



**Α.Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ**

# **ΣΤΕΡΕΟΦΩΝΙΚΑ ΖΕΥΓΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ**

**Συγκριτική παρουσίαση και αξιολόγησή τους**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ**

**ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΜΠΑΚΑΛΗ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΞΕΝΙΚΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ**

**ΡΕΘΥΜΝΟ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2007**

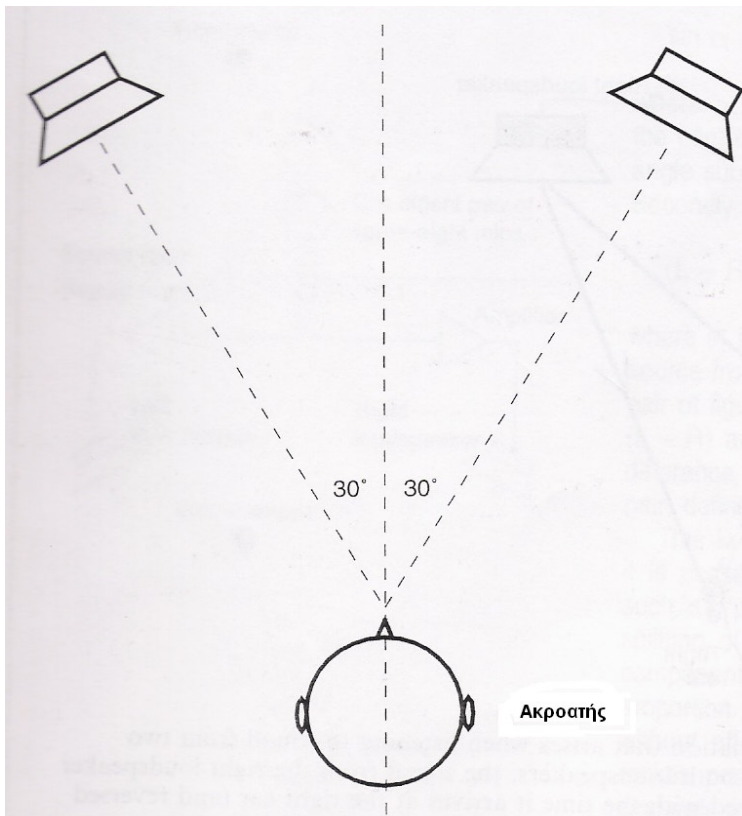
## Περιεχόμενα

<b>Πρόλογος.....</b>	<b>4</b>
<b>1. Στερεοφωνία.....</b>	<b>5</b>
1.1. Εισαγωγή.....	5
1.2. Binaural Αντίληψη.....	7
<b>2. Μικρόφωνα.....</b>	<b>12</b>
2.1. Χαρακτηριστικά Κατευθυντικότητας.....	12
2.1.1. Πολικά Διαγράμματα.....	12
2.1.2. Πολική Εξίσωση.....	14
2.1.3. Off-axis Coloration.....	19
2.2. Παράμετροι Απόκρισης Μικροφώνων.....	20
2.2.1. RER.....	22
2.2.2. REE.....	25
2.2.3. DSF.....	26
<b>3. Stereo – Ηχογραφήσεις.....</b>	<b>27</b>
3.1. Εισαγωγή.....	27
3.2. Μέθοδοι δύο μικροφώνων.....	29
3.2.1. Coincident pairs.....	29
3.2.2. Near-coincident pairs.....	43
3.3. Μέθοδοι με πάνω από δύο μικρόφωνα .....	50
<b>4. Συγκριτική παρουσίαση.....</b>	<b>52</b>
4.1. Εισαγωγή.....	52
4.2. Διαγράμματα .....	53
<b>5. Ηχογραφήσεις.....</b>	<b>59</b>
5.1. Εισαγωγή.....	59
5.2. 1 <sup>η</sup> Ηχογράφιση.....	64
5.3. 2 <sup>η</sup> Ηχογράφιση.....	70
5.4. 3 <sup>η</sup> Ηχογράφιση.....	73
5.5. 4 <sup>η</sup> Ηχογράφιση.....	74

<b>6. Συμπεράσματα.....</b>	<b>77</b>
Επίλογος.....	79
Βιβλιογραφία.....	79
Παραρτήματα	
Παράρτημα Α: Ανακλάσεις.....	82
Παράρτημα Β: Χαρακτηριστικά εξοπλισμού.....	87

## Πρόλογος

Ο εγκέφαλός μας έχει τη δυνατότητα να προσδιορίζει τη θέση μιας ηχητικής πηγής στο τρισδιάστατο χώρο. Βέβαια, στα stereo συστήματα αναπαραγωγής που έχουν καθιερωθεί, δύο μόνο διαστάσεις μπορούν να γίνουν αντιληπτές από τον ακροατή, ο οποίος βρίσκεται στο κέντρο αυτού του συστήματος και αντιλαμβάνεται τον ήχο από αριστερά / δεξιά και στο βάθος ή μπροστά του.



Ο όρος *Stereo Ηχογράφηση* είναι συνώνυμος με τη πρόταση : *Ηχογράφηση συνόλου με σκοπό την αναπαραγωγή σε Stereo σύστημα*. Τα stereo ζεύγη μικροφώνων είναι μία κατάλληλη τεχνική για τις stereo-ηχογραφήσεις.

Έτσι, στην εργασία αυτή, θα αναφερθούμε στις αρχές των στερεοφωνικών ζευγών μικροφώνων ενώ παράλληλα μέσω ακροάσεων θα επιβεβαιώσουμε μερικά χαρακτηριστικά αυτών, έτσι ώστε να είναι χρήσιμη για κάθε ηχολήπτη, όσον αφορά την επιλογή αυτών για μια stereo ηχογράφηση.

# 1. ΣΤΕΡΕΟΦΩΝΙΑ

## 1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

‘Στόχος της στερεοφωνικής αναπαραγωγής είναι να δημιουργήσει μια αναπαράσταση της μουσικής σκηνής και του χώρου όπου ένα μουσικό σύνολο εκτέλεσε ένα αναπαραγόμενο μουσικό πρόγραμμα.

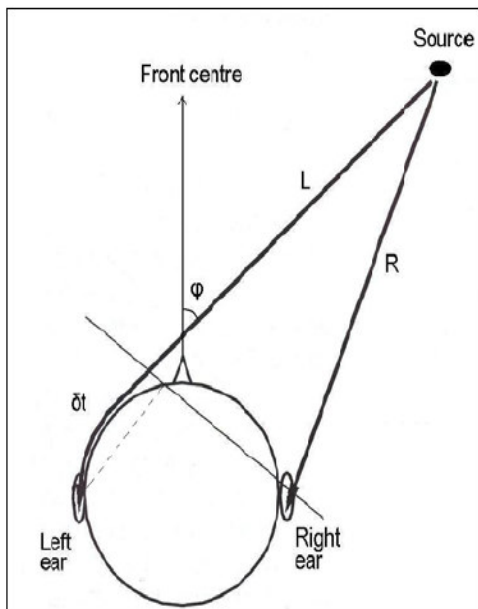
Κατά τη διάρκεια μιας ζωντανής μουσικής ακρόασης ένας ακροατής έχει 2 αφίξεις μουσικού σήματος, 1 σε κάθε αυτί. Η καθυστέρηση η ένταση και οι φασματικές διαφορές ανάμεσα στις 2 αφίξεις δίνουν τις απαραίτητες πληροφορίες στον εγκέφαλο με βάση τις οποίες αντιλαμβάνεται τη θέση της ηχητικής πηγής.

Αυτό που γίνεται, στην προσπάθειά μας να αναπαράγουμε τη θέση ενός μουσικού οργάνου από 2 ηχεία, είναι μια αντιστάθμιση των χρονικών καθυστερήσεων με διαφορές έντασης. Η θέση μιας ηχητικής πηγής στη “στερεοφωνική εικόνα” μπορεί να αλλάξει, αλλάζοντας απλά την ισορροπία εντάσεων η και την χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στα 2 κανάλια.

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη δημιουργία στερεοφωνικής εικόνας είναι η χρησιμοποίηση στερεοφωνικών τεχνικών μικροφώνων κατά την ηχοληψία.’  
(Παπανικολάου, Γ. 1991. “Τεχνολογία Ηχογραφήσεων”. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.)

## 1.2. BINAURAL ANTILHΨΗ - Εντοπισμός θέσης στο χώρο.

‘Το Σχ. 1.1 δεν δείχνει κανενός είδους κατασκευή. Απλά, το κεφάλι ενός ανθρώπου και μια ηχητική πηγή. Ο χώρος στον οποίο βρίσκονται δεν έχει εδώ σημασία. Μας απασχολεί απλώς η θέση της πηγής ως προς τον ακροατή, με την έννοια της **διεύθυνσης** μόνο και όχι της απόστασης’. (Ξενικάκης Δ., “Σημειώσεις μαθήματος Ηχοληψία II”, Ρέθυμνο 2002)



‘Σ’ αυτό λοιπόν το πλαίσιο, το ηχητικό σήμα της πηγής γίνεται αντιληπτό απ’ τον ακροατή μέσω *δύο διαφορετικών εκφάνσεων του ίδιου πράγματος*, οι οποίες εκφάνσεις αντιστοιχούν φυσικά στα δύο του αυτιά, στις διαφορετικές διαδρομές ήχου που αυτό συνεπάγεται..

Τα δύο αυτά σήματα έχουν όλες εκείνες **τις διαφορές** που οι νόμοι της Ακουστικής επιβάλλουν. Αποτέλεσμα τους, το παρακάτω συμπέρασμα:

**Σχήμα 1.1**

*Είμαστε σε θέση να ξέρουμε ότι ο εγκέφαλος μας προσδιορίζει τη θέση μιας ηχητικής πηγής στον 3D χώρο μέσω σύγκρισης, ταξινόμησης, κλπ, των σημάτων των δύο αυτιών.*

Αυτές οι διαφορές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν: Είναι δύο ειδών:

Διαφορές **πλάτους** (έντασης), αλλά και **χρονικές / φασικές** διαφορές.

Σχετικά με το πλάτος:

**1.** Το κεφάλι αποτελεί εμπόδιο στη πορεία του ήχου, και συνεπώς ρίχνει "σκιά", όπως λέμε, στο ένα αυτί, όταν ταιριάζει η χωροτοποθέτηση πηγής - ακροατή. Φυσικά, είναι

συχνοτικά εξαρτώμενο αυτό το γεγονός, ισχύει μόνο για μήκη κύματος σαφώς μικρότερα των διαστάσεων της κεφαλής, πρακτικά δηλαδή για *πάνω μεσαιές και υψηλές συχνότητες*. Προκύπτει, κατά συνέπεια, *αλλοιωμένο φάσμα / χροιά* του εισερχόμενου στο αυτί σήματος.

Συνήθως, το εν λόγω φαινόμενο λέγεται «φαινόμενο σκίασης».

2. Επιπλέον, στις περιπτώσεις που η πηγή είναι αρκετά κοντά στον ακροατή, η διαφορά μεταξύ των L R - διαδρομών, της τάξης των 20 – 22 cm σύμφωνα με το πλάτος της κεφαλής, δίνει μια ακόμη διαφορά level βάσει του νόμου του αντιστρόφου τετραγώνου. Δεν είναι όμως αξιόλογη ποσοτικά αυτή η διαφορά όταν η πηγή βρίσκεται σε φυσιολογική έως μεγάλη απόσταση, όταν δηλαδή το μήκος των διαδρομών είναι πολύ μεγαλύτερο των 22 cm.

Ως προς τις χρονικές διαφορές:

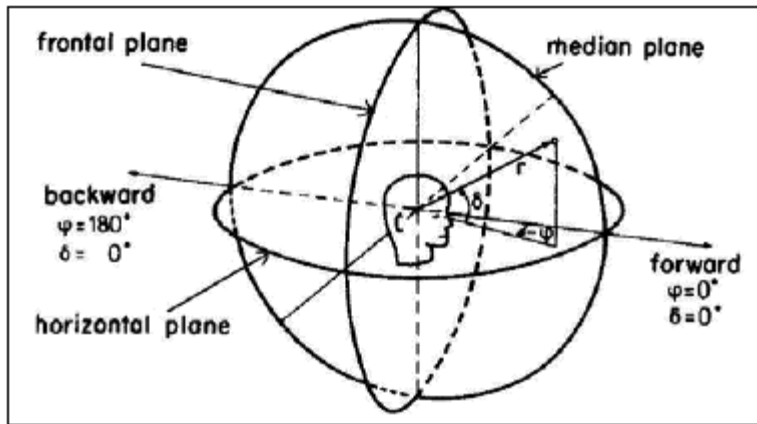
3. Η υπάρχουσα χρονική διαφορά που παρατηρείται στο οριζόντιο επίπεδο του Σχ. 1.1 ονομάζεται **Interaural Time Difference** και συμβολίζεται με "**ITD**" συνήθως ή με "**dt**" καμιά φορά. Οφείλεται στη διαφορά δρόμου, η οποία οφείλεται στη γωνία φ, αυτήν υπό την οποία ο ακροατής "βλέπει" την ηχητική πηγή. Η μέγιστη τιμή της αντιστοιχεί στο πλάτος μιας ανθρώπινης κεφαλής, ονομάζεται συνήθως **binaural delay** και είναι της τάξεως των 0.65ms 650μs.

Προφανώς λοιπόν  $0 \leq ITD \leq 650\mu s$ , περίπου.

Η σύγκριση των δυο διαδρομών / σημάτων δείχνει ότι *και ο χρόνος άφιξης και το level αποτελούν στοιχεία προσδιορισμού της διεύθυνσης, στοιχεία εντοπισμού της θέσης της πηγής.*'

(Ξενικάκης Δ., "Σημειώσεις μαθήματος Ηχοληψία II", Ρέθυμνο 2002) .

Έμβραθύνοντας περισσότερο, αναπαριστάται πλέον, το οριζόντιο μοντέλο του Σχ. 1.1 σε τρεις διαστάσεις στο παρακάτω σχήμα :



**Σχήμα 1.2:** Σύστημα σφαιρικών πολικών συντεταγμένων

$(r, \varphi, \delta)$ - για την ακριβή παραλλαγή του Σχ. 1.1- με κέντρο την ανθρώπινη κεφαλή. Συχνά η γωνία  $\varphi$  αποκαλείται "αζιμούθιο". Το όνομα για τη γωνία  $\delta$  είναι "elevation", ανύψωση. Το επίπεδο frontal, απλά, χωρίζει το χώρο σε εμπρός και πίσω ημισφαίριο.

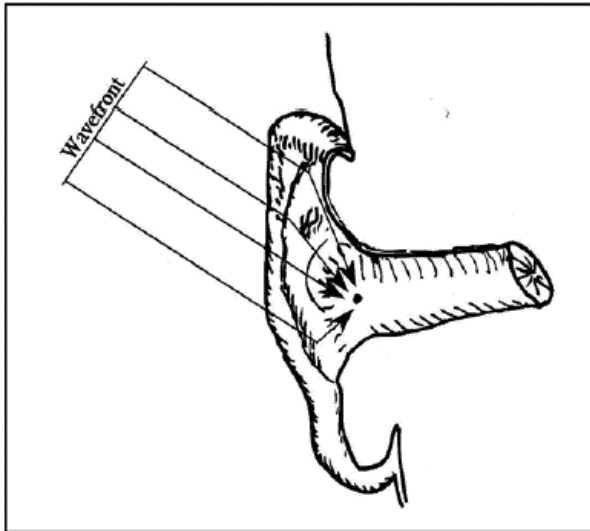
Στο Σχ. 1.2, παρατηρείται η επιλογή χρήσης πολικών συντεταγμένων, καθώς και η βαθμολόγηση και η ορολογία που έχουν υιοθετηθεί σε μετρήσεις / πειράματα του είδους.

Σ' αυτό το σημείο πρέπει να επισημανθούν τα παρακάτω:

Το επίπεδο πρακτικά κύμα που έρχεται απ' τη πηγή, πριν εισέλθει στο εσωτερικό του αυτιού, θα συναντήσει το εξωτερικό του μέρος, το κοινώς λεγόμενο περύγιο (Βλ. Σχ. 1.3). Αποτέλεσμα: οι μικροανακλάσεις που φαίνονται στο Σχ 1.3. Έτσι μοιραία, στο εσωτερικό του αυτιού θα εισέλθει το άθροισμα τους, συνεπώς ένα σήμα **διαμορφωμένο**, μέσω των συνεπαγόμενων comb filters. Βγαίνει επομένως το παρακάτω θεμελιώδες συμπέρασμα:



*Η διαμόρφωση του εισερχόμενου στο εσωτερικό του αυτιού σήματος εξαρτάται από τη διεύθυνση πρόσπτωσης του στην εν λόγω περιοχή.*



**Σχήμα 1.3**

Διότι, μια γρήγορη αναδρομή στη θεωρία του comb filtering θα μας θυμίσει ότι διαφορετικές διευθύνσεις πρόσπτωσης οδηγούν σε διαφορετικά patterns ανακλάσεων, συνεπώς διαφορετικές συχνοτικά θέσεις εξάρσεων και βυθισμάτων των comb filters, διαφορετικές δηλαδή τελικά διαμορφώσεις / αλλοιώσεις του φάσματος του "αρχικού" προσπίπτοντος ήχου.

Είναι λοιπόν όντως θεμελιακής αξίας η υπογραμμισμένη πρόταση, διότι η αντιστοιχία

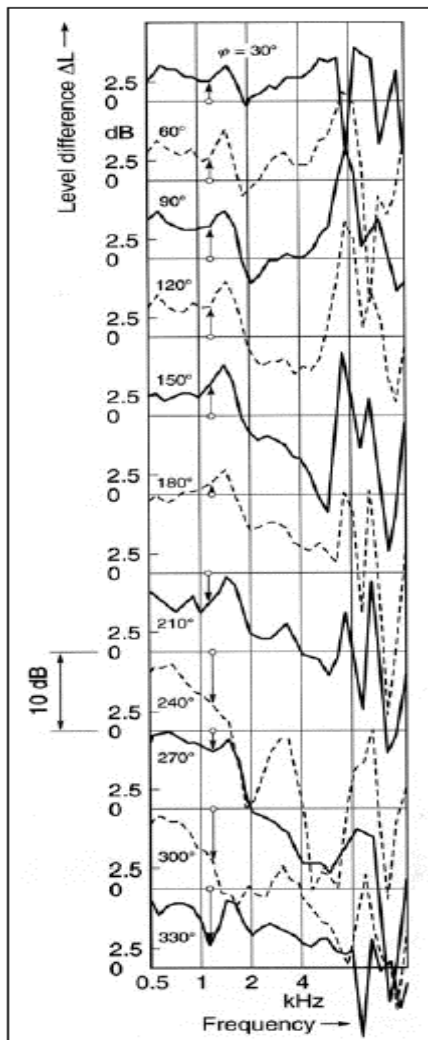
*θέση στο χώρο ↔ χρονική / φασική ↔ ειδική διαμόρφωση*  
*διαφορά φάσματος*

εφοδιάζει, προφανώς, τον εγκέφαλο με "σημάδια" αναγνώρισης της διεύθυνσης προέλευσης του προσπίπτοντος ήχου.

Ο όρος «μικροανακλάσεις» που χρησιμοποιήθηκε πιο πάνω, σχετίζεται βέβαια με τις μικρές διαστάσεις του περυγίου, και υπονοεί προφανώς ότι μόνο αρκετά μικρά μήκη κύματος, μπορούν να "δουν" το περύγιο, και τις "ανωμαλίες" της επιφάνειάς του. Οι

δημιουργούμενες λοιπόν σχετικές εξάρσεις και βυθίσματα αναμένονται στις υψηλές συχνότητες, στη περιοχή των 7 kHz και πάνω..

4. Εκτός από το περὺγιο του αυτιού, και το κεφάλι φυσικά που ήδη έχουμε αναφέρει, η ωμοπλάτη, αλλά και ο θώρακας, επηρεάζουν τα πράγματα: Συχνотικά εξαρτώμενα φαινόμενα, ανακλάσεις, περιθλάσεις κλπ, διαμορφώνουν φασματικά το σήμα (spectral shaping) που θα εισέλθει στο εσωτερικό μέρος του αυτιού. Αυτή η διαμόρφωση εξαρτάται βέβαια από τη διεύθυνση προέλευσης του προσπίπτοντος ήχου, και θα είναι προφανώς ειδική για κάθε ένα αυτί.

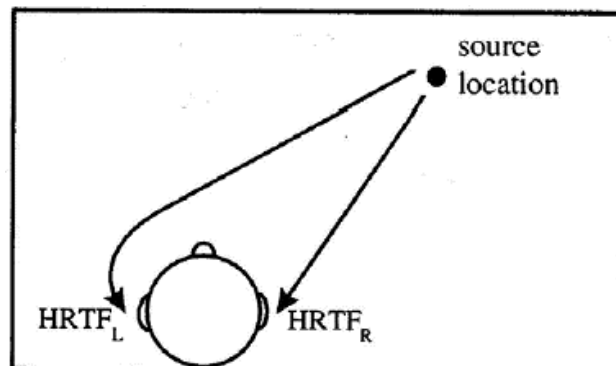


Σχήμα 1.4

### Συμπερασματικά:

Όλα τα παραπάνω περί των εντάσεων και των χρονικών διαφορών και των άλλων ηχητικών διεργασιών λειτουργούν ταυτόχρονα, αθροίζονται, και δημιουργούν μια *Head Related Transfer Function (HRTF)*, η οποία, εξαρτώμενη από τη διεύθυνση πρόσπτωσης, διαμορφώνει ανάλογα το εισερχόμενο στο αυτί σήμα.

(Ξενικάκης Δ., “Σημειώσεις μαθήματος Ηχοληψία ΙΙ”, Ρέθυμνο 2002) .



Το Σχ. 1.4 προτείνεται ως παράδειγμα γνωριμίας με τις HRTFs:

Το εν λόγω σχήμα δείχνει τη διαμόρφωση που υφίσταται το σήμα πριν εισέλθει στο εσωτερικό του αυτιού συναρτήσει της θέσης / διεύθυνσης της πηγής.

Φαίνεται σαν μία μορφή φίλτρου δια του οποίου περνάει και αλλοιώνεται το σήμα, εξαιτίας της διεύθυνσης προέλευσης του.

Έτσι λοιπόν, με τη πηγή, πχ, στον άξονα του αυτιού  $\varphi = 90^\circ$ , δηλ. θέση (2,90,0), παρατηρείται μια αύξηση level γύρω στα 3 με 5 dB για τη μεσαία περιοχή 500-1700 Hz περίπου, επίσης ένα γενναίο peak στις υψηλές, πάνω από 10 dB (!) στους 8000 Hz, κλπ..

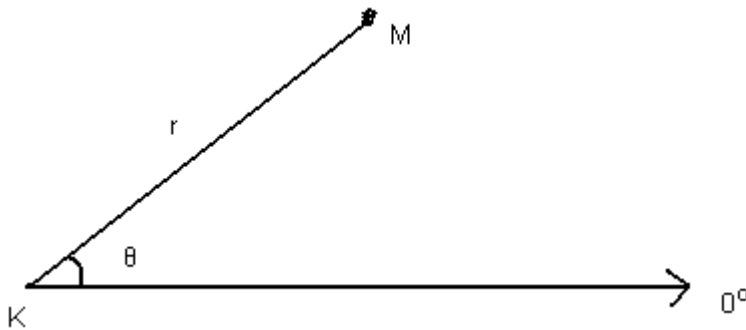
Για την καταγραφή αυτών των καμπυλών, έχουν γίνει μετρήσεις σε ένα αυτί, σε διάφορες διευθύνσεις στο οριζόντιο επίπεδο, μέσα σε ανηχοϊκό θάλαμο, με την ηχητική πηγή στο ύψος των αυτιών σε απόσταση 2 m κατ' ευθείαν εμπρός, δηλαδή στη θέση (2,0,0). Παρατηρείται ότι είναι καλυμμένο με μετρήσεις όλο πρακτικά το οριζόντιο επίπεδο, με βήμα γωνίας  $30^\circ$ . Φυσικά, το αποτέλεσμα είναι ένας μέσος όρος, που έχει προκύψει μετά από αυτές τις μετρήσεις σε πολλά άτομα.

## 2. ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ

### 2.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

#### 2.1.1. ΠΟΛΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

‘Πολικό διάγραμμα είναι η επίπεδη γραφική παράσταση σε πολικές συντεταγμένες του σήματος εξόδου του μικροφώνου  $s$  (δηλ.  $r$ ), συναρτήσει της διεύθυνσης ( $\theta$ ).



**Σχήμα 2.1:** Οι πολικές συντεταγμένες  $(r, \theta)$  στο επίπεδο

Το πολικό διάγραμμα είναι ένα εργαλείο μελέτης της κατευθυντικότητας.

“Το πολικό διάγραμμα δείχνει πόσο μεγαλύτερη ή μικρότερη είναι η απόδοση (σήμα) της συσκευής στις διάφορες διευθύνσεις σε σχέση με την τιμή on axis ( $0^\circ$ )”.

Για τα μικρόφωνα, δεν ισχύει το «μεγαλύτερη», (της παραπάνω πρότασης), δεδομένου ότι on axis έχουμε πάντα μέγιστο σήμα, συνεπώς στις άλλες διευθύνσεις το σήμα θα είναι μικρότερο ή το πολύ ίδιο.’

(Ξενικάκης Δ., “Σημειώσεις μαθήματος Ηχοληψία Ι”, Ρέθυμνο 2002)

### 2.1.2. ΠΟΛΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ

‘Θεωρητικά είναι δυνατή η περιγραφή σχεδόν όλων των τύπων κατευθυντικότητας εν χρήσει από μία και μόνο πολική εξίσωση. Η εξίσωση αυτή δίνει το σήμα εξόδου του μικροφώνου ( $S$ ) συναρτήσει της γωνίας πρόσπτωσης  $\theta$ .

Πρόκειται δηλαδή για μια  $S(\theta)$ , τη γραφική παράσταση της οποίας, σε πολικές συντεταγμένες, δίνει το πολικό διάγραμμα του μικροφώνου.

Η τάση εξόδου  $S(\theta)$  για ήχο που συναντά το μικρόφωνο υπό γωνία  $\theta$  δίνεται από τη σχέση:

$$S(\theta)=S(0)\cdot[A+B\cos\theta]$$

όπου:

$A$  και  $B$  σταθερές (καθαροί αριθμοί), και  $S(0)$  η τάση εξόδου για πρόσπτωση on axis  $0^\circ$

Θέτοντας  $s(\theta) = \frac{S(\theta)}{S(0)}$ , το  $s(\theta)$  παριστάνει τη σχετική ευαισθησία του μικροφώνου στη

διεύθυνση  $\theta^\circ$  **σε αναφορά με τη διεύθυνση on axis.**

Είναι φανερό ότι όταν  $\theta=0^\circ$ , πρέπει  $s(0)=1$ .

Συνεπώς:

$$s(0)=A+B\cos(0)=1 \rightarrow A+B=1$$

Έτσι,

$$s(\theta)=A+B\cos\theta=1 \quad 0\leq\theta\leq 360$$

$$A+B=1$$

$$\rightarrow s(\theta)=1-B+B\cos\theta \quad (2.1)$$

1. Η σχέση (2.1) αποτελείται από δύο όρους. Ο πρώτος λέγεται όρος πίεσης και ο δεύτερος ( $B\cos\theta$ ) λέγεται όρος διαφοράς πίεσης.

2. Κάθε ειδική τιμή της  $B$  (επομένως και της  $A$ ) αντιστοιχεί σε διαφορετικό πολικό διάγραμμα.

3. Όταν για κάποιες διευθύνσεις  $\theta$  η  $s(\theta)$  προκύπτει αρνητική, αυτό σημαίνει ότι σε αυτή την περιοχή του χώρου το σήμα του μικροφώνου είναι σε διαφορά φάσης  $180^\circ$  (αντίθετη φάση) με το σήμα των περιοχών όπου η  $s(\theta)$  είναι θετική.'

4. Επειδή  $-1 \leq \cos\theta \leq 1$   $A+B=1$ , προκύπτει:  $-1 \leq s(\theta) \leq 1$  (2.2)

(Ξενικάκης Δ., "Σημειώσεις μαθήματος Ηχοληψία Γ", Ρέθυμνο 2002)

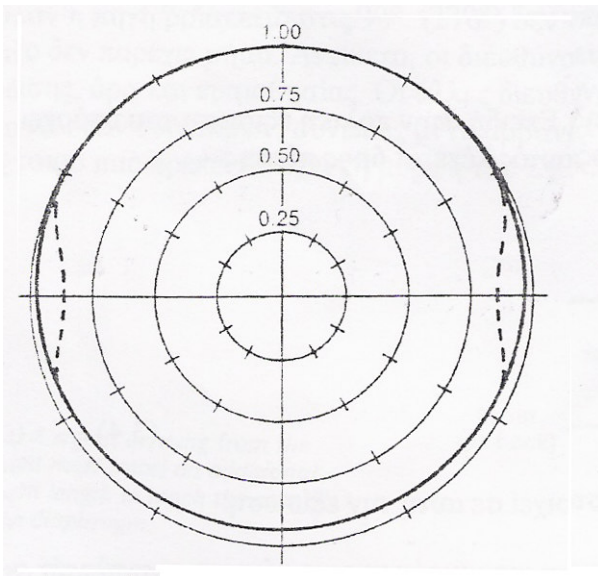
#### (α). Μικρόφωνο OMNI DIRECTIONAL

Η πολική εξίσωση του omni μικροφώνου είναι

$$s(\theta)=1 \quad (2.3)$$

με  $A=1$   $B=0$

Για οποιαδήποτε διεύθυνση το σήμα του μικροφώνου είναι το ίδιο, σταθερό. Η γραφική παράσταση της (2.3) δηλαδή το πολικό διάγραμμα είναι ένας τέλειος κύκλος με ακτίνα  $r=1$  (κύκλος 0dB). Το Σχ. 2.2 δείχνει το πολικό διάγραμμα που αντιστοιχεί σε αυτή την εξίσωση:



**Σχήμα 2.2:** Omni directional, πολικό διάγραμμα

Το omni μικρόφωνο είναι **μικρόφωνο πίεσης**. Επειδή στην πολική του εξίσωση υπάρχει μόνο ο  $\alpha'$  όρος ( $A=1$ ), γι' αυτό, γενικότερα ο όρος αυτός λέγεται **όρος πίεσης**.

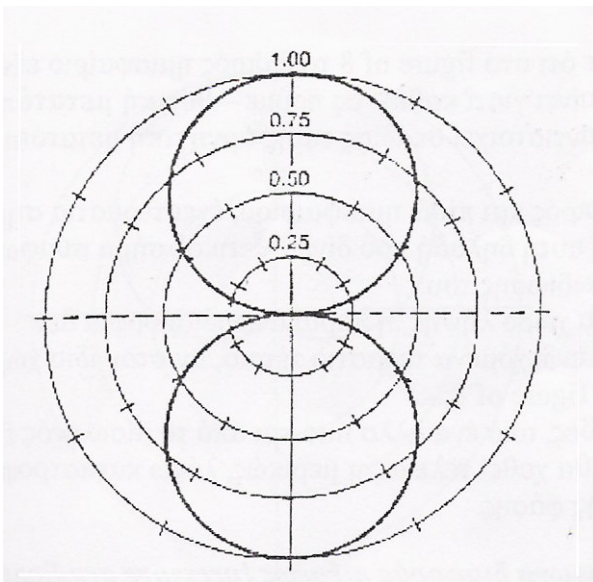
(β). Μικρόφωνο FIGURE OF 8

Η πολική εξίσωση του figure of eight μικροφώνου είναι

$$s(\theta)=\cos\theta \quad (2.4)$$

με  $A=0$   $B=1$

Το Σχ. 2.3 δείχνει το πολικό διάγραμμα που αντιστοιχεί σε αυτή την εξίσωση:



**Σχήμα 2.3:** Figure of 8, πολικό διάγραμμα

Η ονομασία 'figure of 8' είναι προφανής. Πρόκειται για μικρόφωνο με μέγιστη ευαισθησία στις  $0^\circ$  και  $180^\circ$  και μηδενική στις  $\pm 90^\circ$ .

Τα figure of eight μικρόφωνα ονομάζονται **μικρόφωνα διαφοράς πίεσεως (pressure gradient mikes)** επειδή λειτουργούν βάσει της διαφοράς πίεσης μεταξύ εμπρός και πίσω

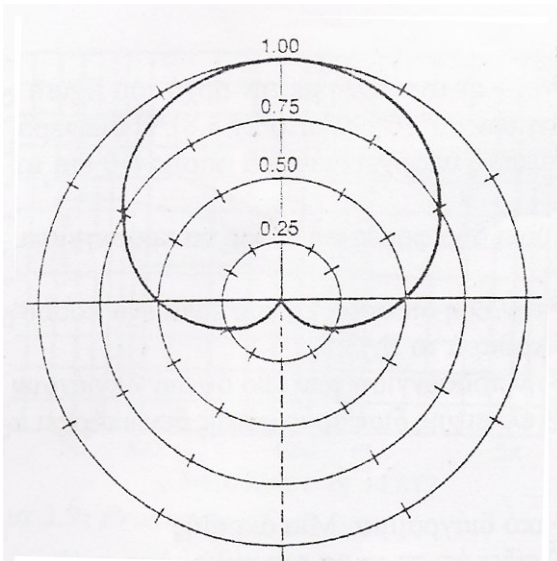
μέρους. Από εδώ προκύπτει και η ίδια ονομασία για τον β' όρο της γενικής πολικής εξίσωσης (2.1).

### (γ). Μικρόφωνο UNIDIRECTIONAL

Η πολική εξίσωση του Unidirectional μικροφώνου είναι

$$s(\theta)=0.5+0.5\cos\theta \quad (2.5)$$

Το Σχ. 2.4 δείχνει το πολικό διάγραμμα που αντιστοιχεί σε αυτή την εξίσωση:



**Σχήμα 2.4:** Cardioid's πολικό διάγραμμα

Αυτή η πολική εξίσωση δηλώνει ένα μικρόφωνο το οποίο είναι πρακτικά ευαίσθητο μόνο στη μπροστινή περιοχή, ενώ έχει θεωρητικά μηδενικό σήμα στις 180°. Ονομάζεται επομένως για τους προφανείς λόγους **Unidirectional**, μονοκατευθυντικό.

Υπάρχουν πάνω από ένα μονοκατευθυντικά πολικά διαγράμματα. Γενικά, όταν στην πολική εξίσωση έχουμε  $A, B \neq 0$ , αποτέλεσμα της δράσης του όρου  $B\cos\theta$  είναι ο υποβιβασμός του πίσω ημισφαιρίου:



Όταν  $B < 0,5$  το πολικό διάγραμμα βρίσκεται, ακόμη, κοντά στο Omni. Όμως, όταν  $B > 0,5$  η μονοκατευθυντικότητα είναι πλέον έντονα εμφανής.

Η εξίσωση (2.5) παριστάνει το πιο συνηθισμένο Unidirectional μικρόφωνο το οποίο ονομάζεται καρδιοειδές (cardiod) λόγω της μορφής του πολικού διαγράμματος (Σχ 2.4).

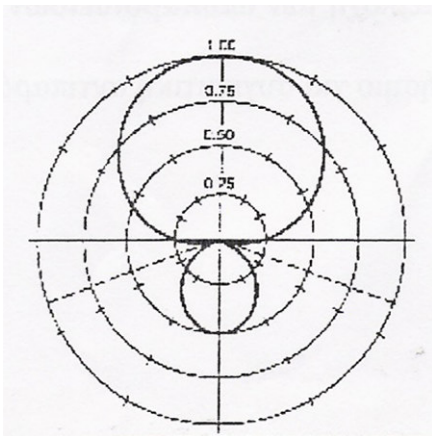
#### (δ). Μικρόφωνο HYPERCARDIOD

Η πολική εξίσωση του Unidirectional μικροφώνου είναι

$$s(\theta) = 0.25 + 0.75 \cos \theta \quad (2.6)$$

με  $A = 0,25$   $B = 0,75$

Το μικρόφωνο αυτό ονομάζεται υπερκαρδιοειδές (hypercardiod), και το παρακάτω Σχ. 2.5 περιέχει το αντίστοιχο πολικό διάγραμμα.



**Σχήμα 2.5:** Υπερκαρδιοειδές, πολικό διάγραμμα

Παραθέτουμε πιο κάτω τον Πίνακα 1, πολύ χρήσιμο για τη συγκριτική αντιπαράθεση των διάφορων πολικών διαγραμμάτων.

**Πίνακας 1.**

Πολικό Διάγραμμα	OMNI	CARDIOD	FIGURE OF EIGHT	SUPER CARDIOD	HYPER CARDIOD
Πολική Εξίσωση	$s=1$	$s=0.5+0.5\cos\theta$	$s=\cos\theta$	$s=0.37+0.63\cos\theta$	$s=0.25+0.75\cos\theta$
Τόξο λήψης -3dB	360°	131°	90°	115°	105°
Τόξο λήψης -6dB	360°	180°	120°	156°	141°
Σχετική έξοδος στις 90°	0dB	-6dB	$-\infty$	-8.7dB	-12dB
Σχετική έξοδος στις 180°	0dB	$-\infty$	0dB	-11.4dB	-6dB
Γωνία όπου η έξοδος είναι μηδενική	-	180°	$\pm 90^\circ$	$\pm 125.26^\circ$	$\pm 109.47^\circ$
REE	1	0.33	0.33	0.268	0.25
DSF	1	1.7	1.7	1.9	2

(Ξενικάκης Δ., “Σημειώσεις μαθήματος Ηχοληψία Γ”, Ρέθυμνο 2002)

### 2.1.3. OFF AXIS COLORATION

‘Τα πολικά διαγράμματα των μικροφώνων έχουν εξαρτώμενη σχέση με τη συχνότητα.

*Κάθε μικρόφωνο φυσιολογικά εμφανίζει προοδευτικά αύξηση της κατευθυντικότητας με την άνοδο της συχνότητας. Δηλαδή σε υψηλότερες συχνότητες τα πολικά διαγράμματα «στενεύουν» και επομένως το χρήσιμο τόξο λήψης τους μικραίνει.*

Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **off axis coloration** (χρωματισμός σε εκτός άξονος θέσεις), διότι σε μια off axis λήψη, οι υψηλές συχνότητες καταγράφονται σε μικρότερη ένταση με αποτέλεσμα ‘χρωματισμό’ του ήχου της πηγής και πιο συγκεκριμένα, ‘μουντή’ λήψη του.’

(Ξενικάκης Δ., “Σημειώσεις μαθήματος Ηχοληψία Γ”, Ρέθυμνο 2002)

## 2.2. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ

### ΓΕΝΙΚΑ

‘Το περιβάλλον μέσα στο οποίο λειτουργεί ένα mike είναι ο χώρος μας, στον οποίο υπάρχουν ήχοι από διάφορες ηχητικές πηγές. Ανεξάρτητα από το αν μας είναι χρήσιμοι μια δεδομένη χρονική στιγμή ή όχι, οι ήχοι αυτοί υπάρχουν και το μικρόφωνο τους συλλαμβάνει χωρίς φυσικά να μπορεί να χωρίσει τους χρήσιμους από τους άχρηστους. Αυτό λοιπόν το σύνθετο ηχητικό πεδίο **έρχεται από όλες τις διευθύνσεις του χώρου** και για το λόγο αυτό, με δύο λέξεις, θα το ονομάζουμε στο εξής **"διάχυτο" πεδίο..** έχοντας φυσικά απολύτως ξεκάθαρο ότι αυτό που εννοούμε **δεν ταυτίζεται** με το νόημα του ομώνυμου όρου της Ακουστικής.. Αυτό ακριβώς θέλει να δηλώσει η χρήση των εισαγωγικών [ " , " ].

Εκτός από τις λίγες εκείνες περιπτώσεις όπου μας ενδιαφέρει να καταγραφεί ηχητικά το περιβάλλον, συνήθως το ενδιαφέρον υπάρχει για κάποια συγκεκριμένη ηχητική πηγή, οπότε, οτιδήποτε άλλο υπάρχει στο πεδίο είναι θόρυβος. Αντίθετα, ακόμα και στην περίπτωση λήψης μιας μόνης ηχητικής πηγής σε ένα τέλεια μονωμένο χώρο, το "διάχυτο" πεδίο υπάρχει και μας ενδιαφέρει, ανάλογα με την περίπτωση, σε κάποιο ποσοστό, από 0% έως 100%.

Τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα που ακολουθεί:

*“Σε κάθε ηχητική λήψη μέσω μικροφώνου, το θέμα δεν εξαντλείται με την συγκέντρωση της προσοχής μας στα δυο “αντικείμενα”, ηχητική πηγή και μικρόφωνο. Πρέπει να δούμε ακόμη ότι το mike “κολυμπάει” σε ένα "διάχυτο" ηχητικό πεδίο το οποίο δυνάμει καταγράφει. Το "διάχυτο" αυτό πεδίο, δεν είναι απαραίτητως καλό ή κακό. Όμως, ο ηχολήπτης πρέπει να ‘χει κάτω από τον απόλυτο έλεγχο του το ποσοστό του "διάχυτου" πεδίου που καταγράφεται. Εάν αυτό δεν συμβαίνει, η ηχοληψία αποκλείεται να είναι καλή”.* (Ξενικάκης Δ., “Σημειώσεις μαθήματος Ηχοληψία Ι”, Ρέθυμνο 2002) .

Είναι λοιπόν φανερό ότι η ύπαρξη **των άλλων** -εκτός του omni-τύπων μικροφώνου εφοδιάζει τον ηχολήπτη με ένα **μέσο ελέγχου** του καταγραφόμενου "διάχυτου" πεδίου: Η ελαττωμένη ευαισθησία σε κάποιες διευθύνσεις οδηγεί σε **λιγότερη** λήψη "διάχυτου" πεδίου.

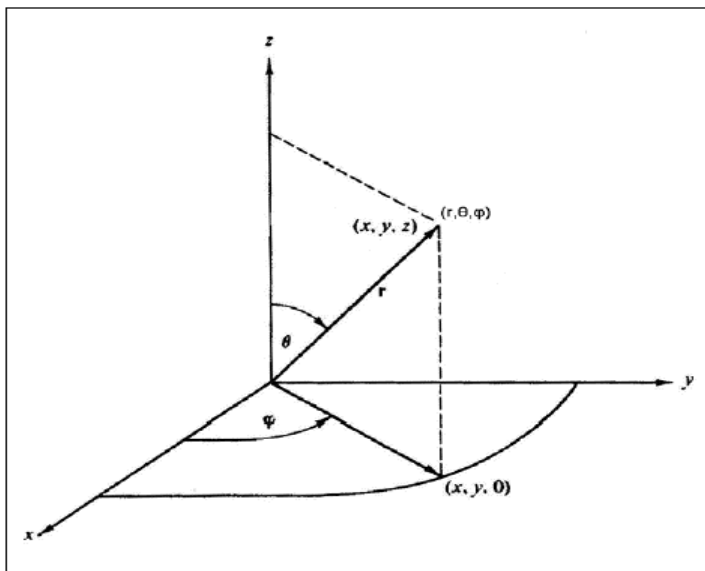
Έτσι, τα πολικά διαγράμματα αποτελούν ένα **δεύτερο “εργαλείο” ελέγχου** του καταγραφόμενου χώρου, εκτός, φυσικά, από την απόσταση πηγής-mike.’

(Ξενικάκης Δ., “Σημειώσεις μαθήματος Ηχοληψία Ι”, Ρέθυμνο 2002) .

### 2.2.1. Random Energy Response (RER) (Απόκριση "διάχυτου" πεδίου)

Έσε αυτό το σημείο, πριν αναλυθεί η «Απόκριση –διάχυτου- πεδίου», είναι απαραίτητη η επέκταση της έννοιας του πολικού διαγράμματος σε τρεις διαστάσεις:

Διότι, όπως οι ηχητικές πηγές εκπέμπουν σ' όλες τις διευθύνσεις του χώρου, έτσι και τα μικρόφωνα λαμβάνουν σήμα απ' όλες αυτές.. Δεν είναι όμως αρκετή πια μόνο η γωνία  $\theta$  για να προσδιορίσουμε μια διεύθυνση στο χώρο. Χρειάζεται και μια δεύτερη γωνία, όπως φαίνεται στο Σχ. 2.6, που μας βοηθά συνάμα να θυμηθούμε το πώς ορίζεται – σε πολικές συντεταγμένες – η θέση ενός σημείου στο χώρο.



**Σχήμα 2.6:** Οι πολικές συντεταγμένες  $( r, \theta, \varphi )$  στο χώρο.

Έτσι,

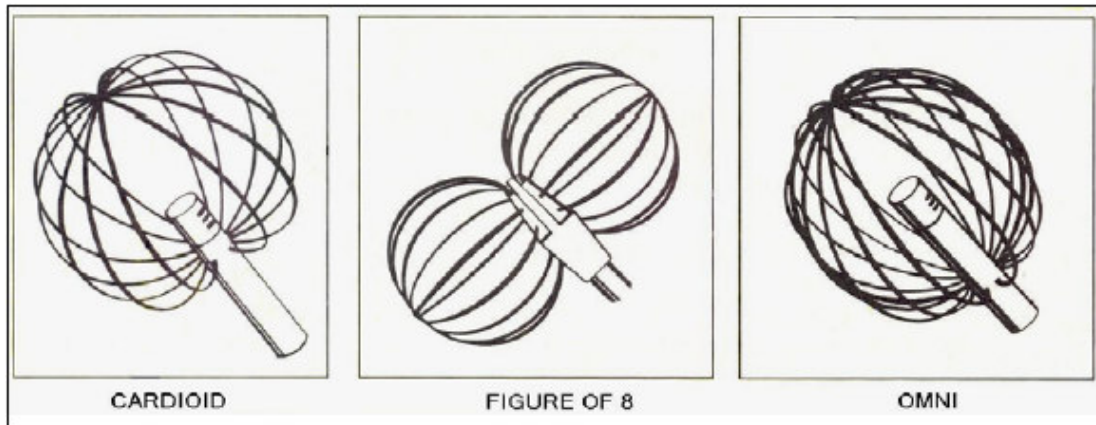
**Πολικό διάγραμμα είναι η γραφική στο χώρο παράσταση, σε πολικές συντεταγμένες, του σήματος εξόδου του μικροφώνου συναρτήσει της διεύθυνσης  $(\theta, \varphi)$ .**

Είναι φανερό ότι η κλειστή γραμμή του επιπέδου πολικού διαγράμματος δίνει τη θέση της σε μια κλειστή στο χώρο επιφάνεια.

Το Σχ. 2.7 δείχνει αυτή την επιφάνεια στα τρία βασικά patterns.

Φαίνεται δε εύκολα, ότι οι επιφάνειες αυτές, προέκυψαν από τα αντίστοιχα επίπεδα διαγράμματα με περιστροφή  $360^\circ$  γύρω από τον βασικό άξονα, δηλαδή μια κάθετη στη κάψα του mike που "σημαδεύει" τις  $0^\circ$ .

Δηλαδή, μια θέση μιας ηχητικής πηγής στο ίδιο με το μικρόφωνο οριζόντιο επίπεδο, που το "βλέπει" υπό γωνία  $30^\circ$ , ισοδυναμεί απολύτως με μια αντίστοιχη θέση στο κατακόρυφο επίπεδο που "βλέπει" το μικρόφωνο "από πάνω της" και πάλι υπό γωνία  $30^\circ$ . Μ' άλλα λόγια, το γνωστό μας επίπεδο πολικό διάγραμμα είναι απολύτως το ίδιο σ' οποιοδήποτε άλλο επίπεδο.



**Σχήμα 2.7:** Τρισδιάστατα πολικά διαγράμματα.

Διδάσκει, όμως, η Ακουστική ότι η ισχύς που "βομβαρδίζει" το μικρόφωνο, αναγκαστικά διαπερνά αυτήν την επιφάνεια, και συνεπώς η τιμή της (της ισχύος) πρέπει να είναι ανάλογη του εμβαδού της.

Πράγματι, αποδεικνύεται η αλήθεια της παρακάτω πρότασης:

***"Η ισχύς εξόδου ενός οποιουδήποτε μικροφώνου είναι ευθέως ανάλογη του εμβαδού της επιφάνειας του τρισδιάστατου πολικού του διαγράμματος."***

Ζητούμενο είναι λοιπόν το εμβαδόν μιας επιφάνειας που περιγράφει γενικά η εξίσωση  $r = r(\theta, \phi)$ ...αλλά στη περίπτωση μας,  $r = r(\theta)$  λόγω της συμμετρίας. Παραλείποντας τις μαθηματικές λεπτομέρειες, ιδού το αποτέλεσμα:

$$E = 2\pi \cdot \int_0^{\pi} r^2(\theta) \cdot \sin \theta \cdot d\theta$$

Οπότε:

Θέτοντας  $r(\theta) = s(\theta)$  το εμβαδόν μετατρέπεται σε Ακουστική παράμετρο, που είναι, βέβαια, ανάλογη της ηχητικής ισχύος που δέχεται το μικρόφωνο, και επομένως, μοιραία, ανάλογη του σήματος εξόδου του. Την ονομάζουμε απόκριση "διάχυτου" πεδίου.'

(Ξενικάκης Δ., "Σημειώσεις μαθήματος Ηχοληψία Γ", Ρέθυμνο 2002) .

(Random Energy Response.

i.e. RER):

$$RER = 2\pi \cdot \int_0^{\pi} s^2(\theta) \cdot \sin \theta \cdot d\theta$$

Ξέρουμε, ότι το εμβαδόν της σφαιρικής επιφάνειας είναι  $4\pi r^2$ . Συνεπώς για το omni μικρόφωνο ισχύει:

$$RER_0 = 4\pi$$



### 2.2.2. Random Energy Efficiency (Συντελεστής απόδοσης διάχυτου πεδίου)

‘Ορίζεται ως εξής

$$REE = \frac{RER}{RER_0} \quad (2.7)$$

Εκφράζει επομένως, τι ποσοστό του διάχυτου πεδίου ενός omni συλλαμβάνει το τυχαίο άλλο πολικό διάγραμμα.

Αντικαθιστώντας την  $s(\theta)$  στην (2.7), μετά τις πράξεις, προκύπτει:

$$REE = 1 - 2B + \frac{4}{3} \cdot B^2 \quad (2.8)$$

#### Παραδείγματα

1. Το omni έχει εξ ορισμού  $REE = 1 \rightarrow 100\%$

2. Για τα καρδιοειδή :  $B = 0,5 \rightarrow REE = 0.333 \rightarrow 33.3\%$

Δηλαδή η καρδιά «πιάνει» μόνο το 33,3% του διάχυτου πεδίου που πιάνει το omni.

3. Για το figure of 8 :  $B = 1 \rightarrow REE = 0.333$

Συνεπώς : Καρδιοειδές και figure of 8 συλλαμβάνουν το ίδιο ποσό διάχυτου πεδίου.’

(Ξενικάκης Δ., “Σημειώσεις μαθήματος Ηχοληψία Ι”, Ρέθυμνο 2002) .

### 2.2.3. Distance factor (DSF) (Παράγων απόστασης)

‘Το omni mike έχει συντελεστή απόδοσης διάχυτου πεδίου REE=1, ενώ στους άλλους τύπους πολικών διαγραμμμάτων το REE σταδιακά μειώνεται. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να τοποθετηθούν μακρύτερα από ότι το Omni για το ίδιο ποσοστό λήψης διάχυτου πεδίου. Την ακριβή ποσοτική σχέση αυτού του γεγονότος εκφράζει ο συντελεστής DSF

Ισχύει:

$$DSF = \sqrt{\frac{1}{REE}} \quad (2.9)$$

#### Παράδειγμα:

Για καρδιοειδές DSF = 1.73

Για Omni DSF = 1

Αυτό σημαίνει ότι ένα καρδιοειδές σε **1.73m** από την πηγή συλλαμβάνει τον ίδιο χώρο με ένα Omni σε απόσταση **1m**.

(Ξενικάκης Δ., “Σημειώσεις μαθήματος Ηχοληψία Γ”, Ρέθυμνο 2002)

### 3. STEREO-ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΕΙΣ

#### 3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ / ΟΡΙΣΜΟΙ.

Ο όρος **Stereo-ηχογράφηση** είναι ουσιαστικά συνώνυμος με την πρόταση "*Ηχογράφηση συνόλου με στόχο την αναπαραγωγή σε Stereo σύστημα*".

Σημαντικά και ενδιαφέροντα στοιχεία περιέχει αυτή η compact πρόταση:

Πρώτο και βασικό στοιχείο είναι το ότι μέσω της λέξης "*συνόλου*" υπονοείται -σε τεχνικό επίπεδο- η *πλήρης αποδέσμευση* απ' τη λογική της αντιστοιχίας μικρόφωνο - πηγή / μουσικό όργανο. Η τοποθέτηση των όποιων μικροφώνων στοχεύει στην ισορροπημένη λήψη του συνόλου της ορχήστρας και της ακουστικής του χώρου στον οποίο διαδραματίζεται το γεγονός.

Το δεύτερο σημαντικό στοιχείο είναι βέβαια το format αναπαραγωγής. Two-channel stereo, οπότε, δυο πράγματα μπορεί να συμβαίνουν: Ή χρησιμοποιείται αυστηρά ένα ζεύγος μικροφώνων, των οποίων μικροφώνων τα σήματα συνιστούν τα δυο tracks του stereo, ή χρησιμοποιούνται περισσότερα των δυο μικρόφωνα με συγκεκριμένη όμως μεταξύ των σχέση σημάτων εξόδου, σχέση η οποία "φτιάχνεται" on location, εκεί, έτσι ώστε η μίξη των σε stereo format να γίνεται κατά τεκμήριο επίσης εκεί, τότε, σε real time, όπως λέγεται..

Προχωρώντας τώρα σε μια ανασκόπηση των διαφόρων μεθόδων stereo ηχογράφησης που χρησιμοποιήθηκαν διεθνώς από παλιά (λίγο μετά τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα) μέχρι σήμερα, θα καταλήξουμε στο ότι πράγματι οι παραπάνω σκέψεις έχουν επικρατήσει, όντας βέβαια εμπλουτισμένες με τα συμπεράσματα των ερευνών γύρω από το θέμα της binaural αντίληψης.

Χωρίζονται λοιπόν οι stereo ηχογραφήσεις σε δυο κατηγορίες:

- Μέθοδοι δυο μικροφώνων.
- Μέθοδοι με πάνω από δυο μικρόφωνα.

Για το κλείσιμο αυτής της εισαγωγικής παραγράφου, ένα σχόλιο περί της ποιότητας των stereo ηχογραφήσεων είναι χρήσιμο, πρέπει άλλωστε έπ' αυτού να στηριχθεί η συνέχεια..

Ο ορισμός λοιπόν του επιθυμητού αποτελέσματος μιας stereo ηχογράφησης είναι σχετικά εύκολο πράγμα:

*«Σωστές χροιές, καθαρή ανάγλυφη "εικόνα" των ηχητικών πηγών στο χώρο και ποσοστό αντήχησης που πείθει, σε συμφωνία πάντα με τις μουσικές-αισθητικές απαιτήσεις του έργου».*

Αναμφισβήτητα, δεν είναι το ίδιο εύκολο πράγμα η επίτευξη αυτού του αποτελέσματος.

Μπορούμε όμως ήδη να ξεκαθαρίσουμε ένα-δυο πράγματα:

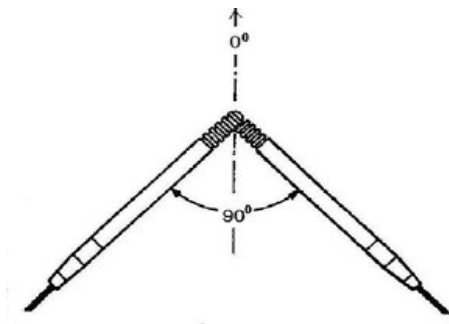
Η ακουστική του χώρου έχει καθοριστική επίδραση στη ποιότητα του αποτελέσματος, είναι δε αυτό ένα γεγονός το οποίο φαίνεται στην ιστορία της δισκογραφίας, με την έννοια ότι έχει σαφώς επικρατήσει η επιλογή χώρων πολύ υψηλής ακουστικής ποιότητας ή χώρων ειδικού, ιδιαίτερου χαρακτήρα, που επιδιώκεται η καταγραφή του. Αυτή λοιπόν η επιλογή, που ούτως ή άλλως είναι περισσότερο θέμα Παραγωγής, δεν θα μας απασχολήσει, καταφαίνεται όμως ότι, από ηχοληπτικής πλευράς, στόχος είναι *μια ρεαλιστική αναπαράσταση του πράγματος, καταγραφή δηλαδή της όλης ατμόσφαιρας που δημιουργείται απ' το συνδυασμό ορχήστρα + μουσικό έργο + χώρος.*'

(Ξενικάκης Δ., "Σημειώσεις μαθήματος Ηχοληψία II", Ρέθυμνο 2002) .

## 3.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΥΟ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ

### 3.2.1. COINCIDENT PAIRS

‘Συμπτωτικά ζεύγη σημαίνει αυτός ο τίτλος, και υπονοεί ότι τα δυο μικρόφωνα του όποιου ζεύγους είναι απολύτως ίδια, και ότι τα διαφράγματα των συμπίπτουν, βρίσκονται δηλαδή πρακτικά στο ίδιο σημείο, στην ίδια θέση, επιπλέον δε είναι κατευθυντικά, και πρέπει οι άξονες των -των διαφραγμάτων- να σχηματίζουν κάποια γωνία μεταξύ των – αποκαλούμενη «γωνία του ζεύγους» ή «mike angle» συνήθως διεθνώς- έτσι ώστε να μπορούν, σε επίπεδο λήψης, να καλύπτουν μια ευρεία σύμφωνα με τις ανάγκες περιοχή. Στο Σχ. 3.1 βλέπετε μια τυπική περίπτωση coincident ζεύγους κατευθυντικών μικροφώνων, γωνίας  $90^\circ$ .



Σχήμα 3.1



Σχήμα 3.2

Η βασική, χαρακτηριστική και πρόδηλη ιδιότητα των coincident pairs είναι ότι οι διαδρομές (πηγή  $\rightarrow$  L mike) και (πηγή  $\rightarrow$  R mike) είναι πρακτικά ίδιες, δεν υπάρχει μεταξύ των διαφορά δρόμου / χρόνου, συνεπώς **τα L και R σήματα είναι συμφασικά, διαφέρουν μόνο στο level**, λόγω της διαφορετικής γωνίας υπό την οποία "βλέπει" κάθε μικρόφωνο τη πηγή.

Επικρατεί η συνήθεια αυτού του είδους τα διάφορα συμπτωτικά ζεύγη να τα ονομάζουμε **XY stereo** ζεύγη / συστήματα. Πρόκειται για μια οικογένεια ζευγών που προκύπτει από διάφορους συνδυασμούς γωνίας και πολικού διαγράμματος. Το Σχ. 3.2 δείχνει ένα τέτοιο ζεύγος, για την ακρίβεια πώς αυτό πρέπει να "στηθεί", με τη βοήθεια βέβαια της σχετικής βάσης.

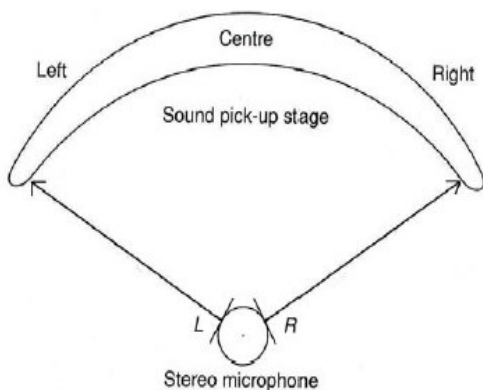


**Σχήμα 3.3**

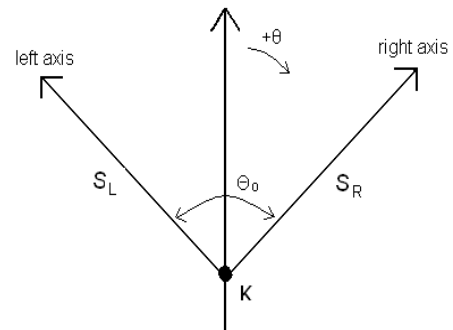
Στο Σχ. 3.3 αντιθέτως, φαίνεται ένα stereo microphone ή καλύτερα μια στερεοφωνική μονάδα. Η δυνατότητα περιστροφής των διαφραγμάτων, και μάλιστα με "βαθμολογημένο" τρόπο, εγγυάται ακρίβεια κατά την τοποθέτηση, γρήγορα και απλά.

Για την "τοποθέτηση" του ζεύγους, πρέπει να γίνει μία γεωμετρική ανάλυση:

Στο Σχ. 3.4 φαίνεται το λογικά αναμενόμενο, στη μέση δηλαδή της σκηνης το stereo mike, με συμμετρικό τρόπο ως προς το δεξιά-αριστερά, και φυσικά σε κάποια απόσταση απ' αυτήν.



**Σχήμα 3.4**



**Σχήμα 3.5:** Μαθηματική version του Σχ. 3.4. Οι διευθύνσεις "left axis" και "right axis" είναι οι *on axis* διευθύνσεις των μικροφώνων, και  $S_L$ ,  $S_R$  οι αντίστοιχες πολικές των εξισώσεις.

Θεωρούμε την ύπαρξη ενός συστήματος σφαιρικών πολικών συντεταγμένων, το οποίο θα αποκαλούμε «Σύστημα αναφοράς του χώρου (της σκηνης)». Το κέντρο  $K$  του συστήματος θα βρίσκεται κάπου στη μεσοκάθετο μιας -νοητής- ευθείας που συνδέει τα

άκρα της σκηνης, και φυσικά η εν λόγω μεσοκάθετος θα αποτελεί παράλληλα τον άξονα των  $0^\circ$  του συστήματος.

1). Εξ ορισμού, η θέση του stereo ζεύγους μικροφώνων είναι το κέντρο K του συστήματος.

2). Η συμμετρία του δεξιά-αριστερά εξασφαλίζεται επειδή η on axis διεύθυνση του ζεύγους, δηλαδή η διχοτόμος της γωνίας του  $\theta_0$ , ταυτίζεται με τον άξονα των  $0^\circ$  του συστήματος αναφοράς. Βρίσκονται λοιπόν τα L και R μικρόφωνα στις διευθύνσεις  $(-\theta_0/2)$  και  $(\theta_0/2)$  αντιστοίχως... επιλέγοντας τη χρήση αρνητικής φοράς / γωνιών (δηλαδή:  $-\theta_0/2$  αντί  $360 - \theta_0/2$  . . , άρα left / right  $\leftrightarrow$  [-] / [+]), επειδή ταιριάζει με την εικόνα του όλου συστήματος.

3). Σαφώς δεν είναι σωστό να θεωρηθεί ότι οι διευθύνσεις left / right axis πρέπει να αντιστοιχούν στα άκρα της ηχητικής σκηνης, όπως ίσως αφήνεται να εννοηθεί από το Σχ. 3.4. Είναι δύο διαφορετικά πράγματα αυτά. Επί της ουσίας, εμπλέκονται εδώ: η θέση K του κέντρου του συστήματος / stereo ζεύγους, η τιμή της  $\theta_0$  και μια σειρά από άλλους παράγοντες.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, θα δούμε πως διαμορφώνεται η στερεοφωνική εικόνα πάνω στη βασική στερεοφωνική διάσταση, δηλαδή κατά πλάτος, στο οριζόντιο επίπεδο.

Στο Σχ. 3.5 λοιπόν, η θέση της όποιας πηγής στη σκηνή καθορίζεται σχετικά από τη πολική της γωνία ( $\theta$ ) . . , βάσει της οποίας άλλωστε θα υπολογιστούν και τα σήματα  $S_L(\theta)$  και  $S_R(\theta)$  . .

Ιδού:

$$\begin{aligned} S_L(\theta) &= (1-B) + B \cdot \cos(\theta + \theta_0/2) \\ S_R(\theta) &= (1-B) + B \cdot \cos(\theta - \theta_0/2) \end{aligned} \quad (3.1)$$

*{Η σχέση . . .  $S(\theta) = (1 - B) + B \cdot \cos(\theta)$  , από μαθηματική άποψη, προϋποθέτει ότι το μικρόφωνο (η on axis διεύθυνση του) βρίσκεται στον άξονα των  $0^\circ$ , μ' άλλα λόγια δηλαδή η εν λόγω σχέση ισχύει στο σύστημα αναφοράς του μικροφώνου.. το οποίο, μια σχέση "περιστροφής", όπως λένε οι μαθηματικοί, συνδέει με το σύστημα αναφοράς που ορίσαμε προηγουμένως. Ισχύει δε ο κανόνας:*

"νέα συντεταγμένη = παλιά - γωνία περιστροφής"

Άρα λοιπόν:

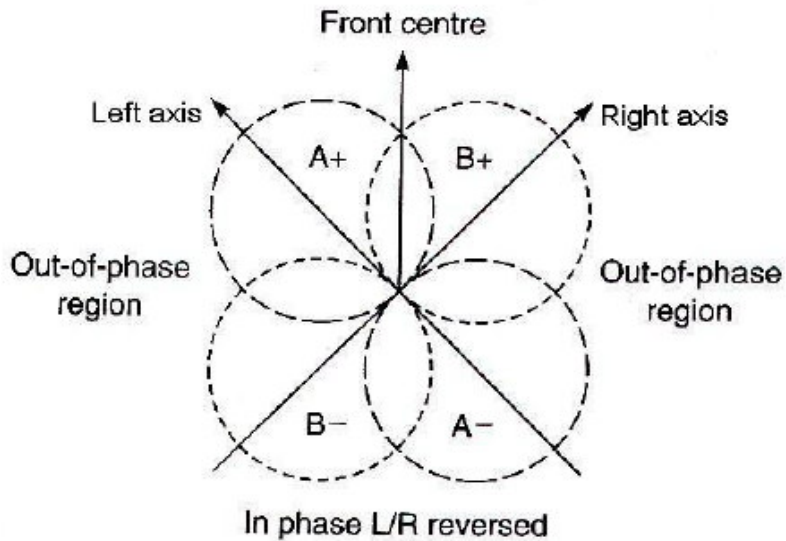
$$L\text{-mike: } \theta' = \theta - (-\theta_0/2) = \theta + \theta_0/2$$

$$R\text{-mike: } \theta' = \theta - (+\theta_0/2) = \theta - \theta_0/2$$

και προκύπτουν έτσι οι σχέσεις (3.1).

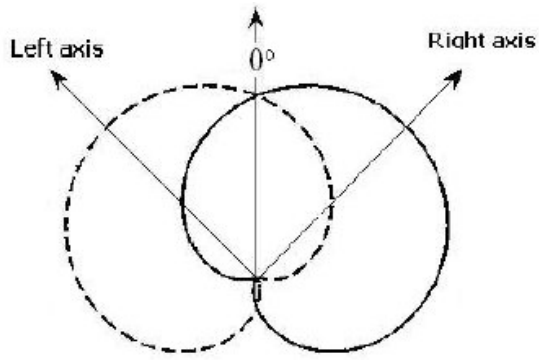
Μέσω ημιτονοειδών συναρτήσεων, κάθε θέση στο χώρο της σκηνής έχει τη δική της σχέση των *L/R levels* λόγω της (3.1), η οποία, κατά την αναπαραγωγή οδηγεί στην επίσης δική της θέση στη στερεοφωνική εικόνα.

Παρακάτω φαίνονται μερικές χαρακτηριστικές μονάδες απ' την πραγματικά πολύ μεγάλη οικογένεια των συμπτωτικών ζευγών (σχήματα 3.6 έως 3.9), όπου μια ματιά συγκριτικού τύπου, θα αποβεί πολύ χρήσιμη.

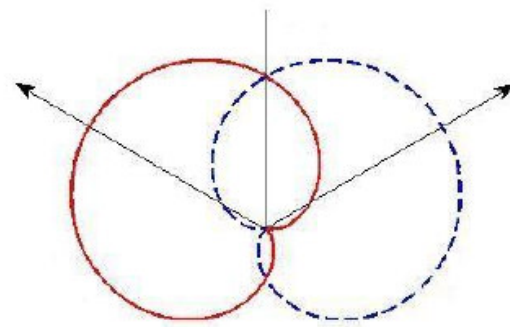


Σχήμα 3.6: Ζεύγος Blumlein

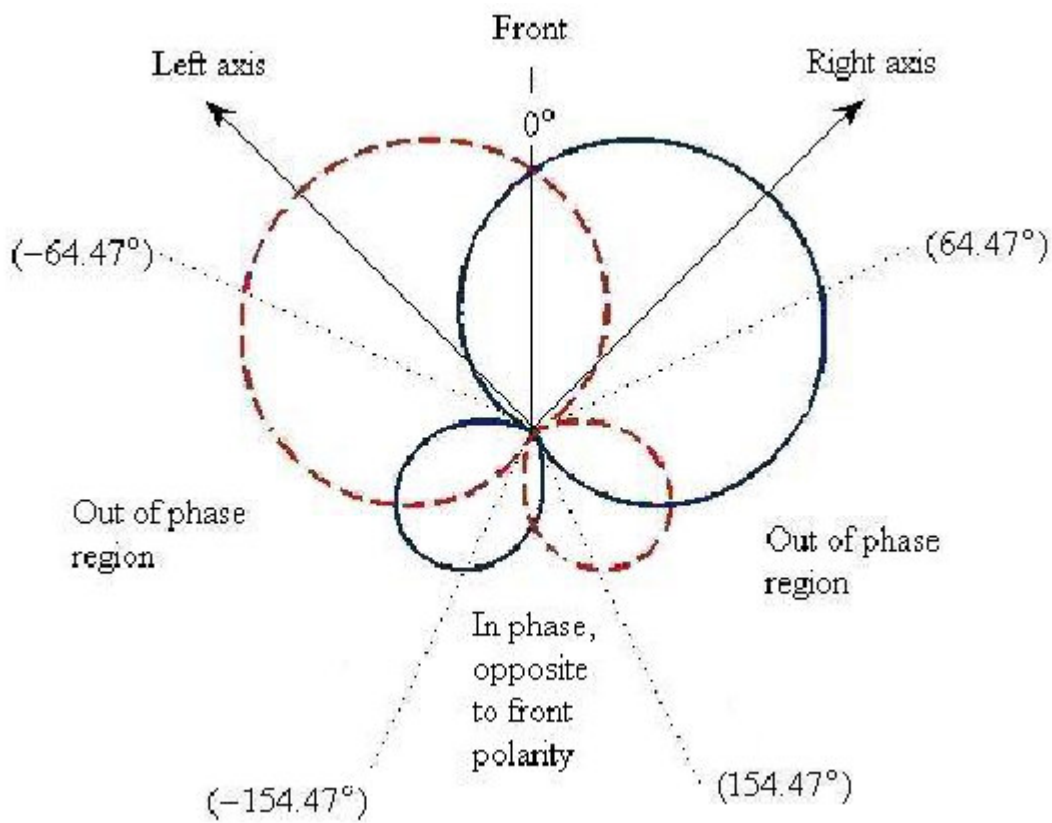




Σχήμα 3.7: Cardioids,  $\theta_0 = 90^\circ$



Σχήμα 3.8: Cardioids,  $\theta_0 = 120^\circ$



Σχήμα 3.9: Hypercardioids,  $\theta_0 = 90^\circ$

1). Σε αντίθεση με τα ζεύγη cardioids (Σχ. 3.7 και Σχ. 3.8), το Blumlein (Σχ. 3.6) αλλά και αυτό των Hypercardioids (Σχ. 3.9) έχουν το κοινό χαρακτηριστικό να παρουσιάζουν out of phase regions, περιοχές εκτός φάσης, δηλαδή περιοχές του χώρου που καλύπτονται από την *θετικής πολικότητας* περιοχή του ενός μικροφώνου και την *αρνητικής πολικότητας* περιοχή του άλλου: Κάθε πολικό διάγραμμα με  $B > 0.5$  εμφανίζει έναν λοβό λήψης στο πίσω ημισφαίριο *σε αντίθετη όμως πολικότητα* με το εμπρός ημισφαίριο, λοβό οριοθετούμενο προφανώς από δυο -συμμετρικά εμφανιζόμενες- διευθύνσεις μηδενικής λήψης,  $S(\theta) = 0$  . . Επομένως, ο χώρος χωρίζεται *από φασική άποψη* σε τέσσερις περιοχές:

Κατ' αρχήν υπάρχει ο κύριος συμφασικός  $[L_+ , R_+ ]$  χώρος λήψης στο εμπρός ημισφαίριο. Τα όρια του καθορίζουν δυο διευθύνσεις μηδενικής λήψης, οι οποίες παράλληλα δηλώνουν την *απαρχή των εκτός φάσεως περιοχών* εκατέρωθεν,  $[L_+ , R_-]$  και  $[L_- , R_+ ]$ . Οι υπόλοιπες δυο διευθύνσεις μηδενικής λήψης καθορίζουν το τέλος αυτών των περιοχών και συνάμα τα όρια της τελευταίας, τέταρτης περιοχής, που είναι μια συμφασική περιοχή στο πίσω ημισφαίριο,  $[L_- , R_- ]$ , αντίθετης όμως -όπως βλέπετε- πολικότητας απ' αυτήν της κύριας περιοχής λήψης του εμπρός ημισφαιρίου.

Πρακτικά, σε επίπεδο χρήσης, τα παραπάνω σημαίνουν ότι υποχρεωτικά η προς ηχογράφιση ορχήστρα ***πρέπει να βρίσκεται όλη εντός της κύριας συμφασικής περιοχής λήψης εμπρός:***

Σε ενδεχόμενη μονο ακρόαση, οποιοδήποτε κομμάτι της "μπαίνει" στην εκτός φάσεως περιοχή θα ελαττωθεί μερικώς ή πλήρως (ανάλογα με την ακριβή θέση του), όσον αφορά βέβαια *το direct σήμα κυρίως*, το οποίο είναι συγκεκριμένο σε level και σε θέση προέλευσης και για τα δυο μικρόφωνα, σε αντίθεση με το αντηχητικό μέρος του, το οποίο, εξ' αιτίας της στατιστικού τύπου φύσης του παρουσιάζει χωρικές και χρονικές ανομοιογένειες, είναι λοιπόν πολύ λιγότερο ευάλωτο στις παραπάνω φασικές ακυρώσεις.

Έπ' ευκαιρία, σημειώνεται εδώ ότι αυτός ακριβώς ο χαρακτήρας της αντήχησης μας παρέχει ένα αξιόλογο συγκριτικό στοιχείο των διαφόρων ζευγών, και μπορεί σε

τελευταία ανάλυση να λειτουργεί σαν λόγος που δικαιολογεί την ύπαρξη των.. Πχ, ένα ζεύγος cardioids 90° και ένα Blumlein, τοποθετούμενα έστω στη ίδια απόσταση απ' την προς ηχογράφιση ορχήστρα (λόγω κοινής τιμής του συντελεστή REE), *σαφώς θα δώσουν διαφορετικό στο άκουσμα αποτέλεσμα...* ένας βασικός λόγος γι' αυτό είναι ότι τα εν λόγω ζεύγη θα καταγράψουν χωρικά στοιχεία ίδιας μεν ποσότητας, **από διαφορετικές όμως περιοχές.**

2). Σύμφωνα με την (3.1), η θέση της πηγής ( $\theta$ ) . στο οριζόντιο επίπεδο καθορίζει τα levels των L και R σημάτων, συνεπώς η διαφορά τους  $\Delta L(\theta) = \Delta S_{LR}(\theta)$ , υπεύθυνη για τη θέση της στη stereo-εικόνα, θα είναι:

$$\Delta L(\theta) = 20 \cdot \log S_L(\theta) - 20 \cdot \log S_R(\theta) = 20 \cdot \log \frac{1 - B + B \cdot \cos(\theta + \theta_0/2)}{1 - B + B \cdot \cos(\theta - \theta_0/2)} = \dots$$

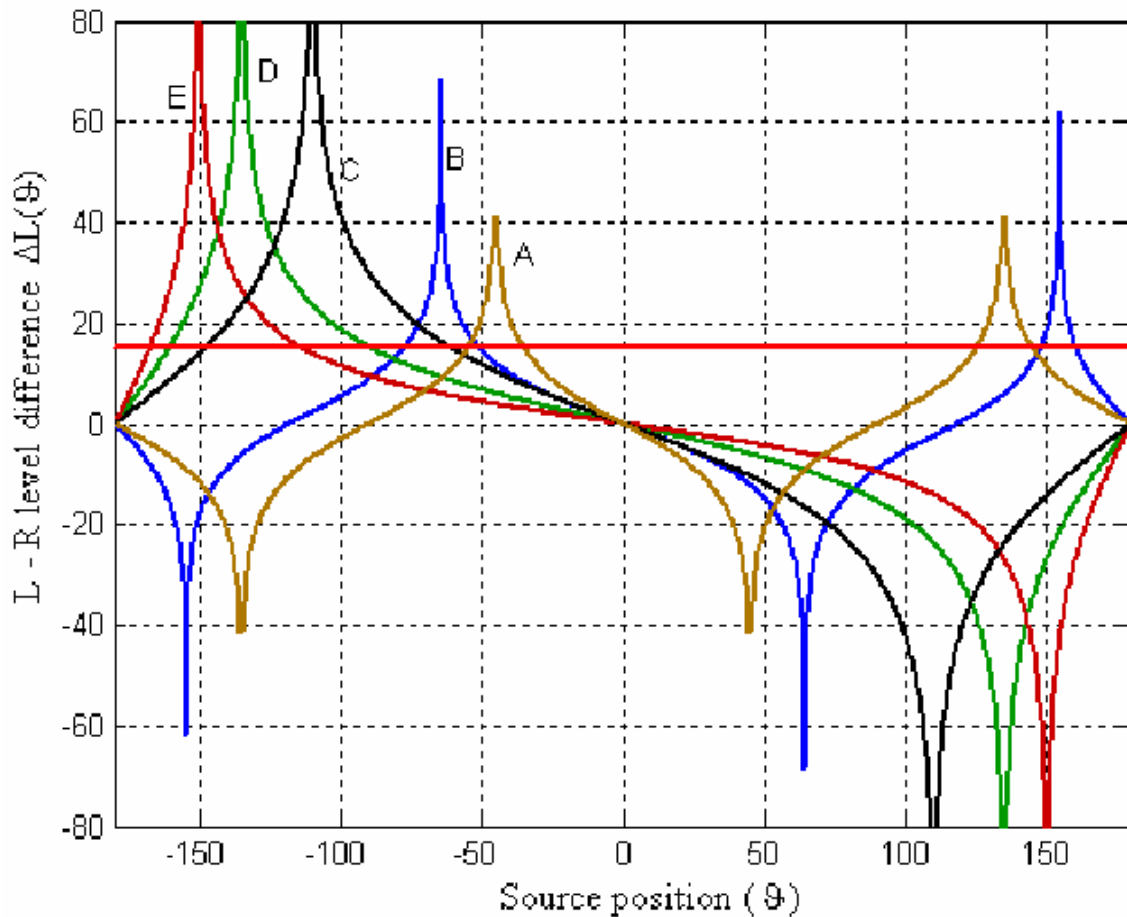
(3.2)

Συνεπώς, όλα τα ζεύγη *δεν δίνουν την ίδια διαφορά*. Βλέπουμε ότι κάθε συνδυασμός ( $B, \theta_0$ ) "φτιάχνει" ένα καινούργιο / διαφορετικό stereo ζεύγος, οπότε θεωρητικώς, πολύ μεγάλος είναι ο αριθμός των. Μια συγκριτική θεώρηση τους επομένως είναι απαραίτητη, και το Σχ. 3.10 που ακολουθεί "κινείται" ακριβώς εκεί:

Πρόκειται για γραφικές παραστάσεις της (3.2) για διάφορα ζεύγη ( $B, \theta_0$ ). Η γωνία  $\theta$  (θέση πηγής), για λόγους θεωρητικής πληρότητας "τρέχει" όλο το οριζόντιο επίπεδο,  $-180^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ , με κάποιο τυχαίο αλλά πολύ μικρό βήμα.

Τα έντονα peaks των 60-80 dB's που βγάζει η γραφική παράσταση οφείλονται βέβαια σε

σημεία ασυνέχειας των λογ. συναρτήσεων, που παράλληλα είναι και (απολύτως) μέγιστα της  $\Delta L(\theta)$ . Στις θέσεις μηδενικής λήψης  $S_L(\theta) = 0$  και  $S_R(\theta) = 0$  συμβαίνουν όλα αυτά,.. πολύ λογικό αποτέλεσμα: όταν το ένα mίke δεν δίνει σήμα, η διαφορά level των δυο μεγιστοποιείται.



**Σχήμα 3.10:** Η διαφορά level των L και R σημάτων συναρτήσει της θέσης ( $\theta$ ) της πηγής, για διάφορα coincident stereo-ζεύγη:

**A** : Blumlein, **B** : Hypercardioids,  $\theta_0 = 90^\circ$ ,

**C** : Cardioids,  $\theta_0 = 140^\circ$  **D** : Cardioids,  $\theta_0 = 90^\circ$ ,

**E** : Cardioids,  $\theta_0 = 60^\circ$ .

Η οριζόντια κόκκινη γραμμή δείχνει 15 dB διαφορά level.

Από το Σχ.3.10 φαίνεται ότι στα Cardioids οι διευθύνσεις μηδενικής λήψης είναι φυσικά δυο, βρίσκονται στον αντίποδα των *on axis* θέσεων, και χωρίζουν το χώρο σε δυο *ίδιας φάσης* περιοχές, ανάξια λόγου όμως η περιοχή του πίσω ημισφαιρίου λόγω μηδαμινών levels.

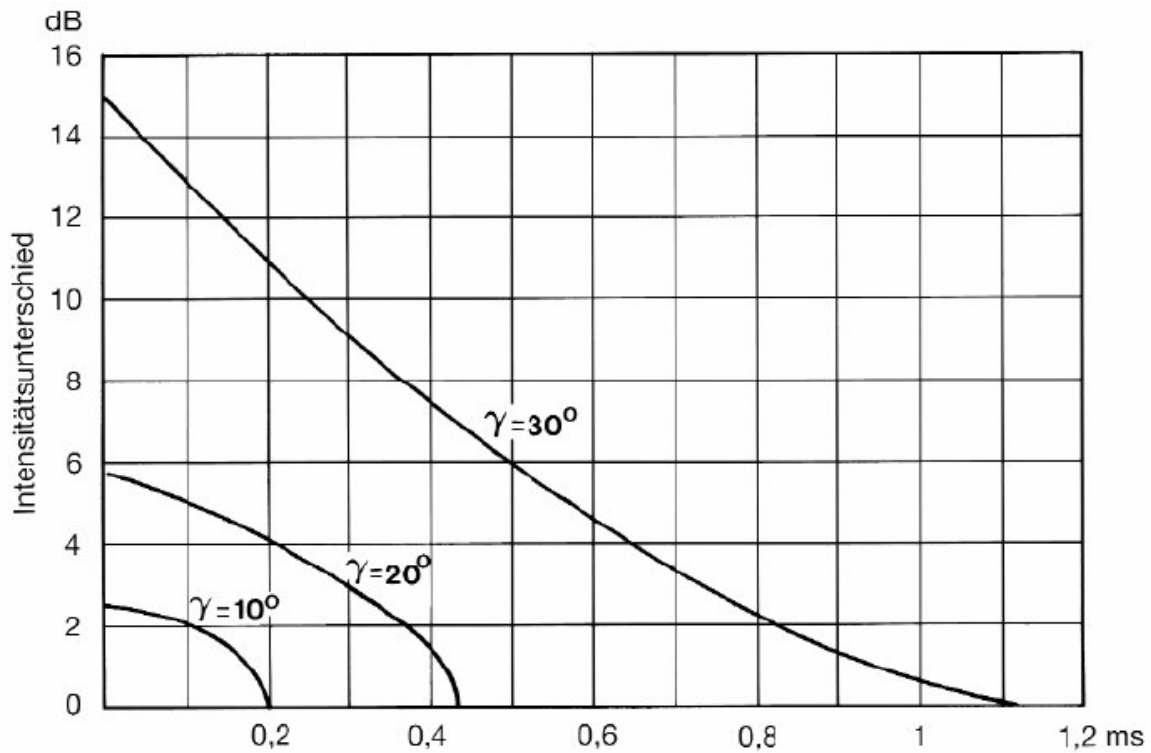
Για όλα τα ζεύγη όμως, κοινό στοιχείο είναι ότι οι θέσεις που ορίζουν την κύρια περιοχή λειτουργίας –τα peaks (τα πρώτα για τα subcardioids) που δημιουργούνται "φεύγοντας" απ' τις 0° προς αριστερά / δεξιά- χαρακτηρίζονται ως θέσεις που δίνουν  $|\Delta L(\theta)| = \max$ , γι αυτό και η ονομασία «*fully left*» και «*fully right*» που συνήθως τους προσδίδεται είναι σχεδόν διεθνώς καθιερωμένη. Η μεταξύ των περιοχών ονομάζεται *ενεργός περιοχή λειτουργίας του ζεύγους*, και εντός αυτής πρέπει να "στήνεται" το προς ηχογράφιση μουσικό / ηχητικό.

Η επόμενη πολύ σοβαρή παρατήρηση είναι ότι, με μοναδική εξαίρεση το ζεύγος Blumlein, οι *fully / left – right* διευθύνσεις **δεν ταυτίζονται** με τις *on axis* διευθύνσεις των μικροφώνων.

Ωστε λοιπόν, για κάθε συμπτωτικό ζεύγος, υπάρχουν δυο ζεύγη διευθύνσεων, οι *on axis* διευθύνσεις (που ορίζουν τη γωνία του ζεύγους) και οι διευθύνσεις *πλήρως αριστερά / δεξιά (fully left / right)*.

Οι πλήρως αριστερά / δεξιά θέσεις ορίστηκαν προηγουμένως με *απολύτως μαθηματικό τρόπο*. Πιο συγκεκριμένα, οποιοσδήποτε από τους έμπειρους ανθρώπους του Ήχου θα σημείωνε ότι η αντικατάσταση αυτού με τη πρόταση «*πλήρως αριστερά / δεξιά από ψυχοακουστική άποψη*» είναι μια σωστή, μια επιβεβλημένη κίνηση. Πιο κάτω στο Σχ.

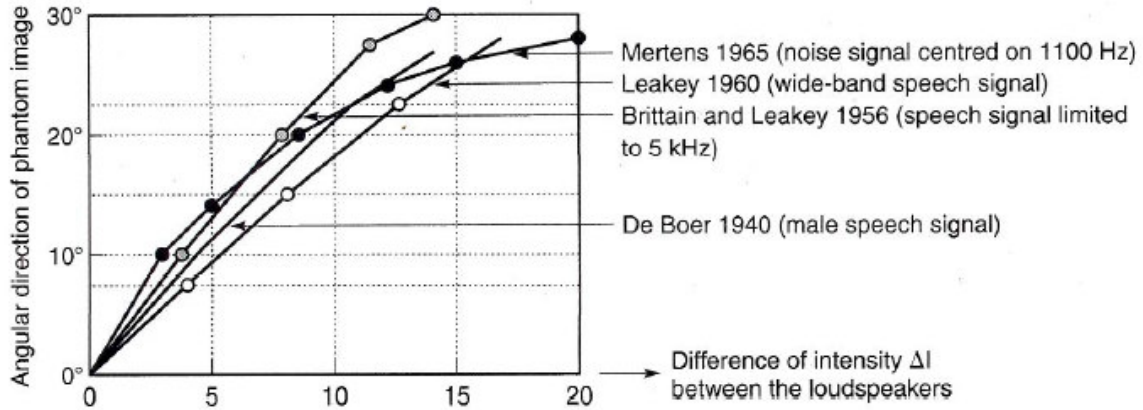
3.11 απεικονίζονται οι καμπύλες του Simonsen.



Σχήμα 3.11: Οι καμπύλες του Simonsen

Στα συμπτωτικά ζεύγη,  $\Delta t = 0$ , τον κατακόρυφο λοιπόν άξονα "κόβει" η  $\gamma = 30^\circ$  στα 15 dB περίπου, που σημαίνει ότι επαρκούν αυτά για να "δούμε" τη πηγή στο όποιο άκρο του stereo- συστήματος.

Για το εν λόγω θέμα έχουν γίνει, από παλιά, πολλές μελέτες / μετρήσεις και κάποιες απ' αυτές φαίνονται συγκεντρωμένες στο Σχ. 3.12.



**Σχήμα 3.12:** Η phantom θέση της πηγής συναρτήσεται της διαφοράς level  $\Delta L$  που παρουσιάζει το σήμα της στα δυο stereo tracks, άρα στα μεγάφωνα.

Η δουλειά του Simonsen είναι η πιο πρόσφατη.

Ακολουθώντας όλ' αυτά, ρεαλιστικά και πρακτικά η περιοχή ηχογράφησης του όποιου συμπτωτικού ζεύγους ορίζεται ως εξής:

- Στο σύστημα αναφοράς  $K$  του χώρου, δια της συνθήκης  $\Delta L(\theta) = 15 \text{ dB}$  . ορίζονται οι διευθύνσεις  $(-\theta_r)$  και  $(+\theta_r)$ .
- Η μέσω αυτών οριοθετούμενη περιοχή -εύρους  $2\theta_r$  - ονομάζεται «recording angle» ή «γωνία ηχογράφησης» ή «τόξο λήψης» του ζεύγους.

Στο Σχ. 3.10 παρουσιάζεται μια κόκκινη γραμμή στα 15 dB που "κόβει" τα διάφορα ζεύγη στη θέση  $(-\theta_r)$  και σας επιτρέπει έτσι να εκτιμήσετε με το μάτι το αντίστοιχο τόξο λήψης.

Για τα ζεύγη του Σχ. 3.10 πάντως, τα τόξα λήψης σε ακρίβεια ακεραίου είναι:

**Πίνακας 2.**

Συμπτωτικά ζεύγη	Γωνία ζεύγους $\theta_0$	Τόξο λήψης
Figure of eights	90°	70°
Hypercardioids	90°	102°
Cardioids	60°	226°
Cardioids	90°	178°
Cardioids	140°	120°

Συνοψίζοντας,

Για κάθε ζεύγος ορίζονται **τρεις περιοχές**:

– **Η γωνία του ζεύγους**, → από τις on axis διευθύνσεις των δυο mikes,

πχ Cardioids / 90°, η γωνία του είναι η  $\theta_0 = 90^\circ$ .

– **Η ενεργός περιοχή λειτουργίας**, → από τη συνθήκη,  $|\Delta L(\theta)| = \max$ .

πχ Cardioids / 90°, η ενεργός περιοχή είναι  $[-135^\circ, 0^\circ, 135^\circ] \rightarrow 270^\circ$ .

– **Η γωνία ηχογράφισης**, → από τη συνθήκη  $|\Delta L(\theta)| = 15\text{dB}$

πχ Cardioids / 90°, προκύπτει  $\theta_r = 89^\circ$ , περιοχή ηχογράφισης  $[-89^\circ, 0^\circ, 89^\circ] \rightarrow 178^\circ$ .

**3).** Εφοδιασμένοι με όλες τις παραπάνω πληροφορίες, μπορούμε να προχωρήσουμε σε βαθύτερη ανάλυση και σύγκριση..

**α/** Πολύ σημαντική παράμετρος είναι η κλίση των συναρτήσεων  $\Delta L(\theta)$ . [η παράγωγος  $d(\Delta L)/d\theta$ ], πόσο γρήγορα δηλαδή μεταβάλλεται η L / R διαφορά level με την αλλαγή θέσης ( $\theta$ ) της πηγής. Όπως φαίνεται στο Σχ. 8.10, η εν λόγω κλίση, εξαρτώμενη απ' τις παραμέτρους B και  $\theta_0$ , μεταβάλλεται ομόρροπα με αυτές. Δηλαδή, αυξάνοντας πχ τη τιμή του B, πηγαίνοντας δηλαδή από cardioids σε figure of eights, αυξάνεται η κλίση, αλλά



και με το ίδιο πολικό διάγραμμα, αύξηση της γωνίας του ζεύγους συνεπάγεται αύξηση της κλίσης επίσης.

Μ' άλλα λόγια, το Σχ. 3.10 δείχνει τις λεπτομέρειες του γεγονότος ότι, για μια πηγή που βρίσκεται πιο πολύ προς τη μεριά του ενός μικροφώνου, η καταγραφόμενη ΔL μεγαλώνει αν "στενέψει" το πολικό διάγραμμα ή αν μεγαλώσει η γωνία του ζεύγους, πολύ απλά γιατί και στη μια και στην άλλη περίπτωση ελαττώνεται το σήμα που γράφει το *mic* της άλλης πλευράς.

Πιο συγκεκριμένα, δηλαδή στο άκουσμα, η μεγαλύτερη κλίση είναι πλεονέκτημα όσον αφορά την **αναλυτικότητα** της χωροτοποθέτησης στο οριζόντιο επίπεδο, στον άξονα δηλαδή του αριστερά / δεξιά, διότι συνεπάγεται και μεταβολή level μεγαλύτερη, ακόμη και για μικρές μετατοπίσεις.

**β/** Σχετικά με την recording angle, όταν αυξάνεται η κατευθυντικότητα (τιμή του B) ή και η κλίση, μειώνεται η recording angle.

Πιο συγκεκριμένα:

αν πράγματι θέλουμε τα άκρα της ηχογραφούμενης ορχήστρας να καταλαμβάνουν κατά την αναπαραγωγή επίσης ακραίες θέσεις, δηλαδή να ακούγονται "τέρμα" αριστερά-δεξιά, τότε, **θα πρέπει το stereo-ζεύγος να τοποθετηθεί έτσι ώστε τα όρια της recording angle (διευθύνσεις  $\pm\theta_r$ ) να "σημαδεύουν" τα άκρα της ορχήστρας.**

**4). Η θέση** στην οποία θα τοποθετηθεί το ζεύγος, η απόσταση του δηλαδή από την ορχήστρα, είναι το βασικότατο στοιχείο της όλης διαδικασίας: Πρέπει, κατ' ουσία εξ ορισμού, να συγκεντρώνει τις κάλλιστες τιμές **όλων** των εμπλεκόμενων παραμέτρων. Παράλληλα, έχει την ιδιαιτερότητα ότι κυρίως μέσω αυτής προσδιορίζεται η σημαντικότερη παράμετρος του ποσοστού της αντήχησης που θα ηχογραφηθεί.

Υπάρχει εδώ ένα κάποιο λογικό πρωθύστερο, εξ' αιτίας του οποίου η όλη διαδικασία εύρεσης της περιβόητης θέσης είναι ένας μονόδρομος, ο εξής:

Επιλέγεται ένα τυχαίο ζεύγος μικροφώνων με την πιθανότερη όμως τιμή συντελεστού REE, δηλαδή συνήθως cardioids, και στη συνέχεια γίνονται όσες απαιτούνται δοκιμές, με διαφορετικές θέσεις / αποστάσεις, για να προσδιορισθεί εκείνη που προσφέρει τη "σωστή" αντήχηση, ή καλύτερα, για να προσδιορισθεί η περιοχή στην οποία μπορεί να "κινηθεί" η απόσταση προσφέροντας παράλληλα τη σωστή αντήχηση.

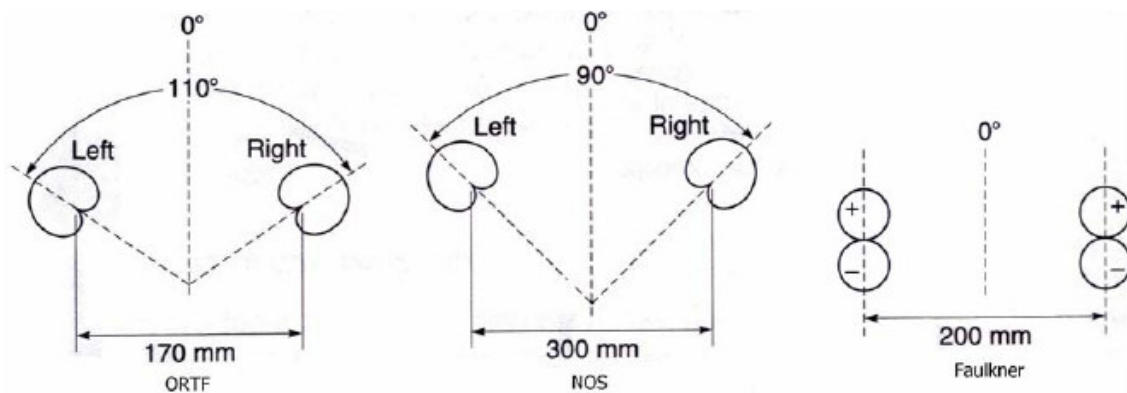
Η μέτρηση / έκφραση της παραπάνω απόστασης σε αριθμό "ανοίγει" το δεύτερο στάδιο εργασίας, όπου, μέτρηση επίσης και του πλάτους που καταλαμβάνει η ορχήστρα, ένα-δυο απλούστατοι τριγωνομετρικοί υπολογισμοί καθώς και η συμβουλή των διαγραμμάτων του Σχ. 3.10, όλα αυτά, θα οδηγήσουν στο προσδιορισμό του ζεύγους που ταιριάζει με τον πληρέστερο τρόπο στην επικείμενη ηχογράφιση. Προσδιορισμό δηλαδή τιμών  $B$ ,  $\theta_0$  και  $\theta_r$  έτσι ώστε: ***από τη δεδομένη απόσταση / θέση "σωστού" ποσοστού αντήχησης, το ζεύγος να βλέπει την ορχήστρα υπό γωνία όσο γίνεται πλησιέστερη στη τιμή  $2\theta_r$  και να παρουσιάζει όσο γίνεται μεγαλύτερη κλίση.***

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η πιθανότερη έκβαση αυτής της ανάλυσης είναι η ύπαρξη εναλλακτικών λύσεων πέραν της μιας. Οπότε, δεδομένου του γεγονότος ότι οι ιδιομορφίες, ιδιαιτερότητες των μουσικών προγραμμάτων είναι πραγματικά μεγάλου εύρους, λογικό και θεμιτό είναι κάθε μια από τις εμπλεκόμενες παραμέτρους να μην έχει πάντα την ίδια βαρύτητα κατά την αξιολόγηση των λύσεων. Το τι ηχογραφείται λοιπόν έχει καθοριστική σημασία..'

(Ξενικάκης Δ., "Σημειώσεις μαθήματος Ηχοληψία Γ", Ρέθυμνο 2002) .

### 3.2.2. NEAR-COINCIDENT PAIRS.

Εισάγοντας μια απόσταση μεταξύ των δυο mikes στα πρότυπα της ανθρώπινης κεφαλής, 20-22 cm, στη δημιουργία της stereo-εικόνας συμμετέχει –εκτός της διαφοράς level- και η χρονική (φασική) διαφορά που πρέπει κατά τα γνωστά, σαν ITD / binaural delay, να κυμαίνεται στη περιοχή [0-1 ms] περίπου. Αυτά τα καινούργια ζεύγη –πολύ λογικά- ονομάζονται Near coincidents (σχεδόν συμπτωτικά), φαίνονται στο Σχ. 3.14 τα χαρακτηριστικά των σημαντικότερων, των πιο γνωστών.



**Σχήμα 3.14:** *ORTF:* Γαλλική ραδιοφωνία.  
*NOS:* Ολλανδική ραδιοφωνία.  
*FAULKNER:* Tony Faulkner, Άγγλος ηχολήπτης.

Το ουσιώδες στη λειτουργία του near-coincident ζεύγους είναι η λογική που διέπει τη "συνεργασία" της διαφοράς level και του interaural delay για τη δημιουργία της χωροτοποθέτησης, μια λογική της οποίας βέβαια οι λεπτομέρειες φαίνονται στις καμπύλες του Simonsen, Σχ. 3.11.

**α).** Μια πρώτη συνέπεια είναι βέβαια η δυνατότητα του delay μόνου του να "γράφει" γωνίες θέσης, γεγονός στο οποίο οφείλεται η ύπαρξη near-coincident ζευγών με μηδενική διαφορά level, όπως είναι κάποια ζεύγη Omnis, αλλά και το ζεύγος του Faulkner.

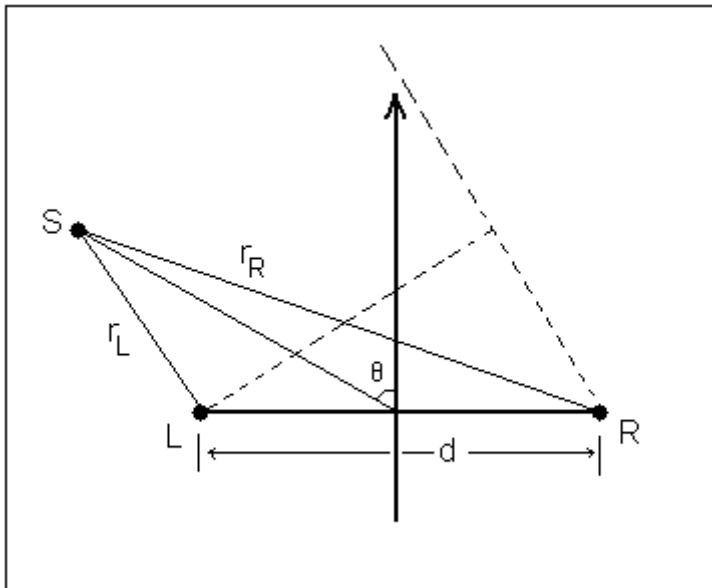
### ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙα

Όνομα	Πολικό διάγραμμα	Γωνία ζεύγους	Απόσταση	Τόξο λήψης
NOS	Cardioids	90°	30 cm	-
ORTF	Cardioids	110°	17 cm	-
DIN	Cardioids	90°	20 cm	-
RAI	Cardioids	100°	21 cm	-
-	Omnis	0°	50 cm	-
-	Omnis	0°	35 cm	-
FAULKNER	Figure of 8's	0°	20 cm	-

β). Η δεύτερη σημαντικότερη συνέπεια είναι ότι, επειδή το όλο πράγμα διέπεται από άλλη λογική, διαφορετική εκείνης των coincidents, οι recording angles θα είναι άλλες και πρέπει εκ νέου να προσδιορισθούν. Και πάλι, οι δυο οικογένειες,  $\Delta L \neq 0$  και  $\Delta L = 0$ , χρειάζονται κάπως διαφορετική προσέγγιση..

#### 1). Για τα ζεύγη που έχουν $\Delta L \neq 0$ , NOS, ORTF κλπ:

Κάθε θέση πηγής ορίζεται / χαρακτηρίζεται από ένα ζεύγος  $(\Delta L, \Delta t)$ , και στην



**Σχήμα 3.15:** Ένα near-coincident ζεύγος με  $d$  απόσταση  $L/R$  και μια πηγή  $S$  στη θέση  $\theta$ . Βάσει της παραδοχής ( $d \ll r_L (r_R)$ ), το ίδιο επίπεδο κύμα "πέφτει" στα δυο mikes, άρα  $r_L$  και  $r_R$  παράλληλες, και το delay δίνεται από την πολύ καλή προσέγγιση  $\Delta t = d \cdot \sin \theta / c$

αναπαραγωγή οι καμπύλες του Simonsen είναι εκείνες που περιέχουν την πληροφορία περί της αντίστοιχης phantom θέσης που θα προκύπτει.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τις recording angles: Σ' ένα σύστημα συντεταγμένων  $(\Delta L, \Delta t)$ , αυτών του Simonsen, εάν έχουμε και τις εν λόγω καμπύλες και τις  $\Delta L$  - γραφικές παραστάσεις των mike-ζευγών, τότε, οι recording angles θα προκύπτουν απ' τα σημεία τομής της  $\gamma = 30^\circ$  με τις καμπύλες των ζευγών (βλ. Σχ. 3.16).

- Πρώτη επ' αυτού κίνηση: Οι συναρτήσεις διαφοράς level από  $\Delta L = \Delta L(\theta)$  να μετατραπούν σε  $\Delta L = \Delta L(\Delta t)$ .

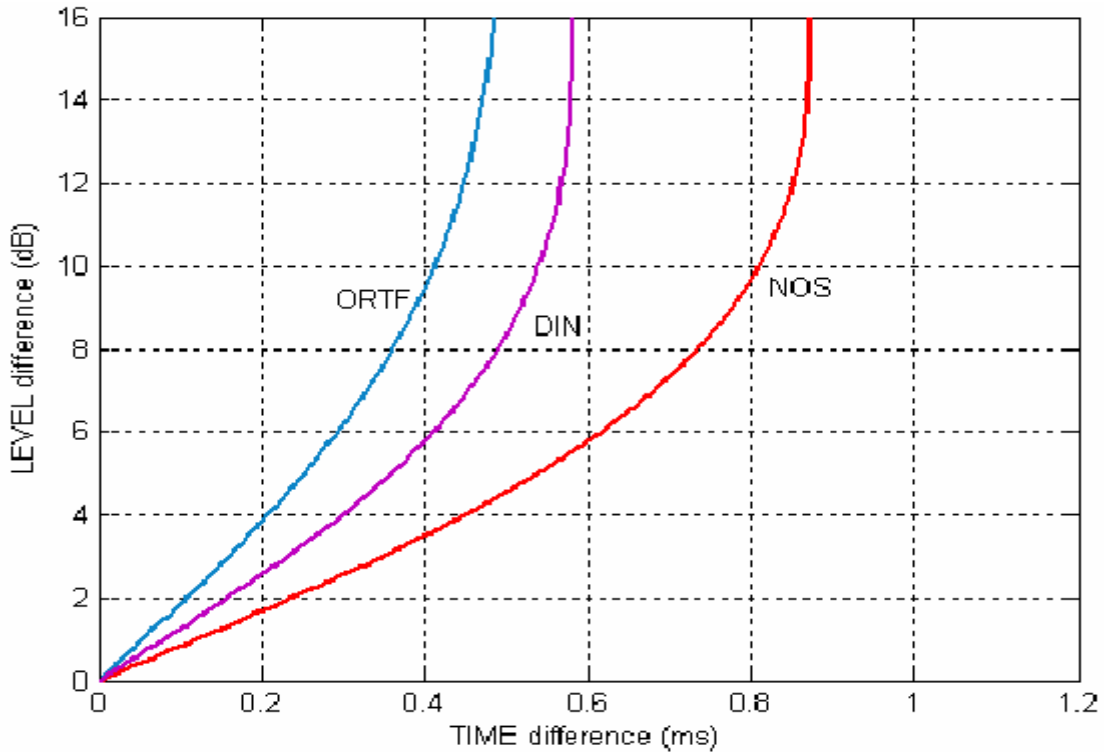
Η interaural d δημιουργεί το interaural delay

$\Delta t = (r_L - r_R) / c$  για το οποίο, σύμφωνα με το Σχ. 3.15, ισχύει η προσέγγιση:

$$\Delta t = d \cdot \sin \theta / c \quad (3.3)$$

Εισάγεται λοιπόν στην (3.2) η (3.3) υπό τη μορφή  $\theta = \arcsin(c \cdot \Delta t / d)$ , προκύπτει για την ακρίβεια μια σχέση  $\Delta L = \Delta L(\Delta t, B, \theta_0, d)$  που είναι η ζητούμενη, παράλληλα δε οι παράμετροι  $(B, \theta_0, d)$ , δηλώνουν **για ποιο ακριβώς ζεύγος πρόκειται**.

- Η δεύτερη κίνηση είναι, επιλέγοντας κατ' αρχήν τις κατάλληλες τιμές για τις σταθερές  $(B, \theta_0, d)$ , να ζητηθούν απ' τον υπολογιστή –μέσω Matlab!- οι γραφικές παραστάσεις των NOS, ORTF κλπ.. Έτσι προκύπτει το Σχ. 3.16.



**Σχήμα 3.16:** Η σχέση  $\Delta L = \Delta L(\Delta t)$  για τα σημειωμένα ζεύγη, με  $\Delta t = d \sin \theta / c \dots$

Η γωνία θέσης  $\theta$  "τρέχει", για λόγους συμμετρίας, μόνο στο δεξί ημισφαίριο και μόνο στην ενεργό περιοχή [  $0 \leq \theta \leq 135^\circ$  ].

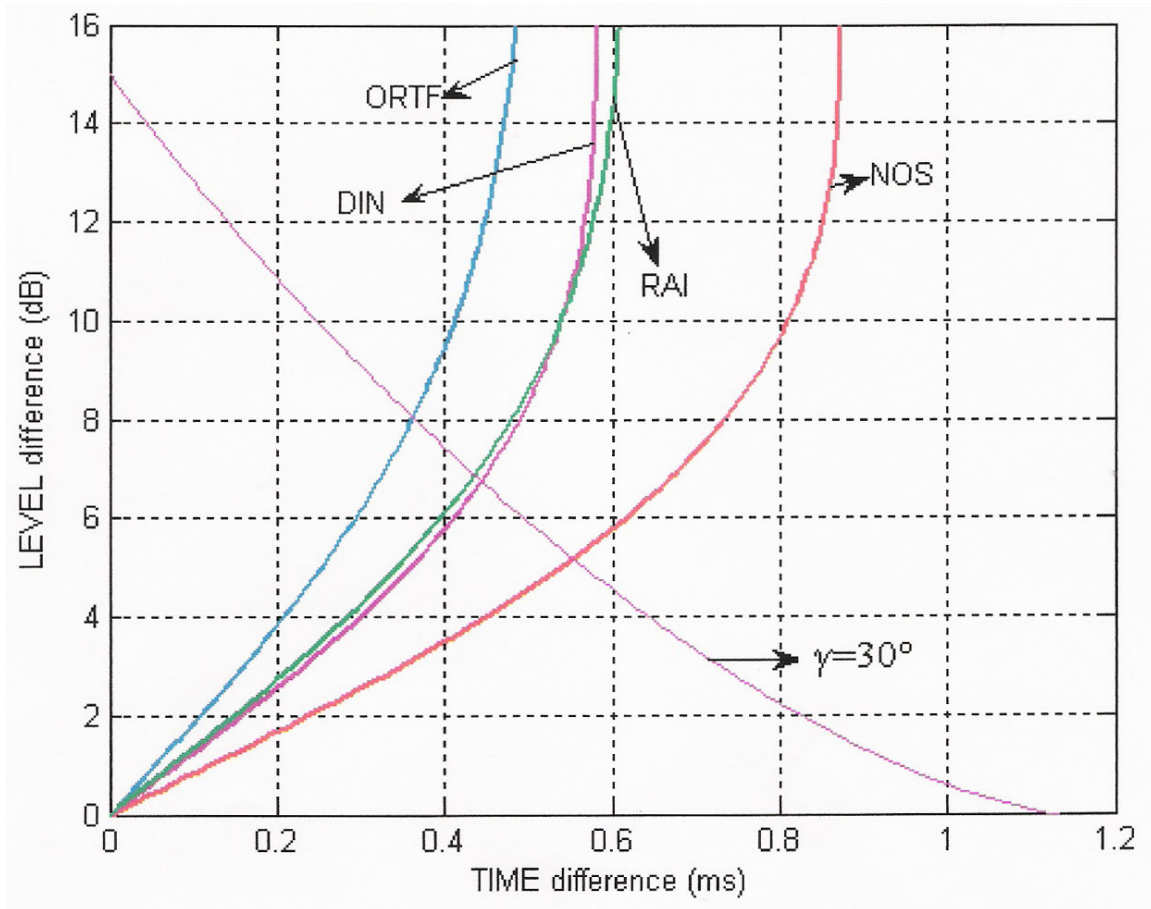
Βλέπετε την επιλογή της κατάλληλης περιοχής τιμών της γωνίας θέσης  $\theta$ , και για λόγους ουσίας αλλά και για να μπορούν να ταιριάζουν οι αριθμήσεις των αξόνων με αυτές του Σχ. 3.11, ώστε και οι καμπύλες του Simonsen να έχουν μεγάλο και "εύχρηστο" μέγεθος.

- Η Τρίτη κίνηση, που πρέπει προφανώς να είναι η εμφάνιση στο Σχ. 3.16 και των εν λόγω καμπύλων, ή έστω της  $\gamma = 30^\circ$  μόνο,.. δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί, τουλάχιστον ορθόδοξα, για τον απλούστατο λόγο ότι πρόκειται για πειραματική καμπύλη – συλλογή αποτελεσμάτων μετρήσεων, δεν υπάρχει δηλαδή αναλυτική σχέση, μαθηματική σχέση συνάρτησης, της οποίας να ζητήσουμε απ' τον υπολογιστή τη γραφική παράσταση.

– Υπάρχει η εξής πρακτική λύση:

Σε επίπεδο κατασκευής ή εκτύπωσης, οι άξονες του Σχ. 3.16 να

είναι σε απολύτως ίδιες διαστάσεις με του Σχ. 3.11, να εμφανιστεί – το Σχ. 3.16- σε διαφάνεια, και να ταιριαστεί το ένα σχήμα πάνω στο άλλο! (Βλ. Σχ. 3.17).



**Σχήμα 3.17**

Και στη μια και στην άλλη περίπτωση πάντως, αν  $(\Delta t_t, \Delta L_t)$ , είναι το σημείο τομής της  $\gamma = 30^\circ$  με κάποια απ' τις καμπύλες των ζευγών, απ' την αντίστροφη συνάρτηση της (3.3) προκύπτει  $\theta_t = \arcsin(c \cdot \Delta t_t / d)$  και τόξο λήψης  $\rightarrow 2 \cdot \theta_t$ .

## 2). Για τα ζεύγη των Omnis που έχουν $\Delta L = 0$ ,

Όσον αφορά την ενεργό περιοχή:

Ελλείπει διαφοράς level, μένει η πρόταση ότι, επειδή οι συγκεκριμένες διατάξεις δεν παρέχουν δυνατότητα αναγνωρίσιμης ακουστικά διαφοράς του εμπρός από το πίσω ημισφαίριο, η προς ηχογράφιση ορχήστρα πρέπει πολύ λογικά να τοποθετείται μπροστά από τα μικρόφωνα.

Οριακά αυτό σημαίνει ένα ημισφαίριο –το εμπρός- ο χρήσιμος χώρος ηχογράφησης, δηλαδή ενεργός περιοχή από  $-90^\circ$  έως  $+90^\circ$  στο οποιοδήποτε ως οριζόντιο θεωρούμενο επίπεδο.

– Για τα Omnis με 50 cm απόσταση,

η maximum  $\Delta t$  τιμή στις  $90^\circ$  είναι  $\Delta t = d / c = \dots = 1.45\text{ms}$ , δηλαδή οριακά μεν αλλά με τάση πιο πολύ προς τη περιοχή του Precedence effect παρά προς αυτήν των binaural delays, που σημαίνει ότι η recording angle θα 'ναι σαφώς μικρότερη των  $\pm 90^\circ$ . Πράγματι, στο Σχ. 3.11, ο άξονας  $\Delta L = 0$ , που παίζει συγχρόνως και το ρόλο της καμπύλης του εν λόγω ζεύγους, κόβει την  $\gamma = 30^\circ$  στη θέση  $\Delta t = 1.12\text{ms}$ , συνεπώς:

$$\theta_r = \arcsin\left(\frac{1.12\text{ms} \cdot 344\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}}{50\text{cm}}\right) = \dots \approx 50^\circ \Rightarrow \text{τόξο λήψης} = 100^\circ.$$

– Για τα Omnis με 35 cm απόσταση,

η maximum  $\Delta t$  τιμή στις  $90^\circ$  είναι  $\Delta t = d / c = \dots = 1.02\text{ms}$ , περιοχή binaural delays, και όπως βλέπετε, το εν λόγω ζεύγος δεν μπορεί να φτιάξει άνοιγμα  $\pm 30^\circ$  στην αναπαραγωγή. Συνεπώς το τόξο λήψης του είναι όλη η ενεργός περιοχή  $\pm 90^\circ$ , ή κάτι λιγότερο αν, στη πράξη για κάποιο λόγο, θέλουμε να αποφύγουμε στοιχεία των άκρων, πχ επειδή ανήκουν στο πίσω ημισφαίριο, κλπ..



– Για το ζεύγος του Faulkner,

Υπάρχει μία ιδιορρυθμία: Μηδενική μεν η διαφορά **level** των μικροφώνων, έντονα όμως εξαρτώμενο το **level** καθενός από τη γωνία λήψης  $\theta$ . Ως προς την *recording angle*, πρέπει, αντιμετωπιζόμενο το ζεύγος σαν ένα **mike figure of 8**, να ληφθεί υπ' όψιν η ταχύτερη πτώση του **level** του καθώς "φεύγουμε" απ' την  $\theta = 0^\circ$ , ιδίως μάλιστα αν θέλουμε να λάβουμε σοβαρά υπ' όψιν τις υψηλές συχνότητες. Δεν θα πρέπει λοιπόν το ζεύγος να "βλέπει" το προς ηχογράφιση σύνολο μέσα σε τόξο μεγαλύτερο των 20-30 μοιρών το πολύ.

Η αξία του ζεύγους έγκειται στο ότι όταν η περιοχή στα πλάγια δεξιά-αριστερά του μουσικού συνόλου είναι επικίνδυνη ή δεν έχει αξία και θέλουμε να την αποφύγουμε υπέρ του χώρου που βρίσκεται το κοινό –πχ στενόμακρη αίθουσα- και παράλληλα, η αντήχηση επιτρέπει η απόσταση του ζεύγους απ' την ορχήστρα να γίνει συμβατή με τις παραπάνω  $20^\circ - 30^\circ$ , τότε, υποβοηθώντας και του "ανοίγματος" που προσφέρει η **interaural** απόσταση, το όλο αποτέλεσμα μπορεί να είναι πολύ ικανοποιητικό. Λέγεται ότι συνήθως το **Faulkner** ζεύγος βγάζει πολύ φυσικό ήχο..'

(Ξενικάκης Δ., "Σημειώσεις μαθήματος Ηχοληψία II", Ρέθυμνο 2002)

Κλείνοντας αυτή τη παράγραφο συμπληρώνεται ο παρακάτω Πίνακας IIβ:

ΠΙΝΑΚΑΣ IIβ

Όνομα	Πολικό διάγραμμα	Γωνία ζεύγους	Απόσταση	Τόξο λήψης
NOS	Cardioids	$90^\circ$	30 cm	$80^\circ$
ORTF	Cardioids	$110^\circ$	17 cm	$95^\circ$
DIN	Cardioids	$90^\circ$	20 cm	$100^\circ$
RAI	Cardioids	$100^\circ$	21 cm	$90^\circ$
-	Omnis	$0^\circ$	50 cm	$100^\circ$
-	Omnis	$0^\circ$	35 cm	$\approx 180^\circ$
FAULKNER	Figure of 8's	$0^\circ$	20 cm	$20^\circ-30^\circ$

### 3.3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΔΥΟ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ

Πολλές φορές, είναι απαραίτητο σε μια stereo ηχογράφιση, εκτός του ενός στερεοφωνικού ζεύγους μικροφώνων και η τοποθέτηση κάποιων extra μικροφώνων.

- Μία εκ των μεθόδων αυτών είναι η συμπληρωματική τοποθέτηση δύο omni μικροφώνων, πλην του ενός stereo ζεύγους, προς τις άκρες ενός ευρύ μουσικού συνόλου, όπως μιας ορχήστρας για παράδειγμα, με σκοπό να ενισχύσει τις ακραίες θέσεις όπου ή απόσταση αυτών από το stereo ζεύγος είναι μεγάλη (Σχ. 3.18).

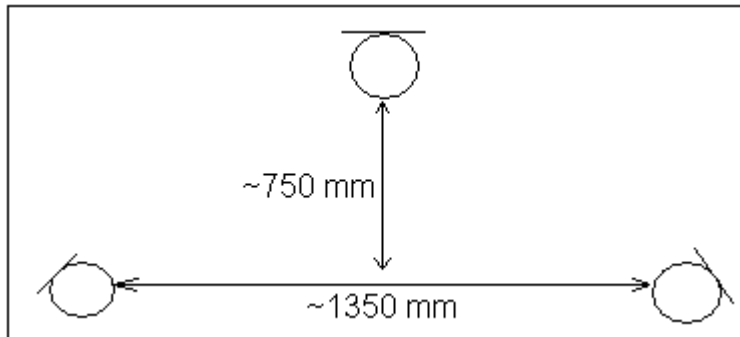


**Σχήμα 3.18**

Φυσικά, το omni μικρόφωνο που βρίσκεται τοποθετημένο στα αριστερά της μουσικής σκηνής πρέπει να ακούγεται μόνο στο αριστερό κανάλι και το άλλο μόνο στο δεξιό κανάλι αντίστοιχα κατά την αναπαραγωγή μιας τέτοιας ηχογράφησης. Το level αυτών των μικροφώνων πρέπει να είναι το ίδιο.

- Μια δεύτερη μέθοδος είναι η λεγόμενη 'Decca Tree', μία δημοφιλής διάταξη τριών omni μικροφώνων. Το όνομα αυτό απορρέει λόγω της συνηθισμένης χρήσης αυτής της τεχνικής από την Decca Record Company, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η ίδια εμμένει αυστηρά σ' αυτήν τη τεχνική και μόνο.

Τρία omni μικρόφωνα τοποθετούνται σύμφωνα με το Σχ. 3.19, με το κεντρικό μικρόφωνο τοποθετημένο ελαφρώς πιο μπροστά από τα άλλα.



**Σχήμα 3.19**

Οι αποστάσεις μεταξύ των μικροφώνων μπορούν να διαφοροποιηθούν ανάλογα με την ηχητική πηγή και το χώρο. Το κεντρικό μικρόφωνο έχει ως σκοπό τη σταθεροποίηση του κέντρου στη στερεοφωνική εικόνα καθώς χωρίς αυτό δείχνει να 'ναι ανακριβής.

- Μία τρίτη μέθοδος είναι η χρήση δύο stereo ζευγών μικροφώνων, όπου το ένα βρίσκεται τοποθετημένο κοντά στην ηχητική πηγή και το δεύτερο σε μια πιο μακρινή απόσταση από αυτή. Η διάταξη αυτή αποσκοπεί στην καταγραφή δύο stereo σημάτων, εκ των οποίων το μεν περιέχει μικρό ποσοστό χώρου (dry signal) και το δε περιέχει πολύ περισσότερο ποσοστό αντήχησης (wet signal). Θα πρέπει όμως να προσδιοριστεί με ακρίβεια η γωνία ηχογράφησης του 2<sup>ου</sup> ζεύγους, έτσι ώστε να μην δημιουργηθεί 'διπλή στερεοφωνική εικόνα' κατά τη μίξη των δύο stereo σημάτων.

Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι δίνεται η δυνατότητα μίξης των δύο αυτών σημάτων για το επιθυμητό ηχητικό αποτέλεσμα που απαιτείται.

## 4. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

### 4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

‘Στα πλαίσια μιας μονοφωνικής ηχογράφησης, ο ηχολήπτης έχει την ελευθερία να επιλέξει τη θέση του μικροφώνου – ηχητικής πηγής σχετικά με την ποιότητα του ήχου που επιθυμεί να καταγράψει. Με τη σχέση απόστασης μικροφώνου – ηχητικής πηγής μπορεί εύκολα να εκτιμηθεί η καμπύλη συχνοτικής απόκρισης και το ποσοστό χώρου που απαιτείται. Επίσης, μπορεί εύκολα να επιλεγθεί η κατάλληλη κατευθυντικότητα του μικροφώνου για την αντίστοιχη καταγραφή του λόγου του απ’ ευθείας προς τον ανακλώμενου ήχου.

Δυστυχώς, τα παραπάνω δεν ισχύουν στη περίπτωση μιας στερεοφωνικής ηχογράφησης. Ο διαθέσιμος αριθμός των διάφορων stereo-συστημάτων για stereo ηχογραφήσεις είναι πολύ περιορισμένος, ενώ τα συστήματα αυτά, χωρίς εξαίρεση, έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Κάθε ένα από αυτά τα συστήματα έχει αναπτυχθεί έτσι, ώστε να είναι ‘επιλέξιμο’ για συγκεκριμένες περιστάσεις. Ωστόσο, επειδή οι περιστάσεις αυτές δεν είναι πάντα το ίδιο, σπάνια κατορθώνεται ένα τέτοιο standard stereo-σύστημα.

Γενικά, η θέση του μικροφώνου είναι ένας συμβιβασμός μεταξύ μιας καλής στερεοφωνικής εικόνας και ενός καλού λόγου του απ’ ευθείας προς του ανακλώμενου ήχου.

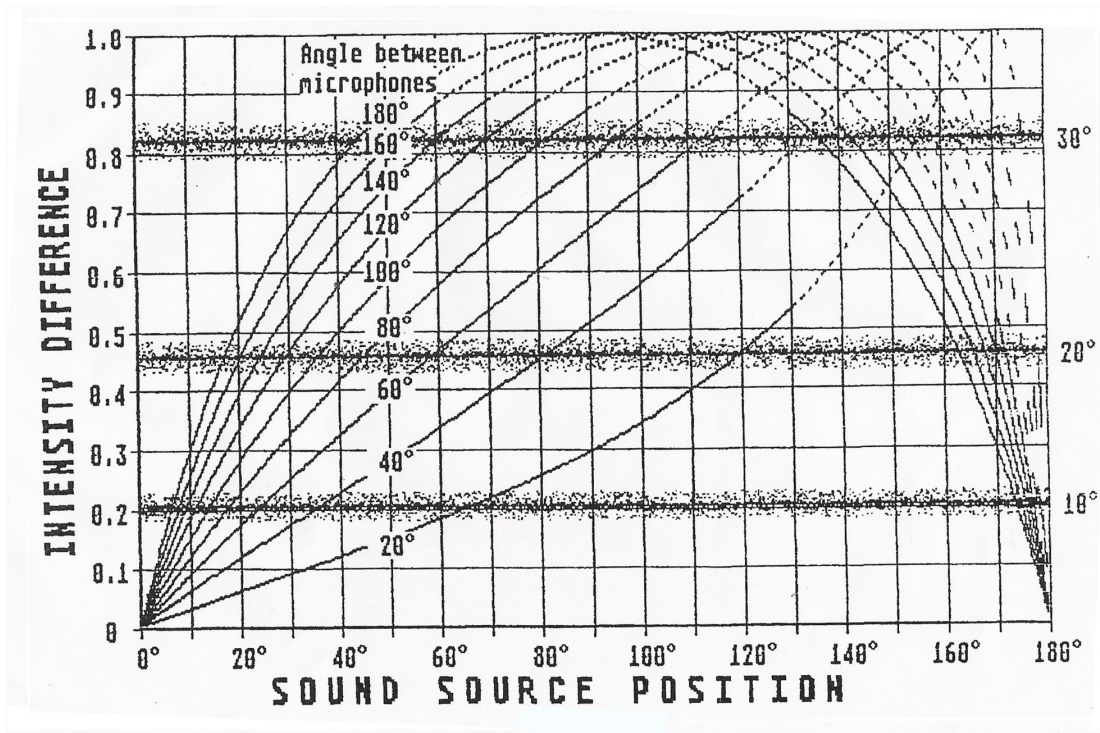
Πολλές επιχειρήσεις έχουν γίνει για τη σύγκριση στερεοφωνικών ζευγών μικροφώνων σε συγκεκριμένες καταστάσεις ηχογράφησης, ωστόσο, το γεγονός ότι κάθε stereo-σύστημα έχει ένα μοναδικό συνδυασμό χαρακτηριστικών, αναδεικνύει κάθε μια τέτοια επιχείρηση μάταια τις περισσότερες φορές.’

(M.Williams, *Unified Theory of Microphone Systems for Stereophonic Sound Recording*”, May 1987).

## 4.2. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Σ' αυτό το κεφάλαιο παρατίθενται κάποια χρήσιμα σχεδιαγράμματα, τα οποία έχουν γίνει με βάση τις καμπύλες του Simonsen, και με τη βοήθεια υπολογιστικού προγράμματος από τον ηχολήπτη M. Williams.

Η σχέση μεταξύ της θέσης της ηχητικής πηγής και της γωνίας μεταξύ των μικροφώνων για ένα συμπτωτικό ζεύγος καρδιοειδών μικροφώνων δίνεται στο παρακάτω Σχ. 4.1.



Σχήμα 4.1

Οι μαύρες οριζόντιες γραμμές των 10°, 20° και 30° έχουν κάποιες κουκίδες γύρω τους, και εξηγούν την πιθανή απόκλιση αφού έχουν προκύψει πειραματικά..

Το ψυχο-ακουστικό όριο (0.82 Intensity Difference/15dB για τις 30°) συμπεριλαμβάνεται επίσης στο Σχ. 4.1.

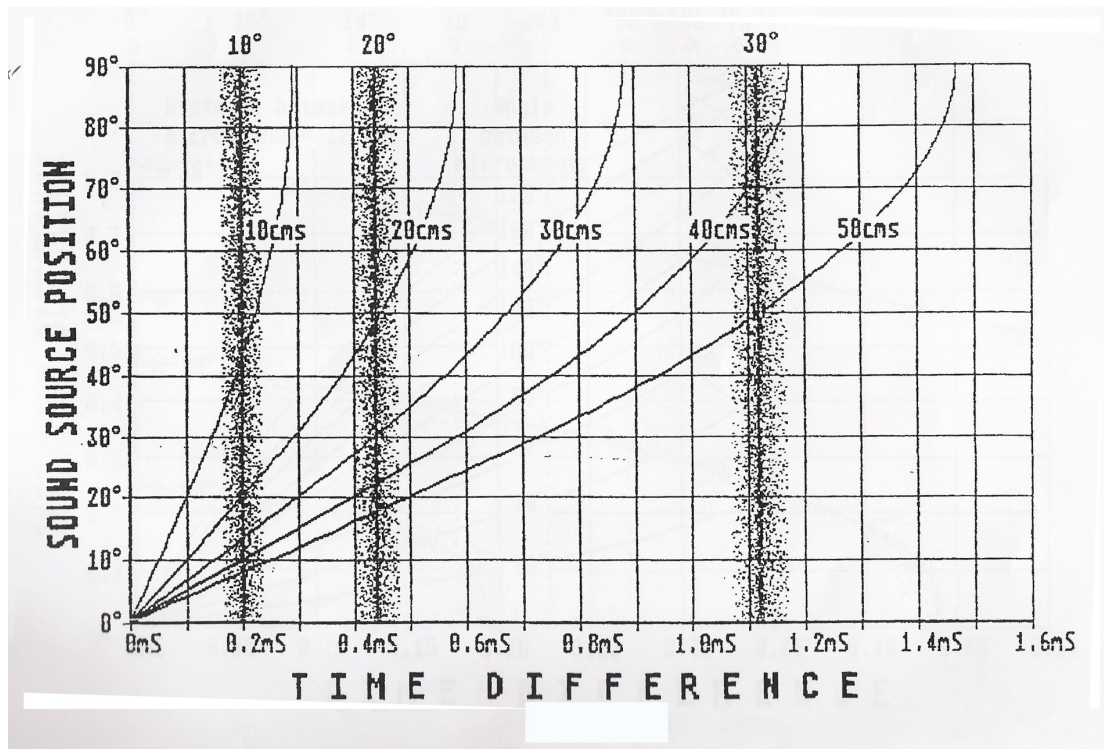
Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το Σχ. 4.1 για να βρούμε τη γωνία ηχογράφησης για οποιοδήποτε συμπτωτικό ζεύγος καρδιοειδών μικροφώνων, και αντίστροφα.

Σε κάθε σημείο όπου οι καμπύλες τέμνουν την οριζόντια γραμμή των  $30^\circ$ , αντιστοιχεί και μια γωνία σε μοίρες, στον κάτω οριζόντιο άξονα.

Στη γωνία αυτή λοιπόν, είτε από τα δεξιά είτε από τα αριστερά του κεντρικού άξονα του stereo-συστήματος, θα πρέπει να βρίσκεται η ηχητική πηγή, έτσι ώστε να ακουστεί στις  $30^\circ$  δεξιά ή αριστερά αντίστοιχα κατά την αναπαραγωγή.

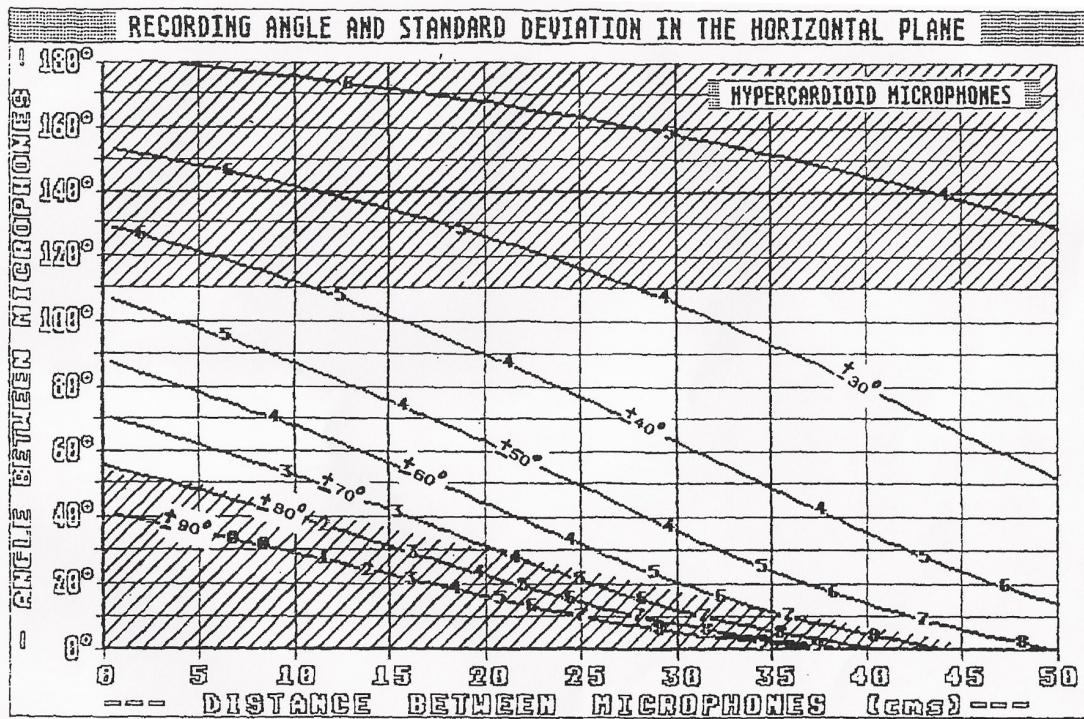
Για παράδειγμα, αν από το σημείο, όπου η καμπύλη με την  $120^\circ$  γωνία μεταξύ των μικροφώνων τέμνει την οριζόντια γραμμή των  $30^\circ$ , φέρουμε μια νοητή κάθετη γραμμή, βρίσκουμε περίπου τις  $70^\circ$ . Άρα η συνολική γωνία ηχογράφησης του ζεύγους Cardioids\120° θα είναι  $140^\circ$ .

Το παρακάτω Σχ. 4.2 σχήμα αφορά στερεοφωνικά ζεύγη με omni μικρόφωνα, και μπορεί να υπολογιστεί η γωνία ηχογράφησης με τον ίδιο τρόπο που περιγράφηκε προηγουμένως.

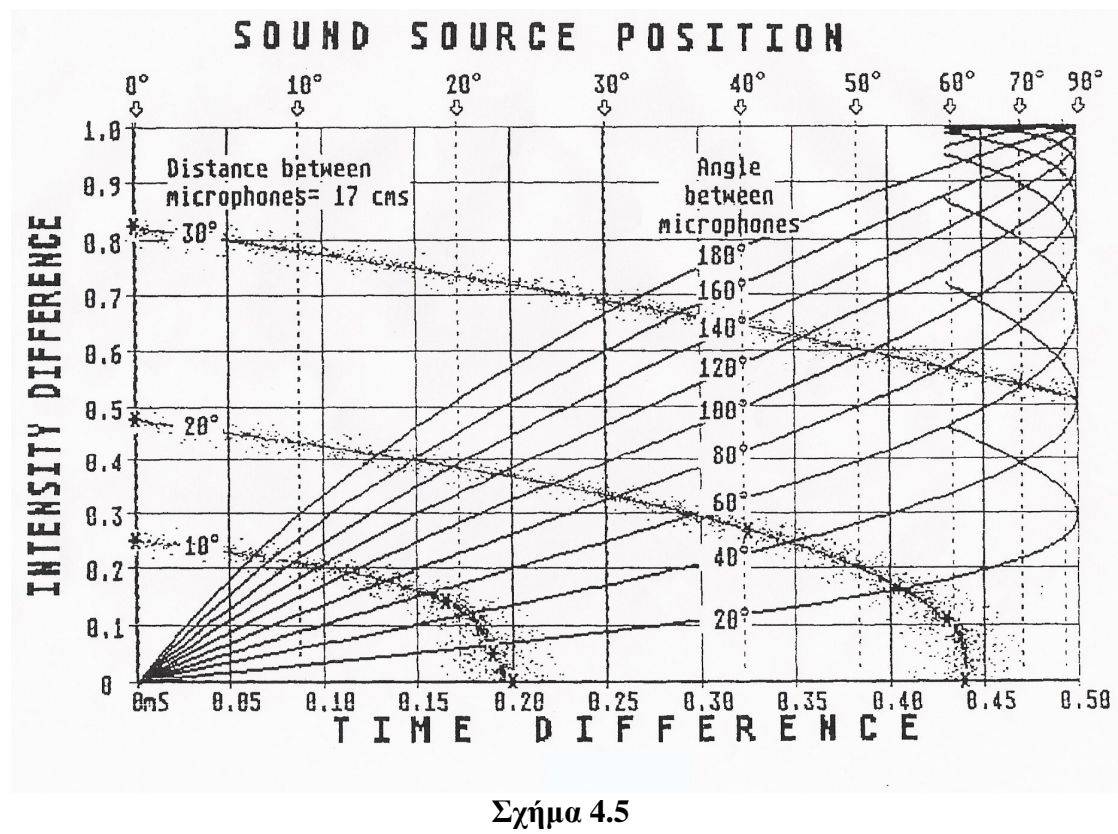
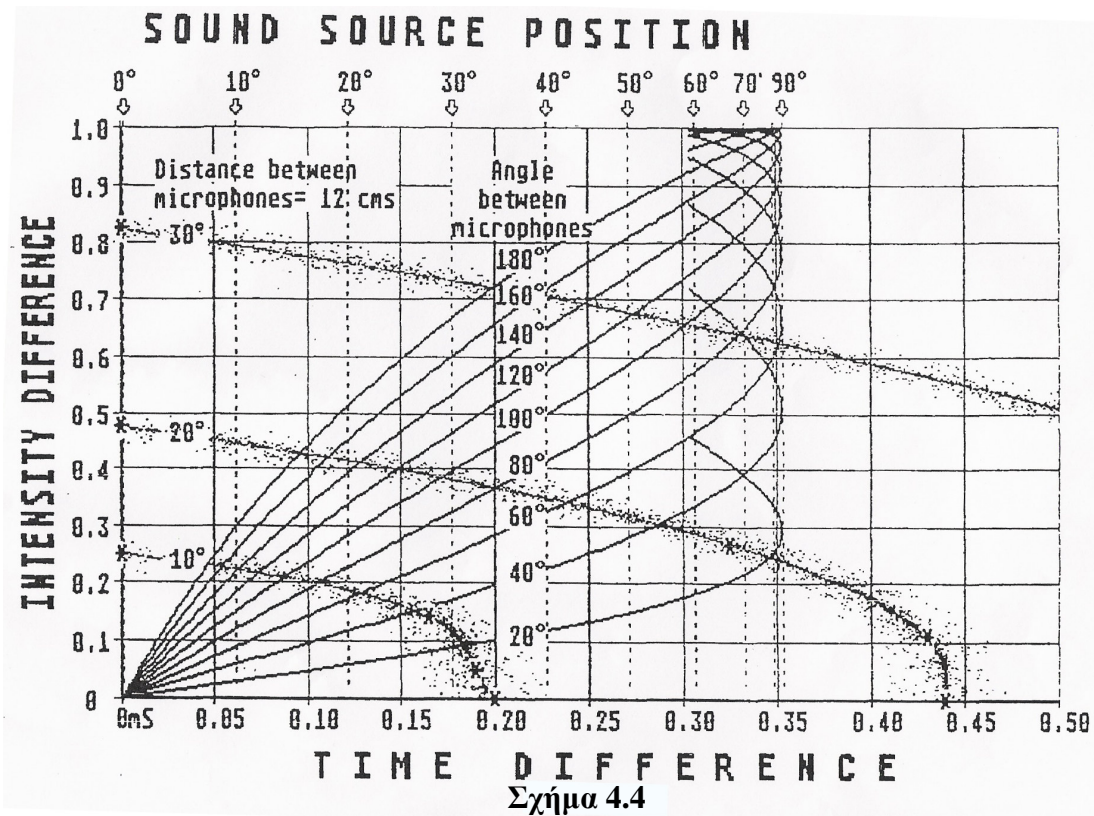


Σχήμα 4.2

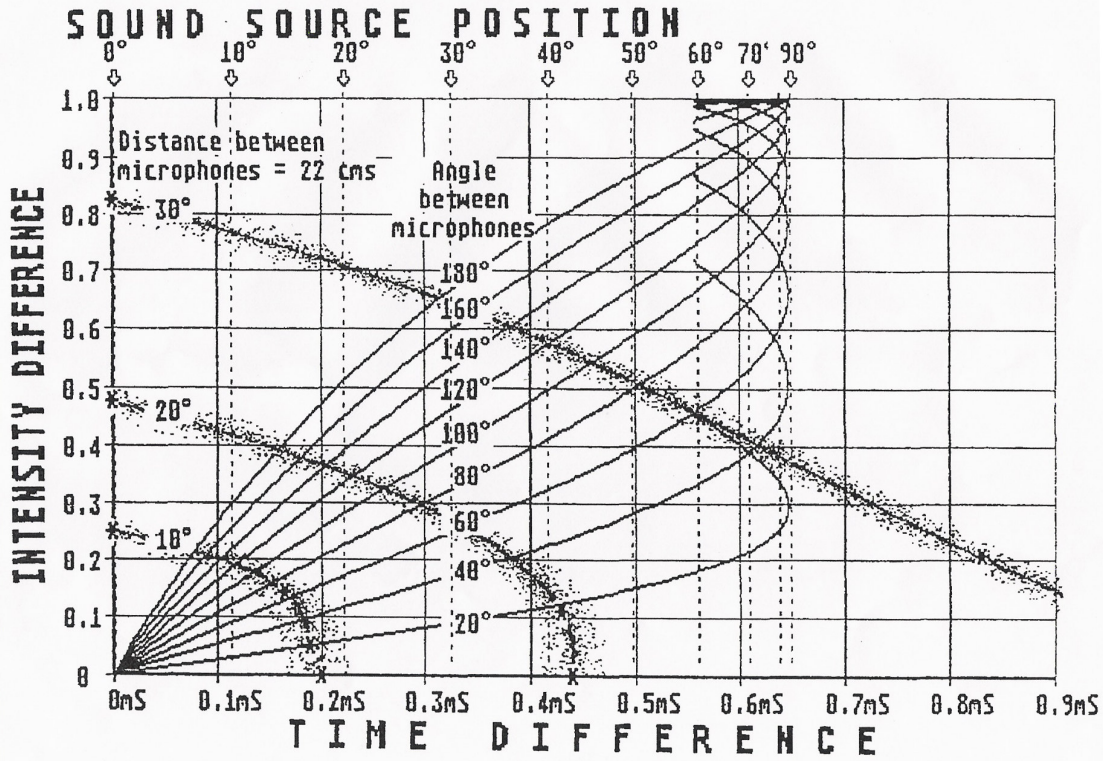
Στο παρακάτω Σχ. 4.3 φαίνεται η σχέση της γωνίας μεταξύ των μικροφώνων, της απόστασης μεταξύ των μικροφώνων και της γωνίας ηχογράφησης (καμπύλες) για σχεδόν συμπτωτικά ζεύγη τύπου υπερκαρδιάς. Ακολουθούν τα σχήματα 4.4 , 4.5 , 4.6 , και 4.7 που αναφέρονται σε σχεδόν συμπτωτικά ζεύγη καρδιοειδών μικροφώνων με απόσταση μικροφώνων 12cm, 17cm, 22cm και 30cm αντίστοιχα. Στο Σχ. 4.8 εκτός της σχέσης γωνίας μεταξύ των μικροφώνων και γωνίας ηχογράφησης (καμπύλες), υπάρχει και άξονας για την απόσταση  $d$  μεταξύ των μικροφώνων τύπου καρδιάς.



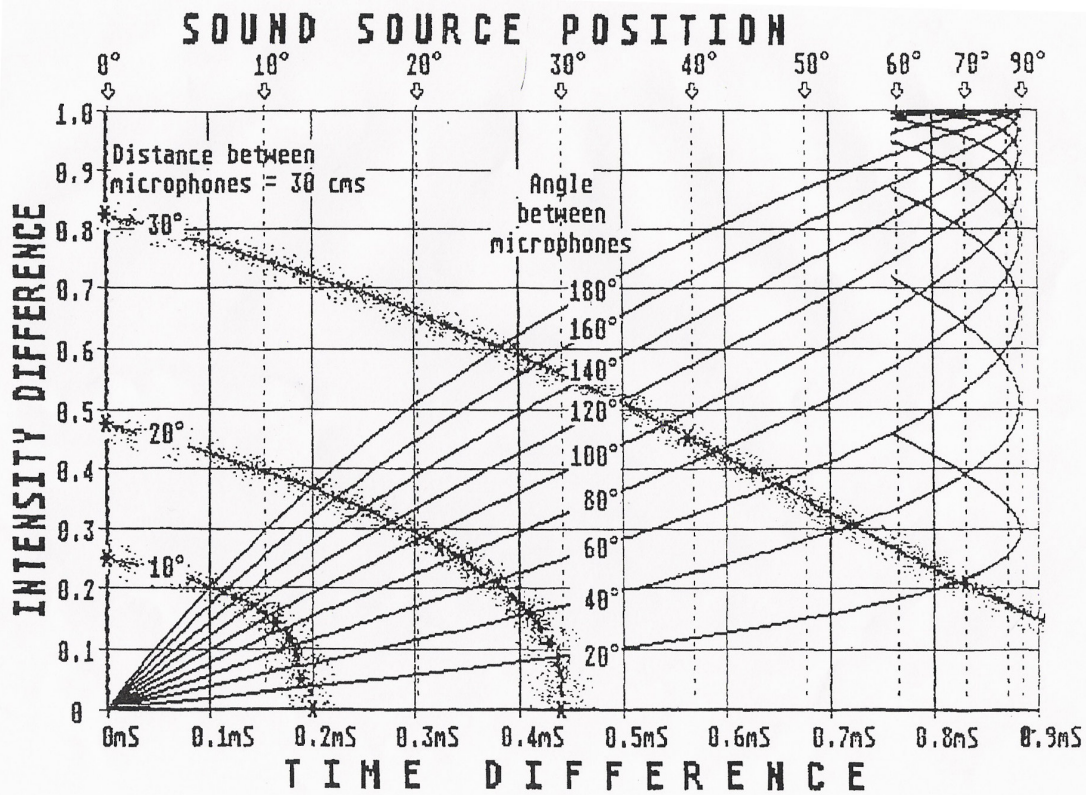
Σχήμα 4.3





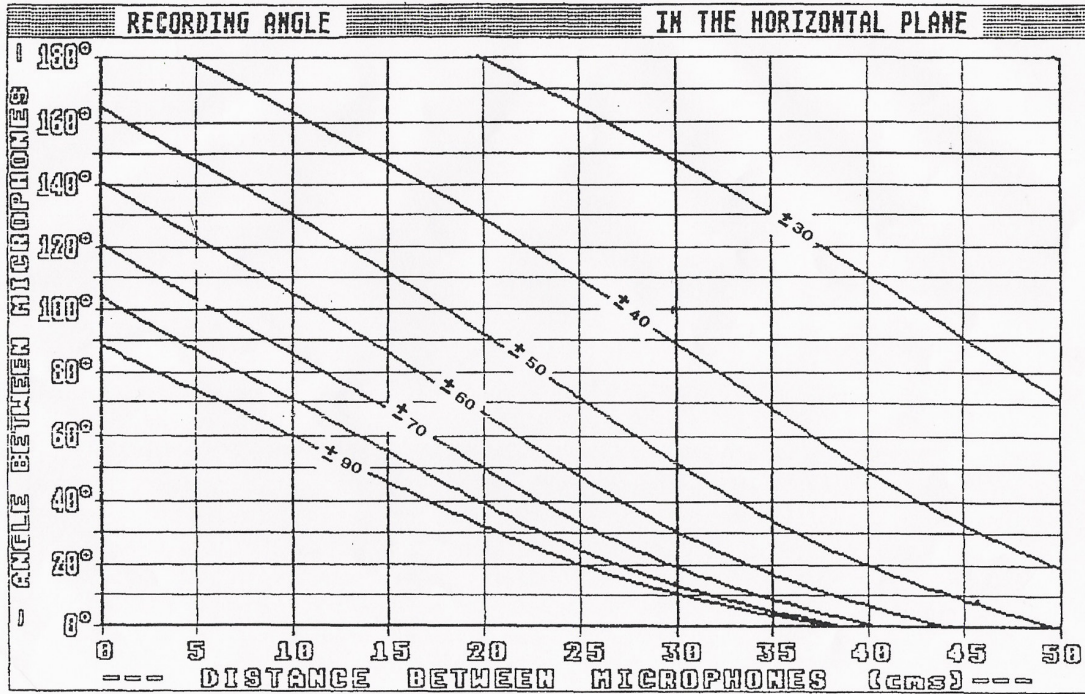


Σχήμα 4.6



Σχήμα 4.7

39722141



Σχήμα 4.8

Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα, για μια γωνία ηχογράφησης  $100^\circ$ , οι παρακάτω συνδυασμοί είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν:

1. Near coincident pair cardioid  $d=12\text{cm}, \theta_0=120^\circ$   
 $d=17\text{cm}, \theta_0=100^\circ$   
 $d=22\text{cm}, \theta_0=80^\circ$   
 $d=30\text{cm}, \theta_0=50^\circ$
2. Near coincident pair hypercardioid  $d=25\text{cm}, \theta_0=50^\circ$
3. Coincident pair cardioid  $\theta_0=160^\circ$
4. Omni spaced pair  $d=50\text{cm}$

Η τελική επιλογή είναι προσωπική και φυσικά εξαρτάται από την περίσταση της stereo ηχογράφησης.

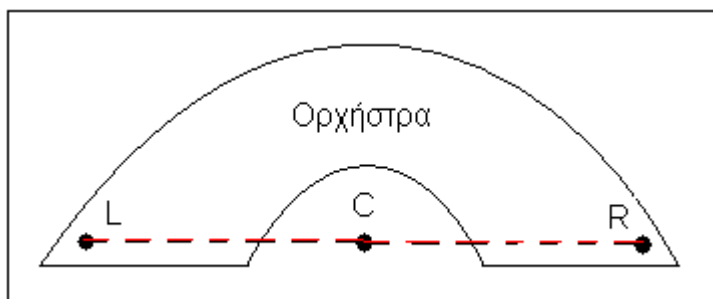
## 5. ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΕΙΣ

### 5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### 1. Προσδιορισμός της Γωνίας Ηχογράφησης συναρτήσει των 'LR' και 'CK'.

Έστω ότι ηχογραφούμε μία ορχήστρα.

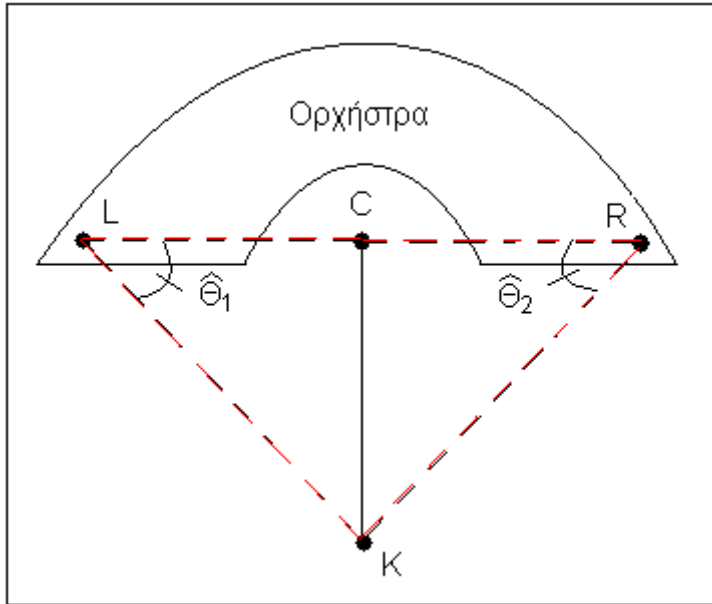
Θεωρούμε μία νοητή ευθεία, με σημεία 'L' και 'R' τα άκρα της ορχήστρας, και 'C' το κέντρο αυτής, (Σχ 5.1).



Σχήμα 5.1

Όπως έχει αναφερθεί, το στέρεο-ζεύγος θα τοποθετηθεί στο κέντρο της μουσικής σκηνής και σε κάποια απόσταση από αυτήν.

Θεωρούμε λοιπόν ένα σημείο 'K', στο οποίο θα βρίσκεται τοποθετημένο το στέρεο-ζεύγος. Το σημείο 'K' θα βρίσκεται σε κάποιο σημείο πάνω στη μεσοκάθετο της ευθείας 'LR', (Σχ.5.2).



**Σχήμα 5.2**

Το μέτρο της μεσοκαθέτου 'CK' εκφράζει την απόσταση στέρεο-ζεύγους – ορχήστρας.

Το ζητούμενο είναι να υπολογιστεί η γωνία ηχογράφησης, δηλαδή η γωνία  $L\hat{K}R$ .

Μαθηματικά, από τη γεωμετρία του σχήματος, προκύπτει η σχέση :

$$L\hat{K}R = 180^\circ - 2 \cdot \tan^{-1} \left( \frac{2CK}{LR} \right)$$

Απόδειξη:

Σε κάθε περίπτωση ισχύει  $\hat{\theta}_1 = \hat{\theta}_2$ .

Επίσης για το τρίγωνο  $L\hat{K}R$  ισχύει

$$\hat{\theta}_1 + \hat{\theta}_2 + L\hat{K}R = 180^\circ \Rightarrow \hat{\theta}_1 + \hat{\theta}_1 + L\hat{K}R = 180^\circ \Rightarrow 2\hat{\theta}_1 + L\hat{K}R = 180^\circ \Rightarrow \hat{\theta}_1 = \frac{180^\circ - L\hat{K}R}{2}$$

(Σχέση 1) για  $(LKR) < 180^\circ$

Από το Σχήμα 2, η εφαπτομένη της γωνίας  $\hat{\theta}_1$  θα είναι :  $\tan \hat{\theta}_1 = \frac{CK}{LC}$ . Η απόσταση 'LC' λόγω της

μεσοκαθέτου είναι  $\frac{LR}{2}$ . Επομένως  $\tan \hat{\theta}_1 = \frac{CK}{\frac{LR}{2}} \Rightarrow \tan \hat{\theta}_1 = \frac{2CK}{LR}$  (Σχέση 2)

Αντικαθιστώντας το  $\hat{\theta}_1$  (Σχέση 1), στη Σχέση 2 θα έχουμε :

$$\begin{aligned} \tan\left(\frac{180^\circ - L\hat{K}R}{2}\right) &= \frac{2CK}{LR} \Rightarrow \frac{180^\circ - L\hat{K}R}{2} = \tan^{-1}\left(\frac{2CK}{LR}\right) \Rightarrow \frac{180^\circ}{2} - \frac{L\hat{K}R}{2} = \tan^{-1}\left(\frac{2CK}{LR}\right) \Rightarrow \\ \frac{L\hat{K}R}{2} &= \frac{180^\circ}{2} - \tan^{-1}\left(\frac{2CK}{LR}\right) \Rightarrow L\hat{K}R = 2 \cdot \left(\frac{180^\circ}{2} - \tan^{-1}\left(\frac{2CK}{LR}\right)\right) \Rightarrow L\hat{K}R = 180^\circ - 2 \tan^{-1}\left(\frac{2CK}{LR}\right) \end{aligned}$$

για  $(LKR) < 180^\circ$

(5.1)

Τελικά, για το συγκεκριμένο **μήκος** του μουσικού συνόλου ( $LR$ ) και για την επιλεγμένη **απόσταση** ζεύγους-σκηνής ( $CK$ ), υπολογίζεται από την παραπάνω σχέση η **γωνία ηχογράφησης**.

2. Προσδιορισμός της απόστασης ζεύγους-σκηνής συναρτήσει της γωνίας ηχογράφησης και του 'LR'.

Για την περίπτωση όπου θέλουμε να προσαρμόσουμε ένα στέρεο-ζεύγος μικροφώνων, με καθορισμένη γωνία ηχογράφησης, για την ηχογράφηση ενός μουσικού συνόλου (με standard απόσταση των άκρων της), δεν έχουμε παρά να λύσουμε τη Σχέση 5.1 ως προς 'CK' και να βρούμε την ακριβές απόσταση.

$$\text{Αυτή θα είναι : } CK = \frac{LR}{2} \cdot \tan\left(\frac{180^\circ - L\hat{K}R}{2}\right) \quad (5.2)$$

Όπου : CK : απόσταση στέρεο-ζεύγους → μουσικής σκηνής

LR : απόσταση άκρων του μουσικού συνόλου

$L\hat{K}R$  : (recording angle) γωνία ηχογράφησης του ζεύγους (  $|2 \cdot \theta_r|$  )

για  $(LKR) < 180^\circ$

Παράδειγμα : Για το ζεύγος Blumlein με  $|2 \cdot \theta_r| = 70^\circ$  , αν αντικαταστήσουμε στη σχέση 5.2 τότε προκύπτει  $CK = 0.714 \cdot LR$

Πράγμα που σημαίνει ότι, για ένα π.χ κουαρτέτο εγχόρδων με απόσταση άκρων 4 μέτρα (δηλαδή  $LR=4m$ ), το CK υπολογίζεται 2.86. Επομένως το ζεύγος Blumlein θα πρέπει να τοποθετηθεί στα 2.86 μέτρα.

Στο παρακάτω πίνακα συνοψίζονται κάποια χαρακτηριστικά συγκεκριμένων stereo ζευγών μικροφώνων.

**Πίνακας 3.**

Συμπτωτικά ζεύγη	Απόσταση μικροφώνων (cm)	Γωνία ζεύγους θο	Τόξο λήψης	CK (m)
Blumlein Figure of eights	0	90°	70°	$CK = 0.714 \cdot LR$
Hypercardioids	0	90°	102°	$CK = 0.405 \cdot LR$
Cardioids	0	60°	226°	
Cardioids	0	90°	178°	$CK = 0.009 \cdot LR$
Cardioids	0	140°	120°	$CK = 0.289 \cdot LR$
<b>Σχεδόν Συμπτωτικά ζεύγη</b>				
NOS Cardioids	30	90°	80°	$CK = 0.596 \cdot LR$
ORTF Cardioids	17	110°	95°	$CK = 0.458 \cdot LR$
DIN Cardioids	20	90°	100°	$CK = 0.420 \cdot LR$
RAI Cardioids	21	100°	90°	$CK = 0.5 \cdot LR$
Omnis	50	0°	100°	$CK = 0.420 \cdot LR$
Omnis	35	0°	≈180°	
Faulkner	20	0°	20°-30°	$CK_{20^\circ} = 2.836 \cdot LR$ $CK_{30^\circ} = 1.866 \cdot LR$

CK : απόσταση στέρεο-ζεύγους → μουσικής σκηνής

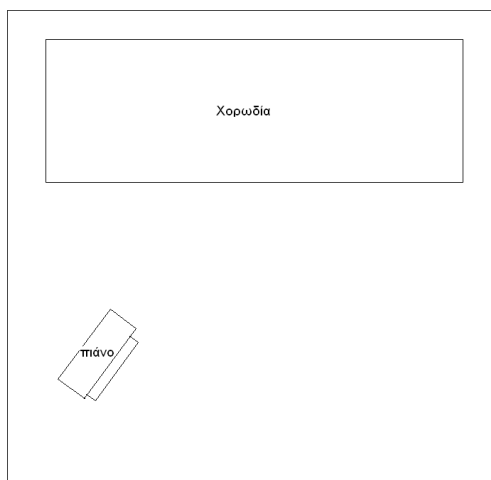
LR : απόσταση άκρων του μουσικού συνόλου

## 5.2. 1<sup>η</sup> Ηχογράφιση

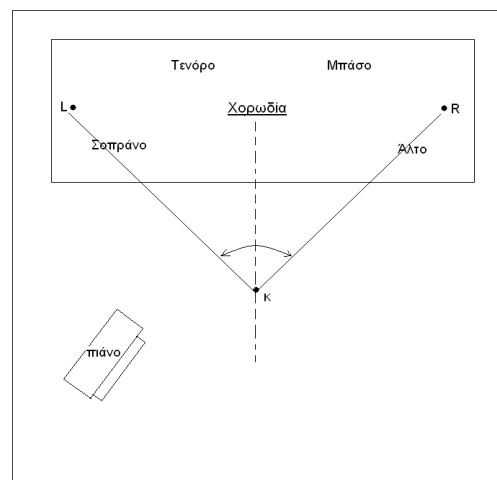
Η πρώτη ηχογράφιση έχει γίνει σε μία σχεδόν τετράγωνη αίθουσα. Ο χώρος αυτός είναι ουσιαστικά ένα μεγάλο δωμάτιο, το οποίο είναι επενδυμένο με ξύλο (πάτωμα, οροφή και πλευρικοί τοίχοι).

Το μουσικό σύνολο που έχει ηχογραφηθεί είναι μία τετράφωνη χορωδία (σοπράνο, τενόρο, μπάσο, άλτο), η οποία αποτελείται από 18 άτομα. Η διευθύντρια της χορωδίας παίζει παράλληλα πιάνο (ως οδηγό), και συνεπώς ηχογραφείται και αυτό.

Η διάταξη της χορωδίας και του πιάνου στο χώρο, φαίνεται στο Σχ. 5.3



Σχήμα 5.3



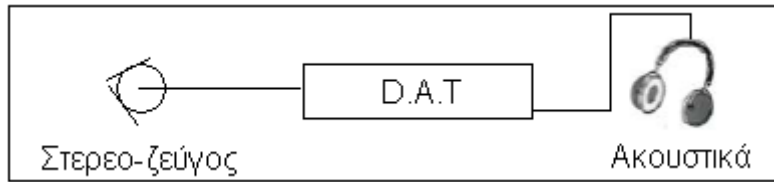
Σχήμα 5.4

Για την ηχογράφιση χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω :

- 2 Μικρόφωνα Neuman U89i / 2 βάσεις μικροφώνων
- 2 XLR
- 1 D.A.T - Tascam DA-P1 - 2 channels
- Ακουστικά Beyerdynamic DT 990



Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η αναμενόμενη συνδεσμολογία :

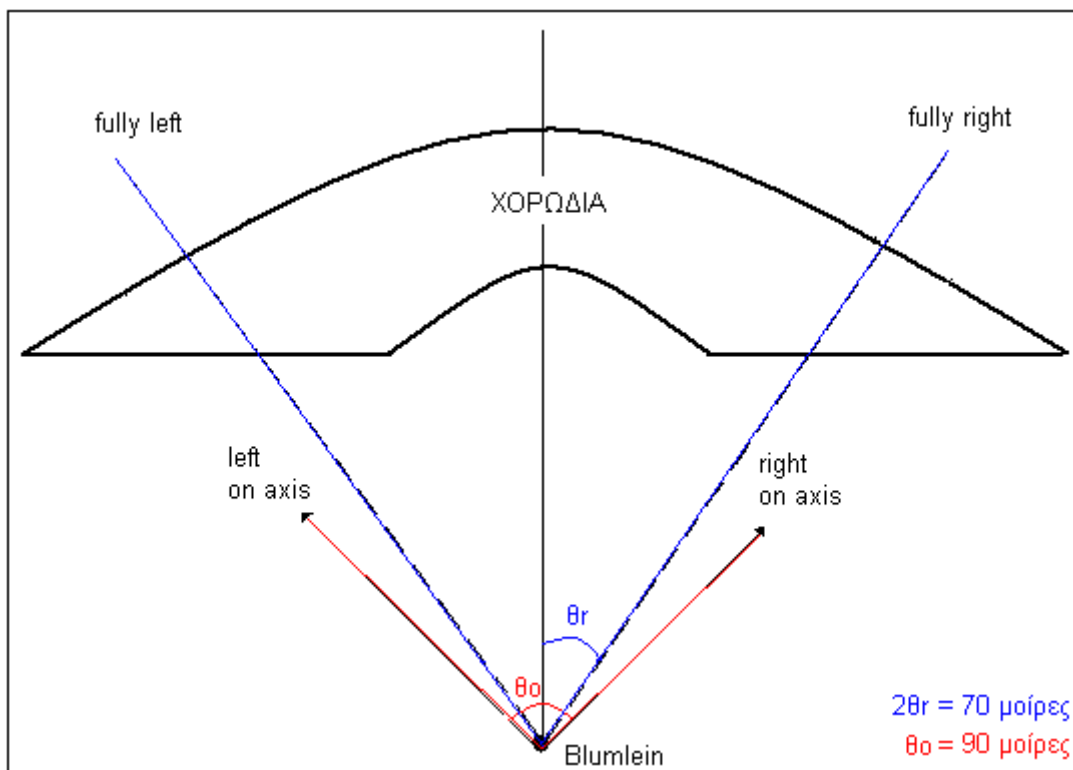


**Σχήμα 5.5**

Στο Σχ. 5.4 παρατηρείται η διάταξη των φωνών της χορωδίας.

Σε κάθε μία από τις παρακάτω ηχογραφήσεις, τα στέρεο-ζεύγη μικροφώνων έχουν τοποθετηθεί στο ίδιο σημείο 'Κ'. Η γωνία (LKR) του Σχ. 5.4 είναι  $90^\circ$ .

- Στο Blumlein Chorus.wav έχει τοποθετηθεί ένα στέρεο-ζεύγος Blumlein, όπως αυτό φαίνεται στο Σχ. 5.6.



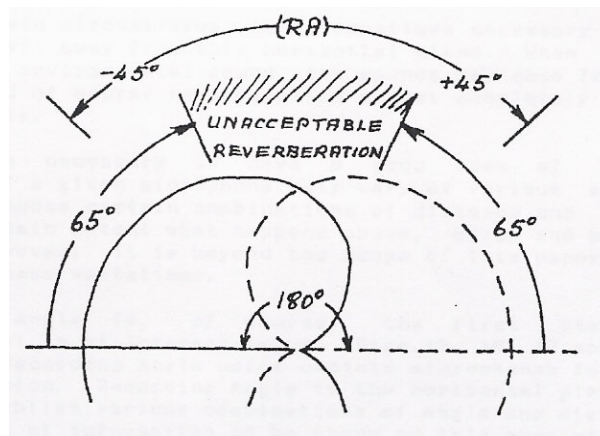
**Σχήμα 5.6**

Παρακάτω, υπενθυμίζονται τα χαρακτηριστικά αυτού του ζεύγους :

Figure of eight ,  $\Theta_0 = 90^\circ$  , γωνία ηχογράφησης  $70^\circ$ .

Η γωνία ηχογράφησης λοιπόν είναι  $70^\circ$ , πράγμα που σημαίνει ότι οι ακραίες θέσεις της χορωδίας είναι εντός της ενεργούς περιοχής του ζεύγους αλλά εκτός της γωνίας ηχογράφησης αυτού, για την οποία ισχύει  $|\Delta L(\theta)| = 15\text{dB}$ . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια πιο ανοιχτή stereo-εικόνα κατά την αναπαραγωγή, αφού οι ακραίες θέσεις έχουν διαφορά level πάνω από 15dB και επομένως θα ακουστούν τέρμα αριστερά και δεξιά αντίστοιχα. Το πρόβλημα έγκειται στο ότι οι μουσικοί που βρίσκονται στις θέσεις  $\pm 35^\circ$ , ακούγονται επίσης τέρμα αριστερά και δεξιά αντίστοιχα.

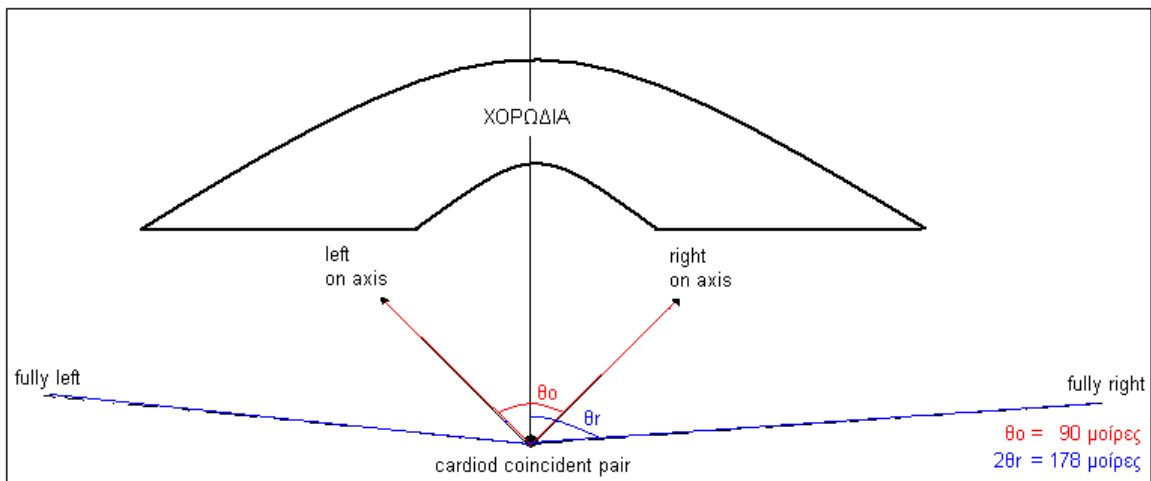
- Στο Coincident Chorus 01.wav έχει τοποθετηθεί ένα συμπτωτικό ζεύγος με γωνία μικροφώνων  $180^\circ$  και  $B=0.5$  (άρα cardioids). Επομένως η recording angle είναι  $90^\circ$  και ταυτίζεται με τη γωνία (LKR) του Σχ. 5.4. Έτσι, έχουμε μεν σωστή στερεοφωνική τοποθέτηση των φωνών στη stereo-εικόνα αλλά έχουμε και το φαινόμενο off-axis coloration, πράγμα που εξηγείται από το παρακάτω σχήμα, Σχ. 5.7.



Σχήμα 5.7

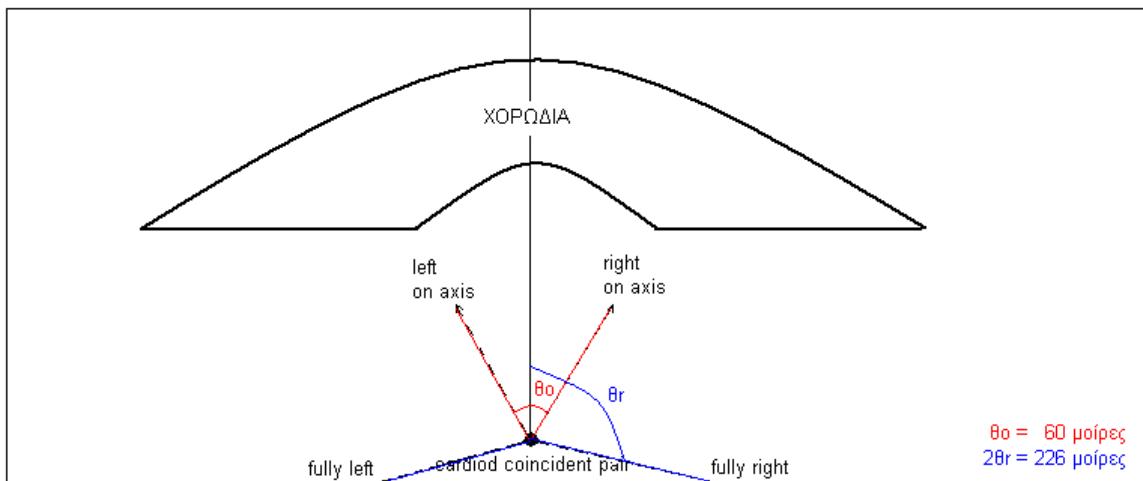
Τα πολικά διαγράμματα τύπου καρδιάς έχουν στις  $\pm 65^\circ$ ,  $-3\text{dB}$  λήψη από την on axis διεύθυνση. Επομένως για το παραπάνω stereo ζεύγος, η λήψη του στις  $\pm 25^\circ$  θα είναι μικρότερη από αυτή των διευθύνσεων  $25^\circ$  μέχρι  $45^\circ$  αριστερά και  $25^\circ$  μέχρι  $45^\circ$  δεξιά, με αποτέλεσμα μια «μουντή» λήψη. Το γεγονός αυτό προσδίδει μια ασάφεια στο κέντρο. Επίσης οι on axis διευθύνσεις των μικροφώνων «βλέπουν» τους πλευρικούς κοντινούς τοίχους με αποτέλεσμα τη καταγραφή ανεπιθύμητων έντονων πρώτων ανακλάσεων. Εύκολα συμπεραίνεται και από το άκουσμα, ότι στην ηχογράφιση αυτή έχει καταγραφεί λιγότερος χώρος σε σχέση με το Blumlein. Λογικό εφόσον το Blumlein κατέγραψε και από πίσω το χώρο.

- Στο Coincident Chorus 02.wav έχει τοποθετηθεί ένα ζεύγος XY, Cardioids/90°, (Σχ. 5.8). Δηλαδή οι on axis διευθύνσεις των μικροφώνων στοχεύουν τα άκρα της ορχήστρας. Τα άκρα της ορχήστρας,  $\theta = \pm 45^\circ$ , είτε με τη βοήθεια της σχέσης (3.2) είτε πρακτικά "με το μυαλό", μπορεί να υπολογιστεί ότι θα δώσουν διαφορά level  $\Delta L = 6\text{dB}$ , αρκετά μικρότερο νούμερο απ' τα  $15\text{dB}$ . Αποτέλεσμα: κατά την αναπαραγωγή, τα εν λόγω άκρα δεν υπάρχει περίπτωση ν' ακουστούν τέρμα δεξιά-αριστερά ( $\pm 30^\circ$ ), θ' ακουστούν αρκετά πιο μέσα, φτωχό λοιπόν άπλωμα, στενή stereo-εικόνα.



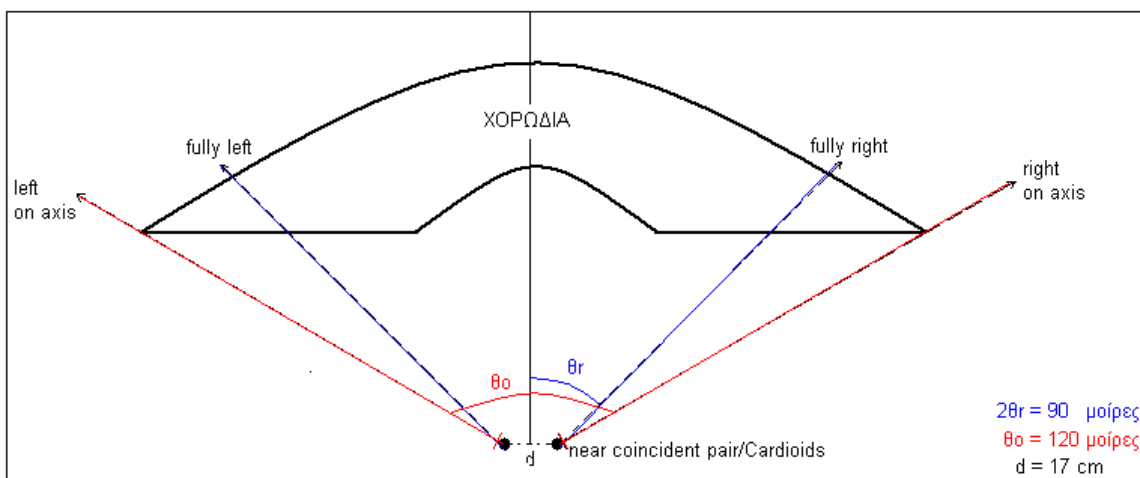
**Σχήμα 5.8**

- Στο Coincident Chorus\_03.wav με την ίδια XY τεχνική μικραίνουμε τη γωνία του ζεύγους από 90° σε 60°, και το stereo ζεύγος παραμένει στην ίδια θέση. Το ζεύγος τώρα με τα νέα δεδομένα, Cardioids/60°, έχει μεγαλύτερο από το προηγούμενο stereo ζεύγος, (coincident/cardioids/90°), τόξο λήψης, με αποτέλεσμα μια ακόμα πιο στενή στερεοφωνική εικόνα. Στο Σχήμα 5.9 παρατηρείται η γωνία ηχογράφησης και η γωνία μεταξύ των μικροφώνων αλλά και η θέση του stereo συστήματος σχετικά με τη χορωδία.



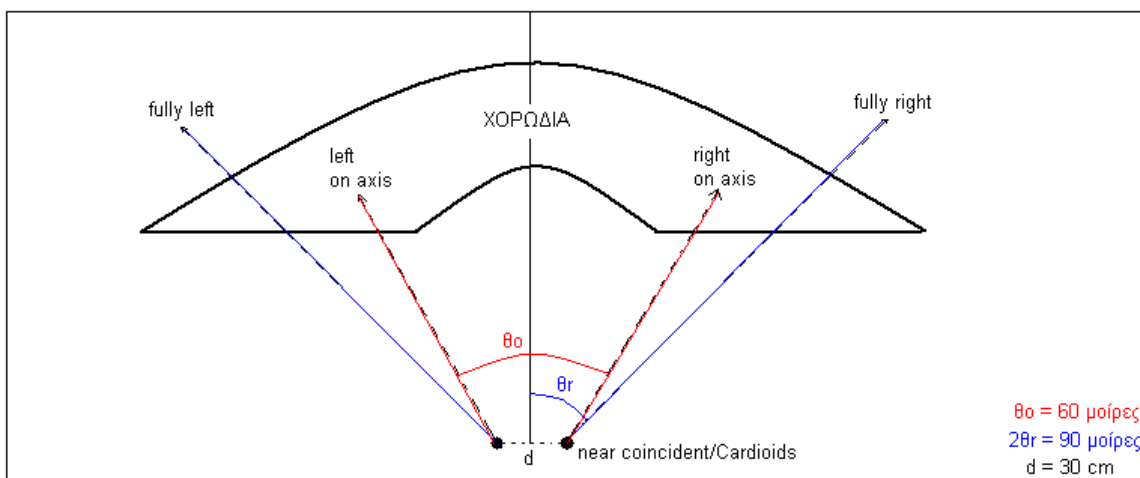
**Σχήμα 5.9**

- Στο Near coincident Chorus\_01.wav έχει τοποθετηθεί σχεδόν-συμπτωτικό ζεύγος με απόσταση μικροφώνων 17cm ( $d=0.17m$ ) και γωνία 120° μεταξύ αυτών (Σχ.5.10). Σχεδόν τεχνική O.R.T.F. Το στέρεο αυτό ζευγάρι έχει γωνία ηχογράφησης 90 μοιρών, γωνία που ταυτίζεται με την (LKR), πράγμα που σημαίνει, ότι έχουμε μία πιστή αναπαράσταση της χωροτοποθέτησης της χορωδίας κατά την αναπαραγωγή στο stereo-σύστημα. Βέβαια το ίδιο συνέβη και με το XY /180°, με τη διαφορά τώρα ότι έχουμε γλιτώσει το off-axis coloration και την ασάφεια που υπήρχε στο κέντρο.



**Σχήμα 5.10**

- Στο Near coincident Chorus 02.wav έχει τοποθετηθεί σχεδόν-συμπτωτικό ζεύγος με απόσταση μικροφώνων 30cm ( $d=0.30m$ ) και γωνία  $60^\circ$  μεταξύ αυτών (Σχ.5.11). Σχεδόν τεχνική N.O.S. Το στέρεο αυτό ζευγάρι έχει επίσης γωνία ηχογράφησης 90 μοιρών. Η νέα κλίση αυτού του ζεύγους, έχει δώσει μια πιο αντιπροσωπευτική ανάγλυφη αναλυτικότητα της χορωδίας από αυτή του προηγούμενου ζεύγους.



**Σχήμα 5.11**

### 5.3. 2<sup>η</sup> Ηχογράφιση

Η ηχογράφιση αυτή πραγματοποιήθηκε μέσα σε «Τζαμί», δηλαδή σε ένα μεγαλοπρεπή ψηλό και ευρύ χώρο. Οι τοίχοι του «Τζαμιού» είναι χτισμένοι με πέτρα ενώ το δάπεδο είναι από μάρμαρο. Στη παρακάτω φωτογραφία φαίνεται ένα μέρος αυτού του χώρου, όπου στο σημείο αυτό έχει γίνει η ηχογράφιση.



Ο εξοπλισμός αυτής της ηχογράφισης είναι ο ίδιος με αυτόν της 1<sup>ης</sup>.

Το προς ηχογράφιση μουσικό σύνολο είναι μία κλασική κιθάρα, ένα κοντραμπάσο και ένα drum set. *Η διάταξη αυτών των οργάνων στο χώρο έγινε σύμφωνα με τη ζητούμενη χωροτοποθέτηση κατά την stereo αναπαραγωγή.*

Κατ' αρχήν, ζητούμενο ήταν να ακούγεται το κοντραμπάσο στο κέντρο της stereo εικόνας. Επομένως το stereo ζεύγος έχει τοποθετηθεί έτσι ώστε ο κεντρικός άξονάς του να στοχεύει το κοντραμπάσο.

Η επιλογή omni ζευγαριού δεν ήταν δυνατή διότι ακόμα και σε close mike απόσταση το ποσοστό χώρου που καταγράφονταν ήταν μεγάλο. Με την επιλογή figure of eight ζευγαριού, το REE είναι μικρότερο αλλά η καταγραφή του χώρου από τους πίσω λοβούς πρόσθετε πάλι αρκετό ανεπιθύμητο χώρο.



Απομένει, ο υπολογισμός της recording angle, προκειμένου η κιθάρα και η drums να ακούγονται στις  $\pm 20^\circ$ . Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να τοποθετηθούν στη μέση της γωνίας  $|\theta_r|$ . Σύμφωνα με τα μέτρα των αποστάσεων του Σχ. μεταξύ των οργάνων και του stereo ζεύγους, υπολογίζεται η θέση της κιθάρας στις περίπου  $43^\circ$  αριστερά και η θέση της drums στις περίπου  $42^\circ$  δεξιά από τον κεντρικό άξονα του stereo συστήματος. Άρα, εάν  $40^\circ$  περίπου η μέση της γωνίας  $|\theta_r|$ , τότε η  $|\theta_r|$  θα είναι  $80^\circ$  και επομένως η ζητούμενη γωνία προς ηχογράφιση υπολογίζεται στις  $160^\circ$ .

Από το διάγραμμα του Σχ. για recording angle  $160^\circ$  προκύπτει γωνία ζεύγους  $100^\circ$ .

- Η τελική επιλογή της stereo τεχνικής είναι: Συμπτωτικό ζεύγος Cardioids/ $110^\circ$ . Η ηχογράφιση του παραπάνω μουσικού συνόλου στο χώρο του «Τζαμιού» βρίσκεται στο αρχείο ήχου με όνομα Coincident\_tzami\_01.wav.



#### 5.4. 3<sup>η</sup> Ηχογράφιση

Η ηχογράφιση έχει γίνει σε ένα μεγάλο κλειστό χώρο αμφιθεάτρου.

Ο εξοπλισμός παραμένει ο ίδιος..

- Έχει τοποθετηθεί ένα ζεύγος μικροφώνων omni με απόσταση 30cm. Ένα πιάνο «βλέπει» το ζεύγος υπό γωνία 40 μοιρών αριστερά του. Η ηχογράφιση αυτή βρίσκεται στο αρχείο ήχου Spaced omni 30cm piano 40L.wav.

- Στο Faulkner 30cm piano 40L.wav έχει ηχογραφηθεί το ίδιο πιάνο, αλλά αυτή τη φορά «βλέπει» ένα ζεύγος οχταριών μικροφώνων με απόσταση 30cm, πάλι υπό γωνία 40° αριστερά του.

Εύκολα συμπεραίνεται από το άκουσμα των δύο αυτών ηχογραφήσεων, το αναμενόμενο λιγότερο καταγραμμένο ποσοστό χώρου από το 2<sup>ο</sup> ζεύγος, φυσικά λόγω του διαφορετικού REE.

## 5.5. 4<sup>η</sup> Ηχογράφιση

Η ηχογράφιση αυτή έχει γίνει επίσης σε ένα μεγάλο κλειστό χώρο αμφιθεάτρου. Στη παρακάτω φωτογραφία φαίνεται το μπροστά μέρος του αμφιθεάτρου.

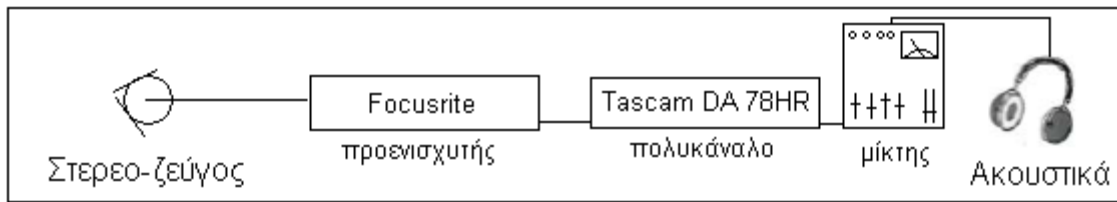


Όπως φαίνεται και στη φωτογραφία, το προς ηχογράφιση μουσικό σύνολο είναι ένα πιάνο, ένα φλάουτο και ένα βιολεντσέλο.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε είναι:

- 2 Μικρόφωνα Neuman U89i / 2 βάσεις μικροφώνων
- 2 XLR
- 1 Tascam DA-78HR – 8 channels
- Focusrite Red 1 Quad Pre-mic
- Ακουστικά Beyerdynamic DT 990
- 1 Μίκτης Eurorack UB1202

Η συνδεσμολογία που πραγματοποιήθηκε φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 5.13.

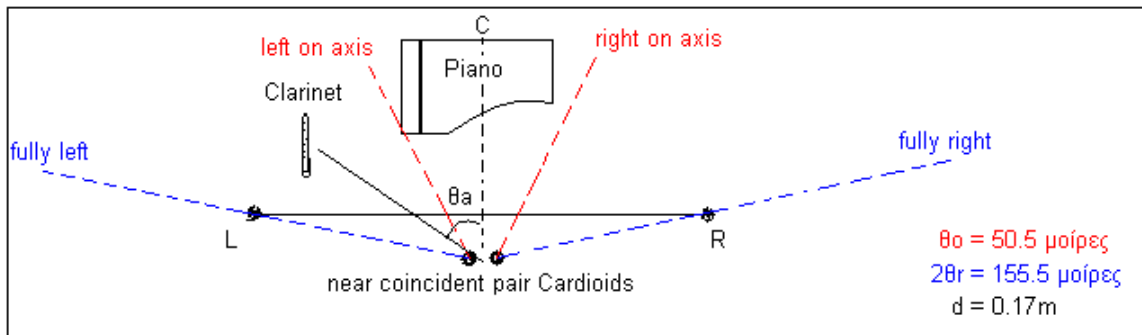


**Σχήμα 5.13.**

Το stereo ζεύγος έχει τοποθετηθεί έτσι ώστε το πιάνο να βρίσκεται πάνω στο κεντρικό άξονα του, ενώ το φλάουτο και το βιολεντσέλο να βρίσκονται στις  $\pm 66^\circ$  από αυτόν.

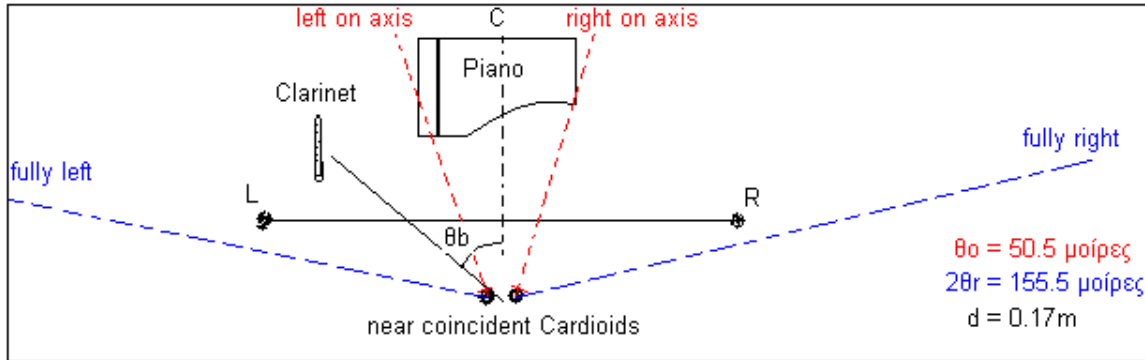
Στο amfi\_01.wav έχει τοποθετηθεί ένα σχεδόν συμπτωτικό ζεύγος καρδιοειδών μικροφώνων με απόσταση  $d=17\text{cm}$  και με γωνία μικροφώνων  $\theta_0=50^\circ$ . Αυτό το stereo ζεύγος έχει γωνία ηχογράφησης  $\pm 77^\circ$ , πράγμα που σημαίνει ότι το άκουσμα του φλάουτου και του βιολεντσέλου κατά την αναπαραγωγή της εγγραφής θα έρχεται από σχεδόν τέρμα αριστερά και τέρμα δεξιά αντίστοιχα.

Στο amfi\_02.wav το μόνο που έχει αλλάξει είναι ότι πλέον ηχογραφείται μόνο το πιάνο και το κλαρινέτο το οποίο βλέπει το ζεύγος υπό γωνία 60 μοιρών. (Βλ. Σχ. 5.14).



**Σχήμα 5.14.**

Στο amfi\_03.wav έχει τοποθετηθεί το stereo ζεύγος ένα μέτρο (1m) πιο πίσω (Σχ.5.15), με αποτέλεσμα να ακούγεται λιγότερο αριστερά το κλαρινέτο (αφού  $\theta_b < \theta_a$ ), αλλά και με περισσότερο καταγραμμένο χώρο.



**Σχήμα 5.15.**

Στο amfi\_04.wav επιλέγουμε, στην ίδια απόσταση, υπερκαρδιοειδές πολικά διαγράμματα στα μικρόφωνα, όπου γνωρίζουμε ότι το DSF του υπερκαρδιοειδές πολικού διαγράμματος είναι μεγαλύτερο από αυτό του καρδιοειδές. Αποτέλεσμα να έχει φυσικά το άκουσμα λιγότερο καταγραμμένο χώρο. Βέβαια στην ηχογράφιση αυτή έχει αλλάξει και η γωνία των μικροφώνων από  $50^\circ$  σε  $31^\circ$  με σκοπό την διατήρηση της ίδιας γωνίας κάλυψης, σύμφωνα με τα σχεδιαγράμματα του M.Williams.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Ένα πλεονέκτημα των stereo τεχνικών που βασίζονται μόνο στη διαφορά level, όπως τα συμπτωτικά ζεύγη μικροφώνων,  $\Delta t=0$ , είναι ότι η αναλυτικότητα των ηχητικών πηγών στη stereo εικόνα είναι ανεπηρέαστη από την απόσταση μεταξύ stereo ζεύγους και ηχ. πηγών. Απ' την άλλη, μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι οι stereo ηχογραφήσεις με αυτή την τεχνική, δείχνουν να στερούνται μια καλή αίσθηση του χώρου.

- Με τις stereo τεχνικές, όπως των σχεδόν συμπτωτικών ζευγών μικροφώνων, φαίνεται να υπάρχει ένας καλύτερος συμβιβασμός όσον αφορά την παραγωγή μιας καλής stereo εικόνας και μιας σωστής καταγραφής του χώρου. Βέβαια, υπάρχει η φασική διαφορά λόγω της απόστασης των μικροφώνων, και έτσι ενδεχομένως να υπάρχουν ακυρώσεις φάσεων στη περίπτωση μιας mono αναπαραγωγής.

- Λόγω της ιδιομορφίας των πολικών διαγραμμάτων των μικροφώνων, το Blumlein δεν προτείνεται να τοποθετείται σε στενούς, αλλά σε ευρύ χώρους. Παρατηρείται πως με τη stereo τεχνική "Blumlein" παράγεται ένας πολύ φυσικός ήχος. Τα παραπάνω ισχύουν και για το ζεύγος Faulkner, με τη διαφορά ότι η γωνία ηχογράφησης είναι πολύ μικρότερη.

- Σύμφωνα με τη γεωμετρία, για μεγάλα μουσικά σύνολα, τα stereo ζεύγη με μικρή γωνία ηχογράφησης θα πρέπει να τοποθετούνται σε μεγάλη απόσταση από το μουσικό σύνολο. Αυτό όμως θα έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη καταγραφή reverb. Επομένως μπορούν να χρησιμοποιηθούν συμπληρωματικά για την καταγραφή περισσότερου χώρου. Το ζεύγος Faulkner αποτελεί μία από αυτές τις περιπτώσεις.

- Η γωνία των μικροφώνων θα πρέπει να είναι τόση, όσο είναι δυνατόν, έτσι ώστε να μην επιτρέπεται η περίπτωση του φαινομένου 'off-axis coloration'.

- Ο τεχνικός εξοπλισμός θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο καλός λόγω του απαιτούμενου προς ηχογράφηση ηχητικού υλικού.

- Είναι προτιμότερο, όταν δεν υπάρχει καλό monitoring κατά την ηχογράφιση, η κοντινή τοποθέτηση του stereo ζεύγους ως προς το μουσικό σύνολο, για την αποφυγή καταγραφής μεγάλου ποσοστού του χώρου.

## Επίλογος

Μια stereo ηχογράφιση απαιτεί μια πολύ καλή γνώση των στερεοφωνικών τεχνικών αλλά και κάποιων άλλων παραγόντων όπως τα στοιχεία ενός κλειστού χώρου, τα χαρακτηριστικά των μικροφώνων που θα χρησιμοποιηθούν και άλλα...

Επίσης, χρειάζεται ένα καλό monitoring για τον ήχο που καταγράφεται αφού η μίξη του ηχογραφημένου υλικού και η ακρόασή του γίνεται 'real time'..

Μετά την λεπτομερή θεωρητική ανάλυση των στερεοφωνικών ζευγών μικροφώνων και την ακρόαση του ηχητικού υλικού που έχει καταγραφεί από αυτά, μέσω αυτό το μικρό αριθμό ηχογραφήσεων, γίνεται κατανοητό πως οι παράγοντες που επιδρούν σε μια stereo ηχογράφιση ποικίλουν αλλά μέσω της εργασίας αυτής γίνονται κατανοητά κάποια πράγματα, χρήσιμα για την επίτευξη μιας καλής stereo ηχογράφησης..

## Βιβλιογραφία

Francis Rumsey, Tim McCormick. 'Sound And Recording, An Introduction.' F Focal Press (4th Ed.,1989).

Rumsey, "*Spatial Audio*", Focal Press F (2001).

Barlett B. 'Stereo Microphone Techniques.' Focal Press (2nd Ed.,1989).

Williams, M., *Unified Theory of Microphone Systems for Stereophonic Sound Recording*", presented at the 82nd Convention of the Audio Engineering Society, May 1987, convention paper 2466.

Παπανικολάου Γ. 'Τεχνολογία Ηχογραφήσεων', Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη 1991, σελ. 2 5-47.

Ξενικάκης Δ. 'Σημειώσεις Ηχοληψία I', Ρέθυμνο 2002.

Ξενικάκης Δ. 'Σημειώσεις Ηχοληψία II', Ρέθυμνο 2002.

Ξενικάκης Δ. 'Σημειώσεις Ηχοληψία III', Ρέθυμνο 2002.

Διαμαντόπουλος Τ. 'Προγραμματισμός και Σύνθεση Ήχου', Εκδόσεις 'ΕΛΛΗΝ', 2004, Comb filters.

Bruce Barlett. (1999).Stereo Microphone Techniques. Ανακτήθηκε 17 Μαρτίου, 2006, από <http://www.tape.com/BruceBarlett/StereoMicrophoneTechniques/>

Bruce Barlett. (1999).Stereo Microphone Procedures. Ανακτήθηκε 17 Μαρτίου, 2006, από <http://www.tape.com/BruceBarlett/StereoMicrophoneProcedures/>



Σκαρλάτος Δ. ‘Εφαρμοσμένη Ακουστική’, Εκδόσεις ‘ΦΙΛΟΜΑΘΕΙΑ’, 2<sup>η</sup> Έκδοση  
Ιανουάριος 2005.

Δώδης Δ, *‘ΗΧΟΛΗΨΙΑ, Η Δημιουργία με τη Σύγχρονη Τεχνολογία’*, Εκδόσεις ‘ΙΩΝ’,  
1990.

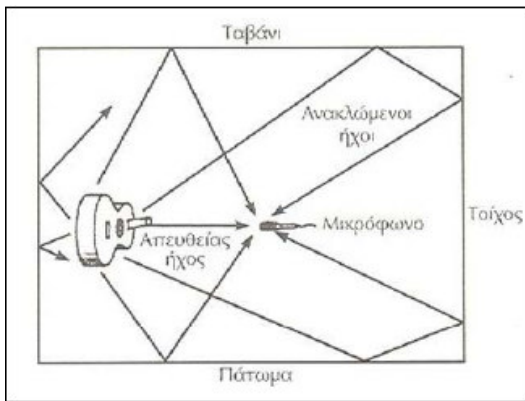
Γκολφίδης Α. & Κουτσοδημάκης, **Χ.** ‘Περί Ήχου και Ακρόασης’.

## Παράρτημα Α

### Ανακλάσεις

Γενικά, όταν ένας ακροατής ‘ακούει’ μία πηγή που ηχοβολεί σε ένα χώρο τότε η ηχητική πληροφορία που ο ακροατής ‘εισπράττει’ είναι το άθροισμα του απευθείας (direct) ήχου της πηγής και των ‘στοιχείων χώρου’. Σύμφωνα με την ακουστική, η αντήχηση είναι ένα τεράστιο άθροισμα ανακλάσεων που προσεγγίζουν τον ακροατή από όλες τις διευθύνσεις. Αυτές οι ανακλάσεις οφείλονται συνήθως στα τοιχώματα ενός κλειστού χώρου (ανακλάσεις συμβαίνουν και στην ύπαιθρο προκαλούμενες από το έδαφος). Οι ανακλάσεις αυτές φτάνουν στον ακροατή λίγο μετά από τον απευθείας ήχο. Ουσιαστικά δηλαδή μία ανάκλαση είναι ο απευθείας ήχος της πηγής με μία μικρή καθυστέρηση. Ταυτόχρονα, επειδή η ανάκλαση ‘διανύει’ μεγαλύτερη απόσταση από ότι ο απευθείας ήχος, συνήθως παρουσιάζει μείωση στην έντασή της (level). Γενικά, μεγαλύτερες αποστάσεις προκαλούν μεγαλύτερες απώλειες σήματος. Μια απλή προσέγγιση της μείωσης αυτής είναι:  $\frac{I_D(r)\pi}{r^2}$  όπου  $I_D$  η ένταση του απευθείας ήχου, και  $r$  η ακτίνα(απόσταση) από την πηγή. Επιπρόσθετα, τα χαρακτηριστικά της ανακλαστικής επιφάνειας (των τοίχων) επηρεάζουν το ηχόχρωμα των ανακλάσεων. Η επιφάνεια απορροφάει την ηχητική ενέργεια που προσπίπτει σε αυτή, με συχνοτικά εξαρτώμενο τρόπο. Το ποιες συχνότητες απορροφούνται εξαρτάται από τα υλικά από τα οποία η ανακλαστική επιφάνεια αποτελείται, το μέγεθος, το σχήμα και την επιφάνειά της, καθώς και από χαρακτηριστικά όπως η γωνία πρόσπτωσης. Στον πίνακα 7 καταρτίζονται οι τιμές του συντελεστή απορρόφησης διάφορων υλικών. Ολοκληρώνοντας, μπορούμε να πούμε ότι η αντήχηση αποτελείται από ένα άθροισμα πολλών χρονικά ‘καθυστερημένων’ επαναλήψεων (ανακλάσεων) του απευθείας σήματος, οι οποίες έχουν διάφορες εντάσεις (κυρίως μικρότερες) και είναι αλλοιωμένες ηχοχρωματικά με όχι ομοιόμορφο τρόπο (Βλ. Σχ. 7.1).

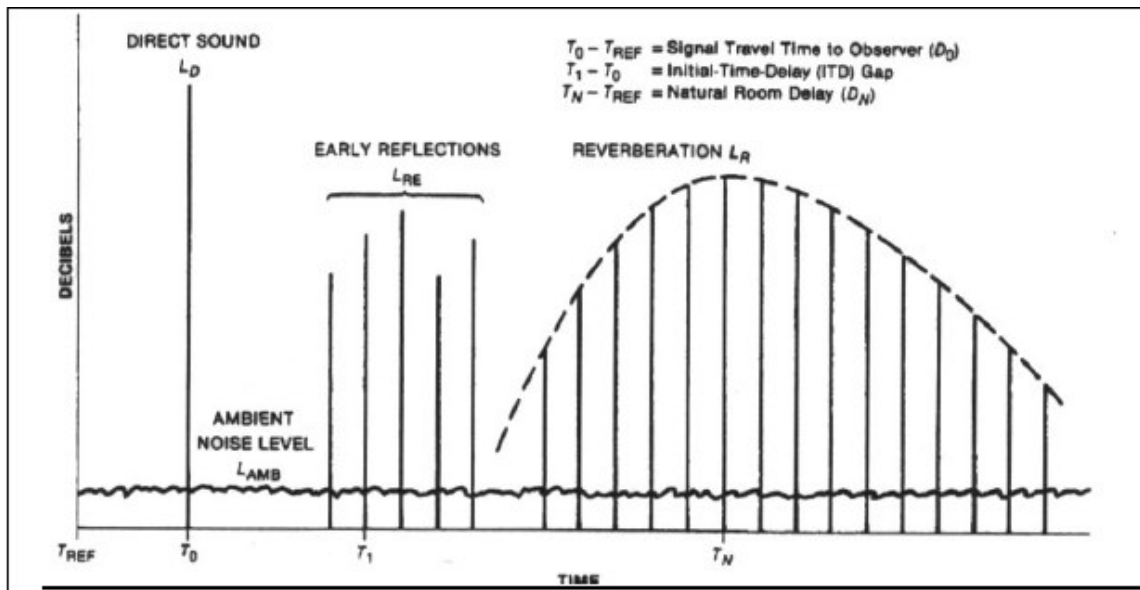
Οι έννοιες ‘αντήχηση’ και ‘ανακλάσεις’ γενικότερα μπορούν να περιγραφούν από τον γενικότερο τίτλο ‘(ακουστικά) στοιχεία χώρου’, ή αλλιώς ‘χωρικά στοιχεία’. (Ξενικάκης Δ., “Σημειώσεις μαθήματος Ηχοληψία II”, Ρέθυμνο 2002) .



**Σχήμα 7.1**

Το ποσοστό του απευθείας ήχου και των στοιχείων χώρου εξαρτάται κυρίως από την απόσταση ακροατή-πηγής. Τα στοιχεία χώρου σε γενικές γραμμές δεν υφίστανται σοβαρές αλλαγές στο level με τη μεταβολή της παραπάνω απόστασης (ακροατή-πηγής), παρά τις αξιοσημείωτες διαφοροποιήσεις του ακουστικού τους χαρακτήρα. Αντίθετα, ο απευθείας (direct) ήχος μεταβάλλεται δραστικά. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι όσο η παραπάνω απόσταση μειώνεται, τόσο ο ήχος της πηγής ακούγεται πιο ‘ξερός’, περιορίζοντας τα χωρικά στοιχεία. Στο σημείο που η απόσταση αυτή είναι πάρα πολύ μικρή, τα χωρικά στοιχεία είναι πρακτικά ανύπαρκτα στο άκουσμα. Αντίστοιχα, όσο η απόσταση αυτή αυξάνεται, τα χωρικά στοιχεία αυξάνονται σε σχέση με τον απευθείας ήχο.

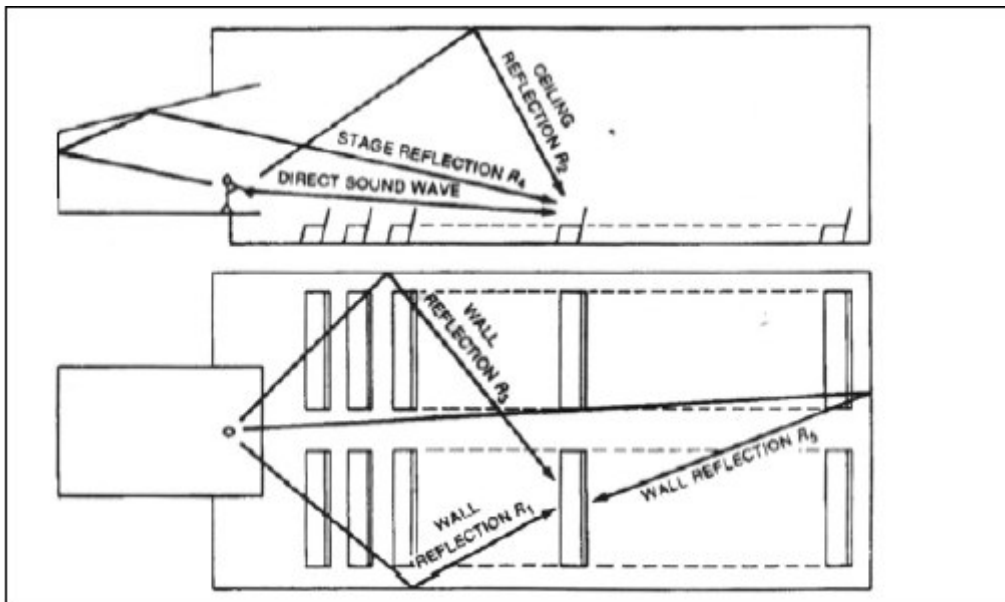
## Τα στοιχεία του κλειστού χώρου



Σχήμα 7.2

Στο παραπάνω σχήμα (Σχ. 7.2) παρουσιάζεται η ‘συμπεριφορά’ ενός ήχου μέσα σε ένα κλειστό χώρο. Ο κάθετος άξονας (*DECIBELS*) αναφέρεται στην ένταση (level) που ακούει ο ακροατής συναρτήσει του οριζόντιου άξονα (*TIME*) που αντιστοιχεί στο χρόνο. Το  $T_{REF}$  είναι η χρονική στιγμή κατά την οποία η πηγή αρχίζει να ηχοβολεί. Παρατηρούμε ότι χρειάζεται κάποιος χρόνος μέχρι το σήμα να φτάσει στον παρατηρητή - ακροατή. Αυτός ο χρόνος περιγράφεται από την σχέση  $T_0 - T_{REF}$  (Signal Travel Time To Observer) όπου  $T_0$  η χρονική στιγμή που ο απευθείας ήχος φτάνει στον ακροατή. Κατά τη χρονική στιγμή  $T_0$  ακροατής λαμβάνει την ηχητική στάθμη (ακούει) του απευθείας ήχου της πηγής  $L_D$  (*DIRECT SOUND*). Μετά το σήμα  $L_D$  ακολουθούν οι πρώτες ανακλάσεις  $L_{RE}$  (*Early Reflections*). Οι πρώτες ανακλάσεις προκύπτουν από διαδρομές του σήματος όπως οι ‘*CEILING REFLECTION*’ και ‘*WALL REFLECTION*’ (αριστερά στο κάτω σχήμα) που εμφανίζονται στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 7.3). (Ξενικάκης Δ. ‘Σημειώσεις μαθήματος Ηχοληψία II’, Ρέθυμνο 2002).

Ο χρόνος  $T_1 - T_0$  (αρχικό χρονικό κενό καθυστέρησης) (Initial Time-Delay (ITD) gap) περιγράφει το διάστημα που περνάει μέχρι να φτάσουν οι πρώτες ανακλάσεις στον



Σχήμα 7.3

ακροατή. Αυτό το χαρακτηριστικό εξαρτάται κυρίως από τη θέση του ακροατή μέσα στο χώρο. Ουσιαστικά λοιπόν το κύριο στοιχείο που προσφέρουν οι πρώτες ανακλάσεις είναι η αίσθηση της απόστασης του ακροατή από την πηγή αλλά και χαρακτηριστικά όπως ο χαρακτήρας του χώρου, οι διαστάσεις του, η επένδυσή του κ.τ.λ. Πριν το τέλος των πρώτων ανακλάσεων στον ακροατή φτάνει ο τεράστιος όγκος των μετέπειτα πολλαπλών ανακλάσεων LR (*REVERBERATION*) οι οποίες σχηματίζουν την κυρίως αντήχηση. Τέτοιες ανακλάσεις εμφανίζονται στο παραπάνω σχήμα με την ονομασία ‘STAGE REFLECTION’ και ‘WALL REFLECTION’ (δεξιά στο κάτω σχήμα). Η περιβάλλουσα έντασης του αντηχητικού αυτού πεδίου περιγράφεται από την διακεκομμένη γραμμή. Από το σχήμα γίνεται αντιληπτό ότι χρειάζεται κάποιος χρόνος για να φτάσει το LR στο μέγιστο της έντασης του. Αυτό συμβαίνει τη χρονική στιγμή  $T_N$  δηλαδή ( $T_N - T_0$ ) sec μετά το direct σήμα. Μετά το χρονικό σημείο αυτό ξεκινάει η φάση του decay, της ‘ουράς’ δηλαδή της αντήχησης (reverberation tail ή late reverberation). Όπως γίνεται αντιληπτό ή χρονική στιγμή  $T_N$  χωρίζει χρονικά το κυρίως αντηχητικό πεδίο σε δύο στάδια: της οικοδόμησης ή ανόρθωσης ή buildup που προηγείται και του decay που

έπεται. Από αυτά προκύπτει ο λογικός ορισμός ( $T_N - T_{REF}$ ) που είναι το φυσικό delay του δωματίου (Natural Room Delay). Με άλλα λόγια πρόκειται για την καθυστέρηση (delay) με την οποία ο μουσικός (για τον οποίο ισχύει ότι  $T_0 = T_{REF}$ ) αντιλαμβάνεται ολοκληρωμένη την αντήχηση του κλειστού χώρου. Η τιμή της συγκεκριμένης καθυστέρησης αφορά κυρίως το μέγεθος του χώρου. Μεγαλύτερος χώρος σημαίνει μεγαλύτερες διαδρομές κατά μέσο όρο οι οποίες προκαλούν πιο αργή συσσώρευση του όγκο των ανακλάσεων που θα δημιουργήσουν το LR level. Αντίστοιχα, η ταχύτητα εξασθένησης της αντήχησης (decay) εξαρτάται κυρίως από το είδος των υλικών που περιβάλλουν το χώρο (π.χ. την απορροφητικότητά τους συναρτήσει της συχνότητας).

Ένα εξίσου σημαντικό μέγεθος για ένα κλειστό χώρο είναι ο χρόνος  $T_{60}$ . Ως χρόνος αντήχησης  $T_{60}$  ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται ώστε η στάθμη θορύβου (Lp) σε κάποιο σημείο να ελαττωθεί κατά 60dB, μετά το μηδενισμό του εκπεμπόμενου θορύβου από την πηγή. (Σκαρλάτος Δ. 'Εφαρμοσμένη Ακουστική' Εκδόσεις 'ΦΙΛΟΜΑΘΕΙΑ', Πάτρα, Οκτώβρης 2003).

Ο υπολογισμός του χρόνου αντήχησης παίζει πάρα πολύ σπουδαίο ρόλο στην ακουστική των κλειστών χώρων, διότι σχετίζεται με την ακουστική ποιότητα των χώρων. Ο χρόνος αυτός για τον ίδιο χώρο εξαρτάται από τη συχνότητα του ήχου και μετριέται σε sec. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή του χρόνου αντήχησης για μία δεδομένη συχνότητα είναι η απορρόφηση και ο όγκος του χώρου. Από όλα τα παραπάνω προκύπτει ότι από η μορφή της περιβάλλουσας (envelope) της αντήχησης, το Room Delay και η τιμή του χρόνου αντήχησης  $T_{60}$  αποτελούν τα βασικά θεμελιώδη χαρακτηριστικά ενός κλειστού χώρου, τα οποία προκύπτουν σε μεγάλο βαθμό από το χαρακτήρα του. Δηλαδή διαφορετικοί χώροι (με διαφορετικά θεμελιώδη χαρακτηριστικά) έχουν διαφορετική περιβάλλουσα της αντήχησης, Room Delay και  $T_{60}$  και διαφορετικό άκουσμα.

## Παράρτημα Β

### Τεχνικά Χαρακτηριστικά Εξοπλισμού

- TASCAM DA-P1



#### Overview

- Portable DAT Player
- 2 Mic Preamps with Limiter, -20dB Pad, Phantom Power
- Unbalanced RCA Analog I/O
- SPDIF Digital I/O (SCMS Free Recording)
- 100 Minute Battery Life (Phantom Power On)
- Headphone Output w/ Level Control
- Recording at 48kHz, 44.1kHz, & 32kHz Sample Rates
- Margin Counter with Reset Key
- Power Adapter, Battery and Shoulder Strap Included
- Optional BP-D1 Batteries and CB-D1 Charger
- Optional CS-D1 Carrying Case

#### Performance Specifications:

Tape Speed: SP - 8.15mm/s; LP - 4.075mm/s

Recording Time (120 DAT): SP - 120 minutes; LP - 240 minutes

Fast Winding Time: Approx 60 seconds (120 tape)

Recording Resolution: SP - 16 bit linear; LP - 12 bit non-linear

Recording Sample Rate: SP - 44.1kHz, 48kHz; LP - 32kHz

Frequency Response: 20Hz-20kHz  $\pm$ 0.5dB, SP; 20Hz-14.5kHz LP

Signal to Noise Ratio: >90dB Playback (SP)

Total Harmonic Distortion: <0.007% Playback (SP)

Wow and Flutter: Unmeasurable (<0.001%)

Mic/Line XLR Inputs: Mic Setting:  
Balanced -60dBm (0.8mV), 2.5kOhm  
-20dB switchable pad

Line Setting: Balanced +4dBm (1.2V), 10kOhm

Analog Line In: Unbalanced RCA, -10dBV (0.3V), <35kOhm

Analog Line Out: Unbalanced RCA, -10dBV (0.3V), 500 Ohm

Digital Coaxial I/O: Coaxial IEC60958 Type II

Headphone Output: 15mW + 15mW @ 32 Ohms

Average Battery Life: Approx 120 minutes, phantom power off  
Approx 100 minutes, phantom power on

Battery Charge Time: Within 2.5 hours

**General Specifications:**

Power Supply Requirements: 120V AC, 60Hz (USA/Canada Model)  
230V AC, 50Hz (UK/Europe Model)  
240V AC, 50Hz (Australia Model)

Power Consumption: 13W operating, 15W charging battery

Dimensions: 258 x 54 x 188 mm  
10-3/16" x 2-1/8" x 7-3/8"

Weight: 1.2Kg, 2-10/16 lbs. (without battery)

Standard Accessories: Shoulder Strap, PS-D1 Power Adapter, BP-D1 NiCd  
Battery

Optional Accessories: BP-D1 Batteries, CB-D1 Battery Charger,  
CS-D1 Carrying Case



- FOCUSRITE Red 1: Quad Pre-mic



## Red 1 Specifications

Mic input gain	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -6dB to +60dB in 6dB steps</li> </ul>
Mic Input Impedance	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1200 Ohm +/- 15%, balanced and floating</li> </ul>
Frequency Response	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10Hz to 140kHz (-3dB points), Ohm +/- 0.1dB within passband</li> </ul>
Noise (EIN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -127dBu (input loaded 200 Ohm) @ 60dB gain</li> </ul>
Distortion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0.15% (-20dBu @ 20Hz)</li> <li>• 0.06% (-20dBu @ 40Hz)</li> <li>• 0.003% (-20dBu @ 1kHz)</li> <li>• 0.005% (-20dBu @ 10kHz)</li> </ul>
Output	<ul style="list-style-type: none"> <li>• +24dBm into 600 Ohm</li> <li>• +26dBm into 10k Ohm, balanced and floating</li> </ul>
Warranty	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 year</li> </ul>

- TASCAM DA 78HR



### Main Features

- ▣ Selectable 24-bit or 16-bit recording format
- ▣ 44.1/48 kHz sampling frequency
- ▣ Backwards compatible with existing DTRS recordings
- ▣ Synchronization of up to 16 units (with DA-38, DA-88 and DA-98)
- ▣ 24-bit, 128 times over-sampling
- ▣ Delta/Sigma A/D and D/A converters
- ▣ MIDI In/Out/Thru
- ▣ Supports MMC
- ▣ Time code in/out with on-board SMPTE synchronize
- ▣ D-sub 25-pin balanced and RCA unbalanced analogue audio I/O
- ▣ TDIF digital audio interface
- ▣ SPDIF digital audio I/O
- ▣ Word sync IN/OUT/THRU

- ▣ Machine offset in sub-frame or sample rate accuracy
- ▣ Auto punch I/O in 0.1 frame accuracy
- ▣ Advanced internal electronic patchbay
- ▣ Set-up memory stored to tape
- ▣ Digital direct-track copying within a unit or between two units
- ▣ Shuttle wheel
- ▣ Track delay function
- ▣ ±6% pitch control
- ▣ Seamless punch I/O with digital cross fade
- ▣ Adjustable peak hold and release time level meter
- ▣ Built-in digital tone oscillator
- ▣ A/B head playback error rate-display function
- ▣ 3U rack-mountable

- EURORACK UB 1202



## Τεχνικά χαρακτηριστικά

### Μονοφωνικές εισοδοί

#### Είσοδοι μικροφώνου (IMP Invisible Mic Preamp)

Τύπος	XLR, ηλεκτρονικά συμμετρική, διακριτική βαθμίδα εισόδου
Mic E.I.N. (20 Hz - 20 kHz)	
@ 0 Ω αντίσταση πηγής	-134 dB / 135,7 dB A-ισοσταθμ.
@ 50 Ω αντίσταση πηγής	-131 dB / 133,3 dB A-ισοσταθμ.
@ 150 Ω αντίσταση πηγής	-129 dB / 130,5 dB A-ισοσταθμ.

Απόκριση συχνότητας	<10 Hz - 150 kHz (-1 dB), <10 Hz - 200 kHz (-3 dB)
---------------------	---

Περιοχή ενίσχυσης	+10 έως +60 dB
Μέγ. στάθμη εισόδου	+12 dBu @ +10 dB Gain
Σύνθετη αντίσταση	περ. 2,6 kΩ συμμετρική
Λόγος σήματ./θορύβ. (SN)	110 dB / 112 dB A-ισοσταθμ. (0 dBu In @ +22 dB Gain)

#### Παραμορφώσεις (THD+N) 0,005% / 0,004% A-ισοσταθμ.

#### Είσοδος Line

Τύπος	Στερεοφωνικό βύσμα 6,3 mm, ηλεκτρονικά συμμετρικό
Σύνθετη αντίσταση	περ. 20 kΩ συμμετρική 10 kΩ ασύμμετρη

Περιοχή ενίσχυσης	-10 έως +40 dB
Μέγ. στάθμη εισόδου	30 dBu

#### Απόσβεση εξασθένησης<sup>1</sup> (Απόσβεση παρεμβολής)

Main-Fader κλειστός	90 dB
Κανάλι απομονωμένο	89,5 dB

#### Έξοδος ακουστικών

Τύπος	Στερεοφωνικό βύσμα 6,3 mm, ασύμμετρη
Μέγ. στάθμη εξόδου	+19 dBu / 150 Ω (+25 dBm)

#### Στοιχεία συστήματος Main Mix<sup>2</sup>

Θόρυβος	
Main Mix @ -∞	
Fader καναλιού -∞	-106 dB / -109 dB A-ισοσταθμ.
Main Mix @ 0 dB,	
Fader καναλιού -∞	-95 dB / -98 dB A-ισοσταθμ.
Main Mix @ 0 dB,	
Fader καναλιού @ 0 dB	-84 dB / -87 dB A-ισοσταθμ.

#### Παροχή ρεύματος

Κατανάλωση ισχύος	UB502: 13 W
	UB802: 17 W
	UB1002: 18 W
	UB1202: 23 W

#### Τάση ηλεκτρ. δικτύου

ΗΠΑ/Καναδάς	115 V ~, 60 Hz, τροφοδοτ. MXUL5
Μεγ. Βρετ./Αυστρ.	240 V ~, 50 Hz, τροφοδοτ. MXUK5
Ευρώπη	230 V ~, 50 Hz, τροφοδοτ. MXEU5
Ιαπωνία	100 V ~, 60 Hz, τροφοδοτ. MXJP5

#### Διαστάσεις

##### UB502

Διαστάσεις (Υ x Π x Β)	περ. 47 mm / 37 mm (1 5/8" / 1 1/2") x 134 mm (5 1/4") x 177 mm (7")
------------------------	---

Βάρος (καθαρό)	περ. 0,55 kg
----------------	--------------

##### UB802

Διαστάσεις (Υ x Π x Β)	περ. 1 5/8" / 1 1/2" (47 mm / 37 mm) x 7 2/5" (189 mm) x 8 2/3" (220 mm)
------------------------	---

Βάρος (καθαρό)	περ. 1,00 kg
----------------	--------------

Fader καναλιού κλειστό	89 dB
<b>Απόκριση συχνότητας</b>	
Είσοδος μικροφώνου προς το Main Out	
<10 Hz - 90 kHz	+0 dB / -1 dB
<10 Hz - 160 kHz	+0 dB / -3 dB
<b>Στερεοφωνικές εισοδοί</b>	
Τύπος	Στερεοφωνικό βύσμα 6,3 mm, ηλεκτρονικά συμμετρική
Σύνθετη αντίσταση	περ. 20 kΩ
Μέγ. στάθμη εισόδου	+22 dBu
<b>Μονοφωνικά κανάλια EQ</b>	
Low	80 Hz / ±15 dB
Mid	2,5 kHz / ±15 dB
High	12 kHz / ±15 dB
<b>Στερεοφωνικά κανάλια EQ</b>	
Low	80 Hz / ±15 dB
Mid	2,5 kHz / ±15 dB
High	12 kHz / ±15 dB
<b>Aux Sends</b>	
Τύπος	Μονοφ. βύσμα 6,3 mm, ασύμμ.
Σύνθετη αντίσταση	περ. 120 Ω
Μέγ. στάθμη εξόδου	+22 dBu
<b>Stereo Aux Returns</b>	
Τύπος	Στερεοφωνικό βύσμα 6,3 mm, ηλεκτρονικά συμμετρική
Σύνθετη αντίσταση	περ. 20 kΩ συμμ. / 10 kΩ ασύμμ.
Μέγ. στάθμη εισόδου	+22 dBu
<b>Έξοδοι Main</b>	
Τύπος	XLR, ηλεκτρονικά συμμετρική
Σύνθετη αντίσταση	περ. 240 Ω συμμ. / 120 Ω ασύμμ.
Μέγ. στάθμη εξόδου	+22 dBu

#### UB1002

Διαστάσεις (Υ x Π x Β) περ. 1 5/8" / 1 1/2" (47 mm / 37 mm) x 7 2/5" (189 mm) x 8 2/3" (220 mm)

Βάρος (καθαρό) περ. 1,05 kg

#### UB1202

Διαστάσεις (Υ x Π x Β) περ. 1 5/8" / 1 1/2" (47 mm / 37 mm) x 9 1/2" (242 mm) x 8 2/3" (220 mm)

Βάρος (καθαρό) περ. 1,35 kg

#### Συνθήκες μέτρησης:

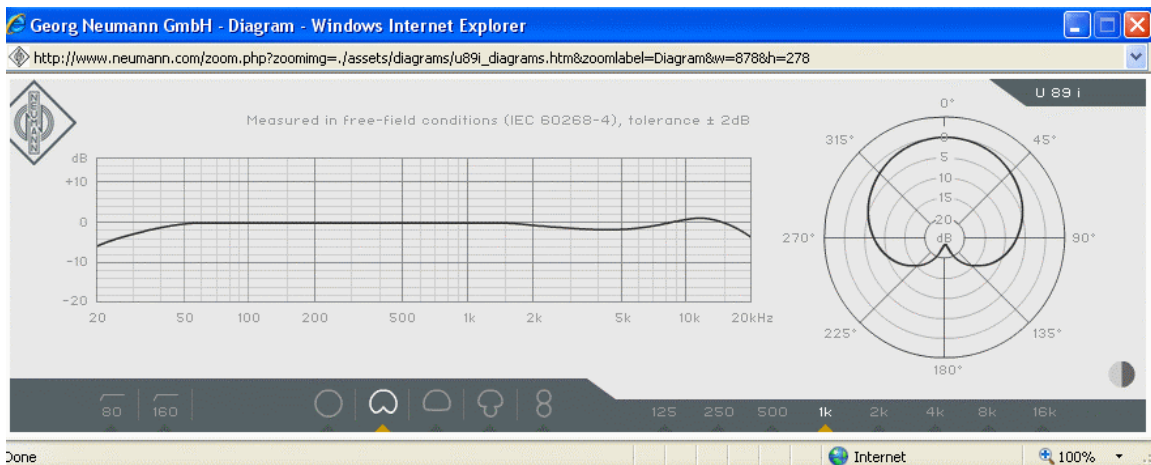
- 1 kHz σε σχ. με 0 dBu, 20 Hz - 20 kHz, είσοδ. Line, έξοδος Main, Gain @ Unity.
- 20 Hz - 20 kHz, μέτρηση στην έξοδο Main. Κανάλια 1 - 4 Gain @ Unity, ρύθμ. ήχου ουδέτ., όλα τα κανάλια στο Main Mix, κανάλια 1/3 εντελώς αριστερά, κανάλια 2/4 εντελώς δεξιά. Αναφορά = +6 dBu

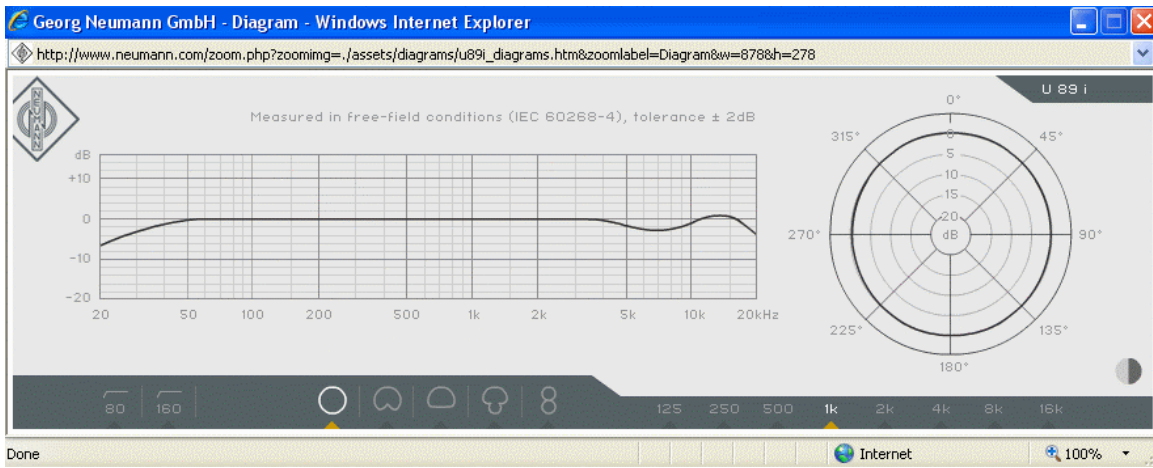
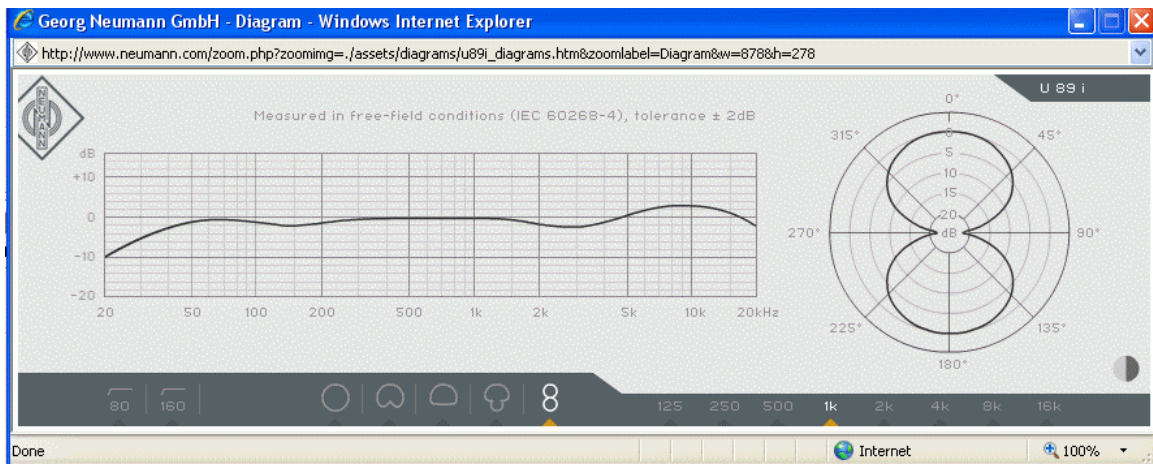
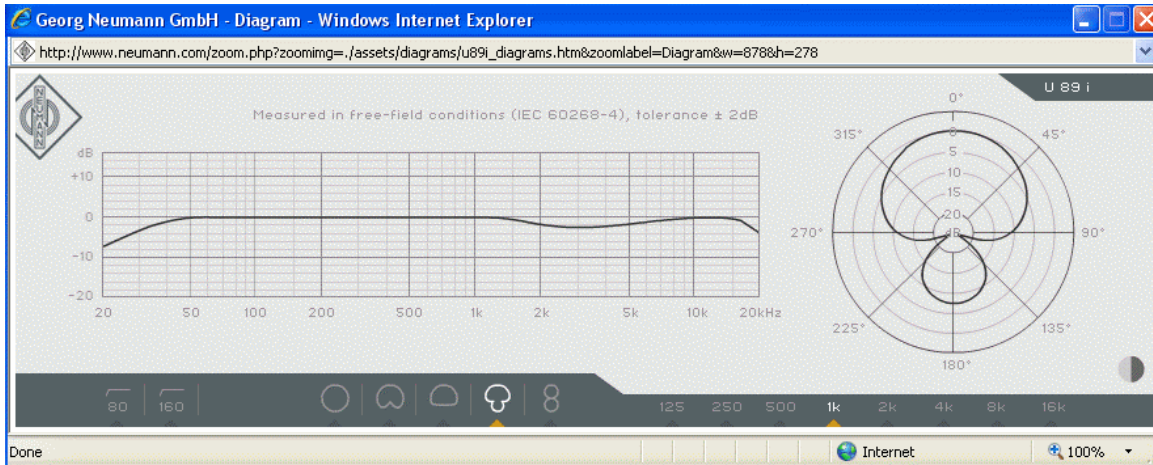
- NEUMAN U89i



- Variable large diaphragm microphone
- Pressure-gradient transducer with double membrane capsule
- Five directional characteristics : omni, wide angle cardioid, cardioid, hypercardioid, figure of eight
- Two stage roll-off filter
- Switchable 10dB pre-attenuation

Παρακάτω φαίνονται τα βασικά πολικά διαγράμματα και η συχνотική τους απόκριση.





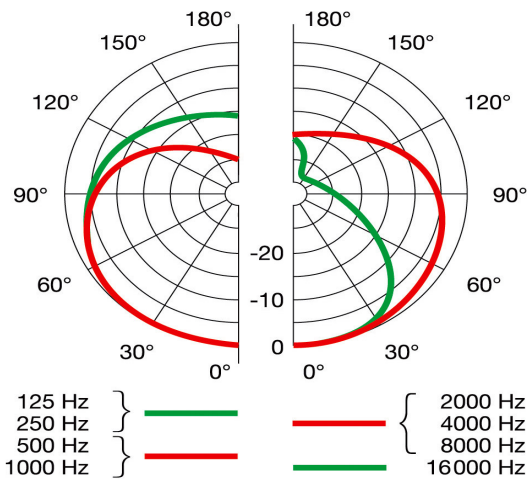
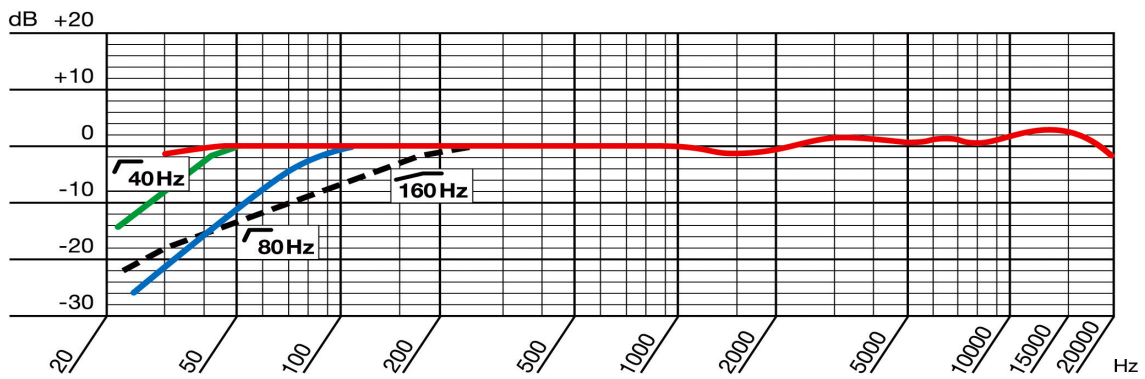
Περισσότερα τεχνικά χαρακτηριστικά :

[http://www.neumann.com/?lang=en&id=current\\_microphones&cid=u89\\_data](http://www.neumann.com/?lang=en&id=current_microphones&cid=u89_data)

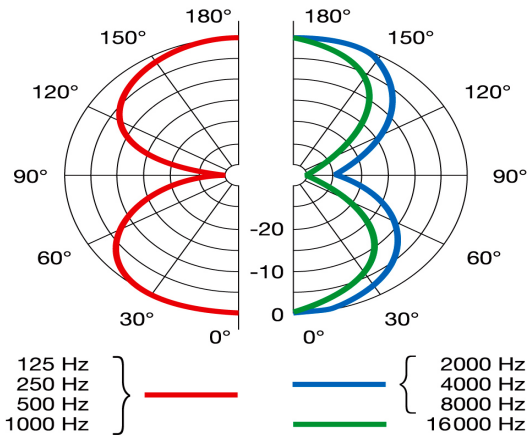
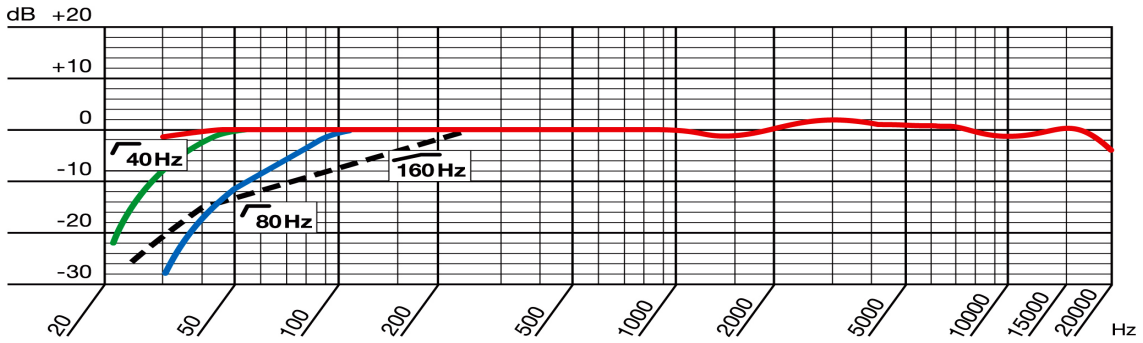
- AKG C 414 B-XLS



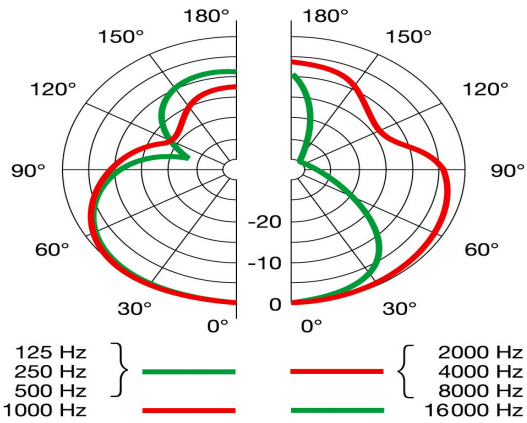
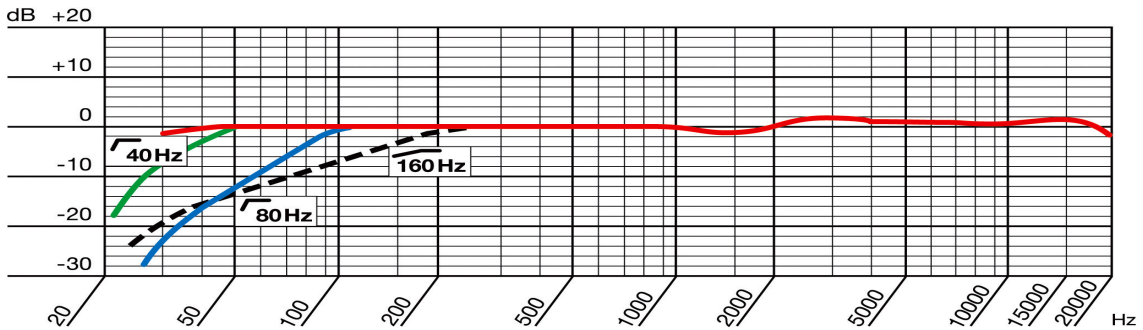
Πυκνωτικό μικρόφωνο μεγάλου διαφράγματος και με επιλογή πολικού διαγράμματος. Φαίνονται παρακάτω τα βασικά πολικά διαγράμματα και η συχνотική τους απόκριση.



**C 414B-XLS  
Cardioid**

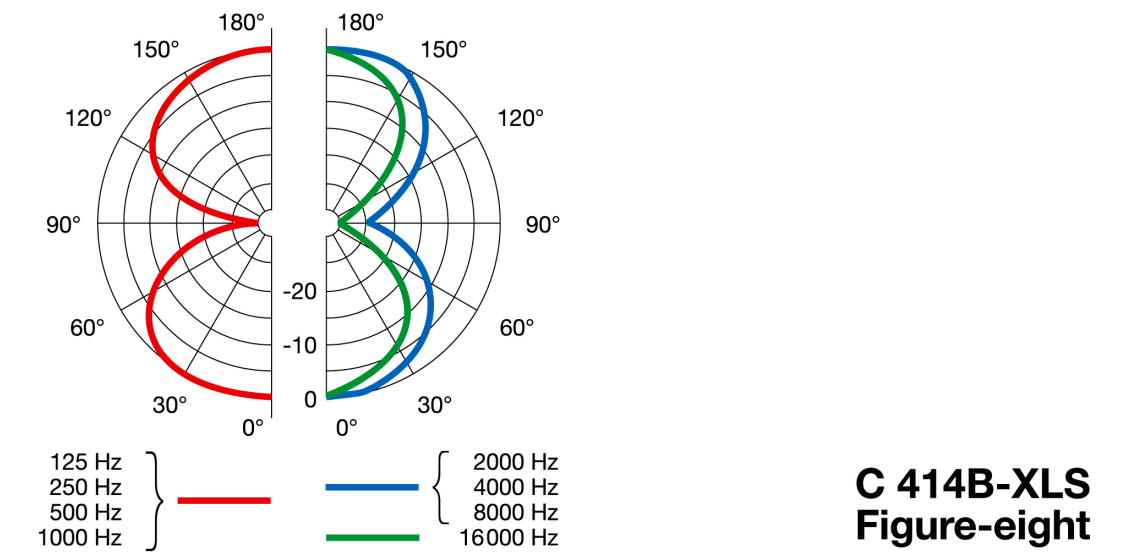
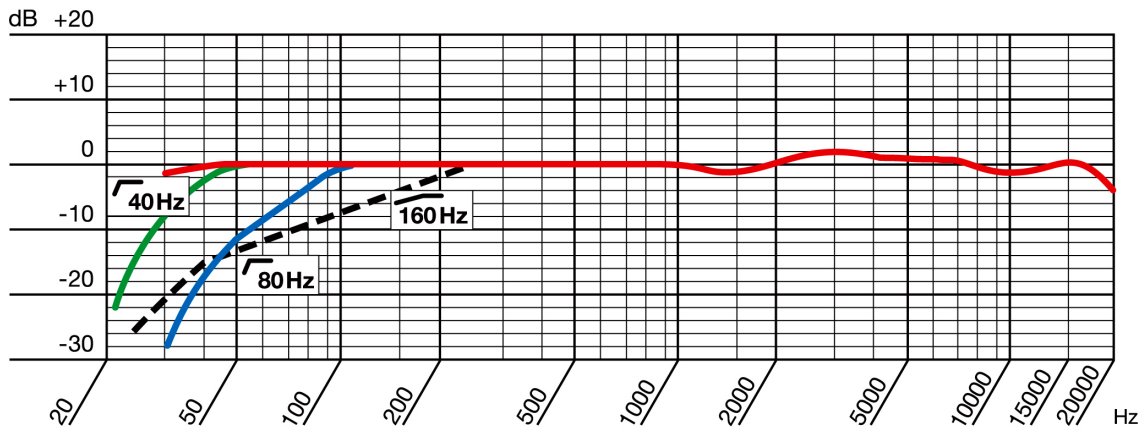


**C 414B-XLS  
Figure-eight**



**C 414B-XLS  
Hypercardioid**





Περισσότερα τεχνικά χαρακτηριστικά :

[http://www.ake.com/site/products/powerslave,id,781,pid,781,nodeid,2,\\_language,EN,vie w,specs.html](http://www.ake.com/site/products/powerslave,id,781,pid,781,nodeid,2,_language,EN,vie w,specs.html)

Ευχαριστώ τους :

Δ.Ξενικάκη, Γ.Πεντζίκη, Κ. Φραγκόπουλο, Χ.Βλαστάκη, Κ.Πολυχρονάκη, Γ.Ζαμπακά,  
Ρίνο, Γ.Πολυμενέρη, Con Fuoco, Ν.Μισσάνιτς, Σ.Ραφτάκης, Ν.Καπετανάκη,  
Γ.Παπαιωάννου, Κωστή, Αλέξανδρο, Γιώργη

και φυσικά τους γονείς μου και τους φίλους μου..