

Simulazioni acustiche in ambiente

Andrea Cerniglia
hilbert@venus.it

(Estratto da RCI, anno XXV N.9, settembre 1998, Tecniche Nuove)

Una descrizione del modo di operare dei programmi in grado di simulare il comportamento del suono all'interno di un ambiente, al fine di studiare le possibili correzioni da apportare all'ambiente stesso per la sua ottimizzazione acustica.

Talvolta si pone il problema dello studio preventivo delle caratteristiche acustiche di un ambiente che dovrà successivamente ospitare una installazione rumorosa, la quale potrebbe quindi creare fastidio o disturbo alle persone. In questo caso, e anche qualora si rendesse necessaria la bonifica acustica di una situazione già esistente, è possibile impiegare i softwares previsionali acustici per ambienti confinati. Questi programmi sono in grado di simulare l'acustica di un ambiente in funzione della sua geometria, dei materiali che lo costituiscono e delle sorgenti di rumore in esso presenti. La figura 1 mostra la simulazione della distribuzione del rumore all'interno di un ambiente industriale, dovuta ad una particolare installazione. Gli algoritmi utilizzati consentono di calcolare, per mezzo del computer, la distribuzione del rumore nell'ambiente, ed eventualmente studiare e simulare i possibili interventi finalizzati al contenimento del rumore o alla ottimizzazione acustica.

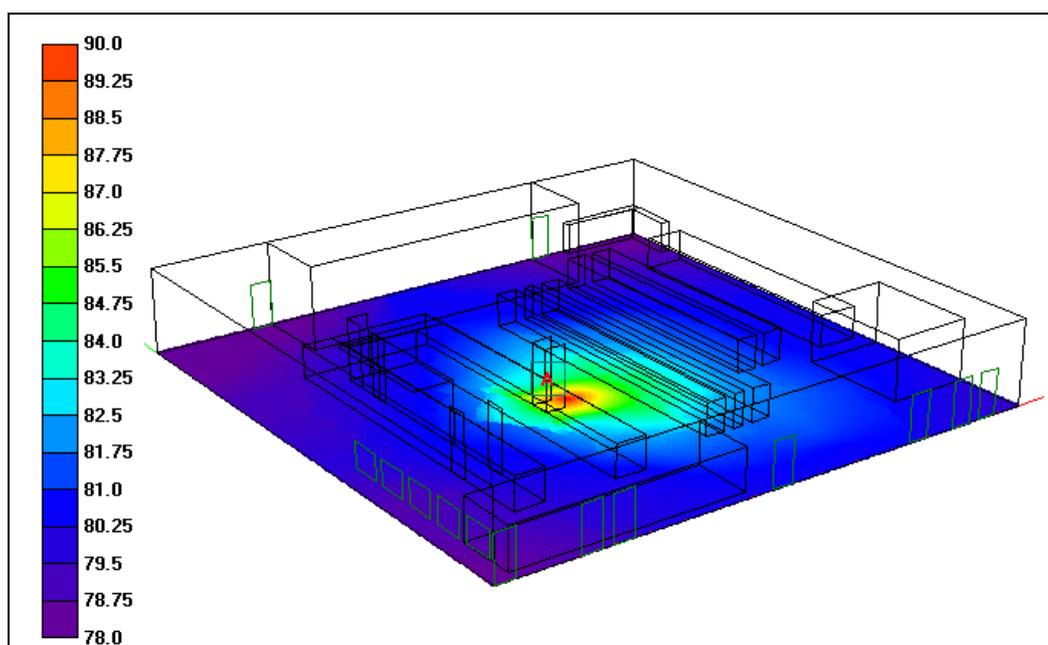


figura 1 : distribuzione del rumore all'interno di un ambiente industriale, dovuto alla presenza di un macchinario rumoroso. La scala cromatica, dal blu al rosso, indica i diversi livelli di rumorosità espressi in dB(A), presenti all'interno dell'ambiente. La simulazione mostrata è stata effettuata per mezzo del software previsionale Ramsete.

La definizione della geometria dell'ambiente

La prima operazione da eseguire per l'utilizzo di un programma previsionale è la definizione della geometria dell'ambiente o, in altre parole, la creazione di un disegno elettronico che possa quindi rappresentare l'ambiente stesso nel linguaggio comprensibile al calcolatore. I modi di realizzazione del disegno possono essere diversi in funzione dei dati disponibili, e comunque sono tutti mirati a ottenere un disegno tridimensionale dell'ambiente oggetto di studio. Molti programmi sono inoltre in grado di importare disegni elettronici già esistenti, purché realizzati in un formato ad essi compatibile; naturalmente il grado di dettaglio di detti disegni deve essere adeguato alle problematiche relative alla propagazione del rumore. Disegni poco dettagliati potrebbero infatti non consentire un sufficiente grado di precisione, d'altro canto, disegni troppo particolareggiati complicherebbero inutilmente il lavoro.

La definizione delle caratteristiche acustiche dei materiali

Il suono, durante il percorso tra sorgente e ricevitore, può incontrare diversi ostacoli che ne influenzano la propagazione. Ad esempio, quando l'onda sonora incontra una parete, parte dell'energia incidente viene assorbita e parte viene invece riflessa; inoltre, una porzione dell'energia assorbita può attraversare la parete e propagarsi quindi nell'ambiente adiacente. La figura 2 mostra sinteticamente quanto appena descritto.

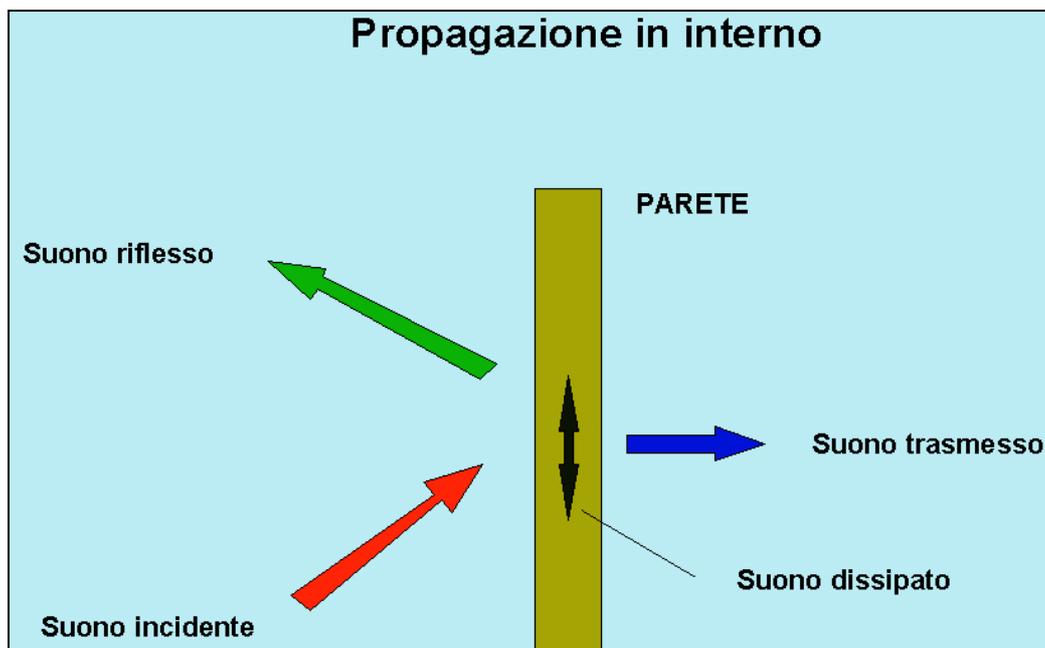


figura 2 : Quando il suono incontra un ostacolo, ad esempio una parete, parte dell'energia acustica viene riflessa, parte viene assorbita e parte viene trasmessa nell'ambiente confinante. Per ogni materiale, il coefficiente di assorbimento α ed il potere fonoisolante R caratterizzano, per ogni frequenza, il comportamento acustico dello stesso.

La quantità di energia riflessa, così come anche la quantità di energia trasmessa, dipende essenzialmente dalle caratteristiche dell'onda incidente e dalle caratteristiche acustiche del materiale sui cui l'onda acustica incide. Al fine di potere quindi prevedere il comportamento del suono che incontra un particolare ostacolo, il software di simulazione ha la necessità di conoscere le caratteristiche acustiche dei materiali che costituiscono l'ambiente ; più precisamente ha bisogno di conoscere, per ognuno di essi, il coefficiente di assorbimento α ed il potere fonoisolante R .

Material Manager 1.5 - Ramsete.mat

0.0 α R Update File Quit

| N. | Frequency (Hz) | Color | 31.5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | 16k |
|-----|-----------------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 196 | Par.doppia - tramezza 8x25x25 + 4 | 800000 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| 197 | Par.doppia - tram.8x25x25 bordo | 008000 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| 198 | Forato cm 8x30x15 a 6 fori F/A = | 808000 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| 199 | Par.doppia - tramezza 8x25x25 + 4 | 000080 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| 200 | Solaio Alveolater AS - spessore | 800080 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| 201 | Lamiera MTL 12/10 (MATIS) | 008080 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 202 | Lamiera Normale 12/10 | COCOCO | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 203 | parete da 25 cm. rif 173 | 808080 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.05 | 0.04 | 0.07 | 0.08 | 0.08 | 0.08 |
| 204 | parete da 25 cm rif173+5 cm | FF0000 | 0.0 | 0.0 | 0.23 | 0.59 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 1.0 |
| 205 | parete da 25 cm + schermi cir | 00FF00 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 0.8 | 0.75 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 206 | Lam+LanaR Barab | FFFF00 | 0.7 | 0.75 | 0.78 | 0.88 | 0.79 | 0.76 | 0.68 | 0.7 | 0.65 | 0.6 |

Material Manager 1.5 - Ramsete.mat

0.0 α R Update File Quit

| N. | Frequency (Hz) | Color | 31.5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | 16k |
|-----|-----------------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 196 | Par.doppia - tramezza 8x25x25 + 4 | 800000 | 32.5 | 32.5 | 38.1 | 38.2 | 45.4 | 52.6 | 60.1 | 65.1 | 65.1 | 65.1 |
| 197 | Par.doppia - tram.8x25x25 bordo | 008000 | 38.0 | 38.0 | 43.4 | 42.4 | 44.9 | 52.1 | 58.7 | 61.3 | 61.3 | 61.3 |
| 198 | Forato cm 8x30x15 a 6 fori F/A = | 808000 | 27.4 | 27.4 | 33.8 | 30.3 | 37.5 | 41.9 | 49.2 | 54.7 | 54.7 | 54.7 |
| 199 | Par.doppia - tramezza 8x25x25 + 4 | 000080 | 32.2 | 32.2 | 40.9 | 35.2 | 42.0 | 48.6 | 56.0 | 62.6 | 62.6 | 62.6 |
| 200 | Solaio Alveolater AS - spessore | 800080 | 36.2 | 36.2 | 41.4 | 43.5 | 46.9 | 51.2 | 54.2 | 58.5 | 58.5 | 58.5 |
| 201 | Lamiera MTL 12/10 (MATIS) | 008080 | 7.0 | 10.0 | 19.0 | 23.0 | 22.0 | 32.0 | 39.0 | 45.0 | 49.0 | 50.0 |
| 202 | Lamiera Normale 12/10 | COCOCO | 5.0 | 7.0 | 20.0 | 25.0 | 22.0 | 32.0 | 39.0 | 45.0 | 45.0 | 49.0 |
| 203 | parete da 25 cm. rif 173 | 808080 | 31.3 | 31.3 | 40.7 | 41.3 | 42.2 | 43.5 | 47.2 | 49.0 | 51.0 | 53.0 |
| 204 | parete da 25 cm rif173+5 cm | FF0000 | 31.3 | 31.3 | 40.8 | 41.3 | 42.2 | 43.5 | 47.2 | 49.0 | 51.0 | 55.0 |
| 205 | parete da 25 cm + schermi cir | 00FF00 | 33.0 | 33.0 | 42.8 | 42.3 | 43.2 | 44.5 | 48.2 | 50.0 | 53.0 | 55.0 |
| 206 | Lam+LanaR Barab | FFFF00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

figura 3 : data base dei materiali relativo al programma di simulazione Ramsete. La tabella superiore mostra il coefficiente di assorbimento α di alcuni materiali comuni, la tabella inferiore è invece relativa, per gli stessi materiali, al potere fonoisolante R . Sia α , sia R sono espressi in funzione della frequenza.

Poiché entrambi i dati citati possono variare, anche notevolmente, in funzione della frequenza, essi vengono definiti, come mostrato in figura 3, per ogni banda considerata. La maggior parte dei programmi di simulazione reperibili, consente inoltre di aggiornare il data base dei materiali con le caratteristiche acustiche di nuovi prodotti specifici che possono essere provati acusticamente e certificati da appositi istituti riconosciuti.

La definizione delle sorgenti acustiche presenti nell'ambiente

Per potere valutare come il rumore si propaga nell'ambiente, è ovviamente necessario che il programma di simulazione conosca le sorgenti acustiche in esso presenti, oltre che in termini di posizionamento, anche in termini di potenza sonora irradiata alle varie frequenze, ed in termini di diagramma di irradiazione, anche quest'ultimo in funzione della frequenza. Se, come purtroppo molto spesso accade, questi dati non sono di immediata disponibilità, si rende necessaria la loro misurazione per mezzo di adeguata strumentazione. Allo scopo di semplificare le misure esistono programmi, alcune volte integrati all'interno dei software previsionali, che consentono di eseguire il calcolo della potenza sonora di una macchina, per mezzo di una serie di passi guidati. La figura 4 mostra una videata per il calcolo della potenza sonora secondo la norma ISO 3744, la quale consente, in determinate condizioni, di ottenere la potenza sonora misurando in diversi punti la pressione acustica dovuta alla macchina, ed il tempo di riverbero dell'ambiente in cui viene eseguita la prova.

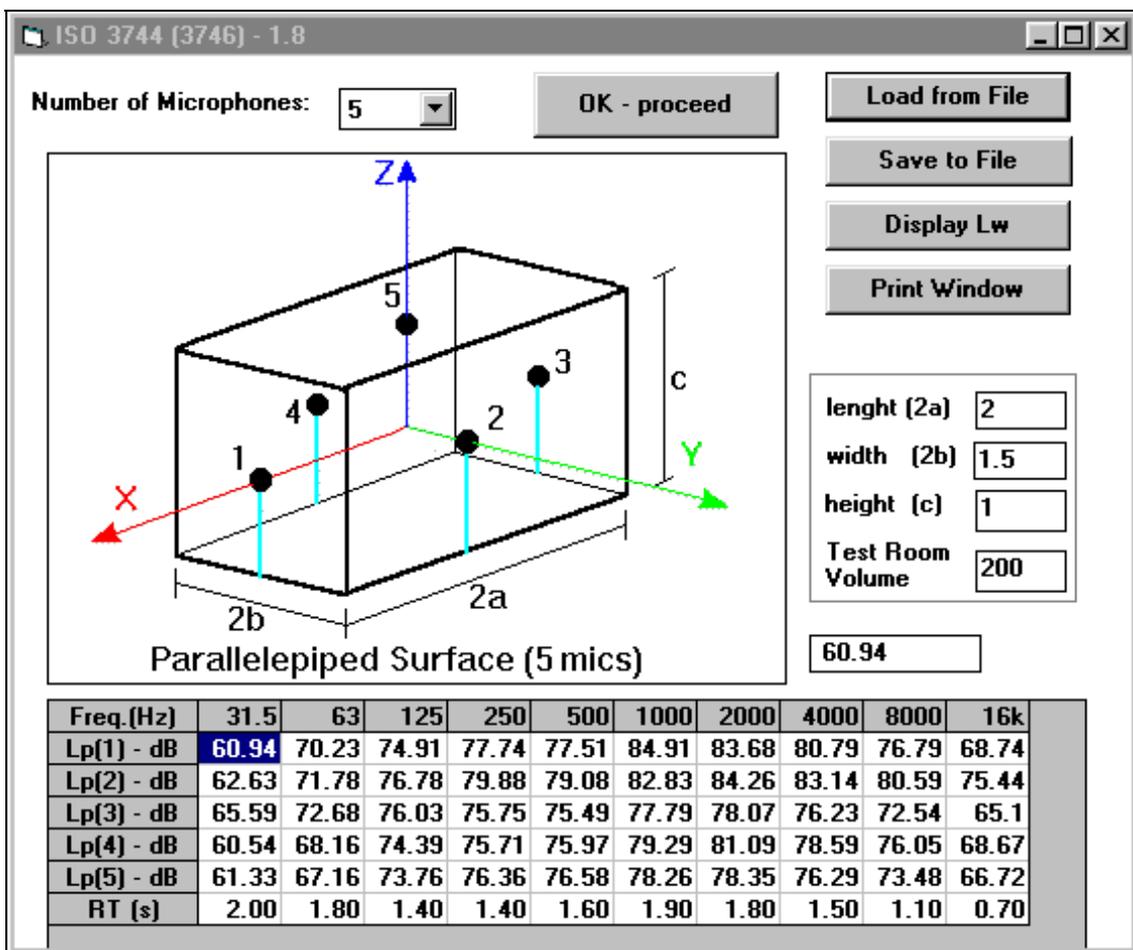


figura 4 : Calcolo della potenza sonora secondo la norma ISO 3744. Il calcolo prevede la misura della pressione acustica in alcuni punti intorno alla macchina, e la misura del tempo di riverbero nell'ambiente di prova. Combinando opportunamente i dati rilevati è possibile ottenere il dato di potenza sonora relativo alla macchina.

Come già detto, il programma previsionale necessita anche dell'informazione relativa al diagramma di direzionalità della sorgente. Quest'ultima informazione si rende necessaria perché generalmente il rumore irradiato non è uguale per tutte le

direzioni : di norma le frequenze più elevate sono dotate di maggiore direzionalità rispetto alle frequenze più basse. La figura 5 mostra, per una determinata sorgente, il diagramma di irradiazione per le bande di ottava di 125 Hz e di 2000 Hz.

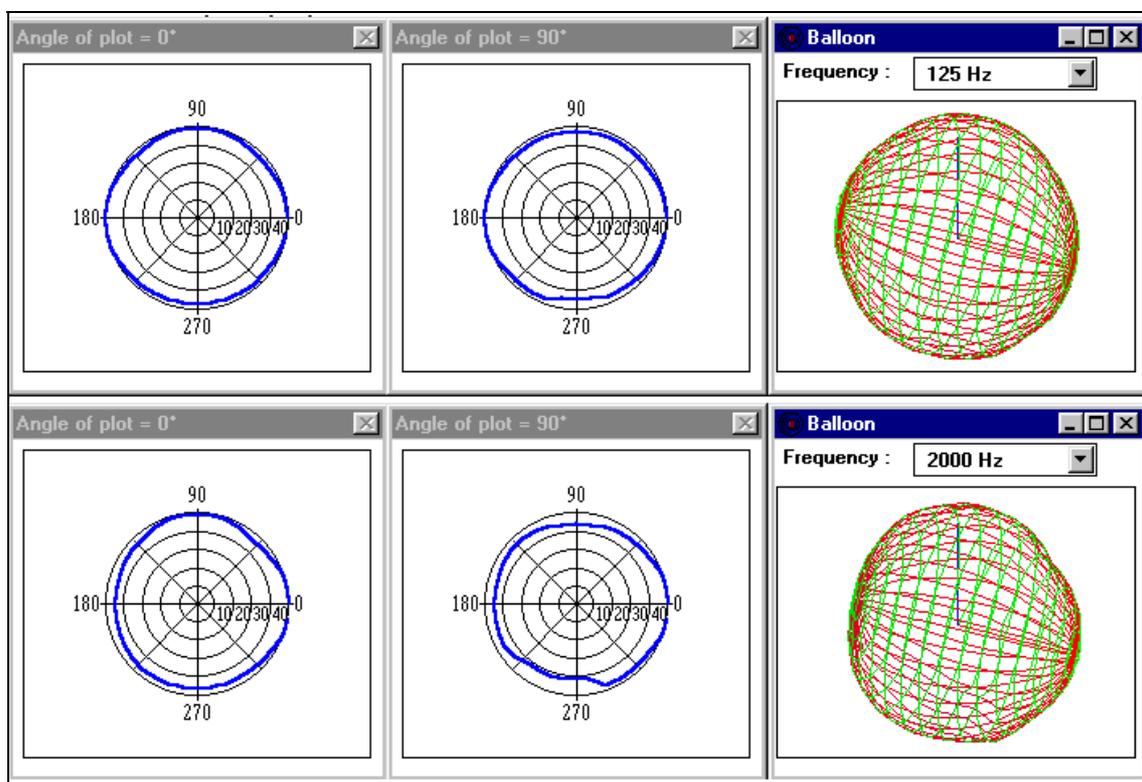


figura 5 : diagramma di irradiazione di un macchinario industriale, nelle bande di ottava di 125 Hz e di 2000 Hz, nei piani azimutale e zenitale. L'ultima colonna mostra, in forma tridimensionale, l'irradiazione della sorgente.

La previsione acustica

Definiti tutti i dati necessari al programma per eseguire la simulazione, è possibile procedere al calcolo previsionale propriamente detto. Gli algoritmi seguiti, in funzione del software utilizzato, possono essere di diverso tipo e mirano sostanzialmente a valutare la distribuzione del rumore nell'ambiente, dovuto alle varie sorgenti presenti (identificate da posizione, potenza sonora e direzionalità), tenendo conto dei fenomeni che influenzano la propagazione del suono, quali ad esempio la divergenza geometrica, la riflessione, la diffrazione. La rappresentazione dei risultati ottenuti può essere sia relativa al valore globale in dB oppure in dB(A), sia su ogni singola banda di frequenze considerata. L'algoritmo utilizzato per ottenere le simulazioni portate a titolo di esempio in figura 1 ed in figura 6 è del tipo 'beam tracing'. Tale algoritmo prevede il tracciamento di un certo numero di fasci acustici dalla sorgente in tutte le direzioni, fino a coprire completamente l'angolo solido intorno all'oggetto fonte di rumore. Nella simulazione eseguita, ogni fascio, incontrando durante il percorso i diversi elementi che costituiscono l'ambiente, subisce le dovute riflessioni e le relative attenuazioni funzione delle caratteristiche acustiche dei materiali incontrati, nonché gli altri fenomeni di propagazione previsti ;

dopo un determinato numero di riflessioni ogni fascio viene abbandonato ed il software prosegue nel calcolo con il fascio successivo. Al termine, eseguita l'elaborazione citata per tutti i fasci in cui l'angolo solido è stato suddiviso, il software calcola la quantità di rumore presente in ogni punto dell'ambiente, conoscendo il contributo dei diversi fasci che sono passati per quel punto. Oltre alla previsione della distribuzione del rumore, molti programmi previsionali consentono di ottenere altre informazioni quali ad esempio il tempo di riverbero, gli indici di chiarezza o lo Speech Transmission Index (un parametro che indica la bontà della trasmissione del parlato nell'ambiente)

La correzione acustica

Realizzato il modello acustico dell'ambiente si possono agevolmente simulare a calcolatore le eventuali modifiche dello stesso, finalizzate al contenimento del rumore. Infatti è possibile modificare la geometria dell'ambiente inserendo una particolare schermatura ad una macchina, una controsoffittatura o qualunque altro elemento si ritenga necessario, ripetendo quindi il calcolo per valutare l'efficacia di dette correzioni simulate.

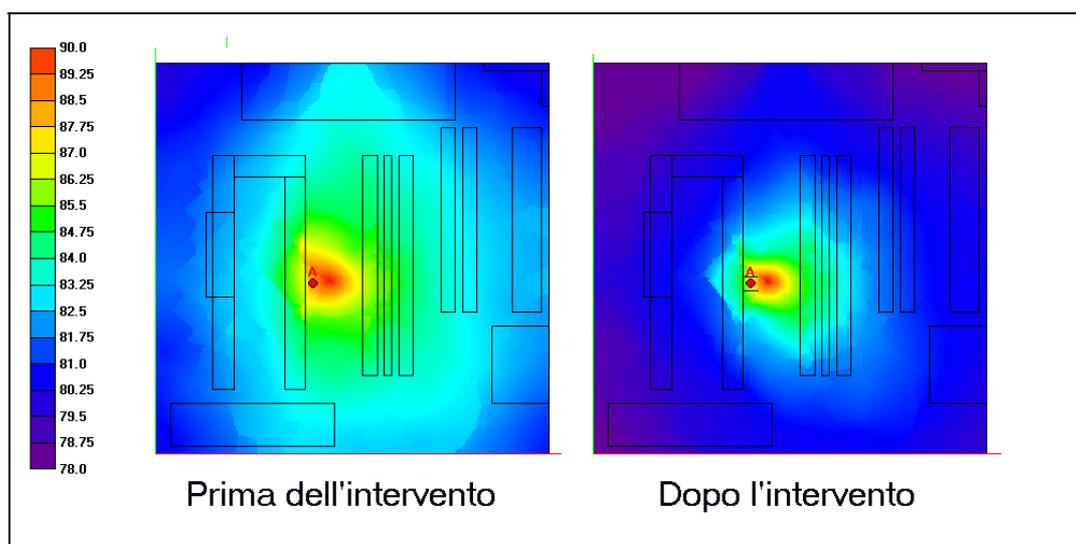


figura 6 : simulazione di un intervento di bonifica che consiste nella realizzazione di una particolare schermatura della sorgente di rumore. L'immagine a sinistra si riferisce alla simulazione della distribuzione del rumore nell'ambiente prima della bonifica, quella a destra invece mostra la simulazione a intervento effettuato.

La auralizzazione

E' esperienza comune che rumori dello stesso livello, provenienti da macchinari simili, possono essere più o meno fastidiosi a seconda delle loro caratteristiche ed in funzione dell'ambiente in cui si propagano. Realizzato il modello acustico dell'ambiente in esame, è possibile, per applicazioni particolari, realizzare l'auralizzazione. Dietro questo termine si cela la possibilità di 'combinare' elettronicamente il rumore registrato emesso da una sorgente (la registrazione deve

avvenire in condizioni particolari), con l'ambiente virtuale realizzato a calcolatore, e la successiva possibilità di ascoltare in cuffia la simulazione sonora della sorgente posizionata nell'ambiente. Ovviamente, anche in questo caso, è possibile modificare l'ambiente virtuale ed ascoltare quindi l'effetto simulato delle modifiche, sul rumore percepito. L'auralizzazione viene eseguita per mezzo di appositi programmi da utilizzarsi in aggiunta ai programmi previsionali.

Conclusioni

Per ogni realizzazione, è palese che le soluzioni disponibili in fase di progetto, sono generalmente più efficaci e meno costose dei rimedi che si rendono necessari a lavoro completato, quando ci si rende conto di avere sottovalutato l'aspetto 'rumore'. Le potenzialità offerte dalla famiglia di programmi descritti, possono quindi essere considerate un valido aiuto al progettista o all'installatore, al fine di prevedere per tempo i necessari accorgimenti per l'ottimizzazione acustica.

Bibliografia :

- A. Farina, A new pyramid tracer for medium and large scale acoustic problems, Euronoise '95 proceedings
- A. Farina, Aurora listens to trace of pyramid power, Noise & Vibration worldwide, June 1995
- P. Galaverna, Un nuovo approccio alla progettazione acustica, Allegato a Isolare CTA n. 3/94
- Cyril. M. Harris, Manuale di controllo del rumore, Tecniche Nuove, Milano 1983
- A. Farina, Internet Ramsete Home Page, <http://pcfarina.eng.unipr.it/Ramsete/>