AJUSTE DE FASES ENTRE SUBGRAVES Y UNIDADES DE MEDIOS-AGUDOS

Introducción

Los sistemas de medición portátiles basados en la transformada rápida de Fourier han permitido que podamos ajustar las fases entre cabezales y subgraves tanto en instalaciones fijas como en conciertos, donde además cada día tenemos una situación diferente. Esto es de especial importancia ahora que los medios-agudos se cuelgan en muchas ocasiones y los subgraves se quedan en el suelo, con lo que la diferencia de fases en la posición de escucha puede llegar a ser significativa. Viendo que es un tema de interés para los usuarios, y la mejora que supone, parecía interesante escribir un artículo que describiese el proceso de medición paso a paso. Antes de ver el procedimiento revisaremos el concepto de fase.

Polaridad y Fase

La polaridad tiene valores discretos, es decir, sólo tiene dos posibles valores que son positivo y negativo. La polaridad no depende de la frecuencia, y se invierte por error cuando se conectan al revés los cables del altavoz, cuando tras una reparación de un cable de señal se invierten los pines 2 y 3 o cuando inadvertidamente se invierte la vía en el procesador de señal. En otras ocasiones esta inversión de la polaridad se hace a propósito, sobre todo cuando la separación de frecuencias se hace con un filtro pasivo.

La fase puede tener cualquier valor en grados, tiene valores continuos. Si queremos saber cómo es la respuesta de fase de un altavoz necesitaremos medirla.

A lo largo del artículo veremos mediciones hechas con SATLive. Las curvas de fase se representan en la parte inferior, mientras que la respuesta de amplitud se representa en la parte superior. En la figura 1 podemos ver en color azul la típica curva de fase de un subgrave, y en color verde el resultado cuando se invierte la polaridad. Se ve claramente un desplazamiento de 180º en todas las frecuencias.

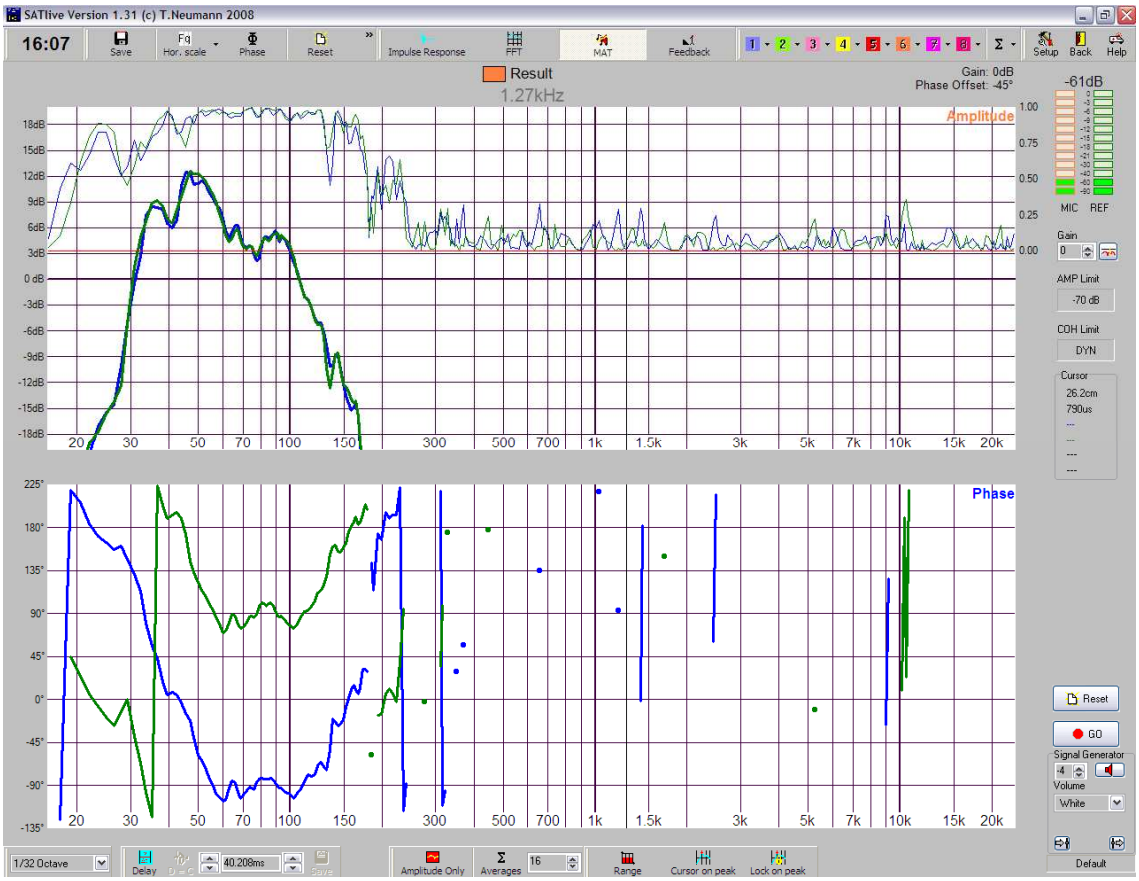

Fig 1. Comparación de dos curvas de fase de un subgrave, una con la polaridad invertida respecto de la otra.

Hacer una medida de la fase de nuestros sistemas y tenerla de referencia puede ser útil para comprobar que después de una reparación no se ha cometido ningún error de conexionado en los altavoces. Puesto que se trata únicamente de hacer una comparación, cualquier posición de medida que sea fácilmente repetible bastaría. Por ejemplo, podemos situar el micrófono en el centro de la caja y muy cerca de la reja. Esta es una posición fácilmente repetible y el entorno normalmente no contaminará la medida.

¿Qué hace que la fase varíe?

a) Cualquier variación de la respuesta de amplitud de un equipo tendrá un efecto sobre la respuesta de fase. Por ejemplo, cuando añadimos una ecualización estamos variando también la curva de fase. En la figura 2 se puede ver el efecto de un filtro paramétrico centrado en 5,04 Khz, con un ancho de banda de 0,42 Oct y una ganancia de +10 dB en la vía de agudos de un procesador. La fase aumenta justo antes de la frecuencia sobre la que actuamos y disminuye justo después.

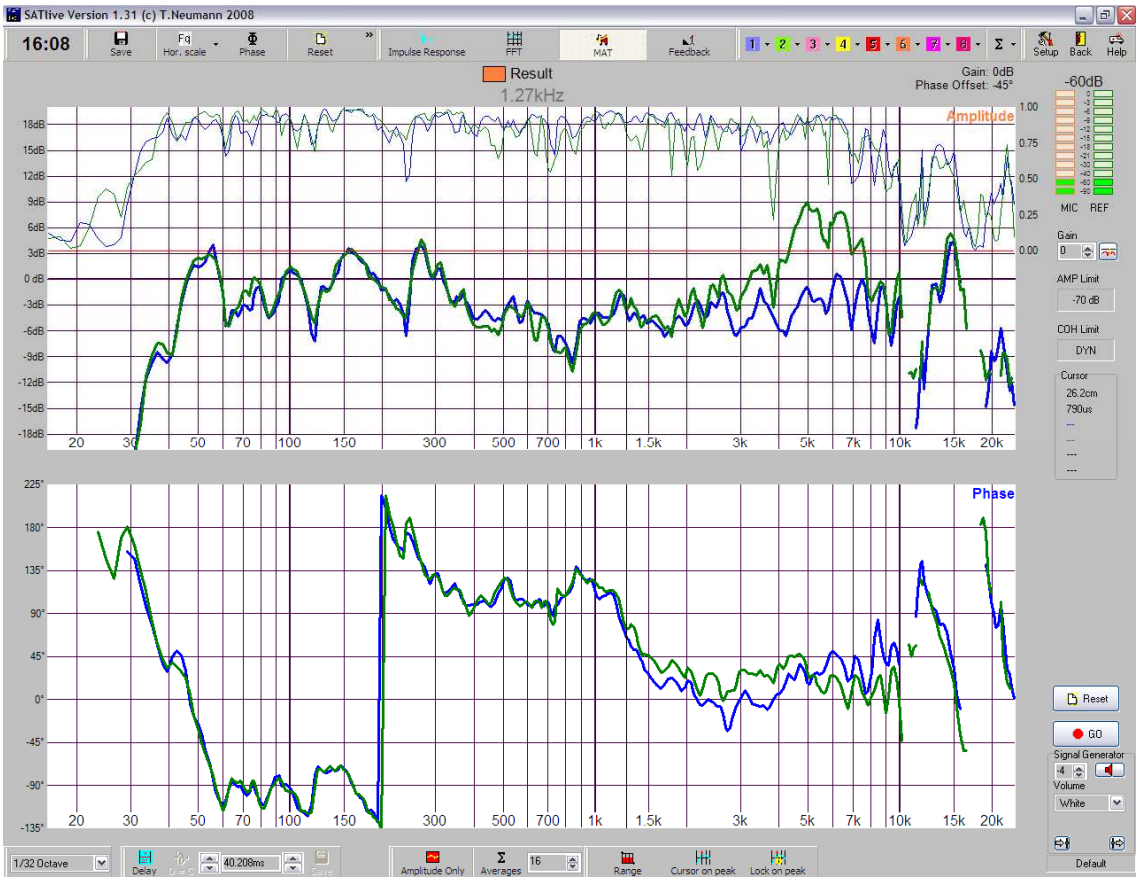

Fig. 2. En la curva verde se ve el efecto que un filtro paramétrico tiene sobre la fase.

Puesto que la ecualización afecta a la fase, las salidas de un procesador no se deberían ecualizar una vez se haya hecho el ajuste de fases entre vías, especialmente cerca de las frecuencias de corte. Si hacemos esto estaremos variando también la fase de la vía que ecualizamos, con lo que afectaremos a la relación entre fases que es lo que ajustamos cuando añadimos retardos. Ecualizar antes del crossover (en un ecualizador gráfico, en la mesa de mezclas o en la entrada del mismo procesador) no causará ningún desajuste entre vías porque las bandas de cada vía aún no han sido separadas.

b) Añadir retardo a una vía o desplazarla físicamente hacia atrás (como sería el caso si alejamos los subgraves del micrófono de medida) van a tener el mismo efecto sobre la curva de fase. En la figura 3 se puede ver cómo varía la fase cuando añadimos retardo al cabezal de medios-agudos. La curva azul es la del cabezal antes de retrasarlo, y la verde el resultado de añadir 0.0313ms ($\Delta\tau\varphi$= 0.0313ms). El incremento de fase ($\Delta\varphi^o$) se relaciona con el retardo mediante la ecuación $\Delta\varphi^o = 360f * \Delta\tau\varphi$.

Como se ve claramente, el incremento de fase depende de la frecuencia y del tiempo de retardo que se ha añadido. Puesto que el retardo se añade a toda la vía, el incremento de fase será mayor cuanto mayor sea la frecuencia, o sea cuanto menor sea el periodo. En la figura 3 se puede ver cómo la diferencia de fase entre ambas curvas es mayor a frecuencias más altas.

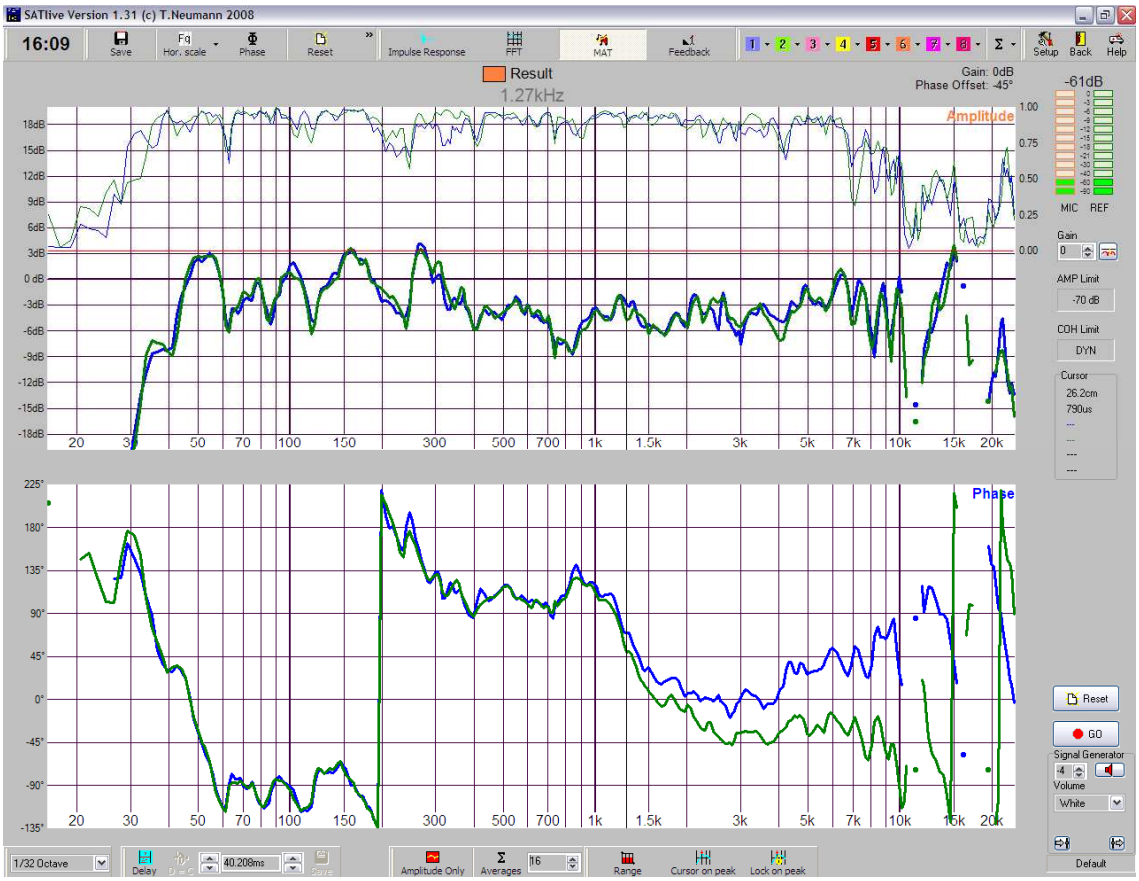

Fig. 3. Cuando añadimos retardo a una vía el efecto sobre la curva de fase será mayor a frecuencias más altas, donde el retardo añadido representa un porcentaje mayor del período que a frecuencias más bajas.

Lo mismo sucede con los subgraves. En la figura 4 vemos la curva de fase de un subgrave de doble 18” (de color azul) y la curva de fase del mismo subgrave cuando se ha desplazado hacia atrás 1.7m (de color verde). El retardo (en este caso físico) hace que aumente la pendiente de la curva de fase en la banda pasante. Se ve cómo el efecto es mayor a frecuencias más altas.

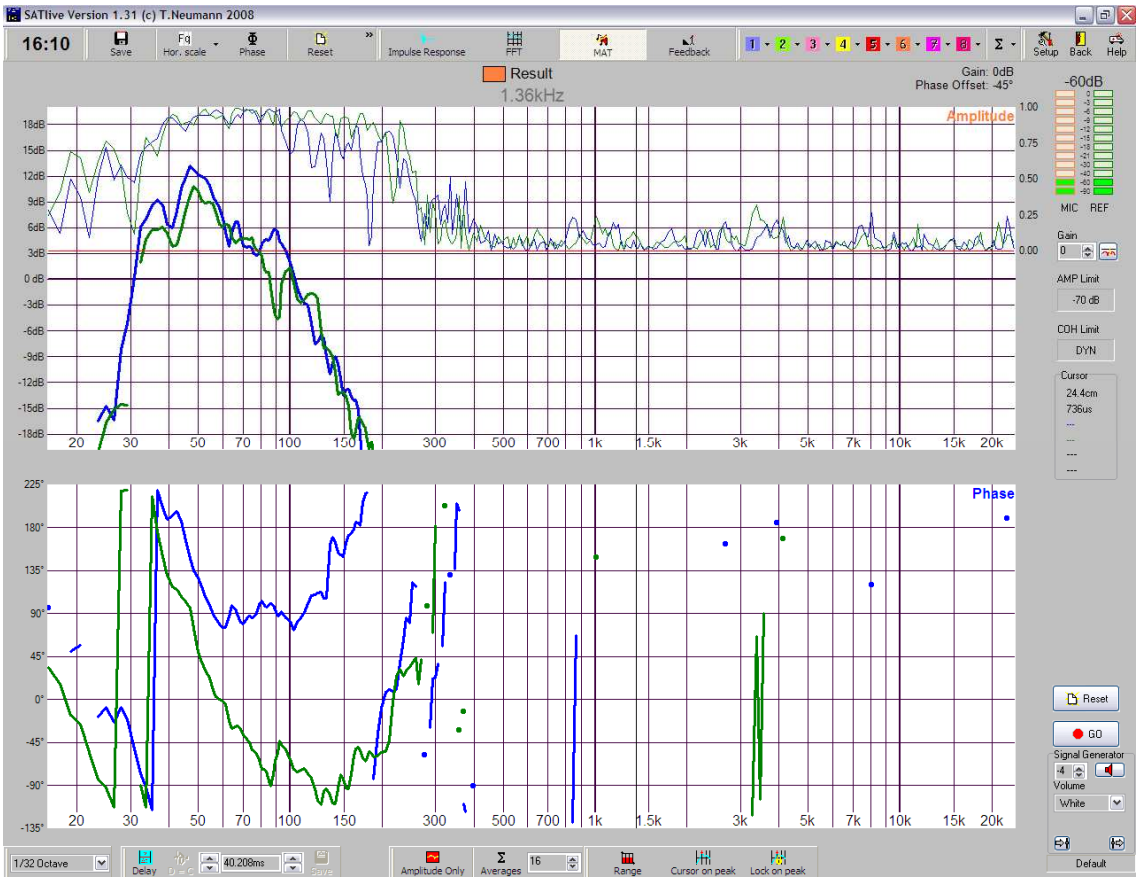

Fig 4. Retrasar una fuente respecto de su posición inicial tiene el mismo efecto que añadirle un retardo. La curva azul representa la curva de fase en la posición inicial y la verde la curva de fase del subgrave desplazado 1.7m hacia atrás.

c) Si cambiamos el tipo de filtro en el crossover la fase también variará, puesto que los diferentes tipos de filtro, y las diferentes pendientes, tendrán su propio efecto sobre la fase. En la figura 5 se pueden ver las distintas respuestas de fase de un filtro paso-alto Linkwitz-Riley 24db/Oct y de un Bessel 24dB/Oct, con la misma frecuencia de corte.

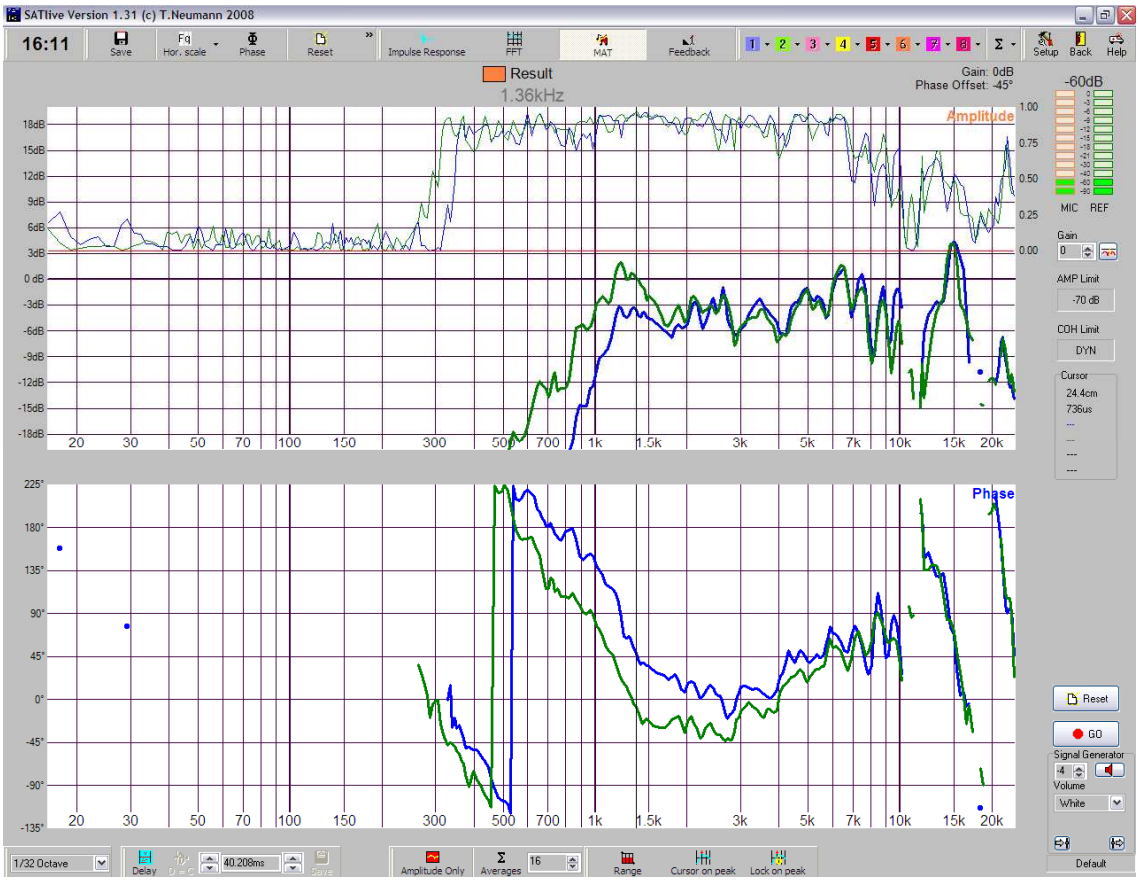

Fig. 5. Si cambiamos el tipo de filtro en un procesador la curva de fase y la de respuesta de amplitud varían. En azul tenemos las curvas de un filtro paso-alto LR 24dB/Oct y en verde las de un Bessel 24dB/Oct, ambos a la misma frecuencia de corte, que en este caso es 1410Hz.

¿A qué llamamos ajuste de fases?

Lo que buscamos es que la suma de los subgraves y los cabezales de la máxima presión posible, o sea que no haya una cancelación total o parcial en la zona de cruce. Para ello tendremos que conseguir que ambas curvas de fase se solapen.

En ocasiones conseguiremos un solape total y en otras ocasiones no, como veremos en los ejemplos, pero normalmente habremos mejorado la situación inicial en que no había ningún ajuste. Esto siempre lo comprobaremos al final, comparando las curvas de respuesta de amplitud antes y después de añadir los retardos. Cuando el solape no sea total podemos mejorar el resultado si disponemos de filtros de fase en nuestro procesador. En nuestros ejemplos usaremos únicamente retardos para facilitar el aprendizaje de la técnica.

Curva de Coherencia

La curva de coherencia que los sistemas de medición basados en la transformada rápida de Fourier muestran nos indica la probabilidad de que la medición que estamos realizando sea fiable. Es muy común encontrarnos con que la curva de coherencia (que va de 0 a 1 o de 0% a 100%, según el sistema de medición) tenga valores bajos en

alguna banda de frecuencias. No deberemos fiarnos de la respuesta de amplitud y fase que nos muestre nuestro sistema de medición en aquellas bandas donde la coherencia sea baja.

Hay principalmente dos casos en que la curva de coherencia saldrá baja:

1) Cuando la señal de referencia esté mal sincronizada con la señal medida.

Esto lo podemos comprobar fácilmente si iniciamos una medida sin haber previamente sincronizado las señales con “Delay Finder” en SATLive o con la utilidad equivalente en otros sistemas. En ese caso veremos que sobretodo en las frecuencias altas la coherencia es muy baja, como se ve en la figura 6.

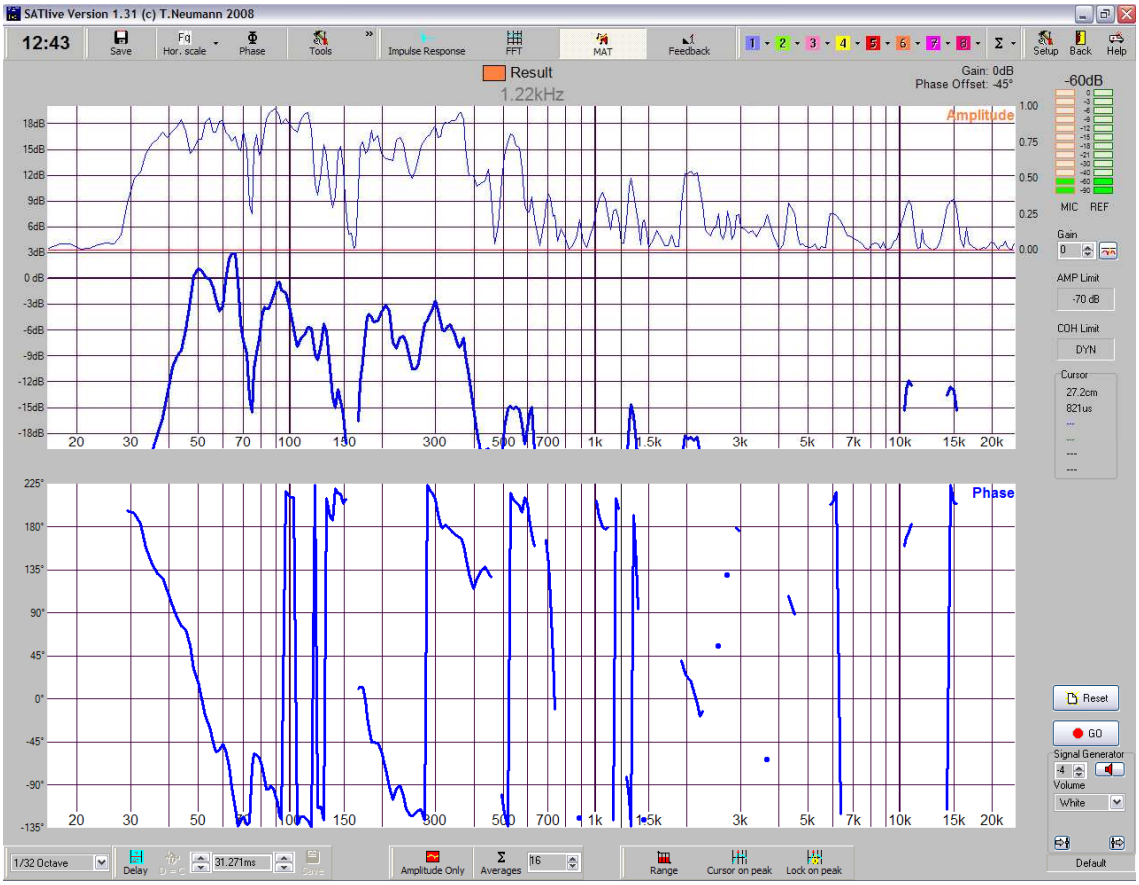

Fig. 6. En SATLive la escala de la Coherencia está a la derecha, y va de 0 a 1. La curva de Coherencia de esta curva, que ha sido guardada y cargada con la utilidad Trace Manager, se ve aquí de color azul, en trazo más fino.

2) Cuando haya reflexiones.

En este caso veremos que hay bandas de frecuencias en que la coherencia es baja. No deberemos fiarnos de la medición en esas bandas. Si la coherencia baja cae en una banda que tenemos interés en medir podemos cambiar la posición del micro.

A la hora de ajustar las fases deberemos fijarnos en la curva de coherencia, de esta forma sabremos qué parte de la medida es fiable y qué parte está contaminada por las reflexiones, reverberación, etc.

Ejemplo 1. "Mediciones a escala: El subgrave y el cabezal de medios-agudos comparten una banda de frecuencias"

Antes de realizar estos ajustes por primera vez en una situación real, donde no siempre se tiene el tiempo necesario ni las condiciones son idóneas, se pueden hacer unas medidas a escala para practicar el procedimiento.

Supondremos que se saben hacer medidas de la función de transferencia con el sistema de medición que estemos utilizando y que se cuenta con el equipo adecuado.

Para sincronizar la señal de referencia y la señal medida se obtiene la respuesta al impulso del sistema, que se obtiene mejor de la vía de agudos, por lo que siempre sincronizaremos usando la unidad de medios-agudos.

Habrá ocasiones en que necesitaremos retrasar los subgraves añadiendo retardo, y otras ocasiones en que necesitaremos "adelantar" los subgraves añadiendo un "retardo negativo", lo cual es imposible. Para solventar este problema, inicialmente añadiremos un tiempo de retardo igual a todas las vías de forma que podamos añadir mas retardo o quitar parte del retardo añadido al principio a los subgraves. Una vez ajustado el equipo tendremos que quitar el exceso de retardo como veremos en los ejemplos.

Vamos a hacer mediciones a escala de un cajón de subgraves de 18" y una unidad de medios-agudos.

Las frecuencias de corte del subgrave del sistema real serán:

HPF LR24dB/Oct, 30Hz
LPF LR24dB/Oct, 85Hz

Las frecuencias de corte de la unidad de medios-agudos del sistema real serán:

HPF LR24dB/Oct, 50Hz
LPF LR24dB/Oct, 20KHz

Nosotros usaremos dos altavoces de 4" para practicar el procedimiento de ajuste de fases. Para que nuestros altavoces de 4" se comporten acústicamente igual que los sistemas a escala real vamos a tener que escalar las frecuencias de corte.

Para ello multiplicaremos los cortes del sistema real por la relación de tamaño entre el sistema real y nuestras cajas a escala, es decir, que multiplicaremos los cortes del sistema real por 18"/4" = 4.5

Así, los cortes de frecuencia para hacer las mediciones a escala, los que deberemos introducir en el procesador de señal con altavoces de 4", quedarán de esta forma:

Las frecuencias de corte del subgrave del sistema a escala serán:

HPF LR24dB/Oct, 30Hz x 4.5 = 135Hz
LPF LR24dB/Oct, 85Hz x 4.5 = 382Hz

Las frecuencias de corte de la unidad de medios-agudos del sistema a escala serán:

HPF LR24dB/Oct, 50Hz x 4.5 = 225Hz
LPF LR24dB/Oct, 20KHz

El filtro paso bajo del cabezal de medios-agudos lo dejaremos en 20KHz porque sino estaríamos en frecuencias de ultrasonidos.

Para hacer las medidas que se muestran aquí hemos puesto en el suelo una caja DAS Arco 4 que hará de subgrave, tumbada. La caja que reproducirá los medios-agudos, otra DAS Arco 4, la hemos puesto un poco elevada y unos 15cm por detrás de la que hace de subgrave, como en la figura 7. El micrófono se ha puesto en el suelo, a 90cm del subgrave simulado.

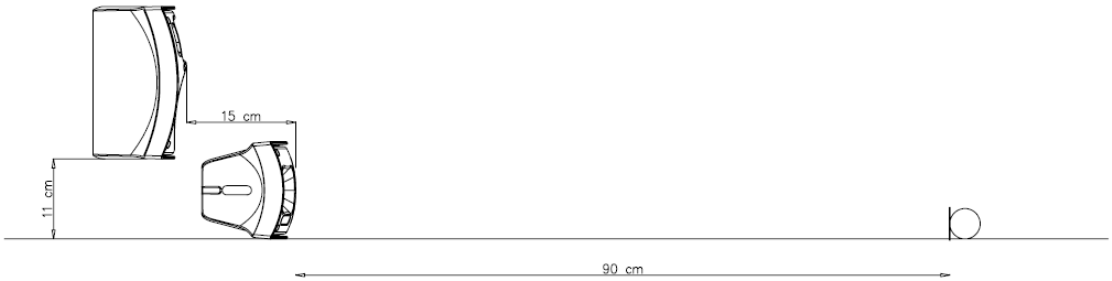

Fig 7. Vista lateral del montaje para las mediciones a escala de los ejemplos 1 y 2.

Para que el efecto se aprecie con más claridad en esta práctica, es recomendable que los niveles acústicos del subgrave y de la unidad de medios agudos sean iguales en la banda que ambos comparten, en este caso de 225Hz a 382Hz.

El procedimiento es el siguiente:

1) Introduciremos 20ms de retardo en cada una de las vías del procesador (Se puede introducir un retardo diferente si se quiere).

2) Abrimos únicamente la vía del cabezal. Usamos la utilidad “Delay Finder” para introducir en SATLive el retardo necesario en el canal de la señal de referencia, es decir, para sincronizar la señal de referencia con la señal medida. (Para más información al respecto ver el manual de SATLive o el del sistema de medición utilizado).

3) Medimos la respuesta de amplitud del sistema completo antes de ajustar las fases. En el peor de los casos veremos una cancelación importante en la banda de frecuencias que ambas vías reproducen. La medida es la de la figura 8.

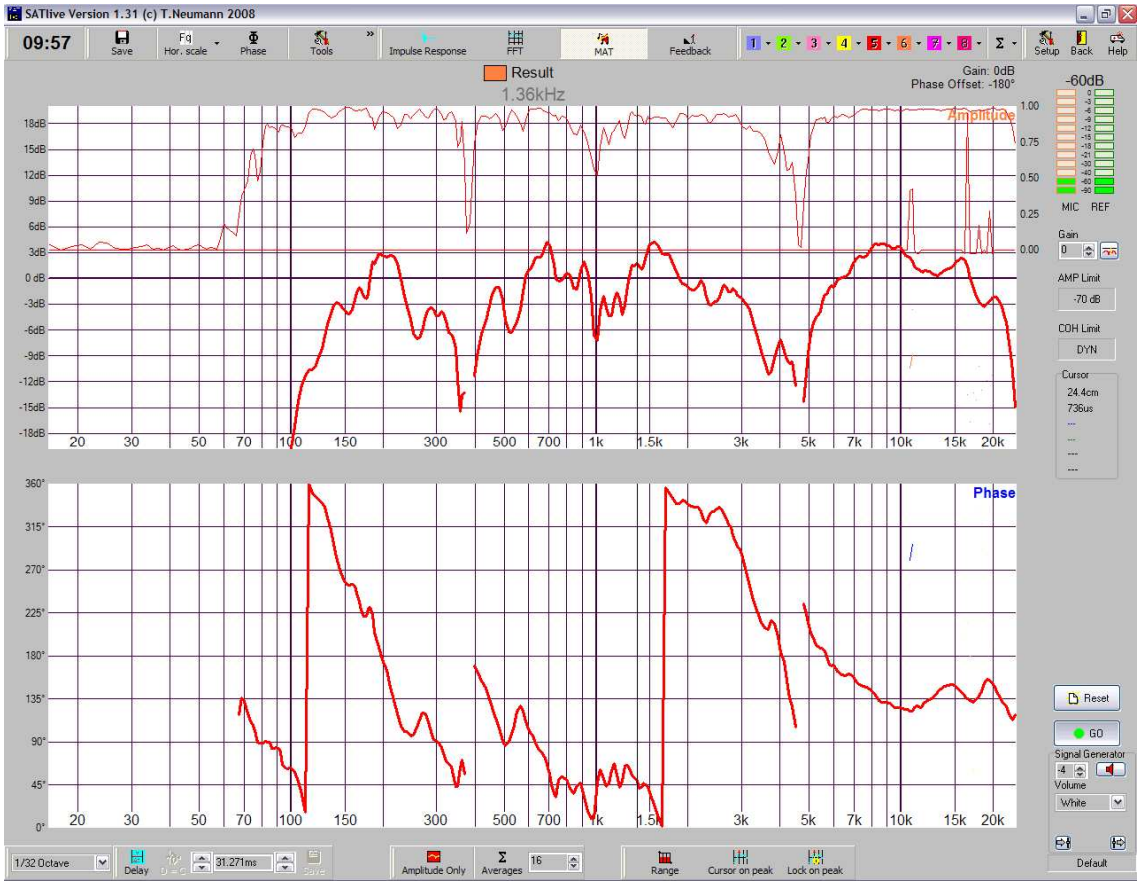

Fig 8. Esta es la curva de amplitud que intentaremos mejorar. Se aprecia una cancelación cerca de 400Hz que está dentro de la banda de frecuencias que ambas cajas están reproduciendo.

4) Cerramos la vía del subgrave y abrimos la vía de medio-agudos en el procesador.

5) Medimos la vía de medios-agudos y guardamos la curva. En nuestro caso vemos la curva de la figura 9.

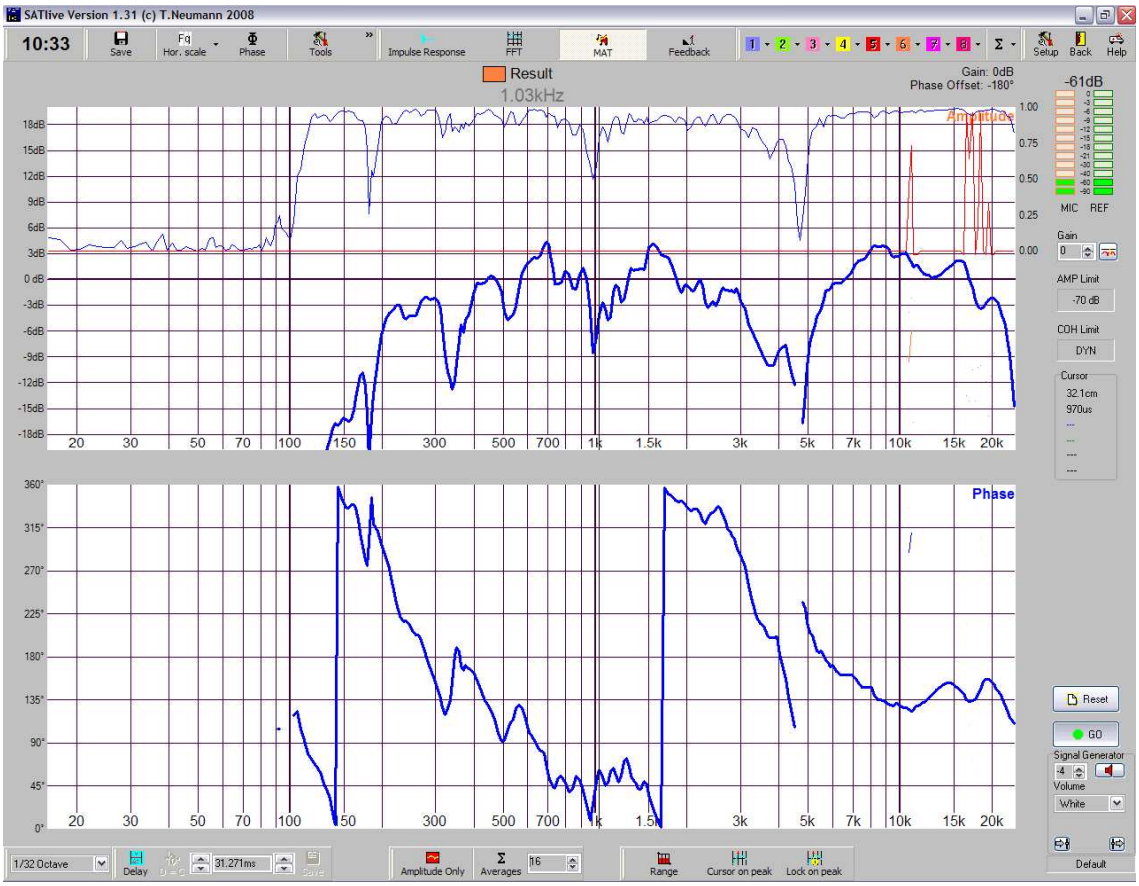

Fig. 9. Respuesta de amplitud y fase del cabezal de medios-agudos.

6) Cerramos la vía de medios-agudos y abrimos la vía de subgraves.

7) ¡¡¡NO volvemos a usar "Delay Finder"!!! (Es decir, no volvemos a sincronizar la señal de referencia y la señal medida) No hay que olvidar que estamos comparando las fases de las dos vías, es decir, estamos midiendo la diferencia de tiempos de llegada entre ambas vías en función de la frecuencia. Por lo tanto el retardo de sincronía en el canal de la señal de referencia no se deberá volver a cambiar en el software de medición. Hay que recordar que hemos tomado como referencia de tiempos la unidad de medios-agudos por que es la vía de la cual obtendremos una mejor respuesta al impulso.

8) Medimos la vía de subgraves y comparamos la curva de fase con la del medio-agudo. En nuestro caso el resultado es el de la figura 10.

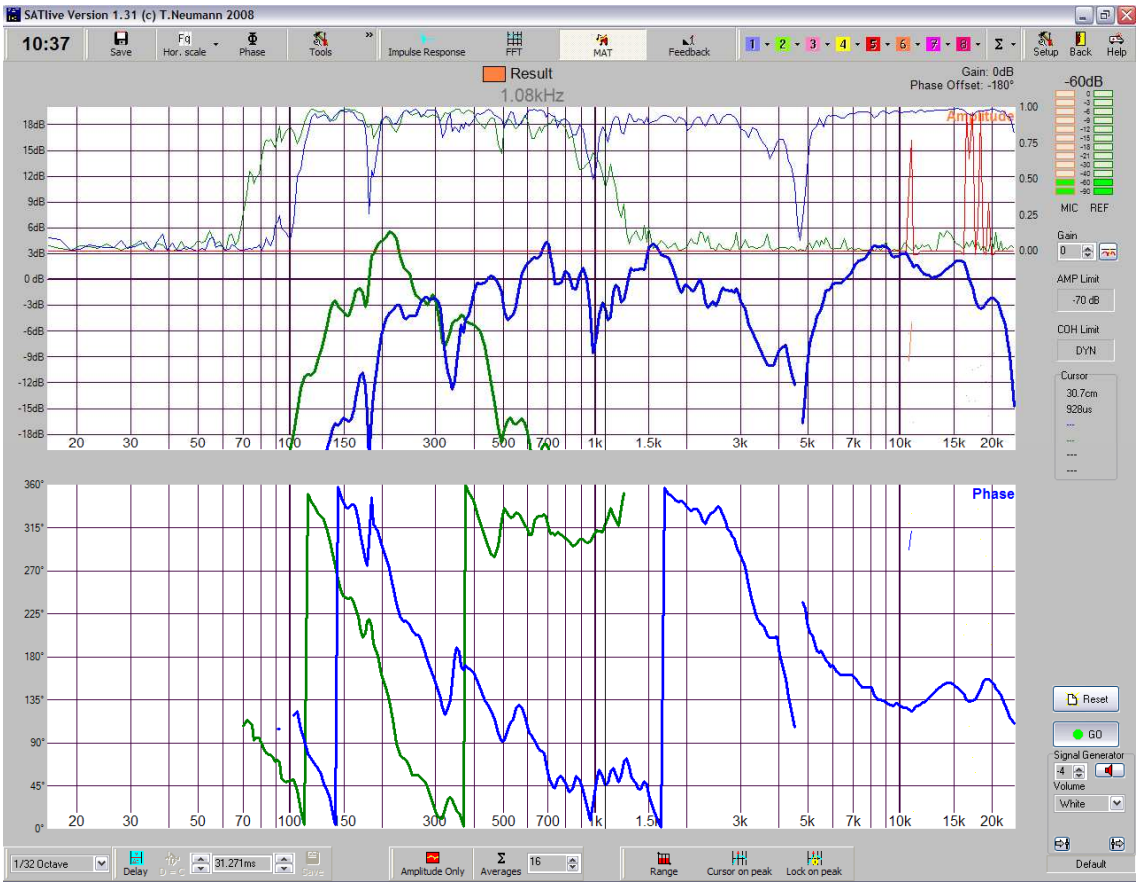

Fig 10. En la imagen vemos la diferencia de fase que hay entre el cabezal y el subgrave en la banda de frecuencias que ambas reproducen, entre 200Hz y 400Hz. Esto explica la cancelación de la suma cerca de 400Hz y que no aumente el nivel en el resto de la banda compartida de una forma significativa.

9) ***Retrasamos o adelantamos*** la vía de subgraves hasta que ambas curvas ***se solapen*** alrededor de la frecuencia de corte. No olvidemos guardar las curvas.

La curva que tiene mayor pendiente de las dos es la que tiene mayor retardo. Por lo tanto en este caso parece claro que vamos a tener que quitar retardo a la curva verde, o sea a la vía del subgrave. Esto vamos a poder hacerlo gracias a que inicialmente hemos añadido 20ms de retardo a las dos vías.

Vamos a quitar retardo a la vía del subgrave y veremos que las dos curvas de fase se solapan en una banda bastante ancha. Al quitar retardo la curva verde perderá pendiente y se desplazará hacia arriba.

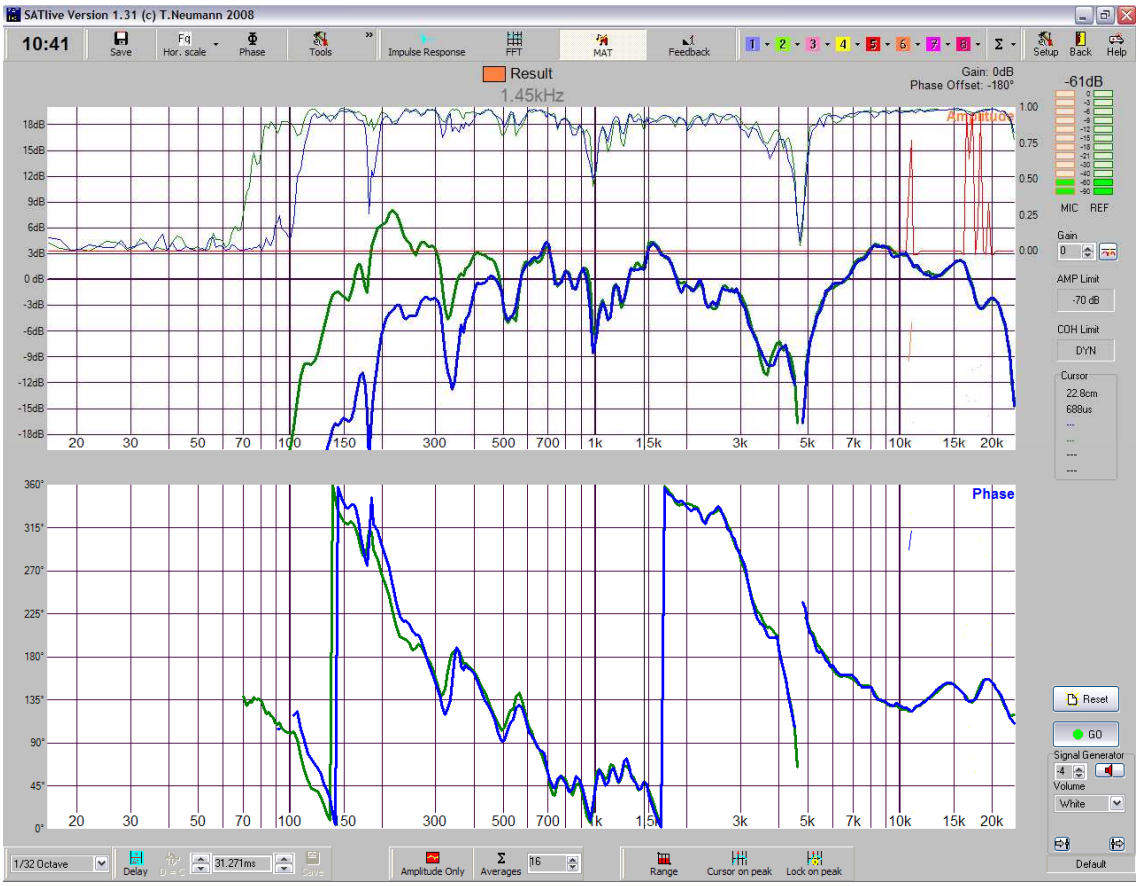

Fig. 11. Curvas del cabezal y del subgrave una vez ajustadas las fases. Como se ve, ambas se solapan en la banda que ambos sistemas reproducen, con lo cual se estarán sumando perfectamente en fase.

El retardo en la vía de subgraves ha quedado en 18.666ms. Vemos que ya en 150Hz, y hasta 400Hz, ambas curvas se solapan, es decir que estarán en fase en toda la banda que ambos sistemas comparten.

Por lo tanto, cuando estemos comparando dos curvas de fase y queramos que la diferencia entre ellas sea la mínima posible, deberemos recordar lo siguiente: Si una curva tiene ***más pendiente*** *que la otra en la banda que nos interesa, estará retrasada y deberemos* ***quitarle*** *retardo. Si una curva tiene* ***menos pendiente*** *que la otra en la banda que nos interesa, estará adelantada y deberemos* ***añadirle*** *retardo.*

Recordemos que en este caso el subgrave estaba físicamente adelantado respecto del cabezal, con lo cual erróneamente podíamos haber supuesto que quien necesitaría retardo es el subgrave. No debemos olvidar que los filtros tienen su efecto sobre la fase, hasta que no veamos las curvas no podremos saber si hemos de añadir o quitar retardo. Veamos qué habría pasado si en lugar de quitar retardo al subgrave se lo hubiésemos añadido.

En la figura 12 hemos añadido retardo a la vía del subgrave hasta que ambas han coincidido lo más posible. El retardo en el subgrave ha quedado en 22.276ms. Sólo hemos conseguido que se solapen en la zona entre 250Hz y 300Hz, lo cual es muy poco. De 250Hz hacia abajo la curva de fase azul queda debajo de la verde, y por encima de 300Hz la curva verde queda por debajo de la azul, o sea que hay diferencia de fase entre ellas.

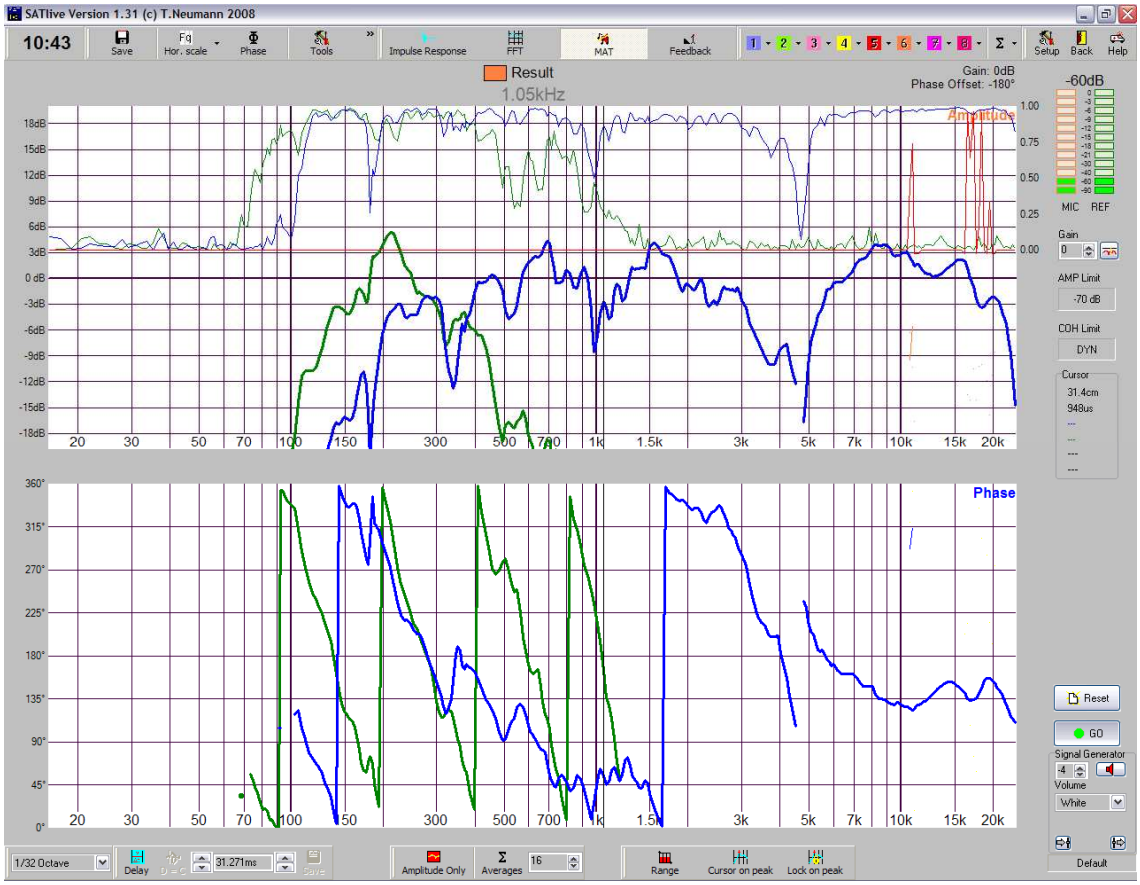

Fig. 12. En este caso concreto, al retrasar el subgrave las fases no se solapan en toda la banda.

10) Volvemos a medir la respuesta de amplitud del sistema y comparamos con la medida inicial. Si las fases se han ajustado correctamente los subgraves y los medios-agudos se estarán sumando mejor y esto se verá reflejado en la respuesta de amplitud.

En la figura 13 podremos comparar cómo se suman ambas cajas sin ajustar (curva roja), con 22.2766ms de retardo en el subgrave (curva verde) y con 18.666ms (curva azul).

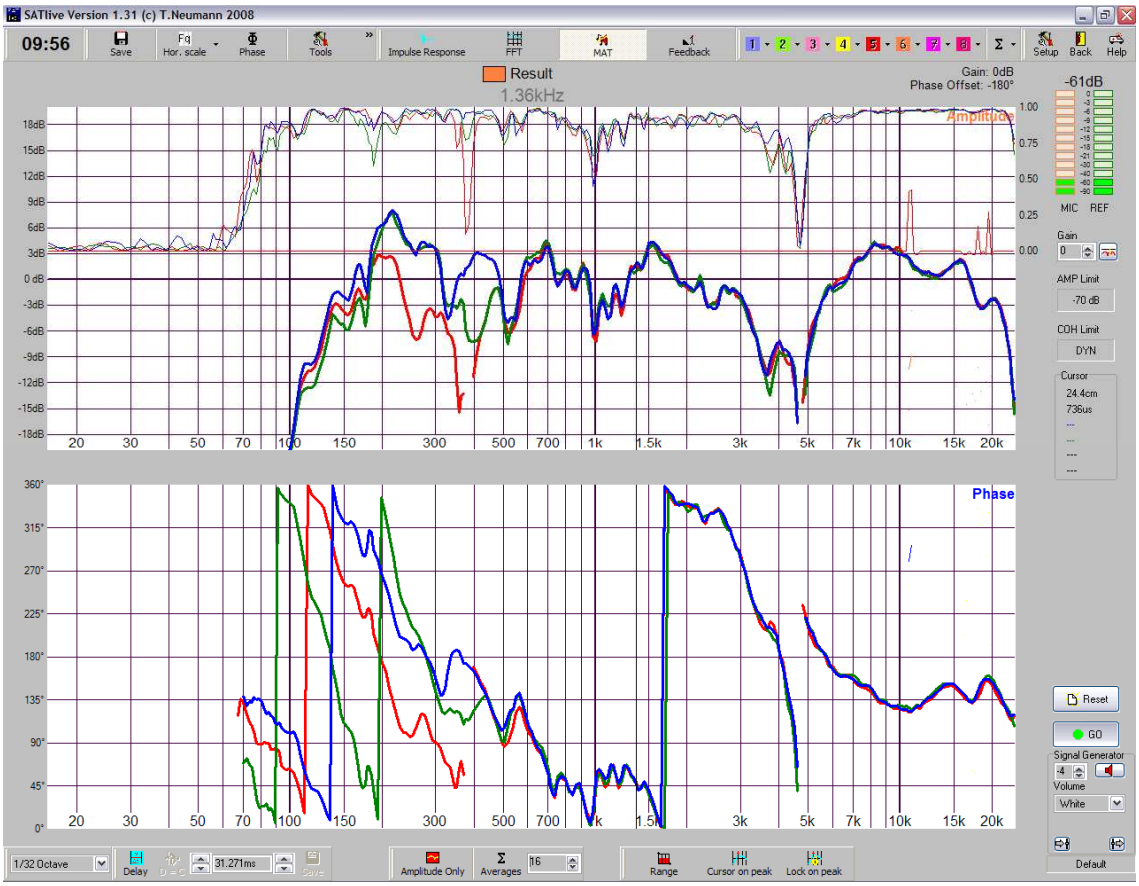

Fig 13. En este caso concreto hemos obtenido una mejor suma del subgrave y el cabezal cuando hemos adelantado el subgrave.

Se ve claramente cómo en este caso las dos cajas se suman mejor cuando el subgrave tiene un retardo de 18.666ms.

11) Tomaremos el valor del menor retardo introducido y lo restaremos al subgrave y a los medios-agudos, de forma que al menos una de las vías quedará con un retardo de 0ms.

Ahora tenemos 20ms de retardo en el cabezal y 18.666ms de retardo en el subgrave. Recordemos que hemos añadido 20ms de retardo inicialmente para poder añadir o quitar retardo tal como nos conviniese. Lógicamente, una vez ajustadas las fases ya no necesitamos este exceso de retardo. En los ajustes finales restaremos el retardo menor a las dos vías, de forma que en una de ellas tendremos 0ms.

En nuestro caso la vía de medios-agudos quedará con 20ms – 18.666ms = 1.334ms. La vía del subgrave quedará con 18.666ms – 18.666ms = 0ms.

Ejemplo 2. "Mediciones a escala: Subgrave y cabezal de medios-agudos cortados a la misma frecuencia"

Las frecuencias de corte del subgrave del sistema real serán:

HPF LR24dB/Oct, 30Hz
LPF LR24dB/Oct, 85Hz

Las frecuencias de corte de la unidad de medios-agudos del sistema real serán:

HPF LR24dB/Oct, 85Hz
LPF LR24dB/Oct, 20KHz

Escalando, las frecuencias de corte del subgrave del sistema a escala serán:

HPF LR24dB/Oct, 30Hz x 4.5 = 135Hz
LPF LR24dB/Oct, 85Hz x 4.5 = 382Hz

Las frecuencias de corte de la unidad de medios-agudos del sistema a escala serán:

HPF LR24dB/Oct, 50Hz x 4.5 = 225Hz
LPF LR24dB/Oct, 20KHz

Colocaremos las cajas como en el ejemplo 1 y seguiremos el mismo procedimiento.

1) Introduciremos 20ms de retardo en cada una de las vías del procesador (Se puede introducir un retardo diferente si se quiere).

2) Abrimos únicamente la vía del cabezal. Usamos la utilidad "Delay Finder" para introducir en SATLive el retardo necesario en el canal de la señal de referencia, es decir, para sincronizar la señal de referencia con la señal medida. (Para más información al respecto ver el manual de SATLive o el del sistema de medición utilizado).

3) Medimos la respuesta en frecuencia del sistema completo antes de ajustar las fases. En el peor de los casos veremos una cancelación importante en la banda de frecuencias que ambas vías reproducen.

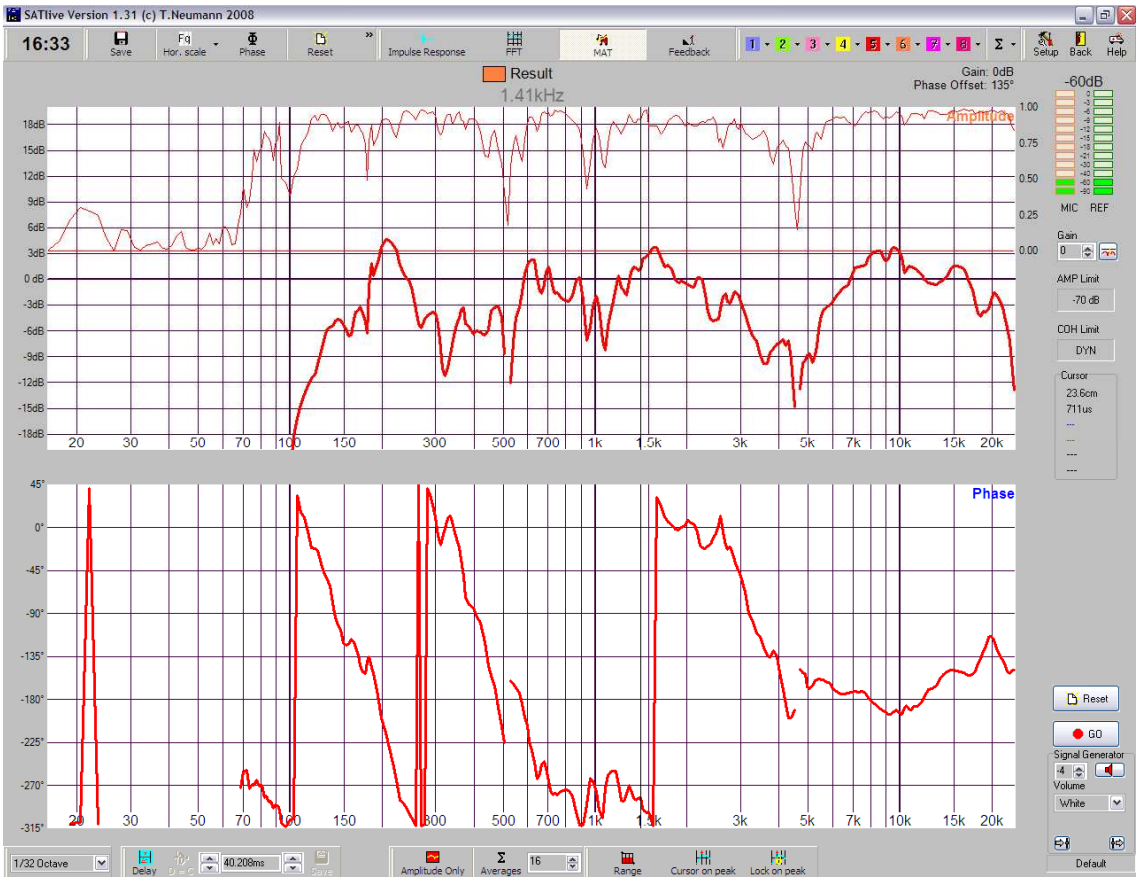

Fig 14. Esta es la curva de respuesta de amplitud que intentaremos mejorar.

4) Cerramos el subgrave y abrimos la vía de medio-agudos en el procesador.

5) Medimos la vía de medios-agudos y guardamos la curva. En nuestro caso vemos la curva de la figura 15.

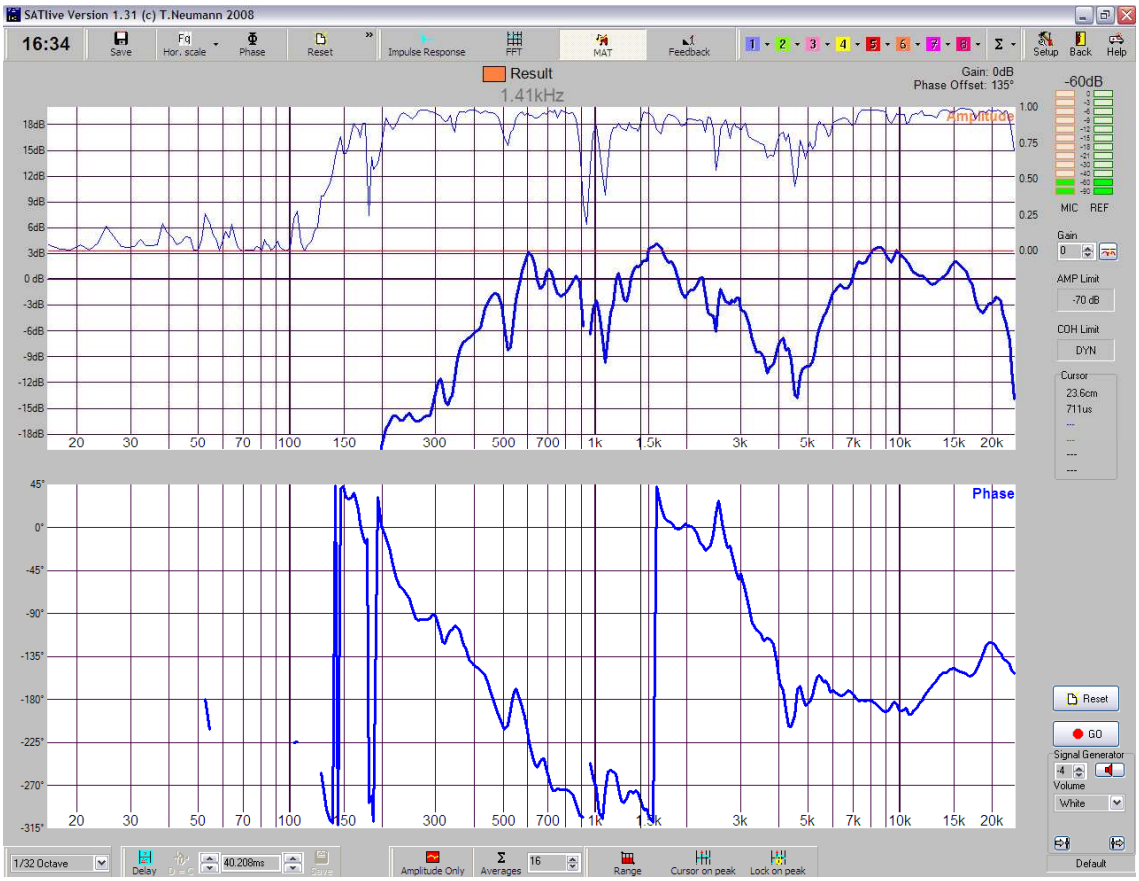

Fig. 15. Respuesta en frecuencia y fase del cabezal de medios-agudos.

6) Cerramos la vía de medios-agudos y abrimos la vía de subgraves.

7) ¡¡¡NO volvemos a usar "Delay Finder"!!! (Es decir, no volvemos a sincronizar la señal de referencia y la señal medida) No hay que olvidar que estamos comparando las fases de las dos vías, es decir, estamos midiendo la diferencia de tiempos de llegada entre ambas vías en función de la frecuencia. Por lo tanto el retardo de sincronía en el canal de la señal de referencia no se deberá volver a cambiar en el software de medición. Recordar que hemos tomado como referencia de tiempos la unidad de medios-agudos por que es la vía de la cual obtendremos una mejor respuesta al impulso.

8) Medimos la vía de subgraves y comparamos la curva de fase con la del medio-agudo. En nuestro caso el resultado es el de la figura 16.

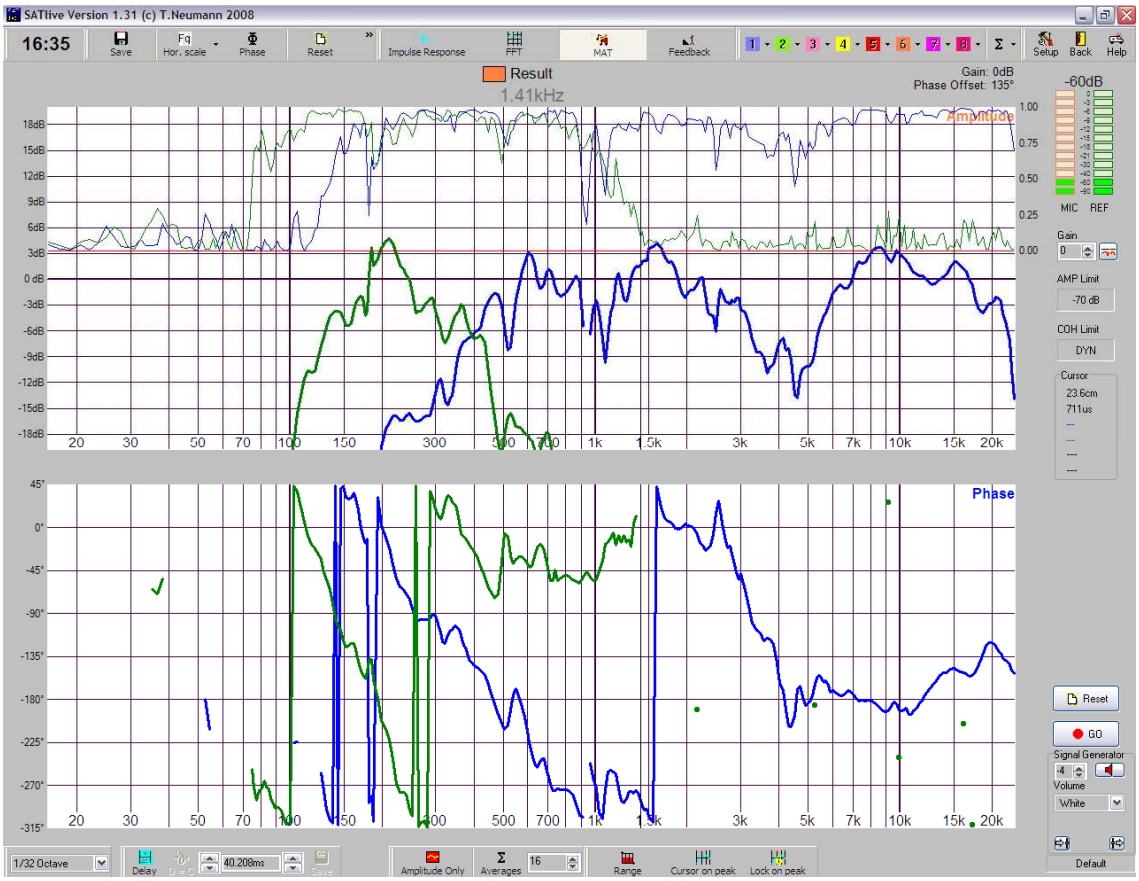

Fig 16. En la imagen vemos la diferencia de fase que hay entre el cabezal y el subgrave en la zona de la frecuencia de corte. Se ve que las fases no coinciden, con lo que es evidente que vamos a poder mejorar la suma de ambos en esa banda.

9) ***Retrasamos o adelantamos*** la vía de subgraves hasta que ambas curvas ***se solapen*** alrededor de la frecuencia de corte. No olvidemos guardar las curvas.

En este caso no es muy evidente si debemos añadir o quitar retardo al subgrave. Vamos a probar las dos opciones y más adelante nos decidiremos por una.

Opción a) Vamos a empezar quitando retardo a la vía del subgrave, la curva verde se desplazará hacia arriba.

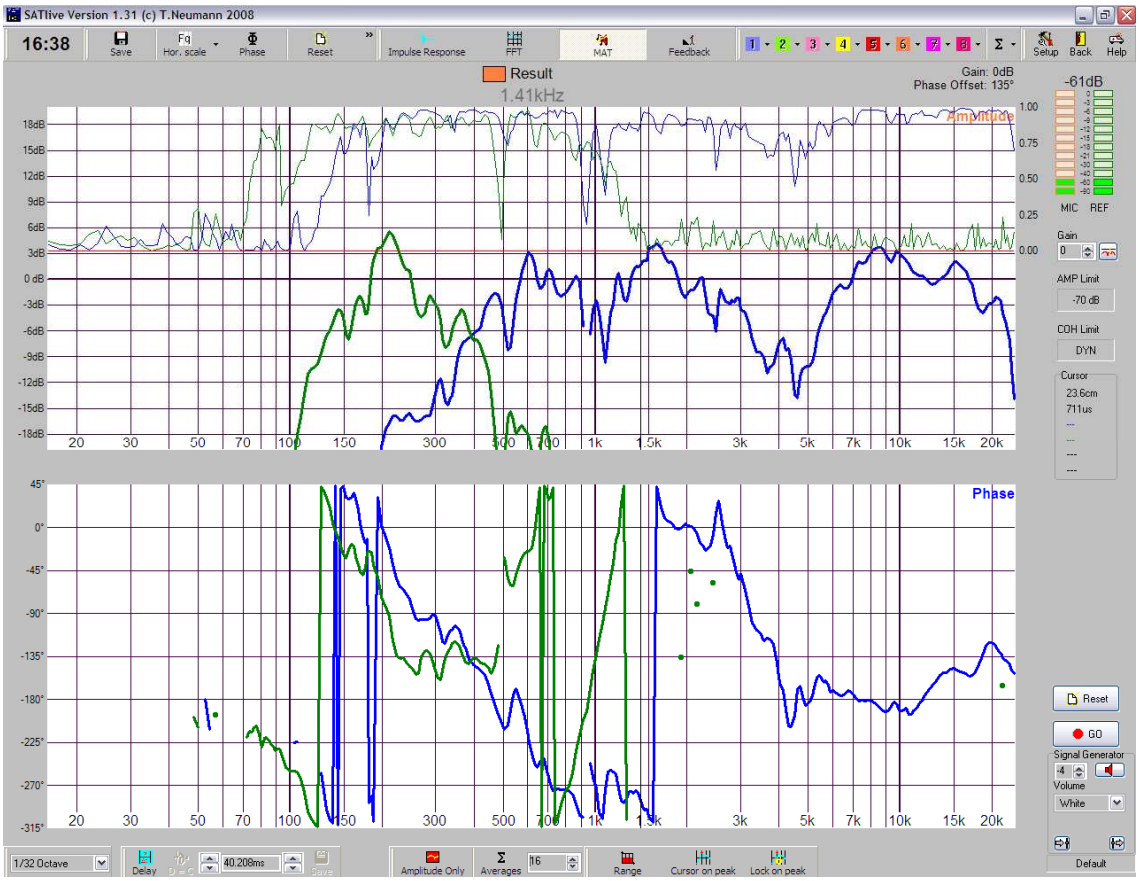

Fig. 17. Curvas del cabezal y del subgrave una vez hemos quitado retardo a este último hasta que ambas curvas de fase se cruzan en la frecuencia de corte acústico, que en este caso son 400Hz.

El retardo en la vía de subgraves ha quedado en 18.270ms. Hemos ajustado el retardo hasta que ambas curvas se cruzan en la frecuencia de corte acústico. De esta forma ambas se están sumando perfectamente en fase a esa frecuencia. En las frecuencias superiores e inferiores hay una diferencia de fase que evaluaremos cuando comparemos la suma de ambas cajas con los diferentes retardos.

Opción b) Ahora vamos a añadir retardo al subgrave hasta que de nuevo ambas curvas coincidan en la frecuencia de cruce acústico. Vemos que las fases coinciden mejor a frecuencias superiores a la de cruce que a las inferiores. Evaluaremos el resultado cuando comparemos la suma en el siguiente paso.

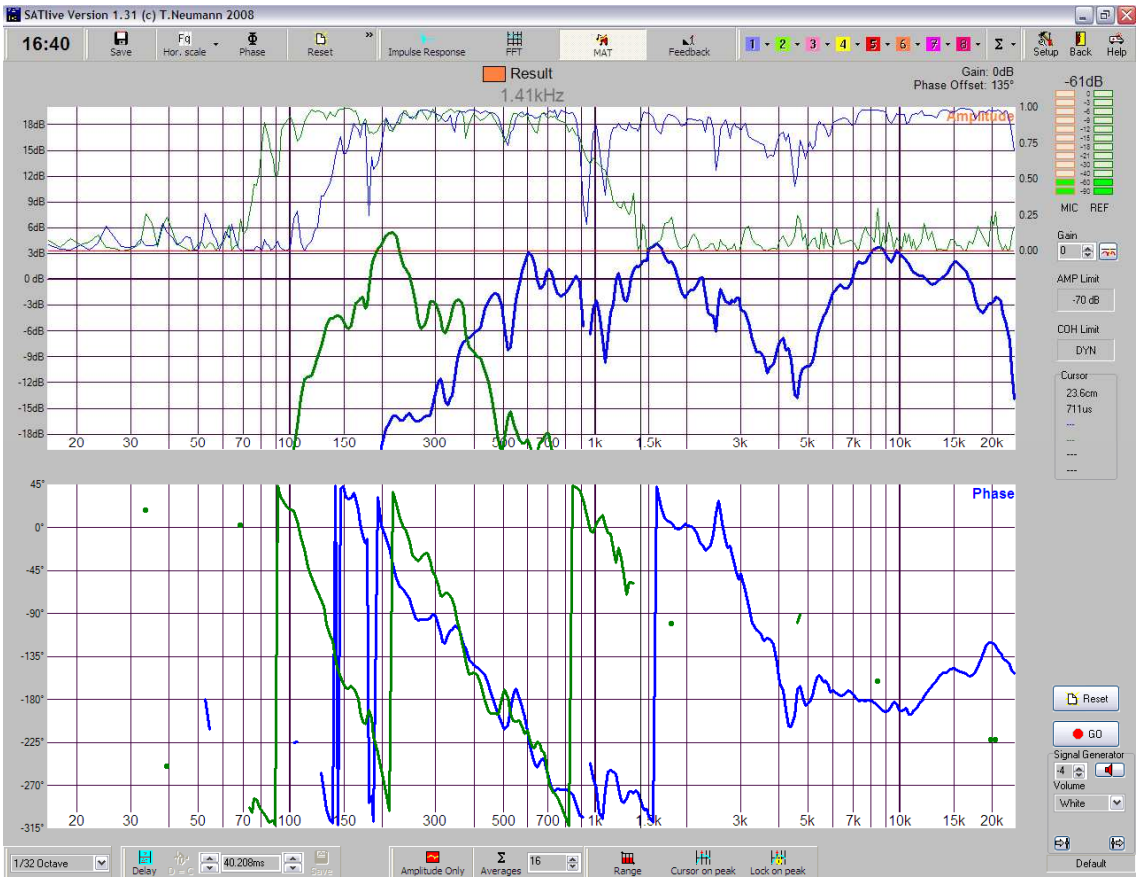

Fig. 18. En este caso concreto, al retrasar el subgrave las fases se solapan en la frecuencia de cruce acústico y en las superiores, pero no en las inferiores.

10) Volvemos a medir la respuesta de amplitud del sistema y comparamos con la medida inicial. Si las fases se han ajustado correctamente los subgraves y los medios-agudos se estarán sumando mejor y esto se verá reflejado en la respuesta de amplitud.

En la figura 19 podemos comparar cómo se suman ambas cajas sin ajustar (curva roja), con 20.848ms de retardo en el subgrave (curva verde) y con 18.270ms (curva azul).

Fig 19. Ambos ajustes mejoran la respuesta de amplitud respecto de la situación inicial.

Si miramos las curvas de respuesta de amplitud vemos que la verde y la azul (con ajuste de fases) mejoran claramente a la roja (sin ajuste). Sin embargo entre ellas no se ve una diferencia clara en la respuesta de amplitud.

11) Tomaremos el valor del menor retardo introducido y lo restaremos al subgrave y a los medios-agudos, de forma que al menos una de las vías quedará con un retardo de 0ms.

Supongamos que elegimos la curva azul. Tenemos 20ms de retardo en el cabezal y 18.270ms de retardo en el subgrave. Recordemos que hemos añadido 20ms de retardo inicialmente para poder añadir o quitar retardo tal como nos conviniese. Lógicamente, una vez ajustadas las fases ya no necesitamos este exceso de retardo. En los ajustes finales restaremos el retardo menor a las dos vías, de forma que en una de ellas tendremos 0ms.

En nuestro caso la vía de medios-agudos quedará con 20ms – 18.270ms = 1.73ms. La vía del subgrave quedará con 18.270ms – 18.270ms = 0ms.

Si queremos hacer la práctica con altavoces de otro tamaño sólo tenemos que hallar la relación entre el diámetro del subgrave que queremos simular a escala (normalmente 18”) y el del altavoz que vamos a utilizar para la medida.

Ejemplo 3. "Mediciones en un sistema real"

Para las mediciones de un equipo de directo o en una instalación deberíamos utilizar un solo cluster y situar el micrófono aproximadamente en el centro de la distancia máxima a cubrir, siempre y cuando la curva de coherencia salga razonablemente bien. Si elegimos el centro para ajustar las fases nos aseguramos de que al alejarnos de ese punto óptimo, hacia delante o hacia atrás, la diferencia de fases no será muy grande (a menos que estemos realmente cerca del equipo).

Hay que tener cuidado con que las frecuencias de corte no coincidan con una pérdida de coherencia debido a una reflexión en el suelo, lo cual es muy común cuando el micrófono de medida se pone en un pie de micro.

En este ejemplo estamos ajustando las fases de un line array DAS Aero 50 y unos subgraves DAS LX218A. La relación de niveles entre los subgraves y los cabezales hará que la banda de solape acústica sea mayor o menor. En nuestro caso ambos sistemas se solapan acústicamente entre 45Hz y 125Hz aproximadamente.

El subgrave DAS LX218A es un sistema autoamplificado que incorpora el tratamiento de señal (crossover y ecualización), le estamos enviando señal desde un procesador externo para poder ajustar su fase con la de los cabezales mediante retardos. Es un error demasiado común filtrar un sistema autoamplificado con las frecuencias de corte del sistema equivalente pasivo. Si hacemos esto las pendientes del filtro del procesador externo y del tratamiento de señal incorporado en el amplificador se suman, y nos encontramos con que, por ejemplo, en lugar de un filtro L-R de 24dB/Oct tenemos un L-R de 48dB/Oct. En nuestro caso no hemos usado ningún filtro, hemos dejado pasar toda la banda, que ya es filtrada por la placa de señal incorporada en el amplificador de la caja.

El cabezal DAS Aero 50 es un line array de tres vías, cada una de ellas tendrá su propio retardo que es el del preset de fábrica.

Los pasos a seguir serán los mismos que antes:

1) Introduciremos 20ms de retardo en cada una de las vías del procesador (Se puede introducir un retardo diferente si se quiere).

2) Abrimos únicamente la vía del cabezal. Usamos la utilidad "Delay Finder" para introducir en SATLive el retardo necesario en el canal de la señal de referencia, es decir, para sincronizar la señal de referencia con la señal medida. (Para más información al respecto ver el manual de SATLive o el del sistema de medición utilizado).

3) Medimos la respuesta en frecuencia del sistema completo antes de ajustar las fases. En el peor de los casos veremos una cancelación importante en la banda de frecuencias que ambas vías reproducen.

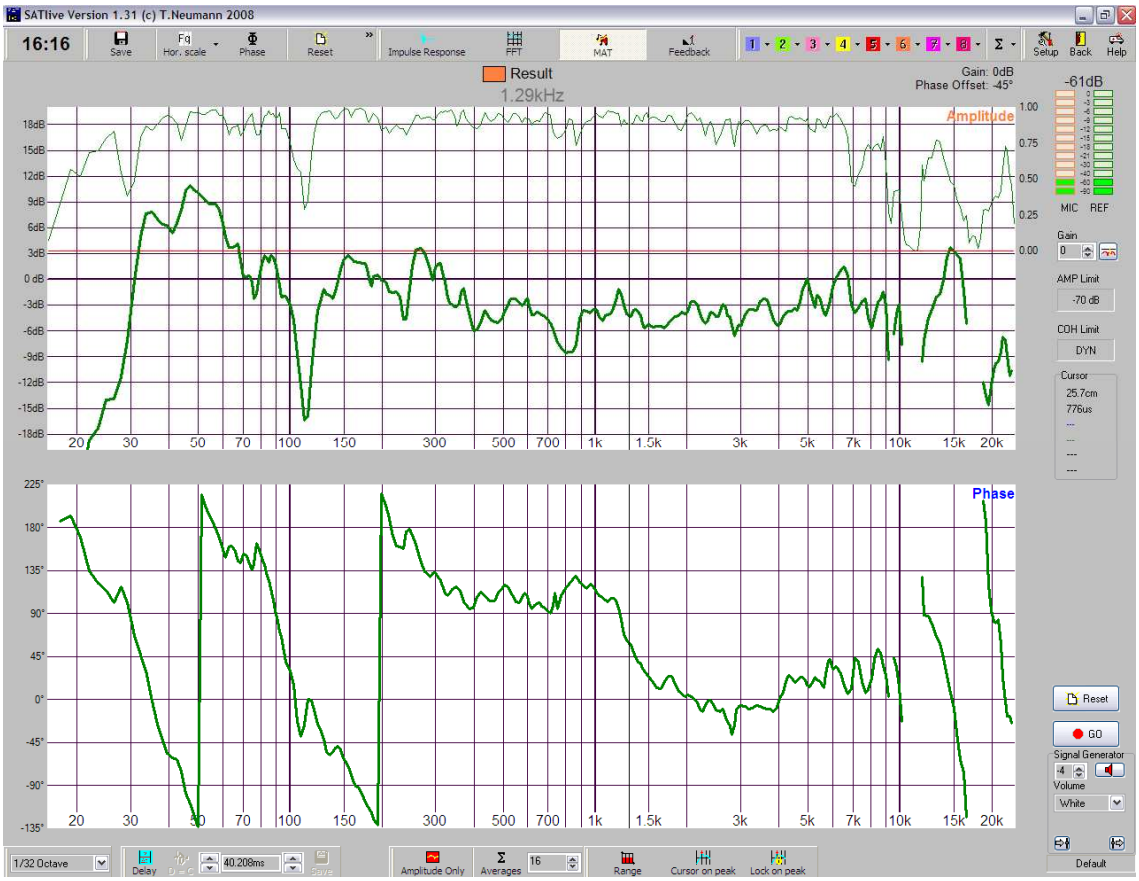

Fig 20. Esta es la curva de respuesta de amplitud que intentaremos mejorar. Más tarde se verá que la pérdida de coherencia un poco por encima de 100Hz se debe a que tenemos dos tiempos de llegada diferentes a esas frecuencias, uno proveniente del cabezal y el otro del subgrave, siendo los niveles de ambos similares. Si tuviésemos una sola fuente y una reflexión veríamos el mismo efecto.

4) Cerramos el subgrave y abrimos la vía de medio-agudos en el procesador.

5) Medimos la vía de medios-agudos y guardamos la curva. En nuestro caso vemos la curva de la figura 21.

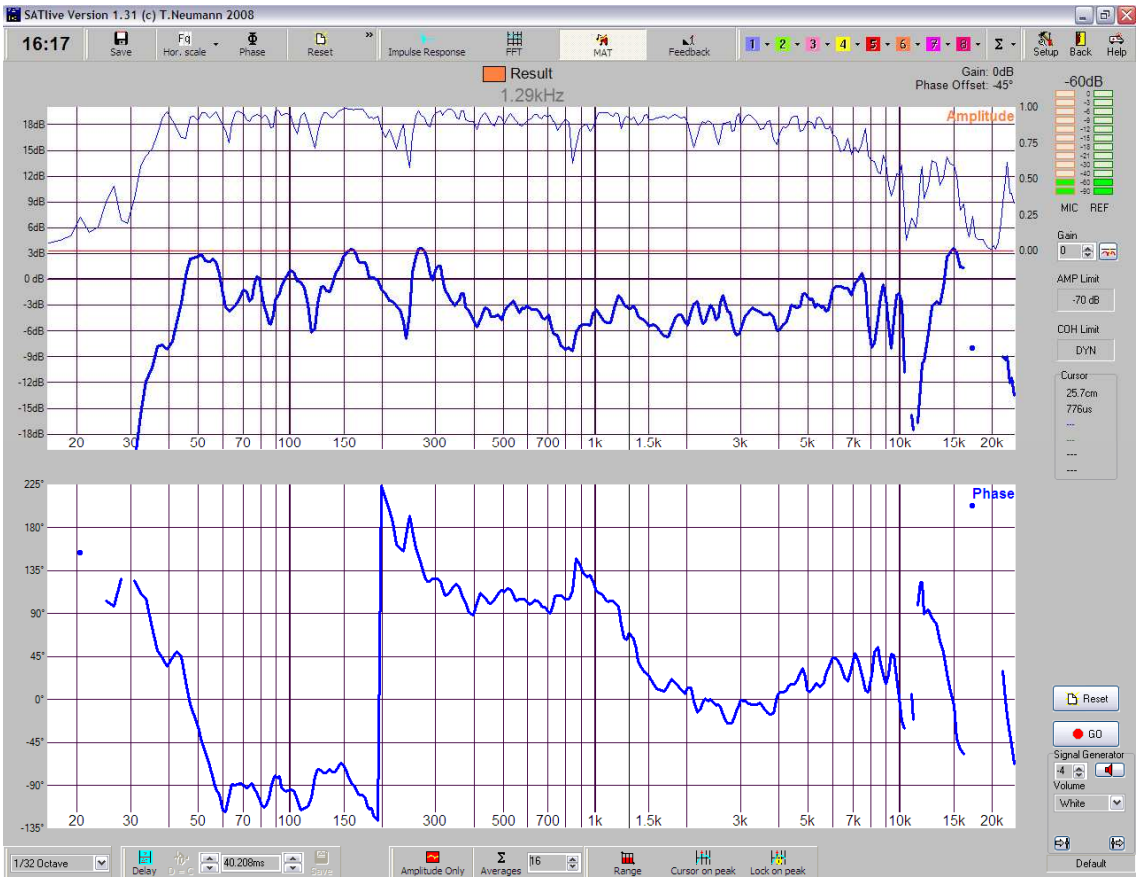

Fig. 21. Medida del cabezal de medios-agudos. En este caso se trata de un sistema con una frecuencia de corte muy baja al que normalmente se añadirán subgraves.

6) Cerramos la vía de medios-agudos y abrimos únicamente la vía de subgraves.

7) ¡¡¡NO volvemos a usar "Delay Finder"!!! (Es decir, no volvemos a sincronizar la señal de referencia y la señal medida) No hay que olvidar que estamos comparando las fases de las dos vías, es decir, estamos midiendo la diferencia de tiempos de llegada entre ambas vías en función de la frecuencia. Por lo tanto el retardo de sincronía en el canal de la señal de referencia no se deberá volver a cambiar en el software. Hay que recordar que hemos tomado como referencia de tiempos la unidad de medios-agudos por que es la vía de la cual obtendremos una mejor respuesta al impulso.

8) Medimos la vía de subgraves y comparamos la curva de fase con la del medio-agudo. En nuestro caso el resultado es el de la figura 22.

Fig. 22. Vemos que hay una diferencia de fase bastante importante entre el subgrave y el cabezal. El cabezal Aero 50 y el subgrave LX218A se solapan acústicamente entre 45Hz y 125Hz aproximadamente con los niveles que les hemos dado.

9) ***Retrasamos o adelantamos*** la vía de subgraves hasta que ambas fases ***se solapen*** alrededor de la frecuencia de corte, como se ve en la figura 23. No olvidemos guardar las curvas.

En este caso la curva de fase del subgrave tiene mayor pendiente en la banda pasante que la del cabezal en graves. Es evidente que vamos a tener que quitarle retardo al subgrave hasta que las dos curvas se solapen lo más posible en la banda que ambas comparten.

Al quitarle retardo a la curva verde de la figura 22, la veremos subir hasta desaparecer por la parte de arriba de la gráfica y volver a aparecer por debajo. Hay que tener en cuenta que la gráfica de fase nos muestra valores sólo entre +180º y -180º. Si la escala fuese mayor no veríamos los zig zags que se ven en las gráficas.

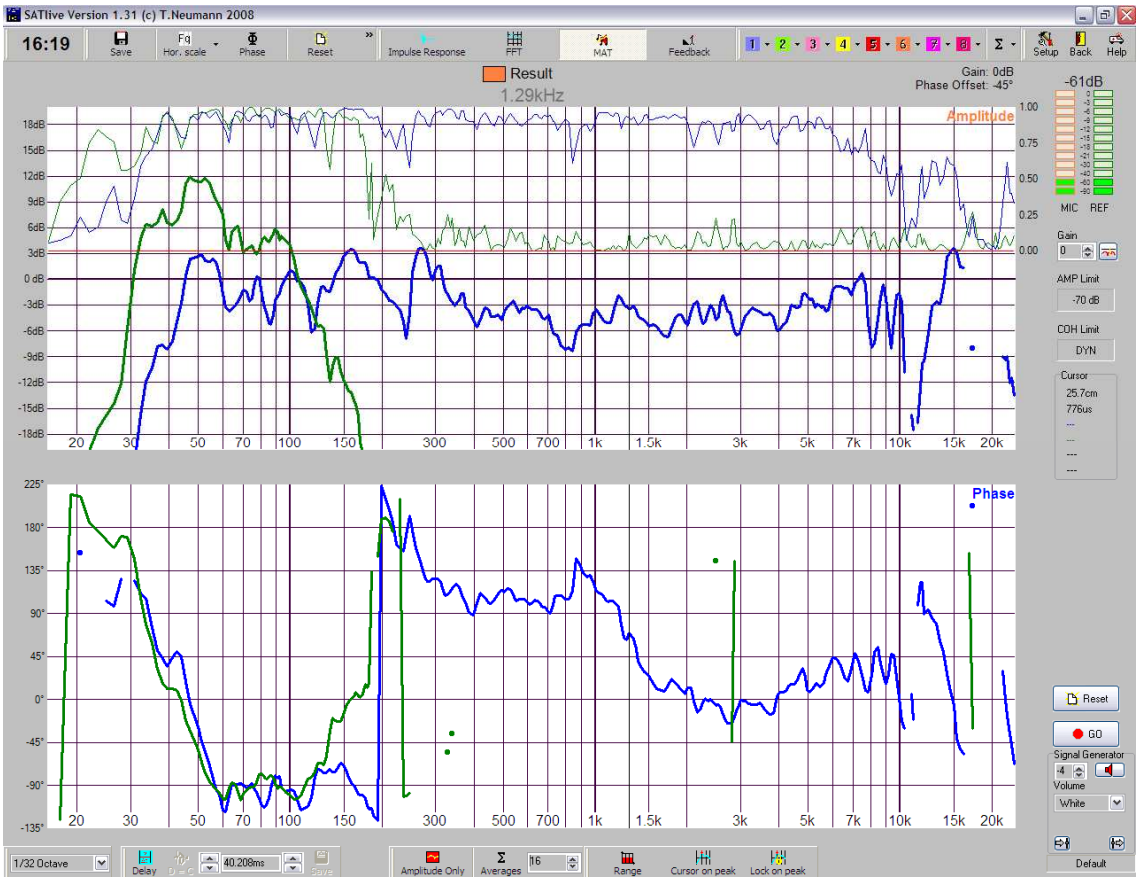

Fig. 23. Al quitar retardo al subgrave la curva verde ha ido subiendo en la gráfica de SATLive (y apareciendo debajo) y perdiendo pendiente al mismo tiempo en la banda pasante.

10) Volvemos a medir la respuesta de amplitud del sistema y comparamos con la medida inicial. Si las fases se han ajustado correctamente la suma de los subgraves y los medios-agudos se estará produciendo en fase y esto se verá reflejado en la respuesta de amplitud.

En la figura 24 podemos comparar la respuesta de amplitud antes del ajuste (curva azul) y después del ajuste (curva roja). La cancelación y la falta de coherencia que había en 125Hz aproximadamente han desaparecido. Como se ha dicho más arriba la falta de coherencia se debía a que la misma banda de frecuencias estaba llegando en tiempos diferentes, lo cual es equivalente a una reflexión, siendo los niveles similares. Cuando se han ajustado las fases para que se solapasen la falta de coherencia ha desaparecido, la banda que es compartida por ambos sistemas está llegando a la vez.

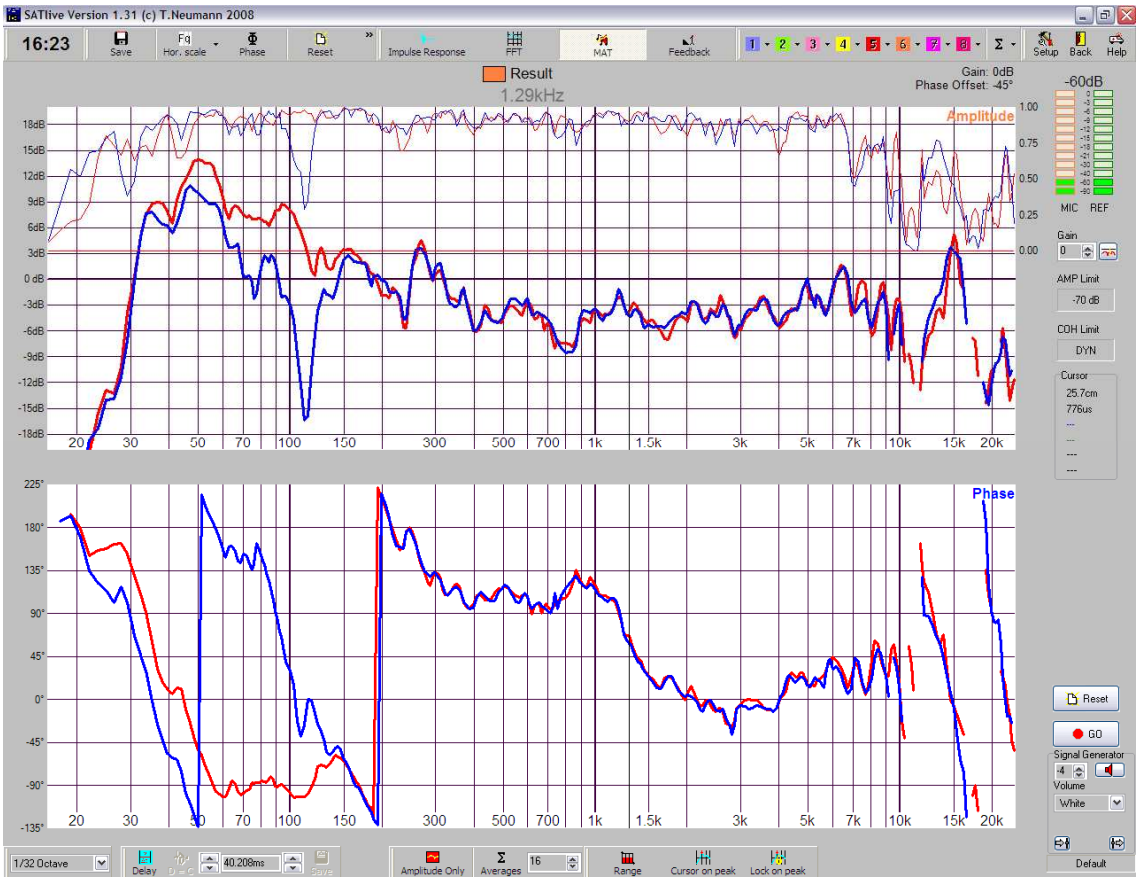

Fig 24. La curva azul es la respuesta de amplitud que obteníamos antes del ajuste de fases, y la roja la que hemos obtenido después del ajuste.

11) Tomaremos el valor menor del retardo introducido y lo restaremos al subgrave y a los medios-agudos, de forma que al menos una de las vías quedará con un retardo de 0ms.

El cabezal DAS Aero 50 es un sistema line array de tres vías con amplificación externa. Los retardos que han quedado en cada vía son los siguientes:

DAS LX218A
Subgrave: 14.458ms

DAS Aero 50
Grave: 20ms
Medio: 25.9167ms
Agudo: 26.0104ms

Lo que en realidad nos interesa es la diferencia de tiempos que debe haber entre las vías para que la relación de fases sea la que queremos. Por lo tanto en este paso vamos a restar a todas las vías el retardo menor, que en este caso es de 14.458ms. Así los retardos definitivos que tendremos en nuestro procesador serán los siguientes:

DAS LX218A
Subgrave: 0ms

DAS Aero 50
Grave: 5.542ms
Medio: 11.4587ms
Agudo: 11.5524ms

Una vez introducidos los retardos definitivos es aconsejable comparar las curvas de fase con las medidas anteriormente para comprobar que no se ha cometido ningún error.

Antes de ir a ajustar un equipo por primera vez es conveniente practicar este procedimiento tantas veces como sea posible y con cualquier combinación de sistemas que se tenga a mano, hasta que se domine la técnica. Las prácticas a escala reducida nos permitirán familiarizarnos con el procedimiento usando medios que cualquiera tenemos a mano.

Joan La Roda.
DAS Audio, Departamento de Ingeniería.

Copyright © 2009