

**Fabrice Lengronne\***

## **Tecnología, automatización, algoritmo y algo de ritmo en el siglo XXI**

Parece que la tecnología nos rodea y nos acecha en los más escondidos rincones de nuestra vida cotidiana: los dos años de pandemia seguramente nos han confrontado aún más a esta sensación de profunda dependencia tecnológica.

Desde hace más de un siglo, la tecnología eléctrica parece haber tomado posesión de la música, cambiando las condiciones de escucha y de producción del arte sonoro, de todas las artes construidas sobre el sonido.

La música es, desde siempre, tecnológica: por naturaleza, podríamos decir, si exceptuamos su dimensión vocal, aunque esta última también ha integrado la dimensión tecnológica a través del uso de máscaras, portavoz, mirlitón, o micrófono hoy, para darle otra presencia a la voz. Desde los inicios de la cultura humana, ésta es tecnológica. Desde los inicios, la factura instrumental es tecnológica: golpear unas estalactitas en una cueva, armar una sonaja de piedras o cortar cañas o huesos implica uso de herramientas y de técnicas, por más que parezcan rudimentarias hoy. La interpretación musical también es por lo esencial tecnológica: el instrumento es la intermediación tecnológica del músico, salvo cuando canta. Y para el compositor o el improvisador, el instrumento juega también este papel, por lo menos hasta que aparezca una notación para transmitir la composición por un código en lugar de transferirla por imitación, con todos los grados de variabilidad que puede incluir la imitación o la tradición oral y todos los grados de imprecisión que pueda contener la notación. Cuando aparece la escritura musical, transfiere la intermediación tecnológica a la codificación y a la representación abstracta del sonido. Es decir que en ningún momento, la música escapa a la tecnología.

Los cambios aportados por el último siglo y medio extienden el papel tecnológico: en la interpretación, se suma la posibilidad de amplificación y tratamiento sonoro eléctrico, así como el registro sonoro que independiza la ejecución sonora de la inmediatez: la escucha también pasa a integrar la tecnología, y rápidamente a ser antes que nada tecnológica, con una práctica de escucha cada vez más acusmática. Las consecuencias para la composición no tardan en aparecer. La electricidad genera nuevos instrumentos musicales a partir de transducción electrónica (Theremin, Onda Martenot, etc.), pero el sonido en sí también se vuelve accesible mediante su grabación, edición y transformación: nace la música concreta y sus sucesivas evoluciones, música electrónica, electroacústica, mixta, síntesis digital, y todas las denominaciones que se les quiera dar.

En el centro de la tecnología de este siglo XXI, cambalache problemático y febril, la informática, como máquina y como organización: las redes, vasto sistema de uniformización y de control social, pero también oportunidad de intercambios, de difusión y de superación de los límites.

Abordaré tres aspectos de la tecnología: su papel en la escucha, la automatización musical y el instrumento virtual, y el algoritmo en la creación sonora.

---

\* <https://anarchipel.net>

**Coloquio interinstitucional *Escucha y creación musical en el siglo XXI***

10.ix-15.x.2021 - EUM-Udelar/Unam

Mesa 3 - viejas y nuevas tecnologías - Ponencia.

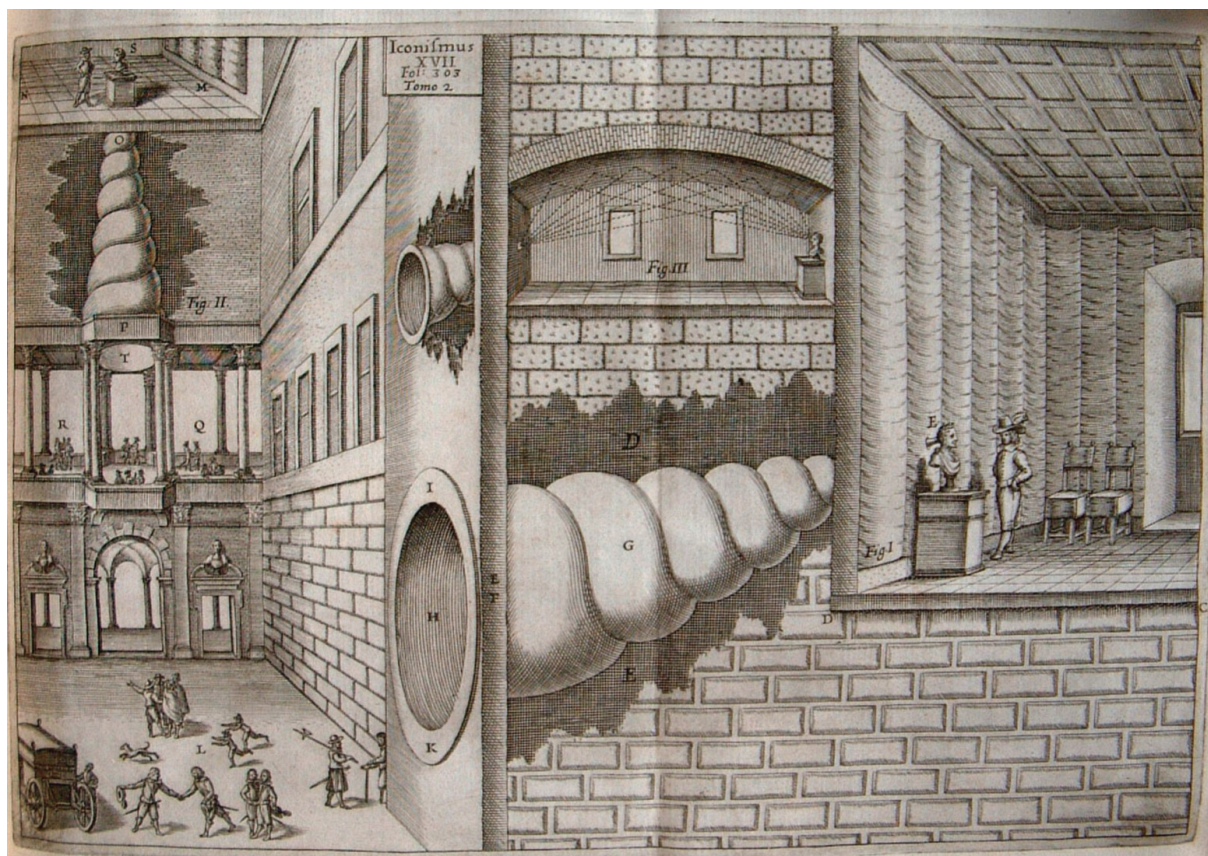


Fig. 1. Dispositivo de escucha imaginado por el jesuita Athanasius Kircher, en su *Musurgia Universalis* (1650)

### escucha tecnologizada: de ritual a virtual

«La vida antigua fue toda silencio. En el siglo diecinueve, con la invención de las máquinas, nació el Ruido. Hoy, el Ruido triunfa y domina soberano sobre la sensibilidad de los hombres. Durante muchos siglos, la vida se desarrolló en silencio o, a lo sumo, en sordina<sup>1</sup>.» Russollo describe de esta manera un primer cambio en la escucha humana: la máquina y la urbanización trajeron el ruido al mundo. Este cambio grande estará seguido en las décadas siguientes por más revoluciones de la audición, con la aparición y expansión de la difusión a distancia y el sonido en conserva. Con el gramófono, la radio, la cinta y la televisión, cambió la relación temporal y espacial al sonido: la presencialidad se ha vuelto superflua, el sonido está donde sea, cuando se quiera. Ya no hay necesidad de cantar o tocar para oír música, alcanza prender un reproductor o una radio. Consumir sin participar.

Ambos fenómenos, la teleaudición y la escucha diferida, empiezan a ser parte de la experiencia humana desde los años 1920, con la expansión progresiva del teléfono, la radio, el gramófono, el disco y las sucesivas tecnologías de almacenamiento y de difusión del audio, hasta la televisión e internet. Más aún que las máquinas que evocaba Russolo, estas tecnologías de la audición cambian los hábitos de la escucha y las características de la audición.

Por un lado, elimina la condición de presencialidad que era absoluta hasta entonces: se puede escuchar sin presenciar el fenómeno que se escucha, de cualquier índole que sea. En el caso de la música, la escucha acusmática, tal como la nombró luego Pierre Schaeffer, pasa a ser la forma más difundida de escucha en la segunda mitad del siglo XX, hasta la actualidad.

<sup>1</sup> Luigi Russolo, *Manifiesto futurista El arte dei Rumori*, Milano, 1913.

La escucha colectiva del ritual, de la fiesta o del concierto, cede su exclusividad a la reproducción individual, fuera de todo contexto. La práctica musical propia está remplazada en gran medida por una escucha individual pasiva. La música se vuelve virtual: es su normalidad desde hace por lo menos tres cuartos de siglo. Sin duda contribuyó a la experiencia auditiva musical de todos, permitiendo acceso a músicas y experiencias sonoras que de otra manera hubieran quedado ignoradas o inalcanzables. Pero también trajo consecuencias y cambios en la capacidad auditiva.

La primera realidad es una exposición al sonido mucho más extensa, casi permanente. En este sentido, tenía razón Russolo: antes era todo silencio. Y, desde la difusión masiva de la radio, la televisión e internet, buena parte de esta exposición al sonido es música. La música invadió la experiencia sonora de manera incontrolada, o controlada por lo esencial desde afuera.

Esta invasión sonora no es sin consecuencias. Si observamos las curvas isofónicas que se realizaron en tres oportunidades (ver *Anexo 1*), en 1933, por Harvey Fletcher y Wilden Munson; en 1956, por D. Robinson y R. Dadson, y en 2003, para la norma ISO 226, podemos constatar varias evoluciones, que han sido usualmente atribuidas al método usado o a la calibración del equipamiento. Arriesgaré una hipótesis: se trata más bien de un cambio, leve pero significativo, de la capacidad auditiva, ligado al cambio de práctica. Constatamos: un leve ascenso del umbral auditivo en su rango óptimo, posible consecuencia de un desgaste mayor del oído debido a una exposición al sonido prolongada y de mayor nivel sonoro, a raíz de la escucha acusmática; una expansión del rango dinámico en las frecuencias graves, bajando el umbral auditivo y subiendo el umbral de dolor, que puede corresponder a una mayor práctica de escucha de música mediante su reproducción (y también de motores potentes) y a consecuencia un acostumbamiento mayor a esas frecuencias graves. Se constata, fuera de las curvas isofónicas, la aceleración del desgaste normal con la edad de la audición, con audimetrías de pacientes de 20 o 30 años que presentan una audición típica de 50 o 60 años.

Otra consecuencia de la escucha acusmática es la relativización de la localización del sonido, o la pérdida de esa sensación, como consecuencia de la escucha mediante equipos estéreo que no lo son realmente, o que no están colocados en situación de producir una verdadera situación estéreo, o de auriculares, que sustituyen la localización por una lateralización del sonido. A todo esto se agrega la práctica de compresión dinámica de la industria musical, que favorece la descalibración sensorial espacial del oído.

Sin duda, la tecnologización de la escucha aportó sus consecuencias positivas — el acceso masivo a las músicas y a la información — y también algunas negativas, posiblemente debido a la falta de consciencia del debido cuidado que requiere nuestro órgano auditivo.

### **automatización y mecanización**

La automatización musical también tiene su larga historia, aunque no tan larga como la tecnología. El primer autómatas musical conocido está descrito en el siglo IX. Del siglo XVI al XVIII, numerosos automatas, cada vez más sofisticados, relojes o instrumentos, se desarrollan y reciben piezas originales de compositores tales como Mozart, Haydn o Beethoven. A lo largo del siglo XIX, se desarrollan autómatas cada vez más espectaculares por su mecánica y su estética visual, aunque sin real impacto en la música, y esta vez sin repertorio de renombre. El piano mecánico ya muy presente al final de ese siglo registra el toque de músicos famosos, pero no incide en la música hasta tímidos ensayos de Stravinsky, Hindemith y otros, o intentos entonces irrealizables como el *Ballet Mécanique* de George Antheil.

En el fervor futurista del inicio del siglo XX, frente a la declaración de peligro musical de John Philip Sousa, Edwin Evans, musicólogo, escribe: «Liberando el artista de la necesidad de adquirir, al precio de un trabajo prodigioso, un alto grado de dexteridad muscular, parecido a la de un malabarista, un mecanismo perfecto lo volverá más libre para expresar las sutilezas intrínsecas de la música. Al mismo tiempo, los compositores escribirán directamente para este mecanismo mejorado, liberándose entonces de las restricciones mecánicas debidas al uso de diez dedos, que por ahora limitan la cantidad, velocidad y distancia entre las notas utilizadas.<sup>2</sup>»

La polémica infla cuando el eminente ensayista musical alemán Hans Heinz Stuckenschmidt toma posición también a favor de la mecanización. Su primer argumento es que los matices y los sentimientos no previsibles del intérprete son en sí defectos y no valores, que no aportan a la obra de arte. Su segundo argumento, relacionado a la crisis económica de la época, es que las ejecuciones de música clásica se han vuelto lujos insostenibles, y que entonces la grabación mediante instrumentos mecánicos o gramófonos es la forma de asegurar la perennidad de esas obras. Stuckenschmidt reacciona a la libertad enorme que se tomaban los intérpretes de la época, mucho más allá de matices dinámicos o pequeñas variaciones de *tempo*. Pero como defensor de la música nueva, Stuckenschmidt va más allá de estos aspectos: a partir de la idea que los instrumentos convencionales terminarían en los museos, piensa que nuevas composiciones deberían escribirse directamente para instrumentos mecánicos, libres de las convenciones y de los límites humanos. Dice: «Uno puede componer directamente [sobre el rollo de pianola], de la misma manera que uno lo hacía con notas, con todos los matices imaginables, con tempi, dinámicas y fraseo de una determinación matemática exacta. [...] Uno podrá realizar fenómenos sonoros totalmente nuevos y hasta ahora desconocidos, cuyos efectos podrán ser confirmados y determinados hasta el último detalle por el compositor mismo.<sup>3</sup>»

Paralelamente, dos de los compositores de música mecánica, Paul Hindemith y Ernst Toch, van en otra dirección: no la de una competición y oposición entre música mecánica y música performática, sino la de una complementariedad. Para ellos, no se trata de hacer tocar a los instrumentos mecánicos una música escrita para intérpretes, sino obras *para* instrumentos mecánicos. Destacan características específicas de los instrumentos mecánicos que deben ser los ejes de la música hecha para los mismos: la precisión, la exactitud geométrica, la frialdad neutra de un sonido no cargado de una calidez artificial proyectada por el intérprete. La consecuencia es, según lo escribe el crítico Erich Doflein, un enfoque en el sonido mismo: «Ya que la tocabilidad no necesita más ser destacada, la audibilidad – el moldeado artístico de lo que se oye – debe ser cultivado en un mayor grado.<sup>4</sup>»

Pero para muchos defensores de la mecanización, no es solo un mundo nuevo de posibilidades, sino una necesidad. Ivan Wyschnegradsky, compositor ruso establecido en Francia desde 1920, conocido por su trabajo sobre microintervalos, ultracromatismo y espacios no octavantes, también incorpora la idea de la mecanización de la música. Ya en su diario personal, entre 1918 y 1921, Wyschnegradsky se lo plantea, viendo en la orquesta una primera fase del fenómeno. Comparte varios de los argumentos que aparecen luego en el debate provocado por Stuckenschmidt: el compositor moderno tiene que definir esos matices que los románticos dejaban a cargo de los intérpretes, y esa complejidad necesitará

<sup>2</sup> Edwin Evans: «The foundations of Twentieth-Century Music, a Postscript on Mechanical Instruments», en *The Musical Times* 58, n° 894, 1917, pp. 347-351.

<sup>3</sup> Hans Heinz Stuckenschmidt: «Die Mechanisierung der Musik», en *Pult und Taktstock* 2 n° 1, 1925, p. 6.

<sup>4</sup> Erich Doflein: «Die neue Musik des Jahres», en *Melos* 5, n° 12, 1926, p. 371.

de la máquina. Dice: «Solo una máquina musical podrá transmitir el pensamiento del compositor en toda su pureza y su libertad originales.<sup>5</sup>» Wyschnegradsky sigue su reflexión y la orienta particularmente a la cuestión rítmica en un artículo publicado en 1923. La rigidez métrica limita las posibilidades rítmicas haciendo depender el ritmo del movimiento corporal. Luego del romanticismo, se libera en principio el ritmo, pero lo limita la notación. Wyschnegradsky no propone complejizar la notación, sino suprimirla, así como la tercerización que representa el intérprete, intermediario entre el compositor y el mundo exterior, para reemplazarlos por la máquina musical que se construirá en el futuro. «Nuestra música está hoy atada de pies y manos, y no alcanzará su libertad tan esperada sino cuando el compositor grabará él mismo su pensamiento sobre el cartón, el cincel en la mano, en función de sus tres coordenadas: la altura, la intensidad y la duración, en su pureza y libertad originales, en vez de confiarla a signos convencionales y a la fantasía del intérprete.<sup>6</sup>», escribe.

Con la expansión de la radio y de los discos, va marginalizándose el piano mecánico en todas sus versiones. Y cuando ya desapareció del uso, remplazado por el gramófono o el disco, adquiere una segunda vida, con Conlon Nancarrow, en México. Durante casi cincuenta años dedica su obra al *player-piano*, modelo de la marca Ampico. Trabajando directamente sobre los rollos, teniendo también partituras en notación convencional, Nancarrow compone unas cincuenta obras explotando las capacidades rítmicas, polifónicas y dinámicas que solo le permite la mecanización: relaciones irracionales de *tempo*, cánones rítmicos, etc., impensables de realizar manualmente. Pero no se reabre la polémica ni se vuelve a plantear el lugar del instrumento mecánico. Cuando la música de Nancarrow empieza a difundirse, a fines de los 70, varios fenómenos ya han ocurrido que naturalizaron la presencia y el uso de la tecnología eléctrica: la radio y los discos se han masificado, la escucha acusmática pasó a ser la experiencia diaria de una gran mayoría de la población, se ha vuelto la forma más común de la escucha musical. De esta naturalización nacieron las músicas de estudio de la salida de la segunda guerra mundial: la concreta, la electrónica y la electroacústica, mientras los instrumentos eléctricos y electrónicos se han hecho su lugar, en particular en la música popular. La ausencia de performance en el instrumento mecánico no es más, entonces, un tema de debate, y la visualidad corporal ha perdido de su impacto, con la difusión amplia por televisión de músicos tocando en *play back*. Pero quizás esta ausencia de debate, sumada a la extrema variedad de opciones estéticas y técnicas disponibles, es la que provoca el final que representa la obra de Nancarrow.

### **instrumento virtual**

Sin embargo, los años 1980 ven la aparición de una nueva forma de mecanización: el sistema MIDI (Musical Instruments Digital Interface), que intermedia entre computadora e instrumentos, o, dicho de otra manera, que informatiza los instrumentos musicales y los integra al universo digital. Este sistema permite el control instrumental desde el ordenador y la interacción entre ambos y entre instrumentos, así como la programación de lo que debe ocurrir. Como en los instrumentos mecánicos, permite que suene la música sin que nadie la haya tocado.

También en esa década se desarrolla el audio digital, con la norma del disco compacto y la difusión musical con este formato. Nace también el «sampler», el muestreador digital,

---

<sup>5</sup> Ivan Wyschnegradsky: «Vers une philosophie du son» [fragmentos de su Diario, cuadernos 2 y 3, de 1918-1921] (en ruso), trad. al francés por Michèle Kahn, en *Libération du son, Écrits 1916-1979*, Lyon, Ed. Symétrie, 2013, pp. 137-162, p. 147.

<sup>6</sup> Ivan Wyschnegradsky, *ibid.*, p. 214.

que permite reproducir instrumentos reales sonido por sonido, a partir de su organización mediante una programación informática. Si bien existió un ancestro analógico al muestreador, el *melotron*, muestreador de cintas, el desarrollo de muestreador digital asociado a las técnicas de síntesis digital le dieron una difusión amplia, generando un verdadero «instrumento virtual». La asociación del sistema MIDI y del muestreador modelan el instrumento virtual programable y adaptable, sucesor del instrumento mecánico, con una amplitud de posibilidades mucho mayor.

La denominación de «instrumento virtual» padece en la actualidad la competencia conceptual de la llamada «realidad virtual», una experiencia simulando una realidad parecida o totalmente diferente del mundo real, dada a percibir a través de la virtualidad, una experiencia individual o multi-individual solo realizable mediante interfaces sensoriales especiales. En cambio, el instrumento virtual es una realidad real, en la cual la virtualidad se limita a la independencia del tiempo y del espacio: eso permite extender ciertos límites del instrumento real mediante la intervención electroacústica.

En cuanto al tiempo, los instrumentos virtuales introducen lo que Nancarrow exploró con el *player piano*: rítmicas irracionales, *tempi* acústicamente irrealizables, superposiciones temporales sin límites, complejidades al extremo.

La infinidad de espacios sonoros, organizaciones de las alturas, se vuelve accesible: cualquier división del rango audible, desde muy finas hasta muy irregulares, desde muy estables hasta muy evolutivas, desde valores discretos hasta la continuidad, así como la superposición de una diversidad de espacios sonoros, integran las posibilidades que se presentan con el instrumento virtual.

La dinámica se vuelve un verdadero continuo. Suma la dinámica de ataque y la dinámica de amplificación, permitiendo de esa manera aportar, por ejemplo, el timbre de un ataque suave en una dinámica fuerte, como lo permite una amplificación, o la recíproca, que necesita el tiempo diferido.

En cuanto al timbre, la extrapolación electroacústica permite llegar a registros normalmente inaccesibles para el instrumento real, modificar la envolvente estándar del instrumento, cambiar las formantes de su timbre, y todos los filtros que se han desarrollado desde hace tres cuartos de siglo.

La sonorización agrega la posibilidad de manipular el espacio perceptible de manera imposible con instrumentos reales: posiciones sucesivas de los instrumentos en el espacio, sonido en movimiento: espacialidad y profundidad pasan a integrar los recursos posibles e imaginables.

Con la elaboración del conjunto o de la orquesta virtual, se abre la posibilidad de mezclar instrumentos de origen geográfico y temporal que una realización acústica vuelve económicamente inviable. Integrar un gamelan indonesio con instrumentos occidentales o con instrumentos africanos se vuelve posible. Pero también abre la capacidad de usar multiplicidad de instrumentos a voluntad, por ejemplo un conjunto irrealista de contrafagotes.

No pretendo haber listado exhaustivamente las posibilidades que se abren con el instrumento virtual. La interacción con instrumentos reales, con sonido electroacústico, y con otros medios es también parte de lo que queda a cargo de nuestra imaginación.

Quizás nos acercaremos así al sueño de Edgard Varèse, que escribía en 1916: «Sueño con instrumentos obedeciendo al pensamiento y que con el aporte de una eclosión de timbres insospechados se presten a las combinaciones que me complacerá imponerles y se ajusten a la exigencia de mi ritmo interior.<sup>7</sup>»

---

<sup>7</sup> Edgard Varèse: «Que la musique sonne», en *391* (revista dadaísta), n° 5, junio de 1917, New York.

### **algoritmo breve**

En el siglo XVIII aparecieron las primeras piezas compuestas para instrumentos mecánicos. También en el siglo XVIII aparecen las primeras inclusiones del azar en músicas que ya podríamos calificar de «generativas»: un material a determinar con dados para generar la pieza y luego tocarla. Mozart, Kirnberger, Haydn y otros inauguran la primera música algorítmica, obviamente sin el calificativo. Las instrucciones para la realización de estas obras unen el elemento de azar, la tirada de dados, con los fragmentos de material a utilizar en función del valor devuelto.

El algoritmo se trabaja por si mismo en el siglo XX, a través de compositores y teóricos como Iannis Xenakis, Pierre Barbaud, Lejaren Hiller, James Tenney, Jean-Claude Risset, Miller Puckette, y muchos más. Pero también irrumpe en la vida cotidiana, al menos el término y las consecuencias de su uso, al punto de sonar profundamente negativo.

La mala fama adquirida por el algoritmo viene de su uso como espionaje de los usuarios de las redes. De eso no se trata, obviamente, en la música. Tampoco de hacer una música según el gusto del público: esa desgracia ya ocurrió en el pasado, que descanse en paz. En realidad, el algoritmo está presente, denominado así o disfrazado, desde hace mucho tiempo en muchas músicas: el uso de un *cantus firmus*, el desarrollo de una fuga, la estructura de improvisación de un raga o de un tema de jazz son materiales y algoritmos para la composición o para la improvisación: aunque no redactada, la codificación de lo que se puede hacer, se tiene que hacer o se excluye dibuja un algoritmo, quizás de tradición oral.

La tecnología informática y los lenguajes de programación aportan la posibilidad de explotar el algoritmo mucho más allá de las posibilidades humanas, particularmente en cuanto al tiempo insumido para la realización de la obra. Por un lado, la capacidad de cálculo y la velocidad del mismo permite aventurarse en procesos muy complejos que serían difíciles de abarcar de otra manera. Por otro lado, la herramienta informática permite la irrupción de funciones randómica en la composición, o aún más: la realización cada vez nueva de la obra a partir del algoritmo. La máquina se vuelve generativa del resultado sonoro imaginado, en tiempo real y sin repetición.

No marca un quiebre radical con respecto a la tradición musical, sino una expansión y un alejamiento de los límites, un agregado de libertad en nuestra capacidad creadora. Pero quizás marque un quiebre con la idealización de la inspiración creadora heredada del romanticismo...

### **tecnología y experimentación - conclusión provisoria**

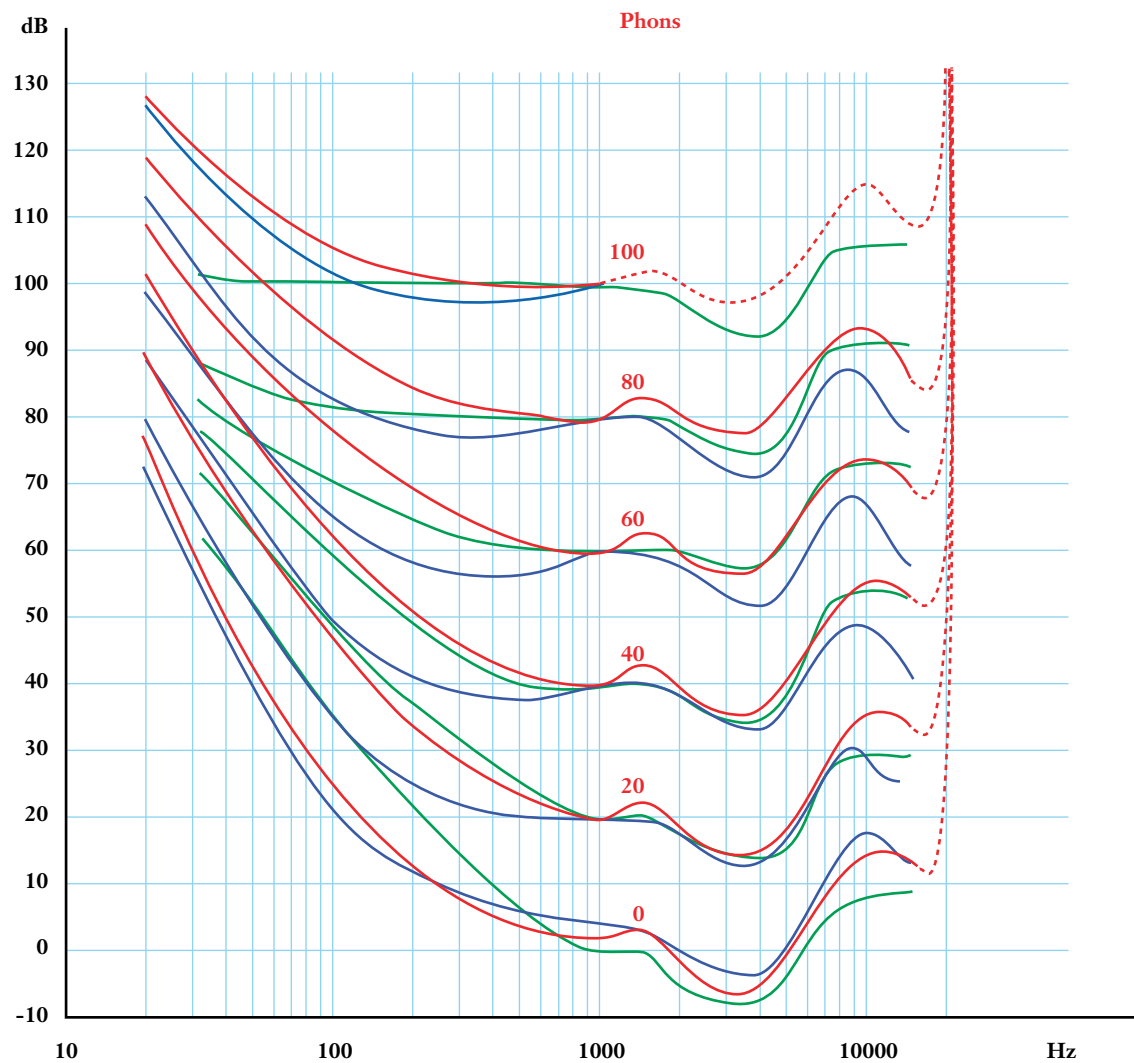
En nuestra época de alta conciencia histórica, demasiadas veces la experimentación y la invención instrumental o tecnológica han dado nacimiento a novedades que dejan de serlo apenas se empiezan a explotar musicalmente: el theremin se presentó con transcripciones de Chaikovsky y otros en lugar de obras concebidas para él. Si navegamos en internet, encontraremos un montón de invenciones sonoras originales reproduciendo lo más aburrido de la música occidental, como si la música se hubiera muerto hace un siglo y medio atrás.

De la misma manera, cuando se habla para un público general de algoritmos musicales, se suele presentar programaciones que tratan de imitar las fugas de Bach o producir esquemas armónicos obsoletos.

Parece que la tecnología se piensa, para muchos, como para resucitar lo más rudimentario, volver al pasado y enterrar la música en el museo. Si la experimentación repite y copia la convención, mejor quedarnos con el original que con la copia.

El instrumento virtual ha sido usado de manera masiva en el cine, por motivos económicos, haciendo en un plazo breve y por un presupuesto reducido el trabajo de una orquesta real, sin agregarle, en general, ni una pizca de originalidad, sin salir de la convención establecida. Este no es el instrumento virtual de mi alegato: él que definiendo abre horizontes y extiende las posibilidades más allá de lo posible, explora nuevos territorios y nuevas sensaciones auditivas, quiebra las convenciones y hace real el sueño de Varèse.

## Anexo 1: Curvas isofónicas comparadas



Diagramas de Fletcher y Munson (1933, verde), de Robinson y Dadson (1956, celeste) y de la norma ISO 226 (2003, rojo), superpuestos. Percepción de la sonoridad en función de la frecuencia. Datos estadísticos realizados a partir de experiencia perceptiva con sonidos sinusoidales.