



FACULTAD DE ARTES Y CIENCIAS MUSICALES

CENTRO DE ESTUDIOS ELECTROACÚSTICOS

INTRODUCCIÓN A LA ORGANIZACIÓN DE LA ALTURA EN LA MÚSICA ESPECTRAL FRANCESA

François Rose

Traducción del inglés de Eduardo Checchi y Pablo Cetta

INTRODUCCIÓN

Gérard Grisey (1946) y *Tristan Murail* (1947) son los dos músicos espectralistas franceses más conocidos.

Sus obras promueven una estética muy específica, que da predominio al timbre: tendencia considerada en la postura de algunas instituciones tales como el IRCAM y el GRM, como así también en las obras de algunos compositores, como Olivier Messiaen, György Ligeti, Iannis Xenakis y Karlheinz Stockhausen (quien incluyó consideraciones del timbre proyectado al ritmo y a la forma en su famoso artículo “...cómo transcurre el tiempo...”).

Pero si bien algunos compositores han puesto un fuerte énfasis sobre el timbre, los compositores de la escuela espectral lo han hecho propio en sus composiciones. Estableciendo, además, la serie de los armónicos como punto de referencia.

La serie de los armónicos es un concepto teórico que describe un conjunto de vibraciones cuyas frecuencias son múltiplos de una frecuencia fundamental (f_1). Cualquier frecuencia puede emplearse como fundamental mientras que los otros elementos de la serie se denominan respectivamente segundo parcial (f_2), igual a $2 \times f_1$, tercer parcial (f_3), igual a $3 \times f_1$, etc.

El ejemplo 1 muestra una serie armónica. El *mi* 1 (41.2 Hz) es la fundamental, y se observan aquí sus primeros treinta y dos parciales. Los microtonos generados por este proceso se indican con flechas y son redondeados al $1/4$ ó $1/6$ de tono más próximo.

Ejemplo 1

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32

Pero la originalidad de la música espectral no proviene del empleo de la serie armónica. Por 1850 el físico alemán *Hermann Helmholtz* descubrió cómo el “color” del sonido es influenciado por el contenido de sus armónicos. La música espectral es singular e interesante porque su práctica responde a circunstancias físicas complejas, como la serie de los armónicos, en lugar de construir estructuras musicales sobre la base de una célula o motivo, tal como lo ha hecho la tradición dominante de la música occidental.

La idea de rechazar al motivo como elemento principal de una composición y ubicar al timbre en su lugar, fue establecida por Grisey durante una presentación en los cursos de Darmstadt de 1978:

“El material deriva de la evolución natural de la sonoridad, de la macroestructura y no de otro modo. En otras palabras, no existe un material básico (no es la célula melódica, ni los complejos de notas, ni los valores de notas)”.

Creo que la música espectral es original no sólo por su elección del modelo, sino también por su actitud acerca del tiempo. De hecho, una música basada en una estructura acústica compleja requiere un espacio temporal dilatado. Aunque timbre y tiempo están fuertemente vinculados en la música espectral, no trataremos el problema del tiempo aquí. (El lector interesado en el aspecto temporal de la música espectral puede leer el artículo de Grisey “*Tempus ex Machina: a composer’s reflection on musical time*”. Ver bibliografía)

ARMONICIDAD / INARMONICIDAD

El origen de la música espectral está ligado al desarrollo de las nuevas tecnologías, y más específicamente a la computadora, cuyos refinamientos hicieron posible el análisis del sonido, es decir, la determinación de parciales y sus amplitudes respectivas. La concepción básica del timbre empleada por los compositores espectrales está fuertemente influenciada por ciertas técnicas de la música electrónica, en particular por la síntesis aditiva. Este método involucra la suma de frecuencias componentes (producidas por sonidos sinusoidales) para obtener resultantes complejas.

En el principio de *Partiels* (1975), Grisey fue estimulado por el análisis sonográfico de un sonido pedal grave, *mi* 1 (42.2 Hz), de trombón. Seleccionó algunas frecuencias componentes y las orquestó. Por esto es que podemos referirnos metafóricamente a esta técnica como “síntesis aditiva instrumental”. El ejemplo 2 muestra la selección de frecuencia que Grisey realizó y su asignación a los instrumentos. Su orquestación respeta, a gran escala, no sólo las frecuencias mismas sino también el tiempo proporcional que el sonograma muestra de la entrada de los parciales del modelo de trombón. También considera el nivel dinámico de cada componente. Por ejemplo, su análisis reveló que el cuarto parcial del trombón es suave, por eso lo orquestó con un armónico natural ejecutado en contrabajo, sonoridad más débil en comparación a la de los otros instrumentos.

Todos las componentes ilustradas en el ejemplo 2 son múltiplos enteros de la frecuencia del *mi*1, por lo tanto a este espectro se lo denomina armónico. Si algún componente no es múltiplo entero de la fundamental, se lo llama inarmónico. Puede haber grados de inarmonicidad variables. El desarrollo de la primera parte de *Partiels* se basa en esta noción.

Más aún, como el timbre va haciéndose más inarmónico, se agregan ruidos a la orquestación. Los instrumentos que producen el ruido se indican en la parte inferior del ejemplo 3. Los instrumentos de cuerda suman ruido ejerciendo más presión sobre el arco, mientras las maderas realizan un efecto similar cambiando dinámicas rápidamente mientras mantienen sus sonidos.

He mencionado que esta técnica puede denominarse metafóricamente síntesis aditiva instrumental porque la analogía entre el modelo y su realización, teóricamente, permanece. La diferencia significativa entre el modelo y la realización es que cada componente es ejecutada por un instrumento musical en lugar de un sonido sinusoidal. En otras palabras, la oscilación sinusoidal simple y elemental es reemplazada por sonidos complejos, cada uno con diferente identidad. Consecuentemente, el concepto de sumas de sonidos simples para crear uno complejo es reemplazado por la combinación de varios sonidos complejos que generan uno más complejo todavía. Por eso, debe quedar claro que la idea no es crear una reproducción acústica de un sonido electrónico, sino adaptar un proceso electrónico a los instrumentos acústicos. Naturalmente, el resultado de este proceder, que deriva de modelos físicos, ya no comparte sino reemplaza las características del fenómeno modelado.

MICROFONÍA / MACROFONÍA

En su obra *Transitoires* (1980-81), Grisey emplea el análisis sonográfico de un contrabajo ejecutado de cinco formas diferentes: pizzicato, normal, normal hacia el puente, casi sobre el puente y finalmente sul ponticello. Los resultados del análisis se muestran en el ejemplo 4 y se distinguen con las letras V, W, X, Y y Z, respectivamente. Los parciales 1, 2, 3, 11, 13 y 15 están presentes en los cinco ataques creando un énfasis a la manera de un formante a lo largo de toda la sección.

Ejemplo 4 : Contenido de los parciales del contrabajo analizados para *Transitoires*

Nº parcial	pizz V	ord W	X	Y	pont Z
66º					x
55º				x	
53º				x	
52º				x	
51º				x	x
50º				x	x
44º				x	
37º				x	x
34º				x	
33º			x		x
32º				x	
31º			x	x	
30º		x	x	x	
29º		x	x	x	x
28º		x	x		x
27º		x	x	x	x
26º				x	
25º			x	x	x
24º				x	
23º			x	x	x
22º			x	x	
21º		x			x
20º			x	x	
19º		x	x	x	x
18º			x	x	x
17º	x	x	x	x	x
16º			x	x	x
15º	x	x	x	x	x
14º		x	x	x	x
13º	x	x	x	x	x
12º		x	x	x	x
11º	x	x	x	x	x
10º		x	x	x	x
9º	x		x	x	x
7º	x				
6º					x
5º	x	x	x		
3º	x	x	x	x	x
2º	x	x	x	x	x
1º	x	x	x	x	x

Una vez más Grisey incorpora la proporcionalidad temporal de la entrada de las diversas componentes, como así también la relación entre las intensidades relativas en la orquestación. Concibe a la orquesta y a un pequeño grupo de instrumentos como si se tratara de dos contrabajos sintetizados, a los cuales podemos llamar *macrofonía* y *microfonía* respectivamente. Luego contrasta estos dos contrabajos sintetizados con uno real, presentándolos siempre en el siguiente orden: real, microfónico, macrofónico.

Yendo más lejos aún, la sucesión de estos tres sonidos imita el contorno de la amplitud de un contrabajo verdadero; en este caso, el contrabajo real imita su ataque, el microfónico actúa en la llegada al régimen estacionario, el cual es imitado por el contrabajo macrofónico hasta el decaimiento.

El ej.5 muestra las transformaciones de las duraciones de los tres sonidos: el contrabajo real, su microfonía y su macrofonía. La sucesión sonido real-microfónico-macrofónico se repite doce veces. La duración del contrabajo real se va haciendo más larga y la actividad dentro de estas duraciones es cada vez mayor. Desde una periodicidad de negras, el movimiento se vuelve aperiódico y gradualmente regresa la periodicidad a una velocidad de 3/7 de negra. La duración de la microfonía decrece en un movimiento de diente de sierra; se mueve

desde $11 \frac{1}{5}$ pulsos a 12 pulsos para caer a $6 \frac{1}{6}$ pulsos, luego sube a $12 \frac{3}{7}$ para caer a 3 pulsos y así continúa hasta desaparecer completamente. El proceso de la macrofonía tiende a la periodicidad armónica y rítmica. En la repetición séptima, el acorde Z se repite tres veces con una duración de $1 \frac{5}{7}$ pulsos; en la novena repetición, se repite cuatro veces sucesivas a una duración de $1 \frac{3}{7}$ pulsos; en la décima y duodécima repetición, los dos acordes W y Z se van repitiendo en sucesión, y mientras la duración de W permanece constante para cada repetición, la duración de Z se torna gradualmente más larga. Por ejemplo, en la décima repetición, la duración de W permanece constante en una negra más corchea con puntillo de septillo, mientras que la duración de Z crece de blanca a blanca más una corchea de quintillo, y luego en blanca más negra de quintillo.

Ejemplo 5 : Transformaciones temporales del real, micro y macro contrabajo en TRASNSITOIRES

La microfónica está compuesta de alturas continuantes que, a través de las doce repeticiones del proceso, se mueve en cinco pasos desde la armonicidad hacia la inarmonicidad, tal como lo muestra el ejemplo 6, en donde los sonidos inarmónicos parecen como notas negras. El nivel de inarmonicidad es incrementado gradualmente sobre las cinco estructuras a través del reemplazo de componentes armónicas por otras inarmónicas, cada vez a mayores distancias de la posición normativa. Por ejemplo, el 17° parcial (*fa* 5) se desplaza una octava hacia abajo en la segunda estructura, mientras que el 39° parcial (*reb* 6) cae dos octavas en la tercera. Finalmente, en la cuarta y quinta estructuras se suman sucesivamente el 57° (*re* 7) y el 9° (*fa#* 4) desplazados hacia el grave cuatro y dos octavas, respectivamente.

Ejemplo 6 : Progresión armónica de la microfónica

Pasos 1 y 2 3 y 4 5 - 6 - 7 - 8 9 10 y 11

SUBARMONICIDAD

La serie armónica está caracterizada por grandes intervalos en la base que se van empequeñeciendo a medida que se asciende en el registro. Pero invirtiendo el orden de los intervalos (esto es : comenzando con los intervalos amplios en el registro superior) se obtiene una construcción artificial llamada espectro subarmónico con un gran cromatismo en el registro grave. Esta técnica es empleada por Grisey en *Modulations* (1976-77).

El ejemplo 7 ilustra este proceso. Cada compás muestra, a la izquierda, el espectro armónico y la derecha el correspondiente espectro subarmónico. Si observamos la progresión de los diez armónicos del espectro veremos que:

1. Las fundamentales que aquí se muestran como armónicos, descienden cromáticamente desde *mi* hasta *sol*.
2. La relación entre las fundamentales de los armónicos y de los subarmónicos ascienden gradualmente, a lo largo de esta sección. En los diez pasos, la fundamental del espectro subarmónico se mueve desde una relación de cuarta hasta el vigésimo parcial en relación con la fundamental del espectro armónico. Estas relaciones se muestran con las líneas rectas en el ejemplo 7.
3. El espectro armónico se mueve gradualmente hacia la inarmonicidad. Los componentes inarmónicos, representados con notas negras, están indicados con decimales en el ejemplo, donde los “parciales” 11.5; 10.5; 9.5 y 4.3 representan el 35°; 31°; 27° y 17° parciales respectivamente, una octava abajo, y 8.8, 7.8, 6.8, y 4.3 representan a los parciales 35°, 31°, 27° y 17° , dos octavas más abajo. El décimo espectro es decididamente inarmónico, con seis componentes inarmónicas.
4. Los espectros se vuelven gradualmente más y más comprimidos. Aunque todos tienen un número sustancial de componentes, en el primer espectro armónico ellas caen entre sus parciales 2° y 17°, mientras que en el décimo se encuentran entre el 2° y el 10°.
5. Hay un diseño gradual que reúne a los espectros armónicos e inarmónicos. Por ejemplo, mientras el primer espectro armónico cubre el registro superior, el primer espectro subarmónico cubre el registro grave. La única altura que tienen en común es *mi* 4, pero en el décimo y último acorde, la segunda y décima componentes del espectro armónico son iguales a la décima y segunda componentes, respectivamente, del espectro subarmónico.

Ejemplo 7: Subarmonicidad en *Modulations*

TÉCNICA DEL FILTRADO

Los compositores espectralistas han sido influenciados por varios procedimientos electrónicos además de la síntesis aditiva: filtrado, modulación en anillo, y frecuencia modulada entre otros. El comportamiento conceptual de cada proceso es trasladado metafóricamente desde el dominio electrónico al de los instrumentos acústicos.

Los análisis espectrales demostraron que las sordinas se comportan como filtros. Inhiben algunas áreas del espectro y resaltan otras. Habiendo analizado la influencia de distintas sordinas sobre un *mi* 2 del trombón, Grisey aplica los resultados para producir una enorme transformación del timbre en *Modulations* (1976-77). Como se muestra en el ejemplo 8, el ensamble es dividido en cuatro grupos, denominados A, B, C y D, con una progresión armónica que va desde la armonicidad hasta la inarmonicidad. El contenido armónico de cada grupo está basado en los análisis de las diferentes sordinas. Por ejemplo, sus análisis revelaron que los parciales 2 5, 8, 9 y 15 del *mi* grave eran resaltados cuando la fundamental se ejecutaba en un trombón con sordina Harmon. Por consiguiente, Grisey elige las alturas correspondientes a estos parciales para definir las notas del grupo A. Emplea el mismo procedimiento para el grupo B (sordina stopped), grupo C (sordina imaginaria) y D (sordina cup).

La primera colección de acordes empleados para cada grupo se ilustra en el ejemplo 9. Como se indica, la conducción de voces de cada grupo se transporta siguiendo el descenso de la voz inferior. Al ubicar a estos grupos en sucesión, Grisey considera un contrapunto de diferentes timbres. Se remite a la idea de una *polifonía espectral*. Las técnicas de interpolación empleadas para enlazar los acordes w a w' para w'' serán vistas posteriormente.

Ejemplo 9 : técnicas de filtrado en MODULATIONS

GRUPO A GRUPO B GRUPO C GRUPO D

VII : toca 1/4 de tono inferior
 VIII : toca 1/6 de tono inferior
 V : toca 1/4 de tono inferior
 VI : toca 1/6 de tono inferior

SONIDOS DE COMBINACIÓN

Esta técnica es la contraparte acústica de la modulación en anillo. Los sonidos de combinación entre dos frecuencias A y B se obtienen sumando y restando estas frecuencias: $A + B$ es el adicional, y $A - B$ es el diferencial. Este principio puede extenderse al infinito si consideramos los sonidos de combinación de segundo orden, tercer orden, etc. En el caso del segundo orden, las suma y diferencias son realizadas entre todos los pares formados de segundos armónicos entre sí, y con las fundamentales (por ejemplo, $2A + 2B$, $2A + A$, $2A - A$, $2A + B$, $2A - B$, $2B + B$, $2B - B$, $2B + A$, $2B - A$, $2A + 2B$ y $2A - 2B$).

Grisey además emplea productos en la combinación, que denomina “sonidos sombra”. Utilizó esta técnica en varias piezas, incluyendo *Partiels* y *Modulations*. El ejemplo 10 muestra el empleo de esta técnica en *Partiels*.

Acerca de la progresión realizaremos cuatro observaciones:

- 1- En el ejemplo 10, los tres pentagramas muestran, desde arriba para abajo: los parciales, las alturas generadoras, y los sonidos diferenciales. Las alturas generadoras están rotuladas con letras con círculos, que muestran cómo fueron calculados los diferenciales, y la relación armónica entre las alturas generadoras y los parciales. Por ejemplo, en el primer compás del ejemplo 10, el sonido *do* 2 (65.41 Hz) y el *reb* 2 (69.3 Hz) son dos alturas generadoras llamadas A y B respectivamente. La altura *re* 3 (146.38 Hz) es un diferencial de cuarto orden de las alturas generadoras, dado que $(4 \times 69.3) - (2 \times 65.41) = 146.38$. En consecuencia, el sonido-sombra *re* 3, es identificado con la letra C y precedido por la fórmula $4B-2A$. Por otra parte, *sol* 2 (98 Hz) y *fa#* 1 (46.24 Hz) se relacionan armónicamente con *do* 2 y *reb* 2 (enarmonía de *do#* 2). La altura generadora *do*, y el sonido-sombra *sol* son el 2° y 3° parcial de un *do* 1 (32.7 Hz), mientras que el sonidos generador *reb* y el sonido-sombra *fa#* son el 3° y 2° armónico, respectivamente, de un *fa#* 0 (23.12 Hz).
- 2- Las alturas generadoras se mueven de manera oscilante desde el grave al agudo, como se muestra en el ejemplo 11. La razón entre las frecuencias de las dos alturas generadoras provee importante información acerca del grado de armonicidad de los sonidos-sombra. Una razón simple asegura que los sonidos-sombra formarán una

relación armónica con las dos alturas generadoras, mientras que una relación compleja indicará inarmonicidad. Como se muestra en el ejemplo 11, los intervalos principales entre las dos alturas generadoras son tritonos y segundas (mayor o menor, incluyendo la séptima y la novena). Estos intervallos producen resultados inarmónicos. Pero en el tercer compás del último sistema del ejemplo 10, o de modo equivalente la tercera diada del quinto (último) grupo del ejemplo 11, existe un cambio decisivo de relación entre las alturas generadoras: *sol# 5* y *mi 6* corresponden a los parciales 48° y 64° de un *mi 1* (41.2 Hz), como se indica con los números encuadrados. En consecuencia, todos los sonidos de combinación producidos por estas dos alturas generadoras son parciales del *mi 1*. Por ejemplo, en el tercer compás del último sistema, el 24° parcial de *mi 1*, el *si 5* (987.8 Hz) es también el diferencial de primer orden entre los parciales 64° y 40° ($64 - 40 = 24$). Este cambio de relación entre alturas generadoras es anticipado anteriormente en el tercero, cuarto y sexto compases del tercer sistema, y en el quinto compás del cuarto sistema, con una tercera mayor, una décima menor, una sexta menor y una sexta mayor, respectivamente. Todos ellos producen resultados armónicos (esto corresponde en el ejemplo 11 a la segunda, tercera y sexta diadas del tercer grupo, y a la quinta diada del cuarto grupo).

- 3- La transformación de la inarmonicidad a la armonicidad también es preparada a través del control del número de alturas generadas en cada sección. Las flechas, en el ejemplo 10, muestran que la introducción de nuevas alturas se reduce gradualmente mientras los parciales y diferenciales usados como alturas generadoras se van incrementando. Mientras que en la primera presentación del proceso (primer sistema) sólo un sonido-sombra es utilizado como altura generadora, en la cuarta repetición (cuarto sistema) encontramos ocho. En este punto, los sonidos-sombra y las alturas generadoras están focalizados en el espectro armónico de *mi*.
- 4- La técnica de los sonidos de combinación no es usada solamente para generar componentes armónicas. Como se indica en el primer compás del ejemplo 10, el sonido diferencial de las dos alturas generadoras *do 2* (65.41 Hz) y *reb 2* (69.3 Hz), produce una pulsación rítmica, dado que $69.3 \text{ Hz} - 65.41 \text{ Hz} = 3.89 \text{ Hz}$. La frecuencia de 3.89 Hz tiene un período de $1/3.89 = 0.26$ segundos. En este punto de la pieza, el tempo es $\text{MM} = 88$, velocidad en la cual un tiempo dura 0.682 segundos. En consecuencia, un período de 0.26 es aproximadamente igual a once pulsaciones en cuatro tiempos a $\text{MM} = 88$ ($0.682 / 0.26 = 2.62$). Pero como las alturas generadoras se mueven desde el registro grave al agudo, los sonidos-sombra se mueven desde las pulsaciones rítmicas hasta una altura audible. Mientras se generan tres pulsaciones en la primera presentación del proceso (primer sistema), se genera sólo una en la segunda presentación (segundo sistema). Así, la armonía, el timbre, y su faz rítmica son diferentes tipos de resultados, todos generados por el mismo proceso.

♩ 88 Ejemplo 10 : combinaciones tonales en PARTIELS

♩ 104 Ejemplo 10 cont

♩ 128 Ejemplo 10 cont

♩ 90 Ejemplo 10 cont

Ejemplo 10 cont

♩ 100

Otro aspecto interesante de esta sección de la pieza es la fuerte correlación entre la organización horizontal y vertical de la composición: la transformación sobre el tiempo de las armonías tímbricas y sus duraciones, respectivamente. Una matriz temporal de 42.5 tiempos (veinte compases de 2/4 más uno de 5/8) se emplean para controlar las entradas de las alturas generadoras. Esta matriz es repetida en principio tres veces, primero a MM = 88, luego a MM = a 104, y la tercera a MM = 128. En consecuencia, mientras el número de tiempos de la matriz permanece estable, su duración total se acorta a través de la manipulación de las indicaciones metronómicas.

A la cuarta repetición, la matriz se reduce a la mitad de tamaño (21 tiempos) a MM = 90. Y finalmente, para la quinta repetición, es acortada aún más, llegando a 15 tiempos a MM = 100.

Como se observa en el ejemplo 11, siete pares de alturas generadoras se presentan en las cuatro primeras representaciones del proceso, y sólo seis en la última.



La progresión de duraciones es resumida en el ejemplo 12. La duración de cada una de las siete entradas del conjunto de alturas generadoras es indicado en números de tiempos. En un primer paso, las siete duraciones son totalmente aperiódicas, mientras que en la quinta, oscilan ligeramente alrededor de 2.5 tiempos (a MM = 100 equivale a 1.5 segundos). Finalmente, la sección alcanza un punto de cadencia donde los cambios ocurren periódicamente cada 1.5 segundos (este punto cadencial corresponde al último compás del ejemplo 10).

Ejemplo 12 : Transformación de las duraciones

MM	Nº de pulsos	Duración en segundos	Nº de cambios	Duraciones en pulsos de los siete cambios						
				1	2	3	4	5	6	7
88	42,5	29	7	9	4,5	5,5	3	4	6,5	11
104	42,5	24,5	7	7	9,5	3,5	4	5,5	4,5	9,5
128	42,5	20	7	8	5,5	4	5	4,5	6,5	9
90	21	14	7	4,25	1,75	3,25	2,25	2,5	3	2
100	15	9	6	2,5	2,75	2,25	2,5	2,75	2,25	

En conclusión, la organización horizontal y vertical, expresada como armonía y ritmo- sigue procesos paralelos, dado que el movimiento armónico (de la inarmonicidad hacia la armonicidad) es imitado en el dominio temporal por el mismo movimiento.

Más aún, ha sido demostrado que, debido al control que Grisey efectúa tanto en el intervalo de las alturas generadoras como en el grado de introducción de nuevas alturas, el movimiento armónico de la inarmonicidad a la armonicidad es realizado de forma sumamente gradual. Este movimiento gradual también se refleja en el dominio temporal, excepto que aquí es el número de tiempos entre la duración más corta y la más larga dentro de una repetición la que se reduce gradualmente. En el primer paso del proceso, las duraciones más largas y las más cortas son de once y tres pulsos respectivamente, con una diferencia de ocho tiempos entre ellas. Esta diferencia es reducida a seis tiempos (9.5 – 3.5) en el segundo paso, a cinco (9 – 4) en el tercero, y a 2.5 (4.25 - 1.75) en el cuarto, antes de alcanzar una casi periodicidad en el quinto paso con una diferencia de 0.5 tiempos (2.75 – 2.25).

FRECUENCIA MODULADA

El concepto de la técnica de síntesis por frecuencia modulada de John Chowning es bastante simple : se crea un espectro a través de la modulación entre dos frecuencias. La frecuencia portadora, c , es alterada por la moduladora, m , mientras que el número de parciales que resultan es determinado por el índice de modulación, i . Como se indica en la ecuación básica siguiente, las frecuencias presentes en un espectro logrado por FM es la suma y diferencia entre la portadora y la moduladora.

$$F_i = |c \pm (m.i)|$$

La relación m / c muestra el grado de armonicidad del timbre resultante. Relaciones simples como 1/2, 2/3, 3/4, crean espectros armónicos, mientras que las relaciones complejas producen espectros inarmónicos (el lector interesado en la FM puede leer el artículo de Chowning “The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation”). A partir de esto, resulta obvio que la ecuación mostrada aquí es una simplificación de la ecuación de Chowning. Por razones de simplificación, la parte de la ecuación referida al cálculo de las amplitudes ha sido dejada de lado.

Tristan Murail usó la técnica de FM como metáfora en la creación de estructuras armónicas en la primera sección de su obra *Gondwana* (1980), para orquesta. Usó la altura del *sol* 4 (392 Hz) como portadora y la de un *sol#* 3 (207.65 Hz) como moduladora, y un índice de modulación 9. El ejemplo 13 muestra las frecuencias resultantes de las sumas y diferencias que resultan de la fórmula precedente.

Ej 13 : Sonidos resultantes de sumas y diferencias calculados con la fórmula de FM					
Resultantes de suma			Resultantes de diferencias		
St 1 =	599,65 Hz	RE	↑	Dt 1 =	184,34 Hz FA #
St 2 =	807,3 Hz	SOL	↑	Dt 2 =	23,3093 Hz FA #
St 3 =	1014,95 Hz	SI	↑	Dt 3 =	230,96 Hz LA #
St 4 =	1222,6 Hz	RE #		Dt 4 =	438,61 Hz LA
St 5 =	1430,26 Hz	FA	↑	Dt 5 =	646,27 Hz MI
St 6 =	1637,91 Hz	LA b		Dt 6 =	853,92 Hz SOL #
St 7 =	1845,56 Hz	SI b		Dt 7 =	1061,57 Hz DO
St 8 =	2053,21 Hz	DO		Dt 8 =	1269,22 Hz MI b
St 9 =	2260,87 Hz	RE b		Dt 9 =	1476,88 Hz SOL b
			↑		1/4 de tono ascendente

Murail redondea la mayoría de las frecuencias hacia las del sistema temperado, excepto cuando coinciden con cuartos de tono. Esta se indican en el ejemplo 13 con flechas.

Murail combinó los sonidos producidos por las sumas y diferencias para construir la estructura armónica del comienzo de *Gondwana*. El resultado se muestra en la figura 14.

Ejemplo 14 : FM en Gondwana

Transportadora = 392 Hz
Moduladora = 207,65 Hz

15^{mo} - - - -

Dado que la relación m/c es aproximadamente igual a $17/32$, el espectro es bastante inarmónico. El ejemplo 15 muestra las portadoras y moduladoras que utilizó Murail para generar su primera, segunda, cuarta, quinta y octava estructuras sonoras. El ejemplo 16 muestra sólo las alturas incluidas en su orquestación. La decimotercera estructura, empleada al comienzo de la segunda sección de la pieza, fue realizada a través de la superposición de dos espectros armónicos, uno basado sobre $sol\# 2$ (103.83 Hz) y el otro sobre $fa\# 0$ (23.1 Hz) –la fundamental, sin embargo, no está presente. La técnica empleada para generar los otros acordes es el tópico de la próxima sección. Veamos en el ejemplo 16 la progresión completa.

Ejemplo 15 : las transportadoras empleadas por MURAIL en GONDWANA 1ª parte

Musical score for Example 15 showing carrier and modulator notes for various structures. The score is written on a grand staff with two staves. The notes are labeled with degrees: 1°, 2°, 4°, 5°, 8°, and 13°. Below the notes, the values of i are given: $i=9$, $i=9$, $i=10$, $i=8$, $i=10$, and 8° .

Ejemplo 16 : progresión armónica de GONDWANA primera parte

Musical score for Example 16 showing harmonic progression in Gondwana. The score is written on a grand staff with two staves. The notes are labeled with numbers 1 through 12, indicating the progression of the harmonic structure.

Una componente muy importante del lenguaje de Murail es su técnica de orquestación. Un ejemplo sobre la orquestación del primer acorde de *Gondwana* ayudará a ilustrar este punto. Murail elige para este primer acorde una envolvente tipo campana con las frecuencias medio bajas ejecutadas por los bronce, incluyendo la moduladora, a cargo de la tuba. Las altas frecuencias son ejecutadas por las maderas, pero con una distribución atípica. El primer clarinete en *mib* toca un *lab 6*, mientras los dos primeros oboes ejecutan un *fa 6* ascendido un cuarto de tono y un *mib 6*, respectivamente. La altura confiada al clarinete, en un registro más confortable que los dos oboes, es espectralmente más rica, suena con mayor presencia. De este modo, Murail imita un fenómeno comúnmente hallado en la mayoría de los sonidos acústicos, incluyendo las campanas, donde algunas frecuencias resuenan más que otras. La disminución rápida de la amplitud de los parciales más altos, que caracteriza a la campana, es imitada por una transferencia instrumental. Básicamente, los instrumentos más ricos en parciales superiores, como las trompetas y la trompa, decrecen en sonoridad y son reemplazados por tres clarinetes,

menos ricos en armónicos superiores. Muril utiliza, además, piano, vibráfono, dos crócalos y dos campanas tubulares para evocar el ataque de la campana. Además, el material de alturas de estos instrumentos incluye aproximaciones temperadas de los microtonos ejecutados por otros instrumentos, produciendo una fricción microtonal que genera batimientos: otra característica del sonido de campana. Por lo tanto, la orquestación se integra al lenguaje musical como una componente compositiva de gran importancia. El timbre es acercado a un primer plano dentro de la dimensión organizativa.

TÉCNICAS DE INTERPOLACIÓN

Tanto Grisey como Murail han usado ciertas técnicas para generar pasos intermedios entre puntos definidos por los procedimientos antes descritos. Como se mencionó anteriormente, Murail emplea doce acordes en la sección inicial de *Gondwana*. Los acordes 1, 2, 4, 5 y 8 eran calculados con la fórmula de la FM, mientras el decimotercero respondía a la superposición de dos espectros armónicos. Cada uno de los acordes intermedios es una mezcla de los dos adyacentes. Por ejemplo, el tercer acorde resulta de la combinación de algunos elementos del segundo y del cuarto, como se aprecia en el ejemplo 17.

Ejemplo 17 : técnica empleada por MURAIL para generar pasos intermedios en GONDWANA primera parte

The musical score is presented on four staves (treble and bass clefs). It illustrates the interpolation between the 2nd and 4th chords. The 2nd measure shows 'selecciones del 2º ac' and the 4th measure shows 'selecciones del 3er ac'. The 3rd measure, labeled '3er acorde', is a combination of elements from both, as indicated by a plus sign and a bracket below it.

También es importante notar que en la primera sección de *Gondwana* encontramos un ejemplo de interpolación de envolventes orquestales (por envolvente orquestal nos referimos metafóricamente a la forma general producida por la evolución dinámica, por registros, de un sonido orquestal). La primera estructura armónica descrita anteriormente poseía una envolvente de campana, mientras que la duodécima copia una envolvente similar a la de la trompeta. La transformación gradual de la primera envolvente a la última produce diez formas intermedias distintas, que Murail usa para determinar la entrada y salida de los diferentes registros de las masas orquestales.

Grisey parte de una aproximación diferente a la cuestión de la interpolación en *Modulations*. He mostrado en el ejemplo 8 que la orquesta está dividida en cuatro grupos. Cada uno comienza con un espectro armónico y se mueve en dos pasos hacia la inarmonicidad. El ejemplo 18 muestra cómo Grisey interpola los pasos armónicos intermedios.

El grupo A es orquestado con la conducción inicial del grupo D (con excepción de la quinta inferior, afinada un cuarto de tono arriba) utilizando un *sol* 2 (98 Hz) como fundamental. La fundamental se mueve cromáticamente una quinta arriba, mientras la estructura del acorde es transformada gradualmente. Primero, la tercera componente del acorde se mueve de una relación de octava con la fundamental a una novena menor. Luego, la cuarta componente se mueve una séptima menor un cuarto de tono abajo, a una octava un cuarto de tono arriba. Finalmente, la quinta componente se mueve de una tercera mayor a una sexta mayor para

producir la estructura w' . Las componentes alteradas son indicadas con rombos en el ejemplo 18. Un proceso similar se repite hasta alcanzar la estructura w' .

Ejemplo 18 : técnica de interpolación armónica empleada por GRISEY en MODULATIOS

El ejemplo 18 sólo muestra el proceso para el grupo A, pero el mismo principio se aplica a los otros tres, con los siguientes cambios: el grupo B es orquestado con la conducción inicial del grupo C basado en *lab* 2 (103.83 Hz), el grupo C es orquestado con la conducción inicial del grupo B basado en *la* 2 (110 Hz), y finalmente, el grupo D es orquestado con la conducción inicial del grupo A basado en *Bb* 2 (116.54 Hz).

CONCLUSIONES

El concepto más importante de los compositores espectrales es el rechazo de las relaciones interválicas como principal elemento constituyente de la composición, y el establecimiento del timbre en su lugar. Más aún, conceptos como armonicidad, inarmonicidad y subarmonicidad guían a una definición especial del lenguaje armónico en su música. Esencialmente, la armonía y el timbre se convierten en facetas diferentes del mismo fenómeno. En combinación con el uso de estrategias de interpolación, la música espectral da un nuevo sentido a la dirección armónica basada en paralelismos estructurales, sin la aplicación de un sistema jerárquico.

Pero la contribución de la música espectral no se encuentra simplemente en la identidad de los acordes y su sucesión. Con la transferencia de fenómenos como la modulación en anillo, la frecuencia modulada, los sonidos de combinación y las técnicas de filtrado, de la electrónica al dominio acústico, presenta nuevas ideas compositivas y genera nuevos procedimientos, como la microfónica y la macrofonía.

Aunque la música espectral ha sido a veces criticada de restrictiva del carácter individual de la melodía, de la polifonía y del ritmo en el nombre de la fusión y la continuidad, es indisputable que la fuerza de sus conceptos y sus ideas derivadas es única. Como resultado, pone a los oyentes en la posición de tener que encontrar nuevos modos de audición y comprensión. ¿Es posible que una polifonía a dos voces de quince segundos pueda ser transformada en una polifonía entre dos timbres de cinco minutos de duración?

Las prácticas espectrales han sido exitosas en la creación de un nuevo pensamiento. Proponen la sensación de nuevas dimensiones del tiempo y acercan el timbre a la paleta de los compositores, al mismo nivel que la melodía, la armonía, e incluso la forma.

UNA RECOMENDACIÓN

Si bien el artículo se centra sobre los dos compositores espectrales más conocidos, Gérard Grisey y Tristan Murail, el lector interesado en la investigación de este tema debería conocer la música de, entre otros, Hughes Dufourt, Kaija Saariaho, Horatiu Radulescu y Mesias Manguashca.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer al profesor Roger Reynolds de la UCSD y a Jerome Kohl de *Perspectives of New Music* por su invaluable ayuda en la edición de este texto.