

WHITE PAPER

# Introduzione all'audio

Acustica, altoparlanti e terminologia audio

Settembre 2024

# Sommario

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Frequenza audio</b>	<b>3</b>
	2.1 Frequenze udibili	3
	2.2 Frequenza di campionamento	3
	2.3 Frequenza e lunghezza d'onda	3
<b>3</b>	<b>Acustica e dimensioni della stanza</b>	<b>4</b>
	3.1 Echi	4
	3.2 L'impatto delle dimensioni della stanza	4
	3.3 Soluzioni professionali per un'acustica ambientale neutrale	4
<b>4</b>	<b>Misure del suono</b>	<b>5</b>
	4.1 Percezione umana del suono e phon	5
	4.2 Watt	6
	4.3 Decibel	7
	4.4 Livello di pressione sonora	7
<b>5</b>	<b>Gamma dinamica, compressione e sensazione sonora</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Altoparlanti</b>	<b>9</b>
	6.1 Risposta polare	9
	6.2 Sensibilità dell'altoparlante	10
	6.3 Processore di segnale digitale integrato	10
	6.4 Tipi di altoparlanti	11
	6.5 Disposizione degli altoparlanti	16
	6.6 AXIS Site Designer	17

# 1 Introduzione

La qualità dell'audio che possiamo sperimentare in una certa stanza è influenzata da una serie di fattori, ad esempio l'elaborazione del segnale audio, la qualità dell'altoparlante e dei suoi componenti e il posizionamento dell'altoparlante. Anche le proprietà della stanza stessa, come il riverbero, l'assorbimento e la diffusione, sono fondamentali. Se sei mai stato in una sala da concerti, avrai notato che il soffitto e le pareti sono stati adattati per ottimizzare l'esperienza di ascolto.

Questo documento fornisce una panoramica della terminologia audio di base e delle proprietà che influenzano la qualità dell'audio in una stanza. Inoltre, presenta una panoramica sui diversi tipi di altoparlanti e sul loro posizionamento ottimale per un'installazione audio.

## 2 Frequenza audio

### 2.1 Frequenze udibili

L'orecchio umano in teoria è in grado di percepire frequenze da 20 Hz a 20 kHz. Il limite superiore di 20 kHz si abbassa con l'età, ma le alte frequenze possono aggiungere "carattere" attraverso i sovratoni all'audio con frequenze più basse. Il parlato umano, essendo complesso con molte armonie, è sparso su frequenze da circa 85 Hz (la più bassa per il maschio umano) a circa 8 kHz (suoni armonici per la femmina umana). Nella telefonia, viene comunemente utilizzato solo l'intervallo compreso tra 300 Hz e 3,4 kHz, e benché renda la voce percettibile, l'audio non sarà chiaro come la voce registrata a pieno intervallo di frequenza.

### 2.2 Frequenza di campionamento

La frequenza di campionamento è il numero di "istantanee" audio prese al secondo dell'audio di ingresso analogico per ricostruirlo digitalmente. In file audio e CD, 44,1 kHz è una frequenza di campionamento comunemente utilizzata, utilizzando quindi 44.100 campioni al secondo. La frequenza di campionamento deve essere almeno doppia rispetto alla frequenza audio di ingresso più alta che deve essere ricostruita.

### 2.3 Frequenza e lunghezza d'onda

Esiste una semplice relazione inversa tra la frequenza ( $f$ , in Hz) e la lunghezza d'onda ( $\lambda$ , lettera greca lambda, in m):

$$\lambda = v/f$$

La lunghezza d'onda è pari alla velocità del suono ( $v=340$  m/s nell'aria) divisa per la frequenza. Per una rapida conversione tra lunghezza d'onda e frequenza, sono disponibili anche strumenti online. Per fare qualche esempio di lunghezze d'onda audio: una frequenza di 20 Hz corrisponde a una lunghezza d'onda di circa 17 m (56 piedi), mentre una frequenza superiore di 20 kHz corrisponde a una lunghezza d'onda più corta di circa 1,7 cm (0,7 pollici). Ovviamente, siamo in grado di percepire un'ampia gamma di lunghezze d'onda audio.

## 3 Acustica e dimensioni della stanza

### 3.1 Echi

In una stanza completamente vuota, ci saranno riverberi e/o ritardi nel suono. Ciò, ovviamente, avviene perché tutte le superfici piane sono perfette per il riflesso delle onde audio. Se si aggiungono tessuti e superfici irregolari, come divani, tendaggi e tappeti, ci sarà meno riverbero, ma il suono verrà percepito anche leggermente meno forte a causa dell'assorbimento.

Le onde sonore vengono spesso riflesse più volte prima di raggiungere le nostre orecchie. Sapendo che la velocità del suono nell'aria è di circa 340 m/s, è possibile calcolare la distanza che un'eco ha percorso. Se si sente l'eco 0,25 s dopo il suono iniziale, ad esempio, il suono ha percorso intorno a 85 m ( $0,25 \text{ s} \times 340 \text{ m/s}$ ). Con ogni riverbero, l'audio si affievolisce leggermente fino a quando non lo si sente più.

### 3.2 L'impatto delle dimensioni della stanza

Le dimensioni della stanza hanno effetti importanti sull'esperienza sonora. Con lunghezze d'onda fino a 17 m per i bassi più profondi, le onde sonore nel campo dell'udibile in una piccola stanza verranno riflesse dalle pareti prima di svilupparsi correttamente. Questo causa risonanze e le relative onde stazionarie, amplificando alcune frequenze (volume più alto) e attenuandone altre (volume più basso). Abbiamo bisogno di una stanza piuttosto grande per sentire il basso senza distorsioni.

L'impatto delle risonanze sulla qualità audio percepita aumenta con il volume. Con un volume maggiore, i riverberi interferiranno maggiormente con il suono proveniente dalla sorgente.

Nelle stanze piccole e a basse frequenze, si dice che il suono è dominato dalla stanza, mentre a frequenze più alte il suono è dominato dall'altoparlante. Per quanto riguarda le stanze piccole, la frequenza di transizione della stanza è spesso intorno ai 300 Hz. È la frequenza in cui si può dire che l'audio passa dal comportamento di un'onda a quello di un raggio.

### 3.3 Soluzioni professionali per un'acustica ambientale neutrale

Al fine di ridurre i fastidiosi echi in ambienti ampi o vuoti, è possibile installare pannelli acustici a soffitto, a parete o entrambi. I pannelli sono realizzati con materiali fonoassorbenti e creano un'acustica più neutrale in spazi come centri commerciali, auditorium, uffici e sale conferenze. Tuttavia, un effetto simile può essere realizzato utilizzando tendaggi o altri tessuti interni.

I pannelli acustici sono solitamente molto efficaci per le frequenze superiori a 300 Hz, mentre le capacità di assorbimento diminuiscono gradualmente per le frequenze più basse.



*Figure 1. Le tende e altri pezzi di stoffa possono migliorare significativamente l'acustica ambientale.*

## **4 Misure del suono**

Questa sezione verte sulla percezione umana del suono, delle diverse misure del suono e del loro rapporto reciproco.

### **4.1 Percezione umana del suono e phon**

Anche se l'orecchio umano è sensibile a tutte le frequenze comprese tra 20 Hz e 20 kHz, la sensibilità varia a seconda della frequenza. I suoni di una potenza specifica saranno così percepiti come aventi intensità diverse a frequenze diverse. L'unità di misura di sensazione sonora "phon" prende in considerazione questa sensibilità e, ad esempio, un tono sinusoidale di 50 phon viene percepito come altrettanto intenso a tutte le frequenze.

La figura 2 mostra le curve di uguaglianza della sensazione sonora. Una linea rappresenta il livello sonoro che deve essere utilizzato, in modo che il suono sia percepito allo stesso volume per tutte le frequenze. Le diverse linee rappresentano diversi valori phon.

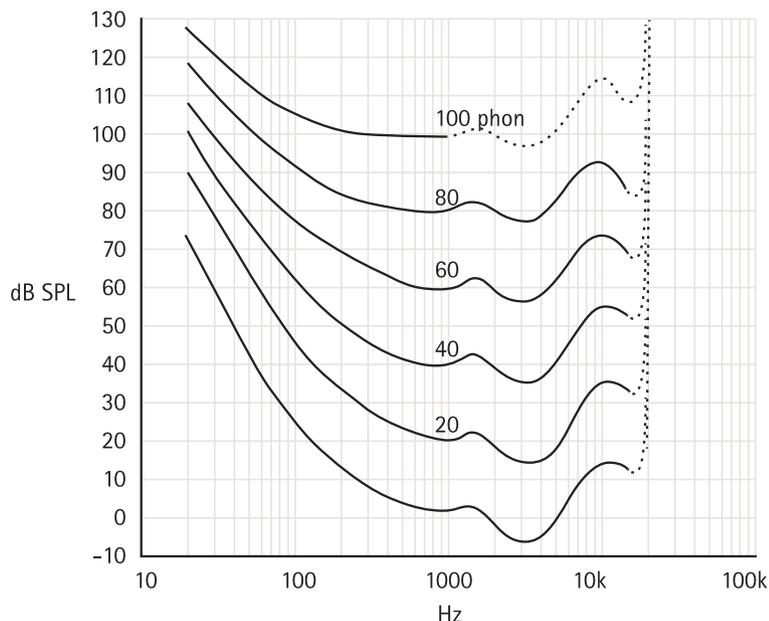


Figure 2. Livelli di pressione sonora necessari a diverse frequenze per far percepire un suono come altrettanto rumoroso su tutte le frequenze. Le curve sono originarie dello standard ISO ISO 226:2003.

È evidente dalle curve che il livello del suono deve essere sostanzialmente più alto nelle frequenze più basse per essere percepito come forte quanto nelle frequenze più alte. Ciò succede perché l'orecchio umano è meno sensibile alle frequenze più basse. Il valore minimo nelle curve è posizionato intorno a 2 kHz - 5 kHz, il che significa che questo è l'intervallo di frequenza a cui un orecchio umano è più sensibile e in cui l'orecchio può decifrare meglio una conversazione. È anche la gamma di frequenze del parlato umano.

## 4.2 Watt

L'unità di potenza watt (W) è nota da vari componenti elettrici, come lampadine, caricabatterie per laptop e altoparlanti. Tuttavia, l'unità può essere utilizzata in modi diversi e nella terminologia audio si incontrano varietà come la potenza istantanea, la potenza media, la potenza RMS (Root Mean Square) e la potenza di picco.

Un amplificatore potrebbe essere costruito in modo da poter fornire 300 W per un periodo di tempo molto breve, ad esempio quando verrà ascoltato un tamburo, un'esplosione o qualsiasi altro audio con un transiente breve e rumoroso. Ciò significa che la potenza istantanea aumenterà molto velocemente da un livello molto basso a uno molto alto. Tuttavia, lo stesso amplificatore può essere valutato solo per l'uso continuo a 50 W, poiché l'uso continuo produrrà molto più calore, il che influisce sia sui componenti elettrici che sulle prestazioni dell'amplificatore.

L'orecchio umano non percepisce un suono da 10 W come doppio rispetto a uno da 5 W. Infatti, la potenza sonora deve essere 10 volte superiore (50 W) affinché l'orecchio la percepisca come doppia. Ecco dove entrano in gioco i decibel.

### 4.3 Decibel

Poiché il suono viene percepito in modo non lineare, il modo migliore per misurarlo e descriverlo è utilizzare l'unità non lineare decibel (dB). Un raddoppio (misurato in W) della potenza sonora è pari a un aumento di 3 dB e un raddoppio della sensazione sonora equivale a un aumento di 10 dB. La figura 3 mostra le fonti sonore conosciute e i loro livelli di potenza in dB.

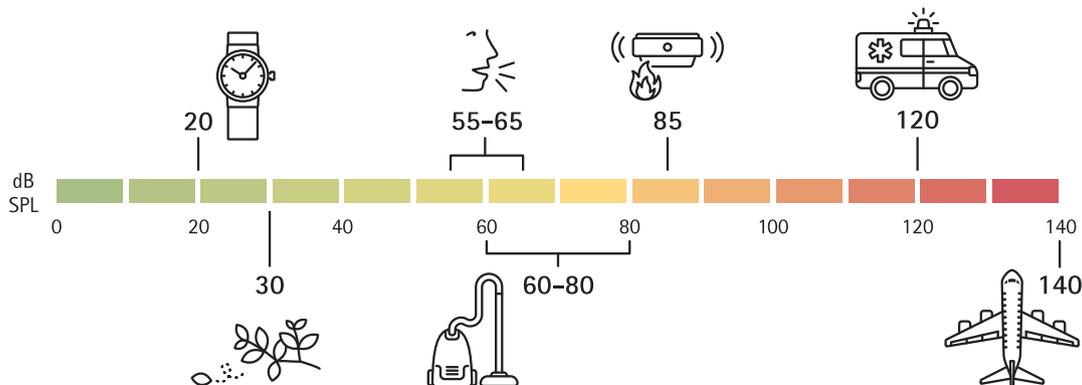


Figure 3. Livelli sonori approssimativi, in decibel, da fonti audio familiari.

Un livello di pressione sonora indicato nella scala dei dBA ponderati è stato compensato per la percezione del suono da parte dell'orecchio umano, dipendente dalla frequenza, come discusso nella sezione 4.1. Utilizzando la scala dei dB non ponderati, un livello di 100 dB a 100 Hz, ad esempio, sarà percepito come una sensazione sonora pari a soli 80 dB a 1 kHz, mentre 100 dBA saranno percepiti come ugualmente forti a tutte le frequenze.

L'unità decibel si riferisce spesso a una variazione relativa della sensazione sonora. Per esprimere un valore assoluto, è necessario utilizzare dB SPL. Un valore di 0 dB SPL è il suono più lieve che l'orecchio umano è in grado di percepire.

### 4.4 Livello di pressione sonora

Il livello di pressione sonora (SPL) è il valore RMS delle pressioni sonore istantanee misurate, in dB, in un determinato periodo di tempo. L'SPL non è un valore medio costante di sensazione sonora, quanto piuttosto una media dei valori di picco brevi.

Si presume che un valore SPL fornito per un altoparlante sia misurato per un tono di 1 kHz a una distanza di 1 m, se non viene indicato diversamente.

Il livello di pressione sonora di una sorgente audio diminuisce con la distanza dalla sorgente. Definito a partire da 0 dB a 1 m dalla sorgente, l'SPL diminuisce di 6 dB a ogni raddoppio della distanza dalla fonte,

come illustrato nella figura 4. Tuttavia, per ottenere informazioni più dettagliate sui livelli sonori di un determinato altoparlante, è necessario esaminare la sua risposta polare, come illustrato nella sezione 6.1.

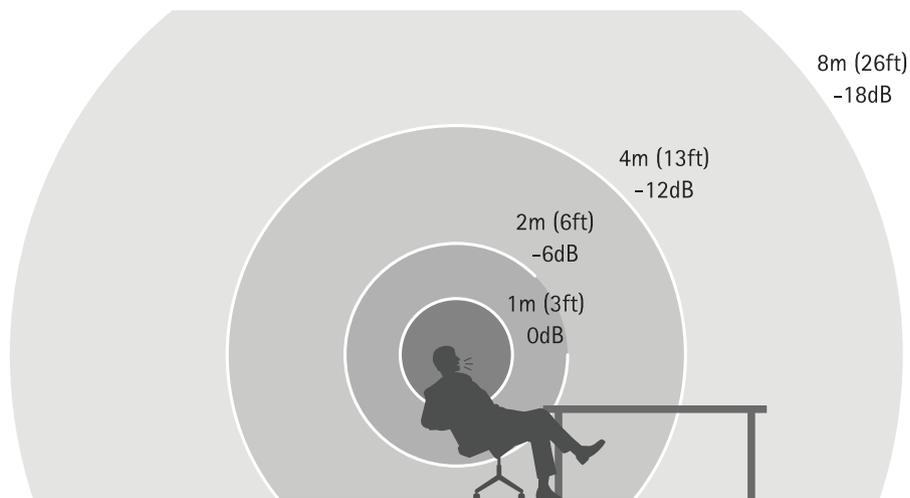


Figure 4. Il livello di pressione sonora da una sorgente audio diminuisce di 6 dB con ogni raddoppio della distanza dalla fonte.

## 5 Gamma dinamica, compressione e sensazione sonora

La registrazione ha un'ampia gamma dinamica, il che significa che ci sono grandi differenze tra la parte più silenziosa e quella più rumorosa.



Figure 5. Visualizzazione di una registrazione ad ampia gamma dinamica senza compressione.

Le parti più silenziose diventano più rumorose, mentre le parti più rumorose rimangono invariate o si fanno meno rumorose. Le differenze tra i picchi e i cali sono minori, il che ci fa percepire questa registrazione come più forte. Come si può vedere nella figura 6, la gamma dinamica è diminuita.



Figure 6. Visualizzazione della stessa registrazione di cui sopra, in questo caso dopo la compressione.

La compressione dell'intervallo dinamico viene spesso applicata nei sistemi audio per ristoranti, punti vendita e ambienti pubblici simili che riproducono la musica di sottofondo a un volume relativamente

basso. Oltre a rendere il volume più costante, la compressione rende le parti più silenziose dell'audio più udibili rispetto al rumore dell'ambiente.

## 6 Altoparlanti

Un altoparlante può avere forme fisiche diverse a seconda dello scopo. Il componente che distribuisce l'audio, il driver dell'altoparlante, solitamente ha una forma conica, ma può avere altri fattori di forma se deve ricostruire le alte frequenze. Alcuni altoparlanti hanno una direzione molto stretta del suono per ottenere un'alta pressione sonora in una direzione. Altri sono fatti per avere la diffusione più ampia del suono possibile. La capacità di un altoparlante di ricostruire il segnale audio dipende dalla frequenza del segnale audio.

### 6.1 Risposta polare

Il diagramma polare nella figura 8 mostra come le diverse frequenze si diffondano in modo diverso da un generico altoparlante esemplificativo posto al centro del diagramma. Mostra che le frequenze più basse hanno una diffusione ampia (anche dietro l'altoparlante, a 180 gradi), mentre le frequenze più alte sono più direzionali.

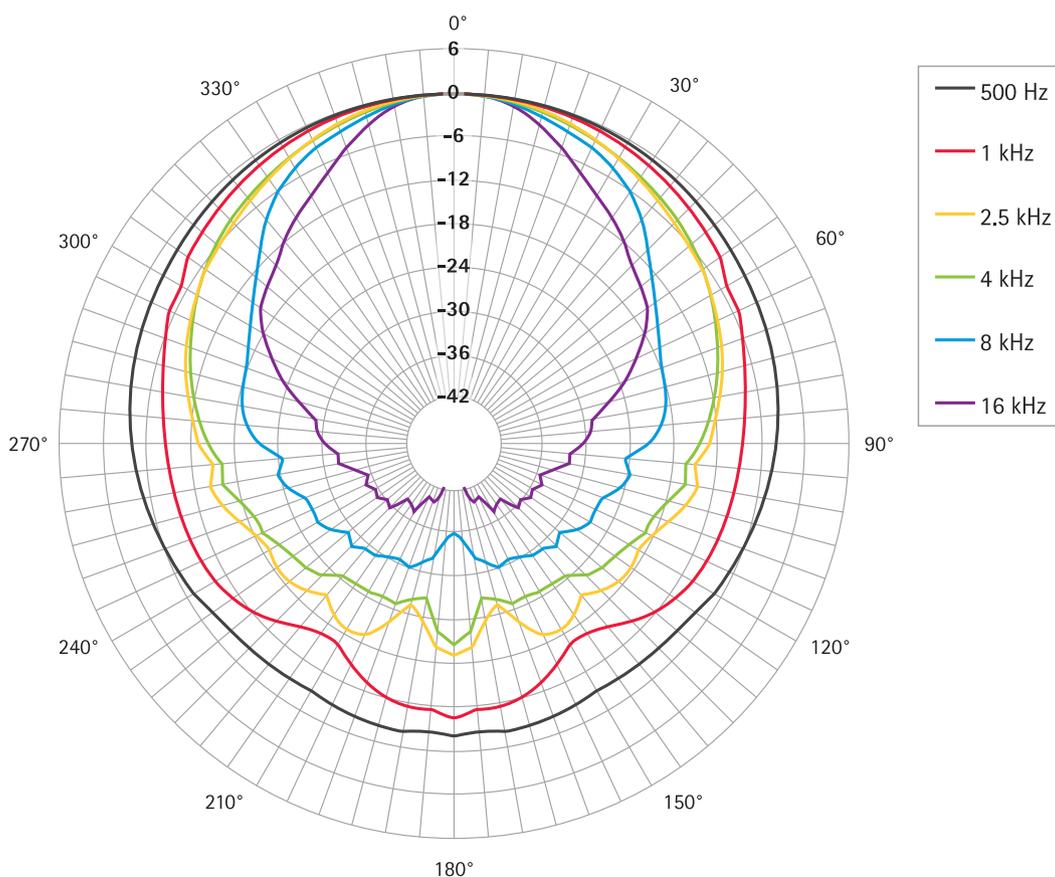


Figure 7. Un diagramma polare che mostra la diffusione da un altoparlante generico esemplificativo (che si trova al centro dello schema). Le frequenze più basse hanno una diffusione più ampia (anche dietro l'altoparlante, a 180 gradi), mentre le frequenze più alte sono più direzionali.

## 6.2 Sensibilità dell'altoparlante

La sensibilità di un altoparlante è la capacità di riprodurre suoni quando riceve una determinata potenza. La determinazione della sensibilità viene solitamente effettuata alimentando un segnale audio di 1 W (in genere a 1 kHz) e quindi misurando il livello di pressione sonora in dB SPL a una distanza di 1 m. I valori comuni per gli altoparlanti si aggirano intorno a 85-92 dB SPL. Più alta è la sensibilità, più forte sarà il suono emesso dall'altoparlante quando è alimentato con una certa potenza.

Per gli altoparlanti analogici, la sensibilità dell'altoparlante è generalmente un indicatore della qualità dell'altoparlante. Una minore sensibilità indica un magnete meno potente e/o una bobina più piccola ed economica. Pertanto, per quanto riguarda la qualità audio, un altoparlante da 10 pollici non è necessariamente migliore di un altoparlante da 8 pollici.

Tuttavia, negli altoparlanti digitali, l'amplificatore è incorporato nell'altoparlante. La misurazione della sensibilità dell'altoparlante non è fondamentale per determinarne la qualità.

## 6.3 Processore di segnale digitale integrato

Tutti gli altoparlanti Axis sono dotati di amplificatore integrato e processore di segnale digitale (DSP) per una qualità sonora preconfigurata. Questi garantiscono che gli altoparlanti possano essere usati da chiunque senza bisogno di esperti audio per produrre un buon suono. Il DSP analizza ed elabora i segnali audio per migliorare l'intelligibilità del parlato.

Grazie al DSP integrato, gli altoparlanti Axis filtrano il rumore di fondo (o rumore video) e bilanciano la frequenza dell'audio per migliorare la qualità dei toni. Inoltre, comprime la gamma dinamica di un segnale audio. Un segnale audio spesso ha punti alti e bassi nel volume e il controllo intervallo dinamico può bilanciarli per assicurarsi che il suono sia trasmesso al volume ideale per gli ascoltatori.

Il DSP compensa i suoni silenziosi che sono meno percepibili dall'orecchio umano a basso volume. Aumenta la frequenza di tali suoni per garantire che l'ascoltatore non si perda nulla. Inoltre, elabora, memorizza e trasmette l'audio in modo digitale dalla fonte all'altoparlante. Questo migliora la qualità del suono e mantiene la potenza del segnale, assicurando che il suono sia ben ottimizzato per gli altoparlanti. I profili audio per la musica di sottofondo e la voce sono predefiniti, quindi non è necessario controllare manualmente la qualità dell'audio.

## 6.4 Tipi di altoparlanti

I fattori di forma, le pressioni sonore e le possibilità di montaggio variano: alcuni tipi di altoparlanti sono ottimali per trasmettere annunci chiari e udibili in aree esterne rumorose, mentre altre funzionano meglio in spazi ristretti.



Figure 8. Altoparlanti Axis.

### 6.4.1 L'altoparlante hi-fi

Nelle apparecchiature hi-fi sono comuni i cosiddetti altoparlanti a "2 vie" o a "3 vie". Questi altoparlanti utilizzano diversi driver per riprodurre con precisione il maggior numero possibile di frequenze nell'intervallo compreso tra 20 Hz e 20 kHz. Un driver potrebbe essere responsabile della riproduzione del suono fino a 500 Hz, un secondo per le frequenze da 500 Hz a 9 kHz e un terzo per le frequenze superiori a 9 kHz. Queste frequenze di confine sono chiamate "frequenze di crossover". Un diffusore hi-fi è progettato per riprodurre l'audio in modo molto accurato a un'alta sensazione sonora.

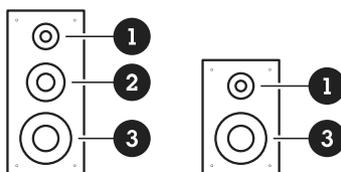


Figure 9. Altoparlanti hi-fi. Driver per gli alti (1), driver mid-range (2) e driver per i bassi (3).

### 6.4.2 L'altoparlante a tromba

L'altoparlante a tromba ha un utilizzo completamente diverso da quello di un altoparlante hi-fi e non deve coprire un'ampia gamma di frequenze. Il suo scopo è invece quello di massimizzare l'intensità delle frequenze a cui l'orecchio umano è più sensibile, in modo che l'altoparlante possa trasmettere un

messaggio (una voce umana o una sirena, ad esempio) nel modo più chiaro possibile. La tromba orienta il suono in una sola direzione: questo aumenta ulteriormente la pressione sonora.



*Figure 10. Altoparlante di rete a tromba*

### **6.4.3 Altoparlante multiuso**

Gli altoparlanti multiuso sono facili da integrare e dispongono di soluzioni all-in-one che possono essere utilizzate per messaggi vocali dal vivo o preregistrati per dare istruzioni di sicurezza o mettere in guardia gli intrusi. È anche possibile utilizzare un altoparlante multiuso per riprodurre musica di sottofondo. Il portafoglio di Axis comprende diversi altoparlanti multiuso:

#### **6.4.3.1 L'altoparlante a cassa**

Un altoparlante a cassa di rete AXIS fornisce un livello di pressione sonora medio. Può essere impiegato nella maggior parte degli ambienti interni, ma è meno ottimale in ambienti molto rumorosi. Può essere usato anche in ambienti semiesterni, il che significa che può essere montato al di sotto di un tetto che lo

protegge da forti piogge. L'altoparlante a cassa può essere montato orizzontalmente o verticalmente, a parete, a soffitto o con kit per montaggio a sospensione.



*Figure 11. Un altoparlante a cassa*

#### 6.4.3.2 L'altoparlante a soffitto

L'altoparlante di rete a soffitto Axis offre un livello di pressione sonora medio ed è destinato all'uso in aree meno rumorose interne o esterne, ad esempio ospedali, punti vendita o edifici adibiti a uffici. Può essere montato in un controsoffitto, risultando molto discreto e ben integrato.



Figure 12. Un altoparlante a soffitto

#### 6.4.3.3 L'altoparlante a sospensione

Un altoparlante a sospensione di rete Axis ha un livello di pressione sonora medio ed è adatto ad aree interne meno rumorose con soffitti alti. È disponibile in due misure e la lunghezza del cavo può essere regolata per adattarsi a qualsiasi soffitto alto.



Figure 13. Un altoparlante a sospensione.

#### 6.4.3.4 L'altoparlante mini

L'altoparlante mini di rete Axis offre un basso livello di pressione sonora e dovrebbe essere usato in ambienti interni più silenziosi. È piccolo e discreto e si adatta a piccoli spazi o corridoi, dove può essere installato a parete o a soffitto. Dispone di un'ampia copertura audio, il che significa che è necessario un minor numero di altoparlanti. L'altoparlante mini dispone di un sensore PIR integrato per il rilevamento movimento, che può essere impostato in modo che l'altoparlante riproduca automaticamente un messaggio audio quando qualcuno si avvicina.



Figure 14. Un altoparlante mini.

#### 6.4.3.5 Il proiettore di suoni

Un proiettore audio di rete Axis ha un livello di pressione sonora elevato e un suono naturale e ricco. Ciò significa che il messaggio può essere trasmesso nel modo più chiaro possibile, ma anche che la musica di sottofondo è di qualità. Un proiettore sonoro può essere usato in installazioni all'aperto o in aree interne rumorose e può essere montato a un palo, a una parete o a un soffitto. Può essere installato in luoghi facili

da raggiungere, dove il rischio di vandalismo è maggiore: il proiettore sonoro è resistente alle manomissioni e ha un design elegante e minimalista che si integra facilmente nell'ambiente.



Figure 15. Un proiettore sonoro.

## 6.5 Disposizione degli altoparlanti

Gli altoparlanti possono essere posizionati in molti modi. In linea di massima, se possibile, è sempre bene puntare il suono lungo la stanza. Ovvero, se la stanza è rettangolare, gli altoparlanti andrebbero posizionati sulle pareti corte e orientati verso le pareti più lunghe. In questo modo, il suono si diffonde il più lontano possibile prima di riflettersi sulle pareti. Tuttavia, si sconsiglia di posizionare gli altoparlanti in un angolo perché non amplificherebbero uniformemente i bassi.

### 6.5.1 Posizionamento a isole

Se si dà priorità all'installazione semplice e a basso costo, è possibile installare gli altoparlanti in cluster. In questo modo si riduce al minimo il cablaggio, ma potrebbe non essere il modo migliore per ottenere una buona diffusione del suono.

### 6.5.2 Il posizionamento a parete

Se le dimensioni della stanza lo consentono, e non ti dispiace il cablaggio aggiuntivo, una soluzione di posizionamento a parete probabilmente diffonderà il suono migliore. Con lo stesso numero di altoparlanti, come nell'esempio di posizionamento a cluster, l'installazione potrebbe essere simile alla figura seguente. Se la stanza è grande, tuttavia, la portata degli altoparlanti potrebbe essere troppo breve.

### 6.5.3 Il posizionamento a soffitto

Se la stanza dispone di un controsoffitto o se è possibile installare altoparlanti a soffitto incorporati, un posizionamento a soffitto può essere una soluzione discreta. Tuttavia, questa configurazione dipende

molto dall'altezza del soffitto. Più il soffitto è basso, più diffusori saranno necessari per coprire una determinata area.

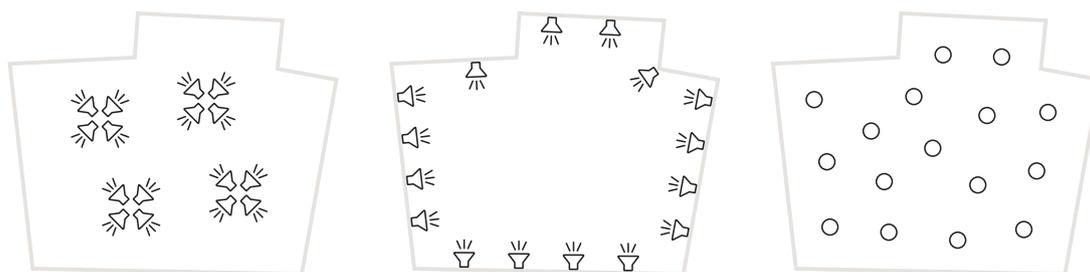


Figure 16. Posizionamento degli altoparlanti a isole, a parete e a soffitto.

## 6.6 AXIS Site Designer

AXIS Site Designer (<https://sitedesigner.axis.com>) è un utile strumento online per la pianificazione e la progettazione di un'installazione audio (così come di un'installazione video), compresi gli altoparlanti da utilizzare, il numero di altoparlanti necessari, il loro posizionamento ottimale e così via, in relazione alle condizioni del sito.

# Informazioni su Axis Communications

Axis consente un mondo più intelligente e più sicuro creando soluzioni per migliorare la sicurezza e le prestazioni aziendali. Come società di tecnologie di rete e leader nel settore, Axis offre soluzioni nella videosorveglianza, controllo degli accessi, interfono e sistemi audio. Queste sono ottimizzate da applicazioni di analisi intelligente e supportate da formazione di alta qualità.

Axis ha circa 4.000 impiegati dedicati in più di 50 paesi e collabora con partner di tecnologia e integrazione di sistema in tutto il mondo per offrire soluzioni di clienti. Fondata nel 1984, Axis è con sede a Lund, in Svezia