

Lezione 5 - Le coppie stereofoniche

Pur sottolineando l'estrema varietà di combinazioni possibili nell'uso dei microfoni, sia per registrare che per amplificare, è di fondamentale importanza un'analisi delle varie configurazioni di coppie stereofoniche, perché, soprattutto nel campo della registrazione, esse possono, e molto spesso devono, essere considerate come il punto di partenza per l'installazione di un set-up di registrazione.

Le ragioni di questo stanno innanzitutto nella fisiologia dell'ascolto umano: le nostre due orecchie, oltre a riferire al cervello del mondo acustico circostante, sono in grado di fornire le informazioni necessarie alla ricostruzione tridimensionale di tale mondo. Naturalmente, per quanto possano essere tecnologicamente avanzati, i microfoni non potranno neanche lontanamente eguagliare la perfezione dell'udito umano, che si avvale di qualche millennio di "affinamento" evolutivo, nondimeno un corretto uso delle varie tecniche di ripresa stereofonica è il mezzo per portarci quanto più vicino possibile al lavoro compiuto internamente dal nostro apparato uditivo.

Attraverso una buona tecnica di ripresa stereofonica è possibile ricostruire nel nostro cervello un'immagine sonora che si avvicini alla percezione reale, e trasmettere nel miglior modo possibile il contenuto culturale ed emozionale dell'evento musicale.

Occorre inoltre tenere ben presente che il giudizio finale dell'orecchio dipende in gran misura dal sistema di ascolto della registrazione, per cui un ascolto effettuato con cuffia avrà una resa sensibilmente diversa da quello effettuato con diffusori, per problemi ben precisi di psicoacustica, di cui accenneremo in seguito. Il sistema di ascolto di riferimento è generalmente quello con diffusori, in cui il punto di ascolto, naturalmente centrale rispetto alla coppia di casse, è situato al vertice di un angolo di circa 60° (fig. 1).

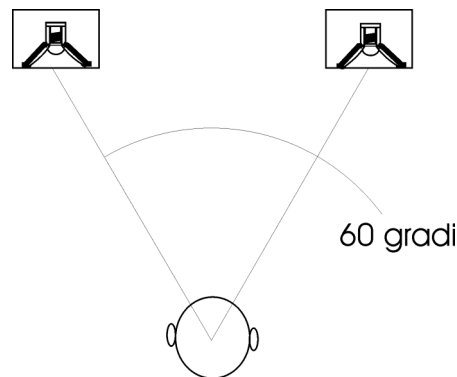


fig. 1: ascolto stereofonico

Parametri di valutazione della ripresa stereofonica

Una ripresa stereofonica può essere valutata sotto diversi aspetti, ognuno dei quali costituisce un parametro d'ascolto. Esaminiamo più in dettaglio questi parametri:

- 1) localizzazione
- 2) definizione timbrica
- 3) profondità
- 4) spaziosità

La localizzazione

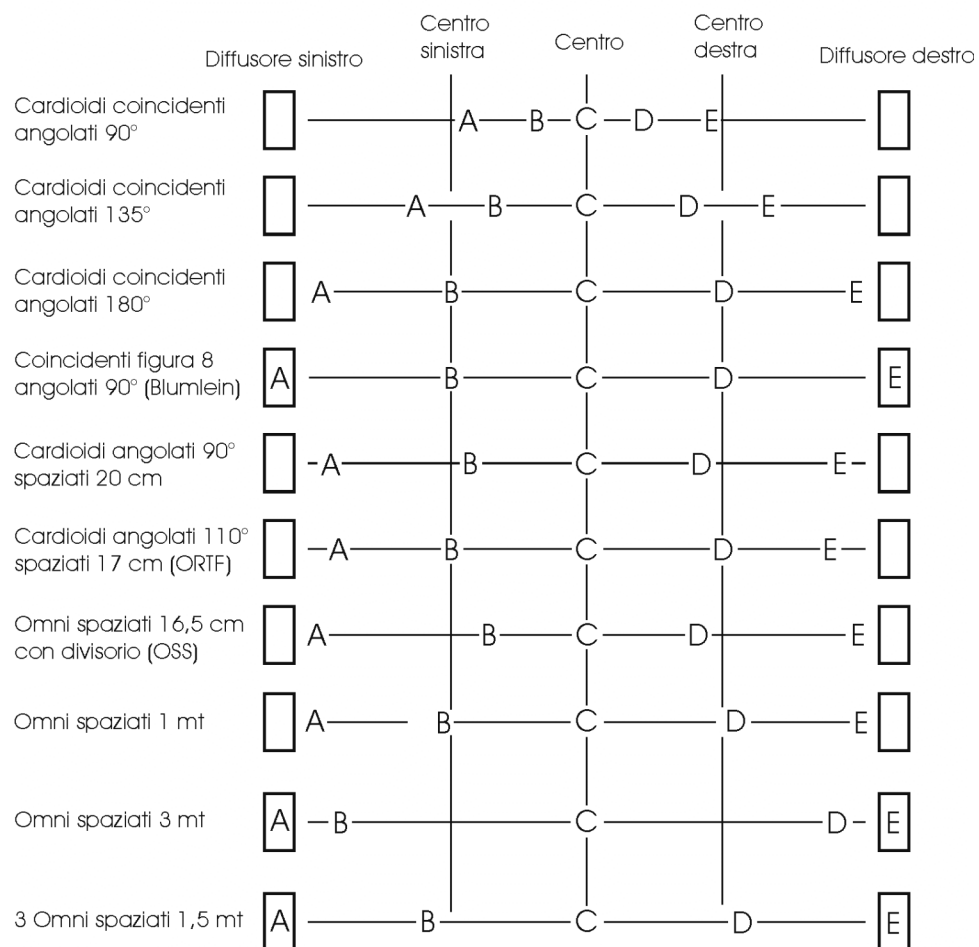
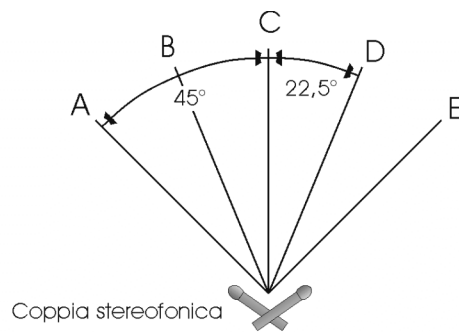


fig. 2: ripresa di un fronte sonoro e localizzazione

La localizzazione è la capacità della ripresa di riprodurre una posizione degli strumenti nello spazio orizzontale (da sinistra a destra) che si avvicini il più possibile a quella originaria. Nella fig. 2 vediamo nella parte superiore una coppia che riprende un fronte sonoro ipotetico di 90°, e in questo fronte sono evidenziati, oltre agli estremi (A e E), alcuni punti intermedi (centro-sinistra B, centro C e centro-destra D). Nella parte inferiore a differenti tecniche di ripresa, che andremo ora ad esaminare, corrispondono differenti risultati di percezione della localizzazione attraverso il riascolto con un sistema stereofonico di diffusori: alcuni di questi si avvicinano in modo soddisfacente alla riproduzione della posizione originaria, altri (ad es. la coppia coincidente angolata di 90°) denotano una riproduzione ristretta, tendente a centrare i suoni, altri (ad es. la coppia omni spaziata di 3 mt.) presentano, all'opposto, una separazione eccessiva tra i canali ed un conseguente "buco" nel centro d'ascolto.

La definizione timbrica

La definizione timbrica è dovuta in gran parte alla capacità di riprodurre la gamma di frequenze originaria senza coloriture e senza perdite. Dando per scontato l'utilizzo di microfoni professionali in cui l'accuratezza della risposta in frequenza sia di livello adeguato, bisogna notare che il risultato relativo a questo parametro dipende da diversi fattori: dalla caratteristica polare del microfono stesso, dall'angolazione tra questo e la fonte sonora, e dalla possibile influenza delle riflessioni dovute all'ambiente che possono, per effetti di cancellazione di fase, alterare la risposta in frequenza del microfono producendo colorazioni e buchi nella linearità della stessa.

La profondità

La profondità della ripresa non è altro se non la possibilità di distinguere, all'interno del gruppo orchestrale, differenti piani sonori, come è nella realtà, per cui gli archi devono risultare in un piano più ravvicinato rispetto ai legni, collocati immediatamente alle spalle dei primi, e questi devono essere a loro volta collocati davanti agli ottoni e alle percussioni. Naturalmente eventuali solisti avranno la precedenza nei confronti della massa orchestrale, a meno che, come nel caso delle riprese di opere liriche, si desideri mantenere il rapporto scenico, con le voci più lontane rispetto all'orchestra. In mancanza della definizione di questa dimensione, il problema può essere quello di un appiattimento dell'orchestra su un piano orizzontale, con il risultato di una ripresa, magari buona dal punto di vista degli altri parametri, ma poco interessante e coinvolgente.

La spaziosità

La spaziosità della ripresa consiste nella capacità di riproduzione dell'ambiente in cui si effettua la ripresa, quindi una registrazione che voglia tener conto di questo parametro conterrà una certa dose del riverbero ambientale presente nella sala. Naturalmente, la

misura del riverbero ambientale dovrà essere dosata, oltre che dall'esperienza e dal gusto, dall'attenzione che deve essere posta nella salvaguardia della definizione timbrica dello strumento. Anche qui, il risultato dipenderà da diversi fattori: l'acustica della sala innanzitutto, e poi la scelta della configurazione, nonché il posizionamento della coppia stessa. Un posizionamento molto vicino allo strumento (o al gruppo orchestrale) darà un rapporto suono diretto/ suono riverberato più favorevole al suono diretto, rispetto ad un posizionamento della coppia ad una certa distanza.

Tipologie di coppie stereofoniche

Entrando più in dettaglio sulle tipologie di configurazione, e partendo dal presupposto di avere a disposizione due microfoni della stessa marca e dello stesso modello e con caratteristiche simili (risposta in frequenza, curva polare, ecc.), possiamo dividere le coppie in tre categorie:

- 1) coppie coincidenti
- 2) coppie quasi-coincidenti
- 3) coppie spaziate

Le coppie coincidenti

Le coppie coincidenti, comunemente note come XY, consistono in due microfoni i cui diaframmi di ripresa siano esattamente sovrapposti, in una vista ortogonale dall'alto, una volta posti di fronte alla sorgente sonora. Una caratteristica comune a tutte le coppie coincidenti è che offrono in assoluto la migliore compatibilità mono, vale a dire che nel momento in cui si vadano a sommare i due canali si hanno i minori fenomeni di cancellazione dovuti alle differenze di fase dei due segnali.

Il primo esempio è dato dalla coppia coincidente figura-8 angolata di 90°, cioè la cosiddetta configurazione Blumlein, dal nome del suo inventore¹, nonché primo sperimentatore di queste tecniche di ripresa. Come si può vedere nella fig. 3, mentre il microfono corrispondente al canale sinistro prende la parte sinistra dell'orchestra, per effetto della configurazione a 8 prende anche l'ambiente retrostante destro, e inversamente farà l'altro canale. Concettualmente, questa configurazione può essere pensata anche per quello che ciascuno dei microfoni non prende (il sinistro non prende nulla del lato destro dell'orchestra, coincidente col punto di annullamento massimo, e ugualmente l'altro canale). Questa configurazione rimane una delle più precise come equilibrio tra tutti i parametri sopra descritti.

¹ Alan Dower Blumlein, detentore di numerosi brevetti riguardanti l'audio, è considerato l'inventore della stereofonia.

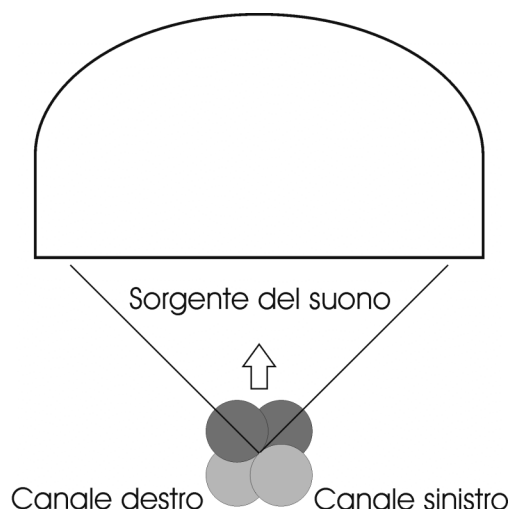


fig. 3: configurazione Blumlein

Nella configurazione Blumlein è importante che il “fronte sonoro” sia contenuto nell’apertura a 90° della coppia, per evitare l’influenza degli spostamenti di fase dovuti al suono catturato dai microfoni nelle rispettive zone retrostanti.

Usando due cardioidi in coppia coincidente, è possibile variare la loro angolatura, così avremo una coppia angolata a 180° (fig. 4), che darà una buona localizzazione, a scapito di una scarsa definizione nella zona centrale, dovuta al fenomeno per cui i suoni fuori-asse si attenuano nelle componenti più acute (cfr. lez. 2 sulle curve polari), ed è una configurazione da tenere presente nel caso il fronte sonoro sia limitato in ampiezza e si desideri avere una grande apertura sul riverbero ambientale.

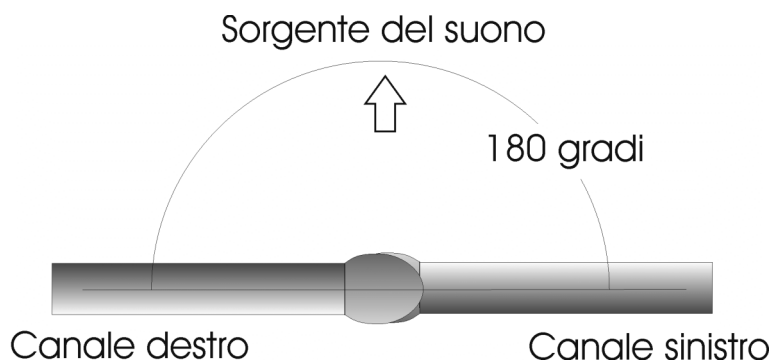


fig. 4: coppia coincidente angolata a 180°

Angolando i microfoni a 135° , come illustrato in fig. 5, avremo un miglioramento della definizione, perché le curve polari, riducendo l’angolatura, tendono a sommare le risposte. Questa coppia ha una minore apertura stereo, e può essere utilizzata quando si voglia raggiungere questo risultato.

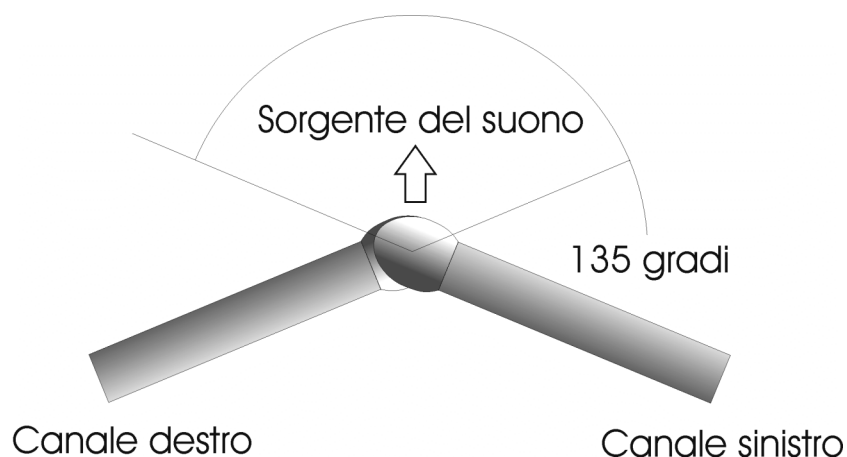


fig. 5: coppia coincidente angolata a 135°

Riducendo ancora l'angolatura, abbiamo la coppia angolata a 90°, illustrata in fig. 6, che, come evidenziato nella tabella di fig. 2, è la configurazione che presenta la più ridotta apertura stereo, tendendo a concentrare i suoni verso il centro. Può essere desiderabile quando il fronte sonoro è molto ampio e si sia obbligati a riprenderlo molto da vicino.

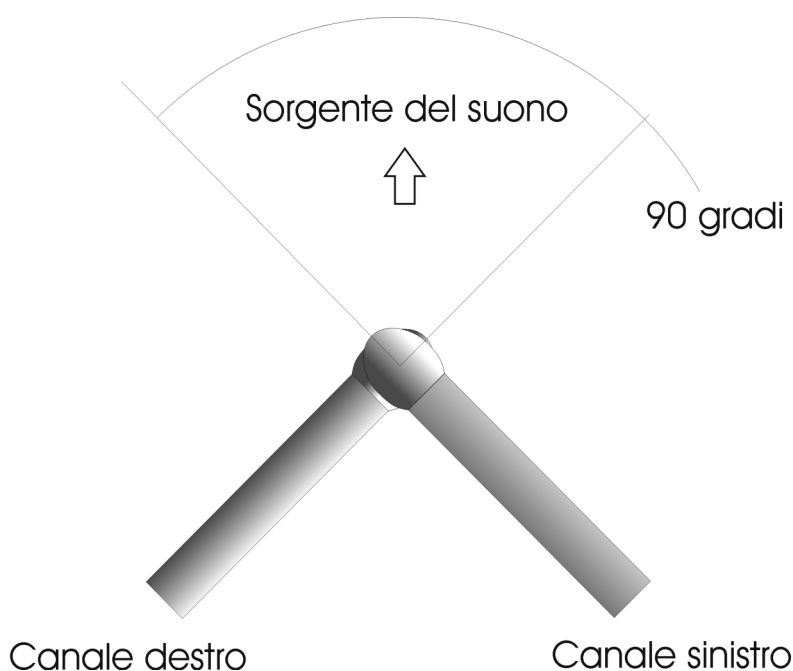


fig. 6: coppia coincidente angolata a 90°

Le coppie quasi-coincidenti

Le coppie quasi-coincidenti, rispetto a quelle esaminate fin qua, offrono una maggiore ampiezza di immagine stereofonica ed una resa più ricca della riverberazione ambientale. Per converso, diminuisce la compatibilità mono, in quanto allontanando tra

loro i diaframmi dei microfoni diminuisce la coerenza di fase, in special modo alle alte frequenze. Nella fig. 7 è illustrata una coppia angolata di 110° e spaziata di 17 cm, la cosiddetta coppia ORTF, dal nome dell'allora ente radiotelevisivo francese all'interno del quale è stata sviluppata. Può essere considerata in assoluto come una delle migliori soluzioni per tutti i parametri sopra illustrati.

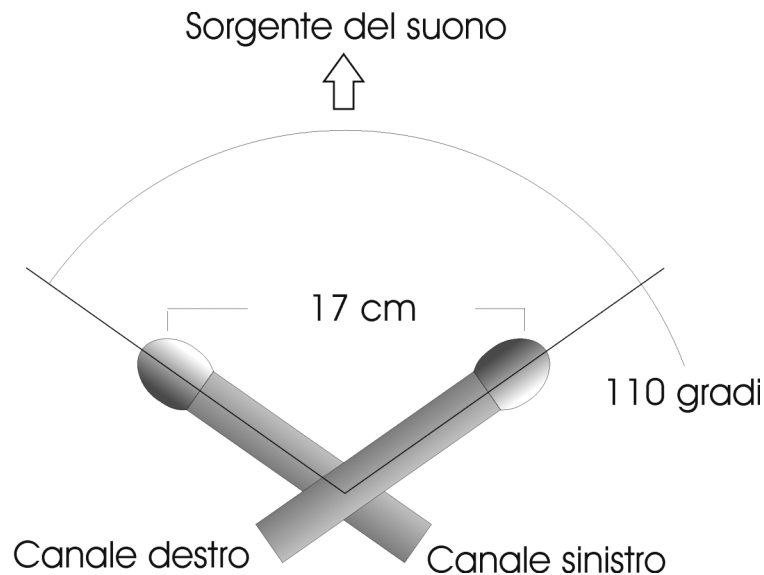


fig. 7: coppia quasi coincidente angolata a 110° e spaziata 17 cm (ORTF)

Nella fig. 8 vediamo un'altra coppia quasi-coincidente, dove l'angolatura è stata ridotta a 90° e la distanza tra le capsule portata a 20 cm. Come si può constatare dalla tabella di fig. 2, questo porta a spostare verso il centro i suoni intermedi e ad allargare i suoni estremi.

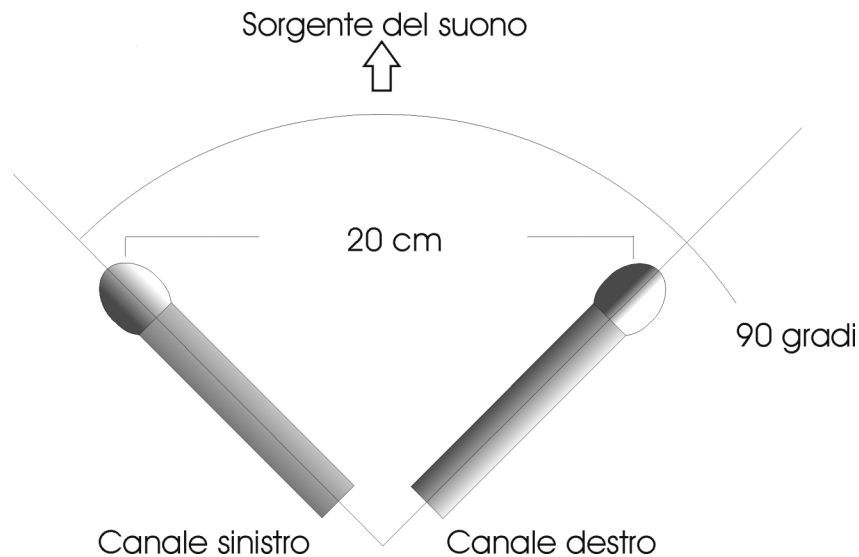


fig. 8: coppia quasi coincidente angolata a 90° e spaziata 20 cm

Le coppie spaziate

Le coppie spaziate sono generalmente costituite da microfoni omnidirezionali posizionati in parallelo tra di loro, rivolti verso la fonte sonora, e spaziate di una certa distanza. Essendo entrambi i microfoni orientati nella stessa direzione senza angolatura, la stereofonia è data dalla diversità di tempo con cui il suono raggiunge i due microfoni, che si traduce anche in una differenza di fase. E' un tipo di ripresa molto adatto in ambienti dove il riverbero ambientale è molto equilibrato, come ad es. un auditorium, in quanto la capsula omnidirezionale riesce a restituire con ricchezza di dettaglio anche gran parte del suono fuori asse. Altra caratteristica importante del microfono omnidirezionale è la capacità di ripresa dei suoni gravi, superiore a quella dei microfoni direttivi, per cui, nel caso di una registrazione orchestrale, potrà rendere in maniera migliore suoni che si estendono molto nella gamma bassa, come i contrabbassi, la grancassa, ecc. Va detto che tra tutte le configurazioni è quella con la minor compatibilità mono, a causa delle differenze di fase sopra descritte, per cui ove fosse impiegata in ripresa che potrebbero avere un utilizzo in mono (ad es. riprese televisive), va usata con prudenza e va controllato l'ascolto in mono per essere sicuri che non siano avvertibili cancellazioni di fase. Nella fig. 9 vediamo illustrata la configurazione con spaziatura ad un metro.

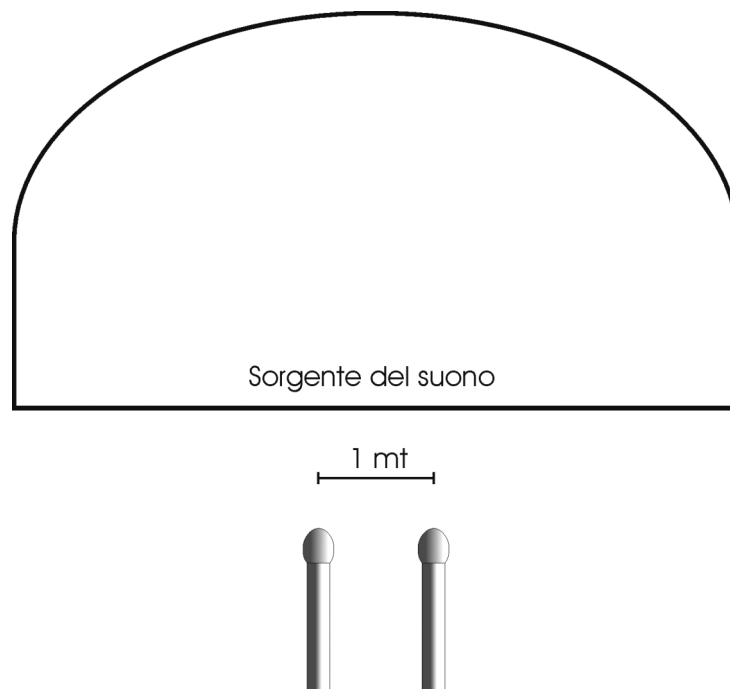


fig. 9: coppia omni spaziata 1 mt

Nella fig. 10 la spaziatura è stata portata a 3 metri, e nella tabella di fig. 2 si può notare la differenza di questa ripresa rispetto alla precedente: gli strumenti tendono ad ammucchiarsi o tutti a sinistra o tutti a destra, lasciando un buco al centro.

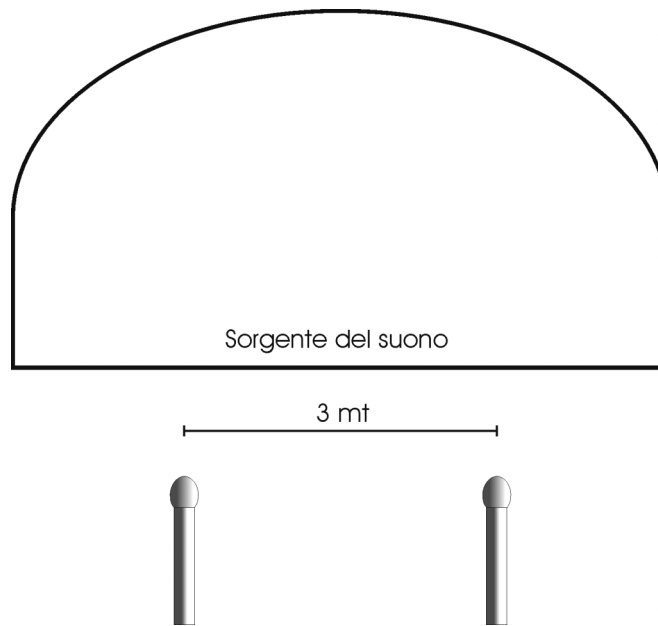


fig. 10: coppia omni spaziata 3 mt

Nella fig. 11 nella configurazione precedente vediamo inserito un microfono centrale, che sul mixer sarà assegnato a entrambi i canali (left-right), con la funzione di ricreare il centro mancante. Questa configurazione, in realtà, non è più una coppia microfonica, essendo i microfoni tre, ma è generalmente considerata una variante delle configurazioni precedenti. In tale configurazione si usano indifferentemente sia microfoni cardioidi che omnidirezionali, e una grande cura deve essere posta nel posizionamento in vista di possibili effetti di “comb-filter” tra i tre microfoni.

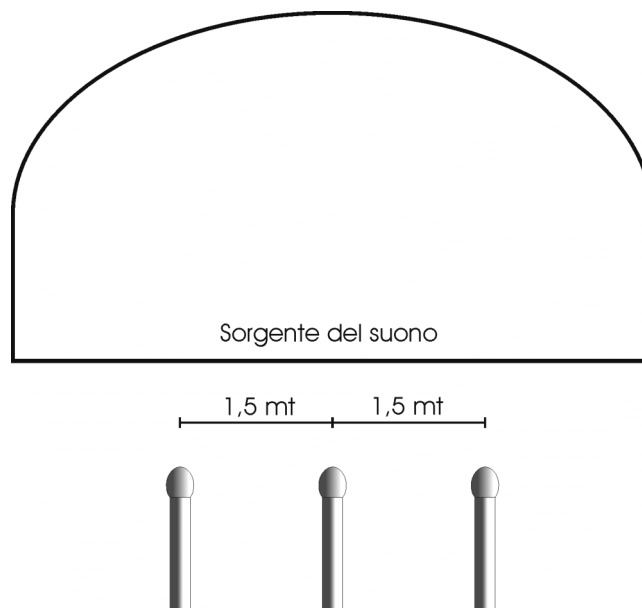


fig. 11: 3 omni spaziati 1,5 mt

Altre configurazioni

Un'ulteriore variante dei tre omnidirezionali è il cosiddetto “albero Decca” (Decca tree), illustrato in fig. 12, sviluppato dall'omonima casa discografica, dove il microfono centrale è stato collocato in una posizione molto avanzata, in modo da dare alla ripresa un centro assolutamente stabile, in conseguenza anche delle differenze di tempo d'arrivo del suono. Il microfono preferito per questa configurazione, quello con il quale questa configurazione è nata, è il Neumann M50, di cui abbiamo parlato precedentemente, ossia un microfono omnidirezionale a pressione dotato di una marcata esaltazione delle frequenze alte in asse.

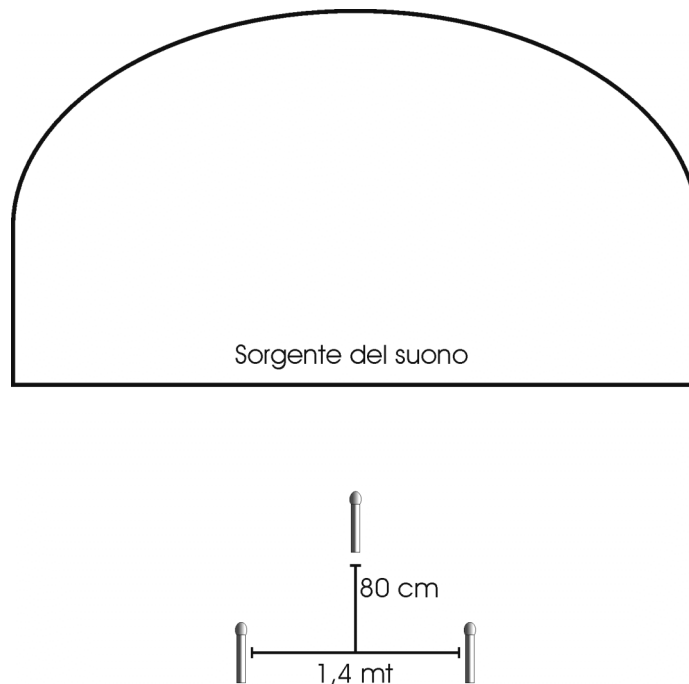


fig. 12: Decca tree

Un'interessante configurazione è rappresentata dal sistema OSS (Jecklin disk), in cui due microfoni omnidirezionali, spazati di 16,5 cm, sono separati da un divisorio rigido ricoperto di materiale fonoassorbente, come evidenziato in fig. 13. Un tale sistema è vicino alla simulazione di una testa umana, e può essere utile in riprese destinate all'ascolto in cuffia (registrazioni binaurali).

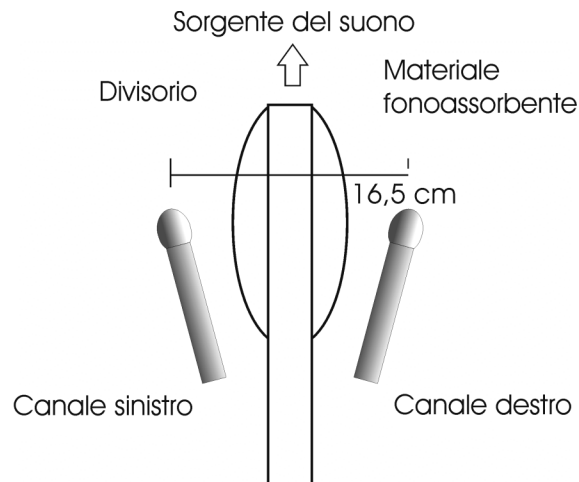


fig. 13: sistema OSS

Un'importante configurazione è la cosiddetta MS (mid-side), illustrata in fig. 14, che consiste in un microfono direzionale (cardioide o ipercardioidale) sovrapposto ad un microfono figura-8 disposto in modo da avere il punto di annullamento massimo in direzione frontale. In tal modo, il microfono direttivo conterrà l'informazione relativa al suono centrale (mid), mentre l'altro conterrà l'informazione relativa al suono laterale (side).

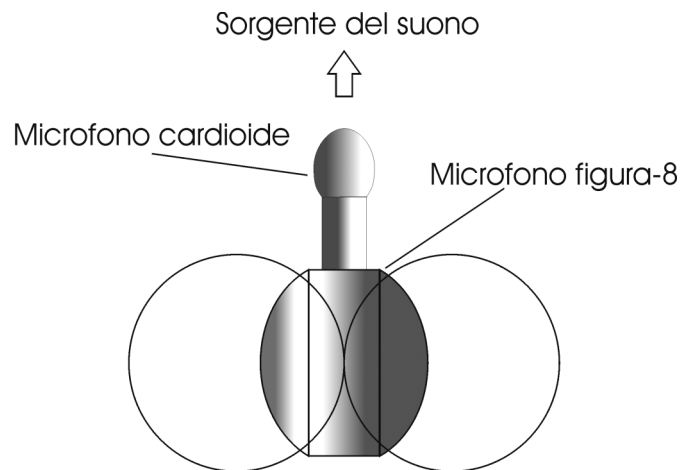


fig. 14: tecnica MS

Il segnale MS corrisponde in realtà alla seguente semplice matrice:

$$L + R = M$$

$$L - R = S$$

Per poter ascoltare questa ripresa su un normale ascolto sinistro/destro basterà applicare la matrice inversa:

$$M + S = L$$

$$M - S = R$$

Un metodo pratico per la decodifica consiste nell'inviare le uscite dei due microfoni ad un mixer, secondo lo schema indicato in fig. 15.

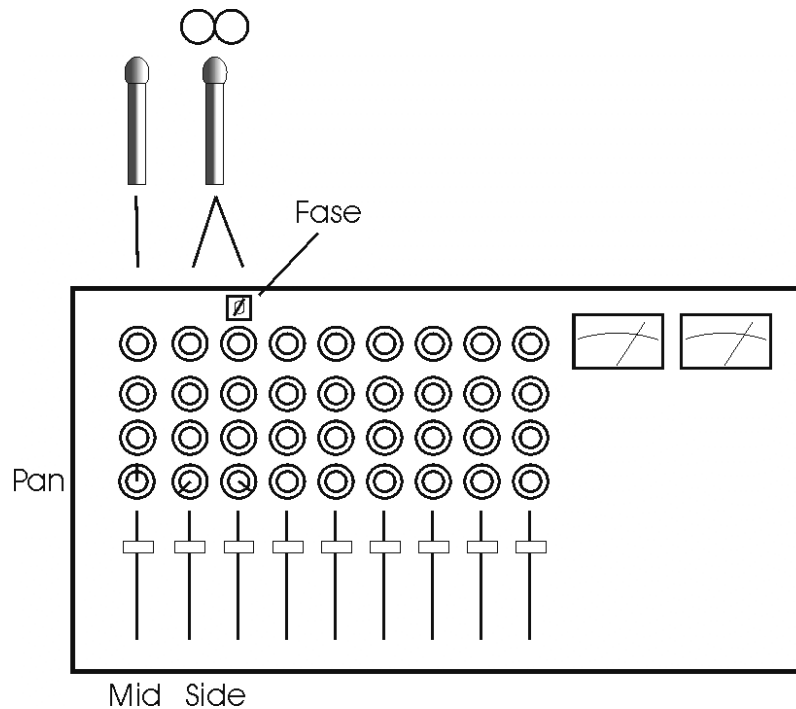


fig. 15: decodifica MS tramite mixer

Il microfono mid entra in un canale e viene inviato, tramite il potenziometro panpot, ad entrambi i canali di uscita, mentre il microfono side viene fatto entrare su due canali, uno dei quali avrà il commutatore di fase invertito. Questi due canali vengono assegnati uno all'uscita sinistra e l'altro all'uscita destra, e potranno essere dosati e controllati tramite i relativi potenziometri del livello (fader). Il vantaggio di questa configurazione risiede proprio nella possibilità di separare l'informazione centrale da quella laterale, e di avere l'opportunità di controllare il bilanciamento di queste due informazioni.



fig. 16: testa artificiale

Un'ultima coppia stereofonica da segnalare è quella nota come "Testa artificiale" (Dummy Head, fig. 16),

che consiste in una coppia di microfoni, generalmente omnidirezionali, installati all'interno di una struttura riprodotrice la conformazione di una testa umana, e posizionati in corrispondenza delle orecchie. Tale configurazione, tendente a simulare nel modo più accurato possibile la percezione umana, produce un tipo di registrazioni note come "registrazioni binaurali", di cui tratteremo in seguito.

Ripresa stereofonica e percezione psicoacustica

Accenniamo brevemente al rapporto intercorrente tra le diverse tipologie di coppie stereofoniche ed i principi di psicoacustica, in relazione alla percezione della direzione di provenienza del suono.

La percezione della direzione di provenienza del suono è data dall'elaborazione, nel nostro cervello, dei differenti segnali nervosi inviati dalle due orecchie che compongono il nostro apparato uditivo. Tale elaborazione ci porta a definire la localizzazione del suono.

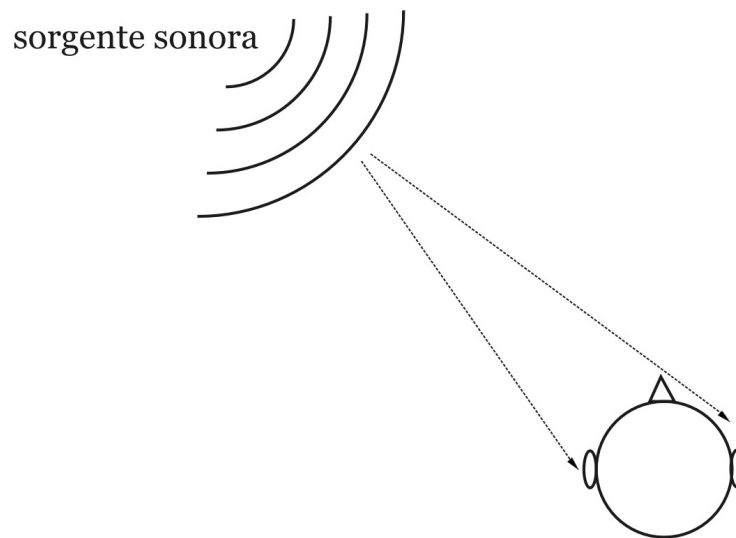


fig. 17: localizzazione della direzione di provenienza del suono

Se osserviamo la fig. 17, vediamo come un suono che arrivi non frontalmente, quindi con un angolo di incidenza diverso da zero, giunge alle orecchie in modo differente, e precisamente:

- a) con tempi diversi
- b) con intensità diversa

la correlazione della differenza di tempo e di intensità fa sì che la direzione di provenienza del suono possa venire localizzata dal cervello.

Vediamo ora come queste grandezze possano essere definite e calcolate.

Differenza di tempo

La grandezza che misura la prima di queste due differenze è nota come ITD (interaural time difference) ed è calcolata, in prima approssimazione, dalla formula (vedi fig. 18):

$$\Delta t = \frac{d \cdot \sin \theta}{c}$$

dove

Δt = ITD

d = diametro della testa umana (convenzionalmente mt 0,18)

θ = angolo di incidenza (in radianti)

c = velocità del suono

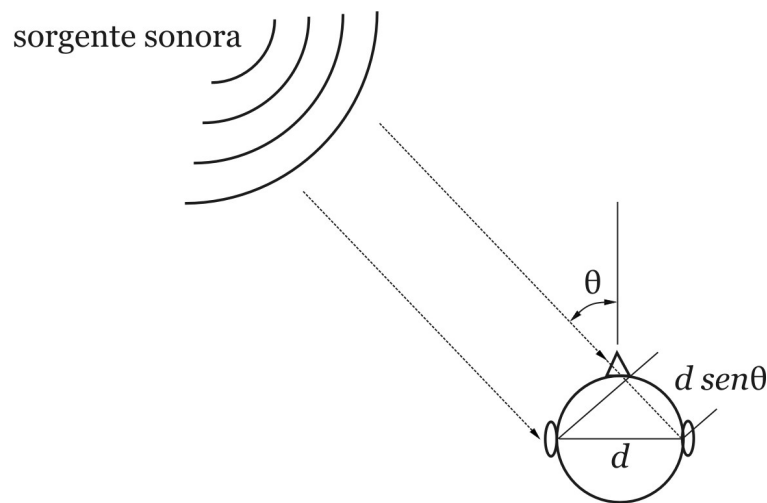


fig. 18: calcolo della ITD

Nella realtà, questa è una formula semplificata, in quanto non tiene conto del percorso extra necessario al suono per girare intorno alla testa, ma comunque valida per un calcolo della ITD in prima approssimazione. Assumendo convenzionalmente come sferica la forma della testa umana, è possibile ricavare una formula più precisa per il calcolo della ITD, come illustrato nella fig. 19.

$$\Delta t = \frac{r \cdot (\theta + \sin \theta)}{c}$$

dove

r = raggio (mt 0,09)

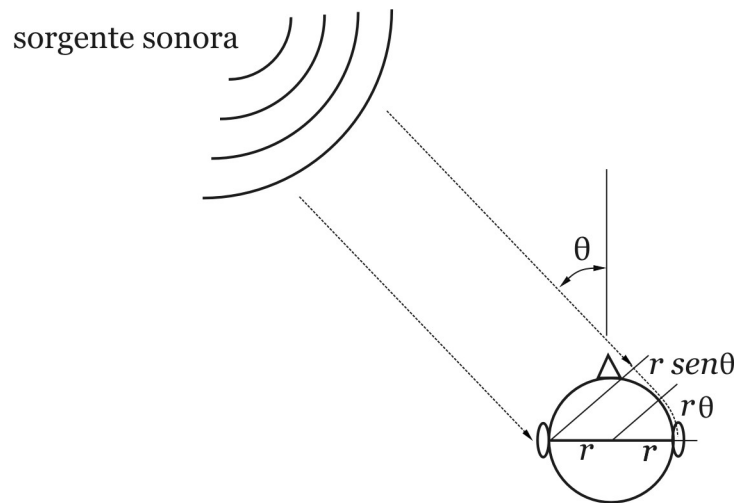


fig. 19: calcolo esatto della ITD

Applicando questa formula, è possibile ricavare il valore massimo della ITD, ossia il valore di differenza interaurale per un suono che arrivi con angolo di incidenza pari a 90° ($\pi/2$ in radianti):

$$ITD_{\max} = \frac{0,09 \cdot (\pi/2 + \sin(\pi/2))}{344} = 0,000673$$

che dà un risultato pari a $673 \mu s$.

Differenza di intensità

La differenza di intensità con cui un suono con una certa angolazione arriva alle due orecchie è data dall'effetto di mascheramento dovuto alla testa, e come si può osservare nella fig. 20 l'effetto è differente per i suoni acuti e per i suoni gravi, a causa della capacità superiore dei suoni gravi a "girare" intorno agli ostacoli (diffrazione acustica).

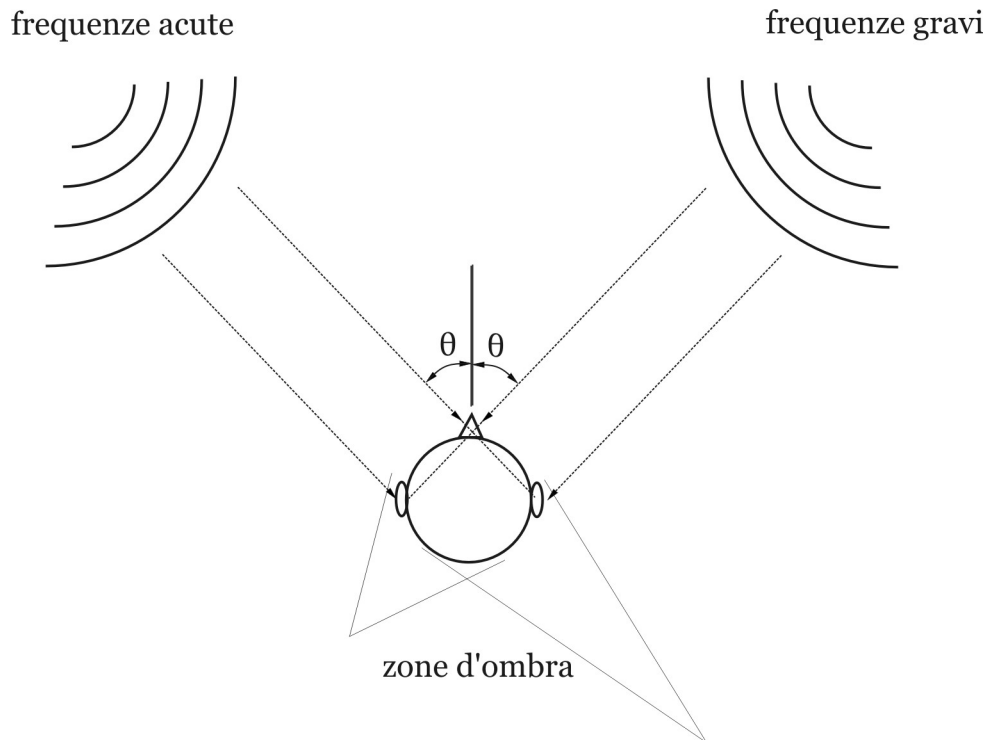


fig. 20: mascheramento interaurale

La grandezza di questa differenza di intensità è nota come IID (interaural intensity difference), e come abbiamo evidenziato, varia col variare della frequenza, generando così una famiglia di curve, rappresentate in fig. 21.

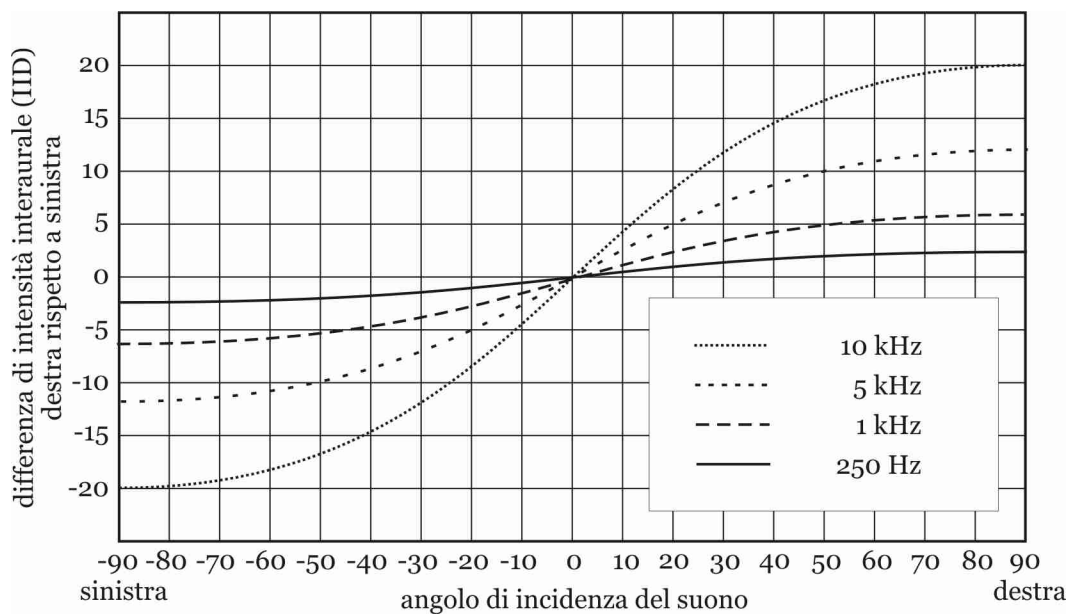


fig. 21: differenza di intensità interaurale (IID)

Ripresa e ascolto stereofonico

Mettendo in relazione i concetti di percezione con le differenze di intensità (IID) e di tempo (ITD), possiamo esaminare la relazione che intercorre tra le diverse tecniche di ripresa stereofonica. Nella fig. 22 vediamo la tecnica di ripresa con coppia cardioide coincidente: il suono arriva ai due microfoni senza differenze temporali, essendo le due capsule equidistanti dalla fonte sonora, e la differenza tra i due canali è data quindi dalla differenza di intensità, in quanto la caratteristica cardioide fa sì che l'intensità del suono sia differente a seconda che il suono arrivi in asse o fuori asse rispetto al microfono, e massimamente per le frequenze più acute.

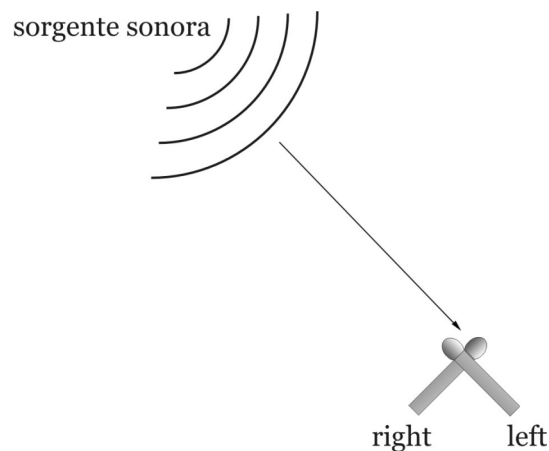


fig. 22: stereofonia per differenza di intensità

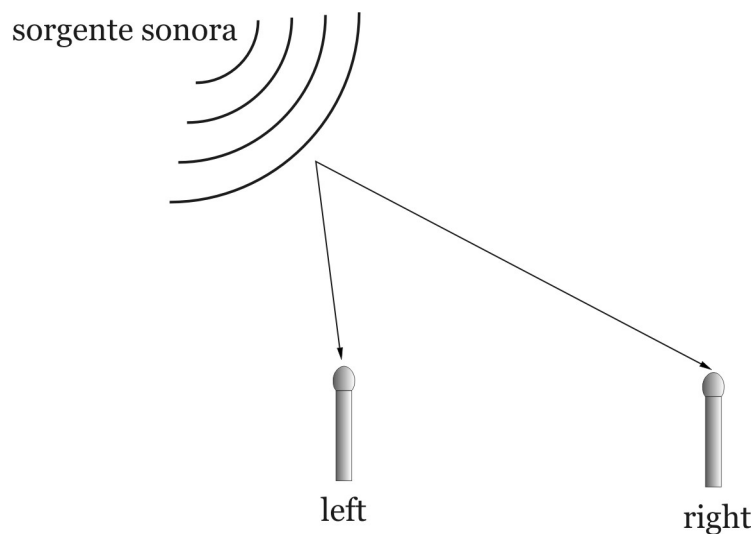


fig. 23: stereofonia per differenza di tempo

Nella fig. 23 una coppia di microfoni omnidirezionali spaziatati fra di loro genera una stereofonia dovuta al ritardo con cui il suono arriva ai due microfoni, mentre la curva polare omnidirezionale minimizza le differenze di intensità, a meno che la coppia sia distanziata in modo significativo, aggiungendo in quel caso anche una sensibile differenza di intensità.

Nella tecnica di registrazione ORTF (vedi fig. 24), con coppia cardioide quasi-coincidente angolata di 110° e spaziata di circa 17 cm, abbiamo una prima approssimazione di una tecnica che tenga conto sia delle ITD che delle IID.

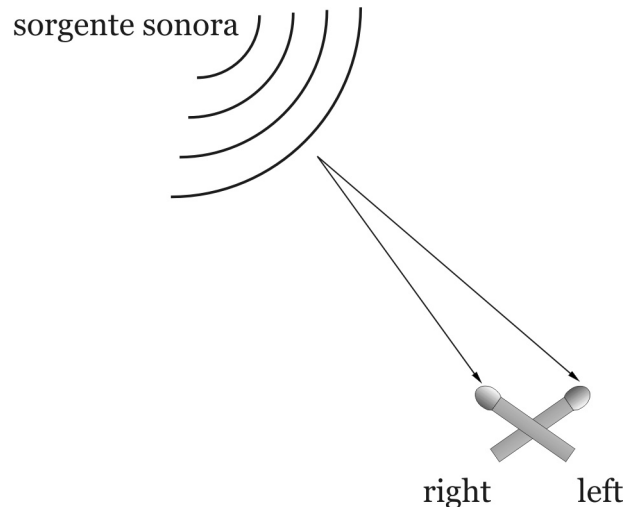


fig. 24: stereofonia per differenza di intensità e di tempo

La spaziatura di 17 cm, infatti, è molto vicina alla spaziatura tra le orecchie di una testa reale, mentre l'angolatura dei microfoni simula la "risposta in frequenza" del nostro orecchio esterno, assegnando maggiore sensibilità ai suoni frontali.

Infine, un ulteriore metodo di registrazione consiste nella tecnica "binaurale", ossia in una tecnica basata sull'uso di una testa artificiale, all'interno della quale è inserita, in corrispondenza delle orecchie, una coppia di microfoni, come illustrato in fig. 25.

Per comprendere appieno il principio di tale tecnica, occorre considerare l'esistenza di un ulteriore fattore che, unitamente alla ITD e alla IID, contribuisce alla localizzazione della provenienza del suono. Questo fattore è dato dalla conformazione del nostro orecchio esterno ("pinna"), della nostra testa ("head") e del busto ("torso"). Tale conformazione, che appartiene a ciascun individuo e che contribuisce all'affinamento delle capacità dell'apparato uditivo, fa sì che, ad esempio, vengano distinti i suoni di provenienza anteriore da quelli di provenienza posteriore, come quelli provenienti dall'alto o dal basso, a parità di angolazione.

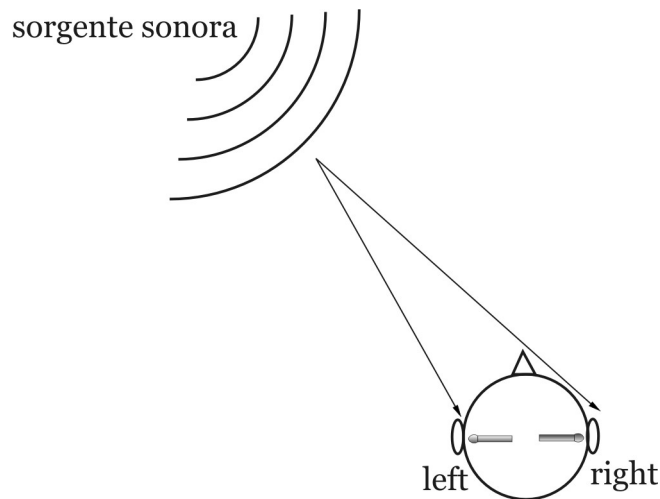


fig. 25: registrazione binaurale

La tecnica binaurale avvicina molto l'ascolto di musica riprodotta all'ascolto naturale, ma presenta il principale inconveniente che è valida solo se l'ascolto avviene tramite cuffia. L'ascolto tramite altoparlanti, infatti, presenta un fenomeno denominato "cross-talk": mentre con una cuffia i segnali dei due canali sono perfettamente separati e raggiungono solo ed esclusivamente le rispettive orecchie, il suono proveniente dagli altoparlanti, come si può vedere dalla fig. 26, raggiunge entrambe le orecchie, impedendo una corretta ricostruzione delle ITD e delle IID.

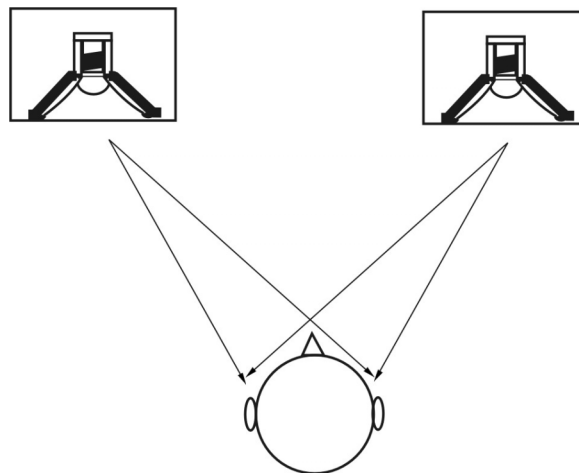


fig. 26: cross-talk

L'effetto di cross-talk può essere eliminato attraverso appositi circuiti che implementano questa funzione (in questo caso si parla di registrazioni "transaurali"), ma queste tecniche decadono nel momento in cui la testa non sia perfettamente immobile sul piano orizzontale.