the quantity of available primes in a category turned out to be an important factor to investigate, as this would determine the number of sine tones in each composition. Considering the extremely wide range of quantities, from one to many thousands, it was clear that this categorization feature could serve as a useful compositional tool in constructing sub-themes within the series. Therefore, aside from the frequency content that would be set by the values of the prime numbers, the quantity of primes in each category would directly correlate to the timbral quality of the associated composition.

Through a series of experimentation with prime categories of various quantities, a number of motifs emerged. After identifying some of the key sonic and compositional potentials of each, I set out the following compositional rules to establish the mapping strategies. In parallel with the main principles discussed above, the compositional rules used in this project are as follows:

1. Each composition will derive its material from a specific prime number category.
2. All prime numbers that are within the audible range (i.e., between 20 Hz and 20000 Hz) will be used to set the frequency content of each composition.
3. All numeric values used to set temporal aspects of the program will also be chosen from the set of the same prime number category. If applicable, prime numbers smaller than 20 or greater than 20000 may be used here.
4. The time units used in each program may vary between samples, milliseconds, seconds, or minutes. The appropriate scale will be chosen on a case-by-case basis, and through experimentation.
5. All oscillators used in a given composition will have equal amplitude values in code.
6. The quantity and quality of the prime numbers in a category will determine the style of composition.

Regarding the last rule above, I created a set of loosely defined rules to arrive at the categorization of the different compositional modes. These modes are detailed below:

Mode A: Singular

Prime number category has only one member between 20 and 20000.

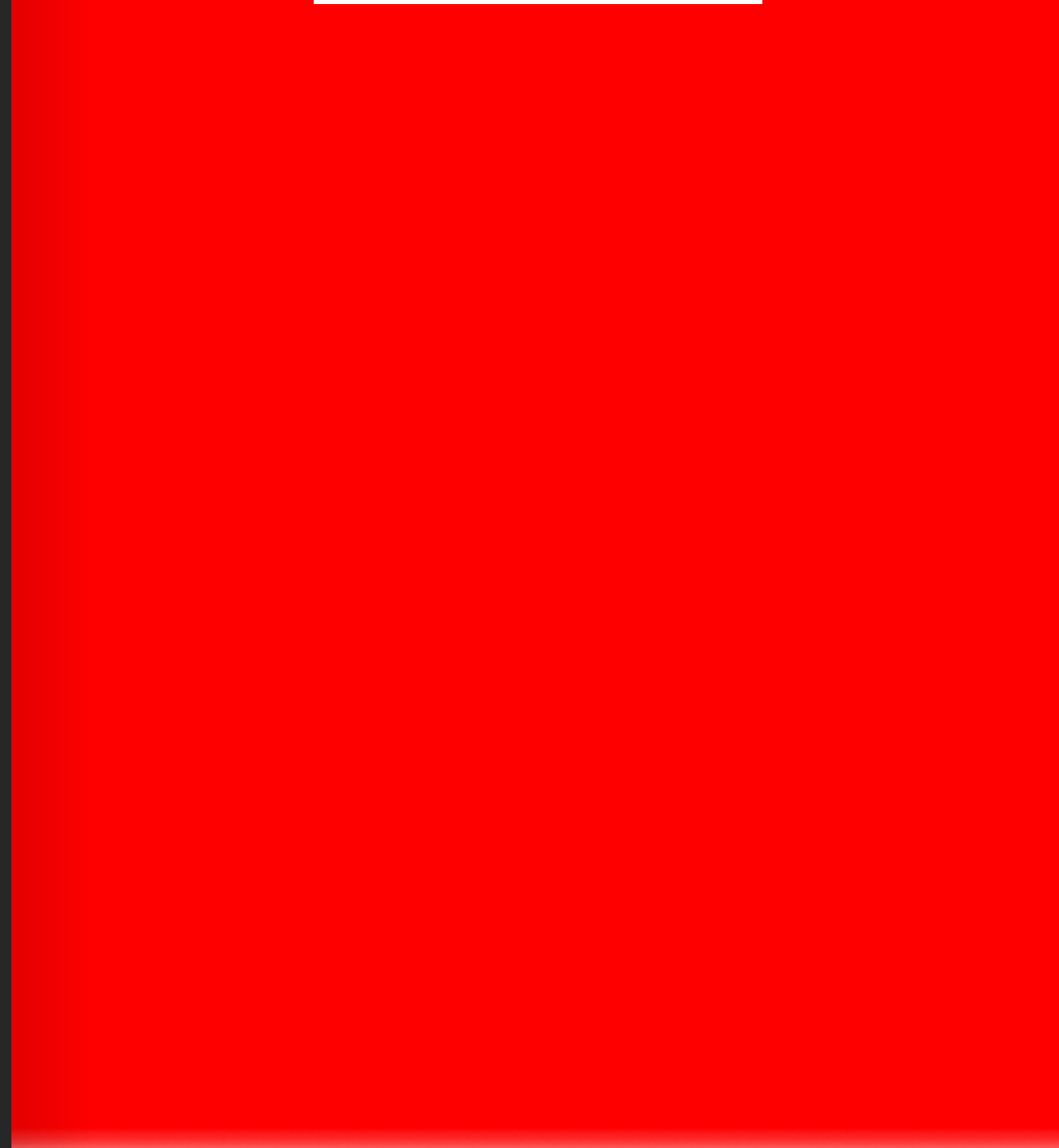
The composition is a singular constant tone with a duration determined by an available prime number in the category.

Example:

```
// Leyland primes: Primes of the form  $x^y + y^x$  with x  
and y are integers greater than 1.  
// e.g.: 3, 17, 593, 32993
```

```
[593] @=> int p[];  
SinOsc s => dac;  
p[0] => s.freq;  
<<<p[0], ">>>;  
17::second => now;
```

FIGURE 1
spectrogram output of Mode A



Mode B: Stochastic

Prime number category has a few members between 20 and 20000.

The composition is a sequence of sine waves that are organized through a non-metric generative rhythmic structure that is derived from the available prime numbers in the category.

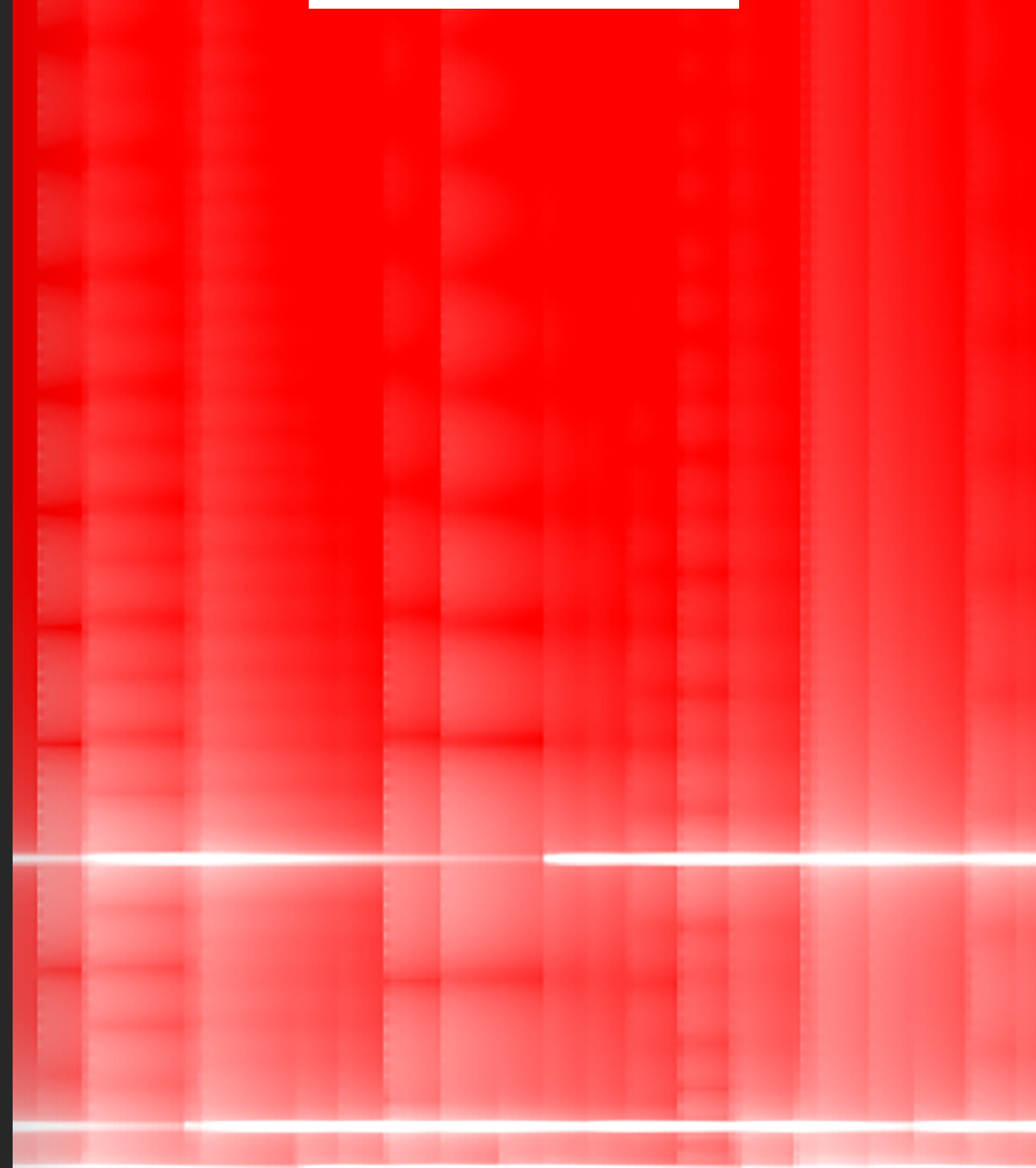
Example:

```
// Factorial primes: Primes of the  
form  $n! - 1$  or  $n! + 1$ .  
// e.g.: 2, 3, 5, 7, 23, 719, 5039, 39916801
```

```
[23, 719, 5039] @=> int primes[];  
primes.cap()-1 => int n;  
SinOsc s => dac;  
int f;  
int d;
```

```
now + 7::second => time end;  
while(now < end){  
  Math.random2(0, n) => f;  
  Math.random2(0, n) => d;  
  primes[f] => s.freq;  
  <<<primes[f], ">>>;  
  primes[d]::samp => now;  
}
```

FIGURE 2
spectrogram output of Mode B



Mode C: Additive

Prime number category has a couple of dozens of members between 20 and 2000.

The composition is comprised of one or more additive sine wave chords with slowly evolving, long sustained envelopes whose time values are determined by the available prime numbers in the category.

Example:

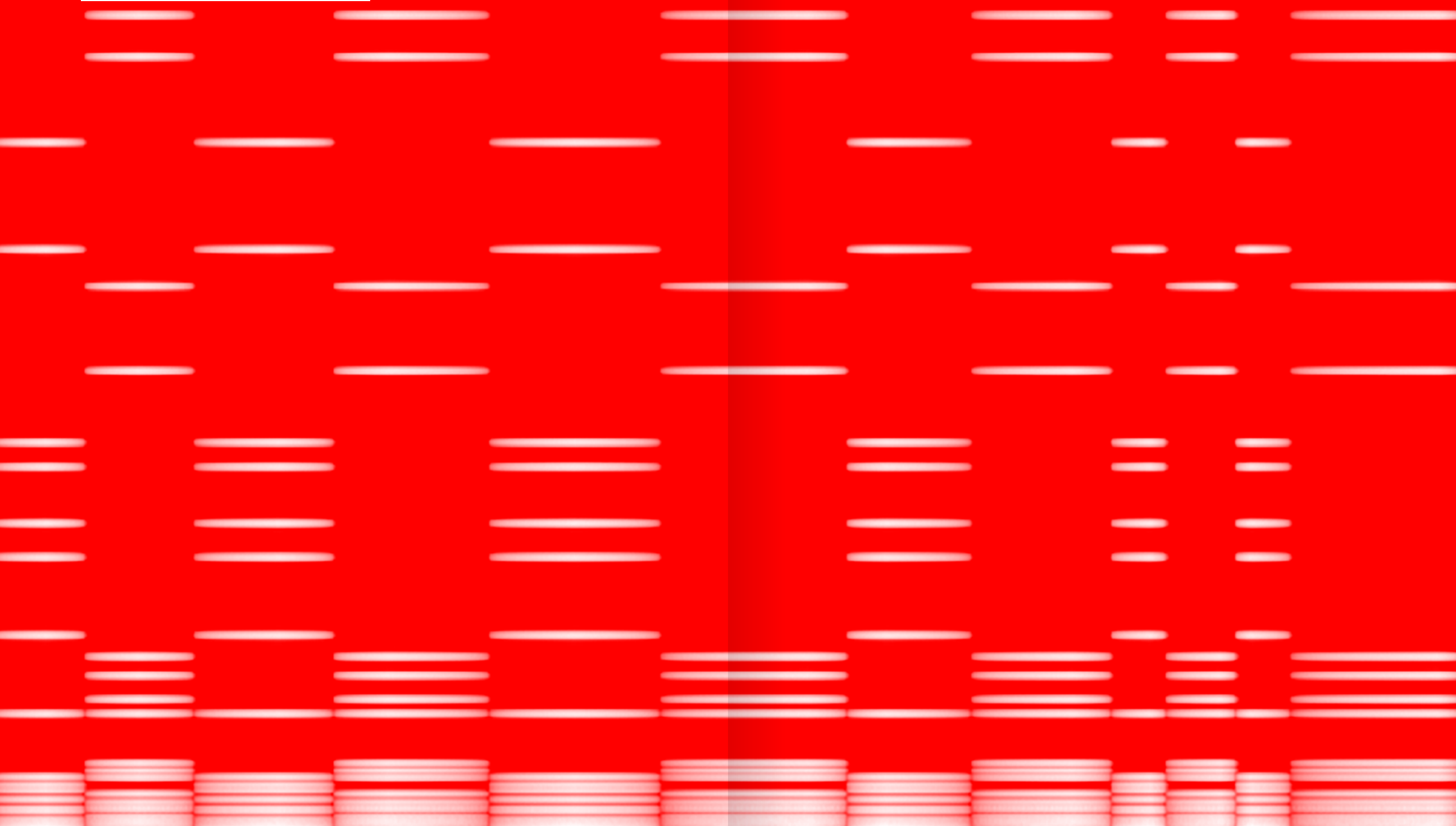
```
// Pierpont primes: Primes of the form  $2^u * 3^v + 1$ .  
// e.g. 2, 3, 5, 7, 13, 17, 19, 37, 73, 97  
// Pierpont primes of the 2nd kind: Primes of the form  
 $2^u * 3^v - 1$ .  
// e.g. 2, 3, 5, 7, 11, 17, 23, 31, 47, 53
```

```
[37, 73, 97, 109, 163, 193, 257, 433, 487, 577, 769,  
1153, 1297, 1459, 2593, 2917, 3457, 3889, 10369,  
12289, 17497, 18433] @=> int p1[];  
[23, 31, 47, 53, 71, 107, 127, 191, 383, 431, 647,  
863, 971, 1151, 2591, 4373, 6143, 6911, 8191, 8747,  
13121, 15551] @=> int p2[];
```

```
string s1, s2;  
for (p1.cap()-1 => int i; i >= 0; i--){  
    p1[i] + " " + s1 => s1;  
}  
for (p2.cap()-1 => int i; i >= 0; i--){  
    p2[i] + " " + s2 => s2;  
}
```

```
0 => int loop;  
while (loop<7){  
    run(p1, s1);  
    run(p2, s2);  
    loop++;  
}  
  
function void run(int p[], string str){  
    p.cap() => int n;  
    [2, 3, 5, 7, 13, 17, 19, 11] @=> int t[];  
    SinOsc s[n] => ADSR e[n];  
    Math.random2(0, t.cap()-1) => int a;  
    Math.random2(0, t.cap()-1) => int r;  
    <<<str, ">>>;  
    for (0 => int i; i < n; i++){  
        1.0/n => s[i].gain;  
        e[i].set(t[a]::second, 0::second, 1, t[r]::second);  
  
        p[i] => s[i].freq;  
        e[i] => dac;  
        e[i].keyOn();  
    }  
    t[a]::second => now;  
    for (0 => int i; i < n; i++){  
        e[i].keyOff();  
    }  
    (t[r]::second => now;  
    for (0 => int i; i < n; i++){  
        e[i] !=> dac;  
        s[i] !=> e[i];  
    }  
}
```

FIGURE 3
spectrogram output of Mode C



Mode 0: Iterative

Prime number category may have a dozen
to a hundred members between 20 and 20000.

The composition is slowly evolving drone where
a series of sine waves iterate through all
available prime number values within audible
range in order of magnitude.

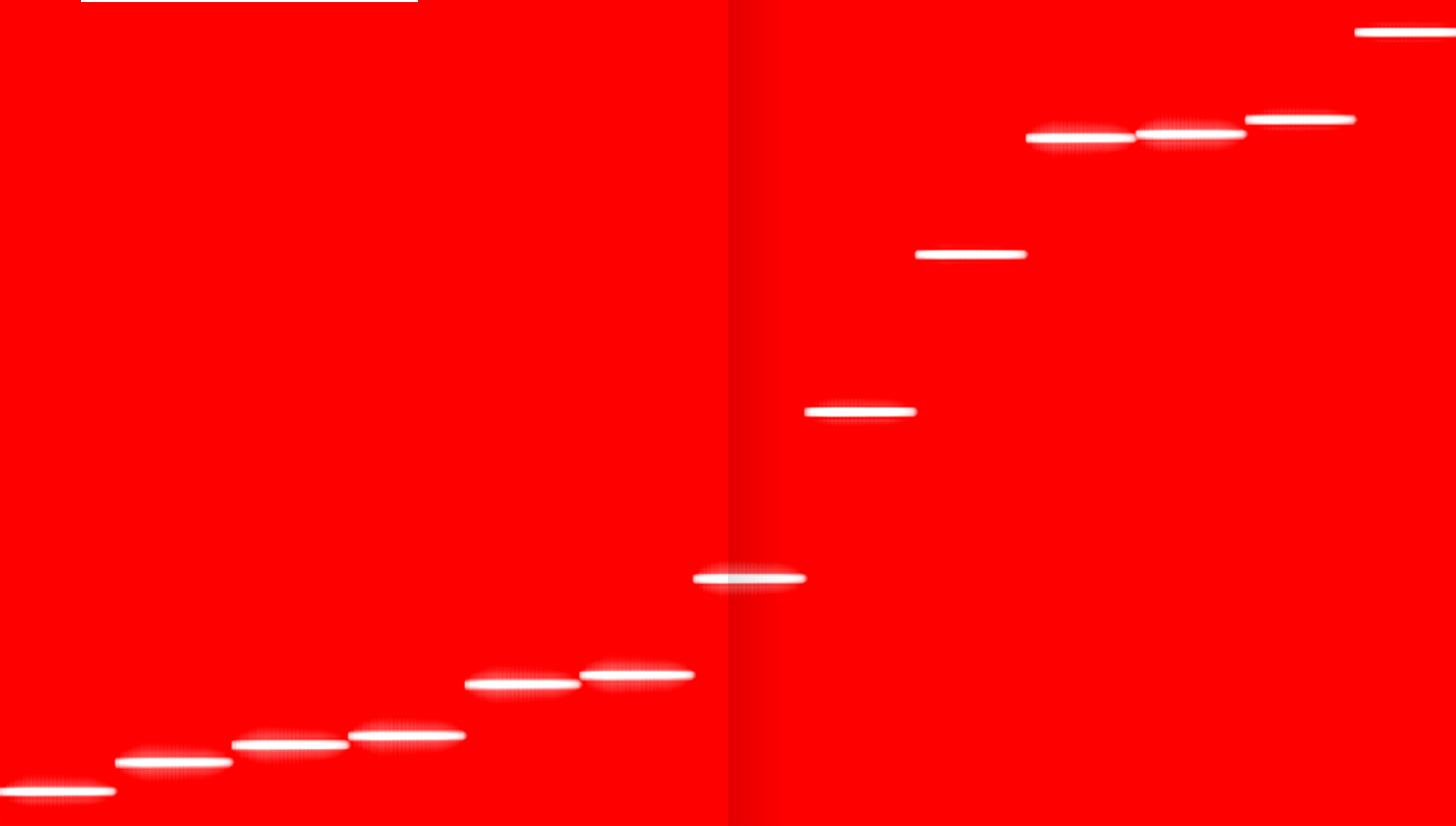
Example:

```
// Prime quintuplet: If {p-4, p, p+2, p+6, p+8} are  
primes then it becomes a prime quintuplet.  
// e.g. 7, 11, 13, 17, 19
```

```
[[97, 101, 103, 107, 109], [1867, 1871, 1873, 1877,  
1879], [3457, 3461, 3463, 3467, 3469], [5647, 5651,  
5653, 5657, 5659], [15727, 15731, 15733, 15737,  
15739], [16057, 16061, 16063, 16067, 16069], [19417,  
19421, 19423, 19427, 19429]] @=> int primes[][];  
primes.cap() => int m;  
primes[0].cap() => int n;  
SinOsc s[m][n];  
ADSR env[m][n];  
5 => int t;  
19 => int r;  
  
for (0 => int i; i < m; i++){  
  for (0 => int j; j < n; j++){  
    env[i][j].set(19::ms, 0::ms, 1.0, r::second);
```

```
    primes[i][j] => s[i][j].freq;  
    1.0/(m*n) => s[i][j].gain;  
    s[i][j] => env[i][j] => dac;  
    env[i][j].keyOn();  
  }  
  <<<primes[i][0], primes[i][1], primes[i][2],  
primes[i][3], primes[i][4]>>>;  
  t::second => now;  
}  
for (0 => int i; i < m; i++){  
  for (0 => int j; j < n; j++){  
    env[i][j].keyOff();  
  }  
}  
r::second => now;
```

FIGURE 4
spectrogram output of Mode D



Mode E: Noise

Prime number category has hundreds of members between 20 and 20000.

The composition is a burst of noise generated through very fast sweep across sine waves with different frequency values in a random order that slows down gradually, revealing the individual constituents.

Example:

```
// Pythagorean primes: Primes of the form 4n + 1.  
// e.g.: 5, 13, 17, 29, 37, 41, 53, 61, 73, 89, 97,  
101, 20021
```

```
function void sweep(int p[]){  
    int f;  
    int d;  
    0 => int m;  
    p.cap()-1 => int n;  
    while(m <= n){  
        Math.random2(0, n) => f;  
        Math.random2(0, m) => d;  
        Math.random2f(-1, 1) => pan.pan;  
        p[f] => s.freq;  
        <<<p[f], ">>>;  
        d::samp => now;  
        m++;  
    }  
}
```

```
function void noise(int p1[], int p2[]){  
    int f;  
    int d;  
    p1.cap()-1 => int n;  
    p2.cap()-1 => int m;  
    now + 5::second => time.segment;  
    while(now <= segment){  
        Math.random2(0, n) => f;  
        Math.random2(0, m) => d;  
        Math.random2f(-1, 1) => pan.pan;  
        <<<numbers[Math.random2(0, row-1)], ">>>;  
        p1[f] => s.freq;  
        p2[d]::samp => now;  
    }  
}  
  
[29, 37, 41, 53, 61, 73, 89, 97, 101, 109, 113, 137,  
149, 157, 173, 181, 193, 197, 229, 233, 241, 257, 269,  
277, 281, 293, 313, 317, 337, 349, 353, 373, 389, 397,  
401, 409, 421, 433, 449, 457, 461, 509, 521, 541, 557,  
569, 577, 593, 601, 613, 617, 641, 653, 661, 673, 677,  
701, 709, 733, 757, 761, 769, 773, 797, 809, 821, 829,  
853, 857, 877, 881, 929, 937, 941, 953, 977, 997,  
1009, 1013, 1021, 1033, 1049, 1061, 1069, 1093, 1097,  
1109, 1117, 1129, 1153, 1181, 1193, 1201, 1213, 1217,  
1229, 1237, 1249, 1277, 1289, 1297, 1301, 1321, 1361,  
1373, 1381, 1409, 1429, 1433, 1453, 1481, 1489, 1493,  
1549, 1553, 1597, 1601, 1609, 1613, 1621, 1637, 1657,  
1669, 1693, 1697, 1709, 1721, 1733, 1741, 1753, 1777,  
1789, 1801, 1861, 1873, 1877, 1889, 1901, 1913, 1933,  
1949, 1973, 1993, 1997, 2017, 2029, 2053, 2069, 2081,  
2089, 2113, 2129, 2137, 2141, 2153, 2161, 2213, 2221,
```

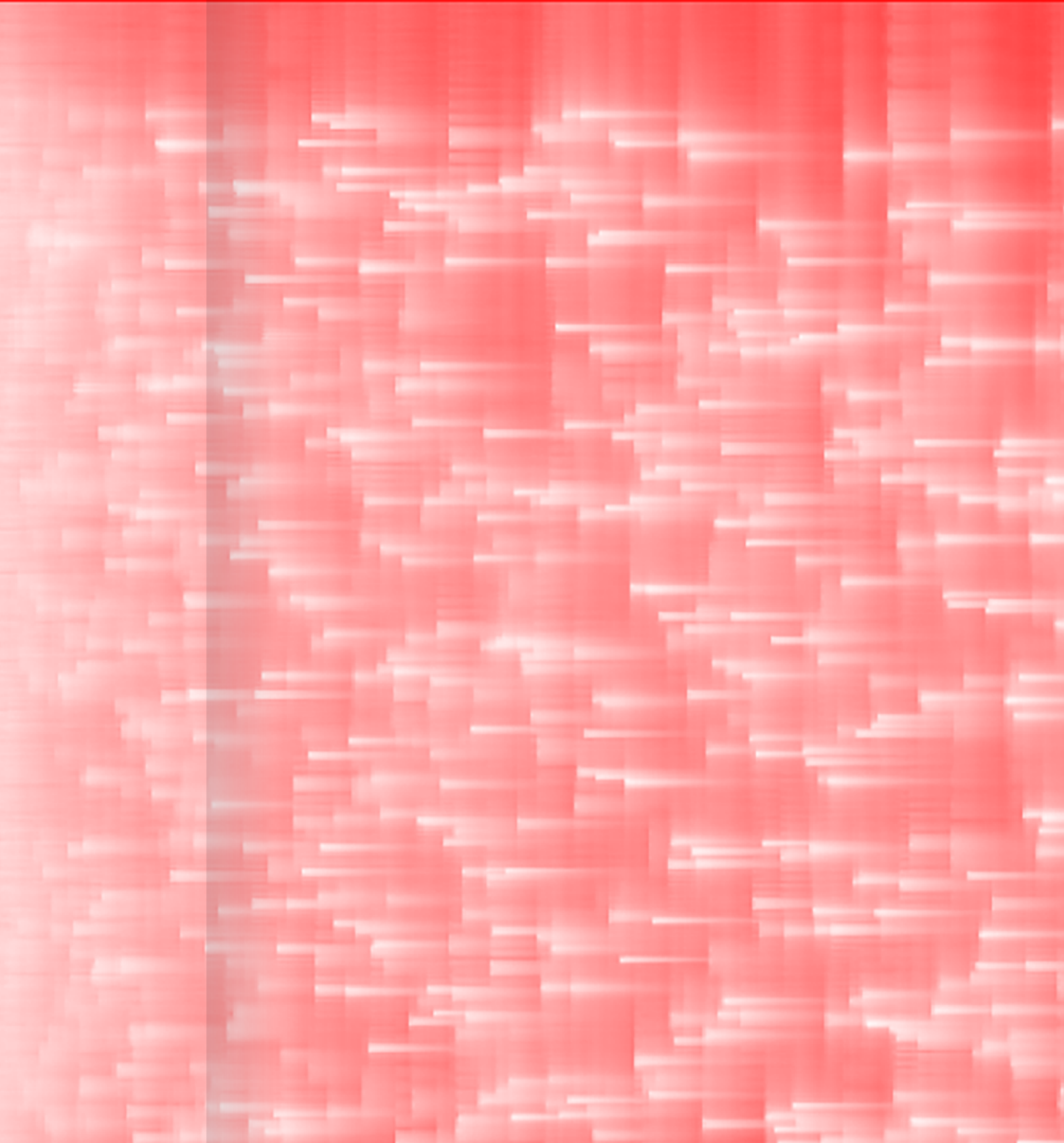

16061, 16069, 16073, 16097, 16141, 16189, 16193, 16217, 16229, 16249, 16253, 16273, 16301, 16333, 16349, 16361, 16369, 16381, 16417,
16421, 16433, 16453, 16477, 16481, 16493, 16529, 16553, 16561, 16573, 16633, 16649, 16657, 16661, 16673, 16693, 16729, 16741, 16829,
16889, 16901, 16921, 16937, 16981, 16993, 17021, 17029, 17033, 17041, 17053, 17077, 17093, 17117, 17137, 17189, 17209, 17257, 17293,
17317, 17321, 17333, 17341, 17377, 17389, 17393, 17401, 17417, 17449, 17477, 17489, 17497, 17509, 17569, 17573, 17581, 17597, 17609,
17657, 17669, 17681, 17713, 17729, 17737, 17749, 17761, 17789, 17837, 17881, 17909, 17921, 17929, 17957, 17977, 17981, 17989, 18013,
18041, 18049, 18061, 18077, 18089, 18097, 18121, 18133, 18149, 18169, 18181, 18217, 18229, 18233, 18253, 18257, 18269, 18289, 18301,
18313, 18329, 18341, 18353, 18397, 18401, 18413, 18433, 18457, 18461, 18481, 18493, 18517, 18521, 18541, 18553, 18593, 18617, 18637,
18661, 18701, 18713, 18749, 18757, 18773, 18793, 18797, 18869, 18913, 18917, 18973, 19001, 19009, 19013, 19037, 19069, 19073, 19081,
19121, 19141, 19157, 19181, 19213, 19237, 19249, 19273, 19289, 19301, 19309, 19333, 19373, 19381, 19417, 19421, 19429, 19433, 19441,
19457, 19469, 19477, 19489, 19501, 19541, 19553, 19577, 19597, 19609, 19661, 19681, 19697, 19709, 19717, 19753, 19777, 19793, 19801,
19813, 19841, 19853, 19861, 19889, 19913, 19937, 19949, 19961, 19973, 19993, 19997]

```
@=> int primes[];
primes.cap() => int n;
17 => int row;
string numbers[row];
for (0 => int i; i < row; i++){
    "" => numbers[i];
    for (0 => int j; j < Math.random2(0, row); j++){
        primes[Math.random2(0, n-1)] + " " + numbers[i] => numbers[i];
    }
}
```

SinOsc s => Pan2 pan => dac;

```
noise(primes, [5, 13, 17]);
sweep(primes);
```

FIGURE 5
spectrogram output of Mode E



Mode F: Emblematic

Number of members between 20 and 20000 may vary, depending on the category.

The composition involves a higher degree of intuitive decision-making and is meant to provide a clear sonic transcription for a defining feature behind the specific prime number categorization that it is based on.

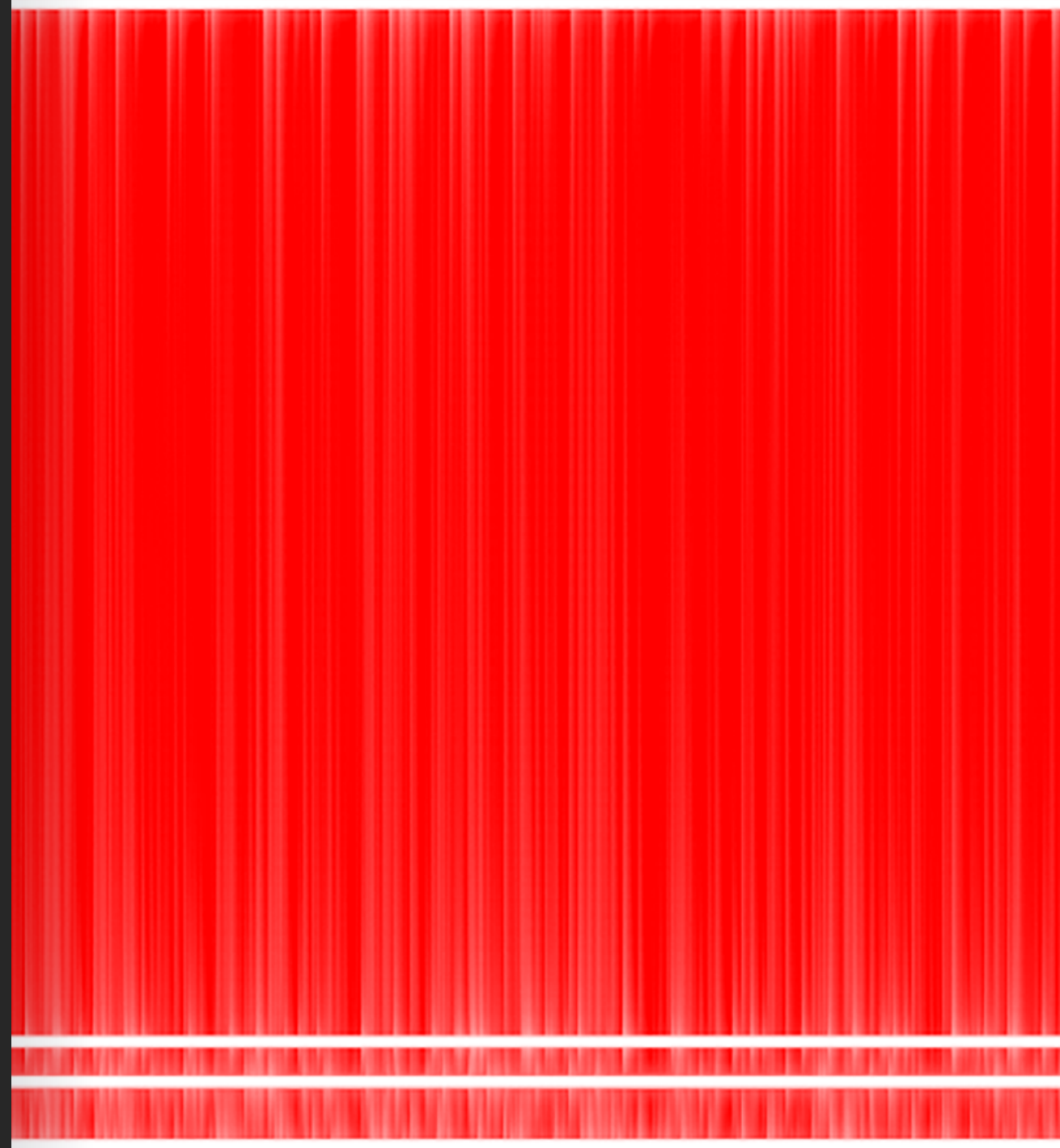
Example:

```
// Dihedral primes: Primes that remain prime when read
// upside down or mirrored in a seven-segment display.
// e.g.: 2, 5, 11, 101, 181, 1181, 1811, 18181, 108881

[101, 181, 1181, 1811, 18181] @=> int primes[];
primes.cap() => int n;
SinOsc s[n];
int r, t;

2::minute + now => time end;
for (0 => int i; i < n; i++){
    1.0/n => s[i].gain;
    primes[i] => s[i].freq;
    s[i] => dac;
}
while(now < end){
    Math.random2(0, n-1) => r;
    Math.random2(0, 1) => t;
    s[r].phase() + 0.5 => s[r].phase;
    primes[t]:ms => now;
    <<<primes[r], ">>>;
}
```

FIGURE 6
spectrogram output of Mode F



[IX]

The final ruleset and the compositional modes described above were established through several rounds of experimentation, and through an iterative process. Therefore, even though a significant portion of the output is determined by generative algorithms and rules, these factors themselves were put through a feedback loop between the composer and the output. During the development of the series, individual compositions, different modes, and the ruleset themselves went through various changes and modifications. As the rules and processes were updated, certain prime number categories were swapped for others, and certain compositions were modified in terms of mapping strategies or timescales.

Like any other creative process, there were many decisions that could have been made differently, and there were many other possibilities that could still be explored. The final iteration of the ruleset and the compositional modes simply reflect the moment that I was satisfied with the overall direction and scope of the project. Once this final iteration was locked in, I started tidying up the code, making sure it was reasonably consistent across different compositions and compositional modes. As the final iteration involves 47 separate prime number categories, the formatting and proof-reading process took a lot of time and manual labor. With the individual compositions and their order in the series now finalized, I decided on two different forms of presentation for the final output: code version and album version.

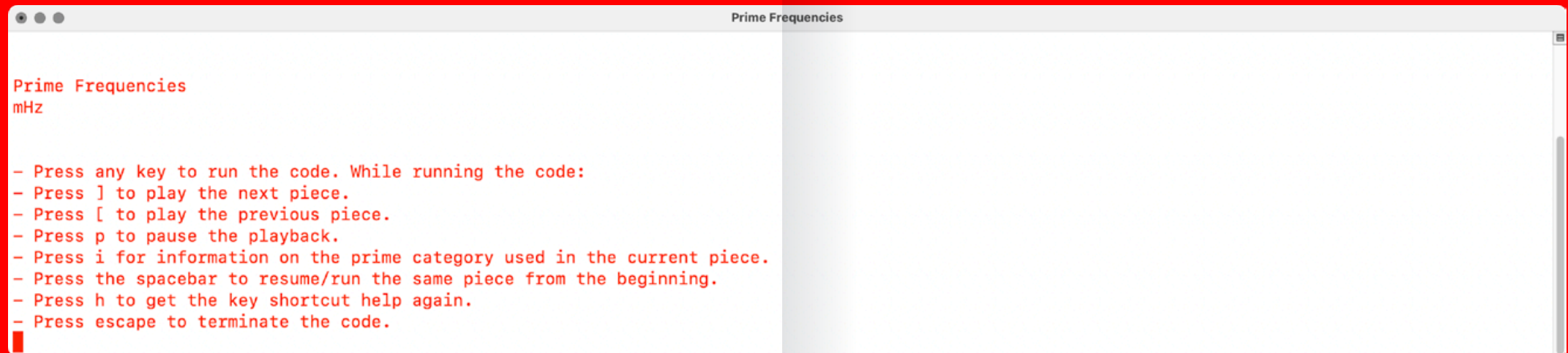
[Code Version]

The code version includes the entire source code developed for the project without any further audio processing and modification. Using a set of basic instructions, the code can be downloaded and compiled using any operating system's command-line (fig. 7). When compiled, the series can be experienced in an interactive manner, where the listener/user can use keyboard shortcuts to navigate between different pieces or to get information about the specific prime number category that each composition is based on.

The code version involves a visual accompaniment (fig. 8) consisting of the numeric values of the prime numbers that display the frequencies of actively audible sine waves throughout. This is done to further strengthen the perceptual link between the data and the sound, and in parallel to my concept of sound-based brutalism: the work is inceptioned, developed, and experienced using the same medium, where what you see is what you hear and what you hear is what you see. The medium and the raw material are equally exposed and integrated in the final output.

Due to the real-time nature of code execution in this version, pieces that involve aleatoric parameters and generative processes will be generated and experienced partially differently each time they are played. Considering the lack of further audio processing, sonification of prime frequencies in the code version is experienced in its most raw and direct manner. Therefore, in this version, the perceptual capacities of the listener's auditory apparatus and the audio playback system they use add an important final touch to the reception of the work.

FIGURE 7
instructions of the code version of the piece.



```
Prime Frequencies
mHz

- Press any key to run the code. While running the code:
- Press ] to play the next piece.
- Press [ to play the previous piece.
- Press p to pause the playback.
- Press i for information on the prime category used in the current piece.
- Press the spacebar to resume/run the same piece from the beginning.
- Press h to get the key shortcut help again.
- Press escape to terminate the code.
```

FIGURE 8
real-time visual display consisting of the
prime numbers numeric values



```
Prime Frequencies #42
Strobogrammatic:
101
619
181
16091
619
101
101
19861
619
16091
19861
19861
```

[Album Version]

The album version comprises a one-off rendering of the code that has gone through some basic audio processing and is intended for more conventional modes of distribution and listening. As the perceived sound pressure level of incoming sound waves changes drastically according to their frequency (fig. 9), this version is meant to provide a more standard listening experience. Considering that the series involves sine waves across the entire audible frequency range, including extremely low and high frequencies, an equalization that approximates an equal-loudness-level contour [17] was applied to all tracks. Given the varying degrees of frequency content and voice number across different compositions, some dynamic adjustments were also made to provide a more consistent listening experience throughout the album.

While these measurements are aimed to remedy some of the dramatic differences in the perception of the loudness levels of different frequencies, the inherent limitations of various playback devices, as well as those of our auditory system, still play a major role. The employment of the conventional range of 20 Hz to 20000 Hz here is a conceptual, symbolic, and pragmatic choice, as any potential modifications applied to this range would be subject to a specific set of ears or loudspeakers. Nevertheless, given the extremely wide range of the utilized frequency content, the reception of many of the compositions would still be influenced substantially across different environments, devices, or listeners. In other words, even though the album version is intended to provide a more consistent experience when it comes to perceiving tones with different frequencies in comparison to the code version, the increased consistency is far from absolute. The composition titled *Quadruplets*, for instance, involves a sine wave quadruplet with the initial frequencies of 101 Hz, 103 Hz, 107 Hz, and 109 Hz. At the end of the piece, the oscillators' frequencies would increase to 19421 Hz, 19423 Hz, 19427 Hz, and 19429 Hz. It goes without

saying that these sets of frequencies would be experienced differently, regardless of the involvement of any audio processing. Beyond a certain point, it is the raw materials themselves—the simple period oscillators, and the numeric value of their oscillation rate—that dictate the outcome.

[X]

Prime Frequencies is the outcome of a multi-layered and iterative compositional process involving various degrees of deterministic and indeterministic tools and techniques. The work stems from a long lineage of interlinks between math and music. From Ryoji Ikeda's datamatics series, to Iannis Xenakis' utilization of Markov chains, all the way back to the concept of the circle of fifths—which coincidentally ties in with prime numbers—the history of organized sound is interwoven with the science of numbers. Whenever math and music are combined well, they each can help raise our appreciation for the other. This was certainly a goal that I hope to have achieved with this project.

Thanks to Nicolas Bernier, Caroline Traube, and Guillaume Boutard for inviting me to contribute to this wonderful project. Thanks to my friend and colleague Jim Murphy for his input during the project's development. And thanks to my friend Alma who suggested the idea of visiting the Park Avenue Armory exhibition on that hot afternoon in New York. It was indeed worth checking out.

[Bibliography]

- [1] "Mo Zareei's Kinetic Sound Sculptures," *Streaming Museum*, Mar. 10, 2015. <https://www.streamingmuseum.org/post/mh-zareei> (accessed Sep. 14, 2021).
- [2] "Ryoji Ikeda - The Transfinite : Program & Events : Park Avenue Armory." https://www.armoryonpark.org/program_events/detail/ryoji_ikeda (accessed Sep. 14, 2021).
- [3] M. H. Zareei, "Channelisation of Noise through a Rhythmic Grid: Brutalist Mechatronic Sound-sculpture," PhD Thesis, Victoria University of Wellington, 2016. Accessed: Sep. 14, 2021. [Online]. Available: <http://researcharchive.vuw.ac.nz/handle/10063/5192>
- [4] M. H. Zareei, D. Mckinnon, D. A. Carnegie, and A. Kapur, "Sound-based Brutalism: An emergent aesthetic," *Organised Sound*, vol. 21, no. 1, pp. 51-60, Apr. 2016.
- [5] NEURAL, "Material Music, a Band of Matter. <http://neural.it/2021/01/material-music-a-band-of-matter/> (accessed Sep. 14, 2021).
- [6] "interference [dac] – Cross-medium light wave distortions," *CreativeApplications.Net*, Jun. 14, 2017. <https://www.creativeapplications.net/processing/interference-dac-cross-medium-wave-interference/> (accessed Sep. 14, 2021).
- [7] "Function, by mHz," *mHz*, <https://millihertz.bandcamp.com/album/function> (accessed Sep. 14, 2021).
- [8] H. Cowell, "The Joys of Noise," in *Audio Culture: Readings*

in Modern Music, C. Cox and D. Warner, Eds. 2004, pp. 22-24.

- [9] J. Derbyshire, *Prime Obsession: Bernhard Riemann and the Greatest Unsolved Problem in Mathematics*. Washington, DC: Joseph Henry Press, 2003.
- [10] M. Du Sautoy, *The music of the primes: searching to solve the greatest mystery in mathematics*. New York: HarperCollins, 2003.
- [11] D. G. Wells, *Prime Numbers: the Most Mysterious Figures in Math*. Hoboken, N.J: Wiley, 2005.
- [12] "El Patrón de los Números Primos: Prime Number Patterns." <https://www.jasondavies.com/primos/> (accessed Sep. 14, 2021).
- [13] G. Wang, "Chuck: A Strongly-Timed Music Programming Language." <https://ccrma.stanford.edu/software/chuck/> (accessed Sep. 14, 2021).
- [14] "The On-Line Encyclopedia of Integer Sequences® (OEIS®)." <https://oeis.org/> (accessed Aug. 31, 2021).
- [15] Prime-Numbers.info, "Prime Numbers Library," *Prime Numbers*. <https://prime-numbers.info/> (accessed Aug. 31, 2021).
- [16] "Category:Classes of prime numbers," *Wikipedia*. Mar. 18, 2013. Accessed: Aug. 31, 2021. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Category:Classes_of_prime_numbers&oldid=545168903
- [17] Y. Suzuki and H. Takeshima, "Equal-loudness-level Contours for Pure Tones," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 116, no. 2, pp. 918-933, Aug. 2004, doi: 10.1121/1.1763601.

Five Perspectives on Sine Wave in Music and Sound Art

Words by:
Guillaume Boutard
& Nicolas Bernier

Abstract

In the article *Sine Wave in Music and Sound Art: A typology of artistic approaches* (Bernier et al., 2023), we proposed a conceptual framework to contextualize the use of sine waves in music and sound art. By presenting the results of a large-scale survey, the article summarized the first phase of the research project *Towards a Sine Wave Aesthetics*. The second phase of the project is based on the commission of five sonic creations deploying different perspectives on the use of sine waves in music and sound art. These commissions also included a text by each artist. In this chapter, we propose an analysis of these texts using the conceptual framework of the first phase of the project. In doing so, we navigate the texts, finding resonances between the creative processes—converging and diverging ideas that illustrate the artistic potential of this basic element of sound.

Introduction

1.

[www.zotero.org/
groups/2521746/
sine-references](http://www.zotero.org/groups/2521746/sine-references)

The project *Towards a Sine-Wave Aesthetics* is a two-phase research-creation project. The first phase culminated with a conceptual framework based on the analysis of an online survey conducted in 2020. This framework is presented in the article *Sine Wave in Music and Sound Art: A Typology of Artistic Approaches* (Bernier et al., 2023). Concurrently, we produced a bibliographical database¹ revolving around the idea of the sine wave as a core element in artistic sound practice and theory. The database was tagged according to the conceptual framework. By openly providing this database to the public, we would like to encourage further creative projects—academic and artistic—that will extend our work. In this regard, this chapter is an example of what could be done using the outcomes of the project.

During the second phase, which is the subject of this chapter, five artists were commissioned to create works based on the sine wave: Ryoko Akama, Hervé Birolini, Cathy van Eck, Émilie Payeur, and Mo H. Zareei. They were also asked to write a text discussing the work they produced. In order to ensure artistic freedom, the sole requirement of the commission was to produce a work where the sine wave is the core element physically and conceptually.

Each artist has had an idiosyncratic relation to sine waves in their work for some time (hence the commission), which some of them have stated explicitly in their text. For example, Hervé Birolini declares: “The sine wave has often played a role in my projects”—a recent example being his piece *Hidden Artikulation* (2022). In contrast, Cathy van Eck “would never have thought of creating a performance that would be dedicated to the sine wave”, without the specific requirement of the commission, even though it has been an object she has used consistently.

The goal of this chapter is not to re-present the work of the artists involved in the project, as the artists have already clearly expressed their ideas. Our goal is to use the framework of our first phase of research to project a network of resonances between the works, and to trigger the questions that animated us during the project as a whole. We might say that the present text metaphorically produces a beating effect by juxtaposing these multiple discourses along the broader concepts developed during the first phase. We are thus conducting a content analysis of the texts provided by the artists—which are available in this publication—using the relevant main categories presented in the framework of the first phase: 1. Ontological Perspective, 2. Scientific References, 3. Philosophic References, 4. Psychological Aspects, 5. Socio-cultural Aspects, 6. Artistic Fields, 7. Aesthetic Approaches and 8. Creative Process. Even though the content analysis is based on the whole conceptual framework, this text highlights the elements that bring forward convergent and divergent approaches within the artworks.

Ontology of the Sine Wave

Before moving towards the aesthetic of sine waves, an important prerequisite discussion of our framework relates to the inherent properties of sine waves that we have described as the *ontological perspective*. Those properties are independent from but grounding of the creative process. One of the most classic of these theoretical projections on sine waves is the notion of purity, commonly expressed in the terms “pure tones” and “pure waves”. While Zareei is the only artist that produced a piece solely using sine waves, it is interesting to note that he is also the only one that did *not* make any direct reference to purity in his text. The terms are used several times in the other artists’ texts. Émilie Payeur and Cathy van Eck base a significant part of their work on questioning this idea. They do so in very different ways, yet still, both integrate movements towards and away from the idea of purity. This is best described in Émilie Payeur’s question, asking “if it was possible to denature a sine wave?” This challenge is evoked in both of their texts, theoretically and practically. Cathy van Eck pragmatically remarks that a sine wave is impossible to perceive as no rendering process is perfect. Émilie Payeur welcomes this principle and uses the idea of low-fi technology as the core process to directly challenge the idea of purity. There seems to be a resonance effect between these two texts and the works they document. While Payeur challenges purity with low-fi, Cathy van Eck goes in the opposite direction, using signal processing to generate a form of impossible purity. She proposes a literality to the idea of purity, cleaning the wave physically, metaphorically, and humorously, with the simplicity of a gesture that seems more intuitive for the audience than she acknowledges.

We should emphasize that no ontological subcategory from our framework is presented here as mutually exclusive, as it was in our survey and analysis. Often, new questions emerge from their

juxtaposition, especially when several texts interact along these dimensions. For instance, both Cathy van Eck and Ryoko Akama relate purity to cyclicity in their discourse. While van Eck poses cyclicity as a restraint to the idea of purity (in relation to its acoustic rendering), for Akama they are coexistent: “A sine wave, in other words, sinusoid, pure tone, or sine tone, is a waveform that oscillates periodically” Cathy van Eck, posing the endlessness of sine waves as purely theoretical, came to the idea, as she mentions, of an endless goodbye waving gesture, bringing cyclicity back to the finitude of the performance.

Other prominent ontological subcategories of our framework are present in these texts: *atomicity*, *simplicity*, and *naturality*. The latter relates to the duality between natural and artificial. It is discussed notably by Payeur and van Eck as part of a negative argument, namely that it doesn’t exist in nature. This position contrasts with the idea of *atomicity*—sine waves being the core element of sound, the smallest element that we can decompose the sound into. While it seems paradoxical to contest the fact that elementary particles, atoms, are indeed part of nature, at least from an ontological realism perspective, we have to consider this position phenomenologically, as an experience that is nowhere to be found, which parallels van Eck’s statement on purity.

Émilie Payeur adds another discursive dimension to naturality by focusing her attention on *Therapeutic effects*, another ontological category of our framework. Her text is not the only one discussing this property. Ryoko Akama mentions its negative side: “The sine wave is a delicate monster, especially at higher frequencies, and can be physically and mentally disturbing when obstinately continuous.” Payeur considers the opposite effect, relating to a long tradition of inquiry into the healing effects of waves, including composer Ruth Anderson who had this line of thought after noticing the energetic effect of sine waves on her students (Hinkle-Turner, 2007, p. 31).

The analysis of these texts brought a last ontological category to our attention: *potentiality*. Once again, the artists perspectives are quite different from one another. For Hervé Birolini, “sine waves contain a range of possibilities that have yet to be explored”,

and Ryoko Akama describes them as “simple, fragile, and mutable”, qualifying their possibilities as limitless. On the contrary, Cathy van Eck’s discourse focuses on their lack of potential in relation to a specific compositional parameter: “the sine wave is one of the least “action-related” sounds possible.” Nevertheless, van Eck created a work where the sine wave is the direct result of the action, indeed showing the potential of the sine wave as a performative material.

The Sine Wave as Material of the Creative Process

The most direct way to look at these works is by emphasizing the material used by the artists to produce sine waves both practically and conceptually.

The selection of a sine wave intrinsically means the selection of a frequency and the exclusion of others. The strategies deployed by the artists is thus paramount to understand the broad creative process. The notion of parameter (pitch, duration, movement, etc.) was indeed coded in our framework as a subcategory of one of the main categories, namely, *creative process*. It relates, notably, to all of the harmonic systems, broadly speaking, discussed by the participants of the survey.

The question of creating material for composition is a classic topic of analysis of the creative process and has also been related to the choice of frequencies in some specific genres of composition, whether the source is acoustic or electronic. In the acoustic domain, the paradigmatic example would be spectral music. For example, Féron (2010), discussed the famous trombone

spectral analysis that Gérard Grisey used for *Périodes* (1974) as compositional material.

The conceptual basis for the selection of frequencies is discussed by several composers with more or less precision, according to its predominance in the creative process. At one end of the spectrum, Cathy van Eck states that there is no harmonic system that is used as a principle for the selection. She explicitly avoided harmonic relations and proceed empirically to the selection of her precise material. At the other end of the spectrum, Hervé Birolini and Mo H. Zareei ground their selection process in an external source of values which leaves no space for deviation but adds an interdisciplinary nature to their work.

Birolini infused his work with a sociology of science and technology flavour using the history of electric current frequencies. His creative process is informed by his deep interest and research into the life of Nikola Tesla. The historicization of frequencies that is manifested in these creative processes appears also in Zareei’s work based on prime numbers. Zareei’s choice of using numeric values of the prime numbers has an indirect historical resonance with Toshiro Mayuzumi who composed *Music for Sine Wave by Proportion of Prime Number* and *Music for Modulated Waves by Proportion of Prime Numbers*. Both composed in 1955, the first is based on Stockhausen’s 1953 *Studie I* (see Loubet et al., 1997). Zareei integrates the historical research on their categorization in his framework, departing from the direct mathematical emphasis of Mayuzumi. In Émilie Payeur’s work *Rebellion Against Establishment*, this kind of historical relation remains primarily in the musical domain—sociology of music and historical musicology. Indeed, Payeur’s work focuses on the most famous concert pitch: 440 Hz. In terms of material for the creative process, there is a parallel here to be made with the movement *Accidents/harmoniques* of Bernard Parmegiani’s *De Natura Sonorum* (see Thomas et al., 1990, p. 44), Nicolas Bernier’s work (Bernier et al., 2019) or Ryoji Ikeda’s use of the history of the concert pitch in *A* (2000). Moreover, this is a current object of extensive and thorough investigation by the musicologist Fanny Gribenski (2023). Still, Payeur’s creative process comes with a claim and an act of ‘desacralization’, based

on the pollution of the parameter. This act integrates a media archeology dimension with her work around technologies hindering one another and her reflection on memory and technology.

In Émilie Payeur's work, *Sacred Space #1: Healing Machine for a Plant*, frequencies are connected to their virtues, bringing a completely different ontology relating to the therapeutic effects attributed to specific frequencies, which we discussed here above. In this work, the choice focuses on a carefully contextualized 285 Hz. In both of her works, everything is deployed from one single frequency, rather than from a system like the other artists discussed, one frequency that operates on a completely different mode in each work.

Ryoko Akama departs from these discussions and conceptualizations of the artistic intent by evading any formal discussion about pitch. This is especially striking in her text as she makes explicit many other parametric elements of her work: voltage, temperature, length, width, and height. This is grounded in a complex discourse about the relation between the artistic process and scientific research and resonates with her initial statement "*Inefficient Ways to Comprehend The Matter* (liwtcm) is not about sine waves, or an aesthetic of the sine wave, but rather, aims *towards* an aesthetic of the sine wave."

Aesthetics Postures: Scientific, Minimalist and Dualistic

Analysing these artists' texts through the lens of our initial framework, the dominant aesthetic paradigm—present in most texts without necessarily being the only one—discussed by the commissioned artists appears to be what we have called the *scientific posture*. It is important to remember that our taxonomy is a construction stemming from an inductive analysis of qualitative survey data which attempted to represent the data through the methodological coding of grounded theory. According to our epistemological position, it is in no way a representation of the idiosyncratic reality of artistic practice, but a framework to apprehend this complexity. The *scientific posture* category is a good example of the wide range of discursivity within a single category, including arguments negating the category itself, which nevertheless participate in its construction.

Several of the commissioned artists grounded their creative process in their academic background—most notably Mo H. Zareei, in relation to the discipline of physics. Zareei provides several statements that make explicit his relation to the *scientific posture*: "[M]y works usually explore concepts that are rooted in, or directed by some physical or scientific principle."

While there is no formal endorsement in Hervé Birolini's text, the scientific connexion remains present, whether it relates to his tackling of the history of science or his reported state of mind: "In *Ozone*, I was almost a chemist." Birolini's most direct relation to

the *scientific posture* is methodological, comparing his empirical method of navigating through additive synthesis to the creative process of Nikola Tesla: "Operating myself by trial and error in the composition of the piece". While there is no specific relation to the *scientific posture* in Cathy van Eck's text, according to our analysis, we find discursive elements of scientific communication in the way she presents the research question behind her performative work: "the performance has also become a research question: how can I connect physical movements to a sine wave sound that is by its nature electronically generated and thus does not need any physical movements of a performer?"

Distancing herself from science, Ryoko Akama praises playfulness, ambiguity, impreciseness, doubt, chance and inefficiency as an opposition to science. Even if she is playfully dismissive of scientific disciplines: "In day to day life, psychoacoustics is more convoluted than a simple term such as 'auditory perception'", her discourse integrates scientific references or science-inspired discursive forms, such as: "Like sound, heat is an event transferring thermal energy between molecules (warm to cold). Temperature is the average kinetic molecular energy at a given point." As such, it fits within the *scientific posture* category of our framework, which, as the title suggests, is not limited to a direct scientific aesthetics but welcomes these dialectical discursive forms balancing science and non-science. From this perspective, sine waves seem to be the perfect compositional object to question the *scientific posture*. The ambiguity of their ontological status—both natural and artificial—and their relation to the history of science and technology, support creative processes like Émilie Payeur's, whose second piece navigates explicitly between science and spirituality, as opposed to Akama, who brings them together. Building on academic and non-academic disciplines, Payeur's discourse is also filled with scientific references, such as the scientific names of the plants she uses, and in relation to her studies, principles of room acoustics, direct and indirect chemistry, and social anthropological references.

No aesthetic approach is independent from the other categories we constructed. Again, labelling these perspectives as postures rather than aesthetics strengthens this idea. Zareei ontologically connects the *minimalist* and the *scientific posture*: "At their core,

just like sine waves, prime numbers are the simplest, yet the most elegant and the most foundational entities within their respective systems." A similar relation between these two postures emerges from Payeur. While Zareei draws this minimalist connection between sine waves and prime numbers, Payeur compares them to the straight line of geometry—algebra versus geometry. She also relates explicitly to the minimalist essence of sine waves: "I particularly like their minimalism." While minimalism as a musical genre is not discussed in her text, as opposed to Zareei, it is fully included in her aesthetic approach: "The work proposes a sound experience reduced to its simplest expression."

The third posture from our framework is the *dualistic posture*, which present the opposition of natural/artificial briefly mentioned in the discussion of the ontological perspective. From the metaphorical point of view, we find elements of this posture in several creative processes documented in the five texts. Both Birolini and Payeur refer to the convergence of nature sounds and generated sounds with the specific case of bird-like sounds. These "birds", are also one of the elements Birolini discuss within his process of discovery. The theoretical direction between both artists, as expressed in their texts, is quite dissimilar. Payeur details her techniques using LFO and VCO, the artificial generating the natural. Birolini presents the natural, the birds, as complex oscillators. His *dualistic posture* is epitomized in the comparison between the primary and the primitive: "I try to make the link between the primary aspect of the waves and the primitive but complex aspect of nature."

Theoretical Intersections of Tools and Techniques

Two philosophical categories of our framework intersect within the five texts of the commissioned artists: *human-machine* and *human-world* relationships. Here we discuss how they relate or diverge, mainly building on the work of Gilbert Simondon.

Mo H. Zareei's discussion about generative processes and the delegation of compositional decisions to algorithms, relate to the *human-machine* category. In his approach, he plays a role of supervision who "maintain the balance between pre-determined algorithmic and chance-based processes and my own compositional will, guided by my aesthetic inclinations and preferences". This act of supervision is reminiscent of the process described by Simondon (2017) where a human agent acts as an "associated milieu of these diverse tools" (p. 77) ensuring task distribution and auto-regulation. Relevant here is Simondon's poetic summarization of the human-machine relationship: "What resides in the machines is human reality, human gesture fixed and crystallized into working structures" (p. 18). Zareei is the most explicit about his relation to technology, in the sense that he details the process of selection and broadens his discussion of technology and the creative process by including the topics discussed above, specifically aesthetics. The presentation of his process includes a very telling discussion about the affordances of writing music as code with ChuckK in comparison with visual programming languages like Max/MSP. Zareei also discusses his technical individualization and how it fits a certain technical milieu, again recalling Simondon.

In our framework, *technological tools* is a subcategory of the larger category *creative process*. Some of these tools are present in these five artists' texts. Among the most cited in the survey, we found programming languages, such as Max/MSP (Zareei, van Eck), or oscillators (Biolini) and synthesizers (Payeur). The range of tools here, though, is not limited to music-dedicated devices. The inclusion of the hearing aids elements in Akama's work is certainly the most exotic tool in the depiction of human-machine relationships inherited from the creative process. Still, by using them to produce sine tones through feedback loops, we can relate her process to a more traditional method of production, mentioned also by Payeur, who has used no-input techniques for a long time. Feedback loops, together with beat patterns, are probably the most represented production techniques described in these texts, but the variety of tools used makes the comparison worthwhile: microphones and loudspeakers for Biolini, hearing aids and glass jars for Akama, and no-input for Payeur.

Payeur's aforementioned discussion about her use of tape as a metaphor for memory, independently from archival practice and oral history, also fits into the category of *human-machine relationship*. Payeur's comparison between mind and machine is reminiscent of the mind-computer analogy made by cognitivism, especially considering the role magnetic tape had in the technological history of computer memory as well as digital photo (the first digital camera was indeed recording data on a tape). As Dubois et al. (2021) remind us in their critical analysis of cognitivism: "The 'digital revolution' and the impressive development of computers support the continuation of the tradition of transferring knowledge of the physical world as metaphors for models of humans and evaluating human performances along those provided by artificial instruments" (p. 34). The main difference between the cognitivist metaphor and Payeur's text resides in the directionality, as the tape is presented as a tool mimicking memory, emphasizing thus failure over reproduction and predictability. The metaphor of analog technology is thus fitting, but Payeur's discussion on the perspective of human-machine relationship is broader than the cognitivist analogy.

Simondon argued: “Let’s take the case of what we call memory. Leaving aside all the mythological assimilations of vital functions to artificial operations, one can say that man and machine present two complementary aspects of use that is made of the past” (2017, p. 135), that is to say, conservation (without structure or form) for machines and form selection for humans: “machine memory triumphs in multiplicity and disorder; human memory triumphs in the unity of forms and in order” (p. 137). Payeur, according to us, uses the machine to critique Simondon’s dichotomy of conservation and form, emphasizing the machine as object, the quintessential form, through the use of the sine wave as a symbolic representation of concert pitch. For Bernard Stiegler (1998), building on André Leroi-Gourhan, technique itself is first and foremost a memory, which he qualifies as epiphylogenetic (as a distinction from biological memory, genetic and epigenetic). The idea of phylum, of transmission of a highly symbolical object, is present in Payeur’s text. Considering Stiegler’s perspective on technique, Payeur’s process of desacralization of concert pitch using failing technology desacralizes memory itself. Using sine waves as a revelator, her interpretation of the human-machine relationship invites the human-world relationship into the discussion. While Zareei stays within the technical realm, Payeur builds on what Simondon described as two phases of the human-world relationship. For Simondon:

[...] technicity is one of the two fundamental phases of the mode of existence of the whole constituted by man and the world. [...] We suppose that technicity results from a phase shift of a unique, central, and original mode of being in the world: the magical mode; the phase that balances out technicity is the religious mode of being. Aesthetic thought appears at the neutral point, between technics and religion, at the moment of the splitting of the primitive magic unity: it is not a phase, but rather a permanent reminder of the rupture of the search for its future unity. (2017, pp. 173–174)

Audience, Perception, and the Creative Process

A last category of our framework that we think is worth discussing in regard to the analysis of these texts is the *Psychological aspects* category where we coded the relationship to the audience. Beyond the psychoacoustic effects often discussed with the use of sine waves (in relation to beating phenomena and room acoustics), several artists discuss and question their sensorial and theoretical experiences of the works that they have produced.

Cathy van Eck starts her text with an ontological remark that we discussed above, stating that the sine wave is “one of the least ‘action-related’ sounds”. She finishes with a research-creation question: “[H]ow can I connect physical movements to a sine wave sound that is by its nature electronically generated and thus does not need any physical movements of a performer?”. The connection between skill, gestures and perception in digital processing is the subject of a substantial body of literature. Michael Gurevich (2014) mentioned that “perhaps the most pervasive challenge in the literature surrounding the nascent field of ‘new interfaces for musical expression’ (NIME) is in addressing the notion that interactive digital music systems (‘new’ seems to imply ‘digital’), by virtue of functionally separating human action from the sound-producing mechanism, limit the potential for skilled practice and human expression that are associated with conventional acoustic instruments” (p. 318). Part of this literature discusses the readability of the process, which van Eck also discusses in her text, connecting the ontological argument to the creative process and its effect on the audience, similarly to Leman’s (2010) discussion about the relationship between an ‘action-oriented ontology’ and the mirroring of embodied listening by a ‘second-person perspective’.

Ryoko Akama, on the other hand, talks about the sensory experience holistically: “I use the term *experience*, as there is more than simply *hearing* and *listening* when I work with sine waves. Perception, vision, sensations and feelings add up to form an overall experience”. This position echoes the study of “the holistic complexity of sensory experience ‘in the wild’” (Howes, 2021, p. 5) that Dubois *et al.* (2021, p. 336), notably, have developed through their investigation and conceptualisation of holisensoriality. As Dubois *et al.* (2021, p. 348) explain, “wild”, in reference to the work of the anthropologist Edwin Hutchins, does not mean ‘natural’ but contrasts real life settings with laboratory settings for empirical research, which is the general question posed by the notion of ecological validity in research. From this perspective, it seems interesting to contrast Ryoko Akama’s text with Mo H. Zareei’s, whose approach to perception is more reminiscent of the laboratory setting in terms of the control and isolation of parameters: “As the perceived sound pressure level of incoming sound waves changes drastically according to their frequency, this [album] version is meant to provide a more standard listening experience.” This position seems consistent with his aesthetic posture as previously described. Akama emphasizes the opposite perspective, namely the idiosyncrasies of sensory experience in the wild: “I do not seek to control how viewers see, hear, or perceive”, and the engagement with the work that creates a unique composition. Akama indeed poses a reflection on the experience of time: “[T]o apprehend my intention ‘towards’ an aesthetic of the sine wave, one must engage longer, and seize each short-lived moment alone in the space.” She further relates this experience to what we have called the *minimalist posture*: “My work is all about ‘being noticed’. It is never boldly expressive or impressive. If there is not enough time, one could pass by without any experience, which is also a fine experience in itself.”

Conclusion

In this chapter, we performed a content analysis of texts describing five artists’ approaches to the sine wave in music and sound art. The primary goal of this analysis was to highlight a set of themes stemming from the development of a conceptual framework on the topic. The second goal was to propose a triangulation, methodologically speaking, in relation to both phases of the research project. The third goal was to bring an original methodological approach to the study of electroacoustic works. In this analysis, we focused on the dimensions where the plurality of approaches of the composers appeared most clearly. This analysis could be furthered, particularly in regards to the literature review developed during the project; however, the outcome of this project represents a promising inquiry into the versatility of the sine wave as a material for the creative process.

Acknowledgments

We would like to thank the participating artists for their contribution and involvement in this project: Ryoko Akama, Hervé Birolini, Émilie Payeur, Cathy van Eck and Mo H. Zareei. Kjel Sidloski for revision and translation, David Piazza for the publication coordination and Florence Simard for the layout. This project was funded by Fonds de recherche du Québec - société et culture (FRQ-SC).

Bibliography

Bernier, N., Bernard, D., Leblanc, Marie-Hélène, & Simon, Damien. (2019). *Sur le diapason – Autour d'un cycle de création, entre son, science et lumière*. Les presses du réel. https://www.worldcat.org/title/sur-le-diapason-autour-dun-cycle-de-creation-entre-son-science-et-lumiere/oclc/1134652546&referer=brief_results

Bernier, N., Boutard, G., Traube, C., Schorpp, E., Bellemare, L., & Drouin-Trempe, V. (2023). Sine Wave in Music and Sound Art: A typology of artistic approaches. *Organised Sound*, 28(1), 1-13. <https://www.doi.org/10.1017/S1355771822000590>

Bernier, N., Boutard, G., Traube, C., Schorpp, E., Bellemare, L., & Drouin-Trempe, V. (in press). Sine Wave in Music and Sound Art: A Typology of Artistic Approaches. *Organised Sound*.

Dubois, D., Cance, C., Coler, M., & Paté, A. (2021). The five senses and the cognitivist approach to perception. In *Sensory Experiences: Exploring meaning and the senses* (pp. 23-66). John Benjamins Publishing Company.

Dubois, D., Cance, C., Coler, M., Paté, A., & Guastavino, C. (2021). *Sensory Experiences: Exploring meaning and the senses*. John Benjamins Publishing Company.

Féron, F.-X. (2010). Sur les traces de la musique spectrale: Analyse génétique des modèles compositionnels dans "Périodes" (1974) de Gérard Grisey. *Revue de Musicologie*, 96(2), 411-443.

Gribenski, F. (2023). *Tuning the World: The Rise of 440 Hertz in Music, Science, and Politics, 1859-1955*. University of Chicago Press.

Gribenski, F. *Tuning the World: The Rise of 440 Hertz in Music, Science, and Politics, 1859-1955*. University of Chicago Press.

Gurevich, M. (2014). Skill in Interactive Digital Music Systems. In K. Collins, B. Kapralos, & H. Tessler (Eds.), *The Oxford Handbook of Interactive Audio* (pp. 315-332). Oxford University Press.

Hinkle-Turner, E. (2007). *Women Composers and Music Technology in the United States: Crossing the Line*. Ashgate Publishing, Ltd. https://www.worldcat.org/title/women-composers-and-music-technology-in-the-united-states-crossing-the-line/oclc/728949673&referer=brief_results

Howes, D. (2021). Prologue: Making sense of and with the senses. In D. Dubois, C. Cance, M. Coler, A. Paté, & C. Guastavino (Eds.), *Sensory Experiences: Exploring meaning and the senses* (pp. 1-7). John Benjamins Publishing Company.

Leman, M. (2010). Music, Gesture, and the Formation of Embodied Meaning. In R. I. Godøy & M. Leman (Eds.), *Musical Gestures: Sound, Movement, and Meaning* (pp. 126-153). Routledge.

Loubet, E., Roads, C., & Robindoré, B. (1997). The Beginnings of Electronic Music in Japan, with a Focus on the NHK Studio: The 1950s and 1960s. *Computer Music Journal*, 21(4), 11-22. <https://doi.org/10.2307/3681132>

Simondon, G. (2017). *On the mode of existence of technical objects* (C. Malaspina & J. Rogove, Trans.; First edition). Univocal Publishing.

Stiegler, B. (1998). Leroi-Gourhan: L'inorganique organisé. *Les cahiers de médiologie*, 6(2), 187-194. <https://doi.org/10.3917/cdm.006.0187>

Thomas, J.-C., Mion, P., & Nattiez, J.-J. (1990). *L'Envers d'une oeuvre: De natura sonorum de Bernard Parmegiani*. Buchet-Chastel.

Avant-propos

Mots par:
Nicolas Bernier

Vers une esthétique de l'onde sinusoïdale

Ce recueil vient clore le projet de recherche-création *Vers une   sthetique de l'onde sinusoïdale* en présentant premièrement cinq textes d'artistes portant sur les œuvres qui leur ont été command  es spécifiquement pour le projet¹. Ces textes sont ensuite analysés en s'appuyant sur le cadre conceptuel que nous avons préalablement développé et proposé dans l'article *Sine Wave in Music and Sound Art: A typology of artistic approaches* (Bernier et al., 2023). Réalisé par l'entremise d'une enquête auprès d'artistes, ce cadre constitue la pierre angulaire du projet *Vers une   sthetique de l'onde sinusoïdale*, aboutissant à une classification des approches artistiques basées sur l'onde sinuso  dale². L'analyse, principalement réalisée par le chercheur Guillaume Boutard, permet de boucler la boucle en posant les bases d'une lecture analytique d'œuvres basées sur l'onde sinusoïdale.

Les cinq artistes qui ont créé des œuvres pour le projet ont été sélectionnés en sachant qu'iels auraient non seulement un intérêt pour l'onde sinusoïdale, mais également un intérêt le projet de recherche et son penchant théorique. Nous avons approché des artistes aux pratiques diversifiées qui représenteraient le large spectre des pratiques sonores : de la performance    l'installation, de l'écriture fixée sur support à l'algorithmie et du formalisme au conceptuel. Lorsque nous avons commandé les œuvres aux cinq artistes, nous avons volontairement évité de donner des indications qui auraient guidé la forme des   uvres. C'est donc d'une manière naturelle que les œuvres créées reflètent une pluralité d'approches, faisant écho à la diversité que nous avons décernées suite à l'enquête que nous avons réalisée auprès de la communauté des arts sonores. Nous avons également laissé aux artistes la liberté de parole dans les textes qui présentent leur processus de création, évitant d'aiguiller les thématiques ou un style d'écriture—

1.

Les résultats de ce projet de recherche-création, incluant la documentation des œuvres, sont disponibles sur le site du Laboratoire formes • ondes à l'adresse www.lfo-lab.ca/onde-sinusoidale

2.

La classification est distribuée sous huit catégories principales :

- 1) Perspective ontologique
- 2) Références scientifiques
- 3) Références philosophiques
- 4) Aspects psychologiques
- 5) Aspects socioculturels
- 6) Disciplines artistiques
- 7) Approches   sthetiques
- 8) Processus créatif.

académique, par exemple. Bien que les textes aient été révisés par notre équipe, cette révision est minimale, prenant soin de ne pas distordre ni le propos de l'artiste, ni la manière dont ce propos est articulé.

Il est sans équivoque que chacune des démarches artistiques propose une vision singulière du travail avec l'onde sinusoïdale. L'artiste d'origine nipponno-coréenne Ryoko Akama est connue pour son travail pointu à caractère minimaliste qui s'inscrit dans une pensée *in situ*. La pièce installative *Inefficient Ways to Comprehend The Matter* poursuit ce travail dans une esthétique visuelle bigarrée contrastant avec le formalisme et la froideur souvent associée à l'onde sinusoïdale. Également loin des thèmes auxquels habituellement associés à l'onde sinusoïdale, la performance *Waving Sine Waves* de la Néerlandaise Cathy van Eck tisse un lien particulier entre le geste de salutation (*waving* en anglais) et un geste associé au nettoyage qui, lui, fait allusion à la pureté de l'onde sinusoïdale. Un certain humour se dégage d'ailleurs des œuvres de Akama et de van Eck, se détachant de l'austérité souvent conférée à l'onde sinusoïdale. La performance de van Eck, réalisée en pleine pandémie, est dans notre documentation interprétée par l'artiste sonore Véro Marengère. Bien que hors de l'étendue de notre projet de recherche, cet élément pourrait intéresser des personnes travaillant sur le phénomène d'interprétation en art sonore qui, contrairement à l'interprétation en musique classique, est habituellement faite par l'artiste qui crée l'œuvre. L'interprétation précise de Marengère exemplifie la clarté des indications — qui peuvent être pensées comme équivalent à une partition — fournies par Cathy van Eck. Dans le cadre du projet *Vers une esthétique de l'onde sinusoïdale*, l'interprétation a d'ailleurs été discutée dans l'article *Interprétations sinusoïdales* (Bernier et al., 2021) en lien avec le travail de l'Ensemble d'oscillateurs. L'œuvre *Des courants* créée par l'artiste français Hervé Birolini met à profit cet ensemble dans lequel dix musiciens jouent sur des oscillateurs analogiques, avec une partition basée sur un modèle d'écriture développée par et pour l'ensemble (voir l'article *Observations on Performing Sine Waves with an Oscillator Ensemble* (Bernier, 2022)). Ayant en partie évolué dans le milieu de la musique concrète, Birolini crée dans son œuvre un dialogue entre les lisses ondes sinusoïdales au spectre fréquentiel

simple et un univers sonore texturé, spectralement riche, et une écriture temporelle précise. La précision temporelle est également exploitée de manière flagrante dans l'œuvre *Prime Frequencies* de l'artiste iranien Mo H. Zareei. La précision dans cette œuvre est d'ordre algorithmique, l'artiste ayant écrit une série d'algorithmes en utilisant le langage de programmation musicale ChuckK. Zareei utilise les nombres premiers pour écrire une cinquantaine de séquences qui produisent des motifs musicaux différents à chaque fois que le programme est mis en fonction. De toutes les œuvres créées ici, celle de Zareei est celle qui exemplifie le mieux une approche formaliste et numérique avec l'onde sinusoïdale. À l'opposé du formalisme et de la pureté de l'onde sinusoïdale de Zareei se trouve l'artiste québécoise Émilie Payeur qui s'est plutôt penchée, avec l'œuvre installative *Rebellion Against Establishment*, sur la dégradation dans le temps d'un signal sinusoïdal mis en boucle sur un répondeur téléphonique à cassette. L'artiste s'est également attardée sur le phénomène du battement dans une optique de communication mystique dans l'œuvre *Sacred Space #1: Healing Machine for a Plant*.

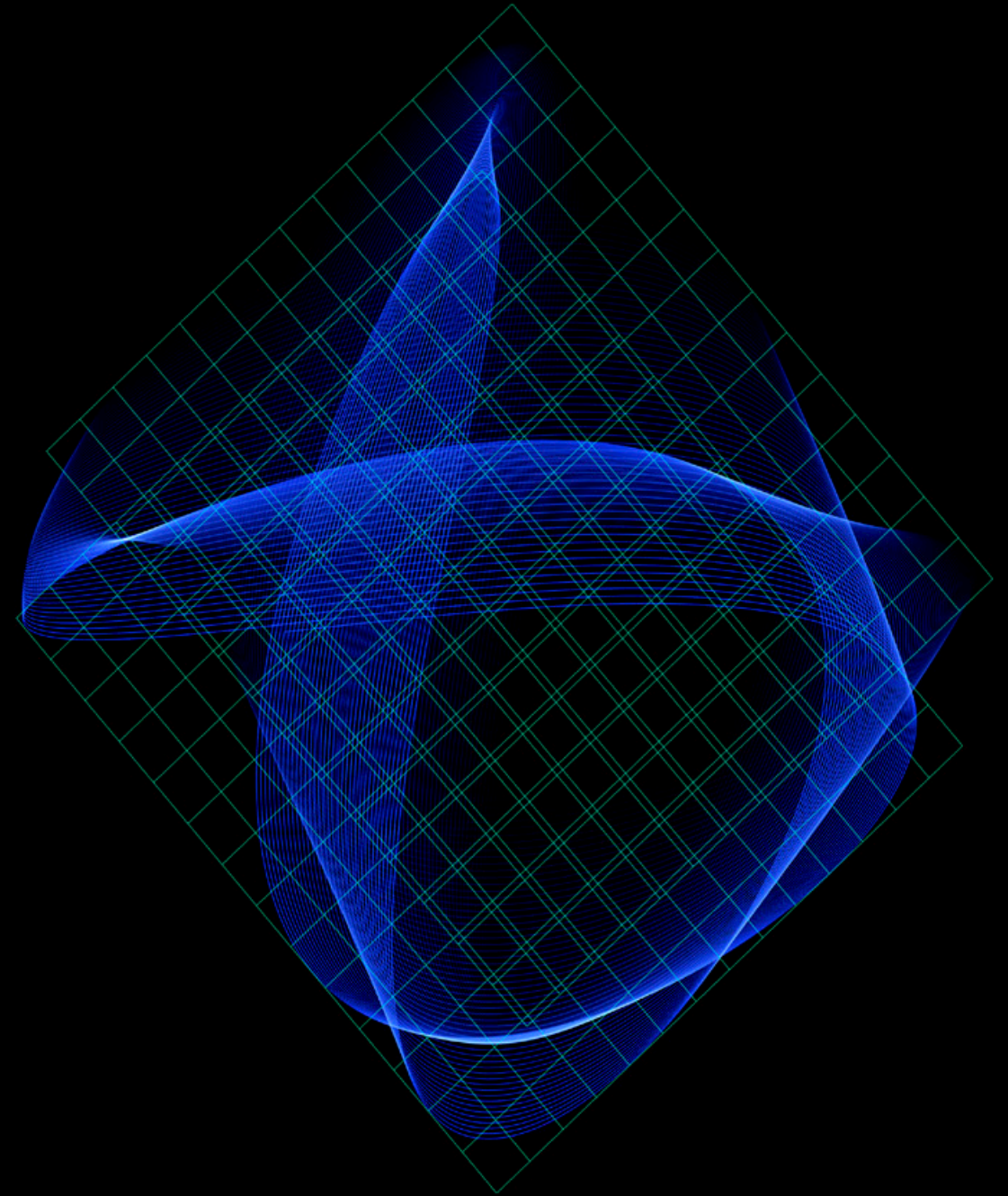
L'ouvrage que vous vous apprêtez à lire constitue donc, d'une part, une entrée dans l'imaginaire des artistes qui ont travaillé en relation étroite et consciente avec l'onde sinusoïdale. D'autre part, il s'agit d'une ouverture vers une analyse plus approfondie des œuvres qui s'appuient sur l'onde sinusoïdale. Car il s'agit d'un des constats du projet *Vers une esthétique de l'onde sinusoïdale* : bien que l'onde sinusoïdale constitue un des principaux archétypes de la musique électronique, encore peu de littérature s'y attarde au niveau esthétique, au-delà du phénomène scientifique ou technique. La série de textes et d'œuvres issue de ce projet de recherche constitue donc une riche contribution au domaine des arts sonores.

Au crépuscule du projet de recherche-crédation *Vers une esthétique de l'onde sinusoïdale*, une question fondamentale persiste : pourrions-nous réellement prétendre à une « esthétique de l'onde sinusoïdale » ? La diversité des approches que nous avons recensées semble plutôt indiquer le contraire. Rarement utilisée seule, derrière cet objet indubitablement prégnant en création sonore, l'onde sinusoïdale semble essentiellement utilisée comme prétexte pour établir des dialogues avec une foisonnante quantité

3.

Une base de données Zotero regroupant œuvres et écrits a été créée et est accessible à : www.zotero.org/groups/2521746/sine-references

de thématiques. Le projet *Vers une esthétique de l'onde sinusoïdale* aura permis de colliger une quantité considérable d'écrits et d'œuvres sur le sujet³ tout en formalisant les diverses tangentes principales de création prises par les artistes dans leurs travaux avec les ondes sinusoïdales. Nous espérons ainsi avoir significativement contribué à l'enrichissement de la connaissance sur ce signal sonore si fondamental.



Inefficient Ways to Comprehend The Matter (2021)

Installation sonore qui explore
les ondes sinusoïdales

Mots par:
Ryoko Akama

Traduction par Kjel Sidloski

[...] il n'y a pas que l'audition et l'écoute lorsque je travaille avec des ondes sinusoïdales. La perception, la vision, les sensations et les émotions s'additionnent pour former une expérience globale.

Approcher une esthétique de l'onde sinusoïdale

Inefficient Ways to Comprehend The Matter (iwtdm) ne traite pas des ondes sinusoïdales, ni d'une esthétique de l'onde sinusoïdale, mais vise plutôt d'aller vers une esthétique de l'onde sinusoïdale, dans le but de démontrer des options plus larges dans l'exploration de la relation entre cette forme d'onde particulière et l'expérience que nous en avons. J'utilise le terme *expérience*, car il n'y a pas que l'*audition* et l'*écoute* lorsque je travaille avec des ondes sinusoïdales. La perception, la vision, les sensations et les émotions s'additionnent pour former une expérience globale. L'écoute trompeuse, par exemple — entendre un son alors qu'il n'y en a pas, ou ne rien entendre alors qu'il y en a un — n'est pas simplement représentative de la fausseté, ni considérée comme une erreur dans ma pratique, mais comme l'un des facteurs éphémères de l'expérience.

iwtdm étudie les ondes sinusoïdales avec espièglerie et humour. Il ne tient pas compte de l'efficacité, ce qui va à l'encontre des propositions visant à améliorer l'économie de l'analyse des ondes sinusoïdales. Je présente des informations ambiguës, une structure douteuse et une conception inutile. Bien que l'objectif principal d'*iwtdm* soit d'étudier mes préoccupations artistiques liées à l'utilisation des ondes sinusoïdales, l'œuvre est une œuvre d'art totale (Gesamtkunstwerk). Le théâtre nô japonais a utilisé ce concept comme pivot créatif, suggérant qu'une œuvre ne peut être décrite qu'à partir d'angles ou d'éléments multidimensionnels.

J'observe les objets comme des instrumentistes d'orchestre. Après une première esquisse d'un morceau donné, ils, en l'occurrence les « objets », jouent à leur manière. Ils deviennent in-



figure 1



dépendants de ma partition, ce qui est mon objectif initial. Ils peuvent être désordonnés ou se comporter différemment de ce que j'avais prévu, ce qui me convient parfaitement selon mon opinion créative. Certains objets apparaissent de manière répétitive dans mes installations, tandis que d'autres n'apparaissent qu'une ou plusieurs fois. Dans le processus d'écriture d'*iwtcm*, j'ai commencé par l'onde sinusoïdale comme noyau, mais le reste s'est développé de manière rhizomatique au fil des jours passés dans mon studio. Le peintre Ibrahim El-Salahi dit :

« When I am working, I am not at all aware of what it is going to look like ... The work develops by itself and shows me things possibly in my subconscious mind that I am not at all aware of what it is all about . . . It's almost like children growing. You give them a name then later on they change their name and they give you another kind of image . . . Let that be judged by a viewer. And the viewer has got a role to play that when you look at the work what the work means to you. » (Tate Modern Film 2012)

Ces mots résonnent avec mon propre processus de travail. Il y a toujours un noyau, ou du moins l'indice d'un noyau, comme point de départ, mais aucune direction précise n'est présente au début.

J'aime utiliser une couleur. Cette fois, j'ai choisi le jaune moutarde (image 2) comme essence secrète. L'infusion d'une seule couleur semble agir comme une distraction et une surprise par rapport à l'intuition que l'on a de l'œuvre, ce qui contribue à une perception inattendue de la vue, de l'écoute et de l'audition.

Une onde sinusoïdale, en d'autres termes, une sinusoïde, un ton pur ou un ton sinusoïdal, est une forme d'onde qui oscille périodiquement. Les ondes sinusoïdales sont la manifestation physique des mathématiques et de la géométrie. Elles ont fasciné les nombreux créateurs et chercheurs qui les ont expérimentées dans divers domaines. Représentée mathématiquement par $y = \sin x$, cette fonction simple continue d'être analysée, discutée, traitée et mise en œuvre au sein d'équations nouvelles. La musique a toujours utilisé les ondes sinusoïdales pour produire des compositions et des œuvres d'art sonores sous divers formats, mais aussi captivantes que puissent être les ondes sinusoïdales, elles peuvent aussi



figure 2



être perçantes et agaçantes. Je ne compte plus le nombre de spectateurs qui ont quitté maladroitement mon spectacle, contrariés lorsque je lance les sinusoïdes à l'aide d'appareils auditifs. L'onde sinusoïdale est un monstre délicat, en particulier dans les hautes fréquences, et peut être physiquement et mentalement dérangeante lorsqu'elle est obstinément continue.

Le public a tendance à être fasciné par l'appareil auditif, qui recueille simplement les sons de l'environnement et fait résonner le signal amplifié par l'intermédiaire d'un minuscule haut-parleur (un récepteur) placé dans une bouteille. Un appareil auditif bon marché n'effectue pas d'analyse de l'écoute afin d'adapter sa capacité à la perte auditive d'une personne. Je monte ces vieilles aides auditives sur l'embouchure de bocal en verre, avec la partie microphone vers l'extérieur et le récepteur à l'intérieur. Cela crée un processus de rétroaction qui génère des tonalités sinusoïdales soutenues. Il existe certaines complexités et variations que l'on peut utiliser lors de la création avec des appareils auditifs, telles que l'intensité de la tension électrique, le choix du matériau, la taille des récipients dans lesquels ils résonnent et, plus important encore, les caractéristiques de l'espace qu'ils habitent. La relation entre les bocaux — leur emplacement, leur distance et leur interaction — peut produire des résultats bien différents. La façon dont les sons sinusoïdaux réagissent les uns aux autres est tellement variable que le sujet pourrait constituer une enquête scientifique et créative de toute une vie, mais ce n'est pas ce qui m'intéresse. Ce qui m'intéresse, c'est une approche pratique pour jouer avec une situation de mythes scientifiques imaginaires et approfondir mes propres doutes et interrogations.

La même installation produit des résultats non identiques lorsqu'elle est placée dans un nouvel environnement. Son mécanisme est accidentel, avec des défaillances techniques occasionnelles, et produit souvent de belles harmonies et des motifs de battement. La forme d'onde sinusoïdale est si simple, fragile et mutable. Le changement de son est sensible au plus petit mouvement que l'on fait, de près ou de loin. Une personne qui se lève d'un siège, qui ferme une fenêtre, qui place un autre bocal au loin ou qui change une ampoule peut modifier la structure sonore. La position de la

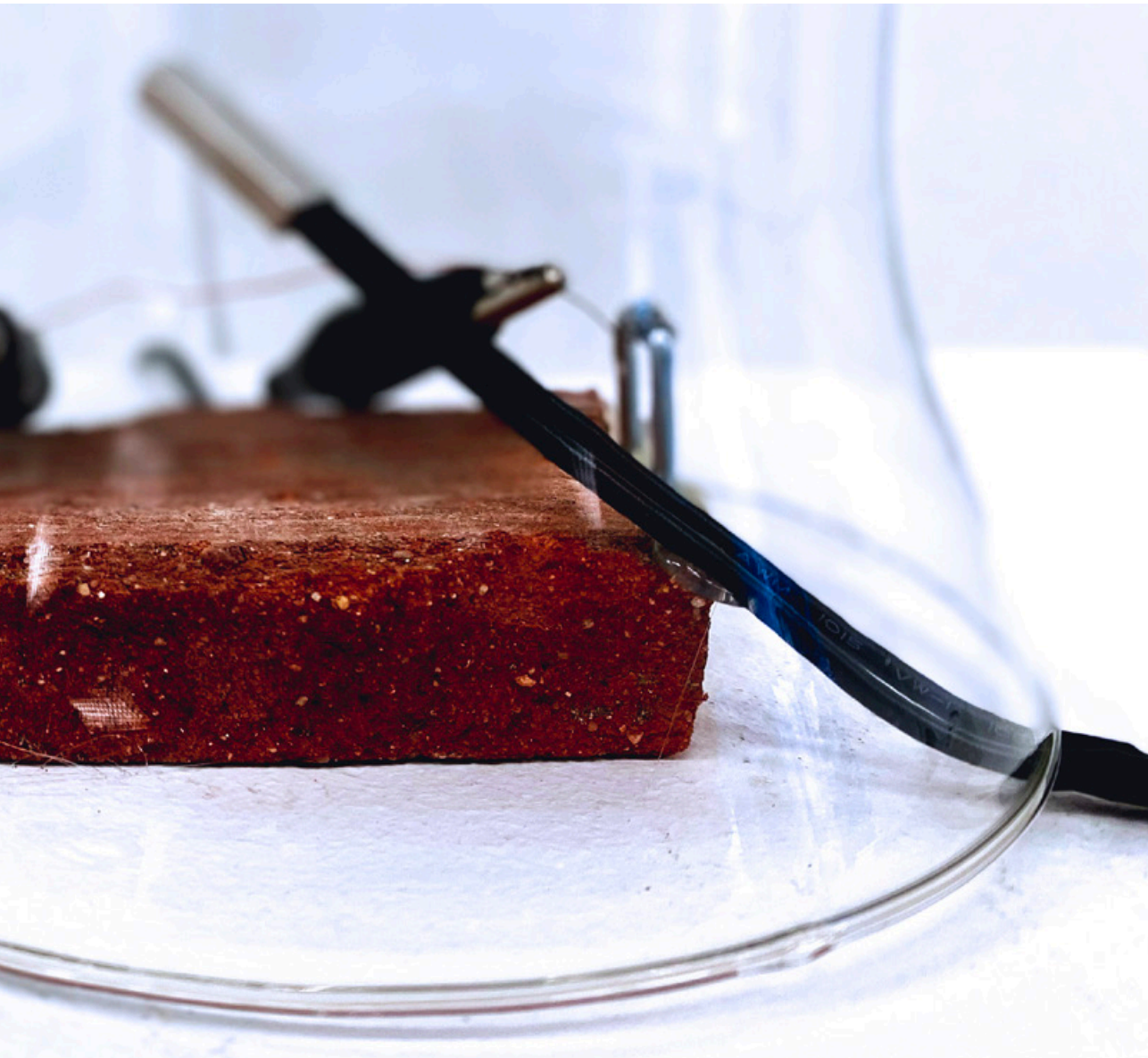
tête et les gestes de l'auditeur déterminent également ce que l'on entend et comment on l'entend. Un mouvement imperceptible peut déclencher un renforcement ou une annulation de l'onde. En outre, la relation entre la capture binaurale, la perception corporelle et les processus cérébraux complexifie encore la nature de l'expérience.

J'ai observé que la réalité physique des phénomènes diverge souvent de l'évaluation subjective, ce qui suggère que la culture, l'éducation, les connaissances de base et d'autres facteurs divers peuvent influencer le processus d'audition et son résultat.

Objets & structures spatiales

Les matériaux utilisés dans mes œuvres proviennent de partout, notamment de la rue, des marchés aux puces, des quincailleries, des amis et des ventes aux enchères. Je tombe d'abord amoureuse (intuition esthétique), puis les faits physiques (poids, matériau, couleur, forme, taille) s'articulent et se calculent. Je redéfinit et fusionne une fonction originale en une nouvelle fonction. Le reformatage est un jeu créatif. Dans ce processus, je suis à la fois frivole et sérieuse. Bien qu'attirée par les vieux objets, je ne suis pas nécessairement intéressée par l'antiquité ou le pittoresque. Le plus souvent, ce sont des objets cassés et rouillés que les autres jettent ou ne remarquent pas qui attirent mon attention. Même si je n'ai aucune idée de leur fonction d'origine, cela n'a pas d'importance, car un mécanisme de réutilisation et de détournement efface son association et sa représentation. Toutefois, je ne cherche pas à contrôler la façon dont le public voit, entend ou perçoit. Par exemple, si j'ai trois ondes sinusoïdales identiques provenant 1) d'un appareil auditif dans un petit verre, 2) de haut-parleurs Genelec coûteux ou 3) d'un lit sonique (projet de Kaffe Matthews), l'expérience résultante sera clairement divergente. Les objets, l'espace et la construction sont intimement liés et se métamorphosent en épisodes individuels.

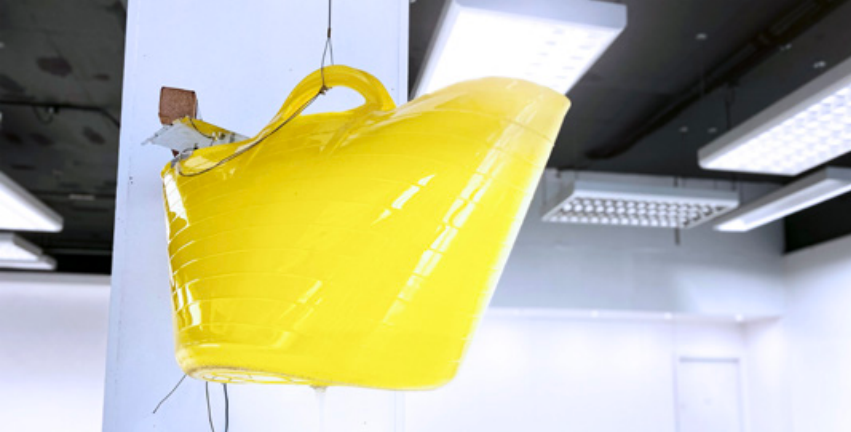
figure 3



Parce qu'une aide auditive est petite, l'auditeur commence sans savoir d'où vient le son. On se promène, concentré et attentif, en réalisant qu'il existe différents matériaux qui semblent contribuer au phénomène d'écoute. Mon travail consiste à « se faire découvrir ». Il n'est jamais audacieusement expressif ou impressionnant. S'il n'y a pas assez de temps, on peut passer à côté sans faire d'expérience, ce qui est aussi une belle expérience en soi. Dans le cas contraire, lorsque l'on dispose de suffisamment de temps pour remarquer, le corps et l'esprit ont la possibilité de réagir et de négocier avec les nombreuses occurrences auditives et visuelles.

J'utilise le mot « îlot » pour spécifier un ensemble de structures matérielles (appareils) dans mon travail. Chaque îlot est à la fois indépendant et interconnecté; dans ce dernier cas, il sert d'interrupteur pour déclencher des sons sinusoïdaux à partir d'appareils auditifs. Le photomontage à la page suivante décrit la manière dont chaque îlot influe sur les autres tout en restant autonome. Des appareils auditifs sont installés dans les îlots 01, 02 et 03, ce qui entraîne des variations dans la composition de l'onde sinusoïdale. La dispersion des objets autour du sol et du plafond décentralise le processus d'écoute, et l'auditeur doit participer à la réception et l'écoute des formes d'ondes.

Dans la vie de tous les jours, la psychoacoustique est plus complexe qu'une expression simple comme « perception auditive ». Les entités physiques sont variables, tout comme la mentalité. En outre, lorsque plus de deux éléments existent, il existe une relation et une relativité en constante évolution entre ces éléments. De multiples éléments peuvent également exister au sein d'une même unité, créant une réponse psychoacoustique plus complexe. *iwtcm* utilise cette tension dialectique par le biais d'une tendance à la non-conformité. Les îlots peuvent désobéir à ma pensée et me surprendre. Comme nous l'avons mentionné, cette installation utilise des appareils auditifs pour expérimenter les ondes sinusoïdales. Malgré sa petite taille, ce qu'elle réalise peut être perçant pour l'oreille. Bien que la gamme de fréquences de l'appareil soit limitée, de nombreux facteurs peuvent être utilisés pour modifier les ondes. Le son n'est pas un matériau, mais plutôt des molécules d'air en mouvement. Une onde sinusoïdale est fondamentalement un mouvement lisse qui se produit dans l'air et qui peut donc être



Au fur et à mesure que l'eau descend dans le tube, le seau jaune devient plus léger. À un certain point, il entre en contact avec la feuille de métal qui déclenche l'activation de 7 appareils auditifs dans des bouteilles en verre.

îlot 01

10 SONS SINUSOÏDAUX
AU TOTAL;
CRÉANT:
» RENFORCEMENT
» ANNULATION
» MOTIF RYTHMIQUE



7 sons sinusoïdaux:
» alimenté par 3V
» différents bocaux en verre

îlot 02



L'eau s'écoule dans le tube, modifiant la masse d'air dans la bouteille de verre.

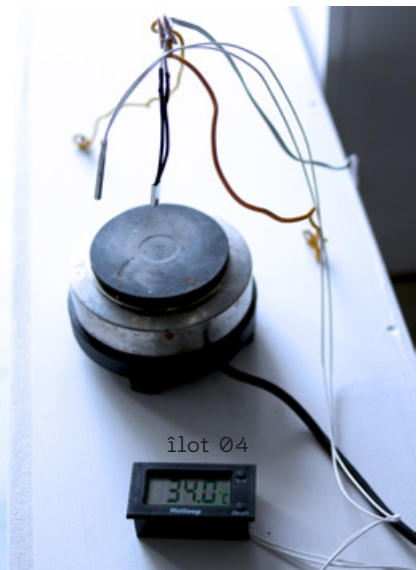


îlot 04



2 sons sinusoïdaux:
» alimenté par 3V
» hauteur varie en fonction de la température.

îlot 03



îlot 04

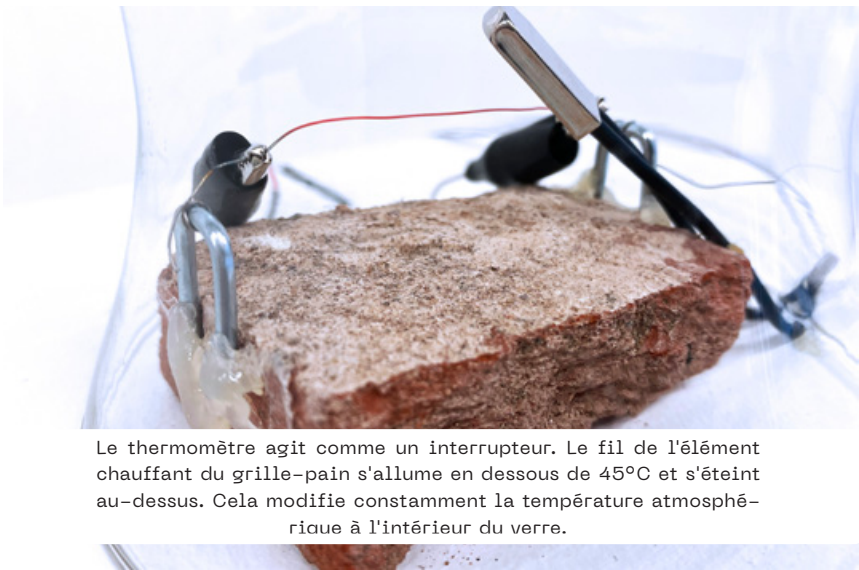


Le thermomètre agit comme un interrupteur. Le chauffage et l'appareil auditif s'éteignent à plus de 50°C et se rallument à moins de 50°C.

îlot 05

Le thermomètre agit comme un interrupteur. Le chauffage et l'appareil auditif s'éteignent à plus de 55°C et se rallument à moins de 55°C

1 son sinusoïdal:
» alimenté par 3V
» hauteur varie en fonction du volume d'eau



Le thermomètre agit comme un interrupteur. Le fil de l'élément chauffant du grille-pain s'allume en dessous de 45°C et s'éteint au-dessus. Cela modifie constamment la température atmosphérique à l'intérieur du verre.

facilement manipulé; les déphasages, les décalages de hauteur et les modulations d'amplitude se traduisent tous par des motifs de battement (qui changent à un rythme régulier). Ces petits appareils émettent naturellement des fréquences très élevées et des fréquences élevées à moyennes. Il est presque impossible d'obtenir des fréquences plus basses. Cependant, j'aime expérimenter avec cette étroite gamme de fréquences.

Un autre phénomène qui m'intéresse est la chaleur, qui joue un rôle important dans ma pratique récente. Comme le son, la chaleur est un événement qui transfère de l'énergie thermique entre les molécules (du chaud au froid). La température est l'énergie moléculaire cinétique moyenne à un moment donné. La chaleur peut être visible de différentes manières. Elle peut faire fondre ou brûler des matériaux, faire rougir des objets en métal (rayonnement thermique) ou provoquer des mirages (chatoiement de la chaleur). La chaleur nécessite également une certaine prudence car, bien qu'elle soit souvent invisible comme le son, elle peut être dangereuse.

La chaleur n'affecte pas les ondes sonores elles-mêmes, mais le son voyage plus vite à des températures plus élevées, ce qui signifie qu'il y a une petite différence dans la façon dont la hauteur change lorsque la température est plus élevée. Dans l'îlot 03 (figure 3), je cherche à exploiter ce phénomène en faisant résonner deux ondes sinusoïdales identiques dans deux récipients en verre identiques. Cette configuration est scientifiquement problématique car les récipients ne sont pas strictement identiques. Dans le verre, un fil de nichrome d'environ quatre à cinq centimètres est alimenté par un courant électrique de 3,5 volts. Lorsque la température atteint 45°C dans le verre, ou 55°C dans l'autre verre, le protecteur thermique coupe le circuit électrique et l'appareil passe en mode refroidissement, sans recevoir d'électricité. Lorsque la température redescend en dessous du seuil thermique, l'électricité est rétablie. Simultanément, deux appareils auditifs identiques sont accrochés à l'embouchure supérieure du verre. Ils sont tous deux alimentés par le même courant électrique de 3 V, avec un interrupteur marche/arrêt dépendant d'un autre protecteur thermique situé dans l'îlot 05. L'environnement à l'intérieur et autour des deux bords change constamment et l'on semble pouvoir entendre des battements causés par deux ondes sinusoïdales présumées homogènes.



figure 4



figure 5

On peut entendre dix appareils auditifs au total résonner dans l'espace, s'allumant et s'éteignant en fonction de la température. L'interrupteur thermique que j'utilise est un protecteur thermique de base. Le système bimétallique interne est souvent instable, ce qui entraîne des actions capricieuses et une plage de tolérance étrangement variable — des caractéristiques qui sont souvent acceptées par mon esthétique. L'installation ressemble à un atelier de peinture. Chaque son sinusoïdal est comme un pinceau, peignant les particules d'air en se déplaçant, en interagissant et en se réfractant. Cependant, contrairement à la peinture sur une toile, le son est un souvenir éphémère, qui change et disparaît sans cesse.

Les îlots 04 et 05 (figure 4) ont des protections thermiques contrôlant différentes installations. L'île 04 contrôle une plaque chauffante et une aide auditive à l'îlot 01, tandis que l'îlot 05 contrôle une plaque chauffante et une aide auditive à l'îlot 03. La vitesse de réponse du protecteur thermique est rapide, mais sa fiabilité est faible. Par conséquent, il crée des conséquences inattendues, ce qui, là encore, me plaît.

Le volume d'air et la hauteur sont relativement et respectivement expérimentés dans l'îlot 01. L'eau contenue dans un seau jaune suspendu au plafond descend lentement par le tube (figure 5) dans la bouteille en verre verte, ce qui modifie le volume d'air à l'intérieur. En conséquence, le son émis par l'appareil auditif situé sur le goulot de la bouteille devient plus aigu. La bouteille agit comme une chambre de résonance. Dans l'installation, l'eau s'écoule lentement, sans qu'on s'en aperçoive, dans le but de prolonger la durée de la composition. Le seau est accroché à une balance vintage métallique fixée au plafond. Plus l'eau se vide, plus le seau devient léger et plus il s'élève. À un certain moment, le ruban métallique du seau entre en contact avec une autre pièce métallique fixée à la barre de bois. Ce contact active sept appareils auditifs à l'île 02.

Une démonstration vidéo montre la performance des îlots 01 et 02 en 2 minutes. Un effet de balayage est créé à la hâte avec l'onde sinusoïdale sur le goulot de la bouteille verte, puis les sept autres appareils auditifs de l'île 02 prennent possession de l'espace. Dans l'installation, cela se produit presque imperceptiblement pendant plusieurs heures.

Cette vidéo montre aussi la tâche manuelle consistant à reverser l'eau dans le seau une fois la vidange terminée. Il s'agit d'une partie « curieuse » du processus et il y a une bonne raison de ne pas mettre en œuvre une meilleure solution avec un dispositif d'automatisation pour remettre l'eau en circuit par elle-même : cela invite au travail, en nourrissant une inefficacité, une maladresse et une nature non raffinée.

La composition *walking around iwtcm* est constituée de plusieurs enregistrements réalisés autour de l'œuvre. J'ai marché lentement autour de l'installation avec une paire de microphones directionnels, chacun attaché à mon oreille gauche et droite, dans le but de capturer l'audio de manière binaurale, et aussi près que possible de l'expérience. Je suis parfois restée immobile, perdant mon sens de l'orientation, puis j'ai légèrement oscillé la tête afin de capter les interactions variables entre les ondes sinusoïdales. Un déplacement d'un millimètre pouvait provoquer une transposition drastique ou une annulation totale, et je parcourais tour à tour la matrice des ondes et du silence.

Iwtcm joue avec notre capacité à localiser, en obscurcissant l'emplacement des sons individuels, la reconnaissance de la hauteur et l'individuation des sons. Il faut écouter et s'engager dans l'espace. Il faut s'efforcer d'entendre et de saisir un moment. Une légère inclinaison de la tête permet d'obtenir des motifs de battement. Un déplacement du corps révélera de nouvelles hauteurs et harmonies. Cette créativité auditive est une composition de l'auditeur, formant une sculpture éphémère unique. J'aime expérimenter avec les ondes sinusoïdales pour cette caractéristique participative. Un récepteur devient actif dans la création d'une forme. Les ondes sinusoïdales réagissent non seulement à l'endroit où elles sont intégrées (micro-conteneur) et à l'endroit où elles sont reçues (auditeur), mais aussi au bâtiment (macro-conteneur). Elles sont de nature symbiotique, mutualistes, commensales ou parasites avec d'autres entités. Les possibilités offertes par les ondes sinusoïdales semblent illimitées et évolutives.

La représentation a eu lieu dans la galerie du Dai hall. Il s'agit d'un magasin désaffecté d'environ 14 x 11 x 4,5 pieds. Le plafond en béton offre un grand caractère acoustique, avec une réponse

de résonance équilibrée. *Iwtcm*, avec le même diagramme, sonnera différemment dans un autre espace. De même, *Iwtcm* avec un autre diagramme sonnera différemment dans le même espace. C'est peut-être la différence entre une *exposition sonore* et une *installation sonore*. Une exposition présente une forme distincte de l'espace tandis qu'une installation reprend le contenu de l'espace en étant associative, spécifique à un site, construite et conçue pour une période de temps temporaire.

En principe, *iwtcm*, en tant qu'archive, ne donne pas une image complète de l'installation. Sa durée totale n'est jamais entièrement représentée dans la vidéo ou la photographie, qui tendent à mettre l'accent sur les objets en tant qu'actes principaux. D'un autre côté, les vues microscopiques qu'offrent la vidéo et la photographie sont captivantes. Les micro-gestes sont mis en évidence, ce qui permet aux spectateurs de comprendre les détails de la technologie et de la méthodologie. Cependant, pour appréhender mon intention « vers » une esthétique de l'onde sinusoïdale, il faut s'engager plus longtemps et saisir chaque moment éphémère seul dans l'espace. J'aime cette propriété et ce comportement de *iwtcm*. C'est ici où mon expérience va « vers » une esthétique de l'onde sinusoïdale.

Des courants (2022)

Oeuvre(s) Sinusoïdale(s) mixte(s) pour électronique
et ensemble de dix oscillateurs

Mots par:
Hervé Birolini

Ma musique
ce n'est pas
l'électronique,
ma musique
c'est l'électricité

Pierre Henry lors des Quartz
Electronic Music Awards
/ Paris 2006

Des courants

L'onde sinusoïdale a souvent parcouru mes projets. Des pièces acousmatiques comme *Ozone* (2006) ou *Bass Exarticulation* (2015), aux récentes pièces à dispositifs, *Des éclairs* (2020) et *Tesla* (2022), consacrées au pouvoir sonique de l'énergie, ce signal aux caractéristiques singulières a cheminé dans mes travaux. Dans *Ozone*, j'étais presque chimiste, et j'imaginai le croisement acoustique entre le souffle d'un saxophone et les ondes primaires pour donner naissance à une ozone métaphorique (l'ozone est le gaz produit après une décharge électrique). Dans *Bass Exarticulation*, j'étais à la recherche d'une transparence acoustique à l'aide de mon écran de haut-parleurs. Par leur caractère insaisissable, les ondes sinusoïdales y participaient intrinsèquement. Avec *Des éclairs*, j'explorais les déflagrations sonores provoquées par l'énergie. Ensuite, dans *Tesla*, nous abordons avec François Donato la figure de Nikola Tesla, ingénieur associé au développement du courant alternatif. Enfin, avec *Des courants*, j'envisage l'onde sinusoïdale d'un autre point de vue encore : l'histoire et la poétisation du courant électrique.

Des courants est un ensemble de courtes pièces qui mêlent une partie électronique fixée sur un support à celle d'un ensemble d'oscillateurs dont la partie purement sinusoïdale est destinée à être exécutée en direct. Ces pièces peuvent être considérées séparément ou constituer un tout, comme une seule pièce électronique. Grâce à l'éditeur de partitions graphiques développé spécialement pour l'occasion, j'ai pu écrire concrètement la partie sinusoïdale en même temps que la pièce elle-même.

Après de nombreuses recherches et lectures pour les performances récentes ainsi que les pièces à venir autour de la question de l'énergie électrique, il semble naturel que *Des courants* puise son inspiration dans la « matière électrique ». Depuis sa démocratisation au milieu de l'industrialisation américaine, jusqu'à ses pouvoirs soniques, l'électricité et ses champs symboliques croisent les recherches du Laboratoire formes • ondes de l'univer-

25, 27, 33, 40, 42, 43,
 45, 50, 58.3, 60,
 62.5, 66.7, 76,
 87, 100, 125
 133, 140
 400

sité de Montréal. Cette pièce représente pour moi l'opportunité de mener une recherche complémentaire à toutes celles que j'ai déjà engagées jusqu'ici avec mes pièces de scène. Elle approfondit également mon questionnement autour de l'onde sinusoïdale.

L'un des fondements artistiques et techniques de la pièce sera certainement sa « grille harmonique » issue principalement d'une liste de fréquences du courant industriel en service en 1897 en Amérique du Nord, que j'ai découvert lors de mes recherches préparatoires. En poussant mes investigations, j'ai abouti à une liste des principales fréquences du courant utilisé dans le monde depuis 1897. On y retrouve les fréquences suivantes (en hertz): 25, 27, 33, 40, 42, 43, 45, 50, 58.3, 60, 62.5, 66.7, 76, 87, 100, 125 133, 140 et 400. Ces fréquences sont soit héritées de la conception des machines à vapeur (par leur vitesse de rotation), soit déduites par des calculs en rapport avec la structure des machines en service, soit encore des compromis pour optimiser le fonctionnement ou la compatibilité avec le plus grand nombre d'appareils récepteurs. Par exemple, les fréquences retenues en France et en Amérique du Nord (les 50 Hz et 60 Hz qui sont encore en service aujourd'hui) ont été choisies pour une raison pratique : les fréquences inférieures à 50 Hz provoquent des clignotements perceptibles dans la lumière des lampes à arc ou des ampoules à incandescence. Ici, les choix, les chemins qu'a pris la distribution de l'énergie, tous ces essais et tâtonnements m'intéressent particulièrement. Je les perçois comme une sorte de pont naturel entre l'humain et la technique. Il s'agit d'une chose primordiale dans mes recherches. D'emblée, ces fréquences et leurs multiples constituent pour moi, une base, une grille de composition, mais je ne m'interdis pas d'en utiliser d'autres, complémentaires, de manière plus arbitraire.

Si en 1897 les fréquences du courant électrique ne sont pas encore normalisées, c'est que la « Guerre des courants » a fait rage dix années auparavant. Vers 1887, nous étions en pleine révolution industrielle, et les premiers moteurs électriques commencent à remplacer l'être humain dans les travaux les plus pénibles. À cette époque, les débats sont rudes et les enjeux financiers gigantesques. Il s'agit dans un premier temps de valider la forme que va prendre le courant électrique pour sa distribution. Thomas

Edison défend le courant continu (qui circule dans un seul sens) et Nikola Tesla le courant alternatif (le courant sinusoïdal). Après avoir travaillé ensemble, les deux hommes s'opposent à coup de démonstrations scientifiques et publiques. Tesla montre le pouvoir de ses courants à haute fréquence lors de démonstrations spectaculaires, tandis qu'Edison affiche la dangerosité du courant alternatif en organisant des électrocutions publiques d'animaux pour tenter d'asseoir la supériorité de son courant continu. Mais grâce à la ténacité de Tesla, à son humanisme hors du commun, à la supériorité technique et pratique de son courant, ainsi qu'à ses nombreuses découvertes et applications, le courant alternatif s'impose finalement par l'intermédiaire de George Westinghouse, autre acteur majeur de cette guerre des courants.

Mais une chose fondamentale et presque oubliée, semble relier modestement ma pièce à cette grande histoire, car lorsque Tesla met au point son oscillateur résonnant vers 1891 (la bobine Tesla) et qu'il invente ensuite un oscillateur électromécanique vers 1893, il étudie les phénomènes de résonance. On raconte que ses expériences vont jusqu'à provoquer des tremblements d'immeubles à New York. Plus tard, vers 1899, il poursuit ses recherches dans son laboratoire de Colorado Springs et met en lien de manière encore plus évidente ses intuitions autour de la résonance mécanique de la planète avec l'électricité. Le courant sinusoïdal, l'oscillateur électrique et bien d'autres choses naissent de toutes ces aventures humaines et de ces recherches fondamentales menées par Nikola Tesla et dont nous parlons encore aujourd'hui. À cette époque, l'idée d'écouter du courant électrique comme un objet sonore n'est pas encore établie, mais c'est peut-être sans le savoir que Tesla franchit l'une des étapes technologiques décisives dans le développement de la synthèse sonore et de la musique électronique du début des années cinquante. Ces principes de fonctionnement ont évidemment préfiguré les oscillateurs audios, d'abord avec la bobine de Tesla, puis les appareils de mesure, ensuite les appareils de studio et enfin les synthétiseurs. Ces principes fondateurs me serviront à rêver la pièce *Des courants* cent trente années plus tard.

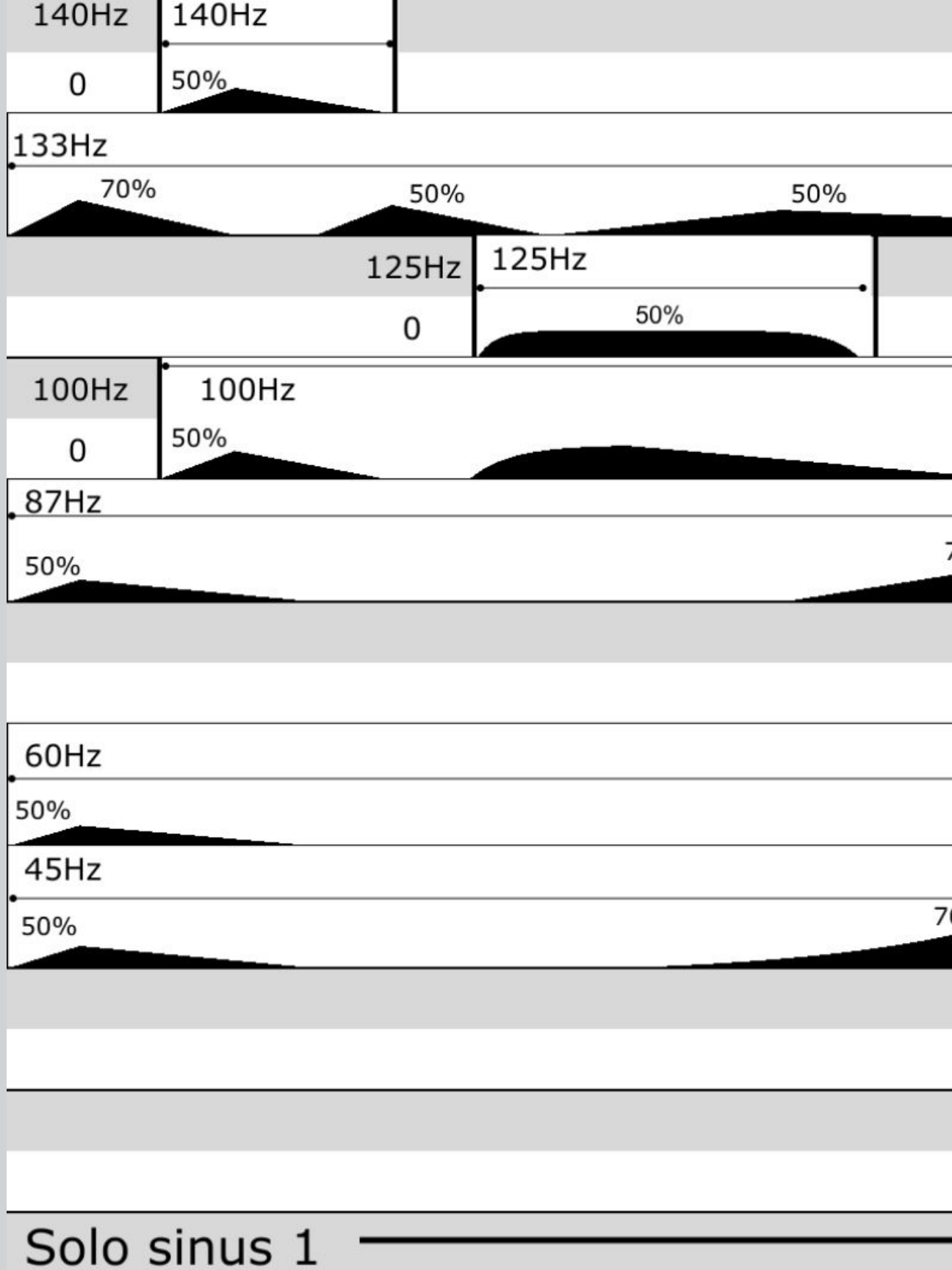
Opérant moi aussi par tâtonnement dans la composition de la pièce, la synthèse additive d'ondes primaires aux fréquences

du courant électrique me permettra par exemple de découvrir d'étonnantes concordances/résonances sonores. Par exemple, l'onde résultante de sinusoïdes en phase à 25 Hz + 27 Hz + 33 Hz + 40 Hz + 42 Hz mélangées approximativement au même niveau produit un battement organique proche de celui d'un cœur humain (écouter la pièce de 12 m 10 s à 12 m 17 s).

Mais aussi au hasard d'une séquence jeu avec mon oscillateur Schlumberger GBT 662 (datant de 1970) dans un geste entre 2500 Hz et 10K Hz, par des changements rapides en fréquence, j'approchais d'un chant d'oiseau (un chant sinusoïdal), proche d'un oiseau exotique (écouter la pièce de 1 m 57 s à 2 m). Ce son me permet de faire le lien symbolique entre les ondes primaires, début de l'histoire du courant alternatif et les sons que j'avais entendus en forêt primaire, notamment les oiseaux et les insectes que j'avais enregistrés en 2001 en Guyane. Je me rappelais alors qu'en les écoutant à l'époque, ils évoquaient déjà pour moi des générateurs d'ondes complexes. Le premier mouvement de la pièce que j'étais en train de composer sur la genèse mathématique de l'onde sinus, pris soudain une tournure plus organique et je me mis à fabriquer, à l'aide de l'iVCS3 (un synthétiseur sous iOS pour iPad), d'autres insectes, des bulles d'eau, toutes fabriqués à partir d'ondes sinusoïdales, mais dans des combinaisons plus complexes comme des modulations de fréquence et des intermodulations. Finalement, cette partie comportera très peu de sons phonographiques (entre 3 m 32 s à 3 m 46 s).

Quand je fabrique ces sons, j'entends résonner certaines des pièces qui ont compté dans mon parcours : je pense à *Presque rien N°2* de Luc Ferrari, à *Rain Forest* de David Tudor ou aux *Automatismes sonores* de Léo Kupper. Je me demande si un héritage, voire un mimétisme n'est pas à l'œuvre ici.

Mon oscillateur Schlumberger, en traversant le temps, n'est techniquement plus tout à fait fonctionnel ; il me donna quelques souffles, quelques fréquences instables, des craquements, des distorsions et d'autres sons périphériques. Je profite donc de ces matières et les utilise dans cette séquence.



Mouvements (1–3)

Première partie ~ Des courants émergents

Ce premier mouvement est composé de sons sinusoïdaux purs, calculés par l'ordinateur, des sinus issus de « séquences jeu » générés avec ma collection de générateurs de fonctions *vintage*, de quelques sons d'objets industriels, de sons de percussions, de piano imitant des sinus et de quelques enregistrements de la jungle guyanaise. Je suis allé chercher dans ces enregistrements guyanais, les insectes et les oiseaux qui constituent pour moi « les ondes complexes » de la forêt. Ils seront considérés, dans cette partie, comme des oscillateurs complexes issus de la nature beaucoup plus que comme des enregistrements réalistes de forêts primaires. La quasi-totalité de cette partie donne à entendre des sinus, des sons électroniques ou des instruments imitant des sons sinusoïdaux créant un trouble avec l'apparition de sons d'insectes. En développant cette partie, je tente de faire le lien entre l'aspect primaire des ondes et l'aspect primitif mais complexe de la nature.

Deuxième partie ~ Des courants résonnants

Le deuxième mouvement se sert de feedbacks (micros plus haut-parleurs) ainsi que de divers artefacts tels que des chocs ou des frottements enregistrés avec le microphone. Les larsens contrôlés sont également une façon intéressante de créer des ondes sinusoïdales de manière électroacoustique. C'est une méthode couramment utilisée, tant en studio qu'en direct. Dans cette partie, quelques sons instrumentaux de célestas, privés de leurs attaques, et de glockenspiel confortent la base harmonique.

Troisième partie ~ Des courants plasmas

Le troisième mouvement est composé de sinus purs passés à travers des bobines Tesla laissant apparaître par distorsion acoustique de nouvelles harmoniques dans le signal.

À ces matériaux de base, viennent s'ajouter quelques sons instrumentaux (notamment des percussions). La quasi-totalité des sons instrumentaux de la pièce utilisent des modes de jeu « sinusoïdaux » appliqués aux instruments acoustiques. Les sons de contrebasse, de piano et de percussion réalisés en studio tentent d'imiter le plus fidèlement possible les ondes sinusoïdales. Ces sons demandent aux musiciens d'être le plus neutre possible dans l'exécution d'une hauteur afin de créer avec leur instrument le son le moins riche possible (sans timbre). Entre perfection relative et imperfection assumée, ces sons viennent apporter leur personnalité à la pièce. Pour finir, quelques enregistrements issus d'objets industriels ou domestiques tels que transformateurs, éclairages néons, fours électriques, machines à café, moteurs, appareils d'électrothérapie et aimants viennent compléter la liste des matériaux sonores.

Devant l'étendue des possibilités presque illimitée qu'offre aujourd'hui l'ordinateur pour fabriquer des sons, nous pourrions croire que l'utilisation d'ondes sinusoïdales est une énorme contrainte conceptuelle pour un compositeur, loin des promesses de timbres nouveaux que pouvaient représenter les ondes sinusoïdales combinées en clusters lorsque Karlheinz Stockhausen compose *Studie II* en 1954 par exemple. Après une grande période consacrée aux sons issus du réel, j'ai décidé il y a un moment déjà de m'intéresser aux sons électroniques. Et contrairement à ce que l'on pourrait croire, les sinusoïdes recèlent pour elles-mêmes une étendue de possibilités qui reste encore à explorer.

Des courants s'efforce d'arpenter le chemin historique et technologique de l'onde brute à l'énergie. De l'onde sinusoïdale, depuis sa génération pure et mathématique calculée par l'ordinateur jusqu'à sa manifestation sonore par des décharges de plasma dans l'air. C'est donc à une écoute guidée par ces notions, ces trajectoires, ces flux d'électrons que j'invite l'auditeur.

Remerciements

Je voudrais tout d'abord remercier l'Université de Montréal pour cette commande qui m'honore.

Merci ensuite à Nicolas Bernier pour sa confiance et sans qui ce projet n'aurait jamais vu le jour.

Merci enfin à Mathieu Chamagne pour son aide précieuse dans le développement de l'éditeur de partition graphique.

**Rebellion Against
Establishment
(2022)**

**Sacred Space #1:
Healing Machine
for a Plant
(2022)**

Mots par:
Émilie Payeur

Introduction

1.

L'album
Kaksi Kertaa
est un exemple
d'utilisation du
feedback dans
ma musique :
<https://raraavis-kaksikertaa.bandcamp.com/>

Dans le cadre du projet de recherche *Vers une esthétique de l'onde sinusoïdale*, j'ai réalisé deux œuvres (une sculpture sonore et une installation multimédia), explorant et utilisant les ondes sinusoïdales de manière complètement différente. Au tout début du projet, je pensais d'abord composer une œuvre musicale *noise* utilisant exclusivement des *feedbacks* générés par la technique de *no-input* que j'utilise depuis maintenant plusieurs années. Ces *feedbacks* jouent pour moi le rôle d'ondes pures puisqu'ils s'en rapprochent par leur qualité acoustique, étant linéaires, relativement épurés et capables de générer des fréquences stables (selon les réglages). J'aime tout particulièrement leur minimalisme. Il m'est souvent arrivée d'utiliser ces *feedbacks* pour jouer des lignes mélodiques, parfois abstraites et parfois plus précises, plus près de la musique instrumentale, en tournant le bouton d'une pédale de *ring mod* branchée en *no-input*. Je les ai également utilisés pour créer des sons plus complexes en les étagant à l'aide d'une pédale de *loop*. Par le passé, j'ai aussi souvent utilisé des ondes sinusoïdales générées par un synthé modulaire dans le cadre d'installations. Je pense tout spécialement aux « oiseaux » générés en utilisant un LFO et un VCO dans *I Once Thought Trees Could Sing But it Was All in my Head* (2018) et les VCOs contrôlés par un capteur de luminosité dans *Je me souviens, tu m'avais dit que la réalité était si complexe que nos yeux seuls ne pouvaient réussir à la voir* (2019).

Puis, j'ai pensé que je pourrais reprendre et pousser plus loin ce que j'avais exploré lors de ma maîtrise : l'abstraction et la plasticité sonore où je faisais le parallèle entre les ondes sinusoïdales et les lignes droites. Mais on dirait que rien de tout ça me motivait réellement, probablement parce que je suis rendue ailleurs dans mes préoccupations artistiques. D'ailleurs, juste avant le début de la pandémie de Covid-19, je me suis mise à questionner ma pratique artistique, à revoir les raisons pour lesquelles je faisais de l'art et de la musique. Je me suis aperçue que je n'avais plus envie de



créer juste pour moi, d'une manière un peu égoïste, mais bien en ayant en tête l'autre, le partage avec le spectateur. À quoi bon et est-ce même encore pertinent de continuer à créer comme on le faisait avant considérant tout ce qui se passe dans le monde? Ne devons-nous pas revoir ce qu'on fait en tant qu'artiste? À travers ces questionnements, je me suis aperçue que j'avais davantage envie d'aborder la création d'une manière spirituelle, comme si ces moments de création me permettaient d'avoir accès à quelque chose de sacré pour ensuite pouvoir permettre aux spectateurs de s'y connecter à leur tour. Plus important encore, j'ai réalisé que c'était ça mon rôle en tant qu'artiste : être une espèce d'intermédiaire entre le sacré et les spectateurs à travers l'art et la musique que je fais. N'est-ce pas pour cette raison entre autres, et sans nécessairement en être conscients, que nous aimons tant assister à des concerts et visiter des galeries et des centres d'artistes?

Je suis donc venue à la conclusion que dans le cadre de ce projet, je n'avais pas vraiment envie de composer de la musique et que l'idée de travailler sur une installation sonore me motivait davantage. Voici donc les deux œuvres qui sont issues de mon travail de réflexion en lien avec les ondes sinusoïdales.

Rebellion Against Establishment

En commençant mon processus de réflexion pour ce projet, je me suis demandée si c'était possible de dénaturer une onde sinusoïdale et si oui, comment est-ce que je pourrais le faire? En d'autres mots, comment est-ce que je pourrais la rendre impure? C'est alors que j'ai eu l'idée d'utiliser un vieux répondeur à cassette (un dispositif que j'ai souvent utilisé dans ma musique) pour faire la lecture d'un

enregistrement d'une onde sinusoïdale à 440 hertz. Le résultat est exactement ce que j'avais en tête. Le mécanisme instable de ce répondeur désuet rend la lecture plus rapide que supposée, altérant ainsi la hauteur entendue. Le sinus de départ de 440 hertz passe non seulement approximativement à un 452 hertz instable, mais se retrouve également parasité d'artefacts bruiteux, conséquence de la friction de la tête de lecture sur la bande magnétique, d'un bouton de réglage de volume plutôt sale qui cause des interruptions en plus d'un petit haut-parleur intégré de mauvaise qualité.

Ce qui m'intéresse ici, c'est d'une part *désacraliser* le fameux 440 hertz de référence, d'où le titre de l'œuvre. Encore plus intéressant ici, c'est que ce soit le résultat du travail de non-fidélité d'une autre technologie : une technologie qui en détruit une autre, comme si la technologie passée s'en prenait à la perfection de l'onde sinusoïdale, voulant la ramener à ses propres limitations. Le 440 hertz, ainsi dénaturé, ne peut plus remplir son rôle de référence, ni aider les musiciens à accorder leurs instruments. À quoi sert-il maintenant?

D'autre part, j'y vois aussi un parallèle avec la mémoire et le constant travail de modification des souvenirs — thématique récurrente dans mon travail en tant qu'artiste. Je tisse ici le parallèle entre la cassette du répondeur et la mémoire. Cette cassette rejoue en boucle d'une manière infinie et quasiment obsessive ce même enregistrement qui n'est plus ce qu'il était au moment où il a été fixé dans cette « mémoire magnétique ». Je parie que le travail du temps, en laissant rouler le dispositif, continuera de transformer ce « souvenir sonore ». S'il n'y avait pas moyen de mesurer de manière quantitative ce son, je ne serais pas surprise que les modifications effectuées par le passage du temps — les altérations causées par le dispositif — ne soient pas toutes remarquées (à moins d'avoir l'oreille absolue). De même qu'un souvenir se modifie sans que l'on en soit conscient à moins de l'avoir décrit précisément dans son journal et de le relire plus tard pour prendre conscience des différences, des détails soudainement ajoutés, supprimés ou bien modifiés.

Un mystère persiste : Il s'agit après tout d'un répondeur... qui aurait pu laisser un tel message? Et dans quel but?

DUOFONE TAD-112C
VOICE ACTUATED • DUAL CASSETTE
REMOTE CONTROL TELEPHONE ANSWERING SYSTEM



- RECORD
- CALLS
- READY

Rebellion Against Establishment



Bien que contente du résultat, je dois avouer que j'avais envie d'explorer d'autres terrains, davantage en lien avec mes intérêts et ma démarche d'artiste. En plus de m'intéresser aux traces et aux souvenirs, je m'intéresse également à la notion de sacré, de rituel, de rêves, d'animisme et de transcendance. Je cherche à mettre en lumière ces instants d'émerveillement face à la beauté soudainement révélée d'un élément ou d'une expérience du quotidien. J'exploite ces moments d'éveil qui dévoilent une dimension normalement inaccessible en nous permettent d'entrer en contact avec quelque chose de sacré. L'œuvre suivante est en lien direct avec ce champ d'intérêt.

J'ai toujours été fascinée par les ondes sinusoïdales, les voyant comme étant des particules élémentaires qui en s'additionnant forment les sons plus complexes qui nous entourent. Je ne peux m'empêcher de faire le parallèle avec les éléments du tableau périodique qui regroupe les éléments qui sont à la base de tout ce qui existe dans la nature; la chimie (ou l'alchimie) des sons : des sons purs produits par synthèse en « laboratoire » qui n'existent pas en tant que tels dans la nature.

J'ai d'abord eu l'idée de faire une installation dans laquelle deux plantes communiqueraient entre elles de manière électrique et qui seraient rendues audibles en passant par un synthétiseur modulaire. Mais ça ne me semblait pas être le projet le plus en lien avec la thématique proposée. Puis, je me suis rappelée que certaines fréquences sont reconnues comme ayant des vertus thérapeutiques, pouvant entre autres promouvoir la guérison des humains et des plantes. C'est donc le point de départ de l'installation que je propose.

D'ailleurs, il est intéressant de noter que juste avant le début de la pandémie et dans la continuité de mes études en herboristerie, j'avais eu l'idée de développer une approche personnelle de la méditation sonore où une personne choisirait elle-même la fréquence qui lui convient en tournant le bouton d'un VCO. Cette approche expérimentale se veut une manière différente d'approcher la méditation sonore en utilisant les mêmes outils que j'utilise dans le cadre de ma pratique musicale.



Voici donc, une description sommaire et plutôt technique de mon installation qui sera suivie d'une description plus analytique et symbolique. Deux ondes sinusoïdales de 285 hertz (fréquence censée promouvoir la guérison) sont générées par deux VCOs d'un synthétiseur modulaire. Les deux sorties sont branchées dans deux entrées d'une console de son, l'une étant panoramisée à gauche et l'autre à droite. L'onde qui se trouve à droite est désaccordée de quelques cents vers le bas, causant ainsi un effet de battement. Les deux haut-parleurs sont disposés à même le sol. Une console de son et un synthétiseur modulaire se trouvent aussi dans l'espace. Des éléments sont placés sur les nœuds ou ventres de pression marquant ainsi l'emplacement de variations sonores. Devant le mur du fond, un petit autel y est aménagé et sur celui-ci, sont placés une plante malade et un petit tas de feuilles mortes provenant de la même plante. Sur ce mur, une vidéo est projetée.

Je vois ce battement comme étant un 3^e élément qui est d'une certaine manière impossible, inexplicable, voire magique. Il est le fruit de l'addition de deux ondes pures presque identiques et se manifeste sous la forme d'un rythme qui change selon l'endroit où l'on se trouve dans la pièce et qui diffère grandement de la sonorité des deux sons de base. La trame pulsée est minimaliste, répétitive, hypnotisante et vise à atteindre un état de transe ou de conscience altérée. Les deux sinus se lient entre eux de manière sonore et établissent une sorte de connexion immatérielle sans laquelle le 3^e élément ne pourrait exister. Le son sert aussi de lien entre les visiteurs, l'installation et les éléments visuels et sonores, comme s'il jouait le rôle d'un intermédiaire ou d'un liant entre le monde matériel et immatériel.

C'est d'une manière détachée de mes connaissances en acoustique et davantage tournée vers la spiritualité que j'aborde cette installation. La nécessité de créer un espace sacré où il est possible de se connecter à quelque chose de plus grand fait de plus en plus partie de mes intérêts et préoccupations en tant qu'artiste. Ainsi, cette installation se veut un espace dédié à un rituel de guérison. Il y a là un désir de retourner aux sources, à un moment de notre histoire où certains phénomènes étaient encore inexplicables et ne pouvaient s'expliquer que par la magie, la spiritualité. Il y a quelque chose de beau et d'inspirant là-dedans. L'œuvre propose une expérience sonore réduite à sa plus simple expression.

L'idée de guérison est au cœur de ce projet. L'installation se veut une « machine dédiée à guérir une plante malade », mais va au-delà de ça. Ainsi, à travers notre déplacement dans l'espace, allant de point en point, nous prenons part à ce rituel qui nous aide nous aussi à guérir nos propres blessures grâce aux vibrations des sons. Notre regard posé sur la plante malade fait écho à tout le bouleversement climatique et à la destruction en cours de notre planète. L'empathie ressentie à l'égard de la plante nous aide à ressentir à notre tour de l'empathie pour nous-mêmes, pour les gens que nous connaissons, pour l'humanité, et vise à promouvoir notre connexion à la nature. Dans le cadre de cette œuvre, la guérison s'effectue de manière immatérielle, invisible, quasi magique : à travers les vibrations.

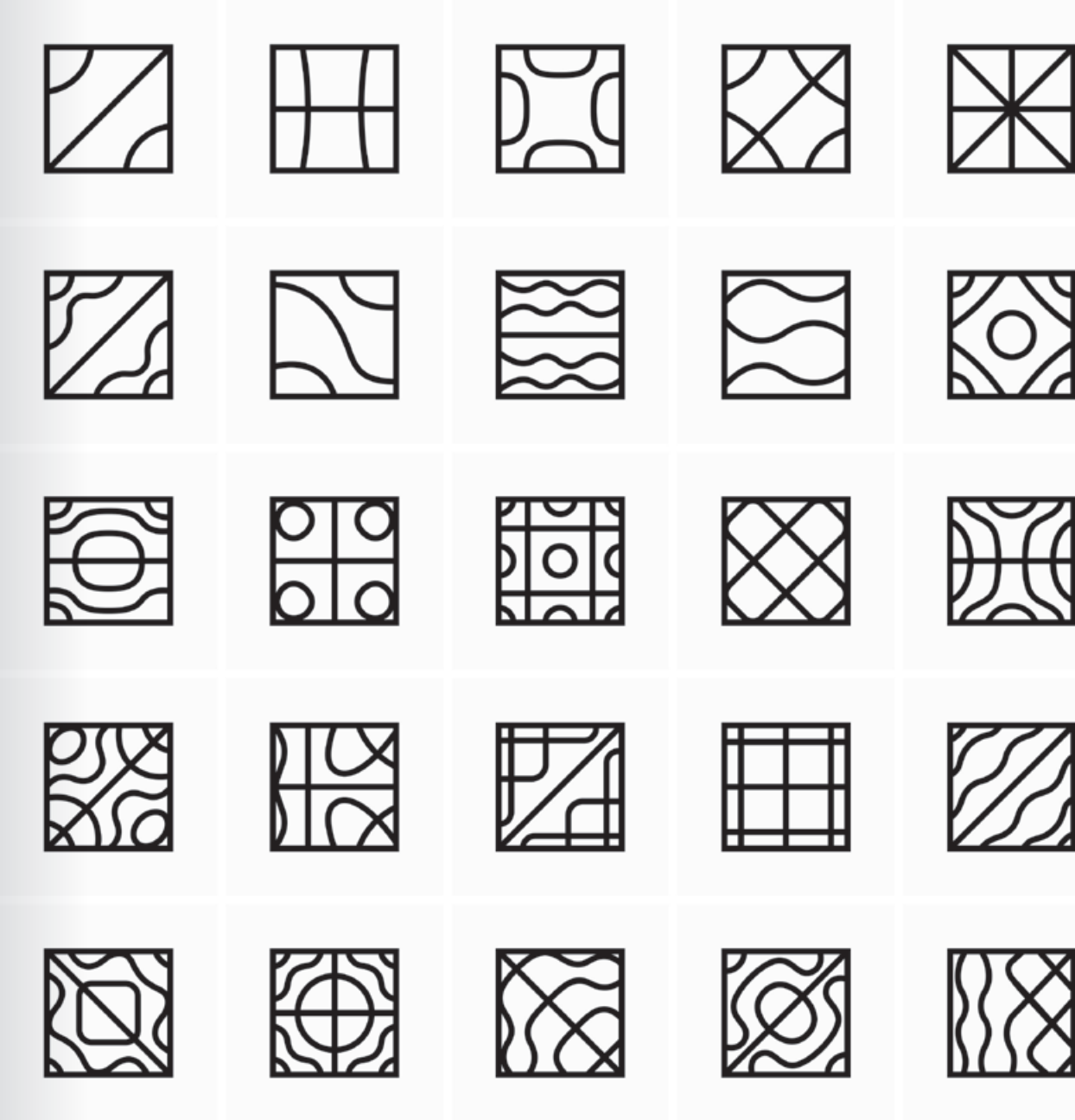
L'œuvre se veut une rencontre un peu improbable entre science et spiritualité. J'avais en tête d'intégrer un dispositif générant des figures de Chladni afin de matérialiser le son, de le rendre visible – encore une fois, nous retrouvons cette idée de magie. Mais je n'étais pas tellement convaincue de ce choix, étant donné que d'une part, les sons entendus dans l'installation ne changent pas, donc il n'y aurait aucune modification au niveau de la figure de Chladni et d'une autre part, il aurait fallu que j'ajoute une troisième voix à mon œuvre, ce qui allait à l'encontre de ce que je souhaitais faire. Et puis, au cours de cette même journée, j'ai vu passer sur Instagram une publication au sujet des tapisseries que fabriquent le peuple Shipibo qui vit dans la forêt amazonienne du Pérou et ça m'a donnée une nouvelle idée, davantage en lien avec mon œuvre. La photo qui avait été jointe à la publication m'a plus que surprise : les motifs de la tapisserie ressemblaient beaucoup aux figures de Chladni.

En faisant des recherches, j'ai découvert que pour le peuple Shipibo, ces motifs récurrents représentent le langage des plantes et les vibrations des chansons chantées par les guérisseurs lors d'une cérémonie d'Ayahuasca (décoction de plantes psychoactives prise à des fins thérapeutiques) pendant laquelle ils réorganisent la « géométrie énergétique » de leur patient. Ils transmettent donc la guérison par des vibrations sonores qui créent différents motifs. Ces motifs, qui sont tissés dans des tapisseries ou bien peints sur des

vases, se veulent être une représentation visuelle d'une chanson, la visualisation des vibrations telles que perçues par ces guérisseurs lors des cérémonies d'Ayahuasca qui peut ensuite être décodée telle une partition et rejouée. Ainsi, la science rejoint le sacré. J'ai donc eu envie d'inclure dans mon œuvre l'une de ces tapisseries. J'en ai choisi une spécialement pour sa ressemblance aux figures de Chladni, que j'ai suspendue à l'autel constitué d'un vieux calorifère, en plus de faire écho à cette idée de guérison par les sons – la musique.

Dans le même esprit, deux des cinq éléments qui servent à marquer les différents points (là où se trouvent des nœuds et des ventres de résonance) sont en fait des plantes pouvant servir d'analogues aux plantes traditionnellement utilisées pour la confection de l'Ayahuasca. Pour que le mélange soit psychoactif, deux types de plantes doivent être prises en même temps. Dans le cas du mélange traditionnel, une liane (*Banisteriopsis caapi*) contenant de l'harmaline est combinée à des feuilles d'une autre plante (*Psychotria viridia*) contenant du DMT. Si cette dernière était consommée seule, aucun effet ne se produirait. En combinant les deux, l'harmaline de la liane empêche la dégradation des molécules de DMT par l'estomac et produit ainsi de puissantes visions. Dans l'œuvre présentée, j'ai remplacé la liane par des graines de *Peganum harmala* (que j'ai disposées pour former un carré sur une feuille de papier blanc) puisqu'elle contient des traces d'harmaline, et l'autre plante par de la poudre de *Mucuna pruriens*. Encore une fois, l'idée de combinaison de deux constituants pour en former un 3^e reprend mon idée de base de deux ondes sinusoïdales formant un 3^e élément. Une multitude de questions me viennent à l'esprit : se pourrait-il que ces plantes permettent au cerveau d'avoir accès à une autre réalité en se connectant à la bonne fréquence? Est-ce que cela pourrait expliquer le chamanisme, les visions géométriques et mathématiques? Est-ce qu'il pourrait y avoir un lien entre cette forme de spiritualité, les visions psychédéliques et la physique quantique qui explique que tout est vibration?

Trois autres éléments ayant une importance symbolique marquent l'emplacement des nœuds et des ventres supplémentaires : une chandelle que j'ai fabriquée et qui est à l'effigie d'un *smiley face* – un symbole important pour moi qui est lié à une expérience mar-



les figures de Chladni



quante en lien avec mon processus de guérison; une branche faite en argile dont une des extrémités est une main; et enfin une boule de pain. Celle-ci se trouvait sur une pizza et j'ai remarqué qu'elle semblait avoir un petit visage. Pour une raison obscure, je m'y suis émotionnellement attachée et je n'ai pas pu m'en débarrasser. Elle représente pour moi la bienveillance, qui est si importante lors d'un processus de guérison. Je l'ai déposée sur du papier bulle, symbole moderne de protection.

La vidéo qui est projetée sur le mur du fond a été faite à partir d'images filmées dans la forêt lors de mon dernier voyage en Finlande en 2019. Ce voyage a été très marquant pour moi et a contribué à mon processus de guérison personnelle. On peut y voir une main, la mienne, qui extirpe des bouts de branches et d'autres éléments naturels du sol. La forme triangulaire masque une partie de l'image et la rend d'une certaine manière plus mystérieuse, inaccessible. Le triangle m'est apparu dans un rêve, et la même semaine, j'ai aussi rêvé d'un carré noir. Ces deux rêves ont été marquants, et j'ai eu envie d'utiliser ces formes dans mon installation puisqu'elles ont non seulement une signification particulière pour moi, mais également en tant que symboles dans l'imaginaire collectif.

Finalement, la plante malade qui est au cœur de l'installation est la plante la plus récente que je me suis achetée, une *Soleirolia soleirolia*. Lorsqu'elle pousse dans la nature elle meurt lorsque l'hiver arrive et renaît au printemps. Elle était très vigoureuse au moment de l'achat, mais quelques semaines plus tard, elle s'est mise à se dessécher de manière mystérieuse. J'espère que le temps passé dans mon installation lui permettra de guérir.

Bien entendu, l'architecture de la pièce où se trouve l'installation joue un rôle important sur la perception des variations sonores (les nœuds et les ventres) et également sur les réflexions sonores produites par les différentes surfaces. Ainsi, l'installation sera modulable et adaptable aux différents endroits où elle sera présentée, rendant aussi le résultat visuel et sonore unique à chaque fois, comme si elle avait le pouvoir de trouver les résonances inhérentes à un endroit précis, et ainsi, activer leur magie, leurs pouvoirs. J'ai travaillé et monté cette installation chez moi, dans l'espace en rénovation qui se trouve au grenier et qui me sert d'atelier.

Conclusion

Je suis particulièrement reconnaissante d'avoir pu participer à ce projet de recherche, car il m'a permis de pousser plus loin des questionnements déjà très présents en lien avec ma pratique artistique et mon rôle en tant qu'artiste. J'ai plus que jamais envie de poursuivre l'exploration de cette approche spirituelle et thérapeutique.

À travers mes prochaines œuvres, je souhaite trouver comment je peux retourner aux sources de l'art et des arts de performance, à leur lien avec le rituel, la cérémonie et la transcendance. Je souhaite trouver un moyen de réparer cette séparation de l'art et du sacré. J'entrevois également la possibilité de former un collectif regroupant des artistes qui aurait pour but la réflexion, le développement ainsi que la présentation d'œuvres en lien avec ce retour aux sources de la fonction primaire de l'art sous toutes ses formes.

Waving Sine Waves (2021)

Documentation du processus de
composition pour *Waving Sine Waves*

Mots par:
Cathy van Eck

Traduction par Kjel Sidloski

Introduction

Dans ce court texte, je documente la façon dont j'ai développé la performance *Waving Sine Waves*. Je décris le processus créatif à partir des idées initiales et de la conceptualisation, y compris les différentes voies qui ont été abandonnées au cours du processus, ainsi qu'une évaluation de la pièce finie. Ce texte décrit de mon mieux mes pensées et mes idées au cours du processus de composition. Comme je parle aussi des doutes et des idées abandonnées, le texte est écrit d'une manière assez personnelle, et serpente parfois un peu d'une pensée à l'autre.

Conceptualisation

En février 2021, Nicolas Bernier m'a demandé de réaliser une œuvre sonore. Le thème central de l'œuvre proposée était l'onde sinusoïdale. J'ai été sollicité en février et la date d'échéance était en novembre. Comparativement à d'autres projets, ce délai était plutôt court. J'aime commencer tôt le processus de composition afin d'avoir beaucoup de temps pour développer mes premières idées. Cela dit, le sujet proposé m'a immédiatement interpellé. Travaillant dans le domaine de la musique électronique, l'onde sinusoïdale est un élément souvent présent. Tant dans mon travail de recherche que dans mon travail d'enseignement, l'onde sinusoïdale est un élément récurrent et je l'utilise dans plusieurs de mes compositions. Néanmoins, je n'aurais jamais pensé à créer une performance dédiée à l'onde sinusoïdale, et c'est justement ce qui rendait la proposition de Nicolas Bernier attrayante. Il faudrait que j'étudie l'onde sinusoïdale en profondeur et que je trouve un moyen de créer une pièce centrée sur les ondes sinusoïdales.

Après avoir confirmé ma participation, j'ai commencé à conceptualiser l'œuvre. Ce processus commence souvent par des sons liés à des actions performatives (applaudir à tout rompre, manger une pomme, déplacer des chaises, etc.). Ce qui m'a enthousiasmé en débutant cette pièce sinusoïdale, c'est l'absence de lien avec une action spécifique. Pour moi, l'onde sinusoïdale est un des sons les moins "liés à l'action" qui existent : le son est généré par un circuit électronique analogique ou un système numérique. Le son n'existe pas dans la nature et ne peut donc pas être produit par une action physique d'un être humain, d'un animal ou de tout autre phénomène physique.

Lorsque je pense aux ondes sinusoïdales, ma première pensée ne porte pas seulement sur le son, mais peut-être encore plus sur la forme de l'onde. Cela est probablement dû à sa forme claire et facilement reconnaissable. L'onde sinusoïdale est également la forme d'onde que je vois le plus souvent en gros plan, par exemple pendant les cours sur la FFT. Lorsque j'ai commencé à réfléchir à la création d'une pièce utilisant des ondes sinusoïdales, j'ai pensé à la forme de l'onde et à l'importance qu'elle revêt pour moi. Si vous n'avez aucune connaissance des formes d'onde, il est difficile de relier visuellement cette forme d'onde au son de l'onde sinusoïdale. J'ai commencé à dessiner cette forme dans l'air avec ma main. En faisant cela, en essayant la sensation et en changeant légèrement le mouvement, j'ai réalisé que les mouvements que je faisais visuellement me rappelaient un geste de salutation (*waving* en anglais). Le jeu de mots entre *sine wave* et *waving* a également attiré mon attention et j'ai pensé que c'était peut-être la direction que je voulais suivre.

Mes autres réflexions initiales portaient sur le son lui-même. Comme je l'ai déjà mentionné, un son sinusoïdal n'existe pas dans la nature. Ce mouvement parfaitement harmonieux ne peut exister que lorsque l'objet est libre de toute restriction physique. La membrane du haut-parleur, par exemple, n'est pas libre de ces restrictions physiques puisqu'elle est faite de matière et qu'elle a donc un certain poids. Une onde sinusoïdale n'est donc pas reproductible par un haut-parleur. Le son sinusoïdal idéal ne peut exister qu'en théorie et être un mouvement harmonieux sans fin. Toutes les ondes sinusoïdales entendues par les haut-parleurs

sont des approximations de cet idéal qui ne peut qu'exister qu'en signal électrique sans jamais être audible dans sa forme parfaite. Néanmoins, les ondes sinusoïdales sont très courantes dans la musique électronique, et l'approximation sonore de cette forme d'onde est un son reconnaissable. Pour moi, le son lui-même a une qualité déconcertante. Il est difficile de reconnaître la source dans l'espace, car elle semble être partout.

Ces premières réflexions m'ont conduit à l'idée de générer un mouvement parfait pour obtenir une approximation de la sinusoïde idéale. Il me faudrait créer un mouvement de salutation (*waving*) parfait, à une vitesse très régulière, pour obtenir cette onde sinusoïdale parfaite. La salutation me semblait appropriée, non seulement à cause du jeu de mots, mais surtout à cause de l'infinité théorique de l'onde sinusoïdale. Cette forme d'onde sans fin m'a donné l'idée d'un au revoir sans fin, et donc d'une performance dans laquelle je ferais un signe d'au revoir, à ce moment qui est normalement la fin de quelque chose mais qui se poursuivrait ici au contraire de manière répétée.

Processus

Après mes premières réflexions, je me suis rendu compte que j'associais le caractère sonore de l'onde sinusoïdale à un sentiment de « propreté », suggérant l'incorporation du mouvement de nettoyage dans la performance. D'autres compositeurs ont fait référence à cette qualité, comme Alvin Lucier qui a utilisé le terme « *pure waves* » pour décrire les tonalités sinusoïdales de sa pièce *Music for Piano with Slow Sweep Pure Wave Oscillators* de 1992, ou Karel Goeyvaerts qui a utilisé *zuivere tonen* (« sons purs » en néerlandais) dans le titre de sa pièce de 1953 *Compositie Nummer 5 met zuivere tonen*. L'absence de partiels valide l'idée que la sinusoïde est une « onde pure » et que, pour l'obtenir, il faut la « nettoyer » de tous les autres sons. J'ai ajouté des mouvements de nettoyage aux mouvements de salutations. D'un point de vue sonore, je pensais à

une œuvre dans laquelle les mouvements de salutations construirait le son lentement, en commençant par une onde sinusoïdale, puis en ajoutant graduellement de plus en plus de sons. Il pourrait s'agir d'autres ondes sinusoïdales, mais aussi de l'ouverture lente d'un filtre passe-bande, de sorte qu'un son plus large deviendrait plus audible grâce aux mouvements de salutations. L'onde sinusoïdale pourrait devenir plus bruyante à chaque salutation, ou bien devenir graduellement audible, en traitant l'onde sinusoïdale comme un fragment musical. En somme, le mouvement de salutation polluerait le son de l'onde sinusoïdale propre avec d'autres sons. Ce son serait ensuite nettoyé à nouveau et transformé en un son sinusoïdal pur en effectuant des mouvements de nettoyage. L'ensemble de la pièce deviendrait une combinaison de mouvements ondulatoires qui transforment lentement une onde sinusoïdale pure en un autre son moins pur, pour revenir à une onde sinusoïdale en « nettoyant » l'audio avec des gestes de nettoyage.

Au cours de ce processus, de nombreux éléments ont été introduits pour être ensuite abandonnés. J'ai par exemple pensé à ajouter un grand tissu, qui servirait à la fois de grand mouchoir (pour saluer) et de linge de nettoyage. J'ai également pensé à fabriquer un haut-parleur avec ce linge, en utilisant un transducteur tactile et du papier rigide à la place du tissu. J'ai pensé à porter un haut-parleur sur moi, à mon bras, comme une sorte de bagage. J'aurais nettoyé ce haut-parleur pendant la performance. Je voulais aussi avoir un autre point dans la pièce, un point où je me rendrais pour mettre en valeur le mouvement de salutations. J'ai décidé de placer un deuxième haut-parleur dans la pièce, derrière moi sur la scène. C'était censé être l'endroit où je me rendrais, et j'ai envisagé de dire au revoir plusieurs fois au cours de la pièce en me tournant et en me déplaçant lentement vers ce haut-parleur. À ce stade, le titre provisoire de la pièce était *Waving, cleaning, tidying up and other methods to obtain a pure sine wave*. Presque toutes les idées mentionnées dans ce paragraphe ont été abandonnées plus tard dans le processus, à l'exception du haut-parleur sur scène.

Techniquement, je voulais utiliser des capteurs tels qu'un gyroscope et/ou un accéléromètre pour suivre les mouvements de mon bras. Je pensais réaliser une pièce avec la plateforme Bela,



Photo tirée de la documentation
vidéo de la pièce *Waving Sine Waves*
interprétée par Vero Marengère.

avec un ordinateur portable indépendant de l'unité d'exécution portable et sans fil. Au cours du processus, j'ai décidé de renoncer à cette idée car je voulais que les deux haut-parleurs soient synchronisés d'une manière ou d'une autre. J'avais donc besoin d'une connexion entre eux, et l'utilisation de câbles s'est avérée être la solution la plus efficace. J'ai décidé d'utiliser un téléphone portable comme capteur, en raison de sa fiabilité et de la facilité relative de demander à quelqu'un de travailler avec un téléphone portable, par rapport à un système de capteurs plus compliqué. Un téléphone portable typique est équipé d'un gyroscope et d'un accéléromètre en plus de diverses applications permettant d'extraire et d'envoyer ces données à un ordinateur. Le second haut-parleur serait placé derrière moi, comme un point vers lequel se diriger. Je voulais aussi qu'il soit équipé d'un capteur de distance pour mesurer la distance entre celui-ci et mon corps, afin de créer une deuxième interaction en plus des mouvements de salutations, qui se concentrerait sur le fait que je me déplace vers ce haut-parleur. J'ai expérimenté un capteur Maxsonar, influençant la hauteur d'une onde sinusoïdale.

Les enregistrements vidéo de quelques répétitions m'ont permis de réaliser qu'en portant le haut-parleur, mes mouvements devenaient plutôt rigides et peu naturels. Le mouvement du haut-parleur rendait également le son plus chaotique, et les sons individuels n'étaient pas aussi clairement distinctifs que je l'espérais. J'ai donc décidé de placer un autre haut-parleur sur le sol. Le haut-parleur situé à l'arrière de la scène avait une fonction spécifique lorsqu'il était encore utilisé avec un capteur de distance. Chaque fois que je m'approchais de ce haut-parleur, il jouait une onde sinusoïdale dont la fréquence changeait en fonction de ma proximité. Au cours de mes essais, je me suis rendu compte que le capteur m'obligeait à ne jouer que dans la zone spécifique à laquelle il était sensible, et qu'il y avait une relation floue entre ma position et le son (qui était techniquement bien défini, bien sûr, mais néanmoins difficile à percevoir). J'ai abandonné ce capteur de distance et j'ai décidé de faire autre chose avec le haut-parleur au fond de la scène. J'ai modifié la configuration des haut-parleurs et décidé que le haut-parleur que je portais serait placé à l'arrière de la scène et que l'autre haut-parleur serait placé derrière le public. Avec cette configuration, je faisais signe au haut-parleur situé au-delà du public et je pouvais

me déplacer vers le haut-parleur situé sur la scène, derrière moi. J'ai décidé que mes signes de la main provoqueraient de plus en plus de sons dans le haut-parleur situé derrière le public. Au début, aucun son ne sortait de ce haut-parleur, mais au fur et à mesure que je continuais à faire signe, des ondes sinusoïdales longues et stables apparaissaient peu à peu. Cette relation entre les gestes d'ondulation et les ondes sinusoïdales longues et stables n'était pas facile à lire pour le public, mais constituait un élément important pour la performance. Pendant la performance, le haut-parleur se remplit lentement d'ondes sinusoïdales. Le but de la personne qui performe l'œuvre est de remplir le haut-parleur d'ondes sinusoïdales. Lorsque l'objectif est atteint, l'artiste peut cesser de faire signe et quitter la scène.

Une autre question qui a mené à plusieurs versions différentes est celle de la correspondance entre la gestuelle et les sons. J'ai essayé de nombreuses formes de sons traités de différentes manières par les gestes ondulatoires. J'avais par exemple des fichiers sonores filtrés de manière à ne laisser passer qu'une onde sinusoïdale : à chaque geste, le filtre s'élargissait jusqu'à révéler l'ensemble du contenu sonore du fichier. En essayant plusieurs possibilités, je me suis rendu compte que quelques ondes sinusoïdales et du bruit filtré suffiraient comme sources sonores, car leur relation avec mes mouvements ondulatoires serait plus claire. J'ai ensuite utilisé le capteur gyroscopique pour décider quand le son commencerait, et j'ai souvent utilisé l'accéléromètre pour les petits changements de son pendant le mouvement. Lors des premiers enregistrements vidéo, je me suis rendu compte que j'adaptais mon geste à ce qui se passait sur le plan sonore et que mon geste ne ressemblait plus du tout à un geste réaliste de la main. J'ai donc décidé de refaire les correspondances en commençant par établir une gestuelle réaliste. Les sons étaient désormais liés à ce mouvement. Cependant, je devais être consciente de la manière dont j'effectuais le geste car il est parfois interprété de manière délibérément artificielle, davantage lié au contrôle du son qu'au geste. Cependant, plusieurs gestes pouvaient être effectués comme si l'on faisait simplement le geste de salutation sans contrôler le son en même temps. Cette relation est importante. Je dois souvent donner l'impression de « simplement saluer », mais en même

temps, l'objectif réel de la performance et de mes mouvements est le son et le contrôle du son.

Les hauteurs des filtres et des ondes sinusoïdales sont basées sur un groupe de treize hauteurs qui restent les mêmes pendant toute la durée de la pièce. Ces hauteurs sont, en Hz : 230, 243, 349, 377, 432, 522, 523, 534, 545, 867, 899, 937 et 1123.

On peut remarquer une concentration autour de certaines zones de fréquences mais il n'y a pas de système spécifique ni d'accord sur lesquels reposent ce choix de fréquences. J'ai d'abord choisi des fréquences différentes et sans rapport les unes avec les autres. Il y a une fréquence basse, d'autres dans la plage moyenne et d'autres encore dans la plage aigüe. Pour cette pièce, je voulais que les ondes sinusoïdales se rapportent au corps humain, j'ai donc choisi des fréquences que l'on peut plus ou moins chanter (probablement plus facilement pour une femme que pour un homme). Je ne voulais pas non plus de spectre harmonique, car sinon les fréquences risqueraient de trop se fondre en un seul son. Je voulais éviter cela afin que l'on puisse reconnaître les hauteurs individuelles en même temps. J'ai choisi des fréquences qui n'avaient pas de relation spectrale évidente entre elles en évitant par exemple les octaves. J'ai créé une région de fréquence forte autour de 530 Hz, en choisissant de nombreuses hauteurs dans cette zone, de sorte que les hauteurs autour de cette fréquence apparaissent plus souvent.

L'étape suivante a consisté à faire des essais avec ces fréquences et à apporter des corrections. Les corrections étaient basées sur les expériences que j'ai faites en essayant le programme. Par exemple, j'ai trouvé que la hauteur la plus élevée était trop haute, ne semblant pas avoir de rapport avec les autres exemples. J'ai plutôt cherché des fréquences qui pourraient toujours donner l'impression de faire partie d'une mélodie étrange et brisée. Si, par exemple, la fréquence la plus élevée était de 3000 Hz, on perdrait cette impression alors qu'avec 1123 Hz, on garde une certaine relation mélodique avec les autres hauteurs. Une fois de plus, cette décision était basée sur l'idée que quelqu'un pourrait en principe de chanter cela. En écoutant les fréquences, j'ai ensuite apporté de petites corrections. Je remarquais qu'il y avait trop de choses dans

une zone, que quelque chose était trop mélodique, et je faisais de petites corrections.

Pour chaque geste ondulatoire, l'une de ces hauteurs a été sélectionnée, mais une petite variation aléatoire a été ajoutée afin d'éviter le plus possible la répétition d'une même hauteur. La randomisation se fait entre zéro et 10 Hz de plus, par 5000 pas de 0,002 Hz chacun. Chaque fréquence est la fréquence de base plus un des 5000 pas. Les accords sinusoïdaux autour de la sixième section sont une exception et se composent de plus de hauteurs que les treize mentionnées ci-dessus. Je ne voulais pas qu'il y ait de progression ou de développement dans le contenu des hauteurs, puisque tous les changements devraient se produire dans le son lui-même : le développement se produit entre les changements spectraux entre les sons qui peuvent être entendus comme du bruit, comme des ondes sinusoïdales, comme des accords d'ondes sinusoïdales, ou comme tout ce qui se trouve entre les deux.

Au début de la pièce, seul le haut-parleur de la scène émet un son. Il diffuse du bruit à chaque fois que je fais signe. Au fur et à mesure que le temps passe, le bruit est filtré par un filtre passe-bande et produit une onde sinusoïdale pure après quelques gestes de l'interprète. Ces ondes sinusoïdales prennent différentes formes, notamment des sons de glissando et des accords sinusoïdaux, tous deux contrôlés par mes gestes. Pendant ce temps, le haut-parleur situé derrière le public commence également à émettre des sons. Il est « rempli » d'ondes sinusoïdales. Soixante secondes après le début de la pièce, chaque fois que je déclenche une certaine onde sinusoïdale, elle apparaît plus tard dans le haut-parleur. À ce moment-là, il faut environ quatorze secondes de mouvement pour qu'une onde sinusoïdale soit prise en charge par le haut-parleur. Plus tard dans la pièce, les ondes sinusoïdales sont activées immédiatement. Au début, l'onde sinusoïdale dans le haut-parleur derrière le public ne dure que quelques secondes. Plus tard, elle reste beaucoup plus longtemps (environ trente secondes auxquelles s'ajoute decrescendo de quinze secondes). L'interprète n'a pas besoin d'être conscient de ces durées. L'intention est qu'une onde sinusoïdale apparaisse parfois dans le haut-parleur à l'arrière.

À la fin de la pièce, ces ondes sinusoïdales se chevauchent si l'interprète effectue de nombreux mouvements ondulatoires différents. À la toute fin, je crée des accords sinusoïdaux en levant légèrement la main, sans geste de salutation. C'est dans cette partie que devient audible l'interaction entre l'onde sinusoïdale produite par le haut-parleur sur scène et celle émise par le haut-parleur derrière le public. La fin de la pièce est atteinte lorsque le haut-parleur situé derrière le public émet suffisamment d'ondes sinusoïdales pour continuer à émettre du son pendant un certain temps après que l'interprète quitte la scène.

En développant le système, j'ai d'abord pensé qu'il s'agirait d'une sorte d'installation performative sans début ni fin, donc sans chronologie stricte ni changements dans le système interactif. On pouvait jouer aussi longtemps qu'on le souhaitait et essayer d'obtenir une onde sinusoïdale pure. Lorsque j'ai avancé dans le développement, après avoir essayé plusieurs versions avec cette configuration stable, j'ai réalisé que j'aurais besoin d'une ligne temporelle pour m'assurer qu'à chaque fois que je fais un geste ondulatoire, je « nettoie » une autre onde sinusoïdale, tout en établissant une connexion geste/son plus riche. Je voulais commencer par des gestes ondulatoires plus réalistes et les rendre un peu plus artificiels au milieu de la pièce. La chronologie utilisée aujourd'hui est différente à chaque fois, bien que le développement général soit le même. Je me suis rendu compte que le fait de ne pas savoir exactement quel son allait être audible à travers mes gestes était plus intéressant pour moi, modifiant mon attention en tant qu'interprète et donnant également plus de combinaisons gestes/sons. Au début, je fais des signes plus réalistes et les sons sont bruyants. Peu à peu, des ondes sinusoïdales apparaissent dans le bruit. Plus tard, des accords d'ondes sinusoïdales sont contrôlés par les gestes ondulatoires, et c'est dans cette partie que les gestes deviennent plus artificiels. À ce moment, je me suis rendu compte que les gestes de nettoyage n'étaient pas très utiles parce qu'ils étaient trop concrets. Il y a parfois des réminiscences de ces mouvements de nettoyage dans la pièce et mes gestes ondulatoires semblent être une sorte de geste de nettoyage artificiel. Le public ne devrait pas s'en rendre compte, mais cela me facilite la tâche.

De la performance à une question de recherche

Cette performance est devenue pour moi une question de recherche : comment puis-je associer des mouvements physiques à un son sinusoïdal qui, par nature, est généré électroniquement et ne nécessite aucun mouvement physique de la part de l'interprète? Chaque mouvement de l'interprète ne peut que détruire l'onde sinusoïdale parfaite et les ondes sinusoïdales de ma performance deviennent audibles à la fin de la pièce par le haut-parleur derrière le public lorsque l'interprète ne bouge plus.

Prime Frequencies

Mots by:
Mo H. Zareei

Traduction par Kjel Sidloski

[I]

C'était à la fin du mois de mai 2011. Je venais de terminer ma première année d'études de premier cycle au California Institute of the Arts (CalArts) et j'étais en visite à New York. Selon un ami chez qui je logeais, une installation audiovisuelle au Park Avenue Armory valait la peine d'y jeter un coup d'œil.

Moins d'un an auparavant, j'avais déménagé aux États-Unis pour étudier la technologie musicale à CalArts. Au cours de ma première année d'études, j'ai découvert une toute nouvelle approche à la pratique musicale, où l'on m'a appris à faire de la musique avec du code et des circuits. Pour quelqu'un qui n'avait jamais reçu de formation musicale formelle, cette approche allait m'ouvrir de nombreuses portes.

Avant de m'installer aux États-Unis, j'avais obtenu une licence de physique à l'université Shahid Beheshti de Téhéran, où je suis né et où j'ai grandi. J'ai toujours été passionné par la musique, mais avant CalArts, je n'avais pu la pratiquer professionnellement. Par conséquent, lorsque j'ai déménagé aux États-Unis, je ne connaissais pas grand-chose aux différents types de contrepoint, mais grâce à mon diplôme de physique, j'avais une assez bonne idée de ce qu'était un oscillateur ou de la manière dont une fonction pouvait influencer une variable d'entrée. C'est pourquoi le type d'éducation musicale que j'ai reçu à CalArts a été si encourageant et stimulant. Dès le premier jour du cours d'introduction à la programmation pour les artistes, où nous avons écrit quelques lignes de code pour générer une onde sinusoïdale audible, j'ai su que j'étais au bon endroit.

C'est peut-être le changement notable de mes préférences musicales et de mes activités au cours de cette année qui a incité mon ami new-yorkaise à suggérer l'installation de la Park Avenue Armory. Nous avons pris le train N de Sunset Park, sommes descendus à la 5e Avenue et avons marché jusqu'à l'exposition sous le soleil éclatant de Manhattan. Alors que nous entrions dans le foyer ombragé pour prendre nos billets, j'ai pu entendre un barrage de

hautes et basses fréquences qui nous invitait à entrer dans l'espace principal de la galerie. Alors que nous entrions dans cet énorme et sombre entrepôt rempli de rafales d'ondes sonores et d'images géométriques stroboscopiques, j'ai jeté un coup d'œil à mon billet. Il était écrit : **THE TRANSFINITE — RYOJI IKEDA**

[II]

Dans un article publié sur Streaming Museum [1], j'ai expliqué l'importance qu'a eue l'expérience *Transfinite* [2] dans mes premières années d'expérimentation avec l'art sonore et la musique électronique. J'ai également expliqué pourquoi le sens du minimalisme radical qui se manifeste dans les œuvres d'artistes tels qu'Ikeda, Pan Sonic et l'ensemble du mouvement Raster-Noton résonnait si fortement en moi. Les principes et approches esthétiques défendus par ces artistes ont eu une telle influence sur mes années de formation à CalArts que j'ai fait ma recherche de doctorat autour d'eux [3]. J'ai déménagé en Nouvelle-Zélande en 2012 et j'ai commencé mon doctorat dans le cadre du programme d'arts sonores de l'université Victoria de Wellington. Dans un article publié par Organised Sound en 2015, j'ai résumé le cœur de mon travail de doctorat, en discutant de la façon dont ma jeunesse dans un immeuble brutaliste à Téhéran a fermement ancré mon affinité avec cette esthétique, et comment cela a guidé ma pratique artistique [4]. J'ai identifié des parallèles entre les tendances esthétiques susmentionnées et le renouveau de l'architecture brutaliste et j'ai inventé le terme *sound-based brutalism* comme cadre de référence pour ces pratiques peu discutées par le milieu académique. J'ai défini ce brutalisme sonore comme un sens partagé de l'esthétique construit autour de la célébration du travail avec des matériaux bruts (numériques ou physiques) conjugué à des modes d'expression audiovisuels radicalement dépouillés, sans fioriture et souvent quantifiés dans lesquels les « les ondes sinusoïdales sont présentées comme des ondes sinusoïdales, le bruit blanc filtré comme du bruit blanc filtré, les moteurs DC comme des moteurs DC, et les machines à coudre comme des machines à coudre » [4, trad.].

[III]

Le portfolio de travaux que j'ai développé au cours de la dernière décennie a été, d'une manière ou d'une autre, construit sur les mêmes bases esthétiques. Qu'elle soit cinétique ou numérique, ma pratique s'articule souvent autour de l'utilisation de mécanismes de génération de son et/ou de lumière qui sont présentés dans le temps et/ou dans l'espace sous des structures rigides. Je m'intéresse à la mise en évidence du médium lui-même en tant que partie intégrante de la production artistique. Si une certaine technologie a été utilisée pour développer une œuvre, cette technologie se manifestera dans la présentation de l'œuvre. Je trouve de la valeur dans la divulgation des mécanismes et des matériaux qui donnent naissance à la production artistique.

Que ce soit en raison de mon expérience limitée de la notation occidentale et de la pratique musicale basée sur la théorie, de ma formation en physique et en mathématiques, ou de mon intérêt marqué pour le minimalisme musical, je me sens beaucoup plus à l'aise dans les modes de composition fondés sur des données ou des processus. De la vitesse du son dans un milieu physique [5] à l'interférence des ondes [6] et aux fonctions mathématiques [7], mes œuvres explorent généralement des concepts qui sont enracinés ou dirigés par un principe physique ou scientifique. Par conséquent, lorsque Nicolas Bernier m'a invité à produire une œuvre sonore ayant pour thème central les ondes sinusoïdales, je devais trouver un concept approprié pour guider mes idées compositionnelles. C'était d'autant plus important qu'à ce moment, plus de deux décennies s'étaient écoulées depuis l'émergence de la nouvelle vague de minimalistes radicaux, et ce qui semblait radical à l'époque avait naturellement perdu une partie de son originalité. En effet, avec l'accessibilité accrue des outils technologiques, composer seulement pour le plaisir une musique avec des oscillateurs basiques ne serait sûrement pas particulièrement nouveau maintenant dans les années 2020.

Bien que l'esthétique post-numériques basée sur les générateurs d'ondes et le minimalisme austère de Ryoji Ikeda et Mika Vainio demeurent à mon avis encore incroyablement pertinents, pour m'engager dans ce projet, je me devais de trouver un motif clairement définie qui dépassait mes intérêts et mes préférences esthétiques, un motif qui était soutenu par un concept solide.

[IV]

Henry Cowell a décrit le *son* et le *rythme* comme des éléments musicaux primaires, définissant le son comme tout ce qui est audible et le rythme comme l'impulsion qui le sous-tend [8]. Dans tout ce qui est audible, les ondes sinusoïdales sont sans doute les éléments les plus simples, mais aussi les plus fondamentaux. Elles sont composées d'une seule fréquence et ne peuvent être décomposées davantage. D'autre part, comme l'indique le théorème de Fourier, pratiquement tous les sons complexes peuvent être décomposés et exprimés en une série d'ondes sinusoïdales simples.

Ces qualités fascinantes des ondes sinusoïdales, m'ont mené à réfléchir à un phénomène similaire : les nombres premiers. Un nombre premier ne peut être divisé par aucun autre nombre (autre que 1 et lui-même). En même temps, tout autre nombre peut être exprimé comme le produit d'une série de nombres premiers. Définis sur la base de ce principe apparemment simple, les nombres premiers ont été au cœur de nombreuses conjectures et théorèmes mathématiques importants pendant plusieurs siècles.

Des volumes, des articles et des sites web entiers ont été consacrés aux différentes qualités des nombres premiers, à leur rôle dans l'évolution des mathématiques [9], au mystère non résolu de leur distribution imprévisible [10][11], ou à leur caractère aléatoire étrangement ordonné [12]. Néanmoins, ce qui m'intéressait, c'était le fait qu'au fond, tout comme les ondes sinusoïdales, les nombres premiers sont les entités les plus simples, les plus élégantes et les plus fondamentales au sein de leurs systèmes respectifs.

Maintenant que j'avais trouvé le concept, je devais planifier sa réalisation.

[V]

Prime Frequencies a été développé à l'aide d'une combinaison d'outils et de techniques qui englobent plusieurs stratégies de composition. Au cœur du projet se trouve une série de nombres premiers. La sonification des données a donc fait partie intégrante du processus de composition. La nature de ce processus, ainsi que les qualités inhérentes à la matière première du projet — c'est-à-dire les valeurs numériques — m'ont guidé vers la programmation informatique comme moyen de composition. Bien qu'ayant esquissé quelques idées avec Max/MSP, il m'est rapidement apparu qu'un environnement de programmation textuelle serait plus approprié. Non seulement le code facilitait le prototypage et le test des différentes méthodes de sonification, mais j'y ai également trouvé un lien esthétique fort entre le concept, la matière première et le support. J'ai donc commencé à prototyper mes idées avec le langage ChuckK [13]. En y réfléchissant, le premier morceau de musique informatique que j'ai écrit lorsque j'étais étudiant de premier cycle à CalArts — une brève impulsion d'onde sinusoïdale — était justement basé sur ce langage :

```
// create an instance of
// a sinusoidal oscillator,
// call it "s",
// and connect it to the
// digital to analog conver-
// tor:
SinOsc s => dac;
```

```
// set the oscillator's
// frequency to 220 Hz:
220 => s.freq;
```

```
// run the oscillator for
// two seconds:
2::second => now;
```

[VI]

L'utilisation de lignes de codes comme moyen d'écrire de la musique permet de laisser certaines décisions compositionnelles aux algorithmes et aux processus génératifs assistés par ordinateur. Cet environnement de travail favorise l'utilisation de processus algorithmiques ou, plus largement, de processus basés sur des règles. La personne qui compose n'a pas à prendre l'entière responsabilité des décisions concernant tous les aspects du matériau compositionnel. Tout comme l'utilisation de la matière première de cette œuvre repose sur divers degrés de relations entre les décisions prédéterminées (c'est-à-dire la sonification de données spécifiques) et l'apport créatif du compositeur (c'est-à-dire les stratégies de correspondance), cette approche hybride peut également être étendue à l'utilisation du médium. En préservant un degré d'autonomie du support informatique pour certaines décisions compositionnelles, j'ai élaboré certaines règles de haut niveau, laissant les algorithmes s'occuper de certains détails de bas niveau. Je pense que c'est ce sentiment d'imprévisibilité qui donne naissance aux moments les plus intéressants de la musique générative. En somme, mon rôle principal a été de maintenir l'équilibre entre les processus algorithmiques prédéterminés basés sur le hasard et ma propre volonté compositionnelle guidée par mes préférences esthétiques.

[VII]

Lorsque l'on écoute ou que l'on pense à une onde sinusoïdale audible, la première chose qui vient à l'esprit est probablement la fréquence du son. Bien que l'amplitude et la phase d'une forme d'onde sinusoïdale soient des caractéristiques déterminantes dans le contexte des séries harmoniques et de la synthèse additive, d'un point de vue expérimental, sa fréquence joue un rôle plus central. Bien entendu, cette hypothèse subjective ne constitue pas une affirmation scientifique. Dans le contexte de ce projet, cependant, elle m'a aidé à jeter les bases de la construction d'un lien perceptuel significatif entre les nombres premiers et les ondes sinusoïdales :

dans cette série, les nombres premiers sont utilisés pour déterminer la fréquence de chaque oscillateur.

Une résultante intéressante de cette stratégie de mise en correspondance est l'absence totale d'harmonicité. Aucun nombre premier n'est un multiple d'un autre et, par conséquent, il n'existe aucune relation harmonique entre les paires de sinusoïdes utilisées dans cette série. Par conséquent, la série comprend une palette de fréquences entièrement microtonale.

[VIII]

Comme mentionné précédemment, l'étude des nombres premiers occupe les mathématiciens depuis des siècles. L'un des principaux domaines d'intérêt a été l'identification d'un modèle dans la distribution apparemment aléatoire des nombres premiers dans la série des nombres naturels. Sur le chemin ardu de l'examen des nombres premiers et de leur distribution, les mathématiciens les ont classés en différentes catégories. Ces catégories contiennent des nombres premiers qui partagent une certaine qualité, comme le fait d'être construits à l'aide d'une formule similaire, ou encore de se comporter de la même manière dans certaines conditions. Des exemples de ces catégories peuvent être trouvés sur des ressources en ligne telles que l'Encyclopédie en ligne des suites d'entiers [14], la Bibliothèque des nombres premiers [15], ou simplement Wikipedia [16].

Après avoir passé en revue les différents groupes de nombres premiers et leur vaste éventail et caractéristiques, il m'est intuitivement venu d'utiliser cette catégorisation comme matrice d'orientation permettant d'affiner le concept de sonification des nombres premiers. Ainsi, le projet serait divisé en une série de compositions, chacune d'entre elles étant liée à une catégorie spécifique de nombres premiers.

Il existe de nombreuses catégories de nombres premiers et, avec l'aide des ressources mentionnées plus haut, j'ai commencé à les explorer dans le but d'identifier des thèmes et des points communs. La stratégie globale étant de sonifier chaque nombre premier par une onde sinusoïdale, la quantité de nombres premiers disponibles dans une catégorie s'est avérée un facteur important à prendre en considération, car elle détermine le nombre de sinusoïdes dans chaque composition. Compte tenu de l'éventail extrêmement large des quantités, allant de un à plusieurs milliers, il était clair que cette caractéristique de catégorisation pouvait servir d'outil de composition utile pour construire des sous-thèmes au sein de la série. Par conséquent, outre le contenu fréquen-

tiel défini par les valeurs des nombres premiers, la quantité de nombres premiers dans chaque catégorie serait directement corrélée à la qualité timbrale de la composition.

À travers une série d'expérimentations avec des catégories premières de différentes quantités, un certain nombre de motifs ont émergé. Après avoir identifié les principaux potentiels sonores et compositionnels de ces motifs, j'ai défini les règles de composition suivantes pour établir les stratégies de mise en correspondance. Parallèlement aux grands principes discutés ci-dessus, les règles de composition utilisées dans ce projet sont les suivantes :

1. Chaque composition tirera son matériel d'une catégorie spécifique de nombres premiers.
2. Tous les nombres premiers qui se situent dans le spectre audible (c'est-à-dire entre 20 et 20000 hertz) seront utilisés pour définir le contenu fréquentiel de chaque composition.
3. Toutes les valeurs numériques utilisées pour définir les aspects temporels du programme seront également choisies dans l'ensemble de la même catégorie de nombres premiers. Le cas échéant, des nombres premiers inférieurs à 20 ou supérieurs à 20000 peuvent être utilisés ici.
4. Les unités de temps utilisées dans chaque programme peuvent varier entre des échantillons, des millisecondes, des secondes ou des minutes. L'échelle appropriée sera choisie au cas par cas et par expérimentation.
5. Tous les oscillateurs utilisés dans une composition donnée auront des valeurs d'amplitude égales dans le code.
6. La quantité et la qualité des nombres premiers d'une catégorie déterminent le style de la composition.

En ce qui concerne la dernière règle ci-dessus, j'ai créé un ensemble de règles librement définies pour arriver à la catégorisation des différents modes de composition. Ces modes sont détaillés ci-dessous :

Mode A : Singulier

Catégorie de nombres premiers ne possédant qu'un seul membre entre 20 et 20000.

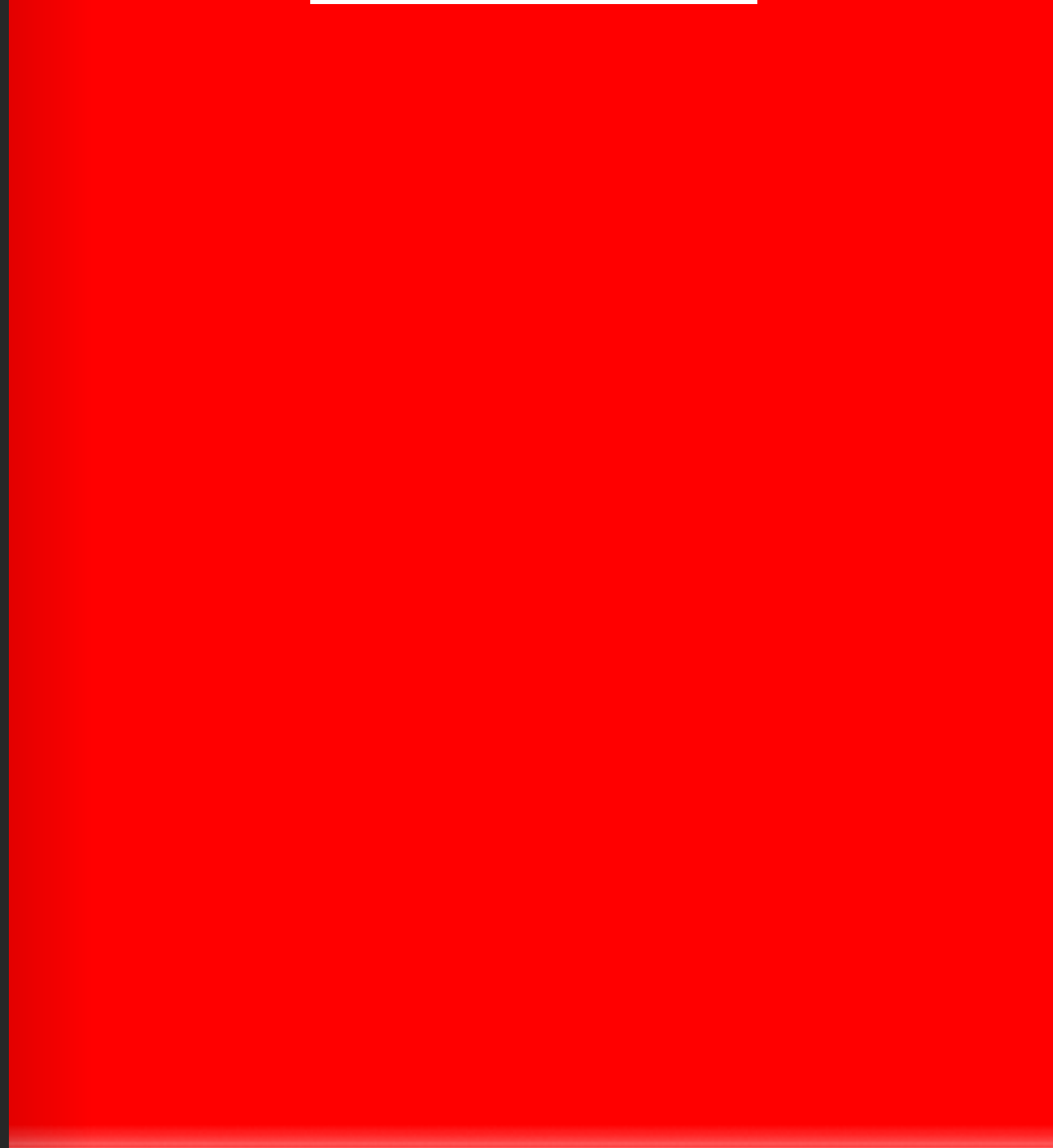
La composition est un son constant singulier dont la durée est déterminée par un nombre premier disponible dans la catégorie.

Exemple :

```
// Leyland primes: Primes of the form  $x^y + y^x$  with x  
and y are integers greater than 1.  
// e.g.: 3, 17, 593, 32993
```

```
[593] @=> int p[];  
SinOsc s => dac;  
p[0] => s.freq;  
<<<p[0], ">>>;  
17::second => now;
```

FIGURE 1
Sortie du sonagramme du Mode A



Mode B : Stochastique

Catégorie de nombres premiers comptant quelques membres entre 20 et 20000.

La composition est une séquence d'ondes sinusoïdales organisées par une structure rythmique générative non métrique dérivée des nombres premiers disponibles dans la catégorie.

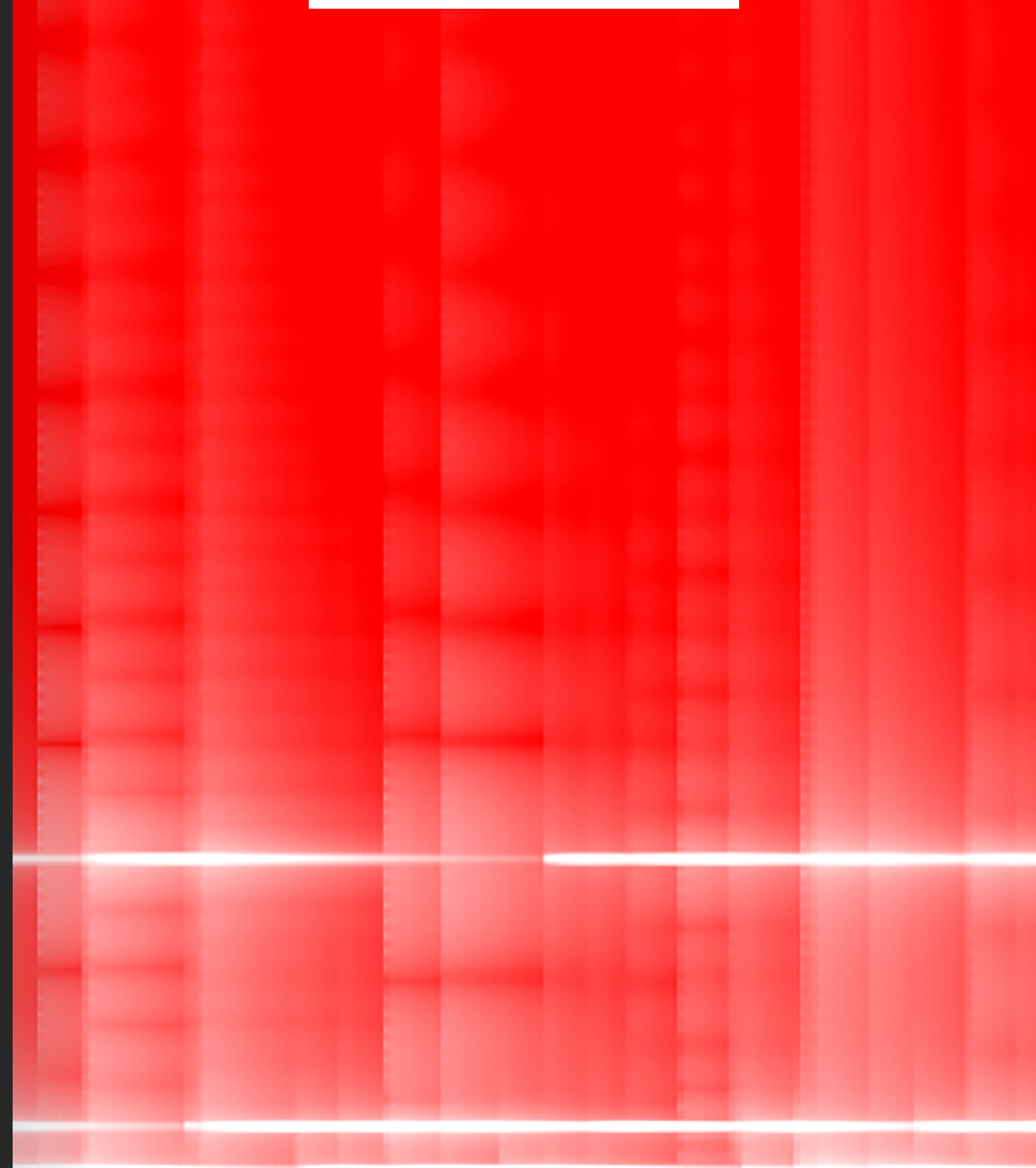
Exemple :

```
// Factorial primes: Primes of the  
form  $n! - 1$  or  $n! + 1$ .  
// e.g.: 2, 3, 5, 7, 23, 719, 5039, 39916801
```

```
[23, 719, 5039] @=> int primes[];  
primes.cap()-1 => int n;  
SinOsc s => dac;  
int f;  
int d;
```

```
now + 7::second => time end;  
while(now < end){  
  Math.random2(0, n) => f;  
  Math.random2(0, n) => d;  
  primes[f] => s.freq;  
  <<<primes[f], ">>>;  
  primes[d]::samp => now;  
}
```

FIGURE 2
Sortie du sonagramme du Mode B



Mode C : Additif

Catégorie de nombres premiers comptant quelques dizaines de membres entre 20 et 2000.

La composition se compose d'un ou plusieurs accords d'ondes sinusoïdales additives avec des enveloppes longuement soutenues et évoluant lentement, dont les valeurs temporelles sont déterminées par les nombres premiers disponibles dans la catégorie.

Exemple :

```
// Pierpont primes: Primes of the form  $2^u * 3^v + 1$ .  
// e.g. 2, 3, 5, 7, 13, 17, 19, 37, 73, 97  
// Pierpont primes of the 2nd kind: Primes of the form  
 $2^u * 3^v - 1$ .  
// e.g. 2, 3, 5, 7, 11, 17, 23, 31, 47, 53
```

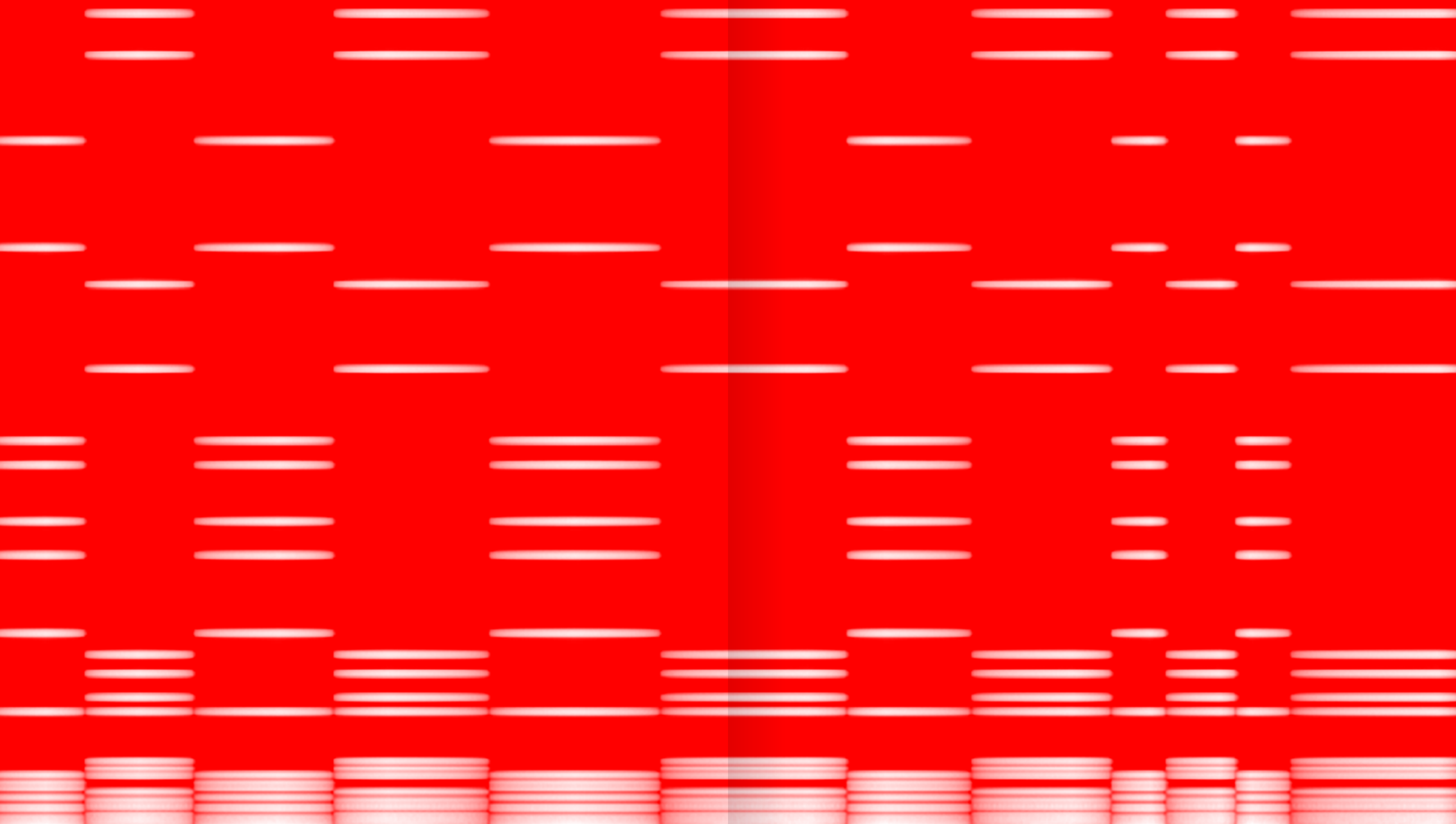
```
[37, 73, 97, 109, 163, 193, 257, 433, 487, 577, 769,  
1153, 1297, 1459, 2593, 2917, 3457, 3889, 10369,  
12289, 17497, 18433] @=> int p1[];  
[23, 31, 47, 53, 71, 107, 127, 191, 383, 431, 647,  
863, 971, 1151, 2591, 4373, 6143, 6911, 8191, 8747,  
13121, 15551] @=> int p2[];
```

```
string s1, s2;  
for (p1.cap()-1 => int i; i >= 0; i--){  
    p1[i] + " " + s1 => s1;  
}  
for (p2.cap()-1 => int i; i >= 0; i--){  
    p2[i] + " " + s2 => s2;  
}
```

```
0 => int loop;  
while (loop<7){  
    run(p1, s1);  
    run(p2, s2);  
    loop++;  
}  
  
function void run(int p[], string str){  
    p.cap() => int n;  
    [2, 3, 5, 7, 13, 17, 19, 11] @=> int t[];  
    SinOsc s[n] => ADSR e[n];  
    Math.random2(0, t.cap()-1) => int a;  
    Math.random2(0, t.cap()-1) => int r;  
    <<<str, ">>>;  
    for (0 => int i; i < n; i++){  
        1.0/n => s[i].gain;  
        e[i].set(t[a]::second, 0::second, 1, t[r]::second);  
  
        p[i] => s[i].freq;  
        e[i] => dac;  
        e[i].keyOn();  
    }  
    t[a]::second => now;  
    for (0 => int i; i < n; i++){  
        e[i].keyOff();  
    }  
    (t[r])::second => now;  
    for (0 => int i; i < n; i++){  
        e[i] !=> dac;  
        s[i] !=> e[i];  
    }  
}
```


FIGURE 3

Sortie du sonagramme du mode C



Mode 0 : itératif

Catégorie de nombres premiers pouvant compter une douzaine à une centaine de membres entre 20 et 20000.

La composition est une trame à évolution lente dans lequel une série d'ondes sinusoïdales itère à travers toutes les valeurs de nombres premiers disponibles dans la plage audible, par ordre de grandeur.

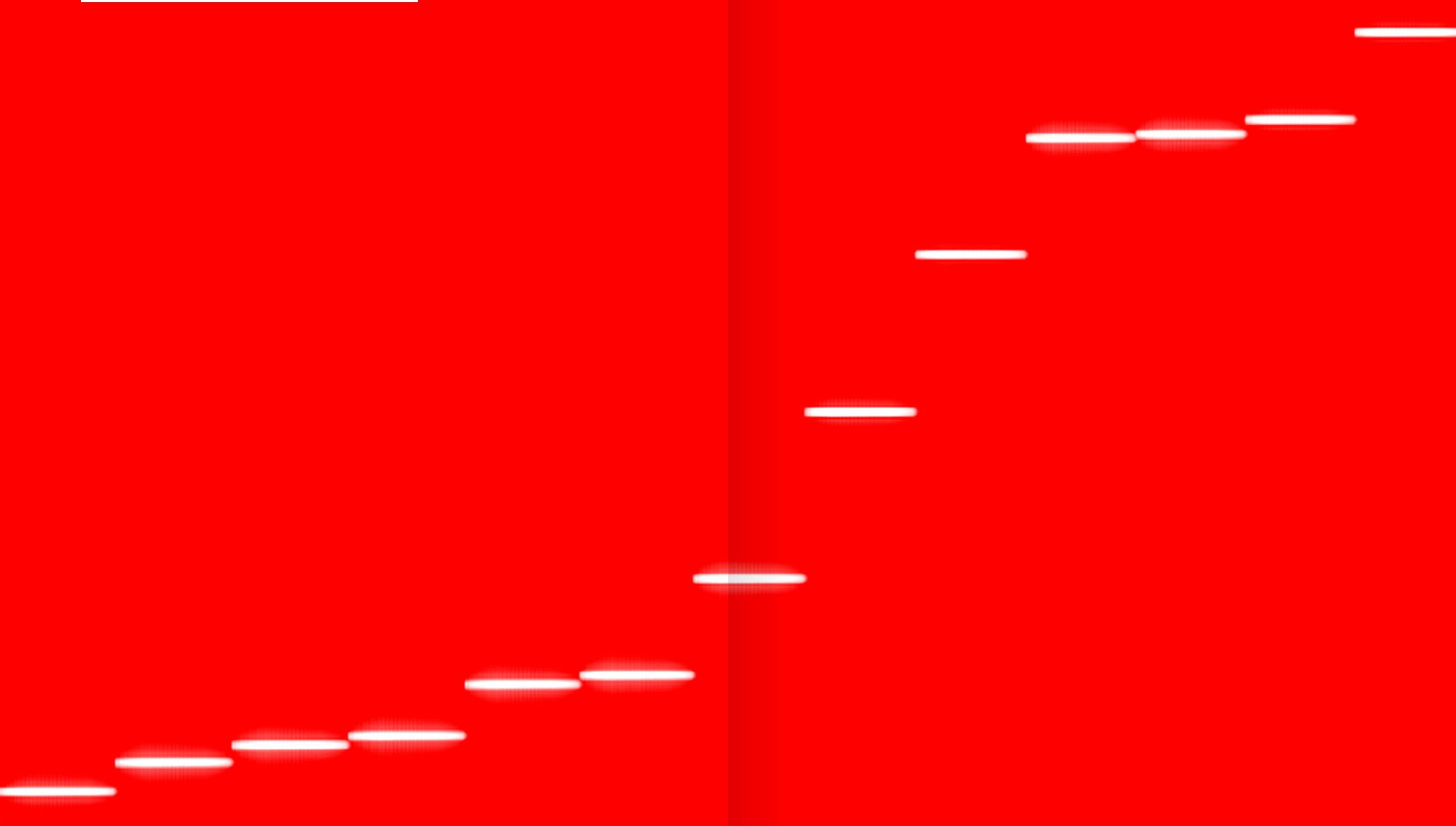
Exemple :

```
// Prime quintuplet: If {p-4, p, p+2, p+6, p+8} are
primes then it becomes a prime quintuplet.
// e.g. 7, 11, 13, 17, 19
```

```
[[97, 101, 103, 107, 109], [1867, 1871, 1873, 1877,
1879], [3457, 3461, 3463, 3467, 3469], [5647, 5651,
5653, 5657, 5659], [15727, 15731, 15733, 15737,
15739], [16057, 16061, 16063, 16067, 16069], [19417,
19421, 19423, 19427, 19429]] @=> int primes[][];
primes.cap() => int m;
primes[0].cap() => int n;
SinOsc s[m][n];
ADSR env[m][n];
5 => int t;
19 => int r;
```

```
for (0 => int i; i < m; i++){
  for (0 => int j; j < n; j++){
    env[i][j].set(19::ms, 0::ms, 1.0, r::second);
    primes[i][j] => s[i][j].freq;
    1.0/(m*n) => s[i][j].gain;
    s[i][j] => env[i][j] => dac;
    env[i][j].keyOn();
  }
  <<<primes[i][0], primes[i][1], primes[i][2],
primes[i][3], primes[i][4]>>>;
  t::second => now;
}
for (0 => int i; i < m; i++){
  for (0 => int j; j < n; j++){
    env[i][j].keyOff();
  }
}
r::second => now;
```

FIGURE 4
Sortie du sonagramme du Mode D.



Mode E : bruit

Catégorie de nombres premiers comptant des centaines de membres entre 20 et 20000.

La composition est un éclat de bruit générée par un balayage très rapide d'ondes sinusoïdales de différentes valeurs de fréquence dans un ordre aléatoire qui ralentit progressivement, révélant les composants individuels.

Exemple :

```
// Pythagorean primes: Primes of the form 4n + 1.  
// e.g.: 5, 13, 17, 29, 37, 41, 53, 61, 73, 89, 97,  
101, 20021
```

```
function void sweep(int p[]){  
  int f;  
  int d;  
  0 => int m;  
  p.cap()-1 => int n;  
  while(m <= n){  
    Math.random2(0, n) => f;  
    Math.random2(0, m) => d;  
    Math.random2f(-1, 1) => pan.pan;  
    p[f] => s.freq;  
    <<<p[f], ">>>;  
    d::samp => now;  
    m++;  
  }  
}
```

```
function void noise(int p1[], int p2[]){  
  int f;  
  int d;  
  p1.cap()-1 => int n;  
  p2.cap()-1 => int m;  
  now + 5::second => time segment;  
  while(now <= segment){  
    Math.random2(0, n) => f;  
    Math.random2(0, m) => d;  
    Math.random2f(-1, 1) => pan.pan;  
    <<<numbers[Math.random2(0, row-1)], ">>>;  
    p1[f] => s.freq;  
    p2[d]::samp => now;  
  }  
}  
  
[29, 37, 41, 53, 61, 73, 89, 97, 101, 109, 113, 137,  
149, 157, 173, 181, 193, 197, 229, 233, 241, 257, 269,  
277, 281, 293, 313, 317, 337, 349, 353, 373, 389, 397,  
401, 409, 421, 433, 449, 457, 461, 509, 521, 541, 557,  
569, 577, 593, 601, 613, 617, 641, 653, 661, 673, 677,  
701, 709, 733, 757, 761, 769, 773, 797, 809, 821, 829,  
853, 857, 877, 881, 929, 937, 941, 953, 977, 997,  
1009, 1013, 1021, 1033, 1049, 1061, 1069, 1093, 1097,  
1109, 1117, 1129, 1153, 1181, 1193, 1201, 1213, 1217,  
1229, 1237, 1249, 1277, 1289, 1297, 1301, 1321, 1361,  
1373, 1381, 1409, 1429, 1433, 1453, 1481, 1489, 1493,  
1549, 1553, 1597, 1601, 1609, 1613, 1621, 1637, 1657,  
1669, 1693, 1697, 1709, 1721, 1733, 1741, 1753, 1777,  
1789, 1801, 1861, 1873, 1877, 1889, 1901, 1913, 1933,  
1949, 1973, 1993, 1997, 2017, 2029, 2053, 2069, 2081,  
2089, 2113, 2129, 2137, 2141, 2153, 2161, 2213, 2221,
```

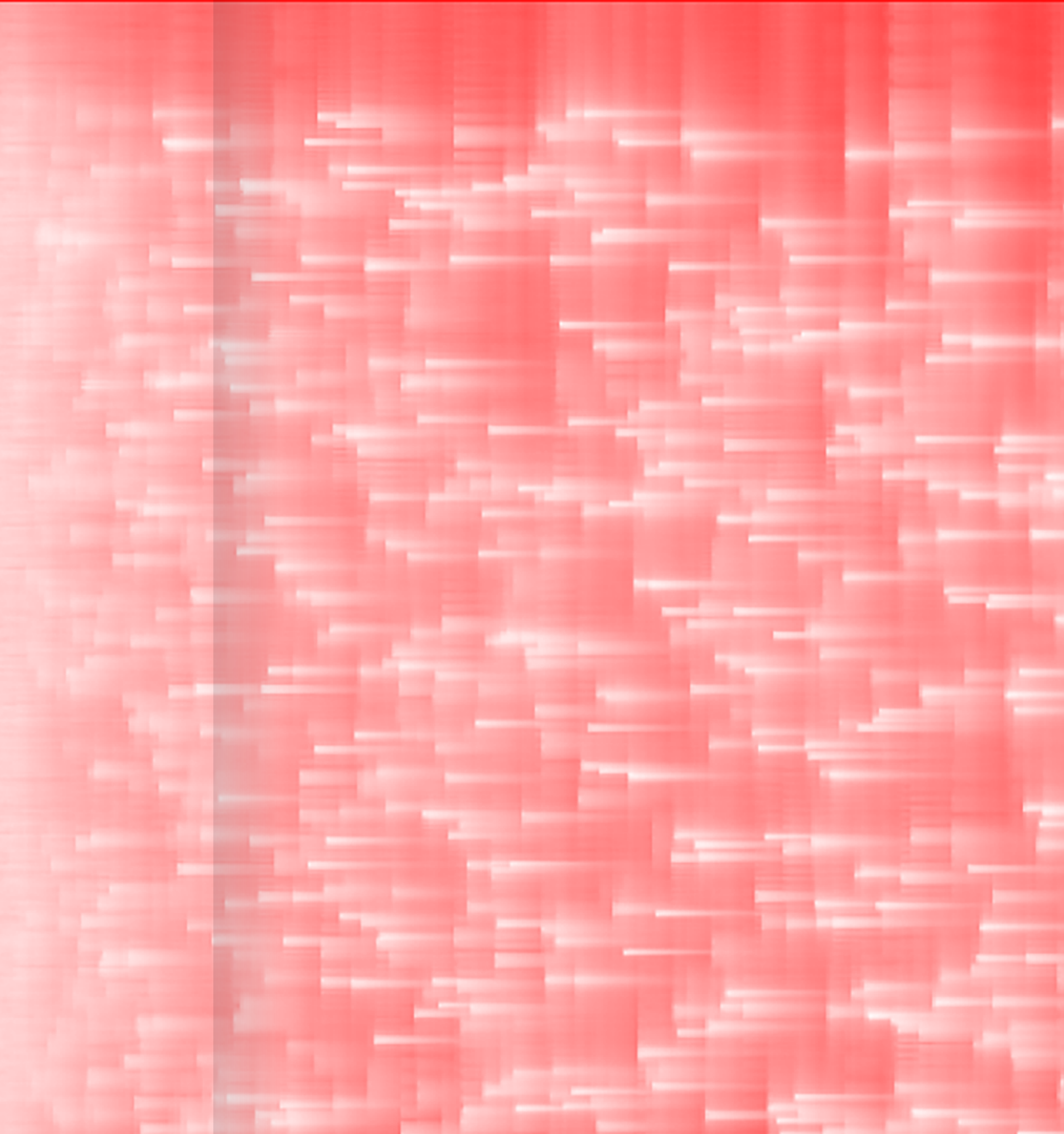

16061, 16069, 16073, 16097, 16141, 16189, 16193, 16217, 16229, 16249, 16253, 16273, 16301, 16333, 16349, 16361, 16369, 16381, 16417,
16421, 16433, 16453, 16477, 16481, 16493, 16529, 16553, 16561, 16573, 16633, 16649, 16657, 16661, 16673, 16693, 16729, 16741, 16829,
16889, 16901, 16921, 16937, 16981, 16993, 17021, 17029, 17033, 17041, 17053, 17077, 17093, 17117, 17137, 17189, 17209, 17257, 17293,
17317, 17321, 17333, 17341, 17377, 17389, 17393, 17401, 17417, 17449, 17477, 17489, 17497, 17509, 17569, 17573, 17581, 17597, 17609,
17657, 17669, 17681, 17713, 17729, 17737, 17749, 17761, 17789, 17837, 17881, 17909, 17921, 17929, 17957, 17977, 17981, 17989, 18013,
18041, 18049, 18061, 18077, 18089, 18097, 18121, 18133, 18149, 18169, 18181, 18217, 18229, 18233, 18253, 18257, 18269, 18289, 18301,
18313, 18329, 18341, 18353, 18397, 18401, 18413, 18433, 18457, 18461, 18481, 18493, 18517, 18521, 18541, 18553, 18593, 18617, 18637,
18661, 18701, 18713, 18749, 18757, 18773, 18793, 18797, 18869, 18913, 18917, 18973, 19001, 19009, 19013, 19037, 19069, 19073, 19081,
19121, 19141, 19157, 19181, 19213, 19237, 19249, 19273, 19289, 19301, 19309, 19333, 19373, 19381, 19417, 19421, 19429, 19433, 19441,
19457, 19469, 19477, 19489, 19501, 19541, 19553, 19577, 19597, 19609, 19661, 19681, 19697, 19709, 19717, 19753, 19777, 19793, 19801,
19813, 19841, 19853, 19861, 19889, 19913, 19937, 19949, 19961, 19973, 19993, 19997]

```
@=> int primes[];
primes.cap() => int n;
17 => int row;
string numbers[row];
for (0 => int i; i < row; i++){
    "" => numbers[i];
    for (0 => int j; j < Math.random2(0, row); j++){
        primes[Math.random2(0, n-1)] + " " + numbers[i] => numbers[i];
    }
}
```

SinOsc s => Pan2 pan => dac;

```
noise(primes, [5, 13, 17]);
sweep(primes);
```

FIGURE 5
Sortie du sonagramme du Mode E



Mode F : emblématique

Le nombre de membres entre 20 et 20000 peut varier en fonction de la catégorie.

La composition implique un degré plus élevé de prise de décision intuitive et vise à fournir une transcription sonore claire d'une caractéristique déterminante derrière la catégorisation spécifique des nombres premiers sur laquelle elle est basée.

Exemple :

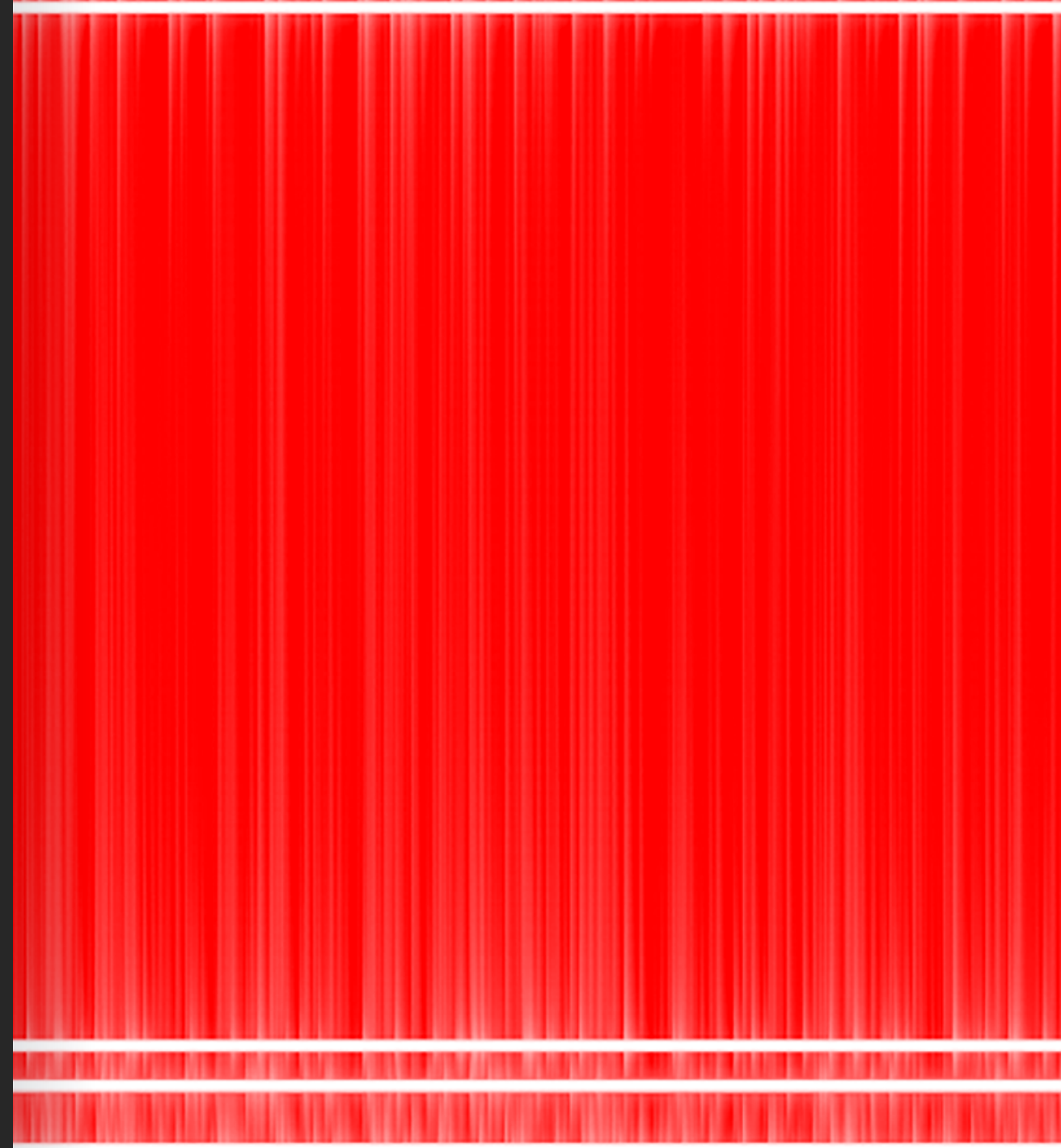
```
// Dihedral primes: Primes that remain prime when read  
upside down or mirrored in a seven-segment display.  
// e.g.: 2, 5, 11, 101, 181, 1181, 1  
811, 18181, 108881
```

```
[101, 181, 1181, 1811, 18181] @=> int primes[];  
primes.cap() => int n;  
SinOsc s[n];  
int r, t;
```

```
2::minute + now => time end;  
for (0 => int i; i < n; i++){  
  1.0/n => s[i].gain;  
  primes[i] => s[i].freq;  
  s[i] => dac; }
```

```
while(now < end){  
  Math.random2(0, n-1) => r;  
  Math.random2(0, 1) => t;  
  s[r].phase() + 0.5 => s[r].phase;  
  primes[t]::ms => now;  
  <<<primes[r], ">>>; }
```

FIGURE 6
Sortie du sonogrammed du Mode F



[IX]

L'ensemble de règles final et les modes de composition décrits ci-dessus ont été établis à l'issue de plusieurs cycles d'expérimentation et d'un processus itératif. Même si une part importante de la production est déterminée par des algorithmes et des règles génératifs, ces facteurs eux-mêmes ont été soumis à une boucle de rétroaction entre le compositeur et le résultat. Au cours du développement de la série, les compositions individuelles, les différents modes et l'ensemble de règles lui-même ont fait l'objet de divers changements et modifications. Au fur et à mesure de la mise à jour des règles et des processus, certaines catégories de nombres premiers ont été remplacées par d'autres, et certaines compositions ont été modifiées en termes de stratégies de correspondance ou de temporalité.

Comme dans tout processus créatif, de nombreuses décisions auraient pu être prises différemment, et de nombreuses autres possibilités auraient pu être explorées. L'itération finale du jeu de règles et des modes de composition reflète simplement le moment où j'ai été satisfait de la direction générale du projet. Une fois cette dernière itération fixée, j'ai commencé à nettoyer le code, en m'assurant qu'il était raisonnablement cohérent entre les différentes compositions et les différents modes de composition. Comme l'itération finale implique 47 catégories distinctes de nombres premiers, le processus de formatage et de relecture a demandé beaucoup de temps et de travail manuel. Une fois les compositions individuelles et leur ordre dans la série finalisés, j'ai opté pour deux formes de présentation différentes pour le résultat final : une version code et une version album.

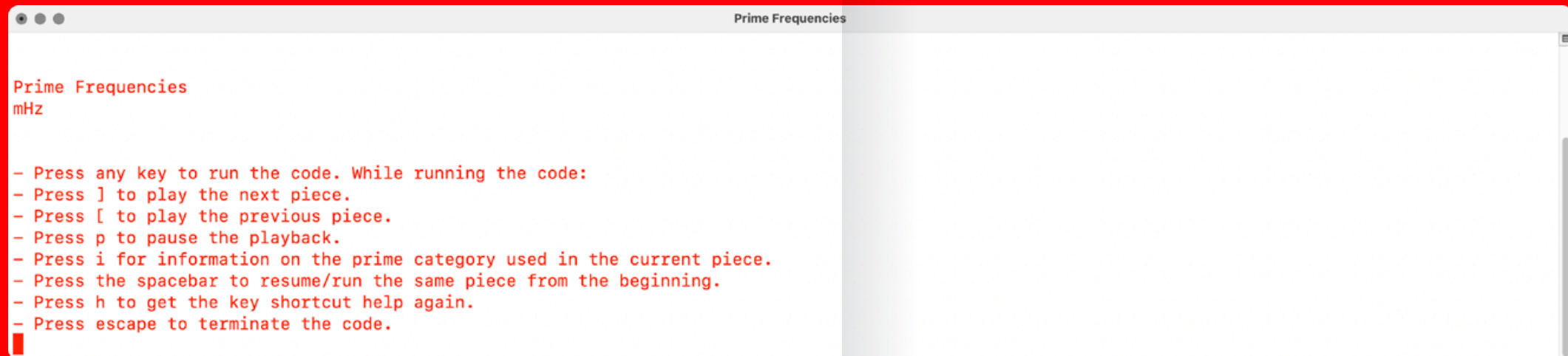
[Version code]

La version code comprend l'intégralité du code développé pour le projet, sans aucun autre traitement ou modification audio. À l'aide d'un ensemble d'instructions de base, le code peut être téléchargé et compilé en utilisant la ligne de commande de n'importe quel système d'exploitation (fig. 7). Une fois compilée, la série peut être écoutée de manière interactive en utilisant des raccourcis clavier pour naviguer entre les différents morceaux ou pour obtenir des informations sur la catégorie de nombres premiers spécifique sur laquelle chaque composition est basée.

La version codée comporte un accompagnement visuel composé des valeurs numériques des nombres premiers qui affichent les fréquences des ondes sinusoïdales activement audibles tout au long de l'œuvre. Ceci est fait pour renforcer le lien perceptuel entre les données et le son, tout en créant un lien à mon concept de brutalisme sonore : l'œuvre est conçue, développée et expérimentée en utilisant le même médium, où ce que vous voyez est ce que vous entendez et ce que vous entendez est ce que vous voyez. Le support et la matière première sont également exposés et intégrés dans le résultat final.

L'exécution du code s'effectuant en temps réel dans cette version, les pièces qui impliquent des paramètres aléatoires et des processus génératifs seront générées et expérimentées partiellement différemment à chaque fois qu'elles sont jouées. Compte tenu de l'absence de traitement audio supplémentaire, la sonification des fréquences premières dans la version codée est vécue de la manière la plus brute et la plus directe. Dans cette version, les capacités perceptives de l'appareil auditif de l'auditeur et le système de lecture audio qu'il utilise ajoutent une touche finale importante à la réception de l'œuvre.

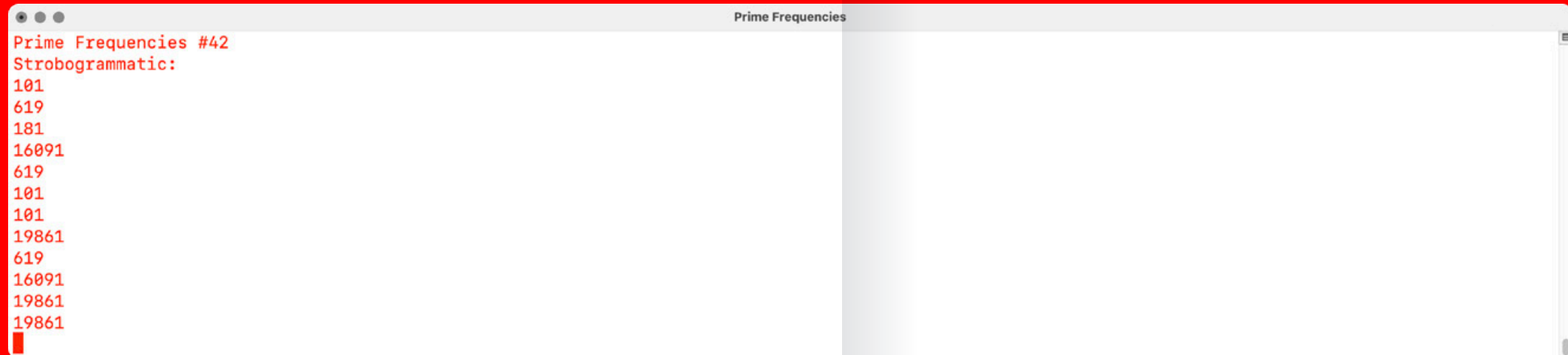
FIGURE 7
instructions de la version code de la pièce.



```
Prime Frequencies
mHz

- Press any key to run the code. While running the code:
- Press ] to play the next piece.
- Press [ to play the previous piece.
- Press p to pause the playback.
- Press i for information on the prime category used in the current piece.
- Press the spacebar to resume/run the same piece from the beginning.
- Press h to get the key shortcut help again.
- Press escape to terminate the code.
```

FIGURE 8
affichage visuel en temps réel composé des
valeurs numériques des nombres premiers



```
Prime Frequencies #42
Strobogrammatic:
101
619
181
16091
619
101
101
19861
619
16091
19861
19861
```

[Version Album]

La version album comprend un rendu unique du code avec un traitement audio de base et qui est destiné à des modes de distribution et d'écoute plus conventionnels. Comme le niveau de pression acoustique perçu des ondes sonores change radicalement en fonction de leur fréquence, cette version est destinée à fournir une expérience d'écoute plus standard. Compte tenu du fait que la série comporte des ondes sinusoïdales sur toute la gamme de fréquences audibles, y compris les fréquences extrêmement basses et élevées, une égalisation qui se rapproche d'un contour de niveau sonore égal [17] a été appliquée à toutes les pistes. Étant donné la diversité du contenu fréquentiel et du nombre de voix dans les différentes compositions, certains ajustements dynamiques ont également été effectués afin d'offrir une expérience d'écoute plus cohérente sur l'ensemble de l'album.

Bien que ces mesures visent à pallier certaines des différences considérables dans la perception des niveaux sonores de différentes fréquences, les limites inhérentes aux divers appareils de lecture, ainsi que celles de notre système auditif, jouent toujours un rôle majeur. L'utilisation de la gamme conventionnelle de 20 Hz à 20000 Hz est un choix conceptuel, symbolique et pragmatique, car toute modification potentielle appliquée à cette gamme serait soumise à un ensemble spécifique d'oreilles ou de haut-parleurs. Néanmoins, étant donné la gamme extrêmement large du contenu fréquentiel utilisé, la réception de nombreuses compositions serait encore influencée de manière substantielle par des environnements, des appareils ou des auditeurs différents. En d'autres termes, même si la version album est censée offrir une expérience plus cohérente en ce qui concerne la perception des sons de fréquences différentes par rapport à la version codée, cette cohérence accrue est loin d'être absolue. La composition intitulée *Quadruplets*, par exemple, implique un quadruplet d'ondes sinusoïdales dont les fréquences initiales sont 101 Hz, 103 Hz, 107 Hz et 109 Hz. À la fin de la pièce, les fréquences des oscillateurs

passent à 19421 Hz, 19423 Hz, 19427 Hz et 19429 Hz. Il va sans dire que ces ensembles de fréquences seraient perçus différemment, indépendamment de tout traitement audio. À un certain point, ce sont les matières premières elles-mêmes — les oscillateurs périodiques simple et la valeur numérique de leur taux d'oscillation — qui dictent le résultat.

[X]

Prime Frequencies est le résultat d'un processus de composition multicouche et itératif impliquant divers degrés d'outils et de techniques déterministes et indéterministes. L'œuvre s'inscrit dans une longue tradition de liens entre les mathématiques et la musique. De la série *datamatics* de Ryoji Ikeda à l'utilisation des chaînes de Markov par Iannis Xenakis, en passant par le concept du cercle des quintes — qui, par coïncidence, est lié aux nombres premiers — l'histoire de l'organisation du son est intimement liée à la science des nombres. Lorsque les mathématiques et la musique sont bien combinées, chacune d'entre elles peut nous aider à mieux apprécier l'autre. C'est certainement un objectif que j'espère avoir atteint avec ce projet.

Merci à Nicolas Bernier, Caroline Traube et Guillaume Boutard de m'avoir invité à contribuer à ce merveilleux projet. Merci à mon ami et collègue Jim Murphy pour sa contribution pendant le développement du projet. Et merci à mon amie Alma qui m'a suggéré l'idée de visiter l'exposition du Park Avenue Armory en cette chaude après-midi new-yorkaise. Cela valait vraiment la peine d'y jeter un coup d'œil.

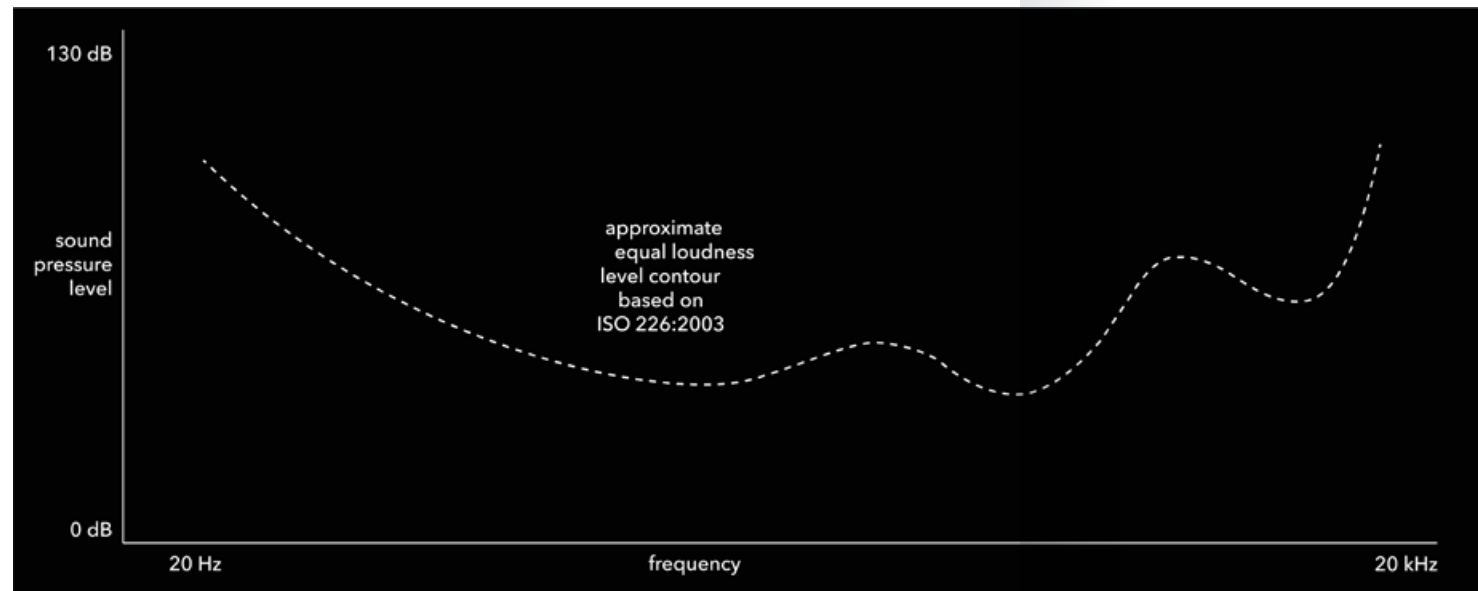


FIGURE 9:
le niveau de pression
acoustique change en
fonction de la fréquence
d'un son.

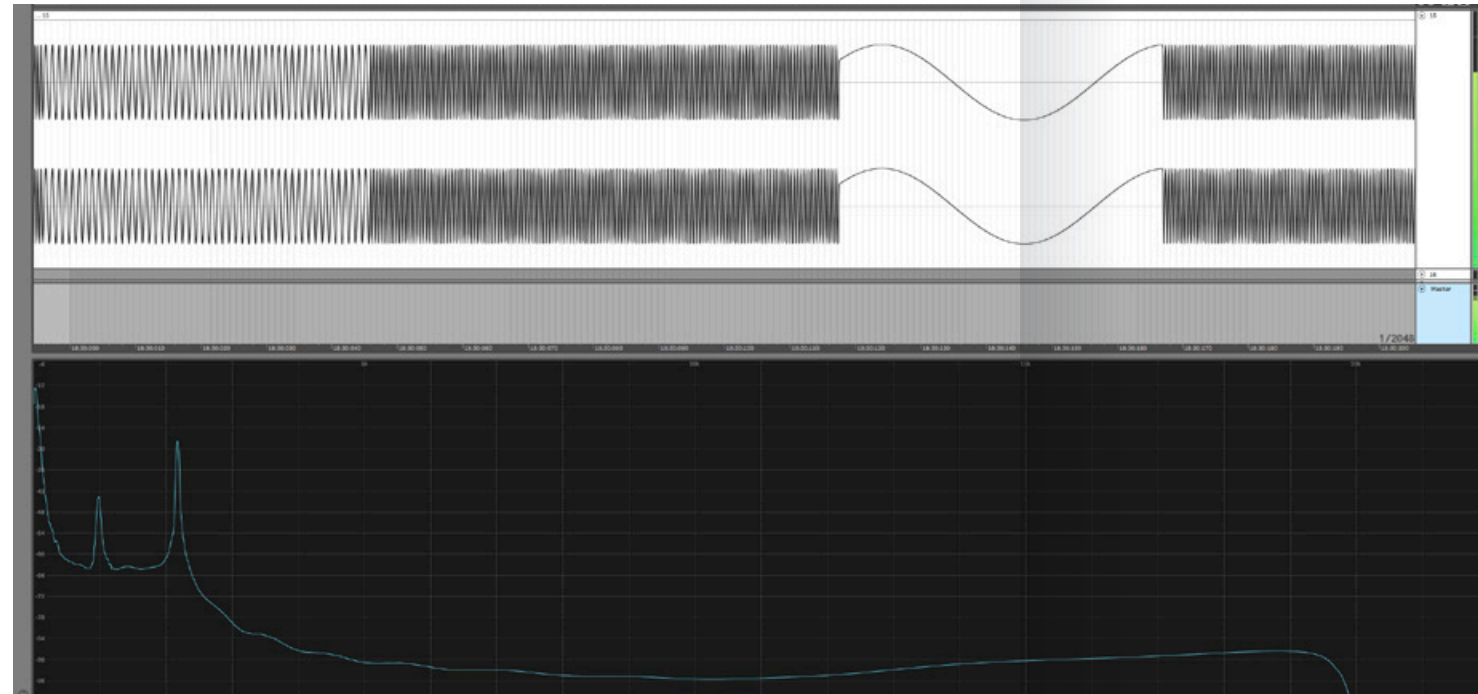


FIGURE 10:
La sortie de la version
du code passant par la
chaîne de signaux de
traitement audio pour
la version album de
l'œuvre.

[Bibliographie]

- [1] "Mo Zareei's Kinetic Sound Sculptures," *Streaming Museum*, Mar. 10, 2015. <https://www.streamingmuseum.org/post/mh-zareei> (accessed Sep. 14, 2021).
- [2] "Ryoji Ikeda - The Transfinite : Program & Events : Park Avenue Armory." https://www.armoryonpark.org/program_events/detail/ryoji_ikeda (accessed Sep. 14, 2021).
- [3] M. H. Zareei, "Channelisation of Noise through a Rhythmic Grid: Brutalist Mechatronic Sound-sculpture," PhD Thesis, Victoria University of Wellington, 2016. Accessed: Sep. 14, 2021. [Online]. Available: <http://researcharchive.vuw.ac.nz/handle/10063/5192>
- [4] M. H. Zareei, D. Mckinnon, D. A. Carnegie, and A. Kapur, "Sound-based Brutalism: An emergent aesthetic," *Organised Sound*, vol. 21, no. 1, pp. 51–60, Apr. 2016.
- [5] NEURAL, "Material Music, a Band of Matter" <http://neural.it/2021/01/material-music-a-band-of-matter/> (accessed Sep. 14, 2021).
- [6] "interference [dac] – Cross-medium light wave distortions," *CreativeApplications.Net*, Jun. 14, 2017. <https://www.creativeapplications.net/processing/interference-dac-cross-medium-wave-interference/> (accessed Sep. 14, 2021).
- [7] "Function, by mHz," *mHz*, <https://millihertz.bandcamp.com/album/function> (accessed Sep. 14, 2021).
- [8] H. Cowell, "The Joys of Noise," in *Audio Culture: Readings*

in Modern Music, C. Cox and D. Warner, Eds. 2004, pp. 22–24.

- [9] J. Derbyshire, *Prime Obsession: Bernhard Riemann and the Greatest Unsolved Problem in Mathematics*. Washington, DC: Joseph Henry Press, 2003.
- [10] M. Du Sautoy, *The music of the primes: searching to solve the greatest mystery in mathematics*. New York: HarperCollins, 2003.
- [11] D. G. Wells, *Prime Numbers: the Most Mysterious Figures in Math*. Hoboken, N.J: Wiley, 2005.
- [12] "El Patrón de los Números Primos: Prime Number Patterns." <https://www.jasondavies.com/primos/> (accessed Sep. 14, 2021).
- [13] G. Wang, "Chuck: A Strongly-Timed Music Programming Language." <https://ccrma.stanford.edu/software/chuck/> (accessed Sep. 14, 2021).
- [14] "The On-Line Encyclopedia of Integer Sequences® (OEIS®)." <https://oeis.org/> (accessed Aug. 31, 2021).
- [15] Prime-Numbers.info, "Prime Numbers Library," *Prime Numbers*. <https://prime-numbers.info/> (accessed Aug. 31, 2021).
- [16] "Category:Classes of prime numbers," *Wikipedia*. Mar. 18, 2013. Accessed: Aug. 31, 2021. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Category:Classes_of_prime_numbers&oldid=545168903
- [17] Y. Suzuki and H. Takeshima, "Equal-loudness-level Contours for Pure Tones," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 116, no. 2, pp. 918–933, Aug. 2004, doi: 10.1121/1.1763601.

**Cinq perspectives
sur l'onde
sinusoïdale dans
la création sonore
et musicale**

Mots by:
Guillaume Boutard
& Nicolas Bernier

Traduction par Kjel Sidloski

Résumé

Dans l'article *Sine Wave in Music and Sound Art: A typology of artistic approaches* (Bernier et al., 2023) nous avons proposé un cadre conceptuel pour contextualiser l'utilisation des ondes sinusoïdales dans la création sonore et musicale. En présentant les résultats d'une enquête à grande échelle, l'article résume la première phase du projet de recherche *Vers une esthétique de l'onde sinusoïdale*. La deuxième phase du projet s'appuie sur la commande de cinq créations sonores déployant différentes perspectives d'utilisation des ondes sinusoïdales dans la création sonore et musicale. Ces commandes comprenaient également un texte de chaque artiste. Dans le présent chapitre, nous proposons une analyse de ces textes en utilisant le cadre conceptuel de la première phase du projet.

Ainsi, nous naviguons dans les textes, trouvant des résonances entre les processus créatifs — des idées convergentes et divergentes qui illustrent le potentiel artistique de cet élément fondamental du son.

Introduction

1.

[www.zotero.org/
groups/2521746/
sine-references](http://www.zotero.org/groups/2521746/sine-references)

Le projet *Vers une esthétique de l'onde sinusoïdale* est un projet de recherche-crédation en deux phases. La première phase a abouti à un cadre conceptuel basé sur l'analyse d'une enquête en ligne menée en 2020. Ce cadre est présenté dans l'article *Sine Wave in Music and Sound Art : A Typology of Artistic Approaches* (Bernier et al., 2023). Parallèlement, nous avons créé une base de données bibliographiques¹ autour de l'idée de l'onde sinusoïdale en tant qu'élément fondamental de la pratique et de la théorie artistiques en création sonore. La base de données a été étiquetée en fonction du cadre conceptuel. En offrant ouvertement cette base de données

au public, nous souhaitons encourager d'autres projets créatifs — universitaires ou artistiques — qui prolongeront notre travail. À cet égard, le présent chapitre est un exemple de ce qui pourrait être fait en utilisant les résultats du projet.

Au cours de la deuxième phase qui fait l'objet du présent livre, cinq artistes ont été chargé.e.s de créer des œuvres basées sur l'onde sinusoïdale : Ryoko Akama, Hervé Birolini, Cathy van Eck, Émilie Payeur et Mo H. Zareei. Il leur a également été demandé d'écrire un texte discutant de l'œuvre qu'ils ont produite. Afin de laisser une liberté artistique, la seule exigence de la commande était de produire une œuvre dont l'onde sinusoïdale est l'élément central, tant sur le plan physique que conceptuel.

Chaque artiste entretient depuis un certain temps (d'où la commande) une relation particulière avec les ondes sinusoïdales dans son travail, que certain.e.s ont explicitement mentionnée dans leur texte. Par exemple, Hervé Birolini déclare que « l'onde sinusoïdale a souvent parcouru mes projets » — un exemple récent étant sa pièce *Hidden Artikulation* (2022). En revanche, Cathy van Eck dit « je n'aurais jamais pensé à créer une performance dédiée à l'onde sinusoïdale », sans l'exigence spécifique de la commande, même s'il s'agit d'un objet qu'elle a constamment utilisé.

L'objectif de ce chapitre n'est pas de présenter à nouveau le travail des artistes impliqué.e.s dans le projet, puisque cela est déjà clairement exprimé leurs idées dans leurs textes. Notre objectif est d'utiliser le cadre conceptuel de notre première phase de recherche pour projeter un réseau de résonances entre les œuvres, et ainsi déclencher les questions qui nous ont animés tout au long du projet. Nous pourrions dire que le présent texte produit métaphoriquement un effet de battement en juxtaposant ces multiples discours aux concepts plus larges développés au cours de la première phase.

Nous procédons donc à une analyse des textes fournis par les artistes — qui sont disponibles dans cette publication — en utilisant les catégories principales pertinentes présentées dans le cadre de la première phase : 1. Perspective ontologique; 2. Références scientifiques; 3. Références philosophiques; 4. Aspects psychologiques; 5. Aspects socioculturels; 6. Pratiques artistiques; 7. Approches esthétiques et 8. Processus créatif.

Bien que l'analyse de contenu soit basée sur l'ensemble du cadre conceptuel, nous présenterons ici les éléments saillants qui font émerger des convergences et divergences d'approches entre les œuvres.

Ontologique de l'onde sinusoïdale

Avant de passer à l'esthétique des ondes sinusoïdales, une discussion préalable importante de notre cadre concerne les propriétés inhérentes des ondes sinusoïdales que nous avons décrites comme la *perspective ontologique*. Ces propriétés sont indépendantes mais fondatrices du processus créatif. L'une des projections théoriques les plus classiques sur les ondes sinusoïdales est la notion de pureté, communément exprimée par les termes « tons purs » et « ondes pures ». Si Zareei est le seul artiste à avoir produit une œuvre utilisant uniquement des ondes sinusoïdales, il est intéressant de noter qu'il est également le seul à ne pas avoir fait de référence directe à la pureté dans son texte. Les termes sont utilisés à plusieurs reprises dans les textes des autres artistes.

Émilie Payeur et Cathy van Eck basent une grande partie de leur travail sur la remise en question de cette idée. Elles le font de manière très différente, mais toutes deux en discutent par mouvements de rapprochement et d'éloignement face à la notion de pureté. La question d'Émilie Payeur en est la meilleure illustration : « [Est-ce] possible de dénaturer une onde sinusoïdale? ». Ce défi est évoqué dans leurs deux textes, de manière théorique et pratique. Cathy van Eck remarque pragmatiquement qu'une onde sinusoïdale est impossible à percevoir car aucun processus de rendu n'est parfait. Émilie Payeur accueille ce principe et utilise l'idée de la technologie *low-fi* comme processus central pour

remettre directement en question l'idée de pureté. Il semble y avoir un effet de résonance entre ces deux textes et les œuvres qu'ils documentent. Alors que Payeur défie la pureté avec le *low-fi*, Cathy van Eck va dans la direction opposée, utilisant le traitement du signal pour générer une forme de pureté impossible. Elle propose une littéralité à l'idée de pureté, nettoyant la vague physiquement, métaphoriquement et avec humour, avec la simplicité d'un geste qui semble plus intuitif pour le public qu'elle ne le reconnaît.

Soulignons qu'aucune sous-catégorie ontologique issue de notre cadre conceptuel n'est présentée ici comme mutuellement exclusive, comme c'était le cas dans notre enquête et notre analyse. Souvent, de nouvelles questions émergent de leur juxtaposition, en particulier lorsque plusieurs textes interagissent sur ces dimensions. Par exemple, Cathy van Eck et Ryoko Akama associent toutes deux la pureté à la cyclicité dans leur discours. Alors que van Eck présente la cyclicité comme un frein à l'idée de pureté (en relation avec son rendu acoustique), pour Akama, elles sont coexistantes : « Une onde sinusoïdale, en d'autres termes, une sinusoïde, un ton pur ou un ton sinusoïdal, est une forme d'onde qui oscille périodiquement ». Considérant l'infinité des ondes sinusoïdales comme purement théorique, Cathy van Eck a eu l'idée d'un geste de salutation, un « au revoir sans fin », ramenant la cyclicité à la finitude de la performance.

D'autres sous-catégories ontologiques importantes de notre cadre sont présentes dans ces textes : l'*atomicité*, la *simplicité* et la *naturalité*. Cette dernière se rapporte à la dualité entre naturel et artificiel. Elle est discutée notamment par Payeur et van Eck dans le cadre d'un argument négatif, à savoir qu'elle n'existe pas dans la nature. Cette position contraste avec l'idée d'*atomicité* — l'onde sinusoïdale étant l'élément central du son, le plus petit élément en lequel nous pouvons décomposer le son. Bien qu'il semble paradoxal de contester le fait que les particules élémentaires, les atomes, font effectivement partie de la nature, du moins du point de vue du réalisme ontologique, nous devons considérer cette position d'un point de vue phénoménologique, comme une expérience qui n'existe nulle part, ce qui fait écho à la déclaration de van Eck sur la pureté.

Émilie Payeur ajoute une autre dimension discursive à la naturalité en portant son attention sur les *effets thérapeutiques*, une autre catégorie ontologique de notre cadre. Son texte n'est pas le seul à discuter de cette propriété. Ryoko Akama mentionne son côté négatif : « L'onde sinusoïdale est un monstre délicat, en particulier dans les hautes fréquences, et peut être physiquement et mentalement dérangeante lorsqu'elle est obstinément continue. » Payeur envisage l'effet inverse, en se référant à une longue tradition de recherche sur les effets curatifs des ondes, y compris la compositrice Ruth Anderson qui a eu cette ligne de pensée après avoir remarqué l'effet énergétique des ondes sinusoïdales sur ses étudiant.e.s (Hinkle-Turner, 2007, p. 31).

L'analyse de ces textes a attiré notre attention sur une dernière catégorie ontologique : la *potentialité*. Une fois de plus, les perspectives des artistes sont assez différentes les unes des autres. Pour Hervé Birolini, « les sinusoïdes recèlent pour elles-mêmes une étendue de possibilités qui reste encore à explorer », et pour Ryoko Akama, l'onde sinusoïdale est « simple, fragile et mutable », qualifiant leurs possibilités d'illimitées. Au contraire, le discours de Cathy van Eck se concentre sur leur manque de potentiel par rapport à un paramètre compositionnel spécifique : « l'onde sinusoïdale est un des sons les moins "liés à l'action" qui existent. » Néanmoins, van Eck a créé une œuvre où l'onde sinusoïdale est le résultat direct de l'action, montrant ainsi le potentiel de l'onde sinusoïdale en tant que matériau performatif.

L'onde sinusoïdale comme matériau du processus créatif

La manière la plus directe d'aborder ces œuvres est de mettre l'accent sur le matériel utilisé par les artistes pour produire des ondes sinusoïdales, tant sur le plan pratique que conceptuel.

La sélection d'une onde sinusoïdale signifie intrinsèquement la sélection d'une fréquence et l'exclusion des autres. Les stratégies déployées par les artistes sont donc primordiales pour comprendre le processus créatif dans son ensemble. La notion de paramètre (hauteur, durée, mouvement, etc.) a en effet été codée dans notre cadre comme une sous-catégorie de l'une des catégories principales, à savoir celle de *processus créatif*. Elle se rapporte notamment à tous les systèmes harmoniques, au sens large, discutés par les participants à l'enquête.

La question de la création de matériel pour la composition est un sujet classique d'analyse du processus créatif et a également été liée au choix des fréquences dans certains genres spécifiques de composition, que la source soit acoustique ou électronique. Dans le domaine acoustique, l'exemple paradigmatique serait la musique spectrale. Par exemple, Féron (2010) a examiné la célèbre analyse spectrale du trombone que Gérard Grisey a utilisée pour *Périodes* (1974) comme matériau de composition.

La base conceptuelle de la sélection des fréquences est discutée par plusieurs compositrices et compositeurs avec plus ou moins de précision, en fonction de sa prédominance dans le processus créatif. À une extrémité du spectre, Cathy van Eck déclare qu'aucun système harmonique n'est utilisé comme principe de sélection. Elle évite explicitement les relations

harmoniques et procède de manière empirique à la sélection précise de son matériau. À l'autre extrémité du spectre, Hervé Birolini et Mo H. Zareei fondent leur processus de sélection sur une source externe de valeurs qui ne laisse aucune place à la déviation, mais ajoute une nature interdisciplinaire à leur travail.

Birolini a infusé son travail d'une touche de sociologie des sciences et des technologies en utilisant l'histoire des fréquences du courant électrique. Son processus créatif s'inspire de son profond intérêt pour la vie de Nikola Tesla et des recherches qu'il a menées à ce sujet. L'historicisation des fréquences qui se manifeste dans ces processus créatifs apparaît également dans le travail de Zareei basé sur les nombres premiers. Le choix de Zareei d'utiliser les valeurs numériques des nombres premiers a une résonance historique indirecte avec Toshiro Mayuzumi qui a composé les pièces *Music for Sine Wave by Proportion of Prime Number* et *Music for Modulated Waves by Proportion of Prime Numbers*. Composées toutes deux en 1955, la première est basée sur *Studie I* de 1953 de Stockhausen (Loubet et al., 1997). Zareei intègre la recherche historique sur leur catégorisation dans son cadre, s'éloignant de l'emphase mathématique direct de Mayuzumi. Dans l'œuvre d'Émilie Payeur *Rebellion Against Establishment*, ce type de relation historique reste principalement dans le domaine musical — sociologie de la musique et musicologie. En effet, cette œuvre de Payeur porte sur le diapason de concert le plus célèbre : 440 Hz. En termes de matériau pour le processus créatif, il y a ici un parallèle à faire avec le mouvement *Accidents/harmoniques* de la pièce *De Natura Sonorum* composée par Bernard Parmegiani (voir Thomas et al., 1990, p. 44), ainsi qu'avec le travail de Nicolas Bernier (Bernier, 2019) ou encore avec l'utilisation par Ryoji Ikeda de l'histoire du diapason dans la pièce *A* (2000). Cela est d'ailleurs un objet d'étude approfondie par la musicologue Fanny Gribenski (2023). Cependant, le processus créatif de Payeur s'accompagne d'une revendication et d'un acte de « désacralisation », basé sur la pollution du paramètre de hauteur. Cet acte intègre une dimension d'archéologie des médias à son travail autour des technologies qui s'entravent et à sa réflexion sur la mémoire et la technologie.

Dans l'œuvre d'Émilie Payeur, *Sacred Space #1: Healing Machine for a Plant*, les fréquences sont reliées à leurs vertus,

apportant une ontologie complètement différente quant aux effets thérapeutiques attribués à des fréquences spécifiques, dont nous avons parlé plus haut. Dans cette œuvre, le choix se porte sur un 285 Hz soigneusement contextualisé. Dans ses deux œuvres, tout est déployé à partir d'une seule fréquence, plutôt qu'à partir d'un système comme les autres artistes, une fréquence qui fonctionne sur un mode complètement différent dans chaque œuvre.

Ryoko Akama s'écarte de ces discussions et conceptualisations de l'intention artistique en évitant toute discussion formelle sur la hauteur. Cela est d'autant plus frappant dans son texte qu'elle explicite de nombreux autres éléments paramétriques de son travail : la tension, la température, la longueur, la largeur et la hauteur physique. Cette démarche s'inscrit dans un discours complexe sur la relation entre le processus artistique et la recherche scientifique et résonne avec sa déclaration initiale : « *Inefficient Ways to Comprehend The Matter (iwtcm)* ne traite pas des ondes sinusoïdales, ni d'une esthétique de l'onde sinusoïdale, mais vise plutôt d'aller vers une esthétique de l'onde sinusoïdale. »

Postures esthétiques : scientifique, minimaliste et dualiste.

En analysant ces textes d'artistes à la lumière de notre cadre initial, le paradigme esthétique dominant — présent dans la plupart des textes sans être nécessairement le seul — discuté par les artistes semble être ce que nous avons appelé la *posture scientifique*. Il est important de rappeler que notre taxonomie est une construction issue d'une analyse inductive de données d'enquêtes qualitatives qui s'est efforcée de représenter au mieux les données par les méthodes de codage méthodologique de la théorie ancrée. Conformément à notre position épistémologique, il ne s'agit en aucun cas d'une représentation de la réalité idiosyncrasique de la pratique artistique, mais d'un cadre permettant d'appréhender cette complexité. La catégorie *posture scientifique* est un bon exemple de l'étendue de la discursivité au sein d'une seule catégorie, y compris des arguments niant la catégorie elle-même et qui participent néanmoins à sa construction.

Plusieurs des artistes mandaté.e.s ont ancré leur processus créatif dans leur formation universitaire — notamment Mo H. Zareei, en relation avec la discipline de la physique. Zareei fait plusieurs déclarations qui explicitent sa relation avec la *posture scientifique* : « mes œuvres explorent généralement des concepts qui sont enracinés ou dirigés par un principe physique ou scientifique. »

S'il n'y a pas de validation formelle dans le texte d'Hervé Birolini, le lien scientifique reste présent, qu'il s'agisse de son approche de l'histoire des sciences ou de l'état d'esprit dont il témoigne : « Dans *Ozone*, j'étais presque chimiste. » La relation la plus directe de Birolini avec la *posture scientifique* est méthodologique, comparant sa méthode empirique de navigation dans la synthèse additive au processus créatif de Nikola Tesla : « Opérant moi aussi par tâtonnement dans la composition de la pièce ». Bien qu'il n'y ait pas de relation spécifique à la *posture scientifique* dans le texte de Cathy van Eck, selon notre analyse, nous trouvons des éléments discursifs de la communication scientifique dans la manière dont elle présente la question de recherche qui sous-tend son travail performatif : « Cette performance est devenue pour moi une question de recherche : comment puis-je associer des mouvements physiques à un son sinusoïdal qui, par nature, est généré électroniquement et ne nécessite aucun mouvement physique de la part de l'interprète? »

Prenant ses distances avec la science, Ryoko Akama met en valeur le jeu, l'ambiguïté, l'imprécision, le doute, le hasard et l'inefficacité pour s'opposer à la science. Même si elle dédaigne de manière ludique les disciplines scientifiques : « Dans la vie de tous les jours, la psychoacoustique est plus complexe qu'une expression simple comme "perception auditive" », son discours intègre des références scientifiques ou des formes discursives inspirées de la science, comme par exemple : « Comme le son, la chaleur est un événement qui transfère de l'énergie thermique entre les molécules (du chaud au froid). La température est l'énergie moléculaire cinétique moyenne à un moment donné. » En tant que telle, elle s'inscrit dans la catégorie *posture scientifique* de notre cadre, qui, comme son titre l'indique, ne se limite pas à une esthétique scientifique directe, mais accueille ces formes discursives dialectiques qui équilibrent la science et la non-science. De ce point de vue, les ondes sinusoïdales semblent être l'objet compositionnel parfait pour questionner la *posture scientifique*. L'ambiguïté de leur statut ontologique — à la fois naturel et artificiel — et leur relation à l'histoire de la science et de la technologie soutiennent des processus créatifs tels que celui d'Émilie Payeur, dont la deuxième

pièce navigue explicitement entre science et spiritualité, par opposition à Akama, qui les réunit. S'appuyant sur des disciplines académiques et non académiques, le discours de Payeur est également rempli de références scientifiques, telles que les noms scientifiques des plantes qu'elle utilise, et en relation avec ses études, les principes de l'acoustique des salles, la chimie directe et indirecte, et les références socio-anthropologiques.

Aucune approche esthétique n'est indépendante des autres catégories que nous avons construites. Encore une fois, le fait de qualifier ces perspectives comme des postures plutôt que comme des esthétiques renforce cette idée. Zareei relie ontologiquement la *posture minimaliste* et la *posture scientifique* : « au fond, tout comme les ondes sinusoïdales, les nombres premiers sont les entités les plus simples, les plus élégantes et les plus fondamentales au sein de leurs systèmes respectifs. » Une relation similaire entre ces deux postures émerge chez Payeur. Alors que Zareei établit ce lien minimaliste entre les ondes sinusoïdales et les nombres premiers, Payeur les compare à la ligne droite de la géométrie — l'algèbre contre géométrie. Elle se réfère aussi explicitement à l'essence minimaliste des ondes sinusoïdales : « J'aime tout particulièrement leur minimalisme. » Si le minimalisme en tant que genre musical n'est pas abordé dans son texte, contrairement à Zareei, il est pleinement inclus dans son approche esthétique : « L'œuvre propose une expérience sonore réduite à sa plus simple expression. »

La troisième posture de notre cadre est la *posture dualiste*, qui présente l'opposition naturel/artificiel brièvement mentionnée dans la discussion de la *perspective ontologique*. Du point de vue métaphorique, nous trouvons des éléments de cette posture dans plusieurs processus créatifs documentés dans les cinq textes. Birolini et Payeur font toutes les deux référence à la convergence des sons de la nature et des sons générés, avec le cas spécifique des sons ressemblant à ceux d'un oiseau, comme l'exprime Payeur. Ces « oiseaux » sont également l'un des éléments dont Birolini parle dans son processus de découverte. La direction théorique des deux artistes, telle qu'elle est exprimée dans leurs textes, est assez différente. Payeur détaille ses techniques

utilisant LFO et VCO, l'artificiel générant le naturel. Birolini présente le naturel, les oiseaux, comme des oscillateurs complexes. Sa *posture dualiste* s'exprime dans la comparaison entre le primaire et le primitif : « je tente de faire le lien entre l'aspect primaire des ondes et l'aspect primitif mais complexe de la nature. »

Intersections des outils et des techniques

Deux catégories philosophiques de notre cadre s'entrecroisent dans les cinq textes des artistes commandité.e.s : les relations *humain-machine* et *humain-monde*. Nous discutons ici de la manière dont elles sont liées ou divergentes, en nous basant principalement sur le travail de Gilbert Simondon.

La discussion de Mo H. Zareei sur les processus génératifs et la délégation des décisions de composition aux algorithmes se rapporte à la catégorie *humain-machine*. Dans son approche, il joue un rôle de superviseur qui, « maintient l'équilibre entre les processus algorithmiques prédéterminés et basés sur le hasard et [sa] propre volonté compositionnelle guidée par [ses] inclinations et préférences esthétiques ». Cet acte de supervision rappelle le processus décrit par Simondon (1989) où un.e agent.e humain.e agit comme un « milieu associé des divers outils » (p. 77) assurant la distribution des tâches et l'autorégulation. La synthèse poétique de Simondon sur la relation *humain-machine* est ici pertinente : « Ce qui réside dans les machines, c'est de la réalité humaine, du geste humain fixé et cristallisé en structures qui fonctionnent » (p. 12). Zareei est le plus explicite quant à sa relation avec la technologie, dans le sens où il détaille le processus de sélection et élargit sa discussion sur la technologie et le processus

créatif en y incluant les sujets abordés plus haut, en particulier l'esthétique. La présentation de son processus inclut une discussion très révélatrice sur les possibilités d'écrire de la musique sous forme de code avec ChuckK en comparaison avec des langages de programmation visuels comme Max/MSP. Zareei parle également de son individualisation technique et de la manière dont elle s'inscrit dans un certain milieu technique, rappelant une fois de plus Simondon.

Dans notre cadre, *outils technologiques* est une sous-catégorie de la catégorie plus large *processus créatif*. Certains de ces outils sont présents dans les textes des cinq artistes. Parmi les plus cités dans l'enquête, nous trouvons des langages de programmation, tels que Max/MSP (Zareei, van Eck), ou des oscillateurs (Birolini) et des synthétiseurs (Payeur). La gamme d'outils n'est cependant pas limitée aux appareils dédiés à la musique. L'inclusion d'éléments de prothèses auditives dans l'œuvre d'Akama est certainement l'outil le plus exotique dans la représentation des relations *humain-machine* héritées du processus créatif. Cependant, en les utilisant pour produire des sinusoïdes par le biais de boucles de rétroaction, nous pouvons relier son processus à une méthode de production plus traditionnelle, mentionnée également par Payeur, qui utilise des techniques *no-input* depuis longtemps. Les boucles de rétroaction, ainsi que les rythmes, sont probablement les techniques de production les plus représentées dans ces textes, mais la variété des outils utilisés rend la comparaison intéressante : microphones et haut-parleurs pour Birolini, appareils auditifs et bocal en verre pour Akama, et *no-input* pour Payeur.

La discussion susmentionnée de Payeur sur son utilisation de la bande magnétique comme métaphore de la mémoire, indépendamment de la pratique archivistique et de l'histoire orale, s'inscrit également dans la catégorie *relation humain-machine*. La comparaison de Payeur entre l'esprit et la machine rappelle l'analogie esprit-ordinateur faite par le cognitivisme, surtout si l'on considère le rôle que la bande magnétique a joué dans l'histoire technologique de la mémoire informatique et de la photo numérique (le premier appareil photo numérique enregistré en effet des données sur une

bande). Comme le rappellent Dubois *et al.* (2021) dans leur analyse critique du cognitivisme : « *The "digital revolution" and the impressive development of computers support the continuation of the tradition of transferring knowledge of the physical world as metaphors for models of humans and evaluating human performances along those provided by artificial instruments*¹ » (p. 34). La principale différence entre la métaphore cognitiviste et le texte de Payeur réside dans la directionnalité, puisque la bande est présentée comme un outil imitant la mémoire, mettant ainsi l'accent sur l'échec plutôt que sur la reproduction et la prévisibilité. La métaphore de la technologie analogique est donc appropriée, mais la discussion de Payeur sur la perspective de la relation *humain-machine* est plus large que l'analogie cognitiviste.

Simondon (1989) a soutenu : « Prenons ce cas de ce que l'on nomme la mémoire. En laissant de côté toutes les assimilations mythologiques des fonctions vitales aux fonctionnements artificiels, on peut dire que l'humain et la machine présentent deux aspects complémentaires d'utilisation du passé » (p.120), c'est-à-dire la conservation (sans structure ni forme) pour les machines et la sélection des formes pour les humains : « La mémoire de la machine triomphe dans le multiple et dans le désordre; la mémoire humaine triomphe dans l'unité des formes et dans l'ordre » (p. 122). Payeur, selon nous, utilise la machine pour critiquer la dichotomie de Simondon entre conservation et forme, en mettant l'accent sur la machine en tant qu'objet, quintessence de la forme, à travers l'utilisation de l'onde sinusoïdale comme représentation symbolique de la hauteur de référence standard du La 440. Pour Bernard Stiegler (1998), s'appuyant sur André Leroi-Gourhan, la technique elle-même est avant tout une mémoire, qu'il qualifie d'épiphylogénétique (par distinction avec la mémoire biologique, génétique et épigénétique). L'idée de phylum, de transmission d'un objet hautement symbolique, est présente dans le texte de Payeur. En considérant la perspective de Stiegler sur la technique, le processus de désacralisation de la hauteur de référence standard par Payeur en utilisant une technologie défailante désacralise la mémoire elle-même. En utilisant les ondes sinusoïdales comme révélateur, son interprétation de la relation *humain-machine* invite la relation *humain-monde* dans la discussion. Alors que Za-

1. [Traduction]

La « révolution numérique » et l'impressionnant développement des ordinateurs soutiennent la poursuite de la tradition du transfert des connaissances du monde physique comme métaphores pour les modèles de l'humain et l'évaluation des performances humaines parallèlement à celles fournies par les instruments artificiels.

reei reste dans le domaine technique, Payeur s'appuie sur ce que Simondon a décrit comme deux phases de la relation *humain-monde*. Pour Simondon (1989) :

« [...] la technicité est une des deux phases fondamentales du mode d'existence de l'ensemble constitué par l'humain et le monde. [...] Nous supposons que la technicité résulte d'un déphasage d'un mode unique, central et originel d'être au monde, le mode magique; la phase qui équilibre la technicité est le mode religieux. Au point neutre, entre technique et religion, apparaît au moment du dédoublement de l'unité magique primitive la pensée esthétique : elle n'est pas une phase, mais un rappel permanent de la rupture de l'unité du mode d'être magique, et d'une recherche d'unité future. » (p.160)

Public, perception et processus créatif

Une dernière catégorie de notre cadre que nous pensons utile de discuter en ce qui concerne l'analyse de ces textes est la catégorie *Aspects psychologiques*, dans laquelle nous avons codé la relation au public. Au-delà des effets psychoacoustiques souvent discutés avec l'utilisation des ondes sinusoïdales (en relation avec les phénomènes de battement et l'acoustique des salles), plusieurs artistes discutent et questionnent leurs expériences sensorielles et théoriques de leurs œuvres.

Cathy van Eck commence son texte par une remarque ontologique que nous avons évoquée plus haut, affirmant que l'onde sinusoïdale est « l'un des sons les moins "liés à l'action" ». Elle termine par une question de recherche-crédation : « comment puis-je associer des mouvements physiques à un son sinusoïdal qui, par nature, est généré électroniquement et ne nécessite aucun mouvement physique de la part de l'interprète? » Le lien entre les compétences, les gestes et la perception dans le traitement numérique fait l'objet d'une littérature abondante. Michael Gurev-

ich (2014) mentionne que « *Perhaps the most pervasive challenge in the literature surrounding the nascent field of "new interfaces for musical expression" (NIME) is in addressing the notion that interactive digital music systems ("new" seems to imply "digital"), by virtue of functionally separating human action from the sound-producing mechanism, limit the potential for skilled practice and human expression that are associated with conventional acoustic instruments*² » (p. 318). Une partie de cette littérature traite de la communicabilité du processus, que van Eck aborde également dans son texte, en reliant l'argument ontologique au processus créatif et à son effet sur le public, à l'instar de la discussion de Leman (2010) sur la relation entre une « *action-oriented ontology* (ontologie orientée vers l'action) » et le reflet de l'écoute incarnée par une « *second-person perspective* (perspective à la deuxième personne) ».

Ryoko Akama, quant à elle, parle de l'expérience sensorielle de manière holistique : « J'utilise le terme *expérience*, car il n'y a pas que l'*audition* et l'*écoute* lorsque je travaille avec des ondes sinusoïdales. La perception, la vision, les sensations et les émotions s'additionnent pour former une expérience globale. » Cette position fait écho à l'étude de la « *holistic complexity of sensory experience "in the wild"*³ » (Howes, 2021, p. 5) que Dubois et al. (2021, p. 336), notamment, ont développée à travers leur étude et leur conceptualisation de l'holisensorialité. Comme l'expliquent Dubois et al. (2021, p. 348), « *wild* (sauvage) », en référence aux travaux de l'anthropologue Edwin Hutchins, ne signifie pas « *natural* (naturel) » mais oppose les contextes de vie réelle aux contextes de laboratoire pour la recherche empirique, ce qui est la question générale posée par la notion de validité écologique en recherche. De ce point de vue, il semble intéressant d'opposer le texte de Ryoko Akama à celui de Mo H. Zareei, dont l'approche de la perception rappelle davantage le laboratoire en termes de contrôle et d'isolement des paramètres : « Comme le niveau de pression acoustique perçu des ondes sonores change radicalement en fonction de leur fréquence, [la version album] est destinée à fournir une expérience d'écoute plus standard. » Cette position semble cohérente avec la posture esthétique décrite précédemment. Akama met l'accent sur la

2. [Traduction]

le défi peut-être le plus omniprésent dans la littérature entourant le domaine naissant des "nouvelles interfaces pour l'expression musicale" (NIME) est d'aborder la notion selon laquelle les systèmes musicaux numériques interactifs (« nouvelles » semble impliquer le terme "numérique"), en vertu de la séparation fonctionnelle de l'action humaine du mécanisme de production du son, limitent le potentiel de pratique experte et d'expression humaine qui sont associés aux instruments acoustiques conventionnels.

3. [Traduction]

complexité holistique de l'expérience sensorielle 'dans la nature'.

perspective opposée, à savoir les idiosyncrasies de l'expérience sensorielle dans la nature : « je ne cherche pas à contrôler la façon dont le public voit, entend ou perçoit », et l'engagement avec l'œuvre qui crée une composition unique. Akama propose en effet une réflexion sur l'expérience du temps : « pour appréhender mon intention « vers » une esthétique de l'onde sinusoïdale, il faut s'engager plus longtemps et saisir chaque moment éphémère seul dans l'espace. » Elle relie ensuite cette expérience à ce que nous avons appelé la *posture minimaliste* : « Mon travail consiste à "se faire découvrir". Il n'est jamais audacieusement expressif ou impressionnant. S'il n'y a pas assez de temps, on peut passer à côté sans faire d'expérience, ce qui est aussi une belle expérience en soi. ».

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons effectué une analyse de contenu des textes décrivant les approches de cinq artistes concernant l'onde sinusoïdale dans la musique et l'art sonore. L'objectif premier de cette analyse était de mettre en évidence un ensemble de thèmes issus du développement d'un cadre conceptuel sur le sujet. Le deuxième objectif était de proposer une triangulation, sur le plan méthodologique, par rapport aux deux phases du projet de recherche. Le troisième objectif était d'apporter une approche méthodologique originale à l'étude des œuvres électroacoustiques. Dans cette analyse, nous nous sommes concentrés sur les dimensions où la pluralité des approches de composition apparaissait le plus clairement. Cette analyse pourrait être approfondie, en particulier en ce qui concerne la revue de la littérature développée au cours du projet; cependant, le résultat de ce projet représente une enquête prometteuse sur la polyvalence de l'onde sinusoïdale en tant que matériau pour le processus créatif.

Remerciements

Nous tenons à remercier les artistes participant.e.s pour leur contribution et leur implication dans ce projet : Ryoko Akama, Hervé Birolini, Émilie Payeur, Cathy van Eck et Mo H. Zareei. David Piazza pour la coordination de la publication. Kjel Sidloski pour la révision et la traduction, David Piazza à la coordination et Florence Simard à la mise en page. Ce projet a été financé par le Fonds de recherche du Québec - société et culture (FRQ-SC).

Bibliographie

Bernier, N., Bernard, D., Leblanc, Marie-Hélène, & Simon, Damien. (2019). *Sur le diapason – Autour d'un cycle de création, entre son, science et lumière*. Les presses du réel. https://www.worldcat.org/title/sur-le-diapason-autour-dun-cycle-de-creation-entre-son-science-et-lumiere/oclc/1134652546&referer=brief_results

Bernier, N., Boutard, G., Traube, C., Schorpp, E., Bellemare, L., & Drouin-Trempe, V. (2023). Sine Wave in Music and Sound Art: A typology of artistic approaches. *Organised Sound*, 28(1), 1-13. <https://www.doi.org/10.1017/S1355771822000590>

Bernier, N., Boutard, G., Traube, C., Schorpp, E., Bellemare, L., & Drouin-Trempe, V. (in press). Sine Wave in Music and Sound Art: A Typology of Artistic Approaches. *Organised Sound*.

Dubois, D., Cance, C., Coler, M., & Paté, A. (2021). The five senses and the cognitivist approach to perception. In *Sensory Experiences: Exploring meaning and the senses* (pp. 23-66). John Benjamins Publishing Company.

Dubois, D., Cance, C., Coler, M., Paté, A., & Guastavino, C. (2021). *Sensory Experiences: Exploring meaning and the senses*. John Benjamins Publishing Company.

Féron, F.-X. (2010). Sur les traces de la musique spectrale: Analyse génétique des modèles compositionnels dans "Périodes" (1974) de Gérard Grisey. *Revue de Musicologie*, 96(2), 411-443.

Gribenski, F. (2023). *Tuning the World: The Rise of 440 Hertz in Music, Science, and Politics, 1859-1955*. University of Chicago Press.

Gribenski, F. *Tuning the World: The Rise of 440 Hertz in Music, Science, and Politics, 1859-1955*. University of Chicago Press.

Gurevich, M. (2014). Skill in Interactive Digital Music Systems. In K. Collins, B. Kapralos, & H. Tessler (Eds.), *The Oxford Handbook of Interactive Audio* (pp. 315-332). Oxford University Press.

Hinkle-Turner, E. (2007). *Women Composers and Music Technology in the United States: Crossing the Line*. Ashgate Publishing, Ltd. https://www.worldcat.org/title/women-composers-and-music-technology-in-the-united-states-crossing-the-line/oclc/728949673&referer=brief_results

Howes, D. (2021). Prologue: Making sense of and with the senses. In D. Dubois, C. Cance, M. Coler, A. Paté, & C. Guastavino (Eds.), *Sensory Experiences: Exploring meaning and the senses* (pp. 1-7). John Benjamins Publishing Company.

Leman, M. (2010). Music, Gesture, and the Formation of Embodied Meaning. In R. I. Godøy & M. Leman (Eds.), *Musical Gestures: Sound, Movement, and Meaning* (pp. 126-153). Routledge.

Loubet, E., Roads, C., & Robindoré, B. (1997). The Beginnings of Electronic Music in Japan, with a Focus on the NHK Studio: The 1950s and 1960s. *Computer Music Journal*, 21(4), 11-22. <https://doi.org/10.2307/3681132>

Simondon, G. (2017). *On the mode of existence of technical objects* (C. Malaspina & J. Rogove, Trans.; First edition). Univocal Publishing.

Stiegler, B. (1998). Leroi-Gourhan: L'inorganique organisé. *Les cahiers de médiologie*, 6(2), 187-194. <https://doi.org/10.3917/cdm.006.0187>

Thomas, J.-C., Mion, P., & Nattiez, J.-J. (1990). *L'Envers d'une oeuvre: De natura sonorum de Bernard Parmegiani*. Buchet-Chastel.

About the authors / Les autrices et auteurs

Ryoko Akama
<https://ryokoakama.com>

Ryoko Akama is a Japanese-Korean artist working in installation, performance, and composition. Interested in non-Western cultural thought and perception, her artistic practice examines the environment, architecture, cause-and-effect phenomena, and sociological structures.

Ryoko Akama est une artiste nipponne-coréenne travaillant l'installation, la performance et la composition. Intéressée par la pensée et la perception culturelles non occidentales, sa pratique artistique examine l'environnement, l'architecture, le phénomène de cause à effet et les structures sociologiques.

Nicolas Bernier
www.nicolasbernier.com

Nicolas Bernier is an artist and professor of composition and sound art at the Faculty of Music of Université de Montréal. At the center of his research-creation are questions about the performativity of the electronic sound. He was awarded a Golden Nica at the Prix Ars Electronica (2013, Austria), one of the most important recognitions in the field of digital arts.

Nicolas Bernier est un artiste et un professeur de composition et

d'art sonore à la Faculté de Musique de l'Université de Montréal. Au centre de sa pratique de recherche-crédation se trouvent des questionnements entourant la performativité du son électronique. Il est récipiendaire d'un Golden Nica au Prix Ars Electronica (2013, Autriche), l'une des reconnaissances les plus prestigieuses dans le domaine des arts numériques

Hervé Birolini
<http://hervebirolini.com>

Hervé Birolini's music is developed from real, concrete, or instrumental materials, as well as from sound objects produced by a technology that serves both as a tool and a way to question the contemporary production of sensory experiences. His inclination toward live performance leads him to create works that engage with space, the body, gesture, and scenography.

La musique de Hervé Birolini s'élabore à partir de matériaux réels, concrets ou instrumentaux, mais aussi à partir d'objets sonores produits par une technologie qui est à la fois un outil et une façon d'interroger la production contemporaine du sensible. Son goût pour le spectacle vivant le mène à produire des oeuvres qui engagent l'espace, le corps, le geste et la scénographie.

Guillaume Boutard
<http://boutard.ebsi.umontreal.ca>

Guillaume Boutard is an associate professor at the School of Library and Information Sciences, Université de Montréal. His research topics include documenting creative processes as well as digital preservation and curation.

Guillaume Boutard est professeur agrégé à l'École de bibliothéconomie et des sciences de l'information de l'Université de Montréal. Ses sujets de recherche incluent la documentation des processus créatifs ainsi que la préservation et la curation numérique.

Cathy van Eck
<http://cathyvaneck.net>

Cathy van Eck is a composer, sound artist, and arts researcher. She focuses on the relationships between everyday objects, human performers, and sound. Her artistic work involves live electronic performances as well as installations featuring sound objects that she often designs herself. She is interested in connecting her gestures with sound, primarily through electronic means.

Cathy van Eck est compositrice, artiste sonore et chercheuse en arts. Elle se concentre sur la relations entre les objets du quotidien, les interprètes humains et le son. Son travail artistique comprend des performances avec électronique en direct ainsi que des installations avec des objets sonores qu'elle conçoit souvent elle-même. Elle s'intéresse à la mise en relation de ses gestes avec le son, principalement par des moyens électroniques.

Émilie Payeur
<http://emiliepayeur.com>

Émilie Payeur is a multidisciplinary artist, primarily engaged in experimental music and visual arts. Often described as minimalist and occasionally harsh, her music is primarily based on the no-input technique and embracing risk. In her visual work, she explores the remnants of past events or actions, the concept of the sacred, ritual, and transcendence.

Émilie Payeur est une artiste multidisciplinaire, principalement active en musique expérimentale et en arts visuels. Souvent décrite comme étant minimaliste et parfois harsh, sa musique est principalement basée sur la technique du no-input et la prise de risque. Dans son travail visuel, elle s'intéresse aux vestiges d'événements ou d'actions passées, à la notion de sacré, au rituel et à la transcendance.

Mo H. Zareei
<https://millihertz.net/>

Mo H. Zareei is an electronic musician, sound artist, and researcher. Using custom-built software and hardware, his artistic practice covers a wide range from electronic compositions to kinetic sound-sculptures and audiovisual installations. Regardless of the medium, Zareei's work aims to highlight the beauty in the basics of sound and light production, and reductionist audiovisual elements that draw inspiration from physical and architectural principles.

Mo H. Zareei est un musicien électronique, artiste sonore et chercheur. Utilisant des logiciels et du matériel sur mesure, sa pratique artistique couvre un large éventail de compositions électroniques, de sculptures sonores cinétiques et d'installations audiovisuelles. Peu importe le support, le travail de Zareei vise à mettre en lumière la beauté des bases de la production sonore et lumineuse, ainsi que des éléments audiovisuels réductionnistes qui s'inspirent des principes physiques et architecturaux.

Book Credits / Crédits du livre

This digital book was produced by Laboratoire formes • ondes as part of the project *Vers une esthétique de l'onde sinusoïdale* with the financial support of the Fonds de recherche du Québec - Société et culture (project no. 2020-RC2-269193).

Ce livre numérique a été produit par Laboratoire formes • ondes dans le cadre du projet *Towards an Aesthetic of the Sine Wave* avec le soutien financier du Fonds de recherche du Québec - Société et culture (projet numéro 2020-RC2-269193).

Editor/Éditeur
Nicolas Bernier

Authors/Autrices/Auteurs
Ryoko Akama
Nicolas Bernier
Hervé Birolini
Guillaume Boutard
Émilie Payeur
Cathy van Eck
Mo H. Zareei

Publication coordination/Coordination de publication
David Piazza

Revision and translation/Révision et traduction
Kjel Sidloski

Graphic Template/Gabarit graphique
Julie Espinasse, Atelier Mille Mille

Layout/Mise en page
Florence Simard

Courbes de Lissajous/Lissajous curves (p. 139, 277)
David Piazza

Production
Librairie formes • ondes
<https://www.lfo-lab.ca>

Towards an Aesthetic of the Sine Waves / Vers une esthétique de l'onde sinusoïdale

Researchers/Chercheuse et chercheurs

Nicolas Bernier

Guillaume Boutard

Caroline Traube

Assistants/Auxiliaires

Laurent Bellemare

Laurianne Bézier

Julien Champagne

Erin Gee

Véro Marengère

David Piazza

Flo Richer

Estelle Schorpp

Kjel Sidloski

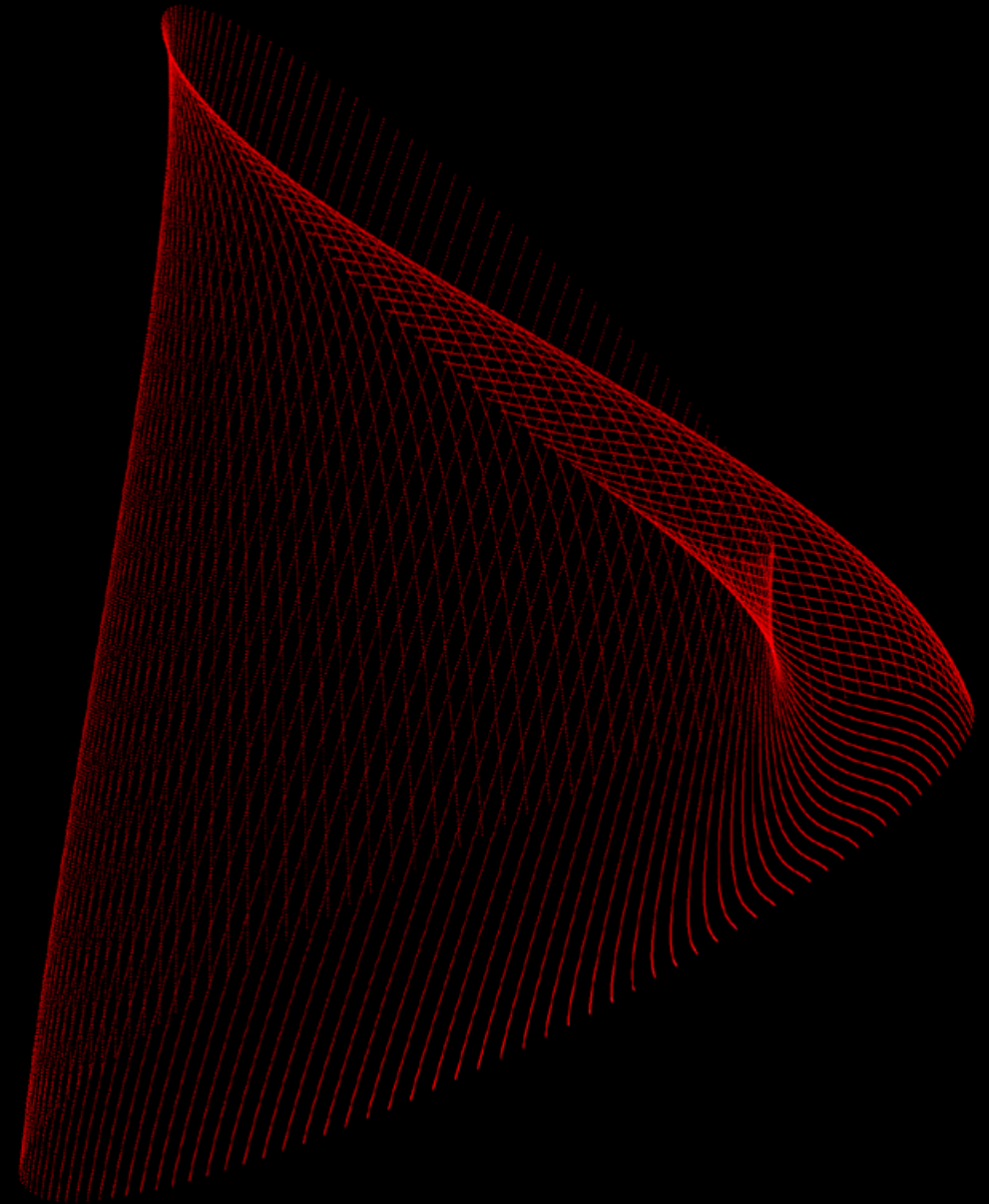
Special collaboration/Collaboration spéciale

Victor Drouin-Trempe

Financial support/Soutien financier

Fonds de recherche du Québec – Société et culture

Faculté de musique de l'Université de Montréal



Offering a conclusion to the research-creation project **Towards an Aesthetic of the Sine Wave**, this book is presenting five texts written by artists that were commissioned works specifically for the project. The book you are about to read is therefore an entry into the imagination of artists who have worked in close and conscious relationship with the sine wave. Completed with an analytical proposal, this book is therefore also an opening towards a deeper analysis of the music and sonic works that are based on the sine wave. The complete research results including the commissioned works documentation is available at this address : **<https://lfo-lab.ca/onde-sinusoidale>**

Ce recueil vient clore le projet de recherche-création **Vers une esthétique de l'onde sinusoïdale** en présentant cinq textes d'artistes portant sur les œuvres qui leur ont été command  es spécifiquement pour le projet. L'ouvrage que vous vous apprêtez à lire constitue donc une entrée dans l'imaginaire des artistes qui ont travaillé en relation étroite et consciente avec l'onde sinusoïdale. Se terminant sur une proposition analytique, le livre se présente également comme une ouverture vers une analyse plus approfondie des œuvres qui s'appuient sur l'onde sinusoïdale dans la création musicale et sonore. Les résultats de recherche, incluant la documentation des oeuvres command  es, sont entièrement disponibles à cette adresse : **<https://lfo-lab.ca/onde-sinusoidale>**

isbn 978-2-9819823-3-9