

ΕΞΕΡΕΥΝΩΝΤΑΣ ΤΗ ΜΟΥΣΙΚΗ

Αφού στο πρώτο μέρος της σειράς εξετάστηκαν οι τρόποι με τους οποίους πρέπει να αναλύσουμε τους σύνθετους μουσικούς ήχους, ώστε να προκύψουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα υπο το πρίσμα της υψηλής πιστότητας, αυτό το μήνα αναφερόμαστε στην έννοια της χροιάς, στην πολυσυζητημένη φάση και στην ακουστική μνήμη.

Του Λιβίου Ζαινέα

Η ιδέα, ότι η χροιά του τόνου είναι μία οντότης πολυδιάστατη, μπόρεσε να εξελιχθεί μετά από τις αρχές της 10ετίας του '60 χάρη στις νέες δυνατότητες της τεχνολογίας στην ανάλυση. Οι Plo mp, Steeneken (1969) και Von Bismark (1977) μελέτησαν τη σχέση μεταξύ της χροιάς τόνου και του φάσματός της, για ήχους σε σταθερή κατάσταση (steady state), σε διάφορα σημεία ενός ηχητικού πεδίου διάχυσης αποδεικνύοντας τις διαφορές, που προέρχονται από το διαχυμένο πεδίο και τις αντίστοιχες αλλαγές στη μορφή του ήχου, που επηρεάζουν και οι επόμενες (Moller 1979- Jaes Vol. 27) συμπέραναν, ότι για να επιτύχουμε λογικές σχέσεις μεταξύ υποκειμενικότητας και αντικειμενικότητας στην περιγραφή της ποιότητας του ήχου, που προέρχεται από μία στερεοφωνική εγκατάσταση υψηλής πιστότητας, είναι απαραίτητες 6 παράμετροι, τις οποίες ωστόσο μπορούμε να συνοψίσουμε σε τρεις:

- 1) Η επιρροή του δωματίου και η συνεισφορά του στη σταθερή κατάσταση και στο ωστικό σήμα, καθώς και η συνεισφορά του κουτιού του ηχείου (με σχέση χρόνου/ συχνότητας).
- 2) Η εμφάνιση των χαμηλών συχνοτήτων (μουντών ή όχι), η ποιότητα της ηχητικής εικόνας, η ακουστική θέση των μουσικών οργάνων.
- 3) Η εμφάνιση των υψηλών συχνοτήτων (βαριές, ελαφρές) που καθορίζεται σαν οξύτης.

Στο [διάγραμμα 3](#) φαίνεται το μοντέλο μιας συγκριτικής μελέτης μεταξύ του test υποκειμενικής ακρόασης και της αντικειμενικής μέτρησης των ηχείων.

Ο Klirpel θεωρεί, ότι δύο παράμετροι των ηχείων είναι καθοριστικές για την υποκειμενική εντύπωση-το φάσμα της ηχητικής πίεσης μετρημένης σε ανηχοϊκό δωμάτιο και η κατευθυντικότητα.

Ο J. Grey 1977-78 θεωρεί, ότι η σύνθεση τριών παραγόντων μπορεί να χαρακτηρίσει τη χροιά του τόνου:

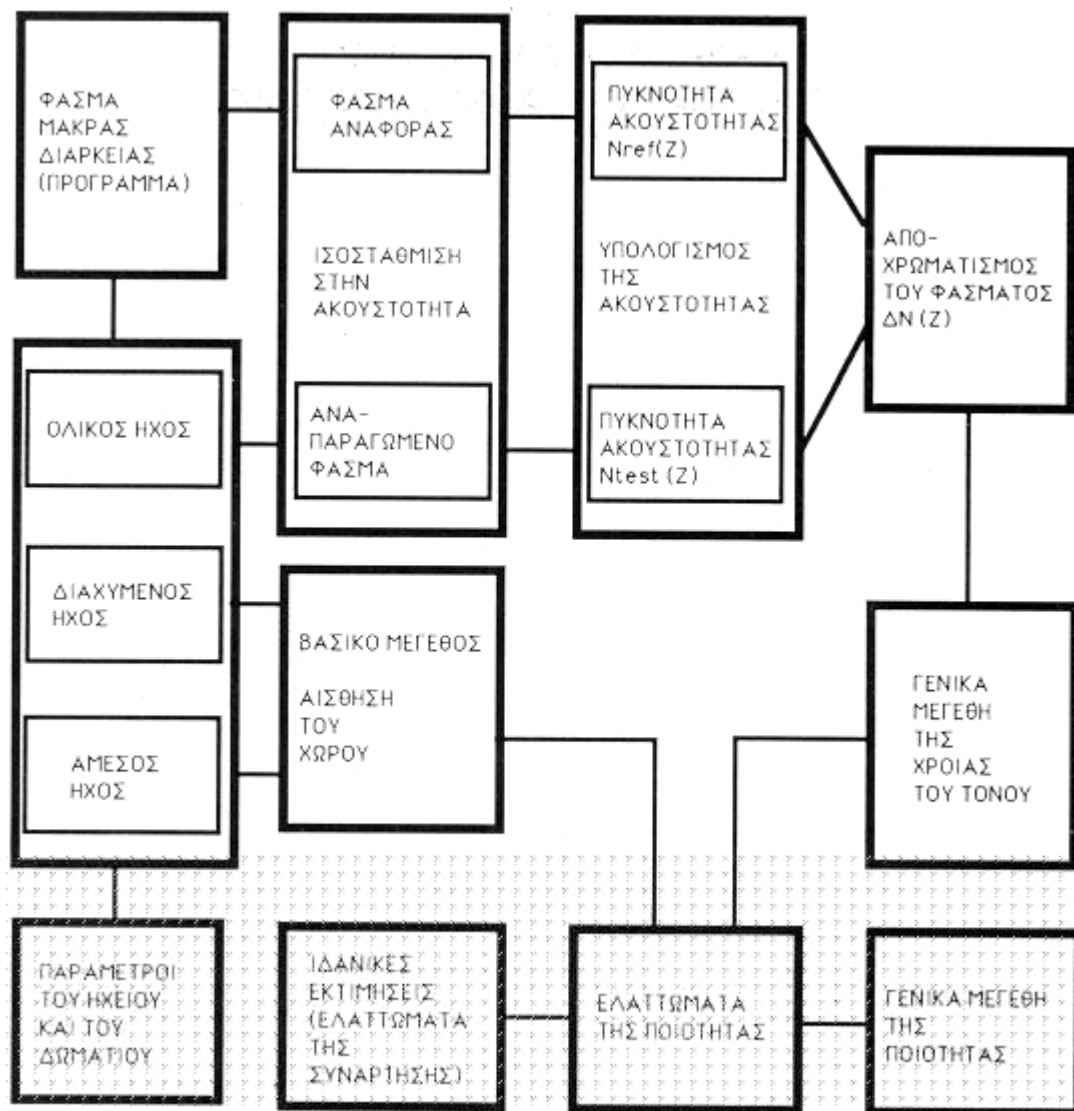
- 1) Η οξύτης-ο κεντροειδής της κατανομής της φασματικής ακουστότητας (που καμιά φορά λέγεται λαμπρότητα).
- 2) Ο συγχρονισμός των επικρατουσών αρμονικών (partials) όταν αυτές αυξάνονται μαζί στην αρχή ή στο τέλος της νότας.
- 3) Η παρουσία της χαμηλής ενέργειας των υψηλών συχνοτήτων στην έναρξη των αρχικών μεταβατικών.

Άλλοι παράγοντες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

α) Τραχύτητα: Ένα φαινόμενο σχετιζόμενο με τα κτυπήματα συχνοτήτων, που περιέχονται στην ίδια κριτική περιοχή.

β) Compactness (συμπαγής), που είναι η θέση ενός ήχου σε μία κλίμακα, που περιέχει από σύνθετους τόνους, μέχρι θόρυβο.

γ) Όταν ένας σύνθετος τόνος έχει μία πλήρη σειρά από αρμονικές partials ή περιέχει μόνο περιπέτες partials, ή υψηλής σειράς



partials με αποτέλεσμα το χρωματισμό του ήχου. Οι partials μέχρι την 6η ή 7η βρίσκονται σε κριπικές περιοχές ξεχωριστές και γι_ αυτό γίνονται αντιληπτές από το αυτί.

Φασματικά μοντέλα για την αντίληψη του τόνου

Στην κατάσταση των διαφόρων μαθηματικών μοντέλων για τη συγκέντρωση των φυσικών φασμάτων των ερεθισμάτων και το συσχετισμό τους με άξονες αντιλήψεως, ο Grey θεώρησε, ότι οι φασματικές γραμμές πρέπει να προκύπτουν από πληροφορίες του φάσματος σε σχέση με το χρόνο, που οδηγεί στη δυνατότητα σύνθεσης περισσότερων φυσικών ερεθισμάτων (μουσικοί ήχοι). Μέθοδοι χρησιμοποιούμενες για να προκύψουν οι φασματικές γραμμές από την περιβάλλουσα των αρμονικών του τόνου:

α) Κάθε επίπεδο της αρμονικής ορίσθηκε από το επίπεδο του peak του εύρους της αρμονικής μέσα στο χρόνο.

β) Η τεχνική, με την οποία ορίζεται η ισότητα του επιπέδου της κάθε αρμονικής με το μέτριο χρονοεπίπεδο της περιβάλλουσας του εύρους που περιέχει την αρμονική.

γ) Ισότητα στο χρονοδιάγραμμα της ενέργειας με το επίπεδο της ίδιας αρμονικής. Στο [σχήμα 23](#) χρησιμοποιείται με τη μέθοδο της κατανομής της κεντροειδούς της συχνότητας σε χρόνο/εύρος/συχνότητα για τον τόνο ντο 1 του κλαρινέτου, που εμφανίζει ταυτόχρονα το ολόκληρο εύρος της περιοχής, το ζύγισμα της ύπαρξης των επικρατούντων partials (οι πρώτες τρεις εμφανίζονται στην αρχή), έτσι εμφανίζοντας μια ευρεία διανομή της αντίληψης της χροιάς του τόνου (αρχή, εξέλιξη, σβήσιμο).

Η ανάλυση γνώσης-αναγνώρισης της εξάρτησης ενός οργάνου σε μία τάξη μουσικών οργάνων εισάγει μία νέα υποκειμενική διάσταση, τη στατικότητα κατά της δυναμικότητας στη διάρκεια ενός τόνου.

Παράδειγμα: Τα ξύλινα πνευστά έχουν γενικά μη αρμονική ατάκα (onset) και τείνουν γρήγορα να αποκτήσουν μία ποιότητα του φάσματος σε σχεδόν ολόκληρη τη διάρκεια του τόνου, με την έννοια, ότι η θεμελιώδης (στη στατική περιοδο-steady state) ακολουθεί την ατάκα-onset (δυναμική και ασταθή) των υψηλότερων αρμονικών.

Σε αντίθεση τα μεταλλικά πνευστά και τα έγχορδα, το φλάουτο και το φαγκότο εμφανίζουν μεταβάσεις και στην ατάκα και στο decay του φάσματος και η στατική περίοδος είναι λιγότερη. Η παρουσία των μη αρμονικών στην ατάκα της νότας εμφανίζεται σαν βόμβος (buzz) ή σαν ελαφρά κτυπήματα σε ξύλινα καγκελάκια. Η παρουσία της ενέργειας των χαμηλών συχνοτήτων παράγει μια καθαρή αρχή.

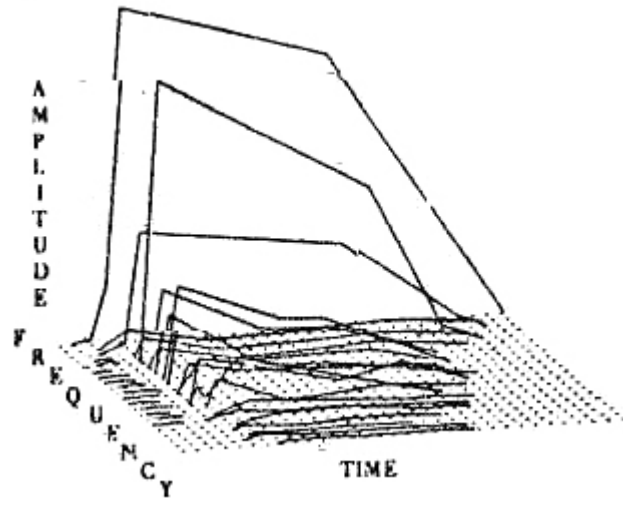
Ο Wessel παρατήρησε, ότι αν η ατάκα περιέχει μεγάλη ενέργεια στις υψηλές συχνοτήτες, ο τόνος ακούγεται σαν να έχει μία μακρύτερη και απαλότερη αρχή, που αργεί να φτάσει στο μέγιστο εύρος. Αν οι χαμηλές αρμονικές εμφανίζονται και επικρατούν γρήγορα, η ατάκα ακούγεται σαν ένας γρήγορος σκληρός και εκρηκτικός ήχος. Γιατί σε κάποιους από μας αρέσει ο μαλακός, στρογγυλός και ζεστός ήχος των παλιών ηχογραφήσεων τζαζ; Δεν φταίει μόνο οι λυχνίες, είναι και το αίσθημα, η νοσταλγία. Η αντίληψη των περιοδικών διακυμάνσεων του μουσικού ήχου-η λεγόμενη τραχύτητα είναι άλλος ένας παράγοντας της χροιάς του τόνου. Αν ένας ήχος στη σταθερή κατάσταση έχει διαμορφωμένο εύρος με μία χαμηλή συχνότητα (παράδειγμα 5Hz) μπορούμε να αναγνωρίζουμε τις διακυμάνσεις του εύρους ή της ακουστότητας. Αν η συχνότης διαμορφώσεως αυξάνεται στα 20 Hz, οι διακυμάνσεις είναι ακόμα αντιληπτές, σαν δυσάρεστες ενοχλήσεις, που λέγονται τραχύτης και θυμίζουν ανώμαλες προεξοχές. Επίσης η τραχύτητα εμφανίζεται και από τα κτυπήματα δύο καθαρών τόνων.

Η ολική τραχύτητα του φάσματος αποτελείται από μερικές τραχύτητες, που παράγονται από τη γειτονία της κριπικής περιοχής. Αν η ένδειξη της ύπαρξης της τραχύτητας καθορίζεται από ψυχοακουστικά test, ας δούμε και τις μεθόδους για τη μείωσή της:

α) Κάθε μουσικός τόνος, που είναι πάνω από 262 Hz (ντο) είναι αρκετά ελεύθερος από τραχύτητα (rugosity). Όταν το pitch βρίσκεται κάτω από 262 Hz πρέπει να διαλέξουμε το εύρος και τη φάση των αρμονικών έτσι, ώστε, οι

NEXT

EX.23



διακυμάνσεις των περιβαλλουσών στη φασματική ζώνη των κριτικών περιοχών να είναι ελάχιστες και σε αντίφαση. Σαν γενικός τρόπος-το εύρος των αρμονικών πρέπει να επιλεγεί έτσι, ώστε να υπάρχουν λίγες δυνατές αρμονικές στην ίδια κριτική περιοχή. Η τραχύτης εμφανίζεται, όταν κάθε κριτική περιοχή περιέχει μία δυνατή αρμονική αδιαφορώντας για τη συχνότητα της θεμελιώδους.

Ένα από τα συμπεράσματα για την εκτίμηση της χροιάς του τόνου είναι, ότι εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από το εύρος του φάσματος. Αν δύο διπλανές αρμονικές, (που βρίσκονται στην ίδια κριτική περιοχή) έχουν ίδιο εύρος, το αισθητό αποτέλεσμα είναι σχεδόν 100% τραχύτης και μειώνεται τέσσερις φορές, αν η διαφορά μεταξύ των αρμονικών είναι 6dB. Το φαινόμενο της τραχύτητας εμφανίζεται ειδικά, όταν παίζονται νότες με χαμηλές συχνότητες και το δυσάρεστο άκουσμα μπορεί να μειώνεται απλά από την αντήχηση, που εισάγεται τεχνητά ή από την ακουστική της αίθουσας. (Έτσι η αίσθηση του ήχου σαν παλμική κίνηση μειώνεται).

Το [σχήμα 22](#) παρουσιάζει τις φασματικές τροποποιήσεις δύο μουσικών οργάνων-τρομπέτας και τρομπονιού. Η αλλαγή στην περιβάλλουσα έγινε με επανατοποθέτηση του μέγιστου εύρους των χαρακτηριστικών αρμονικών της τρομπέτας για να αντιστοιχεί στο επίπεδο των χαρακτηριστικών αρμονικών του τρομπονιού και αντίθετως. Οι αλλαγές έγιναν μόνο μεταξύ των κοινών αρμονικών μετατρέποντας μόνο την κατανομή της φασματικής ενέργειάς τους (Grey 1977-78).

Στο studio - 1991 - είχα την ευκαιρία της εφαρμογής αυτής της τεχνικής χρησιμοποιώντας τον ψηφιακό processor Drawmer 500M που μας επιτρέπει με το πρόγραμμά του `_recording envelope_` την τροποποίηση της χροιάς του τόνου ενός οργάνου, με μία άλλη χροιά τόνου απομνημονευμένη με τη βοήθεια μιας εξαιρετικά πολύπλοκης τεχνικής gating, και που παράγει εκπληκτικά αποτελέσματα.

Ο Preis (1984) εισήγαγε την ιδέα μιας ιδανικής φασματικής περιβάλλουσας δείχνοντας, ότι η δημιουργία της αίσθησης της χροιάς του τόνου ενός μουσικού σύνθετου τόνου είναι καθορισμένη από την ιδανική φόρμα της περιβάλλουσας ενός πραγματικού φάσματος. Οι αλλαγές στη μορφή μιας ιδανικής περιβάλλουσας (όπου οι υπόλοιπες παράμετροι μένουν αμετάβλητες) γίνονται αντιληπτές σαν αλλαγές της χροιάς του τόνου. Τα φάσματα που προέρχονται από τα μουσικά όργανα έχουν το χαρακτηριστικό, ότι το εύρος της περιβάλλουσας μειώνεται, όταν ο αριθμός των αρμονικών αυξάνεται.

Μία πριονωτή καμπύλη (βλέπε [σχήμα 17](#) του Preis) μπορεί να εκφράζει την ποικιλία των σύνθετων τόνων των μουσικών οργάνων και της φωνής. Η συνάρτηση των δονήσεων μιας ιδανικής χορδής με τη μορφή: $\psi = a/r \cdot \chi$ (όπου $a = r/r_1 =$ ποικιλία των αρμονικών), μπορεί να προσεγγίζει την πριονωτή καμπύλη ενός σύνθετου τόνου. Η παράμετρος χαρακτηρίζει την μορφή της ιδανικής, περιβάλλουσας και την ισότητα της με τον παρόμοιο σύνθετο τόνο, του οποίου η χροιά ερευνάται.

Όλα αυτά επιτρέπουν την ταξινόμηση των σύνθετων τόνων με αφομοίωση και σύγκριση με ιδανικούς σύνθετους τόνους, στους οποίους είναι γνωστά τα χαρακτηριστικά και η συμμετοχή στο σχηματισμό μιας συγκεκριμένης αίσθησης στη χροιά του τόνου.

Η εφαρμογή των παραπάνω στην ηλεκτρονική σύνθεση των σύνθετων τόνων επιτρέπει τη χρήση τους στην εμπειρία της αντίληψης της χροιάς του τόνου, την ψηφιακή απομνημόνευσή τους και την επανάληψή τους χωρίς απώλειες. Το Πανεπιστήμιο Stanford της Καλιφόρνιας και το κέντρο I.R.C.A.M. στο Παρίσι είναι τα δύο βασικά μέρη, που ασχολούνται με πειράματα σ_2 αυτόν τον τομέα.

Διάγραμμα tristimulus

Σε αναλογία με το τριχρωματικό σύστημα και την αντίληψη των χρωμάτων από τα μάτια, μπορούμε να κάνουμε ένα συσχέτισμό των περιοχών της ακουστότητας (περισσότερο ισχυρές υψηλές συχνότητες $X = L5\eta/L A$ περισσότερο ισχυρές μεσαίες συχνότητες $Y = L24/L$ ισχυρή θεμελιώδης $Z = L1/L$).

Η μέθοδος Pollard-Jansson κάνει μία ποσοτική ανάλυση της χροιάς του σε τρεις συντεταγμένες (x, ψ, z) συσχετισμένες με την ομαδοποίηση των επιπέδων της ακουστότητας, έτσι ώστε το άθροισμά τους (ολική ακουστότης L) είναι

NEXT

το άθροισμα της ακουστότητας από όλες τις 24 κριτικές περιοχές (βλέπε άρθρο του Μαρτίου) και μπορούμε να γράφουμε $L=L1+L24+Ln5$.

Η L1 είναι η ακουστότης της συχνότητας της θεμελιώδους, η L24 είναι η ισοδύναμη ακουστότης των partials 2 ως και Ln5 είναι η ισοδύναμη ακουστότης των partials από 5 και επάνω και σχετίζονται με αντίστοιχες περιοχές ενός διαγράμματος Zwicker.

Το [αρχήμα 19](#) δείχνει ένα ακουστικό διάγραμμα tristimulus με τη σημασία των περιοχών.

Το [αρχήμα 21](#) του Pollard δείχνει το διάγραμμα tristimulus για την αρχική παροδική της νότας sol 4 του εκκλησιαστικού οργάνου Gedakt. Η καμπύλη αρχίζει (βλέπε το βέλος) στην περιοχή, όπου τα συστατικά των υψηλών συχνοτήτων (X) επικρατούν και μετά μετατοπίζονται στην περιοχή, όπου επικρατεί η θεμελιώδης Z. Ο μαύρος κύκλος δείχνει τη σταθερή κατάσταση του τόνου. Μπορούμε να κάνουμε μια συνολική ανάλυση βάσει των σχημάτων ([click one](#)) [___1](#), [___2](#), [4a](#), [___4b](#), [___7](#) και [___21](#), (που προέρχονται από διάφορες μεθόδους), όπου φαίνονται οι αρχικές παροδικές της νότας sol 4 του οργάνου Gedakt.

α) Ο χρόνος έναρξης για μερικούς τόνους. Μερικοί τόνοι 11 5 9 7 3 1 (onset) Χρόνος έναρξης (msec) 0 2 2 3 8 8 . Ολική διάρκεια των αρχικών παροδικών της νότας sol=32 msec. Όλα τα partial (μερικοί τόνοι) αρχίζουν στη διάρκεια 8 sec. Η θεμελιώδης είναι σχετικά αργή και υπάρχουν κάποιες υψηλές συχνότητες στον πρώιμο ήχο.

β) Ο βαθμός του συγχρονισμού στην αρχική παροδική μπορεί να εκτιμηθεί βρίσκοντας το χρόνο, για τον οποίο κάθε μερικός τόνος φτάνει στη μέγιστη τιμή αύξησεως.

Ετσι: Μερικοί τόνοι 11 5 9 7 3 1 Μέγιστη τιμή αύξησεως dB/sec 1900 3800 2400 2200 2700 2500 Χρόνος ροής 7 9 9 10 17 19 .

Όλες οι μέγιστες τιμές εμφανίζονται σε μέσο χρόνο 12 sec, που σε σχέση με την τιμή της μέγιστης αύξησεως της partial No 11 (1900 dB/sec) δείχνουν καλό συγχρονισμό και ταχεία ατάκα και η 5η αρμονική είναι καθαρά ακουστή στη φάση της αρχικής παροδικής. Η οξύτης είναι υψηλή στη γρήγορη αύξηση των partials 5 και 3, όπου επικρατούν με τη σειρά τους στη διάρκεια των αρχικών παροδικών.

Το [αρχήμα 5](#) δείχνει τα διαγράμματα tristimulus για αρχικές παροδικές στις νότες από βιόλα (ντο 4), κλαρινέτο (ρε 4) και τρομπέτα (ρε δίεση 4), όπου ο αριθμοί (δίπλα σε καμπύλες) δείχνουν το χρόνο σε msec της αρχής του ήχου των διακυμάνσεων ή την ποικιλία στις οξύνσεις (αξίες tristimulus, όπως εμφανίζονται στο [διάγραμμα 2](#)).

Κύρια παρατήρηση στην ανάλυση που κάνουμε, είναι, ότι εμφανίζεται ένας σύνδεσμος μεταξύ τω επικρατούσων κλίσεων των επικρατούντων partials και του επικρατούντος επιπέδου. Η εξακριβωση από το αυτί ενός επικρατούντος partial (η κλίση του στα πρώτα 10 msec είναι μια προειδοποίηση για το ακουστικό σύστημα της εμφάνιση μιας ισχυρής αρμονικής (partial) στη σταθερή κατάσταση του τόνου. Ετσι το ακουστικό σύστημα έχει στη διάθεσή του μια περίοδο „μεγαλύτερη“ για την εκτίμηση άλλων παραγόντων του τόνου-ακουστότης (άμεσα το pitch) και χροιά του τόνου. Οι έρευνες στην ψυχολογία του ακουστικού συστήματος συνιστούν, ότι στην προεργασία των ήχων στην παροδική ή σταθερή κατάσταση υπεισέρχονται ομάδες διαφορετικών κυτάρων. Η χροιά του τόνου - πολυδιάστατη οντότης υπεισέρχεται στη γρήγορη διασταυρωμένη αναφορά μεταξύ των ευαίσθητων κυτάρων.

Πριν να συνεχίσουμε την εξέταση του ρόλου της μνήμης στην αντίληψη του μουσικού ήχου, πρέπει να αναφερθούμε σε ορισμένες απόψεις για την εντόπιση της ακουστικής πληροφορίας και συγκεκριμένα το ρόλο του έξω ακουστικού πόρου και της θέσης του κεφαλιού κατά τη διάρκεια της αντίληψης του μουσικού ήχου.

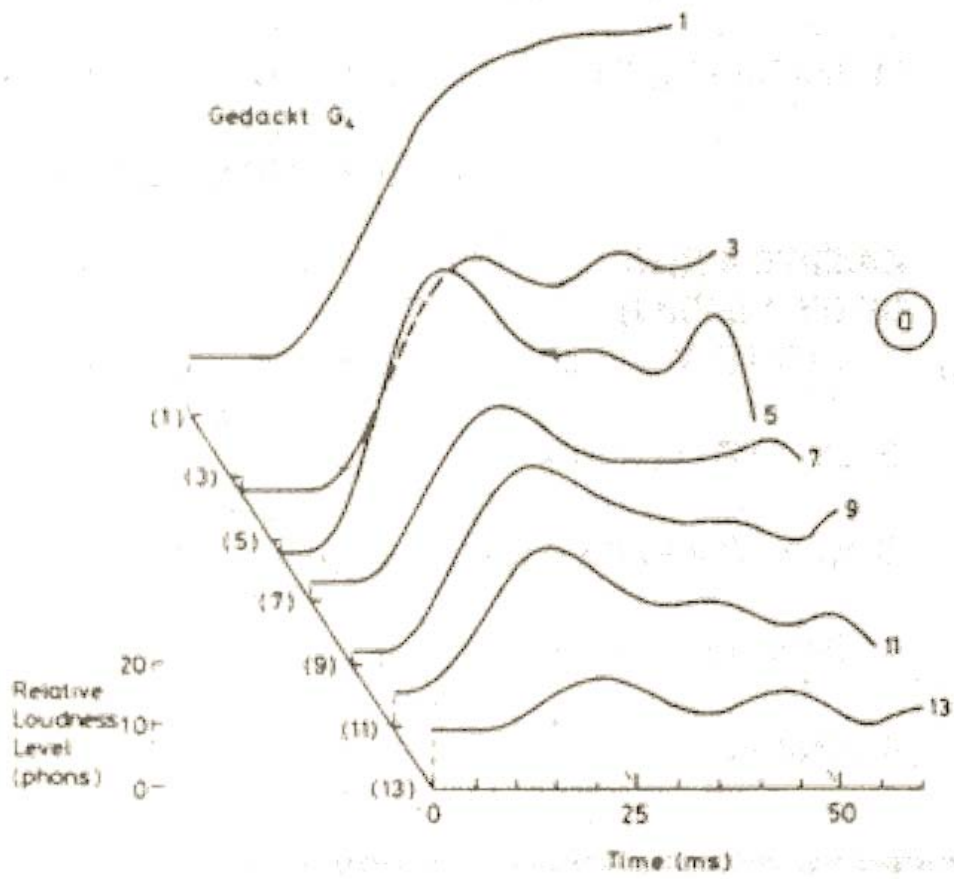
α) Η επίδραση του έξω ακουστικού πόρου του αυτιού.

Η ηχητική πίεση που φθάνει στην είσοδο του ακουστικού πόρου αποτελείται από την αντίστοιχη πίεση του άμεσου ήχου της πηγής και την πίεση που παράγεται από την επέμβαση του διαχυμένου πεδίου του δωματίου (42).

Το [αρχήμα 11a](#) δείχνει ένα παράδειγμα του μέτριου φάσματος της ηχητικής πίεσης (1/3 οκτάβας) στην κοντινή ακουστική περιοχή ενός στερεοφωνικού συστήματος (παχεία γραμμή από σύστημα θεάτρου και λεπτή γραμμή από μικροσύστημα σε δωμάτιο).

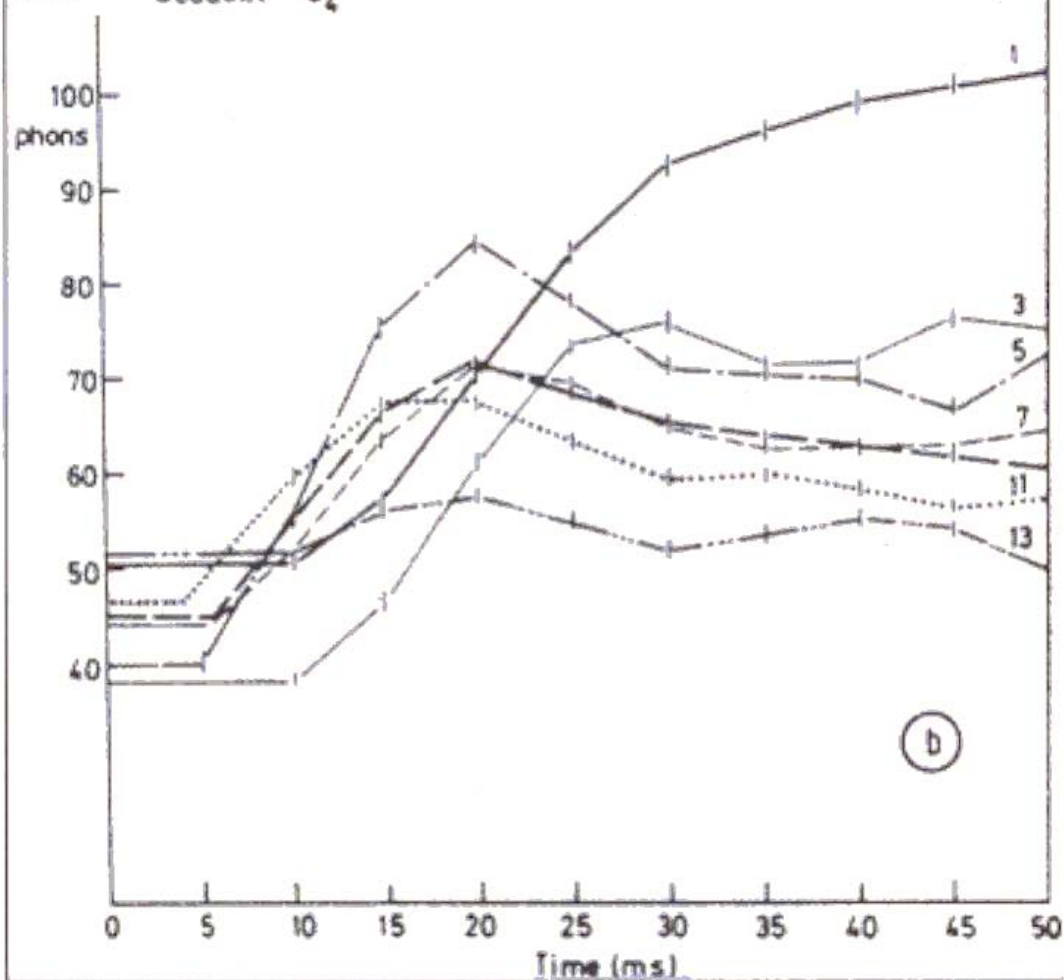
NEXT

EX.1

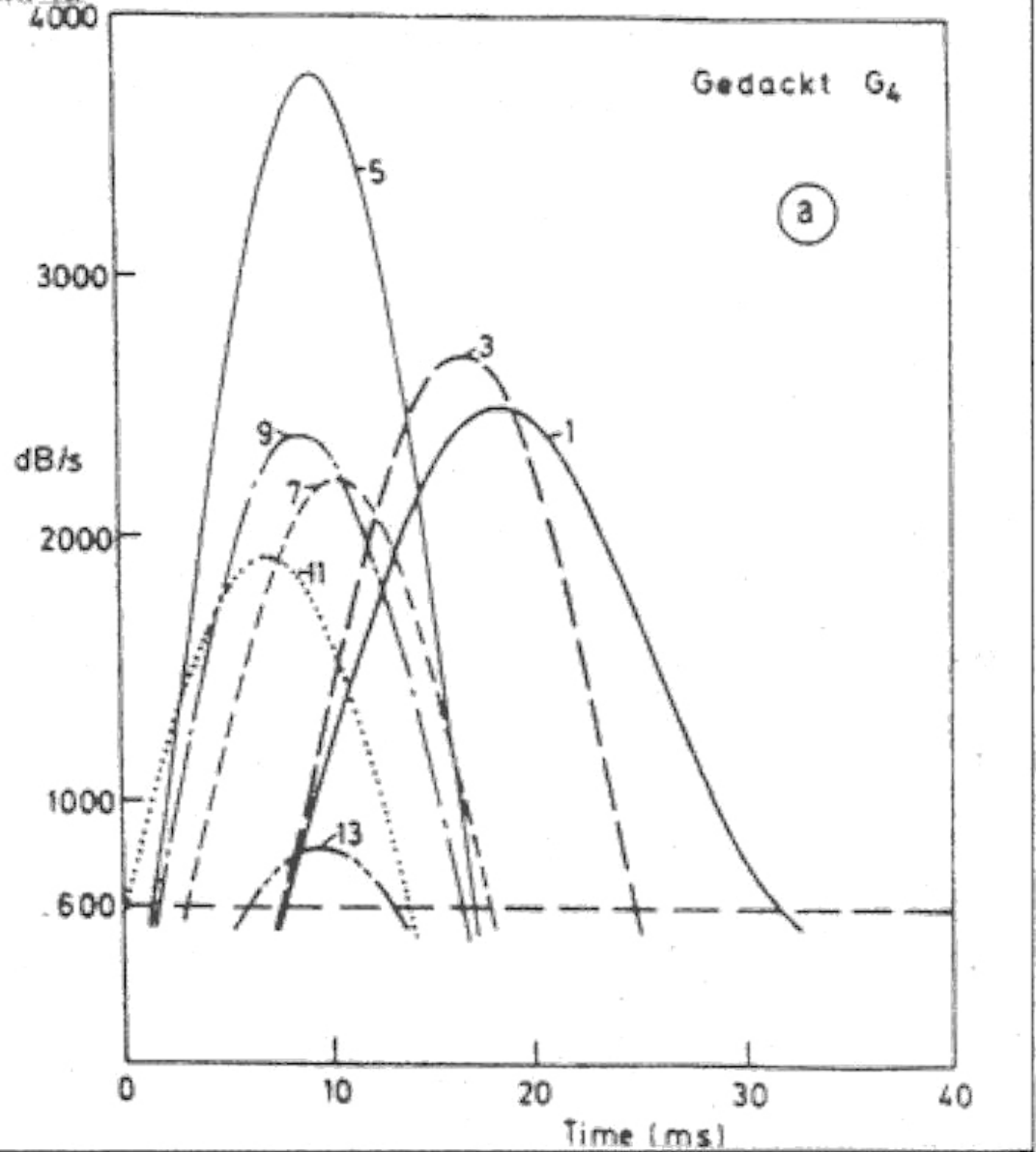


EX.2

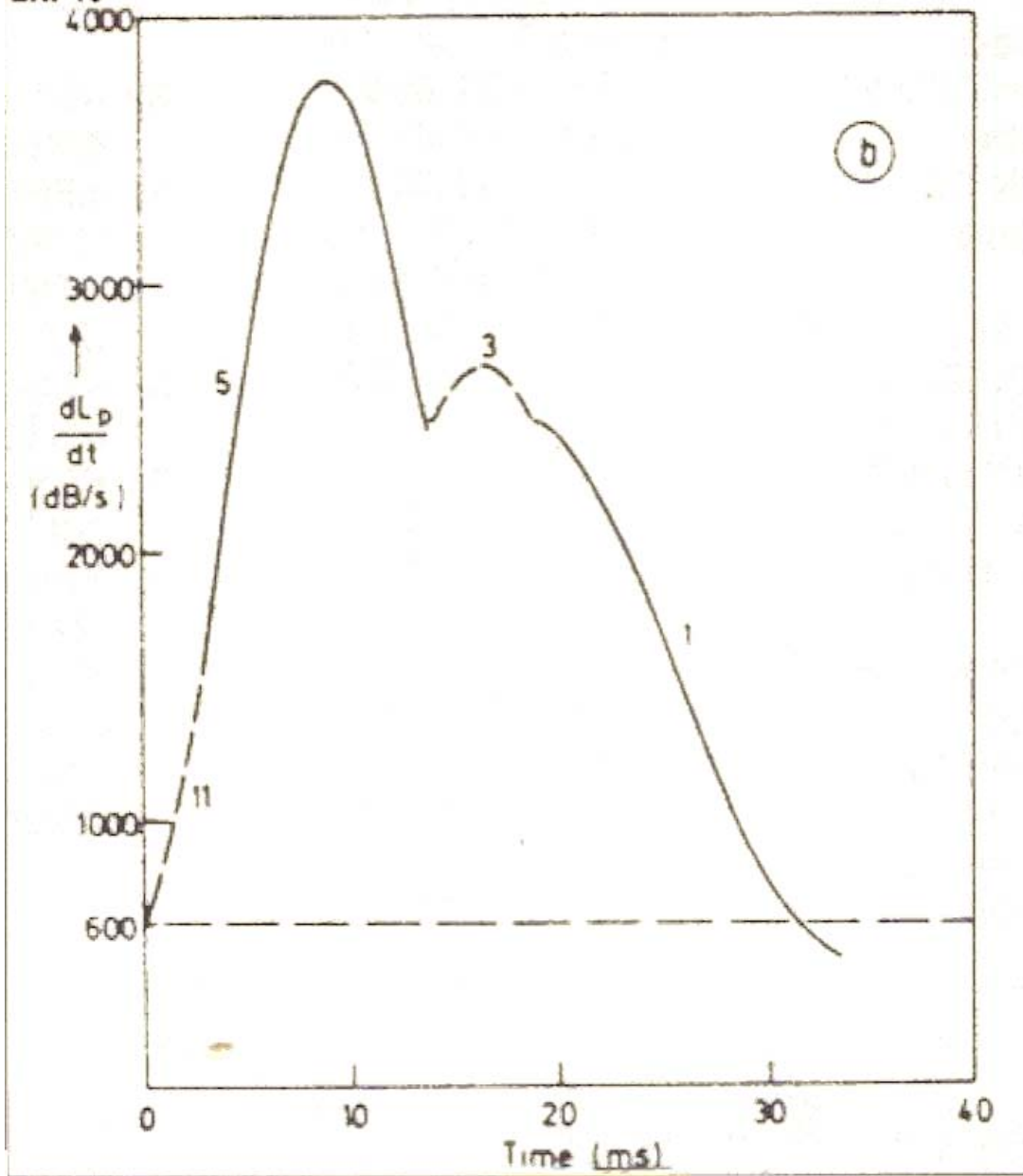
Gedackt G_4



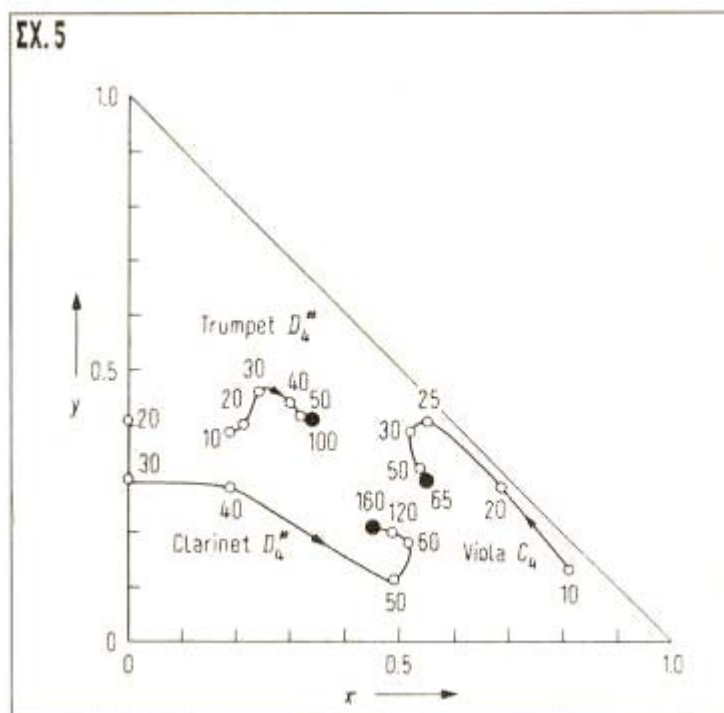
LA, 40
4000



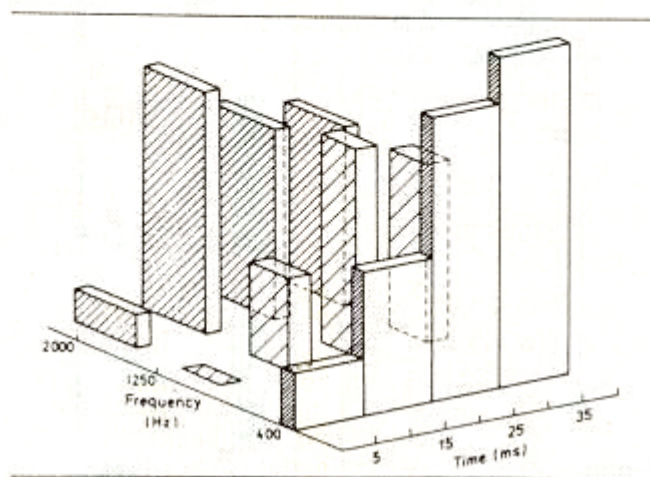
EX. 48



EX. 5



EX.7



Το [σχήμα 11β](#) δείχνει το φάσμα της ηχητικής πίεσης (του σήματος από το σχήμα 11α), που εμφανίζεται στην είσοδο του ακουστικού πόρου του αυτιού.

Πέρα από τις φανερές διαφορές η άμεση εφαρμογή είναι η χρήση των τεχνητών κεφαλιών (dummy heads) στη μέτρηση και ηχογράφηση των ακουστικών φαινομένων και της μουσικής. (Η εξήγηση των υπέροχων ακροάσεων στα ακουστικά τύπου Walkman τέτοιου είδους ηχογραφήσεων, θα δοθεί άλλη φορά).
β) Η επίδραση της τροποποίησης στη θέση του κεφαλιού στον ακουστικό εντοπισμό.

Τα πειράματα του Perrott et al (1987) (7) ανέλυσαν την ικανότητα των ακροατών για την εντύπωση μιας ενεργού ηχητικής πηγής με γρήγορες κινήσεις του κεφαλιού και του προσανατολισμού του βλέμματος προς την πηγή (αντανεκλαστικό προσανατολισμό).

Το [σχήμα 16α](#) δείχνει την τελική θέση του κεφαλιού (για τον εντοπισμό της ακουστικής πηγής) σε συνθήκες αμφιωτικής ακοής. Η ιδανική απόδοση σημαίνει έλλειψη σφαλμάτων, δηλαδή κατ' ευθείαν εντοπισμό της πηγής (που είναι ένα ηχείο από μία σειρά ηχείων μέσα σε γωνία 60ψ). Η αβεβαιότητα μεγαλώνει αρχίζοντας από 30ψ ως 60ψ και είναι μικρότερη για σειρές από μη συνεχείς ήχους.

Το [σχήμα 16β](#) δείχνει σε αμφιωτικές συνθήκες τη συνολική στροφή του κεφαλιού σε μοίρες, δηλαδή την κίνηση αριστερά-δεξιά για την εντόπιση της ηχητικής πηγής. Και πάλι η ιδανική κίνηση (κάτω καμπύλη) είναι η κατ' ευθείαν άμεση κίνηση. Για σχεδόν όλες τις άλλες περιπτώσεις η απόσταση (σε μοίρες) για την εντόπιση του ήχου ξεπερνάει την ελάχιστη απόσταση από την αρχική θέση, μέχρι την τελική θέση του κεφαλιού (εντοπισμένη πηγή). Η αποτελεσματικότητα ήταν μεγαλύτερη για μακρινότερους στόχους. Οι κινήσεις του κεφαλιού ακολουθήθηκαν από αντίστοιχες μικροκινήσεις των ματιών, που είναι μία νευροψυχολογική ένδειξη ότι η οπτική ανταπόκριση επηρεάζει την ανάλυση του ηχητικού αισθήματος.

Ο ρόλος της φάσης στην αντίληψη της χροιάς του τόνου

Ένας σύνθετος τόνος στη σταθερή κατάσταση μπορεί να εκφράζεται ακουστικά σαν μια περιοδική διακύμανση της ηχητικής πίεσης $p(t)$ και εξαρτάται από τη μορφή του εύρους ω (όπου $\omega = 1, \dots, n$) και τη φάση του τόνου ($\Phi_n, n = 1, \dots, n$) σύμφωνα με τον τύπο: απ. $p(t) = \sum \omega \sin(2\pi nft + \Phi_n), n = 1$

Το [σχήμα 18](#) δείχνει το διάγραμμα μιας απλής εγκατάστασης για ψυχοακουστικά test, που πρέπει να αποδείξει το ρόλο της φάσης (Hine-Chivers 1987, (19)).

Από τα πειράματα (19) και των Plo mp-Steeneken (37) μπορούμε να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα.

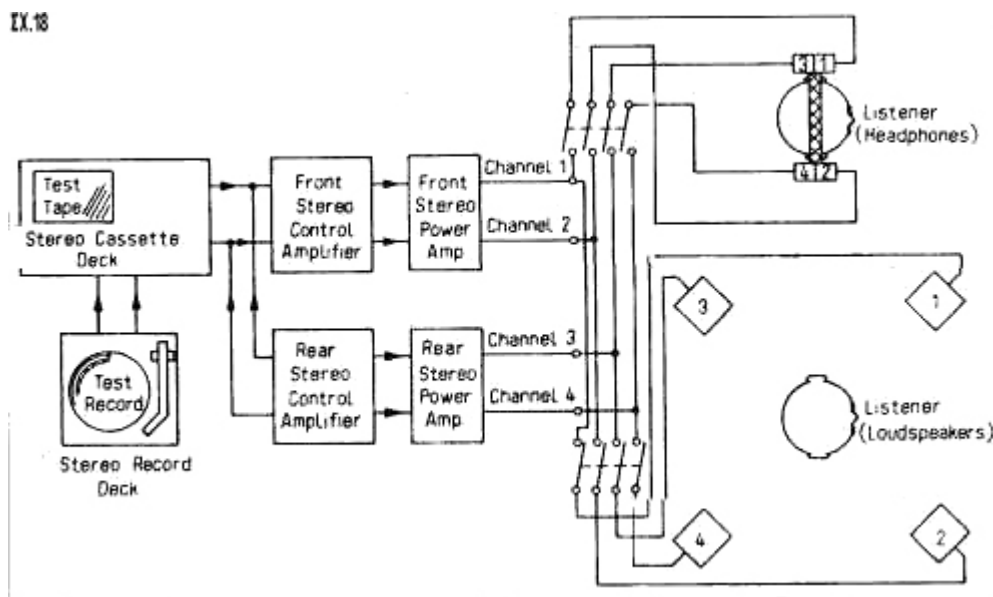
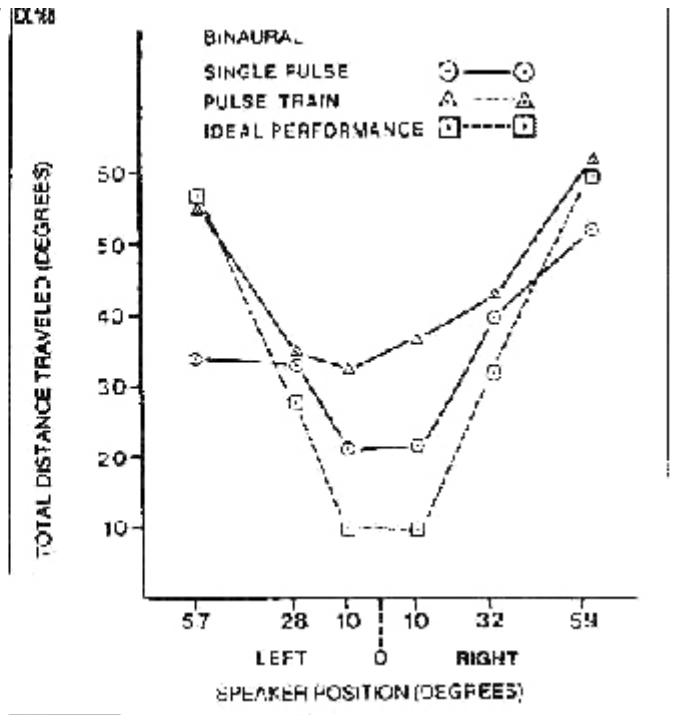
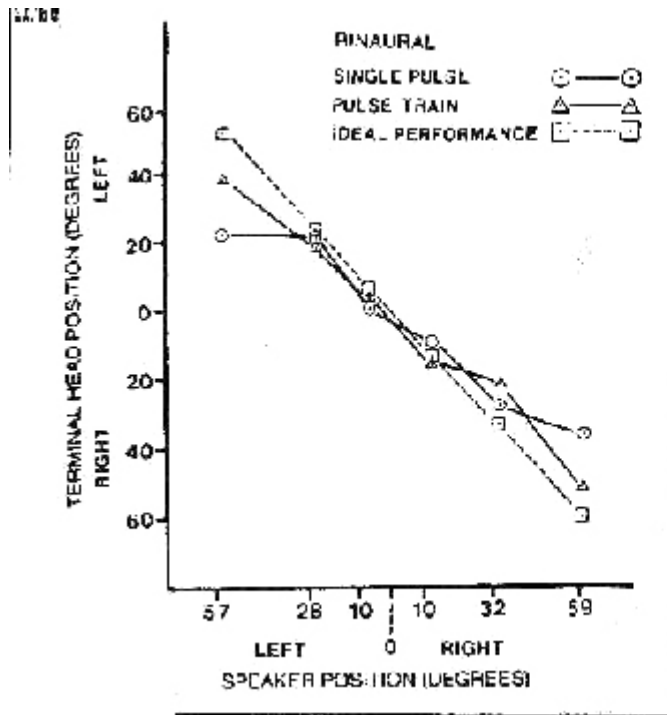
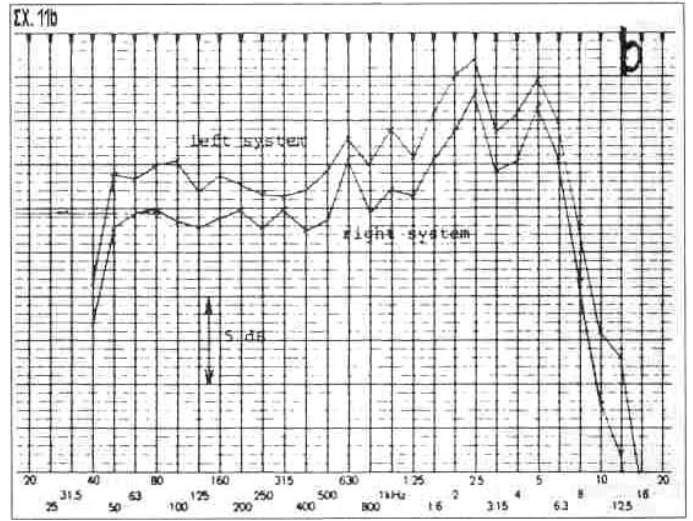
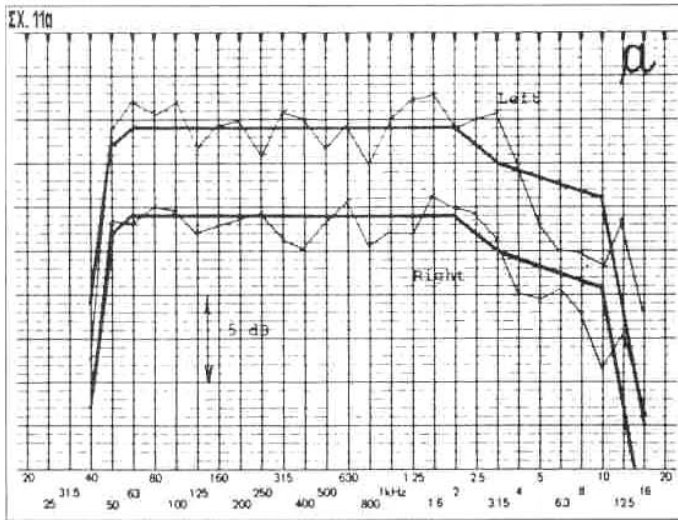
Υπάρχουν τρεις παράγοντες, που επιτρέπουν την εντόπιση του ήχου στο χώρο - η επίδραση του πτερυγίου, του ακουστικού πόρου και οι κινήσεις του κεφαλιού. Η αμφιωτική εντόπιση των ηχητικών πηγών δεν είναι πάντα αποτελεσματική (η αμφιωτική πληροφόρηση είναι ανεπαρκής ή συγκεκριμένη) και τότε ο εγκέφαλος παράγει ένα είδος μονοωτικής εντόπισης, που ενισχύεται και με τις κινήσεις του κεφαλιού. Για τα ίδια σήματα (εμπρός-πίσω) το πτερύγιο παράγει ένα είδος επικάλυψης (η διαφορά βρέθηκε 4dB) και προτεραιότητα για τους ήχους που έρχονται κατά μέτωπον.

Το αποτέλεσμα της φάσης επηρεάζει περισσότερο τις χαμηλότερες θεμελιώδεις του τόνου. (Τουλάχιστον γύρω από τη συχνότητα 440 Hz). Για σύνθετους τόνους με τη θεμελιώδη γύρω στα 150 Hz το αποτέλεσμα της φάσης είναι μικρότερο από την τροποποίηση της κλίσης του εύρους με 2dB/οκτάβα και γίνεται 0,7dB/οκτάβα για 584 Hz. Η φάση και το εύρος θεωρούνται παράγοντες σχεδόν ανεξάρτητοι στην εκτίμηση της χροιάς τόνου. Το αποτέλεσμα της φάσης στη χροιά τόνου προέρχεται από το συσχετισμό (μέχρι κάποια όρια της συχνότητας) μεταξύ των δονήσεων, που παράγονται κατά μήκος της βασικής μεμβράνης και των αντίστοιχων χρόνων των ωστικών διεγέρσεων των νεύρων.

Ο ρόλος της μνήμης στην εκτίμηση του μουσικού ήχου

Μια θεωρητική έκφραση της μνήμης είναι η θεώρησή της σαν ένα κανάλι επικοινωνίας που χάνει με τον καιρό την ικανότητά του να μεταδίδει πληροφορίες. Στην περίπτωση μας η είσοδος στη μνήμη μπορεί να

NEXT



είναι ένα τραγουδί ή μία φωνή που ακούμε για πρώτη φορά ή αναγνωριζόμενα μετά από μία ή περισσότερες ακροάσεις κατά καιρούς.

α) Η μνήμη μικρής διάρκειας.

Αυτό το είδος μνήμης είναι εκείνο, το οποίο λειτουργεί στη διάρκεια μιας νότας και επιτρέπει συγκρίσεις μεταξύ παροδικής (transient) και σταθερής κατάστασης της νότας και εκτιμήσεις των δυναμικών αλλαγών.

Ο Von Békésy (1971) την ονόμασε οπισθοδρομική αναστολή και τη συσχέτισε με τα φαινόμενα της επικάλυψης και το *metascontrast*. Είναι ενεργός μεταξύ 30 και 120 msec. Αν ένα δεύτερο ερέθισμα (νότα ή αλλαγές στη δυναμική της νότας) παρουσιάζεται 60 msec μετά από το πρώτο, εμφανίζεται μια αναστολή του πρώτου ερεθίσματος.

Το [σχήμα 26](#) δείχνει την αρχή της οπισθοδρομικής αναστολής. Ένα γρήγορο ερέθισμα (σκιερό τετράγωνο) παράγει μια νευρική δραστηριότητα (σκιερή περιοχή στο κέντρο του σχεδίου) που διαρκεί περισσότερο από το ερέθισμα. Αυτή η νευρική δραστηριότητα μπορεί να σταματήσει από τη δράση του επόμενου ερεθίσματος που παρουσιάζεται αργότερα. Έτσι η νευρική δραστηριότητα παραγόμενη από το πρώτο ερέθισμα μειώνεται στο μέγεθος και στη διάρκεια.

Μια άλλη φόρμα εκδήλωσης της μνήμης μικρής διάρκειας είναι η εμφάνιση ενός άλλου τύπου αναστολής, με σταθερό και διαρκές εύρος έχουμε την εντύπωση ότι η ακουστότης διακόπτεται ή μειώνεται για βραχεία χρονικά διαστήματα.

Ο εγκέφαλος φαίνεται, ότι λειτουργεί σε σειρές ποσοτικών χρόνων των 800 μέχρι 1200 msec, δηλαδή ανιχνεύει μόνο στις αλλαγές.

Η Jaroszewski (1990), συνέχισε την έρευνα πάνω στην ιδέα της οπισθοδρομικής αναστολής για μέτριο και σταθερό επίπεδο ερεθισμάτων (50dB SPL στο 1 KHz) και βρήκε, ότι οι διακρίσεις του pitch στη ζώνη του unison (ζητήθηκε η ταύτιση ενός ερεθίσματος με το επόμενο, που θεωρητικά έπρεπε να είναι ολόιδιο), σε δύο ερεθίσματα έχουν μια ευμεταβλητότητα, που γίνεται αντιληπτή και ως προς το μέγεθος (αύξηση του pitch) και ως προς την κατεύθυνση (αύξησή της - βλέπε [σχήμα 27](#)).

Η σκιερή περιοχή δείχνει τη μεταβλητότητα στην αναστολή του διαστήματος από ακροατή σε ακροατή (κατάσταση μεταδιεγερτικής επικάλυψης). Οι μετακινήσεις του pitch είναι αποτέλεσμα μιας περιφερειακής επικάλυψης ενός είδους μηχανισμού όξυνσης.

β) Μνήμη μακράς διάρκειας

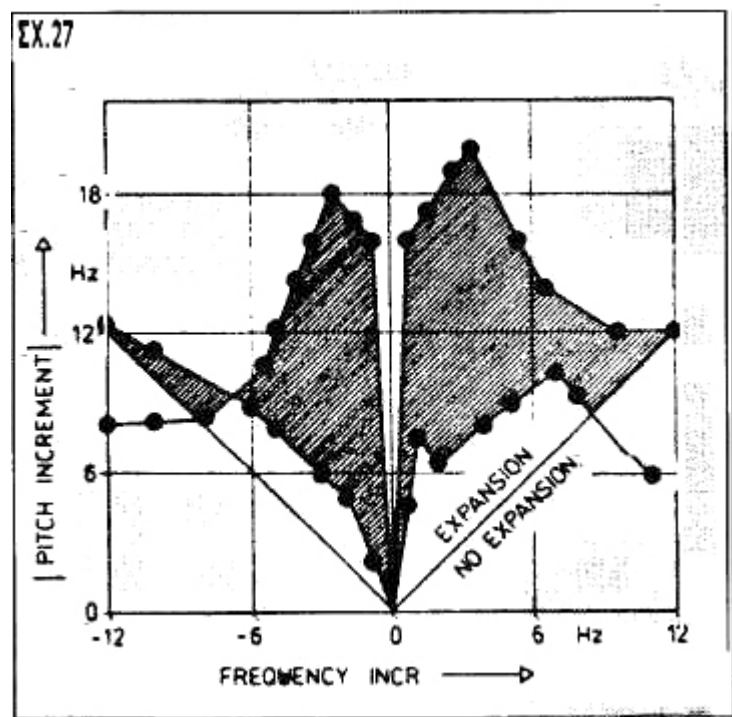
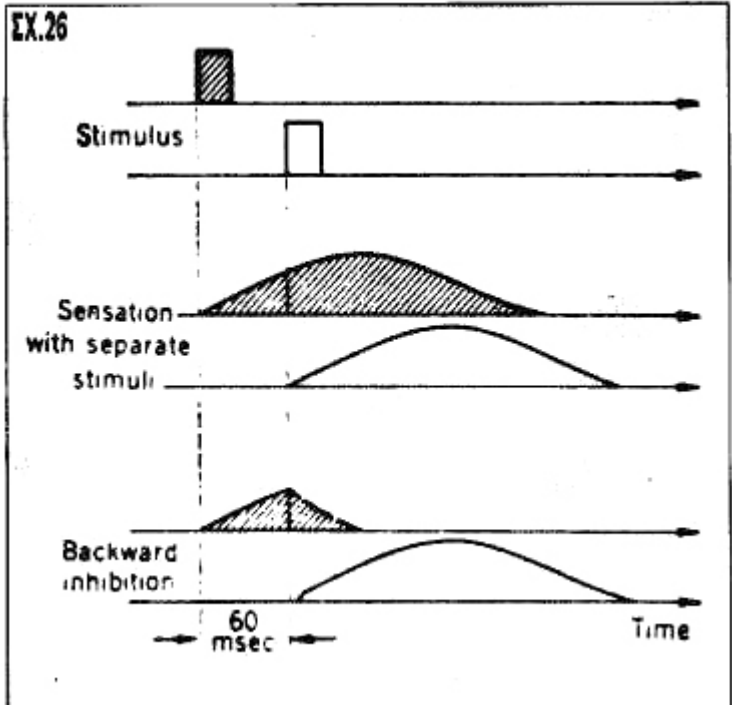
Αναφέρεται στην αναγνώριση σειρών από νότες και του διαστήματος μεταξύ τους. Αν χρησιμοποιούμε τη σχετική μεταφορά των πληροφοριών, τη λεγόμενη αμοιβαία πληροφόρηση, μπορούμε να μετρήσουμε ή να εκτιμήσουμε την ιδανική λειτουργία, που μπορεί να είναι από απλή αναγνώριση μιας μελωδίας ή μιας φωνής, μέχρι την πλήρη αναγνώριση, της εκτέλεσης, είτε από ηχογράφηση, είτε από παρτιτούρα.

Ο Parisian (1989) αναφέρει, ότι ο κόσμος συνήθως χρησιμοποιεί πρότυπα, ταξινομώντας τον ήχο των διαφόρων πηγών (μουσικά όργανα ή φωνές) σε απλές κατηγορίες οικείες, όχι πολύπλοκες.

Το πρωτότυπο (σε ένα μοντέλο του νευρικού δικτύου) παριστάνει τις φωνές, που βρίσκονται στη βάση ενός θαλάμου έλξεων. Αυτός ο τρόπος ταξινόμησης έχει ένα ειδικό *_status_* στη μνήμη. Οι δυσκολομνημόνευτες φωνές παράγουν λιγότερες λανθασμένες αναγνώσεις από τις δύσκολα αναγνωρίσιμες, κοινές φωνές. Η λήθη επηρεάζει την περιφερειακή πληροφορία (ευκολομνημόνευτη φωνή) περισσότερο και κάνει να προσεγγίζουν τα χαρακτηριστικά της φωνής αυτής στα χαρακτηριστικά του πρωτοτύπου. Έτσι η μνήμη κρατάει περισσότερο τις φωνές που μοιάζουν με το πρωτότυπο. Όμως με το πέρασμα, του χρόνου επέρχεται απώλεια των πληροφοριών στα σημεία, στα οποία η φωνή παρεκκλίνει από το πρωτότυπο (η σύνδεση με τη φωνή ενός διάσημου τραγουδιστή σε ορισμένες συνθήκες σε μία συναυλία, κατά τύχη ομοιότητας με ακόμα μία άλλη φωνή). Η βλάβη ειδικά στο δεξι ημισφαίριο προκαλεί αδυναμία αναγνώρισεως των οικείων φωνών.

Οι εύκολα αναγνωρίσιμες φωνές έχουν την τάση σταδιακά να γίνονται πρωτότυπες, δηλαδή κατεβαίνουν από την επιφάνεια στη βάση (του *_θαλάμου έλξεων_*) εκεί που μαζεύονται οι ελκυστικές φωνές ή και μουσικά όργανα. (Η φωνή της Diana Ross μοιάζει με εκείνη της Billie Holiday, αλλά η φωνή της [Billie δεν ξεχνιέται](#)).

NEXT



Ο Luffi (1989) αναφέρει, ότι πάντα διαλέγουμε σαν αναφορά στη μνήμη τα ερεθίσματα, που έχουν πιο εντατικό γενικό χαρακτήρα και ονόμασε αυτό το φαινόμενο επικάλυψη της πληροφόρησης. Η αναγνώριση των μουσικών οργάνων παρεμποδίζεται, αν τα αισθητικά ίχνη των τόνων ελαττώνονται (decay), πριν ο εγκέφαλος να τελειώσει τις συγκρίσεις με τις απομνημονευμένες αναφορές. (Ετσι εξηγείται η άρνηση των μουσικών να εκτελέσουν σε ανηχοϊκά δωμάτια). Οι ακροατές κατευθύνουν την προσοχή τους στα συστατικά των υψηλών συχνοτήτων. (Τι άλλο θυμάστε, όταν ακούσετε μια Κινέζα ομιλήτρια ή τραγουδίστρια, εκτός από μία ποικιλία του pitch των υψηλών συχνοτήτων;).

Τα πειράματα Dawling, Fujitani (31), Davies και Jennings (32) και του Zetowski για την ανάλυση της μακράς διάρκειας μνήμης, στην αναγνώριση της χροιάς του τόνου των διαφόρων μουσικών οργάνων και της μελωδίας αναφέρουν: Μια μελωδία μπορεί να περιγραφεί σαν μια σειρά από διαστήματα μεταξύ των διαδοχικών pitch. Αυτές οι σειρές των μουσικών διαστημάτων και το μέγεθός τους μπορεί να παρομοιαστούν με μία μελωδική καμπύλη, (βλέπε [σχήμα 24](#) του Davies). Δεν βρέθηκαν μεγάλες διαφορές στην αναγνώριση των μελωδιών μεταξύ των ομάδων μουσικών και των ομάδων μη μουσικών. (στο σύνολο των πειραμάτων η διαφορά ήταν γύρω στο 20% υπέρ των μουσικών), αν και οι μουσικοί έχουν μεγάλη ακρίβεια στη χρησιμοποίηση και αναγνώριση των διαστημάτων και της μελωδικής καμπύλης. Η ικανότητα για αναγνώριση της μελωδικής καμπύλης ήταν μικρότερη για συνθέσεις, που είχαν μετατραπεί παρά για εκείνες, που τους έγιναν μόνο ορισμένες διαμορφώσεις.

Η αναγνώριση του μεγέθους των διαστημάτων με τους όρους πιο μεγάλο, πιο μικρό ή ίσο ή σαν κλάσματα των συχνοτήτων (μουσικά διαστήματα τρίτης, πέμπτης, ογδόης κ.λπ.), ήταν δυσκολότερη από τη μέθοδο της αναγνώρισης της μελωδικής καμπύλης. Τα άτομα, που δεν είχαν αρκετές γνώσεις του μεγέθους των μουσικών διαστημάτων μπορούσαν άνετα να αναγνωρίσουν τις μελωδίες.

Η μάθηση και η εξέλιξη της αντίληψης της χροιάς του τόνου

Η ανάγκη για καλή αίσθηση και εκτίμηση της χροιάς του τόνου δεν είναι αποκλειστικότητα των ηχοληπτών. Οι σχεδιαστές των αιθουσών για συναυλίες, οι διευθυντές ορχήστρας, οι σχεδιαστές ηλεκτροακουσικών συστημάτων, όλοι χρησιμοποιούν πέραν των μηχανημάτων ανάλυσης και το υποκειμενικό κούρδισμα. Σε διάφορες χώρες (Πολωνία, Η.Π.Α κ.λπ.) γίνονται διάφορα μαθήματα, που προσπαθούν να αυξήσουν την ευαισθησία και τη βελτίωση της μνήμης για τη χροιά του τόνου. Να κάποια στοιχεία του αντικειμένου τους:

- Η ικανότητα να διευκρινίζει κανείς τη διαφορά μεταξύ δύο παρομοίων ήχων και η λεκτική περιγραφή τους-εκπαίδευση για την αντίληψη της σχετικής χροιάς του τόνου.

- Η ικανότητα να αναγνωρίζει κανείς και να περιγράφει τα βασικά χαρακτηριστικά της ποιότητας του ήχου, όταν δεν δίδονται οι ήχοι αναφοράς-εκπαίδευση για την αντίληψη της απόλυτης χροιάς του τόνου.

- Η μάθηση δι_ ακρόασης και αναγνώριση της χροιάς του τόνου αρχικά από μερικά κέντρα των συχνοτήτων (63, 125, 250, 500, 1K, 2K, 4K, 8K και 16 KHz) μέχρι 27 ενδιάμεσες συχνότητες (1/3 οκτάβας standard). Η αναγνώριση των τελευταίων γίνεται με συσχέτισμό με τις παραπάνω 9 συχνότητες που θεωρούνται σταθερές.

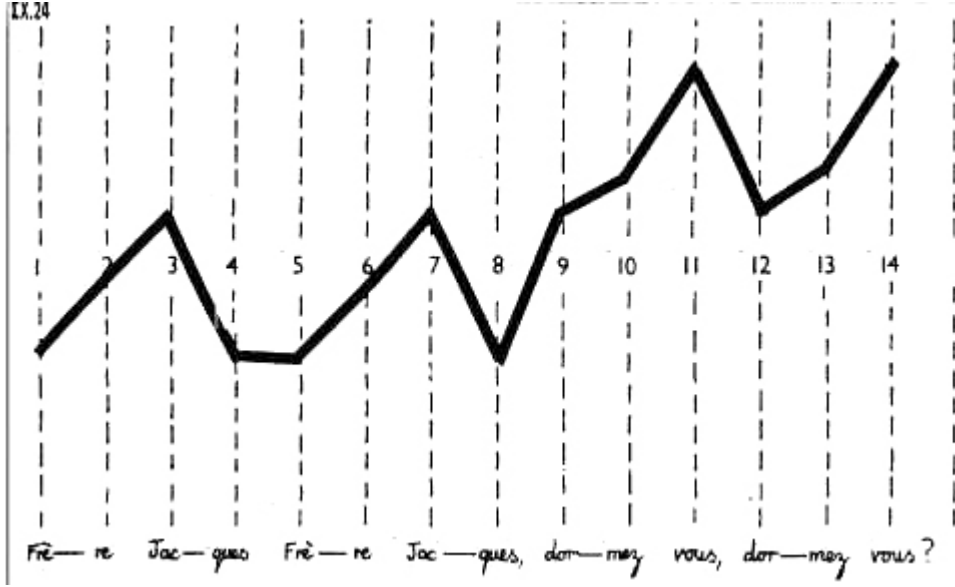
- Η συσχέτιση και μάθηση των λέξεων που αντιστοιχούν στις διάφορες μορφές της χροιάς του τόνου. Ο Gabrielson (30) ερεύνησε 55 επίθετα και τα οργάνωσε σε ανταγωνιστικές κλάσεις (κατηγορίες). Παράδειγμα: Φωτεινός/σκοτεινός, γεμάτος/λεπτός, αίσθηση του χώρου με αντήχηση/ανηχοϊκός χώρος, κοντινός/μακρινός, ευκρινής, καθαρός/ασαφής κ.λπ. - Η αναγνώριση των θεμελιωδών συχνοτήτων και άλλων ηχητικών χαρακτηριστικών των μουσικών οργάνων.

- Η αναγνώριση διαφόρων παραμορφώσεων και ο προσδιορισμός του αριθμού και της θέσης των μουσικών στην ακρόαση των εμπορικών ηχογραφήσεων.

Η ικανότητα της αντίληψης της χροιάς του τόνου δεν μαθαίνεται ευκολα και χάνεται αν δεν εξασκείται περιοδικά.

NEXT

EX.24



Αναφορές

1. ACUSTICA-VOL. 51/1982-POLLARD-JANSSON-Σ. 249-262
2. ACUSTICA-VOL. 65/1988-POLLARD H.F-Σ. 232-244
3. JASA - VOL. 86/3/1989-LUFTI R.A-Σ. 934-943
4. JAES - VOL. 33/4/1985-BENADE A.H.-Σ. 218-233
5. ACUSTICA-VOL. 70/1990-KLIPPEL W.-Σ. 45-54
6. JAES - VOL. 37/7/1989-OLIVE S.E.-TOOLE Σ. 539-553
7. JASA - VOL. 82/5/1987-PERROT et al.-Σ. 1637-1644
8. ACUSTICA-VOL. 32/1975-BARIAUX et al-Σ. 307-312
9. JASA - VOL. 63/1/1978-VOSS-CLARKE J.-Σ. 258-263
10. ACUSTICA-VOL. 30/1974-TERHARDT E.-Σ.201-213
11. ACUSTICA-VOL. 67/1988-HEINBACH W.-Σ. 113-120
12. ACUSTICA-VOL. 32/1975-VERSCHURE et al-Σ. -33-43
13. ACUSTICA-VOL. 41/1979-BRINK-VAN DEN-Σ. 271-273
14. JASA - VOL. 72/7/1982-BURNS E.M. -Σ. 1394-1402
15. JASA - VOL. 43/5/1968-CUDDY L.-Σ. 1069-1076
16. JASA - VOL. 71/3/1982-HALL D.-Σ. 754-755
17. JASA - VOL. 71/3/1982-LOCKHEAD G.-Σ.755-756
18. ACUSTICA-VOL. 72/1990-JAROSZEWSKI A-Σ. 269-274
19. ACUSTICA-VOL. 63/1987-HINE-CHIVERS-Σ. 137-142
20. JASA - VOL. 82/4/1987-UEDA-OHGUSHI-Σ. 119-1199
21. JASA - VOL. 61/1/1977-BILSEN F.-Σ. 150-160
22. JASA - VOL. 73/5/1983-OHGUSHI K.-Σ. 1694-1700
23. JASA - VOL. 64/3/1978-OHGUSHI K.-Σ. 764-770
24. JASA - VOL. 54/4/1973-SUNDERBERG-LINDQUIST-Σ. 922-928
25. ACUSTICA-VOL. 19/1968-BILSEN T.A-Σ. 27-32
26. JASA - VOL. 87/1/1990-HOUTSMA-SMYRZYNSKI-Σ. 304-309
27. JASA - VOL. 85/3/1989-JAFARI et al-Σ. 1322-1327
28. JASA - VOL. 68/5/1980-MATHEUS-PIERCE-Σ. 1252-57
29. JASA - VOL. 65/4/1979-GABRIELSSON-SJOGREN-Σ. 1019-1033
30. JASA - VOL. 49/2/2/1971-ELLIOTT L.-Σ. 450-456
31. JASA - VOL. 79/2/1971-DOWLING-FUJITANI-Σ. 524-531
32. JASA - VOL. 61/2/1977-DAVIES-JENNINGS-Σ. 534-540
33. JASA - VOL. 85/2/1989-PAPCUN et al.-Σ. 912-924
34. JASA - VOL. 63/5/1978-GREY J.M.-GORDON J.-Σ. 1493-1500
35. JASA - VOL. 61/5/1977-GREY J.M.-Σ. 1270-1274
36. ACUSTICA-VOL. 15/1984-PREIS A.-Σ. 1-13
37. JASA - VOL. 46/2/2/1969-PLOMP-STEENEKEN-Σ. 409-421
38. ACUSTICA-VOL. 40/1978-A. de BRUIJN-Σ. 108-113
39. JAES - VOL. 33/4/1985-T. LETOWSKI-Σ. 240-243
40. ACUSTICA-VOL. 51/1982-POLLARD-JANSSON-Σ. 162-171
41. JAES - VOL. 36/3/1988-TOOLE-OLIVE-Σ. 122-141
42. JAES - VOL. 32/6/1984-STAFFELDT H.-Σ. 410-414
43. KINSLER, FREY, COPPENS-SANDERS-FUNDAMENTALS OF ACOUSTICS-NEW YORK-1982