

Hervé BAUDIER

PRISE DE SON ET MIXAGE

TOME 1

LES OUTILS DE PRISE DE SON

DIXIT
E D I T I O N S

SOMMAIRE

INTRODUCTION	9
NOTIONS DE BASE ET DEFINITION DES PRINCIPAUX TERMES ...	13

1^{ère} partie : LES OUTILS DE PRISE DE SON
--

I - LES MICROPHONES

1. TECHNOLOGIE DU MICROPHONE	37
1.1. Principe de base.....	37
1.2. Les différents principes de capteur	38
1.2.1 Les capteurs à pression	38
1.2.2 Les capteurs à gradient de pression.....	41
1.3. Gestion des directivités intermédiaires.....	43
1.3.1 Principe	43
1.3.2 Représentation des différentes directivités.....	45
1.3.3 Méthodes pour obtenir les différentes directivités	47
1.3.4 Remarques	49
1.4. Les différentes technologies	49
1.4.1 Les microphones dynamiques	49
1.4.2 Les microphones électrostatiques (à condensateur)	50
1.4.3 Les microphones à électret.....	51
1.4.4 Autres technologies.....	52
2. ANALYSE DES CARACTERISTIQUES	52
2.1. La Directivité	53
2.2. La courbe de réponse en fréquence	53
2.3. La sensibilité	55
2.4. La pression maximum admissible.....	55
2.5. Le rendu des transitoires	56
2.6. Le diamètre de la membrane	56
2.7. Le niveau de bruit.....	56
2.8. Symétrisation	57
2.9. Filtrage et anti pop.....	59
2.10. Les variantes technologiques	59
2.11. Les principaux couples de prise de son stéréophonique	60
2.11.1. La prise de son d'intensité	61
2.11.2. La prise de son de temps.....	63
2.11.3. La prise de son d'intensité et de temps	64
2.11.4. L'arbre Decca.....	64

3. EXEMPLES DE MICROS : LES PRINCIPAUX STANDARDS.	192
3.1. Les micros à voix	67
3.1.1 La scène.....	67
3.1.2 Le studio.....	68
3.2. Les micros pour la prise d'instrument	71
3.2.1 Les instruments dits modernes	71
3.2.2 Les instruments classiques et la prise de son type ambiance.....	72
4. LES LIAISONS SANS FIL	73
4.1. Principe	73
4.2. L'émission	73
4.3. La réception	74
4.4. Les bandes de fréquence utilisées (onde porteuse)	75
4.5. Inconvénients des micros HF	75
4.6. Conseils d'utilisation	76

II - LES MAGNETOPHONES

1. PRESENTATION.....	77
2. PRINCIPE DE L'ENREGISTREMENT MAGNETIQUE	77
3. LES MAGNETOPHONES ANALOGIQUES	79
3.1. Généralités	79
3.2. Les flux magnétiques	81
3.3. La réduction de bruit	81
3.4. Principe de l'enregistrement synchrone	82
3.5. Le monitoring sur les magnétophones analogiques	83
4. LES MAGNETOPHONES NUMERIQUES A BANDE	86
5. LES STATIONS "DIRECT TO DISK"	87
6. LA SYNCHRONISATION ENTRE MACHINES.....	92
6.1. Le Time Code	92
6.2. La synchronisation entre machines à bande.....	93
6.3. La synchronisation avec une station direct-to-disk.....	94

III - LES TABLES OU CONSOLES DE MIXAGE

1. LES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DEFINISSANT LES CONSOLES DE MIXAGES.....	96
--	----

1.1. La table de mixage et son environnement (studio)	96
1.2. Caractéristiques d'une table	98
2. LES ENTREES ET SORTIES	99
3. LES BUS	106
4. ETUDE D'UNE TRANCHE (ou voie d'entrée).....	114
4.1. Les étages d'entrées.....	115
4.2. Les corrections de fréquences ou égalisation	118
4.3. Les circuits auxiliaires	118
4.4. Les groupes.....	120
4.5. La sortie directe	120
4.6. Le circuit d'insertion.....	120
4.7. Le panoramique et le "fader" principal.....	120
4.8. Le monitoring ("in line" ou "out line")	121
4.9. Le monitoring in line et les bus routing.....	124
4.10. Les autres possibilités	127
5. LE "BLOC MASTER"	129
6. L'AUTOMATION	131
7. LES SOMMATEURS.....	132
8. SPECIFICITES DES CONSOLES NUMERIQUES.....	133

IV – LES OUTILS DE TRAITEMENTS SONORES

1. L'EQUALISATION	140
1.1. Eléments de base : le filtrage	141
1.1.1 Le filtre passe-bas ou coupe-haut.....	142
1.1.2 Le filtre passe-haut ou coupe-bas.....	143
1.1.3 Les filtres passe-bande et coupe-bande.....	144
1.2. Les différents types d'équaliseurs	145
1.2.1 L'équaliseur simple	145
1.2.2 L'équaliseur semi-paramétrique.....	146
1.2.3 L'équaliseur paramétrique.....	147
1.2.4 L'équalisation graphique (ou égalisation par bandes de fréquence)	148
2. LES SYSTEMES DE TRAITEMENT DE LA DYNAMIQUE.....	149
2.1. La compression.....	150
2.1.1 Principe	150
2.1.2 Précisions sur les paramètres de réglages.....	151
2.1.3 Les cas typiques d'utilisation.....	154
2.1.4 Structure.....	156
2.1.5 Autres possibilités	158
2.1.6 Les défauts de la compression	159

2.1.7 Conclusion	160
2.2. La limitation	160
2.3. L'expansion	162
3. LES SYSTEMES DE REDUCTION DE BRUIT	162
4. LE "NOISE GATE" OU PORTE DE BRUIT	164
5. LES EFFETS TEMPORELS	167
5.1. L'écho.....	167
5.1.1 Principe	167
5.1.2 Paramètres de réglages.....	168
5.1.3 Structure.....	169
5.2. La réverbération	170
6. LES EFFETS "SPECIAUX"	175
6.1. La distorsion.....	175
6.2. Le chorus	176
6.3. Le flanger	176
6.4. Le phasing	177
6.5. Les harmoniseurs	177
6.6. Les filtres résonnants ou oscillants.....	177
7. LES APPORTS DU NUMERIQUE.....	177
8. PROPOS DES MULTI-EFFETS.....	178
ANNEXE : ELECTRONIQUE ET SONORITE.....	181
L'AUTEUR	191

INTRODUCTION

Avant d'étudier la prise de son et les traitements applicables aux différents instruments et sons, il est nécessaire de bien connaître le matériel à notre disposition et de maîtriser toutes ses possibilités. Dans ce premier tome seront donc étudiés les différents outils actuellement disponibles à l'usage des ingénieurs du son et quelques notions de la technologie inhérente à ces machines. Ce matériel, contrairement à certains préjugés, n'est pas spécialement difficile à utiliser. En tout cas ce n'est pas, et de loin, la principale difficulté de notre métier. Par contre, pour se servir de ces outils intelligemment et au mieux de leurs fonctions, il est indispensable de posséder une bonne connaissance de la théorie. Ce qui n'implique pas d'être un expert en électronique, mais au moins de bien comprendre le cheminement du signal de la source sonore à nos oreilles, via tous les intermédiaires existants pour traiter, corriger, enregistrer et diffuser. Si les possibilités sont vastes et le choix de matériel proposé par les constructeurs, pléthorique, heureusement pour l'apprentissage, les catégories d'outils ne sont pas aussi nombreuses que cela, même si les technologies numériques ont augmenté la palette des possibilités.

En fait, quels que soient les outils, ceux-ci ne restent que des moyens à notre disposition pour arriver à une finalité artistique avec le maximum de qualité technique.

L'ingénieur du son devra donc, non seulement bien connaître et maîtriser les outils de son métier, mais aussi posséder un bon niveau culturel dans le domaine artistique concerné par le projet sur lequel il travaille. Et surtout, c'est un aspect qui n'a que trop d'importance, il faudra qu'il fasse preuve d'un solide sens des relations humaines ainsi que d'une diplomatie à toute épreuve.

Une certaine connaissance des phénomènes acoustiques est également souhaitable, sans non plus nécessiter l'expertise. L'ingénieur du son n'est pas forcément acousticien, mais il subit (c'est bien le mot) l'acoustique plus ou moins heureuse des lieux où il exerce. Il faudra qu'il puisse en tirer le meilleur parti. Quelques connaissances de base suffisent généralement et peuvent être acquises en lisant un des nombreux ouvrages existant dans ce domaine.

Quelques connaissances basiques en électronique (audio) sont, sinon indispensables, un atout supplémentaire jouant surtout sur la rapidité d'adaptation à l'évolution du matériel et pour optimiser les choix techniques. Les éléments techniques abordés à la fin de ce livre permettront au lecteur intéressé d'apprendre quelques notions sur les composants et montages électroniques ainsi que sur la musicalité des solutions techniques existantes.

NOTIONS DE BASE ET DEFINITION DES PRINCIPAUX TERMES

Avant d'aborder les parties essentielles de cet ouvrage, il convient de connaître les éléments relatifs au signal audio et la définition des principaux termes techniques employés dans ce domaine.

SON PUR ET HARMONIQUE :

Un son pur est produit par le mouvement vibratoire le plus simple, il est représenté par une sinusoïde. Les sons purs n'existent pas dans la nature, mais peuvent évidemment être produit électroniquement ou mécaniquement. **La fréquence** (f) en Hertz (Hz) donne le nombre de cycles (vibrations) par seconde. En musique, ce nombre de cycles par seconde définit la hauteur de la note produite. Par exemple une vibration à 440 Hz (1 Hz = 1 cycle par seconde) donne le LA standard. **La période** (T) définit la durée du cycle (en seconde) et est liée à la fréquence par la formule $f = 1/T$. **L'amplitude** du signal représente son niveau et peut être donné en dB (acoustique ou électrique), en volts ou en pression selon la forme électrique ou acoustique du son. Ce sont des signaux sinusoïdaux qui servent à l'essentiel des mesures effectuées en audio et aux opérations d'étalonnage.

Tous les autres sons (dit complexes) sont toujours décomposables en une somme de sinusoïdes de fréquences et d'amplitude différentes. Inversement, en théorie, n'importe quel son peut être créé à partir d'une somme de sinusoïdes (en pratique c'est assez complexe à réaliser). Pour les sons dits harmoniques, comme ceux qui sont émis par les instruments de musique (les autres étant classés comme bruit) la hauteur de la note est donnée par la vibration principale (celle dont la fréquence est la plus basse) et est appelée fondamentale. A cette fondamentale s'ajoute les harmoniques, également de forme sinusoïdale, qui sont des multiples pairs ou impairs de la fréquence fondamentale. Ce sont ces harmoniques (entre autres) qui définissent le timbre des sons, autrement dit, les différences de sonorité entre les instruments. La forme d'onde d'un son complexe n'est donc pas sinusoïdale, mais irrégulière, étant issue de la somme de plusieurs sinusoïdes. Elle reste néanmoins cyclique pour tous les instruments hors certaines percussions.

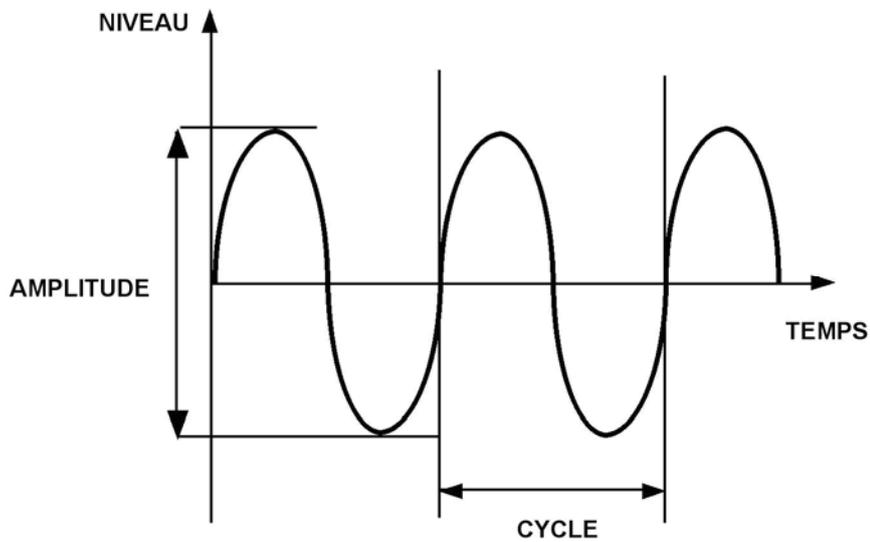


Figure 1 : Représentation graphique d'un son pur, son mouvement cyclique est de forme sinusoïdale.

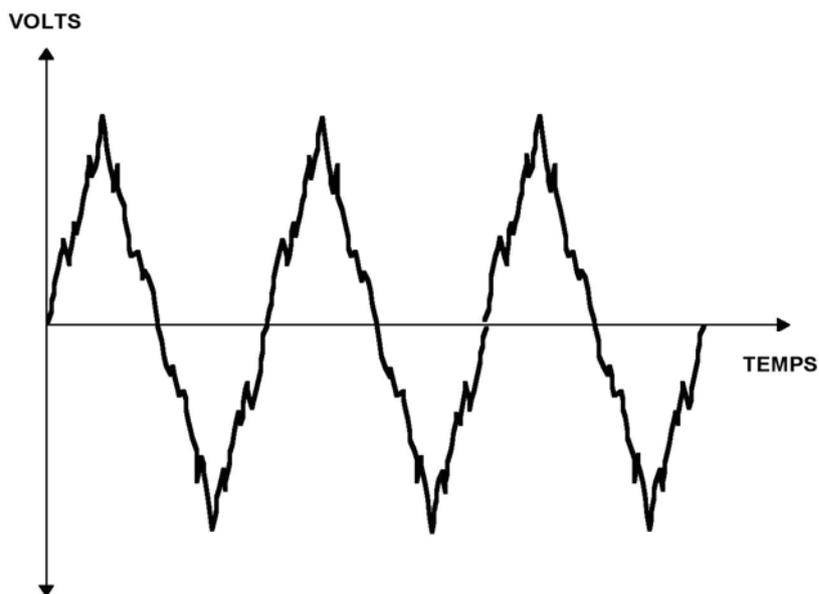


Figure 2 : Représentation d'un son harmonique quelconque, les cycles sont toujours là, mais la forme d'onde s'est enrichie des harmoniques. Note : un son est dit harmonique quand les vibrations sont régulières : la grande majorité des instruments de musique. Si les vibrations sont irrégulières, cela s'appelle du bruit.

FREQUENCE :

Comme vu précédemment, c'est le nombre de variations ou de cycles par seconde effectués par le signal. Plus généralement la fréquence mesure un nombre d'événements par seconde. La fréquence est donnée en Hertz (Hz).

LONGUEUR D'ONDE :

La longueur d'onde symbolisée par la lettre λ , représente la longueur d'un cycle. Cette dernière dépend de la vitesse de propagation de l'onde et de la fréquence liées par la formule :

$\lambda = c / f$ avec c = célérité = vitesse de propagation dans l'air = 340 m/sec. (environ)
et f = fréquence du signal.

ENVELOPPE :

Est désignée par ce terme l'évolution en volume d'un son. Les grandes étapes de cette évolution sont l'attaque, le "decay" (chute après attaque), le "sustain" (maintien) et le "release" (extinction du son).

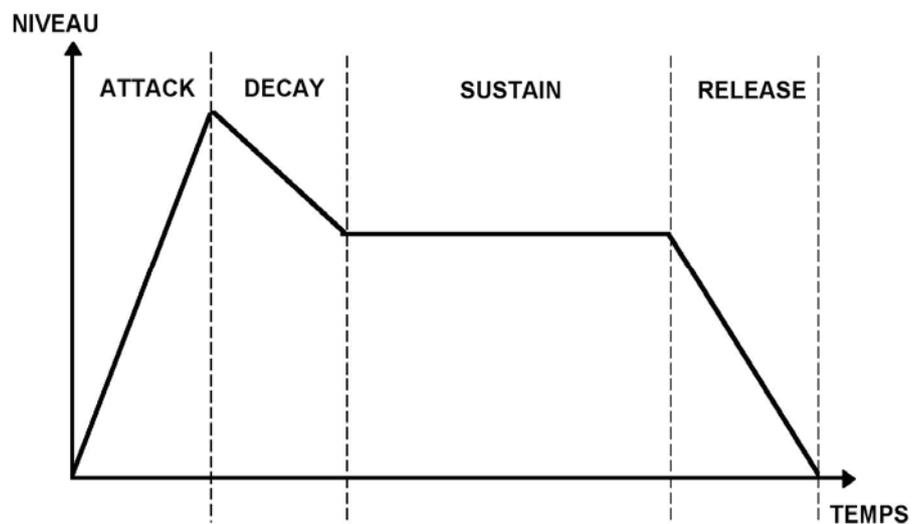


Figure 3 : Paramètres définissant l'évolution en volume d'un son. Sur les synthétiseurs, l'accès à ces paramètres permet de façonner les sons dans leur durée.

BANDE PASSANTE :

C'est une bande de fréquence comprise entre deux valeurs extrêmes. Par exemple l'oreille humaine entend les fréquences comprises entre 20 Hz et 20000 Hz (pour un bébé car l'écoute se détériore quelque peu avec l'âge, surtout dans les aigus). On pourra également parler de la bande passante de tel ou tel matériel audio ou support d'enregistrement. Normalement, tout appareil audio se doit de posséder une bande passante respectant celle de notre oreille. Une bande passante plus large n'est pas inutile, car cela permet d'améliorer le rendu des transitoires, ce dernier point étant prépondérant pour une bonne restitution du son. Ce point et l'incidence de la qualité de l'électronique sur la qualité audio est abordé plus loin dans cet ouvrage.

AMPLITUDE ET NIVEAU :

L'amplitude d'un signal audio correspond à son niveau sonore, augmenter l'amplitude (on dira amplifier le signal) revient à augmenter son volume. Le niveau sonore, quand il est sous sa forme électrique, peut être exprimé de deux façons, en décibels électriques ou en volts. Une formule donne le rapport entre les décibels et les volts (voir paragraphe sur les décibels).

PHASE :

Autre notion importante en audio : la phase, cette dernière est relative aux signaux périodiques et indique l'origine du cycle (0 degré), un cycle complet faisant 360 degrés. Un écart de phase est donc un décalage temporel du signal. L'électronique traitant les signaux audio se doit de respecter la phase du signal, par exemple, si l'on compare sur une machine quelconque un signal d'entrée avec le même signal en sortie (peu importe les traitements exécutés entre les deux), le calage temporel doit être strictement identique entre les signaux en entrée et sortie (même point de départ des cycles), autrement dit 0° d'écart de phase. **Les déphasages sont préjudiciables à la qualité sonore, le symptôme étant un rétrécissement du message sonore, c'est-à-dire une perte de l'ampleur d'origine.** (Ce point est développé plus loin)

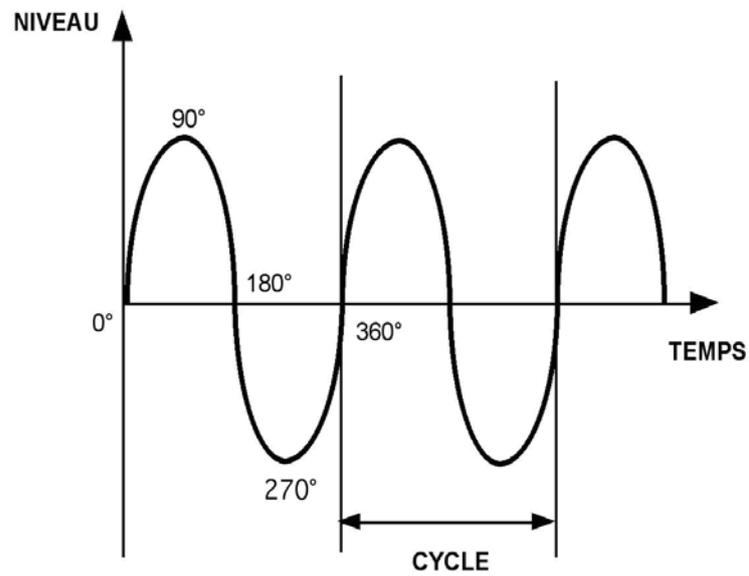


Figure 4: Les points caractéristiques d'un cycle relativement à la phase. L'origine du cycle = 0° , la fin du cycle = $360^\circ = 0^\circ$ du cycle suivant.

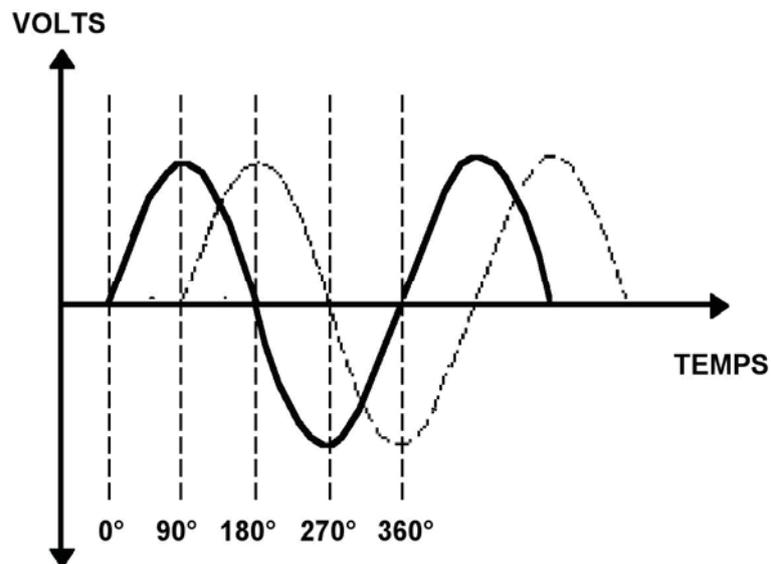


Figure 5 : Deux signaux identiques déphasés de 90°

OPPOSITION DE PHASE :

Le plus connu des problèmes liés à la phase est l'opposition de phase, c'est-à-dire un décalage de 180° degrés par rapport à l'origine, dans ce cas le signal se trouve inversé par rapport à lui-même. Sachant que si l'on ajoute (mélange) deux signaux de même fréquence et de même amplitude en opposition de phase, ils s'annulent complètement si l'opposition de phase est parfaite et les signaux strictement identiques.

Ce phénomène peut évidemment poser problème lors d'une prise de son ou d'un mixage. Imaginons par exemple, deux micros placés sur le même instrument mais à des distances différentes de la source, il se peut que pour certaines fréquences (généralement le registre grave ou bas médium), les signaux se trouvent en opposition de phase. Il y aura donc une annulation ou au moins une atténuation significative de ces fréquences au niveau du mélange dans la table de mixage, induisant ainsi une perte dans le registre grave ou bas médium. Plus généralement des décalages de phase amènent un phénomène de filtrage en peigne, c'est-à-dire l'atténuation de certaines bandes de fréquences tout au long du spectre audible rendant le son plus étriqué (pincé). Le non-respect de la phase est un des problèmes du matériel bas et parfois moyen de gamme ainsi que de nombreuses machines numériques.

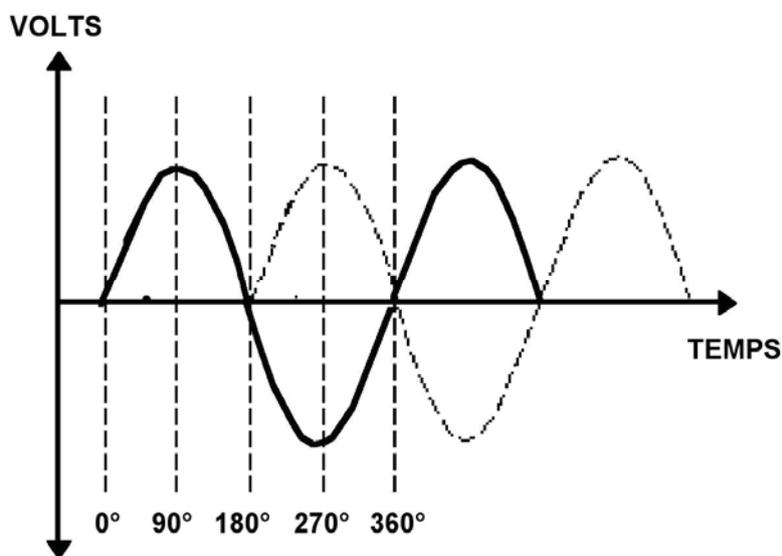


Figure 6 : deux signaux en opposition de phase (déphasage de 180°). En trait plein le signal en phase, en pointillé le même signal en opposition de phase. On voit que si l'on additionne ces deux signaux, ils s'annulent, leurs valeurs étant opposées.

LIAISONS SYMETRIQUES ET ASYMETRIQUES :

On utilise en audio des câbles dits blindés, ce blindage est nécessaire pour limiter le parasitage des liaisons. En effet tout conducteur électrique se comporte comme une antenne et capte un certain nombre d'ondes parasites détériorant ainsi le rapport signal sur bruit. Pour limiter cela, on utilise la technique de la cage de Faraday en entourant le conducteur, préalablement isolé, d'une tresse métallique reliée à la masse (masse = potentiel électrique de 0 Volt), cette tresse métallique fait office d'écran (technique appelée blindage) et sert également dans la plupart des cas comme conducteur pour le retour de courant (masse).

Ce blindage est suffisamment efficace pour les liaisons de type ligne (liaisons entre appareils) de longueur modérée grâce à un niveau de signal relativement élevé. En effet, pour une longueur de câble donnée (les parasites étant captés proportionnellement à la longueur de la liaison), le niveau de parasites est constant quel que soit le niveau du signal utile, donc plus le signal est à fort niveau, meilleur est le rapport signal / parasites. Par contre, dès qu'une liaison ligne dépasse les 7/8 mètres, le blindage s'avère généralement insuffisant. Il est important de signaler que le blindage n'est pas toujours de qualité égale d'un modèle de câble à l'autre, autrement dit pour une longueur donnée, le taux de parasites peut être différent selon la qualité du blindage.

En revanche, pour les liaisons de type micro, même courtes, le blindage n'est jamais suffisant, du fait d'un signal de niveau beaucoup plus faible. Les constructeurs ont remédié à ce problème en utilisant la technique des liaisons symétriques. Ce système astucieux permet d'atténuer fortement voir de supprimer les parasites tout en conservant intégralement le signal audio. Les liaisons symétriques sont utilisées pour toutes les liaisons micros, mais aussi pour les liaisons lignes en milieu professionnel

Ce type de liaison utilise un conducteur électrique supplémentaire dans le même câble, donc deux conducteurs en plus la masse (la tresse de blindage étant généralement utilisée pour la masse (retour du courant), sinon un conducteur électrique supplémentaire non isolé, donc en contact avec la tresse du blindage assure cette fonction).

Partant du principe que les parasites sont captés de la même manière par les deux conducteurs, il suffit, au niveau de l'étage d'entrée (préampli ligne ou micro), d'additionner en opposition de phase les signaux présents sur les deux conducteurs pour les supprimer les parasites captées. Rappelons que deux

signaux identiques en opposition de phase s'annulent quand ils sont ajoutés l'un à l'autre). Ce système implique évidemment un étage d'entrée à trois points, un pour chacun des conducteurs (phase et opposition de phase) et le dernier pour la masse.

Toute l'astuce consiste à ne pas également annuler le signal audio. Pour cela, il suffit que le signal audio ne soit présent que sur un seul des deux conducteurs, dans ce cas, il n'est ajouté à rien, donc il ne peut s'annuler. Autre solution plus professionnelle : le signal audio est présent sur les deux conducteurs, mais l'un est en opposition de phase par rapport à l'autre, le sommateur de l'étage d'entrée ajoute les deux signaux en inversant à nouveau la phase du signal en opposition, le résultat donne un signal d'amplitude double. Dans les deux cas les parasites sont annulés sans dommage pour le signal audio. **Le point du connecteur recevant le signal en phase est appelé point chaud, celui recevant le signal en opposition de phase le point froid.**

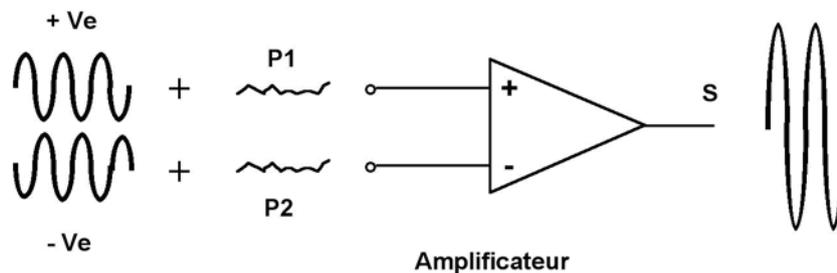


Figure 7 : Principe de la désymétrisation. Le triangle est la représentation symbolique des étages électroniques, cette représentation est utilisée dans les schémas de principe (synoptique) des constructeurs. La pointe du triangle indique le sens de circulation du signal.

Formule générale :

S = sortie de l'étage d'entrée désymétriseur

(+) = entrée non inverseuse de l'amplificateur (la phase du signal arrivant sur cette entrée est conservée)

(-) = entrée inverseuse de l'amplificateur (la phase du signal arrivant sur cette entrée est inversée)

L'amplificateur (montage différentiel) soustrait le signal présent sur l'entrée (-) au signal présent sur l'entrée (+).

- + V_e = signal audio en phase (point chaud)
- V_e = signal audio en opposition de phase (point froid)

Sans tenir compte des parasites :

$S = + V_e - (-V_e) = 2 V_e$, dans ce cas, le signal audio est doublé en sortie de l'étage différentiel.

En tenant compte des parasites :

$P1 = P2 =$ parasites (en phase) captés à l'identique par les deux conducteurs.

On trouve à la sortie de l'étage : $S = + V_e - (- V_e) + (P1 - P2) = 2 V_e$

Les liaisons symétriques exigent des étages d'entrées et de sorties adaptés, ils sont nommés symétriseurs pour l'étage de sortie et désymétriseurs pour l'étage d'entrée.

Rappelons que toutes les liaisons micro sont symétriques et que la plupart des liaisons lignes professionnelles aussi. Les symétriseurs et désymétriseurs peuvent être conçus de deux manières, soit par électronique, soit par transformateur (utilisation des principes de l'électromagnétisme). Les transformateurs de bonne qualité sont plus musicaux et génèrent moins de bruit que les systèmes électroniques mais sont aussi beaucoup plus coûteux.

COURBE DE REPONSE :

C'est un graphique donnant le niveau en fonction de la fréquence, indispensable pour définir le comportement en fréquence d'un appareil audio. En théorie la réponse en fréquence se doit d'être linéaire sur toute la bande audible (niveau constant sur la bande entre 20 Hz à 20 kHz) et de préférence sur une bande encore plus large pour améliorer le rendu des transitoires (ce point sera développé plus loin) .

En pratique, cette linéarité se vérifie pour tous les appareils dotés d'une qualité d'électronique correcte sauf pour les deux extrêmes de la chaîne, les micros et les haut-parleurs, ceci pour des raisons technologiques. Signalons toutefois qu'il existe des micros électrostatiques avec une réponse parfaitement linéaire entre 20 Hz et 20 kHz, par contre aucun haut-parleur n'est parfaitement linéaire sur l'ensemble de sa bande passante.

La plupart des micros et tous les haut-parleurs ont donc des courbes de réponse accidentées dans des proportions parfois importantes. Pour les micros ce n'est pas spécialement un défaut, cela fait plutôt partie de leurs caractéristiques sonores, en général habilement exploitées par les ingénieurs du son. Quant aux haut-parleurs, les constructeurs d'enceintes s'en accommodent en compensant plus ou moins ces défauts électroniquement.

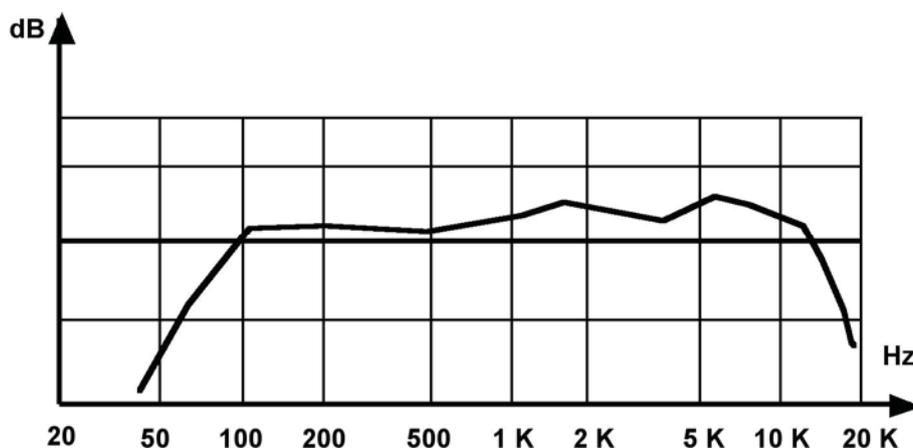


Figure 8 : Exemple de courbe de réponse accidentée. A l'opposé une courbe de réponse linéaire serait une droite parfaite entre deux fréquences données.

LES DECIBELS (dB) :

C'est un moyen de définir le niveau sonore des sons ou le niveau du signal électrique audio. Il existe donc des décibels électriques (nommés dBu, dBm ou dBv) et des décibels acoustiques (dB SPL = sound pressure level). Le décibel (fonction logarithmique) correspond au fonctionnement de notre oreille, lui-même logarithmique. En quelques mots, notre perception des volumes sonores n'est pas linéaire, les sons faibles sont perçus proportionnellement plus fort que les sons forts. Notre système auditif nous permet donc d'entendre des sons très faibles sans être trop assourdi par des volumes importants.

La référence pour les dB électriques (dBu ou m) est le 0 dB, ce qui correspond à un niveau électrique de 0,775 Volts. La différence entre les dBu et m est que la résistance de charge est spécifiée (normalisée à 600 Ohms) pour les dBm.