

LE COUPLE VARIABLE

NOUVEL OUTIL DE PRISE DE SON STEREOPHONIQUE

par

Michael Williams

L'ORIGINAL DE CE FASCICULE EST PARU SOUS FORME
D'ARTICLES DANS LES NUMEROS 39 à 44 DE LA REVUE
-- 'ACTUALITE DE LA SCENOGRAPHIE' --
ENTRE DECEMBRE 1988 ET JANVIER 1990

FEVRIER 1990

TABLE DES MATIERES

	page
1. Introduction -----	1
2. 1. Caractéristiques de l'Ecoute Stéréophonique -----	2
2. Les Caractéristiques Psychoacoustiques -----	3
3. 1. Caractéristiques de l'Outil de Prise de Son -----	4
2. Contraintes Operationnelles -----	9
1. Distorsion Géométrique - Distorsion Angulaire --	11
2. Variation du Rapport Son Direct/Son Réverbéré --	14
4. 1. Prise de Son -----	14
2. Instruments de Mesure -----	15
5. 1. Travaux Pratiques sur Le Couple Variable -----	18
2. Exercices de Prise de Son -----	19
6. Ecoute au Casque -----	20
7. 1. Analyse des Travaux Pratiques sur Le Couple Variable -	21
2. Analyse des Exercices de Prise de Son -----	30
8. Phase et Temps -----	32
9. Linéarité Angulaire -----	32
10. "UNIFIED THEORY OF MICROPHONE SYSTEMS FOR STEREOPHONIC SOUND RECORDING" -----	34
1. Difference de Temps -----	34
2. Rapport d'Intensité -----	36
3. Rapport d'Intensité et Difference de Temps -----	40
4. Angle d'Enregistrement Stéréophonique -----	45
5. Distortion Angulaire -----	46
6. Evolution du Rapport Son Direct/Son Réverbéré dans l'Angle d'Enregistrement ---	47
11. Précision de Lecture des Abaques -----	53
12. Diagramme de Directivité des Microphones, Théorie et Pratique -----	53
13. Comparaisons entre Differentes Combinaisons -----	55
14. L'espace Stéréophonique autour des Microphones -----	56
15. Compatibilité Stéréophonique/Monophonique -----	62
16. Systeme de Prise de Son Stéréophonique - M/S -----	63
17. Microphones d'Appoint -----	64
18. La Monophonie Dirigée -----	64

~~~~~

NOUVEL OUTIL DE PRISE DE SON STEREOPHONIQUE

par Michael Williams

Dans le domaine de la prise de son monophonique, l'ingénieur du son est libre de choisir le type de microphone et sa position en fonction de la qualité sonore recherchée. Une multitude de microphones existe, avec différentes courbes de réponse (amplitude/fréquence) permettant de modifier facilement, à l'enregistrement, le timbre de la source sonore, ou bien de le reproduire le plus fidèlement possible. De plus, la caractéristique de directivité du microphone ainsi que sa distance à la source sonore peuvent être choisies en fonction du rapport son direct/son réverbéré souhaité.

Malheureusement ceci n'est pas le cas en prise de son stéréophonique. Trop souvent, la position du système microphonique est un compromis entre une bonne image stéréophonique et le rapport optimum son direct/son réverbéré.

Le nombre des systèmes de prise de son stéréophonique est relativement limité et, presque sans exception, ils ont des caractéristiques fixes. Chacun d'eux peut être optimum dans une situation donnée, mais aucun ne peut être considéré comme universel.

Il est évident que les différents paramètres devant être pris en compte lors d'une prise de son sont multiples, rendant ainsi chaque situation presque unique. Les conditions nécessaires pour obtenir un résultat optimum avec les outils de prise de son stéréo actuels ne sont pas souvent réunies.

Malgré ce choix de possibilités déjà très limité, plusieurs tentatives ont été faites pour comparer entre eux les différents systèmes de prise de son stéréophonique (X/Y, AB-ORTF/NOS, Stéréosonic etc.) et décider lesquels pouvaient être considérés comme les meilleurs.... Le fait que chaque système possède une combinaison unique de caractéristiques et que les situations de prise de son sont infiniment variables rend, à la limite, cet exercice futile.

Plutôt que de restreindre le choix des systèmes, il faut au contraire l'élargir. Chaque ingénieur du son doit disposer d'un éventail de possibilités le plus large possible pour résoudre les problèmes de prise de son spécifiques à son environnement sonore, et pour pouvoir exprimer son interprétation personnelle le plus librement possible.

Le but de ce fascicule est de clarifier les différentes caractéristiques d'un outil de prise de son stéréophonique, et de montrer comment on peut les manipuler en fonction des difficultés rencontrées lors de cette prise de son.

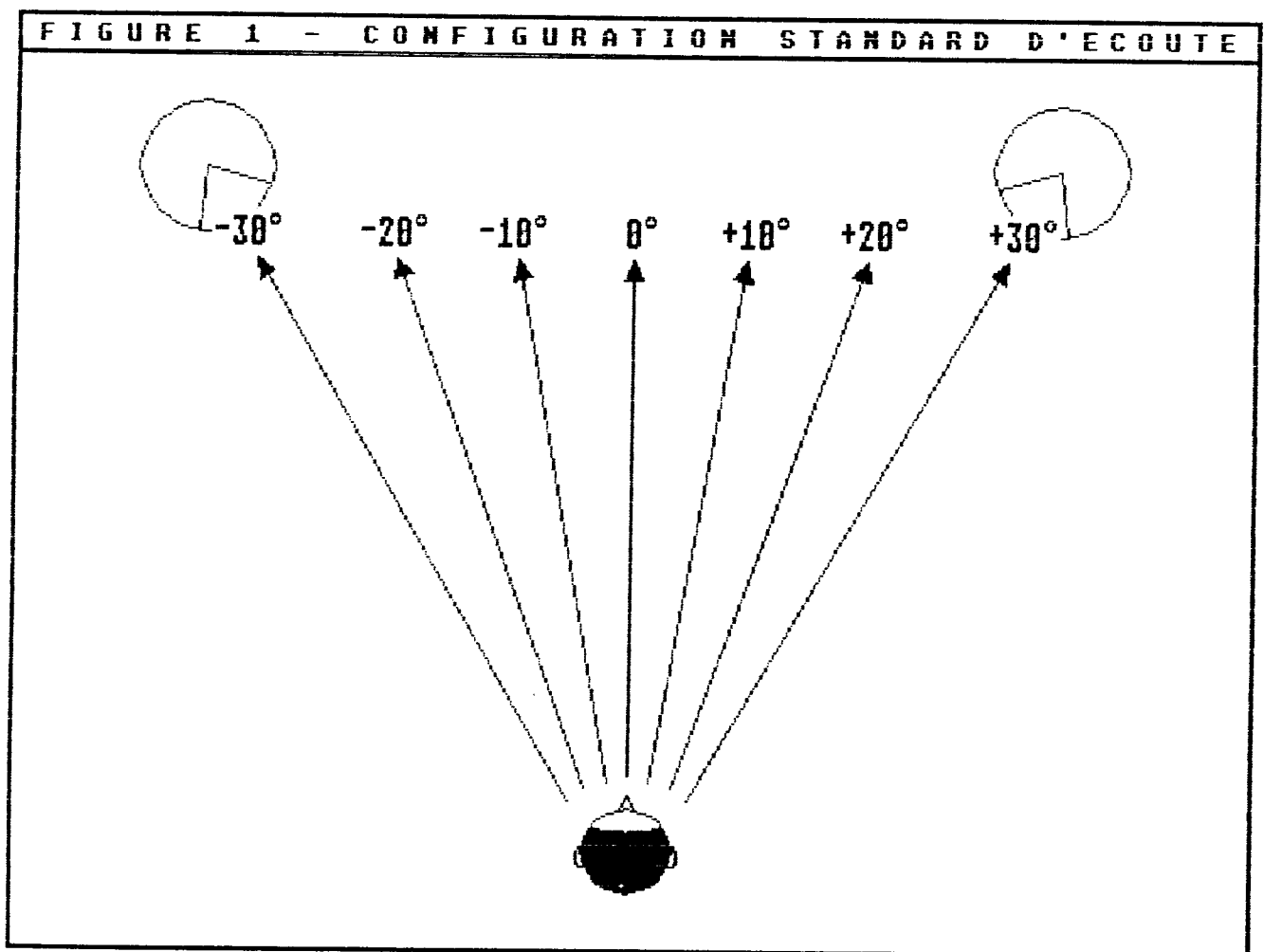
Les principes scientifiques de cette démarche ont déjà été exposés par l'auteur dans deux conférences lors des expositions internationales de l'Audio Engineering Society. La première conférence intitulée "Stereophonic Zoom" a eu lieu en 1984 à Paris et la seconde en 1987 à Londres sous le titre "Unified Theory of Microphone Systems for Stereophonic Sound Recording".

L'exposé des principes scientifiques concernant l'outil de prise de son, qui a été l'objet de ces deux conférences, peut rapidement devenir très indigeste. Nous allons donc essayer d'aborder le sujet d'une façon plus accessible, pour que vous puissiez mettre en pratique les résultats le plus rapidement possible dans des conditions réelles de prise de son.

Mais il ne faut pas oublier que la compréhension approfondie de la méthode de travail et sa justification doivent passer par une analyse mathématique, physique et psychoacoustique des caractéristiques en jeu.

## 2. 1. CARACTERISTIQUES DE L'ECOUTE STEREOPHONIQUE

Les paramètres de la prise de son stéréophonique ont été déterminés en fonction d'un système d'écoute bien défini. Il est presque universellement accepté que la position des enceintes acoustiques et celle de l'auditeur doivent former un triangle équilatéral.



Il est souhaitable que la disposition des enceintes soit symétrique par rapport à la symétrie de la salle d'écoute. Celle-ci doit être traitée de telle façon que les réflexions venant des murs, plancher et plafond ne soient pas trop gênantes. C'est seulement dans ces conditions qu'on peut espérer percevoir avec clarté et précision l'image stéréophonique obtenue au moment de la prise de son.

## 2. 2. LES CARACTERISTIQUES PSYCHOACOUSTIQUES

Sans entrer dans les détails, on peut dire que l'impression de localisation d'un objet sonore entre les enceintes peut être obtenue:

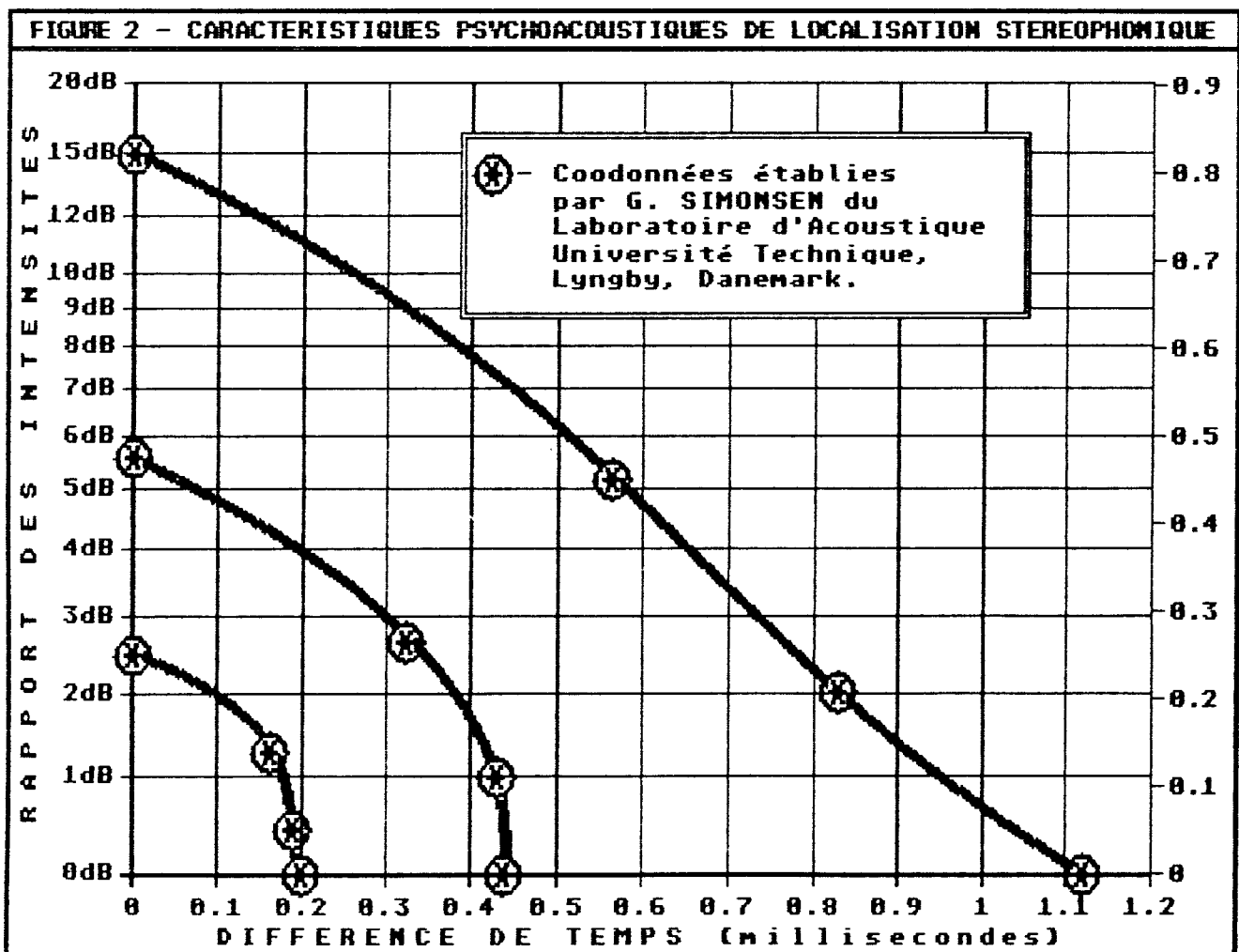
- soit en variant le rapport d'intensité sonore entre les deux enceintes,
- soit en créant un retard entre les deux voies,
- soit en utilisant une combinaison des ces deux paramètres.

Si le même son est émis par les deux voies exactement au même niveau et au même moment, il est entendu au centre, entre les deux enceintes (0° sur la Figure 1).

Si le son venant de la voie de gauche est plus fort, sa localisation se décale vers la gauche. Si le son est de même niveau, mais émis d'abord par l'enceinte de gauche et un peu plus tard par l'enceinte de droite, l'impression est de nouveau décalée vers la gauche.

Il suffit d'inverser le sens du rapport d'intensité ou le retard pour obtenir le même effet mais vers l'enceinte de droite.

L'ensemble de ces paramètres psychoacoustiques a été déterminé par M. Simonsen de l'Université Technique de Lyngby (Copenhague) en 1985.



Il est possible d'obtenir une variation du rapport des intensités par un simple potentiomètre, appelé la plupart du temps "pan pot" sur les pupitres de mixage. D'autre part, l'utilisation d'une ligne à retard variable entre les deux voies permet de les décaler dans le temps. Mais ces deux artifices produisent une image sonore ponctuelle quelque part entre les deux enceintes - ce système est souvent appelé "monophonie dirigée".

Notre intention est justement de développer un système de microphones qui donne l'impression de reproduire le plus correctement possible un champ sonore stéréophonique continu entre les deux enceintes.

On note l'utilisation du mot "impression". C'est vraiment une question d'impression qui est en jeu. Si on considère la prise de son d'un orchestre, il faut obtenir l'impression de profondeur, d'espace et de localisation des musiciens la plus satisfaisante possible: le signal acoustique reçu par nos oreilles dans la salle d'écoute ne ressemble nullement au signal acoustique reçu par un auditeur dans un salle de concert .

On peut dire que n'importe quel système capable de donner cette impression serait valable - peu importe le moyen utilisé pour la produire.

### 3. 1. CARACTERISTIQUES DE L'OUTIL DE PRISE DE SON

Les différences de réponse en intensité et en temps entre deux microphones directifs peuvent être déterminées en fonction de la position de la source sonore et des différents angles et distances entre les microphones. Ceci constitue ce qu'on peut appeler "les paramètres physiques".

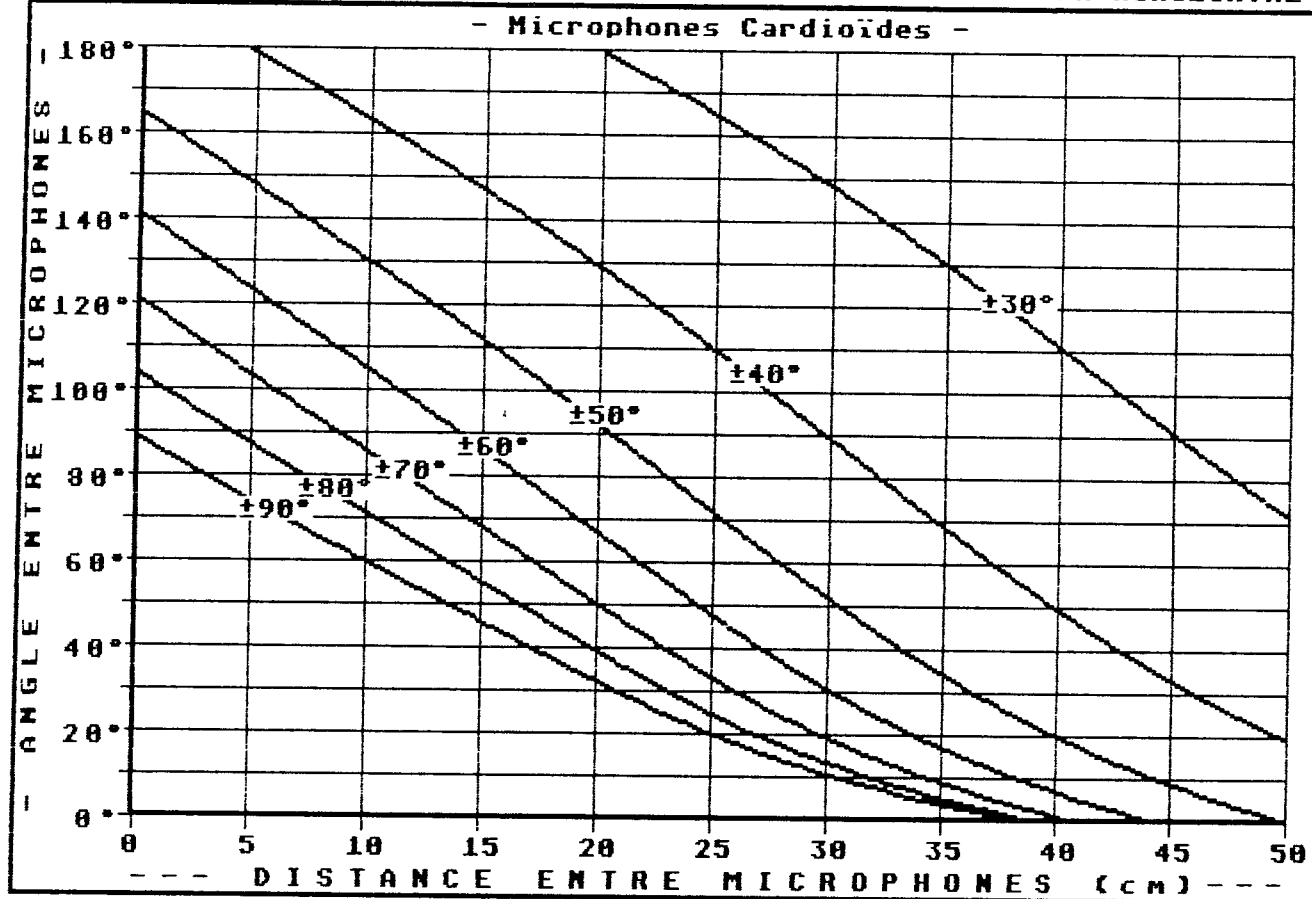
La combinaison des deux jeux de paramètres PHYSIQUES et PSYCHOACOUSTIQUES nous permet de connaître très simplement les caractéristiques du champ stéréophonique reproduit. Pour l'instant nous allons passer outre l'analyse détaillée pour arriver au système de prise de son lui-même.

On peut utiliser deux microphones cardioïdes dont la distance et l'angle entre l'axe des capsules peuvent être modifiés. La figure 3 indique les combinaisons de distance et d'angle entre deux capsules cardioïdes, en fonction de l'angle d'enregistrement stéréophonique.

Cet abaque est en quelque sorte notre repère pour mettre en place n'importe quelle choix distance/angle pour un angle de prise de son stéréophonique donné. (Nous verrons par la suite certaines contraintes dans l'utilisation de cet abaque).

Il faut peut-être définir ce qu'on entend par "Angle d'Enregistrement Stéréophonique". Prenons comme exemple, un couple 20cm/90° - (20cm d'écartement entre les capsules et 90° d'angle entre l'axe des microphones). On voit que cette combinaison donne sur l'abaque un angle d'enregistrement stéréophonique de +/- 50° (soit un total de 100°). Ceci signifie que les sources sonores qui se trouvent entre -50° et +50° par rapport à l'axe du couple seront reproduites ENTRE les deux enceintes gauche et droite. Les sources sonores qui se trouvent en dehors de cet angle total de 100° seront reproduites uniquement SUR une des deux enceintes.

FIGURE 3 - ANGLE D'ENREGISTREMENT STEREOPHONIQUE SUR LE PLAN HORIZONTAL



Il suffit donc de mesurer à partir du système de microphones, l'ANGLE occupé par une source sonore à reproduire, et de mettre en place la COMBINAISON DISTANCE/ANGLE adéquate.

Mais quelle position du système de microphones faut-il choisir? Il n'y a pas de règle pour ce choix, c'est une question entièrement subjective. On peut tout de même dire qu'il faut d'abord chercher la position où le rapport son direct/son réverbéré est le plus satisfaisant. Mais dans le cas d'une prise de son d'orchestre, par exemple, cette position doit aussi tenir compte d'un bon équilibre entre les différents instruments de l'orchestre.

Une fois que la position est déterminée, il suffit de mesurer l'angle occupé par l'ensemble de l'orchestre et de choisir la combinaison distance/angle à mettre en place.

*Mais pourquoi restreindre le choix des microphones à des cardioïdes?*

En effet, le système est aussi valable quelle que soit leur directivité. Les figures 4, 5 et 6 montrent les mêmes systèmes d'abaques pour les microphones hypocardiïdes, hypercardiïdes et bidirectionnels.

FIGURE 4 - ANGLE D'ENREGISTREMENT STEREOPHONIQUE SUR LE PLAN HORIZONTAL

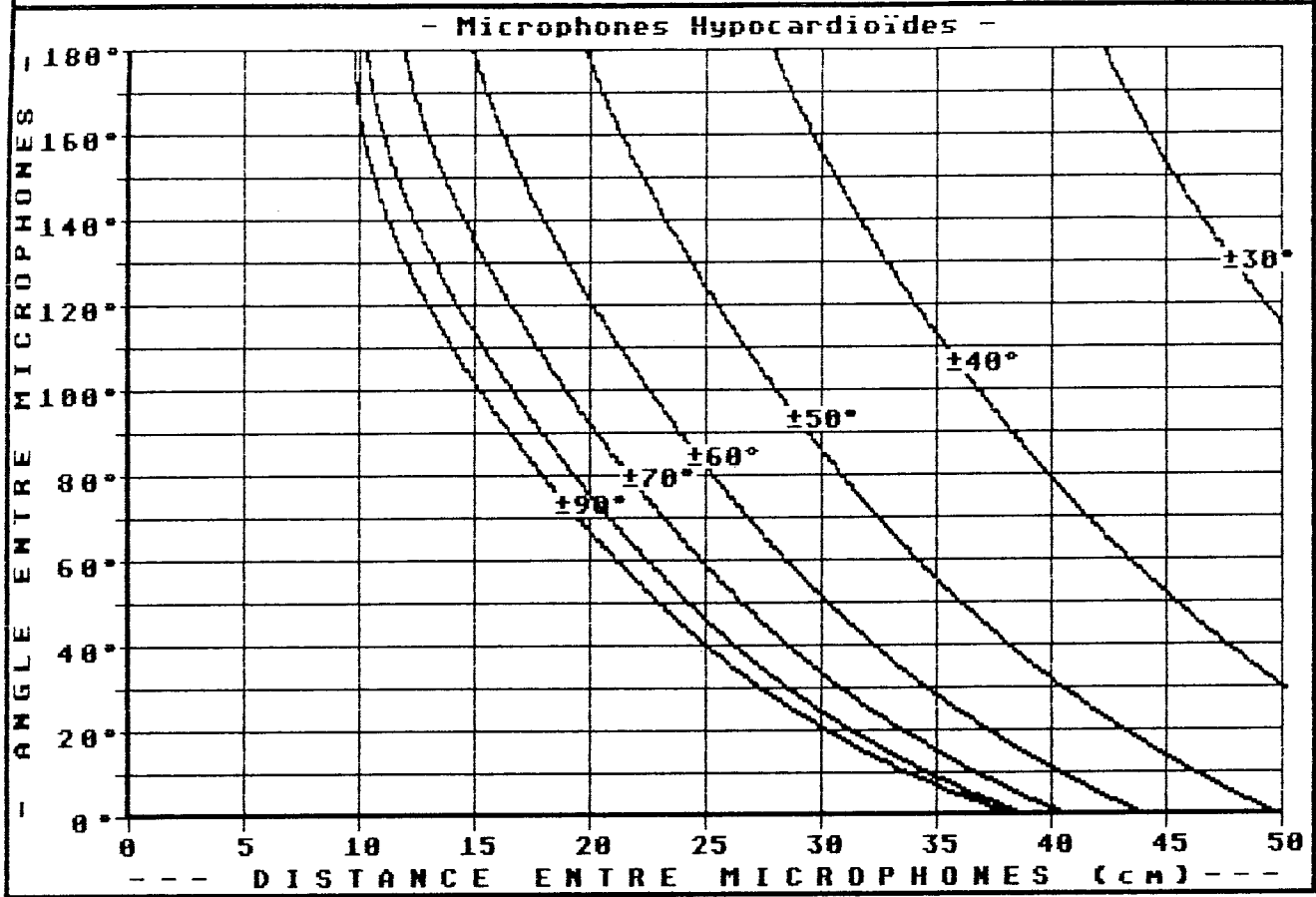


FIGURE 5 - ANGLE D'ENREGISTREMENT STEREOPHONIQUE SUR LE PLAN HORIZONTAL

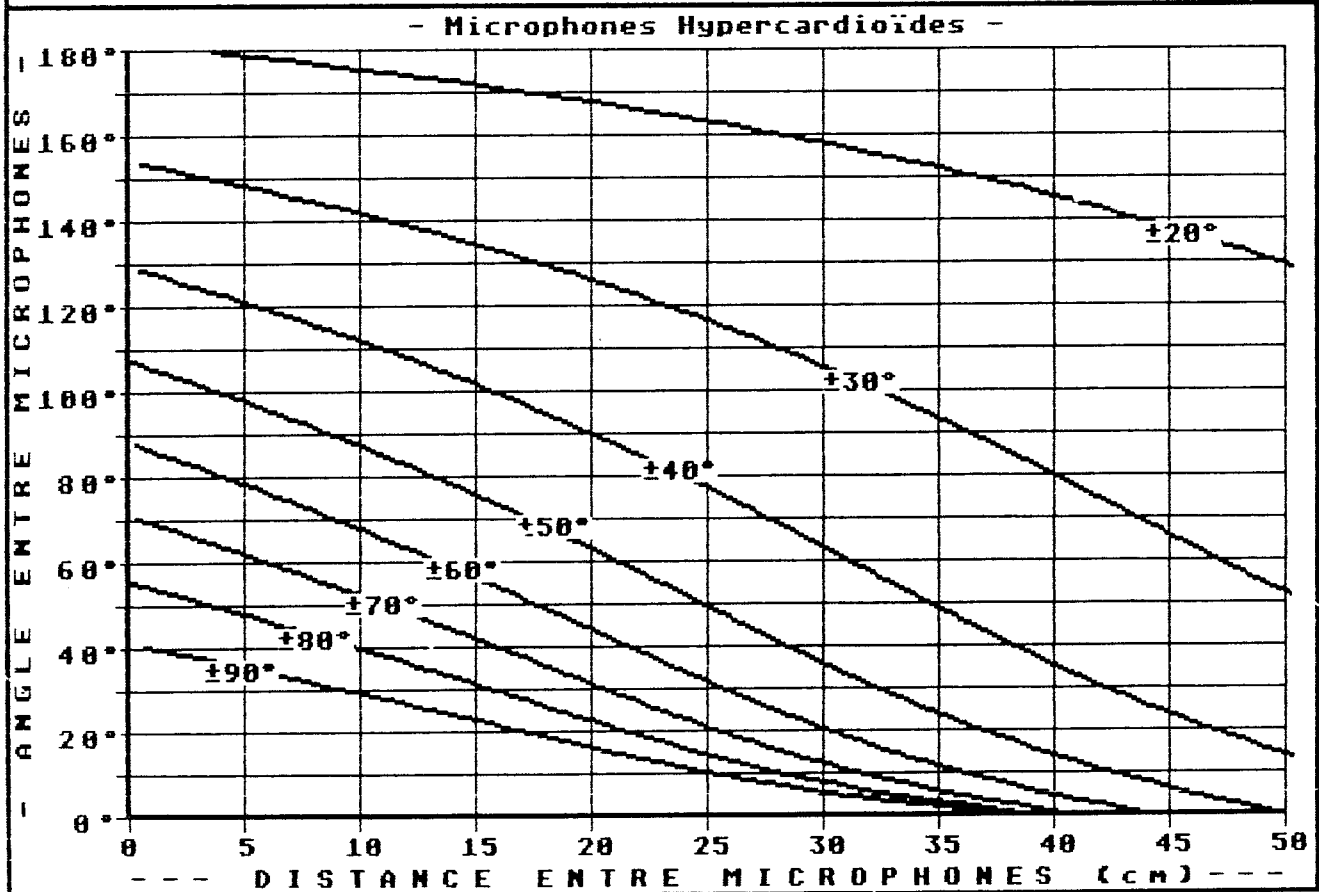
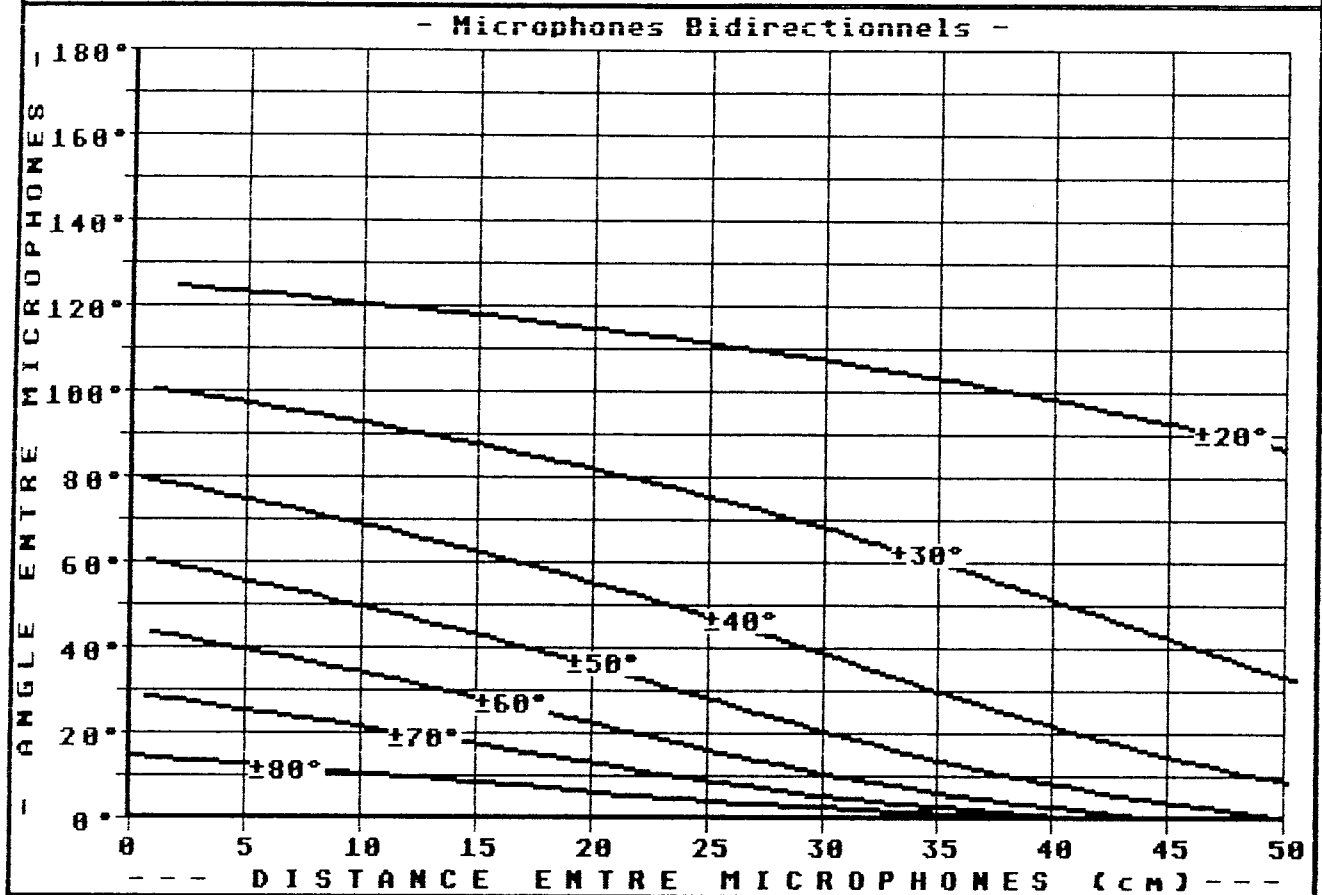




FIGURE 6 - ANGLE D'ENREGISTREMENT STEREOPHONIQUE SUR LE PLAN HORIZONTAL



Les caractéristiques du couple de microphones omnidirectionnels peuvent être déterminées en prenant l'angle entre les microphones égal à 0°, c'est-à-dire sur l'axe des abscisses (sur chacune des abaques). Par exemple:

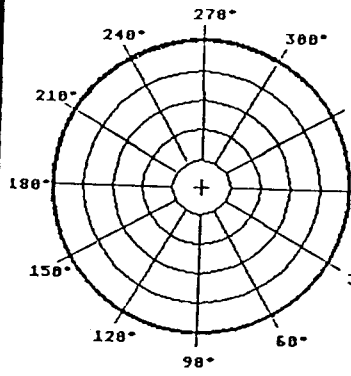
|      |          |         |                          |
|------|----------|---------|--------------------------|
| 35cm | équivaut | +/- 90° | d'angle d'enregistrement |
| 40cm | "        | +/- 70° | "                        |
| 50cm | "        | +/- 50° | "                        |

*Quelle est la raison pour choisir une directivité plutôt qu'une autre?*

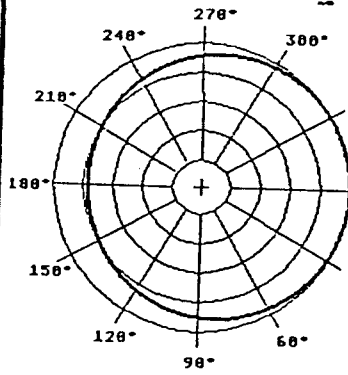
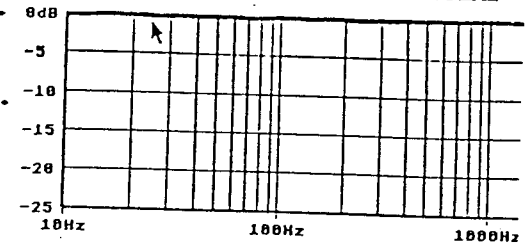
Le choix réside dans "la qualité" de la courbe de réponse (amplitude/fréquence) d'un microphone. Les microphones omnidirectionnels ont en général une très bonne réponse dans les basses fréquences. La figure 7 montre les différentes étapes dans l'atténuation des basses fréquences entre l'omnidirectionnel et le bidirectionnel (toutes autres choses étant égales par ailleurs).

On peut donc profiter de la bonne réponse dans les basses fréquences d'un microphone hypocardiôïde (en comparaison avec un cardiôïde), ou au contraire prendre des hypercardiôïdes pour atténuer un peu plus les graves. Mais ceci est un choix déterminé par l'environnement sonore ou tout simplement par les préférences de l'Ingénieur du Son.

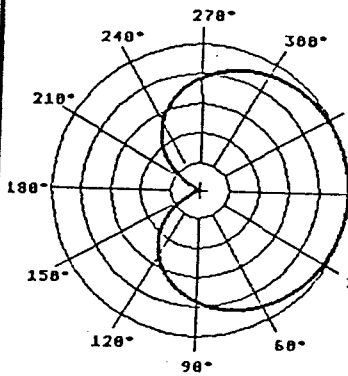
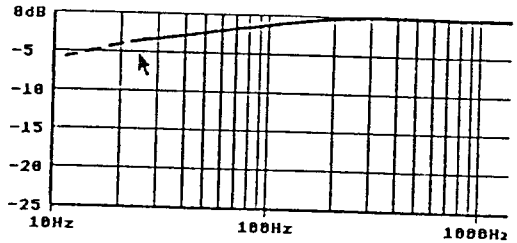
FIGURE 7



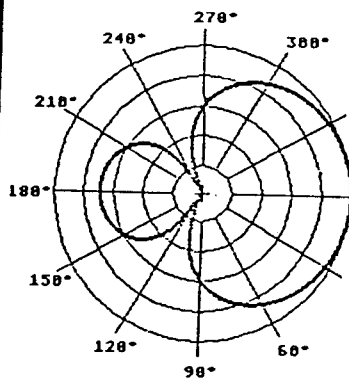
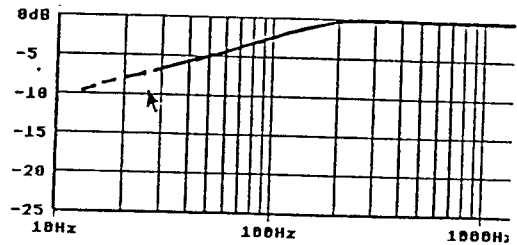
OMNIDIRECTIONNEL



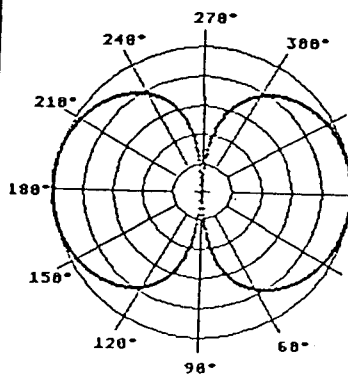
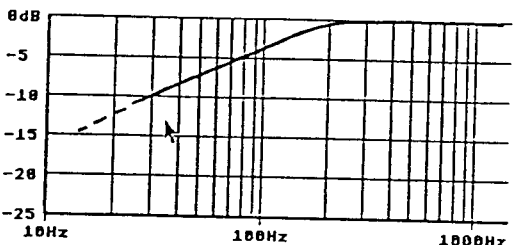
HYPOCARDIOIDE



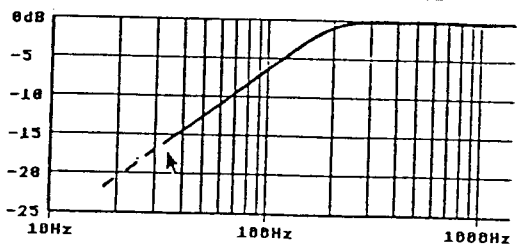
CARDIOIDE



HYPERCARDIOIDE



BIDIRECTIONNEL



### 3. 2. CONTRAINTES OPERATIONNELLES

Il existe d'autres contraintes à l'utilisation des différentes combinaisons distance/angle :

- La distorsion géométrique du champ de prise de son stéréophonique,
- La variation du rapport son direct/son réverbéré à l'intérieur de l'angle d'enregistrement.

Un regard rapide sur les figures 8, 9, 10 et 11 nous montre le moyen graphique choisi pour représenter ces deux caractéristiques :

- la distorsion géométrique est représentée par une série de chiffres encadrés.
- les zones où le rapport son direct/son réverbéré varie d'une façon gênante à l'intérieur de l'angle de prise de son stéréo sont représentées par des zones hachurées.

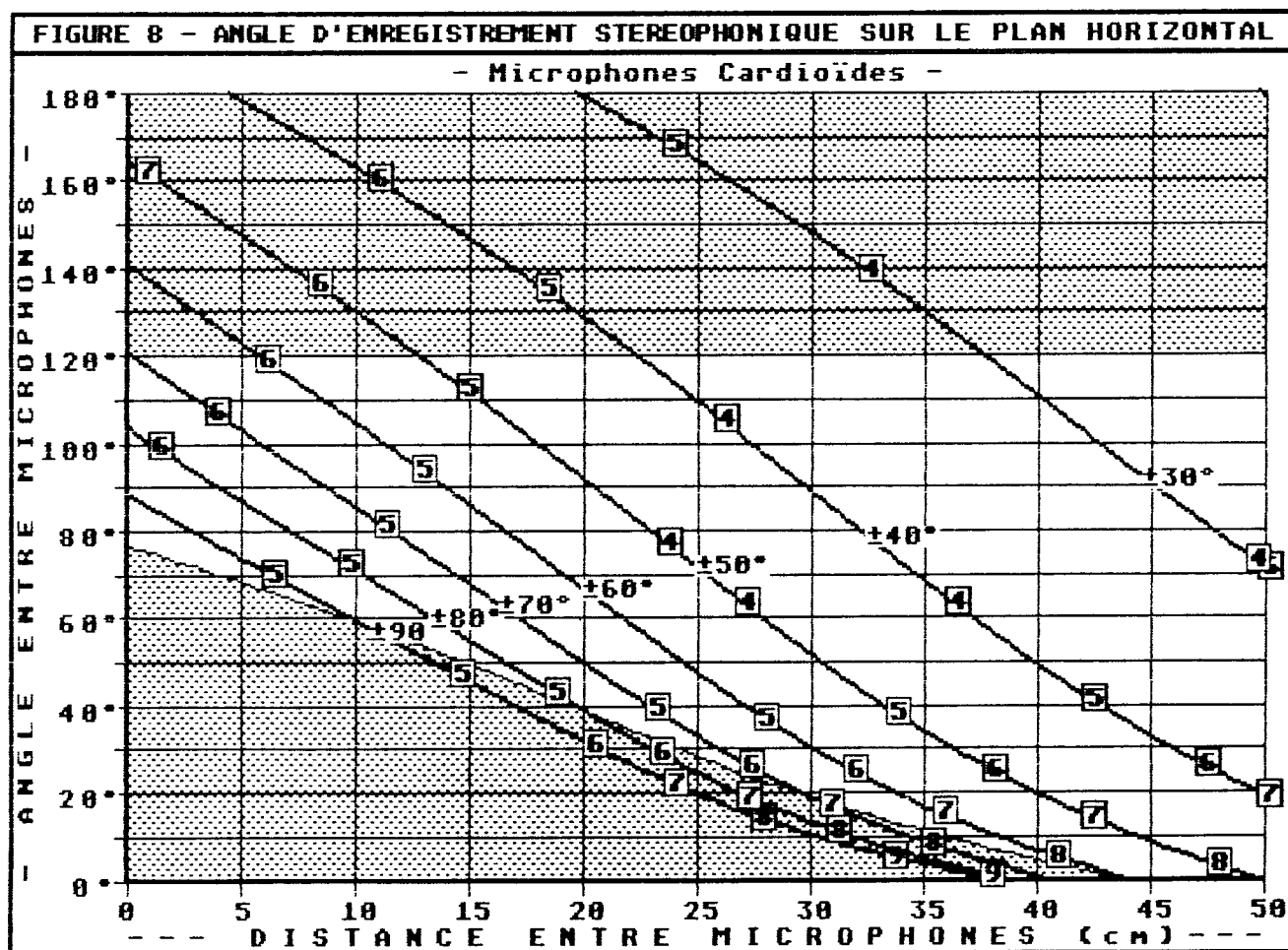


FIGURE 9 - ANGLE D'ENREGISTREMENT STEREOPHONIQUE SUR LE PLAN HORIZONTAL

- Microphones Hypocardioides -

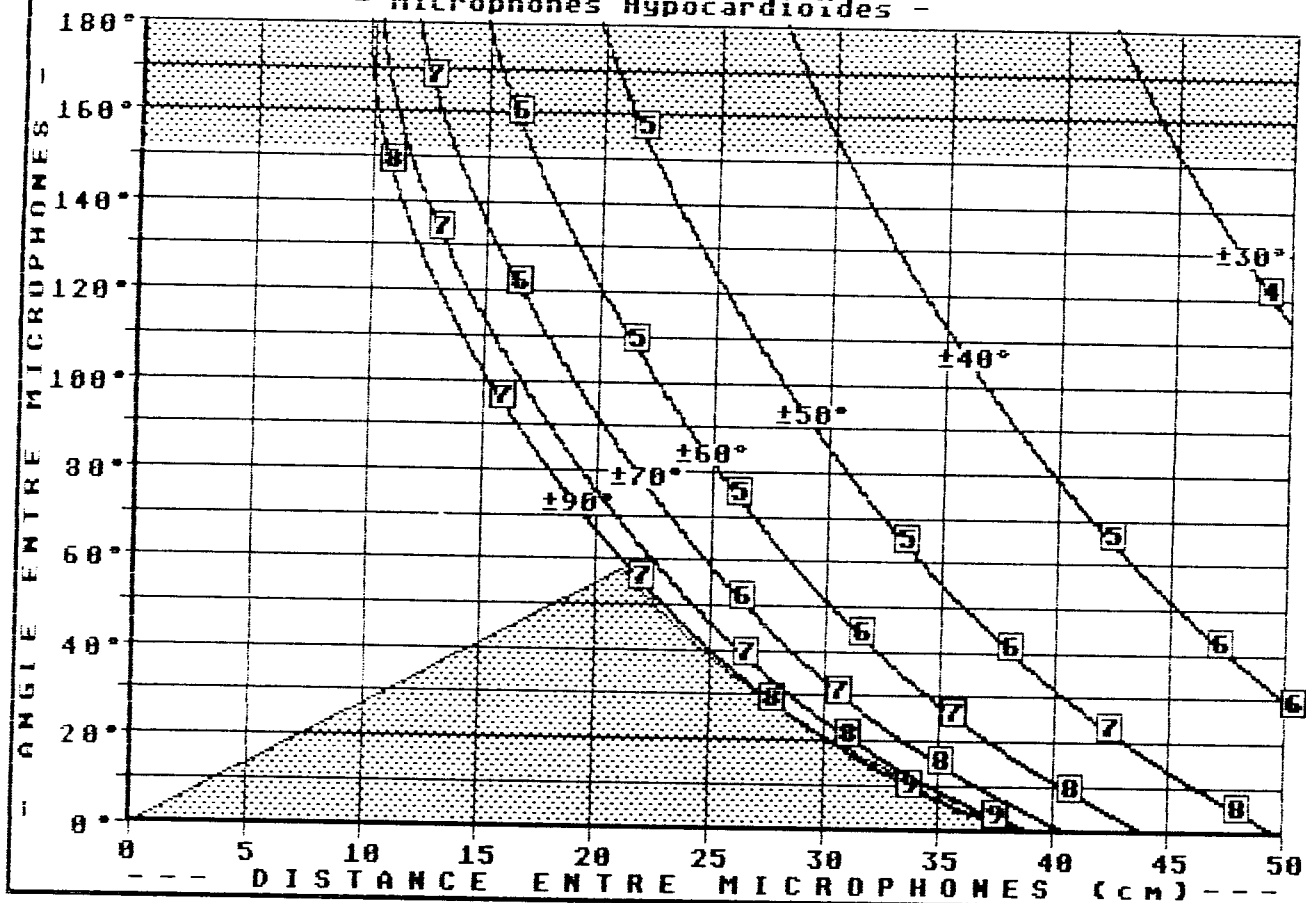
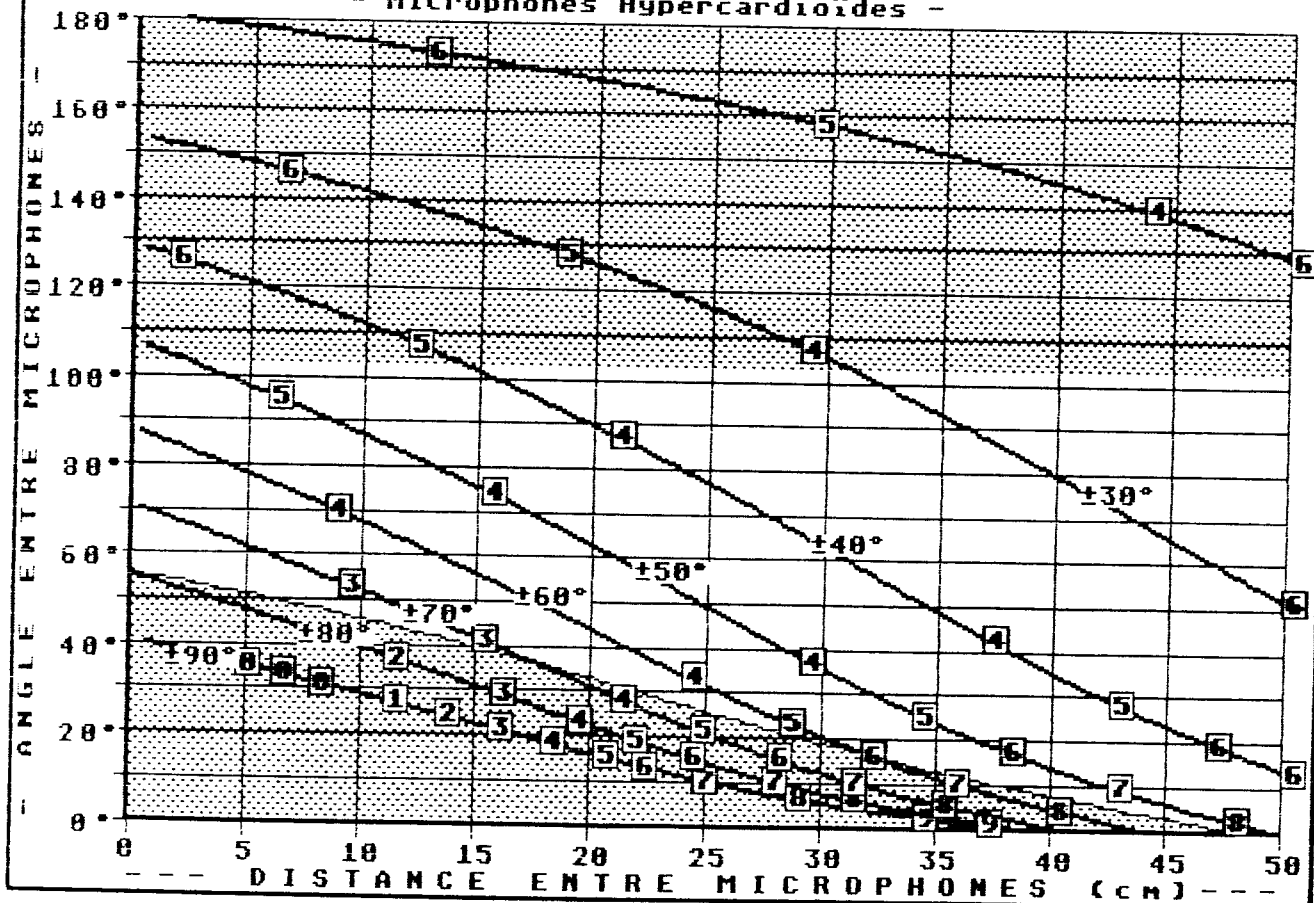
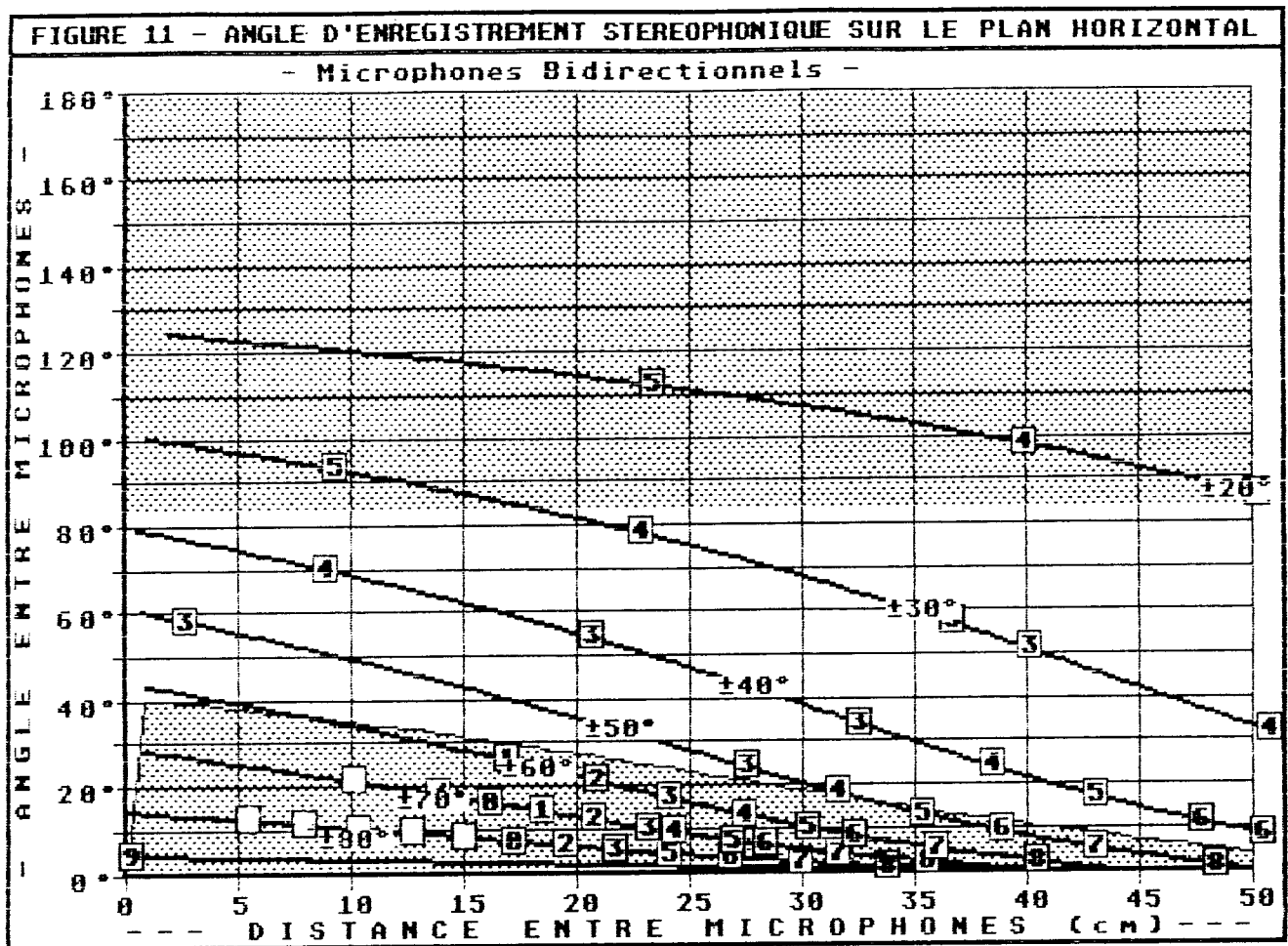


FIGURE 10 - ANGLE D'ENREGISTREMENT STEREOPHONIQUE SUR LE PLAN HORIZONTAL

- Microphones Hypercardioides -





### 3. 2. 1. DISTORSION GEOMETRIQUE - DISTORSION ANGULAIRE

La Figure 12 nous montre une situation de prise de son d'un nombre d'objets sonores A, B, C, D et E équidistants sur un arc de cercle.

En règle générale, il existe une certaine compression (ou même expansion) de l'angle de prise de son par rapport à l'angle apparent de reproduction. Si l'angle de prise de son stéréophonique est de  $\pm 50^\circ$  ( $100^\circ$  en tout), il sera reproduit sous un angle de  $60^\circ$  à l'écoute (angle entre les enceintes dans la configuration standard de l'écoute): Il y a donc compression de l'angle de prise de son. Dans le cas contraire ou l'angle de prise de son est plus petit que  $\pm 30^\circ$ , il y a bien sûr expansion de l'angle de prise de son à la reproduction, mais ce cas est relativement rare. Nous sommes pour l'instant plutôt concernés par la linéarité de cette reproduction.

S'il n'existe pas de distorsion angulaire dans le système d'enregistrement et de reproduction (Figure 13), les objets A, B, C, D et E vont être reproduits:

- A sur l'enceinte de gauche
- B à  $15^\circ$  vers la gauche par rapport au centre
- C au centre
- D à  $15^\circ$  vers la droite par rapport au centre
- E sur l'enceinte de droite

FIGURE 12 - SITUATION DE PRISE DE SON

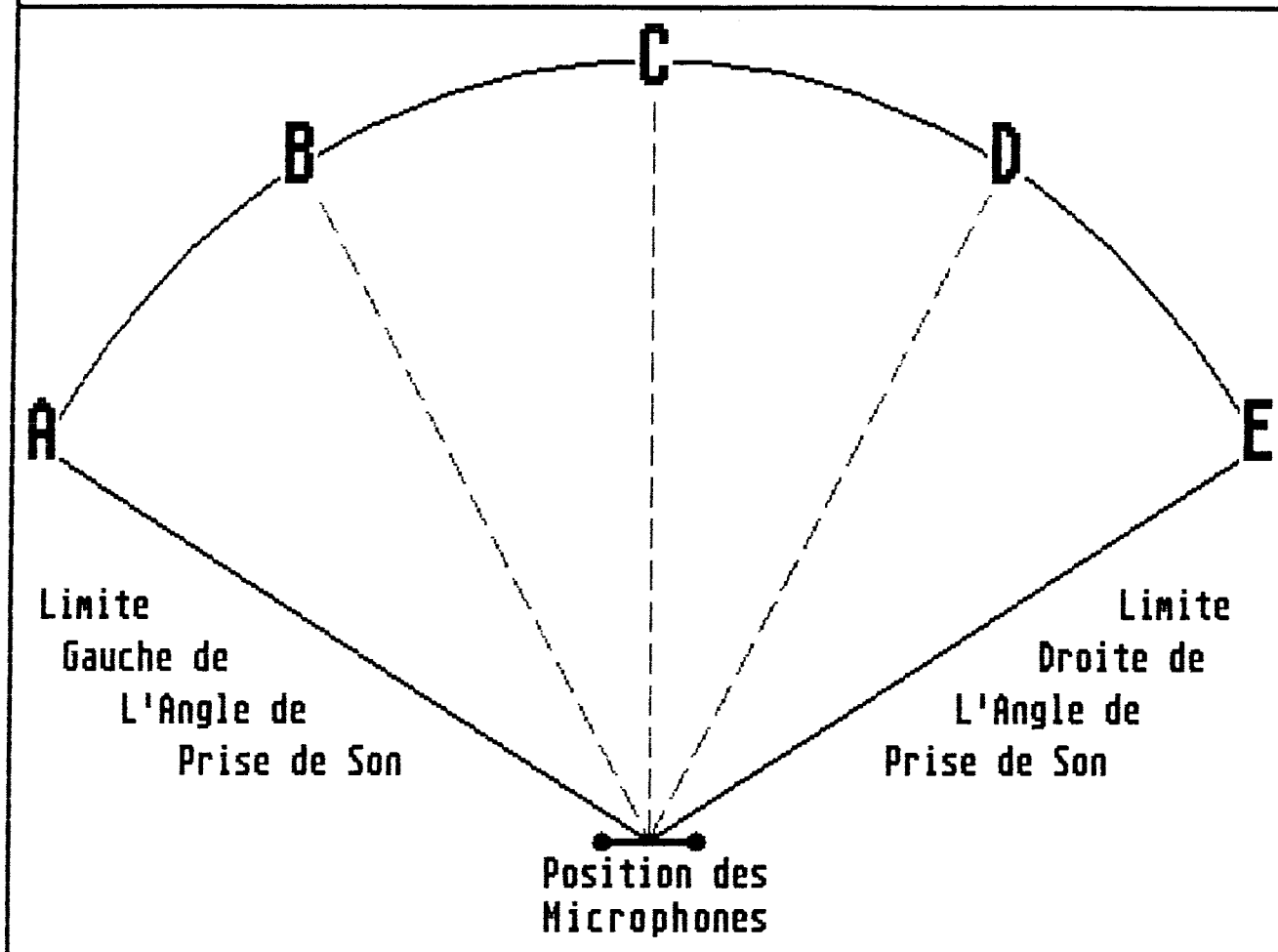
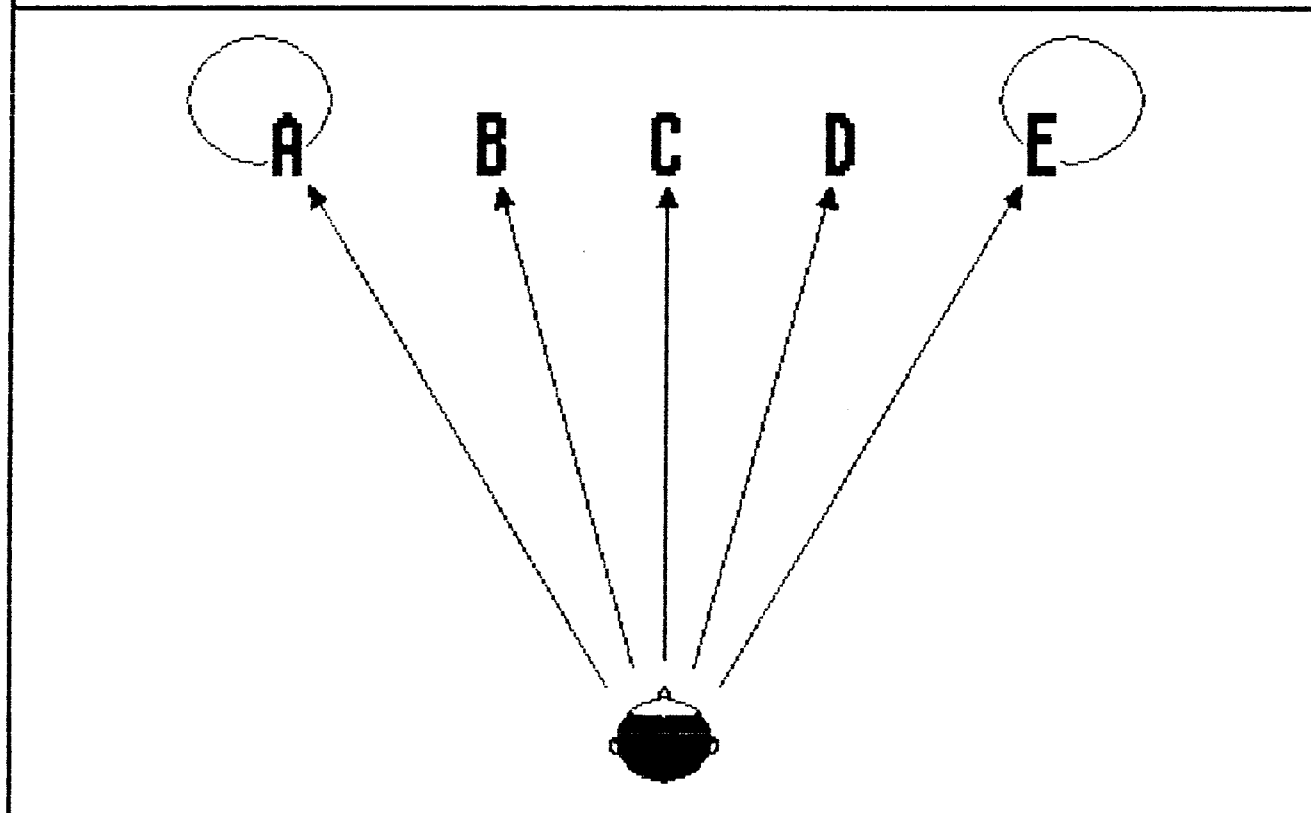
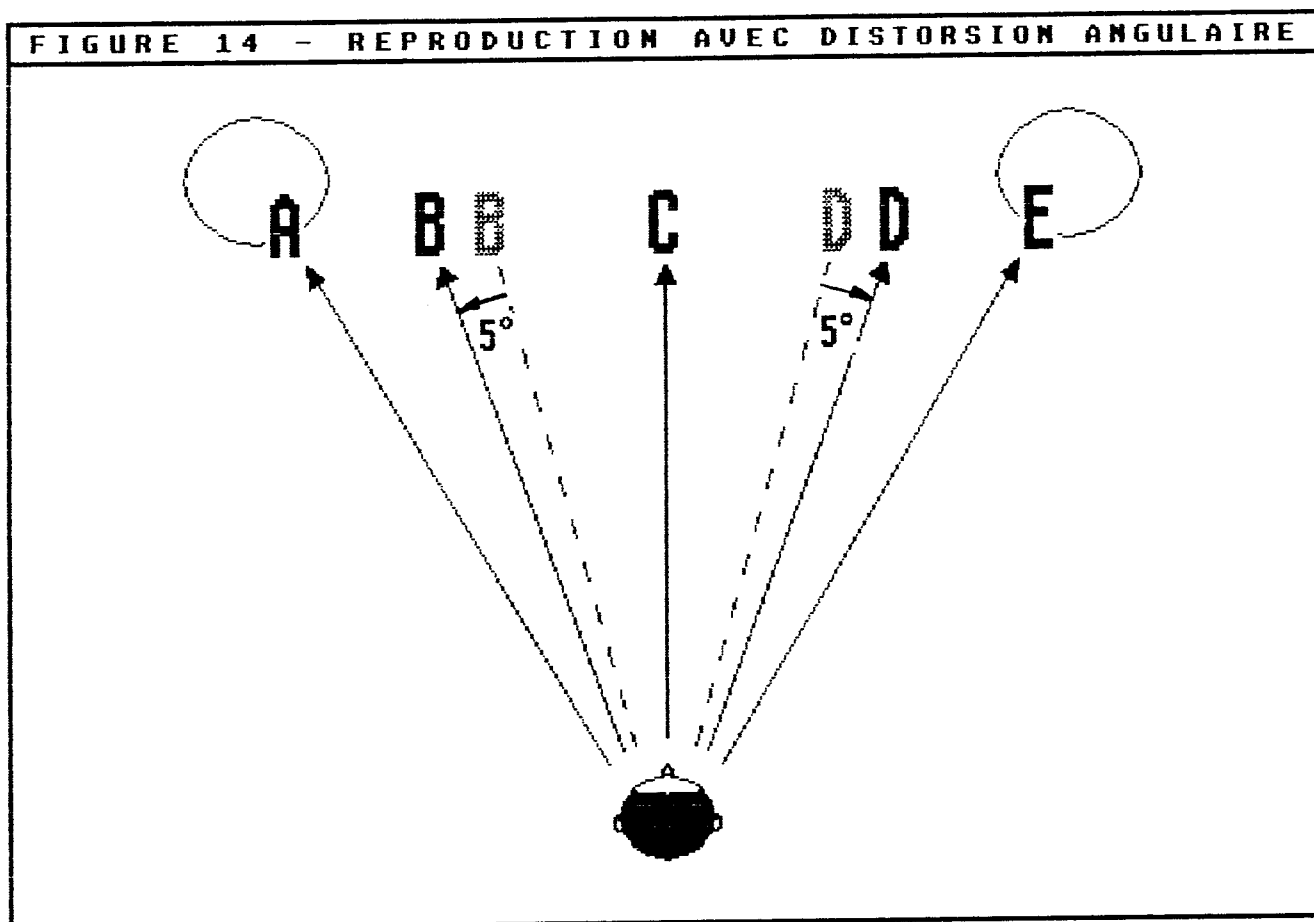


FIGURE 13 - REPRODUCTION SANS DISTORSION ANGULAIRE



L'existence de distorsion angulaire (Figure 14) va modifier sensiblement cette situation en ce qui concerne la position des objets sonores B et D: ils vont être décalés d'un certain angle toujours vers les enceintes. Par exemple sur cette figure, le décalage des sources sonores B et D, est de 5 degrés. Par contre A, C et E vont être reproduits exactement à la même position que précédemment.



On peut prendre ce décalage angulaire des objets B et D comme mesure (ou repère) de la quantité de distorsion angulaire. C'est cette valeur qui figure (encadrée) sur les abaques. Par exemple, sur la Figure 8 (l'abaque pour les cardioïdes), on trouve les valeurs de distorsion angulaire suivantes pour différentes combinaisons distance/angle :

- 15cm 110° -> 5° ("SRA" de +/- 50°)
- 24cm 80° -> 4° ("SRA" de +/- 50°)
- 0cm 90° -> 6° ("SRA" de +/- 90°)
- 37cm 0° -> 9° ("SRA" de +/- 80°)

("SRA" signifie "Stereophonic Recording Angle" soit Angle d'Enregistrement Stéréophonique)

Cette caractéristique de distorsion angulaire peut souvent être interprétée lors d'une prise de son comme une impression de tassement vers des extrémités du champ stéréophonique reproduit.

On remarque sur les différents abaques (Figures 8, 9, 10 et 11) que, pour un angle de prise de son donné, les combinaisons distance/angle vers le centre produisent les valeurs minimales de distorsion angulaire.

Par contre, l'utilisation des systèmes où la distance entre les capsules est faible augmente sensiblement cet effet de tassement, et encore plus s'il s'agit de système à écartement important et à angle plutôt faible. Le cas le plus extrême est l'utilisation des microphones omnidirectionnels espacés d'au moins 40 à 50cm. Ici l'effet de tassement est maximum et atteint environ 10° de distortion angulaire.

### 3. 2. 2. VARIATION DU RAPPORT SON DIRECT/SON REVERBERE (à l'intérieur de l'angle de prise de son stéréo).

Il y a deux zones distinctes où se produit ce phénomène et dans chaque zone, l'effet est différent. Dans la zone hachurée en haut des figures 8, 9, 10 et 11, le rapport son direct/son réverbéré devient inacceptable aux extrémités de l'angle de prise de son. Dans la zone en bas de chaque abaque, le rapport est mauvais seulement autour du centre de l'angle de prise de son.

Il faut dire que ce changement du rapport son direct/ son réverbéré est gênant surtout dans des environnements sonores réverbérants, par exemple dans les églises. Dans le cas d'enregistrement dans un studio très "mat" (le temps de réverbération étant très faible) où en extérieur, il peut être négligé.

### 4. 1. PRISE DE SON

Nous sommes maintenant en mesure de faire une première approche du problème de prise de son proprement dite. Dans quel ordre faut-il tenir compte de chacun de ces paramètres, et pour quelle raison?

Il faut dire que nous allons faire uniquement des suggestions. L'expérience de chacun peut suggérer une autre démarche, et on est en droit d'exprimer ses préférences et même d'avoir des partis pris! De plus, nous ne sommes pas partisans des "recettes de cuisine", ni des méthodes de travail imposé, qui malheureusement sont trop souvent monnaie courante, et mènent tôt ou tard à la sclérose de notre métier.

Mais revenons à UNE démarche possible:

#### 1) Courbe de Réponse:

La courbe de réponse amplitude/fréquence des microphones détermine surtout la reproduction du timbre des voix ou des instruments de musique. On doit déterminer la courbe de réponse nécessaire pour le rendu spectral que l'on souhaite obtenir. La réponse dans les basses fréquences est essentiellement liée au type de directivité choisie (voir Figure 7).



- 2) **La Position du Système Microphonique:**  
L'optimisation du rapport son direct/son réverbéré joue ici un rôle important, ainsi que l'équilibre acoustique entre les différentes sources sonores. Il est souvent difficile d'obtenir une position du système microphonique qui donne un résultat optimum pour ces deux aspects de la prise de son à la fois, donc d'une façon ou d'une autre, un compromis doit être recherché.
- 3) **Image Stéréophonique:**  
C'est seulement en troisième lieu que l'on peut commencer à mettre au point l'image stéréophonique. Ayant mesuré le champ stéréophonique à reproduire par rapport à la position du système microphonique, il faut se reporter aux abaques pour déterminer la combinaison distance/angle adéquate (Figures 8 à 11).  
  
Il faut éviter au maximum d'utiliser des combinaisons dans les zones hachurées A et B SAUF, si on recherche des effets bien particuliers (par exemple: éloignement d'une partie des sources sonores).
- 4) **Distorsion Angulaire:**  
Pour un angle de prise de son stéréophonique donné, il n'existe qu'une seule combinaison de distance et angle pour obtenir une distorsion angulaire minimum.
- 5) Il est souvent nécessaire de changer l'ordre des priorités pour étudier leur influence sur le résultat final de la prise de son. Recommencer la démarche complète, peut-être en changeant les préférences, jusqu'au moment où l'on obtient le résultat optimum, ou tout au moins le "meilleur" compromis possible.

D'autres combinaisons de distance/angle (tout en donnant le même angle d'enregistrement stéréo) permettent d'exprimer une préférence personnelle pour la stéréo d'intensité (avec une meilleure compatibilité mono/stéréo) ou bien la stéréo de temps pour un meilleur rendu du "relief" (peut-être) Mais chacun a ses propres idées là-dessus.

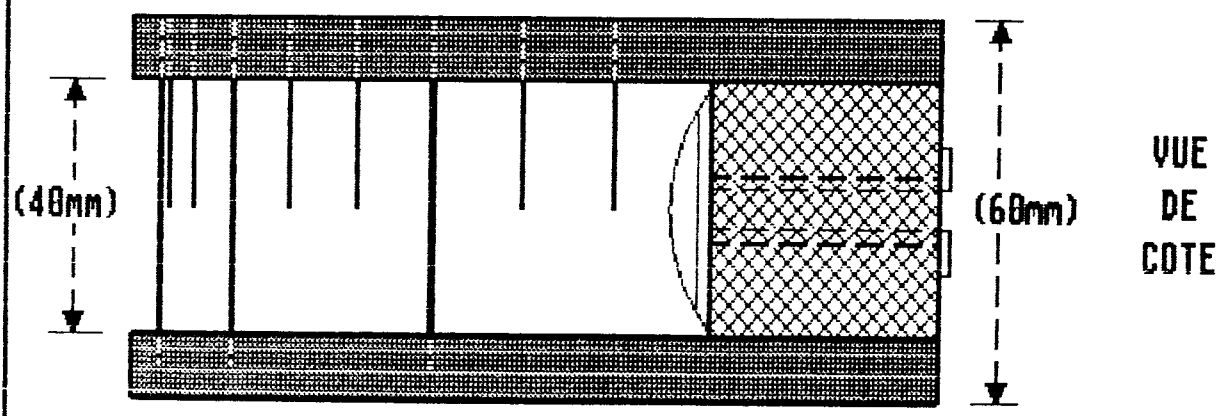
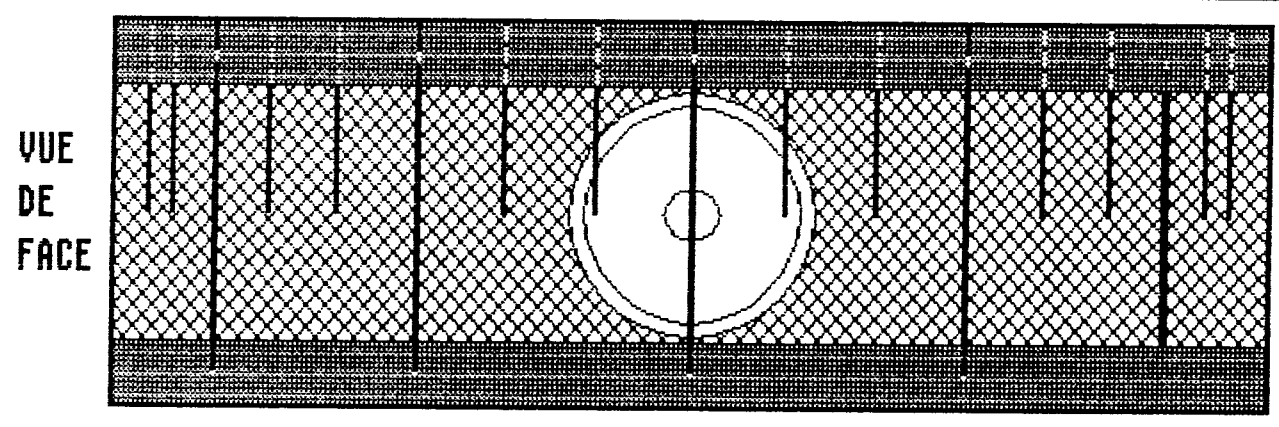
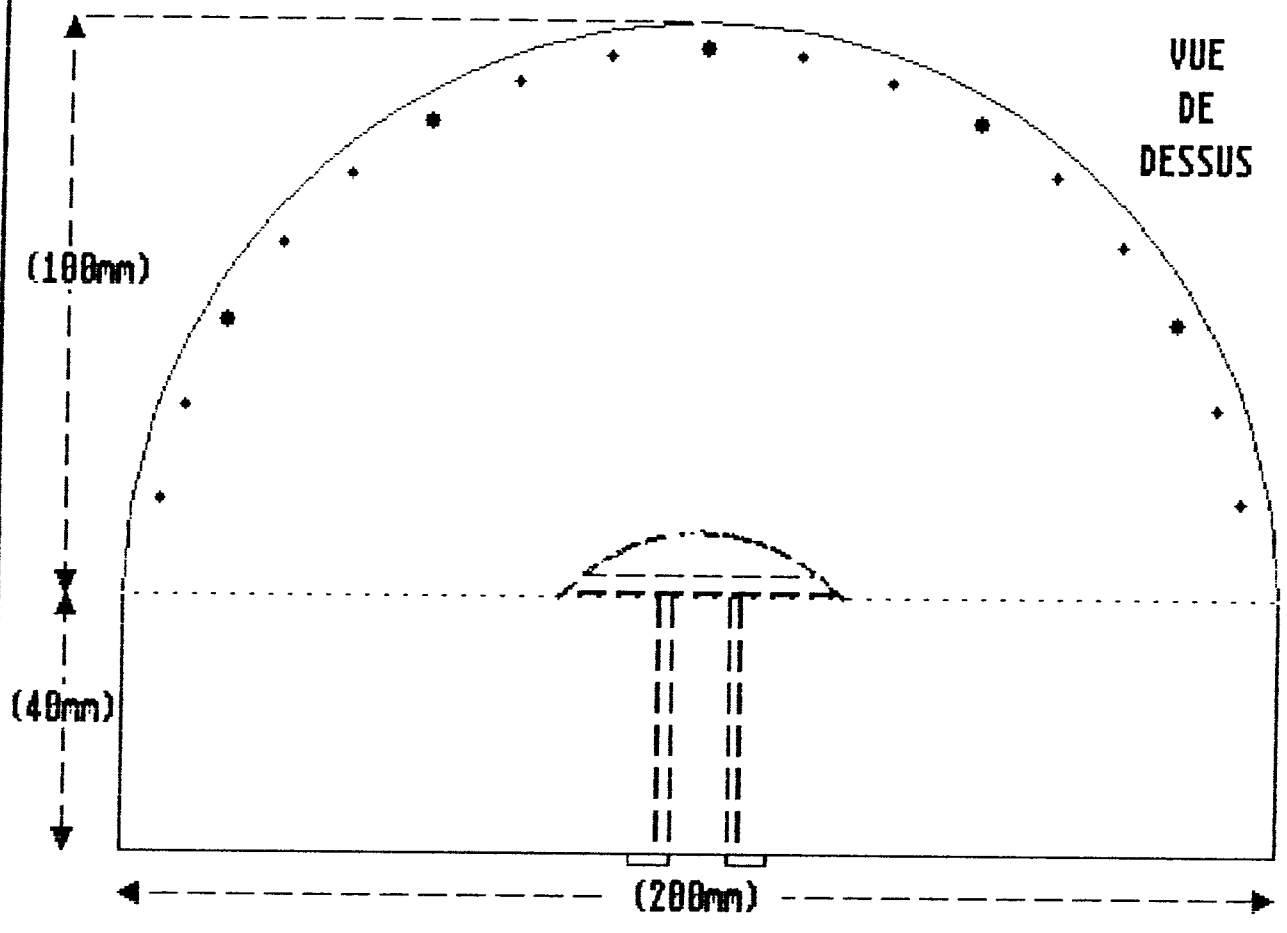
#### 4. 2. INSTRUMENTS DE MESURE

Vous avez vu que nous sommes très attentifs à la distribution angulaire de l'image stéréophonique. Ce n'est évidemment pas le seul objet de nos préoccupations, mais il a son importance.

A un certain moment dans notre démarche, nous aurons besoin de mesurer le secteur angulaire occupé par la source sonore. Etant donné qu'aucun instrument n'existe pour faire cette mesure (sauf peut-être le sextant), nous allons proposer un moyen très facile de réaliser un tel instrument.

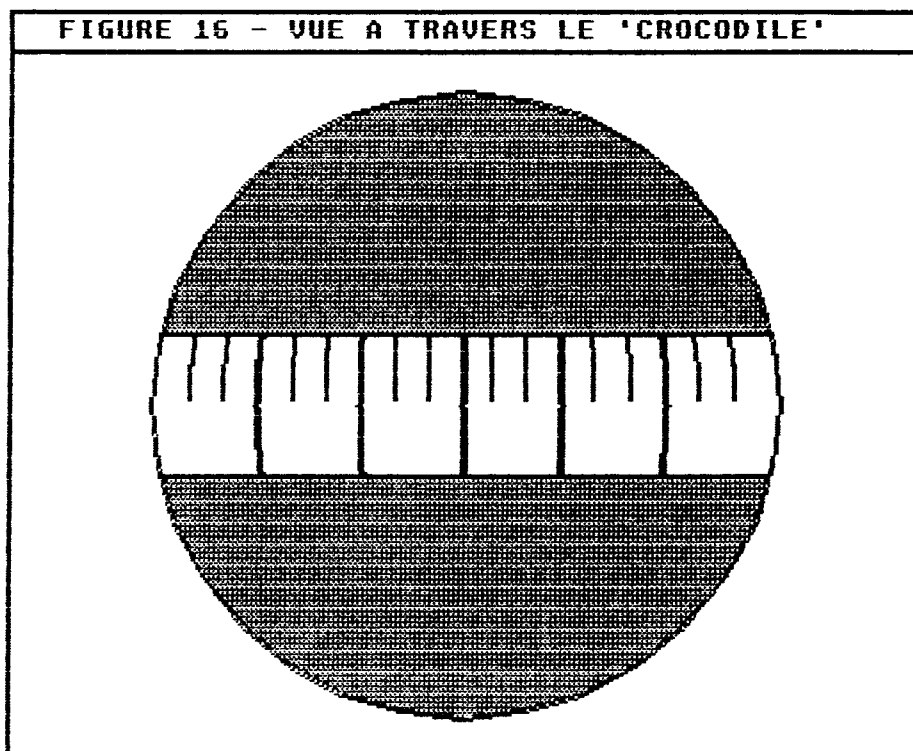
La partie optique du viseur est tout simplement un minuscule judas (fabriqué par exemple par BLOSCOP), instrument qui est souvent monté sur une porte d'entrée pour voir qui est sur le palier. Ce viseur optique a l'avantage d'avoir un champ de visée d'environ 180 degrés - ce qui est idéal pour notre application. Si on ajoute quelques clous plantés dans une plaque de bois coupée en arc de cercle, nous sommes presque au bout de nos peines.

FIGURE 15 - 'LE CROCODILE'



La Figure 15 montre comment construire ce viseur d'angle. A l'aide de cet instrument, il est possible de mesurer le secteur angulaire occupé par n'importe quelle source sonore à la position du système de microphones.

La Figure 16 nous montre la vue à travers le viseur, et peut-être vous voyez pourquoi nous avons lui donné le surnom de "CROCODILE".



Mais votre séance de bricolage n'est pas encore terminée. Nous avons besoin d'une barrette de support pour les microphones qui permette de régler facilement l'angle et la distance entre ceux-ci :

Il faut une barre de métal (Duralumin ou laiton) de 30 cm de longueur, 2,5 cm de large et 4 mm d'épaisseur. Un trou au centre de 10 mm de diamètre permet de monter la barrette sur un pied de micro. Maintenant il faut percer des trous de 10 mm de diamètre tous les 2cm, ce qui permet de monter le support de chaque microphone à la position voulue. Si vous pouvez obtenir des tarauds de 3/8 de pouce au pas Whitworth(!!!!), vous pouvez aussi tarauder le trou central pour visser la barrette directement sur un pied de micro (attention, il faut percer un avant trou de 8.5 mm dans ce cas).

La mesure de l'angle entre les microphones doit se faire à l'aide d'un grand rapporteur, comme par exemple celui utilisé sur des tableaux noirs de l'école primaire...

Il est évident que des supports tournants et gradués peuvent faciliter énormément ce travail de mise en place, mais il faut les fabriquer spécialement - ce qui n'est pas forcément possible pour tout le monde.

Attention, les supports de microphones sont normalement fixés aussi avec des vis de 3/8 de pouce Whitworth, ce qu'on appelle aussi "pas photo". Il n'est pas toujours facile de trouver ces vis.

## 5. 1. TRAVAUX PRATIQUES SUR LE COUPLE VARIABLE

Nous allons essayer maintenant de traiter les aspects plutôt pratiques de la prise de son stéréophonique et suggérer quelques exercices pour vous aider à mieux appréhender les caractéristiques du Couple Variable.

Avant de commencer des prises de son proprement dites il peut être intéressant de faire d'abord quelques expériences simples. On vous demande de tourner avec un rayon d'environ 1,50 m autour du système de microphones tout en annonçant votre position angulaire par rapport à l'axe de ce système; puis d'écouter l'enregistrement que vous aurez fait.

Ensuite, pour connaître approximativement l'angle de prise de son stéréophonique, il s'agit de repérer à l'écoute le secteur angulaire à l'intérieur duquel il y a mouvement de la source sonore entre les enceintes. Ce même type d'expérience peut être réalisé dans les fréquences élevées en utilisant comme source sonore un maracas par exemple.

Beaucoup d'informations sur les caractéristiques des différents couples de microphones peuvent être déterminées de cette façon, par simple écoute critique. Voici quelques exemples de combinaisons intéressantes à expérimenter avec des microphones cardioïdes:

|      | Distance | Angle |
|------|----------|-------|
| a) - | 0 cm     | 90°   |
| b) - | 0 cm     | 180°  |
| c) - | 0 cm     | 130°  |
| d) - | 0 cm     | 60°   |
| e) - | 30 cm    | 90°   |
| f) - | 20 cm    | 70°   |
| g) - | 10 cm    | 60°   |
| h) - | 35 cm    | 10°   |

Notez vos impressions à l'écoute, en tenant compte des paramètres suivants:

- Angle d'enregistrement constaté,
- Impression de distorsion angulaire,
- Evolution du rapport son direct/son réverbéré,
- Impression de précision,
- Impression d'espace.

## 5. 2. EXERCICES DE PRISE DE SON

Il faut diviser les différentes sources sonores en quatre catégories:

- Sources sonores linéaires mobiles
- Sources sonores linéaires continues
- Sources sonores occupant un secteur inférieur à  $180^\circ$
- Sources sonores d'environnement

Il peut paraître un peu surprenant de créer de telles classifications, mais vous allez voir par la suite que ceci peut nous aider à comprendre certaines limitations dans les outils de prise de son qui sont à notre disposition.

### 1) Sources Sonores Linéaires Mobiles:

C'est un cas très courant, presque banal: le passage d'un côté à l'autre d'un train, voiture, mobylette, avion, pas, etc...

### 2) Sources Sonores Linéaires Continue:

Elles s'étendent régulièrement de gauche à droite. Deux illustrations typiques de ce type de source sonore: le bruit des vagues sur un plage et le bruit des poules dans un poulailler. (ce n'est pas une plaisanterie!).

### 3) Sources Sonores de Secteur Angulaire inférieur à $180^\circ$ :

Par exemple: un orchestre, une conversation entre un groupe de personnes, un feu d'artifice vu à une certaine distance, etc.

### 4) Sources Sonores d'Environnement:

Toutes les sources sonores qui nous entourent: Ambiance dans une forêt, bruits dans un marché, circulation autour d'un rond-point, ambiance dans une gare, etc...

Chacun de ces types de sources sonores pose un problème de prise de son particulier, et en conséquence requiert des solutions très différentes. Il faut expérimenter les différentes possibilités offertes par les abaques (figures no. 8, 9, 10 et 11,) et tenir scrupuleusement un cahier des combinaisons utilisées pour chaque prise.

L'écoute critique des résultats vous apportera certainement beaucoup de renseignements - surtout si vous faites l'écoute en petit groupe et que vous discutiez entre vous des conclusions. Il faut souvent refaire des expériences à la lumière de vos discussions.

Pour les sources sonores musicales il est intéressant de chercher s'il existe des différences dans la "qualité" de reproduction stéréophonique entre deux instruments à percussion comme la marimba et le carillon.

La présence ou l'absence de réverbération peut aussi influencer considérablement notre perception du facteur "qualité" de l'image stéréophonique.

## 6. ECOUTE AU CASQUE

Malheureusement, nous sommes souvent obligés de contrôler nos enregistrements au casque. Les caractéristiques stéréophoniques entendues au casque seront très différentes de celles entendues sur des enceintes acoustiques. Il n'y a pas de solution simple à ce problème, donc il vaut mieux vous fier à vos mesures géométriques de l'angle de prise de son et utiliser les casques uniquement pour contrôler la qualité technique du signal et le rapport son direct/son réverbéré.

Vous vous êtes peut être demandé pourquoi l'écoute au casque donne des résultats si différents de l'écoute sur enceintes acoustiques. La raison est aussi simple à comprendre qu'elle est complexe à résoudre.

Dans l'écoute au casque, le signal du canal gauche est entendu par l'oreille gauche seulement, et le signal du canal droit par l'oreille droite seulement. Dans l'écoute stéréophonique sur enceintes acoustiques, l'oreille gauche entend l'enceinte gauche mais aussi l'enceinte de droite à un niveau un peu moins fort. Et inversement pour l'oreille droite.

Ce phénomène s'appelle la 'Diaphonie Acoustique' et a comme effet de réduire notre perception de l'effet stéréophonique. Pour avoir un effet satisfaisant, nous sommes obligés d'accentuer la différence entre les 2 canaux (temps et/ou intensité) au moment de la prise de son.

Donc si on revient au casque, la différence entre les 2 canaux est trop grande pour un effet satisfaisant : le champ stéréophonique alors est trop large. Inversement, si on obtient au casque une bonne distribution, l'image sonore à l'écoute stéréophonique sur enceintes sera ramassée au milieu. Quantitativement, il faut doubler la différence de temps et/ou le rapport des intensité(s) pour passer du casque aux enceintes acoustiques.

Il existe maintenant des moyens pour corriger cet effet de diaphonie acoustique en transformant le signal stéréo analogique en information numérique et, par calcul sur ordinateur, éliminer la diaphonie. Mais ce processus n'est actuellement qu'à ses débuts. Attendons quelques années pour voir des applications quotidiennes de ces techniques.

## 7. 1. ANALYSE DES TRAVAUX PRATIQUES SUR LE COUPLE VARIABLE

Si vous n'avez pas déjà fait les essais de prise de son conseillés, attention! Car après la lecture de ce chapitre vous allez certainement entendre ce que nous avons décrit. Votre analyse intellectuelle va prendre le dessus, et les oreilles n'y seront pour pas grande chose! Une des plus grandes difficultés dans l'apprentissage de la prise de son, c'est de faire travailler les oreilles, et seulement après, de faire l'analyse intellectuelle.

Mais espérons que vous jouez le jeu et que vous avez essayé de réaliser la plupart des enregistrements proposés et de faire votre propre analyse des résultats obtenus.

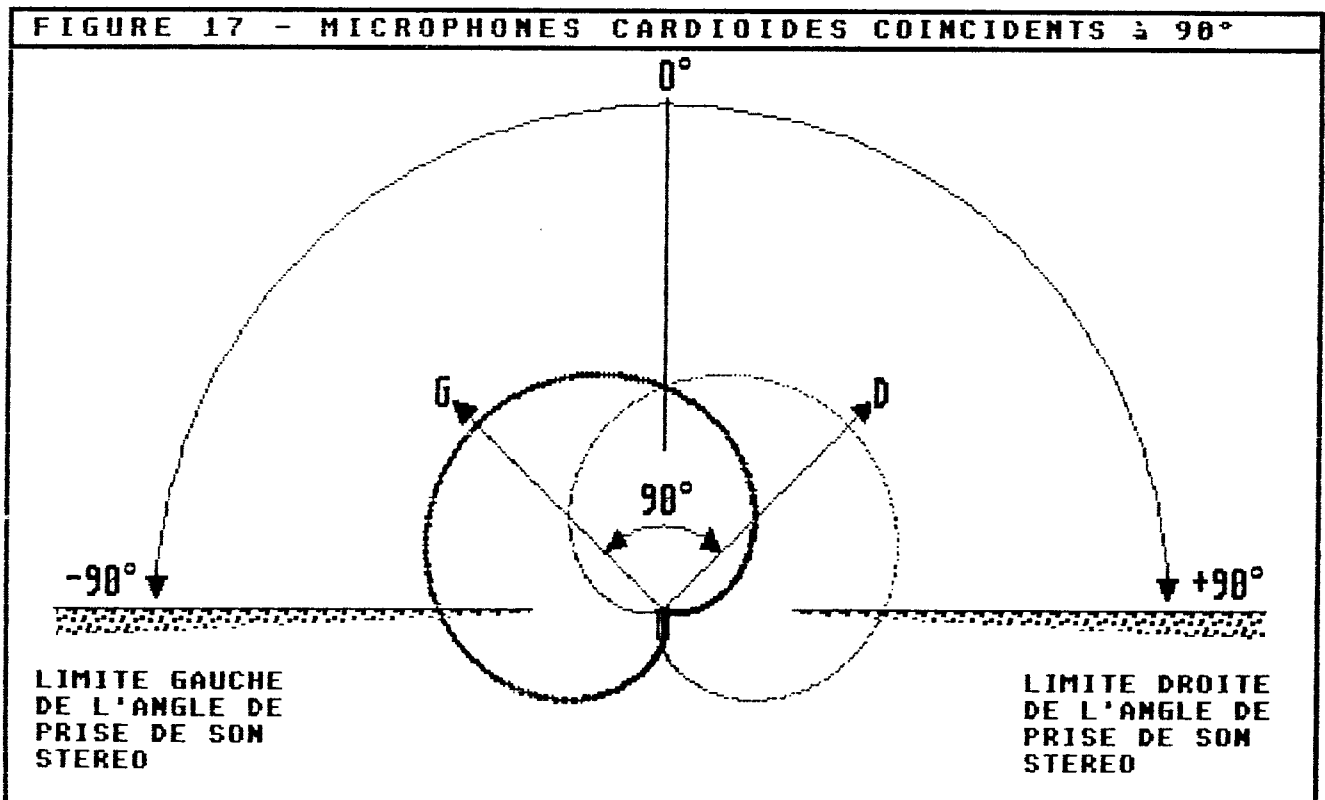
Nous allons maintenant vous aider à mieux comprendre la structure des sons stéréophoniques que vous avez entendus.

Prenons d'abord l'expérience qui consiste à tourner autour d'un couple en parlant et en essayant différentes combinaisons de distance et d'angle.

### 7. 1. 1. DISTANCE 0cm / ANGLE 90°

C'est la combinaison normalement appelée "X/Y" - les deux capsules cardioïdes sont le plus proche possible (donc "coïncidentes" dans l'espace) et l'angle entre l'axe des directivités est de 90°.

On commence à parler sur la ligne centrale du couple (le 0° du couple), c'est-à-dire à 45° par rapport à chaque axe de micro (voir Fig. 17). A la reproduction nous devons entendre ce son au centre entre les enceintes. Si ceci n'est pas le cas et si vous avez bien enregistré deux signaux d'égale intensité dans cette position de référence, il faut régler l'équilibre de niveau gauche/droite (balance) sur votre chaîne de reproduction pour rectifier la situation.



Maintenant, un déplacement de la source sonore vers la gauche devrait produire également un déplacement vers la gauche à la reproduction, et inversement vers la droite. Si ce n'est pas le cas, vous avez inversé les voies soit à l'enregistrement, soit à la lecture.

Regardons la façon dont la position de la source sonore évolue à l'écoute au fur et à mesure que vous tournez autour du couple. Le secteur angulaire qui est le plus intéressant est évidemment celui où l'on constate un mouvement entre les enceintes correspondant à un mouvement de la source sonore devant les micros. A partir du moment où le mouvement s'arrête à la reproduction, la source sonore se trouve en dehors de l'angle de prise de son stéréophonique - la détermination de cette limite est évidemment importante - il s'agit de la limite de l'angle de prise de son stéréo à 90° à gauche et à droite de l'axe du couple (+/- 90° pour cette combinaison).

Mais quelle surprise, ou peut-être déception, quand on constate la difficulté d'apprécier cet angle de façon précise. Il faut vraiment des conditions d'écoute idéales et un contexte d'enregistrement parfait pour obtenir des résultats absolument fiables. De plus, la perception de ces limites varie sensiblement d'un individu à l'autre.

Il ne faut donc jamais considérer que les limites de l'angle de prise de son sont nettes: les abaques ne nous donnent que des indications approximatives. Donc ne soyez jamais trop pointilleux là-dessus. La distorsion angulaire qui se produit à la reproduction est la raison principale qui rend difficile l'appréciation de ces limites.

Une distribution régulière de la source sonore dans le secteur angulaire de la prise de son sera toujours reproduit de façon non uniforme : il y aura du tassement aux extrémités de l'angle de reproduction. Il devient même difficile de discerner véritablement, aux extrémités, un mouvement de la source sonore ou un écart entre deux musiciens assis côte à côte. La combinaison 0cm 90° souffre justement d'un tassement d'environ 6° - ce qui n'est pas négligeable - comme vous avez dû le constater.

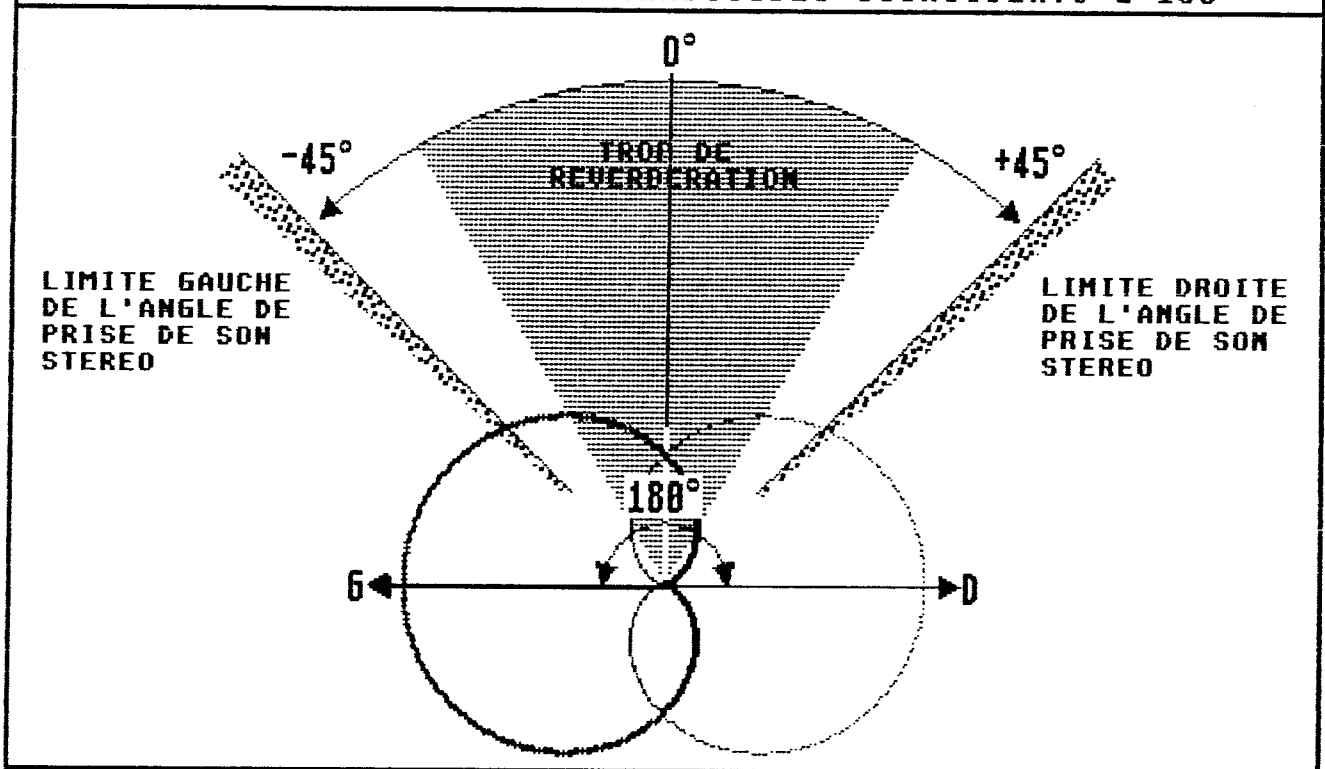
En dehors du secteur stéréo, le rapport son direct/son réverbéré diminue rapidement, donnant l'impression que la source sonore s'éloigne progressivement.



7. 1. 2. DISTANCE 0cm / ANGLE 180°

Les axes de directivité des microphones sont bien dos à dos ("back to back") mais les capsules sont toujours coïncidentes.

FIGURE 18 - MICROPHONES CARDOIDES COINCIDENTS à 180°



L'angle de prise de son stéréo est plus étroit (environ +/- 45°), donc inversement proportionnel à l'angle entre les microphones. Ceci à première vue peut sembler étonnant, mais c'est indéniable et il faut se faire une raison.

On constate aussi une zone au milieu de l'angle de prise de son stéréo où la quantité de réverbération par rapport au son direct est vraiment inacceptable. Si on décrit un demi-cercle autour du couple, de gauche à droite, on remarque une évolution du rapport son direct/son réverbéré comme suit:

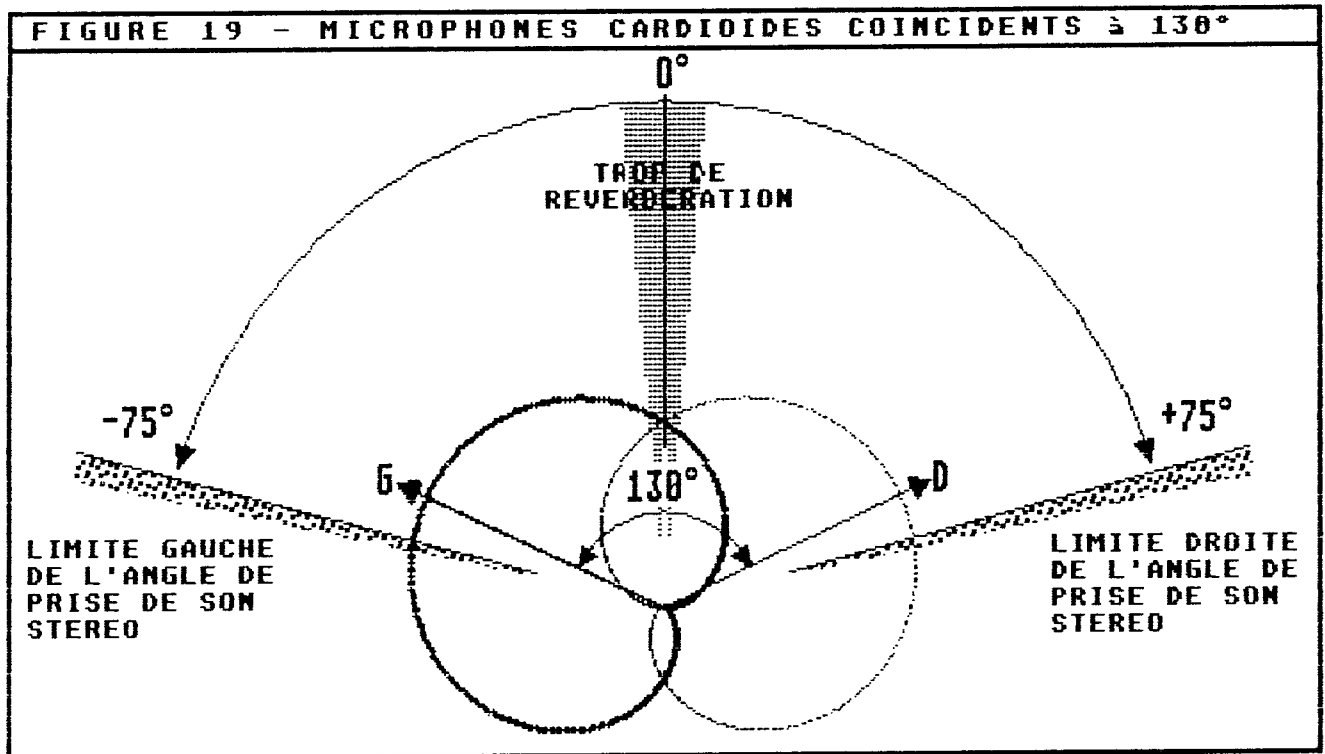
- à gauche 90° - le son est "présent" (peu de réverbération), mais nous sommes en dehors de l'angle de prise de son stéréophonique;
- à gauche 45° - le son est "encore présent" et nous sommes sur le bord de l'angle stéréophonique;
- à gauche 30° - la réverbération commence à se faire sentir;
- au centre - la réverbération est vraiment trop prononcée;
- à droite 30° - symétrique à la position gauche 30°, la réverbération diminue;
- à droite 45° - nous sommes à la limite de l'angle stéréophonique, et le son est plus "présent" (pas trop de réverbération);
- à droite 90° - le son est "présent", mais nous sommes en dehors de l'angle de prise de son.

Vous voyez clairement maintenant pourquoi cette combinaison se trouve dans la zone hachurée en haut de l'abaque.

Essayez de décrire un autre demi-cercle autour du couple, de gauche à droite, mais en passant par derrière cette fois-ci. Vous devez trouver qu'il existe un autre secteur de prise de son stéréophonique situé derrière le système microphonique et parfaitement symétrique de celui de devant.

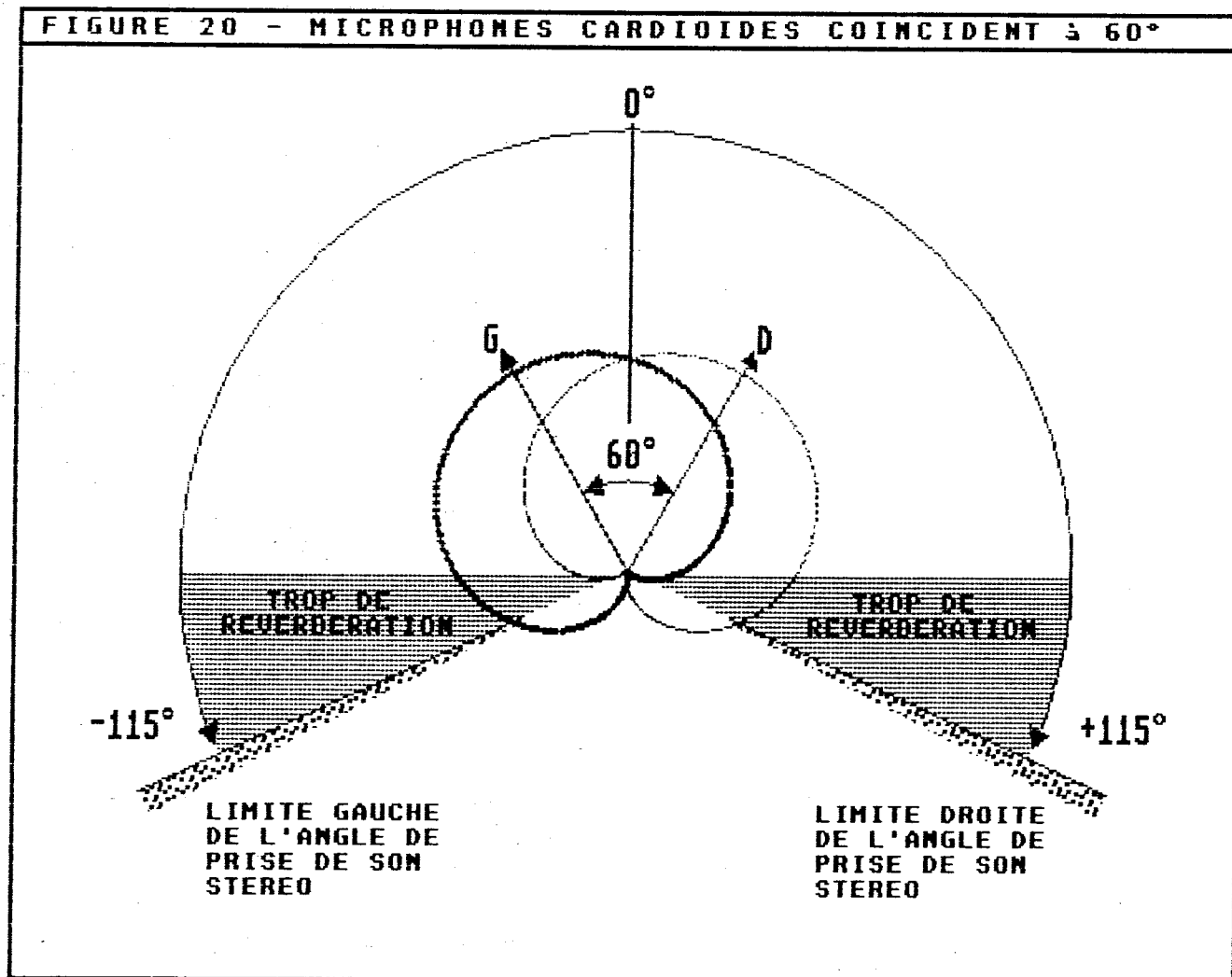
7. 1. 3. DISTANCE 0cm / ANGLE 130°

Toujours "coincident" mais l'angle entre les micros est maintenant de 130°. Nous constatons un angle de prise de son de +/- 75°. Vous avez peut-être aussi remarqué le même phénomène de réverbération que précédemment (0cm / 180°), mais dans un angle assez étroit autour du centre.



7. 1. 4. DISTANCE 0cm / ANGLE 60°

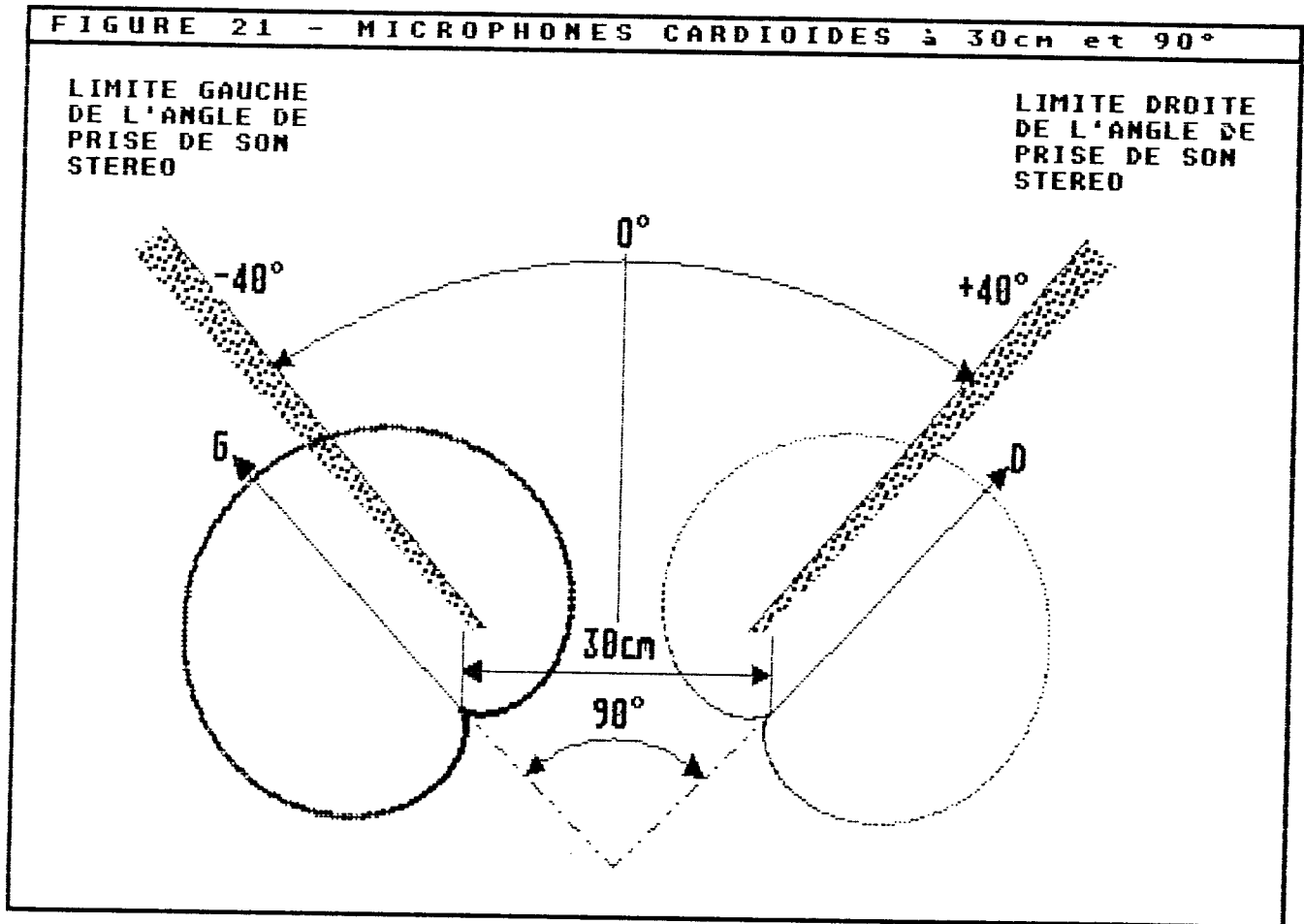
Il s'agit maintenant de l'autre extrême. Ici l'angle de prise de son est très large (théoriquement environ +/- 115°) mais il est impossible de le déterminer parce que le rapport son direct/son réverbéré devient inacceptable aux extrémités de l'angle de prise de son - même à partir de 90° par rapport à l'axe du couple on entend le rapport son direct/son réverbéré diminuer. Voici donc la deuxième zone hachurée où les combinaisons de distance/angle sont entachées de trop de réverbération vers les extrémités de l'angle de prise de son. La source sonore donne l'apparence d'éloignement vers ces limites.



7. 1. 5. DISTANCE 30cm / ANGLE 90°

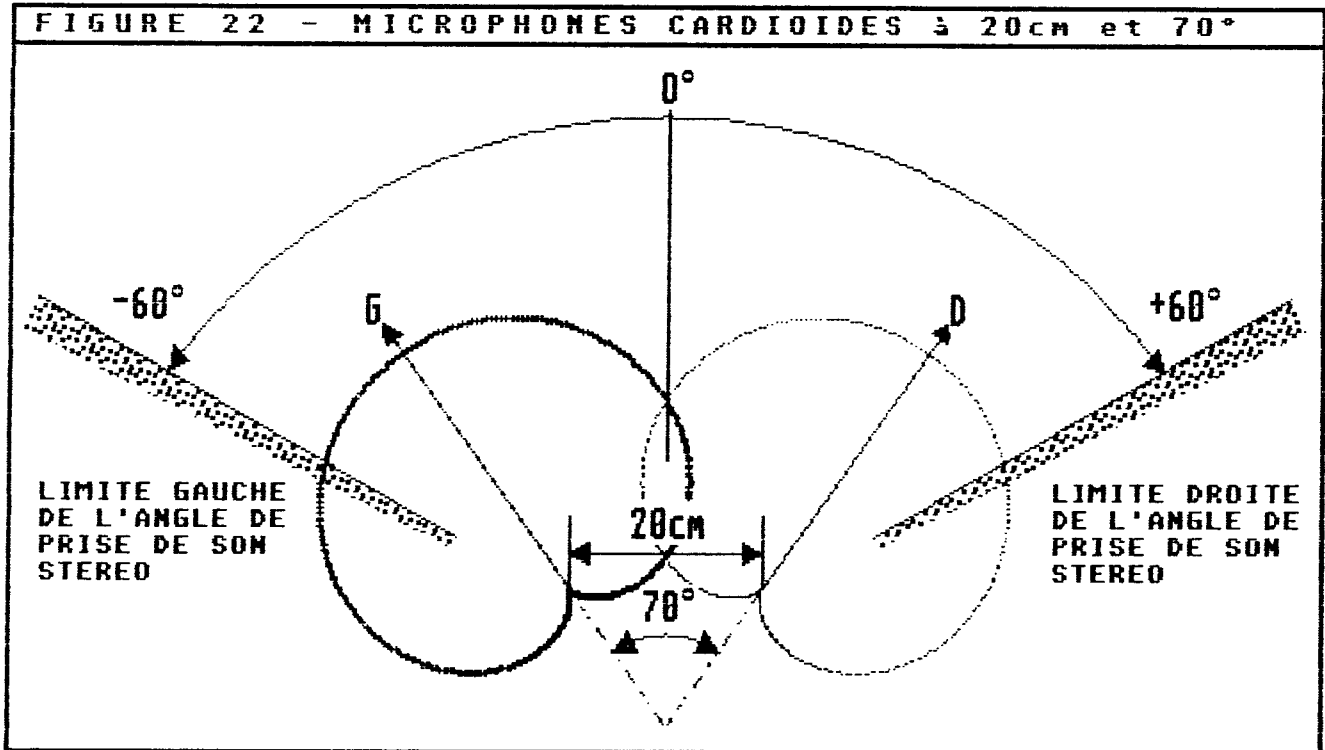
Couple utilisant à la fois l'effet de décalage dans le temps et de rapport des intensités pour reproduire le champ stéréophonique.

L'angle de prise de son stéréo (environ +/- 40°, soit un total de 80°) est plus facile à déterminer étant donné l'amélioration dans la distorsion angulaire (moins que 4°). Cette combinaison de distance/angle est celle utilisée pour le couple dit "N.O.S.". Il n'y a pas d'évolution inacceptable du rapport son direct/son réverbéré à l'intérieur de l'angle de prise de son stéréo, ni au centre, ni aux extrémités.



7. 1. 6. DISTANCE 20cm / ANGLE 70°

La même chose peut-être dite concernant la réverbération en ce qui concerne cette combinaison. Par contre, l'angle de prise de son est plus large ( $\pm 60^\circ$ ) et la distorsion géométrique un peu plus prononcée (entre  $4^\circ$  et  $5^\circ$ ), donc l'effet de tassement aux extrémités est un peu plus gênant.

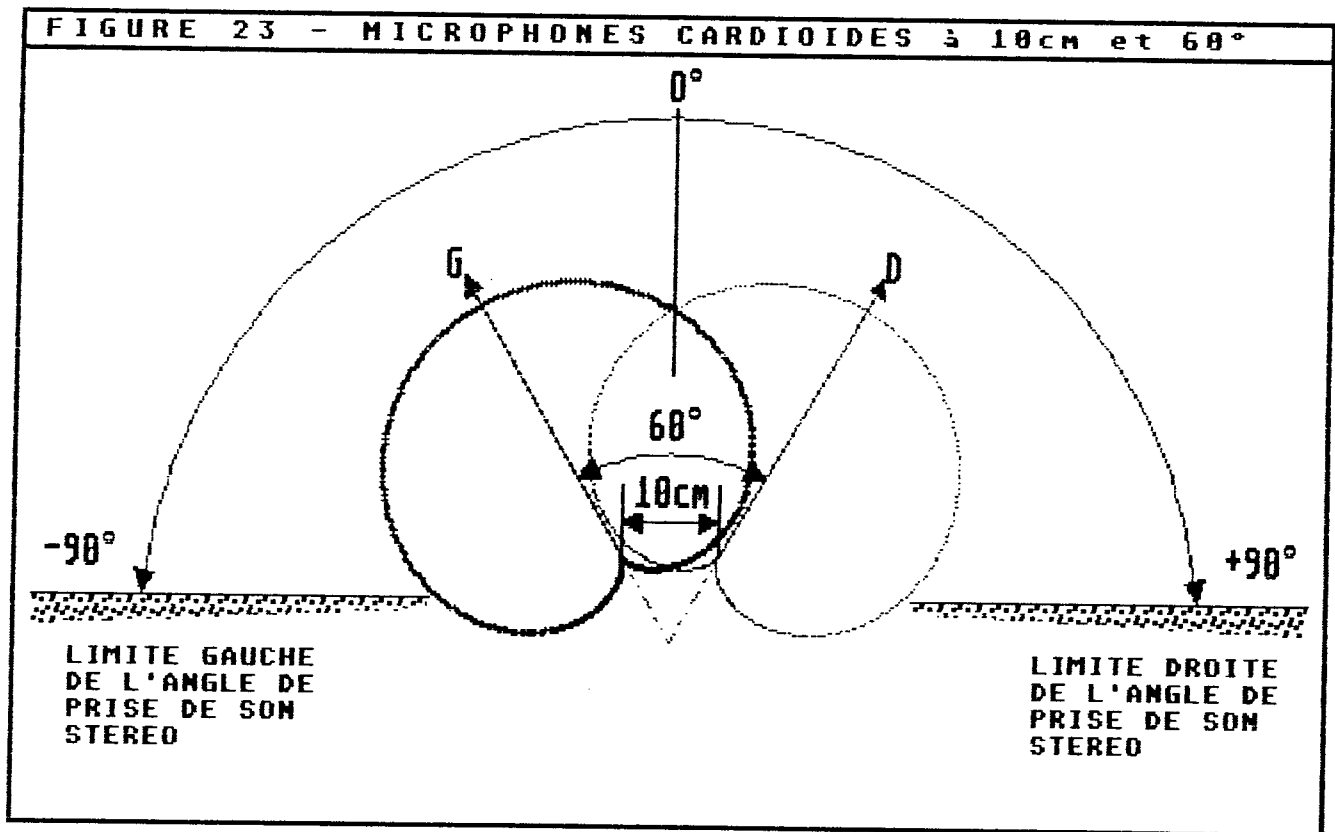


7. 1. 7. DISTANCE 10cm / ANGLE 60°

Ici on arrive à une combinaison qui doit avoir un angle de prise de son stéréo de +/- 90°, le maximum qu'on peut obtenir. La distorsion géométrique est presque 5°, donc il faut s'attendre à avoir un certain tassement aux extrémités, et on est presque dans la zone hachurée du bas, donc il est tout juste possible d'apprécier une diminution du rapport son direct/son réverbéré aux extrémités de l'angle de prise de son stéréophonique.

La précision concernant le déplacement est aussi moins nette du fait que l'ensemble de l'angle de prise de son stéréo de 180° est reproduit entre les enceintes - c'est-à-dire sur un angle total de 60° - on a donc une compression importante de la source sonore.

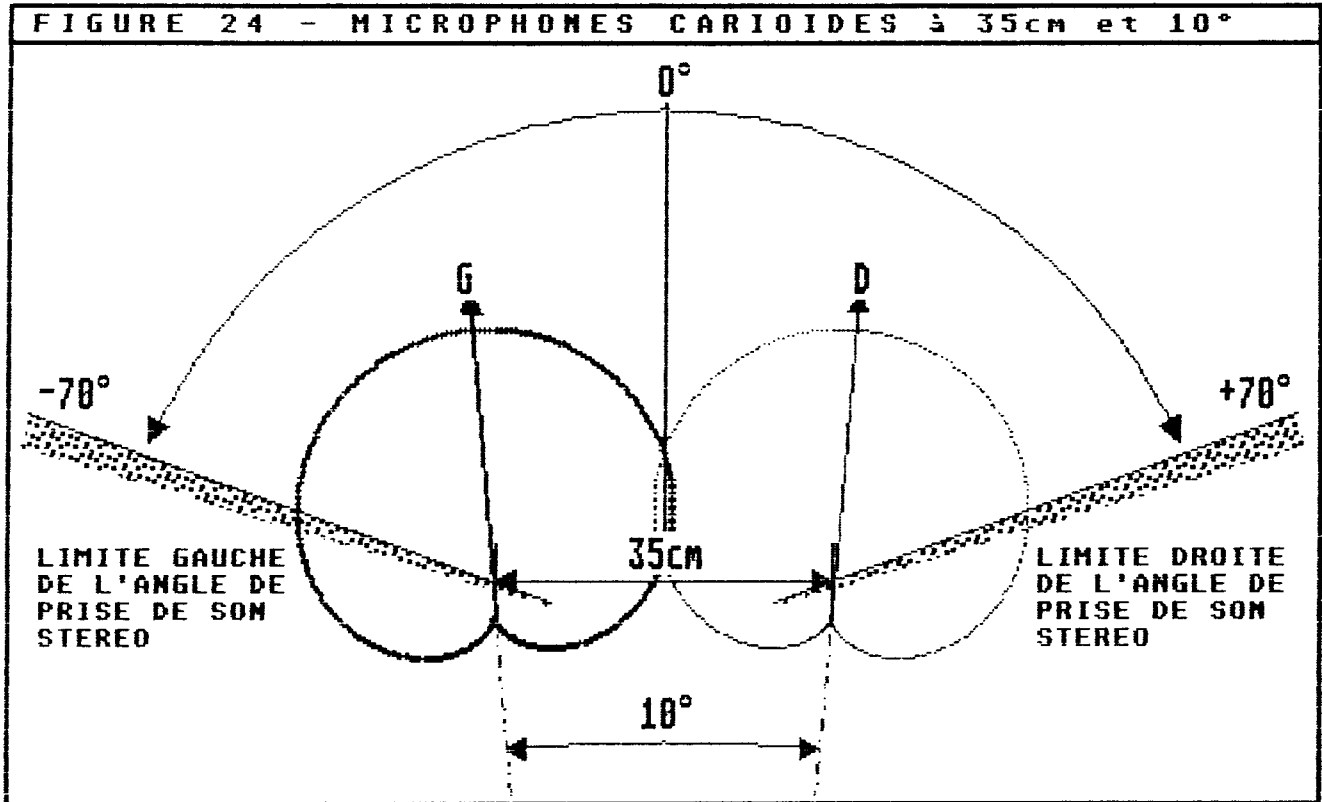
Mais nous allons voir par la suite que cette possibilité d'angle de prise de son n'a que très peu d'intérêt en général.



7. 1. 8. DISTANCE 35cm / ANGLE 10°

Ce dernier exemple, utilisant surtout le décalage dans le temps comme information de restitution de l'image sonore, nous montre l'effet maximum de tassement (ici d'environ 8°).

L'angle de prise de son stéréo est très difficile à déterminer avec certitude. Il est d'environ +/- 70° mais il est souvent perçu plus près de +/- 50° à cause de la distorsion angulaire. Par contre, l'impression d'espace peut paraître séduisante.



Mais que signifie cette impression d'espace? Il reste encore beaucoup de controverses à ce sujet, donc laissons la de côté pour l'instant, et essayons de rester dans le domaine des faits, et non celui des opinions!

## 7. 2. ANALYSE DES EXERCICES DE PRISES DE SON

### 1) Sources Sonores Linéaires Mobiles

Quel titre barbare! Mais quoi de plus facile que d'enregistrer le passage d'un train, d'une voiture, le décollage d'un avion, etc. Ce sont des exemples peut-être très banals de prise de son stéréophonique mais avec un couple variable, quelle combinaison de distance/angle choisir?

Quel est l'angle de prise de son d'un objet qui arrive d'un côté pour partir de l'autre? Mais, rien de plus simple! : il faut un angle de prise de son de  $\pm 90^\circ$  (de  $180^\circ$  en tout). Mais non! Et ceux qui ont fait cette expérience s'en sont rendu compte très vite!

Finalement le problème est relativement complexe. Il faut s'entendre sur les caractéristiques suivantes :

- 1) Quelle vitesse de passage faut-il à la reproduction? Ce n'est pas forcément la même que celle de l'objet sonore réel;
- 2) Il y a l'effet Doppler à équilibrer par rapport au mouvement angulaire;
- 3) A quel moment le son devient significatif en niveau pour entrer dans l'angle de prise de son? Les micros accentuent considérablement l'impression de distance;
- 4) Quel est l'influence de la distorsion angulaire sur l'impression de passage?
- 5) Y a-t-il trop de présence (l'objet donne l'impression d'être trop près) au centre du champ stéréo?

Il faut arriver à optimiser chacun de ces facteurs, ou au moins obtenir un bon compromis entre eux.

Nous n'avons pas de solution à ce problème par l'analyse, il faut simplement faire des essais jusqu'au moment où l'on obtient un résultat jugé satisfaisant. Mais attention, nous ne pouvons pas nous fier à l'écoute au casque, c'est seulement après l'écoute sur les enceintes acoustiques que nous pourrions choisir.

Que faire d'autre qu'une série d'enregistrements allant de  $\pm 90^\circ$  jusqu'à  $\pm 30^\circ$  en changeant de  $10^\circ$  chaque fois. Ensuite, à l'écoute, il faudra essayer de "voir" l'objet sonore qui passe - est-ce que toutes les caractéristiques citées ci-dessus sont plausibles?

Il y a une astuce pour modifier la présence au centre: on peut diminuer le rapport son direct/son réverbéré (ou son d'environnement en extérieur) en utilisant une combinaison qui tombe dans la zone hachurée du haut de l'abaque, mais malheureusement on risque de perdre sur un autre plan.

Nous n'avons pas non plus un angle ou combinaison où tout s'arrange - chaque situation est presque unique - à vous d'utiliser votre capacité d'écoute analytique et critique pour trouver le meilleur compromis.



## 2) Source Sonore Linéaire Continue

### 1) Les vagues sur une plage.

Quelle bonne excuse pour aller se dorer sur la plage en attendant la marée, mais attention, il y a encore beaucoup de travail à faire. L'expérimentation progressive est encore à l'ordre du jour. Les casques à nouveau sont défaillants pour juger du résultat éventuel sur enceintes acoustiques. Mais puisque que vous faites des essais, essayer de juger la meilleure combinaison au casque : ça ne sera certainement pas la bonne en écoute sur enceintes. Nous en reparlerons ...

Il est intéressant de suivre l'évolution du son à travers les différents angles de prise de son. Commençant par le +/- 90°, on constate "trop de son" au centre - le son est sans relief - il est presque monophonique.

A l'autre extrémité (+/- 30°), on retrouve ce que nous appelons "l'effet de Moïse". Le son se divise en deux masses: une à gauche, l'autre à droite - on dit "trou au centre" - C'est entièrement faux! Il y a bien des informations qui devraient créer un image sonore au centre, mais le "poids" des informations à gauche et à droite est assez important pour masquer entièrement ce qui est au centre. En outre le manque de linéarité angulaire a plutôt pour effet d'accentuer ce défaut.

La combinaison pour une prise de son optimum se trouve quelque part entre ces deux extrêmes - c'est le moment où vous "voyez" bien des vagues devant vous.

### 2) Les poules dans un poulailler.

Voici ce qui met fin à cette histoire de trou au centre. Etant donné que chaque poule ne parle pas exactement en même temps que sa voisine on parvient bien à situer des individus dans la collectivité et de voir la distribution des poules presque une par une!

En essayant la même technique progressive de +/- 90° à +/- 30° on "voit" la distribution d'éléments ponctuels dans le champ stéréo reproduit. Il est vrai que le +/- 30° écarte les poules sur les deux côtés, mais il y a bien encore quelques poules au milieu, de la même façon le +/- 90° nous rend une masse sonore sans relief au centre - à nouveau il faut choisir l'optimum - une bonne distribution uniforme des poules dans notre poulailler personnel!

### 3) Sources sonores en secteur angulaire (inférieur à 180°)

C'est presque avec soulagement qu'on analyse des problèmes de prise de son d'un groupe musical par exemple. Il y a en effet bien moins de difficultés à résoudre en première approche. Mais elles se situent sur un autre plan. Il faut tenir compte:

- du rapport son direct/son réverbéré pour l'emplacement du système microphonique,
- de l'équilibre acoustique de chaque instrument,
- de la position en profondeur (plan sonore) de chaque instrument,
- du rendu général de la réverbération par rapport aux instruments en direct,
- et, le comble, il faut souvent faire mieux que l'original!

Mais la distribution stéréophonique est relativement simple à optimiser. Il suffit de mesurer, de laisser un peu de marge de chaque côté, et de choisir une combinaison adéquate. On peut même faire des comparaisons entre différentes combinaisons pour le même angle de prise de son.

#### 4) Sources Sonores d'environnement

Et enfin, l'impossible. On ne peut pas reproduire d'une façon satisfaisante un environnement sonore qui nous entoure complètement (sauf peut être avec le système Stéréosonic - deux bidirectionnels coïncidents à 90°). La technique classique adoptée est d'essayer d'en atténuer au moins la moitié (soit par la directivité des micros soit par écran). Mais ce n'est pas forcément un angle de prise de son de +/- 90° qui donne les meilleurs résultats. Encore des essais entre +/- 90° et +/- 30° nous donneront de quoi choisir.

### 8. PHASE ET TEMPS

Vous avez peut-être remarqué que nous avons parlé du décalage de temps entre l'arrivée d'un son sur chacun des microphones. Il semble que l'oreille soit surtout sensible au moment de l'arrivée de chaque "paquet" d'informations venant des enceintes gauche et droite dans notre situation d'écoute. On trouve aussi que les enregistrements qui sont riches en transitoires sont reproduits avec plus de précision dans la localisation. C'est la raison pour laquelle on vous a demandé d'expérimenter la prise de son d'instruments tels que la marimba par rapport et le carillon.

Le mot "phase" revient souvent au sujet des systèmes de prise de son stéréo avec micros espacés. Il nous semble tout à fait inapproprié de parler de phase entre les deux signaux captés par les deux microphones pour les raisons suivantes :

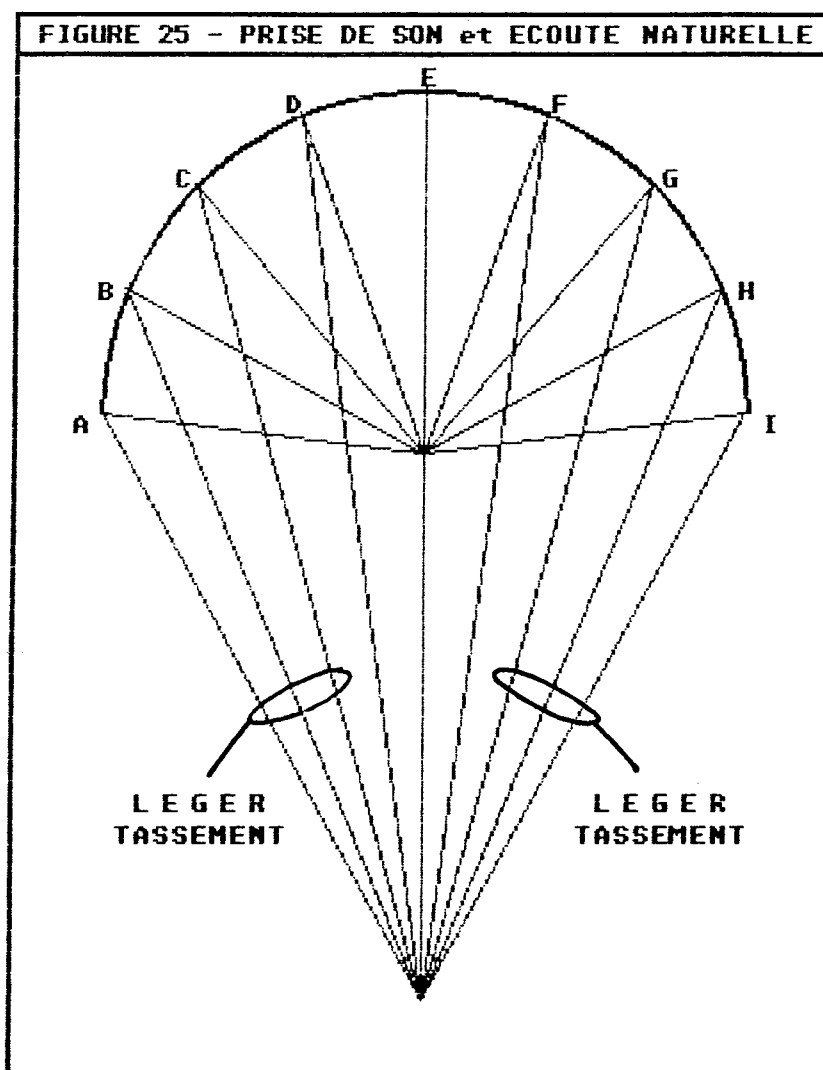
- 1) La relation de phase ne peut véritablement exister entre deux signaux que s'ils sont sinusoïdaux et entretenus. Ceci peut éventuellement se produire dans le trainage du son d'un instrument, mais l'effet n'est pas très significatif pour la localisation stéréophonique.
- 2) Il est certain que l'oreille est peu sensible aux relations de phase en ce qui concerne la localisation des sources.

### 9. LINEARITE ANGULAIRE

Nous avons souvent mis en évidence le non linéarité angulaire de différentes combinaisons de distance/angle, mais il ne faut pas penser que l'idéal est un système parfaitement linéaire. Il est relativement simple de démontrer que dans certain cas, nous avons besoin d'un peu de distorsion angulaire pour reproduire la même impression de distribution de la source sonore par rapport à la réalité.

Il faut d'abord voir la différence dans les plans sonores captés par des microphones (entendus sur des enceintes acoustiques), et ceux perçus naturellement sur le lieu de l'enregistrement. Les microphones ont tendance en général d'accentuer les plans sonores - les sources sonores proches paraissent encore plus proches, et celles éloignées paraissent encore plus loin.

Si, dans une salle de concert, on se place une dizaine de mètres derrière le chef d'orchestre, on sera dans une position d'écoute tout à fait convenable. Par contre, les microphones placés à ce même endroit donneront l'impression d'être beaucoup trop loin. Il faut donc les approcher à environ 1m à 1m50 derrière le chef pour qu'ils donnent la même impression qu'à notre position d'écoute naturelle.



Maintenant, regardons la distribution de notre source sonore vue des deux positions (Figure 25). On peut diviser l'orchestre en secteurs égaux (ABCDEFGHI). Mais notre perception naturelle de ces secteurs à une certaine distance n'est pas uniforme. Nous voyons les secteurs ABC et GHI (les extrémités) un peu tassés d'environ 2° à 3°. C'est justement cet effet qu'il FAUT produire quand on place le système microphonique derrière le chef d'orchestre.

En réalité, il existera toujours une certaine quantité de distorsion angulaire (de 3° à 8°) dans la reproduction de l'arc de cercle qui constitue le secteur de prise de son stéréo.

Il est temps de comprendre plus profondément le fonctionnement d'un couple variable - mais cette fois-ci, à l'aide d'un peu de mathématiques, mais n'ayez pas peur, ce n'est pas si difficile que ça !

Faisons quelques "flashbacks" sur le début de ce fascicule:

*"... les paramètres de la prise de son stéréophonique ont été déterminés en fonction d'un système d'écoute bien défini ... (voir Fig. 1). Un changement dans cette configuration d'écoute modifiera sensiblement les résultats obtenus..."*

*"... L'impression de localisation d'un objet sonore entre les enceintes peut être obtenue:*

- *soit en variant le rapport d'intensité sonore entre les deux enceintes,*
- *soit en créant un retard entre les deux voies,*
- *soit en utilisant une combinaison de ces deux paramètres ..."*

*"L'ensemble de ces paramètres psychoacoustiques est donné sur la figure 2..."*

*"... Les différences de réponse en intensité et en temps entre deux microphones directifs peuvent être déterminées en fonction de la position de la source sonore et des différents angles et distances entre les microphones. Ceci constitue ce qu'on peut appeler "les paramètres physiques."*

*"... La combinaison des deux jeux de paramètres physiques et psychoacoustiques nous permet de connaître très simplement les caractéristiques du champ stéréophonique reproduit ..."*

*... "La compréhension approfondie de la méthode de travail et sa justification doivent passer par une analyse mathématique, physique et psychoacoustique des caractéristiques en jeu ..."*

C'est ce qui nous reste à étudier. D'abord regardons de plus près les paramètres physiques générés par les microphones.

#### 10. 1. DIFFERENCE DE TEMPS

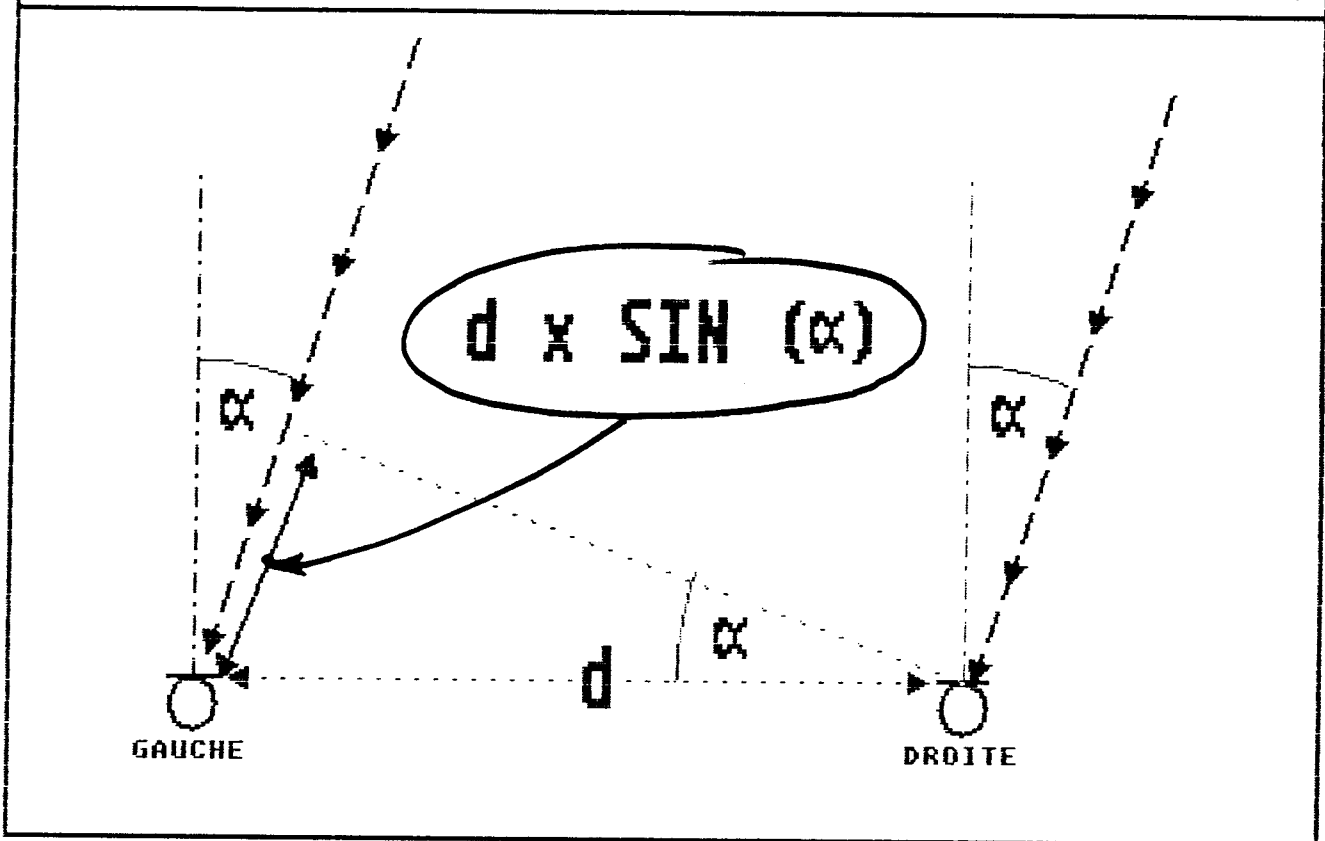
Dans le cas de deux microphones espacés par une certaine distance (  $d$  ) et en fonction de la position de la source sonore (  $\alpha$  ), il existe une différence entre les trajets suivis par les ondes sonores arrivant sur chacun des microphones (Figure 26). On peut exprimer cette différence de trajet par une simple formule trigonométrique:

$$\text{Différence de Trajet} = d \cdot \text{SIN}(\alpha)$$

ou  $d$  = distance entre les microphones

et  $\alpha$  = position de la source sonore par rapport à l'axe du système microphonique

FIGURE 26 - DIFFERENCE DE TEMPS - MICROPHONES ESPACES



Pour transformer cette différence de trajet en retard, il suffit de la diviser par la vitesse du son dans l'air (340 mètres par seconde, ou 34000 centimètres par seconde):

$$\text{Retard (sec)} = \frac{d \cdot \text{SIN}(\alpha)}{34\ 000} \quad \text{avec } d \text{ en cm}$$

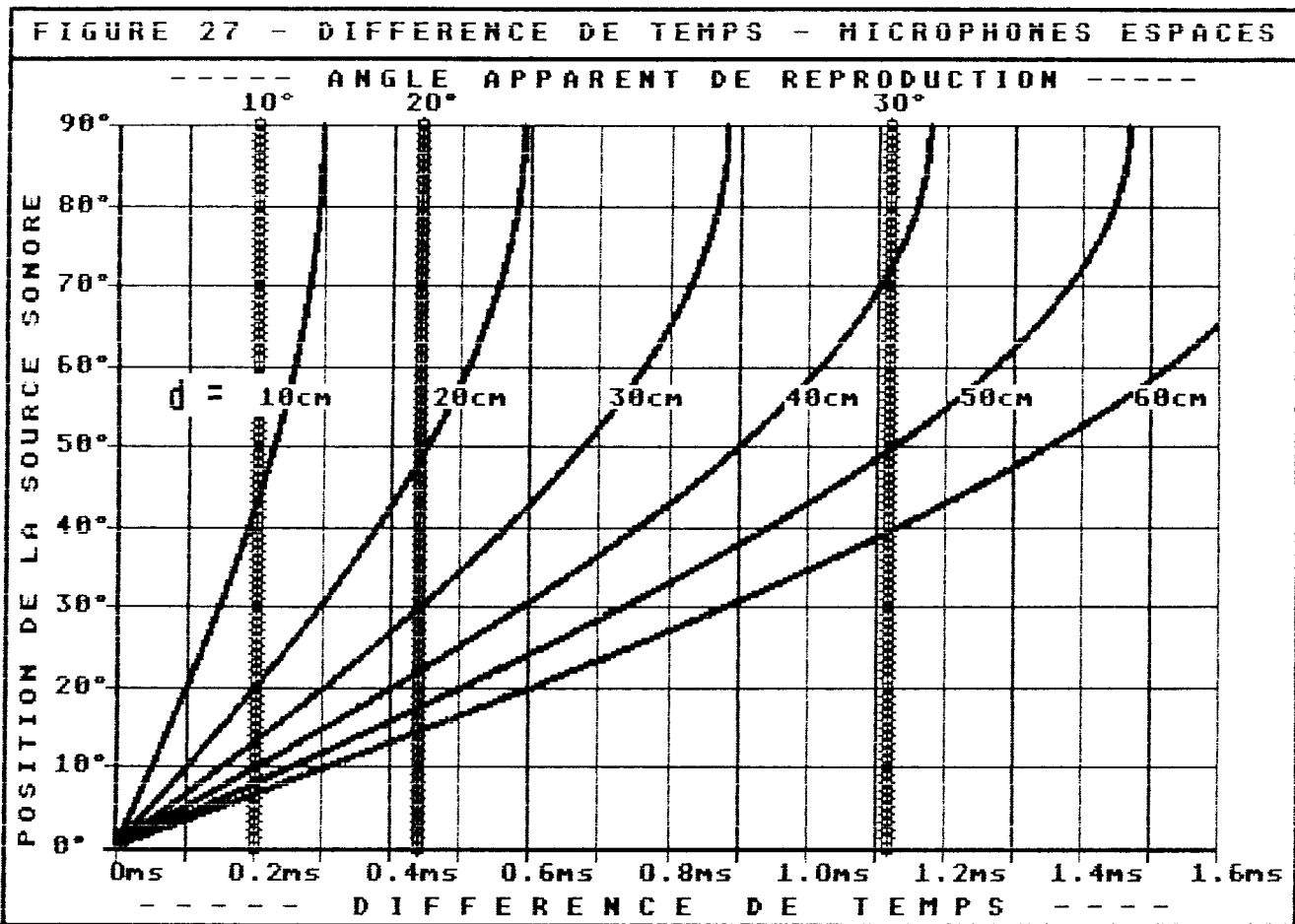
ou en millisecondes:

$$\text{Retard (mS)} = \frac{d \cdot \text{SIN}(\alpha)}{34}$$

La figure 27 est une représentation graphique de cette formule pour différentes valeurs de distance entre les microphones. En outre, on y trouve un jeu de paramètres psychoacoustiques - (0,2mS, 0,44mS et 1,12mS), c'est-à-dire les retards nécessaires pour obtenir une impression de localisation à 10°, 20° et 30° dans la situation d'écoute.

La variation de la position de la source sonore entraîne une différence de temps dans les signaux sonores captés par les microphones.

Prenons comme exemple un écartement de 40cm entre les microphones. Si la source sonore est à 10° par rapport à l'axe, le retard sera de 0,2mS : suffisamment pour donner une localisation à la reproduction à 10° par rapport au centre de l'écoute.



Une position de 22° de la source sonore développe assez de différence dans le temps (0.44ms) pour une localisation à 20° à l'écoute. Et une localisation de 30° (sur l'enceinte) sera obtenue quand la source sonore se trouve à 70° (1.12ms) - ceci étant la limite de notre angle de prise de son stéréophonique.

On remarque en passant que la distorsion angulaire de ce système est très prononcée: Pour des angles de reproduction de 10°, 20° et 30°, il faut des positions de la source sonore de 10°, 22° et 70°. On peut dire que les sources sonores se trouvant entre 22° et 70°, soit plus que la moitié du champ sonore vont se trouver tassées à la reproduction entre 20° et 30°; soit un tiers du champ sonore.

## 10. 2. RAPPORT D'INTENSITE

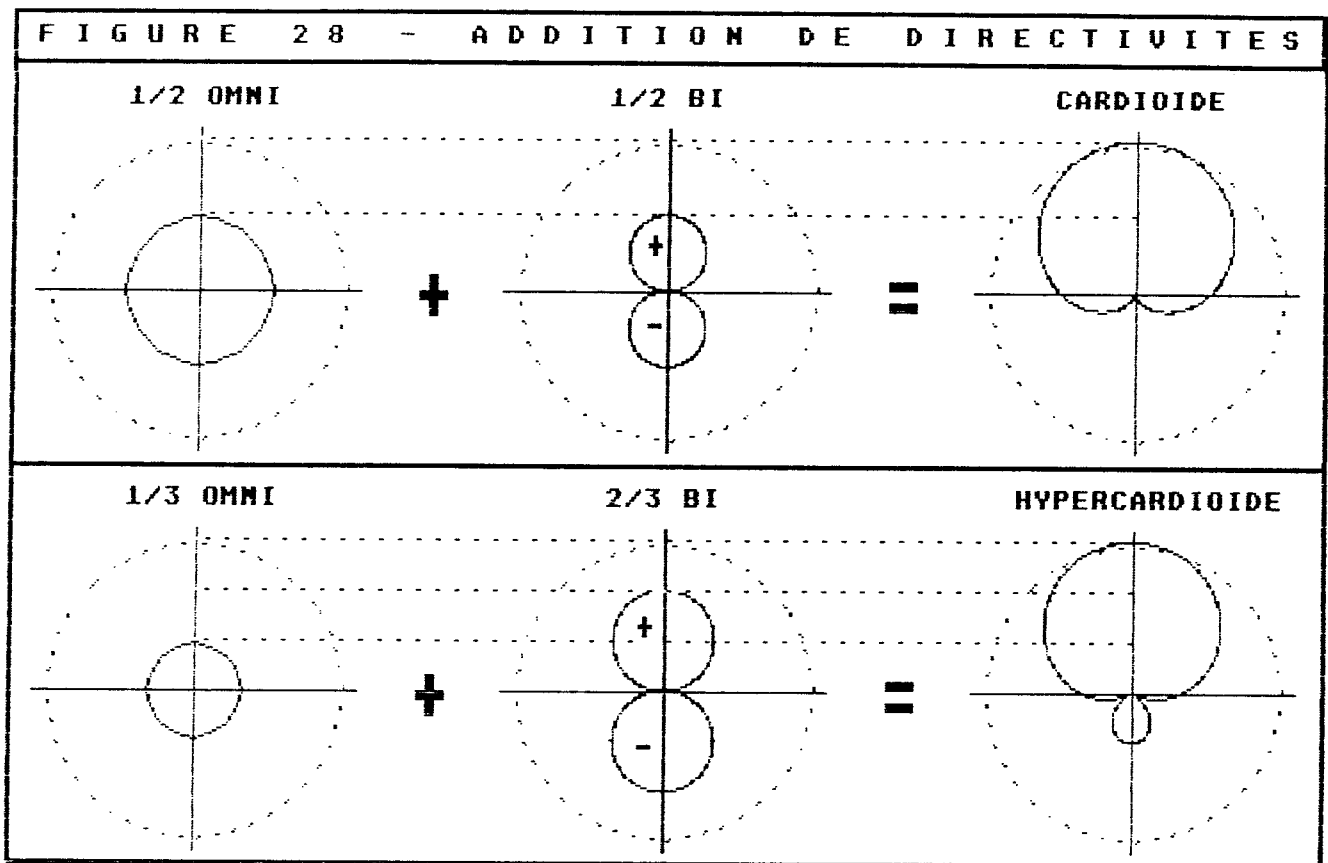
Le même type d'analyse est possible en ce qui concerne le rapport d'intensité entre deux microphones. Exemple typique : deux microphones coïncidents et directifs ayant un certain angle entre l'axe des directivités. Mais comment exprimer la directivité d'un microphone mathématiquement ?

En réalité, c'est relativement simple. On peut représenter la plupart des différentes directivités en faisant la somme algébrique, dans des proportions (K1,K2) bien définies, de deux directivités de base:

- 1) Omnidirectionnelle
- 2) Bi-directionnelle

$$\text{Directivité Voulue} = K1.\text{Omnidirectionnelle} + K2.\text{Bidirectionnelle}$$

La somme des deux coefficients K1 et K2 est 1. Dans l'addition des deux directivités, il ne faut pas oublier que la polarité du lobe arrière d'un microphone bidirectionnel est opposée à celle du lobe avant. La Figure 28 montre cette addition de façon graphique.



Exprimé d'une façon trigonométrique on obtient:

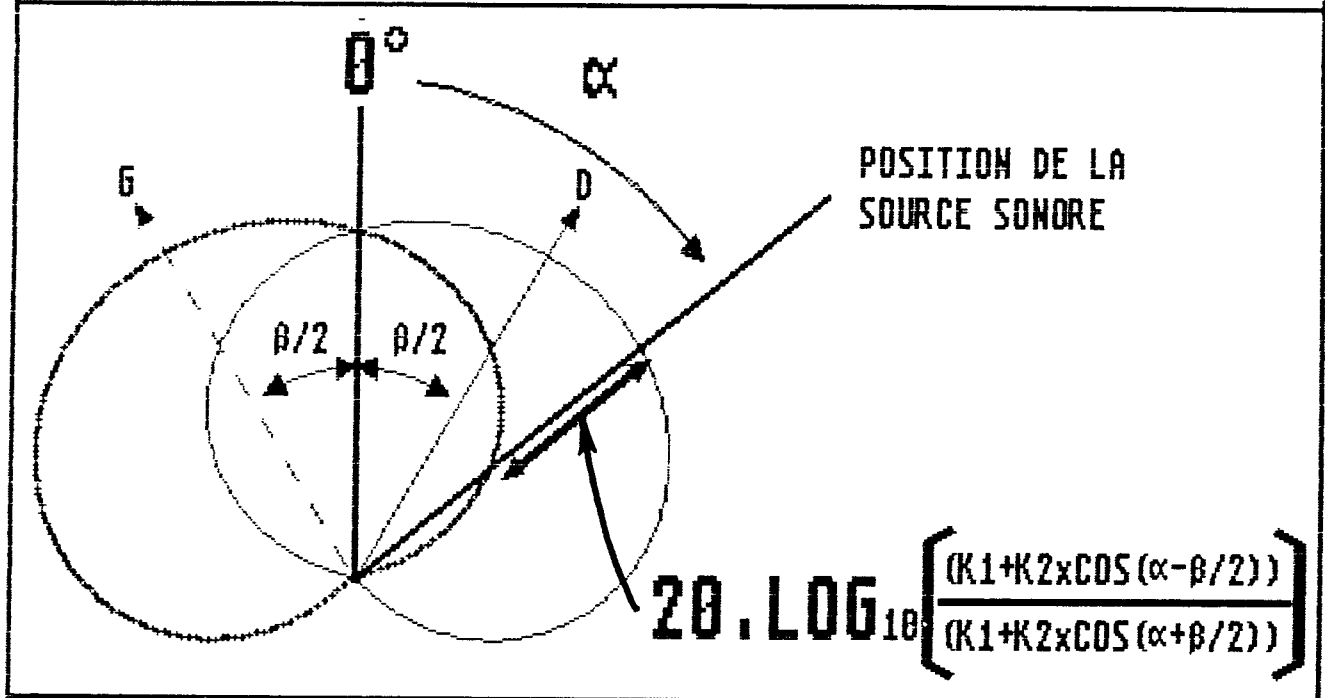
$$\text{Directivité} = K1 + K2 \cdot \cos(\alpha) ; \text{ Coefficients, } K1 + K2 = 1$$

Voici quelques exemples de combinaisons de coefficients avec les directivités correspondantes:

- K1 = 1    et    K2 = 0    ---- omnidirectionnelle
- K1 = 0.7    et    K2 = 0.3    ----- hypocardiode
- K1 = 0.5    et    K2 = 0.5    ----- cardiode
- K1 = 0.3    et    K2 = 0.7    ----- hypercardiode
- K1 = 0    et    K2 = 1    ----- bidirectionnelle

Il faut exprimer mathématiquement le rapport d'intensité entre deux microphones coïncidents et directs, pour chaque position de la source sonore, l'angle entre les microphones étant de  $\beta^\circ$  (voir Figure 29).

FIGURE 29 - RAPPORT DES INTENSITES



Pour une position de la source sonore donnée, on peut déduire de la Figure 29 la réponse du micro de gauche:

$$\text{Gauche} = K_1 + K_2 \cdot \text{COS}(\alpha + \beta/2)$$

et la réponse du micro de droite

$$\text{Droite} = K_1 + K_2 \cdot \text{COS}(\alpha - \beta/2)$$

La formule qui représente le rapport entre ces deux intensités (gauche/droite) est:

$$\frac{\text{Gauche}}{\text{Droite}} = \frac{K_1 + K_2 \cdot \text{COS}(\alpha + \beta/2)}{K_1 + K_2 \cdot \text{COS}(\alpha - \beta/2)}$$

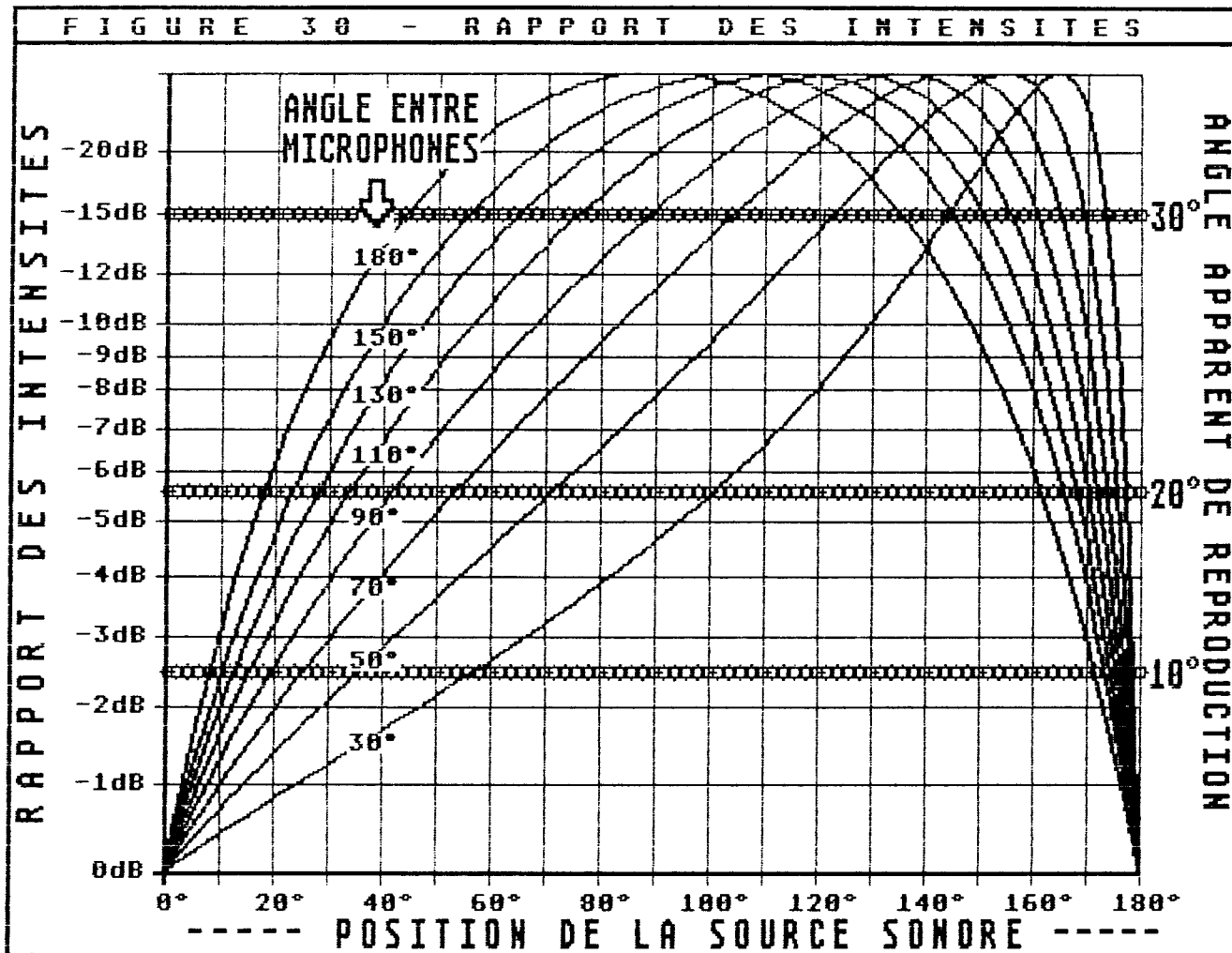
Pour exprimer ce rapport en decibels il suffit de faire le calcul suivant:

$$dI = 20 \cdot \text{LOG}_{10} \frac{K_1 + K_2 \cdot \text{COS}(\alpha + \beta/2)}{K_1 + K_2 \cdot \text{COS}(\alpha - \beta/2)}$$

La représentation graphique de cette formule est donnée par la Figure 30. Les différentes courbes sont obtenues en changeant la valeur de l'angle entre les micros par 10°.



FIGURE 30 - RAPPORT DES INTENSITES



Les données psychoacoustiques sont aussi portées sur ce graphique, c'est-à-dire les rapports d'intensité de 2,5dB, 5,5dB et 15 dB nécessaires pour la reproduction de la source sonore à 10°, 20° et 30°.

Il est à présent facile de déterminer la LIMITE DE L'ANGLE D'ENREGISTREMENT STEREOPHONIQUE correspondant aux différents angles entre les microphones.

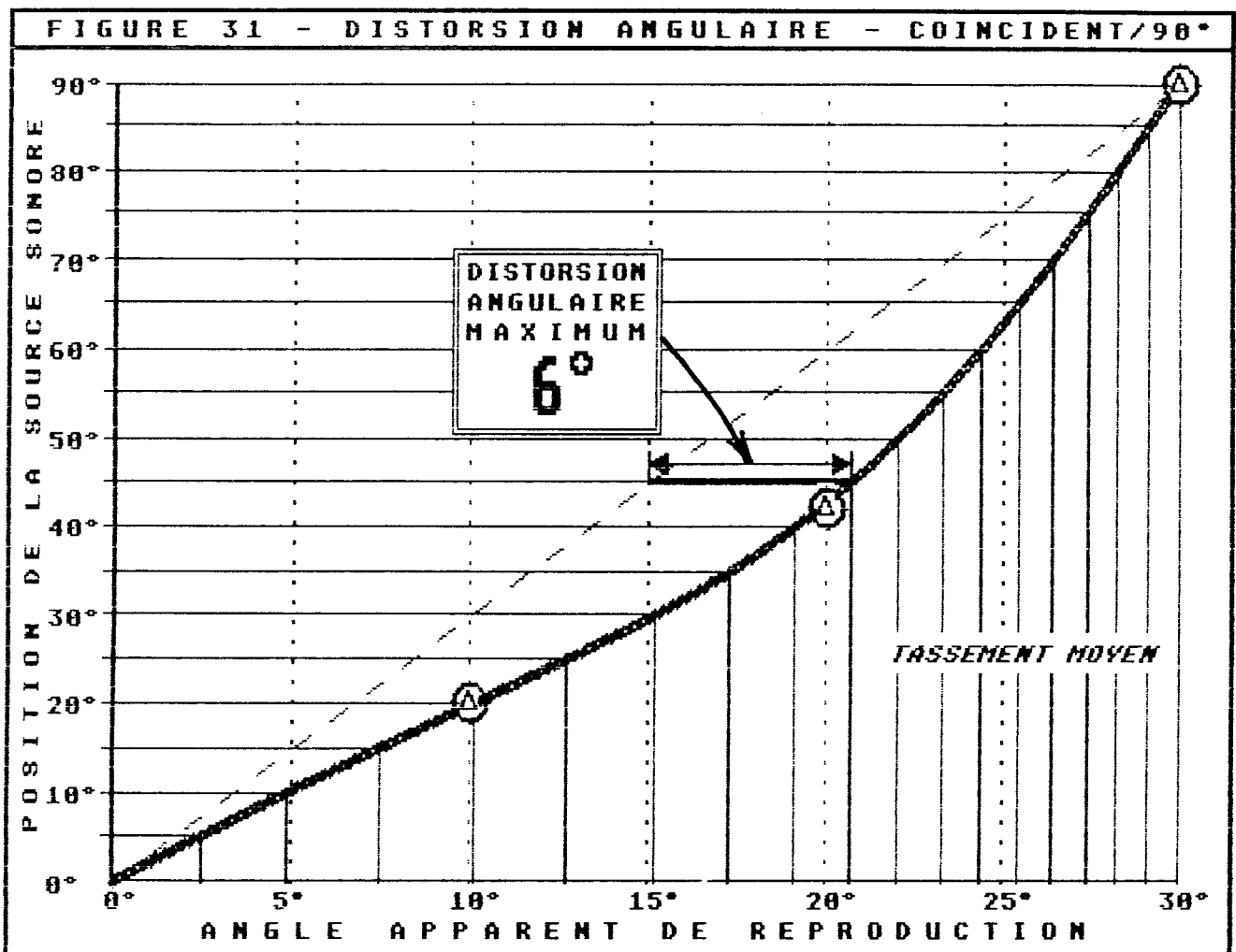
Par exemple, pour un angle entre les microphones de 130°, un rapport d'intensité de 15dB sera produit quand la position de la source sonore est 65°; cette source sera reproduite à 30° par rapport au centre du système d'écoute (définition de la limite de l'angle d'enregistrement stéréophonique).

Prenons un autre exemple pour illustrer la méthode de détermination de la linéarité géométrique de reproduction.

Si l'angle entre les microphones est de 90°, la source sonore va se trouver:

- à 20° développant 2,5dB de rapport d'intensité: reproduction à 10°
- à 42° pour 5,6dB de rapport d'intensité: reproduction à 20°
- à 90° pour 15dB de rapport d'intensité: reproduction à 30°

La représentation graphique de ces valeurs est donnée par la Figure 31. On voit que la distorsion angulaire de l'image sonore à la reproduction n'est pas très importante.



### 10. 3. RAPPORT D'INTENSITE ET DIFFERENCE DE TEMPS

La combinaison de ces deux analyses en INTENSITE et en TEMPS nous permet d'établir les caractéristiques de localisation de deux microphones directifs ayant une certaine distance entre les capsules et un certain angle entre les axes de directivité. La représentation graphique de cette information peut poser quelques difficultés, vu la quantité importante d'informations qu'il faut y porter.

Mais faisons la construction des graphiques pas à pas. Prenons comme exemple de travail une paire de microphones cardioïdes espacés de 25cm et ayant un angle de 70° entre l'axe des directivités.

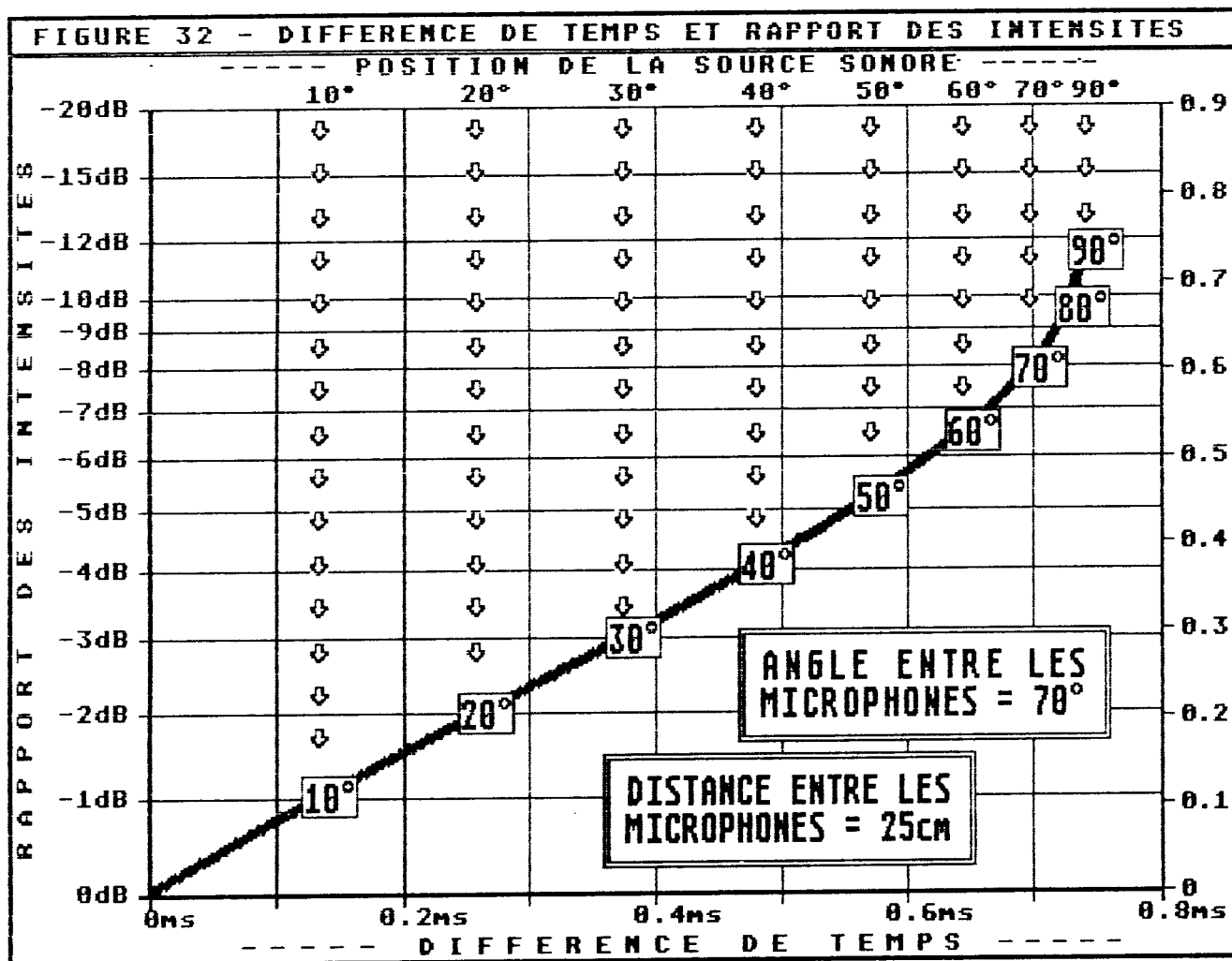
Pour une position de la source sonore de 20° par rapport à l'axe du système on voit:

- sur la fig. 27, le retard créé par 25cm de distance sera 0,26mS
- sur la fig. 30, le rapport d'intensité sera 2dB pour un angle entre les microphones de 70°.

Nous pouvons faire un tableau de chaque valeur du rapport d'intensité et de la différence de temps, pour chaque position de la source sonore.

| position | rapport d'intensité | différence de temps |
|----------|---------------------|---------------------|
| 0°       | 0                   | 0 ms                |
| 10°      | 1 dB                | 0,11 ms             |
| 20°      | 2 dB                | 0,26 ms             |
| 30°      | 3 dB                | 0,37 ms             |
| 40°      | 4 dB                | 0,47 ms             |
| 50°      | 5.1dB               | 0,56 ms             |
| 60°      | 6.4dB               | 0,64 ms             |
| 70°      | 7.8dB               | 0,69 ms             |
| 80°      | 9.5dB               | 0,72 ms             |
| 90°      | 11.5dB              | 0,74 ms             |

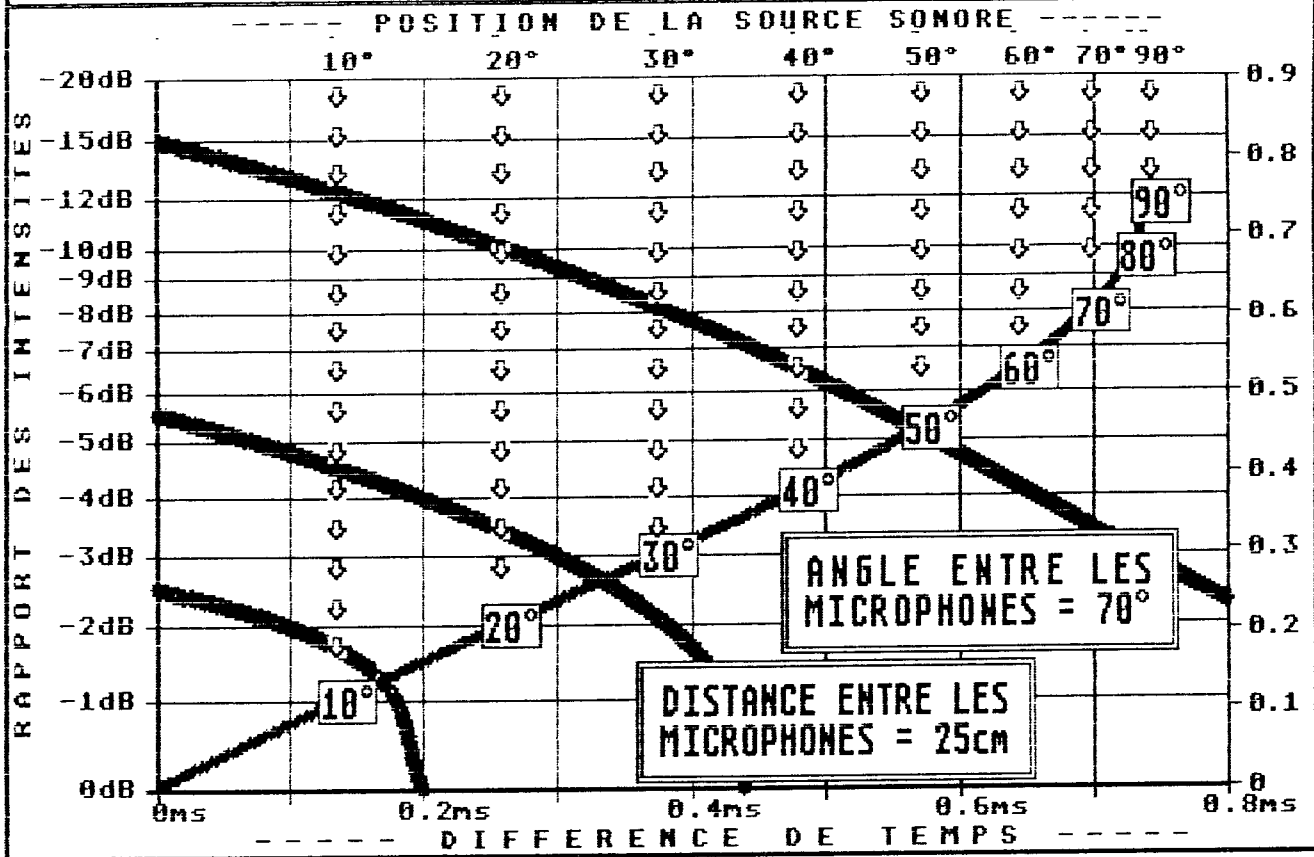
La Figure 32 est la représentation graphique de ce tableau.



La superposition des caractéristiques psychoacoustiques de reproduction en Figure 33 nous permet de voir l'angle de prise de son stéréophonique de notre exemple et aussi de déterminer sa distorsion angulaire.

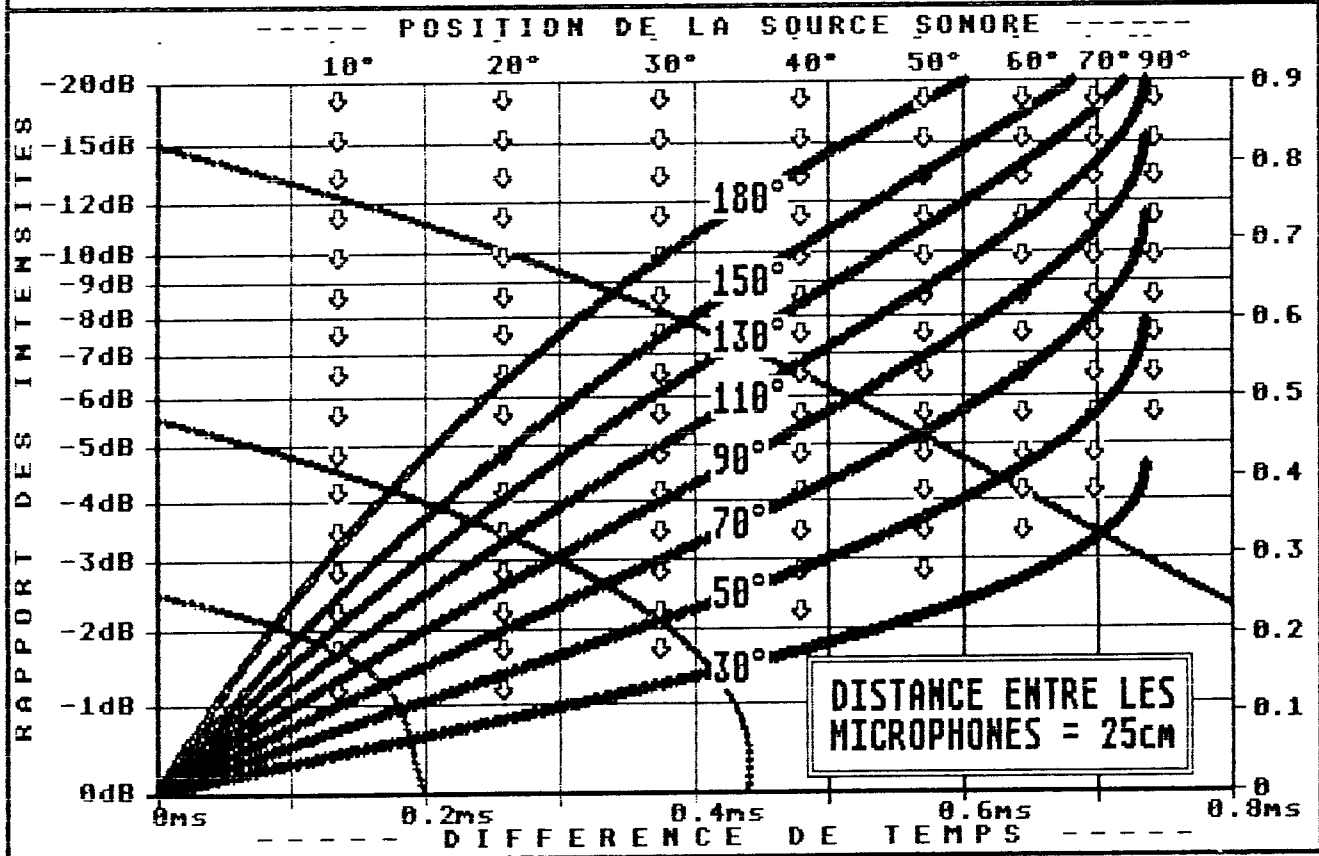
On constate que pour produire un décalage dans le temps de 0.56ms et un rapport d'intensité de 5.1dB, c'est-à-dire ce qui est nécessaire pour une reproduction à 30° dans la configuration d'écoute, la source sonore doit se trouver à 50° (limite de l'angle d'enregistrement stéréophonique).

FIGURE 33 - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET PSYCHOACOUSTIQUES



Il suffit de tracer le graphique pour différents angles entre les microphones afin d'obtenir tout un faisceau de courbes (Figure 34).

FIGURE 34 - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET PSYCHOACOUSTIQUES



Le même démarche, mais pour différentes distances entre les microphones, produit les figures 35, 36, 37 et 38. (Attention, l'échelle de l'axe "Différence de Temps" n'est pas la même pour chaque figure).

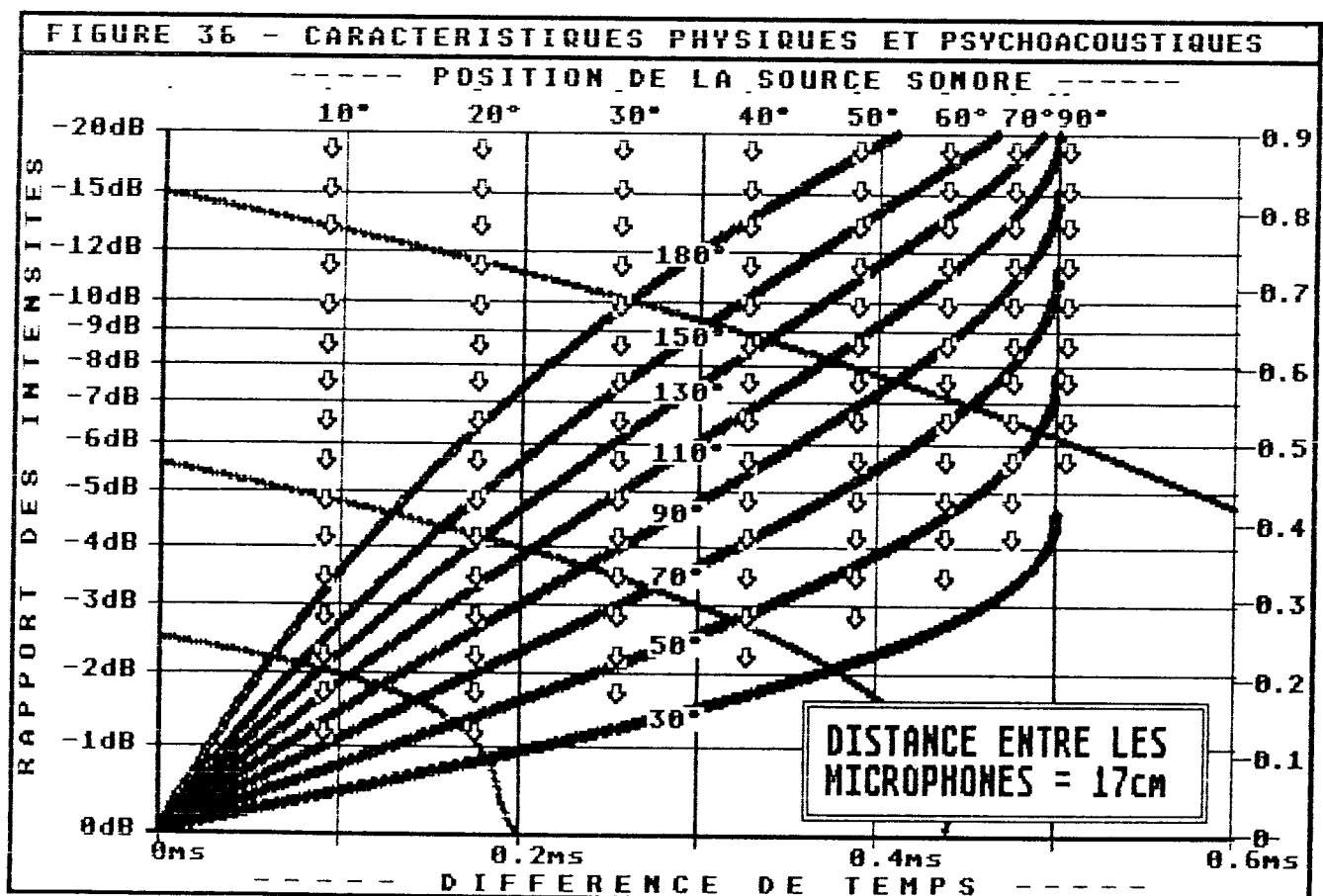
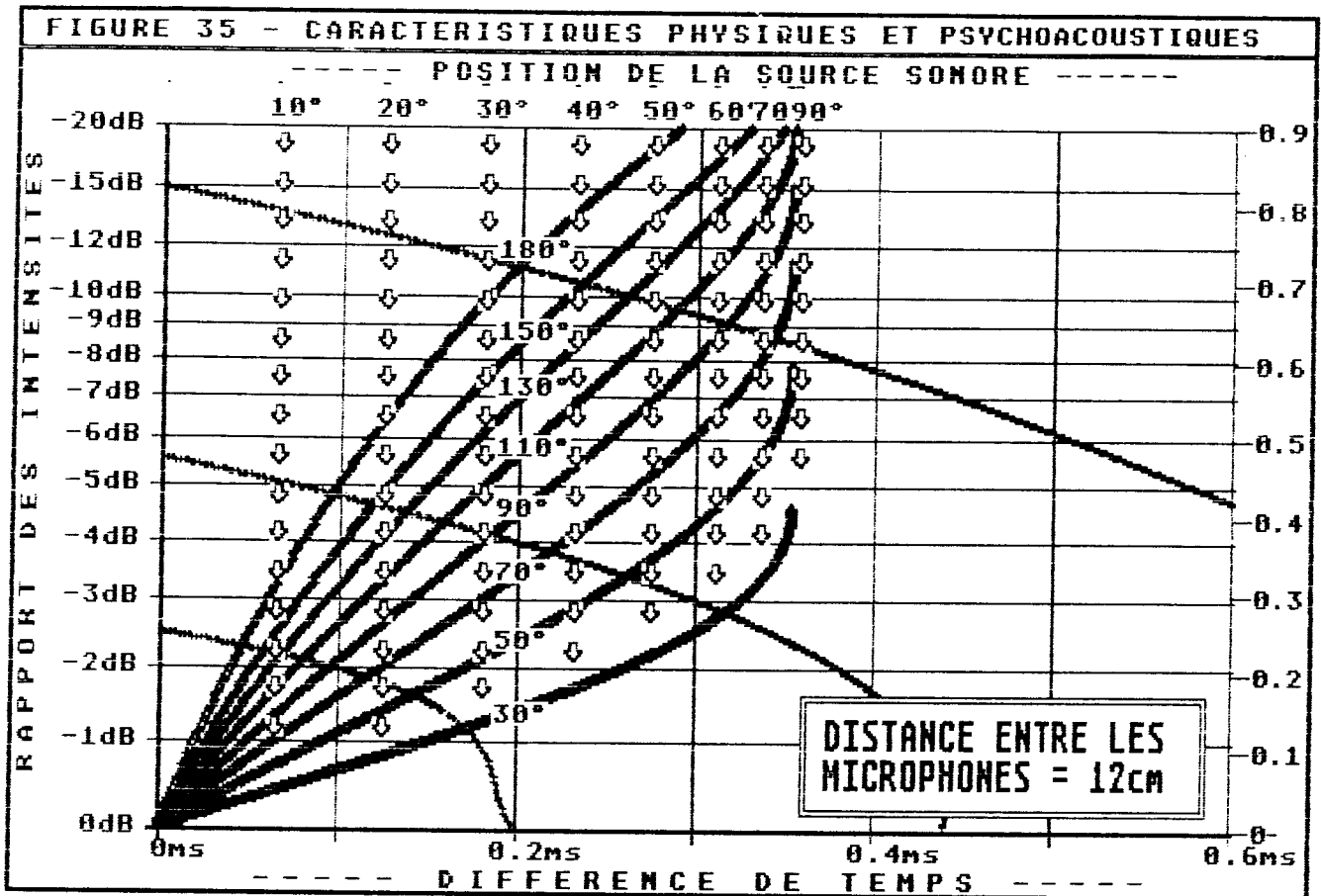


FIGURE 37 - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET PSYCHOACOUSTIQUES

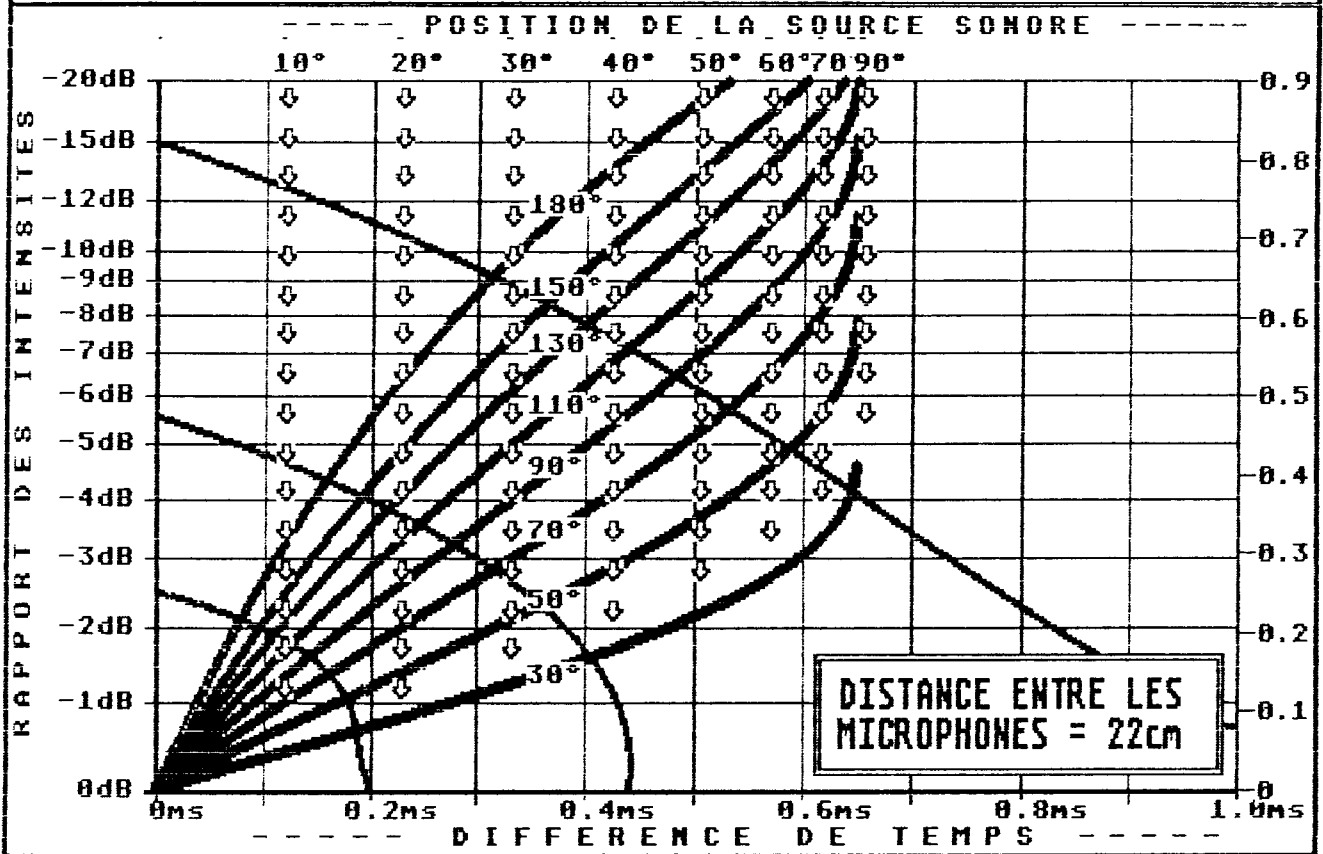
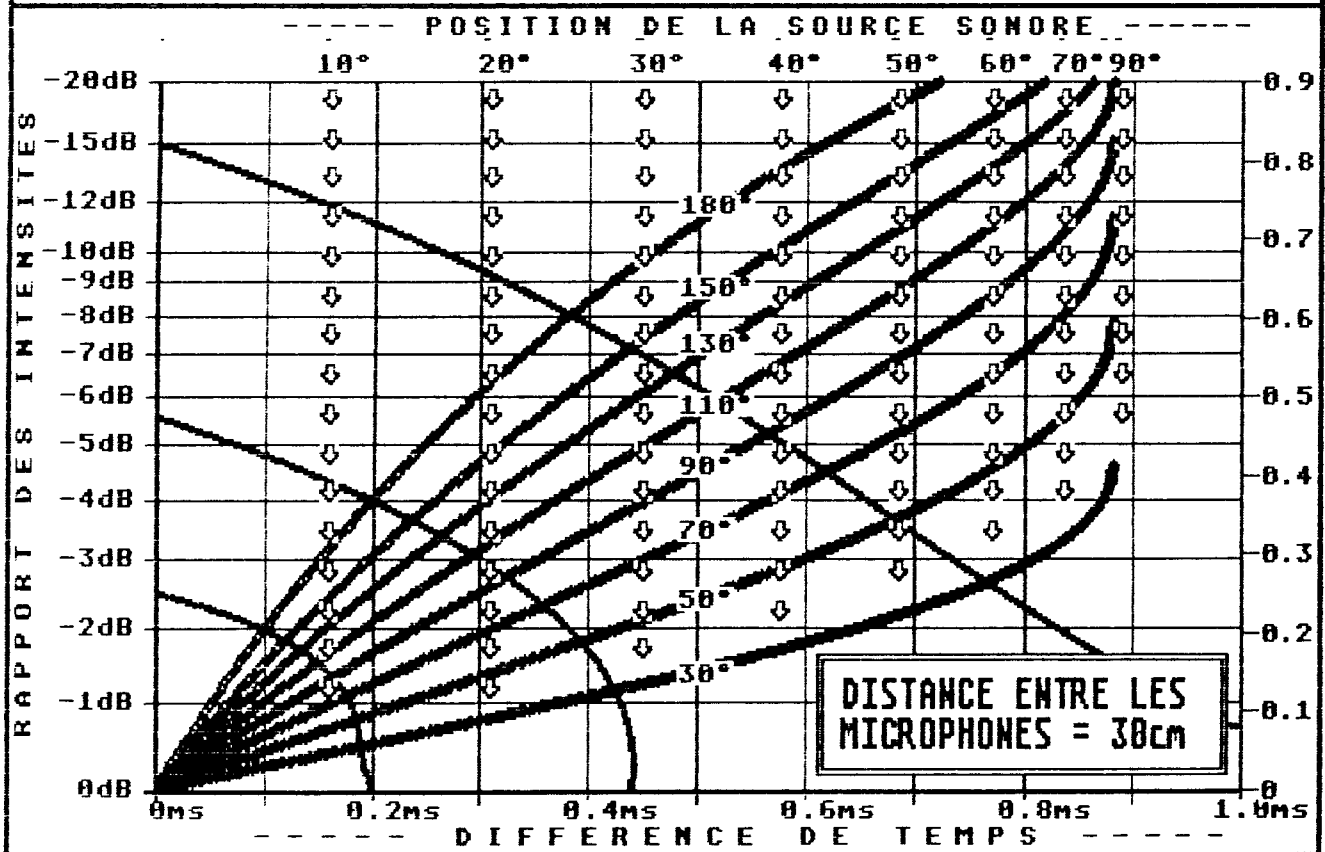


FIGURE 38 - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET PSYCHOACOUSTIQUES

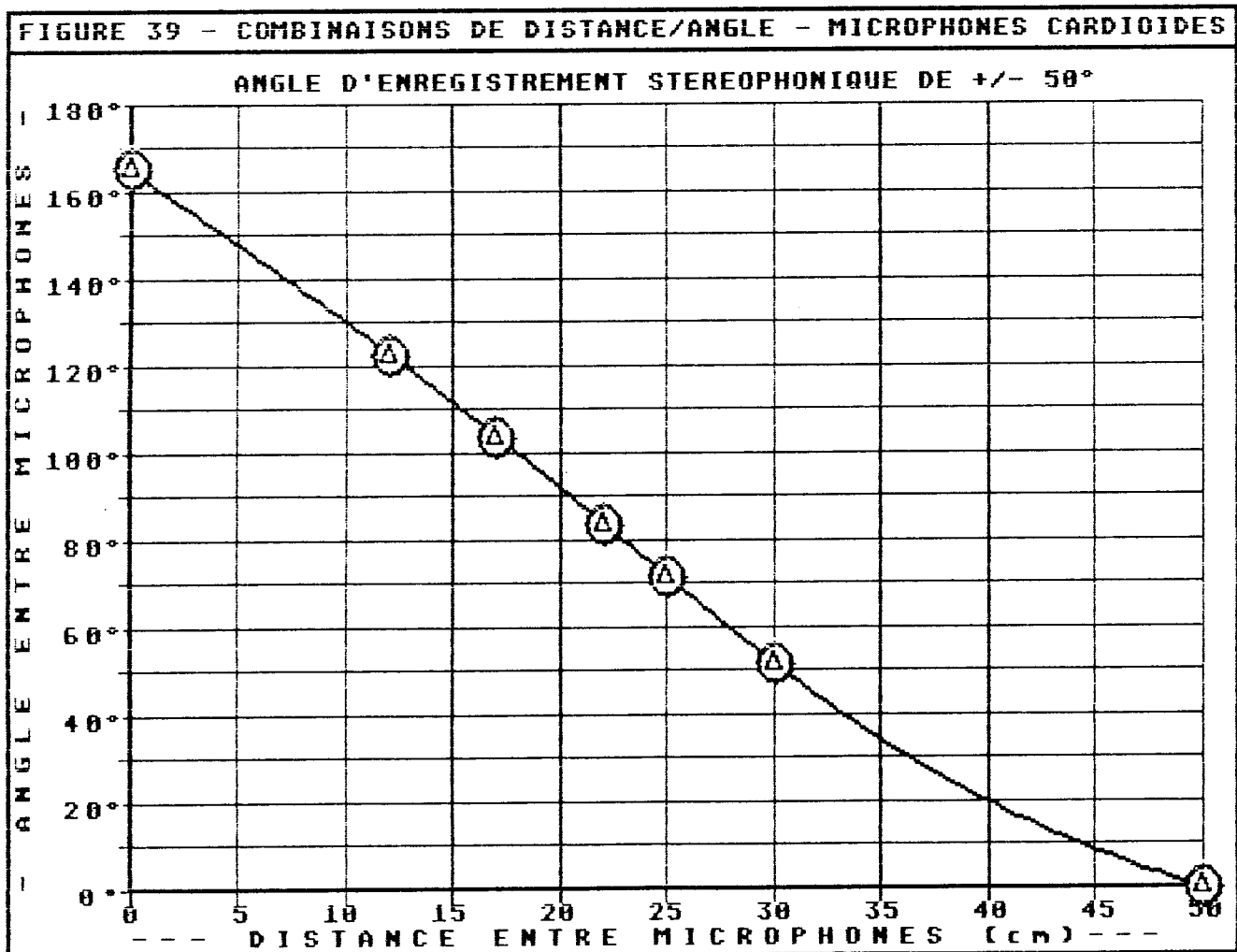


#### 10. 4. ANGLE D'ENREGISTREMENT STEREOPHONIQUE

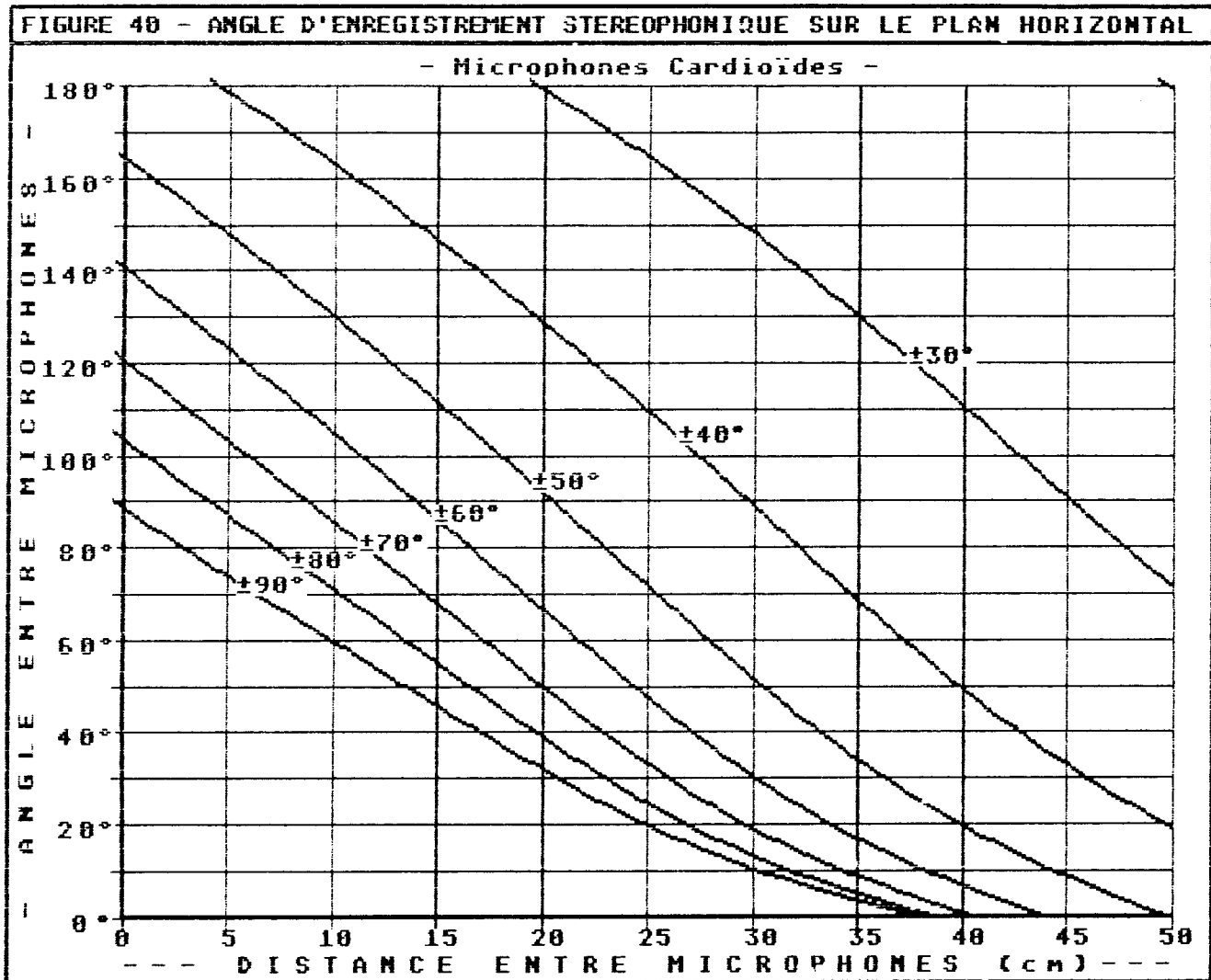
Il est maintenant facile de vérifier sur chacun des graphiques (27, 30, 34, 35, 36, 37 et 38) les combinaisons de distance et d'angle entre les microphones nécessaires pour obtenir un même angle d'enregistrement (par exemple +/- 50°):

| Fig. | Distance entre micros | Angle entre micros | Angle d'enregistrement |
|------|-----------------------|--------------------|------------------------|
| 30   | 0cm                   | 165°               | +/- 50°                |
| 35   | 12cm                  | 125°               | +/- 50°                |
| 36   | 17cm                  | 105°               | +/- 50°                |
| 37   | 22cm                  | 83°                | +/- 50°                |
| 34   | 25cm                  | 70°                | +/- 50°                |
| 38   | 30cm                  | 50°                | +/- 50°                |
| 27   | 50cm                  | 0°                 | +/- 50°                |

Nous voici enfin arrivés à l'abaque (Figure 39) représentant les différentes combinaisons de distance et d'angle entre les microphones pour un angle d'enregistrement stéréophonique donné (+/- 50°).



En faisant le même travail pour différents angles d'enregistrement stéréo, on obtient la totalité de l'abaque que nous avons présenté en Figure 3 au début de ce fascicule sur le stéréophonie, ici reproduit en Figure 40.



Il est certain que le calcul à la main de cet abaque dans un temps raisonnable serait presque impossible sans l'aide d'un ordinateur. D'autant plus, que le simple changement des coefficients "K1" et "K2" dans la formule de directivité nous permet d'établir les abaques pour n'importe quelle directivité de microphone.

Les abaques illustrés en Figures 3, 4, 5 et 6, étaient pour les microphones cardioïdes, hypocarديوïdes, hypercardioïdes et bidirectionnels.

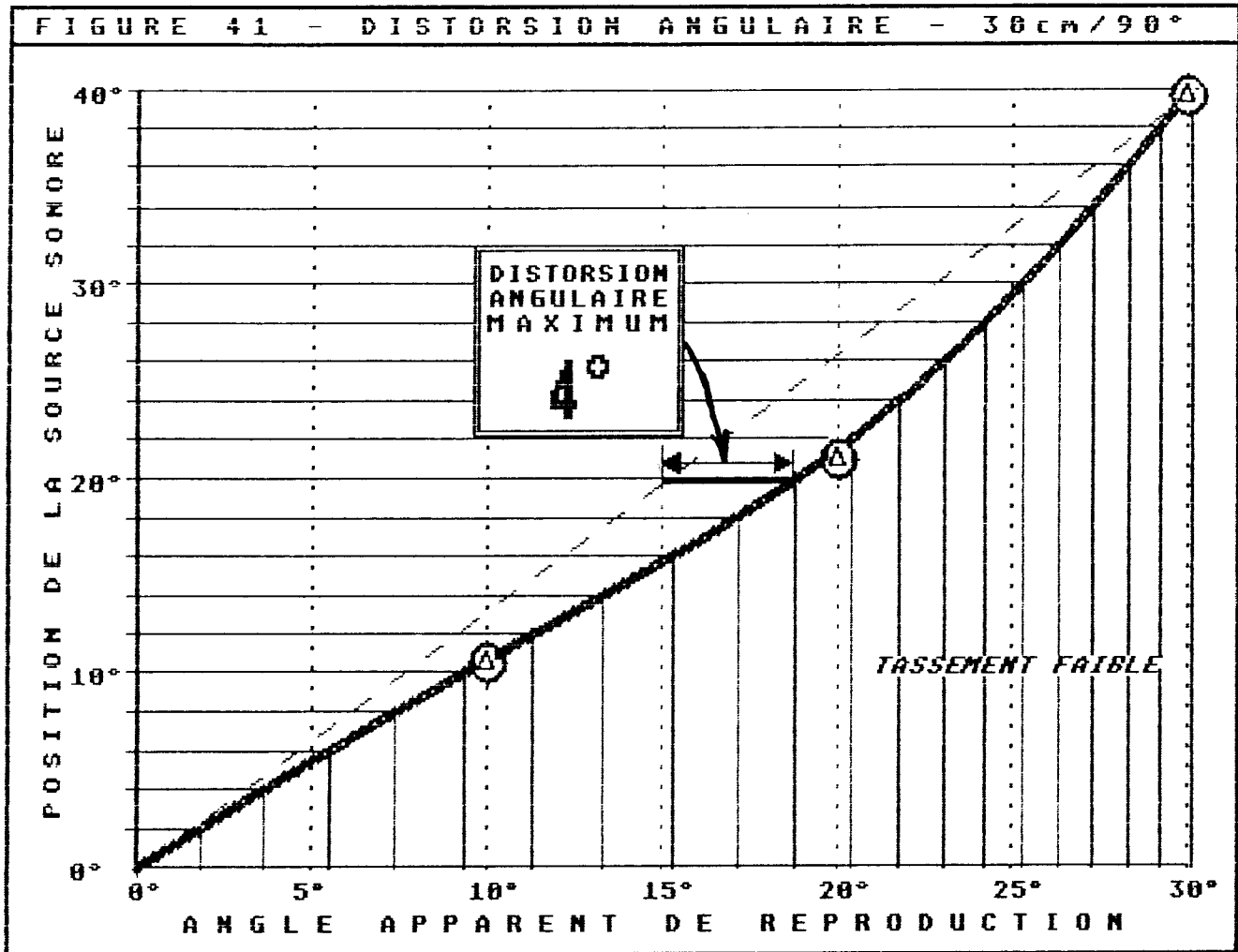
#### 10. 5. DISTORSION ANGULAIRE

Nous avons vu la méthode de calcul de la distorsion angulaire en ce qui concerne les systèmes où varie uniquement la différence de temps, ainsi que celle où varie uniquement le rapport des intensités.

La détermination de la distorsion angulaire n'est pas différente pour les systèmes utilisant une combinaison de différence de temps/rapport d'intensité. Une combinaison de 30cm et 90° (angle d'enregistrement stéréo de +/- 40°) est illustrée en Fig. 41.



FIGURE 41 - DISTORSION ANGULAIRE - 30cm/90°



La reproduction à 10°, 20° et 30° correspond aux positions de la source sonore à 10.5°, 21° et 39.5°. La distorsion angulaire est exprimée sur les abaques par sa valeur maximum. Dans la Figure 41 la "Distorsion Angulaire Maximum" est d'environ 4°.

Le calcul de ces valeurs de distorsion angulaire est très long, même à l'ordinateur, mais on peut éventuellement tracer les abaques en y inscrivant ces valeurs maximum (voir Figures 8, 9, 10 et 11).

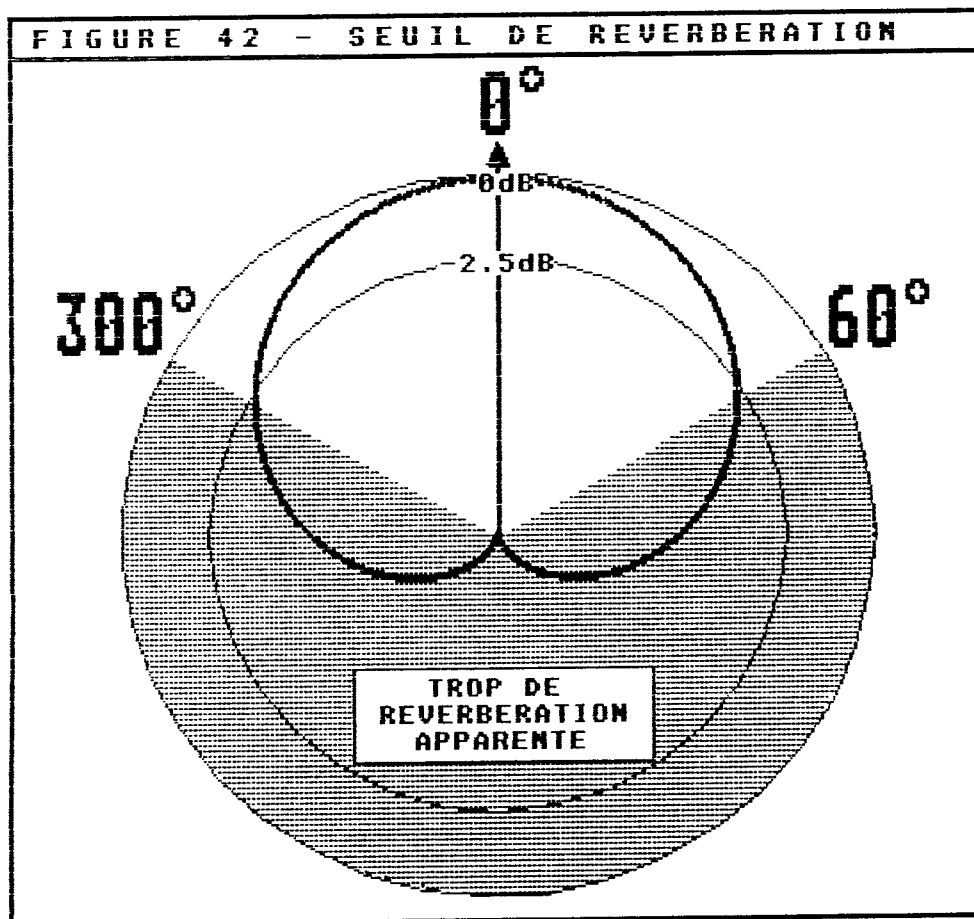
#### 10. 6. EVOLUTION DU RAPPORT SON DIRECT/SOON REVERBERE DANS L'ANGLE D'ENREGISTREMENT

Pour retrouver l'origine de la variation dans le rapport son direct/son réverbéré à l'intérieur de l'angle d'enregistrement, il faut commencer par faire un exercice extrêmement simple qui concerne plutôt les caractéristiques de directivité d'un seul microphone.

Prenons comme exemple un microphone cardioïde. L'exercice consiste à tourner autour du microphone, tout en parlant et en annonçant les angles de votre position par rapport à l'axe du microphone.

Ayant enregistré un tour complet, vous devez écouter les résultats, et déterminer l'angle à partir duquel le rapport son direct/son réverbéré commence à diminuer, c'est-à-dire l'angle auquel la réverbération donne l'impression d'augmenter. Au début, ce n'est pas progressif comme on pourrait le supposer, mais commence à se faire sentir à partir d'un certain seuil, aux environs de  $60^\circ$  par rapport à l'axe du microphone.

A partir de ce seuil le rapport diminue progressivement jusqu'à l'arrière du microphone. Ce seuil n'est pas perçu de façon précise et dépend de l'acoustique de la salle dans laquelle vous faites l'expérience, et aussi de l'appréciation de chaque personne. Mais on peut dire que  $60^\circ$  est la valeur généralement perçue. Ceci correspond à environ 2,5dB d'atténuation du signal direct par rapport au niveau de la réverbération (Fig. 42).

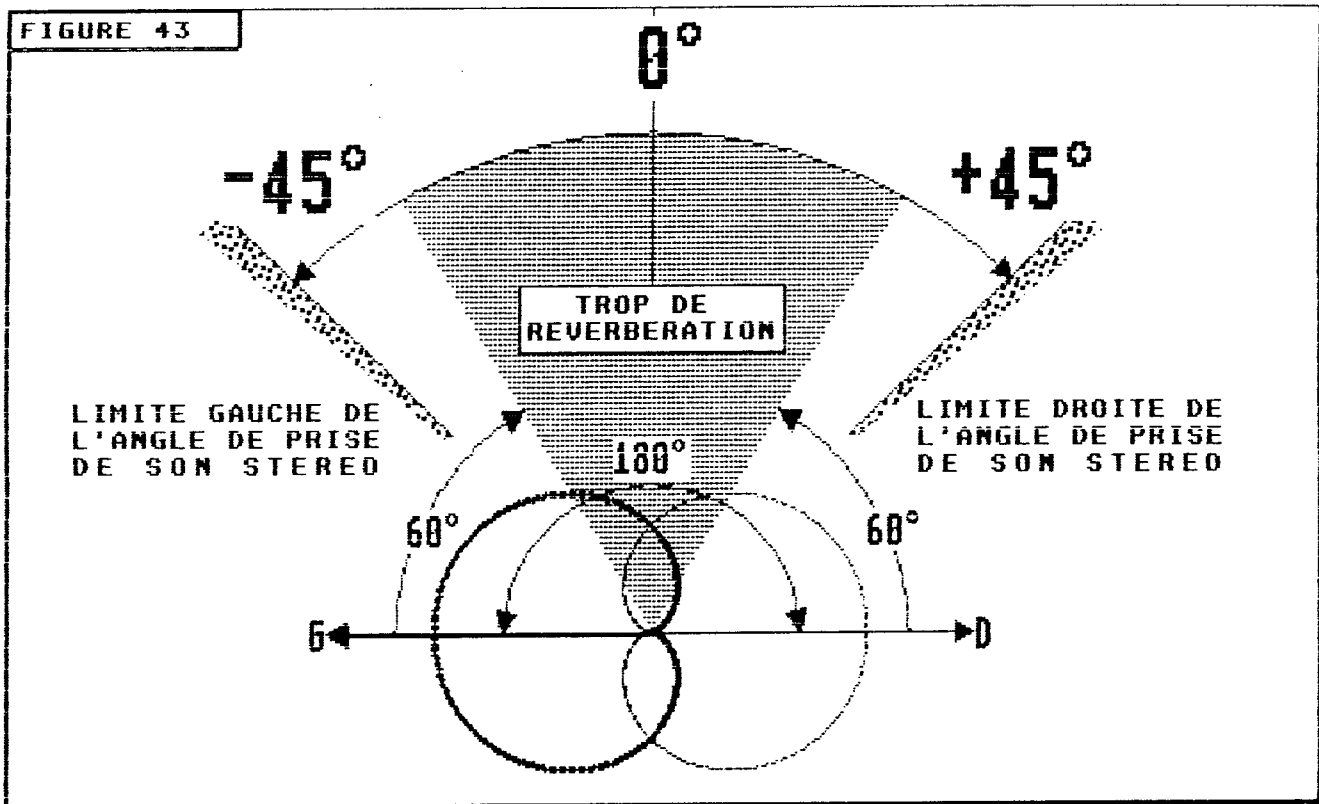


Il suffit de voir l'application de cette idée au système de microphones de prise de son stéréo pour comprendre les deux zones hachurées des abaques.

La Figure 43 montre le cas de deux microphones dos à dos (c'est-à-dire que l'angle entre les axes de directivité est de  $180^\circ$ ).

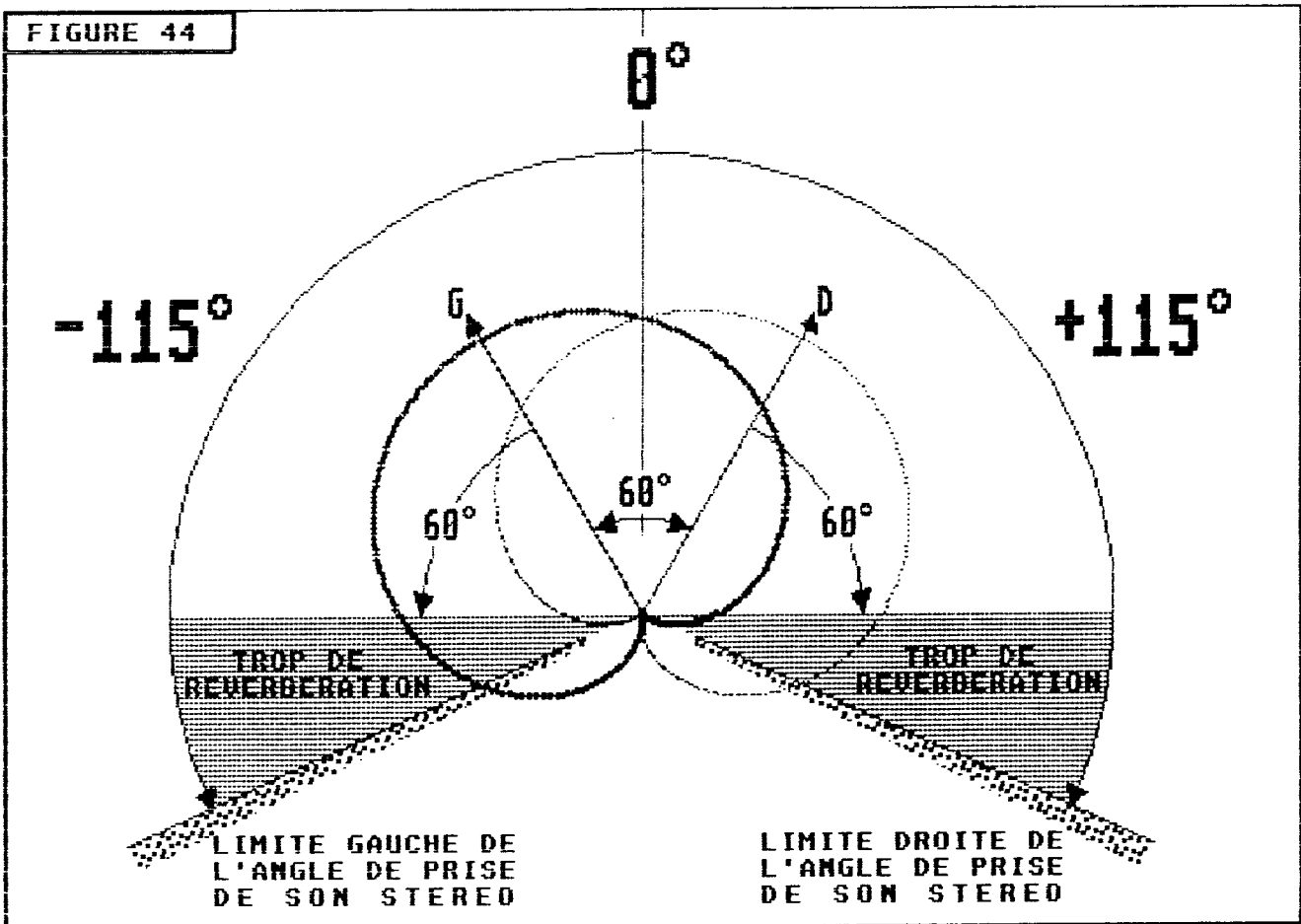
Le rapport son direct/son réverbéré diminue à partir du seuil de  $60^\circ$  de l'axe de chaque microphone. Il existe donc une zone totale de  $60^\circ$  exactement au milieu de l'angle d'enregistrement stéréophonique, où le niveau de réverbération est inacceptable. Ce système de microphones coïncidents à  $180^\circ$  est donc dans la zone hachurée en haut des abaques. Il faut réduire l'angle entre les microphones à  $120^\circ$  pour ne pas percevoir ce phénomène.

FIGURE 43



Par contre, une paire de microphones coïncidents ayant un angle de  $60^\circ$  seulement entre les axes manifeste le même phénomène, mais aux extrémités de l'angle de prise de son stéréo (voir Fig. 44).

FIGURE 44



Le seuil de réverbération est à 60° par rapport à l'axe des microphones et donc à 90° par rapport à l'axe du couple. Mais l'angle d'enregistrement stéréo est +/- 110°. Il existe donc deux zones aux extrémités gauche et droite de l'angle de prise de son stéréo où le rapport son direct/son réverbéré est inacceptable.

Il est alors évident que l'angle d'enregistrement stéréophonique doit être en deça de cette zone de réverbération inacceptable. On peut exprimer ceci par la formule:

$$\text{Angle d'enregistrement} < \frac{\text{Angle entre les microphones}}{2} + 60^\circ$$

Ceci est l'explication de la zone hachurée en bas des abaques (figures 8 à 11 - ici reproduit en figures 45 à 48).

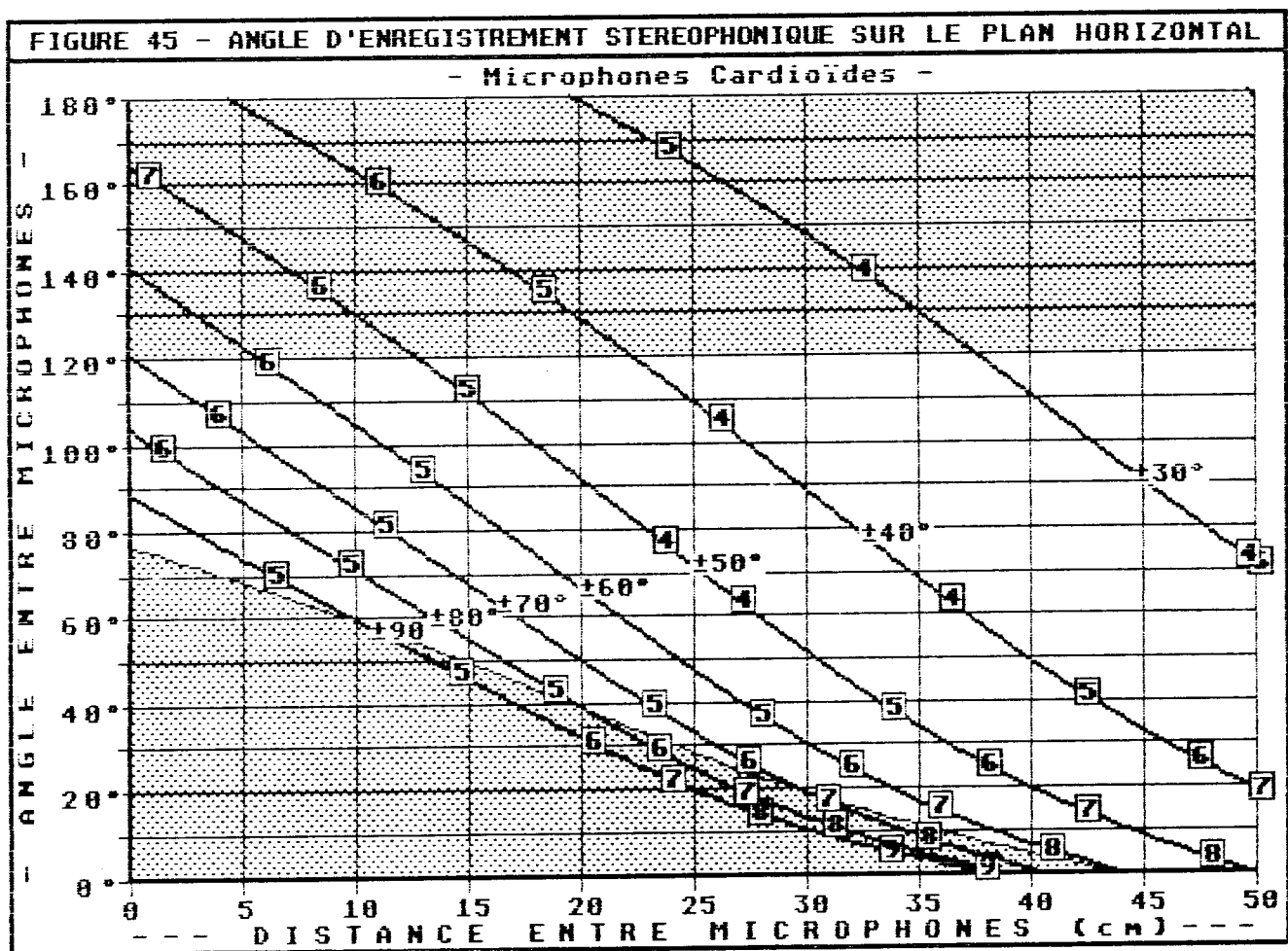


FIGURE 46 - ANGLE D'ENREGISTREMENT STEREOGRAPHIQUE SUR LE PLAN HORIZONTAL

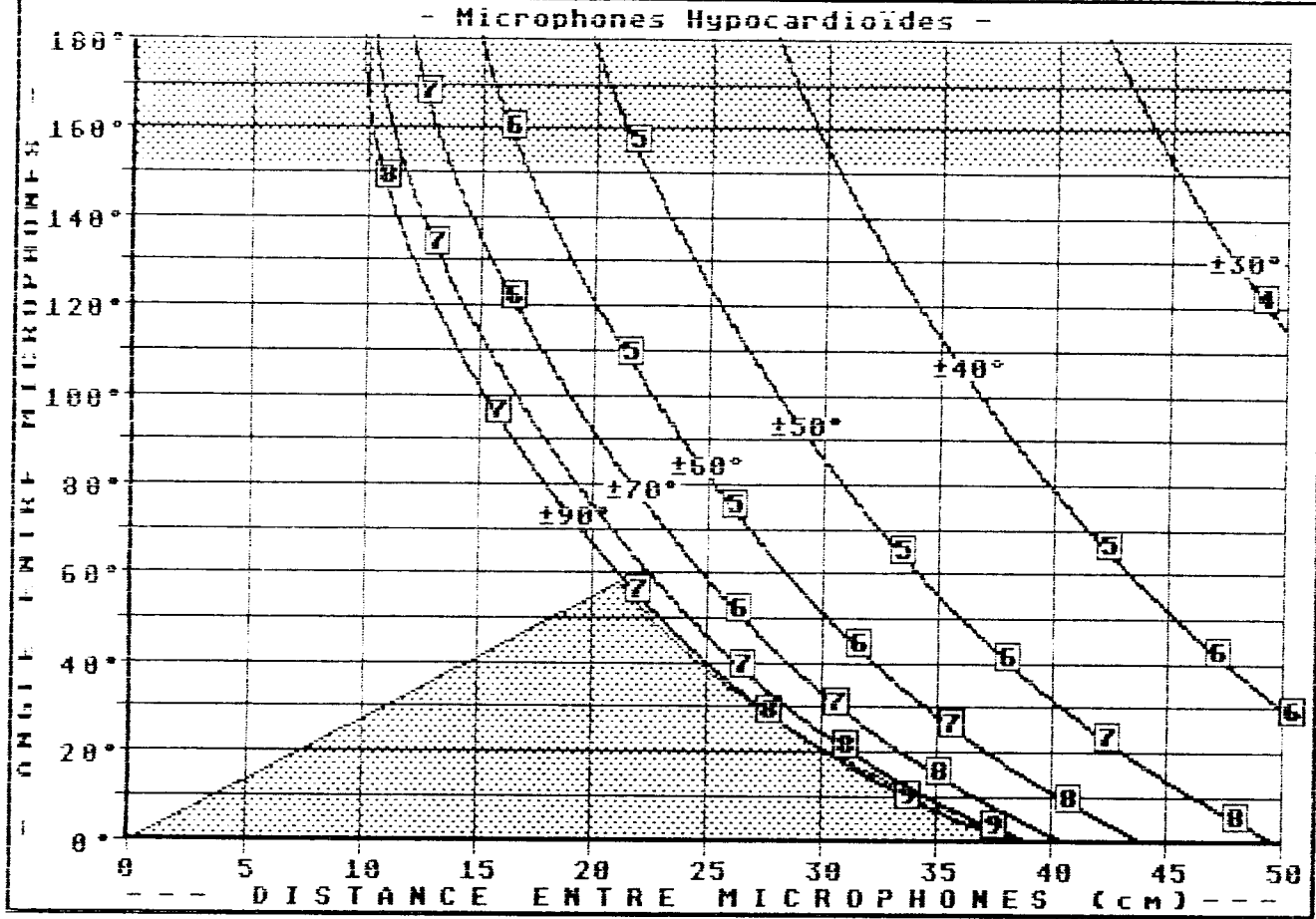


FIGURE 47 - ANGLE D'ENREGISTREMENT STEREOGRAPHIQUE SUR LE PLAN HORIZONTAL

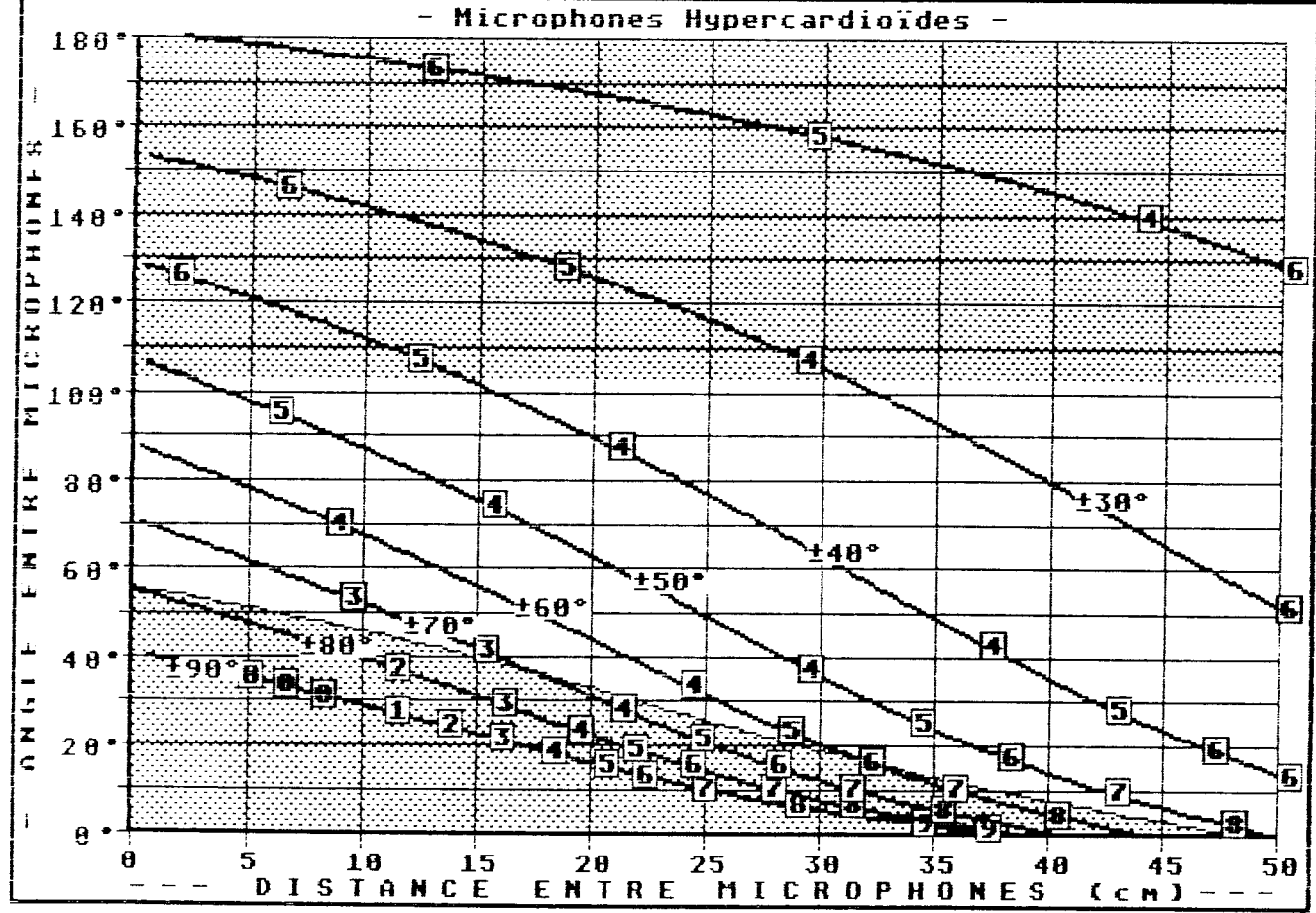
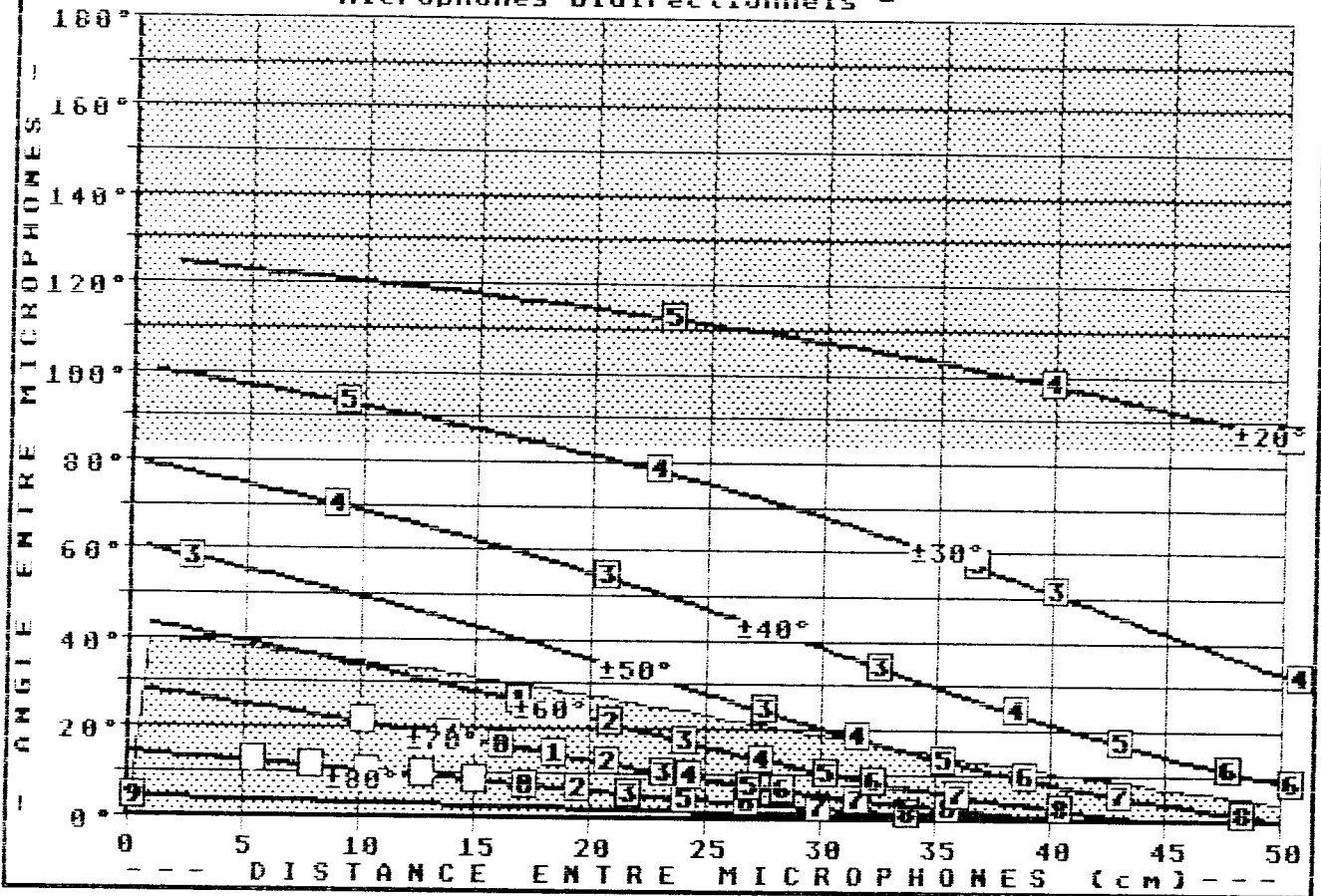


FIGURE 48 - ANGLE D'ENREGISTREMENT STEREOPHONIQUE SUR LE PLAN HORIZONTAL

- Microphones Bidirectionnels -



## 11. PRECISION DE LECTURE DES ABAQUES

*L'impression, au vu des abaques (figures 45 à 48), est que les angles de prise de son stéréophoniques sont relativement précis. En réalité, ces limites sont-elles vraiment perçues aussi précisément ?*

Aucune caractéristique psychoacoustique n'est perçue de façon précise. De plus, tel paramètre sera perçu un peu différemment par chaque individu. Les abaques ont donc pour but de donner un ORDRE DE GRANDEUR des valeurs en jeu.

Il existe aussi une incertitude sur la perception de localisation dans les différentes bandes de fréquences. En général, on peut dire qu'en ce qui concerne les signaux de bande passante large, les mesures de M. Simonsen de Lyngby au Danemark sont tout à fait fiables.

Mais nous n'avons pas encore d'informations aussi fiables en ce qui concerne la dispersion de perception de l'image sonore en fonction des différentes bandes de fréquences contenues dans le signal. Cette information est absolument indispensable pour nous aider à mieux comprendre cet outil de prise de son stéréophonique, et pour éventuellement l'améliorer.

## 12. DIAGRAMME DE DIRECTIVITE DES MICROPHONES - THEORIE ET PRATIQUE

*En pratique, le diagramme de directivité d'un microphone peut s'écarter sensiblement de sa réponse théorique ou mathématique. Avons-nous vraiment raison de représenter cette directivité par une formule mathématique pour établir les abaques de prise de son stéréo ?*

L'écart entre la représentation théorique par simple formule mathématique et la directivité mesurée à différentes bandes de fréquence (dans la bande passante de l'oreille) est sensible surtout pour les microphones à membrane large (environ 20 à 30mm de diamètre).

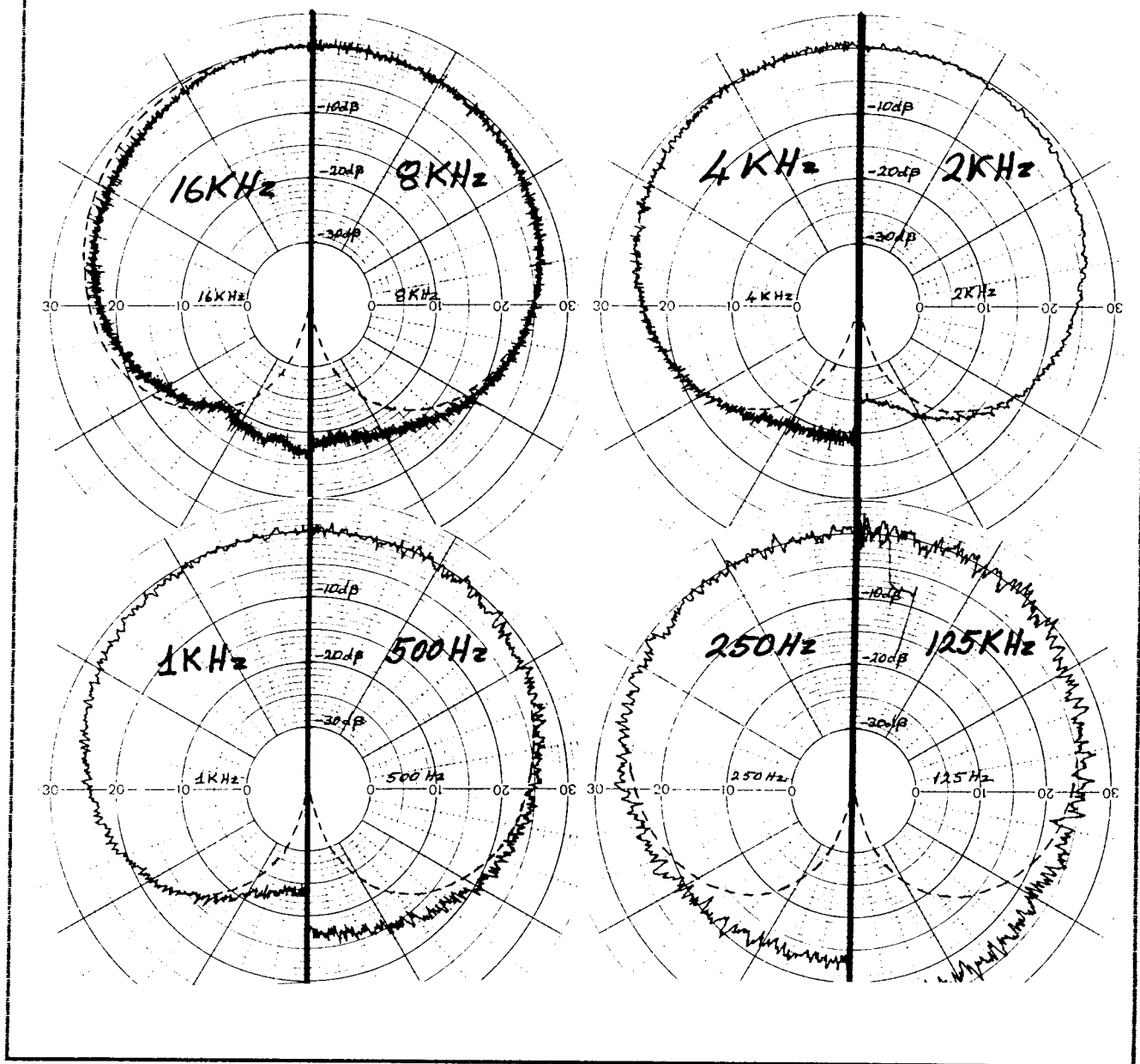
Les microphones utilisés pour la prise de son stéréophonique au Couple Variable doivent avoir une membrane d'un diamètre maximum de 10mm à 12mm pour qu'ils ne présentent que peu d'écart entre la théorie et la pratique, du moins jusqu'à un angle de 120° à 130°.

Au delà de cette limite et jusqu'à l'arrière du microphone (à 180°), il est presque impossible pour le constructeur de maintenir la réponse théorique sur une large bande de fréquences.

La figure 49 montre le diagramme de directivité d'un microphone professionnel à petite membrane (diamètre de 10mm). La réponse théorique d'un cardioïde est donnée en pointillés et le trait plein représente la réponse mesurée (bruit blanc filtré en bandes de fréquences d'une octave). Les bandes de fréquences analysées sont centrées sur les fréquences de 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1KHz, 4KHz, 8KHz et 16KHz.

Les réponses à 125Hz et 16KHz manifestent un certain écart par rapport aux autres, mais en général on voit que la réponse en pratique est suffisamment proche de la valeur théorique jusqu'à 120°/130° par rapport à l'axe du microphone.

Figure 49 - DIAGRAMMES DE DIRECTIVITE



Le secteur normalement utilisé pour développer l'angle de prise de son stéréophonique est généralement bien inférieur à cette limite, à condition de ne pas utiliser les combinaisons de distance et d'angle qui se trouvent dans la zone hachurée en haut des abaques.

Les microphones de directivité HYPOcardioïdes ("wide angled cardioïdes", ou "infra cardioïdes") manifestent encore moins d'écart entre la théorie et la pratique. Même le secteur arrière du microphone reste très proche de la réponse parfaite théorique et donc mathématique.

Par contre, la réponse des microphones de directivité HYPERcardioïdes devient suspecte à partir de 90°/100° et les lobes arrière sont souvent très différents selon les bandes de fréquences.



### 13. COMPARAISONS ENTRE DIFFERENTES COMBINAISONS DISTANCE/ANGLE

*En faisant des comparaisons entre différentes configurations possibles présentées par les abaques, est-il possible d'en trouver de meilleures que d'autres, ou même une combinaison idéale ?*

Malgré tout l'effort que nous pourrons faire pour laisser le choix des combinaisons distance/angle le plus ouvert possible, cette question se pose inévitablement.

D'abord, considérons l'angle de prise de son. Dans les situations de prise de son les plus courantes, on constate qu'on travaille souvent avec un angle de prise de son d'environ  $\pm 50^\circ$  à  $10^\circ$  près, suivant la situation. Mais il n'est pas impossible de rencontrer des situations nécessitant d'autres angles ( $\pm 90^\circ$  par exemple, ou même  $\pm 30^\circ$ ).

*Même si on admet que  $\pm 50^\circ$  est le plus fréquent, quelle est la combinaison qui donne le meilleur résultat ? Faut-il travailler en coïncident, ou avec un faible écartement (20 à 30cm), ou à des distances plus importantes ?*

Les opinions concernant ce choix sont très divergentes et nous préférons vous laisser le soin de faire des comparaisons vous-même; signalons seulement quelques précautions à prendre dans le choix des combinaisons avant de commencer des expériences.

Tout d'abord, Il faut éliminer le plus possible tous les facteurs qui pourront nuire à votre expérience:

- a) La courbe de réponse amplitude/fréquence des microphones doit être le plus identique possible entre les deux systèmes à comparer. On doit au moins utiliser le même type de microphones, même fabricant, même modèle.
- b) Les deux systèmes comparés doivent se trouver au même endroit, ou du moins le plus proche possible, pour que l'angle de prise de son stéréophonique soit le même.
- c) La distorsion angulaire des deux systèmes doit être semblable.
- d) La comparaison entre chaque système doit être faite par fondu enchaîné rapide et jamais par commutations, et bien entendu sur la même prise d'une séquence musicale. Mais il n'y a pas que la musique: ces expériences peuvent être faites avec toutes sortes de sources sonores. Pourquoi ne pas aller faire encore un tour à la plage ?

Ayant respecté chacune de ces contraintes, on PEUT faire des comparaisons entre différentes combinaisons, mais nous vous laissons le soin de tirer vos propres conclusions !

Il peut être intéressant de faire des comparaisons pour d'autres raisons: par exemple, pour étudier la contribution à la "qualité" de prise de son de chacun des facteurs suivants :

- a) La différence de courbe de réponse amplitude/fréquence dans les basses fréquences, pour des microphones à directivité hypocardiïde, cardiïde et hypercardiïde, (avec le même angle de prise de son, à la même position et avec la même distorsion angulaire).

- b) L'influence de la position du système de prise de son quant au rapport son direct/son réverbéré (en gardant l'angle de prise de son constant, ou bien en l'ajustant suivant le secteur occupé par la source sonore).
- c) Variation de l'angle de prise de son pour constater la dimension de la source sonore à la reproduction (en gardant la même position du couple).
- d) Variation de la distorsion angulaire pour étudier son influence sur la distribution angulaire de l'image sonore à la restitution.

Ce genre d'expériences constitue une partie importante dans l'apprentissage des techniques de prise de son stéréophonique.

Mais le problème qui a fait couler le plus d'encre est la comparaison entre les systèmes coïncidents et les systèmes à faible espacement (de 10 à 30cm). Il est certainement possible de faire des comparaisons, tout en tenant compte des précautions citées ci-dessus. Par exemple:

- Un X/Y (cardioïdes coïncidents à 90°) comparé avec un couple espacé de 20cm/30°; chacun ayant un angle d'enregistrement de +/- 90° et une distorsion angulaire de 6°.
- Un couple coïncident de cardioïdes à 120° comparé avec un couple espacé à 28cm/20°; chacun ayant un angle d'enregistrement d'environ +/- 70° et une distorsion angulaire de 6°.
- Un couple espacé de 15cm/110° comparé avec 34cm/40°; chacun ayant un angle d'enregistrement de +/- 50° et une distorsion angulaire de 5°.

C'est encore à vous de tirer les conclusions à partir de ces expériences. Ne soyez pas surpris de trouver des difficultés à entendre une différence!

#### 14. L'ESPACE STEREOPHONIQUE AUTOUR DES MICROPHONES

*L'expérimentation scientifique exige qu'un seul paramètre soit changé à la fois, toutes autres choses étant égales, afin de cerner l'influence de ce paramètre. Sommes-nous absolument certains d'avoir suivi ce principe ?*

Malheureusement non, malgré toutes les précautions citées ci-dessus, il reste encore une différence qu'on ne peut maîtriser: il s'agit de la réponse du couple à l'espace sphérique qui l'entoure. En effet, la restitution de la réverbération et des réflexions autour d'un couple varie sensiblement d'une combinaison à l'autre.

A première vue l'évolution de l'angle de prise de son stéréophonique en élévation est loin d'être évidente à première vue, mais une analyse mathématique utilisant la trigonométrie sphérique peut éclaircir la situation. Encore une fois, l'ordinateur revient à notre secours et nous permet de tracer quelques graphiques pour montrer la variation de ce paramètre.

Les figures 50, 51 et 52 montrent l'évolution de l'angle de prise de son quand l'angle d'élévation varie par rapport au plan horizontal. Le plan de référence est celui qui contient l'axe des deux microphones, et qui est normalement dirigé vers la source sonore.

FIGURE 50 - VARIATION DE L'ANGLE D'ENREGISTREMENT EN FONCTION DE L'ANGLE D'ELEVATION

- Microphones Cardioides -

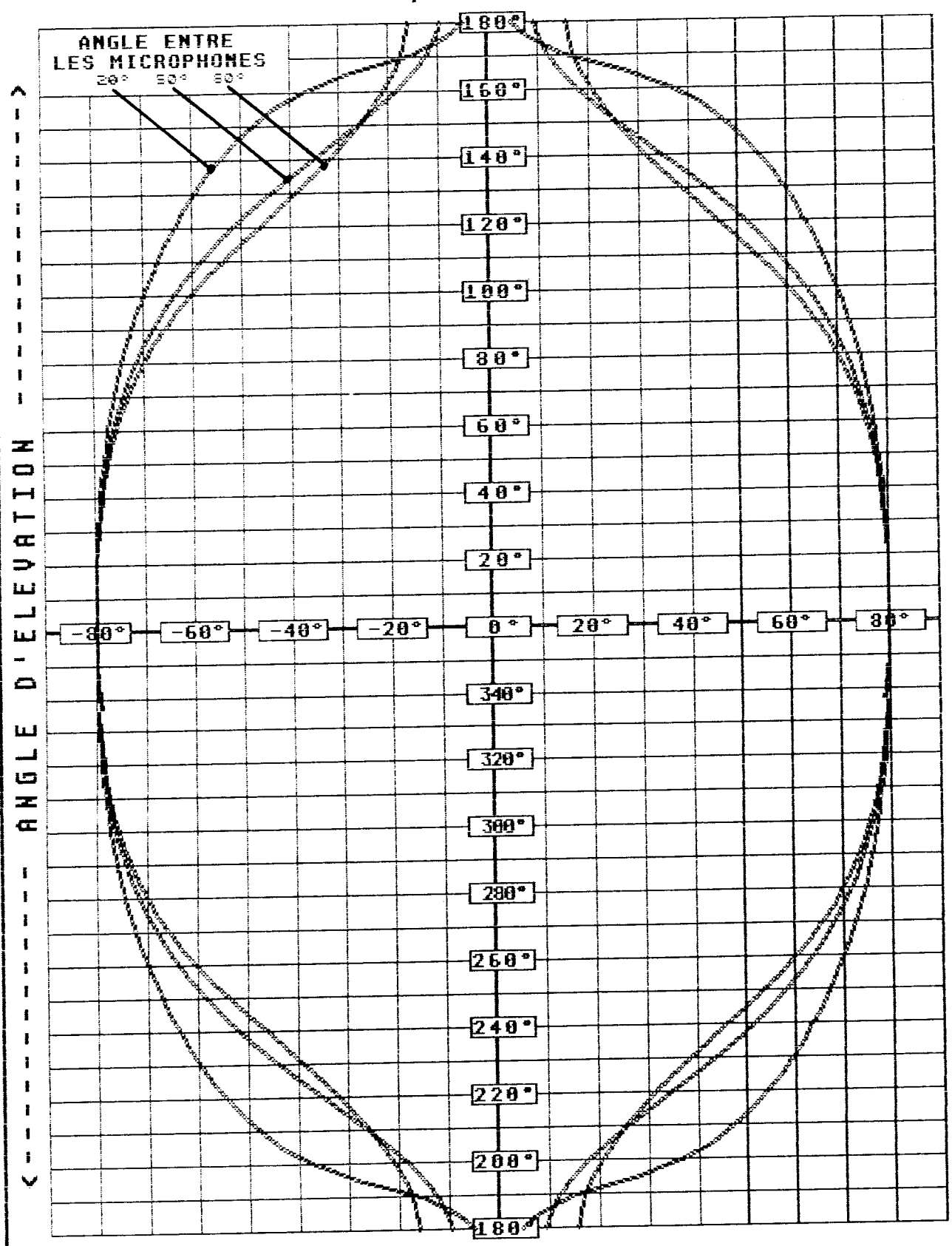
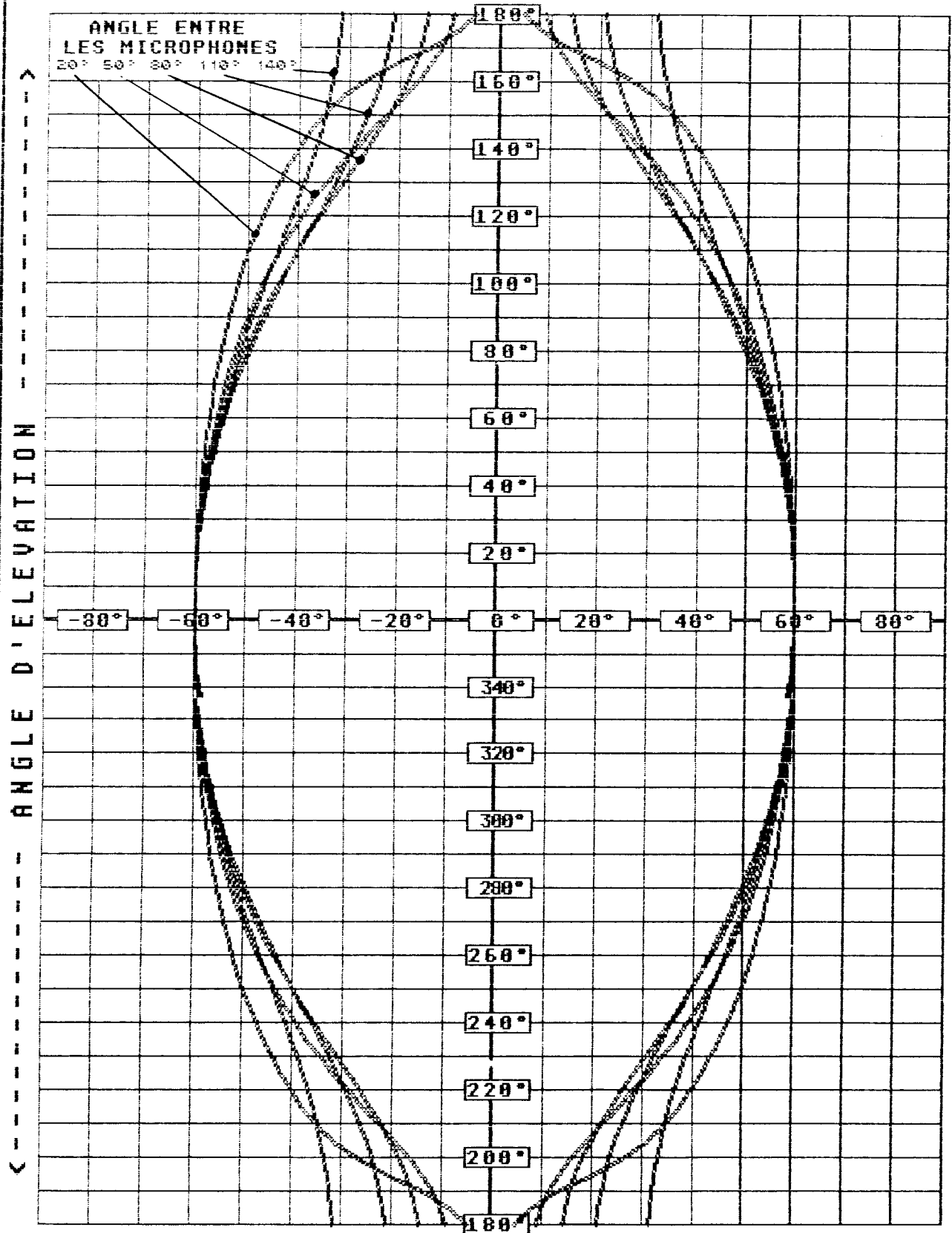


FIGURE 51 - VARIATION DE L'ANGLE D'ENREGISTREMENT EN FONCTION DE L'ANGLE D'ELEVATION

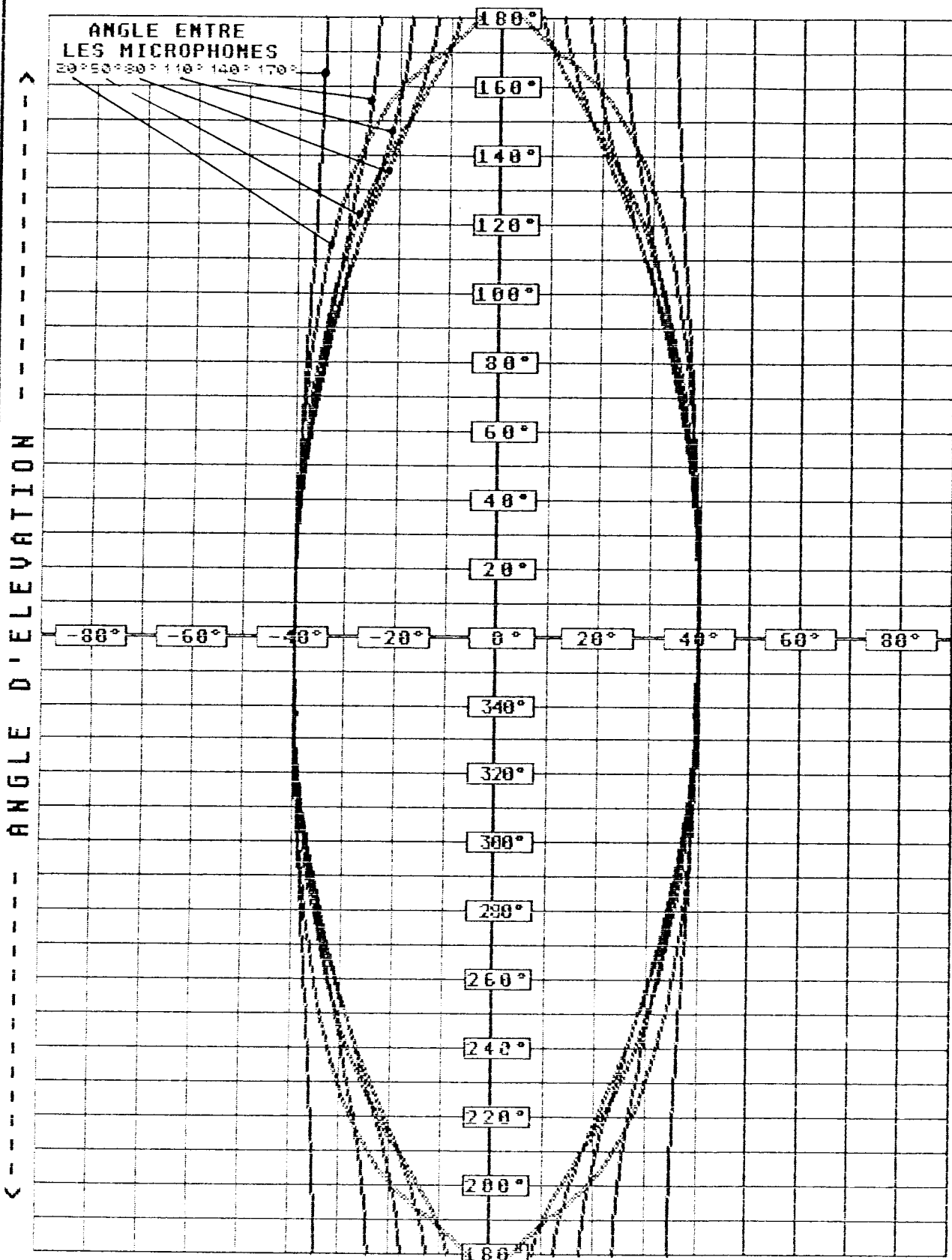
- Microphones Cardioïdes -



<----- ANGLE D'ENREGISTREMENT STEREOPHONIQUE ----->

FIGURE 52 - VARIATION DE L'ANGLE D'ENREGISTREMENT EN FONCTION DE L'ANGLE D'ELEVATION

- Microphones Cardioïdes -



La Figure 50 représente l'évolution d'un angle de prise de son stéréophonique de  $\pm 80^\circ$  pour des angles d'élévation allant jusqu'à  $180^\circ$  par rapport au plan de référence.

On voit que cet angle de prise de son ne varie que très peu au début du changement d'angle d'élévation. Mais après environ  $60^\circ$  d'élévation, l'angle de prise de son diminue progressivement jusqu'à l'arrière de notre système microphonique.

Les figures 51 et 52 montrent l'évolution des angles de prise de son stéréophonique de  $\pm 60^\circ$  et  $\pm 40^\circ$ .

La valeur exacte derrière les microphones est uniquement fonction de l'angle physique entre leur axe de directivité.

En général, on peut dire qu'il existe un secteur en élévation de chaque côté du plan horizontal à l'intérieur duquel l'angle de prise de son reste sensiblement le même, formant un angle solide de prise de son stéréophonique. L'orientation verticale du système microphonique n'est donc pas critique du tout, ce qui n'est certainement pas le cas pour l'orientation dans le plan horizontal. Il devient donc possible de travailler par exemple avec le couple au dessus d'un orchestre et de faire une prise de son en bénéficiant de cet angle solide.

*Mais comment est restituée la réverbération captée à l'intérieur et à l'extérieur de cet angle solide de prise de son ?*

La réverbération qui entoure le couple peut être considérée comme une multitude de sources sonores individuelles, chacune ayant à la fois un angle d'élévation par rapport au plan de référence, dit "horizontal", et un angle de localisation dans ce plan d'élévation.

Le principe d'analyse de la localisation de ces sources est tout à fait similaire à l'analyse des caractéristiques de localisation sur le plan horizontal. La réverbération se trouvant à l'intérieur de l'angle de prise de son sera distribuée entre les deux enceintes, donnant une impression d'espace stéréophonique. Par contre la réverbération en dehors de l'angle de prise de son sera reproduite "sur" une enceinte ou l'autre et pourra être appelée réverbération "monophonique".

La conséquence est que dans une prise de son en milieu réverbérant, nous avons:

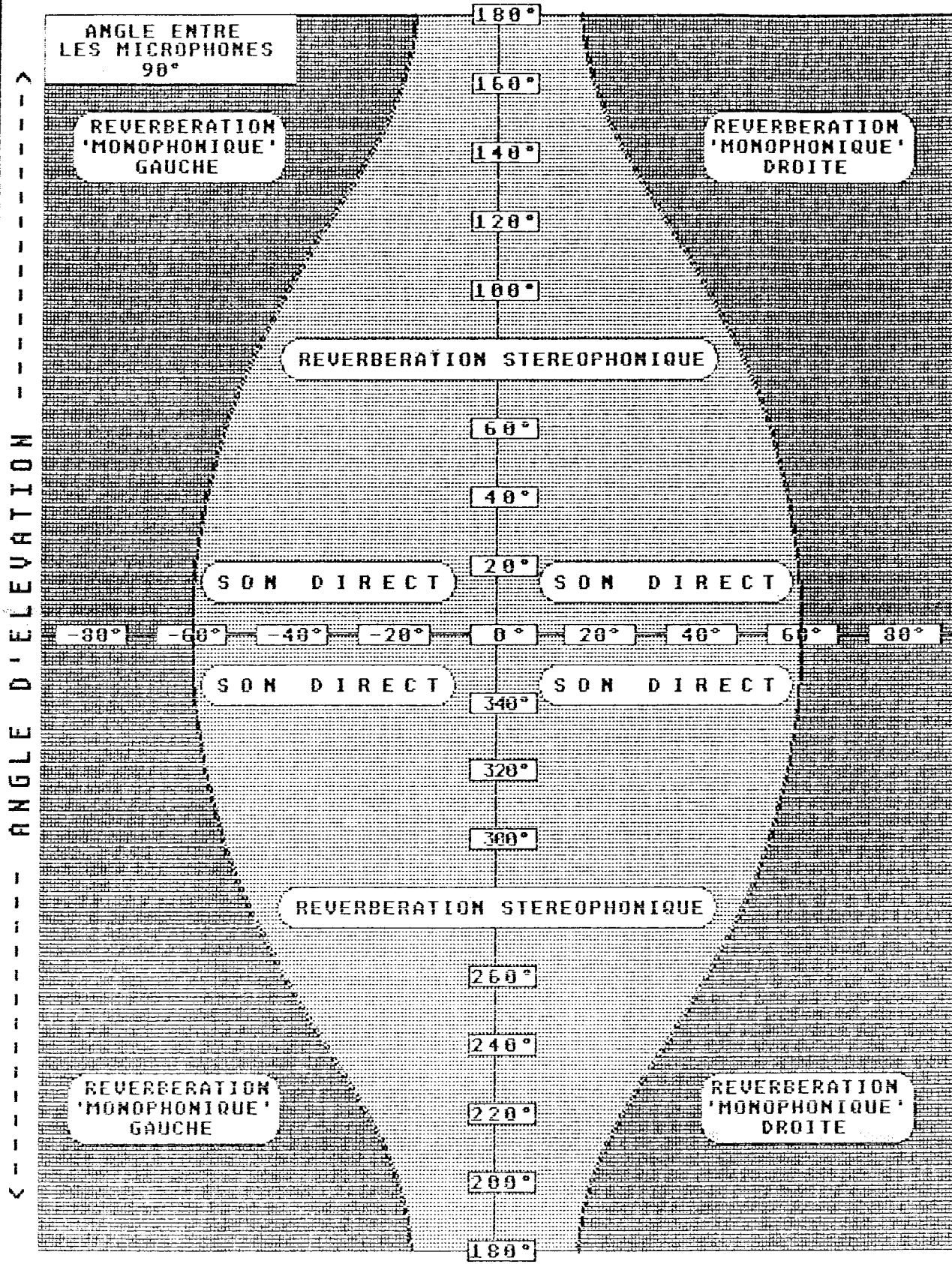
- le son direct stéréophonique localisé entre les enceintes,
- une partie du son réverbéré située également entre les enceintes (réverbération stéréophonique),
- et le reste du son réverbéré localisé sur chacune des deux enceintes (réverbérations "monophoniques").

Ceci est illustré graphiquement sur la Figure 53.

Depuis de nombreuses années, nous avons appris intuitivement comment établir un bon équilibre entre ces trois facteurs. Mais maintenant que nous avons une vue un peu plus précise sur ce phénomène, peut-être pouvons-nous regarder avec plus d'attention les raisons de ces méthodes de travail.

FIGURE 53 - VARIATION DE L'ANGLE D'ENREGISTREMENT EN FONCTION DE L'ANGLE D'ELEVATION

- Microphones Cardioïdes



## 15. COMPATIBILITE STEREOPHONIQUE/MONOPHONIQUE

*Il arrive que dans certains contextes de prise de son, on doive produire un document sonore à la fois en stéréophonie et en monophonie. Y a-t-il des précautions particulières à prendre dans ce cas ?*

Certainement. Dans l'absolu, il faut éviter tous les systèmes qui ont besoin d'un écartement entre les microphones. Ce qui veut dire qu'on ne peut utiliser que des systèmes coïncidents. La raison en est relativement simple. En général, on fabrique un signal monophonique par l'addition des deux canaux stéréophoniques droite et gauche. Un décalage de temps entre les deux signaux peut produire des effets très bizarres après addition.

Mais n'exagérons rien. En pratique, on peut tolérer un certain écartement entre les microphones sans qu'une dégénération du son monophonique soit perceptible. Le problème est de savoir jusqu'à quelle distance on peut aller. Voilà encore d'autres expériences à tenter.

Il suffit d'additionner les deux voies d'un enregistrement stéréophonique, faites avec différents écartements entre les microphones, (avec le même angle d'enregistrement stéréo) pour constater une différence entre le timbre des sons en monophonie et en stéréophonie.

N'oublions pas que l'auditeur d'un produit monophonique ne peut jamais faire cette expérience. Donc, faut-il en tenir compte si les différences entre les deux qualités sonores ne sont pas vraiment importantes ?



## 17. MICROPHONES D'APPOINT

*La prise de son stéréophonique avec un seul système de microphones, ou couple, nécessite une recherche souvent difficile pour trouver un équilibre acoustique convenable. Mais que faut-il faire dans la situation où cet équilibre est impossible à trouver ?*

La prise de son au Couple Variable tend à une représentation la plus "naturelle" possible de la source sonore. S'il existe déjà des déséquilibres à l'origine, il est évident qu'ils vont se manifester aussi dans la prise de son. Cependant, on demande souvent au preneur de son de faire mieux que l'original, ou même de modifier consciemment l'équilibre naturel.

Dans ce cas, le seul moyen d'arriver au but recherché est l'utilisation des microphones d'appoint: on doit placer un ou plusieurs microphones à proximité des instruments à remonter en niveau. On mélange le signal venant de chacun de ces microphones avec les signaux venant du couple principal, en faisant attention de positionner correctement au "pan-pot" chaque son secondaire par rapport à l'image du couple principal.

Le "pan-pot", ou potentiomètre panoramique, permet de doser le pourcentage de signal venant d'un seul microphone vers chacun des deux canaux. On produit par ce moyen un rapport d'intensité entre la voie gauche et la voie droite qui nous permet de localiser la source sonore quelque part entre les deux enceintes.

Il est donc important que la localisation du son généré par le microphone d'appoint soit la même que la localisation de ce même objet sonore déterminée par le couple principal. Autrement, deux images de ce même objet sonore vont être produites à deux endroits différents, causant un conflit dans l'interprétation de localisation à la reproduction.

L'utilité d'un microphone d'appoint doit être un léger apport de niveau et ne doit pas déséquilibrer la balance. Il suffit d'ajouter une faible proportion de ce microphone jusqu'au moment où le défaut de niveau ou de présence est amélioré.

Il ne faut surtout pas exagérer cet apport au risque de détruire l'homogénéité de l'image principale. Evidemment, le son arrive d'abord au microphone d'appoint avant d'arriver au couple principal. Le mélange de ces deux signaux peut donc perturber sensiblement la "structure temporelle" de notre image sonore totale.

Une solution récente à ce problème a été proposée par M. THEILE, du Institut Für Rundfunktechnik, en Allemagne. Le signal venant du microphone d'appoint est retardé de telle sorte qu'il arrive en même temps que la première réflexion créée par l'environnement acoustique, le niveau de ce signal étant compatible avec la quantité de renforcement nécessaire.

## 18. LA MONOPHONIE DIRIGEE

*La prise de son multimicros, qui localise les images sonores par "pan-pot" seulement, est chose courante. Peut-on améliorer la qualité de ce type de prise de son par l'apport d'un couple ?*

A partir du moment où la prise de son a été déterminée par un système de microphones à proximité des sources sonores, et localisée par "pan-pot", le couple peut être utilisé simplement pour ajouter une réverbération stéréophonique naturelle. Là encore, il ne faut pas créer un conflit entre les sons "vus" par le couple et la localisation par "pan-pot".

Mais la prise de son par microphone à proximité de chaque source sonore et son éventuelle localisation par "pan-pot" enlève toute dimension acoustique à cette source et élimine aussi tout aspect stéréophonique de l'environnement acoustique. De plus, la prise de son très proche des instruments de musique dénature totalement l'équilibre de leur timbre.

La localisation obtenue est ce qu'on appelle "Monophonie Dirigée". C'est un ensemble de zones sonores étroites placées artificiellement quelque part entre les enceintes, suivant les humeurs du preneur de son.

Mais "what you loose on the swings you gain on the roundabouts". Par cette méthode de prise de son, nous avons perdu beaucoup en qualité acoustique stéréophonique de la source sonore mais nous avons gagné un objet électronique qui se prête à toutes les manipulations par les innombrables appareils périphériques.

Avons-nous gagné à l'échange !!?...