

EN VENTE A LA MÊME LIBRAIRIE :

- LE CORBELLIER. — *ÉLECTRO-ACOUSTIQUE*, 88 pages, 52 figures.  
P. HÉMARDINQUER. — *LA PRATIQUE DES MAGNÉTOPHONES*,  
180 pages, 130 figures.  
P. HÉMARDINQUER. — *LES MICROPHONES*, technique pratique, appli-  
cations, 210 pages, 108 figures.  
L. CHRÉTIEN. — *LA PROJECTION SONORE*, 80 pages, 44 figures.  
P. BESSON. — *LA MODULATION DE FRÉQUENCE*, 112 pages,  
24 × 30 cm., 172 figures.  
ASCHEN et BOË. — *L'EMPLOI DES TUBES ELECTRONIQUES*,  
tome III : *Circuits basse fréquence* (pièces détachées, circuits haut-  
parleurs, réalisation des amplificateurs), 168 pages, 157 figures.

ET LES REVUES SPÉCIALISÉES :

- \**REVUE DU SON*, première revue française d'électro-acoustique, men-  
suelle. *Conseil de rédaction* : MM. M. de CADENET, L. CHRÉTIEN,  
J. J. MATRAS, J. BERNHART, A. MOLES, F. GALLET, L. MARTIN,  
J. VIVIÉ, Enregistrement, Reproduction, Cinéma, Sonorisation.  
Le n° : 180 fr. Abonnement : 1.800 fr. par an.
- \**ARTS ET TECHNIQUES SONORES*, revue de l'enregistrement ama-  
teur et de l'art de la restitution sonore sous la direction de Jean  
THÉVENOT et Jacques BUREAU.  
*Servie chaque mois aux abonnés de la Revue du Son.*

V. JEAN-LOUIS

INGÉNIEUR E. E. M. I.

# L'INGÉNIEUR DU SON

en

RADIODIFFUSION  
CINÉMA  
TÉLÉVISION

Préface de Monsieur le Général LESCHI

*Directeur des Services Techniques de  
la Radiodiffusion-Télévision Française*

**1954**

ÉDITIONS CHIRON

40, rue de Seine — PARIS (VI<sup>e</sup>)

## LIMINAIRE

**S**ELON les paroles de M. Martenot, l'un des plus actifs ouvriers du *Studio d'Essai* :

« *La Prise de Son* est un carrefour où se croisent artistes et techniciens celui où se renouvelle sans cesse le miracle de l'alchimie moderne : transmutation des vibrations sonores en vibrations électriques, suspension de l'espace et du temps par l'impression sur disques ou films, d'une voix qui, dans toute sa vigueur et sa fraîcheur, survivra des siècles à l'être dont elle émanait. Carrefour, laboratoire, temple aussi, voilà le studio où doit régner en maître l'Ingénieur du Son secondé par ses assistants ou ses opérateurs ».

Il ajoute :

« Un microphone mal situé, un coup de potentiomètre maladroit, et la voix de Geori Boué est noyée par un torrent d'orchestre. Des interprètes mal placés par rapport au micro, et c'est toute une émission dramatique inintelligible... On a mis trop de temps à s'en apercevoir ».

Le problème fondamental de la prise de son est donc la transformation de la matière sonore en modulation électrique pour permettre son enregistrement ou sa diffusion dans le respect de tout le contenu qualitatif original.

Or, la *qualité* d'une pâte sonore est une chose difficile à préciser. Dans l'état actuel de nos connaissances on admet que dans sa réalisation tout son de qualité agréable a une valeur esthétique en dépendance avec :

**1° L'exactitude de l'intonation ou rendement correct de la hauteur sonore.**

**2° De la distribution normale des harmoniques et partiels en correspondance avec le trait émis et de la couleur recherchée.**

**3° De son Relief ou rendu de ses qualités spatiales.**

**4° De sa Dynamique ou respect de son homogénéité et des nuances.**

Les deux premières conditions se rattachent à la technique pure : fonctionnement et rendement des chaînes de transmissions et d'enregistrements ; tandis que la troisième et surtout la quatrième, impliquent un élément créateur. La position du microphone détermine le champ sous lequel l'auditeur entendra la partition sonore et, par suite, son relief ; le jeu potentiométrique déterminera sa dynamique et les différentes nuances, c'est-à-dire le contenu artistique de l'œuvre.

## CHAPITRE PREMIER

### ESPACE SONORE

#### I. — FAIT ACOUSTIQUE ET IMAGE ÉLECTRO-ACOUSTIQUE

La possibilité de restitution de l'espace sonore à travers une chaîne de transmissions, pose encore à l'heure actuelle de nombreux problèmes pratiquement insolubles.

La présence réelle face à la source sonore se caractérise par un état d'âme particulier qui ne peut en aucune façon être transmis par des microphones, des amplificateurs et des hauts-parleurs, aussi parfaits soient-ils. Nous savons qu'une sorte d'expérience psychique imprègne toute perception directe. La prise de conscience semble pure, et il s'en dégage une incantation impossible à analyser. Il en est de même, par exemple, lorsqu'on observe directement le soleil et lorsqu'on le regarde par l'oculaire d'un télescope. Dans le premier cas, nous avons conscience d'être en face du soleil lui-même. Dans le deuxième cas, nous observons quelque chose qui diffère essentiellement de l'original, sans cesser de lui ressembler. Bref, on se trouve en présence d'une *image*. La différence entre l'image et la réalité peut être techniquement très petite, mais il manque toujours la « *sensation magique* » que communique la *présence*.

La *réalité* d'une observation comparativement à son *image*, doit être, semble-t-il, recherchée dans la multitude des irritations sensorielles. Les différences entre un objet et son image ne peuvent avoir leur cause que dans les conditions de perception organique, donc, d'orientation, d'alignement et d'attente actuelle de celui qui écoute, et dans l'ensemble des qualités irritantes d'espace et de temps.

Enfin, il faut aussi noter que le haut-parleur qui reproduit l'image devient le centre de gravité vers lequel l'auditeur s'aligne intérieurement et en général physiquement, parce que la nature nous a fait tel que nous nous retournons toujours vers le but de notre attention, droit devant nous, dans la direction du regard, même s'il ne s'agit

pas d'un but visible. L'espace suggéré est en quelque sorte, comprimé en un point : la membrane du haut-parleur. Il ne peut donc y avoir exactitude géométrique entre un fait acoustique et son image, électro-acoustique.

Selon *Bekesy*, la présence réelle d'un observateur face à une source sonore se caractérise par une sorte de dépouillement spatial.

Le processus de la perception sonore serait basé sur la notion de l'espace de présence, analogue à la durée de présence actuellement démontrée en physiologie.

L'évolution dans le temps d'un phénomène n'est pas perçue comme une variation continue, mais comme une suite discontinue

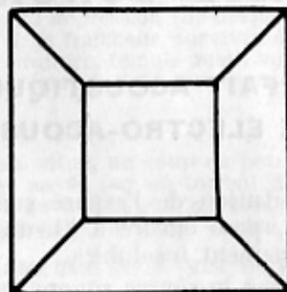


FIG. 66. Effet d'optique.

de sensations ayant chacune une durée déterminée, dite *durée de présence*.

C'est ainsi, par exemple, que le tronc pyramidal *fig. 66* peut être vu dans le temps soit en relief, soit en creux.

Le passage d'une interprétation à l'autre ne peut jamais s'effectuer instantanément. Si l'on compte le nombre d'inversions, 10 par exemple, et si l'on mesure le temps total, on constate qu'il s'écoule environ 0,6 seconde entre deux inversions : c'est le *temps de présence*. On a même pu parler « d'épaisseur du présent ».

Dans la structure des mots on reconnaît l'influence de ce processus. Le nombre de syllabes est tel que la durée totale de prononciation ne doit pas dépasser certaine limite si l'on désire une perception d'ensemble.

Le tableau suivant donne, pour un texte courant, la fréquence des substantifs et des verbes ayant un nombre de syllabes déterminé.

Nombre de syllabes . . . . .	1	2	3	4	5	6	7
Fréquences en % des substantifs	17,5	45,2	22	11,4	3,4	0,3	0,1
Fréquence en % des verbes . . .	29,3	45,4	16,4	7,7	1,2	0,0	0,0

Les mots de plus de quatre syllabes sont donc très rares. La durée d'une syllabe en conversation courante étant de 0,15 seconde, la durée du mot, serait légèrement supérieure à la durée de présence. Pour un tel mot, il n'y a pas de perception d'ensemble.

De même, une variation d'intensité sonore se traduit par une suite de *variations quantiques* d'une durée égale à la durée de présence.

Du point de vue spatial, l'auditeur concentre toujours son attention dans la direction de la source sonore s'il désire réellement

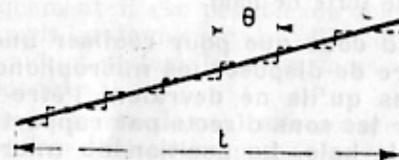


FIG. 67. — Variation quantique d'intensité sonore.  
t = durée totale de la variation. θ = durée de présence.

l'écouter et non seulement l'entendre. Cette *attention soutenue* ne peut durer que pendant un laps de temps égal à la durée de présence, de telle sorte que la source se trouve localisée et conserve cette localisation juste pendant cette période. Le volume ainsi localisé est appelé *volume de présence*.

Dans un espace sonore réverbérant, lorsque la durée du son résiduel est inférieure à la durée de présence, le volume de la salle apparaît dans sa totalité d'une manière invariable, et l'on perçoit dans tout ce volume un abaissement progressif du son. Les sons réfléchis semblent donc localisés autour de la source comme s'ils étaient émis depuis le même emplacement d'origine.

Au contraire, lorsque le temps de réverbération est supérieur à la durée de présence, les sons réfléchis qui parviennent à l'oreille, au delà de cette constante de temps, semblent provenir d'un autre emplacement que celui de la source. En effet, à la fin d'une première durée de présence, le mécanisme psychologique est tel que l'on se trouve dans des conditions de perception favorable à d'autres impressions et le résiduel vient justement capter cette attention jusqu'au delà d'une nouvelle durée de présence. Il en résulte une variation du volume de présence et une localisation diffuse. Mais lorsque la source émet toujours des sons directs prédominants, l'attention soutenue reste toujours centrée sur le premier volume de présence qui se modifie seulement en fonction de la puissance sonore, et les résiduels passent inaperçus jusqu'à la fin de l'émission pour apparaître juste, et seulement, à ce moment. Pendant toute la durée de l'émission, la réverbération paraît donc *étouffée* pour se confondre avec la dernière note, ou avec la dernière syllabe émise dans le volume de la réverbération réelle.

Cette élégante théorie de la Réverbération *apparente et de la réverbération réelle*, rend compte en particulier de la différence essentielle entre une audition directe et une audition électro-acoustique. L'espace de présence du microphone s'identifie avec l'espace sonore réel. Il ne saurait y avoir une durée de présence autre que la succession continue et intégrale de l'événement sonore. Les sons réfléchis n'étant plus masqués subjectivement interviennent dans leur intégralité. La réverbération réelle concourt à la facture sonore et ce concours est souvent tel, qu'il se produit une sorte de masque des rayons directs par les rayons réfléchis : l'image sonore semble plongée dans une sorte de halo.

**On comprend donc que pour réaliser une Prise de Son, il est nécessaire de disposer les microphones plus près des sources sonores qu'ils ne devraient l'être en réalité, ceci pour avantager les sons directs par rapport aux sons réfléchis et éviter le halo. La position du microphone est très importante, elle doit être déterminée d'une manière analogue à la position des caméras lors d'une Prise de vue.**

Le problème du respect des valeurs spatiales d'une source sonore lors d'une prise de son se pose donc tout d'abord de la manière élémentaire suivante :

**Dans quelles situations relatives par rapport au microphone doivent se trouver des sources sonores pour donner à l'écoute directe et à l'écoute électro-acoustique, la même sensation de réverbération apparente.**

## II. — ÉTUDE PSYCHOTECHNIQUE DES PLANS SONORES

### a) Plans sonores et grossissement.

La notion des plans sonores résulte d'une sensation pure analysée par l'esprit et sur laquelle on porte un jugement quantitatif.

Une source semble proche ou lointaine par le seul jeu de ses qualités sonores. Dans son voisinage, la tonalité paraît grave ; au loin, elle paraît plus aiguë. De ce fait même, et selon les courbes de Fletcher, la puissance d'émission intervient dans la localisation. Plus la puissance sonore est faible, plus les sons paraissent aigus et par suite lointains. Au contraire, des sons très forts paraissent graves et donnent une grande sensation de présence. Néanmoins, lorsque les facteurs d'atmosphère et de réverbération interviennent, la localisation reste précise pour une plage suffisante de variations de puissance sonore et l'on distingue nettement, dans la dimension de la profondeur, les plans rapprochés ou *gros plans* des *plans moyens et lointains*.

La matérialisation de ces plans est mathématiquement possible.

**Le plan sonore est le lieu des points de l'espace pour lesquels le rapport entre sons directs et sons réfléchis reste constant pour une égale intensité sonore d'origine.**

Il faut bien remarquer que le mot *plan* s'applique ici à une sensation subjective analogue à celle obtenue lors du relevé des courbes de mêmes niveaux de Fletcher. Les emplacements des sources sonores se situent dans l'espace, et généralement en des lieux quelconques du studio étudié, pour donner une même sensation d'éloignement. Théoriquement il est possible de relever ces surfaces caractéristiques, mais pratiquement les difficultés sont grandes parce qu'il existe autant de familles de surfaces analogues que de points d'écoute possibles.

Du point de vue de la prise de son, cette notion est d'une importance considérable. Les différentes images électro-acoustiques d'un événement acoustique peuvent se différencier entre elles par le rapport entre les sons directs et les sons réfléchis que capte le microphone. L'on a :

$$G = \frac{D}{R}$$

Lorsque R tend vers zéro (microphone près de la source), G tend vers l'infini. Il en résulte un *grossissement* énorme des sons. Le microphone joue le rôle d'un microscope, les moindres nuances et les moindres défauts sont accusés et leurs proportions exagérées ; même les silences et les inflexions de voix sont disséqués, agrandis, prennent une valeur hors de proportion avec la réalité bien que toute perception spatiale soit anéantie.

Lorsque R tend vers l'infini, G tend vers zéro. L'image sonore apparaît brouillée, recouverte d'un halo et en particulier la parole devient de plus en plus inintelligible. La réverbération réelle de l'espace sonore domine et la source semble se perdre au loin, ses dimensions spatiales apparaissent de plus en plus réduites.

Par analogie avec ce qui se passe en optique, P. Schaeffer appelle ce rapport *Grossissement* et s'est proposé, au cours de la célèbre Expérience de Beaune<sup>1</sup>, de définir objectivement son contenu.

Pour mettre en valeur les sons réfléchis, on a enregistré avec un appareil ayant une réponse logarithmique des voyelles émises sous forme de sons brefs (logatomes).

1. En 1942, P. SCHAEFFER lançait le cri : « La Radio cherche des voix, la Radio attend des œuvres. » Monsieur BRAILLARD, alors Directeur Technique de la Radiodiffusion, répliquait : « Tant que la question des Ingénieurs du Son et des Metteurs en Ondes ne sera pas réglée, il n'y aura jamais de réelle possibilité de faire progresser la qualité des émissions. »

Ainsi le stage de Beaune fut organisé de septembre à octobre 1942. Ce stage placé sous la direction de P. SCHAEFFER devait bientôt devenir : « l'Expérience de Beaune ».

La cour de l'Hôtel des Ducs de Bourgogne, était utilisée comme studio. Aux distances microphoniques normales ces enregistrements accusaient un point de réflexion sur la courbe de décroissance du son ce qui permettait de discriminer l'énergie des sons directs, proportionnelle à l'impression d'écoute ( $E = \int_0^t I dt$ ) de l'énergie subjective des sons réfléchis.

Les résultats ont été portés sur des axes de référence à échelle logarithmique pour les distances microphoniques  $d$  et une échelle linéaire pour les valeurs de  $G$ . Le tableau suivant fut dressé sous la direction de P. Schaeffer :

$d$ mètres	$G$ moyen	Observations
0,03	+	Sons réfléchis pratiquement nuls.
0,45	2,22	
0,90	1,62	
1,75	1,2	
3,50	0,72	
8,00	0,46	Zone d'impression d'écoute agréable.
18,00	0,0	
		Sons directs pratiquement nuls.

La traduction graphique est :

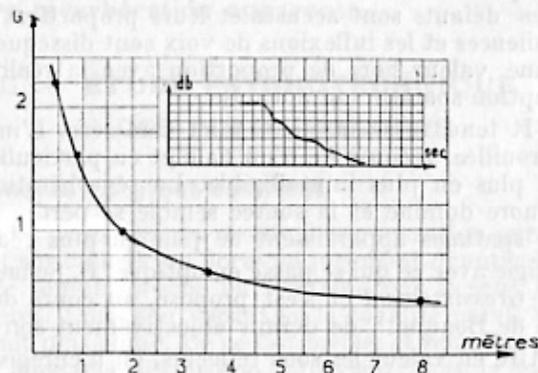


FIG. 68. — Variation du grossissement en fonction de la distance.

En haut de la figure, le graphique inséré donne la réverbération de la cour de l'Hôtel de Bourgogne.

Le grossissement tend vers l'infini lorsque la distance  $d$  de la source au microphone tend vers zéro (effet de microscope). Au contraire, ce grossissement tend vers zéro lorsque  $d$  augmente indéfiniment (diminution apparente de la grandeur de la source).

Lorsque  $G$  a une valeur voisine de l'unité, il semble que les impressions d'écoute soient bonnes, elles sont particulièrement excellentes pour  $G = 1$ . La source sonore ne paraît ni trop présente, ni trop éloignée. Cette valeur de  $G$  rendrait avec exactitude la correspondance entre l'objet et son image.

Dans le cas particulier étudié à Beaune, la distance pour laquelle  $G = 1$  correspondait à peu près à 2,20 m distance qui, dans les conditions de l'expérience, a donné la meilleure corrélation subjective entre la source et l'image.

A la suite de ces constatations expérimentales, l'hypothèse suivante fut émise :

**Pour obtenir une écoute microphonique agréable et une impression de présence naturelle, l'énergie des sons directs et celle des sons réfléchis doivent être égales sur la surface du microphone.**

Cette hypothèse séduisante, conforme d'ailleurs aux lois générales de rendement optimum en mécanique et en électricité, constitue une règle pratique importante de la technique de la prise de son.

#### b) Calcul du plan moyen.

La densité d'énergie  $E$  due à une source sonore de puissance  $P$ , décroît comme on le sait, en raison inverse du carré de la distance, et s'exprime par :

$$E = \frac{P}{4 \pi c d^2} \text{ joules par m}^3$$

$c$  vitesse du son, soit 343 mètres par seconde.  
 $d$  distance source-collecteur.

Pour une répartition sphérique de l'énergie de la source, l'énergie moyenne  $\varepsilon$  due à la réverbération est, en un point de la salle, pour une période de stabilité sonore :

$$\varepsilon = \frac{P T}{13,8 V} \text{ joules par m}^3$$

$T$  = durée de réverbération en seconde.  
 $V$  = volume en  $\text{m}^3$ .

Si  $K$  représente l'angle solide d'ouverture d'un microphone directionnel (exprimé en stéradians) la densité d'énergie due à la réverbération, ne sera plus que de  $\frac{K}{4\pi}$  sur ce microphone.

$$\varepsilon = \frac{P T}{13,8 V} \frac{K}{4\pi}$$

Donc :

$$G = \frac{E}{z} = \frac{13,8 V}{4\pi c d^2} \frac{4\pi}{K} = \frac{13,8 V}{KcT d^2}$$

$$G = \frac{4}{100} \frac{V}{K T d^2}$$

Le plan normal ou plan moyen sera tel que  $G = 1$  c'est-à-dire à une distance :

$$d = \sqrt{\frac{13,8 V}{Kc T}}$$

soit environ :

$$d = 0,2 \sqrt{\frac{V}{K T}}$$

Pour les studios les plus courants, nous aurons les valeurs moyennes suivantes avec un microphone d'ouverture égale à  $4\pi$  :

Volume en m <sup>3</sup>	Temps de réverbération en secondes	Distance Plan moyen en m. K = 4π
100	0,8	0,63
500	1	1,25
1 000	1,1	1,90
2 000	1,15	2,40
3 000	1,2	2,80
4 000	1,25	3,15
5 000	1,3	3,50

Il est évident que le calcul précédent n'a qu'une valeur indicative. De nombreux facteurs tels par exemple : la puissance de la source, la sensibilité du microphone, sa courbe de réponse, l'influence des parois, c'est-à-dire la situation du microphone dans l'espace sonore considéré (centre, coins, etc.) jouent un rôle d'une importance non négligeable. Nous avons simplement voulu donner un schéma à peu près logique d'une question complexe. Mais, il se trouve que les valeurs ainsi déterminées correspondent assez bien, en moyenne, aux différents résultats obtenus d'une manière empirique dans la pratique courante lors de prises de son pour la parole.

Il faut, enfin, bien noter que le plan moyen correspond à une impression de présence naturelle. C'est l'impression de l'audition directe dans des conditions normales, au cours par exemple, d'une conversation. Lorsque l'interlocuteur se déplace quelque peu sans avoir à abaisser ou à élever sensiblement le ton pour se faire

comprendre, la sensation de présence ne varie guère par suite des propriétés directrices de l'oreille et de la faculté d'attention soutenue liée à l'espace de présence et à la durée de présence. Au contraire, lors d'une prise de son, le moindre déplacement de la source sonore a une importance considérable. L'image acoustique se modifie très sensiblement pour le moindre écart, de telle sorte que le plan moyen peut être nettement déterminé. Ayant à peu près localisé son emplacement, il faut souvent de longs tâtonnements pour arriver avec précision à obtenir la sensation de présence naturelle qui se sanctionne généralement par un remarquable équilibre sonore et une approbation unanime de tous les observateurs normalement doués. La remarque de P. Schaeffer, à ce sujet, est toujours et pour longtemps encore, d'actualité :

**Il suffit parfois d'une correction apparemment insignifiante de l'emplacement du microphone ou de la position d'un instrument par rapport à ce dernier, pour améliorer nettement le résultat final.**

Ce plan a évidemment une importance considérable lors des prises de son cinématographiques et surtout radiophoniques où l'absence d'images demande une plus grande précision de détermination. C'est à sa hauteur que doit se situer l'action principale, la matière même à transmettre : les dialogues, la musique et les bruits qui font partie du jeu. Comme l'action varie souvent au cours d'un même drame, ce plan devra chaque fois se déterminer pour les différentes ambiances successives : chambre, salon, couloir, extérieur, gare, etc., etc., si l'on désire une construction sonore homogène qui rende exactement compte, à chaque instant, de la continuité de l'œuvre exposée. C'est un alignement indispensable qu'il faut entreprendre en vue d'une impression d'ensemble qui cadre avec l'architecture générale du livret. En d'autres termes, c'est aussi par rapport à ce plan que viennent se matérialiser toutes les autres suggestions spatiales, les nuances, celles qui donnent la facture artistique.

### c) Plans sonores d'ambiance.

Au delà du plan moyen commence une zone théoriquement illimitée : l'atmosphère, caractérisée par une succession de plans dits : plans d'ambiance.

Il est facile de comprendre que cette zone n'est quand même pas indéterminée. Lorsque la distance « source-micro » augmente, les dimensions de l'image électro-acoustique de cette source diminuent réellement de telle sorte que les suggestions spatiales correspondent bien à la réalité visuelle. Autour de l'image se forme de plus en plus un brouillard sonore qui mange toutes les variations dynamiques jusqu'à la limite indistincte d'une sensation qui ne se rattache à rien d'intelligible ni de compréhensible, sinon un décor sur lequel se

meut un timbre, une couleur tonale caractéristique : *la toile de fond*.

Au delà de la *toile de fond*, toute perception même tonale est abolie et l'on se trouve en présence du bruit de fond des appareils et du souffle de l'espace sonore. En deçà de la *toile de fond*, on distingue, de-ci, de-là, quelques phrases mélodiques, ou quelques mots d'un vague dialogue, et cela d'autant plus que l'on se rapproche du plan normal.

Dans la pratique courante, on distingue instinctivement deux plans d'ambiance principaux : la *toile de fond* caractérisée par la limite de perception tonale, et le plan d'ambiance normal, ou *plan d'ambiance* situé à la limite d'intelligibilité.

La *toile de fond* est généralement utilisée pour *meubler les silences* les plus significatifs d'un dialogue ou d'une interprétation musicale, particulièrement émouvante. On laisse simplement s'épanouir le souffle de la salle silencieuse et il se crée une sorte de tension psychologique très particulière et bien significative.

Le *plan d'ambiance* est, lui, le lieu d'élection des bruits de foule, des brouhahas, des bruits d'atmosphère, des musiques d'accompagnement (et non d'action) qui se traduisent généralement par des effets de masse et de grandeur. Aucun détail ne peut nettement se localiser, mais l'angle d'écoute est vaste, on embrasse toute la scène, tout le plateau, tout le décor. Le plan d'ambiance est la référence spatiale du contenu sonore. C'est par exemple une erreur assez grossière de vouloir placer sur le plan d'ambiance une foule tumultueuse préalablement enregistrée au plan-moyen — pour avoir une bonne définition — et reproduite à un niveau plus faible. Effectivement, on obtient ainsi une sensation d'éloignement, mais sans aucun caractère d'exactitude géométrique et par conséquent d'atmosphère. Ce truquage classique est de très mauvais goût. La réaction des spectateurs, au cours d'une émission publique de radiodiffusion, donne une impression autrement plus convaincante de puissance, de dynamisme et d'atmosphère. Il serait souhaitable que beaucoup d'ingénieurs du son comprennent bien la nuance que nous signalons ici.

Entre le plan d'ambiance et le plan moyen se situe la *zone de fuite* qui participe à la fois de l'action et de l'ambiance selon les incidences du livret.

Il n'est guère possible de chiffrer mathématiquement de tels repères subjectifs. Dans le cas particulier de l'expérience de Beaune un grossissement de 0,46 fut considéré comme déterminant le plan d'ambiance, soit à environ 8 mètres du microphone. La *toile de fond* se trouvait à 18 mètres ( $G = 0$ ).

#### d) Le gros plan.

Le gros-plan a été pendant longtemps le seul champ sonore exploité par la radiodiffusion. La voix du speaker, dépouillée de toute ambiance, cette voix qui s'impose dans son implacable

présence, cette voix qui parle à l'oreille avec une intimité quelquefois indiscreète, a passionné et passionnera longtemps encore les cœurs sensibles. Certains speakers et récitateurs ont usé et abusé de ces effets — des chanteurs aussi — et, avec les nouveaux films à la première personne qui nous viennent de Hollywood, nous voyons que le monde du cinéma commence à comprendre, peut-être avec trop d'empressement, les ressources du microphone.

L'emploi du gros-plan peut être une solution de facilité ou d'extrême délicatesse. Mettre un microphone très près de la source sonore en vue d'une meilleure définition constitue la négation même de la prise de son. L'intelligibilité d'un texte par exemple, n'est pas meilleure sur le gros-plan ou le très-gros-plan que sur le plan-moyen. Le gros-plan utilisé dans cette intention donne des voix ternes, sans substance sonore réelle, des voix qui blessent l'oreille. Au contraire, le très-gros-plan d'une voix qui veut exprimer un sentiment ou une idée et non des mots, découvre un horizon riche de virtualités subjectives. En contre-partie, une technique très sûre est indispensable tant de la part de l'interprète que de l'ingénieur du son. La mise au point d'une telle prise de son est d'une grande difficulté, parce que la moindre fausse manœuvre déclenche un tonnerre rocailleux particulièrement désagréable. Ce travail nécessite une connaissance parfaite des qualités de l'artiste et des caractéristiques du microphone utilisé.

En effet, la bouche peut être assimilée à un générateur d'ondes sphériques. Or, celles-ci sont caractérisées par une amplitude fonction de la distance à la source sonore et également de la fréquence. Si l'artiste se trouve placé à une très faible distance du microphone, ce dernier traduira une augmentation apparente des fréquences basses et d'autant plus que les niveaux sonores relativement faibles mis en œuvre renforcent, en application des courbes de Fletcher, cette sensation.

Les courbes suivantes traduisent, par exemple, l'influence de la distance de la source sonore au microphone pour des microphones à vitesse.

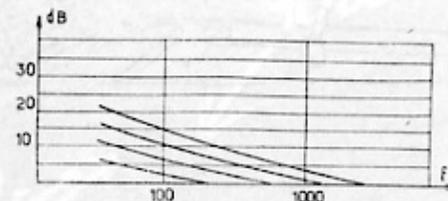


Fig. 69. — Influence de la distance source-micro. Cas des microphones à vitesse. Les différentes courbes correspondent, de haut en bas, aux distances suivantes source sonore-micro : 10 cm, 20 cm, 40 cm et 80 cm.

Si la voix de l'acteur est déjà grave — et à voix basse il serait difficile d'émettre des sons aigus — la prise de son en gros-plan

se traduit par l'empâtement des syllabes, c'est-à-dire une intelligibilité douteuse. Le procédé de la *bouche-contre-micro* est possible, mais moyennant des précautions indispensables : pas de microphone à ruban et du *coffre* de la part de l'artiste — aucune respiration intempestive ne peut être tolérée, et surtout une diction et un rythme à mettre très soigneusement au point au cours de longues heures de répétitions.

Dans ces conditions le gros-plan et le très-gros-plan, deviennent les points d'application du monologue intérieur, de la voix intérieure, ou encore de la voix *hors-champ* des films à la première personne. L'auditeur se trouve transporté à la place de celui qui raconte, il voit le récit et y participe. Ce *plan* établit entre l'acteur et l'auditeur une communion d'idées et d'impressions, les voix semblent s'adresser directement au subconscient, donnant la *sensation d'être comme habité par celui qui parle* (P. Schaeffer).

La musique peut aussi s'exprimer sur cette *dimension*. C'est par exemple le cas pour l'admirable interprétation de la *Valse dans l'Ombre*. L'orchestre placé en *gros-plan*, reprend indéfiniment le même motif avec une telle intimité que l'on a l'impression d'entendre un chant intérieur.

Certains instruments, moyennant quelques précautions, se prêtent plus particulièrement à cette utilisation. Par exemple, la trompette bouchée et plus généralement les instruments à vent qui donnent des notes très soutenues. Les difficultés sont plus grandes avec des instruments à frottement comme le violon : le bruit de

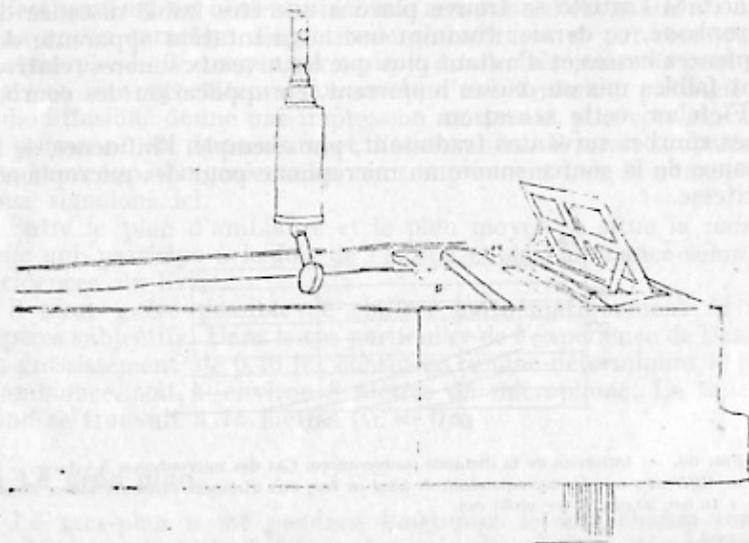


FIG. 70. — Clavecin Gros-Plan microphonique avec le Neumann.

l'archet sur les cordes ne produit pas un effet très heureux. *A priori*, les instruments à percussion ne devraient jamais être placés dans une telle situation, mais pratiquement, lorsque un pianiste virtuose sait s'astreindre à une rigoureuse discipline : pas de pédale forte, pas d'attaques brutales, rien que des accords *étouffés* et un jeu souple et léger, aérien, les effets les plus heureux peuvent être obtenus en plaçant un microphone à pression *dans* le piano.

En conclusion, le gros-plan sonore constitue ce que l'on pourrait appeler la dimension psychologique de la prise de son. C'est le lieu subjectif par excellence. Il donne la possibilité d'une construction contrapunctique entre le commentaire intérieur, l'action et le décor, reflétant *la toile de fond* située exactement de l'autre côté de l'espace sonore — autre lieu psychologique. Le domaine de l'inexprimable peut être exploité avec toutes ses ressources virtuelles qui conduisent du passé au présent, du présent au rêve, et aussi de l'illusion à la réalité la plus intime.

## CHAPITRE II

## LES EMBLEMES MICROPHONQUES

### I. — GÉNÉRALITÉS

#### a) Choix d'un studio et champ d'écoute.

Le choix d'un type de studio fixe les caractéristiques générales de l'atmosphère sonore, de l'*ambiance* nécessaire au déroulement de l'œuvre à diffuser ou à filmer.

La détermination des emplacements microphoniques conduit à la matérialisation des angles de vue, des angles sous lesquels l'auditeur entendra et *verra* le déroulement sonore.

La capacité acoustique et la couleur du studio sont déterminés en rapport avec les données de la production : choix guidé par les indications statistiques précisant la réverbération optimum en fonction du spectre des fréquences et des volumes les plus courants.

Le champ d'écoute dépend du découpage de la partition ou du livret, des différentes masses sonores prévues et du rôle de chaque incidence : actif, passif ou subjectif. Ces données permettent la détermination du nombre, de la nature et de la fonction de chaque microphone. L'ingénieur du son peut alors mettre en exécution ses propres idées, et même se livrer de temps à autre à une variation révolutionnaire, dans les limites de la raison bien entendu, afin d'un meilleur rendement qualitatif, d'une plus grande finesse dans le rendu de tel ou tel détail ou d'une meilleure perception de telle ou telle intention sous-entendue, bref, de déployer et d'imposer son style.

A ce point de vue l'ingénieur du son est le maître absolu du son dans un studio de radiodiffusion ; et il est l'égal du chef opérateur de prises de vue sur les plateaux de cinéma et de télévision. L'un et

l'autre doivent particulièrement bien s'entendre et s'épauler, travailler directement ensemble, parce qu'une corrélation entre l'image et le son est indispensable à l'illusion de la réalité, but suprême de n'importe quelle production. La pantomime cinématographique ne peut être définitivement vaincue que par une judicieuse et riche collaboration entre l'image et le son : faire des images même de bonnes images, rien que de bonnes images, n'est plus aujourd'hui le critérium nécessaire et suffisant pour la réussite d'un film.

#### b) Loi des moindres microphones.

Le nombre de microphones et leurs caractéristiques sont déterminées en fonction des différents groupes sonores en présence et des plans sur lesquels on décide de les situer.

D'une façon générale il faut éviter les réactions d'une source sonore sur le microphone du groupe opposé puisqu'il y aurait déformation des plans sonores préalablement définis. Enfin, des microphones non branchés électriquement en phase donnent une courbe de réponse comportant des creux et des pointes de résonance suivant que les deux modulations sont ou non en phase pour les longueurs d'onde correspondant aux différents chemins parcourus.

De ces différentes remarques, il en résulte une règle pratique très connue et qui porte, par euphémisme, le nom de *loi* : c'est la *loi des moindres micros*. Elle énonce que :

**Plus sûr et meilleur est le résultat d'une prise de son lorsque le nombre des microphones est réduit au minimum.**

Cette loi doit être appliquée et interprétée avec circonspection. Elle ne dit pas d'une manière absolue que l'utilisation de plusieurs microphones dans un même espace sonore doit être écartée. Il est, par exemple, évident que l'on peut utiliser autant de microphones que l'on désire s'ils sont simplement prévus pour se substituer, dans le temps, l'un à l'autre, en vue justement d'angles de prise de son différentes. C'est en fait le même microphone qui est transporté

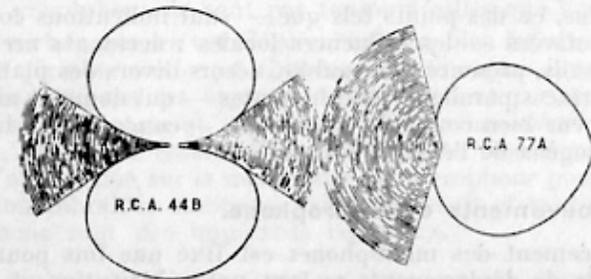


Fig. 71. — Couplage d'un microphone bi-directionnel avec un microphone directionnel.

instantanément ici ou là par la simple ouverture d'un circuit électrique. D'autre part, l'utilisation de plusieurs microphones dans le même temps, permet la réalisation de rapport de plans sonores qui sont souvent d'un effet très heureux lorsque toutes les précautions de phase et d'emplacement respectifs des zones neutres des uns par rapport aux autres ont été soigneusement prises. Le couplage de la *fig. 71* est, par exemple, classique.

Enfin, nous verrons plus loin que le couplage de deux microphones à une certaine distance l'un de l'autre permet la localisation spatiale *droite-gauche* qui donne une sensation de relief particulièrement intéressante.

### c) Les emplacements du microphone.

En règle générale, on ne doit jamais placer un microphone en un point focal d'un espace sonore. Bien que, fictivement, de tels points correspondent à une augmentation apparente de l'énergie sonore, cette augmentation n'est pas constante pour tout le spectre des fréquences, d'où une importante distorsion.

Les axes de symétrie des petits studios sont, en général, de tels lieux ; les foyers des surfaces courbes ; le voisinage des coupoles ou le voisinage immédiat des surfaces planes réfléchissantes ou absorbantes — sauf dans les cas exceptionnels de la recherche d'une absorption sélective pour l'obtention d'une couleur particulière — sont aussi à proscrire.

Il faut bien noter : lorsque le microphone ou la source sonore sont, l'un ou l'autre, placés dans le voisinage de surfaces absorbantes ou réfléchissantes, la réverbération apparente de l'espace sonore apparaîtra différente à l'écoute. L'expérience de la *Tente de Schaeffer* est instructive. Si dans un studio très sonore on entoure un microphone d'une couverture absorbante, la réverbération excessive du studio sera très sensiblement diminuée. Or les quelques mètres carrés supplémentaires de matériaux absorbants — la couverture — sont négligeables par rapport à la surface totale du studio.

En résumé, les microphones doivent être placés dans un champ sonore diffus, en des points tels que — sauf indications contraires dûment motivées — les influences locales — accidents architecturaux, fauteuils, présence d'un public, décors divers des plateaux de cinéma, surfaces parallèles réfléchissantes — qui donnent naissance au phénomène bien connu de *flutter-écho* — concourent à la répartition homogène de l'énergie sonore.

### d) Les mouvements du microphone.

L'emplacement des microphones est fixé une fois pour toutes et les effets de déplacements se font par substitution et par des déplacements relatifs des exécutants par rapport à eux. Les exécu-

tants doivent *venir au microphone* et non le *microphone aller aux exécutants*. En d'autres termes, les exécutants doivent *jouer du micro*, se livrer à une véritable gymnastique en face du microphone, en observant bien entendu toutes les consignes relatives aux plans sonores.

Mais il est évident que cette règle générale comporte de nombreuses exceptions lors des prises de son en extérieur — retransmissions ou reportages radiophoniques, ou encore sur les plateaux de cinéma. La question se pose donc actuellement de savoir s'il ne serait pas possible de particulariser certains de ces mouvements, de les ramener à des trajectoires soigneusement étudiées — panoramique, travelling, etc... — en vue d'une unification systématique et d'un meilleur rendement. Il est, en effet, assez curieux de constater qu'à l'origine, les mouvements de la caméra étaient interdits, et aujourd'hui cette dernière a des ailes. Les problèmes posés ne sont pas évidemment les mêmes, ne sont pas identiques, mais ils se rattachent à une même famille, de telle sorte que la technique de la prise de son ayant acquis une certaine maturité, de cette maturité que confère une longue expérience, de tâtonnements, d'échecs et de quelques réussites, pourrait un jour délibérément s'orienter vers d'autres horizons grâce à l'utilisation de certains microphones spéciaux, aussi bien collecteurs : réflecteurs paraboliques, lunettes microphoniques — que rayonnants : émetteurs miniatures solitaires des exécutants.

Dans l'attente des appareils perfectionnés qui permettront peut-être une telle généralisation, les microphones sont actuellement fixés sur des pieds coulissants ou des girafes — ou encore fixés au bout d'une perche tenue par un assistant — le Perchiste ou le Perchman — qui doit suivre les mouvements des acteurs en respectant, sur les plateaux de cinéma, les servitudes du champ de la caméra et des ombres portées.<sup>1</sup>

### e) Les acteurs et le microphone.

*Le microphone ne donne que ce que contient la voix, mais il amplifie et révèle tout ce qu'elle contient.* Et les véritables qualités d'une voix face au microphone ne sont pas toujours celles que l'on croit.

Il est certain que les voix légères, nasales, bien fermées ou encore les voix pleines, rondes et chaudes, ont une plus grande valeur microphonique que les organes vastes larges et percants. Mais il est non moins certain qu'une voix éraillée, même avec une nuance canaille, lorsqu'elle émane d'un grand artiste trouve un excellent point d'application sur la membrane du microphone pour s'envoler vers d'innombrables auditeurs ; seuls le talent et la discipline du microphone sont des impératifs rigoureux.

1. Le microphone, de type directionnel, placé au bout de la perche, peut être orienté au gré du perchiste par un système de câbles et renvois.

Pour qu'une voix puisse *passer le micro*, il faut qu'elle soit mise sur son *plan* microphonique, le seul qui lui convienne, ni plus près, ni plus loin, juste au point précis où toutes ses caractéristiques particulières sont en évidence. Et l'acteur ne doit faire aucun mouvement indépendant du micro, il ne doit changer sa position que par rapport au micro et en fonction de la puissance avec laquelle il parle ou récite, en fonction de tout ce qu'il désire suggérer. Par ce jeu microphonique, il situe très exactement sa voix sur son *plan vocal* et tout autre mouvement est superflu.

Les caractéristiques classiques les plus recherchées sont généralement la fidélité du timbre et le mordant ; mais la voix naturelle quelle qu'elle soit peut aussi faire vibrer le petit appareil magique, et au delà, bien des cœurs. En particulier, la bonne diction n'est pas la recherche d'une bonne articulation et prononciation — certains speakers sont des spécialistes en la matière. Il s'agit plutôt d'une émission libre, sans entrave, sans fausses contractions musculaires, sans ostentation. Le microphone est surtout funeste à la médiocrité.

Le microphone ne pardonne pas non plus l'art et la mauvaise manière de respirer bruyamment sur sa membrane... Par ailleurs, les *sifflantes*, c'est-à-dire les *ch... s...* prononcées avec exagération sont aussi très funestes au rendement sonore. On peut atténuer ce dernier défaut en plaçant l'acteur légèrement de biais par rapport à l'axe du microphone, mais c'est un artifice de métier qui n'est valable que pour les microphones sélectifs du type Western 630 A. Dans les microphones à ruban du type R. C. A. directionnels ou non directionnels, l'angle des exécutants avec l'axe ne joue que sur la puissance, il est sans influence sur le timbre. D'autre part, les voix floues et pâteuses des fumeurs ne sont pas très avantageées par le microphone ; et, les raclements intempestifs des enrhumés — sauf une recherche spéciale dans ce sens — ne donnent pas un effet très heureux.

En dehors de ces exemples limités, l'ingénieur du son doit partir du principe que toutes les voix sont bonnes pour le microphone — ce sont peut-être certains artistes qui ne peuvent s'adapter à la discipline microphonique.

Nous ne savons plus qui a résumé devant nous ce que doit savoir l'acteur pour le microphone :

**1° Comprendre le rôle du silence, premier élément d'expression microgénique.**

**2° Penser.**

**3° Savoir prononcer et émettre des idées comme une chose qui a été vraiment pensée.**

**4° S'adresser au partenaire imaginaire qui se trouve au delà du microphone.**

Tout cela nécessite de longues et bonnes répétitions, et pour de bonnes répétitions, il faut pouvoir enregistrer quelques passages afin de permettre à l'acteur de s'écouter.

La technique du travail de l'acteur devant le microphone est la clef de voûte des voix microgéniques.

## II. QUELQUES EXEMPLES

### II a) — LES VOIX ET LE MICROPHONE

#### 1) Le speaker.

Face au microphone, le speaker doit être situé en gros-plan. Les dispositions les plus rationnelles sont trop classiques pour les rap-peler.

#### 2) Le récitant.

Le récitant s'apparente à la famille des speakers, mais il doit pouvoir varier ses effets et par suite passer insensiblement du gros-plan au très gros-plan, et même *coller* sa bouche contre le microphone *pour parler au subconscient* des auditeurs.

En règle générale, le récitant doit être debout à côté de son microphone particulier, celui qui s'adapte le mieux au timbre et aux différentes qualités de sa voix. Plusieurs microphones même d'un même type ne sont pas toujours rigoureusement identiques, un choix est nécessaire.

#### 3) Le débat radiophonique.

Dans certains cas, plusieurs conférenciers peuvent prendre part à un débat radiophonique et il n'est pas toujours facile de les disposer autour d'un microphone.

Il faut noter que les vêtements constituent une sorte de *tente de Schaeffer* qui ne favorise guère l'acoustique. D'où la nécessité de limiter le nombre de personnes autour d'un microphone et d'utiliser autant que possible un espace sonore ayant un temps de réverbération assez élevé.

#### 4) Le chœur parlé.

L'emplacement d'un chœur face au microphone doit se faire sur le plan-Moyen et, chaque soliste doit s'avancer légèrement, d'un pas ou deux, suivant son registre et sa puissance d'émission, au fur et à mesure de ses interventions. Il rentre ensuite dans le rang... silencieusement.

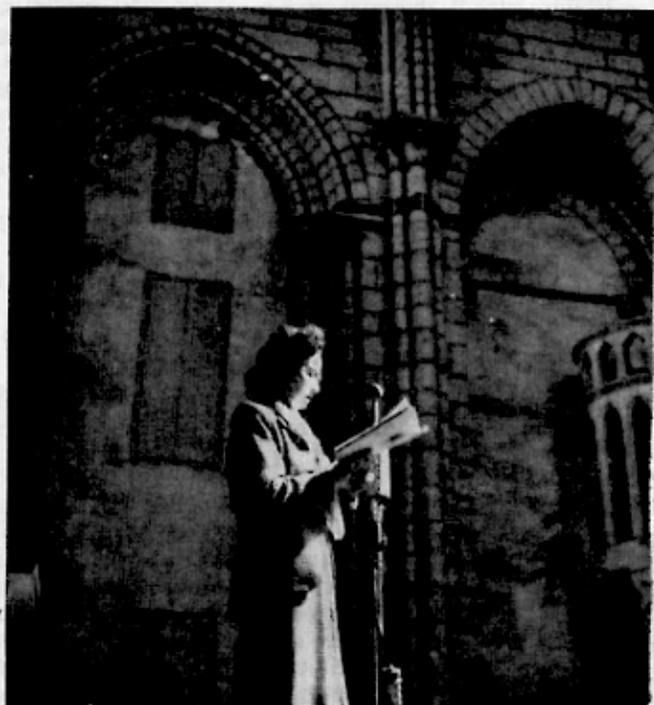


FIG. 72. — Une récitante dans les tours de Notre-Dame de Paris.

### 5) Le microphone sur les plateaux de cinéma.

Sur les plateaux de cinéma, seuls les dialogues qui doivent être pris dans le mouvement des scènes sont enregistrés directement. Souvent il arrive même, nous le verrons plus loin, que l'on ait recours au *doublage*, soit par les interprètes eux-mêmes, soit par d'autres artistes spécialisés — surtout pour les films étrangers — pour avoir une meilleure définition. En effet, les conditions de travail sont quelquefois si délicates qu'aucune prise de son directe ne donne un résultat correct.

Mais il est évident que les prises de son directes présentent un intérêt incontestable, tant du point de vue technique, qu'artistique, pour l'interprétation des dialogues. Si les résultats obtenus jusqu'ici, surtout en France, sont assez médiocres, c'est qu'aucun plateau existant n'a jamais été traité acoustiquement. Ce problème est difficile, néanmoins soluble, la présence de décors multiples ne justifiant pas une impossibilité. Lorsque les ingénieurs acousti-



FIG. 73. — Discours sous les voûtes de Notre-Dame de Paris.

ciens pourront donner leurs avis sur les traitements préalables de ce vaste espace sonore, lorsqu'ils pourront exiger des matériaux définis pour la constitution des décors, lorsque d'autre part, l'ingénieur du son pourra disposer d'appareils de mesures précis, par exemple pour relever rapidement une courbe de réverbération chaque fois que l'on change de décor, lorsqu'il pourra contrôler sa modulation avec de vrais modulomètres et non avec des voltmètres — dans une vraie cabine de son, en procédant à des essais systématiques pour chaque cas particulier, lorsqu'enfin cet ingénieur aura la même autorité que le chef opérateur de la prise de vue, lorsque toutes ces conditions techniques et psychologiques seront réunies, il n'y aura plus de problème parce que les difficultés qui se présenteront sur un plateau quelconque se rattacheront à une méthode de travail précise, à une discipline rigoureuse.

Dans l'état actuel des choses, il n'est pas question de définir un plan sonore quelconque sur un plateau, seul l'intelligibilité d'un texte retient l'attention, et il est heureux que l'image fasse le reste.

Pourtant un acteur de cinéma dispose d'une somme d'énergie expressive aussi bien mimique que sonique. L'énergie dynamique des mouvements et l'expression vocale forment ici un tout d'une certaine tension. L'unité du geste et de la parole est inséparable et aucune technique de substitution ne pourra jamais faire coïncider, dans l'espace et le temps, les impressions concomitantes que communiquent la somme des impondérables visuels et auditifs.

Lorsque la seule réalité visuelle est présente, le dialogue est impersonnel, n'a pas de corps et manque souvent d'âme. Il flotte à la recherche du *ton juste*, et n'a aucun pouvoir de suggestion. Il s'en suit un décalage désagréable et les esprits avertis cherchent en vain la coïncidence de deux illusions de réalité qui veulent constamment s'ignorer. Les qualités de l'une ne suffisent pas toujours à masquer les défauts de l'autre et le spectateur se trouve plongé dans un drame incompréhensible. Il éprouve, indépendamment d'une grande fatigue intellectuelle, un sentiment de malaise général qui ne favorise guère son approbation. Il faut bien le dire — et comme les Américains — la valeur commerciale d'un film dépend de son succès. Dans ce succès, entrent, qu'on le veuille ou non, des facteurs bien définis qui s'appuient les uns les autres sans que l'on



FIG. 74. — Prise de son dans les studios de la Télévision Française.  
On aperçoit le microphone, monté sur girafe et placé « hors champ » de la caméra. Émission scolaire télévisée.

puisse dire très exactement lequel l'emporte. Ce dont on est certain, c'est que la négation d'un de ces facteurs entraîne la catastrophe. Dans l'état actuel, une corrélation judicieuse entre des principes techniques et les féeries de l'art est indiscutable. Un bon scénario s'impose, d'excellents interprètes et aussi de bonnes images et du *bon son*, le tout bien orchestré par un chef d'équipe, le metteur en scène, qui impose sa facture. Il serait souhaitable que le chef opérateur de prises de vue se trouve à la droite du metteur en scène, et l'ingénieur du son à sa gauche parce que l'ingénieur du son participe à la création du film, au même titre que le chef opérateur d'images.

Le son peut s'associer à l'image pour la renforcer ou pour créer une sensation distincte. Le son et l'image peuvent produire des impressions d'égale force, et, il arrive que le son dégage une puissance suggestive supérieure à l'expression de l'image. Il est admis maintenant que le film ne peut plus être muet. On admet aussi que le film ne doit pas être une création théâtrale dominée par l'acteur. Et, on admet encore, inversement, qu'il ne faut pas que le film soit une création sonore centrée sur l'orchestre. Ces exemples extrêmes montrent que la bande sonore est aussi importante que la bande images.

En d'autres termes, le *son* et l'*image* sont aujourd'hui deux rivaux qui se complètent sur la pellicule sensible et il importe que leurs *Maîtres d'Œuvres* puissent seconder utilement le Metteur en scène soucieux d'un juste équilibre, condition non suffisante, mais nécessaire, de la création artistique.

## II b) — LA MUSIQUE ET LE MICROPHONE

La détermination d'un emplacement microphonique pour un instrument de musique est naturellement fonction :

- 1° Des caractéristiques de l'espace sonore utilisé : volume, forme, temps de réverbération optimum, réponse de la salle.
- 2° Des caractéristiques de l'instrument : le timbre, le mode de fonctionnement, l'égalité répartition des intensités sonores, possibilités dynamiques.
- 3° Du talent de l'interprète.

Comme règle pratique de dégrossissage, il faut noter qu'en principe les différents plans sonores types seront plus éloignés du microphone pour un instrument de musique quelconque que pour une voix parlée, et, qu'entre les différents instruments, ces plans sonores sont entre eux comme les dimensions qui caractérisent ces instruments. C'est une loi conforme aux propriétés rayonnantes des émetteurs.

Par ailleurs chaque instrument, compte tenu de ses caractéristiques particulières, doit être traité comme une voix en recherchant une définition précise de *son chant* pour une représentation spatiale conforme à l'interprétation et à sa situation réelle. *A priori*, il n'existe pas d'emplacements types, mais des zones probables qu'il faut ensuite patiemment explorer pour chaque cas particulier. Dans cette recherche l'on s'efforcera de trouver un équilibre du spectre des fréquences (balance entre les notes aiguës et les notes graves de l'instrument) donnant une sensation de présence naturelle. Les effets spéciaux — gros plan, plan éloigné, etc. — sont ensuite, si besoin est, définis à partir de cette référence matérialisée par une distance précise et un angle d'attaque déterminé.

Les différents emplacements microphoniques sont de plus en plus repérés à l'aide de coordonnées rectangulaires. Le plancher ou les tapis des studios modernes comportent un carrelage gradué. L'on prévoit souvent un mètre souple ou un cordeau pour mesurer la hauteur du microphone par rapport au sol.

Les matériaux à la disposition de l'ingénieur sont les instruments et il doit les combiner dans l'espace : dans l'aire du studio, de l'auditorium, ou en extérieur.

Rappelons brièvement les principales propriétés des instruments de l'orchestre et leurs « valeurs » microphoniques.

### 1) Les instruments de l'orchestre.

#### VIOLON ET ALTO.

##### Principe :

On modifie la fréquence de la vibration des cordes en agissant sur leur longueur. Ce sont les doigts qui en pressant la corde sur le manche déterminent les combinaisons désirées. L'entretien des vibrations est réalisé à l'aide de l'archet.

La vibration comprend un très grand nombre d'harmoniques qui dépendent de l'attaque de l'archet et de sa position par rapport au chevalet.

On obtient les sons harmoniques en effleurant la corde au milieu ou au quart de sa longueur, ce qui donne l'octave et le double octave du son émis par la corde.



Puissance en watts : Violon = 0,006 ; Alto = 0,008

##### Remarques pour la prise de son :

Le violon est un instrument qui ne donne pas une intensité

sonore homogène à toutes les fréquences. D'autre part, les courbes de directivité montrent que le rendement sonore est nettement dirigé du côté avant.

Donc, les deux ouvertures en S doivent être orientées vers le microphone.

Le timbre de cet instrument est très riche ; et ses ressources techniques innombrables.

Le timbre de l'alto est plus doux que celui du violon, il paraît comme voilé.

La mise en place de cet instrument est généralement plus facile que celle du violon, parce que sa répartition sonore est plus uniforme. Par ailleurs, la vitesse d'exécution possible est plus lente que celle du violon ; la puissance est légèrement plus élevée, d'où un possible recul microphonique qui favorise encore cette homogénéité.

#### VIOLONCELLE.

Principe : (Voir violon).

Etendue :



Puissance (en watts) : 0,09.

Remarques pour la prise de son :

La technique des violoncelles diffère beaucoup de celle des violons et des altos de par la position même de l'instrument qui se trouve être surbaissé.

D'où la nécessité d'une petite estrade ou d'un praticable.

Le violoncelle peut chanter et faire la partie basse. Ses pizzicati sont mordants et forts. Son trémolo est confus, surtout dans le grave. Dans l'aigu il atteint vite la nuance forte.

Les sons harmoniques de cet instrument sont beaux, nets et s'apparentent un peu à certaines voix humaines. L'ingénieur du son qui connaît bien cette dernière particularité arrive plus facilement à placer l'instrument sur son plan microphonique idéal.

#### CONTREBASSE A CORDES.

Principe :

Le même que celui du violoncelle.

Etendue :



Puissance (en watts) : 0,16.

Remarque pour la prise de son :

Elle occupe la région la plus grave de l'échelle orchestrale ; elle redouble et renforce les violoncelles ou tout au moins la basse de l'harmonie.

Elle joue un grand rôle dans les orchestres de jazz où elle marque le rythme et quelquefois chante.

Il faut l'utiliser sur une estrade, de façon à lui donner plus d'ampleur et de rondeur.

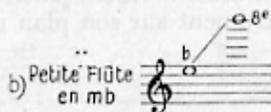
### FLUTE.

(PETITE ET GRANDE).

Principe :

Tuyau ouvert et cylindrique. L'embouchure fonctionne comme un sifflet. En soufflant plus fort dans l'instrument on augmente la vitesse et on produit des harmoniques. La flûte porte une série de trous que l'on peut boucher ou déboucher, ce qui modifie la répartition des nœuds et des ventres de pression et par conséquent la fréquence des sons émis. Les sons sont quasi simples. Les harmoniques ne deviennent intenses que dans le registre grave et quand on joue fort. L'octave et le double octave ont alors des intensités supérieures à celle du fondamental juste assez intense pour caractériser la hauteur. L'instrument est toujours prêt à octavier.

Etendue :



Puissance (en watts) : Petite flûte : 0,04. Grande flûte : 1,5.

Remarques pour la prise de son :

La petite flûte perce un peu partout et donne beaucoup de relief. Elle ne peut pas jouer *pp* dans l'aigu.

On ne doit jamais utiliser avec cet instrument un microphone ayant des pointes de résonances très marquées.

La grande flûte est plus souple, rapide et légère, porte loin et ressort bien à condition d'être toujours dans les parties supérieures de l'harmonie, même en jouant *pianissimo*<sup>1</sup>.

Elle ressort aussi très bien dans le grave.

Il faut bien noter que le son des instruments à vent provient de l'extrémité du tuyau et également des différents orifices. On placera donc toujours la flûte perpendiculairement à la ligne qui joint son axe au microphone.

Notons encore que les fondamentaux de la grande flûte ont dans leur douceur un mordant qui les rapproche des sons d'anches.

### HAUTBOIS.

Principe :

Tuyau cylindrique à anche double. L'embouchure est formée de deux morceaux de roseau allant en s'aplatissant que l'exécutant pince plus ou moins avec les lèvres.

Le nombre des harmoniques est moins grand que ceux de la clarinette, les prépondérants sont ceux d'ordre 4 et 5.

Etendue :



Puissance (en watts) : 0, 2.

Remarques pour la prise de son :

C'est un instrument champêtre par excellence. Il claironne et passe rarement inaperçu.

Il exprime la tristesse, les plaintes, mais sait aussi devenir enjoué avec ses notes piquées.

Pour ces différentes raisons, on le place généralement sur le côté de l'orchestre et relativement loin du microphone.

1. Nous écrirons désormais, le plus souvent, comme en notation musicale : *p* pour piano ; *pp* pour pianissimo ; *f* pour forte ; *ff* pour fortissimo.

## COR ANGLAIS.

*Principe :*

C'est une variété de hautbois ayant une sonorité plus grave.

*Etendue :*

*Puissance (en watts) :* 0,5.

*Remarques pour la prise de son :*

Mêmes caractéristiques que les hautbois.

Le niveau sonore moyen est un peu plus élevé de telle sorte que le plan moyen se trouve un peu plus loin que celui du hautbois.

Il arrive que l'on place cet instrument sur le même plan que les cuivres.

## CLARINETTE.

*Principe :*

C'est un tuyau conique à anches battantes. La clarinette possède le registre le plus étendu des instruments à vent.

L'anche est une languette de roseau qui vient battre contre la table d'une rigole (fig. 75a).

L'anche battante se présente comme suit <sup>1</sup> :



R = rigole.

L = languette.

Le nombre d'harmoniques est considérable ; les prépondérants sont les n<sup>es</sup> 7, 8, 9 et 10.

*Etendue :*

*Puissance (en watts) :* 0,05.

1. L'anche est dite *en dedans*, si elle découvre l'orifice quand elle va contre le vent (clarinette) ; elle est *en dehors* dans le cas contraire (embouchure du cor).

*Remarques pour la prise de son :*

C'est l'instrument le plus volubile. Le grave est très beau et assez mystérieux, souple dans le mouvement rapide ; le médium accompagne avec des termes ou des arpèges. L'aigu est fort et un peu criard.

C'est peut-être l'instrument qui peut jouer le plus piano. Sa sonorité dépend surtout des qualités de l'instrumentiste. Dans le registre le plus bas, en jouant très doux, la clarinette doit être placée en gros plan, tout près du microphone. Dans le registre haut, très criard et perçant, elle doit s'éloigner. C'est à l'instrumentiste de se déplacer pour corriger chaque fois son emplacement microphonique, pour se mettre sur le plan optimum d'exécution, d'où la nécessité d'un *jeu microphonique* délicat qui nécessite de longues et précises répétitions.

## BASSON.

*Principe :*

Comme le hautbois, c'est un tuyau cylindrique à anche double. Il a la forme d'un tube replié en deux.

*Etendue :*

*Puissance (en watts) :* 0,9.

*Remarques pour la prise de son :*

Le volume sonore varie aussi avec le registre. Dans le registre grave il est assez volumineux et très rond. Le registre transitoire d'une quinte environ est d'une sonorité mate, étouffée, qui manque de netteté. Le registre moyen qui est le registre normal est d'une sonorité assez homogène. Enfin le registre supérieur a une sonorité serrée, le ton devient nasal.

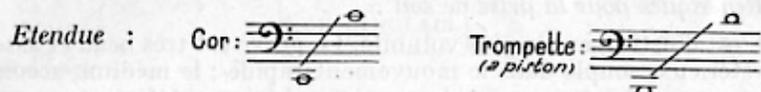
Généralement l'instrumentiste ne peut pas se déplacer et l'ingénieur doit prévoir des microphones de substitution.

## COR D'HARMONIE-TROMPETTE.

(1 groupe).

*Principe :*

Dans les cuivres : cor, trompette, tuba, trombone, on utilise la série complète des harmoniques alors que dans les bois on n'utilise que la quinte et l'octave. Dans la trompette, le cor et le tuba, la variation de hauteur du fondamental est obtenue en modifiant la longueur du tube par un jeu de pistons.



Puissance (en watts) : 0,5 — 0,3.

Remarques pour la prise de son :

Le cor est un instrument de liaison entre les bois et les cuivres. Son registre grave est difficile, mais peut donner de belles basses si le mouvement est lent. Son médium est chantant, assez souple, surtout dans les sons conjoints (gamme). Les sons aigus sont difficiles à obtenir.

L'intensité sonore est très grande, même dans la nuance piano. Pour un son d'intensité moyenne, les harmoniques sont nombreux ; leurs intensités décroissent régulièrement à partir du fondamental. Pour un son fort, l'octave domine ; le fondamental moins intense reste le nominal. Pour les sons bouchés, le fondamental est de beaucoup plus intense, le son est quasi simple.

La trompette est particulièrement éclatante dans la force, cependant elle peut chanter, jouer piano et même accompagner. Dans le pianissimo ou avec sourdine, il faut la placer sur le gros plan.

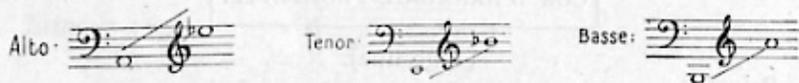
D'une façon générale, à cause de sa grande sonorité et par suite de ses caractéristiques directives, la trompette doit être placée sur le côté, même lorsqu'elle joue avec une sourdine. Le jeu microphonique est essentiel pour l'instrumentiste, une véritable gymnastique est indispensable en face du micro, le portant de quelques centimètres jusqu'à 10 mètres et plus. Dans certains cas, il faut prévoir des microphones de substitution.

### TROMBONE.

Principe :

On utilise deux tubes coulissant l'un dans l'autre pour modifier la longueur de la colonne vibrante.

Etendue :



Puissance (en watts) : 6,4.

Remarques pour la prise de son :

Il chante pieusement, noblement, mais peut aussi s'emporter et

traduire une colère puissante. Ne pas hésiter à le mettre à l'autre bout de l'espace sonore.

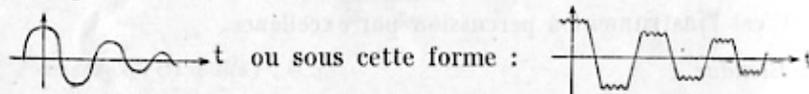
Son grave est difficile, sauf dans un mouvement très lent. Son médium est beau et son aigu est très difficile.

TIMBALE. GROSSE-CAISSE. CAISSE CLAIRE.  
CAISSE ROULANTE ET TRIANGLE (1 GROUPE).

Principe :

Tous ces instruments sont à percussion et engendrent des vibrations qui s'apparentent aussi bien à des sons qu'à des bruits, c'est-à-dire à des vibrations qui ne se rattachent pas à une fréquence précise.

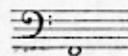
Généralement ces vibrations complexes sont toujours amorties et se présentent sous la forme suivante :



Ce sont surtout les instruments qui marquent le rythme.

Etendue :

Les sons de ces instruments sont indéterminés. On peut simplement dire que l'étendue de la timbale est comprise entre



et  soit une octave complète.

Puissance (en watts) :

T = 25 ; GC = 20 ; CC = 2 ; CR = 12 ; Tr = 1

Remarques pour la prise de son :

Les coups d'attaque de la timbale sont dangereux pour le microphone, l'onde de choc pouvant atteindre des valeurs très élevées.

On utilise parfois une sorte de pare-choc, placé entre le microphone et les timbales pour diminuer l'intensité de l'onde de choc directe. Ce pare-choc est généralement en celluloid transparent pour ne pas gêner la visibilité.

Notons enfin que dans les timbales constituées par une peau tendue sur un bassin hémisphérique, on règle la tension pour accorder à la tonique ou à la dominante de l'orchestre.

La Grosse Caisse imite le son du canon ou du tonnerre. Plus elle est grosse, plus elle est sonore.

L'intensité sonore de la Caisse claire n'est pas très élevée surtout avec des balais métalliques. Dans ce cas particulier, il faut placer cet instrument près du microphone et dans son axe pour avoir une bonne reproduction des fréquences aiguës.

La Caisse roulante a une sonorité plus sourde que la Caisse claire. Comme tous les instruments précédents, l'intonation du triangle est indéterminée, ce qui permet son emploi dans tous les tons et sur tous les accords. La sonorité est cristalline et peut varier du *pp* au *ff*.

### PIANO.

*Principe :*

C'est l'instrument à percussion par excellence.

*Etendue :*

Du  au  soit une étendue

chromatique de sept octaves.

*Puissance (en watts) :* 0,27.

*Remarques pour la prise de son :*

Le microphone doit être placé dans la zone utile en recherchant l'équilibre entre notes aiguës et notes graves.

Selon la marque, les dimensions, la partition et l'exécutant, les emplacements microphoniques varient considérablement.

Il faut bien noter qu'en règle générale, tout excès de pédale est nuisible.

Par ailleurs, d'un piano à un autre de même marque et de même type, identique en apparence, la qualité de la reproduction microphonique change beaucoup selon le *piquage* du feutre.

En principe, le *piano jazz* doit être plus près du microphone que le piano concertant.

On doit retenir que la note la plus basse est 27 p/s et la plus haute 4096 p/s (certains pianos montent jusqu'à l'ut = 8276 p/s). Le piano a 88 notes. L'orgue descend un peu plus bas et monte un peu plus haut.

D'autre part, les fréquences inférieures à 100 p/s ne sont pas réellement perçues par l'oreille, ce sont leurs harmoniques qui nous les font déceler et surtout *sentir*.

### HARPE.

*Principe :*

La Harpe d'Erard dite à double mouvement, comprend 46 cordes accordées de façon à faire entendre la gamme diatonique d'Ut bémol majeur. Sept pédales peuvent être abaissées et fixées chacune à deux crans différents. Les cordes sont pincées et l'on peut faire des accords plaqués, arpégés ou brisés.

*Etendue :*



*Puissance (en watts) :* 0,5.

*Remarque pour la prise de son :*

Cet instrument est très directif. La propagation du son est surtout favorisée perpendiculairement au plan de l'ensemble des cordes. On place donc la harpe sur le côté, son axe de propagation dirigé vers le microphone.

## 2) L'orchestre et le microphone.

L'orchestre est l'instrument idéal du compositeur. C'est la palette du musicien, réunissant toutes les possibilités de timbres et de nuances, de couleurs et de dynamique.

Les *cordes* représentent le groupe le plus important, la base de l'édifice sonore, et s'apparentent, sur le plan pictural, au jaune, une des couleurs fondamentales du spectre.

Les *bois*, sont par analogie, champêtre, et évoquent bien dans la musique descriptive, la couleur verte.

Les *cuvres*, par leur éclat, s'apparentent au rouge, autre couleur fondamentale.

La masse orchestrale déterminera le volume sonore optimum et par suite, les dimensions du studio utilisable.

En principe, la puissance d'un orchestre classique se répartit environ comme suit :

10 — Premiers violons	} donnent 0,3 à 0,4 Watts.
9 — Deuxième violon	
7 — Altos	
2 — Violoncelles	
2 à 3 — Contre-Basses	
2 — Flûtes	} donnent 0,8 Watts.
2 — Hautbois	
2 — Clarinettes	
2 — Bassons	
4 — Cors, donnent : 0,8 Watts.	
2 — Trompettes, donnent : 0,6 Watts.	
2 — Trombones, donnent : 12 Watts.	

### REPARTITION SPATIALE DE L'ORCHESTRE

Pour la répartition spatiale de ces différents groupes, on tient surtout compte des observations empiriques suivantes :

#### a) QUATUOR ET BOIS.

Placés sur la même ligne d'attaque, les petits bois — flûte et haute clarinette — font, en principe, pendant aux premiers violons, aux deuxièmes violons et aux Altos. Mais, si ces deux portions de groupes jouent la même chose, ou à peu près la même chose, c'est-à-dire se doublent mutuellement, ce sont les cordes qui mangent les bois :

Dans une grande mélodie, *ff* et *f*, interprétée par le quatuor au complet, les bois peuvent faire des dessins ou accompagner en contrepoint sans nuire à l'intelligibilité générale. Par contre, dans le *p* et le *pp* les dessins des bois brouillent le chant des cordes. Enfin le chant confié à tous les bois passe par dessus les cordes avec aisance, produisant un grand décalage.

Il n'y a donc pas équilibre, en puissance, dans la disposition des différentes nuances. La prédominance revient aux bois. On exprime encore ce fait en disant que les bois (4 bois) mangent le quatuor.

Par conséquent, en principe et pratiquement aussi dans presque tous les cas, le plan-moyen des bois est plus éloigné que le plan-moyen des cordes.

#### b) QUATUOR ET CUIVRES.

La même quantité de cuivres et de cordes se traduit par un écrasement des cordes. Donc, dans presque tous les cas, un recul microphonique est indispensable pour les cuivres.

#### c) CUIVRES ET BOIS.

Par suite de la diversité des timbres et des nuances possibles, les cuivres et les bois sont très difficiles à opposer ; mais les observations précédentes permettent de conclure qu'en principe, et



FIG. 75 b. — Trio : Violon, Clarinette, Basson.

Les exécutants sont placés en arc de cercle devant une face d'un microphone à ruban. On joue ici sur la hauteur relative de chacun d'eux par rapport au microphone pour la mise en place sur le même plan sonore.

pratiquement aussi dans presque tous les cas, le plan moyen des cuivres est plus éloigné que le plan moyen des bois.

□

Ces conditions très générales permettent, dans une certaine mesure de prévoir, dans presque tous les cas possibles, la répartition spatiale d'un orchestre donné. Mais il faut bien se dire que chaque cas est un cas d'espèce qui nécessite une mise au point particulière. Enfin, nous pensons qu'il est inutile d'insister sur le fait que plus l'orchestre diminue en nombre, plus il devient délicat à traiter.

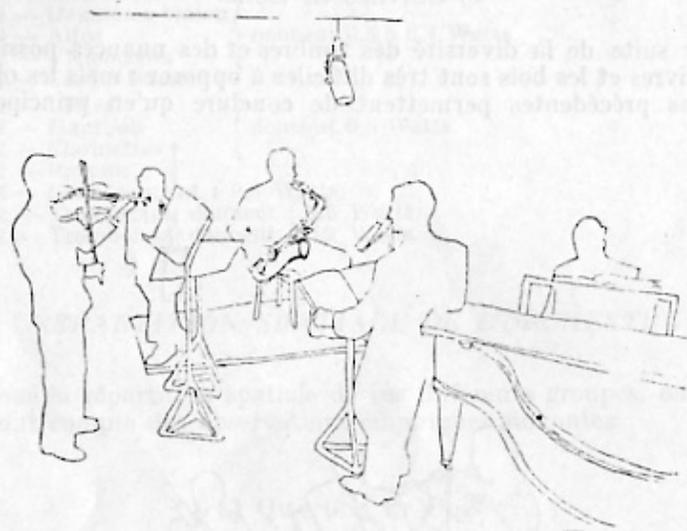


FIG. 76. — Quatuor : Violon, clarinette, saxo et piano.

La mise au point de ce simple quatuor a nécessité plus d'une demi-journée de répétition. Chaque artiste a été placé « au centimètre près ». Il est vrai que la partition musicale était d'une extrême difficulté contrapunctique.



FIG. 77. — Quatuor : Violon, violoncelle, flûte et guitare.

Le plan moyen de la guitare est particulièrement rapproché du microphone par suite de la très faible puissance de cet instrument. D'où la nécessité d'une estrade spéciale permettant une surélévation importante.

Cette solution est bien plus élégante et rationnelle que celle qui consiste à prévoir deux microphones dont un spécialement pour la guitare.

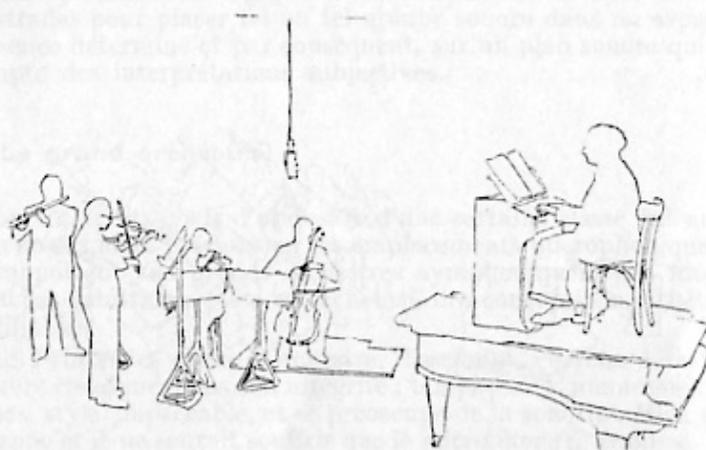


FIG. 78. — Quintette : Violon, alto, violoncelle, flûte et célestat.

Comme la guitare, le célestat ne développe pas beaucoup de puissance. La disposition indiquée, assez cavalière d'ailleurs, montre néanmoins qu'il est toujours possible de trouver une estrade spéciale dans un studio.



FIG. 79. — Petit Ensemble : Violon, violoncelle, flûte, clarinette, basson et piano.

Cette disposition très particulière met en évidence les différentes possibilités d'emplacements microphoniques en fonction de la hauteur et de la distance. Le violon est sur une estrade tout en avant. La trompette se trouve aussi sur une estrade mais très en arrière. Les autres instruments, même le violoncelle placé sur une planchette, sont par terre, avec le rejet du piano sur une seule face du microphone.

Le microphone se trouve bien dégagé et le relief obtenu saisissant.



FIG. 80. — Petit orchestre de genre.

C'est le pianiste qui dirige et il doit voir tous les instrumentistes. Le violon solo est debout devant le groupe des premiers violons. Les deuxièmes violons sont derrière les violoncelles placés sur les estrades, et, plus vers la droite, toujours derrière les violoncelles, les altistes par terre. Les deux contrebassistes sont sur des estrades mais assez loin derrière.

Un duo, un trio, un quatuor, ne souffrent pas la médiocrité : les emplacements microphoniques doivent être rigoureux, déterminés à quelques centimètres près.

### 3) Quelques formations originales.

#### FORMATION DE JAZZ.

L'orchestre de jazz est un cas particulier dans lequel la représentation spatiale doit céder la place, dans une certaine mesure, à l'élément rythme et par conséquent, au facteur précision et définition. Mais là encore, l'utilisation d'un seul microphone est possible. Le jeu microphonique des instrumentistes est beaucoup plus éloquent qu'une simple prise de son *statique* par un ou plusieurs microphones asservis à un groupe sonore donné. Seule, toutefois, la caisse claire peut justifier un microphone spécial, mais pas toujours. Dans certains cas — chanteur qui s'accompagne à la guitare ou même une guitare seule — il est utile de prévoir un microphone déterminé. Dans tous les autres cas, même pour les contrebasses,

aucune justification logique n'est soutenable. Il faut se servir d'estrades pour placer tel ou tel groupe sonore dans un espace de présence déterminé et par conséquent, sur un plan sonore qui rend compte des interprétations subjectives.

### 4) Le grand orchestre.

Les différents chefs d'orchestre d'une certaine classe ont actuellement des idées précises sur les emplacements microphoniques qui se rapportent aux grands orchestres symphoniques. Ces idées ne sont pas arbitraires et se rattachent à des conceptions esthétiques justifiables.

Le *Prince* des chefs d'orchestre, Toscanini, cherche à restituer l'œuvre classique dans son intégrité : temps exact, nuances authentiques, style impeccable, et se préoccupe de la sonorité. Rien ne lui échappe et il ne saurait souffrir que le microphone le trahisse. Dans un accès de colère il est capable de pulvériser ce microphone ! Furtwaengler, lui, mettra en valeur la vie de l'œuvre. Ses interprétations sont avant tout mouvementées, dramatiques, tout son être vibre, possédé à certains moments de mouvements nerveux analogues au vibrato, et, il voudrait pouvoir communiquer au microphone cette animation prestigieuse ! D'autres chefs d'orchestre, tel Karajan, fermeront les yeux pour créer une tension extraordinaire dans le jeu des instrumentistes, tension que le microphone ne peut toujours mettre en valeur. La délicatesse de Bruno Walter le conduira à s'entretenir amicalement avec l'ingénieur du son, lui suggérant, comme par hasard, en esthète raffiné et averti, l'emplacement microphonique le meilleur. Munch, génial pour la salle, acteur de première classe, est déplorable pour le microphone : il souffle pendant les pianissimi, il chante avec les passages particulièrement expressifs, et hurle dans les fortissimi. Paul Paray, authentique amoureux du microphone, ne lui demande rien de plus que ce qu'il y met. Il aborde les œuvres classiques, aussi bien au studio qu'au théâtre, dans un esprit d'honnêteté intellectuelle, de prudence respectueuse et de soumission absolue.

Mais, d'une manière générale, les uns s'attachent à l'impression d'ensemble qui se dégage des grandes masses sonores mises en mouvement ; les autres recherchent une certaine précision avec relief des moindres détails dans l'exécution. C'est ainsi, par exemple, que Stokovski veut la perfection dans l'union et la distinction des *voix*. Seule l'architecture musicale l'intéresse, indépendamment de tout autre contenu. Il aspire avant tout à l'abstraction sonore et l'on comprend que cette technique soit parfois en désaccord avec la loi des moindres microphones tout en s'adaptant à la reproduction punctiforme des haut-parleurs. L'orchestre vient de toutes les directions à la fois, *éclate* dans une ultime pureté comme

si un seul point de l'espace rayonnait sa substance sonore et rien que cette substance.

Entre ces deux écoles, la première que nous pourrions appeler l'école classique, la seconde qui pourrait se rattacher à l'élan surréaliste, toutes les nuances se manifestent à l'occasion de telle ou telle interprétation, de sorte que la répartition des différents grou-

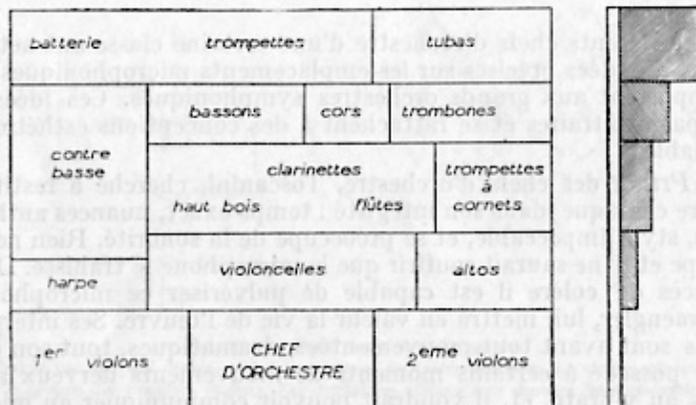


FIG. 81. — Grand orchestre symphonique.  
Disposition classique.

pes sonores dans l'espace proposé — et défini : réverbération importante pour le style classique ; et réverbération restreinte pour l'autre style — est susceptible de variations importantes.

Néanmoins, malgré les apparences contraires, la solution de facilité qui consiste à disposer un microphone par groupe sonore est inélégante. C'est une erreur complète de s'imaginer un seul instant que Stokovski recommande une pareille servitude qui ravale l'orchestre au niveau des orgues électriques. Ce qui est sûr, c'est que des microphones doivent être prévus à côté de tel ou tel pupitre pour souligner à des moments précis un trait caractéristique. Il est par exemple courant de prévoir un microphone pour la trompette, lorsqu'elle joue avec une sourdine ; un autre microphone peut être également prévu pour la caisse claire et le plus souvent il faut un microphone spécial par soliste. Mais nous insistons encore sur le fait que, lorsque ces différents instrumentistes peuvent venir au micro ou même simplement se lever, le relief obtenu est saisissant parce qu'il n'y a pas de modification apparente de l'image totale de l'orchestre.

Ce n'est pas le nombre de microphones qui différencie les emplacements microphoniques destinés à l'une ou l'autre école, mais bien les emplacements eux-mêmes, c'est-à-dire la définition des plans sonores exploités et le jeu des uns par rapport aux autres.

Enfin, nous devons encore préciser que la mise en place microphonique, surtout pour les grands ensembles, doit tendre à l'utilisation de l'espace sonore dans toutes ses dimensions : largeur, longueur et hauteur. L'ère des timides estrades devrait être révolue. Il faudrait pouvoir disposer de planchers aériens permettant d'élever ou d'abaisser à volonté, à distance, et à n'importe quelle altitude raisonnable, telle ou telle partie de l'orchestre. C'est peut-être ce jeu savant que Stokovski essaie d'exploiter et qui donne tant de relief à ses différentes interprétations.

A l'heure actuelle, de nombreux problèmes se posent encore aux spécialistes. Les ingénieurs du son ont devant eux un vaste champ à défricher, à prospecter et peut-être à exploiter.



FIG. 82. — Grand orchestre symphonique.  
Au cours d'une interprétation « documentaire » pour un film musical. L'absence de microphones est la règle, ils sont hors du champ de la caméra. (Photographie extraite du film britannique « Les instruments de l'orchestre » (London Symphonie Orchestra). Producteur : Crown Film Unit.)

### III. — LA STÉRÉOPHONIE

Les hypothèses sur la contribution des différents sens pour la révélation de l'espace ont varié au cours de l'histoire. Berkeley pensait que la vue ne pouvait nous communiquer qu'une représentation bi-dimensionnelle. Les formes réelles des objets et leurs emplacements relatifs seraient surtout donnés par le sens du toucher.

A peine cent cinquante ans plus tard, Hagen renversait cette opinion. Tous les sens, aussi bien la vue, l'ouïe et le toucher, communiquent, à des degrés divers, toutes les expériences d'espace.

Ces communications se complètent l'une l'autre, mais ce qui est vrai pour la vue, l'est également pour l'ouïe et le toucher, il n'y a pas de différence de nature, de telle sorte que la vue monoculaire révèle toutes les dimensions spatiales comme l'écoute par une seule oreille contient déjà l'espace sonore en entier ; l'utilisation des organes couplés, permet simplement une plus grande précision comme l'effort combiné des différents sens révèle avec plus de netteté certains détails.

Pourtant il semble que l'oreille ne soit pas du tout organisée par la nature pour percevoir l'espace. Les rayons lumineux qui arrivent dans l'œil viennent de différentes directions et sont répartis sur une multitude de récepteurs bi-dimensionnels séparés et appropriés. L'oreille ne dispose pas d'un tel mécanisme. Par ailleurs, lorsque l'œil voit une combinaison de couleurs superposées, celle-ci lui apparaît sous la forme d'une impression unique dont il ne décode pas la composition complexe ; l'oreille, au contraire, analyse les sons et les bruits et perçoit également des bruits spéciaux qui ne sont pas la composition de sons simples. Il n'en demeure pas moins, malgré ces contradictions, qu'une écoute quelconque nous révèle toujours une disposition spatiale qui, aussi sommaire soit-elle, donne des notions de profondeur, de droite et de gauche, d'en haut et d'en bas, que l'on peut préciser s'il y a répétition et en modifiant les positions relatives.

Entre l'œil et l'oreille, il y a donc des différences fondamentales, on ne saurait raisonner par analogie sur des organes aussi dissemblables, et pourtant le penchant est naturel.

Même aujourd'hui, les bases définitives de la théorie de la perception spatiale ne sont pas encore très fermes ; des hypothèses vraisemblables et incompatibles s'affrontent et se pénètrent dans une grande incertitude. Cela conduit peut-être sur le plan électro-acoustique à des recherches et des applications qui ne répondent pas très exactement à leur objet. Il n'en demeure pas moins que la stéréophonie est actuellement dans nos mœurs et que certaines expériences sont très éloquentes.

#### a) Principe de la stéréophonie.

Pour capter le son on couple deux microphones à une certaine distance l'un de l'autre, généralement sur une tête artificielle pour retrouver, dans une certaine mesure, les conditions de l'écoute binaurale. Le son enregistré par chacun des microphones est reproduit par un haut-parleur commandé par une chaîne individuelle.

Soit  $2a$  la distance entre les deux microphones, c'est-à-dire la base microphonique, et  $2b$  la distance entre les deux hauts-parleurs, ou base d'écoute. Désignons par  $r$  et  $\varphi$  les coordonnées polaires de la source  $S$  par rapport au centre de la base microphonique ; et  $R$  et  $\Phi$  celles de l'observateur  $O$  par rapport au centre de la base d'écoute.

Un observateur qui serait placé en  $W$  sur l'axe de la base d'écoute percevrait l'image électro-acoustique de  $S$  en  $I$  à la cote  $x$  de  $W$ .

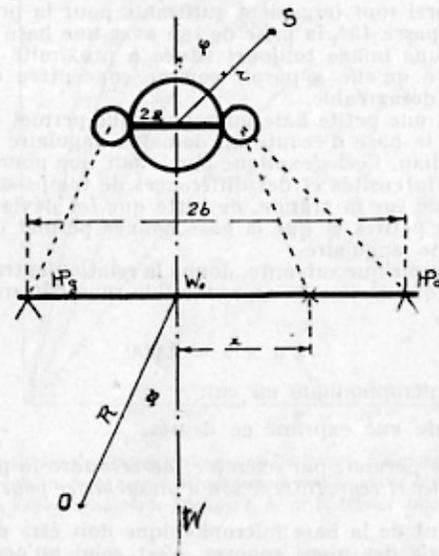


FIG. 83. — Principe de la Stéréophonie.

D'après les expériences faites principalement par de Boer (voir *Revue Technique Philips*, t. VIII, n° 2, février 1946,) on constate que la distance  $x$  ne varie guère avec  $r$  ;  $x$  est simplement fonction de  $\varphi$ . Les courbes suivantes ont été relevées.

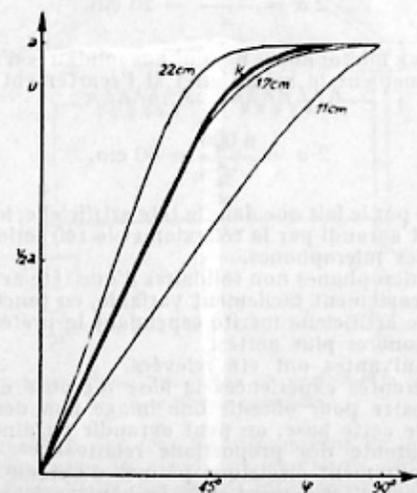


FIG. 84. — Positions de l'image en fonction de l'angle d'incidence de la source pour différentes valeurs de la base microphonique (*Revue technique Philips*, t. 8, n° 2, février 46).

Ce graphique montre que pour la sphère de 22 cm. de diamètre, la relation  $\varphi = f(x)$  est linéaire aussi longtemps que  $\varphi$  ne dépasse pas  $45^\circ$ . Dans ces conditions, la localisation de l'image est conforme à la réalité et la précision et le naturel sont largement suffisants pour la pratique.

Lorsque  $\varphi$  dépasse  $45^\circ$ , la prise de son avec une base microphonique de 22 cm fournit une image toujours située à proximité de l'un des haut-parleurs de sorte qu'elle apparaît comme concentrée et déformée, d'où une impression désagréable.

Au contraire, une petite base microphonique permet de reproduire sans déformation sur la base d'écoute un domaine angulaire allant jusqu'à  $90^\circ$  avec le plan médian. Ceci s'explique par le fait que pour un angle  $\varphi$  donné les rapports des intensités et des différences de temps sont plus petits sur la petite base que sur la grande, de sorte que les déviations  $x$  correspondantes sont plus petites et que la base donnée permet de représenter une plus grande zone angulaire.

La formule empirique suivante, donne la relation entre la grandeur de la base microphonique et l'angle reproductible sans déformation sur la base d'écoute :

$$2a \times \alpha = 2000$$

$2a$  = base microphonique en cm.

$\alpha$  = angle de vue exprimé en degrés.

Cette formule permet, par exemple, de résoudre le problème suivant : Comment capter et reproduire le son d'un orchestre pour une représentation stéréophonique.

L'emplacement de la base microphonique doit être naturellement conforme à la théorie des plans sonores, c'est celui qu'occuperait le microphone unique pour une prise de son normale.

L'angle d'ouverture  $\alpha$  peut donc se mesurer très facilement, soit par exemple  $100^\circ$ .

Une représentation conforme nécessitera donc une base microphonique de :

$$2a = \frac{2000}{\alpha} = 20 \text{ cm}$$

Lorsque les deux microphones ne sont pas solidaires d'une tête artificielle, on obtient pratiquement le même effet si l'écartement est trois fois plus grand. On aurait :

$$2a = \frac{6000}{\alpha} = 60 \text{ cm.}$$

Ceci s'explique par le fait que dans la tête artificielle, le rapport des intensités est fortement agrandi par la réflexion et la réfraction des ondes acoustiques au droit des microphones.

Bien que des microphones non solidaires d'une tête artificielle présentent l'avantage d'un écartement facilement variable, en fonction d'un orchestre à un autre, la tête artificielle mérite cependant la préférence, car elle procure des images sonores plus nettes.

Les courbes suivantes ont été relevées.

Dans ces différentes expériences la base d'écoute doit être égale à la largeur de l'orchestre pour obtenir une image non déformée. En jouant sur la grandeur de cette base, on peut agrandir ou diminuer l'image sans modification apparente des proportions relatives.

Un montage purement électrique permet d'obtenir cette souplesse de réglage sans toucher à l'écartement entre les haut-parleurs, si cet écartement est égal au départ à celui de l'orchestre.

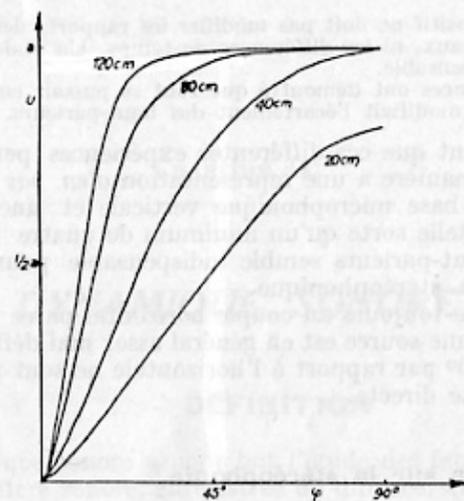


FIG. 85. — Positions de l'image en fonction de l'angle d'incidence de la source pour différentes valeurs de la base microphonique non solidaire d'une tête artificielle (Revue Technique Philips, t. 8, n° 2, février 46).

On définit la base d'écoute par un couplage électrique entre les canaux de transmission. On a le schéma suivant :

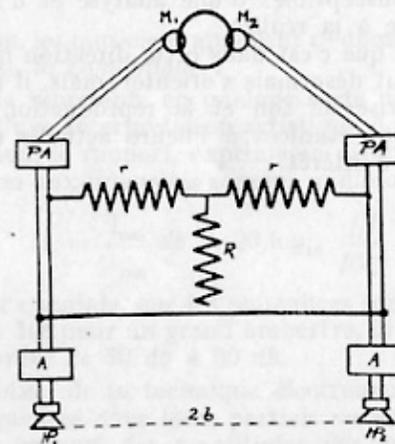


FIG. 86. — Schéma d'une installation de reproduction stéréophonique à base d'écoute variable.

D'après ce dispositif, une fraction du courant de la branche de droite, par exemple, arrive dans le canal opposé tandis qu'une même fraction de courant de la branche de gauche est injectée dans le canal de droite en modifiant les valeurs relatives de  $r$  et  $R$ .

Un tel dispositif ne doit pas modifier les rapports des intensités dans chacun des canaux, ni les différences de temps. Un étalonnage préalable est donc indispensable.

Des expériences ont démontré que tout se passait en réglant R et r, comme si l'on modifiait l'écartement des haut-parleurs.

Il est évident que ces différentes expériences peuvent conduire de la même manière à une représentation *d'en bas et d'en haut* en utilisant une base microphonique verticale et une base d'écoute analogue, de telle sorte qu'un minimum de quatre microphones et de quatre haut-parleurs semble indispensable pour une véritable représentation stéréophonique.

On se limite toujours au couple horizontal parce que la hauteur intelligible d'une source est en général assez mal définie, des déviations de  $\pm 20^\circ$  par rapport à l'horizontale ne sont même pas perçues à l'écoute directe.

#### b) Remarque sur la stéréophonie.

La véritable reproduction stéréophonique requiert la prise de son en de nombreux points de l'espace sonore, et, dans la salle de reproduction une contribution sonore analogue. L'extrême difficulté d'une telle réalisation est évidente dans l'attente de microphones multidirectionnels (par exemple électroniques) et de haut-parleurs fonctionnant suivant le même principe. De tels appareils sont seuls susceptibles d'une analyse et d'une reproduction spatiale conforme à la réalité.

Il nous semble que c'est dans cette direction que les différentes recherches doivent désormais s'orienter; mais, il n'en demeure pas moins que la prise de son et la reproduction stéréophoniques telles qu'elles sont étudiées à l'heure actuelle conduisent à des résultats dignes d'intérêt.

## CHAPITRE III

# DYNAMIQUE SONORE

### I. — DÉFINITION

La Dynamique sonore a pour but l'étude des facteurs qui définissent la matière sonore, enregistrée ou diffusée, au point de vue ampleur et force.

Elle touche à l'un des domaines les plus délicats de la prise de son et de l'art musical,

« Celui de... *l'émotion*... dont l'un des aspects les plus caractéristiques se traduit par l'opposition entre... *forte*... et... *piano*..., oppositions parfois brutales, parfois préparées par de savants... *crescendo*... ou *diminuendo*... »  
(*Revue d'Acoustique*, juill.-déc. 1938, p. 102, art. de R. Divoire.)

Par abréviation, les musiciens appellent ce domaine *l'Expression*; et les techniciens, *la Dynamique*.

La Dynamique représente en quelque sorte la loi des écarts de volume sonore d'une interprétation artistique donnée. A la limite, c'est par définition, le rapport, exprimé en décibels, des intensités sonores maximum aux intensités sonores minimum mis en œuvre :

$$D = \frac{I_{\max}}{I_{\min}} \text{ db} = 20 \log_{10} \frac{f}{ppp}$$

C'est ainsi, par exemple, que les puissances sonores varient dans le rapport de 1 à  $10^8$  pour un grand orchestre, la dynamique maximum sera de l'ordre de 80 db à 90 db.

Dans l'état actuel de la technique électroacoustique, la reproduction des fréquences avec leurs partiels variés est assez remarquable, mais le rapport des amplitudes des enregistrements ou des diffusions est loin d'être réalisé.

Tous les organes de transmissions possèdent : d'une part, une certaine profondeur admissible de modulation; et d'autre part, une limite en deçà de laquelle il n'est pas possible d'utiliser des modulations indéfiniment faibles.

*La limite supérieure est déterminée par :*

1° Les perturbations de nature diaphonique créées dans les circuits voisins, ou sur les ondes porteuses d'autres émissions ; ou encore par les conditions de gêne mutuelle entre auditeurs voisins.

2° Les déformations de distorsion compatibles avec une bonne qualité de la reproduction et qui sont déterminées par la qualité des microphones utilisés et soit par l'écartement des sillons sur les disques phonographiques, soit par la largeur et la transparence à la lumière de la piste sonore des films, et enfin par la qualité des haut-parleurs employés.

*La limite inférieure est déterminée par :*

La présence des perturbations qui se manifestent dans toute transmission et que l'on désigne généralement sous le nom de... *bruit de fond...* :

Bruit de fond acoustique dû à une insuffisance d'isolement phonique.

Bruits parasites ambiants.

Bruits de fond des microphones, des amplificateurs, des câbles, de la nature de l'enregistrement ou de la diffusion (porteuse) etc...

La dynamique naturelle des principales sources sonores est la suivante :

<i>Instruments ou Formations</i>	<i>Dynamique maximum en décibels</i>
Voix chuchotée .....	20
Conversation normale .....	50
Orateur .....	60
Chanteur .....	45
Chœur .....	60
Violon .....	45
Violoncelle .....	50
Contre-basse .....	45
Petite flûte .....	45
Flûte .....	50
Clarinette .....	60
Cor .....	65
Saxo basse .....	45
Tuba .....	50
Trombone .....	60
Trompette .....	60
Piano .....	50
Petit Orchestre .....	60
Grand Orchestre .....	80
Orgue .....	120
Timbales .....	130

Ce tableau montre que l'ingénieur du son doit modifier les écarts de volume sonore au cours du déroulement des différentes interprétations artistiques et, du même coup, peut bouleverser l'idée même de ces interprétations.

Les courbes 87, 88, 89 et 90 mettent en évidence les distorsions naturelles qui apparaissent au cours d'une reproduction quelconque pour différents taux de modulation.

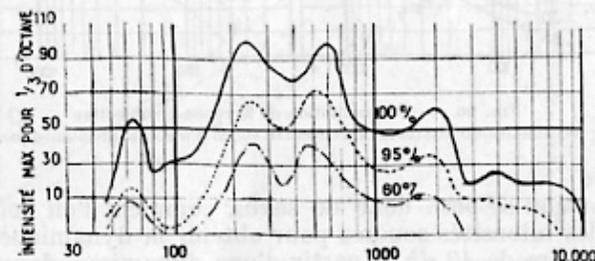


Fig. 87. — Parole : Réponse subjective en fonction du niveau de la reproduction.

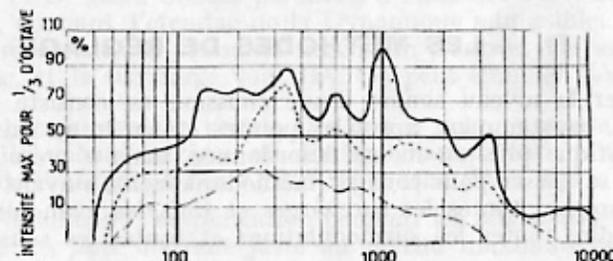


Fig. 88. — Musique de danse : Réponse subjective en fonction du niveau de la reproduction. Courbe en trait plein : 100 % ; en trait interrompu : 95 % ; en trait mixte : 60 %.

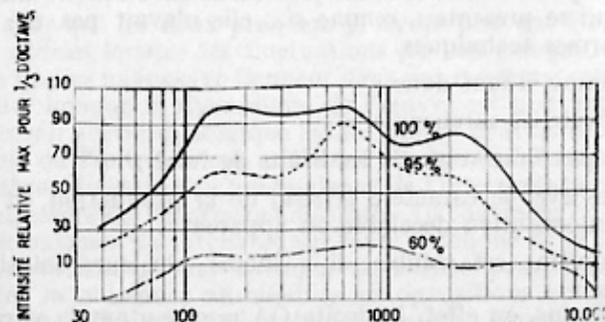


Fig. 89. — Grand Orchestre : Réponse subjective en fonction du niveau de la reproduction.

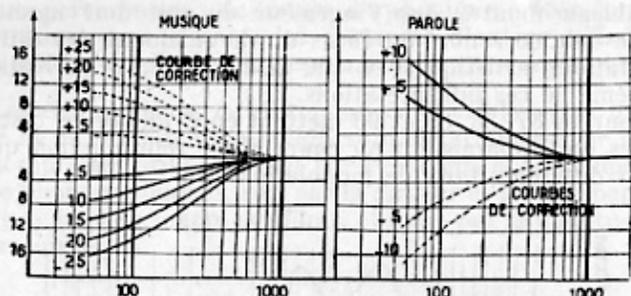


FIG. 90. — Détermination de la réponse subjective en fonction du niveau de la reproduction sur la parole et sur la musique.

La question se pose donc de savoir comment l'on doit faire le réglage des intensités sonores pour obtenir la dynamique admissible, de l'ordre de 40 db, à partir d'une dynamique donnée, généralement plus élevée, sans altérer sensiblement la qualité de l'interprétation.

## II. — LES MÉTHODES DE RÉGLAGE

Régler le niveau sonore d'une émission ne consiste pas à ... courir... constamment après les pointes et les creux suivant une gymnastique plus ou moins désordonnée, mais à prévoir tout ce qui va se passer pour corriger méthodiquement, suivant une tactique précise, toutes les surcharges et tous les évanouissements, c'est-à-dire toutes les surmodulations et toutes les sous-modulations.

En fait, le meilleur Ingénieur du Son est celui qui donne l'impression de ne jamais toucher aux réglages de ses appareils ; et l'art de la prise de son consiste justement à... révéler... une matière sonore qui se présente... comme si... elle n'avait pas été soumise à des normes techniques.

En résumé, il faut donc :

- 1° Prévoir les surcharges ;
- 2° Ne pas faire ressortir les bruits de fond ;
- 3° Conserver le caractère général de la production, et ce, sans aucune intervention décelable ou apparente.

Ce problème est soluble, il a même plusieurs solutions très élégantes.

Considérons, en effet, la droite OA représentant la variation de la puissance à la sortie de la chaîne de transmissions, en fonction de la puissance d'entrée (fig. 91).

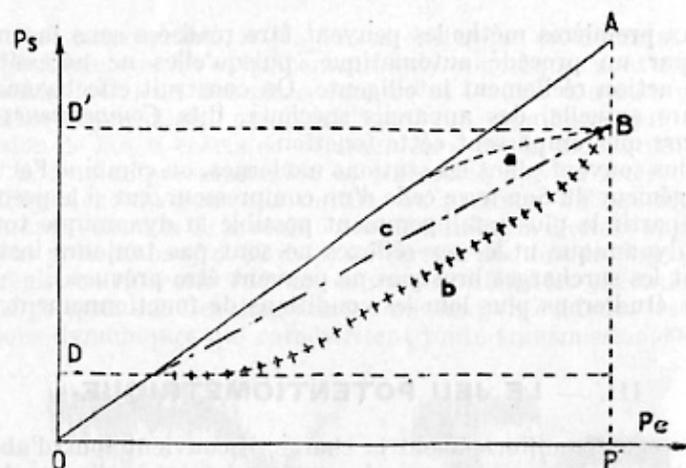


FIG. 91. — Détermination de la méthode de réglage de la dynamique d'une transmission.

Soit D et D' deux droites parallèles à l'axe des  $P_e$  (Puissances d'entrée), donnant l'étendue de la Dynamique admissible.

Si PA représente la puissance maximum d'entrée, PB sera celle admissible, et la surcharge vaut BA. On peut éliminer BA :

1° En comprimant les crêtes. Dès que le volume sonore tend à dépasser la valeur extrême on diminue l'amplification. C'est le procédé de l'écrêtage et l'on obtient la courbe (D, a, B).

2° En diminuant l'amplification pendant les *pianissimo* de telle sorte que les *forte* arrivent juste au niveau maximum. D'où la courbe (B, b, B).

3° En répartissant uniformément la surcharge sur toute la gamme des intensités sonores. Courbe (D, c, B).

Il est clair que les deux premiers procédés peuvent être favorablement utilisés lorsque les fluctuations du son à reproduire sont si petites que les nuances se tiennent dans une moyenne convenable, c'est-à-dire lorsque la dynamique de l'œuvre est peu importante. Si au contraire cette dynamique est fortement contrastée, l'utilisation d'une ou l'autre de ces méthodes conduirait à la destruction systématique du caractère prédominant de l'interprétation, c'est-à-dire au massacre de l'expression musicale. Au contraire, en répartissant uniformément la surcharge sur toute l'étendue de la puissance sonore en choisissant par exemple un silence pour diminuer ou augmenter la puissance admissible, les oppositions entre *forte* et *piano* successifs ne sont pas systématiquement laminés.

Cette analyse nous montre que la méthode de réglage doit être adaptée à la nature de l'œuvre en exécution. On conçoit même que

les deux premières méthodes peuvent être réalisées sans inconvénient par un procédé automatique, puisqu'elles ne nécessitent aucune action réellement intelligente. On construit effectivement, à l'heure actuelle, des appareils spéciaux, dits *Compresseurs* ou *Limiteurs* qui remplissent cette fonction.

Le plus souvent, dans les stations modernes, on combine l'action de l'Ingénieur du Son avec celle d'un compresseur, car si le premier peut répartir le plus intelligemment possible la dynamique totale sur la dynamique utile, ses réflexes ne sont pas toujours instantanés et les surcharges brusques ne peuvent être prévues.

Nous étudierons plus loin les conditions de fonctionnement des limiteurs.

### III. — LE JEU POTENTIOMÉTRIQUE

Pour répartir uniformément la charge, il convient tout d'abord de définir le niveau moyen puis de centrer, de part et d'autre de la graduation trouvée, les corrections passagères soit en suivant par exemple le développement d'un crescendo progressif et lent, soit en se portant rapidement au delà ou au deçà du niveau moyen, pendant un bref silence, pour permettre le libre épanouissement de toute montée ou de toute descente orchestrale ; soit enfin, sur une tenue relativement longue, de corriger très lentement, dans le sens voulu, le niveau moyen pour préparer l'incidence attendue.

Une idée d'ensemble de l'œuvre en exécution est nécessaire. Dès les premiers accords, il faut maîtriser la modulation, puis savoir respecter à tout instant le sens de l'expression musicale et l'architecture générale de l'œuvre en exécution. Cela suppose un travail préalable sur la partition, la décomposition des thèmes, des incidences, des rythmes, la connaissance parfaite des timbres et des valeurs microphoniques ; et, enfin, une grande souplesse du poignet et un certain doigté.

Il faut savoir avant tout ménager les contrastes, respecter intégralement les nuances tout en diminuant en valeur absolue le rapport des volumes sonores sans nuire au rapport des plans sonores puisque ceux-ci sont, dans une certaine mesure, fonction des intensités sonores.

Pour acquérir le doigté et la souplesse du poignet des exercices gradués sont indispensables, des exercices analogues à ceux que font les violonistes pour avoir la maîtrise de l'archet. Le jeu potentiométrique se ramène assez souvent à des mouvements codifiés, presque systématiques, qu'il faut connaître et pratiquer longuement pour réussir des *entrées* franches et des coupures nettes, sans bavure, un réglage en cascade vigoureux et précis, un son propre, impeccable, ferme : Il ne faut pas simplement avoir le souci d'éviter les pointes de surmodulation, mais tenir compte des impressions psychologiques, c'est-à-dire guider la main en fonction des impressions ressenties, arriver à une maîtrise absolue entre l'idée et le geste.

Un fait remarquable, le jeu potentiométrique est d'autant moins indispensable que les emplacements microphoniques sont corrects. Un choix judicieux des plans sonores se traduit toujours par un équilibre dynamique caractéristique, un équilibre qui donne l'illusion de larges écarts de volume, alors que la modulation tient dans la dynamique admissible de telle sorte que les interventions de l'Ingénieur du Son sont inutiles ou presque. Tel est le but à atteindre : l'illusion de la réalité avec le minimum d'effort apparent.

Nous présentons (fig. 92 à 98) un certain nombre de diagrammes d'enregistrements effectués au cours de différentes exécutions du même programme. Ces diagrammes mettent en évidence les déformations dynamiques qui caractérisent toute transmission.

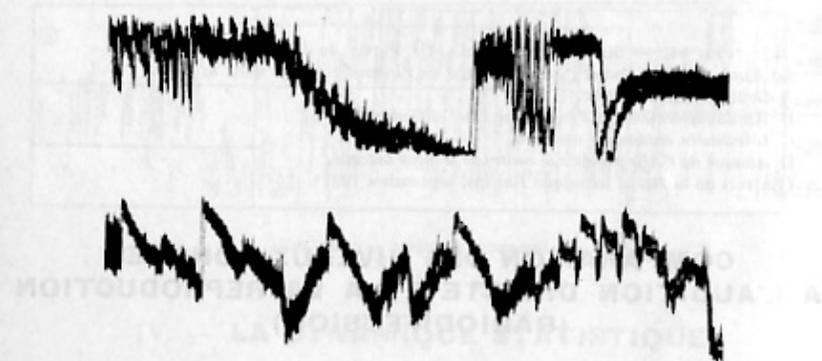


FIG. 92. — Orchestre de Philadelphie Direction : L. STOKOWSKI.  
Portions d'enregistrement effectués au cours de deux exécutions différentes d'un même programme.  
(D'après un extrait de la *Revue d'Acoustique* : « The Journal of the Acoustical Society of America », janvier 1935).

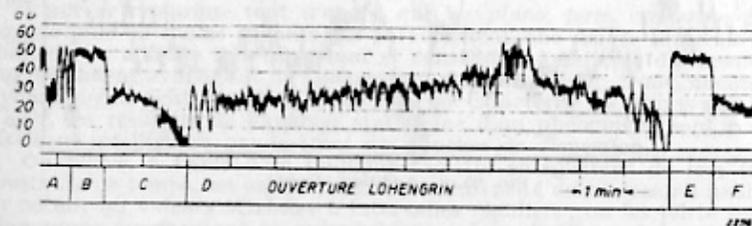


FIG. 93. — Ouverture de *Lohengrin* : R. WAGNER.  
A Accords finaux de la 8<sup>e</sup> Symphonie de BEETHOVEN.  
B Applaudissements. On distingue à la recrudescence de ceux-ci le retour du Chef.  
C Bruits de salle entre les deux morceaux. Au commencement de l'ouverture le silence se fait à nouveau.  
D Exécution de l'ouverture de *Lohengrin*. On distingue clairement les accords du début, le point culminant de la 54<sup>e</sup> mesure puis le jeu de 4 violons seulement. L'intensité tombe ici en dessous de l'étendue de mesure de l'appareil enregistreur. La gamme des intensités a donc été supérieure dans ce cas à 60 dB.  
E Applaudissements : durée 1 minute.  
F Bruits de salle durant la pause.  
(Extrait de la *Revue technique Philips*, sept. 1937).

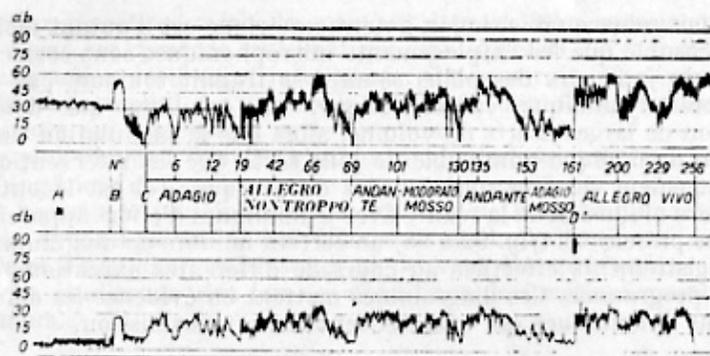


FIG. 94. — Sixième Symphonie. 1<sup>re</sup> Partie de P. TCHAIKOWSKY.  
La bande du haut donne l'enregistrement de l'intensité sonore dans la salle.  
A Bruit durant la pause.  
B Applaudissements à l'entrée du Chef d'Orchestre.  
C L'orchestre entame le morceau.  
D Attaque de l'Allegro avec le contraste le plus marqué.  
(Extrait de la Revue technique Philips, septembre 1937).

### COMPARAISON DES NIVEAUX SONORES A L'AUDITION DIRECTE ET A LA REPRODUCTION (RADIODIFFUSION)

#### a) La Valse de Ravel.

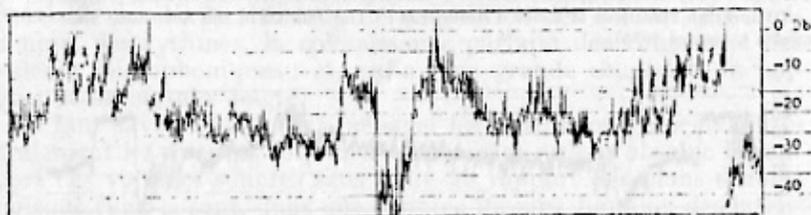


FIG. 95. — Audition directe.



FIG. 96. — Audition reproduite.

#### b) Modulation parlée.

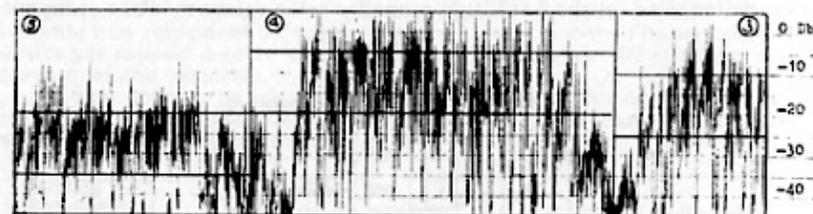


FIG. 97. — Audition directe.

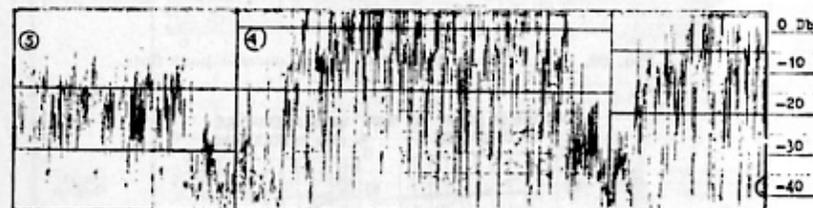


FIG. 98. — Audition reproduite.

### IV. — LA DYNAMIQUE STATISTIQUE

Une très intéressante étude a été faite par M. Divoire du centre de contrôle de l'U. I. R., sur la Dynamique sonore et le calcul des probabilités. Nous résumons ici sa théorie et ses applications (voir *Revue d'Acoustique*, juill.-déc. 1938 fasc. 4-6 pp. 102 à 116).

L'auteur remarque tout d'abord que les *piano*, *forte*, *crescendo*, *diminuendo* plus ou moins savants qui caractérisent une œuvre musicale sont toujours en nombre très important et constituent une suite d'événements qui dépendent avant tout de l'inspiration du compositeur. Donc, aucune loi dynamique ne peut être fixée, sinon celle qui caractérise les grands nombres.

Or, les résultats de l'analyse statistique d'un phénomène sont rendus aisément intelligibles par le tracé des courbes de dispersion.

On relève, à l'aide d'un milliampermètre enregistreur de très faible constante de temps, un oscillogramme de l'intensité du morceau à analyser en notant les valeurs atteintes à intervalles réguliers; on les porte sur un diagramme représentant en ordonnées, la valeur de l'intensité atteinte ou dépassée pendant la fraction de temps correspondante laquelle est indiquée en abscisses. L'allure de la courbe obtenue donne une idée du caractère du morceau. (Courbes de la fig. 99 à 101.)

Si la courbe est fort inclinée par rapport à l'angle des abscisses, l'exécution présente des contrastes marqués d'intensité (grande dynamique); si elle ne l'est pas, l'exécution est peu animée (faible dynamique).

La connaissance de cette courbe permettrait donc de déterminer non seulement l'importance de la dynamique, mais la valeur moyenne des niveaux sonores.

L'analyse d'un grand nombre de morceaux de musique de tous genres, montre que cette courbe se rapproche sensiblement de celle de dispersion

classique résultant de la loi des écarts admis par le calcul des probabilités pour laquelle la valeur moyenne correspond à la valeur médiane. Donc pour connaître cette courbe il suffit de connaître cette valeur médiane et un autre point.

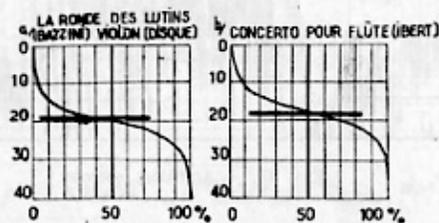


FIG. 99. — La Ronde des Lutins et le Concerto pour flûte.

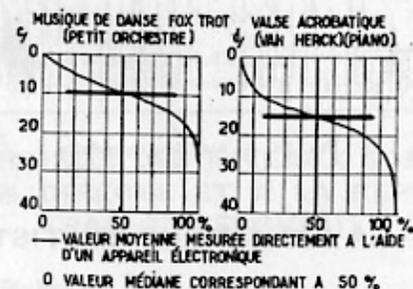


FIG. 100. — Fox-trot et Valse.

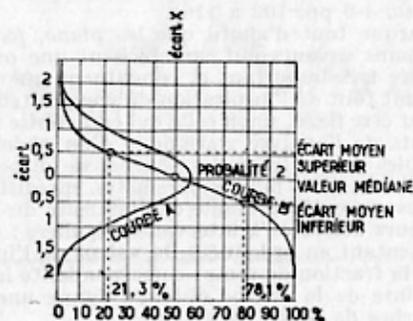


FIG. 101. — Écarts moyens supérieur et inférieur.  
(D'après la *Revue d'Acoustique*, n° de juillet 1938, article de M. Divoire).

Il est possible d'évaluer, à l'aide d'un appareil de mesure, l'allure de la valeur moyenne et par conséquent de la valeur médiane du volume sonore, et il est aussi possible de préciser à l'aide d'un autre appareil de mesure une autre valeur, c'est-à-dire un autre point de la courbe de dispersion.

La courbe de dispersion peut donc se déterminer au fur et à mesure de la progression du programme et par conséquent, on peut connaître à tout instant, non seulement la valeur médiane, mais encore l'importance des écarts par rapport à cette valeur médiane. Les courbes 102 et 102bis montrent quelques résultats.

On voit donc qu'en tenant compte des indications des deux appareils de mesure, l'Ingénieur du Son peut évaluer *a priori*, la dynamique et prévoir avec une certaine sécurité, tout ce qui va se passer.

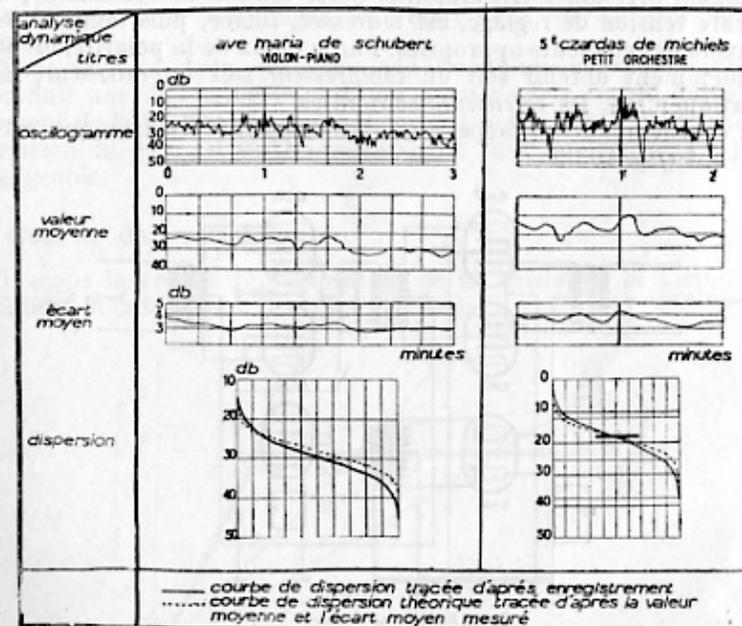


FIG. 102. — Tableau synoptique.

(D'après M. Divoire, *Revue d'Acoustique*, n° de décembre 1938).

Analyse dynamique de l'Ave Maria de Schubert (Violon et Piano).

FIG. 102bis. — Analyse dynamique de la Czardas de Michiels (Petit Orchestre).

Cette méthode, compte tenu de la réalisation parfaite des appareils de mesure appropriés, appareils que l'auteur a d'ailleurs mis au point pour ses expériences, présente évidemment un caractère technique très séduisant. Elle systématise, en quelque sorte, les réactions de l'Ingénieur du Son, tout en le laissant par ailleurs assez libre d'interpréter les résultats, et, par conséquent, d'adapter ou de ménager des enchaînements compatibles avec le caractère des œuvres interprétées successivement.

## V. — LE LIMITEUR

Quelle que soit la méthode de réglage utilisée, les surcharges instantanées demeurent et sont souvent cause de distorsions appréciables.

Différents appareils ont été imaginés pour réduire cet inconvénient. Citons, par exemple, le pont différentiel thermique dont le principe est basé sur la variation d'une résistance chauffante en fonction de la tension appliquée. Mais, dans la technique moderne seuls les limiteurs électroniques sont actuellement adoptés. On fait varier la résistance cathode-plaque des tubes par une tension de commande appliquée sur chaque grille de contrôle et prélevée sur le signal préalablement amplifié. Cette tension de commande, dite encore tension de réglage, est redressée, filtrée, puis temporisée, à travers des éléments appropriés. Par le choix de la polarité, on peut évidemment obtenir soit un *compresseur* soit un *extenseur*, mais pratiquement, les *extenseurs* sont rares.

Le schéma de principe d'un tel dispositif électronique est le suivant (fig. 103).

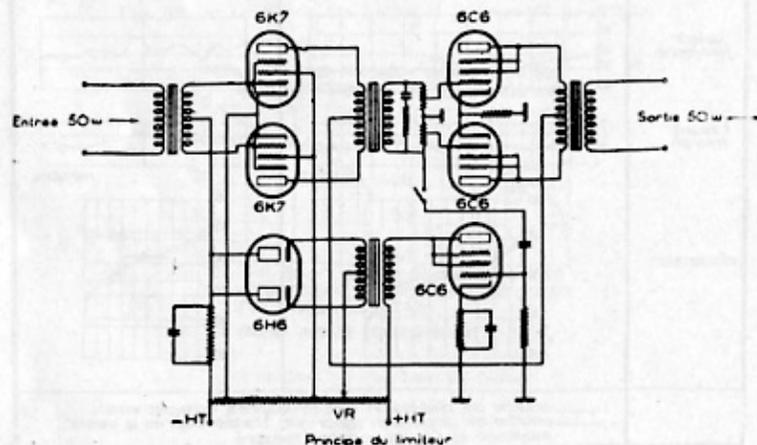


FIG. 103. — Schéma de principe du Limiteur.

#### a) Constantes de temps.

Les constantes de temps de déclenchement et de retour de l'appareil sont les facteurs les plus importants de son fonctionnement.

Nous avons vu que la constante de temps de déclenchement d'une oreille normale est de 0,07 seconde et que celle de retour varie entre 0,1 et 0,3 seconde. Ce sont donc là les valeurs autour desquelles doivent être fixées celles du limiteur. D'autres considérations permettent de mieux préciser ces valeurs.

Tout d'abord, lors d'un accroissement très brusque de l'intensité, plus le temps de compression est court, moins la distorsion qui en résulte se remarquera. 0,07 seconde représente donc une limite supérieure du temps de déclenchement et l'on a toujours intérêt à prendre une valeur plus petite. Actuellement, la limitation du gain à l'arrivée d'un signal fort est instantanée et se produit sur moins

d'une alternance aux fréquences basses, soit 0,5 à 1 milliseconde.

Le temps de retour doit être fixé en tenant compte du rythme des interprétations éventuelles. Plus ce temps sera grand, plus la montée de l'orchestre se remarquera si le rythme est lent. Au contraire, pour une petite durée de retour, au moment d'une note frappée, tout se passe comme si la note était virtuellement plus courte, ce qui peut être désagréable à l'écoute. On est donc conduit à ne tenir compte, pour le choix de la durée de retour, que de l'expérience. 2 à 3 secondes au maximum, conviennent parfaitement.

Nous voyons donc que dans son fonctionnement, le limiteur introduit une distorsion importante, mais de très courte durée au moment de la limitation, et à ce moment seulement, car ensuite la variation du gain est suffisamment lente pour que son action soit négligeable.

#### b) Courbe de limitation.

Traçons la courbe représentative de la tension à la sortie, en fonction de la tension à l'entrée (fig. 104).

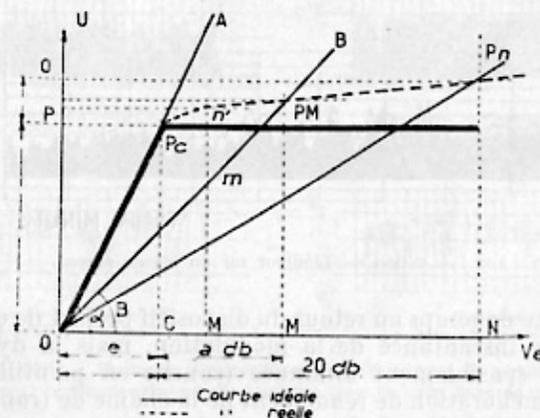


FIG. 104. — Courbes de limitation.

Cette courbe est composée de deux éléments de droite : l'un incliné, allant de l'origine au point critique  $P_c$  et ayant comme coefficient angulaire le gain nominal de l'amplificateur ; l'autre horizontal et correspondant au fonctionnement en « limité ».

Le deuxième élément de droite n'est pas parfaitement horizontal et le raccordement avec le premier se fait par une courbe.

Dans l'action en limité, le gain de l'appareil est variable et est donné par le coefficient angulaire de la droite  $OB$ , par exemple, qui joint l'origine au point de fonctionnement  $PM$ .

Lorsqu'un signal permanent de fréquence assez basse et d'am-

plitude supérieure à la valeur limite est appliquée à l'entrée du limiteur, la forme de la tension de sortie est donnée par la *fig. 105*.

Pendant une partie du premier quart de période, le signal subit une forte déformation puis il est ensuite rendu sans altération. S'il venait à cesser ou à diminuer d'amplitude brusquement, le

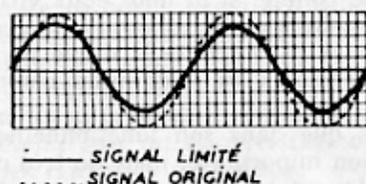


FIG. 105. — Action du Limiteur sur un signal permanent.

gain de l'appareil reprendrait lentement sa valeur initiale ou une valeur telle que la tension de sortie du signal revienne à sa valeur critique.

Sur un niveau moyen, l'action du limiteur est la suivante (*fig. 106*).

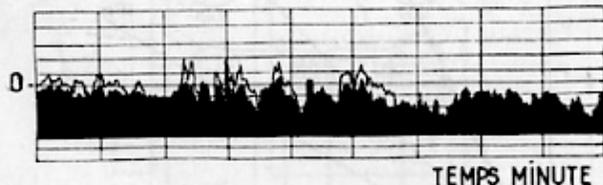


FIG. 106. — Action du Limiteur sur un niveau moyen.

La constante de temps au retour du dispositif permet de conserver la dynamique instantanée de la modulation, mais la dynamique moyenne est sensiblement diminuée (courbe en pointillé). Il en résulte une amélioration de rendement de la chaîne de transmission, mais aussi une altération de la matière transmise.

Dans les premiers appareils réalisés, la courbe de limitation était assez inclinée, + 2 db à la sortie pour + 10 db à l'entrée, au-dessus du point critique, et il y avait lieu d'éliminer ces appareils lors de la transmission des orchestres en particulier, par suite de la grande altération subie par la matière sonore. Actuellement, on obtient des courbes de limitation assez horizontales, + 0,5 db pour + 10 db, par conséquent, le point critique peut être placé suffisamment haut dans l'échelle des taux de modulation pour que la perte dynamique soit négligeable. Cette amélioration de la définition du niveau de crête doit être accompagnée d'une plus grande précision de la stabilité des réglages de niveau pour réduire les défauts dans les

enchaînements et permettre d'augmenter le taux de modulation correspondant.

En résumé, l'usage du limiteur, fait avec mesure, assure surtout la sécurité. On améliore la définition du niveau de crête et cette amélioration est d'autant plus grande que la courbe de fonctionnement est plus horizontale.

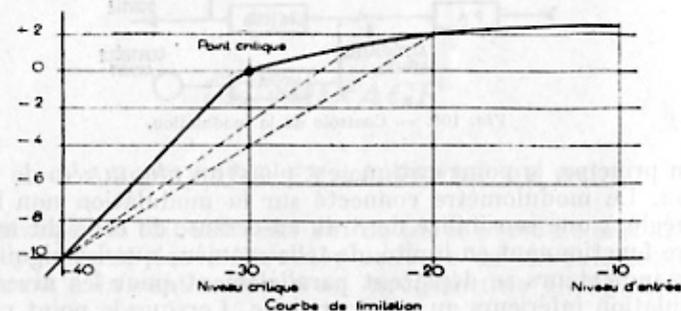


FIG. 107. — Exemples d'Enregistrements du Niveau de modulation caractérisant le fonctionnement du Limiteur pour certains taux de compression.

### c) Contrôle.

Lorsqu'on utilise un limiteur dans une chaîne de transmission, il faut qu'il se trouve très près du microphone pour que la protection soit aussi parfaite que possible. Cependant, cet appareil étant relativement coûteux et délicat, on est obligé d'en réduire le nombre et, par suite, de le placer après le mélangeur. De toute façon le contrôle de la modulation doit pouvoir se faire à la fois avant et après la limitation ; après pour avoir une idée exacte de ce qui est envoyé sur la ligne d'enregistrement ou de diffusion ; et, en avant, pour conduire la prise de son. Il serait en effet très difficile sinon impossible d'effectuer la prise de son avec le seul contrôle en limité, car le limiteur qui se trouvait placé entre le mélangeur et le point



Un pupitre comprend :

- Un certain nombre d'atténuateurs, le même nombre que celui des groupes sonores possibles.
- Des mélangeurs doubles permettant de passer d'un groupe sonore à un autre par une manœuvre simple.
- Un atténuateur général pour le réglage du gain total.
- Des correcteurs et des filtres de présence susceptibles de « balancer » les différentes courbes de réponse.
- Des clés de coupure et d'inversions.

La disposition de ces différents éléments doit être faite avec la même minutie que celle qui préside à l'établissement d'un clavier, L'ingénieur du son ne dispose que de ses mains et de ses doigts pour *jouer* sur toutes les cordes sensibles du pupitre de mixage, et il importe que ce pupitre soit conçu pour ses mains et ses doigts. En d'autres termes, il faut respecter certains écartements des boutons de commande, certaine facilité de repérage des différents circuits, certaines normes d'affaiblissements aisément identifiables et autant que possible toujours les mêmes valeurs élémentaires pour faciliter les repérages.

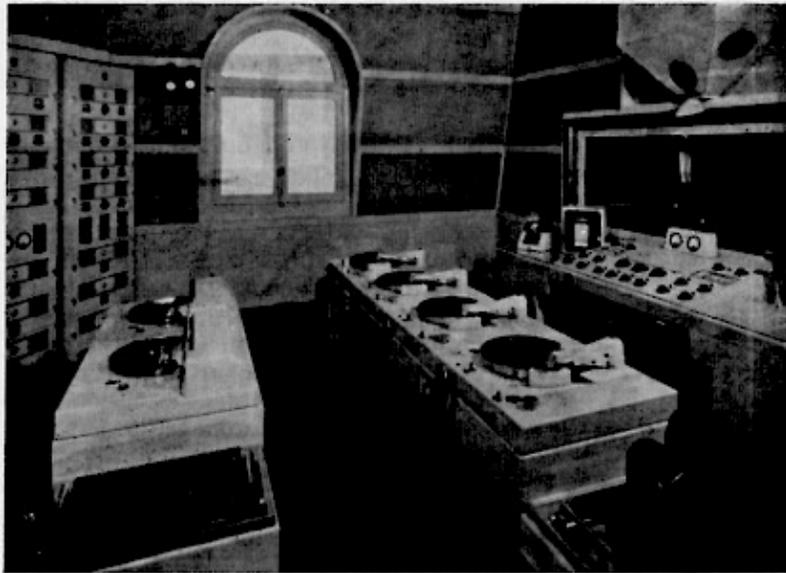


FIG. 110. — Cabine de mixage type Radiodiffusion française (centre DEVEZE).  
On aperçoit à droite une table de mixage à sept entrées ; au milieu : 4 lecteurs de son pour disques ; et, derrière : une table de gravure à deux plateaux. Dans le fond, à gauche, la baie d'amplification.

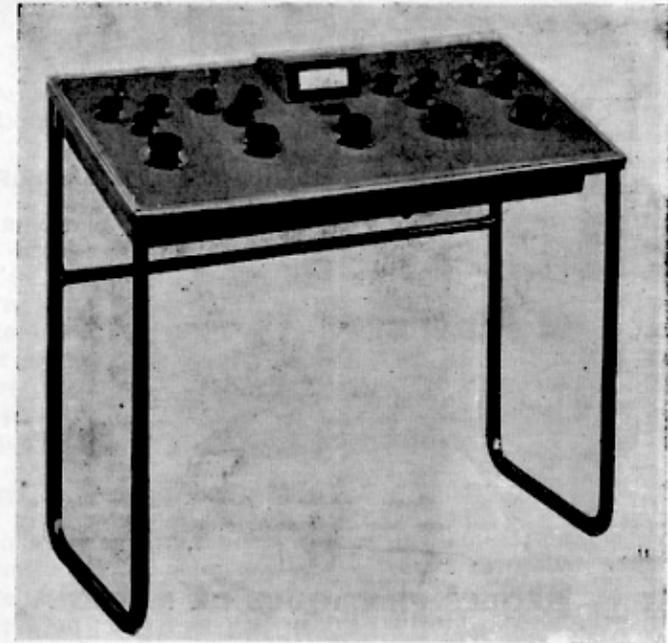


FIG. 111 (a). — Table de Mixage type Cinéma, à 4 canaux.

En général les Tables de Mixage du Cinéma sont plus simples que celles utilisées, en radiodiffusion, mais elles comprennent néanmoins toute une sélection de filtres de présence et de coupure qui rendent leur emploi délicat. (Constructeurs : Officine Prévost à Milan).

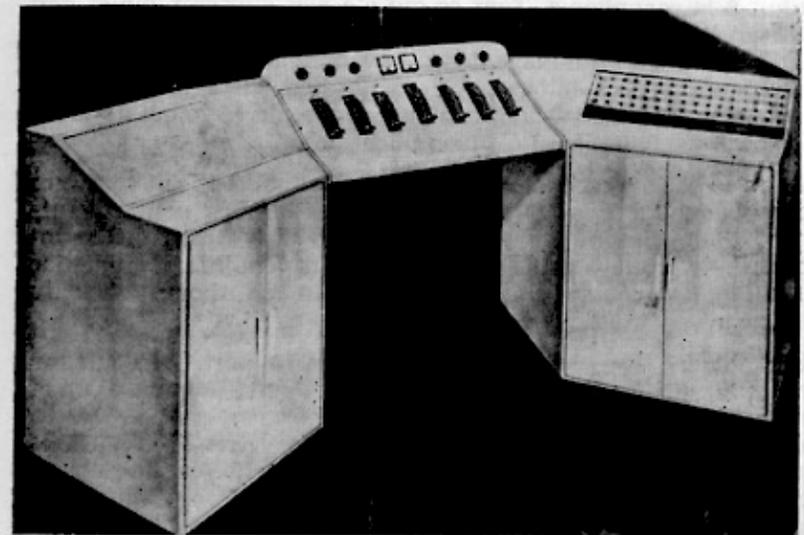


FIG. 111 (b). — Table de Mixage type Cinéma, modèle (sans commande) type...