

**‘OPEN\_GL’ MULTISPETTRI 3D  
“NOISE & VIBRATION WORKS” OPZIONE 6**

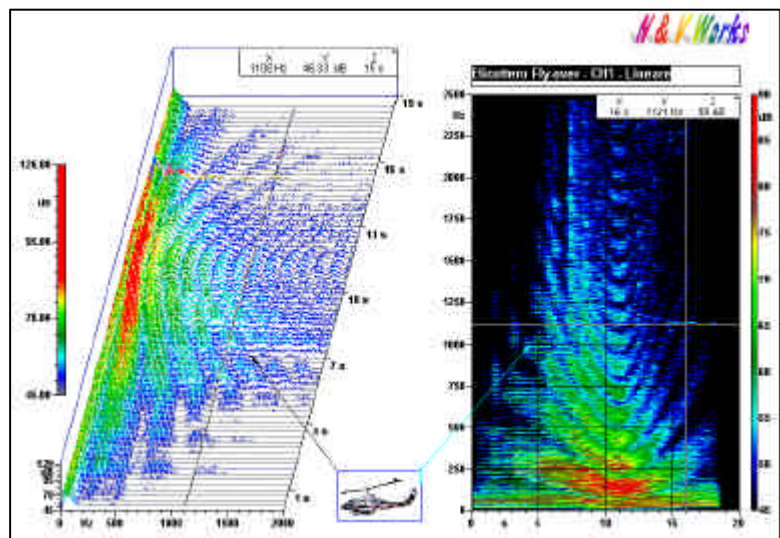
*ARMANI Alberto*

**Le misure ‘Multispettro’**

Una misura ‘*multispettro*’ è costituita da una sequenza di analisi spettrali memorizzata nel tempo con modalità automatica. In alcuni casi la stessa tecnica prevede una memorizzazione in sequenza, condizionata dalle variazioni di regime (rpm) di un motore.

Queste sequenze possono essere eseguite mediante vari tipi di sistemi di misura, solitamente caratterizzati da unità multicanale in grado di fornire analisi spettrali in banda stretta FFT, o in ordini armonici oppure in bande di 1/1, 1/3, 1/12, 1/24 d’ottava.

Le misure ‘*multispettro*’ rappresentano l’approccio più semplice e diretto nel campo delle analisi tempo – frequenza e trovano la loro migliore forma grafica di rappresentazione negli spettrogrammi e nei waterfall. L’esempio riportato in figura, descrive una misura ‘*multispettro*’ FFT relativa al sorvolo di un elicottero e rappresentata con le modalità grafiche del tipo waterfall e sonogramma.

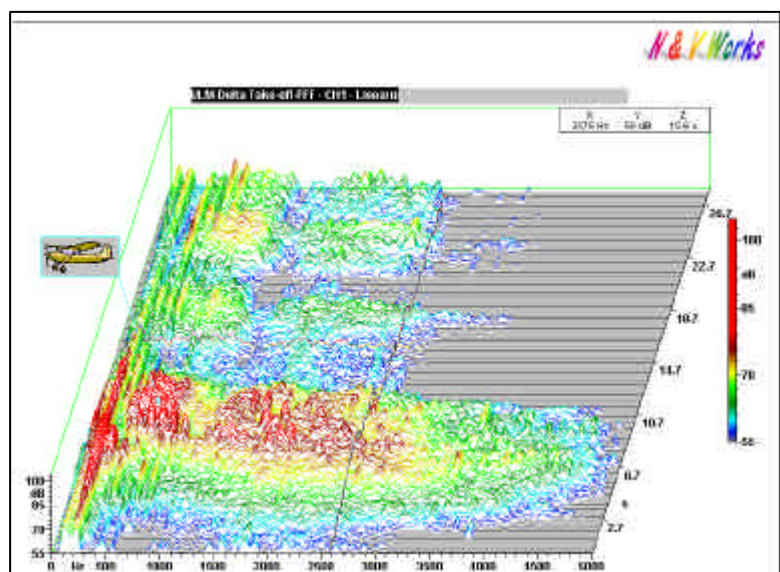


*Waterfall e sonogramma relativo al sorvolo di un elicottero a bassa quota.*

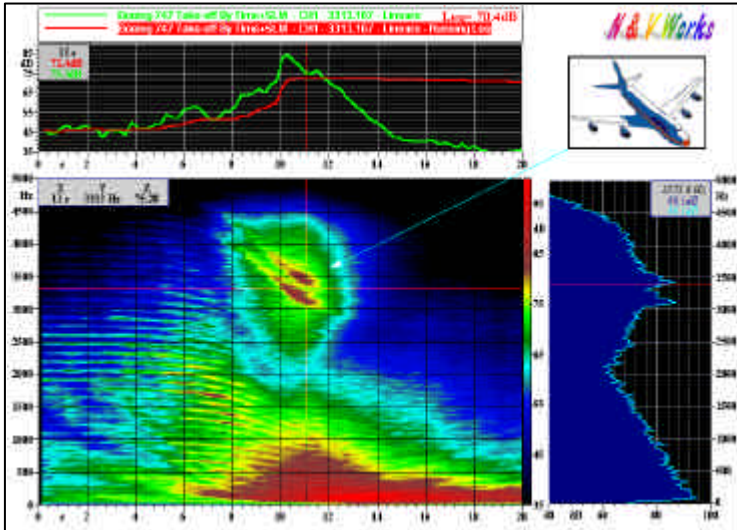
**La rappresentazione ‘Waterfall’.**

La grafica ‘Waterfall’ è tradizionalmente una delle modalità più utilizzate per la rappresentazione delle analisi multispettro. La sequenza degli spettri nel tempo viene riportata in successione con un grafico in cui sono aggiunti dei piccoli incrementi costanti per gli assi delle ordinate e delle ascisse. Si ottiene in questo modo un risultato simile a quello riportato nel grafico a lato, dove il fenomeno acustico relativo al rumore prodotto dal sorvolo di un velivolo, viene descritto in modalità pseudo tridimensionale con l’asse delle ascisse per le frequenze, quello delle ordinate per le ampiezze e quello generato dalla sequenza degli spettri, come asse Z nel tempo.

Per il trattamento delle misure multispettro di grandi dimensioni, sovente viene anche aggiunta la possibilità di migliorare la lettura delle ampiezze, mediante l’utilizzo di una scala cromatica con soglie e gestione colore definibile dall’operatore.



*Waterfall relativo al sorvolo di un velivolo ultraleggero.*



Spettrogrammi relativo al decollo di un 747 in fase di virata.

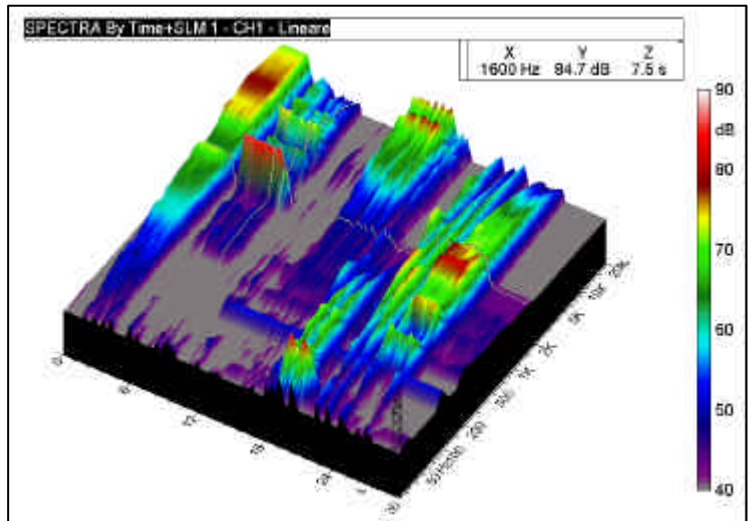
### **‘Sonogramma’ : il dominio tempo-frequenza.**

Nelle analisi tempo – frequenza è possibile rappresentare la traccia del livello nel tempo per ogni banda in frequenza e contemporaneamente lo spettro corrispondente ad ogni istante di tempo. La rappresentazione fornita dallo spettrogramma fornisce una visione di insieme per questa misura a tre variabili, utilizzando solitamente l’asse delle ascisse per la scala del tempo, quello delle ordinate per la scala delle frequenze ed il colore per indicare l’ampiezza del livello nei diversi istanti e per le diverse frequenze.

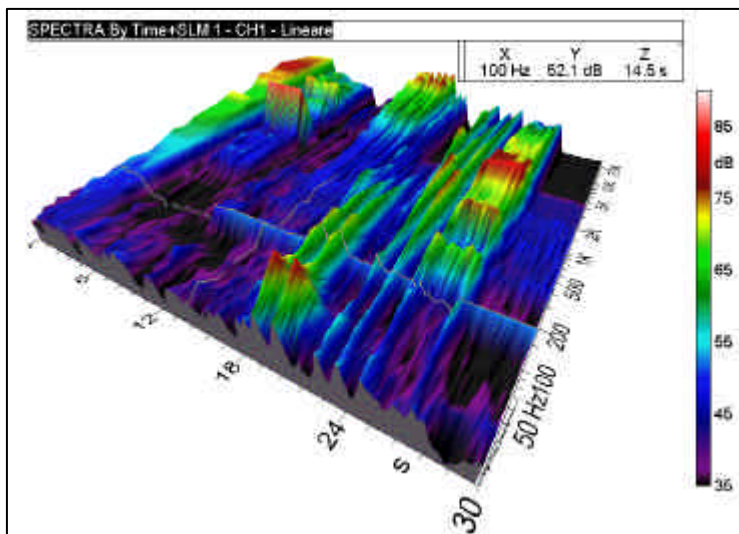
Per migliorare la lettura degli spettrogrammi, spesso vengono associati sugli assi X ed Y i grafici della traccia del livello di una banda di frequenza e dello spettro corrispondente all’istante di tempo selezionato mediante cursore; ad ogni nuovo posizionamento del cursore sarà individuato un nuovo valore di frequenza e di tempo a cui corrisponderanno una traccia del livello nel tempo per la banda in frequenza individuata ed lo spettro relativo a quell’istante di tempo.

### **La grafica waterfall con ‘Open-GL’**

Le rappresentazioni delle misure multispettri con la grafica waterfall, possono trarre importanti miglioramenti con l’impiego delle funzioni 3D incluse nelle librerie di ‘Open-GL’. In primo luogo è possibile gestire una vera visualizzazione ortografica, come quella riportata nella figura a fianco, gestendo tutte le movimentazioni lungo o attorno ai tre assi, semplicemente con il controllo del mouse. La velocità di rappresentazione e di movimentazione è poi un altro degli aspetti importanti ottenibile con questa soluzione. Le scalature degli assi possono essere invertite e gli assi possono anche essere scambiati tra loro. Sono previste la gestione di una soglia ed un offset per l’asse della ampiezze ed una funzione di autoscala.



Waterfall 3D con Open-GL relativo ad un multispettro nel tempo in 1/3 d’ottava.



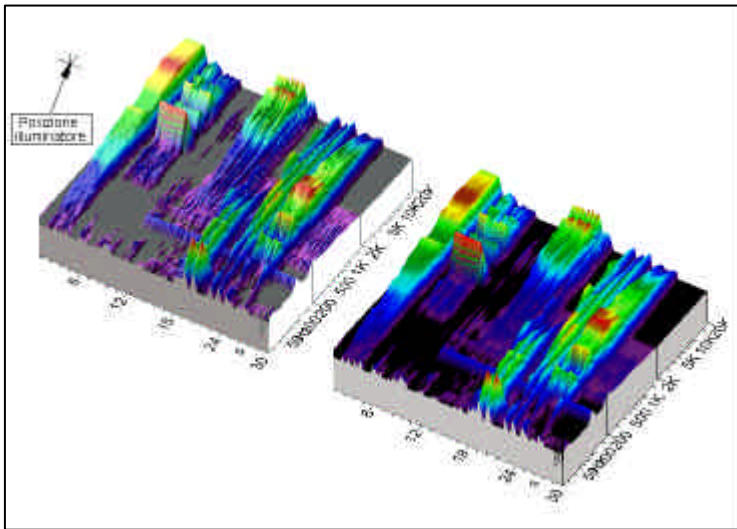
Waterfall 3D di un multispettro nel tempo con visualizzazione prospettica.

### **Waterfall in prospettiva con ‘Open-GL’**

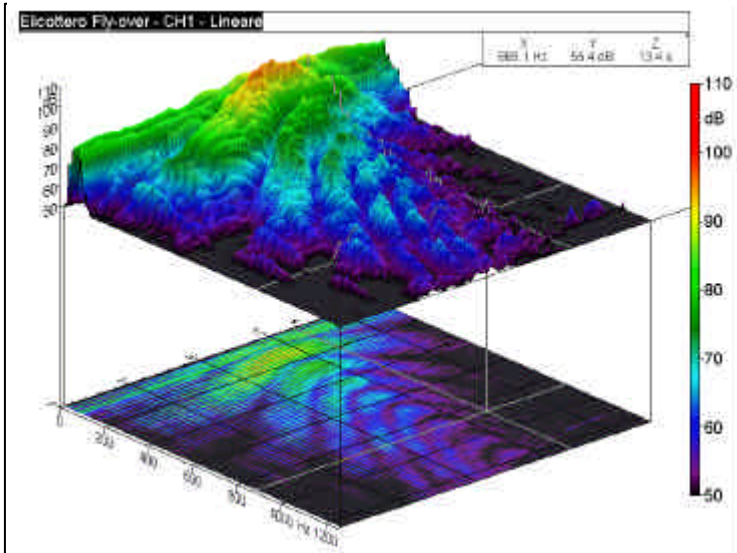
La gestione della grafica 3D, prevede anche una visualizzazione di tipo prospettico analoga a quanto riportato nella figura accanto, dove è possibile impostare l’angolo di visuale in conformità all’importanza che si desidera dare ad una specifica area della superficie visualizzata.

Tutte le etichette che identificano i valori della scale sui tre assi, possono essere singolarmente dimensionate ed orientate a piacere.

Gli assi possono essere convertiti da lineari in logaritmici e viceversa. L’asse delle frequenze può essere trasformato in asse degli ordini armonici e viceversa. Il livello delle ampiezze verso frequenza o verso ordini armonici, può essere integrato o derivato una o due volte. I multispettri con analisi FFT, possono essere convertiti in multispettri CPB tipo 1/3 o 1/12 d’ottava.



Confronto tra un grafico Waterfall illuminato ed il medesimo senza illuminazione.

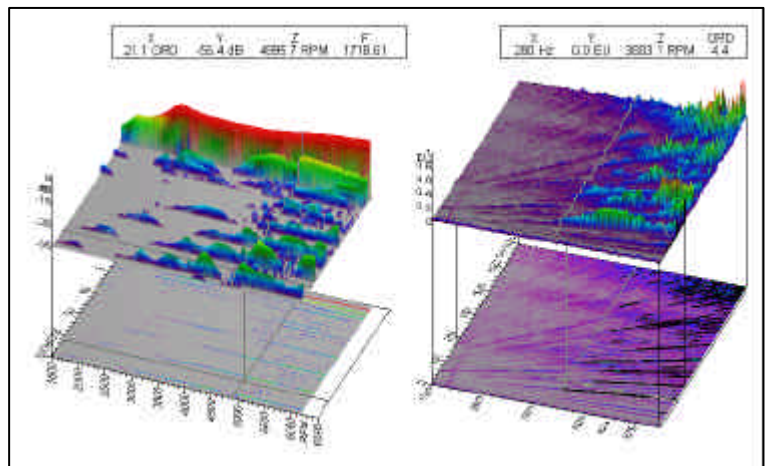


Grafica d'insieme 'Waterfall & Sonogramma' con Open-GL.

### Multispettri verso rpm

Con i medesimi metodi grafici, possono essere rappresentati le analisi multispettro di spettri oppure di ordini armonici verso variazione di regime giri motore (rpm).

La grafica utilizzata per questo genere di misure fornisce uno strumento di indagine diagnostica immediata, molto utile per l'osservazione globale dei difetti e delle loro possibili cause come semplice confronto delle variazioni osservate tra i grafici relativi a rilievi su di un macchinario in buone condizioni ed in cattive condizioni oppure tra due misure eseguite nel tempo per tenere sotto osservazione le condizioni di degrado di un macchinario critico.



Multispettri in frequenza ed in ordini armonici verso giri motore 'rpm'.

### Il controllo dell'illuminazione.

Nella rappresentazione di multispettri di grandi dimensioni, un problema comune che si pone durante la loro visualizzazione con la grafica waterfall, è la difficoltà nell'evidenziare le veloci variazioni del livello del segnale, sia che queste accadano verso frequenza o verso tempo; spesso anche l'impiego della scala cromatica non riesce ad affrontare tale problema in modo esauriente.

Nell'esempio riportato a fianco è invece possibile osservare come un attento impiego della funzione di illuminazione, riesca a migliorare la discriminazione delle discontinuità presenti nella superficie waterfall. La posizione dell'illuminatore, evidenziata dalla crocetta, fornisce mediante il gioco delle luci e delle ombre una descrizione sicuramente più fedele dell'intera rappresentazione grafica. Posizione dell'illuminatore, intensità, diffusione e riflessione sia dell'ambiente sia del materiale, costituiscono alcuni degli elementi a disposizione dell'operatore per la ricerca dei migliori risultati.

### Open-GL 'Waterfall & Sonogramma'.

Considerato che le modalità più indicate per la lettura delle misure multispettro, sono quelle costituite dai sonogrammi e dai waterfall, si è pensato di abbinare queste due modalità in una nuova grafica che potesse sfruttare anche tutte le potenzialità delle librerie di Open-GL nel modo 3D.

La base della superficie della grafica waterfall 3D, è stata così spostata verso il basso, per consentire di visualizzare come sonogramma, la proiezione di quanto sopra rappresentato.

Tramite mouse è possibile il completo controllo e movimentazione veloce dell'insieme, con modalità analoghe alla gestione del singolo grafico 3D. Il cursore proietta il suo posizionamento dalla superficie waterfall al sonogramma sottostante, consentendo una precisa individuazione di ciascun punto dell'analisi multispettro.