

SONIFICACIÓN COMPUTACIONAL ARQUITECTÓNICA

TRABAJO FIN DE GRADO
BERNAT BRELL MARTINEZ

SOUND

PARAMETRIC ARCHITECTURE

COMPUTATIONAL DESIGN

TÍTULO

SONIFICACIÓN COMPUTACIONAL ARQUITECTÓNICA

AUTOR

BERNAT BRELL MARTINEZ

TUTOR

ROGER TUDÓ

DEPARTAMENTO

TRABAJO FIN DE GRADO DE ARQUITECTURA ETSAV

FECHA ENTREGA

20/01/2022

CENTRO DOCENTE

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DEL VALLÈS



AGRADECIMIENTOS

- ANA CORREA por compartir sus conocimientos en impresión 3D.
- CORENTIN MADALENAT por debatir mucho el trabajo en francés.
- NICOLAS RENAU por debatir mucho el trabajo en francés.
- MELANIE BENTO por compartir sus conocimientos en diseño gráfico.
- GASPAR JAROSLAVSKY por relacionarme con gente muy interesante.
- MARC SASTRE por debatir el proyecto desde un punto más musical.
- CHRIS MARMOL 'SN Systema' por debatir los objetivos de proyecto.

DEDICATORIA

– A Carles Albert Brell, arquitecto y padre, por crecer a su lado, infinitas charlas sobre arquitectura y su pasión por la música.

– A Chango Diez, diseñador de interacción y amigo, por esa fe ciega en compartir proyectos y tecnología codo con codo.

– A Martina Nadal, diseñadora y compañera de vida, por tanta paciencia, asertividad y efectividad prestada en todos momentos.

– A Ben Olsen, ingeniero y amigo, por su buen punto de vista crítico que me ha acompañado en numerosos proyectos que he realizado.

INDICE

1. Abstract —Abstract — pág 6
2. Prólogo — Avant propós — pág 8
3. Tipología de salas de música —Typologies des salles de musique — pág 10
4. Museos y su calidad acústica — Les musées et leur qualité acoustique — pág 19
5. Hipótesis — Hypothèses — pág 23
6. Parámetros sonoros — Paramètres sonores — pág 26
7. Geometrías básicas en la acústica arquitectónica — Géométries de base en acoustique architecturale — pág 29
8. Combinación de parámetros — Combinaison de paramètres — pág 35
9. El proyecto — Le projet — pág 39
10. Casos de estudio y resultados — Études de cas et résultats — pág 45
11. Casos de investigación y desarrollo — Cas de recherche et développement — pág 52
12. Funcionamiento del código — Fonctionnement du code — pág 55
13. Resultados — Résultats — pág 60
14. Conclusiones — Conclusions — pág 70
15. Bibliografía — Bibliographie — pág 73

01

Abstract

¿Cuánto contemplamos el sonido?

Este estudio busca una manera distinta de entender la lógica constructiva de los espacios destinados al sonido. Trabaja en pequeña escala para poder asentar una base hacia un cambio de pensamiento donde la forma viene generada por su función.

El estudio investiga y analiza los espacios que usamos para la música, profundiza en sus geometrías, estudia el sonido con sus parámetros y quiere plantear oportunidades para generar espacios alternativos a los que conocemos.

Espacios generados por y para el sonido.

Arquitectura, sonido, diseño computacional y sentidos se mezclan para poder conceptualizar este primer acercamiento a una nueva visión de los espacios para ser escuchados.

Las bases planteadas en esta investigación son dinámicas y susceptibles a futuras modificaciones, es principio de muchas nuevas preguntas a responder y, seguramente, de más investigaciones.

Dans quelle mesure contemplons-nous le son?

Cet atelier cherche une autre façon de comprendre la logique constructive des espaces sonores. Il travaille à petite échelle afin de jeter les bases d'un changement de mentalité où la forme est générée par sa fonction.

Le studio étudie et analyse les espaces que nous utilisons pour la musique, se penche sur leurs géométries, étudie le son avec ses paramètres et veut proposer des opportunités pour générer des espaces alternatifs à ceux que nous connaissons.

Espaces générés par et pour le son.

L'architecture, le son, la conception informatique et les sens se mêlent afin de conceptualiser cette première approche d'une nouvelle vision des espaces à entendre.

Les bases posées dans cette recherche sont dynamiques et ouvertes à de futures modifications, le début de nombreuses nouvelles questions auxquelles il faudra répondre et, sûrement, de nouvelles recherches.

02

Prólogo

PRÓLOGO

Cuestionémonos en qué espacios estamos acostumbrados a disfrutar de la música, de los sonidos, de las tonalidades acústicas... Normalmente son espacios pensados justo para ello, pero hay muchas otras variantes donde rara vez estamos prestando suficiente atención y convivimos con muchos momentos sonoros que pasan desapercibidos.

No hablo del ruido, sino de la calidad sonora.

Si hacemos una retrospectiva en el tiempo podemos observar que el humano ha dado un gran valor e importancia al mundo sonoro, motivo por el que se empezaron a transformar los espacios para poder amplificar y disfrutar de estos momentos; desde los teatros griegos hasta las actuales discotecas.

Volviendo al punto de la cuestión; ¿en qué espacios estamos acostumbrados a disfrutar de la música?

En espacios donde lo más importante no es el sonido en sí, sino el usuario que lo disfruta, el número de usuarios que lo puedan disfrutar al mismo tiempo, la visión que tiene este usuario hacia el punto concreto de quien produce la música, el cómo se escuchan entre sí las personas o la persona que está produciendo esta música; el centro de todo no es el sonido, sino que es el espectador.

AVANT-PROPOS

Demandons-nous dans quels espaces nous avons l'habitude d'apprécier la musique, les sons, les tonalités acoustiques... Normalement, ce sont des espaces conçus uniquement pour cela, mais il existe de nombreuses autres variantes pour lesquelles nous sommes rarement assez attentifs et nous passons à côté de nombreux moments sonores qui passent inaperçus.

Je ne parle pas du bruit, mais de la qualité du son.

Si nous regardons dans le passé, nous constatons que l'homme a accordé une grande valeur et une grande importance au monde du son. C'est pourquoi les espaces ont commencé à être transformés afin d'amplifier et de profiter de ces moments, des théâtres grecs aux discothèques modernes.

Revenons à notre question : dans quels espaces avons-nous l'habitude d'apprécier la musique ?

Dans les espaces où le plus important n'est pas le son lui-même, mais la personne qui en profite, le nombre de personnes qui peuvent en profiter en même temps, la vision que chaque personne a de celui qui produit la musique, la façon dont les musiciens s'entendent entre eux ou celui qui produit sa propre musique; le centre de tout n'est pas le son, mais le spectateur.

03

Tipología de salas de música

TIPOLOGIA DE SALA DE MÚSICA

Es interesante el hecho de cómo surgieron los primeros espacios destinados específicamente a la música. Al principio, los músicos utilizaban espacios existentes para reproducir sus obras, lugares ya construidos como salas de palacios, iglesias, tabernas o espacios abiertos. Esto hacía que la música se fuera adaptando a las características del espacio. No solamente la música en sí, sino que también el número de personas que podían asistir, era un momento donde la música estaba muy sectorizada, había música de palacio o conocida también como música de cámara, para un público reducido, y música de iglesia (*la sonata da chiesa y la sonata da camera*)

Hasta que no llegó la Revolución Francesa con su gran lema *Liberté Egalité Fraternité*, no se modificó la lógica social de la música. A partir de este momento la música empezó a destinarse a los ciudadanos y no a la nobleza. Si vamos nos adentramos un poco más en el tema nos podemos dar cuenta de una cosa asombrosa, al principio la música se fue adaptando a la forma, sonaba muy distinto en una grande sala de palacio, en una iglesia, en una cámara o sala más pequeña así que se componían distintas obras en función del espacio donde iban a ser reproducidas. La función, música, se adaptaba a la forma, espacio. Es decir que, prácticamente desde la inconsciencia, la historia ya se desarrolló con el concepto de forma por encima de la función.

TIPOLOGIES DES SALLES DE MUSIQUE

Il est intéressant de noter comment les premiers espaces spécifiquement destinés à la musique ont vu le jour. Au début, les musiciens utilisaient des espaces existants pour jouer leurs œuvres, des lieux déjà construits tels que des salles dans des palais, des églises, des tavernes ou des espaces ouverts. Cela signifie que la musique a été adaptée aux caractéristiques de l'espace. Non seulement la musique elle-même, mais aussi le nombre de personnes qui pouvaient y assister, c'était une époque où la musique était très sectorisée, il y avait la musique de palais ou aussi connue sous le nom de musique de chambre, pour un petit public, et la musique d'église (*la sonata da chiesa et la sonata da camera*).

Ce n'est qu'avec la Révolution française et son grand slogan *Liberté Egalité Fraternité* que la logique sociale de la musique a été modifiée, à partir de ce moment la musique a commencé à être destinée aux citoyens et non à la noblesse. Si nous approfondissons un peu le sujet, nous pouvons nous rendre compte d'une chose étonnante : au début, la musique était adaptée à la forme, elle sonnait très différemment dans une grande salle de palais, dans une église, dans une chambre ou dans une salle plus petite, de sorte que différentes œuvres étaient composées en fonction de l'espace où elles allaient être jouées. La fonction, la musique, a été adaptée à la forme, l'espace. C'est-à-dire que, d'une manière inconsciente, l'histoire s'est développée avec le concept de la forme sur la fonction.



Federico II el Grande ejecutando un concierto de flauta en su palacio de verano Sanssouci, por Adolph Menzel.

Si a esto le sumamos que con la Revolución Francesa el nuevo foco de la música era llegar a todos los ciudadanos, es fácil entender el porqué los espacios empezaron a desarrollarse intentando acoger el máximo número de espectadores. Esto nos da mucha información para poder ver cómo han evolucionado los espacios hasta el día de hoy.

Los primeros espacios construidos especialmente para la música siguieron esta forma cuadrangular, conocida como caja de zapatos. Posteriormente se desarrollaron otras tipologías.

Dediquemos un momento de atención a analizar las tipologías más usadas y sus características principales.

TIPOLOGIA 1 - CAJA DE ZAPATOS

TIPOLOGIA 2 - ABANICO

TIPOLOGIA 3 - HERRADURA

Si l'on ajoute à cela qu'avec la Révolution française, le nouvel objectif de la musique était de toucher tous les citoyens, il est facile de comprendre pourquoi les espaces ont commencé à se développer en essayant d'accueillir un maximum de spectateurs. Cela nous donne beaucoup d'informations pour pouvoir voir comment les espaces ont évolué jusqu'à aujourd'hui.

Les premiers espaces construits spécialement pour la musique suivaient cette forme quadrangulaire, connue sous le nom de boîte à chaussures. Par la suite, d'autres typologies ont été développées.

Prenons un moment pour analyser les typologies les plus couramment utilisées et leurs principales caractéristiques.

TIPOLOGIE 1 - BOITE A CHAUSSURE

TIPOLOGIE 2 - ÉVENTAIL

TIPOLOGIE 3 - FER À CHEVAL

CAJA DE ZAPATOS

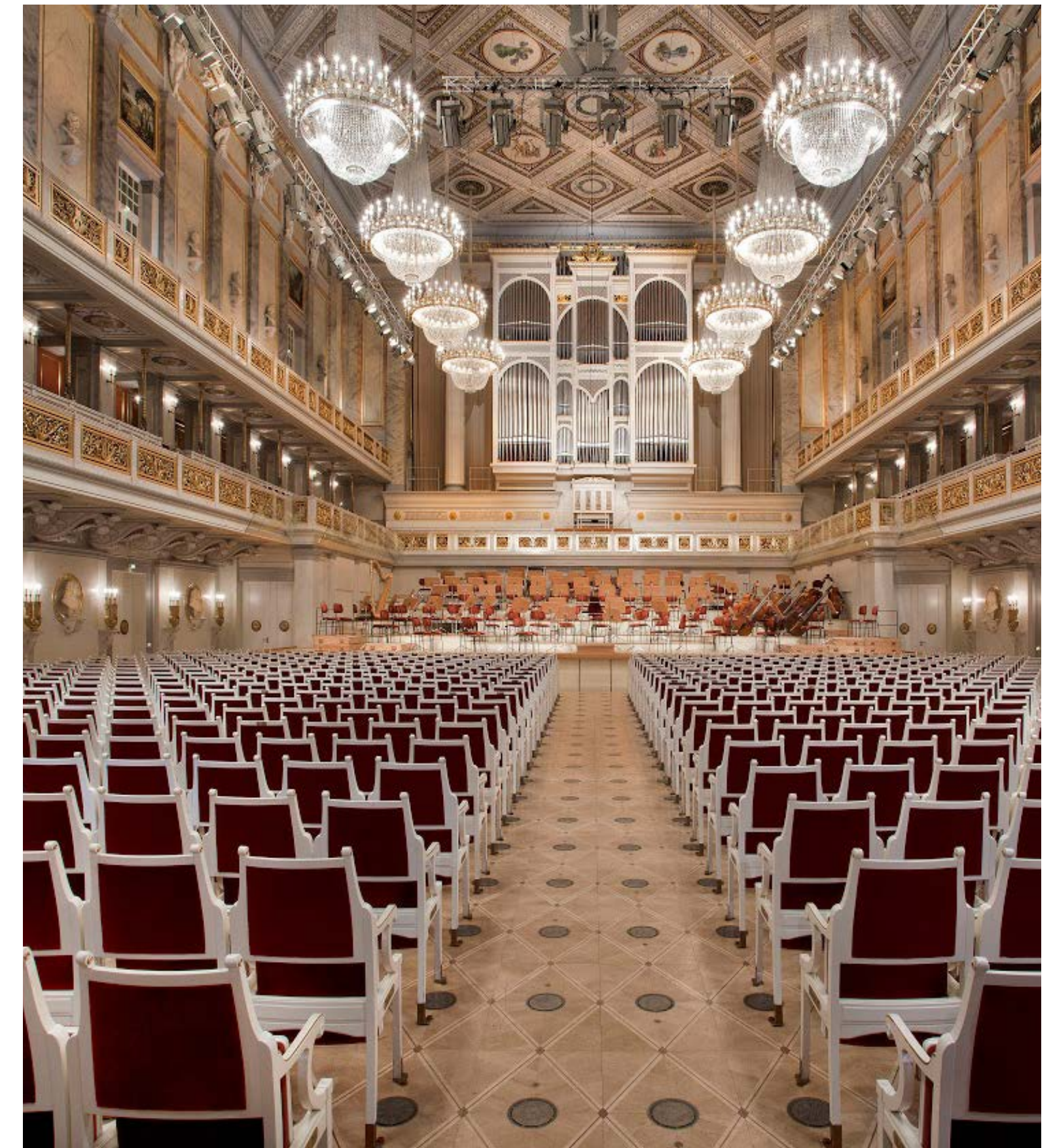
Se le llama así por su volumetría cuadrangular, perfecta para la difusión del sonido. Fue una tipología muy usada hasta que empezaron nuevos diseños arquitectónicos. Tiene una plenitud sonora debido a que el sonido reflejado proviene de todas direcciones y el tiempo de reverberación es aproximadamente de 2 segundos para las frecuencias medias, esto hace que sea una buena geometría para reproducir distintos espectros sonoros. Por tanto, tiene la característica de poseer un gran rango dinámico, responde perfectamente a cualquier cambio de articulación de la orquesta.

Hay que destacar que esta tipología presenta una gran claridad en todo el espacio y una gran uniformidad en todas las ubicaciones, es decir, el espectador escucha con unas características similares esté donde esté y el ensamble entre los músicos es muy bueno.

BOITE A CHAUSSURE

Il est appelé ainsi en raison de sa volumétrie rectangulaire, parfaite pour la diffusion du son. C'était une typologie largement utilisée jusqu'à ce que de nouvelles conceptions architecturales voient le jour. Il présente une plénitude sonore due au fait que le son réfléchi provient de toutes les directions et que le temps de réverbération est d'environ 2 secondes pour les fréquences moyennes... Ce qui en fait une bonne géométrie pour reproduire différents spectres sonores. Il a donc la particularité d'avoir une grande gamme dynamique, il répond parfaitement à tout changement d'articulation de l'orchestre.

Il faut noter que cette typologie présente une grande clarté dans tout l'espace et une grande uniformité dans tous les endroits, c'est-à-dire que le public écoute avec des caractéristiques similaires où qu'il soit et que l'ensemble entre les musiciens est harmonieux.



Vista del Gran Salón del Konzerthaus de Berlin, por Sebastian Runge.

ABANICO

Pasada la Primera Guerra Mundial, las condiciones con las que se diseñaban las salas para música empezaron a modificarse. Gracias a las nuevas tecnologías y nuevos materiales la arquitectura empezó a cambiar significativamente. Ya no eran necesarios espacios tan altos como las antiguas salas de música para renovar el aire por convección, sino que se podía renovar de manera forzada y mecánica, solo con este hecho fue posible modificar el espacio generando la nueva tipología de abanico. Más plateas para más espectadores desde distintos ángulos, pero siempre con una buena visión.

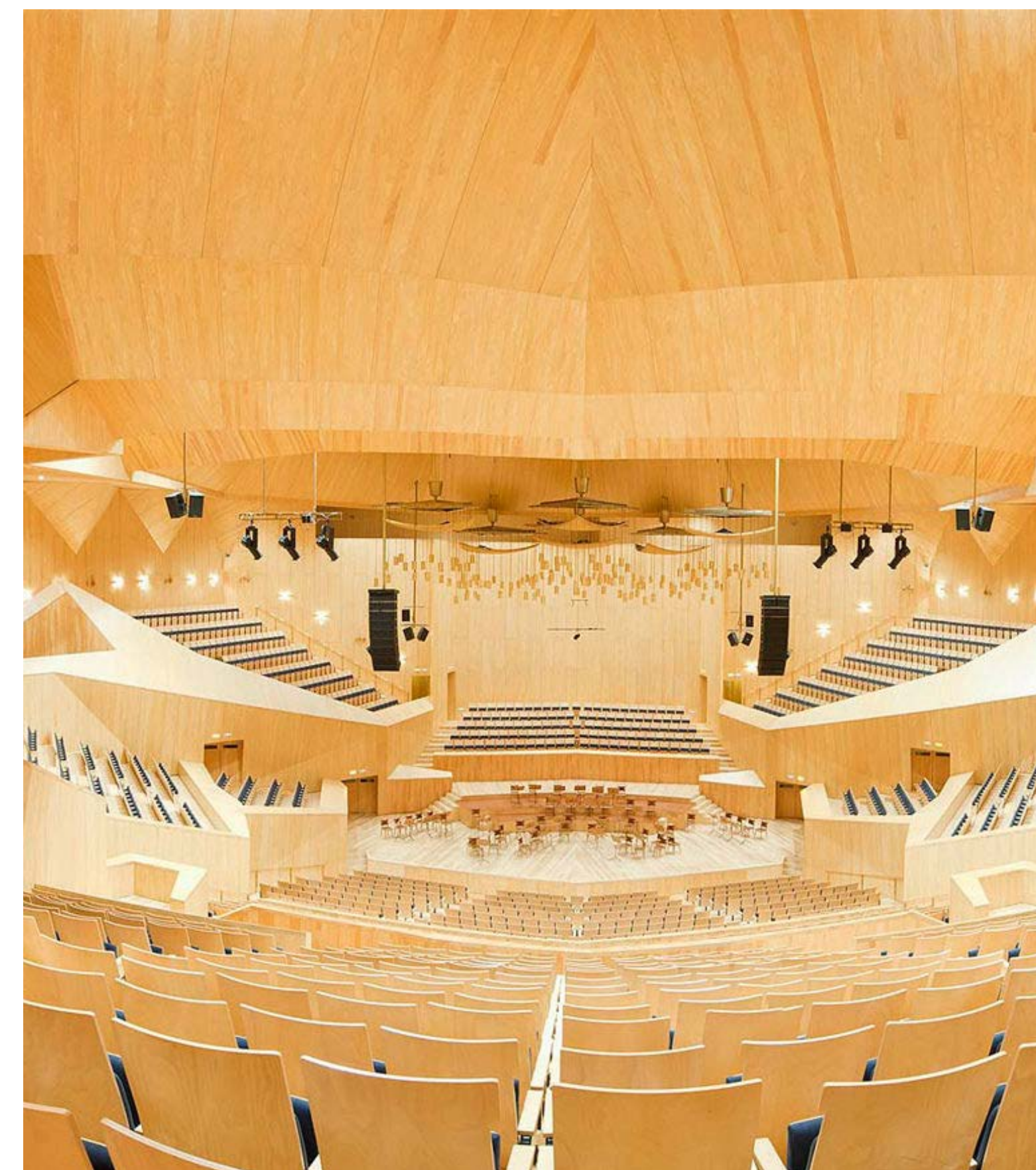
El problema es que no se consiguieron las mismas características acústicas que en las "cajas de zapatos".

El formato abanico presenta múltiples desventajas; por ejemplo, un valor bajo en claridad sonora y detalles musicales. No sólo eso sino que el ensamble en el escenario es difícil ya que los músicos no se pueden oír entre ellos y se pierden.

El tiempo de reverberación, por lo general, es bajo. El volumen se reduce al bajar la altura del cielorraso y aumenta la área de absorción del público. Además no tiene uniformidad sonora en todo el espacio, hay puntos donde se escucha mejor que otros donde aparecen distintos ecos ya que las señales acústicas vuelven al rebotar en la pared curva del final y también en los frentes de las bandejas de las plantas superiores, donde se ubican las butacas y los espectadores.

¿Nos resulta familiar el término de querer llegar a más pero con una peor calidad?

En esta tipología el material constructivo, posiblemente, es el más básico y necesario para controlar la reverberación y absorción del sonido, por lo que necesita mucha tecnología en materiales y también un gran diseño acústico. En parte, este cambio se debe también a las nuevas teorías de la reverberación de Sabine, donde empieza a generar una nueva manera de controlar la acústica dentro del espacio.



Sala Mozart, auditorio de Zaragoza, por Manuel Outumuro.

ÉVENTAIL

Après la première guerre mondiale, les conditions dans lesquelles les music-halls ont été conçus ont commencé à changer. Grâce aux nouvelles technologies et aux nouveaux matériaux, l'architecture a commencé à changer de manière significative. Il n'était plus nécessaire d'avoir des espaces aussi hauts que dans les anciennes salles de musique pour renouveler l'air par convection, mais il pouvait être renouvelé de manière forcée et mécanique, seulement avec ce fait il était possible de modifier l'espace en générant la nouvelle typologie du ventilateur. Plus de stands pour plus de spectateurs sous différents angles mais toujours avec une bonne visibilité.

Le problème est que l'on n'a pas obtenu les mêmes caractéristiques acoustiques que dans les "boîtes à chaussures".

Le format en éventail présente de nombreux inconvénients, par exemple une faible valeur en termes de clarté sonore et de détails musicaux. De plus, le jeu d'ensemble sur scène est difficile car les musiciens ne s'entendent pas et peuvent se perdre.

Le temps de réverbération est généralement court.

Le volume est réduit lorsque la hauteur du plafond est abaissée et que la surface d'absorption du public augmente. De plus, le son n'est pas uniforme dans tout l'espace, il y a des points où l'on entend mieux que d'autres, où différents échos apparaissent lorsque les signaux acoustiques reviennent en rebondissant sur le mur incurvé du fond et aussi sur les façades des plateaux des étages supérieurs, où se trouvent les sièges et les spectateurs.

Connaissons-nous l'expression "vouloir plus mais avec une qualité moindre" ?

Dans cette typologie, le matériau de construction est probablement le plus basique et le plus nécessaire pour contrôler la réverbération et l'absorption du son, il nécessite donc beaucoup de technologie des matériaux et aussi beaucoup de design acoustique. Ce changement est également dû en partie aux nouvelles théories de Sabine sur la réverbération, où il commence à générer une nouvelle façon de contrôler l'acoustique de l'espace.

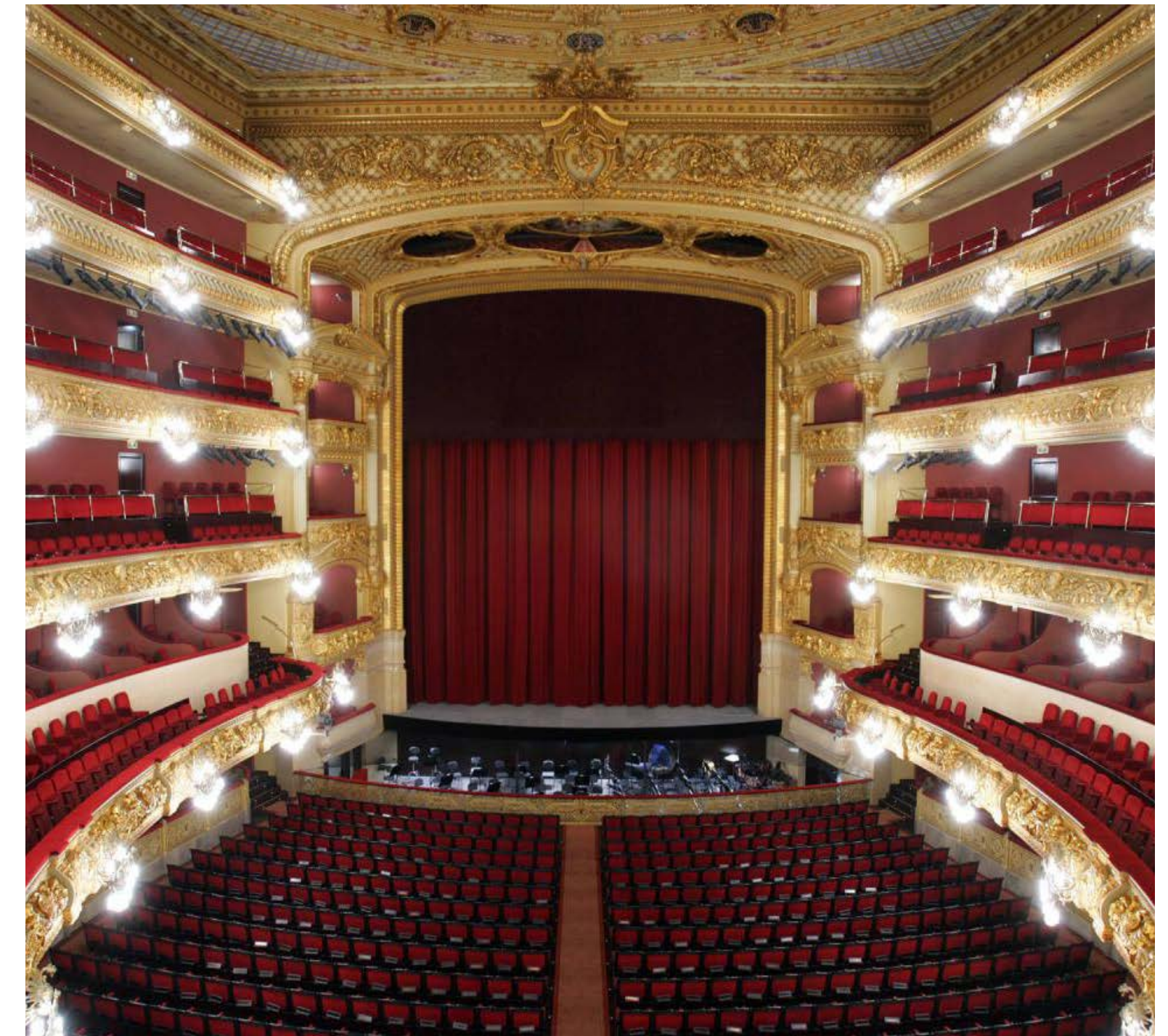
HERRADURA

Podemos entender esta tipología de “herradura” como salas en forma de U en planta. Los primeros espacios que mostraban esta tipología se encuentran en la antigua Grecia con sus primeros teatros que se proyectaban normalmente en antiguos volcanes sin funcionamiento y algunos valles de montaña. El primer arquitecto que se conoce en establecer buenas bases y parámetros de estos espacios en U es Carlo Fontana (1634-1714) variando el ángulo entre las paredes laterales y el escenario.

Esta nueva tipología tenía una característica clave que fue el esconder la orquesta en una especie de fosa para poder conseguir una buena acústica de la música que sonaba en paralelo a una buena visión del escenario. Este recurso fue muy utilizado para el género musical de Ópera, donde la voz de los actores y actrices tenía el mismo grado de importancia que la música que le acompañaba. En la época de mediados del siglo XVII se construyeron un gran número de salas de estas características.

Por otro lado eran espacios donde se tenía que controlar bien el tiempo de reverberación ya que normalmente era medio alto y la calidad del sonido era mejor en las zonas altas que no a pie plano donde se juntaban la música de la orquesta y las voces de los cantantes.

Esta tipología genera grandes volúmenes acústicos, el volumen del escenario y el volumen de la sala. Hay muy buen balance acústico entre los músicos. A parte, el punto fuerte de las salas en forma de U en planta, es que todo el público posee un grado visual máximo en función del escenario, debido a la forma y posición de las plateas.



Liceo de Barcelona, por Antoni Bofill.

FER À CHEVAL

On peut comprendre cette typologie "fer à cheval" comme des halls en forme de U en plan. Les premiers espaces présentant cette typologie se trouvent dans la Grèce antique avec les premiers théâtres qui étaient généralement projetés sur d'anciens volcans éteints et certaines vallées de montagne. Le premier architecte connu à établir de bonnes bases et paramètres pour ces espaces en forme de U est Carlo Fontana (1634-1714) en faisant varier l'angle entre les murs latéraux et la scène.

Cette nouvelle typologie avait une caractéristique clé, qui était de cacher l'orchestre dans une sorte de fosse afin d'obtenir une bonne acoustique pour la musique qui était jouée en parallèle avec une bonne vue de la scène. Cette ressource était largement utilisée pour le genre musical de l'opéra, où la voix des acteurs et actrices avait le même degré d'importance que la musique d'accompagnement. Un grand nombre de ces salles ont été construites au milieu du 17e siècle.

D'autre part, il s'agissait d'espaces où le temps de réverbération devait être bien contrôlé car il était généralement peu élevé et la qualité sonore était meilleure dans les zones hautes, tandis que au niveau du sol, où la musique de l'orchestre et les voix des chanteurs, se rencontraient.

Cette typologie génère des volumes acoustiques importants, le volume de la scène tout comme le volume de la salle. Il existe un très bon équilibre acoustique entre les musiciens. En outre, le point fort des salles en U est que l'ensemble du public dispose d'un degré visuel maximal en fonction de la scène, en raison de la forme et de la position des stalles

Podemos decir que funcionan perfectamente, pero; ¿Respecto a que? ¿Cuáles son los parámetros que nos determinan qué tan bien funciona? ¿Cual es el objetivo?

Los espacios destinados a la escucha musical, como los conocemos hoy en día, necesitan unos estudios muy precisos de acústica, una tecnología puntera en materiales, mucho mantenimiento y consumen una gran cantidad de energía

Estamos acostumbrados a entender estos espacios como un pequeño lujo de disfrute personal, sólo hay que fijarse en su ornamentación, la arquitectura desarrolla un gran papel en el juego de los sentidos y sensaciones que percibimos en estos determinados espacios. Que bonito es ver una ópera de Claudio Monteverdi o de Georges Bizet en la magnífica sala de conciertos del Palau de la Música Catalana de Barcelona, ¿verdad?

Nous pouvons dire qu'ils fonctionnent parfaitement, mais quels sont les paramètres qui déterminent leur efficacité? Quel est l'objectif?

Les espaces d'écoute de la musique, tels que nous les connaissons aujourd'hui, nécessitent des études acoustiques très précises, des matériaux à la pointe de la technologie, beaucoup d'entretien et consomment beaucoup d'énergie.

Nous sommes habitués à comprendre ces espaces comme un petit luxe pour le plaisir personnel, il suffit de regarder leurs ornements, l'architecture joue un grand rôle dans le jeu des sens et des sensations que nous percevons dans ces certains espaces. Comme il est beau de voir un opéra de Claudio Monteverdi ou de Georges Bizet dans la magnifique salle de concert du Palau de la Música Catalana à Barcelone, n'est-ce pas?



Palau de la Música Catalana, por Tudoí61.

04

Museos y su calidad acústica

MUSEOS Y SU CALIDAD ACÚSTICA

Si ponemos nuestro foco ahora en otro tipo de espacios, por ejemplo en los museos, espacios donde el sonido, o la falta de él, es de primordial importancia, volvemos a ver patrones similares, sobre todo en los grandes nuevos museos de distintas ciudades del mundo.

El Pompidou de París, El MACBA de Barcelona, el MOMA de New York, el Guggenheim de New York, el Guggenheim de Bilbao, el Reina Sofía de Madrid, la Tate Modern de Londres y muchos más, tienen un gran punto en común: El diseño del espacio con respeto a su calidad sonora.

J.Pallasmaa

Experimentar una obra de arte es un diálogo privado entre la obra y el espectador que excluye otras interacciones.

Grandes y ruidosos atrios principales se vuelven los protagonistas de estos museos, una vez más el diseño enfocado a la sociedad se sobrepone al diseño pleno y consciente de su función.

LES MUSÉES ET LEUR QUALITÉ ACOUSTIQUE

Si nous nous intéressons maintenant à d'autres types d'espaces, par exemple les musées, des espaces où le son, ou son absence, est d'une importance capitale, nous retrouvons des schémas similaires, notamment dans les nouveaux grands musées de différentes villes du monde.

Le Pompidou à Paris, le MACBA à Barcelone, le MOMA à New York, le Guggenheim à New York, le Guggenheim à Bilbao, le Reina Sofia à Madrid, le Tate Modern à Londres et bien d'autres encore, ont un grand point commun : la conception de l'espace par rapport à sa qualité sonore.

J.Pallasmaa

L'expérience d'une œuvre d'art est un dialogue privé entre l'œuvre et le spectateur qui exclut toute autre interaction.

Les atrioms principaux, vastes et bruyants, deviennent les protagonistes de ces musées. Une fois encore, la conception axée sur la société prend le pas sur la conception complète et fonctionnelle.

Cuando nos encontramos dentro de la gran obra del arquitecto Frank Lloyd Wright, el Guggenheim de Nueva York, con estas rampas perimetrales ascendentes y descendentes en forma de espiral, nos quedamos bien asombrados del espacio arquitectónico, pero en el momento de cruzar a la primera sala para ver la obra "Líneas negras" de Wassily Kandinsky, la conexión entre su expresión espacial de líneas y manchas de colores con el espectador se desvanece y se interrumpe por la falta de calidad sonora y silencio que merece la propia obra. Hay que adentrarse dos o tres salas más para conseguir este efecto de la obra con el yo interior y poder admirar, verdaderamente, el arte en toda su expresión.

Maurice merleau-Ponty

"¿Qué otra cosa podría expresar el pintor o el poeta más que su encuentro con el mundo?"

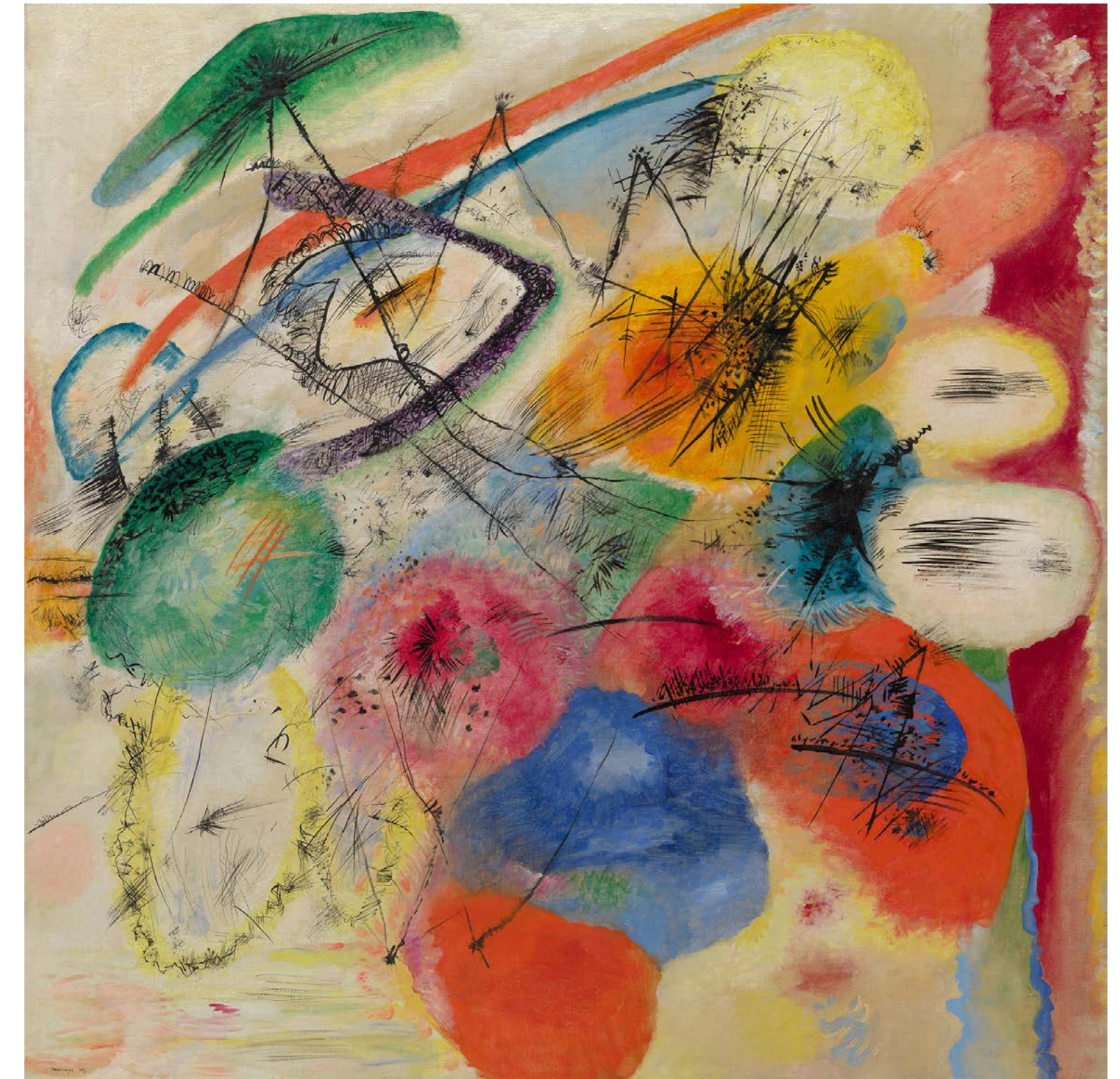
La cita de Maurice Merleau-Ponty nos hace reflexionar sobre cómo el espectador debe conocer esta visión del artista con el mundo, en plenitud

Lorsque nous nous trouvons à l'intérieur de la grande œuvre de l'architecte Frank Lloyd Wright, le Guggenheim de New York, avec ses rampes périphériques ascendantes et descendantes en forme de spirale, nous sommes émerveillés par l'espace architectural, mais lorsque nous traversons la première salle pour voir l'œuvre "Lignes noires" de Wassily Kandinsky, le lien entre son expression spatiale de lignes et de taches colorées avec le spectateur s'estompe et est interrompue par le manque de qualité sonore et le silence que l'œuvre elle-même mérite. Il faut aller deux ou trois pièces plus loin pour obtenir cet effet du travail avec l'intérieur et admirer véritablement l'art dans toute son expression.

Maurice merleau-Ponty

"Qu'est-ce que le peintre ou le poète pourrait exprimer d'autre que sa rencontre avec le monde ?"

La citation de Maurice Merleau-Ponty nous fait réfléchir à la manière dont le spectateur doit connaître cette vision de l'artiste avec le monde, dans sa plénitude.



Líneas Negras, por Wassily Kandinsky.

Este fenómeno de la importancia del encuentro social en el mundo cultural también se percibe en el museo MACBA de Richard Meyer y su gran atrio principal, en la ampliación de Jean Nouvel del Reina Sofia de Madrid y su plaza interior, en la gran sala de Herzog y De meuron de la Tate Modern de Londres y infinidad de ejemplos más.

Los espacios de contemplación para el arte se tendrían que ajustar a un diseño concreto, no necesariamente grandes salas como en el Pompidou de Richard Rogers y Renzo Piano.

Podríamos seguir buscando ejemplos en otros campos y, seguramente, no parariamos de reforzar la idea de que la arquitectura, mayoritariamente, sobrepone el sentido de la vista a los demás sentidos.

Ce phénomène de l'importance de la rencontre sociale dans le monde culturel est également visible dans le musée MACBA de Richard Meyer et son grand atrium principal, dans l'extension du Reina Sofia de Madrid de Jean Nouvel et sa place intérieure, dans le grand hall de la Tate Modern de Londres de Herzog et De Meuron et dans d'innombrables autres exemples.

Les espaces de contemplation nécessaires à l'art ont besoin d'une conception serrée et concrète, et non de grandes salles comme le Pompidou de Richard Rogers et Renzo Piano.

Nous pourrions continuer à chercher des exemples dans d'autres domaines et, à coup sûr, nous ne ferions que renforcer l'idée que l'architecture, dans la plupart des cas, fait passer le sens de la vue avant les autres sens.



Rampas MACBA, por Miquel Coll.

05

Hipótesis

HIPÓTESIS

¿Qué pasaría si apartamos al espectador de ese centro, por una vez, y dejamos que sea el propio sonido el centro del espacio? ¿Y si diseñamos espacios para ser escuchados y no para ser vistos?

Seguramente los espacios adopten unos valores formales completamente distintos. Imaginemos una nueva situación donde la forma sea generada por la función que debe cumplir, donde prima la escucha por encima de la visión, por ejemplo. Espacios que dejan de ser generados por y para ser vistos sino generados por y para ser escuchados, tocados o, incluso, saboreados.

Pensemos ahora en el tema de los datos; los datos que caracterizan cada sentido son el enclave para poder diseñar y desarrollar una nueva arquitectura más consciente.

Pongamos el ejemplo de que cualquier sonido puede entenderse como un dato y este mismo dato generar un espacio. Un resultado completamente a merced de la serendipia o al servicio de la armonía. Como las matemáticas nos descubren el mundo o descubrimos el mundo a través de las matemáticas.

HYPOTHÈSE

Que se passerait-il, si nous enlevions le spectateur de ce centre pour une fois, et laissons le son lui-même, être le centre de l'espace ? Et si nous concevons des espaces pour être entendus et non pour être vus ?

Certes, les espaces adoptent des valeurs formelles complètement différentes. Imaginons une nouvelle situation où la forme est engendrée par la fonction qu'elle doit remplir, où l'écoute prime sur la vision par exemple. Des espaces qui ne sont plus générés pour et à voir, mais générés pour entendre, toucher voire savourer.

Réfléchissons maintenant du problème des données ; les données qui caractérisent chaque sens sont l'enclave, pour pouvoir concevoir et développer cette nouvelle architecture plus consciente.

Prenons l'exemple que tout son peut être compris comme une donnée et que cette même donnée génère un espace. Un résultat complètement à la merci de la sérendipité ou au service de l'harmonie. Comme les mathématiques nous découvrent le monde ou nous découvrons le monde à travers les mathématiques.

Quizás nos parezca extraño entender el mundo sonoro como datos, pero al final toda información se puede cuantificar, y datificar el sonido es más fácil de lo que imaginamos.

Para entender cómo cuantificar hay que entender el propio sonido en sí mismo. Compuesto por distintos parámetros como la frecuencia sonora y su espectro, la intensidad, el ritmo y sus bpm, ... Estos datos pueden monitorizarse y almacenarse de forma numérica.

Una vez se obtiene este nuevo almacén numérico sonoro, podemos intervenir en sus parámetros dotando a estos de características de espacio.

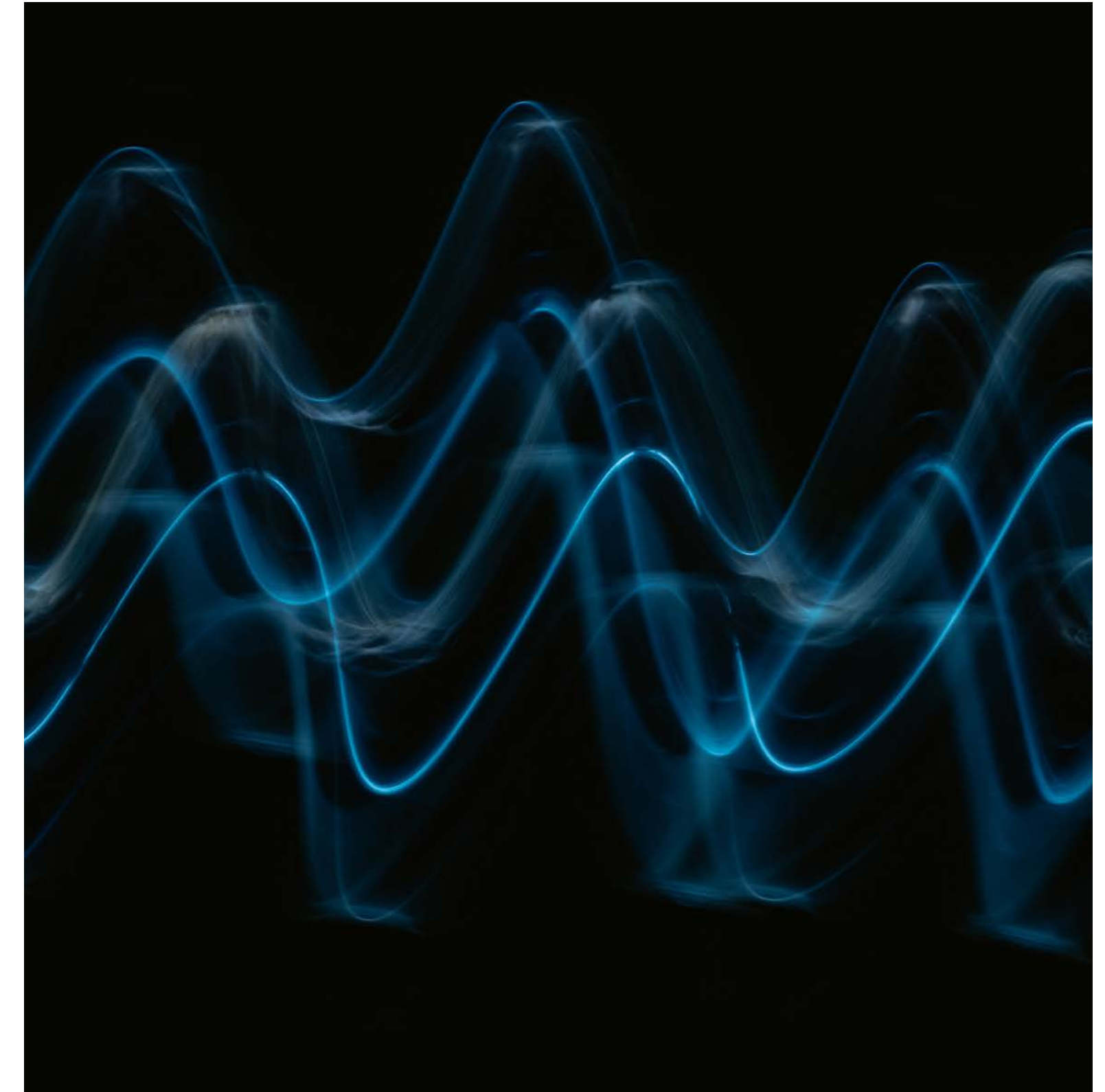
Un gran ejemplo es la arquitectura paramétrica, una serie de parámetros configuran una forma final y estos pueden estar trabajando en distintos campos simultáneamente; el rendimiento máximo de soleamiento, la resistencia al viento, el uso del espacio interior, ...

Il peut nous sembler étrange de comprendre le monde sonore comme des données, mais au final toutes les informations peuvent être quantifiées, et le son est plus facile que nous ne l'imaginons.

Pour comprendre comment quantifier, il se faut de comprendre le son lui-même. Composé de différents paramètres comme la fréquence du son et son spectre, l'intensité, le rythme et ses bpm, ... Ces données peuvent être suivies et stockées numériquement.

Une fois cette nouvelle mémoire numérique sonore obtenue, nous pouvons intervenir sur ses paramètres en leur donnant des caractéristiques spatiales.

Un bon exemple est l'architecture paramétrique, une série de paramètres configurent un formulaire final et ceux-ci peuvent fonctionner simultanément dans différents domaines ; la performance maximale de l'ensoleillement, la résistance au vent, l'utilisation de l'espace intérieur, ...



Espectros sonoros sobrepuestos, autor desconocido.

06

Parámetros sonoros

PARÁMETROS SONOROS

Empecemos pues a traducir el sonido a dato y el dato a espacio. Primero tenemos que entender como descomponer el sonido, cuales son sus parámetros.

El sonido se puede descomponer en cuatro parámetros básicos.

Uno de los parámetros que nos aporta más información es la *altura o tono*. La conocemos también como frecuencia, tiene una traducción visual muy clara con su espectro sonoro. La altura determina las notas de un sonido en el rango de graves, medias o agudas; a mayor frecuencia tenemos más vibraciones por segundo y un sonido más agudo y viceversa con los sonidos graves.

Estos sonidos los podemos calificar como fuertes o suaves debido a su *intensidad*. Este parámetro nos ayuda a poder regular la claridad sonora y ajustar el volumen de un sonido. Está relacionado con la amplitud de la onda que emite el sonido, una amplitud alta equivale a un sonido fuerte.

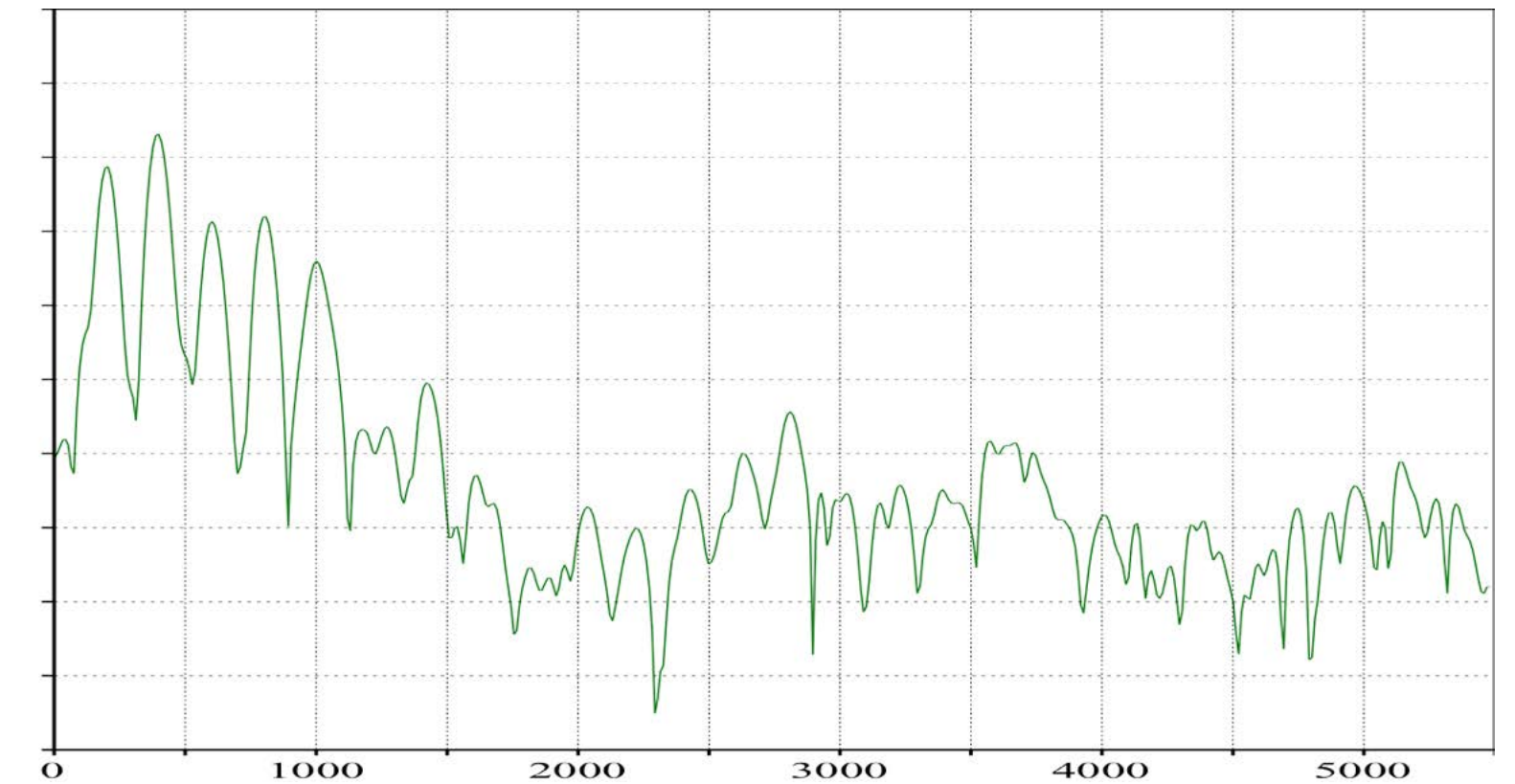
PARAMÈTRES SONORES

Commençons donc à traduire le son en données et les données en espace. Il faut d'abord comprendre comment décomposer le son, quels sont ses paramètres.

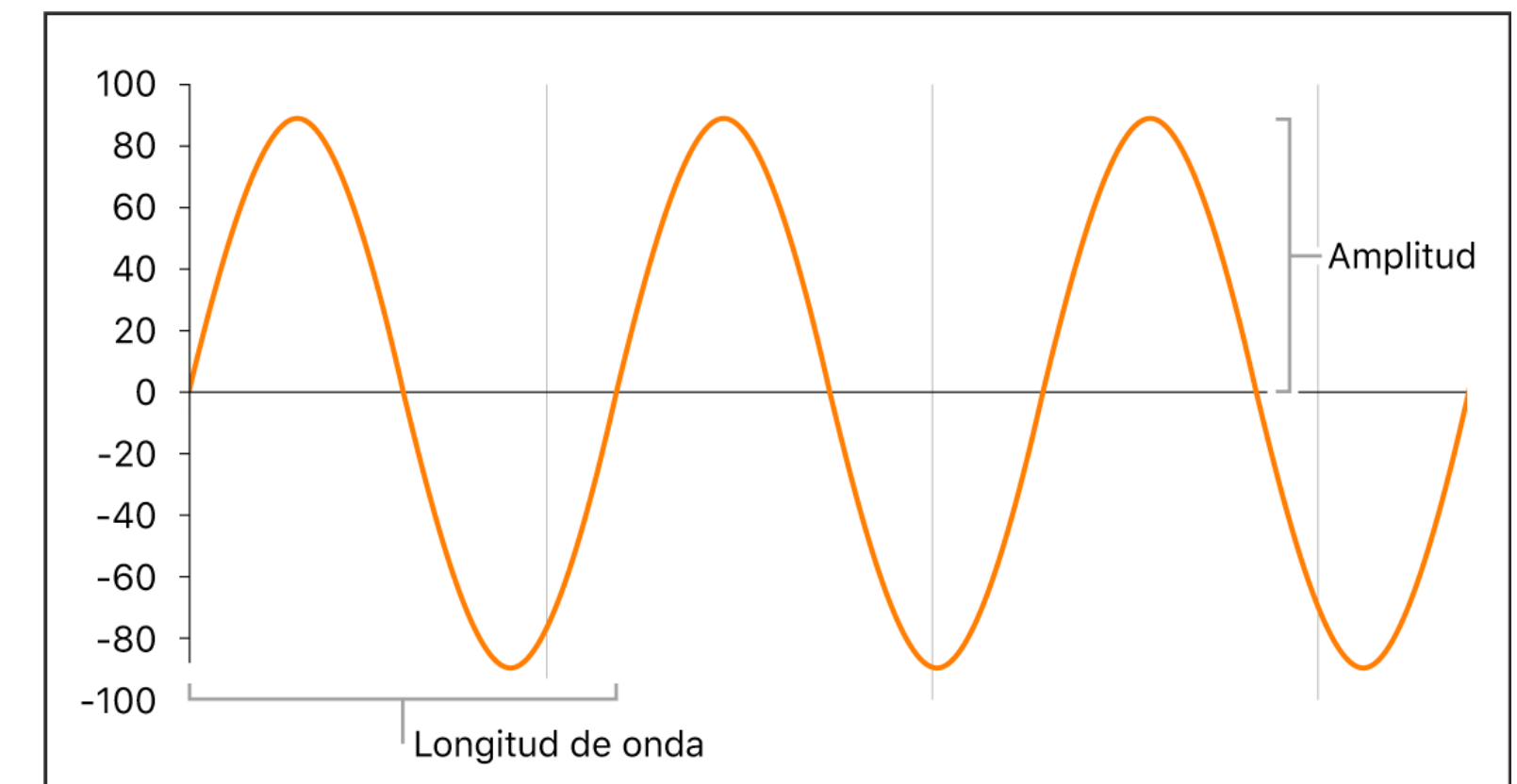
Le son peut être décomposé en quatre paramètres de base.

L'un des paramètres qui nous fournit le plus d'informations est la *hauteur ou le ton*. Également connue sous le nom de fréquence, elle a une traduction visuelle très claire avec son spectre sonore. La hauteur détermine les notes d'un son dans la gamme des basses, moyennes ou hautes ; plus la fréquence est élevée, plus il y a de vibrations par seconde et plus la hauteur est élevée, et vice versa pour les sons graves.

Ces sons peuvent être classés comme forts ou faibles en fonction de leur *intensité*. Ce paramètre nous aide à pouvoir régler la clarté du son et à ajuster le volume d'un son. Il est lié à l'amplitude de l'onde émise par le son, une amplitude élevée équivaut à un son fort.



Espectro sonoro, por domingo Roman.



Amplitud y longitud de onda, banco de imagenes de Apple.

El parámetro de *duración* del sonido puede cuantificarse en la variable del tiempo. La duración del sonido, como bien su nombre indica, es el espacio que ocupa dentro de una línea temporal. Es la duración de la onda sonora que produce cada sonido, como más larga sea la onda más largo va a ser el sonido.

Está relacionado también con los *bpm* (beats per minute), si añadimos la repetición de este sonido en un mayor tiempo tenemos el resultado de los beats por minuto, es un punto muy importante en la composición sonora de la música, entendamos que la música clásica usa un rango de entre 40 y 76 bpm dependiendo de si sigue un ritmo lento, grave, adagio o andante, por contra la música electrónica usa entre 120 y 140 bpm y si nos vamos a un estilo más rápido como la música máquina encontramos que puede llegar a los 190 bpm.

Finalmente encontramos el *timbre*, nos permite diferenciar distintos instrumentos o voces. Incluso dos sonidos iguales con el mismo tono y la misma duración pero producido por dos instrumentos distintos.

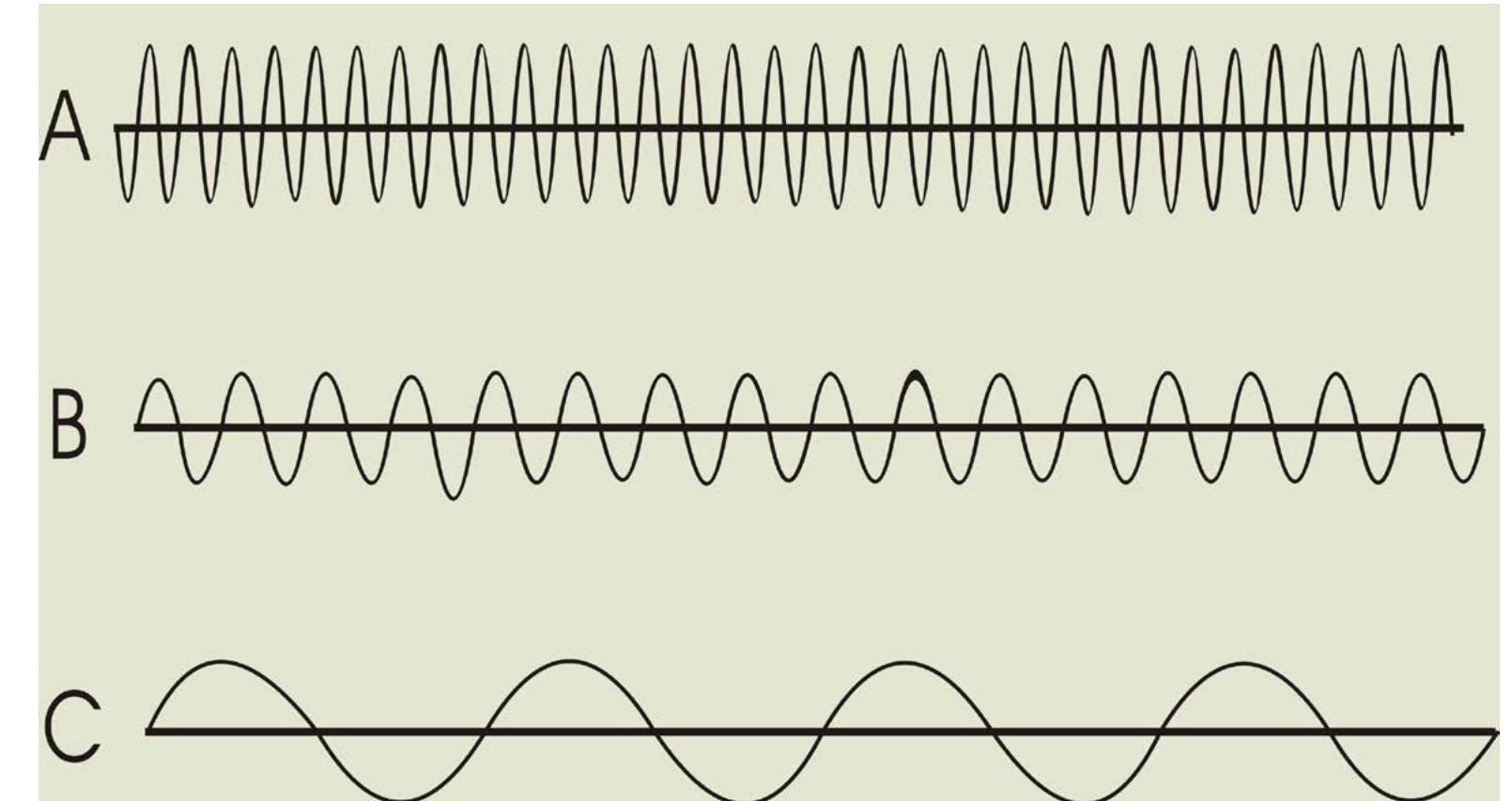
El *timbre* es dado a su sonido dependiendo de la cantidad de armónicos que tenga en su espectro sonoro, un mismo instrumento tocando una misma nota puede tener distintos timbre, depende de la intensidad en que está tocando esta nota o la duración que le atribuya a ella.

Le paramètre de la *durée* du son peut être quantifié dans la variable du temps. La durée du son, comme son nom l'indique, est l'espace qu'il occupe dans une ligne de temps. C'est la durée de l'onde sonore qui produit chaque son, plus l'onde est longue, plus le son sera long.

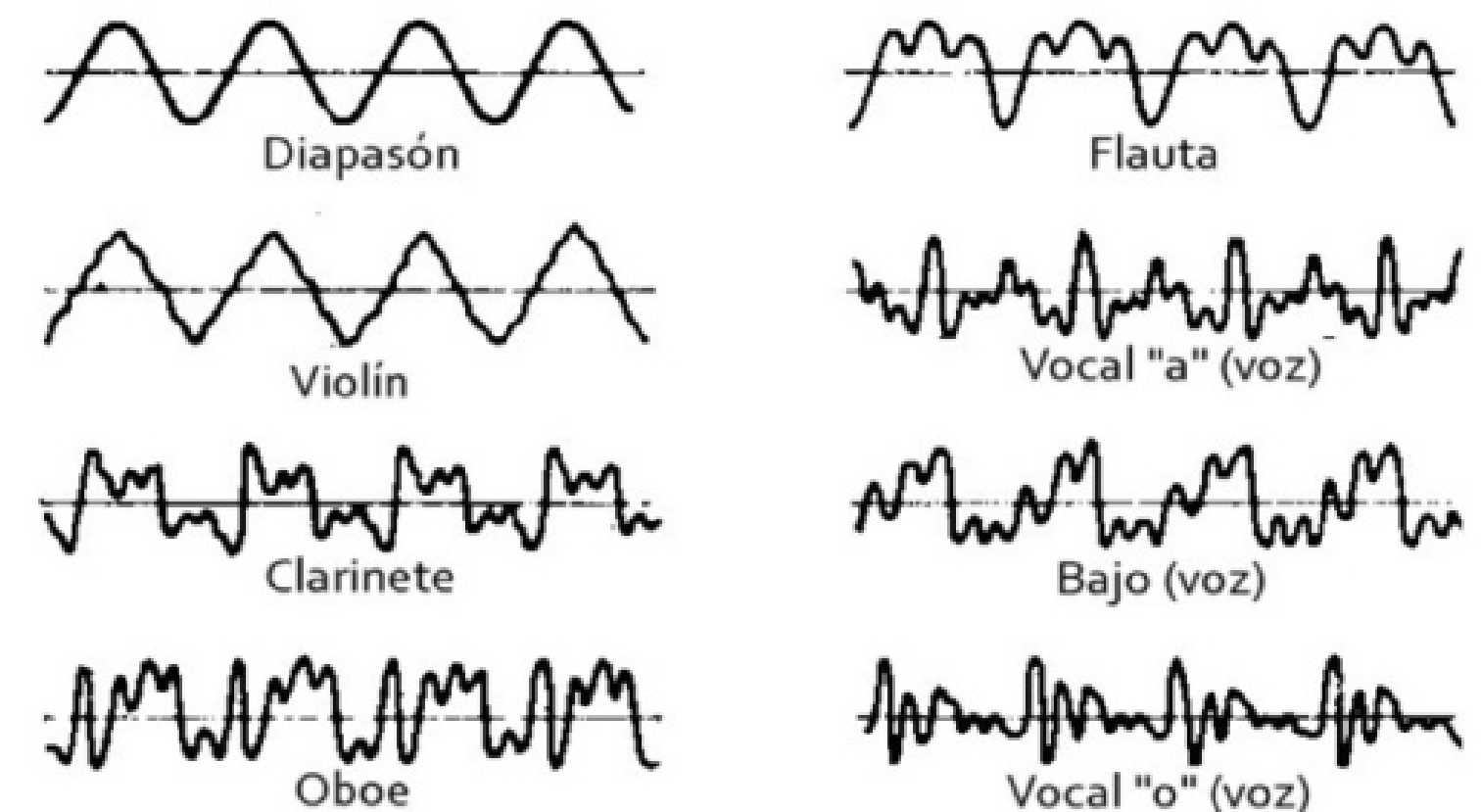
Il est également lié au *bpm* (battements par minute), si nous ajoutons la répétition de ce son dans un temps plus long nous avons le résultat des battements par minute. C'est un point très important dans la composition sonore de la musique, nous comprenons que la musique classique utilise une gamme entre 40 et 76 bpm selon qu'elle suit un rythme lent, grave, adagio ou andante, d'autre part la musique électronique utilise entre 120 et 140 bpm et si nous allons à un style plus rapide comme la Maquina catalana nous constatons qu'il peut atteindre 190 bpm.

Enfin, nous trouvons le *timbre*, qui nous permet de différencier les différents instruments ou voix. Même deux sons égaux ayant la même hauteur et la même durée mais produits par deux instruments différents.

Le *timbre* est donné à son son en fonction de la quantité d'harmoniques qu'il possède dans son spectre sonore, le même instrument jouant la même note peut avoir un timbre différent, selon l'intensité avec laquelle il joue cette note ou la durée qu'il lui attribue.



Duración sonora, por Oscoreve.



Nota o timbre sonoro, por Cienciadeluxe.

07

Geometrías básicas en la acústica arquitectónica

GEOMETRÍAS BÁSICAS EN ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA

Ahora que entendemos un poco más del sonido es momento de adentrarnos en las geometrías básicas que responden a sus parámetros. Normalmente todo se reduce a las tipologías de caja de zapatos, abanico o herradura, pero hay otra manera de entender y componer el espacio sonoro que se escapa de la tipología actual establecida. En este punto podríamos citar a María Andrea Farina con un párrafo de su introducción del libro *Tipologías arquitectónicas y calidad acústica de salas para música*.

“El análisis y el diseño acústico de las salas para música necesitan, desde hace tiempo, un conjunto de herramientas aptas para ser empleadas por los arquitectos en la fase de croquis preliminares. En la actualidad son pocos los principios que se pueden emplear al comenzar a concebir un auditorio o teatro y se guían por la mimesis de las salas existentes o por sus preferencias estéticas e intuición. Pero los resultados acústicos son inciertos y, muchas veces, azarosos. La consulta con un especialista en la disciplina tampoco resuelve el problema porque, más allá de indicar volúmenes y materiales, el asesor espera que el arquitecto decida el partido general para comenzar con sus cálculos.

[...] El análisis topológico les permitirá a los arquitectos alcanzar un resultado acústico satisfactorio sin tener que remitirse, necesariamente, a las formas tradicionales.”

GÉOMÉTRIES DE BASE ENACOUSTIQUE ARCHITECTURALE

Maintenant que nous en savons un peu plus sur le son, il est temps de nous pencher sur les géométries de base qui répondent à ces paramètres. Normalement, tout est réduit aux typologies de la boîte à chaussures, de l'éventail ou du fer à cheval, mais il existe une autre façon de comprendre et de composer l'espace sonore qui échappe à la typologie établie actuelle. A ce stade, on pourrait citer Maria Andrea Farina avec un paragraphe de son introduction du livre *Typologies architecturales et qualité acoustique des salles de musique*

“L'analyse et la conception acoustiques des salles de musique ont depuis longtemps besoin d'un ensemble d'outils pouvant être utilisés par les architectes au stade de l'esquisse préliminaire. À l'heure actuelle, il existe peu de principes qui peuvent être utilisés lorsque l'on commence à concevoir un auditorium ou un théâtre. Ils sont guidés par le mimétisme des salles existantes ou par leurs préférences esthétiques et leur intuition. Mais les résultats acoustiques sont incertains et souvent aléatoires. La consultation d'un spécialiste de la discipline ne résout pas non plus le problème car, au-delà de l'indication des volumes et des matériaux, le consultant attend de l'architecte qu'il décide de la correspondance générale pour commencer ses calculs.

L'analyse topologique permettra aux architectes d'obtenir un résultat acoustique satisfaisant sans devoir nécessairement se référer aux formes traditionnelles.”

Maria Andrea Farina en su libro cita distintas geometrías básicas de las cuales se podrían remarcar las siguientes:

1 Círculo :

La forma circular genera un reflejo anular del sonido, es decir, si emitimos un sonido hacia una de las paredes de una circunferencia este va a ser rebotado a lo largo del recorrido de la circunferencia; dependiendo de la intensidad va a aumentar su sección de recorrido reflejado, como más fuerte suene mayor será el anillo de reflejo sonoro.

Este concepto es interesante ya que puede generar nuevos usos como las conocidas "whispering galleries" donde un emisor se coloca en un punto de la circunferencia y un receptor en el punto opuesto y, hablando en voz baja, el sonido se desplaza a lo largo del recorrido de la pared curva partiendo del emisor y llegando al receptor casi sin perder sus parámetros.

Hay que tener en cuenta que la onda de la señal acústica debe ser siempre inferior a la distancia, sino se generan distorsiones y ecos.

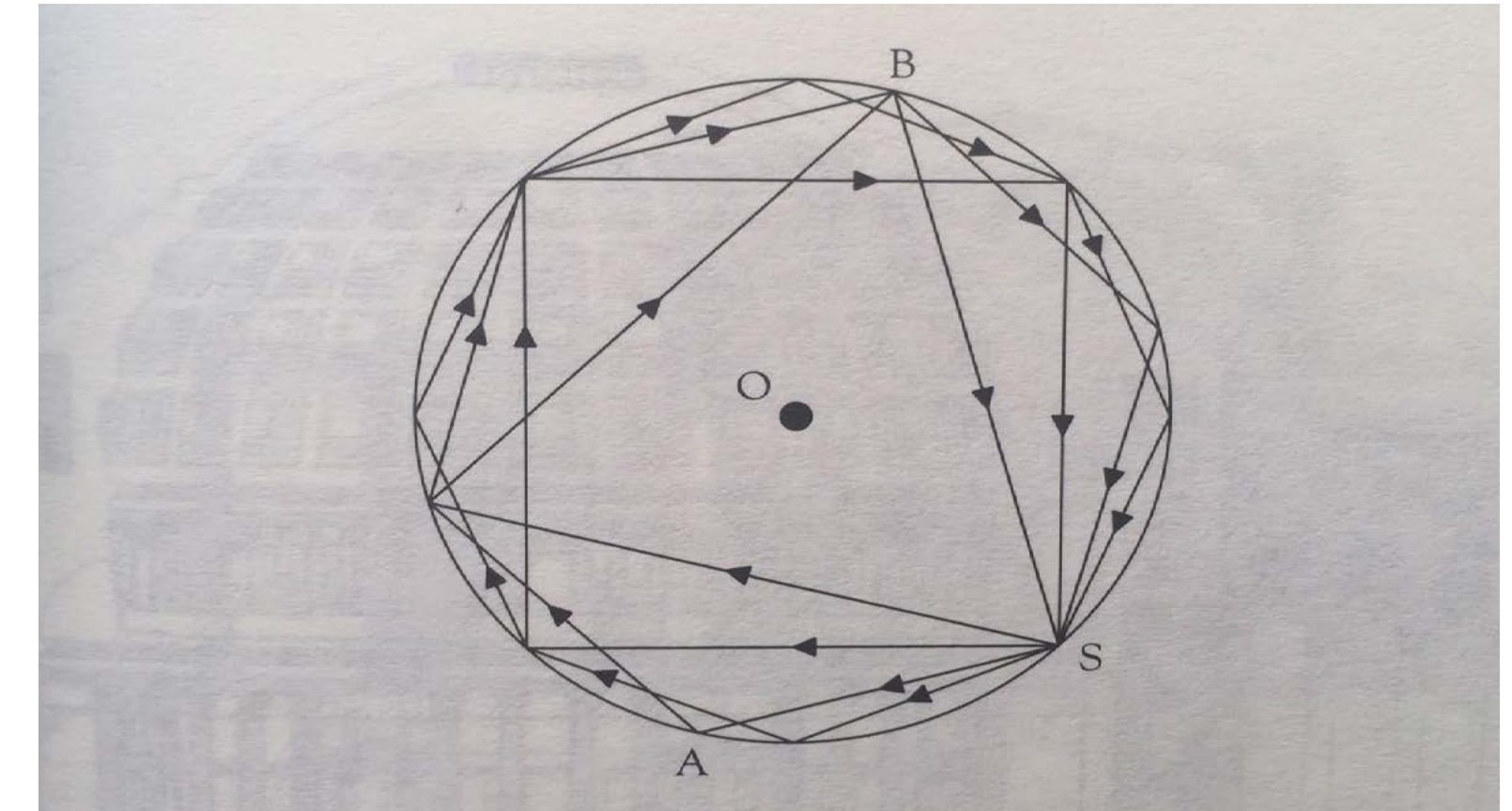
Maria Andrea Farina, dans son livre, cite différentes géométries de base dont on pourrait souligner les suivantes:

1 Cercle

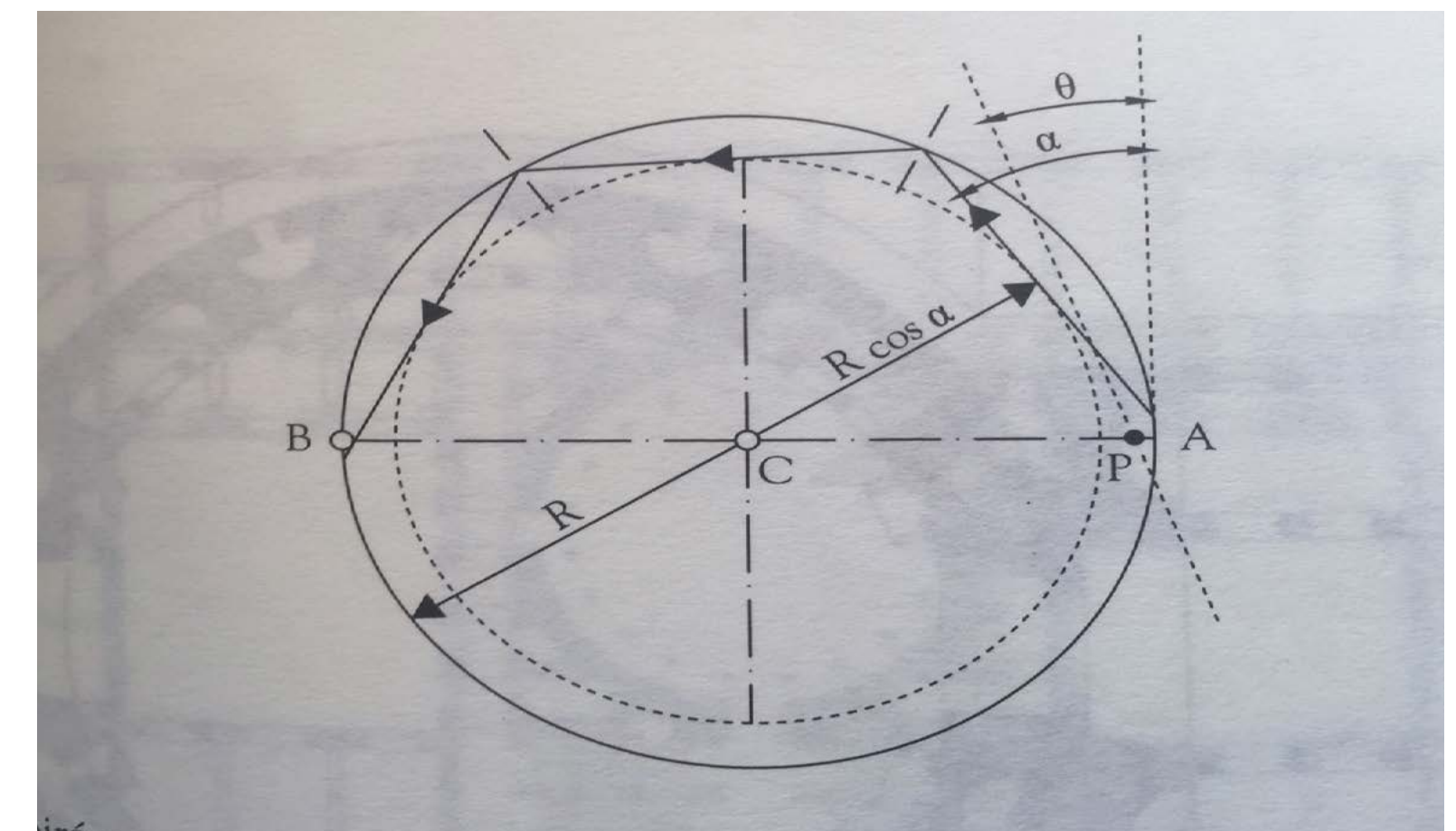
La forme circulaire génère une réflexion en anneau du son, c'est-à-dire que si nous émettons un son vers l'une des parois d'une circonférence, il sera rebondi le long de la circonférence ; en fonction de l'intensité, il augmentera sa section du trajet réfléchi, plus le son est fort, plus l'anneau de réflexion du son sera grand.

Ce concept est intéressant car il peut générer de nouvelles utilisations comme les fameuses "galleries de chuchotement" où un émetteur est placé à un point de la circonférence et un récepteur au point opposé et, en parlant doucement, le son voyage le long de la paroi courbe de l'émetteur au récepteur presque sans perdre ses paramètres.

Il faut tenir compte du fait que l'onde du signal acoustique doit toujours être plus petite que la distance, sinon des distorsions et des échos sont générés.



Esquema de una circunferencia con diferentes secuencias de reflexiones, por Maria Andres Farina.



Esquema de propagación de un rayo en una sala circular, por Maria Andres Farina.

2. Elipse :

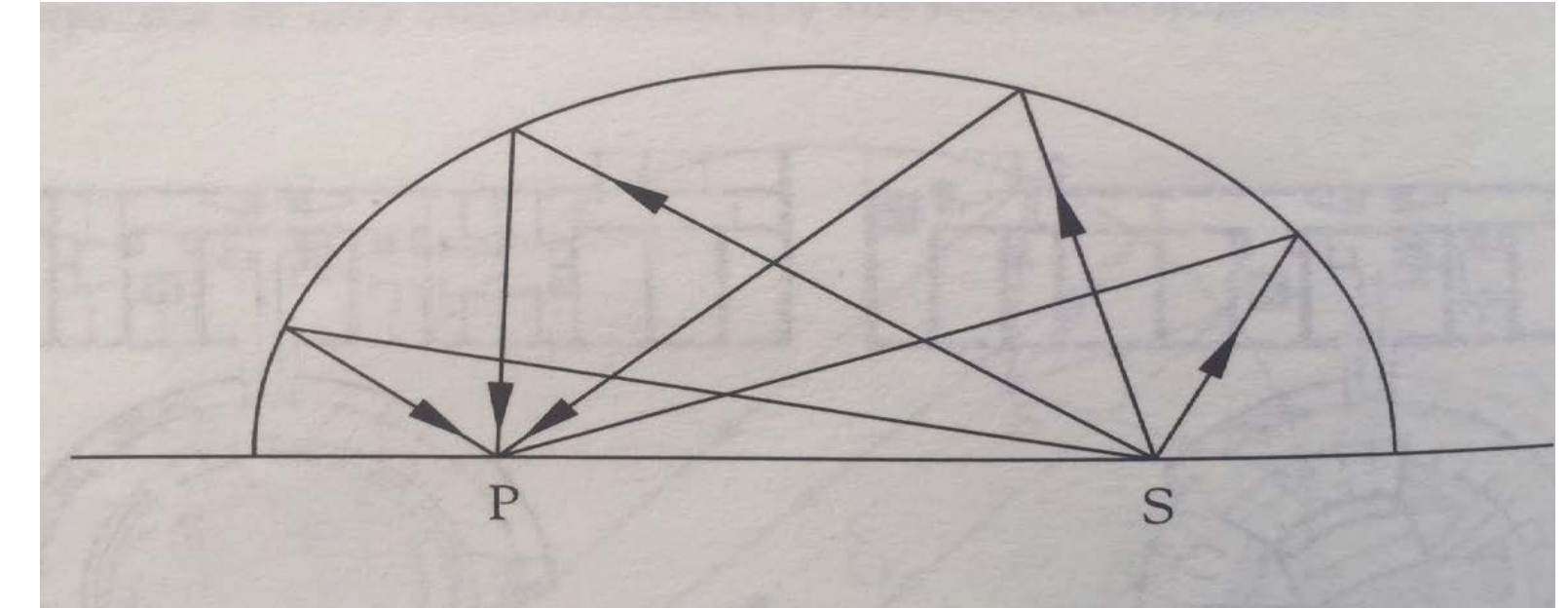
Se comporta diferente al círculo ya que su geometría no es tan regular. Genera nuevos focos más concentrados de reflejo de sonido.

En el círculo encontrábamos el efecto de reflejo anular, aquí es mucho más puntual, al tener estas formas cóncavas distintas, la elipse puede dirigir mejor el punto donde se van a encontrar distintos reflejos o rebotes sonoros, por lo que su ocupación del espacio no es regular en las condiciones de audición, no tendremos la misma acústica en un punto que en otro pero sí podemos dirigir esta hacia un punto concreto.

2. Ellipse :

Il se comporte différemment du cercle car sa géométrie n'est pas aussi régulière. Il génère de nouveaux foyers de réflexion du son, plus concentrés.

Dans le cercle nous avons trouvé l'effet de réflexion annulaire, ici c'est beaucoup plus ponctuel, ayant ces différentes formes concaves, l'ellipse peut mieux diriger le point où vont se trouver les différentes réflexions ou rebonds sonores, donc son occupation de l'espace n'est pas régulière dans les conditions d'écoute, nous n'aurons pas la même acoustique dans un point que dans un autre mais nous pouvons la diriger vers un point précis.



Esquema de propagación de un rayo en una elipse con focos conjugados, por Maria Andres Farina.

3. Parábola :

La geometría de una parábola ayuda a repartir de forma más uniforme el reflejo sonoro que se emite. De forma que es una geometría bastante más usada en la búsqueda de amplificar y enfatizar distintos sonidos.

“En una parábola, todo rayo que parte del foco se refleja en la dirección paralela al eje, u todo rayo que incide en la parábola de manera paralela al eje se refleja pasando por el foco”

Encontramos perfectas parábolas dentro del mundo acústico como en la generación de subwoofers, altavoces potenciadores de frecuencias bajas, espejos sonoros que potencian un foco concreto de entrada de sonido, incluso en geometrías de ingeniería de comunicación como las grandes antenas.

La parábola tiene la virtud de captar sonidos muy débiles o muy lejanos concentrándose en el centro de esta misma, los espejos sonoros de la Primera guerra Mundial construidos en el sur de Inglaterra son un claro ejemplo de cómo la forma es predeterminada por su función.

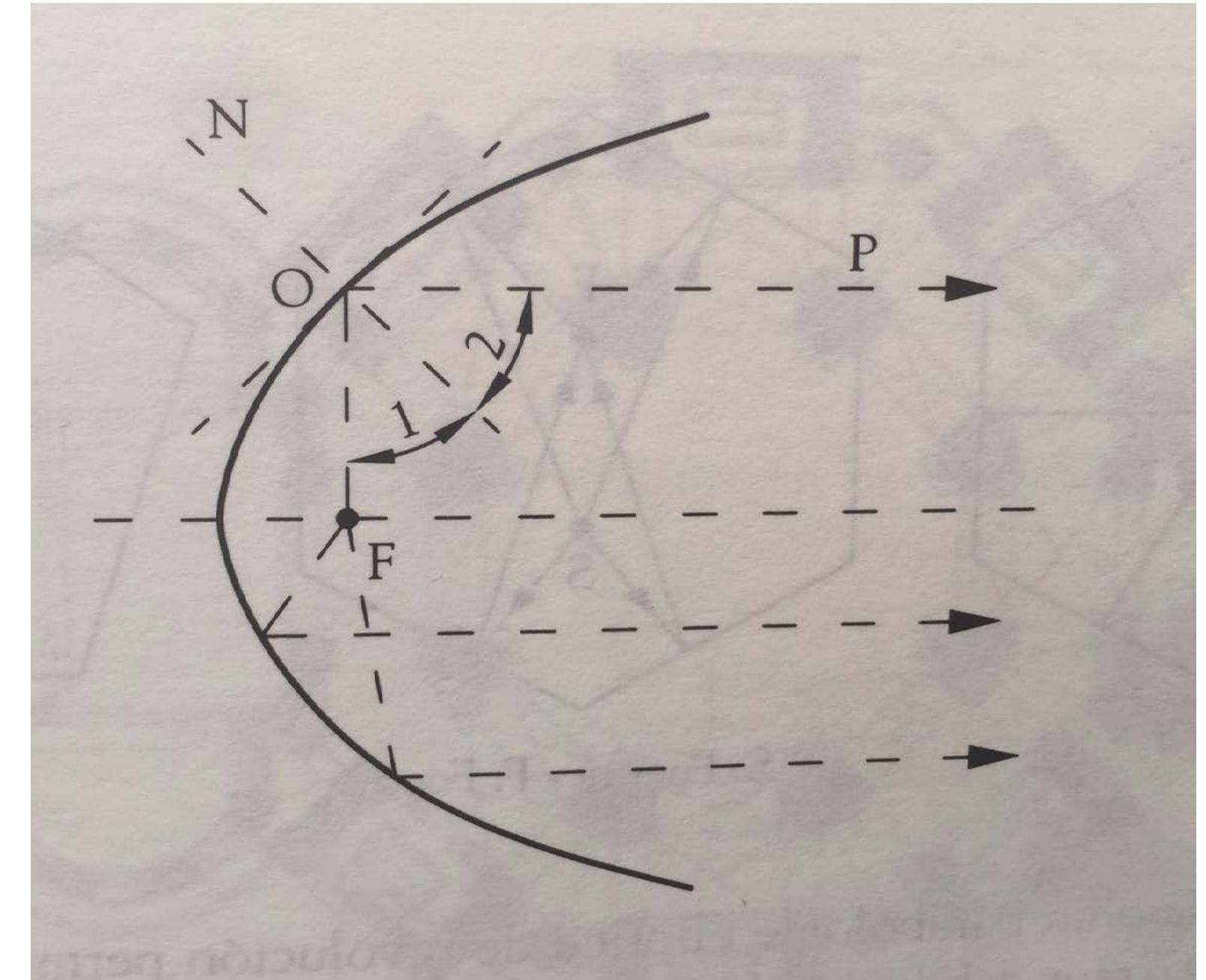
3. Parabole :

La géométrie d'une parabole permet de répartir plus uniformément la réflexion sonore qui est émise. Il s'agit donc d'une géométrie qui est beaucoup plus couramment utilisée dans la recherche de l'amplification et de l'accentuation de différents sons.

“Dans une parabole, chaque rayon qui part du foyer est réfléchi dans la direction parallèle à l'axe, et chaque rayon qui frappe la parabole parallèlement à l'axe est réfléchi au-delà du foyer”.

Nous trouvons des paraboles parfaites dans le monde de l'acoustique, comme dans la génération de subwoofers, d'amplificateurs de basse fréquence, de miroirs sonores qui améliorent un foyer d'entrée sonore spécifique, et même dans des géométries d'ingénierie des communications telles que les grandes antennes.

La parabole a la vertu de capter des sons très faibles ou éloignés en se concentrant sur le centre de la parabole. Les miroirs sonores de la Première Guerre mondiale, construits dans le sud de l'Angleterre sont un exemple clair de la façon dont la forme est prédéterminée par sa fonction.



Esquema de reflexión del sonido en una parábola, por Maria Andres Farina.

4. Polígono :

Hay distintas formas poligonales usadas en el diseño de las salas de música. cuadradas, rectangulares, trapezoidales o conocidas también como abanicos, ...

La geometría se ha ido modificando con el control del sonido que genera cada una. En realidad el resultado acústico difícilmente es el más óptimo pero estas tipologías son las que permiten un mayor número de espectadores con visión a la platea de los músicos

Si, de nuevo, podemos referenciar que es la sala más común y la que tiene peores prestaciones acústicas...

¿Hasta qué punto hemos sido capaces de generar grandes salas como la Konzerthaus de Berlin, el Musikvereinssaal de Viena, el Concertgebouw de Amsterdam o la Symphony Hall de Boston, por ejemplo, donde normalmente tiene más importancia la cantidad a la calidad?

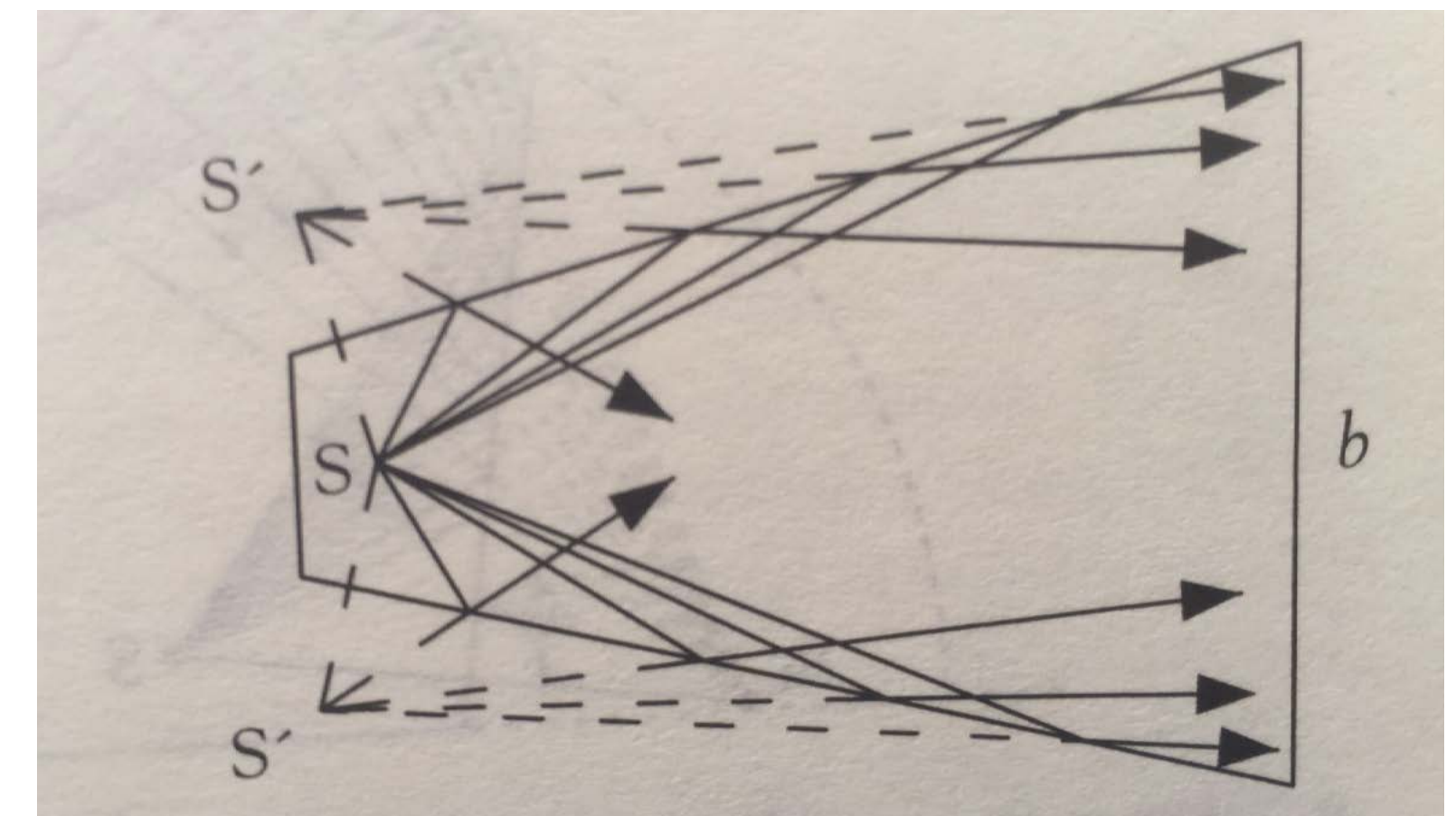
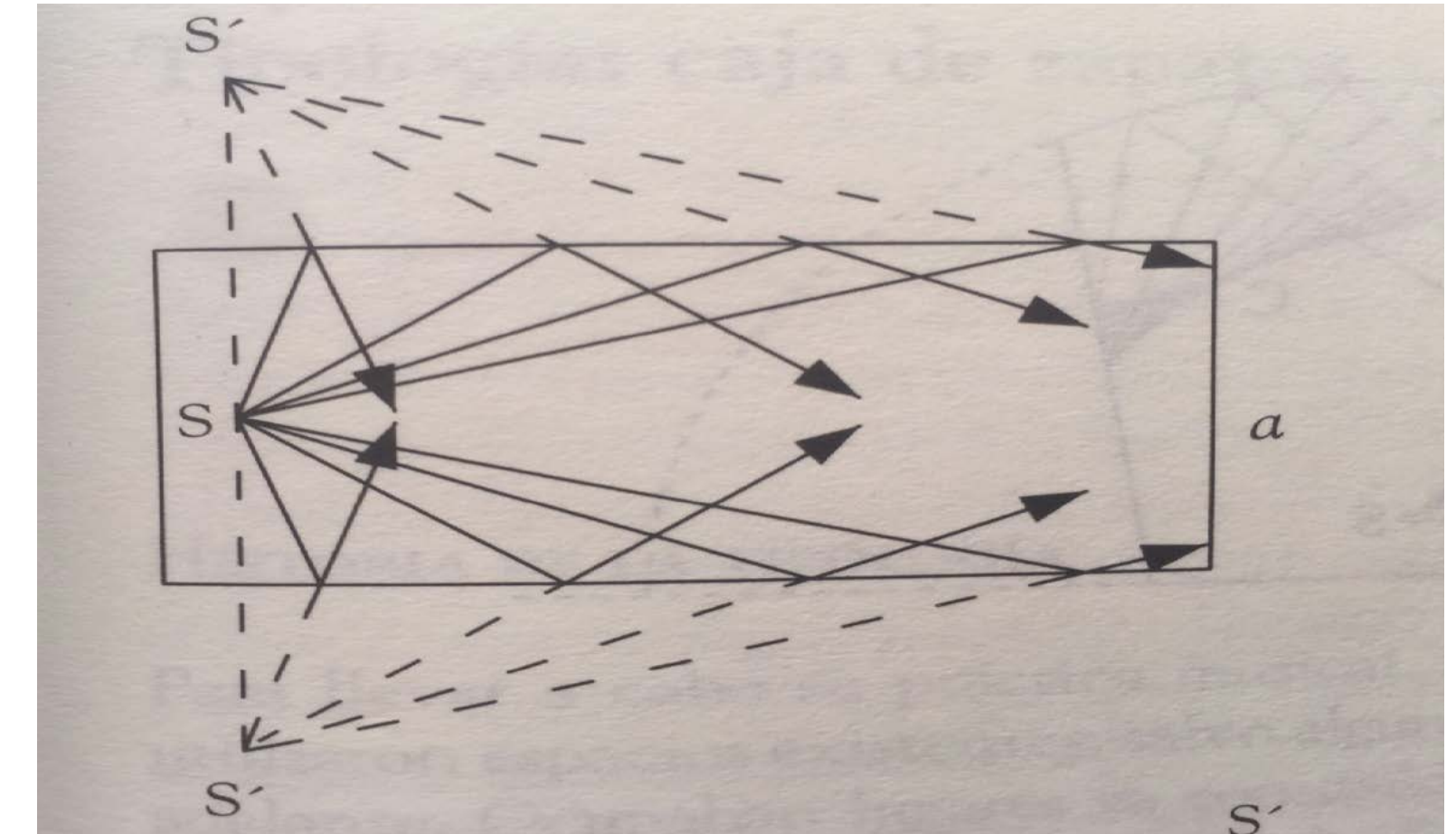
4. Polygone

Il existe différentes formes polygonales utilisées dans la conception des salles de musique : carrées, rectangulaires, trapézoïdales ou également appelées éventails, ...

La géométrie a été modifiée avec le contrôle du son généré par chacun d'eux. En réalité, le résultat acoustique est loin d'être le plus optimal, mais ces typologies sont celles qui permettent à un plus grand nombre de spectateurs d'avoir une vue sur les musiciens.

Si, encore une fois, nous pouvons souligner qu'il s'agit de la salle la plus courante et celle dont les performances acoustiques sont les plus mauvaises ?

Dans quelle mesure avons-nous été capables de générer de grandes salles comme le Konzerthaus de Berlin, le Musikvereinssaal de Vienne, le Concertgebouw d'Amsterdam ou le Symphony Hall de Boston, par exemple, où la quantité est généralement plus importante que la qualité ?



Esquemas de reflexiones en planta rectangular y con forma de trapezio, por Maria Andres Farina.

08

Combinación de parámetros

COMBINACIÓN DE PARÁMETROS

Si planteamos una concepción de diseño completamente distinta, analizando el sonido que se tenga que reproducir y dotando los parámetros de este de calidades espaciales, seguramente se podría reducir el cálculo acústico, la cantidad de materiales para la absorción o reverberación necesarios para equilibrar este sonido, incluso el aforo de espectadores.

Es impresionante ver cómo se han generado espacios que trabajan y se ajustan perfectamente a distintos estilos musicales. Actualmente, en cualquier buena sala de música, podemos apreciar tanto una ópera de la reconocida soprano rusa Anna Netrebko como un concierto de guitarra de la gran músico Gabriela Quintero.

Esta investigación sobre nuevos espacios sonoros que refleja esta lectura sigue unos primeros pasos que empiezan por entender y generar un espacio para un sonido determinado y en un tiempo acotado. Un principio de una nueva manera de entender y construir espacios sonoros que necesita de una constante evolución para poder llegar a ejecutar espacios que puedan interactuar con distintas frecuencias sonoras.

Si intentamos pensar en una nueva manera de entender el espacio sonoro para poder ser visto desde el oído, debemos fijarnos en cómo relacionamos los parámetros sonoros con el espacio físico.

COMBINAISON DE PARAMÈTRES

Si nous abordons une conception d'espace complètement différente, en analysant le son à reproduire et en dotant les paramètres de ce son aux caractéristiques de l'espace, nous pourrions certainement réduire le calcul acoustique, la quantité de matériaux d'absorption ou de réverbération nécessaires pour équilibrer ce son, voire le nombre de sièges.

Il est impressionnant de voir comment ont été créés des espaces qui fonctionnent non seulement avec un seul son mais qui s'adaptent aussi parfaitement à différents styles musicaux. Aujourd'hui, dans tout bon music-hall, on peut apprécier à la fois un opéra de la célèbre soprano russe, Anna Netrebko et aussi un concert de guitare de la grande musicienne Gabriela Quintero.

La recherche sur les nouveaux espaces sonores qui reflète cette lecture suit quelques premières étapes qui commencent par la compréhension et la génération d'un espace pour un son spécifique et dans un temps spécifique. Le début d'une nouvelle façon de comprendre et de construire des espaces sonores qui nécessite une évolution constante afin de pouvoir réaliser des espaces capables d'interagir avec différentes fréquences sonores.

Si nous essayons de réfléchir à une nouvelle manière de comprendre l'espace sonore, afin qu'il puisse être perçu à l'oreille, nous devons nous pencher sur la manière dont nous relierons les paramètres sonores à l'espace physique.

Recordemos los cuatro parámetros básicos: altura, intensidad, duración y timbre. .

Hay algunos que son de más fácil vinculación con el espacio que otros, por ejemplo la altura y su espectro sonoro. Podemos clasificar el propio sonido en la cantidad de graves medios o agudos que lo componen y leerlo como dato numérico. A partir de este punto podemos otorgar mediante proceso de código una graduación entre estos graves medios y agudos haciendo que el espacio pase de ser, respectivamente, más bajo y cóncavo a más estrecho y alto. Con este proceso podríamos lograr que un sonido con distintas alturas en graves o agudos, se acomode en un espacio modulado a partir de estas distintas alturas y así intentar generar un espacio de mayor calidad sonora para ese propio sonido.

Respecto a la intensidad del sonido se puede relacionar directamente con el grueso del envolvente volumétrico siguiendo el mismo proceso de código. A más intensidad del sonido, mayor el grueso del envolvente, de este modo es posible que pudiéramos obtener mayor absorción sonora e impedir que el sonido se escape al exterior y quede retenido en el interior con mayor claridad.

Rappelons les quatre paramètres de base : hauteur, intensité, durée et timbre.

Certains sont plus facilement liés à l'espace que d'autres, par exemple la hauteur et son spectre sonore. Nous pouvons classer le son lui-même en fonction de la quantité de basses, de médiums et d'aigus qui le composent et le lire comme une donnée numérique. A partir de là, nous pouvons donner par un processus de codage une graduation entre ces médiums et ces aigus, faisant passer l'espace d'être, respectivement, plus bas et concave à plus étroit et plus haut. Grâce à ce processus, nous pourrions obtenir qu'un son ayant des hauteurs différentes dans les graves ou les aigus soit logé dans un espace modulé à partir de ces différentes hauteurs et ainsi essayer de générer un espace de meilleure qualité sonore pour ce son.

L'intensité sonore peut être directement liée à l'épaisseur de l'enceinte volumétrique en suivant le même processus de codage. Plus l'intensité du son est élevée, plus l'épaisseur de l'enveloppe est importante, ce qui permet d'obtenir une plus grande absorption du son et d'éviter que le son ne s'échappe vers l'extérieur et ne soit retenu à l'intérieur avec une plus grande clarté.

La duración del sonido va de la mano con la profundidad de la volumetría. Como más largo es el sonido, más información podemos recopilar y más grande y profundo puede ser el espacio que genere.

Finalmente el timbre es el parámetro más complicado de relacionar directamente con el espacio. El timbre se define como la claridad sonora de poder escuchar y distinguir distintos instrumentos en un mismo sonido. La verdad es que si nos fijamos bien, cualquier sonido que sea reproducido tendrá una altura, una intensidad y una duración concreta por lo que ya queda definido dentro de los parámetros explicados anteriormente y, consecutivamente, ya genera su propia volumetría. El timbre es un parámetro que no se puede traducir en espacio directamente ya que indirectamente ya está representado por los otros parámetros.

La durée du son va de pair avec la profondeur du volume. Plus le son est long, plus nous pouvons recueillir d'informations et plus l'espace qu'il génère peut être vaste et profond.

Enfin, le timbre est le paramètre le plus compliqué à mettre en relation directe avec l'espace. Le timbre est défini comme la clarté sonore permettant d'entendre et de distinguer les différents instruments d'un même son, en y regardant de plus près, tout son reproduit aura une hauteur, une intensité et une durée spécifique, il est donc déjà défini dans les paramètres expliqués ci-dessus et, par conséquent, il génère déjà sa propre volumétrie. Le timbre est un paramètre qui ne peut être traduit directement dans l'espace, car il est déjà indirectement représenté par les autres paramètres.

09

El proyecto

EL PROYECTO

Bien, ahora que ya conocemos más cómo entender este cambio de paradigma para diseñar espacios sonoros vayamos a ver las oportunidades que se pueden dar de proyectar mediante la función y no la forma tras esta investigación.

El proyecto tratado trabaja en tres líneas de investigación y desarrollo:

I+D de los parámetros que caracterizan un sonido, proveyendo éstos de características específicas del espacio.

I+D del código computacional que permite realizar el intercambio de parámetros entre sonido y espacio.

I+D de las distintas volumetrías generadas por sonidos concretos.

Para obtener resultados interesantes, primero hay que conocer bien el proceso generativo. Como ya se ha comentado anteriormente, el primer paso es captar los parámetros sonoros básicos.

Hoy en día, hay una gran variedad de programas especializados en diseño computacional y *processing*. Estos hacen que el desarrollo del proyecto sea mucho más fácil y menos análogo. El código o script computacional es gran parte del proyecto.

Esta investigación pretende encontrar un nuevo modo de generar espacios sonoros basándose en su función y dejando al azar las formas resultantes; un azar formulado por este código algorítmico.

LE PROJET

Maintenant que nous en savons plus sur la manière de comprendre ce changement de paradigme pour la conception d'espaces sonores, examinons les possibilités qui peuvent découler de cette recherche de conception par la fonction plutôt que par la forme.

Le projet s'articule autour de trois axes de recherche et de développement :

R&D des paramètres qui caractérisent un son, en leur conférant des caractéristiques spécifiques de l'espace.

R&D d'un script informatique permettant l'échange de paramètres entre le son et l'espace.

R&D des différentes volumétries générées par des sons spécifiques.

Afin d'obtenir des résultats intéressants, il faut d'abord bien comprendre le processus génératif. Comme mentionné ci-dessus, la première étape consiste à capturer les paramètres sonores de base.

Il existe aujourd'hui une grande variété de logiciels spécialisés dans la conception et le traitement informatique. Ceux-ci rendent le développement de projets beaucoup plus facile et moins analogique. Le script informatique est une grande partie du projet.

Cette recherche vise à trouver une nouvelle façon de générer des espaces sonores en se basant sur leur fonction et en laissant les formes résultantes au hasard ; un hasard formulé par ce code algorithmique.

El punto más interesante de trabajar mediante esta tecnología informática, es el efecto prueba y error que se genera para llegar al resultado final. Hay distintas etapas donde parece que hayamos encontrado la fórmula matemática perfecta pero que en cuestión de pocos segundos, al probar un nuevo sonido transcrito por el código, nos damos cuenta de que no es lo que esperábamos.

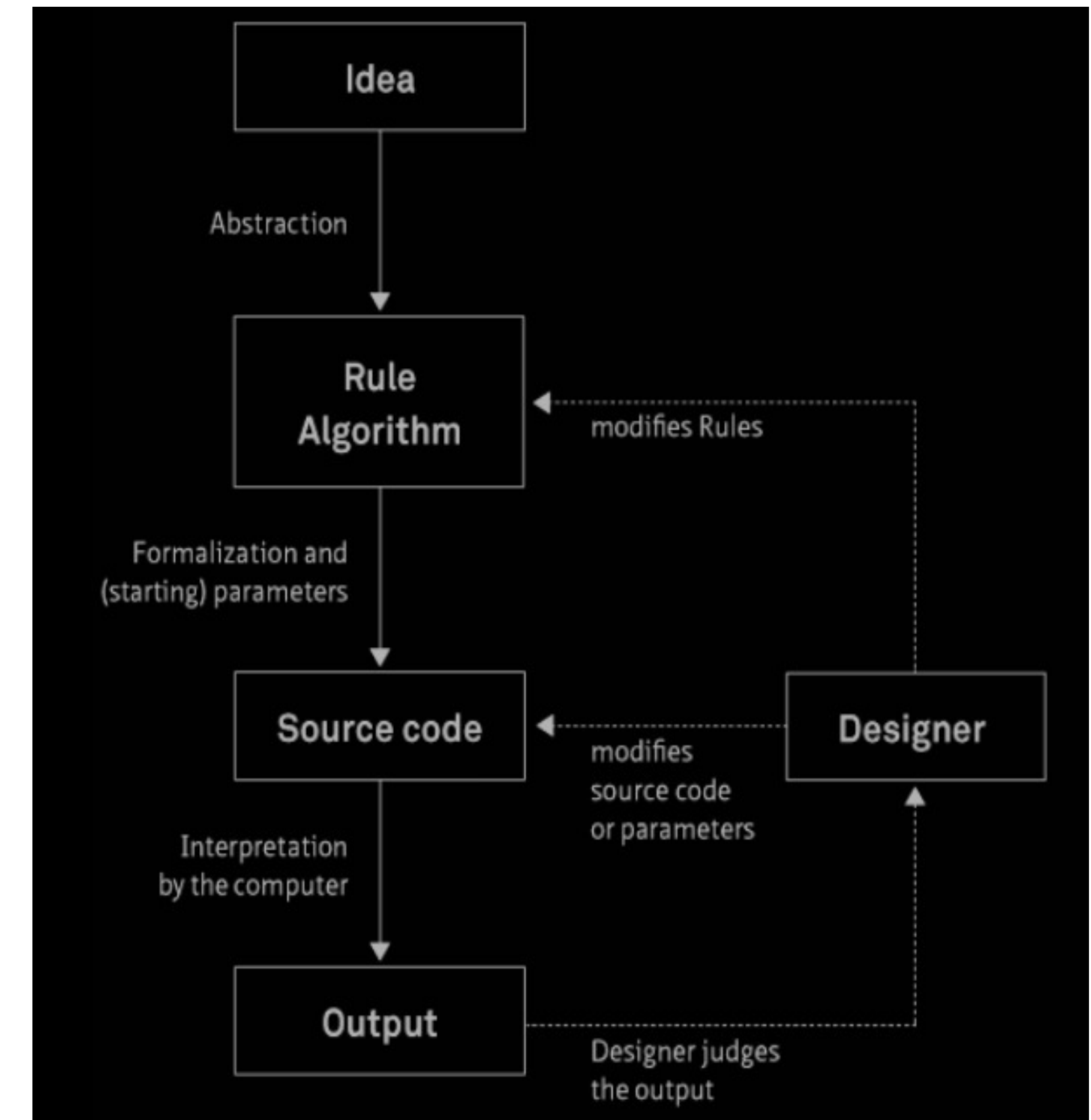
Al entender la lógica constructiva a partir de los parámetros que la caracterizan es donde se ajusta la máquina para que todo funcione como un reloj suizo. Me explico, si generamos un código que funcione para un sonido determinado, podemos pensar que hemos dado con la solución correcta, pero no. Al poner a prueba este código con un sonido de unas características radicalmente distintas puede pasar que la forma resultante sea, prácticamente, incomprendible.

El reto está en encontrar qué parámetro dentro del código es el que no está funcionando bien y afecta al resultado final. Todo esto, aunque parezca complicado, es un gran aprendizaje. El objetivo es poder generar un código que interprete bien los parámetros y ajustar las características de espacio que se les otorga a este.

Le point le plus intéressant du travail avec cette technologie informatique est l'effet d'essai et d'erreur qui est généré pour atteindre le résultat final ; il y a différentes étapes où il semble que nous ayons trouvé la formule mathématique parfaite mais en quelques secondes, lorsque nous essayons un nouveau son transcrit par le code, nous nous rendons compte que ce n'est pas ce que nous attendions.

Ce point de compréhension de la logique constructive à partir des paramètres qui la caractérisent, est celui où la machine est réglée pour que tout fonctionne comme une montre suisse ; je m'explique : si nous générons un code qui fonctionne pour un son donné. Nous pouvons penser que nous avons trouvé la bonne solution, mais non ; lorsque nous testons ce code avec un son aux caractéristiques radicalement différentes, il peut arriver que la forme résultante soit pratiquement incompréhensible.

Nous devons trouver quel paramètre du code ne fonctionne pas correctement. Tout cela, même si cela peut sembler compliqué, est un excellent processus d'apprentissage. L'objectif est de pouvoir générer un code qui interprète bien les paramètres et d'ajuster les caractéristiques spatiales qui lui sont données.



Esquemas de funcionamiento del diseño computacional, autor desconocido.

Charles Chaplin

“Me gustan mis errores, no quiero renunciar a la libertad deliciosa de equivocarme”

Una vez se encuentra la lógica dentro del código y se establece bien que es lo que está pasando en cada punto... voila! Tenemos algo que empieza a ser más tangible y lógico. Es básico tener presente que crear un buen código puede ahorrar mucho trabajo. Si hay alguna nueva intervención en el espacio, rectificar el código es mejor que volver a hacer un proyecto nuevo.

Una vez encontrado este script computacional apropiado para lo que busca el proyecto, empieza la parte práctica. Ponerlo a prueba con distintas situaciones sonoras.

Recordemos que este proyecto es una búsqueda de construir una nueva metodología para realizar espacios generados por un sonido y destinados a que este sonido pueda reproducirse en su máxima plenitud, mediante la creación de un script computacional, código, que se ajuste al máximo para detectar parámetros sonoros y vincular estos con sus propias características espaciales (comentado en el apartado de combinación de parámetros).

Charles Chaplin

“J’aime mes erreurs, je ne veux pas renoncer à la délicieuse liberté de faire des erreurs”

Une fois que vous avez trouvé la logique dans le code et que vous savez comment établir ce qui se passe à chaque point... Voilà ! Nous avons quelque chose qui commence à être plus tangible et logique. Il est fondamental de garder à l’esprit que la création d’un bon code peut permettre d’économiser beaucoup de travail. S’il y a une nouvelle intervention dans l’espace, il vaut mieux rectifier le code que de refaire un nouveau projet.

Une fois que vous avez trouvé ce script de calcul qui convient à ce que le projet recherche, la partie pratique commence. Mettez-le à l’épreuve dans différentes situations sonores.

Rappelons que ce projet est une quête pour construire une nouvelle méthodologie pour créer des espaces générés par un son et destinés à ce que ce son soit reproduit dans sa plénitude, en créant un script, le code, qui est ajusté au maximum pour détecter les paramètres du son et les relier à leurs propres caractéristiques spatiales (Thème abordé dans la section sur la combinaison des paramètres).

Hallada la ecuación, hay que trabajar en maquetas a escalas funcionales para poder poner a prueba física el resultado. Este punto es de lo más interesante; igual que cuando diseñamos un proyecto arquitectónico más convencional, la fase de análisis de la maqueta es donde podemos determinar puntos claves del diseño. Pues bien, en el proyecto se ha analizado un caso teórico de forma práctica.

Mediante la tecnología de impresión 3D se ha puesto a prueba uno de los espacios generados por un propio sonido y se ha analizado si su acústica interior es la adecuada para el sonido que ha generado este mismo espacio con la combinación de parámetros con el código o script. Finalmente, encontramos una nueva manera de producir y reproducir el sonido dentro de estos espacios sonoros, a los que podemos llamar, también, pabellones acústicos.

El uso de este nuevo método constructivo podría tener utilidad en distintas situaciones, por ejemplo, podríamos diseñar espacios que busquen una contemplación sonora y escucha profunda de elementos naturales, o todo lo contrario, volumetrías que den respuesta al ruido de espacios muy concurridos y puedan generar respuesta de aislamiento acústico, por ejemplo, para mejorar las problemáticas de los museos comentados anteriormente.

Une fois l'équation trouvée, il est nécessaire de travailler sur des modèles réduits fonctionnels afin de tester physiquement le résultat. Ce point est très intéressant ; tout comme lors de la conception d'un projet architectural plus conventionnel, la phase d'analyse du modèle est celle qui permet de déterminer les points clés de la conception. Dans ce projet, un cas théorique a été analysé de manière pratique.

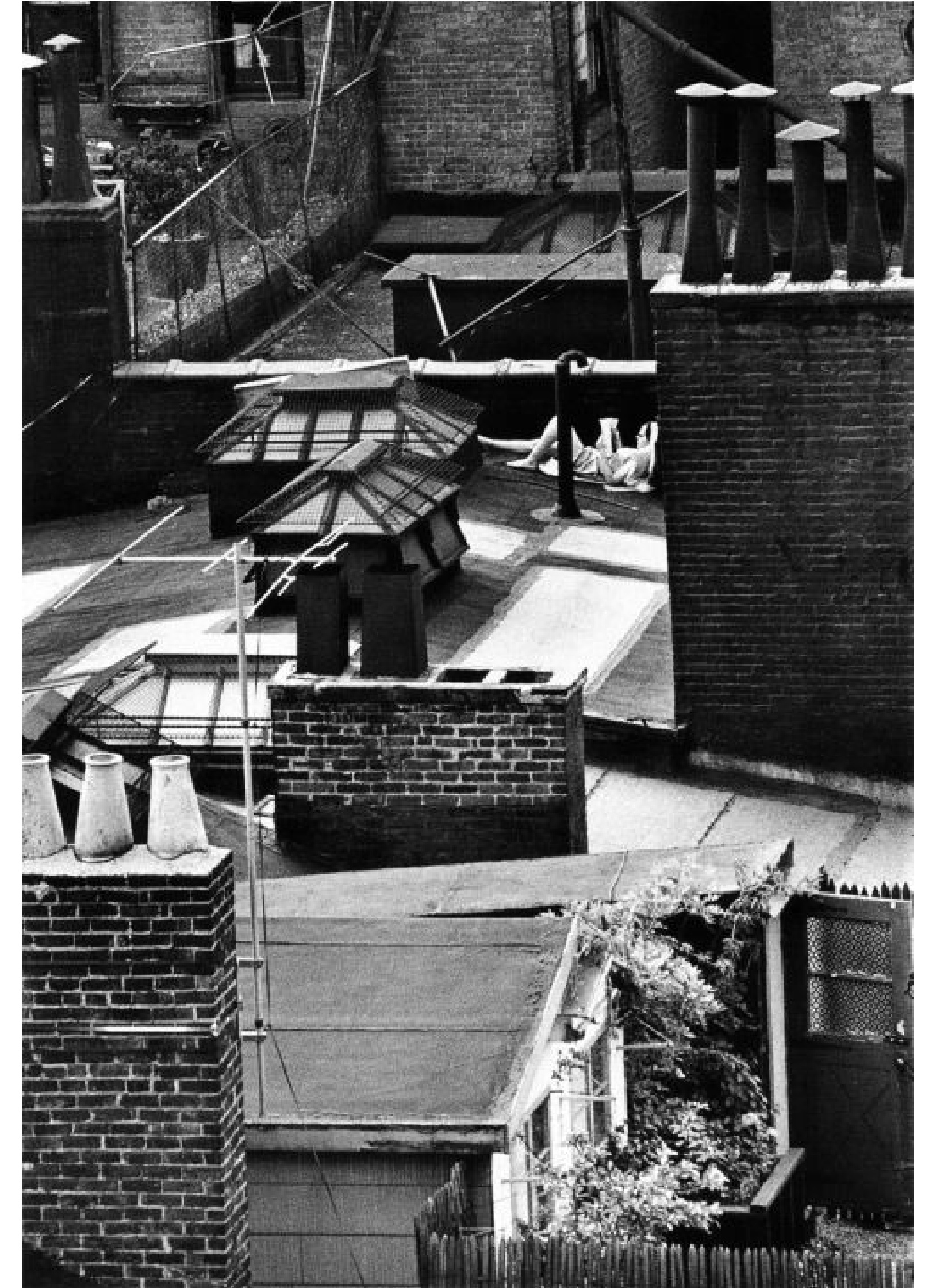
Grâce à la technologie d'impression 3D, nous avons testé l'un des espaces générés par un son lui-même et analysé si son acoustique intérieure est adaptée au son généré par cet espace en combinant des paramètres avec le code ou le script.

Enfin, nous avons trouvé une nouvelle façon de produire et de reproduire le son à l'intérieur de ces espaces sonores, que l'on peut également appeler pavillons acoustiques.

L'utilisation de cette nouvelle méthode de construction pourrait être utile dans différentes situations, par exemple, nous pourrions concevoir des espaces qui recherchent une contemplation sonore et une écoute profonde des éléments naturels, ou au contraire, des volumétries qui répondent au bruit des espaces bondés et peuvent générer une réponse d'isolation acoustique, par exemple, pour améliorer les problèmes des musées mentionnés ci-dessus.

También en un uso más doméstico para amplificar el sonido de momentos más íntimos dentro de casa, como un sitio para poder leer al sol, un espacio donde tener una buena conversación, una comida de domingo, ... En definitiva, con más estudio y práctica, podríamos conseguir nuevos espacios donde se quiera poner principal atención en el sonido que se desee para la situación que se desarrolla en un punto concreto.

Aussi dans un usage plus domestique pour amplifier le son de moments plus intimes à la maison, comme un endroit pour lire au soleil, un espace pour avoir une bonne conversation, ou encore un déjeuner du dimanche, ... En bref, avec plus d'étude et de pratique, nous pourrions réaliser de nouveaux espaces où vous voulez faire plus attention au son que vous voulez dans la situation qui se développe dans un point particulier.



André Kertész. Woman reading on roof, 1965.

10

Casos de estudio

CASOS DE ESTUDIO

Dos grandes ejemplos de distintas épocas se han seleccionado para ponerse a prueba ya que son claramente funcionalistas.

El primer ejemplo son los Espejos Sonoros de la I Guerra Mundial del sur de Inglaterra. Grandes estructuras de hormigón donde se esculpían formas cóncavas para poder amplificar el sonido de los aviones que venían a atacar. La volumetría permite enfatizar la mínima y débil señal de cualquier avión que se acercaba a la costa para atacar. Como ya hemos visto anteriormente la forma genera un foco de reflejo sonoro, en este punto se colocaba un micrófono que transmitía el sonido a un operario dedicado a capturar y monitorizar análogamente la posición del sonido, normalmente un avión.

El problema es que en poco tiempo los modelos de aviación eran prácticamente similares; tanto las tropas enemigas como las aliadas tenían un mismo sentido y costaba distinguir si el sonido era una amenaza o una ayuda; pero su función de amplificar el sonido la cumplía a la perfección.

ÉTUDES DE CAS

Deux exemples majeurs d'époques différentes ont été sélectionnés pour preuve car ils sont clairement fonctionnels.

Le premier exemple est celui des miroirs sonores de la Première Guerre mondiale dans le sud de l'Angleterre. De grandes structures en béton où des formes concaves ont été sculptées afin d'amplifier le son des avions qui venaient attaquer. La volumétrie permet de mettre en évidence le signal minimal et faible de tout avion s'approchant de la côte pour l'attaquer. Comme nous l'avons déjà vu, la forme génère un foyer de réflexion du son, à cet endroit est placé un microphone qui transmet le son à un opérateur dédié à la captation et au contrôle de la position du son, normalement un avion.

Le problème est qu'en peu de temps, les modèles d'avions étaient presque identiques ; les troupes ennemies et alliées avaient le même sens et il était difficile de distinguer si le son était une menace ou une aide ; mais sa fonction d'amplification du son était parfaitement remplie.



Espejo sonoro Inglaterra IGM, por Piercarlo Quecchia.

En la prueba de este caso de estudio determinaremos si la forma no solamente potencia el sonido sino que ayuda a transmitirlo, sobretodo, las frecuencias de grado bajo, según lo que hemos anotado anteriormente en la combinación de parámetros, un espacio cóncavo o circular es óptimo para reproducir un sonido grave.

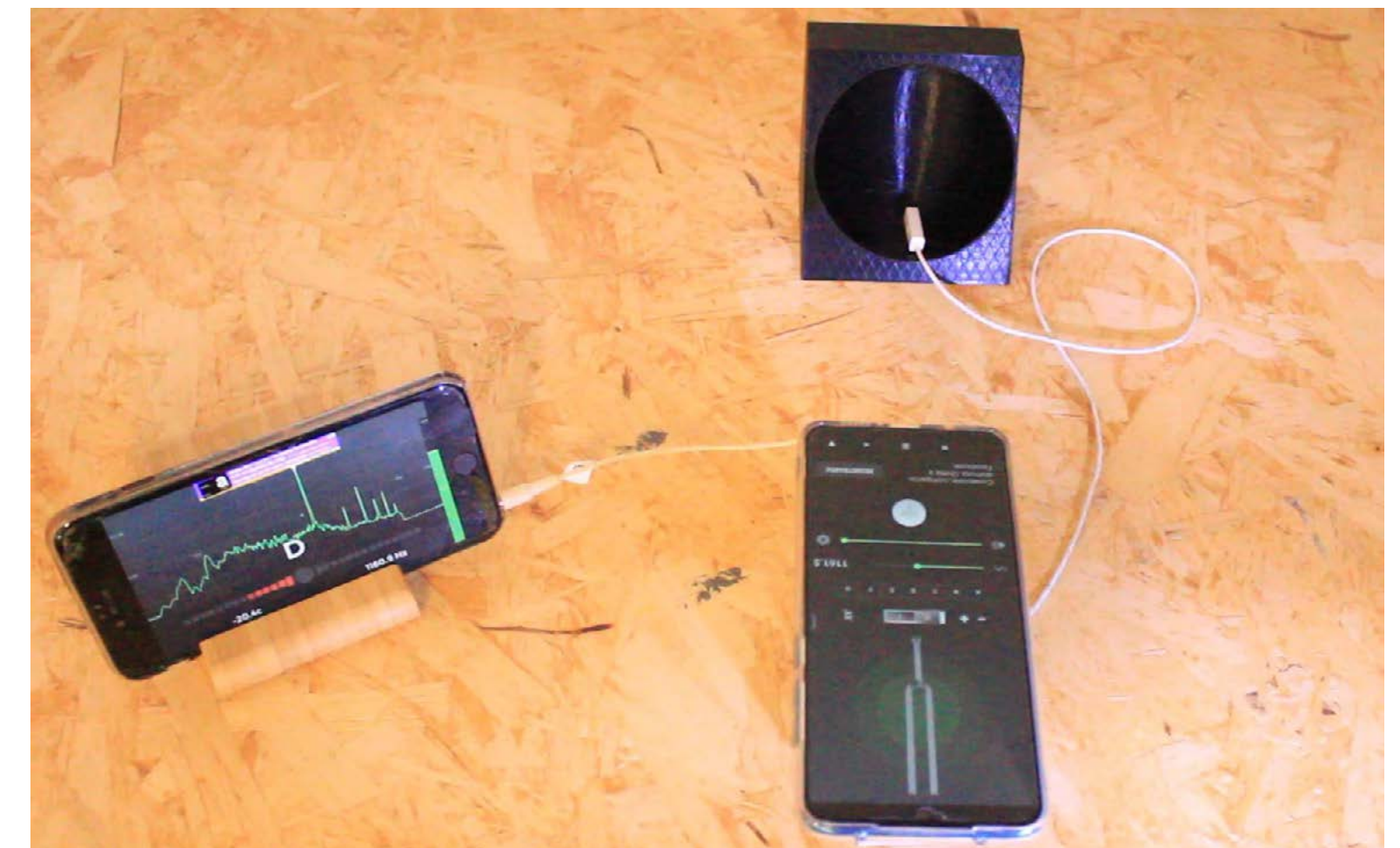
Para poder hacer la prueba de este caso de estudio se ha realizado un previo dibujo computacional en 3D e impreso el modelo que, juntamente con una máquina de grabación de sonidos, actuando como micrófono, y un sonómetro, para ver las frecuencias, se ha podido poner a prueba.

Dans ce test d'étude de cas, nous allons déterminer si la forme non seulement améliore le son mais aide aussi à le transmettre, en particulier les basses fréquences, comme nous l'avons noté plus haut dans la combinaison des paramètres, un espace concave ou circulaire est optimal pour reproduire un son grave.

Afin de tester cette étude de cas, un dessin informatique en 3D a été réalisé et le modèle a été imprimé, ce qui a permis de le mettre à l'épreuve avec une machine d'enregistrement sonore, faisant office de microphone, et un sonomètre, pour voir les fréquences.



Maqueta 3D del espejo sonoro de Inglaterra.



Prueba sonora a maqueta del espejo sonoro de Inglaterra.

Como se observa en las imágenes, la forma ovalada de la cúpula inscrita en la figura, funciona como un buen sistema de amplificación sonora.

El sonido puesto a prueba es un sonido puro, por lo que tiene unos puntos altos muy marcados, el espectro sonoro lo refleja con claridad. Al mover y sacar este volumen vemos como los db bajan notablemente.

Si jugamos con la posición e inclinación de este, podemos conseguir una amplificación sonora espectacular, como vemos en las imágenes. Con la geometría, aumentan los decibelios y las frecuencias. Sin la geometría bajan los decibeles y se estabiliza la frecuencia.

Poniendo a prueba este caso pero con una nota más grave el espectro sonoro nos muestra que no hay tanta difusión, es decir, los sonidos graves se acoplan bien dentro de la forma ovalada y los agudos salen reflejados al exterior.

Como conclusión podemos afirmar que la teoría vista anteriormente sobre las formas geométricas para una arquitectura acústica aporta muy buena información y, por lo tanto, podemos obtener la certeza de la relación de parámetros entre sonido grave y espacio cóncavo. Es un caso de estudio favorable.

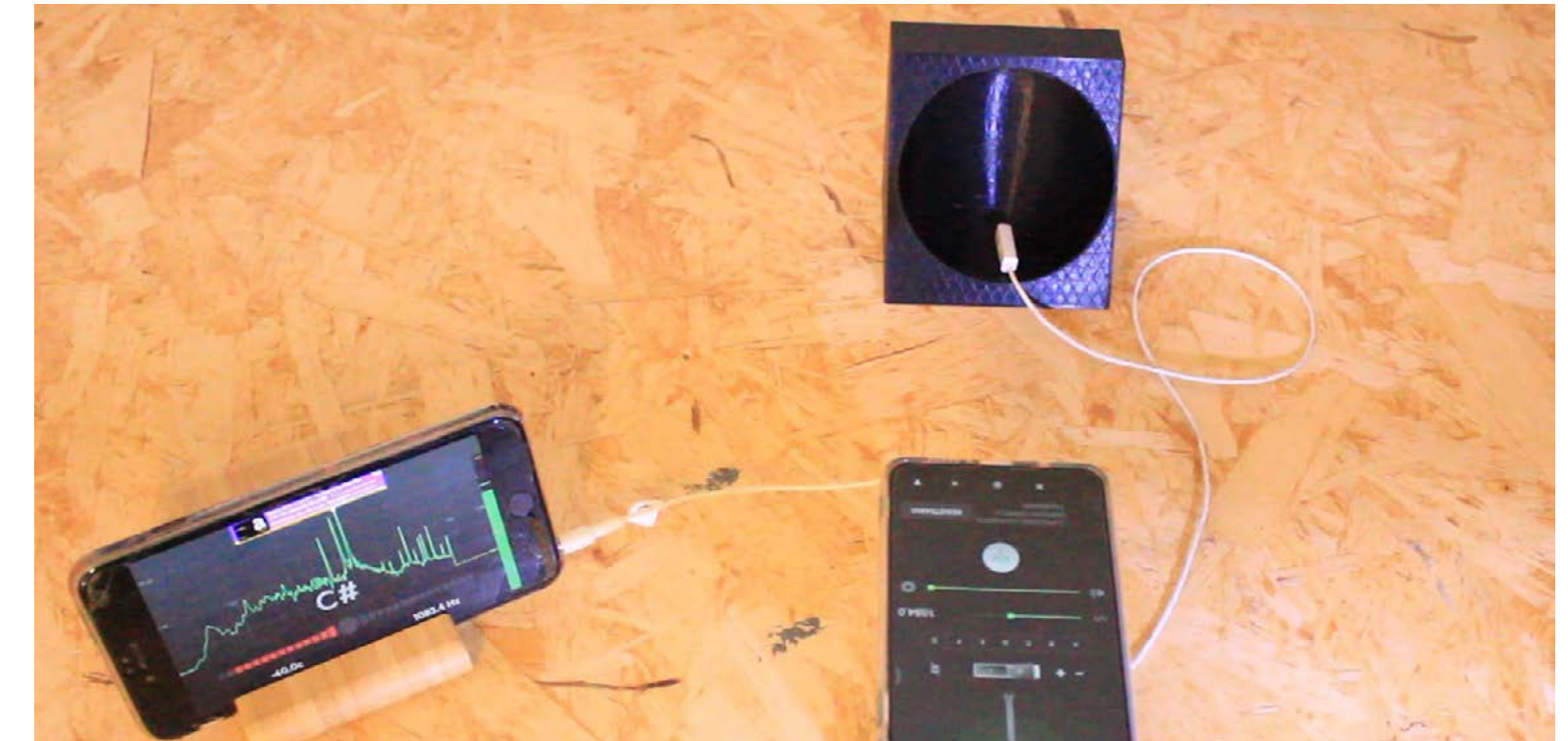
Comme on peut le voir sur les photos, la forme ovale du dôme inscrit dans la figure, fonctionne comme un bon système d'amplification du son.

Le son testé est un son pur, il a donc des points hauts très marqués, le spectre sonore le reflète clairement. En déplaçant et en enlevant ce volume, nous pouvons voir comment le db baisse sensiblement, si nous jouons avec la position et l'inclinaison de ce volume.

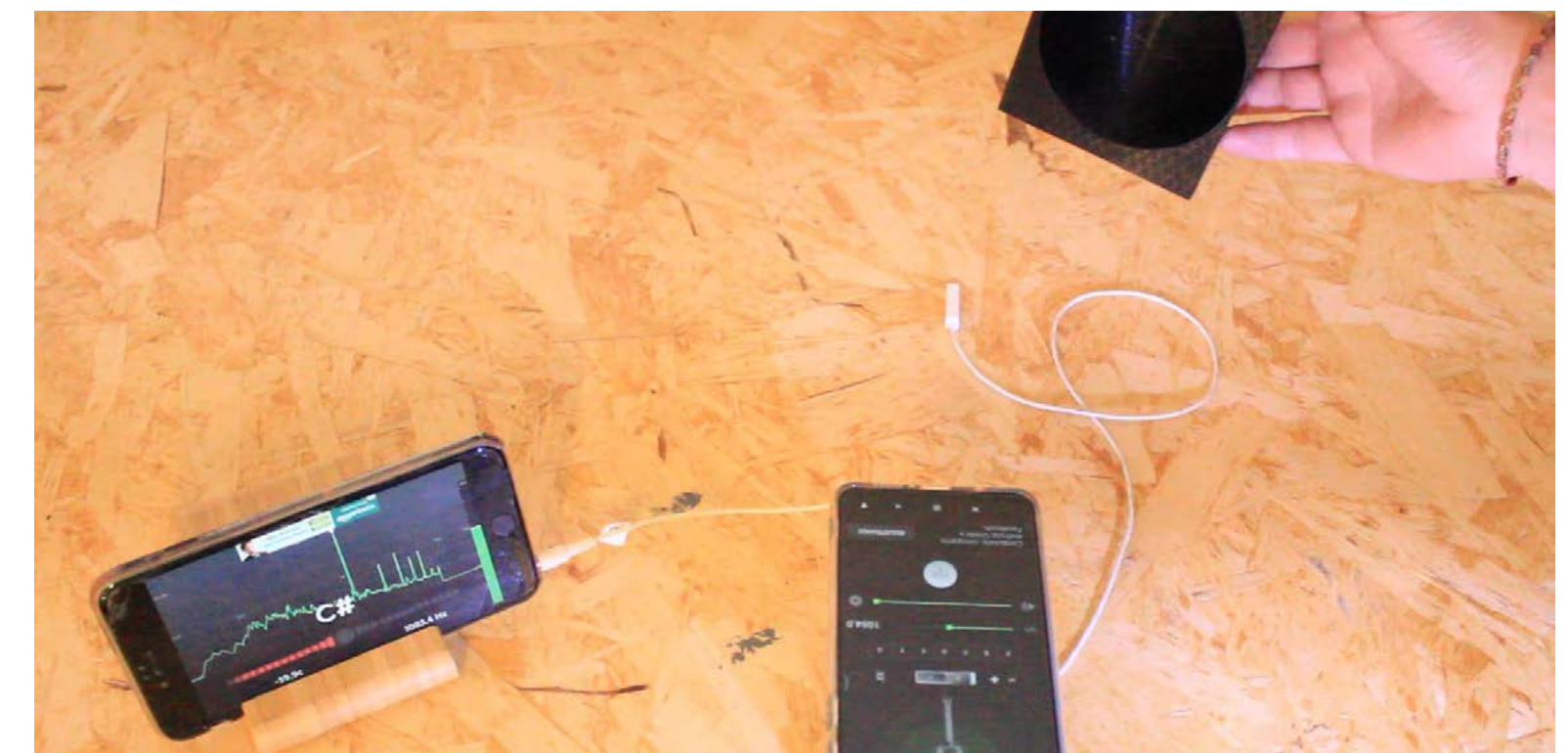
Si nous jouons avec la position et l'inclinaison de celui-ci, nous pouvons obtenir une amplification sonore spectaculaire, comme nous le voyons sur les images. Avec la géométrie, les décibels et les fréquences augmentent. Sans la géométrie, les décibels chutent et la fréquence se stabilise.

En testant ce cas, mais avec une note plus basse (note et fréquence définies), le spectre sonore montre qu'il n'y a pas autant de diffusion, c'est-à-dire que les sons graves s'insèrent correctement à l'intérieur de la forme ovale et que les sons aigus sont réfléchis vers l'extérieur.

En conclusion, nous pouvons affirmer que la théorie vue ci-dessus sur les formes géométriques d'une architecture acoustique fournit de très bonnes informations et que nous pouvons donc être certains de la relation entre le son grave et l'espace concave. Il s'agit d'une étude de cas favorable.



Sonido amplificado, captado por el espectrómetro poniendo el micrófono en la geometría



Sonido natural captado por el espectrómetro si poner el micrófono en la geometría

El segundo caso de estudio se basa en una escultura del autor **Lukas Kühne** ubicada en **Tvisöngur**, en Islandia. Esta escultura capta los sonidos de la naturaleza y los imita en su interior con cinco armónicos distintos. en cada cúpula se genera un armónico concreto. El problema de esta escultura es que los sonidos que capta son completamente variantes y el factor viento genera bastante distorsión sonora, por lo que es difícil captar bien su esencia, se necesitan unas condiciones climáticas muy exactas y tener la suerte de que hayan actores responsables de generar sonidos, fauna y flora, pero que bonito puede debe escuchar la lluvia desde dentro de esta escultura.

El procedimiento para poder hacer esta prueba sonora es el mismo que el anterior; dibujo, impresión 3d y pruebas sonoras con resultados digitales.

La deuxième étude de cas est basée sur une sculpture de l'auteur **Lukas Kühne** située à **Tvisöngur** en Islande. Cette sculpture capte les sons de la nature et les imite à l'intérieur de la sculpture avec cinq harmoniques différentes. Le problème de cette sculpture est que les sons qu'elle capte sont complètement différents et que le facteur du vent génère beaucoup de distorsion sonore. Il est donc difficile de bien capturer son essence, il faut des conditions météorologiques très précises et avoir la chance d'avoir des acteurs responsables de la génération des sons, la faune et la flore, mais comme il est agréable de s'imaginer écouter la pluie depuis l'intérieur de cette sculpture.

La procédure pour réaliser ce test sonore est la même que la précédente : dessin, impression 3d et tests sonores avec résultats numériques.



Escultura en Tvisöngur, foto del escultor y autor de la obra Lukas Kühne.



Maqueta 3D de la escultura en Tvisöngur.

RESULTADOS

Esta geometría compuesta por cinco cúpulas crecientes en proporción áurea es más complicada de analizar acústicamente. Como vemos en las imágenes el sonido se amplifica pero el espectro sonoro cambia notablemente de forma. Podemos suponer que el espacio interior genera distintas reverberaciones ya que se concentra el sonido en cada una de las cúpulas.

Con la puesta a prueba de este caso de estudio podemos constatar que esta escultura genera distintas variaciones sonoras dependiendo de donde se encuentre el receptor, en nuestro caso ha sido un pequeño micrófono. Veamos el espectro que se muestra en la fotografía y su explicación para entender bien qué es lo que está sucediendo.

Vemos que el sonido se intensifica ya que la barra de decibelios, a la derecha, está bastante arriba. Por otro lado también sobresalen cinco picos por encima de los demás, seguramente es debido a la sonoridad que se genera al interior de cada una de estas cúpulas.

RÉSULTATS

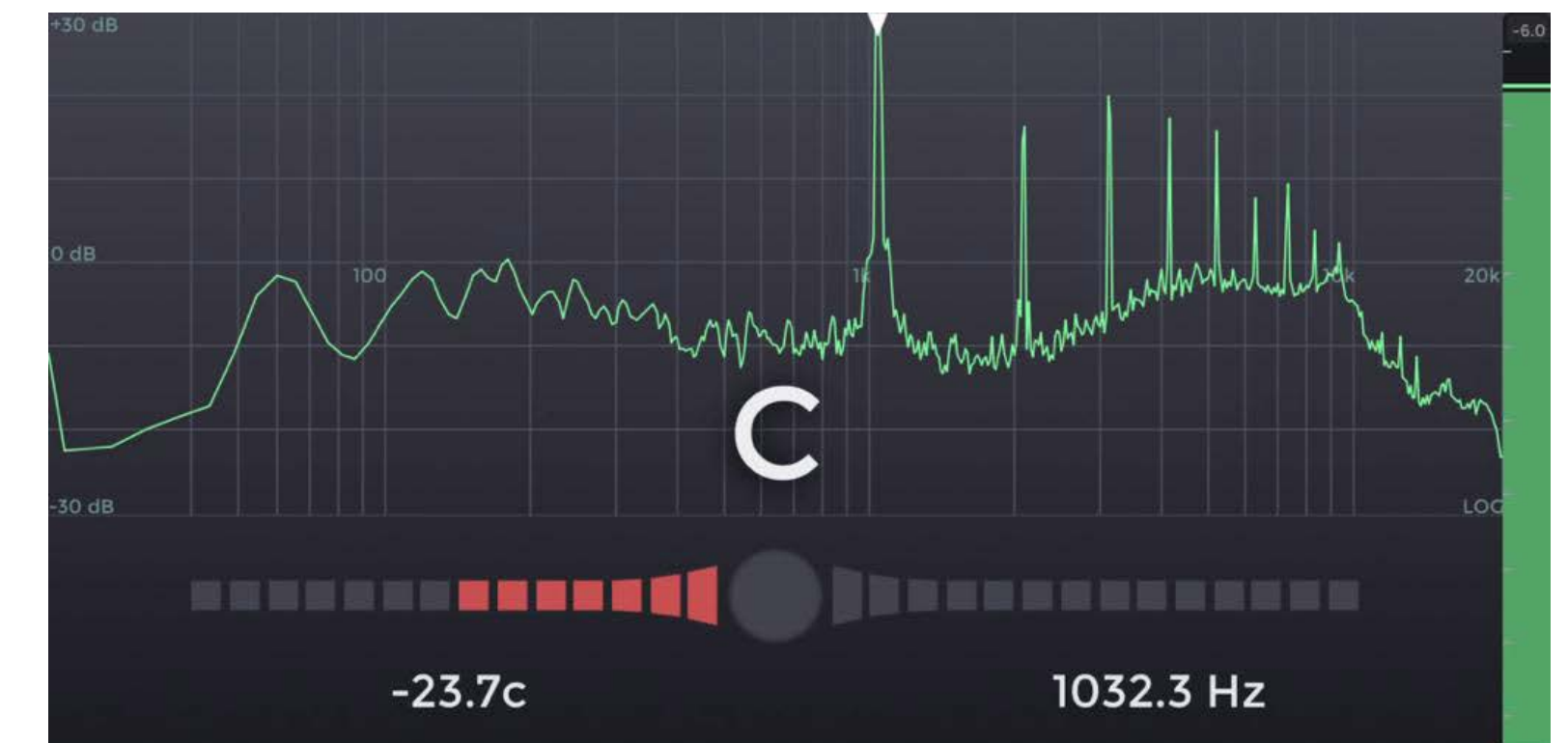
Cette géométrie composée de cinq dômes croissants en nombre d'or est plus compliquée à analyser acoustiquement. Comme on peut le voir sur les photos, le son est amplifié mais le spectre sonore change considérablement de forme. Nous pouvons supposer que l'espace intérieur génère des réverbérations différentes car le son est concentré dans chacun des dômes.

En testant cette étude de cas, nous pouvons constater que cette sculpture génère des variations sonores différentes selon l'endroit où se trouve le récepteur, dans notre cas un petit microphone. Voyons le spectre montré sur la photo et son explication pour comprendre ce qui se passe.

On peut voir que le son s'intensifie puisque la barre des décibels, à droite, est assez haute. D'autre part, cinq pics se détachent également des autres, sûrement en raison du son généré à l'intérieur de chacun de ces dômes.



Prueba sonora a maqueta de las 5 cúpulas de Islandia



Sonido amplificado y saturado captado por el espectrómetro poniendo el micrófono en la geometría

No podemos sacar una conclusión tan directa como con el anterior caso de estudio, podemos dejar constancia que cada cúpula preserva su propio sonido, por lo que reforzamos la idea de que es una buena geometría para contener un sonido.

Pensando en valor de espacio para modificar el parámetro del código, la forma final será más o menos ovalada en función de que tanto quiera retener el sonido que la genera. Por este motivo se evitará tener geometrías puntiagudas o de líneas rectas muy cercanas ya que sería un punto de partida así que añadiremos un parámetro nuevo conocido como "Blur" que ayuda a suavizar las aristas para tener una mejor sonoridad dentro de nuestros casos de investigación.

Nous ne pouvons pas tirer de conclusion aussi directe que pour l'étude de cas précédente, mais nous pouvons affirmer pour mémoire que chaque dôme conserve son propre son, ce qui renforce l'idée que c'est une géométrie adaptée pour contenir un son.

En pensant à la valeur de l'espace pour modifier le paramètre du code, la forme finale sera plus ou moins ovale selon que l'on souhaite conserver le son qui la génère. Pour cette raison, nous éviterons d'avoir des géométries nettes ou des lignes droites rapprochées, car cela constituerait un point de départ.

Nous ajouterons donc un nouveau paramètre appelé "Flou" qui permet d'adoucir les bords afin d'obtenir une meilleure sonorité dans nos cas de recherche.

11

Casos de investigación y desarrollo

CASOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Para entrenar nuestro código se han escogido distintos campos sonoros, con parámetros acústicos bastante diferenciados entre ellos. Conscientemente, se han buscado efectos como el acople sonoro de las olas del mar, el eco y delay de un túnel, la frecuencia llena de chorus de un cuenco tibetano y la discontinuidad sonora con grandes contrastes del crujir de la madera en el fuego.

Se ha trabajado en una escala humana para poder obtener resultados tangibles donde se puedan experimentar estos momentos más meditativos y contemplativos en toda su plenitud.

CAS DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Afin de générer notre code, différents champs sonores ont été choisis, avec des paramètres acoustiques très différents les uns des autres.

Consciemment, des effets tels que le couplage sonore des vagues, l'écho et le retard d'un tunnel, la fréquence d'un bol chantant tibétain et la discontinuité sonore avec de grands contrastes du crépitement du bois dans un feu ont été recherchés.

Il a été travaillé à l'échelle humaine afin d'obtenir des résultats tangibles où ces moments plus méditatifs et contemplatifs peuvent être vécus dans leur plénitude



Prueba de captación sonora en Cap Ras, Empordà, Catalunya

DISEÑO COMPUTACIONAL

Pasemos a entender cómo se ha diseñado el script computacional, o código, para posteriormente poder ver cómo sería una primera aproximación a un pabellón para escuchar las olas del mar, el fuego crujir, meditar o un juego de ecos.

Aprovechemos el primero de estos cuatro casos, las olas de mar, para explicar y entender el código.

Touchdesigner ha sido el programa con el que se ha trabajado todo el código. Es una plataforma que permite la programación de entornos generativos en 3D y 2D, a parte de: temas interactivos, video mapping e incluso creación de aplicaciones para Arduino.

Usa un lenguaje de programación visual bastante intuitivo basado en nodos para distintos contenidos multimedia a tiempo real. La parte interesante es justamente que pueda procesar a tiempo real, entonces puede convertir, por ejemplo, el sonido a espacio de manera directa, cosa que nos hace entender mejor y ver que está pasando en todos momentos.

CONCEPTION COMPUTATIONNELLE

Parlons de la façon dont le script informatique, ou code, a été conçu, puis nous pourrions voir ensuite, à quoi ressemblerait une première approximation d'un pavillon, pour écouter les vagues, le crépitement du feu, la méditation ou un jeu d'échos.

Utilisons le premier de ces quatre cas, les vagues de la mer, pour expliquer et comprendre le code.

Touchdesigner a été le programme avec lequel tout le code a été travaillé.

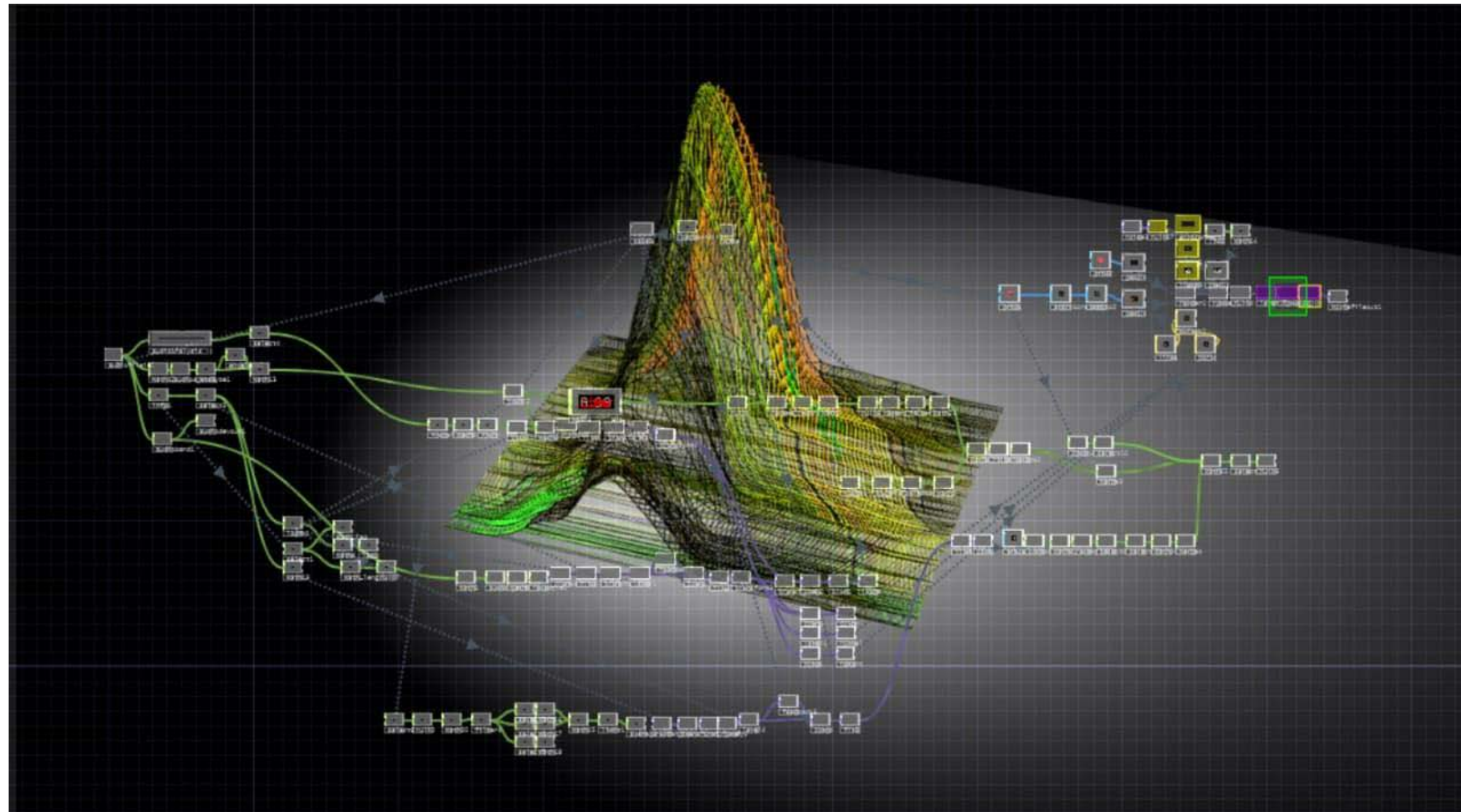
Il s'agit d'une plateforme qui permet la programmation d'environnements générateurs 3D et 2D, ainsi que des thèmes interactifs, du mapping vidéo et même la création d'applications pour Arduino. Il utilise un langage de programmation visuel assez intuitif basé sur des nœuds pour différents contenus multimédia en temps réel. Ce qui est intéressant, c'est qu'il peut traiter en temps réel, donc convertir, par exemple, le son en espace de manière directe, ce qui nous permet de mieux comprendre et de voir ce qui se passe à tout moment.

12

Funcionamiento del código

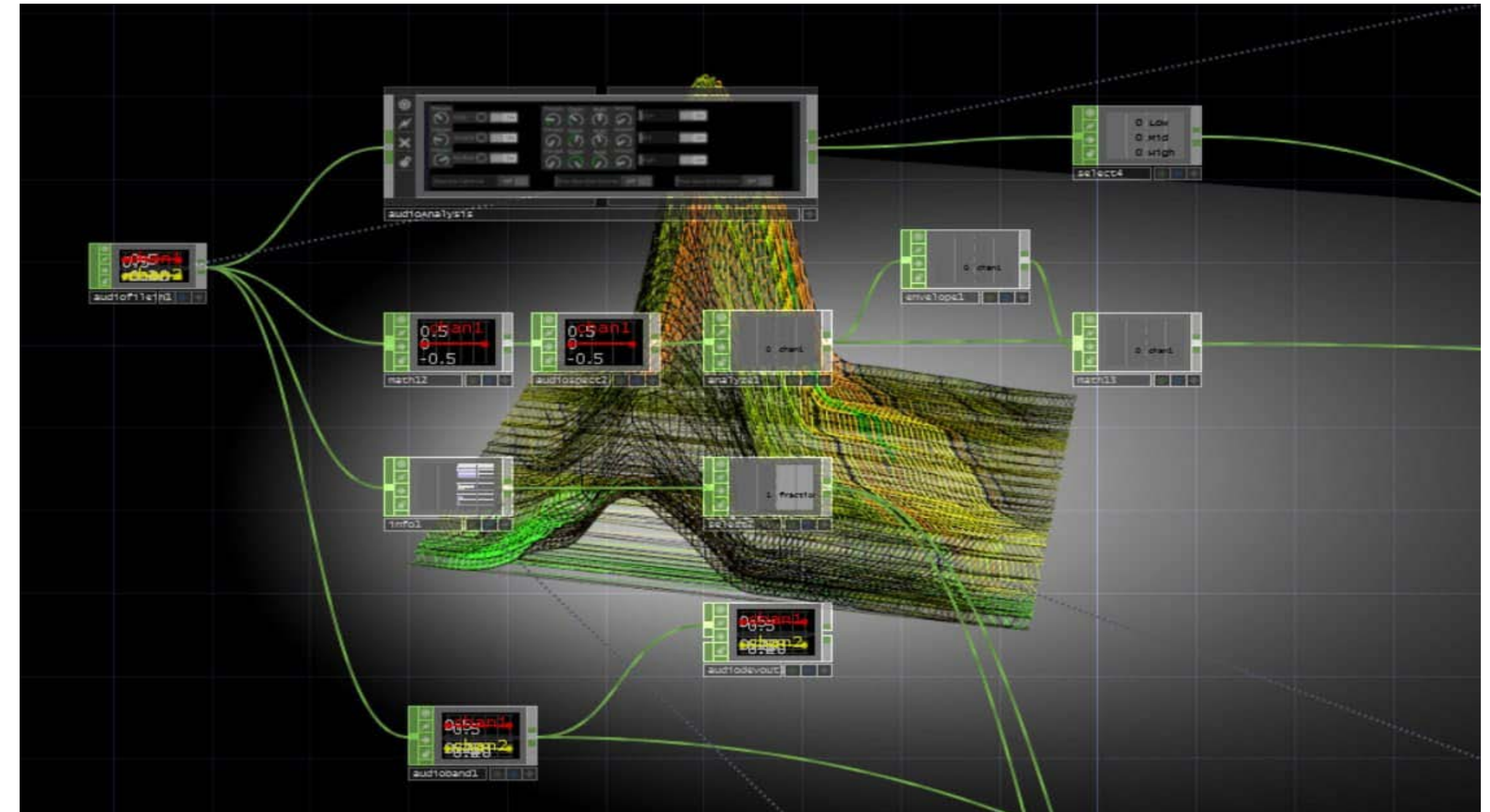
FUNCIONAMIENTO DEL CÓDIGO

FONCTIONNEMENT DU CODE



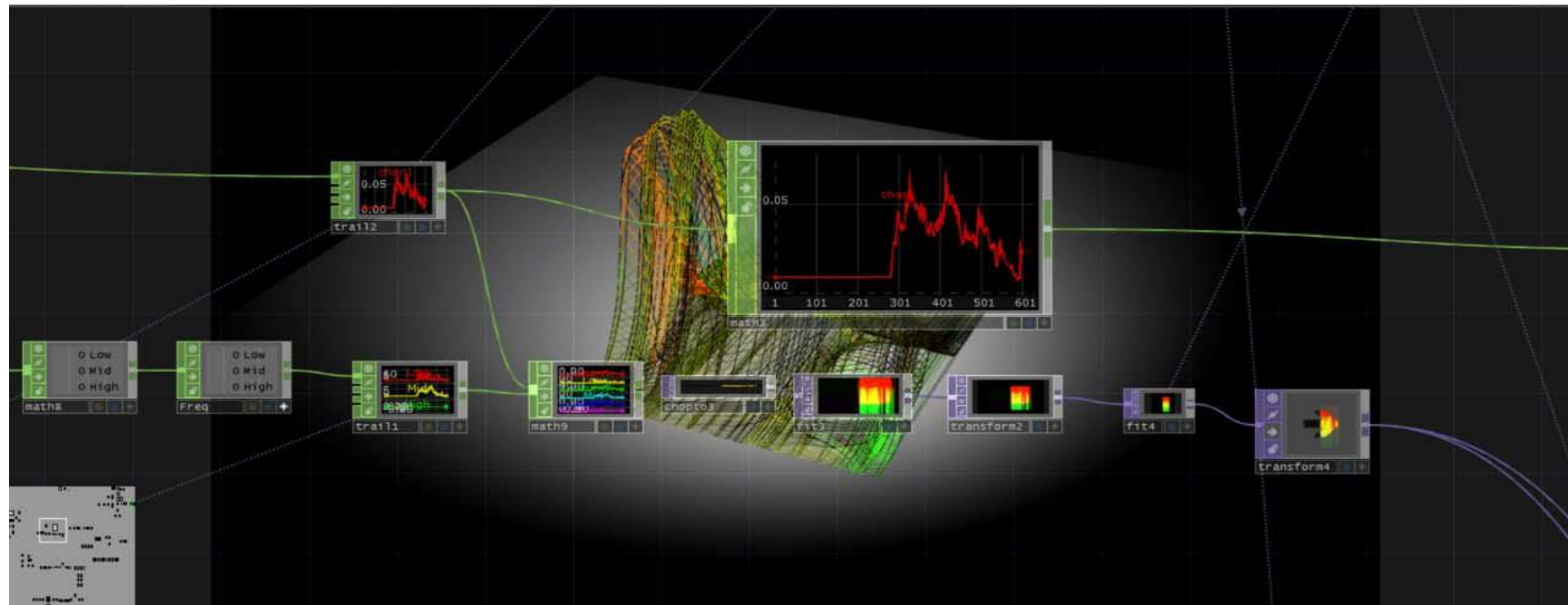
Esta es la interfaz que nos muestra el programa Touchdesigner con todo el proyecto realizado.

Voici l'interface que le programme Touchdesigner nous montre une fois le projet terminé.



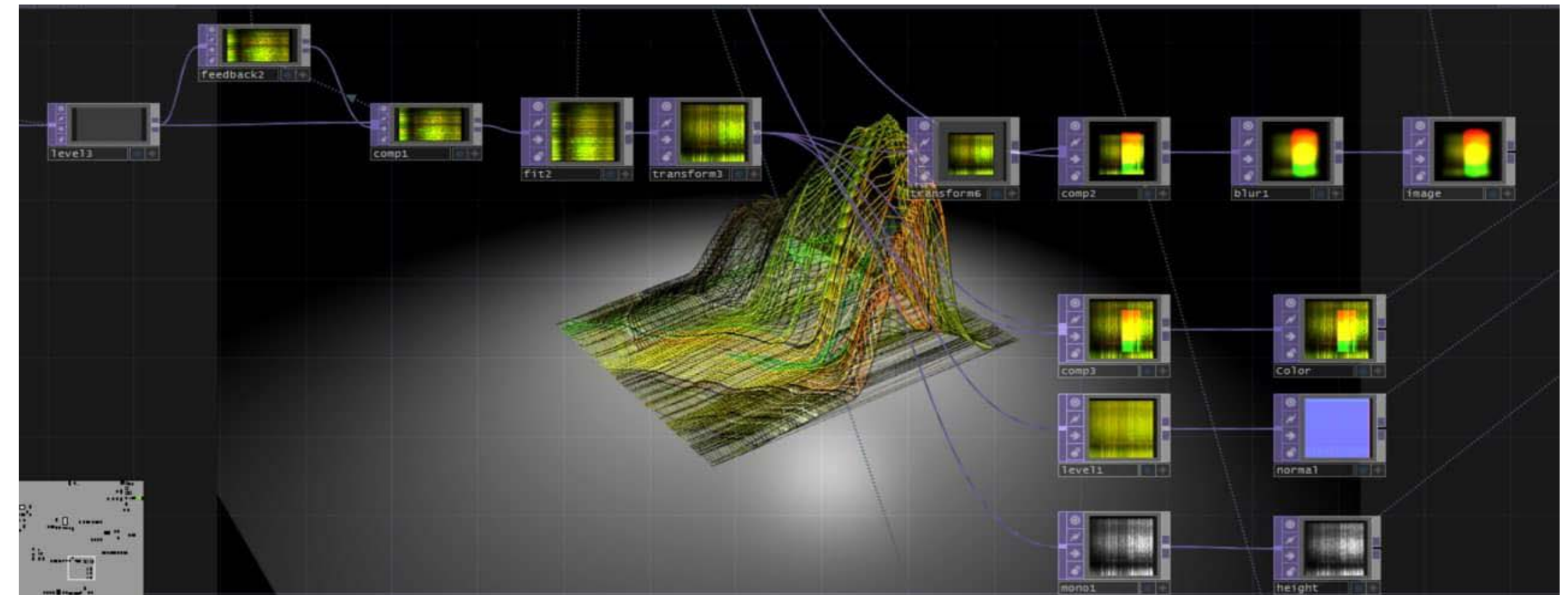
Aquí podemos encontrar la entrada del audio a la izquierda que se fragmenta en distintos nodos. El nodo superior es quien divide el audio en medios, altos y graves (*mid, high, low*). Abajo, el segundo bloque de nodos, toman la señal de audio y la numerizan en ceros y unos para poder numerar los valores. Los cuatro nodos inferiores ayudan a analizar la información del audio con la onda y el espectro sonoro.

Ici, nous pouvons trouver l'entrée audio sur la gauche, qui est divisée en différents nœuds. Le nœud supérieur divise l'audio en médium, aigu et grave (*mid, high, low*). En dessous, le deuxième bloc de nœuds, prend le signal audio et le numérote en zéros et un afin de numérotter les valeurs. Les quatre nœuds inférieurs permettent d'analyser les informations audio avec la forme d'onde et le spectre sonore.



Este slide es el que sigue los nodos superiores del anterior. La fila de nodos inferior, analiza los medios, graves y agudos y les da un seguimiento en los ejes xyz para añadirles un color, rojo para medios, amarillo para altos y verde para graves. Los nodos de la fila superior analizan el sonido mediante su espectro sonoro, que también nos da información de los puntos más altos, medios y bajos, y se relaciona con los ejes xyz.

Cette diapositive est celle qui suit les nœuds supérieurs de la précédente. La rangée inférieure de nœuds analyse les médiums, les bas et les hauts et les suit sur les axes xyz pour ajouter une couleur, rouge pour les médiums, jaune pour les hauts et vert pour les bas. Les nœuds de la rangée supérieure analysent le son par son spectre sonore, qui nous donne également des informations sur les aigus, les médiums et les graves, et se rapporte aux axes xyz.

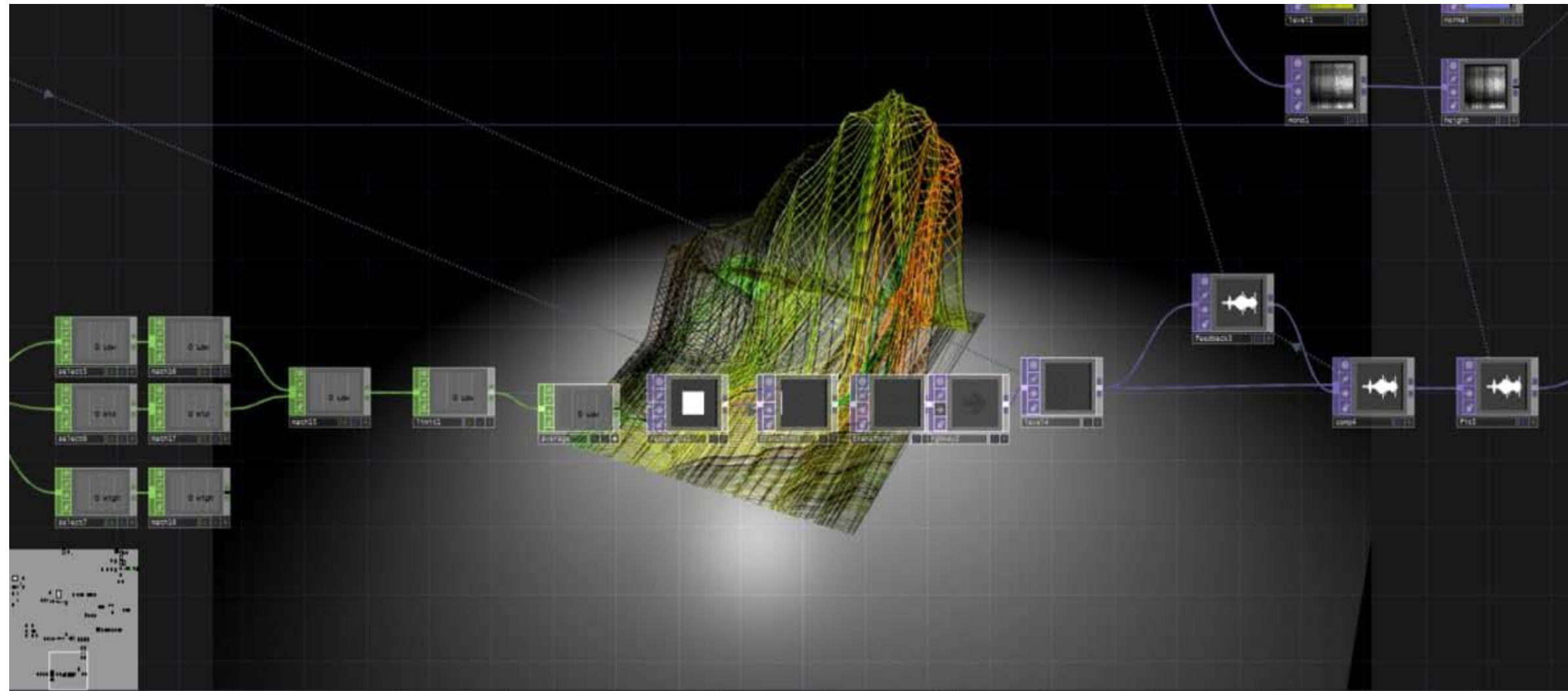


Por otro lado tenemos otro análisis de audio, este va completamente relacionado con el espectro, no en onda sino en espectrograma, que nos da información del barrido de sonido en tiempo real. El bloque de nodos de la derecha están fusionados con el primer análisis de audio, donde teníamos los valores por onda en xyz y logramos el resultado de visualización de datos, el nodo de arriba a la izquierda, con la información necesaria para posteriormente transformar valores.

Lo más importante de este slide son las dos columnas inferiores que aplican el color que necesita el sonido para luego intervenir en él, y dota al terreno de altura y textura.

D'autre part, nous avons une autre analyse audio, celle-ci est complètement liée au spectre, pas en onde mais en spectrogramme, qui nous donne des informations sur le balayage du son en temps réel. Le bloc de nœuds à droite est fusionné avec la première analyse audio, où nous avons les valeurs par onde en xyz et nous obtenons le résultat de la visualisation des données, le nœud en haut à gauche, avec les informations nécessaires pour transformer ultérieurement les valeurs.

Les plus importantes de cette diapositive sont les deux colonnes inférieures qui appliquent la couleur dont le son a besoin pour intervenir dans celle-ci, et donnent au terrain hauteur et texture.

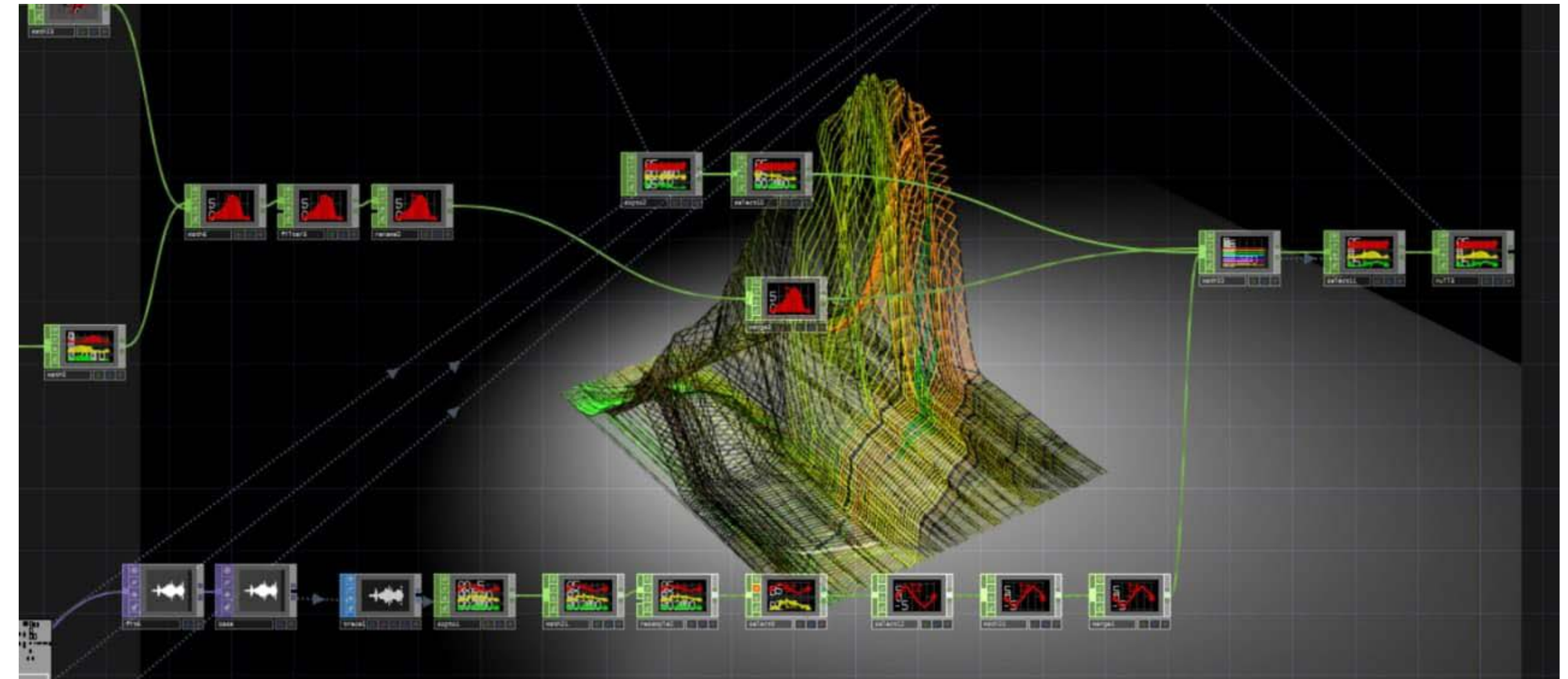


Este es el tercer análisis de sonido donde se trabaja directamente con los medios, altos y bajos para generar un promedio del espectro que genera cada uno.

Este promedio genera una nueva forma, el espectro que vemos en los nodos de la derecha, que va a combinarse con la fusión de los dos otros análisis para que el resultado final sea más genérico y adaptable a otras situaciones, ya que trabaja con el promedio de toda la información sonora, y no tan específico.

Il s'agit de la troisième analyse sonore où vous travaillez directement avec les médiums, les aigus et les graves pour générer une moyenne du spectre généré par chacun.

Cette moyenne génère une nouvelle forme, le spectre que nous voyons dans les nœuds de droite, qui sera combinée avec la fusion des deux autres analyses afin que le résultat final soit plus générique et adaptable à d'autres situations, puisqu'il travaille avec la moyenne de toutes les informations sonores, et non si spécifique.



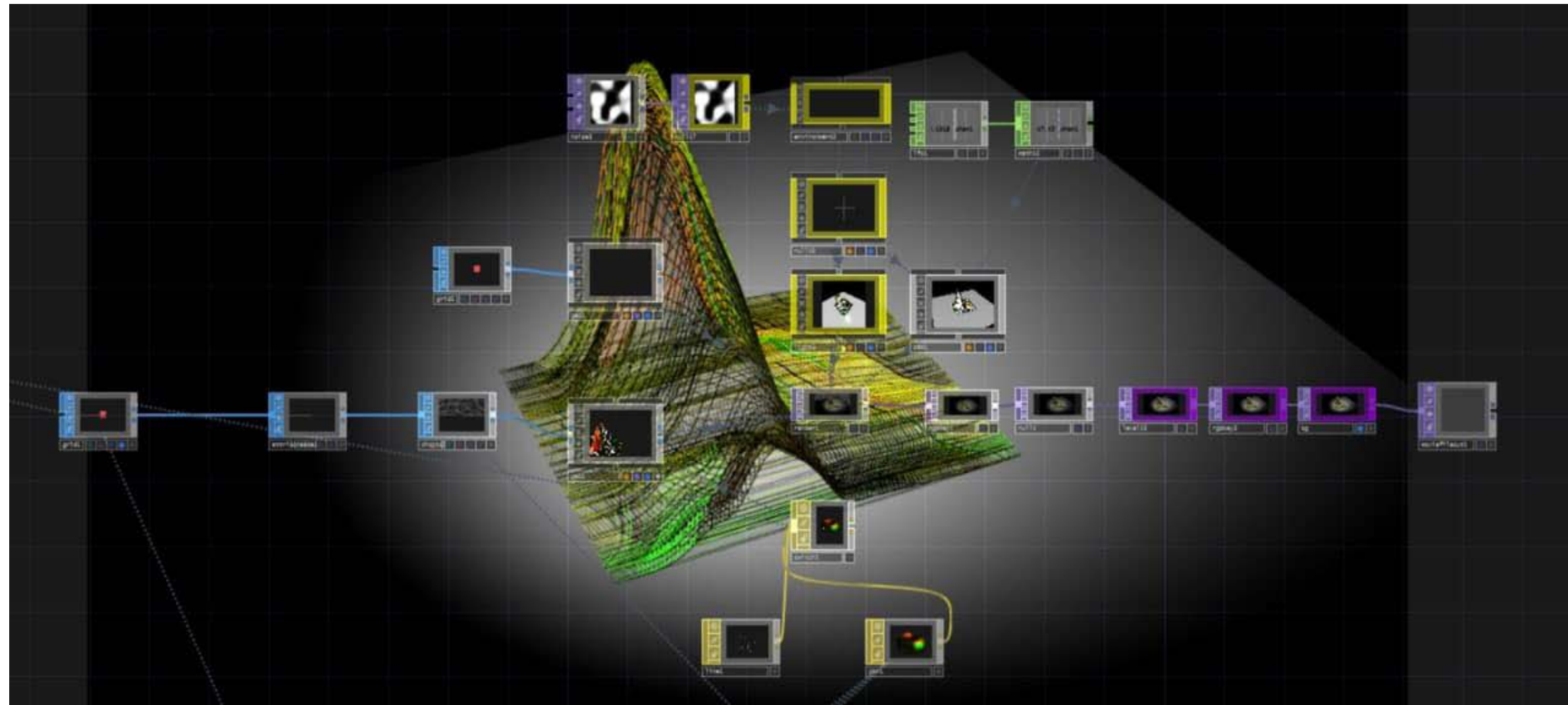
Este es el punto donde unimos los tres análisis. Los nodos superiores son quienes reciben la información de la fusión de los dos primeros análisis, la clasifican de nuevo por sus valores (*mid high low*) y posteriormente, en los nodos centrales, convierten la información en señal. Los nodos inferiores convierten directamente el nuevo espectro sonoro generalizado en señal.

Finalmente en los nodos de la derecha, se fusionan las señales de los anteriores tres análisis y ya lo tenemos preparado para poder dar valores a estos parámetros.

C'est le point où nous fusionnons les trois analyses.

Les nœuds supérieurs reçoivent les informations de fusion des deux premières analyses, les classent à nouveau selon leurs valeurs (*mid high low*) puis, au niveau des nœuds centraux, convertissent ces informations en un signal. Les nœuds inférieurs convertissent directement le nouveau spectre sonore généralisé en un signal.

Enfin, dans les nœuds de droite, les signaux des trois analyses précédentes sont fusionnés et nous sommes prêts à donner des valeurs à ces paramètres.

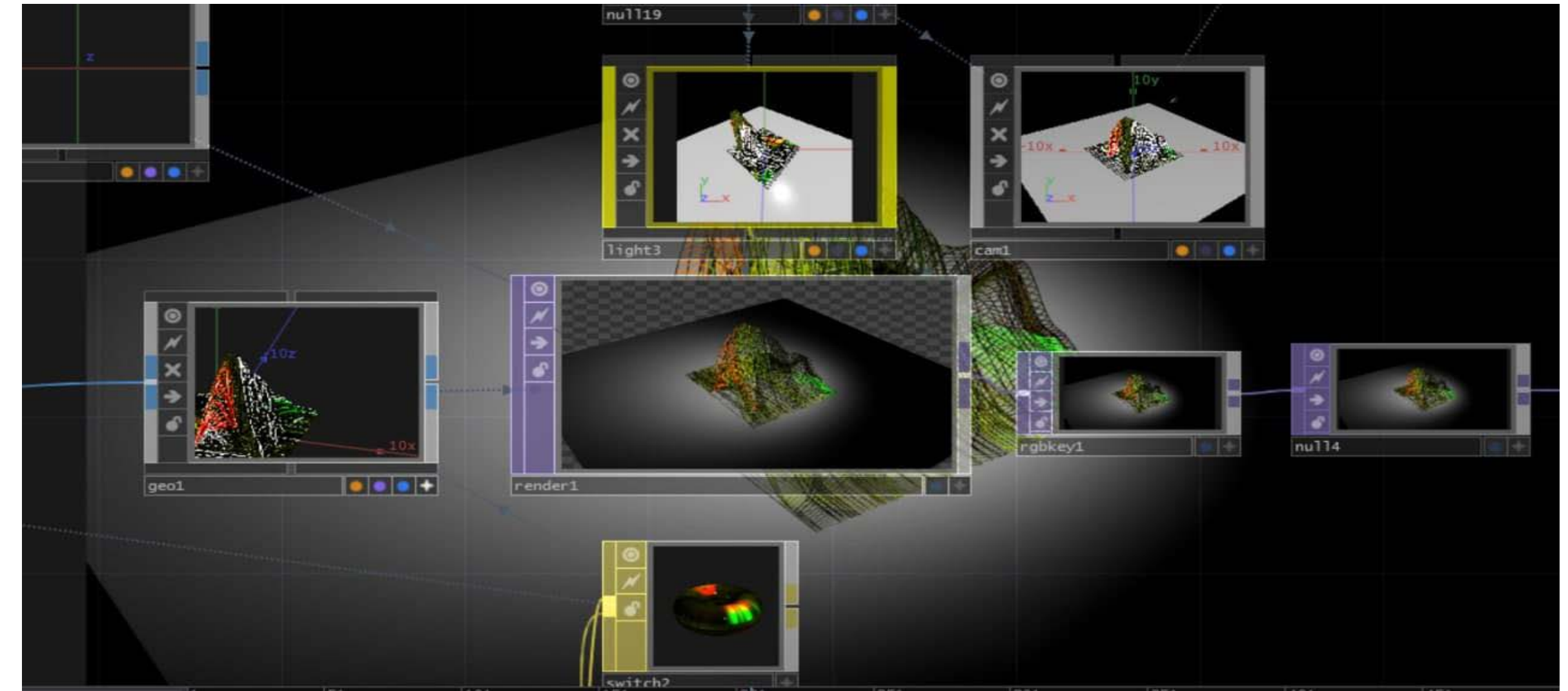


Al tener listo todo el sonido analizado, con toda su información numérica y pasado a señal, una señal vinculada al parámetro de altura, de intensidad y de duración, aplicamos la geometría.

En este slide el primer nodo que no aparece es una grid plana a la que le aplicamos todo el proceso anterior para que se deforme a medida que pasa el barrido sonoro y genere la forma ya modificada con la conversión de sonido a espacio.

Une fois que le son analysé est prêt, avec toutes ses informations numériques et converti en un signal, un signal lié aux paramètres de hauteur, d'intensité et de durée. Nous appliquons la géométrie.

Dans cette diapositive, le premier nœud qui n'apparaît pas est une grille plate à laquelle nous appliquons tout le processus précédent pour qu'elle se déforme au passage du balayage sonore et génère la forme déjà modifiée avec la conversion du son en espace.



Como último paso, Touchdesigner, nos permite colocar un material, una cámara, luz y hacer un render para obtener el resultado en formato .obj o .stl y poder abrir el resultado en un nuevo programa , Ultimaker Cura, y poder imprimir los resultados en 3D.

Comme dernière étape, Touchdesigner nous permet de placer un matériau, une caméra, une lumière et de produire un rendu pour obtenir le résultat au format .obj ou .stl et de pouvoir ouvrir le résultat dans un nouveau programme, Ultimaker Cura, et de pouvoir imprimer les résultats en 3D.

13

Resultados

CASO 1 OLAS DEL MAR

El primer caso es una combinación de distintas pequeñas olas impactando con las rocas en la playa de Cap Ras, en el Empordà, norte de Cataluña.

En este caso se ha dejado la grabadora de sonidos de forma fija y estática recolectando distintas olas en un tiempo de 2 minutos y 23 segundos exactamente. Con una posterior edición se ha creado una ola genérica recopilando todos los sonidos de cada una de las olas que dejó su rastro sonoro, entonces este sonido resultante es el que ha sido interpretado por el código.

Para este sonido, no solamente podremos ver y entender su resultado virtual, sino que podremos analizar una maqueta a escala 1/20 generada mediante la impresión digital 3D.

CAS 1 VAGUES DE LA MER

Le premier cas est une combinaison de différentes petites vagues impactant les rochers de la plage de Cap Ras, dans l'Empordà, au nord de la Catalogne.

Dans ce cas, l'enregistreur de sons a été laissé fixe et statique, recueillant différentes ondes dans un temps de 2 minutes et 23 secondes exactement. Dans une édition ultérieure, une onde générique a été créée en compilant tous les sons de chacune des ondes qui ont laissé leur trace sonore, puis ce son résultant est celui qui a été interprété par le code.

Pour ce son, non seulement nous pouvons voir et comprendre le résultat virtuel, mais nous pouvons également analyser un modèle à l'échelle 1/20e généré par l'impression numérique 3D.



Ubicación de captación sonora en Cap Ras, Empordà, Catalunya

RESULTADOS

Finalmente podemos entender que este nuevo espacio es el resultado del proceso de código al que hemos sometido el sonido.

Las múltiples olas de mar se acoplan en un sonido único y encontramos distintos puntos interesantes, donde hay una mayor cantidad de información sonora, que se ven traducidos en la cumbre de estos dos momentos centrales.

Virtualmente tenemos un resultado formado por una geometría ascendente que encuentra su punto máximo en el momento de impacto del agua contra la roca, luego empieza a descender hasta que se repite la situación.

Gráficamente vemos el resultado virtual pero viendo el [vídeo*](#) de cómo se va generando este pabellón podemos entender mejor la relación entre el espacio y el sonido, ya que está generado a tiempo real mientras se reproduce el propio sonido.

* es un hipervínculo, también podemos encontrar el link en la bibliografía.

RÉSULTATS

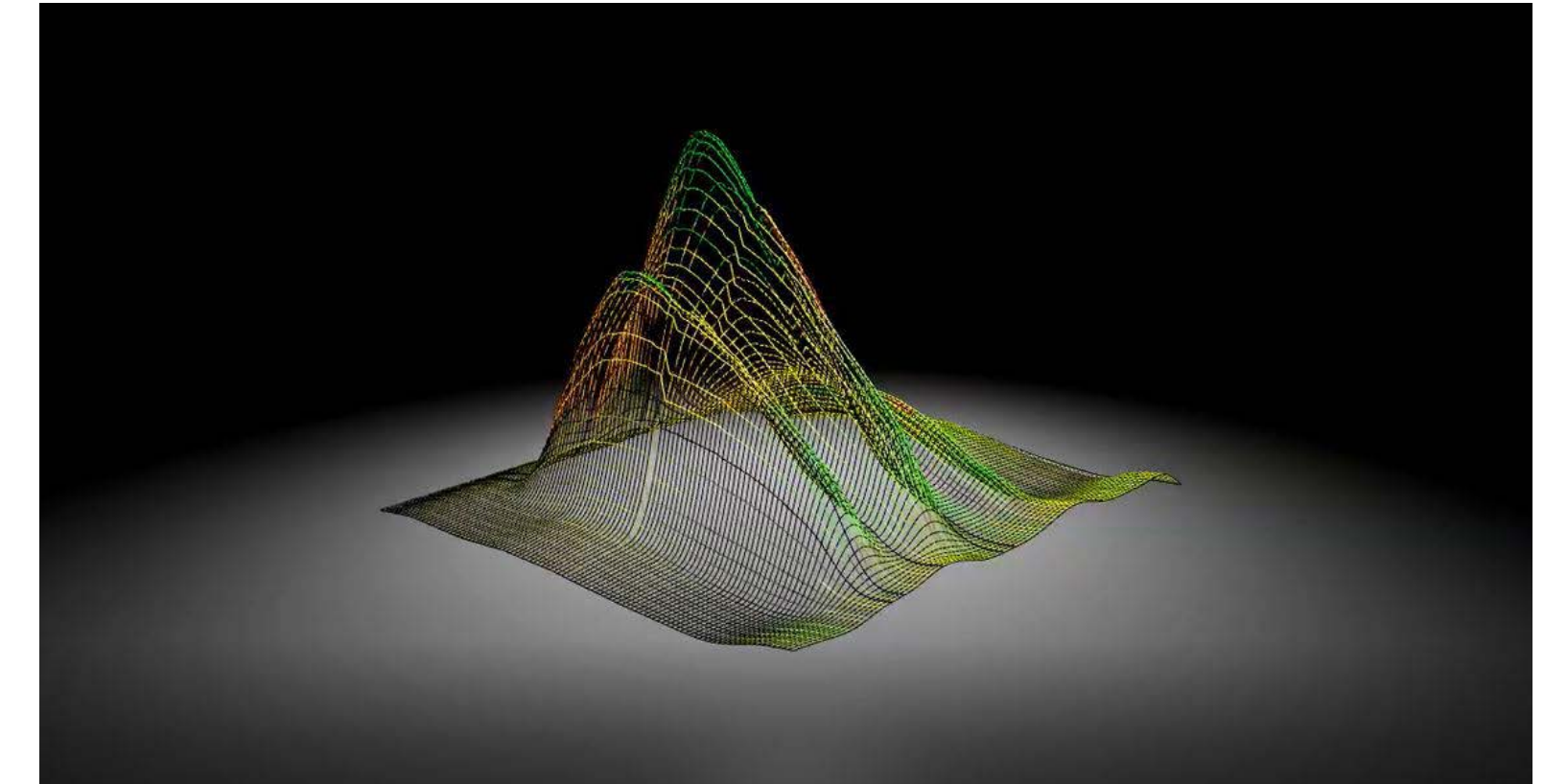
Enfin, nous pouvons comprendre que ce nouvel espace est le résultat du processus de codage auquel nous avons soumis le son.

Les multiples vagues sont couplées en un seul son et nous trouvons différents points intéressants, où il y a une plus grande quantité d'informations sonores, qui se traduisent par le sommet de ces deux moments centraux.

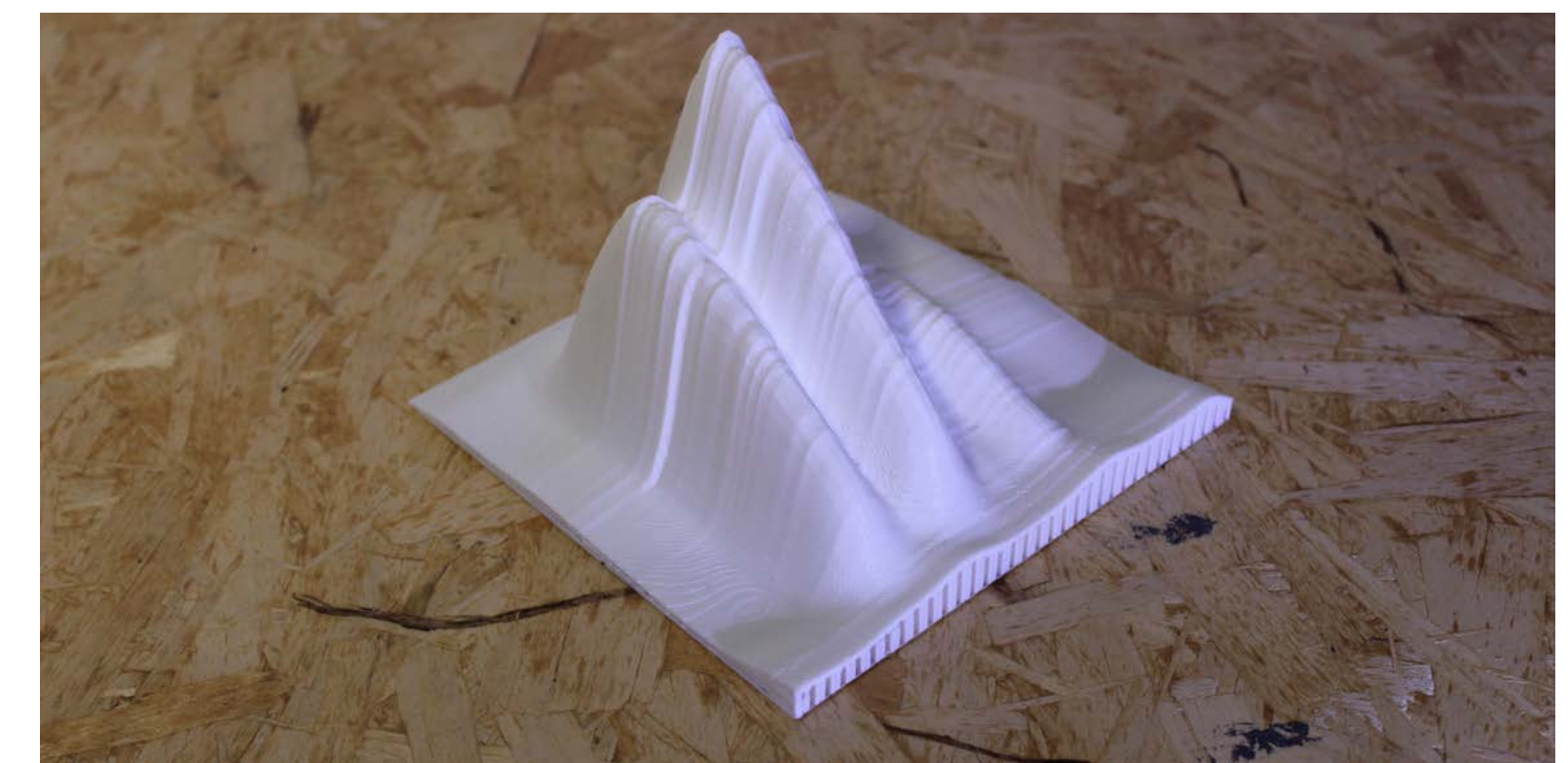
Virtuellement, nous avons un résultat formé par une géométrie ascendante qui trouve son sommet au moment de l'impact de l'eau contre la roche, puis commence à descendre jusqu'à ce que la situation se répète.

Graphiquement, nous voyons le résultat virtuel, mais en regardant la vidéo de la génération de ce pavillon, nous pouvons mieux comprendre la relation entre l'espace et le son, car il est généré en temps réel tandis que le son lui-même est reproduit.

* est un link hypertexte, on retrouve également le link dans la bibliographie.



Resultado virtual del pabellón.
Résultat virtuel du pavillon.



Maqueta 3D del pabellón.
Maquette 3D du pavillon.

MAQUETA

Al reproducir el sonido en la maqueta observamos que el espectro sonoro se intensifica a medida que llegamos bajo la cumbre de estas topografías, entendiendo que esta geometría ayuda a potenciar los momentos agudos que se encuentran en el punto de más información sonora.

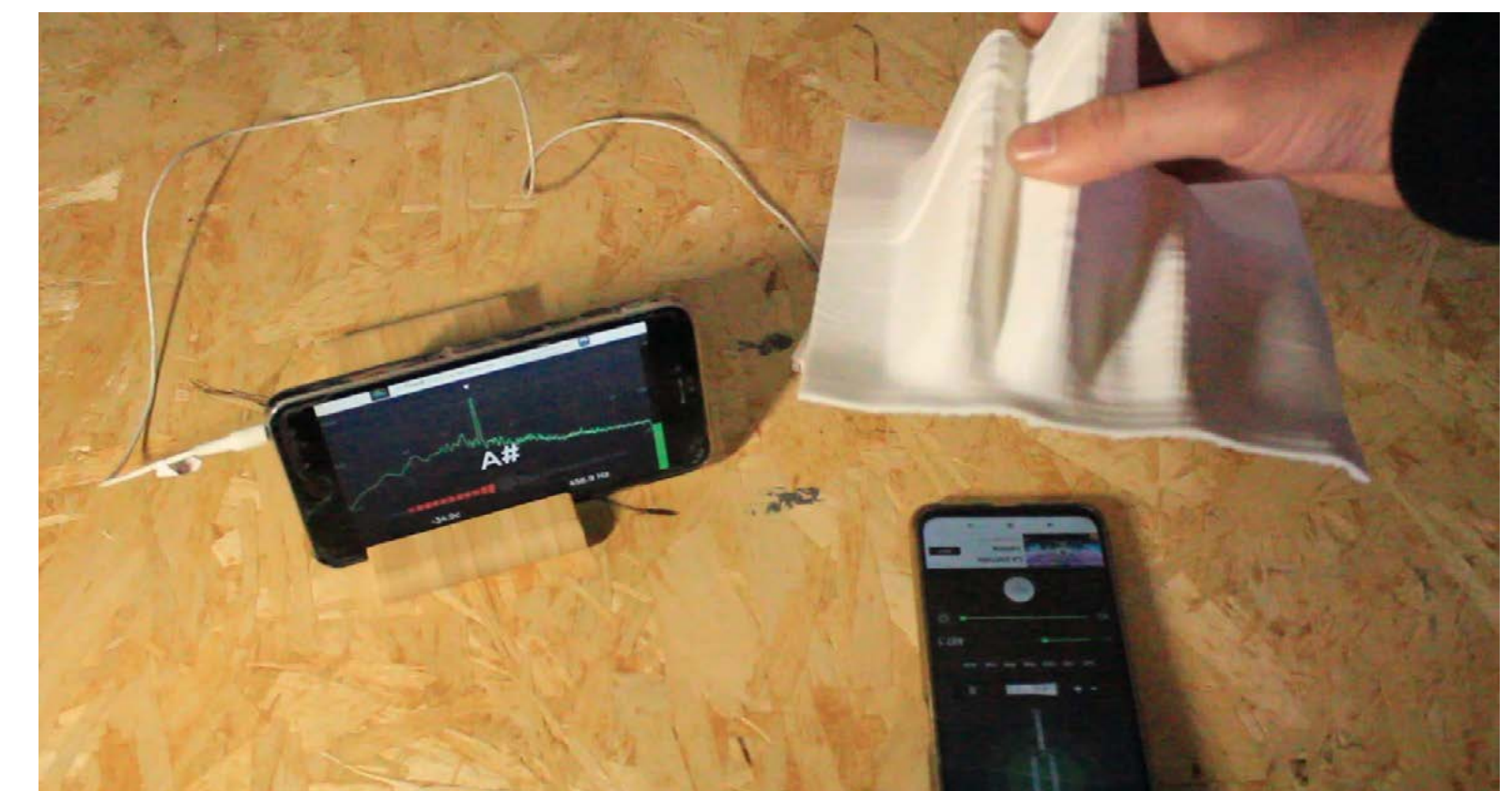
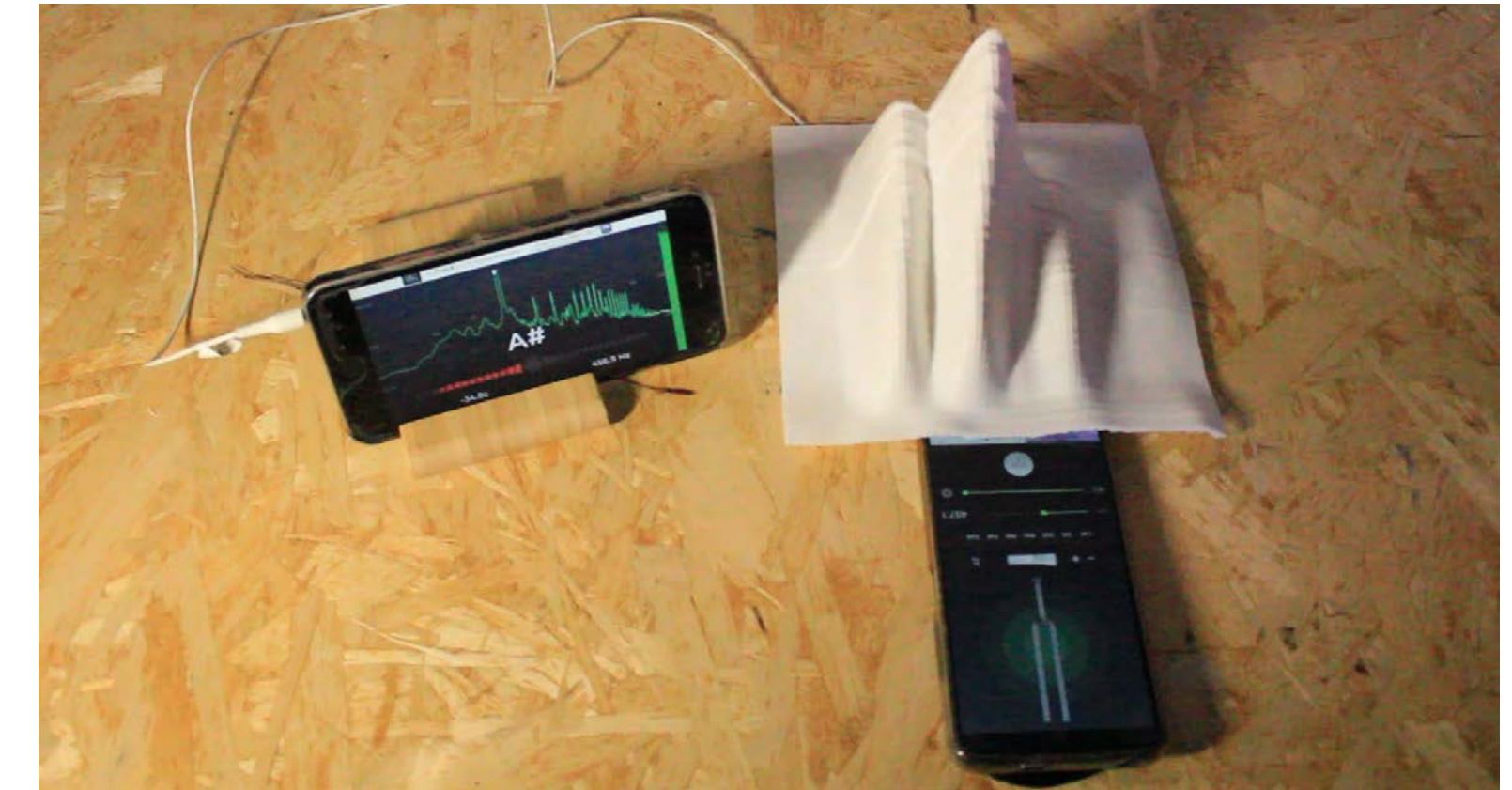
Podemos llegar a la conclusión de que la constancia del movimiento del mar se ve reflejada en la uniformidad del espacio, se generan dos topografías que son el resultado del ritmo en que las olas impactan contra la roca.

Para este lugar, una cala bastante escondida y protegida de las fuertes corrientes marinas, este pabellón nos ayudaría a disfrutar del placentero sonido del agua calma moviéndose entre las rocas, amplificando el momento de impacto bajo la cumbre de estas topografías y suavizando el movimiento del agua en el recorrido ascendente y descendente de dichas cumbres.

MAQUETA

En reproduisant le son sur la maquette, nous observons que le spectre sonore s'intensifie au fur et à mesure que l'on passe sous le sommet de ces topographies, comprenant que cette géométrie permet de renforcer les moments forts qui sont à l'origine de la plupart des informations sonores.

Nous pouvons conclure que la constance du mouvement de la mer se reflète dans l'uniformité de l'espace, deux topographies sont générées qui sont le résultat du rythme dans lequel les vagues impactent contre la roche, de sorte que pour ce point, une crique assez cachée et protégée des forts courants marins, ce pavillon nous aiderait à profiter du son agréable de l'eau calme, qui se déplace entre les rochers, amplifiant le moment de l'impact sous le sommet de ces topographies et adoucissant le mouvement de l'eau dans le mouvement ascendant et descendant de ses pics.



CASO 2 FUEGO

El segundo caso fue tomado en una casa de montaña en el pueblo de All, La Cerdanya, pirineo catalán, una noche de frío donde la madera estaba un poco húmeda y se podía escuchar bien el contraste del fuego y el agua con los chasquidos que producía la madera al quemarse.

Se posicionó la máquina de grabar sonido fija y estática y registrando un momento de múltiples crujidos de la madera durante 3 minutos y 18 segundos exactamente. Posteriormente hubo que seleccionar un momento idóneo con la mayor cantidad de información para poder derivarlo al script computacional, o código, de este modo se puede crear un pabellón fácil de ajustar en otras situaciones semejantes, donde el sonido de la madera petando se pueda escuchar de la mejor manera y el sonido del fuego quemando la madera, un sonido más constante, se acomode en el espacio entre chasquido y chasquido.

CAS 2 LE FEU

Le deuxième cas a été pris dans une maison de montagne dans le village d'All, en Cerdagne, dans les Pyrénées catalanes, par une nuit froide où le bois était un peu humide et où l'on pouvait entendre le contraste entre le feu et l'eau par les craquements du bois qui brûle.

L'appareil d'enregistrement de sons a été positionné de manière fixe et statique et a enregistré une durée de multiples craquements de bois pendant exactement 3 minutes et 18 secondes. Ensuite, il fallait sélectionner un moment approprié avec le plus d'informations pour le dériver en script informatique, ou code, afin de créer un pavillon facile à ajuster dans d'autres situations similaires, où le son du craquement du bois peut être entendu de la meilleure façon et le son du feu brûlant le bois, un son plus constant, peut être logé dans l'espace entre chaque craquements.



Ubicación de captación sonora en All, La Cerdanya, Catalunya.

CASO 2 FUEGO

De conclusiones extraemos este punto claro de la diferencia sonora entre la madera quemar o la madera petar, por eso tenemos esta volumetría más estable de fondo donde se le sobreponen estos momentos puntuales que asumen una altura distinta al tener un nivel numérico más alto en en informació de sonidos agudos dentro del espectro sonoro.

Viendo el [vídeo*](#) se aprecia como el sonido va moldeando el espacio y este se va acomodando jugando con el balance de frecuencias entre los sonidos mas intensos y el ruido de fondo.

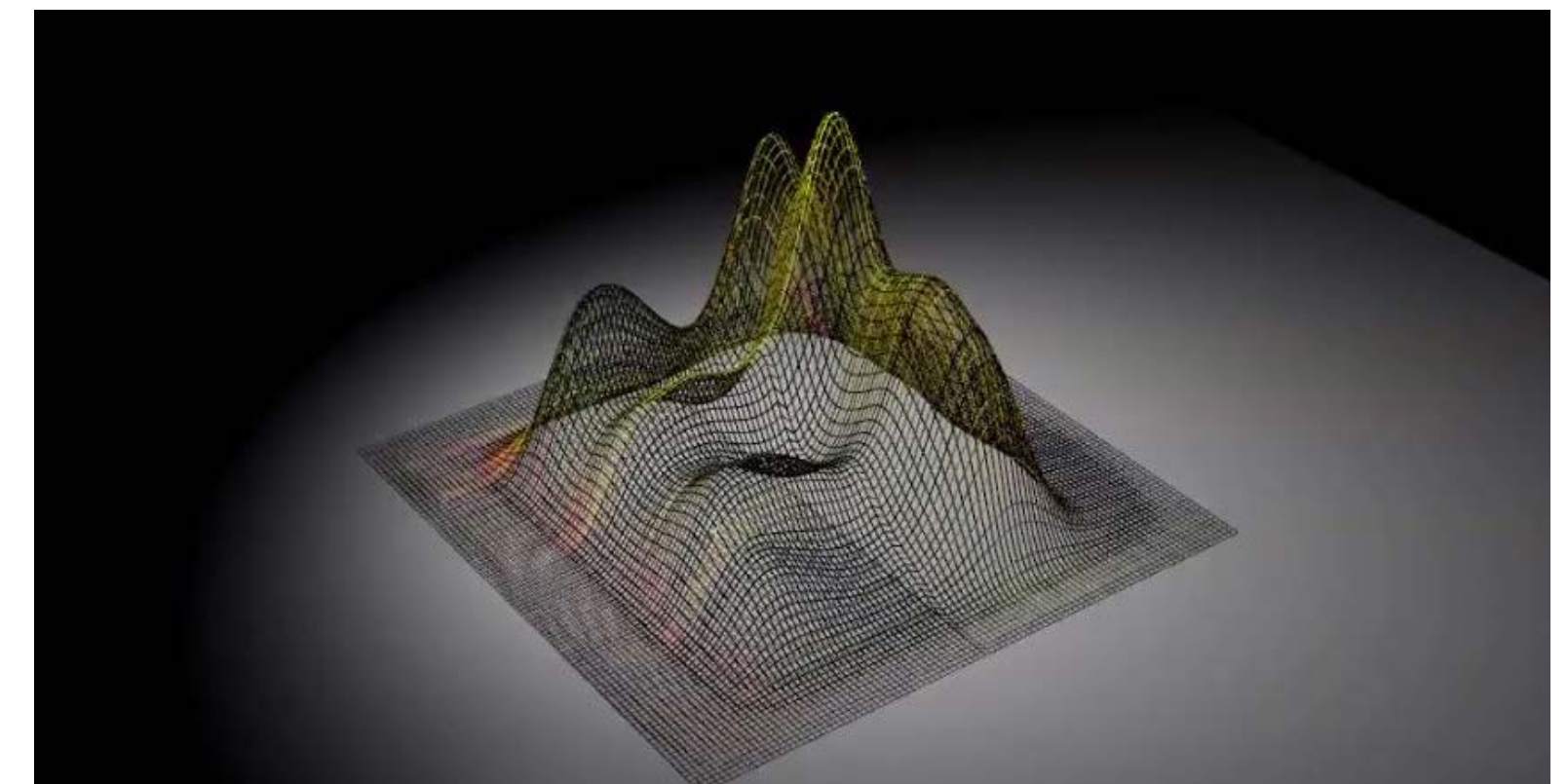
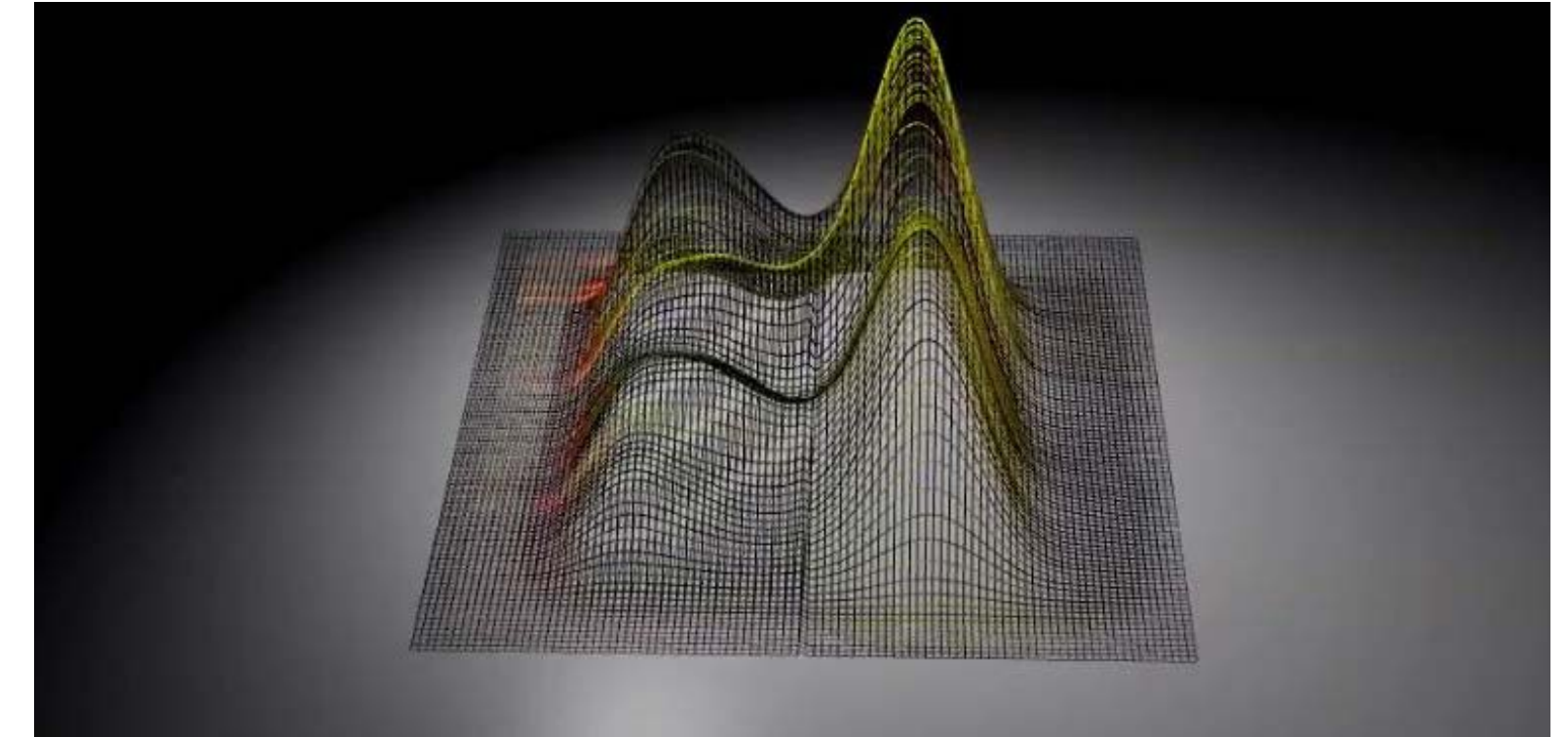
* es un hipervínculo, también podemos encontrar el link en la bibliografía.

CAS 2 LE FEU

De ces conclusions, nous tirons ce point clair de la différence sonore entre la combustion du bois et l'explosion du bois, c'est pourquoi nous avons cette volumétrie de fond plus stable où nous superposons ces moments ponctuels qui prennent une hauteur différente car ils ont un niveau numérique plus élevé dans l'information des sons aigus dans le spectre sonore.

Si on regarde la [vídeo*](#) montre comment le son façonne l'espace et s'y accomode en jouant sur l'équilibre des fréquences entre les sons les plus intenses et le bruit de fond.

* est un link hypertexte, on retrouve également le link dans la bibliographie.



Resultado virtual del pabellón.
Résultat virtuel du pavillon.

CASO 3 CUENCO TIBETANO

Los cuencos tibetanos tienen la gran característica de poder intensificar y expandir una sola frecuencia. Normalmente el sonido que genera es usado para momentos de meditación, con la técnica del *sound healing* el sonido puede tener funciones sanadoras sobre el cuerpo humano.

En campos de producción musical, hay un efecto llamado *delay* que consta en alargar la onda del sonido, también hay otro llamado *chorus* que se genera cuando suenan dos sonidos al mismo tiempo casi de la misma tonalidad y parecen uno de solo; pues bien, la práctica sonora del cuenco tibetano fusiona de forma natural estos dos efectos, haciendo que la intensidad del sonido sea mayor y la constancia de este haga entrar a la mente humana en un estado de paz y serenidad, por eso es tan usado en los campos de la meditación.

A diferencia de los otros ejemplos, se ha usado un video de las redes donde el sonido se escuchaba con una alta claridad, sonido de alta resolución.

CAS 3 BOL CHANTANT TIBÉTAIN

Les bols chantants tibétains ont la grande particularité de pouvoir intensifier et développer une seule fréquence. Normalement, le son qu'il génère est utilisé pour des moments de méditation. Avec la technique de *sound healing*, le son peut avoir des fonctions curatives sur le corps humain.

Dans le domaine de la production musicale, il y a un effet appelé *retard* qui consiste à allonger l'onde sonore, il y en a un autre appelé *chorus* qui est généré lorsque deux sons sont joués en même temps, presque de la même tonalité et semblent être un seul ; la pratique sonore du bol chantant tibétain fusionne ces deux effets de façon naturelle, en rendant l'intensité du son plus grande et la constance de celui-ci fait entrer l'esprit humain dans un état de paix et de sérénité, c'est pourquoi il est si utilisé dans le domaine de la méditation.

Contrairement aux autres exemples, on a utilisé une vidéo des réseaux où le son a été entendu avec une haute clarté et une haute résolution.



Cuenco Tibetano, uso del sonido del video.

RESULTADOS

Nos encontramos con un pabellón mucho más estable, su forma es generada por la tonalidad de este cuenco tibetano en concreto. Hay distintos cuencos dependiendo de la nota y frecuencia que se busque, pero es un número limitado, así que nos sería posible poder generar un pabellón sonoro para cada uno de estos cuencos tibetanos y su respectiva frecuencia.

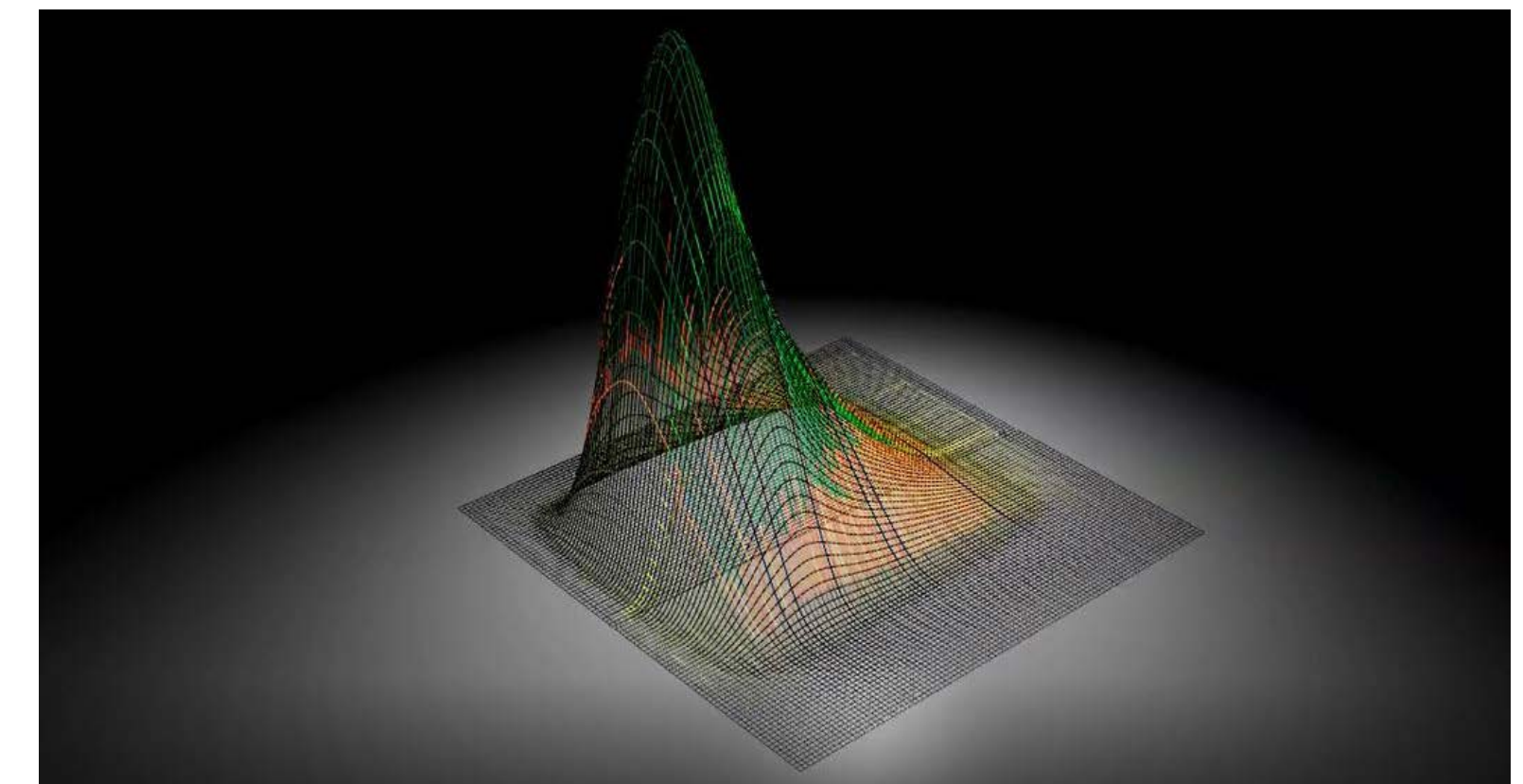
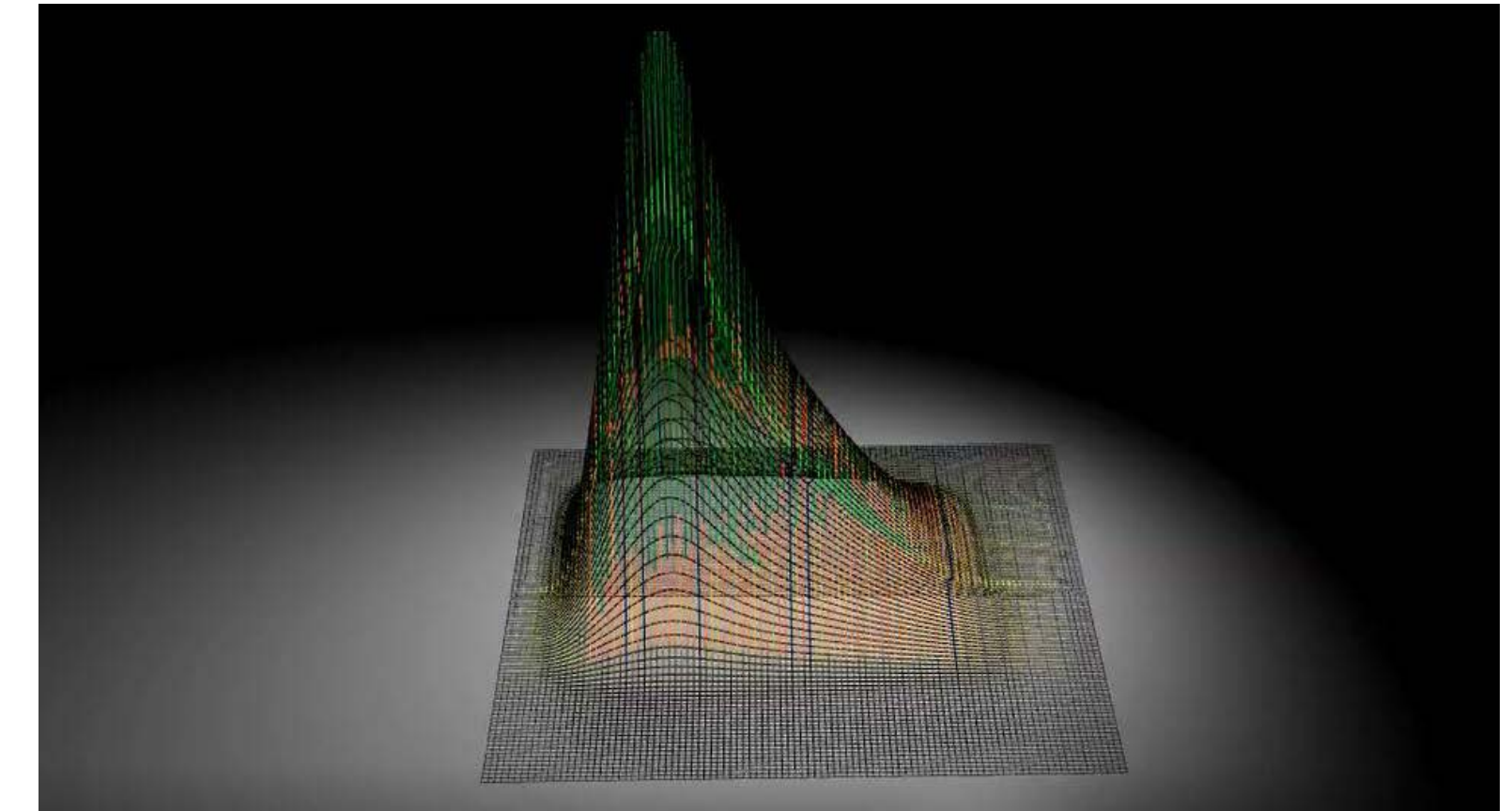
Viendo el [vídeo](#) podemos entender el resultado volumétrico, esta progresiva subida de intensidad en la frecuencia del sonido, característica básica en los cuencos tibetanos, produce esta sutil y progresiva ascensión en altura de la volumetría generada.

* es un hipervínculo, también podemos encontrar el link en la bibliografía.

RÉSULTATS

Nous avons un pavillon beaucoup plus stable, sa forme est générée par la tonalité de ce bol chantant particulier. Il existe différents bols en fonction de la note et de la fréquence que vous recherchez, mais leur nombre est limité. Il nous serait donc possible de générer un pavillon sonore pour chacun de ces bols chantants et leur fréquence respective.

Nous pouvons comprendre le résultat volumétrique, cette montée progressive en intensité de la fréquence du son, caractéristique fondamentale des bols chantants tibétains, produit cette montée subtile et progressive en hauteur de la volumétrie générée.



Resultado virtual del pabellón.
Résultat virtuel du pavillon.

CASO 4 TÚNEL DE SONIDO

Este último caso de estudio es similar al anterior pero sin que la intensidad de la frecuencia en que se encuentra el sonido se amplifique a medida que se repite, sólo tiene el efecto de delay y en descendencia. Tampoco tiene el efecto chorus ya que es un sonido que se repite y se va desvaneciendo, entonces cada vez lo escuchamos menos y no podemos tener tanta claridad sonora para que se genere este efecto.

Se realizó esta prueba en Hospitalet de l'Infant, Tarragona, sur de Catalunya, en un túnel que se encuentra como acceso a una parte boscosa de la montaña, un día tranquilo sin viento y usando un altavoz potente para reproducir el sonido.

Se puso la grabadora de sonidos en medio del recorrido del túnel, cerca de la pared, y se generó un sonido desde uno de los extremos de este túnel. Recordemos las características de los espacios circulares; el sonido se propaga de forma anular, por eso se puede escuchar mucho mejor el sonido transmitido cerca de las paredes que no en el propio centro.

CAS 4 TUNNEL DE SON

Cette dernière étude de cas est similaire à la précédente mais sans l'intensité de la fréquence à laquelle le son est amplifié au fur et à mesure qu'il se répète, il n'a que l'effet de retard et de décroissance. Il n'a pas non plus l'effet chorus, car c'est un son qui se répète et s'estompe, donc on l'entend de moins en moins et on ne peut pas avoir autant de clarté sonore pour générer cet effet.

Ce test a été réalisé à l'Hospitalet de l'Infant, à Tarragone, dans le sud de la Catalogne, dans un tunnel qui donne accès à une partie boisée de la montagne, par une journée calme, sans vent et en utilisant un haut-parleur puissant pour reproduire le son.

L'enregistreur de sons a été placé au milieu du tunnel, près du mur, et un son a été généré à partir d'une extrémité du tunnel. Rappelez-vous les caractéristiques des espaces circulaires ; le son se propage en forme d'anneau, de sorte que vous pouvez entendre le son transmis près des murs beaucoup mieux que dans le centre lui-même.



Ubicación de captación sonora en Hospitalet de l'Infant, Tarragona, Catalunya.

RESULTADOS

Se puede entender como el eco del sonido va perdiendo intensidad y se traduce al espacio con esta forma ascendente ya que la onda se disipa y va necesitando mas y mas espacio.

El resultado es prácticamente el mismo que nos podría pasar en un valle con mucho eco, al principio se escucha bien la voz y al final se va desvaneciendo en el transcurso del recorrido del propio sonido.

Seguramente si nos pusiéramos al final del espacio casi no escucharíamos el sonido, es como estar al final del momento donde se multiplica el sonido en dicho valle.

Viendo el [vídeo*](#), podemos considerar que este pabellón mantiene el sonido del eco y se va acomodando a su pérdida de intensidad sonora.

* es un hipervínculo, también podemos encontrar el link en la bibliografía.

RÉSULTATS

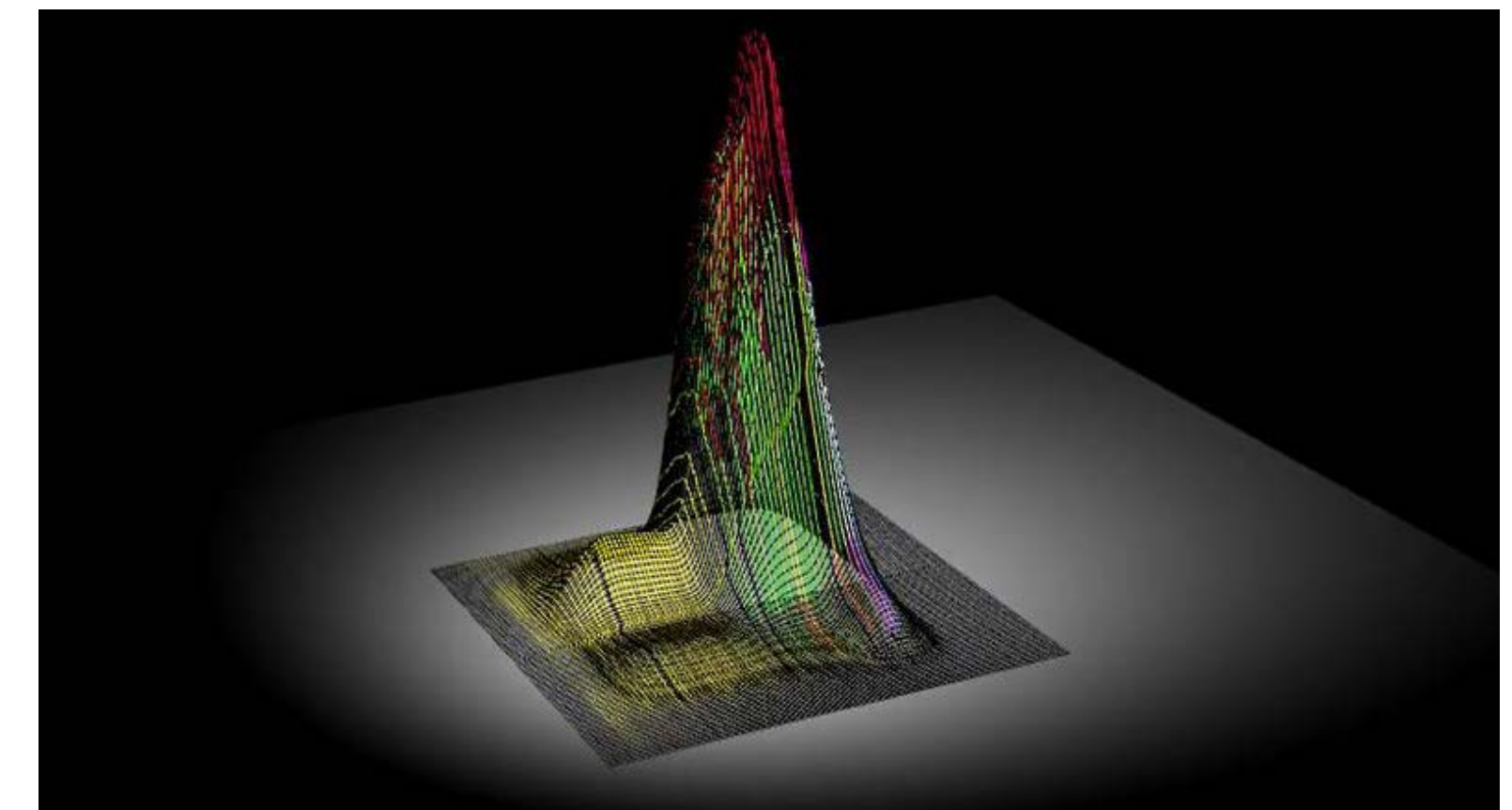
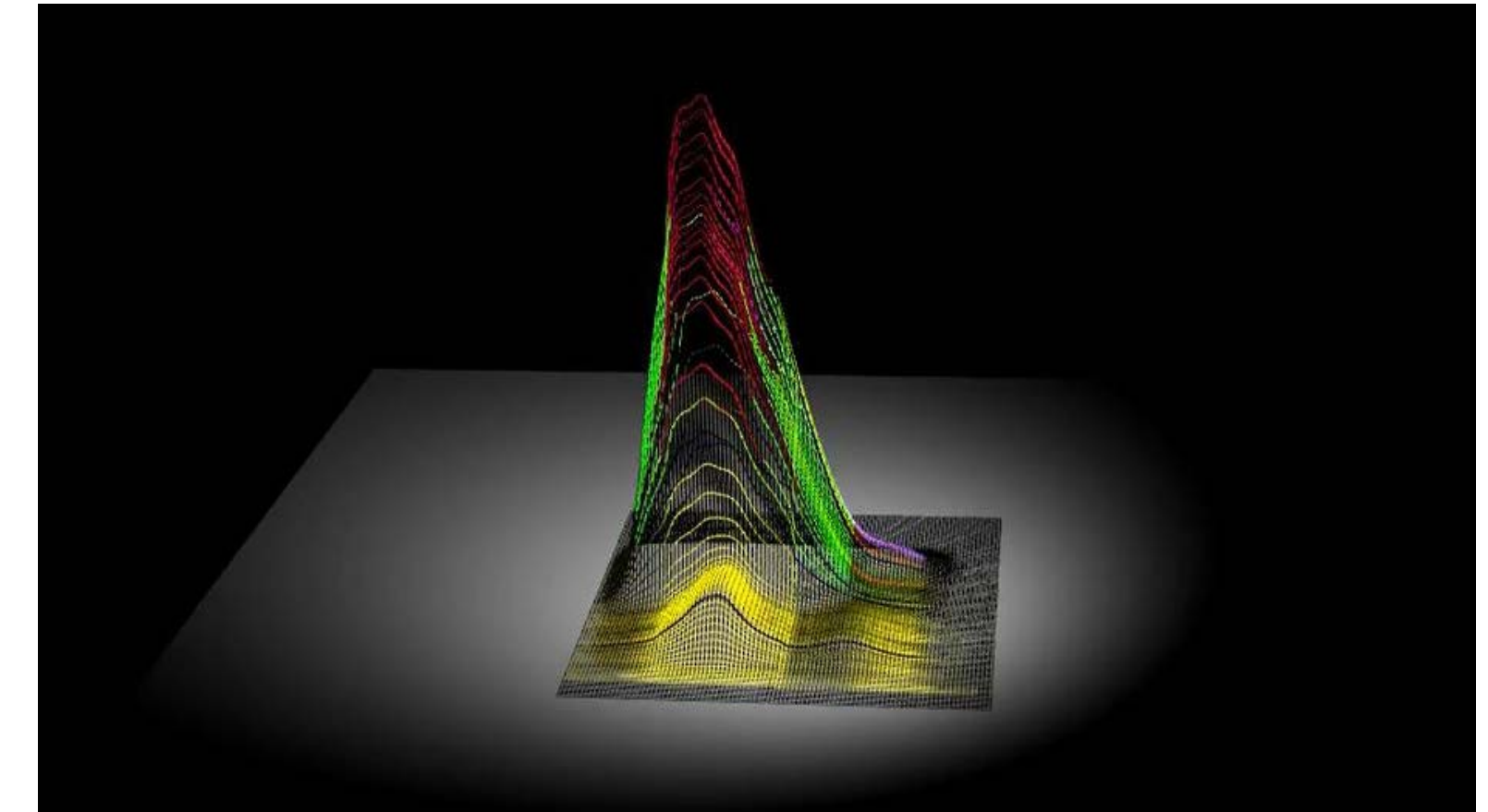
On peut comprendre comment l'écho du son perd de son intensité et se traduit dans l'espace avec cette forme descendante.

Le résultat est pratiquement le même que ce qui pourrait nous arriver dans une vallée avec beaucoup d'écho, au début la voix se fait bien entendre et à la fin elle s'estompe au fur et à mesure que le son lui-même se propage.

Sûrement si on se mettait au bout de l'espace on entendrait à peine le son, c'est comme être à la fin du moment où le son se multiplie dans ladite vallée.

Si on voit la [vidéo*](#), on peut considérer que ce pavillon maintient le son de l'écho et s'accommode de sa perte d'intensité sonore.

* est un link hypertexte, on retrouve également le link dans la bibliographie.



Resultado virtual del pabellón.
Résultat virtuel du pavillon.

14

Conclusiones

CONCLUSIONES

¿Qué has podido concluir con esta investigación?
¿Cuanto es de fiable esta metodología?
¿Cuál sería el uso adecuado de estos pabellones?
¿Y sus materiales?
¿Cómo se construyen?
¿Cómo te imaginas entonces los espacios en un futuro no muy lejano?
¿Necesitamos espacios tan individuales para ocasiones tan especiales?

He podido compartir este trabajo con grandes amigos y amigas de distintos campos, músicos, ingenieros, programadores, artistas, diseñadores, arquitectos, profesores... y siempre salían dudas como estas.

Cuando he ido debatiendo estas dudas con ellos siempre se llega a una misma conclusión; es un trabajo de replantear muchos temas y de intentar buscar una nueva manera de hacer y producir, hay muchas preguntas abiertas que necesitan de mucha más investigación para poder tener una buena respuesta.

Este punto es el que me ha ido llevando poco a poco por este camino de conocimiento e investigación para desarrollar una primera aproximación a una nueva metodología en la que, difícilmente, se encuentra algo de información

He consultado manuales de sonificación, libros de acústica, libros de programación y algunos artículos

relacionados con los sentidos para poder ir justificando esta investigación realizada.

Con el trabajo de código se han definido algunos parámetros que empiezan a funcionar bastante bien y, haciendo las debidas comprobaciones, he querido demostrar que empiezan a ajustarse a la idea preconcebida.

Para concluir este trabajo me gustaría comentar que, en este camino, he ido encontrando y entendiendo los espacios desde un nuevo sentido, la escucha. Se me han despertado nuevas dudas, expectativas, inquietudes y sensibilidades en las que siento que debo seguir profundizando

Mucho se ha puesto en crítica distintas tipologías de salas de música y poco se ha valorado que son capaces de reproducir múltiples géneros musicales en una misma forma. La investigación que he desarrollado no busca competir con estas salas sino compaginar con ellas y trabajar en una escala mucho menor.

Empezando por el principio.

El proyecto de investigación está en fase de expansión e intenta dar nuevas oportunidades completamente abiertas para que cada uno pueda reflexionar a su manera.

¿Quién sabe dónde y cuándo será el final?

Gracias.

CONCLUSIONS

Qu'avons-nous pu conclure de cette recherche?
Quelle est la fiabilité de cette méthodologie?
Quelle serait l'utilisation appropriée de ces pavillons?
Qu'en est-il de leurs matériaux?
Comment sont-ils construits?
Comment imaginez-vous les espaces dans un avenir pas si lointain?
Avons-nous besoin de tels espaces individuels pour des occasions aussi spéciales?

J'ai pu partager ce travail avec de grands amis issus de différents domaines, musiciens, ingénieurs, programmeurs, artistes, designers, architectes, enseignants... et des doutes comme ceux-ci revenaient toujours.

Lorsque j'ai discuté de ces doutes avec ce groupe, nous en sommes toujours arrivés à la même conclusion : il s'agit d'un travail qui consiste à repenser de nombreuses questions et à essayer de trouver une nouvelle façon de faire et de produire, il y a beaucoup de questions ouvertes qui nécessitent beaucoup plus de recherches pour trouver des réponses.

C'est ce point qui m'a conduit peu à peu sur ce chemin de la connaissance et de la recherche pour développer une première approche d'une nouvelle méthodologie sur laquelle il est difficile de trouver des informations . J'ai consulté des manuels de sonification, des livres d'acoustique,

des livres de programmation et quelques articles liés aux sens afin de pouvoir justifier cette recherche.

Avec le travail sur le code, certains paramètres ont été définis, et commencent à fonctionner assez bien et, en faisant les vérifications appropriées, je voulais montrer qu'ils commencent à correspondre à l'idée préconçue.

Pour conclure ce travail, je voudrais dire, qu'en cours de route, j'ai trouvé et compris les espaces à partir d'un nouveau sens, l'écoute. De nouveaux doutes, attentes, préoccupations et sensibilités se sont éveillés en moi, que je sens que je dois continuer à approfondir.

J'ai souvent critiqué les différentes typologies de music-halls, et j'ai peu valorisé le fait qu'ils soient capables de reproduire plusieurs genres de musique sous la même forme. Les recherches que j'ai développées ne cherchent pas à faire concurrence à ces lieux, mais à les concurrencer et à travailler à une échelle beaucoup plus réduite.

Commencer au début.

Le projet de recherche est en phase d'expansion et tente d'offrir de nouvelles opportunités totalement ouvertes pour que chacun puisse réfléchir à sa manière.

Qui sait où et quand aura lieu la fin ?

Merci.

15

Bibliografía

BIBLIOGRAFIA

Imágenes

Images

Federico II el Grande ejecutando un concierto de flauta en su palacio de verano Sanssouci, por Adolph Menzel.

Disponible en

Disponible en

es.wikipedia.org/wiki/M%C3%BAsica_de_c%C3%A1mara#/media/Archivo:Adolph_Menzel_-_Fl%C3%B6tenkonzert_Friedrichs_des_Gro%C3%9Fen_in_Sanssouci_-_Google_Art_Project.jpg

Vista interior de la Konzerthaus de Berlin.

Disponible en

Disponible en

www.artsandculture.google.com/asset/_/zQFxoPex3o363g

Sala Mozrt, auditorio de Zaragoza.

Disponible en

Disponible en

www.auditoriozaragoza.com/el-auditorio/sala-mozart/

Liceu de Barcelona.

Disponible en

Disponible en

www.liceubarcelona.cat/es/sala

Palau de la Música Catalana.

Disponible en

Disponible en

es.wikipedia.org/wiki/Palau_de_la_M%C3%BAsica_Catalana

Imágenes

Images

Líneas Negras de W. Kandinsky.

Disponible en

Disponible en

www.guggenheim-bilbao.eus/exposiciones/kandinsky

Rampa Aceso MACBA.

Disponible en

Disponible en

www.macba.cat/es/exposiciones-actividades/actividades/visitas

Espectro sonoro, por Diego Roman.

Disponible en

Disponible en

www.domingo-roman.net/acusticabasica.html

Amplitud y longityd de onda, galeria de Apple.

Disponible en

Disponible en

support.apple.com/es-cl/guide/mainstage/lgsife418f71/mac

Imágenes

Images

Intensidad de onda, por Oscrove.

Disponible en

Disponible en

www.oscrove.wordpress.com/teoria-musical/el-sonido/las-cualidades-del-sonido/

Nota y timbre, por cienciadelux.

Disponible en

Disponible en

www.cienciadelux.com/2016/03/14/las-cualidades-del-sonido/

Esquemas geometrias arquitectónicas, por Maria Andrea Farina.

Disponible en

Disponible en

Andrea Farina, Maria, 2019. Tipologías arquitectónicas y calidad acústica de salas para música. Editorial.unq.edu.ar

Espejo sonoro Inglaterra IGM, por Piercarlo Quecchia.

Disponible en

Disponible en

www.twitter.com/architect_viva/status/1053964263918788608

Escultura en Tvisöngur, foto del escultor y autor de la obra Lukas Kühne.

Disponible en

Disponible en

www.cienciadelux.com/2016/03/14/las-cualidades-del-sonido/

Libros, tesis y documentos.

Livres, thèses et documents.

Andrea Farina, Maria, 2019. *Tipologías arquitectónicas y calidad acústica de salas para música*. Editorial.unq.edu.ar

Timón Ribagorda, Marina, 2018. *Algoritmo generador de espacios asociados a cadencias tonales*. TFG ETSAM UPM

Herman, Thomas; Hunt, Andy; Neuhoff, John, , 2011. *The Sonification Handbook*. CITEC, Bielefeld University, Berlin

Gonzalez Vivo, Patricio; Lowe, Jen, 2015. *The Book of Shaders*. MIT Univesuty

Herman, Thomas; Hunt, Andy; Neuhoff, John, , 2011. *The Sonification Handbook*. CITEC, Bielefeld University, Berlin

Pallasmaa, Juhani, 2005. *Los ojos de la piel*. Editorial Gustavo Gili

Vídeo

Vidéo

Pabellón generado por el sonido de las olas del mar

Pavillon généré par le bruit des vagues de la mer

<https://www.youtube.com/watch?v=wQJZZIQVcqo>

Pabellón generado por el sonido del fuego

Pavillon généré par le bruit du feu

https://www.youtube.com/watch?v=JsODNqMSz_A

Pabellón generado por el sonido de un cuenco tibetano

Pavillon généré par le son d'un bol chantant tibétain

<https://www.youtube.com/watch?v=BhQTvAJS4uA>

Pabellón generado por el sonido del eco

Pavillon généré par le son de l'écho

<https://www.youtube.com/watch?v=UsDQt1X2jHY>

Gracias — **Merci**