

Collectif d'auteurs sous la direction de  
**D. Mercier**

# Le livre des techniques du son

**L'exploitation**

*Tome 3*

*5<sup>e</sup> édition*

**DUNOD**

Couverture : Rachid Marai  
Illustrations intérieures : Pascal Mercier,  
Ursula Bouteville-Sanders et Rachid Marai

Mise en page : Belle Page

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1<sup>er</sup> juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du

Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Éditions Fréquences, Paris, 1993, 1998  
pour les deux premières éditions

© Dunod, 2007, 2013, 2019  
11 rue Paul-Bert, 92240 Malakoff  
www.dunod.com

ISBN 978-2-10-079627-4

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

*En mémoire d'André Charlin,  
ce précurseur de génie,  
de Georges Kisselhoff,  
et d'Antoine Bonfanti,  
professionnels de talent.*



# Technique d'artiste et art de technicien

Pierre Schaeffer, dont nul ne peut ignorer l'inestimable contribution à l'art radiophonique, n'était pas favorable, vers la fin des années 1940, à la présence de musiciens à la console de prise de son (ultérieurement, il devait modifier cette opinion). Et il avait coutume de dire : « Les musiciens n'écoutent pas la musique. »

Il y a là beaucoup plus qu'une boutade et, si ce n'est une leçon, c'est du moins un intéressant sujet de réflexion.

La première question qui nous vient à l'esprit sera donc : qu'est-ce donc que les musiciens écoutent ?... et la réponse vient immédiatement : ils n'écoutent que la musique.

Or, la musique est bien faite avec des sons ; et ces derniers possèdent de multiples caractéristiques propres, selon les cas, à nous procurer de multiples plaisirs ou déplaisirs (voire souffrances auriculaires). Il faut donc veiller à la qualité des sons restitués et transmis ; ces sons que, peut-être, les musiciens n'écoutaient pas suffisamment ; mais si cette qualité est, de toute évidence, une condition absolument nécessaire, serait-ce une condition suffisante ?

Pour essayer de le savoir, il est indispensable de prendre conscience du fait qu'une œuvre d'art, quelle qu'elle soit, ne peut, en aucun cas, être confondue avec son support et que, si la perfection de ce dernier est d'une importance considérable, elle ne peut jamais suffire à masquer l'absence d'une pensée sans laquelle il ne peut exister d'objet esthétique durable.

Il y a là une vérité dont tous les artistes créateurs ont toujours eu conscience d'une manière intuitive et, dirais-je, naturellement. Le peintre, par exemple, sait fort bien que les caractéristiques chimiques de ses couleurs ainsi que leur aptitude à réfléchir la lumière ne peuvent être ignorées lors de la conception de sa toile, mais il ne croit jamais (sauf dans certains cas de paranoïa qui ont effectivement existé) qu'elles en constituent l'essence même. Le sculpteur prendra soin du choix de la matière qu'il veut modeler, mais ne croira pas que la séduction exercée par cette matière pourra lui suffire. Et Michel-Ange le savait bien qui, admirant le marbre qu'il avait élu, s'exclamait qu'il devait en faire « sortir son œuvre ». L'écrivain et le poète seront heureux de disposer du meilleur typographe et des caractères les plus élégants disposés sur un papier aussi agréable à l'œil qu'au toucher, mais ils ne négligeront pour autant ni leur grammaire ni leur syntaxe, ni surtout la rigueur de leur pensée. Et même l'architecte, soumis plus que tout autre aux multiples contingences que lui imposent ses matériaux, sait que la beauté profonde de son édifice ne sera pas due au grain des pierres, à la souplesse d'utilisation du béton, à la lumière et à la transparence du verre ou à la

force et la ductilité de l'acier, mais à la manière dont il les aura organisés et projetés de l'abstraite conception de l'épure jusqu'à l'espace sensible du spectateur. Et il semble que ce soit au sujet du seul art des sons (je n'ai pas encore dit : de la musique) que puissent subsister quelques confusions.

Il peut être découvert, à cela, de multiples raisons. La première est que le son touche l'être humain plus profondément que la lumière, comme s'il atteignait immédiatement et directement notre subconscient. Cette puissance est ressentie comme tellement naturelle, l'émotion qu'elle peut provoquer comme tellement intuitive qu'il nous peut arriver d'oublier, sauf bien sûr dans le cas du langage journalier, que, non plus « le » son, mais « les » sons peuvent être le véhicule des significations les plus diverses, qu'elles soient d'ordre sémantique ou d'ordre esthétique. Parlant de la magie des sons, Paul Valéry notait : « On sait comme les ressources de cet univers sont profondes, et quelle présence de toute la vie affective, quelles intuitions des dédales, des croisements et des superpositions du souvenir, du doute, des impulsions ; quelles forces, quelles vies et quelles morts fictives nous sont imposées... »<sup>1</sup>

Mais Igor Stravinsky avait, lui, pris ses distances vis-à-vis de cet univers magique et avait déclaré : « Je considère la musique, par son essence, impuissante à exprimer quoi que ce soit : un sentiment, une attitude, un état psychologique, un phénomène de la nature, etc. Si, comme c'est presque toujours le cas, la musique paraît exprimer quelque chose, ce n'est qu'une illusion et non pas une réalité. C'est simplement un élément additionnel que, par une convention tacite et invétérée, nous lui avons prêté, imposé, comme une étiquette, un protocole, bref, une tenue et que, par accoutumance ou inconscience, nous sommes arrivés à confondre avec son essence. »<sup>2</sup>

Rien mieux que la contradiction de ces deux déclarations n'éclaire la boutade de Pierre Schaeffer. Pour le musicien, du moins celui qui est imprégné de la tradition occidentale, le son est d'abord et avant tout le support de son message, l'essence de ce dernier résidant dans une science et une subtilité d'organisation dont la perception sera génératrice d'émotion esthétique. Pour un tel musicien, le son est d'abord un support, comme il est d'abord un phonème pour l'orateur ; son aptitude à en assembler les relations en fera un langage dont la signification, ainsi que le disait Stravinsky, restera abstraite. Selon l'expression de Boris de Schloezer : « La musique est un langage qui n'exprime que lui-même. »

Mais le musicien, tel que l'entend Stravinsky, n'est pas le seul à exister et, de plus, il n'existe pas **seulement** en tant que tel. Il est **aussi** un amateur de sons. Et, toutes les nuances intermédiaires pouvant être recensées, nous découvrirons des personnes qui sont sensibles avant tout au son lui-même, presque indépendamment du message qu'il véhicule. De sorte que nous devrions en déduire qu'il est bien dommage que nous ne disposions que d'un seul mot, celui de « musique » pour désigner des phénomènes dont il est facile de voir qu'ils sont, entre eux, radicalement différents.

C'est un fait observable que bien des musiciens professionnels et certains amateurs très éclairés vivent intensément la musique au niveau de ce que les philosophes appellent la « mémoire mémorisante ». Pour eux, par exemple, une fugue de Bach restera belle même si le son du piano n'est pas, acoustiquement parlant, tout à fait satisfaisant. Relativement à une conception de la musique que d'aucuns trouvent trop abstraite mais pour laquelle j'ai, personnellement, la plus haute estime, on ne peut leur donner tort. Mais si de tels musiciens ou amateurs très éclairés veulent pratiquer la prise de son, ils risquent d'oublier, voire de ne même pas s'apercevoir, qu'une fugue de Bach est indiscutablement plus appréciée si l'on a le sentiment qu'elle est jouée sur un très bon instrument par un interprète digne d'éloge. La boutade de Pierre Schaeffer doit donc être prise *a contrario* : ils n'écourent **que** la musique. Malheureusement, cette écoute est insuffisante pour qui veut être un bon preneur de son.

1. In *Léonard et les philosophes*.

2. In *Chroniques de ma vie*.

Il paraît évident qu'il doit bénéficier de tout ce qui, dans chacun de ces cas extrêmes, peut être considéré comme une qualité ; et, en fait, tout est qualité puisque nous avons constaté des déficiences et non des excès : ne pas écouter suffisamment les sons ou ne pas écouter suffisamment la musique ; ou encore, dans le cas d'un autre type de message, ne veiller qu'à l'intelligibilité du texte ou sacrifier cette dernière à la séduction de l'ambiance sonore.

En ce qui concerne cette ambiance sonore, c'est-à-dire la restitution (ou la création) parfaite, du fait acoustique accompagné de tout ce qui en fait la beauté immédiatement sensible, il n'y a lieu d'ouvrir aucune discussion car le consensus se fait immédiatement : le preneur de son doit être possesseur d'une excellente oreille (disons une oreille au moins statistiquement normale) et connaître parfaitement tous les aspects techniques de son métier. En ce qui concerne la restitution du message dans sa « totalité », c'est-à-dire dans le respect de sa construction et de sa signification, les avis peuvent être davantage partagés puisqu'il s'agit là d'un aspect plus culturel que technique. Le preneur de son cesse d'être seulement un exécutant pour devenir un véritable interprète et, à ce titre, son rôle est considérable. En ce qui concerne la musique, on l'a parfois comparé à un « chef d'orchestre clandestin » ; en ce qui concerne les différentes formes d'expression littéraires ou poétiques, s'il ne peut être exactement comparé à un metteur en scène ou à un réalisateur, disons du moins qu'il est toujours leur collaborateur le plus indispensable et le plus précieux, voire leur véritable double. Il faut convenir que c'est là demander au preneur de son parfait beaucoup de qualités et, au cours d'une carrière assez longue pendant laquelle j'ai toujours pris la défense de cette profession, il me fut souvent reproché soit d'être trop exigeant, soit de vanter exagérément les qualités nécessaires à la bonne réussite d'une production. Il est facile de répondre que, dans cette exigence et dans cette fierté, réside toute la noblesse de notre métier. Les candidats à son exercice n'y voient souvent, d'abord, que les aspects séduisants. Puis-je me permettre de les encourager de veiller, d'abord, à l'étendue des connaissances qu'il faut acquérir si l'on veut se montrer digne des œuvres, et souvent chefs-d'œuvre dont, auprès du public, ils seront les intercesseurs. Mais acquérir les dites connaissances ne peut être qu'une joie. Et nous avons toujours constaté que, à qualités égales d'aptitudes auriculaires et de connaissances techniques, le meilleur preneur de son était toujours le plus cultivé.

*Michel Philippot*<sup>1</sup>

---

1. Ancien conseiller scientifique de l'Institut national de l'audiovisuel, et ancien professeur de composition au Conservatoire national supérieur de musique de Paris.





# Table des matières

---

## AVANT-PROPOS

---

XVII

---

## CHAPITRE 1 – LA PRISE DE SON STÉRÉOPHONIQUE

---

1.1	Introduction	1
1.2	La notion d'image sonore	2
1.3	Classification et définition des critères d'analyse de l'image sonore	4
1.3.1	Préambule	4
1.3.2	L'établissement d'un diagnostic	4
1.3.3	Les critères de construction	4
1.3.4	Les critères d'équilibre	6
1.3.5	Les critères de définition	7
1.3.6	Les critères de localisation	8
1.3.7	Les critères de réverbération	9
1.3.8	Analyse et écoute	10
1.4	Les outils de la prise de son stéréophonique	10
1.4.1	De l'écoute binaurale à la stéréophonie	10
1.4.2	L'angle de prise de son	12
1.4.3	Historique de la prise de son stéréophonique	13
1.4.4	Les systèmes de prise de son de type coïncidents	15
1.4.5	Les systèmes de prise de son de type A-B	20
1.4.6	Systèmes stéréophoniques à plus de deux microphones	26
1.4.7	Tableau comparatif des systèmes stéréophoniques	28
1.4.8	La prise de son multimicros	28
1.5	Choix et préparatifs d'une séance d'enregistrement	35
1.5.1	L'œuvre à enregistrer	35
1.5.2	Le choix du lieu	35
1.5.3	Les préparatifs	38
1.6	La séance d'enregistrement	40
1.6.1	La balance	40
1.6.2	Les instruments solistes	42
1.6.3	Les duos	53
1.6.4	Les petites formations	58
1.6.5	Les grandes formations	62

1.6.6	Le <i>live</i> ou enregistrement public en concert	72
1.6.7	Les relations humaines	75
1.6.8	La direction musicale	76
1.7	La postproduction	80
1.7.1	Le montage	80
1.7.2	L'écoute finale	83
1.7.3	Les « rustines » ou corrections de montage	84
1.7.4	Le prémastering audio	85
1.8	Les outils de prise de son en multicanal	86
1.8.1	Les limites de la stéréophonie à deux canaux	87
1.8.2	La tête artificielle à quatre canaux de Georges Kisselhoff	88
1.8.3	Le <i>surround</i> et le multicanal	91
1.8.4	Le système de prise de son Atmos ASM-5 de Dirk Brauner	92
1.8.5	Le système SoundField multicanal	93
1.8.6	Les systèmes Schoeps	95
1.8.7	Le système MMAD ( <i>Multichannel Microphone Array Design</i> )	97
1.8.8	Le système Holophone	97
1.8.9	Le système Trinnov audio	98
1.8.10	Synthèse sur le multicanal	100
1.9	Conclusion	101
1.10	Bibliographie	101

---

## CHAPITRE 2 – LES SUPPORTS AUDIO

---

2.1	Les formats de l'audio grand public	103
2.1.1	Le disque vinyle	103
2.1.2	Les supports magnétiques	106
2.1.3	Le Compact Disc (CD)	108
2.1.4	La famille du CD	110
2.1.5	Le DVD ( <i>Digital Versatile Disc</i> )	116
2.2	Prémastering des disques	124
2.2.1	Le prémastering du disque vinyle	124
2.2.2	Le prémastering numérique	128
2.2.3	Le prémastering du CD	131
2.2.4	Le prémastering du DVD	132
2.3	Mastering des disques optiques	136
2.3.1	Contrôle de conformité	136
2.3.2	<i>Glass Master</i>	136
2.3.3	Ensemble LBR	137
2.3.4	La gravure proprement dite	137
2.4	La galvanoplastie et le pressage	138
2.4.1	Disques vinyles	138
2.4.2	CD et DVD	140
2.5	Les supports informatiques	141
2.5.1	Les différents supports	143
2.5.2	La sécurité du stockage	144

2.5.3	L'audio sous IP	144
2.5.4	Les différents types de fichiers	145
2.5.5	Les principaux « conteneurs » audio	149
2.5.6	Les technologies réseau	149
2.5.7	Qualité subjective	150
2.6	Conclusion	151
2.7	Bibliographie	151

---

## CHAPITRE 3 – LE STUDIO D'ENREGISTREMENT

---

3.1	La préproduction	153
3.1.1	La maquette	153
3.1.2	La production musicale	155
3.1.3	Les différents choix	156
3.2	Le studio d'enregistrement	159
3.2.1	Le lieu de prise de son	160
3.2.2	La cabine, l'écoute	163
3.2.3	Le matériel du studio	164
3.2.4	Le câblage et la maintenance	167
3.3	La séance d'enregistrement	167
3.3.1	La préparation	167
3.3.2	L'enregistrement des bases	168
3.3.3	Les manipulations sur la console	177
3.3.4	Les notations de séance	180
3.4	Les séances de <i>re-recording</i>	181
3.4.1	Historique	181
3.4.2	Les opérations sur le système d'enregistrement	182
3.4.3	Les sections musicales	184
3.4.4	La voix	187
3.4.5	Les chœurs	188
3.4.6	La préparation au mixage	189
3.5	Le mixage	190
3.5.1	La psychologie du mixage	190
3.5.2	La cabine de mixage	192
3.5.3	La séance de mixage	195
3.6	L'enregistrement par un studio mobile	198
3.6.1	Description d'un studio mobile	198
3.6.2	La prise de son	201
3.6.3	Le spectacle	205
3.6.4	La postproduction	206
3.7	Conclusion	206
3.8	Bibliographie	207

---

 CHAPITRE 4 – LA SONORISATION
 

---

4.1	Les contraintes de production	209
4.1.1	Intelligibilité et confort d'écoute	209
4.1.2	La propagation du son	210
4.1.3	Niveau et gain	213
4.1.4	Les retours de scène	215
4.2	Le choix du système de diffusion	216
4.2.1	Le repérage	216
4.2.2	Les paramètres techniques	217
4.2.3	Les types de systèmes traditionnels	221
4.2.4	Les <i>line arrays</i>	224
4.2.5	Les principes de diffusion	226
4.2.6	Choix et simulation	229
4.3	Installation et réglages	230
4.3.1	La mise en place du système de diffusion	231
4.3.2	Les régies	234
4.3.3	Le câblage	236
4.3.4	La mise en route du système	241
4.3.5	Alignement des niveaux	244
4.3.6	Écoute et réglage du système	245
4.4	La balance	247
4.4.1	La pose des microphones	248
4.4.2	Les retours	251
4.4.3	La façade	254
4.5	Le spectacle	256
4.5.1	Les conditions « spectacle »	256
4.5.2	Le mixage	257
4.5.3	Le suivi du spectacle	258
4.5.4	La tournée	260
4.6	Conclusion	262
4.7	Bibliographie	262

---

 CHAPITRE 5 – LE THÉÂTRE
 

---

5.1	Le spectacle	263
5.1.1	À travers les siècles	263
5.1.2	Les débuts de la sonorisation	265
5.1.3	Le son au théâtre	268
5.2	Le lieu scénique	271
5.2.1	La salle, la scène	271
5.2.2	L'« équipage » d'un théâtre	274
5.2.3	L'organisation du travail	277
5.3	L'exploitation du matériel son	277
5.3.1	La régie son	277
5.3.2	Le câblage	287

5.3.3	La diffusion	291
5.3.4	La diffusion assistée par ordinateur	295
5.3.5	Les outils interactifs	297
5.3.6	Les liaisons	300
5.4	La création sonore	304
5.4.1	La conception	304
5.4.2	La réalisation de la « bande-son »	304
5.4.3	Mises au point finales de la bande-son	308
5.5	La conduite son	309
5.5.1	Établissement de la conduite son	309
5.5.2	Avant le spectacle	310
5.5.3	Pendant le spectacle	311
5.5.4	Le cas de la tournée	314
5.6	Conclusion	317
5.7	Bibliographie	317

---

## CHAPITRE 6 – LA RADIO

---

6.1	L'organisation technique d'une station de radio	320
6.1.1	Généralités	320
6.1.2	Les studios	321
6.1.3	Les lieux techniques	327
6.1.4	L'équipement de la radio	329
6.1.5	Les outils spécifiques de la radio	337
6.2	Le contrôle du programme	339
6.2.1	L'enregistrement des éléments sonores	339
6.2.2	Le traitement des éléments sonores	343
6.2.3	Le programme radiophonique	347
6.2.4	Les serveurs du réseau de production	354
6.3	Les productions spécifiques à la radio	355
6.3.1	La voix	355
6.3.2	Le reportage	356
6.3.3	Les retransmissions	359
6.3.4	La fiction	361
6.3.5	La fiction en multicanal	365
6.4	La radiodiffusion	368
6.4.1	Principes de la radiodiffusion analogique	368
6.4.2	La modulation d'amplitude	370
6.4.3	La modulation de fréquence	373
6.4.4	La FM et la stéréophonie	374
6.4.5	L'écoute de la radio en voiture : le RDS ( <i>Radio Data System</i> )	376
6.4.6	Le traitement de la dynamique sur la bande FM	378
6.5	La radiodiffusion numérique	380
6.5.1	L'intérêt de la diffusion numérique pour les radios	380
6.5.2	Le DAB ( <i>Digital Audio Broadcasting</i> )	380
6.5.3	Le DRM ( <i>Digital Radio Mondiale</i> )	383

6.5.4	La radiodiffusion numérique par satellite	385
6.5.5	La radio et Internet	386
6.6	Conclusion	387
6.7	Bibliographie	387

---

## CHAPITRE 7 – LE CINÉMA SONORE

---

7.1	Historique	389
7.1.1	La naissance du film sonore	389
7.1.2	Mariage de l'image et du son	392
7.1.3	Le son du film	396
7.2	La préparation du film	397
7.2.1	Le découpage	397
7.2.2	Les repérages	397
7.3	Le tournage	398
7.3.1	L'équipe de tournage	398
7.3.2	Le matériel de prise de son	400
7.3.3	La prise de son synchrone : le tournage	405
7.3.4	Les sons non synchrones	414
7.3.5	La technique du <i>play-back</i>	415
7.3.6	Transferts et projections	415
7.4	La postproduction	419
7.4.1	Le montage de l'image	419
7.4.2	La postsynchronisation, le doublage	423
7.4.3	Le bruitage	426
7.4.4	Le montage son et le <i>sound design</i>	428
7.4.5	La musique	431
7.5	Le mixage	433
7.5.1	Le rôle du mixeur	433
7.5.2	La préparation du mixage	434
7.5.3	Le contexte du mixage	436
7.5.4	Utilisation du <i>Loudness</i>	441
7.5.5	La pratique du mixage	444
7.5.6	Le mixage de la Version Originale	449
7.5.7	Les différentes versions du mixage	453
7.5.8	Le mixage en réalité virtuelle	455
7.6	La copie standard	457
7.6.1	La copie standard photochimique	457
7.6.2	La copie standard pour le cinéma numérique	462
7.6.3	La reproduction du son en salle	465
7.7	Conclusion	468
7.8	Bibliographie	469

---

 CHAPITRE 8 – LA TÉLÉVISION
 

---

8.1	Les moyens techniques	474
8.1.1	Les moyens légers	474
8.1.2	Le studio de télévision	479
8.1.3	La régie son	484
8.1.4	Le câblage	490
8.1.5	Le tournage extérieur	496
8.2	Les méthodes de prise de son	499
8.2.1	Prise de vue et prise de son	499
8.2.2	Les conditions de tournage	500
8.2.3	Les microphones à l'image	501
8.2.4	Les microphones hors champ	506
8.2.5	Les liaisons HF	508
8.2.6	La sonorisation	511
8.2.7	Le public	516
8.2.8	Mono – stéréo – <i>surround</i>	517
8.3	Les procédures d'exploitation	519
8.3.1	La production	519
8.3.2	L'installation des moyens audio	521
8.3.3	L'équipe de prise de son	526
8.3.4	Émissions enregistrées par séquences	527
8.3.5	Émissions en direct ou enregistrées dans les conditions du direct	531
8.3.6	Le cas particulier des retransmissions sportives	534
8.4	La postproduction	537
8.4.1	Le montage image et son	537
8.4.2	La régie de mixage son	542
8.4.3	La postproduction son	543
8.4.4	La postproduction d'un programme musical en multipistes	549
8.4.5	La finalisation de l'image et du son	551
8.5	La transmission	553
8.5.1	Les systèmes de transmission	553
8.5.2	La régie finale	559
8.6	Conclusion	560
8.7	Bibliographie	561

## Collectif d'auteurs sous la direction de Denis Mercier

### **Denis Mercier**

Preneur de son, réalisateur sonore sur des productions disques, films, spectacles, etc. Enseignant dans le département Son de l'ESAV de Marrakech. Ancien responsable des stages « son » de formation continue à Auvigraph, ENS Louis-Lumière.

### **Sébastien Noly** (chapitre 1)

Musicien-metteur en ondes. Ingénieur acousticien DPE pour la société Sonogramme. Professeur associé à l'ENSATT.

### **Jean-Luc Ohl** (chapitre 2)

Ingénieur ENSEA. Directeur commercial de la société 44.1.

### **Pieter Durovic III** (chapitre 3)

Ingénieur du son en studio d'enregistrement. Sonorisation et enregistrement mobile. Conception et acoustique de studios.

### **Tony Lheureux** (chapitre 4, avec la collaboration de **Rory Sanchez**)

Ingénieur du son en sonorisation. Directeur technique sur spectacles et concerts.

### **Pablo Bergel** (chapitre 5, avec la collaboration de **Clémentine Bergel**)

Concepteur. Régisseur son. Directeur technique. Ingénieur conseil électro-acoustique.

### **Bertrand Dupuich** (chapitre 6)

Product owner services & outils techniques, Radio France.

### **Jacques Van den Driessche** (chapitre 6)

Ancien responsable des laboratoires de Radio France.

### **Denis Guilhem** (chapitre 7)

Chef opérateur du son cinéma.

### **Jean-Marc Aringoli** (chapitre 8)

Ingénieur du son indépendant.



# Avant-propos

Voici, flamboyante, la cinquième édition du troisième tome du *Livre des techniques du son*. Comme pour les deux autres tomes de la série, nous avons sollicité les auteurs, tous des professionnels, afin de revisiter l'ensemble des chapitres sur ce tome consacré à *L'exploitation*. À chaque édition, nous en profitons pour faire le point sur les nouvelles méthodes de travail qui se développent dans les différents domaines de l'audio professionnel que ce soit lors de la prise de son, des opérations de postproduction et même dans les domaines de la diffusion.

Ainsi le chapitre 6 sur la « radio » a été largement révisé pour donner sa place à tous les aspects de la radio d'aujourd'hui avec le rôle d'Internet tout au long du processus. De même il est question de *data management* dans le chapitre 7 sur le « cinéma sonore » car dorénavant les supports physiques ont laissé place à des fichiers informatiques avec leurs métadonnées... Le cas de la VR360 fait aussi l'objet d'une section puisqu'elle demande un traitement spécifique du son. Nous abordons aussi les contrôleurs informatiques utilisés dans le spectacle à la fin du chapitre 5 sur le « théâtre ». Et bien entendu nous faisons le point sur la normalisation ainsi que sur l'utilisation des matériels et des techniques propres à nos métiers si diversifiés.

Les auteurs, une nouvelle fois, se sont donc mobilisés pour que cet ouvrage soit toujours dans l'actualité du moment, et nous les en remercions.

Tout au long du livre, des renvois au premier tome (528 pages, 5<sup>e</sup> édition, 2015) permettent à qui le souhaite de compléter sa lecture. Rappelons les titres des chapitres du tome 1 *Notions fondamentales* : 1 Acoustique fondamentale – 2 Les sources acoustiques – 3 Acoustique architecturale – 4 La perception auditive – 5 Le signal – 6 Notions fondamentales de l'électricité – 7 L'enregistrement magnétique – 8 La technologie audionumérique.

De même, des renvois au second tome (640 pages, 5<sup>e</sup> édition, 2017) permettent d'approfondir la description de chaque matériel et sa mise en œuvre. Les chapitres du tome 2 *La technologie* sont les suivants : 1 Introduction à la technologie audiofréquence – 2 Les microphones – 3 Les enceintes acoustiques – 4 Les consoles – 5 Le traitement du son – 6 Les systèmes d'enregistrement et les réseaux audio – 7 La synchronisation – 8 Les sources électroniques et le MIDI.

Nous avons toujours le même plaisir à rencontrer de jeunes professionnels en activité qui nous disent que c'est avec *Le Livre des techniques du son* qu'ils ont préparé et réussi l'entrée dans leur école et que le livre ne les a pas quittés pendant toute leur formation.

Nous poursuivons notre effort pour que cet ouvrage reste la référence qu'il a toujours été auprès des professionnels du son et qu'ainsi chacun puisse y avoir accès pour trouver une information, une explication, un développement, une référence...

Il ne me reste qu'à vous souhaiter bonne lecture et surtout bon travail, que ce soit lors d'un tournage, en studio d'enregistrement, sur un plateau, sur scène, en auditorium de postproduction... ici en France... en Europe ou au bout du monde !

Denis Mercier



# Chapitre 1

## La prise de son stéréophonique

**Sébastien Noly**

*Musicien-metteur en ondes. Ingénieur acousticien DPE pour la société Sonogramme. Professeur associé à l'ENSATT*

*(Précédentes éditions rédigées par **Georges Kisselhoff**)*

La musique dite classique – terme général qui englobe les musiques ancienne, classique, baroque, romantique, religieuse... – est une forme d'expression sonore qui existe en soi. Entendons par là qu'elle existait déjà avant l'invention du haut-parleur et qu'elle n'a pas besoin de lui pour se faire entendre. Ces musiques ont été composées pour s'exprimer par le truchement d'instruments, de voix vers un public présent dans la salle où elle est jouée. L'enregistrement permet aux mélomanes d'emporter ces interprétations musicales chez eux et les apprécier au calme, à volonté, sans dépendre des programmes de concerts.

Les évolutions technologiques n'ont pas cessé depuis le siècle dernier. Elles accompagnent une augmentation des exigences de prise de son sans lesquelles les résultats peuvent être décevants. Nous nous attacherons donc à décrire l'État de l'Art, en précisant certains concepts et définitions, en exposant les outils et leur mise en œuvre et enfin en proposant des perspectives.

### 1.1 Introduction

L'enregistrement de la musique classique, le plus souvent acoustique, comporte une contrainte fondamentale : le résultat obtenu sur les haut-parleurs doit reproduire le mieux possible l'interprétation originale. L'audition en direct de l'œuvre reste le seul critère de comparaison ; cela n'implique nullement de réaliser un banal constat des notes jouées. Au cours de son jeu le musicien s'investit physiquement et psychiquement, aboutissant à une interprétation qui confère à l'œuvre

un certain climat et une certaine éloquence. En direct, pour l'auditeur, la perception de ces deux facteurs est facilitée par la vue : l'auditeur est aussi spectateur. En même temps qu'il ressent les moments de tension et de détente dans la musique, il les voit dans les gestes des interprètes et les lit sur leur visage.

Hors captation vidéo, l'enregistrement exclut la vision des interprètes. L'ingénieur du son ne peut capter que des ondes sonores à l'aide de moyens techniques qui sont heureusement aujourd'hui très performants. Il doit les capter dans leur plénitude : elles sont mélodie, timbres, harmonie ou dissonance, et portent en même temps climat et émotion. Pour que l'enregistrement soit bon il faut que tous ces éléments soient restitués.

L'ingénieur du son s'apparente dans sa démarche au portraitiste peintre ou photographe. Il est impératif que le sujet du portrait soit reconnaissable sans la moindre hésitation. Mais l'artiste garde la liberté de saisir une expression fugitive du visage qu'il fixera sur sa toile ou sa pellicule, expression qu'il pourra encore accentuer ou interpréter à l'aide d'un éclairage approprié.

En prise de son, cet éclairage s'obtient en dosant présence et plans sonores. En résumé, les moyens dont dispose l'ingénieur du son relèvent du domaine de la technique. Ils sont de ce fait purement objectifs. La décision de les utiliser de telle ou telle façon sera dictée à la fois par ses connaissances acoustiques et techniques (domaine objectif) et sa sensibilité musicale qui lui permettra de juger si l'esthétique de sa prise de son s'harmonise avec l'esthétique de l'œuvre et de l'interprétation (appréciation purement subjective). Une part d'intuition est donc aussi nécessaire.

Dans ce domaine, le rôle de l'ingénieur du son est de rester humble – mais non passif – devant la Musique : Elle commande, lui réalise.

La révolution numérique et le développement d'Internet dans la vie quotidienne ont modifié les contraintes liées aux supports d'enregistrement de production et aux moyens de diffusion. La substitution des techniques analogiques par les techniques numériques et informatiques a permis aux données une grande diversité de traitement en ajoutant cependant certaines contraintes en matière de sauvegarde et en général, de gestion des données.

Affranchi de ces contraintes parfois pesantes, l'ingénieur du son peut et doit s'interroger en permanence sur la conduite de sa prise de son et de son traitement. Il doit opérer avec le plus grand soin un contrôle qualité de son travail afin de le mettre en conformité avec le projet esthétique. Il est impensable de se reposer sur les avancées technologiques pour imaginer pouvoir corriger plus tard, ce qui pose un problème sur place.

Ainsi, il est amené à se poser des questions portant sur la définition du projet initial, le choix des lieux, des outils adaptés au mieux à l'interprétation musicale, dans le respect de l'œuvre et des interprètes.

Au travers de la multiplicité des étapes qui vont lui permettre de livrer son produit, l'ingénieur du son doit donc garder le cap en restant à l'écoute de son image sonore.

Il a besoin pour cela d'une méthode d'analyse puissante qu'il pourra utiliser lors de la prise de son, mais aussi au mixage et au mastering audio.

## 1.2 La notion d'image sonore

Nous pouvons définir l'image sonore comme la représentation mentale ou immatérielle que l'on se fait d'une source sonore ou d'un ensemble de sources sonores implantées dans un environnement acoustique donné ou à créer, en l'absence totale de vision.



Ensemble Squillante (nonet de saxophones) au studio Guimick pour le disque *Spaccata* avec Daniel Casimir (éditions Sonogramme).

Ainsi les enceintes acoustiques qui reproduisent cette image sonore ne sont considérées que comme les transducteurs des signaux qui matérialisent l'image sonore. Elles constituent dans la suite de cet exposé un système de reproduction sonore.

L'image sonore est bien produite par le preneur de son et doit pouvoir être caractérisée tout au long de son élaboration afin d'en évaluer la conformité par rapport au projet initial défini par les parties prenantes (artistes interprètes, direction musicale, direction artistique et production).

Nous avons donc besoin de définir des critères précis pour caractériser objectivement et rapidement l'image sonore. Grâce à ces critères, une analyse permanente permet donc, d'une part l'évaluation objective du produit à livrer et d'autre part, lorsqu'elle est partagée par les parties prenantes, de fluidifier les rapports humains, les échanges, la compréhension commune et donc l'efficacité du travail effectué.

**Remarque sur l'évolution technologique de l'image sonore :** cette notion d'image sonore existait dès la monophonie et subsiste sur les systèmes de reproduction sonore à plusieurs canaux que l'industrie cherche à développer. On considère pour la suite de cet exposé un système de reproduction sonore constitué de deux enceintes identiques et établissant avec le point d'écoute un triangle équilatéral. Cet exposé s'appuie sur un système de reproduction sonore stéréophonique à deux canaux (voir § 4.2.3 – tome 1).

Ce système à deux haut-parleurs peut paraître archaïque face aux systèmes 5.1, 7.1... et jusqu'à 22.2 ! (voir § 1.8.3), mais il reste le premier système capable de produire suffisamment d'informations pour que le cerveau de l'auditeur puisse reconstruire l'image sonore telle qu'il pourrait la percevoir en étant présent au concert.

Ce système de reproduction sonore capable de produire du relief reste donc parfaitement d'actualité compte tenu des conditions d'écoute chez les particuliers. Il peut être complété par le casque, qui reste à ce jour, le moyen le plus simple et économique d'écoute et d'analyse d'une image sonore, même s'il procure une certaine fatigue et isole l'auditeur du monde réel.

## 1.3 Classification et définition des critères d'analyse de l'image sonore

### 1.3.1 *Préambule*

Les critères que nous proposons, ne font l'objet à l'heure actuelle d'aucune normalisation internationale. On trouve dans la littérature des tentatives de définition et de proposition de critères, notamment chez les Anglo-Saxons, mais à chaque fois, il s'agit plus de l'initiative d'une personne ou d'un groupe de personnes que d'un organisme de normalisation comme l'AES ou l'ISO [15]. Néanmoins, on remarque depuis quelque temps, et notamment grâce à l'enseignement d'éminents professeurs, tels que M. Guy Laporte au Conservatoire de Paris, qu'il existe un certain consensus et un réel partage autour de certains termes.

Les critères que nous proposons dans cet exposé, ont été testés sur un nombre très important de productions sonores réalisées pour l'industrie phonographique, la diffusion télévisée et pour la fourniture de musique de film. Ils ont aussi été validés lors d'un très grand nombre de séances d'écoute collective dans le cadre pédagogique à l'École nationale supérieure des arts et techniques du théâtre, au Centre de formation professionnelle des techniciens du spectacle et à l'Institut national de l'audiovisuel.

### 1.3.2 *L'établissement d'un diagnostic*

Ces critères ainsi évalués doivent permettre de faire un diagnostic objectif de la prise de son au cours des différentes étapes (prise de son et mixage principalement). Ce diagnostic donne la capacité de corriger quasi instantanément un ou plusieurs paramètres de la prise de son : placement du musicien dans l'espace, placement des musiciens entre eux, choix et placement du ou des microphones, modifications locales de l'acoustique du lieu lorsque c'est possible et/ou nécessaire, corrections des paramètres de traitement liés à l'égalisation, à la compression et à la spatialisation. Ces réglages doivent garantir l'homogénéité et la cohérence de l'image sonore par rapport à l'objectif fixé.

Les principaux critères que nous avons retenus peuvent se classer par catégories et interviennent sur la construction, les équilibres, la définition, la localisation et la réverbération.

### 1.3.3 *Les critères de construction*

Les critères de construction permettent une analyse des dimensions de l'image sonore sur trois points : la largeur, la profondeur et le relief. Ils sont déterminants sur la capacité d'une image sonore à restituer l'acoustique de la salle ou celle qui aura été ajoutée au mixage, ainsi qu'à restituer le rayonnement acoustique naturel des sources sonores.

Les critères de construction définissent donc le cadre dans lequel nous pourrions ensuite placer les sources sonores. Comme en peinture ou en photographie, on définit de la même façon un cadre, des perspectives et des lignes de fuite afin de placer des objets ou des sujets dans un environnement visuel donné.

À cette étape, on construit l'image sonore comme un peintre peut concevoir un tableau ou un architecte dessiner un plan en perspective. Ainsi, l'évaluation des critères de construction concourt à la robustesse et à l'homogénéité de l'édifice.

#### ◆ **La largeur**

On distingue deux types de largeur :

- la « largeur du sujet » : le sujet est constitué par une source sonore ou un ensemble de sources sonores disposées dans un plan horizontal plus ou moins étendu. Considérons par exemple

le quatuor à cordes : les quatre instrumentistes occupent de façon conventionnelle la scène sonore, avec sur la gauche le premier violon, au centre gauche le second violon et au centre droit l'alto, enfin sur la droite le violoncelle. Dans le cas de l'orchestre symphonique, on identifie les instruments qui se trouvent de la gauche vers le centre (la plupart du temps, les pupitres de violons) et ceux qui se trouvent du centre vers la droite (généralement les violoncelles et les contrebasses). Ainsi un orchestre symphonique a une plus grande largeur qu'un violon solo situé au centre de la rampe stéréophonique ;

- la « largeur globale » intègre le volume acoustique de la salle restitué entre les deux enceintes, c'est-à-dire l'impression d'espace dépendant essentiellement des caractéristiques acoustiques du lieu d'enregistrement et/ou du choix de programme de réverbération artificielle et de la distance qui sépare le sujet du système de prise de son principal.

Cette distinction se justifie donc ainsi : la distance entre la source sonore et le système de prise de son fixe la largeur du sujet alors que l'importance de l'acoustique de la salle influe sur la largeur globale.

Par exemple, un orchestre symphonique enregistré dans une acoustique généreuse et réverbérante et assez loin du couple principal, donnera une image du sujet étroite mais avec une largeur globale importante. Au contraire le même orchestre symphonique enregistré de près dans une acoustique pauvre et sèche, sera perçu par une largeur de sujet importante et une largeur globale plus petite que dans le cas précédent. Il faut être capable d'évaluer ces deux types de largeur de façon simultanée.

#### ◆ La profondeur

La profondeur est définie par la distance de la source sonore qui se situe le plus loin possible de l'auditeur dans l'image sonore.

Si on reprend l'exemple de l'orchestre symphonique, la profondeur sera définie par la position de la source la plus éloignée de l'auditeur. Il peut s'agir des percussions ou des cuivres selon les dispositions retenues par le chef d'orchestre.

La profondeur et la largeur sont deux dimensions principales qui conditionnent l'espace aménagé par le preneur de son pour que les sources sonores puissent avoir la place nécessaire à leur rayonnement acoustique. Un espace trop petit ne permettra pas d'optimiser les autres critères car le recouvrement spatial des sources entraînera un manque de définition et de transparence de chaque source et accentuera les masquages fréquentiels d'une source sonore sur les autres.

#### ◆ Le relief

Le relief mesure la présence des plans sonores et leur étalement depuis le premier plan (que l'on peut appeler le plan « zéro ») où se situe le système de prise de son principal, jusqu'au plan le plus éloigné dans le sens de la profondeur.

Ce critère ne doit pas être confondu avec la profondeur qui est la mesure du plan le plus éloigné, alors que le relief évalue une « mesure » relative entre les différents plans sonores.

Le relief de l'image sonore peut s'apparenter à la perspective en architecture ou en photographie dans le sens qu'indique le mot grec *stereos*.

Par exemple, une image sonore d'orchestre symphonique ayant un bon relief doit pouvoir rendre perceptible à l'auditeur le plan des cordes, le plan des bois, puis celui des cuivres et de la percussion. Ainsi en fermant les yeux, l'auditeur doit pouvoir replacer les différents pupitres dans leurs positions naturelles sur scène.

On peut aussi imaginer ce même orchestre enregistré de loin dans une acoustique très réverbérante. L'image sonore aura alors une grande profondeur mais très peu de relief. Ainsi le réalisme de l'image sonore et son côté vivant dépendent directement de la présence de relief ou pas.

### 1.3.4 Les critères d'équilibre

Les critères d'équilibre rendent compte de l'homogénéité énergétique dans le domaine spectral et dans le domaine dynamique. Ils rendent compte aussi de la cohérence acoustique des sources sonores entre elles, de l'espace qu'elles occupent.

#### ✦ L'équilibre spectral

L'équilibre spectral évalue la cohérence énergétique sur l'ensemble du spectre que l'on peut découper pour commencer l'apprentissage de l'écoute en trois bandes principales : grave, médium, aigu.

L'équilibre spectral dépend donc de la linéarité fréquentielle des sources sonores constituant le sujet, mais aussi du spectre de la réverbération qui englobe ces mêmes sources. Pour autant on ne doit pas négliger la linéarité de la chaîne d'enregistrement et surtout la linéarité de la chaîne de reproduction sonore qui peut interférer sur ce jugement de l'équilibre spectral.

#### ✦ L'équilibre dynamique

L'équilibre dynamique évalue la cohérence énergétique entre les niveaux les plus faibles et les niveaux les plus élevés. L'équilibre dynamique permet de rendre compte de la sensation de nuances musicales sans lesquelles aucune émotion n'est possible.

Si la présence des supports numériques a amené de meilleurs rapports signal/bruit, la réalité acoustique subsiste. De ce fait, même si une grande dynamique d'un point de vue technique permet de faire « passer » une dynamique d'orchestre importante, il faut pouvoir conserver la perception des nuances et du jeu musical aux faibles niveaux acoustiques. Ainsi même pour des phrasés dans les pianissimi, l'intelligibilité de l'interprétation musicale doit rester. Un bon équilibre dynamique permet cela.

Un autre aspect sur la dynamique concerne les pratiques de compression de dynamique souvent nécessaire compte tenu des possibilités réelles de reproduction sonore chez le particulier, fonction de la qualité de son système de lecture et d'écoute mais aussi de la qualité de l'acoustique et de l'isolement phonique de sa pièce d'écoute et des niveaux de diffusion pratiqués.

Ce principe de réalité implique une intelligence dans la gestion de cette compression aux différentes étapes de la réalisation de l'image sonore. Cela peut se faire dès la prise de son, puis au mixage, et encore au moment du mastering audio.

Les équilibres spectral et dynamique permettent de savoir si les sources peuvent être perçues dans leur plénitude sonore et leur naturel.

#### ✦ L'équilibre de construction

L'équilibre de construction est défini par plusieurs points :

- la cohérence de la place ou du volume occupé par les sources dans l'image sonore ;
- la cohérence entre la largeur du sujet et la largeur globale (sujet + acoustique de la salle).

Ces deux points permettent d'évaluer si les différentes sources sonores sont présentées sous la même échelle. On peut encore parler de cohérence et/ou d'homogénéité de proportions entre les sources elles-mêmes et l'acoustique qui les lie. On peut rapprocher la cohérence de



construction de l'équilibre des volumes des différents corps de bâtiments d'un monument dessiné par un architecte.

On peut aussi rapprocher cette cohérence du caractère homothétique des sujets mis en perspective dans une photographie bien réalisée.

Ce critère d'équilibre de construction doit être évalué lors de l'analyse des largeurs, de la profondeur et du relief, car s'il révèle une incohérence, il faut pouvoir identifier puis rectifier immédiatement le problème avant d'aller plus loin dans l'analyse.



*Auditorium Maurice Ravel à Lyon : comparaison de systèmes de prise de son multicanal (photo © Helmut Wittek).*

### 1.3.5 Les critères de définition

#### ◆ La définition

La définition de l'image sonore peut être comparée à la netteté, au piqué de l'image photographique. Elle est donc liée à la qualité de la capture et de l'inscription du signal dans laquelle entrent en jeu :

- la qualité des microphones et la pertinence de leurs placements au regard de la directivité des sources acoustiques ; leur multiplication peut rendre l'image plus floue par la reprise sur un microphone des autres instruments ;
- la linéarité de la chaîne d'enregistrement et de traitement de l'information tout au long de la confection de l'image sonore, notamment en postproduction. En effet, la qualité des câbles et des préamplificateurs microphoniques ainsi que des convertisseurs est aujourd'hui telle que la définition du signal enregistré a toutes les chances d'être bonne. Par ailleurs la façon dont le calcul, lié au traitement numérique de l'information, est réalisé, a aujourd'hui un très gros impact sur la définition du produit final, de même que la manipulation des fichiers. Une copie, même numérique, n'est jamais parfaite, la copie d'un fichier bit à bit n'est pas transparente et les résultats sonores sont différents en fonction des procédures utilisées ;

- la quantité et le spectre du bruit de fond acoustique du lieu de prise de son ;
- la quantité et l'homogénéité des réverbérations qu'elles soient naturelles ou artificielles.

Un défaut acoustique caché de la salle, un mauvais emplacement du microphone stéréophonique (au point de focalisation d'une ellipse ou d'une parabole par exemple), une asymétrie dans les dispositions des instrumentistes... sont des défauts qui peuvent nuire à une bonne définition et doivent être décelés au plus vite.

#### ◆ **L'intelligibilité**

L'intelligibilité s'attache à caractériser la bonne compréhension du texte de la voix parlée et/ou chantée. L'intelligibilité s'évalue par la capacité d'une salle à transmettre la voix *via* la mesure du STI (*Speech Transmission Index*).

L'intelligibilité est donc liée à :

- l'écriture musicale qui par sa maîtrise permet une bonne compréhension de la polyphonie ;
- la précision de l'interprétation ;
- la maîtrise des critères de construction ;
- la maîtrise des critères d'équilibre spectral et dynamique ;
- la maîtrise de la réverbération (rapport son direct/son réverbéré, homogénéité de la décroissance temporelle et spectrale).

Même si l'intelligibilité s'applique en premier lieu à la voix, elle peut aussi s'appliquer aux autres sources sonores dans la compréhension du texte musical. On peut aussi parler d'articulation musicale. Cela suppose alors que le preneur de son ait de sérieuses connaissances musicales en contrepoint, harmonie et orchestration pour pouvoir juger si la partition est lisible ou pas. Cette tâche est souvent attribuée au directeur artistique et/ou au chef d'orchestre.

#### ◆ **La transparence**

La transparence d'une image sonore est la résultante du respect des critères de définition. Elle se concrétise par l'absence de sensation de « voile » entre l'auditeur et les sources reproduites par le système d'écoute.

Au-delà des caractéristiques de bruit de fond et de distorsion harmonique du signal reproduit, il s'agit aussi de rendre compte de la qualité de la réverbération restituée par l'image sonore ainsi que de bonnes conditions de propagation acoustique du son dans la salle (hygrométrie et température).

Toutes les distorsions apportées par les composantes physiques de lieu (réflexions des parois, asymétrie architecturale...) ou par l'électronique (saturation des micros, mauvaises transmissions des lignes, traitement du signal défectueux...) sont en général à caractère non linéaire et empêchent la bonne perception du message musical.

### 1.3.6 *Les critères de localisation*

La localisation à l'intérieur de l'image sonore mesure la capacité de l'auditeur à situer mentalement les sources dans l'espace, qu'elles soient fixes ou mobiles (artistes lyriques ou comédiens en déplacement sur scène par exemple). Une bonne localisation procure à l'auditeur une sensation de naturel.

### ◆ La localisation principale

La localisation principale indique si l'image sonore parvient ou pas à rendre la scène acoustique stable pour l'auditeur dans sa globalité. Elle est donc dépendante de l'acoustique du lieu de prise de son et de la précision de localisation du système de prise de son. Le cadre de l'image est-il stable ou instable ? Prenons par exemple, un orgue dans une église très réverbérante ; si le système est placé loin de la source et est constitué de microphones omnidirectionnels, on obtient une image floue et globalement instable ; de même si le microphone principal est placé dans une zone perturbée par l'acoustique du lieu, centre d'une voûte elliptique ou autre défaut acoustique localisé par exemple.

### ◆ La localisation ponctuelle

La localisation ponctuelle évalue la précision individuelle du placement de chaque source dans l'image sonore. Reprenons l'exemple de l'orgue, nous y ajoutons une trompette placée à la tribune et enregistrée avec un microphone d'appoint. Pour peu que celui-ci soit suffisamment « ouvert » et « panoramique » dans la perspective rendue par le couple stéréophonique, alors la trompette apparaîtra très stable et précise en localisation en comparaison de l'image principale.

Localisation principale et localisation ponctuelle ne peuvent donc être évaluées que simultanément au même titre que la largeur globale et la largeur du sujet.

## 1.3.7 Les critères de réverbération

La réverbération perçue par l'auditeur peut être caractérisée par :

Sa quantité : il s'agit d'évaluer le dosage ou rapport énergétique entre le son direct et le champ réverbéré. Les sources sont-elles rendues avec la bonne quantité de réverbération au regard du type d'acoustique dans laquelle elles ont été enregistrées ? Quel est le degré de proximité des sources dans un environnement acoustique donné ?

Sa qualité en trois points :

- son profil dynamique : elle peut être soit de caractère ponctuel généralement lié à des temps de réverbération très courts type retard soit au contraire de caractère diffus. Dans ce cas, les temps de réverbération sont plutôt longs et plus ou moins réguliers dans leur décroissance (cela dépend souvent des problèmes de couplages acoustiques dans la salle) ;
- son profil spectral : on peut avoir des différences de « couleurs » dans la réverbération qui proviennent d'un déséquilibre spectral. Le rendu sonore est altéré autant dans le cas d'une prise de son avec plusieurs couples que dans le cas d'une prise de son multimicros avec mixage et ajout de réverbération artificielle. Cette couleur est déterminante sur les critères de transparence et d'équilibre spectral, car la réverbération est le liant naturel ou pas (dans le cas des réverbérations artificielles) des sources sonores ;
- son homogénéité qui est la résultante de la maîtrise du profil dynamique et spectral : dans le cas d'une prise de son multimicros en particulier. L'appréciation de l'homogénéité des réverbérations artificielles ajoutées est essentielle pour ne pas détruire la construction de l'image sonore que l'on a réalisée. L'utilisation de réverbération à convolution avec mesure préalable de la réponse impulsionnelle sur le lieu de prise de son peut permettre des ajouts de réverbérations très naturels et agréables à l'écoute.

La réverbération est un critère extrêmement riche et difficile à analyser, tant les paramètres qui la constituent sont nombreux, complexes et interdépendants.

### 1.3.8 Analyse et écoute

L'ensemble des critères ainsi définis constitue le référentiel d'analyse qu'il faut appliquer sur toute image sonore et dans tout contexte de prise de son, de mixage, voire de sonorisation.

Même si des préférences apparaissent pour tel ou tel critère, il convient d'être capable de tous les évaluer avec la plus grande rapidité. Seule l'expérience de l'écoute et de la prise de son permet au preneur de son d'établir les corrélations entre ces critères et la façon dont ces derniers sont liés à l'exploitation : choix des micros (principe de transduction, directivité), placement, modifications locales de l'acoustique, choix des outils de traitement de postproduction dans le domaine spectral, spatial et temporel, connaissance du système de reproduction sonore et de son environnement acoustique, etc.

Après avoir réalisé cette analyse, le preneur de son doit effectuer une écoute plus musicale et distanciée. L'écoute musicale permet d'évaluer la cohérence de l'image sonore et de son rendu avec le caractère musical et le style du répertoire abordé. Cette écoute musicale est souvent réalisée avec le directeur artistique et/ou le chef d'orchestre qui pourra orienter le preneur de son en accord avec les artistes interprètes.

Cette analyse demande une très grande concentration et un véritable entraînement au sens du *training* anglo-saxon. Elle apprend au preneur de son à stratifier et à structurer son écoute afin d'apporter à la production, à la réalisation et aux artistes interprètes les arguments nécessaires au dialogue et à la construction du projet. La question de savoir si le preneur de son « aime » ou « n'aime pas » tel ou tel son, n'a pas de sens. Ses choix personnels ne doivent pas entrer dans le processus, c'est bien le projet esthétique défini en amont qui doit être défendu. L'analyse de l'image sonore doit permettre de savoir si celle-ci est en conformité avec ce projet et sinon, sur quels paramètres il faut intervenir.

## 1.4 Les outils de la prise de son stéréophonique

### 1.4.1 De l'écoute binaurale à la stéréophonie

L'homme parvient à localiser les sons essentiellement dans le plan horizontal grâce principalement à :

- la différence interaurale des temps d'arrivée des ondes sonores parvenant aux deux oreilles que l'on appelle  $\Delta t$  ;
- la différence interaurale d'intensité des ondes sonores parvenant aux deux oreilles que l'on appelle  $\Delta i$  ;
- la modification du spectre des ondes sonores parvenant aux deux oreilles fonction de l'effet de masque (diffraction acoustique) qu'oppose la tête du sujet à la propagation sonore ;
- les micromouvements de la tête du sujet.

Sur un système d'écoute stéréophonique à deux canaux, tel que décrit précédemment, pour entendre une source uniquement dans une des deux enceintes, on doit appliquer soit une différence d'intensité  $\Delta i$  de 15 à 17 dB, soit une différence de temps d'arrivée  $\Delta t$  de 0,9 à 1,1 ms. Pour une écoute au casque, ces différences se réduisent respectivement de 8 à 10 dB et 0,7 ms.

Il faut donc constituer des systèmes de prise de son stéréophonique qui, pour un système d'écoute donné, produisent ces différences. Pour un système stéréophonique à deux canaux, on y parvient en espaçant deux microphones identiques. En effet, la distance entre deux

microphones permet une différence de trajet parcouru par les ondes émises depuis une source S pour arriver sur les deux microphones. Cette différence de trajet parcouru s'appelle une *différence de marche*.

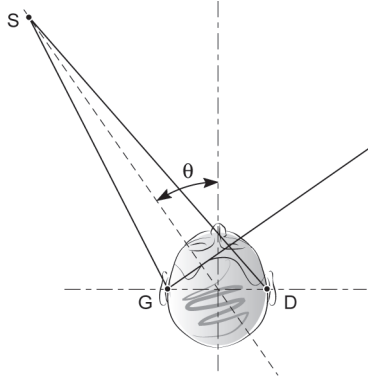


Figure 1.1 – Différences interaurales : intensité et temps d'arrivée en fonction de l'angle d'incidence  $\theta$  de la source par rapport à la normale.

Pour peu que les capsules microphoniques soient directives et fassent un angle physique donné, alors les signaux électriques issus de ces capteurs seront aussi différenciés en intensité. Ces différences d'intensité  $\Delta i$  contribueront aussi à la localisation des sons dans le plan horizontal entre les deux enceintes.

Ces facultés permettent ainsi de différencier et de localiser les sources sonores sur les 360° du plan horizontal et avec beaucoup moins de précision sur le plan vertical (voir chapitre 4 – tome 1).

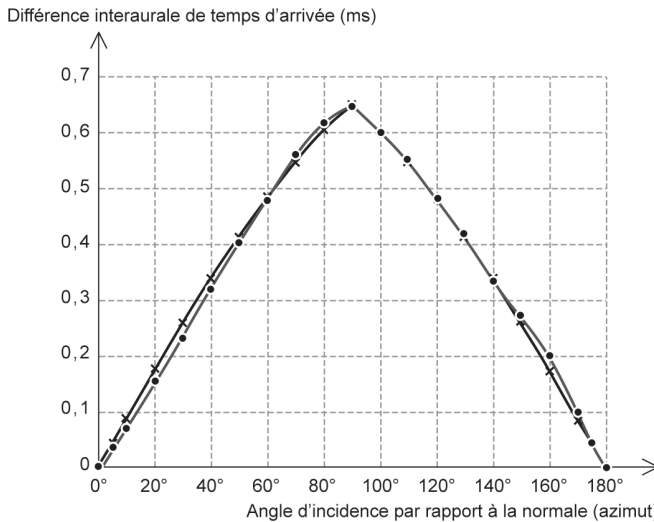


Figure 1.2 – Variations du temps d'arrivée en fonction de l'azimut de la source (synthèse des courbes de W.E. Feddersen et de H. Mertens).

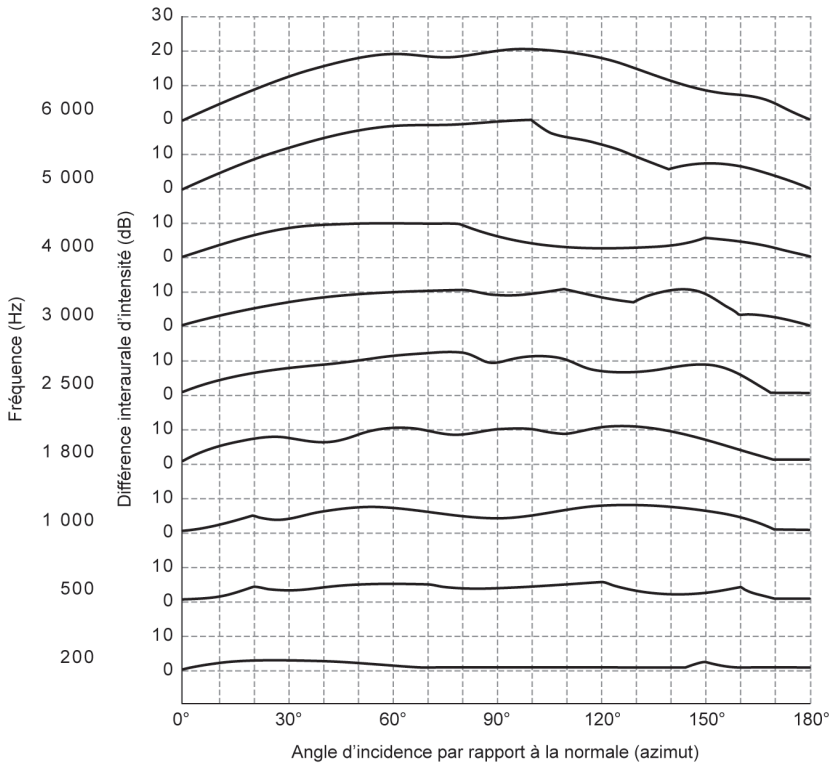


Figure 1.3 – Variations d'intensité en fonction de l'azimut de la source pour une fréquence donnée (d'après W.E. Feddersen, T.T. Sandel, D.C. Teas et L.A. Jeffress).

### 1.4.2 L'angle de prise de son

L'angle de prise de son d'un système stéréophonique est une caractéristique résultante du choix de directivité, de distance et d'angle entre les capsules microphoniques constituant le système. Il correspond à l'angle solide de captation pour lequel les sources situées à l'intérieur seront restituées entre les deux enceintes acoustiques sans distorsion angulaire. Par analogie avec la photographie, l'angle de prise de son d'un système stéréophonique s'apparente à la focale d'un objectif.

Le choix d'un angle de prise de son définit ainsi la largeur de l'image sonore obtenue. Il ne faut pas le confondre avec l'angle physique que font les microphones entre eux ! Il faut d'autant moins les confondre que ces deux angles (physique et de prise de son) varient en sens inverse.

L'optimisation de l'angle de prise de son permet d'exploiter toute la largeur possible de la rampe stéréophonique et ainsi de déployer la scène sonore de façon homogène.

Une distorsion angulaire apparaît lorsque l'angle de restitution de la source par rapport à l'axe de symétrie du système de reproduction sonore n'est plus proportionnel à l'angle que fait cette même source en situation réelle par rapport à l'axe de symétrie du système de prise de son stéréophonique (figure 1.4). Le contrôle de la distorsion angulaire est un élément essentiel pour garantir l'homogénéité des critères de construction.

Cet angle de prise de son constitue une caractéristique très importante du système de prise de son à deux ou plusieurs microphones, car il caractérise la capacité d'un système donné à capter la totalité de la formation musicale avec un minimum de distorsion angulaire et donc un maximum de naturel.