

Universidad Nacional de Tres de Febrero

Departamento de Arte y Cultura

LA ESPACIALIZACIÓN SONORA COMO RECURSO EXPRESIVO

Trabajo Final de Grado presentado para obtener el título de Licenciado en
Artes Electrónicas de la Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF)

José María Casanova

jcasanova@untref.edu.ar

DNI: 33790179

Tutor de tesis: Lic. Antonio Zimmerman

Fecha de defensa: Diciembre 2021, Sáenz Peña, Buenos Aires, Argentina

PUNTO DE PARTIDA / ABSTRACT

Mi interés como proyecto final de grado gira en torno a la búsqueda de una gestualidad musical aplicada a la espacialización sonora. Siguiendo esta idea, encaré la construcción de un conjunto de herramientas de software que permiten trabajar sobre un concepto fundamental para la cuestión de la espacialidad en la música que es el de *trayectoria sonora*.

Confluyen aquí dos líneas de investigación, una que trabaja sobre el diseño de un modelo de espacialización sonora, lo que derivó en el desarrollo de un prototipo funcional de una aplicación de procesamiento espacial. En paralelo se dio otra búsqueda que partió desde la creación y desde la escucha, siguiendo un camino más relacionado con la materialidad sonora y con la interpretación de las gestualidades musicales en relación al uso expresivo del espacio.

El presente trabajo trata sobre el vínculo de estos dos caminos a partir de la experimentación sobre distintas propuestas de espacialidad y distintos gestos musicales, quedando como resultado una herramienta útil a la hora de componer o de realizar performances en vivo.

ÍNDICE

1	Introducción	3
2	El sonido en el espacio // El sonido en movimiento	9
3	_TR : Crear un nuevo modelo de espacio	22
4	Relevamiento de aplicaciones existentes	39
5	Pensar el espacio // Ensayos	47
6	Conclusiones y perspectivas a futuro	69
7	Biografía	72
8	Bibliografía y recursos	74

1

INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de este trabajo es dar el puntapié inicial al desarrollo de un software orientado a la composición musical que se constituya como una herramienta aliada en la exploración de las posibilidades expresivas del sonido en términos espaciales. Bajo el título de *_TR*¹ comencé a desarrollar un prototipo de aplicación para trabajar de manera gestual el movimiento de fuentes sonoras dentro de un auditorio a partir de la interpretación de dibujos o trazos que describen, de manera gráfica, las rutas que los sonidos realizan dentro de un espacio virtual recreado por parlantes. *_TR* es, principalmente, una prueba de concepto sobre un modelo de espacialización pensado desde las posibilidades creativas, que propone una forma abierta de trabajar el espacio. Esto permite partir tanto desde la simulación de las características acústicas y psicoacústicas del sonido en movimiento, como también, poder trabajar desde la creación de nuevos ambientes y así diseñar espacios con características enrarecidas, espacios oníricos o bien espacios acústicos donde los sonidos respondan a una física propia.

En un principio, el interés sobre este proyecto nació de la inquietud de investigar ciertas interfaces de usuario desarrolladas para trabajar las ideas sonoras o musicales desde lo gestual. Hay, por ejemplo, gran variedad de apli-

1 https://github.com/casanovajose/_TR_Standalone

caciones que utilizan dibujos, o más bien la acción de dibujar, como medio para generar resultados. Así también, otras que se sirven de gestos manuales o controles gráficos complejos que van más allá de una simple manipulación de valores numéricos.²

Estás formas alternativas de control me resultan interesantes porque agregan una cierta dosis de incertidumbre o de azar, y en este sentido rompen en mayor o menor medida con la unidimensionalidad que tienen los modos de control paramétricos³. Podemos entenderlas como propuestas de control que expanden las posibilidades gestuales o expresivas de compositores e intérpretes, siendo además, interfaces que demandan una cierta práctica y un cierto tiempo de aprendizaje hasta dominarlas, lo que permite que cada ejecutante desarrolle una técnica propia.

Sin embargo, encontré que pocas de estás aplicaciones están pensadas puntualmente para trabajar la problemática espacial de la música o del sonido, sino más bien, la gran mayoría se centra en cuestiones tímbricas y melódicas. Existen diversos sistemas de procesamiento espacial que trabajan la manipulación de las trayectorias sonoras utilizando herramientas gráficas, pero que no se centran tanto en las posibilidades expresivas. Tampoco existen hoy en día muchos desarrollos libres (*open source*) y multiplataforma para trabajar el sonido espacialmente en tiempo real.

2 Sobre la creación sonora a partir del dibujo ver (Bencic 2016).

3 Tipos de controles de interfaces que proporcionan como resultado un único valor numérico dentro de un rango posible (por ej. *knobs, sliders*).

Aunque existen algunos proyectos interesantes como *Spatium* (Penha 2014) o *SoundScape Renderer*, de los que se tratarán luego algunos de sus detalles, estos tienen su eje puesto en la fidelidad de la escena acústica o psicoacústica. La propuesta de *_TR* está centrada en lo *creativo* y al hablar así se plantea, en cierto modo, un contraste con el realismo. El objetivo, como ya ha sido mencionado, no es crear una aplicación para simular el movimiento de fuentes sonoras con exhaustiva precisión, sino que el propósito es jugar con la idea de espacialidad, experimentar con el espacio de tal modo que sea posible también trabajar ambientes sonoros no reales e imaginarios.

De este modo, a medida que avanzaba en la investigación iba delineando cada vez mejor la idea a la cual quería llegar. Me interesaba tomar ciertos conceptos de los sistemas y modelos de procesamiento espacial existentes para después desarrollar mi propia búsqueda. Así la realización de *_TR* significó un proceso iterativo de pensar y repensar continuamente cuáles eran las necesidades que requería la interfaz de dibujo (o interfaz de control) y de cómo serían las reglas de traducción entre el dibujo y el resultado sonoro.

_TR, para esta primera instancia, se divide en 3 partes en cierto modo independientes: Una interfaz gráfica que integra un *canvas* de dibujo junto con otra serie de controles para reproducir o seleccionar trayectorias ya creadas, otra parte encargada de realizar efectivamente el procesamiento de audio requerido para simular el movimiento de las fuentes de sonido y otra aplicación auxiliar que se utiliza como asistente para definir el modelo de espacio a través *mapas de difusión* que representan cómo se modifica el sonido de acuerdo a los puntos que recorre la trayectoria.

Las aplicaciones para controlar las trayectorias y para generar los mapas fueron realizadas con *Processing*⁴ puesto que es un entorno relativamente sencillo para probar ideas. Para el procesamiento de audio se utilizó *Purr Data*⁵ presentando no tanto una solución cerrada sino más bien un *framework*. En el mundo de la ingeniería de software un *framework* representa un modo de organización del código de un programa más que un modo de implementarlo. En otras palabras, los módulos creados para *Purr Data* son también una guía que facilita implementar las mismas funciones pero utilizando otras tecnologías por ejemplo Max/MSP, SuperCollider, Faust, entre otras.

Un punto que demandó mucha investigación fue la implementación de un modo de distribución de parlantes libre. Por lo general, cuando se habla de modelos de espacio sonoro se hace referencia a un tipo especial de distribución de parlantes, como por ejemplo el estéreo, el modo cuadrafónico, 5.1 o sistemas binaurales para auriculares, entre otros. Así, una de las dudas iniciales al comenzar el desarrollo de *_TR* fue definir a qué tipo de distribución aplicar. Aunque en principio decidí utilizar únicamente estéreo y cuadrafonía, la forma en que resolví la cuestión de la espacialidad resultó ser también un modo de crear estas distribuciones. Llegué a la conclusión que se puede codificar información de relevancia espacial en píxeles de archivos de imáge-

4 <https://processing.org>

5 *Purr Data* es la versión mantenida por una comunidad de desarrolladores derivada del *Pure Data* creado por Miller Puckete. <https://puredata.info/downloads/purr-data>

nes a la vez que estás mismas imágenes aportan una referencia visual sobre la distribución del sonido por el espacio, cumpliendo el rol de *mapas de difusión*. Se verá luego, que estos mapas son la llave que permite crear diversos tipos de escenarios espaciales, sin importar la cantidad de parlantes ni cómo se encuentran estos distribuidos por el espacio.

En parte, esto es lo que se presenta como resultado: una versión inicial de *_TR* con un interfaz mínima para dibujar movimientos espaciales, su aplicación auxiliar para diseñar mapas de difusión, y distintos *objects* de *Purr Data* para hacer efectivo el procesamiento de trayectorias espaciales sonoras. No obstante, a medida que avanzaba en la escritura del código y el diseño de la aplicación, me resultaba evidente que lo que estaba realizando iba más allá de una herramienta, sino más bien que la interfaz se volvía muy efectiva a la hora de plasmar ideas de gestualidades espaciales. Las distintas pruebas sonoras que fui realizando en las etapas iniciales del desarrollo me fueron marcando ciertos criterios que la interfaz debía contemplar y al mismo tiempo me fueron guiando en la búsqueda de posibilidades sonoras.

El proceso de búsqueda que culmina este proyecto final de grado fue, en resumen, un entramado continuo entre la escritura de código, la experimentación sonora y la escucha constante. El texto se acompaña con pequeños experimentos sonoros, a modo de ensayo sobre ciertas ideas espaciales, para poder seguir con más detalle las distintas propuestas de espacialidad que se irán describiendo.

El presente trabajo comienza tratando algunos conceptos preliminares necesarios para entender las ideas sobre las que se sustenta *_TR*. Esto incluye algunas nociones psicoacústicas básicas, pero principalmente la idea de modelo de espacialidad, partiendo desde el sistema planteado por John Chowning. En los capítulos 3 y 4 se trabaja la cuestión relativa al software, por un lado explicando y fundamentando el funcionamiento de *_TR*, y por otro lado aportando un panorama de otras aplicaciones de procesamiento espacial existentes. El capítulo 5 comprende un conjunto de ensayos en los que se plasman diversas ideas sonoras e ideas de gestualidades espaciales que surgieron a lo largo de experimentar con la aplicación durante las distintas etapas de desarrollo. Por último y como corolario del apartado anterior se esbozan en la sección final una serie de características potencialmente interesantes para sumar a *_TR* en etapas posteriores.

2

EL SONIDO EN EL ESPACIO // EL SONIDO EN MOVIMIENTO

Un buen punto de partida para comprender el uso de la espacialidad en la música es entender cómo nuestro sistema auditivo interpreta los diversos estímulos acústicos que transcurren a nuestro alrededor. Por ejemplo, cuando un objeto emite un sonido genera variaciones de presión en las moléculas del medio circundante (el aire) que se expanden y trasladan por el espacio. Al llegar el sonido a nuestros oídos, el sistema auditivo obtiene diversas informaciones, entre ellas, algunas relativas a la cualidad sonora que le permiten identificar al objeto que suena y determinar su materialidad, también nos encontramos con pistas que nos permiten identificar de dónde proviene dicho sonido, a la vez que existen otros indicios que nos dan una idea de las características del ambiente donde transcurren los eventos sonoros. De todas las funciones del sistema auditivo me interesa destacar sobre todo la cuestión de la localización, que está principalmente relacionada con las diferencias de presión entre ambos oídos (fenómeno conocido como ILD por *Interaural Level Difference*) y por la pequeña diferencia de tiempo en la que el sonido llega a cada oído (esto se conoce como ITD, por *Interaural Time Difference*). De acuerdo a la posición de la cabeza de una persona en relación a algún evento sonoro la percepción puede variar debido a que cada oído recibe estímulos algo diferentes. Por ejemplo, si escuchamos a alguien hablar a nuestra izquierda la voz llegará más rápidamente y con mayor intensidad al

oído izquierdo, frente a lo cual el sistema auditivo produce una imagen acústica a partir de combinar la información de ambos oídos que nos permite localizar de donde proviene dicha voz ⁶.

Sobre esta capacidad de nuestro sistema auditivo para obtener información espacial del mundo acústico ocurre algo interesante cuando se utilizan medios electroacústicos. Por ejemplo, al reproducir un mismo sonido en dos parlantes y aplicando la misma intensidad a cada uno, si una persona se ubica en el punto medio percibirá este sonido como una única fuente sonora proveniente de un punto central, es decir, si la intensidad sonora llega con la misma energía a los dos oídos, ese objeto será entendido como algo que está ubicado al frente y centrado (fig 2.1). Cuando la distribución de energía varía, lo que significa que uno de los parlantes posea mayor amplitud sonora que el otro, entonces la fuente ya no se percibirá en el centro. Si este balance se modifica gradualmente se crea una ilusión de movimiento. Este fenómeno psicoacústico se conoce como “fuente fantasma” (*phantom source* o también *phantom image*) y es una de las ideas sobre que se sustentan los modelos de espacialización sonora, dado que esto permite crear la ilusión de sonidos moviéndose por un auditorio modificando el balance de la energía de los parlantes dentro del recinto de escucha. Veremos luego que entran en juego otros factores además de las variaciones de amplitud entre canales de sonido para que el efecto de movimiento espacial sea efectivo.

6 La acústica y psicoacústica del sonido es un asunto muy complejo que no puede ser abordado en gran detalle en este trabajo. Ver (Clarke, 2015) para una explicación de la percepción auditiva en el marco de la escucha musical.

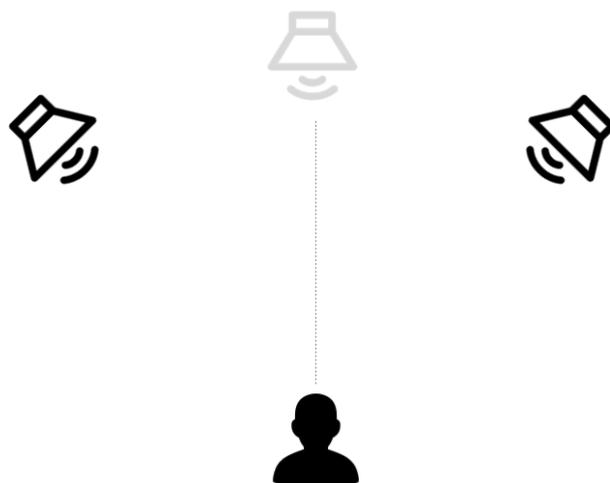


Fig. 2.1. La fuente o imagen fantasma se produce, por ejemplo, cuando los parlantes izquierdo y derecho de un sistema estéreo emiten el mismo sonido y con la misma amplitud. Así, una persona ubicada en el punto medio percibirá una única fuente sonora virtual ubicada en el centro.

Si bien mi investigación encara este tema desde una perspectiva tecnológica, es importante mencionar que el interés por el uso del espacio en la música no es algo únicamente dictado por las posibilidades técnicas de nuestra era. Ya en la antigüedad nos encontramos con antecedentes musicales y sonoros que involucran al espacio como elemento compositivo. Podemos pensar en tambores siendo utilizados para enviar mensajes a puntos distantes, o de forma similar, el uso de los campanarios de las iglesias o también pensar en algunas formas de canto en antífonas donde dos grupos vocales separados espacialmente cantan salmos religiosos de forma alternada a modo de

pregunta y respuesta. En el siglo XVI aparecen en Venecia las primeras composiciones publicadas que hacen uso del espacio vinculadas al entorno de la basílica de San Marco. Allí se conformó lo que podemos llamar el estilo polioral veneciano, que se servía de una técnica conocida como *cori spezzati* donde dos o más coros se ubican distantes entre sí, por lo general en puntos opuestos dentro de la basílica. Estas experiencias musicales aprovechaban las propiedades acústicas reverberantes de las catedrales creando formas de diálogo entre los coros. Otro caso bien conocido es el motete *Spem in alium* (1570) de Thomas Tallis, compuesto para ocho grupos corales separados. (Zvonar R. 2005)

Pasando al siglo XX hay varios casos paradigmáticos que siguen esta idea de utilizar conjuntos vocales o instrumentales distantes espacialmente, como por ejemplo *The Unanswered Question* (1908) obra de Charles Ives en la que se indica la siguiente instrucción: “*El cuarteto de cuerda o la orquesta de cuerda (con sordini), si es posible, debe estar ‘fuera del escenario’, o lejos de la trompeta y las flautas. La trompeta debe usar un sonido mudo a menos que se toque en una sala muy grande o con una orquesta de cuerdas más grande.*” (Ivess C. 1953) . Otra obra interesante desde su idea espacial es *Gruppen* (1955-57) de Karlheinz Stockhausen la cual requiere de tres grupos de orquestas ubicados en distintos puntos del auditorio con lo que tiende, en cierto modo, a envolver a la audiencia⁷.

7 En (Zvonar R. 2005) se encuentra un conciso resumen histórico de la evolución de la espacialidad como elemento musical en el artículo *A history of spatial music: Historical antecedents from renaissance antiphony to strings in the wings*. Ver también (Ouzonian 2020).



Fig. 2.2. Ensayo de Gruppen. Fuente (Stockhausen K. 1963).

Ahora bien, aunque el uso del espacio como elemento compositivo viene siendo explorado desde hace varios siglos atrás, la relación entre escucha y espacio tal como la concebimos hoy en día es una construcción medianamente reciente. Inclusive hasta comienzos del siglo XX la acción de escuchar algún evento sonoro y poder asignarle características espaciales como distancia, ubicación y movimiento, no parecía completamente atribuible al sentido de la escucha de acuerdo a las publicaciones científicas de aquel entonces. Según explica Gascia Ouzounian en el libro *Stereophonica*, para los psicólogos de la época existía la creencia de que era “*a través del pensamiento, o bien la vista o el sentido del tacto que el ‘espacio auditivo’ se construía*” (Ouzonian 2020, Capítulo 2).

Así, a medida que el desarrollo científico y tecnológico del siglo XX marcaba su paso y se introducían innovaciones en los métodos de grabación y reproducción sonora, las propuestas musicales experimentales del periodo de posguerra de mediados del siglo pasado, comenzaron a incorporar sistemas

de proyección espacial de música y sonido fomentando el nacimiento de una nueva poética del espacio la cual “*estaba firmemente asentada en los sistemas de espacio cartesianos y euclidianos, preocupados por la ubicación de los ‘objetos sonoros’ (objets sonores) en el espacio tridimensional y el movimiento de los sonidos a lo largo de las ‘rutas del sonido’ o ‘trayectorias sonoras’ (trajectoires sonores).*” (Ouzonian 2020, Capítulo 2).

En esta línea, los escritos sobre la historia de la música del siglo XX suelen resaltar algunas experiencias e invenciones realizadas por Pierre Shaeffer como el *pupitre d’espace* para controlar la proyección y dirección del sonido en salas de concierto, los sistemas para registro multicanal de movimientos de fuentes sonoras que Karlheinz Stockhausen utilizó, por ejemplo, en su obra *Gesang der Jünglinge*, o proyectos más ambiciosos como el *Poeme Electronique* de Edgard Varèse y Iannis Xenakis. Sin embargo, las referencias más próximas a la idea de este proyecto final de grado las encontramos en diversos trabajos surgidos a partir de la segunda mitad del siglo XX. En esta época confluye el avance en las técnicas de grabación y reproducción multicanal junto con el avance de la computación y consecuentemente el desarrollo de software de composición musical. Los programas escritos por Max Mathews como parte de un trabajo de investigación en los Bell Laboratories, como por ejemplo la serie *Music* (*Music I* es del año 1957), permitieron el nacimiento de múltiples lenguajes y entornos de programación para aplicaciones musicales.

De esta última línea de investigaciones parten los trabajos del compositor John Chowning, en principio desarrollando una herramienta de síntesis FM⁸ para luego idear un sistema de composición cuadrafónico plasmado en su obra *Turenas* (1972) que utilizaba cuatro parlantes equidistantes ubicados uno en cada esquina del auditorio, orientados hacia el centro. Lo que se distingue de esta obra es el mecanismo propuesto para simular el movimiento de fuentes sonoras.

Este modelo es explicado en buen detalle en el artículo *The simulation of moving sources* (Chowning 1971). Lo que en cierto modo propone la citada publicación es resumir la escucha espacial a una serie de parámetros básicos sobre los que tomar control del material sonoro. Esto habilita poder emular, utilizando un conjunto de parlantes ubicados en puntos fijos, el comportamiento de las fuentes sonoras en movimiento del mundo físico.

Por un lado, tenemos la ubicación lateral de la fuente sonora, que es también llamada *ángulo* o *azimuth*. Esta es dependiente de la amplitud que se asigna a cada parlante. Si pensamos en un par estéreo esto sería cuanto a la izquierda o a la derecha percibimos a los sonidos. Ahora bien, al desplazarse una fuente sonora simulada, además de variar el balance de energía de los parlantes, el movimiento genera una variación de altura para quien lo percibe, lo que se conoce como *efecto doppler*. Por último, está la percepción de *distancia* del sonido, que depende no únicamente de la disminución de la amplitud - conocida como regla del cuadrado de la distancia- sino también de la interacción con las características acústicas del ambiente como, por

8 Síntesis por frecuencia modulada.

ejemplo, la relación entre el sonido directo (la fuente sonora) y la reverberación. La lejanía también implica una atenuación de las frecuencias altas y bajas.

Es interesante relacionar las bases de este modelo, con la definición de Paul Oomen, uno de los creadores del sistema 4DSOUND: *“El conjunto de procedimientos usados a menudo en la música electrónica, filtros pasabajos y pasaaltos, filtros peine, oscilaciones de baja frecuencia, delays, transpositores de altura y reverberaciones, todos tienen un equivalente en cómo percibimos el sonido en el mundo físico. Los sonidos se transforman de acuerdo a sus propiedades espaciales, existen espacialmente. Por tanto, la forma en que escuchamos el espacio puede considerarse una influencia distintiva en el desarrollo de la música electrónica como lenguaje musical.”* (Oomen et al., 2016). El punto está entonces en que podemos simular u otorgarle propiedades espaciales a fuentes sonoras por medio del procesamiento de las señales de audio. Crear la ilusión de sonidos ubicados en un espacio real o imaginario, o bien moviéndose en un espacio reconstruido a través de parlantes, puede realizarse entonces, mediante el trabajo conjunto de varios tipos de procesadores de audio.

Ahora bien, volviendo a la idea de Chowning, lo que me interesa de su modelo es que define en pocos conceptos simples los parámetros indispensables para crear la ilusión del desplazamiento de los sonidos. Es una reducción importante de los fenómenos físicos y psicoacústicos, que deja de lado muchas otras variables, pero que representó una simplificación efectiva para los fines del compositor en su momento.

Existen también muchos otros modelos de espacialización que van desde configuraciones simples a través de auriculares, como en la escucha binaural de los entornos inmersivos o hasta grandes *arrays* de parlantes distribuidos en la salas de conciertos, como por ejemplo el proyecto Audium de de Stanley Shaff⁹. Sin embargo, más allá de cual sea la distribución elegida por compositores o intérpretes, en líneas generales todos los modelos confluyen en la aplicación de ciertas reglas de percepción del oído humano y ciertas propiedades acústicas de los objetos que emiten sonido donde su forma física, su tamaño, los materiales con que está compuesto, la dirección hacia la que apunta, la relación con otros objetos cercanos y diversas características ambientales imprimen su huella espacial sonora. Paul Oomen agrega: *“La inteligencia de la escucha espacial es remarkable. Sin esfuerzo, podemos diferenciar puntos en el espacio teniendo en cuenta el reconocimiento del objeto sonoro, nuestro posicionamiento físico y orientación en el espacio, la anatomía de nuestro cuerpo y circunstancias ambientales complejas. Cuando escuchamos, instantáneamente entendemos mucho más sobre el espacio de lo que somos capaces de procesar racionalmente”* (Oomen et al., 2016).

La idea de control sobre la espacialización basada en los parámetros descritos previamente - ángulo, movimiento y distancia - permite en cierto modo tratar el asunto de la espacialización desde los resultados musicales. Por este motivo, se utiliza mucho como referencia el sistema de procesamiento espacial planteado por Chowning, que representa también para mi trabajo un punto de partida.

9 http://www.audium.org/article_cmj/

Se puede decir también que esta síntesis tiene una ventaja desde el punto de vista expresivo. Simplificar el marco de referencia y abstraer la complejidad de la acústica y psicoacústica del sonido, nos permite quedarnos con una cantidad acotada de parámetros, adecuada y manejable en términos compositivos. Encontramos, por otro lado, que estos tres elementos: distancia, ángulo y movimiento, pueden ser representados a partir de dibujos, aún más, mediante el dibujo puede ser representada en una gráfica bidimensional la evolución en el tiempo de estos parámetros. El ángulo y la distancia en este modelo se calculan en referencia al origen que se ubica en el centro y mediante la sucesión de distintos pares ángulo-distancia podemos expresar la ruta del movimiento simulado de las fuentes sonoras. En la imagen (fig. 2.3) se puede ver la serie de valores representados gráficamente en una trayectoria sonora que sigue una figura de Lissajous. La velocidad del movimiento depende de la distancia en el plano entre dos puntos consecutivos, ya que para este sistema el intervalo temporal es constante, por lo tanto las distancias entre puntos indican la velocidad de este movimiento.

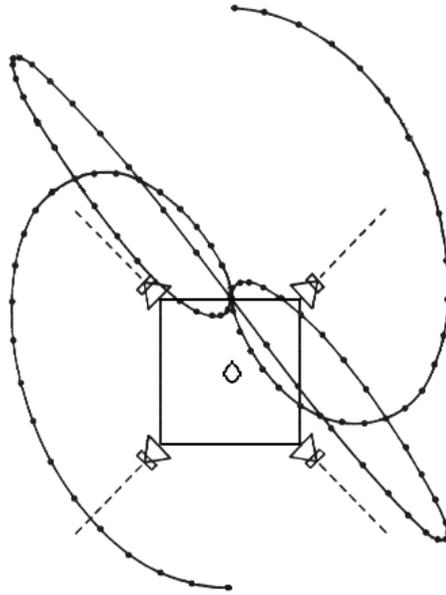


Fig. 2.3. Figuras de Lissajous utilizadas en la obra *Turenas* por John Chowning. Fuente (Chowning, 2011)

Esta idea de representar gráficamente la evolución en el tiempo de los eventos musicales sin duda se asocia con la idea de partitura. Por tanto, pensar gestos musicales desde un lenguaje visual potencia las posibilidades expresivas, dado que achica la brecha entre la intuición y el resultado sonoro. Desde el punto de vista compositivo, si se tiene una noción clara del comportamiento del modelo espacial, el dibujo de trayectorias es medio muy apropiado para diseñar gestualidades espaciales, imaginar posibilidades y realizarlas por medio de las gráficas de trayectorias.

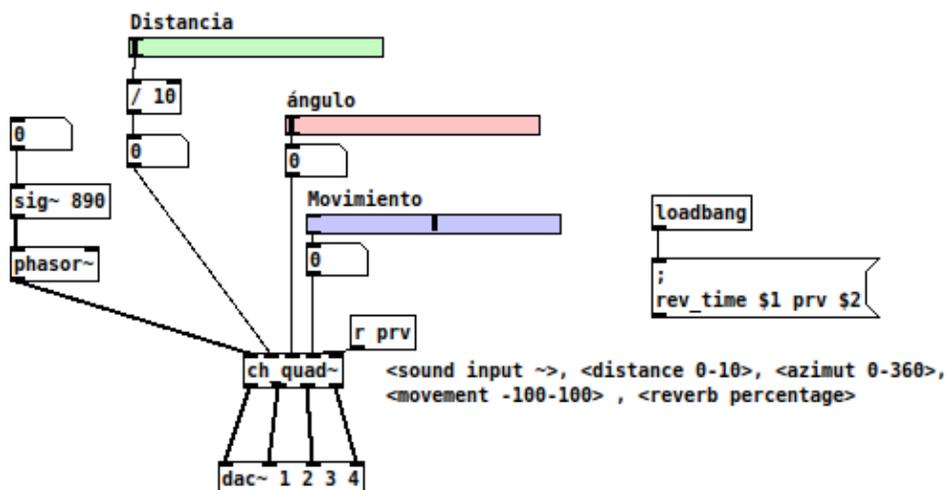


Fig. 2.4. (Cetta P., 2004) Implementación del modelo de Chowning en *Pure Data* basado creado por Pablo Cetta. El *objet* `ch_quad~` realiza el procesamiento cuadrafónico.

Sin embargo, cuando se diseñan los gestos de los movimientos espaciales hay un factor importante a tener en cuenta y que es inherente a la música que utiliza el espacio como elemento expresivo, que es la multiplicidad de puntos de escucha:

“...es algo así como escuchar nuestro entorno cotidiano: los eventos de sonido ocurren en diferentes lugares y cada evento tiene propiedades sonoras innatas (por ejemplo, timbre, estructura, tono, volumen), así como acústicas que le atribuye el espacio en sí: masa, dimensiones y reflejos que nos dicen cuán reverberante es el espacio. Los eventos aparecen y desaparecen en el espacio, tienen una duración específica de presencia. Y, contrariamente a la forma en que escuchamos música con mayor frecuencia, no existe un punto

óptimo: la posición del oyente influye en muchos factores del paisaje sonoro y en cómo se percibe, al igual que en la vida real. ” (Maraš 2017). Esta idea es fundamental tenerla presente, porque trabajar musicalmente el espacio requiere crear o recrear ambientes que emulen, expandan o transformen *enrareciendo* características del mundo físico. Cada modelo de espacio, de un modo u otro, define una forma de distribución del sonido que podemos pensar como una topografía o un relieve imaginario por el cual transcurre el desplazamiento simulado de las fuentes sonoras. Este plano puede establecer un punto de escucha ideal (conocido como *sweet spot*) o bien aferrarse a la multiplicidad de escuchas.

3

_TR : CREAR UN NUEVO MODELO DE ESPACIO

He mencionado que el modelo espacial de Chowning fue un punto de partida, no obstante, el flujo de la investigación me llevó a diseñar otro modo de trabajar la espacialidad, un modo distinto pero con ideas en común y sobre todo el mismo concepto central que es el de trayectoria sonora.

La idea de espacio que me interesa lograr, está asentada sobre las posibilidades de difusión del sonido. En lugar de proponer un modelo centrado en un punto de escucha ideal (*sweet spot*), me interesa plantear un concepto de espacialización en el que se pueda definir el modo en que se desenvuelven los eventos sonoros por el espacio. Este espacio no lo pienso como una topografía definida sino más bien como un *terreno* con posibilidades cambiantes.

Para entender mejor la idea, tengamos presente dos de los valores del sistema utilizado en *Turenas*: el ángulo y la distancia. Para Chowning, estos dos parámetros están siempre en relación al *sweet spot* y al ubicar una fuente sonora en cualquier punto del plano la espacialidad del sonido se procesa aplicando el ángulo y la distancia de la fuente a una función matemática o bien a una *función de control* para obtener como resultado otros valores numéricos: la amplitud de cada parlante y el nivel de reverberación, por ejemplo.

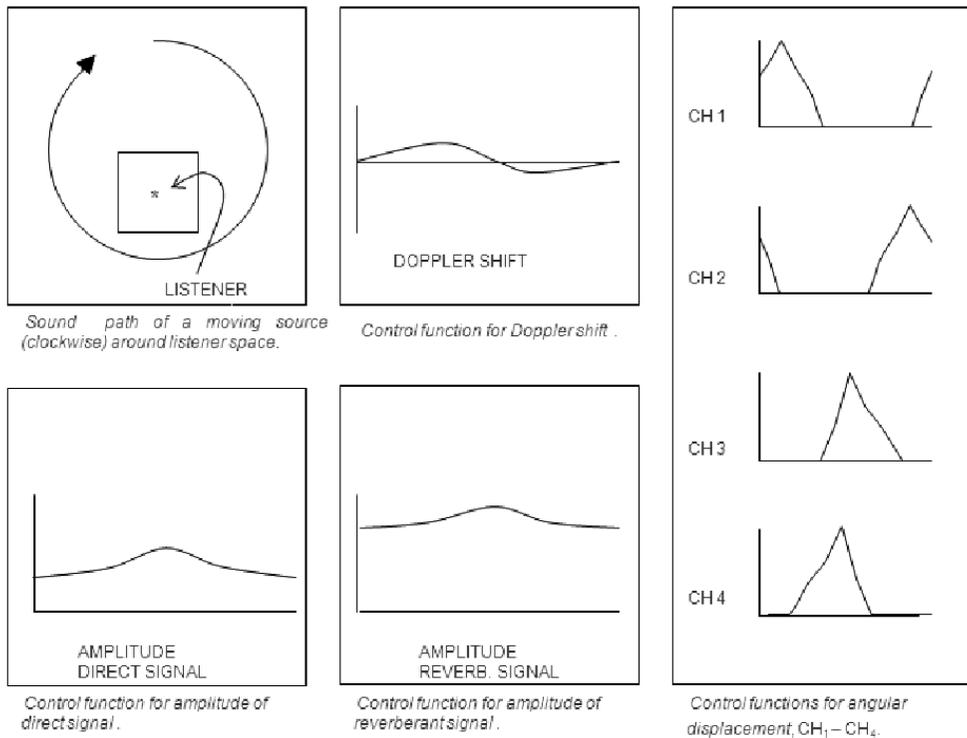


Fig. 3.1. Funciones de control utilizadas en *Turenas* (Chowning J., 2011). El cambio de altura por el efecto doppler no depende concretamente de los valores de un punto sino de la diferencia con un punto anterior.

Me interesa sobre todo esta idea de *función de control*, que se muestra de manera gráfica en la columna derecha de la figura 3.1, y nos indica qué valor de amplitud corresponde a cada parlante para cierto ángulo dado. Esto puede ser también presentado como en la tabla 3.1.

De este modo, otros procesos sonoros pueden calcularse a través de estas *funciones de control*, como por ejemplo la reverberación, que se obtiene a partir de la distancia de un punto del plano al centro.

Ángulo	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4
0	0.7	0.6	0	0
1	0.72	0.58	0	0
2	0.73	0.55	0	0
...
359	0.69	0.62	0	0

Tabla 3.1. Las función de control puede pensarse como una tabla, por cada ángulo hay un valor predefinido de amplitud para cada canal.

El modelo que propongo para $_TR$ utiliza estas funciones de control, pero de un modo distinto, dado que no hay un *sweet spot* y por tanto no hay valores de ángulo ni de distancia. No obstante, podemos dar una vuelta de tuerca a esta idea, y pensar la función de control para un parlante como un espacio bidimensional representado mediante una grilla como en la figura 3.2. Este ejemplo representa un pequeño espacio ilusorio de unos pocos puntos o coordenadas, en el que cada entrada representa el nivel de salida (amplitud) de la señal de audio para un parlante. Así, cuando una fuente sonora se ubica en la esquina superior izquierda - coordenadas (0, 0)- la amplitud será 0, por tanto no tendrá presencia en ese canal. Pero si la fuente está en la esquina opuesta - punto (10, 10) - tendrá máxima amplitud. Del mismo modo, un recorrido de (0, 0) a (10, 10) resultará en un aumento gradual de la presencia de la fuente sonora para ese parlante.

Por tanto, *_TR* utiliza estos espacios de puntos bidimensionales como *funciones de control* en las que se define, para cada canal de audio que la escena requiera, un nivel de amplitud de acuerdo a las coordenadas de ubicación de la fuente sonora.

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0
0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.2	0.1
0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3
0	0	0	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.6
0	0	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.6	0.7
0	0	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8
0	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9
0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1

Fig. 3.2. Espacio de 100 puntos (10 x 10) donde cada punto -par de coordenadas- tiene un valor de amplitud asociado.

Hay dos valores que actúan a nivel del procesamiento sonoro que me interesan contemplar a nivel espacial: un grado de difusión (atenuación de amplitud) y un grado de reverberación. Así en *_TR*, por cada parlante se debe definir una de estas grillas para la difusión y otra para establecer la cantidad de sonido reverberado. En este modelo de espacio los puntos se piensan como coordenadas (en un sentido cartesiano) y a la hora de procesar el audio espacialmente se tienen en cuenta estos valores de difusión. Podemos

decir que estas *funciones de control* representadas a modo de grillas conforman la topografía del espacio ilusorio sobre el que trabaja *_TR*.

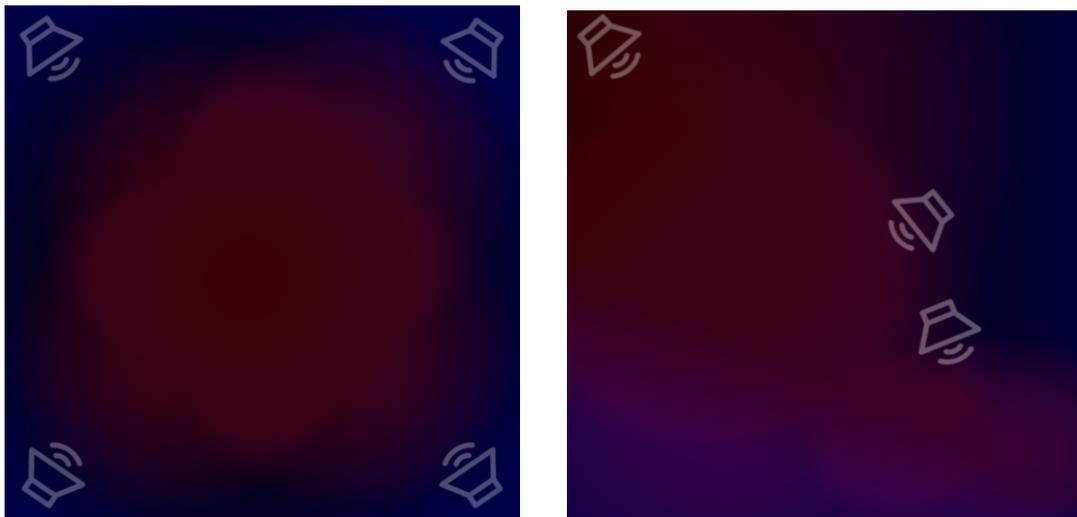


Fig. 3.3. Posibles espacios virtuales definidos a partir de la difusión tanto del sonido directo (tonalidades rojizas) como del campo reverberado (tonos azules). De la superposición se obtienen los tonos violáceos.

Esta forma de implementar las *funciones de control* permite definir los más diversos modelos de espacio creando varias de estas funciones. Por ejemplo, la imagen 3.3 muestra una visualización de dos posibles modelos de difusión: uno uniforme y otro asimétrico, compuestos por la superposición de grillas de difusión. Como en la práctica vamos a necesitar definir una cantidad razonablemente alta de valores numéricos para asignar a cada punto del plano del dibujo, se va a proponer una forma más práctica utilizando *mapas de difusión*. Antes de entrar en el detalle de estos mapas, y con el fin de hacer más concreta la idea de este modelo de espacio, volvamos un poco al concepto de trayectoria sonora.

Recapitulando lo dicho anteriormente, la idea de trayectoria sonora consiste en trasladar una representación gráfica del movimiento del sonido en un espacio imaginario (el espacio de dibujo) a una reproducción sonora por medio de algún sistema de parlantes como puede ser, por ejemplo, una configuración estéreo o cuadrafónica. A la hora de pensar un sistema que traduzca trazos dibujados manualmente a información aprovechable para el procesamiento espacial, es necesario también desglosar las acciones que implica el gesto manual del dibujo. Por ejemplo, al trazar figuras utilizando lápiz y papel no solo desplazamos la mano, sino que lo hacemos a cierta velocidad (constante, variable, intermitente) aplicando cierta presión sobre la superficie, entre otras cosas. Esto significa que se deben idear formas adecuadas de traducción de estos datos a resultados sonoros tangibles que logren crear la ilusión de fuentes sonoras en movimiento, para lo cual intervienen en la ecuación tanto factores psicoacústicos como cuestiones intrínsecas al material sonoro.

A nivel del *software*, los trazos dibujados se pueden descomponer en una lista de puntos (coordenadas) con valores asociados. Es necesario digitalizar y tomar muestras de la trayectoria analógica de puntos infinitos de un dibujo, para quedarnos con una cantidad finita y manejable. Cada punto requiere de tres informaciones básicas: dos valores para las coordenadas y un valor de velocidad. De esta forma, se pueden capturar las gestualidades del trazo manual que puede ser realizado, o bien con un mouse o con una tableta digitalizadora de dibujo. Estas últimas tienen la ventaja de que permiten obtener

más datos como por ejemplo la presión aplicada al dibujar. *_TR* toma este valor de manera opcional, el cual es muy útil para pensar gestos sonoros que involucren transformación del sonido a la par del desplazamiento. Una lista de estos puntos ordenados, cada uno con sus valores de coordenadas, velocidad y presión, componen una trayectoria.

MAPAS DE DIFUSIÓN

Recordando un poco lo dicho al comienzo de esta sección, cuando se habla de modelos de espacialización sonora es necesario definir cómo funciona el algoritmo que distribuye los niveles de energía a las salidas de audio, que es lo que en gran medida determina la ubicación de la fuente sonora para cualquier oyente. Dicho de otro modo, se debe definir de qué manera se traducen las rutas de las trayectorias a respuestas concretas audibles. Esto lo realizamos a través de los *mapas de difusión*.

Estos mapas de difusión pueden pensarse como esquemas visuales de una *función de control*, que definen la relación que existe entre los valores de entrada (las trayectorias) y los de salida (amplitud de cada canal de audio). En concreto, son imágenes en escala de grises, donde cada pixel representa un valor de amplitud, cuanto más blanco sea un punto menos modifica la fuente de sonido original, cuanto más gris es el pixel se traduce en pérdida de amplitud, siendo el color negro la cancelación completa del sonido.¹⁰

¹⁰ La idea de utilizar imágenes para codificar el valor de espacialización se debe en gran medida gracias al artículo *Images as spatial sound maps* (Deleflie y Schiemer 2010) aunque la propuesta allí explicada corresponde a una idea de espacialización muy distinta, en varios sentidos, a la de este trabajo.

Cada salida de audio (parlante) requiere tener dos imágenes de *mapas de difusión* uno para el sonido directo y otro para la reverberación. El conjunto de mapas se agrupa en una *escena*. Cada uno de los puntos de la trayectoria se compara con el píxel correspondiente de cada uno de los mapas que componen la *escena* determinando la cantidad de energía, tanto del sonido directo como de la reverberación, que cada parlante debe emitir para cierto punto de la trayectoria sonora. En *_TR* al crearse una nueva trayectoria, o bien al seleccionar un escena sonora, se analiza y calcula la amplitud para cada punto de la trayectoria de todos los mapas que la escena posea.

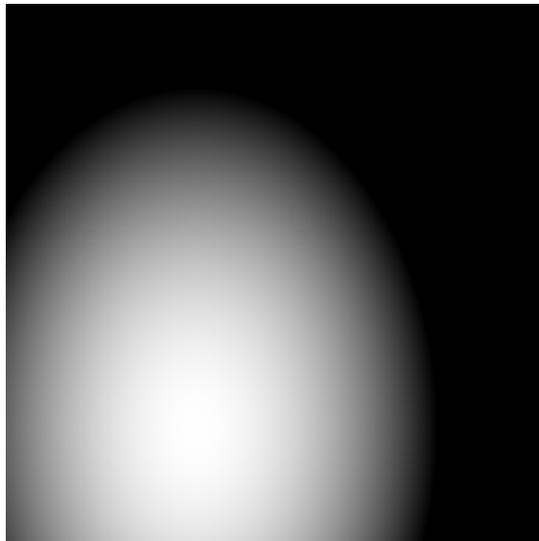


Fig. 3.4. Un posible modelo de difusión para el parlante izquierdo en un espacio estéreo.



Fig. 3.5. Otro modelo de difusión posible para un parlante izquierdo en una configuración estéreo.

Esto permite diseñar propuestas de espacialidad para diversas configuraciones de parlantes o ambientes. Por ejemplo, las figuras 3.4 y 3.5 muestran dos variantes posibles para el parlante izquierdo en una propuesta estéreo. Si pensamos una posible una trayectoria circular, el resultado será que cuando el movimiento de la fuente sonora se acerque al punto medio inferior del plano, según el mapa 3.4 la fuente sonora tenga más presencia o se perciba más cercana, mientras que si se utiliza el mapa de la fig 3.5 los extremos del recorrido circular tendrán estas propiedades. En ambos casos estaríamos hablando de un modelo estéreo pero con distintas propiedades espaciales de difusión.

Así, una escena representa el modo de difusión del sonido directo, es decir, el balance entre canales de audio para una fuente sonora cualquiera, y el modo de difusión de la reverberación, que permite agregar profundidad al

ambiente. La imagen 3.6 muestra cómo sería computado un punto específico de la trayectoria. Al recorrer los puntos de esta ruta sonora el balance irá variando de acuerdo al nivel de brillo de los píxeles.

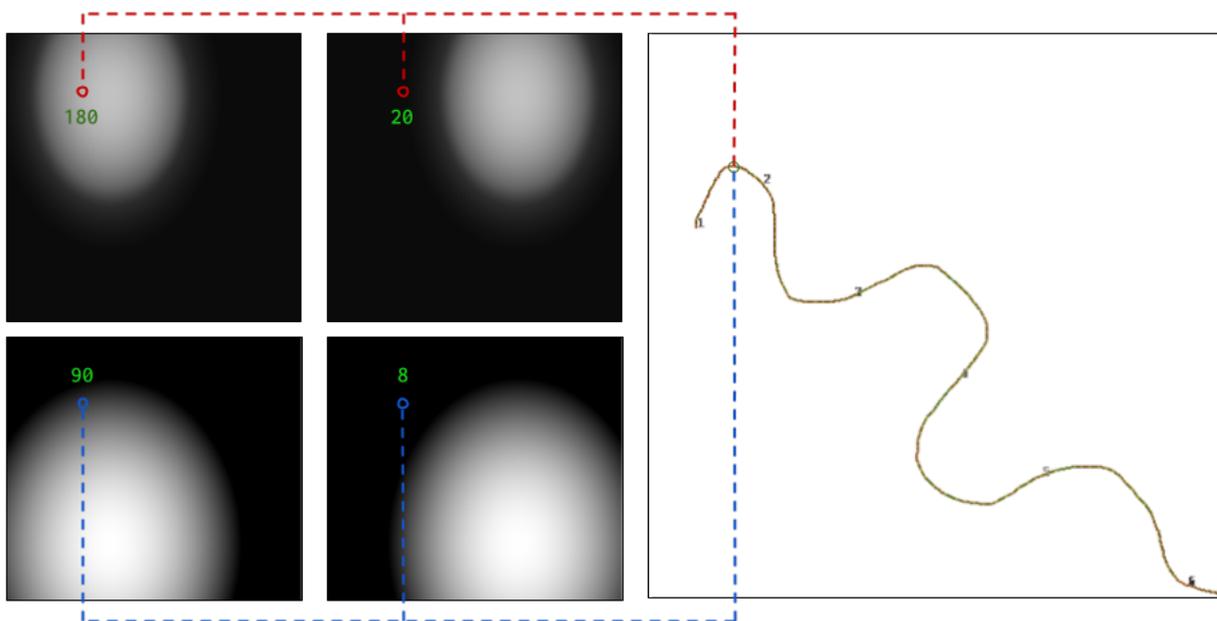


Fig. 3.6. La imagen muestra los valores de brillo correspondientes a un punto de la trayectoria. Los mapas superiores se utilizan para calcular el nivel de reverberación para cada parlante y los que están debajo determinan la amplitud de cada canal de audio.

Para armar estos mapas se puede usar el generador de mapas de $_TR^{11}$, que está pensado para crear imágenes siguiendo principalmente patrones de difusión elípticos o lineales (como los de las figuras 3.4 y 3.5) que son útiles para modelos estéreo o cuadrafónicos. Pero al ser los mapas simplemente

11 https://github.com/casanovajose/_TR_ambient_map

te archivos de imagen en escala de grises, puede utilizarse cualquier editor de imágenes.

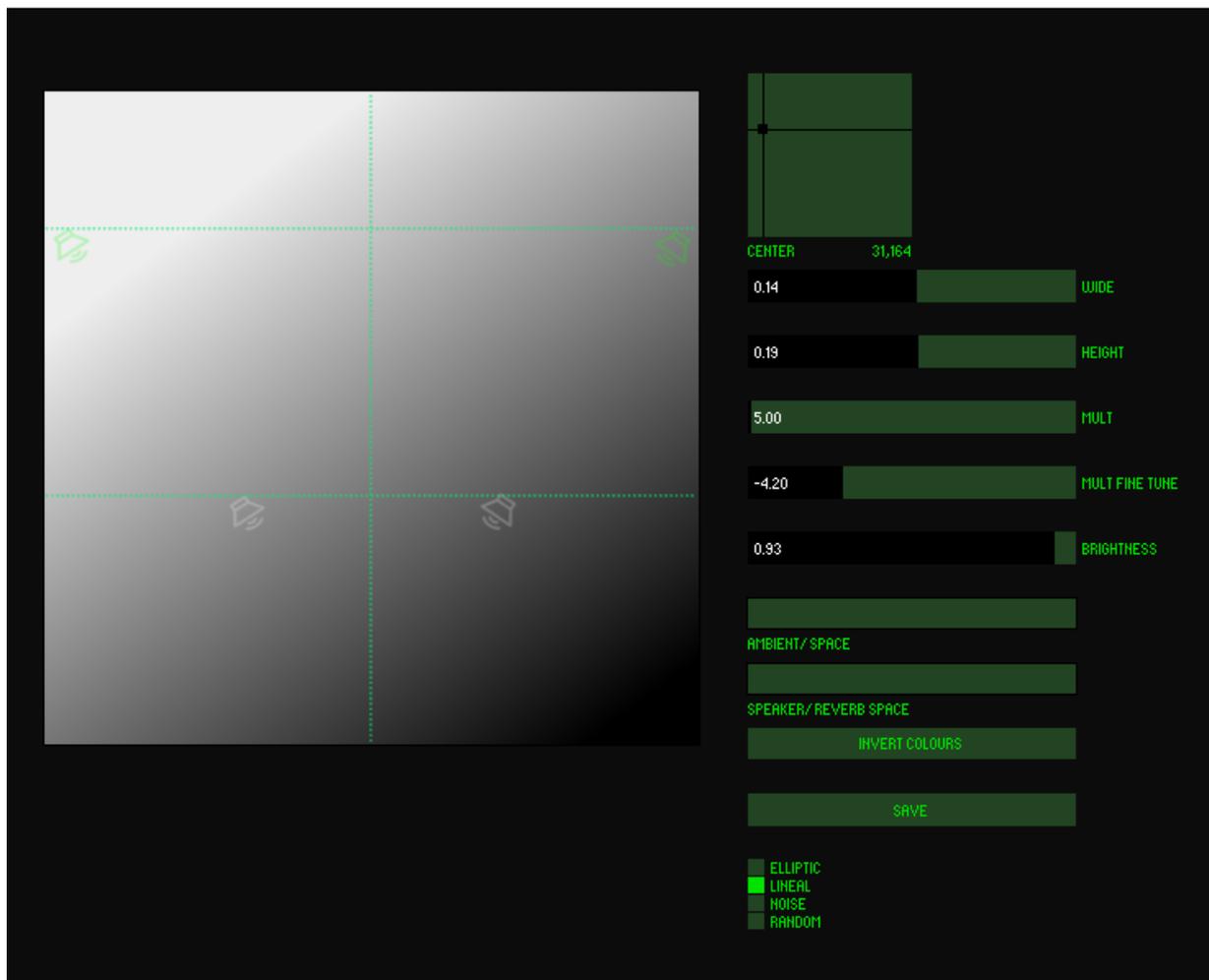


Fig. 3.7. *_TR*, prototipo del generador de mapas.

En la mezcla entre el sonido directo y la reverberación es en gran medida donde se determinan las cualidades del ambiente y la amplitud del espacio. Sin embargo el tipo de reverberación que se utilice será lo que defina finalmente la calidad tímbrica del espacio sonoro virtual.

La interfaz para esta primera etapa de *_TR* es más bien simple y limitada ocupándose solo de las funciones indispensables para poner a prueba mi modelo de espacio. Nos encontramos con el *canvas* para dibujar trayectorias, controles de reproducción y velocidad de lectura, opciones para guardar o abrir trayectorias creadas previamente, y opciones para seleccionar una *escena*. El *canvas* es sensible a la velocidad de dibujo por tanto se muestran tonos distintos en las líneas y puntos de la trayectoria según su velocidad. El *canvas* muestra también de forma combinada el contexto de la escena como imagen de fondo. Los tonos azules representan la zona de la reverberación, mientras que el tono rojo es el espacio del sonido directo. Las zonas mixtas resultan en tonalidades violáceas. Es posible también agregar a la escena una imagen especial que sirva de referencia visual. Es importante sumar que no hay necesariamente una relación directa entre el dibujo de las trayectorias con las distancias que se utilicen en “el mundo físico” para distribuir los parlantes. Como ya he comentado, para cualquier sistema de distribución de parlantes pueden idearse distintos modos de difusión.

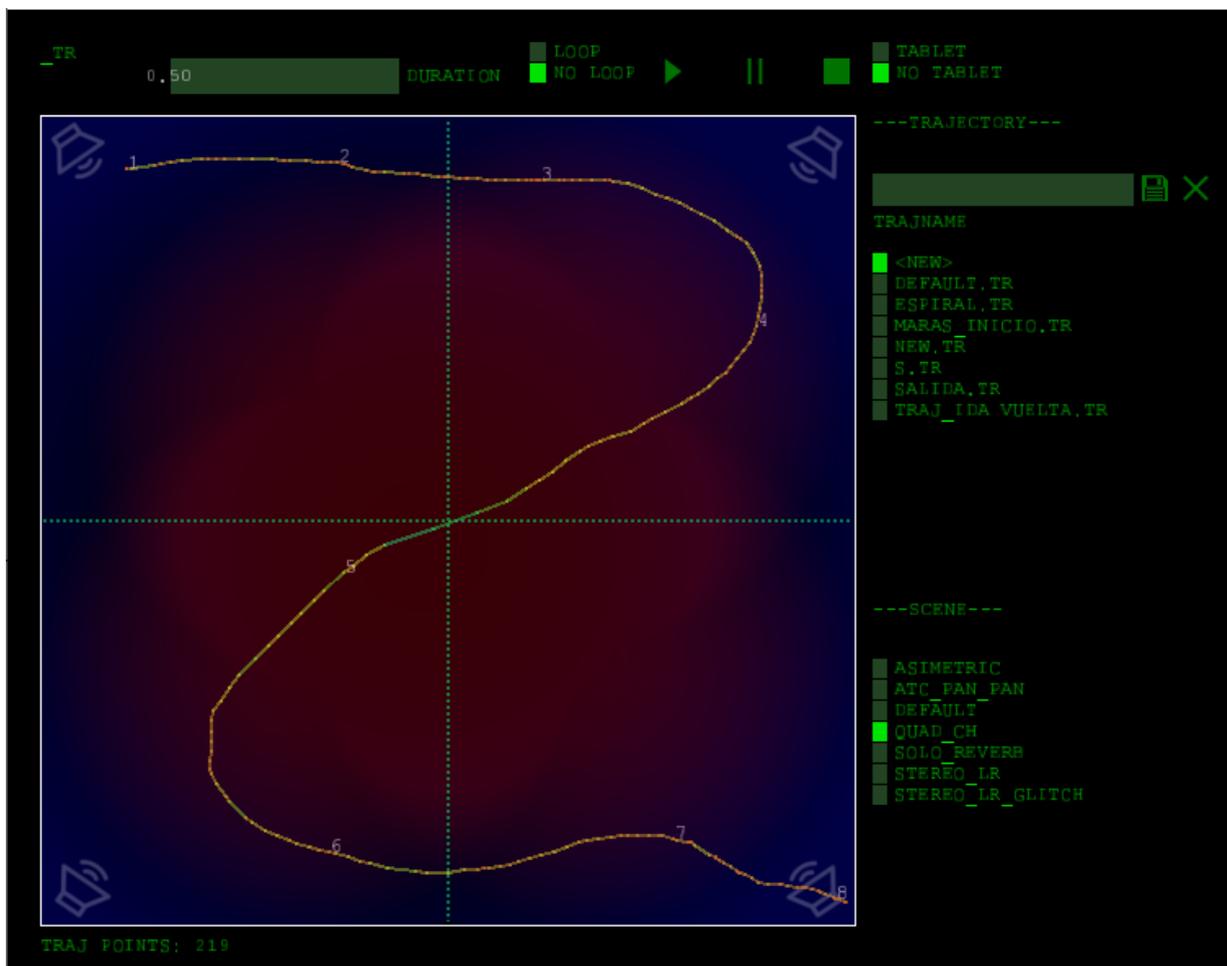


Fig. 3.8. Captura de pantalla del prototipo de _TR

PROCESAMIENTO ESPACIAL

Como se ha comentado previamente, la idea para este estadio inicial es proveer una serie de *objects* de *Purr Data* que se interconectan para interpretar las instrucciones que envía *_TR* utilizando el protocolo de red OSC¹².

¹² OSC (Open Sound Control) es una forma de codificar mensajes enviados a través de protocolos de red muy usada para interconectar software y hardware de sonido entre sí.

Estos objetos están organizados en módulos según la función que cumplen como se muestra en la siguiente tabla:

MÓDULO	FUNCIÓN	<i>PATCHES</i> PRINCIPALES
Controladores (controllers)	Comunicación con la interfaz de <i>_TR</i> . Recibe y envía datos mediante OSC. Disparar eventos	simple_OSC, simple_OSC_quad, sequencer16, simple_OSC_send
Generadores (generators)	Control sobre la entrada de sonido (fuente sonora). Generación vía síntesis.	soundfile~, additive~, fm_phase~
Espacios (spaces)	Ruteo hacia la configuración de parlantes de la escena (estéreo, cuadrafonía, etc)	stereo_lr_2~, quad~
Mezcladores (mixers)	Ajuste fino sobre la mezcla entre reverberación y sonido directo	stereo_lr_rev~, quad_rev~
Procesadores (processors)	Filtros, reverberaciones y efectos	rev~, rev_del_fbk~, rev_conv~, fil_bp~, pitch_shift~
Miscelaneas (misc)	Realizar pruebas de funcionamiento	test_quad~ , test_OSC

Tabla 3.2. Módulos Purr Data disponibles en *_TR*

Esto permite no recaer en un único modo de trabajar el procesamiento espacial del audio, dado que los mismos módulos podrían ser replicados en otros sistemas.

Un ejemplo de conexión entre *patches* es el de la figura 3.9, el cual sigue un esquema que utiliza un archivo de sonido como fuente sonora (*input*), un

controlador que recibe los mensajes OSC de la interfaz de *_TR*, un objeto de espacio que procesa el audio multicanal de acuerdo a los valores recibidos por OSC, la reverberación que actúa en paralelo y de forma similar al *patch* de espacio. Estos últimos dos componentes se juntan en el *mixer* que envía la mezcla resultante a las salidas de audio.

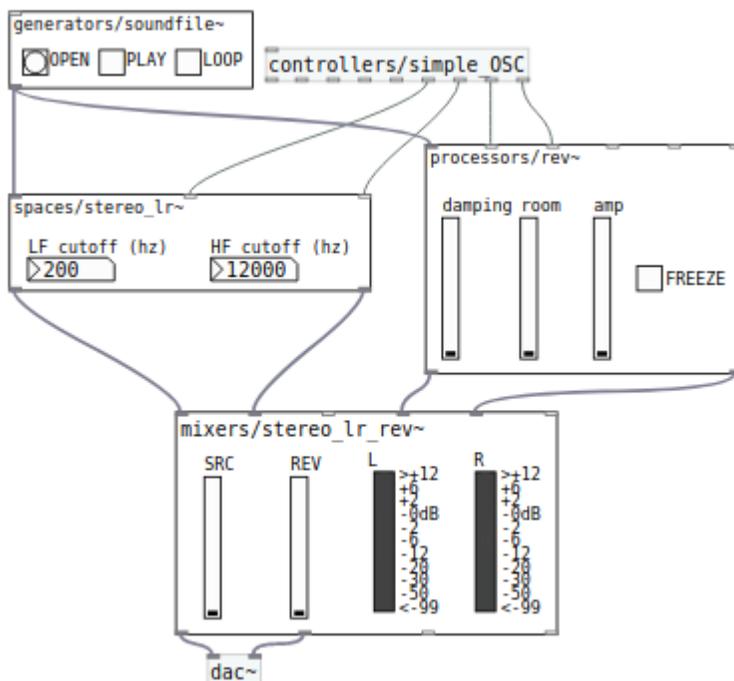


Fig. 3.9. Esquema para especialización estéreo en *Purr Data*.

Esta organización modular permite también expandir el esquema básico y pensar otras cadenas de *patches* posibles, por ejemplo, como muestra la figura 3.10, se puede procesar la señal de entrada con un filtro pero enviar la señal original al módulo de reverberación. A su vez, el ejemplo utiliza los valores *x*, *y* de las coordenadas de la trayectoria que se obtienen del *object* *simple_osc~* para ajustar los parámetros de un filtro pasabanda con el fin de aprovecharlos expresivamente. Esto convierte a la interfaz de dibujo no solo

en medio para definir rutas espaciales de los sonidos sino también en un medio de control sobre el timbre. Esta idea es el germen de lo que se conoce como *síntesis espacial*, que podemos definirla como un modo entrelazado de procesamiento espacial con otras transformaciones sobre la señal de audio.

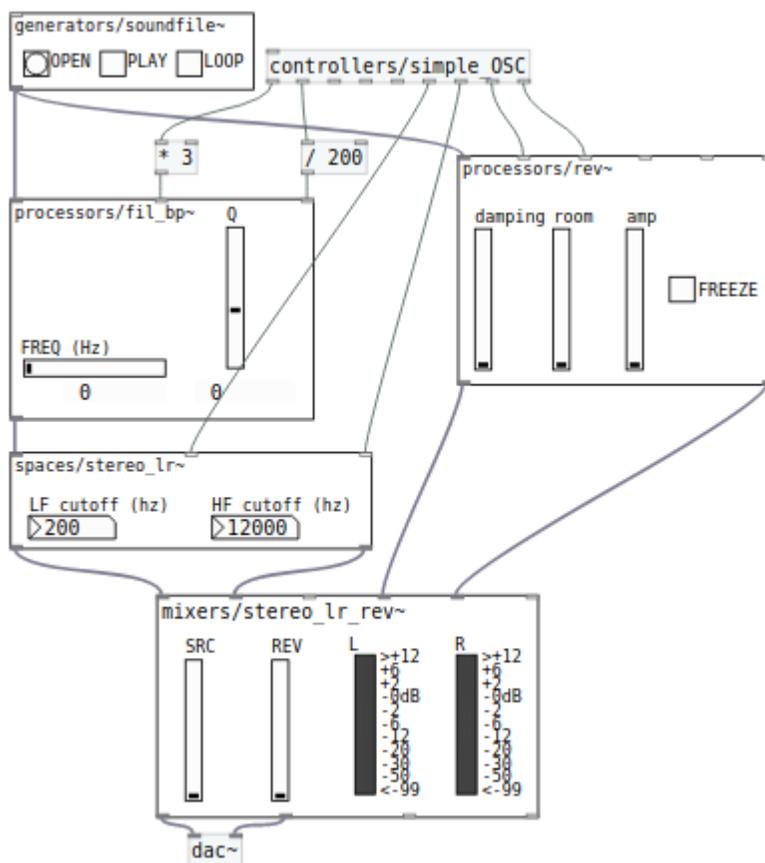


Fig. 3.10. Otra configuración posible para el procesamiento espacial procesando la fuente sonora.

En resumen, se puede pensar en un esquema base sobre el cual trabajar el procesamiento espacial de la señal de audio de la siguiente manera:

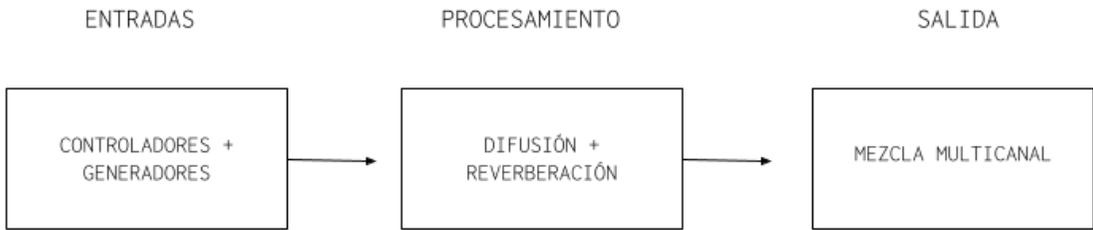


Fig. 3.11. Esquema básico para el procesamiento espacial.

Pero la riqueza está en poder cambiar este flujo y pensar alternativas como la del ejemplo anterior. Podrían idearse, a su vez, infinidad de variantes que nos sean útiles en un sentido creativo para ampliar las posibilidades sonoras de espacio y llevar más allá de la mera simulación la idea del desplazamiento de los sonidos y así, expandir las posibilidades expresivas.

4

RELEVAMIENTO DE APLICACIONES Y SISTEMAS EXISTENTES

Me interesa presentar ahora un breve recorrido por algunos de los sistemas de manejo espacial existentes de los cuales rescato algunas ideas interesantes que pueden guiar, de cara al futuro, posibles funcionalidades de _TR.

La premisa de los diversos software de espacialización guiados por interfaces de usuario es ofrecer un elemento visual que represente la ubicación de una o varias fuentes sonoras. Un modelo común es aquel basado en la localización dentro de un espacio virtual. Se ejemplifica en la siguiente figura:

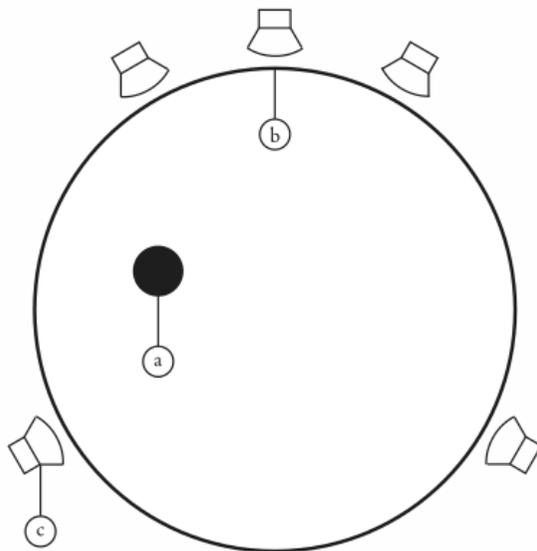


Figura 4.1 (Penha R., 2014) Modelo visual de localización basado en la posición de la fuente sonora. a) fuente sonora, b) límite virtual de la espacialización. c) parlante

Programas como *Spatium*¹³ o *SoundScape Renderer*¹⁴ se basan en este modelo esencialmente. La ventaja principal para el usuario es obtener fácilmente una idea global de la imagen acústica que se conforma en la escena musical. Es un paradigma aplicado no solamente en los sistemas orientados a múltiples parlantes sino que también es muy común en las aplicaciones de procesamiento binaural (para auriculares).

La desventaja de este tipo de visualización es que no es muy intuitiva por sí sola en cuanto a posibles gestualidades temporales. Tampoco lo es en el caso de múltiples fuentes, el control a través de periféricos puntuales como el mouse, sino más bien lo apropiado sería una superficie *multi touch* la cual permite distribuir varias fuentes a la vez. *SoundScape Renderer* está apostando a este tipo de interacción con el desarrollo de una aplicación móvil para controlar en tiempo real la ubicación virtual de los sonidos.

Este tipo de interfaz está en general centrada en la distribución de los sonidos y no contempla o deja de lado la cuestión de interés para mi investigación, el desplazamiento de las fuentes sonoras. Pero sería interesante pensar en adaptar este modo de control a *_TR*, para que permita controlar en tiempo real la ubicación de una fuente sonora y sacar provecho de la procesamiento espacial a través de los mapas de difusión.

Otro enfoque sí guiado por la idea de trayectorias sonoras lo podemos ver en algunas aplicaciones como *HoloEdit*¹⁵ de gran aceptación entre compositores de música electroacústica o también en *OM-spat*, que es una extensión

13 <https://ruipenha.pt/spatium/>

14 <http://spatialaudio.net/ssr/>

15 <https://gmem.org/recherche/download-holophon/>

del entorno de composición asistida *Open Music*¹⁶. Lo interesante de estos proyectos es que se centran en el desplazamiento de los objetos sonoros y tienen varias funcionalidades para generar diversos tipos de trayectorias. Sin embargo no están pensados para trabajar en tiempo real sino más bien que funcionan como asistentes de composición o como herramientas de producción musical.

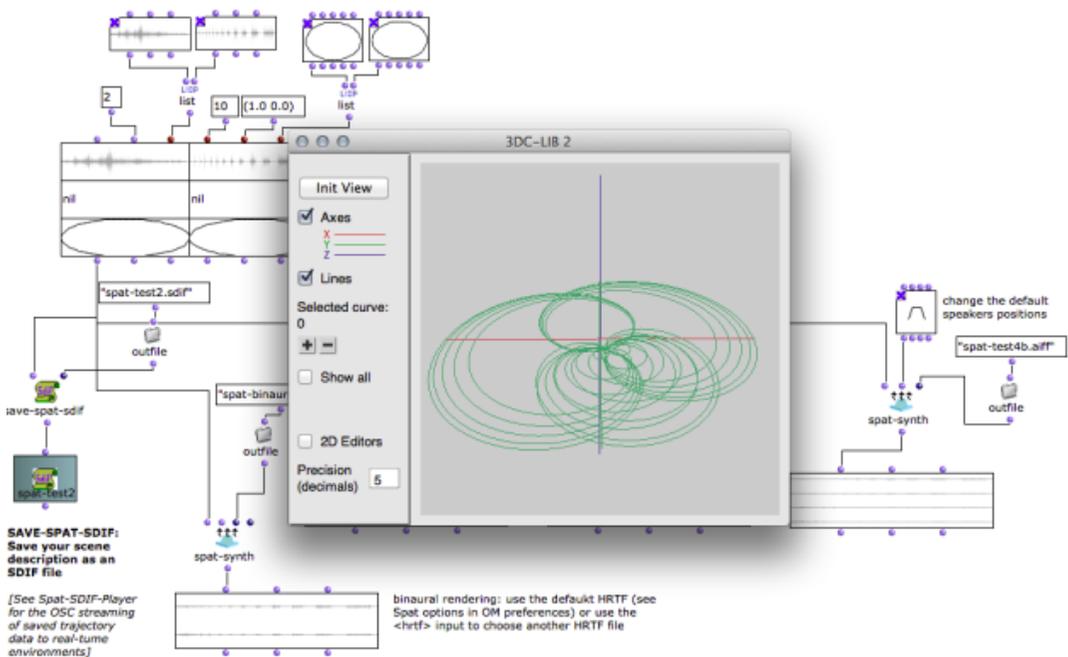


Fig 4.2 Interfaz de *Open Music* utilizando la extensión *OM-Spat* para generar una trayectoria basada en patrones geométricos generativos.

Open Music es un proyecto libre iniciado por Jean Bresson y Marlon Schumacher que ofrece un sistema de programación basado en bloques, al estilo de *Pure Data* o *Max/Msp*, pero permite editar y crear nuevos bloques usan-

16 <https://openmusic-project.github.io/openmusic/download.html>

do el lenguaje de programación LISP. Existen algunas extensiones para este entorno como *OM-Spat*, *OM-Chroma* y *OM-Prisma* que aportan algunas ideas importantes a mi tema de estudio. *OM-Chroma* se utiliza como capa de abstracción de *orchestras* (instrumentos) de *Csound*¹⁷ cuyo rol es generar sonidos. Mientras que *OM-Prisma* actúa como matriz de espacialización de esas *orchestras*. El concepto fundamental que se desprende de esas aplicaciones es el de “*síntesis espacial*” (Bresson y Schumacher 2010). Este término significa pensar el procesamiento espacial más allá del renderizado espacial (balance de amplitud entre los canales de audio) y pensar los algoritmos de síntesis sonora en el dominio espacial. *OM-Prisma* lo lleva a cabo en combinación con *OM-Chroma* y de esa forma es posible por ejemplo asociar parámetros de un sintetizador - como puede ser la velocidad de un LFO¹⁸ - para que responda a la posición dentro de una trayectoria en tiempo de ejecución. O inversamente asociar parámetros, como por ejemplo las coordenadas y la velocidad de un punto en la trayectoria, e interpretarlos no solamente como atributos espaciales, sino que también tomen parte en la generación del sonido. Esto es lo que se describe en la sección anterior (fig 3.10) donde se utilizan los datos numéricos de las trayectorias como modo de control de los parámetros del sonido.

17 Lenguaje de programación para aplicaciones musicales.
<https://csound.com/>

18 Low Frequency Oscillator (oscilador de baja frecuencia) es un componente utilizado en síntesis y procesamiento de sonido que permite modificar periódicamente un parámetro sonoro. Por ejemplo, los efectos de trémolo y vibrato se logran con un LFO.

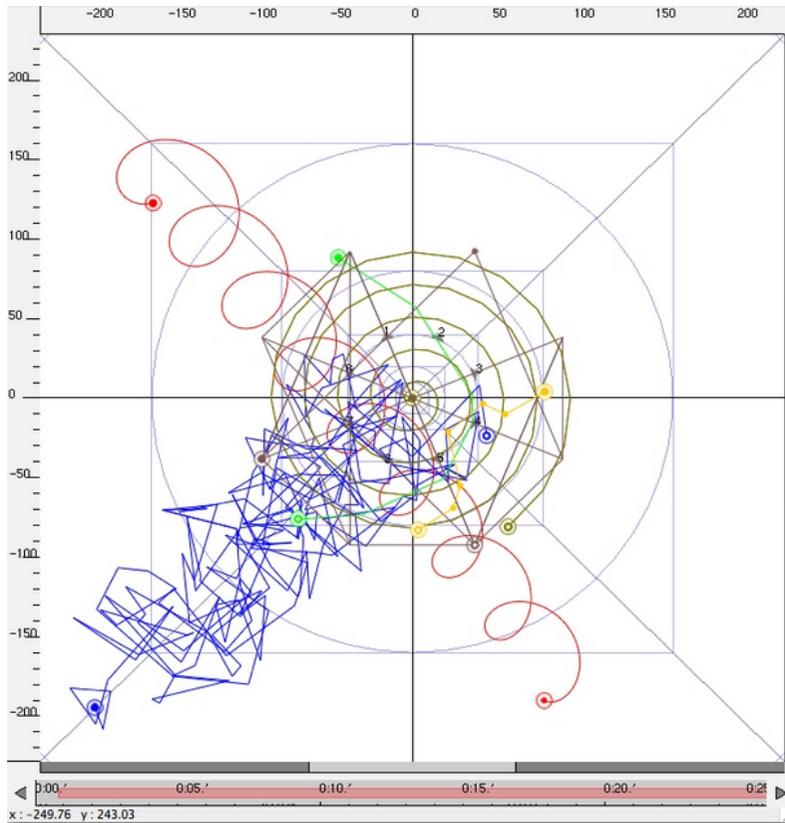


Fig 4.3 interfaz de edición de trayectoria de *HoloEdit* (Room interface)

Existen también, algunas soluciones en software comerciales más sofisticados y de funcionalidad completa como *ZKM Zirkonium*¹⁹ o *Spat~*²⁰ creado por el IRCAM²¹. Ambos casos son desarrollados para entornos de alto rendimiento con múltiples funcionalidades de procesamiento y edición, pensados para operar en performances con grandes cantidades de parlantes y varias fuentes sonoras en simultáneo.

19 <https://zkm.de/en/about-the-zkm/organization/hertz-lab/software-development>

20 <https://forum.ircam.fr/projects/detail/spat/>

21 <https://www.ircam.fr/>

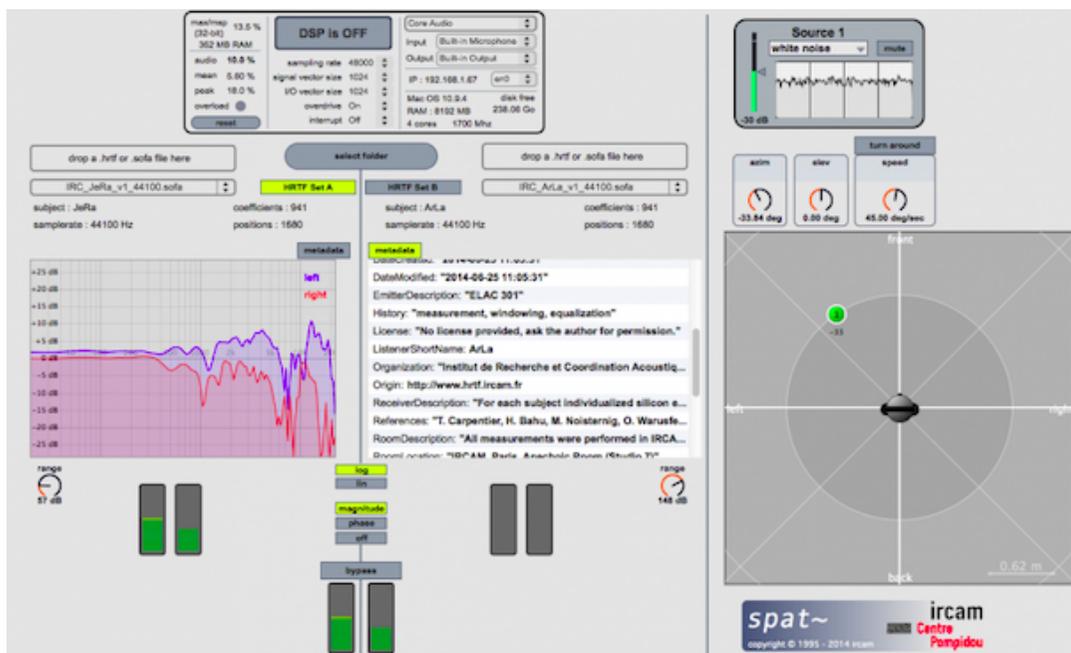


Fig. 4.4 captura de pantalla de la interfaz de Spat~

Parte de su complejidad se debe a que ofrecen diversas opciones de vistas y permiten manipular y procesar varios canales en tiempo real. También tienen la opción de diseñar y aplicar distintos tipos de sistemas de espacialización.

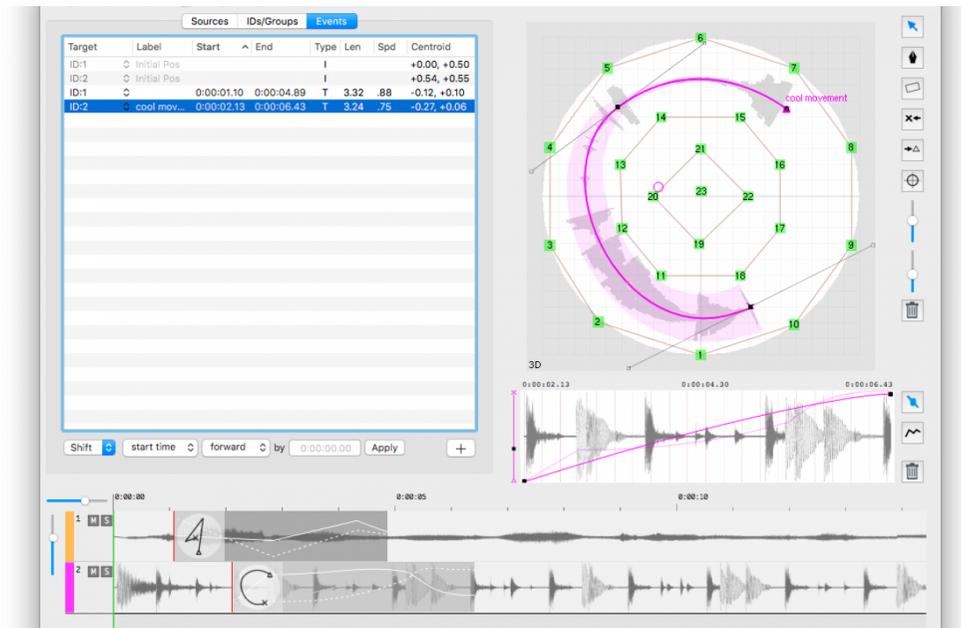


Fig. 4.5 captura de pantalla de la interfaz de ZKM Zirkonium

Una idea con mucho potencial que se encuentra en una de las vistas de Zirkonium es la de entremezclar la interfaz de creación de trayectorias con funcionalidades propias de un programa secuenciador multipista, lo que permite vincular directamente trayectoria a un archivo de audio y además combinar fragmentos de sonidos en distintas pistas permitiendo sincronizar de manera sencilla distintos gestos espaciales.

Como último caso me interesa mencionar al sistema 4DSOUND²² que define su modelo bajo la premisa de un "continuo espacial ilimitado". Es un producto iniciado por el centro de investigación *Spatial Sound Institute* con sede en Budapest, Hungría. Su idea central consiste en generar movimientos espaciales a través del modelado de las propiedades físicas del sonido para re-

22 https://spatialsoundinstitute.com/P_A-New-Approach-to-Spatial-Sound-Reproduction-Synthesis

construir los aspectos de la escucha cotidiana. En este entorno el espacio está trabajado desde un concepto tridimensional en el cual las fuentes sonoras son pensadas como objetos que tienen volumen, masa y densidad, que están en relación con los demás objetos de la escena virtual y en relación con el ambiente virtual.

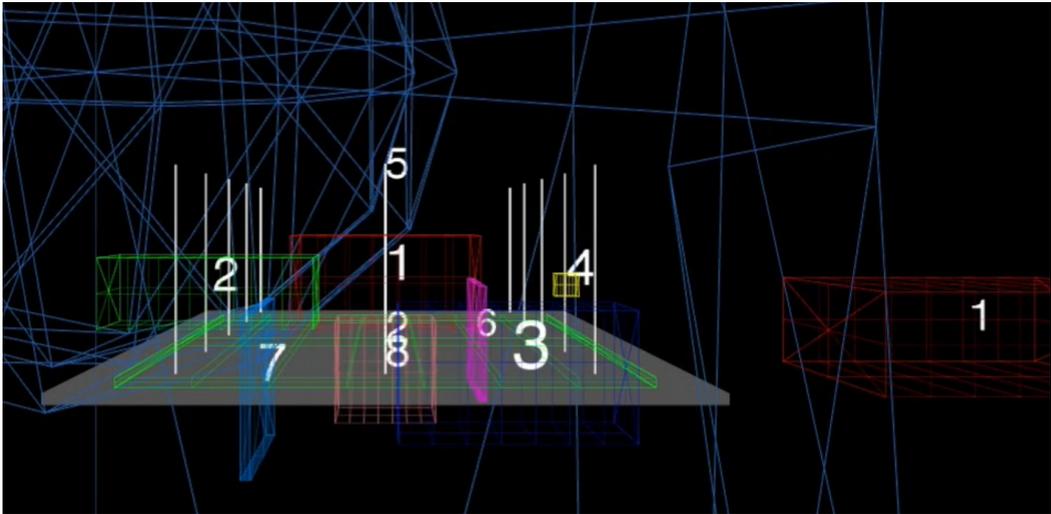


Fig. 4.6. Módulo de animación de 4DSOUND

4DSOUND es un sistema compuesto por varios módulos de procesamiento e interfaces, desde un entorno de animación para construir y controlar las escenas visualmente, una interfaz para dibujar trayectorias, un motor de espacialización encargado de distribuir el paneo de los objetos sonoros en un espacio de parlantes multicanal, entre varias otras cosas.

5

PENSAR EL ESPACIO // ENSAYOS

El tratamiento del espacio en experiencias estéticas sonoras/musicales tiene su base en nuestra percepción del sonido, la cual le otorga diversas cualidades espaciales. A través de la escucha es posible reconstruir una suerte de mapa interno en nuestra imaginación que da cuenta de la ubicación y el movimiento de fuentes sonoras, aun cuando éstas no provengan de objetos reconocibles. También es posible capturar materialidades y texturas de los distintos eventos sonoros. A este detalle de la percepción auditiva se suman detalles cualitativos acústicos del sitio donde los eventos sonoros se desarrollan.

Ya sea que se trate de sonidos del entorno que nos rodea o de reproducciones a través de parlantes, siempre es posible a nivel perceptivo capturar una idea de espacio. Esta idea de espacio puede tener distintas atribuciones. Gascia Ouzonian identifica distintas relaciones entre sonido y espacio que se dan en el arte contemporáneo, donde distingue diversas propuestas estéticas que interpretan el concepto de espacio en términos físicos, sensoriales, geográficos, sociales y políticos (Ouzonian 2020, Capítulo 6).

A estas categorías se les puede agregar un “espacio psicoacústico” que abarque más bien una concepción de espacio sonoro como pensamiento, como algo imaginado, siendo un concepto intermedio entre las ideas de es-

espacio físico, que describe lo que ocurre con los eventos sonoros en la escena acústica, y el espacio en términos sensoriales que abarca lo que los sentidos captan de este espacio físico. La idea de espacio psicoacústico corresponde a lo que se interpreta sobre lo que se escucha, pero en un sentido expandido, incluyendo otras espacialidades posibles que surjan, por ejemplo, desde un lugar imaginario. Me interesa pensar estas definiciones de espacio siempre como potenciales en el sentido en que pueden convivir o entrar en tensión.

<p>Físico</p> <p>Sensorial</p> <p>Psicoacústico</p>	<p>Geográfico</p> <p>Social</p> <p>Político</p>
---	---

Tabla 5.1 - Diferentes nociones de *espacio*.

El primer grupo de la tabla 5.1 interpela a “lo que está sonando”, mientras que la cuestión del sentido o el valor simbólico recae en los segundos. Dentro de estas concepciones de espacio es posible pensar distintas estrategias en las cuales el sonido transita o habita y llegar a una definición más precisa del concepto de espacialidad.

La relación espacio-sonido puede entenderse también internamente a través de la interpretación de los fenómenos acústicos y psicoacústicos que integran una pieza sonora. Existe en este campo de investigación una suerte de falta de consenso sobre el significado preciso de los términos comúnmente utilizados para describir las ideas, lo que se debe en gran parte a esta pluralidad de concepciones del término *espacio*. De todas maneras, precisamos de un vocabulario básico que permita describir la naturaleza de las gestuali-

dades espaciales. Un buen punto de partida es recurrir a los atributos dimensionales y a los inmersivos propios del sonido. Algo de esta terminología ya fue comentada al hablar de modelos de espacio.

Atributos Dimensionales	Atributos Inmersivos
Ancho Profundidad Altura Distancia Dirección	Envolvimiento <i>Engulfment</i> ²³ Presencia Claridad espacial

23 La traducción directa al español (“engullimiento”) tal vez no es tan clara. El concepto de *engulfment* representa la experiencia del sonido envolvente que proviene por encima de la audiencia.

Tabla 5.2. Atributos espaciales del sonido (James y Hope, 2013)²⁴

La dimensionalidad expresa propiedades de las fuentes sonoras que nos permiten ubicarlas en un espacio físico o psicoacústico, mientras que la cuestión inmersiva expresa más bien cualidades del ambiente o del ámbito de escucha.

Sin embargo, me parece interesante complementar las definiciones de estos atributos con otros planteados por el equipo del GETEME (Merlier 2008), que proponen identificar los distintos procedimientos espaciales elementales que están presentes en una escena espacial sonora. Se trate de una situación acústica o de reproducción con parlantes, encontramos los siguientes tipos: sonidos puntuales, el *demixage* o yuxtaposición de sonidos puntuales, el plano sonoro y la inmersión sonora.

La idea de *punto* se refiere a aquellos sonidos de los cuales es posible identificar el lugar de procedencia (atributos dimensionales) con acertada precisión. El *demixage* es más bien un comportamiento de los sonidos puntuales cuando se superponen, pero no logran fusionarse. Cuando el sonido crea la sensación de textura se habla de *plano sonoro*, el cual presenta sonoridades que ocupan una franja del espacio. La inmersión sonora está asociada con las ideas de envolvimiento y *engulfment*.

Con estos conceptos en mente nos acercamos más a comprender el alcance de la espacialidad aplicada a la música y a poder empezar a definir con

24 (James S. y Hope, 2013) citan estas definiciones aportadas por (Kendall, G. 2008)

mayor precisión qué significa un gesto espacial en términos musicales o bien qué es una idea musical desde el punto de vista de la espacialidad.

En principio, para describir o diseñar un concepto de espacio hay primero que separar de una pieza sonora/musical las distintas capas que la componen y discernir los elementos que la integran para comprender su función y su evolución temporal. Por ejemplo, en *Post-excavation activities* (Maraš, 2020)²⁵, de Svetlana Maraš, se escucha a nivel macro formal una propuesta de espacio que parte desde el concepto de “emergencia”, entendiendo la palabra “emergencia”, desde un punto de vista arqueológico, como aquello que sale (o vuelve) a la luz, aquello rescatado de la memoria colectiva. El trabajo “... se basa en un escenario ficticio de restauración de grabaciones musicales antiguas, perdidas y encontradas. Es una contemplación personal de lo que podría ser esta tecnología imaginaria de reproducción de sonido, y además, cuáles son las especificidades musicales de un medio que consideramos antiguo (y tal vez incluso olvidado) en general”. (Maraš, 2020)

En particular me interesa analizar la pista *Episode 1*, en la cual se condensan muchos elementos cercanamente relacionados con las ideas de mi investigación. Hay un desarrollo gestual simple y efectivo hecho a partir de la trayectoria de un sonido en el registro medio (alrededor de los 500 Hz) que coexiste con una propuesta de ambiente habitado por distintas texturas que dan como resultado un espacio virtual muy amplio en términos psicoacústicos.

25 <https://svetlanamaras.bandcamp.com/album/post-excavation-activities>

En el transcurso de los primeros segundos entran en juego una gran cantidad de elementos, varios grupos de planos sonoros que principalmente se ubican en un espacio secundario. Analizando el espectro de la figura 5.1 se puede apreciar que estas texturas ocupan mayormente el rango que va desde el violeta hasta el cian, tanto a lo largo del tiempo como en el rango de frecuencia (rango vertical). Este grupo de texturas es de naturaleza variada y dinámica; por ejemplo, se percibe constantemente un fluctuante ruido rosa filtrado con abundante reverberación que por momentos se asemeja al siseo del viento. Hay también otra textura muy sutil en el plano lejano que se asemeja a una bandada de insectos (o murciélagos) que por momentos hace su incursión al campo cercano.

Simultáneamente, existe un constante grupo de pequeños impulsos aleatorios que se suceden en un amplio rango del registro de frecuencias. Estos impulsos tienen cierta similitud con la tesitura del ruido de la púa recorriendo el surco de un disco por momentos, pero también cierta reminiscencia al sonido de rocas desprendiéndose de una montaña. Este grupo de sonidos no compone una textura unificada, más bien se puede interpretar como un *demixage*, en el sentido de que estos pequeños impulsos tienen una ubicación muy precisa, tanto en su dirección como en su profundidad, pero por su comportamiento pueden ser entendidos como una unidad y no como sonidos puntuales.

Hay otros elementos que se destacan por sus diferentes grados de presencia en el registro grave. Desde el comienzo hay un pulso que aparece en intervalos regulares y solo se desvanece en un momento medio y al final. Por

su limitado rango en el espectro, está siempre presente, pero sin una distancia clara. Las vibraciones de baja frecuencia suelen asociarse a objetos cercanos, pero carecemos de pistas psicoacústicas para afirmarlo en este caso²⁶. También a los 47'' hace su aparición unas veces un sonido breve de cualidad rugosa o granulada que realiza un *glissando* descendente, siempre ubicado más sobre el panorama izquierdo, y posee un espectro armónico rico junto con una cualidad tímbrica especial muy diferente del pulso grave, lo que lo ubica espacialmente en un plano cercano.

Estas son solo algunas de las sonoridades presentes y constantes en toda la pista, que componen una idea de espacialidad o, mejor dicho, marcan un 'modo de ser' de este espacio, definen su topografía.

26 La percepción de este pulso varía notoriamente de acuerdo al dispositivo de escucha.

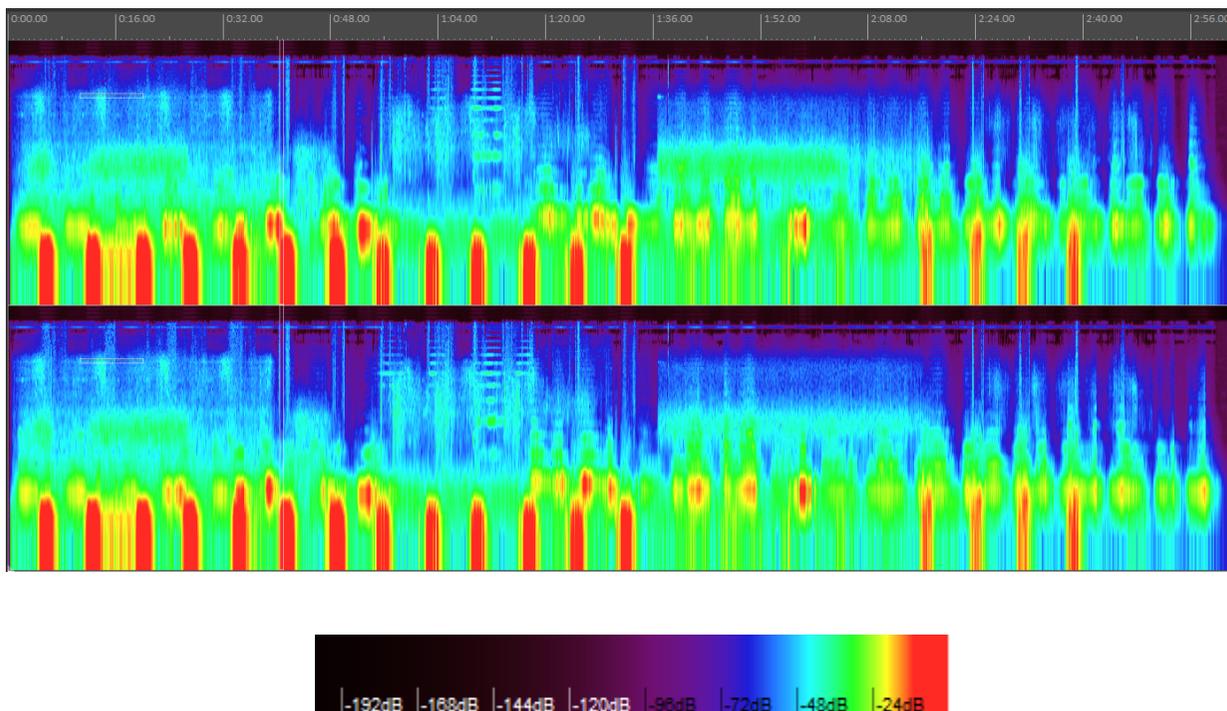


Fig. 5.1. Espectrograma de Episode I. Arriba canal izquierdo, de-bajo canal derecho.

Así, lo descrito hasta ahora es la escena base con la que nos encontramos en *Episode I*, la cual sirve de marco para el despliegue de una idea de movimiento espacial. El gráfico del espectro nos permite identificar claramente el motivo principal como el trazado intermitente (amarillo y rojo) que se traslada por el rango de los 500hz-600hz. Al mismo tiempo, hay un breve motivo secundario que se hace presente cuando la idea principal desaparece. Esto ocurre desde el tramo que va desde los 50'' hasta 1' 20'', donde el gesto principal le da lugar y realiza, de manera menos energética, movimientos que siguen una trayectoria, pero utiliza una materialidad muy distinta, una masa disonante en un registro más alto.

De todos modos, me interesa concentrarme en la evolución de este sonido principal que podemos definir cualitativamente como un sonido resonante, proveniente de un sonido complejo filtrado, con una frecuencia tónica reconocible, aunque lo acompaña, por lo general, una componente no armónica de bastante menor intensidad que se percibe separada. Hay aquí dos cuestiones importantes a señalar, dos clases de movimientos que cooperan definiendo la idea de gestualidad espacial a la largo de la pista: el desplazamiento lateral y lo que podemos definir como “movimiento interno”.

La primera vez que este tono aparece lo hace manteniendo una altura constante y realizando un suave desplazamiento lateral. En las sucesivas repeticiones comienzan a aplicarse distintas variaciones, cada vez con más intensidad en la altura, el desplazamiento y el timbre. Estas variaciones se pueden pensar como gestos espaciales que podrían replicarse en $_{TR}$, como se muestra en la imagen 5.2. Para el motivo del comienzo, se podría trazar un pequeño círculo que se acerque a la zona del sonido directo (fondo tendiendo al rojo) y lentamente cruzar longitudinalmente el espacio del mapa de $_{TR}$ para volver al punto de origen con una sonoridad que sea percibida más distante (figura 5.2 a). En las siguientes repeticiones de este motivo, esta circularidad se va transformando hacia los 38'' a ser algo parecido al trazo de la figura 5.2 b), en el cual el espacio del movimiento cubre una extensión mayor, pero donde también entra en juego una variación de velocidad.

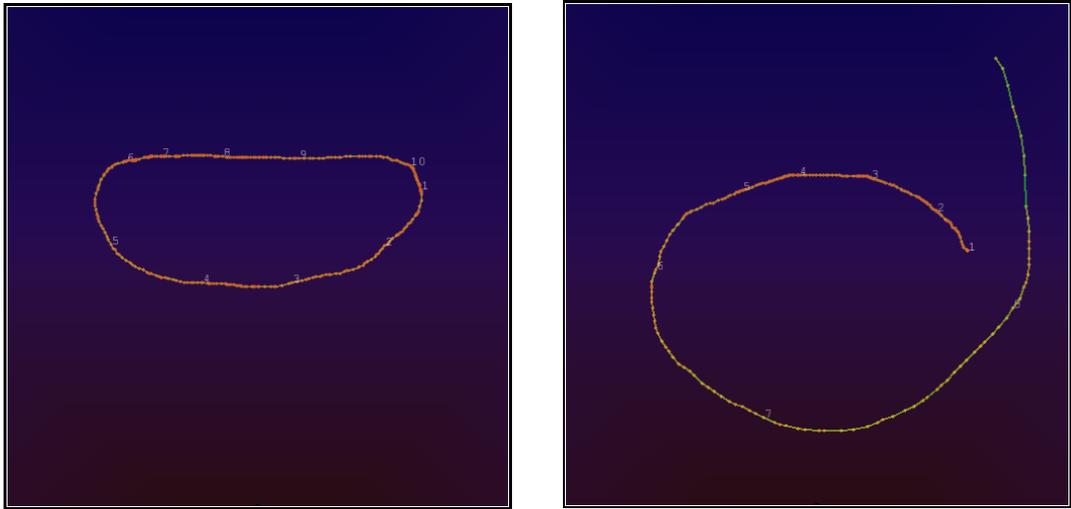


Fig. 5.2. Dos grados de movimiento espacial utilizando un modo de difusión estéreo. a) Motivo inicial b) Motivo a los 38''

Es interesante que a pesar de estar desplazándose el sonido en un espacio físico estéreo, el espacio psicoacústico lo podemos pensar ampliando la dimensionalidad al incorporar pistas de escucha sobre la distancia de la fuente sonora, como el filtrado de frecuencias, atenuación de amplitud e incremento del campo reverberado. Por tanto, es posible pensar en movimientos circulares aun sin utilizar un sistema de parlantes envolvente.

La otra forma de movimiento no está asociada tanto al balance panorámico ni a la distancia, sino a transformaciones tímbricas o de otros factores. Podemos llamarla “movimiento interno”, y suele ser muy efectiva al combinarse con el desplazamiento lateral, puesto que las modificaciones espectrales y dinámicas de la envolvente aportan varias pistas auditivas sobre la localización de un sonido a nuestra percepción. En *Episode 1*, por ejemplo, si observamos con detalle el espectro (figura 5.3), vemos que en varios momentos de la pista se puede ver cómo cambia el balance entre canal izquierdo y de-

recho (desplazamiento) al tiempo que la continuidad del sonido se va perdiendo al aplicarse una modulación en la amplitud.

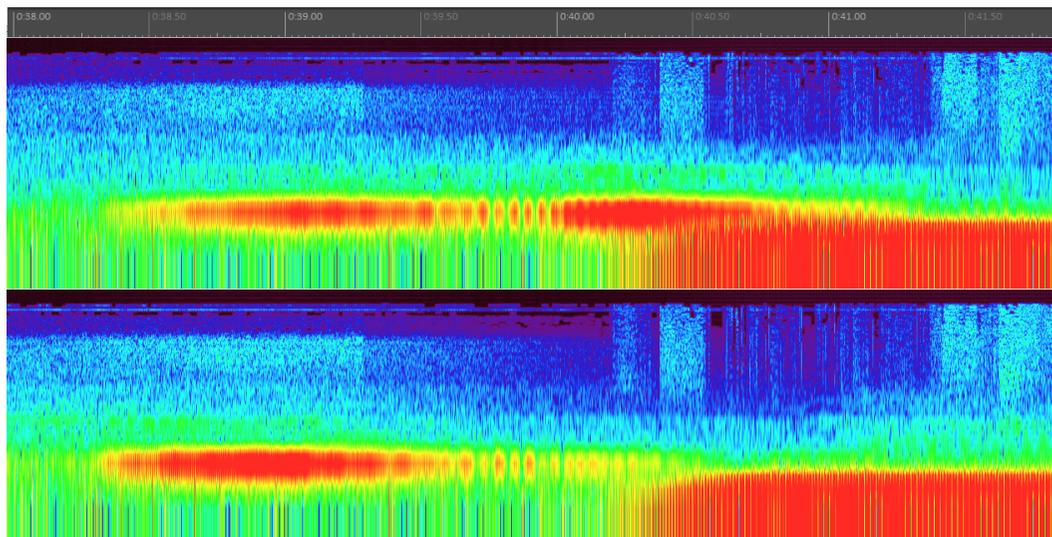


Fig. 5.3 Desplazamiento en la panorámica estéreo y movimiento interno simultáneo.

Con estas referencias presentes, podemos pensar entonces el concepto de gesto espacial en varios niveles. En primer término, está el gesto a nivel general, es decir, comprender la propuesta de espacio que rige globalmente en una pieza sonora. Esta idea de la “emergencia” de *Post-excavation activities*, por ejemplo, se materializa en un ambiente percibido como amplio, con tiempos de reverberación largos; hay una suerte de adentro y afuera marcado tanto por esto último, como también por la atenuación de ciertas frecuencias. El gesto pensado desde la macroforma constituye, entonces, un marco dentro del cual los sonidos transitan el espacio de la obra musical/sonora.

Podemos también pensar el gesto desde los eventos puntuales y desde el vínculo entre los eventos sonoros. Por ejemplo, se pueden nombrar algunas de las ideas ya descritas sobre *Episode I*: Un pulso regular de frecuencias bajas sin espacialidad definida, pero constante y regular en toda la pista; pequeños impulsos muy puntuales expandidos por todo el ancho del estereo, pero que no llegan a fusionarse y no se convierten en una textura; sonido rugoso que varía su altura, pero no su ubicación; sonidos que desarrollan patrones “circulares”. Todas son ideas, son gestos musicales, que describen una estructura, un patrón que podría ser trasladado y aplicado en otro contexto, en otro universo sonoro.

Las ideas se materializan en gestos sonoros, tienen un principio y un fin. Las trayectorias sonoras son una forma particular de trabajar el campo expresivo de las ideas musicales, una forma que pone en evidencia un marco espacial existente. Como gesto, no representan un absoluto en el sentido de que una misma idea de trayectoria sonora puede tener distintos resultados, dependiendo en parte de las características y materialidad del sonido, tanto como del modelo de difusión y cuestiones vinculadas a la relatividad de la escucha.

Es similar a lo que ocurre en la música instrumental. Una misma melodía puede tener infinitos resultados a nivel sonoro según como se interprete, según el timbre, determinado por el instrumento que se utiliza, o la velocidad de ejecución o el registro en el cual se toca, solo por nombrar algunas posibilidades. Sin embargo, esa melodía constituye una idea, un punto de referencia que puede ser materializado en las más diversas sonoridades.

Me interesa presentar a continuación algunas ideas de gestualidades espaciales que elaboré utilizando *_TR* y que me ayudaron a definir la concepción del modelo espacial que elegí implementar . Comprenden una serie de bocetos, a modo de ensayos sonoros, de algunos de los conceptos espaciales sobre los que he estado trabajando.

ENSAYO I: *CIRCULARIDAD - FRENTE - FONDO - PANORÁMICA*²⁷

Intentando seguir un método para descubrir gestualidades espaciales, partí de trayectorias simples, de los patrones espaciales más esenciales, para luego expandir la propuesta a movimientos más complejos de un modo orgánico. Me planteé dos ejercicios acotados pensando en la idea de circularidad, buscando cómo expandir la bidimensionalidad del dibujo de la trayectoria en términos de profundidad y distancia. Las pistas *Continuum* y *Partida I* son ejemplos de esta experimentación, cada cual buscando distintos fines. La primera de estas no es más que una improvisación utilizando un generador de ruido junto con un módulo de síntesis FM en paralelo, que dispara azarosamente tonos en distintas alturas, al tiempo que va jugando con una idea de un pulso constante, aplicando cambios graduales a las envolventes tanto como a las frecuencias de filtrado.

Partida I trabaja con un sonido más complejo, que se corresponde más a una textura o plano sonoro que a un sonido puntual. Lo que hice fue crear distintos dibujos circulares muy similares en cuanto a forma, pero incorporando otros parámetros que *_TR* habilita: la velocidad y la presión. Utilicé un

27 https://soundcloud.com/casajosemus/sets/tr_circularidad_frete_fondo_panoramica

proceso de audio llamado *spectral freezing*, que es una variante de la síntesis granular, que toma un fragmento de unos pocos milisegundos del sonido y lo estira en el tiempo produciendo una continuidad del timbre. El nivel de presión del dibujo regula la aparición del efecto para que al máximo de fuerza aplicada sobre la tableta digitalizadora solo se escuche el *freezing*.

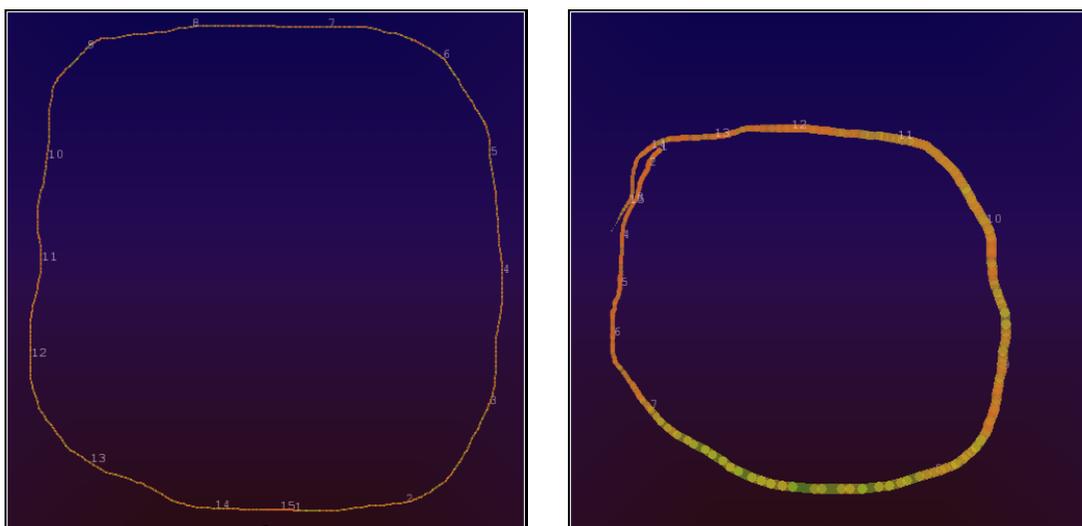


Fig. 5.4 a) trayectoria circular de *Continuum* b) trayectoria circular de *Partida I*. Se utiliza la presión del trazo para regular el *freezing* espectral.

Algo curioso surgió cuando hice que otras personas escucharan estos ensayos. Sobre *Continuum*, la idea de un espacio muy amplio y una cierta sensación de irritabilidad o peligro cuando la trayectoria pasaba por el ilusorio campo cercano estaba muy patente. También, las rápidas variaciones de altura y *portamentos* generaban por momentos una contradicción en la percepción del movimiento circular. Este efecto es interesante y nos abre el camino a múltiples posibilidades sonoras. Lo esperable en el mundo físico es asociar estos repentinos cambios de altura a cuerpos en movimiento (efecto

doppler), pero la velocidad de desplazamiento en este ensayo sonoro es constante, lo que genera cierta fricción con las alturas fluctuantes. De este modo, es interesante pensar este tipo de procedimientos como un modo de trabajar ideas espaciales de tal forma que desafíen los conceptos sensoriales creando un contexto “[...] *en el que puede haber interacciones excepcionalmente complejas entre la audición espacial y otros dominios de percepción y cognición*”. (Kendall 2007)

Con respecto a *Partida I*, la sensación de algunos oyentes fue la de circularidad, pero también de elevación en algunos momentos al acercarse o también al alejarse la trayectoria. La referencia a la fuente sonora original, que viene del registro de avionetas despegando o aterrizando, tiene un impacto en la percepción. Esto está relacionado a lo mencionado en el párrafo anterior y se debe a que lo cultural y lo cognitivo tienen un impacto importante en la escucha, ya que hay objetos sonoros que tienen en nuestro pensamiento una suerte de ubicaciones predefinidas dictadas por la costumbre, entrando en un roce con el movimiento artificial de la trayectoria²⁸.

Partículas I es un breve ensayo más cercano a *Episodio I*, de Svetlana Marš, en el sentido de que hay contexto sonoro con distintos eventos, cada cual con su espacialidad, sobre el cual se desarrolla una idea de trayectoria. Este gesto se materializa en un sonido de rompientes de olas que pronto varía a hacia un sonido de espectro estático que comienza a moverse lateralmente. Lo que experimenté aquí es crear un ambiente que nunca se perciba

28 Hay formas de simular la elevación de los sonidos mediante ciertos filtros, pero solo funcionan bajo ciertas condiciones de escucha muy especiales.

cercano y que la movilidad de este sonido *freezado* esté en cierto modo encerrado, que no tenga demasiada amplitud en el sentido de la profundidad.

ENSAYO II - CAÍDA LIBRE - ESPACIALIDAD HÍBRIDA²⁹

Hay dos obras que sirven como base para describir este pequeño ensayo sonoro: *Arctic Winds*³⁰, de Maggi Payne, y *El Tren Fantasma*³¹, de Chris Watson. Las dos piezas fueron realizadas por artistas que trabajan principalmente con paisajes sonoros (*soundscaapes*) y registros de campo como materia prima. Rescato una parte de la entrevista a Maggi Payne que realiza Tara Rodgers en el libro *Pink Noise: Women on Electronic Music and Sound*:

“En muchas de mis piezas, que utilizan grabaciones de ubicación como base para las obras, tengo cierto control sobre la espacialización en la grabación original que hago: la espacialización es inherente a la grabación en sí. Cuando grabo pequeños motores paso a paso, por ejemplo, coloco los micrófonos cuidadosamente, de modo que, por muy pequeños que sean estos motores, se mejore el campo estéreo. Cuando estas fuentes apenas audibles se reproducen a través de los altavoces, el campo estéreo se exagera en gran medida” (Rodgers, 2010)

En este sentido, registrar sonidos del mundo, aún los más mínimos e imperceptibles, no tiene siempre un fin documental —o de archivo o conservación—, sino que existe una intención de ofrecer nuevas perspectivas de los

29 <https://soundcloud.com/casajosemus/sets/tr-espacialidad-hibrida>

30 <https://aguirrerecords.bandcamp.com/album/arctic-winds>

31 <https://chriswatsonreleases.bandcamp.com/album/el-tren-fantasma>

eventos sonoros, escuchas alternativas de los sonidos que nos rodean cotidianamente.

Aún más, en estas obras que tomé como guía no solo hay un espacio predefinido, sino que el espacio se transforma y se convierte en algo totalmente distinto, alejado de la idea del *soundscape*. En cierto punto hay un quiebre, que puede ser gradual o no, en el que se pasa de estar habitando a nivel psicoacústico en el espacio del registro de campo a estar en un nuevo ambiente *enrarecido* sin referencias asibles. Como entrar repentinamente a un sueño donde, si bien las referencias del mundo permanecen —puedo reconocer los objetos e identificarlos con el lenguaje—, las bases en este ambiente onírico son inestables y cambiantes.

El Tren Fantasma no es una obra que plantee una espacialidad en términos de trayectorias, al menos en el sentido en el que fui utilizando el término en mi trabajo, pero sí está repleta de movimiento. *Arctic Winds*, por el contrario, trabaja muchísimo con trayectorias sonoras creando un espacio realmente amplio. Ambos trabajos generan nuevos espacios a partir de la manipulación del registro de campo en una dinámica que va y vuelve, pasa de lo reconocido a la invención. Por ejemplo, en la pista “El desfiladero”, de esta obra de Chris Watson, se suceden una serie de transformaciones ricas en términos espaciales. Al comienzo, por ejemplo, encontramos el sonido de la locomotora abriendo el paso, haciendo sonar las bocinas para advertir posibles peligros, una toma muy cruda y cercana que es desplazada repentinamente mediante un cambio espectral. Esto ocurre entre los 15” y los 25”, en los que al registro de campo se le aplica un filtro bastante agresivo que va re-

moviendo las frecuencias agudas. Durante ese periodo, se logra un ambiente sonoro con particularidades extrañas, dado que en el registro de frecuencias bajas resultante no llegan a fundirse los canales izquierdo y derecho en una única fuente, con lo que queda una región libre en el punto central, que comienza a ser ocupada por una grabación del andar del tren con ritmo muy marcado pero que posee un grado importante de reverberación que lo mantiene distante.

Me gusta pensar esta forma de espacio desde un concepto de perspectiva híbrida, que mezcla el paisaje sonoro con nuevas posibilidades espaciales generadas por medios electrónicos como una forma de contar la historia de un lugar o bien crear infinitas historias posibles. Creo que esto se debe a que hay algo ineludible en este tipo de obras que tiene que ver con la referencialidad del lugar y el tiempo del registro. En el caso de Chris Watson nos encontramos con paisajes sonoros tomados en uno de los últimos viajes del tren que unía ambas costas oceánicas de México. Maggi Payne parte desde el registro de un lugar inaccesible sacando a la luz paisajes inhóspitos.

Para mi ensayo sonoro *Caída Libre* utilicé registros de campo capturados en viajes, principalmente en avionetas y botes, que realicé en los últimos años. Estas pequeñas piezas están planteadas desde la idea de deriva. Me gusta pensar este espacio sonoro virtual como un lugar en el cual perderse y navegar hasta encontrar un nuevo sitio. Aquí las trayectorias sonoras se mezclan y entran en juego con el sonido registrado en exteriores.

ENSAYO III - OOM - PLANOS Y DISTANCIAS³²

La idea de este ensayo es tomar como materia prima grabaciones de conversaciones de radio entre torres de control y aviones de distintos lugares del mundo. Pensé en utilizar un concepto de espacio que sea algo intermedio entre la cuadrafonía y el estéreo. Puedo nombrar como influencia, en primer lugar, la obra *Spellewauerynsherde*³³, de Akira Rebelais. Este álbum desarrolla una idea que tanto espacial como musicalmente podríamos definir como sencilla, pero que resulta en un entramado tímbrico lleno de sutilezas y con una dimensión espacial dinámica y rica. Los elementos sonoros de la pieza son simplemente voces humanas cantando *a capella*. Los cantos originales fueron procesados por un software desarrollado por el compositor, que hace un re-ordenamiento de las sílabas. La escena espacial comienza a hacerse evidente desde el comienzo. Las voces, si bien un poco apagadas, son el plano más cercano en toda la obra. A medida que el canto comienza a desarrollarse, empieza a hacerse notar el campo reverberado, que por momentos no queda claro si son reflexiones de lo que se está cantando o si son otras canciones lejanas. Lo particular que tiene la pieza es que este campo lejano tiene su propia movilidad, tanto movilidad interna, es decir, variaciones intrínsecas del timbre, como variaciones espaciales, moviéndose en un plano lejano, pero desplazándose entre la izquierda y la derecha continuamente, realizando trayectorias.

32 <https://soundcloud.com/casajosemus/sets/tr-planos-y-distancia>

33 <https://akirarabelais.bandcamp.com/album/spellewauerynsherde>

Me parece interesante dar una vuelta de tuerca a esta idea, a este gesto espacial, y expandirlo a un espacio un tanto más complejo. Así entonces, la idea para *OOM* es utilizar dos pares estéreos independientes: uno que reproduce grabaciones al azar y que es independiente de *_TR*, y otro ubicado a una distancia del par anterior, que principalmente se encargue de los sonidos reverberados y lejanos utilizando diversas trayectorias sonoras. La idea sería presentar un esquema similar al siguiente:

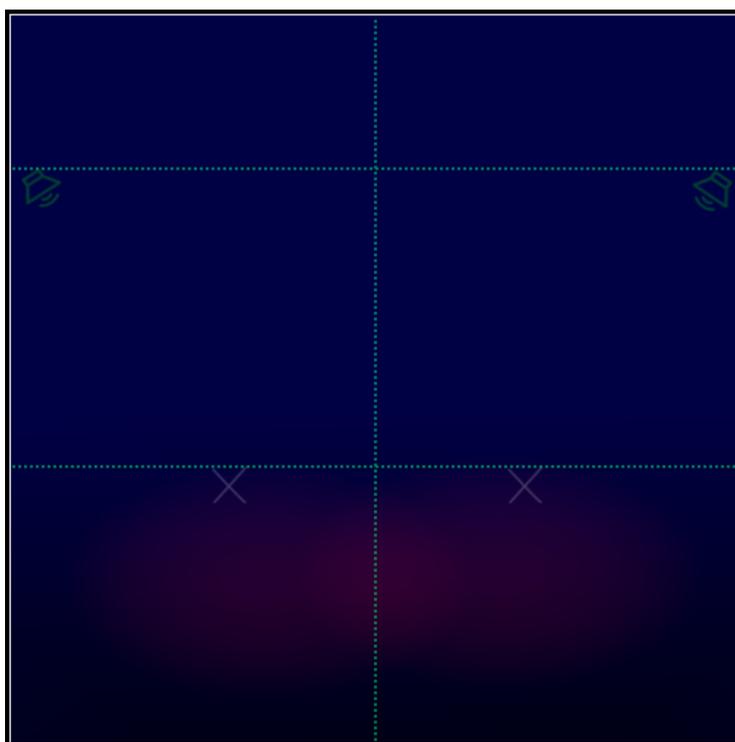


Fig 5.5 Ubicación esquemática de la difusión del espacio y la ubicación de los parlantes en *OOM*.

El par más cercano de parlantes (marcados con X) reproduce las grabaciones de las voces que se alternan de manera irregular entre un parlante y otro, pero sin definir un movimiento pensado como trayectoria. Utilizan una

pista de audio previamente preparada a partir de las grabaciones de radio procesadas, que tienen su cualidad tímbrica particular: un sonido ligeramente distorsionado, por momentos más cercano al ruido, y con poco rango dinámico. Los parlantes ubicados en el fondo, entonces, se harían cargo del sonido reverberado proyectando una propuesta sonora opuesta en cuanto a timbre, utilizando sonidos continuos, más amalgamados y con mayor expansión de la amplitud. La superficie de dibujo en la imagen 5.5 muestra la mayoría del espacio dedicado a la reverberación (fondo azulado) y una pequeña porción donde interviene el sonido directo (tonos rojizos y violetas).

En *Purr Data* solo están trabajadas las “voces lejanas” que luego serán mezcladas con la pista de las voces más crudas provenientes de las comunicaciones de radio. Una forma de lograr variaciones tímbricas para estas “voces lejanas” es utilizar un proceso de convolución para generar el campo reverberado, lo que aporta gran variabilidad tímbrica al desarrollo de estos sonidos distantes.

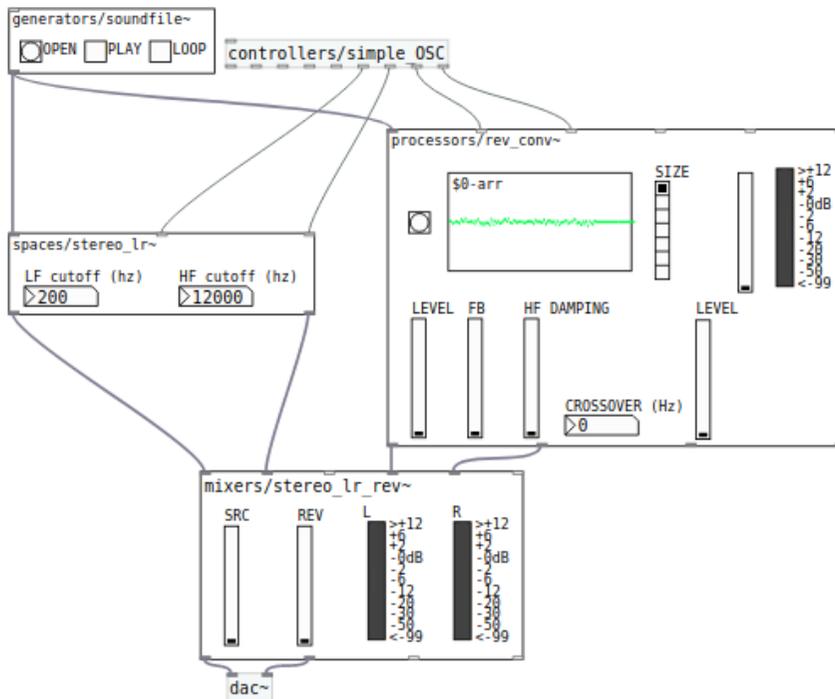


Fig 5.6 *patch* utilizado en *OOM*. El *object* *rev_conv~* transforma el espectro del sonido reverberado a partir de una respuesta en impulso³⁴.

34 La respuesta en impulso (IR por Impulse Response) es el procedimiento utilizado para capturar las cualidades acústicas de un ambiente. Los procesos de convolución fusionan el sonido de entrada con las características espectrales de la IR.

6

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS A FUTURO

El trabajo aquí descrito representa sólo algunas ideas iniciales de este proyecto. Como ya he mencionado, *_TR* es solo una prueba de concepto sobre una propuesta de modelo de espacialización aplicado a las trayectorias sonoras. Esto significa que se han dejado de lado varias funcionalidades con el fin de tener un tiempo prudencial de evaluación de lo construido hasta aquí. Ahora bien, hay varias aristas por las cuales es posible continuar. Me interesa destacar tres posibles caminos: profundizar la investigación sobre el uso de imágenes como medio de codificar información espacial, explorar diversas maneras de control sobre las trayectorias y pensar posibles mejoras sobre el sistema tanto en usabilidad como en rendimiento.

El punto central de mi propuesta espacial está en el uso de los *mapas de difusión* para definir una escena espacial. En esta instancia, por cada parlante solo se está utilizando un solo valor de las imágenes - el brillo-, y solo dos imágenes asociadas a los parámetros de distancia y de reverberación. Sería posible expandir esta codificación en dos sentidos.

Por ejemplo, actualmente el valor de distancia es en parte definido por los píxeles del mapa, pero trabajado por los objetos de la categoría *spaces* (e.g *stereo_lrc*) que aplican un cambio en la amplitud a la vez que filtran las fre-

cuencias bajas y altas. Esta doble tarea de los *spaces* podría separarse en una imagen que codifique amplitud y otra que defina el grado de filtrado.

Del mismo modo pueden pensarse otros mapas que operen sobre otras variables del sonido, por ejemplo, podría utilizarse más de un mapa para los niveles del campo reverberado utilizando varios procesadores *reverb* con características diversas. Esto permitiría crear varias zonas dentro del espacio de la escena. También podrían aplicarse mapas a distintos tipos de filtros creando una asociación entre el espacio y la modificación espectral. En suma, agregar más mapas vinculados a distintos procesos del audio amplía las posibilidades expresivas en el sentido de que podrían definirse topologías espaciales más complejas .

Por otra parte, las imágenes en escala de grises usadas en esta etapa de *_TR* permiten computar de modo sencillo y rápido la información espacial, pero limitan el rango de valores utilizables dado que la cantidad de tonos posibles del blanco al negro es de 255 (8 bits). Sin embargo, un archivo de imagen guarda por cada píxel 24 bits. Esto significa que se está descartando un espacio numérico útil que podría ampliarse con el fin de lograr más definición.

Sobre posibles caminos para continuar por la vía del control y manejo de las trayectorias, uno de los que más me interesa es crear un modo de control en vivo, que no utilice las trayectorias y que dé la posibilidad de controlar la posición de la fuente sonora libremente. Podría ser interesante para esto sumar otras interacciones, por ejemplo, el ángulo del lápiz de las tabletas digi-

talizadoras, o pensar en las diversas gestualidades que pueden realizarse en las pantallas táctiles.

Otra funcionalidad importante para sumar a *_TR* es la de trabajar varias fuentes sonoras en simultáneo. Esto va a demandar una reorganización de la interfaz e investigar un método adecuado para operar fácilmente los mismos parámetros que vimos a lo largo del trabajo, pero agregando capas de sonido.

Para finalizar, *_TR* requiere una próxima etapa de revisión y un trabajo de reelaboración. En parte es necesario buscar un entorno gráfico con buena performance y con buenas posibilidades para la creación de interfaces de usuario que permita una fácil integración con los sistemas de procesamiento de audio. También la interfaz gráfica requiere de una reescritura con la intención de integrar nuevas funcionalidades, como las descritas aquí, pensando siempre en buscar formas intuitivas para el trabajo espacial desde el punto de vista expresivo.

7

BIOGRAFÍA

José María Casanova es estudiante avanzado de la licenciatura de Artes Electrónicas (UNTREF) donde también se desempeña como docente adjunto. Estudió Informática (UNGS) y trabaja como desarrollador de software en la cooperativa de desarrollo digital Nayra donde se realizan diversos proyectos que integran elementos de ambos mundos: las ciencias de la computación y la creación artística.

Dicta cursos de programación y de música. Participa de diversos proyectos musicales que van desde el folclore, el jazz hasta la experimentación con medios electrónicos.

Es miembro del Colectivo 53 (C53) junto con Emmanuel Florance. C53 es un equipo interesado en producir obras de arte contemporáneo a nivel nacional. Los proyectos que desarrollan son de carácter poético/conceptual y las propuestas que realizan abarcan diversos soportes y materiales, que pueden ser objetos e instalaciones diseñadas para espacios expositivos o intervenciones a gran escala en el paisaje urbano o natural. C53 busca dar lugar a un espacio de investigación y producción de obras contemporáneas que combinan arte y tecnología.

Entre las obras del colectivo se destacan *La montaña es la montaña* (2016), que participó en el *II Premio a las Artes Electrónicas* (UNTREF) en el año

2016 y en el *47º Salón nacional de Tucumán* en el 2019, la video-instalación *AHOGADO* (2016) expuesta en la Casa del Bicentenario en el marco del *Festival de Arte y Tecnología FASE 8* en el año 2016, *Poesía Aérea* (2018), proyecto seleccionado para la *Bienal Internacional de Asunción 2019*, la intervención *LUNA* (2019) realizada en el Parque Natural Laguna de Gómez y seleccionada para el *97º Salón Anual Nacional de Santa Fe* (2020), para el *49º Salón nacional de Tucumán* (2021) y para el *XVI Salón de Artes Visuales Junín* (2021).

SITIO WEB: <https://c53.info/>

8

BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

LIBROS Y PUBLICACIONES

Bates E. (2009) *The Composition and Performance of Spatial Music* (Tesis de Doctorado). Dept. Music, and Dept. Elect. Eng., Trinity College Dublin, Republica Irlanda

Bencic, Lavoslava. (2016). Graphical Sound - From Inception Up To The Masterpieces. Recuperado de

https://www.researchgate.net/publication/304252152_GRAPHICAL_SOUND_-_FROM_INCEPTION_UP_TO_THE_MASTERPIECES

Boulanger R. (s.f.) *Introduction to Sound Design in Csound*. Recuperado 20 marzo de 2019 de <http://www.csounds.com/chapter1/>

Bresson, J. (2012). *Spatial Structures Programming for Music*.

Calcagno, E. R. (2016). *Especialidad y estructura sonora en la música electroacústica* (Tesis de posgrado). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina Disponible en RIDAA Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto. Recuperado de

<http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/198>

Cetta, P. (2004) *Modelos de localización espacial del sonido y su implementación en tiempo real*, en "Altura – Timbre – Espacio", Cuaderno Nº 5 del Instituto de Investigación Musicológica "Carlos Vega", (pp. 269-291) Buenos Aires, Editorial EDUCA. Recuperado de <https://www.pablocetta.com/pdfs/publicaciones/modelos.pdf>

Chowning, J. (1971) "The simulation of moving sound sources". JAES 19: 2-6. Recuperado Febrero de 2019 de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=A7902B6A11DB4E9D9F5252ECC77F1814?doi=10.1.1.422.3347&rep=rep1&type=pdf>

Chowning, J. (2011). Turenas: The Realization of a Dream. Recuperado en abril de 2019, en https://ccrma.stanford.edu/sites/default/files/user/jc/turenas_the_realization_of_a_dream.pdf

Clarke, E. F. (2015). Music, space and subjectivity. En G. Born (Ed.), *Music, Sound and Space: Transformations of Public and Private Experience* (pp. 90-100). Cambridge University Press.

Deleflie E. , Schiemer G. (2010). *Images as spatial sound maps* . Recuperado 10 Enero 2021 de https://www.nime.org/proceedings/2010/nime2010_130.pdf

Di Liscia, Oscar P. (2015) *Síntesis espacial de sonido con datos espectrales en el entorno pure data* [en línea]. Semana de la Música y la Musicología : Música actual y tecnologías aplicadas, XII, 28-30 octubre 2015. Universidad Católica Argentina. Facultad de Artes y Ciencias Musicales; Instituto de Investigación Musicológica "Carlos Vega", Buenos Aires. Recuperado en Abril de 2019 de <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/ponencias/sintesis-espacial-sonido-datos-espectrales.pdf>

Ives C. (1953) *The Unanswered Question* [Partitura Musical] Southern Music Publishing Co, Nueva York. Recuperado de

[https://imslp.org/wiki/The_Unanswered_Question_\(Ives%2C_Charles\)](https://imslp.org/wiki/The_Unanswered_Question_(Ives%2C_Charles))

James, S., & Hope, C. (2013). 2D and 3D Timbral Spatialisation: Spatial Motion, Immersiveness, and Notions Of space. Edith Cowan University. Recuperado en marzo de 2021 de

<https://quod.lib.umich.edu/i/icmc/bbp2372.2013.009/1>

Jure L. (2004) Escuchando Turenas de John Chowning . Músicas al Sur. Recuperado en enero 2020 de <http://www.eumus.edu.uy/revista/nro1/jure.html>

Kendall, G. (2007) *The Artistic Play of Spatial Organisation: Spatial Attributes, Scene Analysis and Auditory Spatial Schemata*, Proceedings of the 2007 International Computer Music Conference, Copenhagen, Denmark

Kreidler J. (2009) *Programming Electronic Music in PD*. Recuperado en marzo de 2019 de <http://www.pd-tutorial.com/english/index.html>

Svetlana, M. (2017). Composing in 4DSOUND. Spatial Sound Institute. Recuperado de https://spatialsoundinstitute.com/P_Composing-in-4DSOUND

Merlier, B. (2008). *Vocabulaire De La Perception De L'espace Dans Les Musiques Électro-acoustiques Composées ou Spatialisées En Pentaphonie*. Actes du colloque EMS08 (Electronic Music Studies). Recuperado de

<http://www.ems-network.org/ems08/papers/merlier.pdf>

Oliveros, P. (1995). *Acoustic and Virtual Space as a Dynamic Element of Music*. *Leonardo Music Journal* 5, 19-22. Recuperado de <https://www.muse.jhu.edu/article/585323>.

Oomen, P., Holleman, P., & de Klerk, L. (2016). *4DSOUND: A New Approach to Spatial Sound Reproduction & Synthesis*. Spatial Sound Institute. https://spatialsoundinstitute.com/P_A-New-Approach-to-Spatial-Sound-Reproduction-Synthesis

Ouzounian, G. (2020). *Stereophonica*. Sound and Space in Science, Technology, and the Arts. The MIT Press.

Penha, R., & Oliveira, (2014) *Modelos De Espacialização: Integração No Pensamento Composicional* (Tesis de Doctorado). Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal Recuperado de http://files.ruipenha.pt/tese/RPenha_2014.pdf

Rodgers, T. (2010). Space and Perspective. *In Pink Noises: Women on Electronic Music and Sound* (pp. 61-72). Duke University Press.

Samaruga, L. M. (2016) *Un modelo de representación y análisis estructural de la música electroacústica* (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina

Schumacher, M & Bresson, J. (2010). Spatial Sound Synthesis in Computer-Aided Composition. *Organised Sound*. 15. 271-289. 10.1017/S1355771810000300.

Smalley, D. (2007). Space-form and the acousmatic image. *Organised Sound*, 12(1), 35-58. doi:10.1017/S1355771807001665

Stockhausen K. (1963) Nr. 6 Gruppen für drei Orchester [Partitura Musical]. Universal Edition.

Voegelin S. (2014), *Sonic Possible Worlds. Hearing the Continuum of Sound*, Bloomsbury Publishing

Zvonar, R. (2005) *A history of spatial music: Historical antecedents from renaissance anti-phony to strings in the wings*, eContact!: The online journal of the Canadian Electroacoustic Community (CEC), 7(4), Recuperado 5 Abril 2019 de https://econtact.ca/7_4/zvonar_spatialmusic.html

DISCOGRAFÍA MENCIONADA

Chowning, J. (1988). *Turenas · Stria · Phoné · Sabelithe* [CD]. WERGO. WERGO.

Maraš, S. (2020). *Post-excavation activities* [Online]. Electronic Studio - Radio Belgrade . Recuperado de <https://svetlanamaras.bandcamp.com/album/post-excavation-activities>

Payne, M. (2020). *Arctic Winds* [Online]. Aguirre Records. Recuperado de <https://aguirrerecords.bandcamp.com/album/arctic-winds>

Rebelais, A. (2004). *Spellewauerynsherde* [Online]. Samadhi Sound. Recuperado de <https://akirarabelais.bandcamp.com/album/spellewauerynsherde>

Watson, C. (2011). *El Tren Fantasma* [Online]. Touch. Recuperado de <https://chriswatsonreleases.bandcamp.com/album/el-tren-fantasma>

CÓDIGOS FUENTE

https://github.com/casanovajose/_TR_Standalone

https://github.com/casanovajose/_TR_ambient_map

ENSAYOS SONOROS

https://soundcloud.com/casajosemus/sets/tr_circularidad_frete_fondo_panoramica

<https://soundcloud.com/casajosemus/sets/tr-espacialidad-hibrida>

<https://soundcloud.com/casajosemus/sets/tr-planos-y-distancia>