

*Hacia los límites de la ciencia y del arte: los instrumentos musicales acústicos y electroacústicos**

por
Daniel Bariaux

En 1819, Felix Savart, doctor en medicina, presenta en París una "Memoria sobre la construcción de los instrumentos de cuerdas y de arcos" ante las Academias de las Ciencias y de las Bellas Artes reunidas en un solo cuerpo. Apasionado por la acústica y la lutería, extrae de su trabajo los que considera ser nuevos principios de construcción de los instrumentos de cuerdas y se basa en sus conclusiones para proponer un violín de forma nueva. Realizado en varios ejemplares por el propio Savart y por otros violeros, el nuevo instrumento se distingue radicalmente del modelo clásico: la forma externa es trapezoidal, las efes son rectangulares y paralelas a las cuerdas, las bóvedas desaparecen y son reemplazadas por un fondo y una tabla plana sostenida por una barra dispuesta simétricamente respecto al trapecio exterior. La barrita de madera que comunica la tabla con el fondo y que en el violín se llama el alma, ha desaparecido¹.

Esta comisión doble, compuesta por una parte de científicos y por otra de artistas, no se contenta con la lectura de la "Memoria", sino organiza también una audición en que se escuchan uno después del otro el "Savart" y un "Stradivarius", tocados alternativamente por un mismo artista oculto tras una cortina. Las conclusiones del jurado convergen todas en el sentido de considerar al "Savart" igual al "Stradivarius", prueba de la validez de los nuevos principios utilizados para la construcción del violín remodelado.

Y sin embargo, el violín de Savart ha sido muy rápidamente relegado entre las curiosidades, los mutantes no viables de la hechura instrumental.

En el siglo XVIII, los artesanos fabricaron órganos de cilindros, es decir, instrumentos musicales en que el intérprete es reemplazado por un dispositivo puramente mecánico. Sin entrar en detalles, basta saber que el hundimiento de una tecla por el dedo del organista es reemplazado por la acción de un diente fijado sobre un cilindro que gira con un movimiento uniforme. Según la posición y la longitud del diente, se varían la altura y la duración de las notas. Mediante una ubicación adecuada de los dientes, resulta posible marcar el cilindro, transponiendo toda la información escrita del papel a música sobre el cilindro².

*Traducción de Miguel Aguilar.

¹E. Leipp, "Le violon de Savart", *Bulletin du Groupe d'Acoustique Musicale*, N° 57, Paris, 1971.

²Dom Bédos de Celles, *L'art du Facteur d'Orgues*, pp. 563 y siguientes, 1778 (edición en facsímil Bärenreiter, Basilea, 1966); Dom Bédos retoma de hecho el tratado del padre Ingramelle al que se hace referencia en el párrafo siguiente del trabajo.

El arte de la tonotécnica o arte de marcar los cilindros nace así y el tratado del padre Engramelle expone sus principios básicos. La lectura de este tratado y la audición de los órganos de cilindros originales que han sido conservados, nos muestran que el fundamento de este arte se basa en reglas tales que la interpretación no se transforma en una ejecución que "desagrada a menudo por una cierta pesantez o sequedad que aburre". Contrariamente a la información escrita de la partitura en que, por ejemplo, todas las notas negras de una misma pieza tienen el mismo valor, aquí cada nota deberá tener un valor expresivo particular ligado a su contexto musical. En consecuencia, todas las notas están separadas por silencios variables (silencio de retoma de aliento, silencio de golpe de la lengua, silencio de "détaché", ...) que permiten que "la música produzca una especie de articulación inteligible e interesante".

Esta confrontación de la máquina que toca música con el intérprete humano, permite hacer tomar conciencia, tal vez por primera vez, de que el esqueleto congelado de una obra musical escrita encuentra su vida y su originalidad en la ordenación desordenada de los silencios y de los sonidos.

Los dos casos precedentes nos muestran ejemplos en que la ciencia y la música están íntimamente ligadas. El primero conduce a un resultado negativo: El rechazo por el mundo musical de una invención basada en experimentos y raciocinios de origen científico. En cambio, el segundo, experiencia psicoacústica anticipada, hace tomar conciencia tanto al hombre de ciencia como al hombre de arte de la naturaleza profunda del fenómeno musical.

Yo quisiera aquí tratar de aclarar las nociones de sonido y de juego musical, apoyándome en un concepto introducido recientemente en física. Este concepto de "sistema que funciona en régimen caótico", lo aplicaré a los instrumentos acústicos y electroacústicos.

He aquí una experiencia que cada cual puede realizar fácilmente y que permitirá captar y experimentar la esencia de los fenómenos caóticos³.

Cuando un grifo de alimentación de agua tiene una fuga, puede suceder que el escape sea suficientemente débil y que el escurrimiento se haga gota a gota; en este caso, una gran regularidad en la separación de los tic, tic, tic... puntúa auditivamente cada impacto de gota. En tales condiciones, podemos medir el intervalo de tiempo entre dos impulsos sucesivos y certificar que este tamaño se conserva idéntico a sí mismo en el tiempo; por consiguiente, predecir ya sea mentalmente, ya sea físicamente, la evolución temporal de tal "sistema". Nuestro dispositivo experimental se transforma en una herramienta que nos permite estructurar el tiempo de manera rigurosamente determinista. Estamos entonces en presencia de un metrónomo o de un cronómetro.

Si la fuga se intensifica de manera importante, el escurrimiento reacciona de modo opuesto: los impulsos sucesivos van a fundirse en el ruido continuo de un hilillo ininterrumpido. El tiempo pierde su estructura y somos sumergidos auditi-

³J.P. Crutchfield and al. "Chaos", *Scientific American*, diciembre 1986, p. 38.

vamente en un proceso sin hito interno que se expresa por una no estructura mediante un chorro continuo. Hemos perdido nuestro metrónomo, nuestro cronómetro y en el plano de la percepción nos convertimos en testigos activos de un flujo ininterrumpido cuya ausencia de estructura implica una ausencia de historia. Nuestro dispositivo nos da la imagen de un tiempo vivido pero completamente indeterminado.

Entre estos dos tipos de escurrimiento de caracteres opuestos existe un tercer "reglaje" de nuestra compuerta, un "reglaje" intermediario en el cual el escurrimiento manifiesta un comportamiento paradójico que integra simultáneamente las dos condiciones precedentes. Tenemos entonces a ratos la impresión de que el gota a gota se va a estabilizar en una frecuencia que creemos prever, pero, de repente, una evaluación rápida modifica nuestras previsiones e imaginamos una evaluación hacia un estado continuo. Nueva sorpresa. Durante algunos periodos solamente, una frecuencia baja parece afirmarse. Estamos así continuamente equilibrados entre dos aguas: el agua del determinismo y el agua del indeterminismo.

Este paradójico régimen de escurrimiento representa la esencia misma de un sistema de comportamiento caótico.

Hago aquí un paréntesis esencial: el concepto de caos que yo utilizo en este texto no se refiere ni al desorden, ni a la confusión general de los elementos, según la definición del diccionario, sino a este caso límite en el que la estructura congelada del pasado es alimentada, en el presente, por la potencialidad infinitamente variada del futuro.

Si volvemos por última vez a la realidad concreta de nuestro escurrimiento, observamos que, en el caso de un régimen caótico, la menor perturbación del sistema (ínfima modificación de la presión de agua, corriente de aire, sonido intenso, ...) lo influye. Según la expresión de Novalis, estamos en presencia de un "caos sensible", en el que causas visiblemente ínfimas producen notables efectos cualitativos (antes del desarrollo de los sistemas de medida eléctrica, los estudiosos de la acústica utilizaron llamadas sensibles al sonido, que revelaron ciertos aspectos cuanti y cualitativos de los fenómenos físicos ligados a la propagación de ondas de débil energía⁴).

Pero ¿qué sucede con los instrumentos musicales acústicos?

En el caso del violín, un mechón de crin de caballo, con pez de castilla, frota una cuerda fabricada originalmente de tripa. La presión del arco aparta la cuerda tensa de su posición de reposo hasta el momento en que su tensión acrecentada le permite escapar del arco y volver a su posición de partida. El arco puede volver a activarse y, teóricamente, la alternación de enganchamiento y desenganchamiento de la cuerda debiera producir un sonido de altura rigurosa y matemáticamente determinada. Pero el crin, la tripa y la pez son materiales originarios de los reinos animal y vegetal. Las asperezas de una crin se espacian todas diferentemen-

⁴P.E.Schiller. "Untersuchungen an der freien schallempfindlichen Flamme", *Akustische Zeitschrift*, I. 1938. J. Tyndall. *Le son*, traducido del inglés por abate Maigno, Gauthier-Villars, Paris, 1869.

te, las torceduras de la tripa se estrechan según las variaciones de densidad de los tejidos animales y el valor del coeficiente de roce debido a la pez seguirá las fluctuaciones de las concentraciones de aceites esenciales y otros ingredientes presentes en la resina de pino. Los movimientos relativos de la cuerda y del arco producen oscilaciones que corresponden realmente a un régimen caótico. Mediante su conducción del arco, el violinista infundirá la sutil variedad de sus intenciones musicales a la sonoridad del violín vuelta sensible. Para el músico, en función de sus necesidades expresivas y en un lenguaje metafórico, su instrumento se convierte en una prolongación viva y orgánica de su cuerpo. Los materiales del violín, originarios de los mundos animal, vegetal y mineral, han sido ensamblados por el violero de una manera precisa para poder ser luego reanimados por el juego vivo del instrumentista⁵.

Todo instrumento de música acústica, por sencillo que sea, presenta siempre esta sensibilidad cualitativa de toque, ligada con esta vida del sonido. Por otra parte, un instrumento siempre será reconocido como mejor que otro cuando sus posibilidades de expresión y de toque sean mayores.

En el caso de una flauta travesa, la sensibilidad resulta sobre todo de la evacuación del fino chorro de aire salido de los labios del flautista. Este chorro se quiebra y oscila alrededor de un bisel y la componente laminaria de la evacuación es "caóticamente alimentada" por los componentes turbulentos⁶.

En el caso de un gong, la vida del sonido resulta en primer lugar de las proposiciones relativas de los constituyentes del bronce escogido, luego de la alternación de los tratamientos térmicos (recocido) y los tratamientos mecánicos (martilleo) que inducen acoplamientos estrechos entre los diversos modos vibratorios. Un golpe de mazo provocará algunas frecuencias precisas que "vivirán" al intercambiar caóticamente su energía con modos vibratorios acoplados⁷.

En el caso de un piano, cuando uno de los martinetes percute un trío de cuerdas, tres osciladores son puestos en movimiento. Y tal como en el problema de los tres cuerpos encontrado en astronomía por H. Poincaré, este conjunto de vibradores, respondiendo por completo a las ecuaciones deterministas, no presentará jamás ninguna solución cuantitativamente predecible en la medida en que las frecuencias del trío no son nunca rigurosamente iguales en la realidad física. Aunque se reemplazara la acción del dedo de un pianista por una máquina rigurosamente reproductora, los sonidos emitidos no serían todos menos "caóticamente vivos" y por consiguiente diferentes⁸.

Durante la guerra de 1914 a 1918, Maurice Martenot se sintió atraído por los silbidos que se podían provocar sistemáticamente mediante el desarreglo de los receptores radiofónicos de campaña. La curiosidad musical de este músico profe-

⁵E. Heron-Allen. *Violin-making as it was and is*, Ward Lock, Londres, 1885.

⁶G.A. Audsley. *The art of organ-building*, Dodd and Mead, Nueva York, 1905.

⁷J. Blades. *Percussion instruments and their history*, Faber and Faber, Londres, 1970.

⁸D. Magne. *Guide pratique du piano*, Van De Velde, Paris, 1978; R.E.M. Harding. *The piano-forte. Its history traced to the Great Exhibition of 1851*, Gresham Books, Surrey, 1933.

sional fue excitada y él se transformó en físico aficionado para intentar explotar musicalmente las propiedades de los electrones⁹. En 1928, presentó en la Ópera de París un nuevo instrumento musical electroacústico: Las Ondas Musicales Martenot. Aunque utilizó materiales que provenían de un laboratorio de física, Martenot dio en sus creaciones una prioridad absoluta a las exigencias sonoras musicales. Para él existe, por ejemplo, una diferencia precisa entre la afinación teórica de los expertos en acústica y la afinación expresiva del músico y es así como su instrumento fue dotado de oficio de dispositivos que producen efectos particulares en el plano sonoro. Además de un altoparlante corriente, utilizó dos fuentes sonoras nuevas: la palma que posee una membrana constituida por una tabla de resonancia sobre la cual hay tendidas doce cuerdas de simpatía y el gong que puede ser accionado por medio de un dispositivo electromecánico. El movimiento vertical de las teclas permite un ataque de intensidad progresiva y el movimiento lateral un vibrato de frecuencias. El deslizamiento de un anillo sobre una cinta metálica produce un glissando. El ejecutante de las ondas podrá actuar dinámicamente sobre un teclado y gracias a las diversas combinaciones de "reglajes", podrá variar los parámetros de su ejecución según sus necesidades expresivas.

En un informe hecho en 1945, Martenot considera que "la electricidad se convierte en cierto modo en una prolongación del sistema nervioso que responde más fielmente al pensamiento musical al traducir todos los imponderables que otrora eran detenidos por la inercia de la materia". El instrumento de Martenot ofrece efectivamente una notable sensibilidad física, cuantitativa: mediante un débil estímulo, se puede lograr un efecto importante. Esto se verifica en toda la lutería electroacústica en que el mínimo movimiento de un potenciómetro permite producir en la salida de un altoparlante sonidos que fácilmente pueden superar el umbral auditivo del dolor.

Según la metáfora de la prolongación del sistema nervioso, el instrumentista podrá modelar la masa sonora gracias al movimiento de los potenciómetros del teclado y de la masa de control. Todo ello al liberarse de la inercia de la materia. Podríamos llevar el razonamiento hasta la ciencia ficción y considerar que la utilización de los potenciómetros presenta aún demasiada inercia. ¿Por qué no acortar el circuito de esta etapa ligando directamente el pensamiento musical con un dispositivo electroacústico mediante electrodos cerebrales? Este sistema sería aún más sensible que todos los sistemas existentes hoy en lutería electroacústica. ¿Pero puede obtenerse un sonido vivo de esta manera? ¿Puede obtenerse con los instrumentos electroacústicos contemporáneos sonidos "caóticamente vivos"?

Las cantantes y los cantantes a menudo experimentan en el seno de sus cuerpos las particularidades íntimas de este instrumento musical privilegiado que es su voz. El estudio de su instrumento los incita normalmente a reconocer la sombría inercia de sus cuerpos. Mediante un lento trabajo metódico, flexibilizan progresivamente esta materia para terminar trascendiéndola dándole una trans-

⁹M. Martenot et E. Leipp, "Les ondes Martenot", *Bulletin du Groupe d'Acoustique Musicale*, N° 57, Paris, 1971.

parencia, paso obligatorio, a través de la cual su pensamiento musical se transforma en creación humana individual. La práctica del canto no apunta directamente a la sensibilidad cuantitativa. Su primer objetivo es lograr la sensibilidad afectiva, cualitativa, en que cada creación lleva la marca, cada vez nueva e individual, de un pensamiento musical encarnado a través de un cuerpo tornado musicalmente transparente¹⁰.

¿Acaso no nace el arte de la humanización de la materia, del esfuerzo para vencer su resistencia, su inercia? ¿No nace acaso de la voluntad de unir paradójicamente el gesto determinado de la pregunta humana a la respuesta imprevisible y portadora de futuro de la materia? Como podemos ver, la sensibilidad artística extrac de este caos sensible una parte de la sustancia profunda que el hombre puede hacer nacer conscientemente entre sus acciones y la materia¹¹.

Además de una sensibilidad cuantitativa, los instrumentos electroacústicos aportan potencialidades musicales en número teóricamente infinitos¹². Se puede grabar cualquier sonido y metamorfosearlo a nuestro antojo (filtros, modificaciones de velocidad, mezclas, ...). Se pueden crear sonidos inauditos por síntesis analógica o por síntesis digital. Se pueden incluso tratar datos de tipo musical en computadores cuya velocidad de ejecución permite considerar que funcionan a tiempo real. ¡El músico se enfrenta a tal complejidad técnica que podría creer que su libertad creadora no tiene trabas! Pero en el dominio del arte el cálculo de probabilidades no constituye ley. Sólo serán fructíferas las combinaciones que permiten al músico expresar al auditor su mensaje musical. Igualmente, sólo serán posibles las combinaciones físicas que continúan obedientes a las leyes internas del pensamiento musical y que permiten siempre crear formas sonoras dotadas de vida, imágenes sonoras de este pensamiento musical. Sin embargo, reconocemos que esta infinita variedad de posibilidades materiales imprevisibles ha podido revelar muchos mundos nuevos a la imaginación creadora de los músicos y liberarla de aquello que en las formas antiguas puede ser hoy experimentado como anacrónico.

La obra *Répons* (Responso) de Pierre Boulez fue creada en 1981¹³. Se trata de una pieza escrita para orquesta de cámara, seis instrumentos acústicos solistas y un computador rápido acoplado con micrófonos y altoparlantes. En esta fórmula mixta, los sonidos acústicos se mezclan con los sonidos electroacústicos, resultados estos últimos de metamorfosis "eléctricas" de los primeros. Los instrumentistas escuchan el sonido directo de su instrumento pero su toque es radicalmente modificado por el "acompañamiento" simultáneo de los sonidos metamorfoseados a tiempo real. Además, el compositor ha previsto hacer evolucionar los tipos de metamorfosis en el curso del desarrollo de la pieza. Las relaciones de causa a efecto clásicas en la ejecución instrumental son destruidas por las irrupciones no

¹⁰L.J. Rondeleux. *Trouver sa voix*, Seuil, Paris, 1977.

¹¹N. Visser. *Das Tongheimnis der Materie*, Telleby Bokförlag, Järna, 1984.

¹²M. Chion, "La musique électroacoustique", *Que Sais-je*, N° 1990, P.U.F., Paris, 1982.

¹³P. Boulez y A. Gerzo. "Computers in music", *Scientific American*, p.26, abril 1988.

predecibles de los tratamientos del computador: la ejecución clásica se torna metaejecución instrumental. Encontramos allí una fuente de innovación diferente que por su especificidad actúa al nivel de la interpretación como portadora de caos transformado en sensible por el sello de la personalidad de los músicos.

Todos los ejemplos tratados acá muestran que el caos (siempre considerado en una acepción positiva, no lo olvidemos) es el terreno indispensable en el cual puede florecer la expresión musical. Según una tradición viva, los fabricantes de instrumentos acústicos han escogido siempre materiales precisos, les han dado siempre formas pecisas y siempre los han armado para que puedan funcionar según regímenes caóticos.

La acción de Felix Savart (señalada al inicio) se aparta de esta tradición viva e introduce elementos basados en consideraciones de simetría rigurosa y de geometría lineal. De este modo, los acoplamientos de las resonancias de la caja disminuyen en importancia y las cualidades de vida del sonido declinan.

La voz de una cantante amplificada por la cadena micrófono-amplificador-altoparlante, podría (y a menudo puede) prescindir del trabajo vocal indispensable para hacer resonar todo su cuerpo. El sonido electrónicamente amplificado llevará probablemente más la huella del cartón de la membrana del altoparlante que la de la corporeidad individual de la cantante.

Un sonido del tipo "golpe de gong" fabricado por un sintetizador no dará jamás sino una imagen de la "metalidad" del bronce.

Constatamos: el material en sí oculta la fuente de la materia viva del sonido. De acuerdo a su función, el fabricante de instrumentos prepara el material musicalmente transparente indispensable para el intérprete.

El marcador del cilindro ajustaba sutilmente los dientes de mando de su órgano para dar a la ejecución mecánica una forma de contornos flexibles en la cual podía moverse la vida del pensamiento musical.

La sensibilidad de la embocadura del trompetista le permite modificar delicadamente su intención y animar de manera siempre nueva una forma musical.

El mecanismo de un piano es en realidad antimecánico en virtud de su complejidad; un martinete no será nunca disparado idénticamente.

En cambio, a idéntica posición del cursor de un potenciómetro, corresponden resistencia y tensión de mando idénticas, indefinidamente.

Como hemos visto, el computador puede anamorfosar a tiempo real una imagen sonora que hemos dibujado en calidad de intérprete y las superposiciones sonido directo-sonido anamorfosado se transforman en fuentes de formas musicales vivas.

También constatamos que la variedad de intenciones temporales sorprendentes e inesperadas de una forma musical en sí misma dinámica, permite interpretar sin traición la vida propia del pensamiento musical del compositor. La lectura de una partitura escrita podrá, mediante esta información materialmente congelada, resucitar de una manera siempre nueva e infinitamente variada.

En su origen, el andar científico ha aspirado al determinismo absoluto del que lo humano ha sido parcialmente excluido. El arte mismo ha sido siempre la

expresión por excelencia de lo humano. Pero hoy constatamos que la misma ciencia descubre en la naturaleza fenómenos irreductiblemente indeterminados, un caos sensible, fuente siempre renovada de la creatividad humana¹⁴.

No seamos pesimistas.

Por cierto, los instrumentos electroacústicos han permitido llevar al paroxismo los límites de la realidad musical. Pero si esta incursión en lo imposible nos ha exigido que tomemos conciencia de la verdadera naturaleza de los instrumentos acústicos, que es permitir una interpretación viva por medio de un sonido viviente, ella también nos ha abierto el camino a posibilidades aún inauditas que podrán permitir que estos productos del laboratorio y de la técnica, sean modelados en formas cada vez mejor adaptadas a la sutilezas de la comunicación humana.

De este modo, instrumentos acústicos y electroacústicos, cada uno en su esfera musical, podrán asociarse al gran devenir contemporáneo que intenta aminorar poco a poco la distancia entre el arte y la ciencia.

¹⁴I. Prigogine y I. Stengers. *La nouvelle alliance. métamorphose de la science*, Gallimard, Paris, 1979-1986.