

École Nationale Supérieure Louis Lumière

Mémoire de fin d'études

Section Son 2018

**Évaluation perceptive des techniques  
de compressions série et parallèle :  
application au cas de la batterie**

Benoît FLEURY

Directeur interne : Pascal Spitz  
Directeur externe : Jean-Baptiste Brunhes  
Rapporteur : Alan Blum

# Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire :

Pascal Spitz et Jean-Baptiste Brunhes pour leurs conseils avisés et leur exigence tout au long de ce projet,

Cali pour m'avoir autorisé à travailler sur l'un de ses morceaux dans le cadre de cette étude,

Etienne Hendricks, pour son aide précieuse et rapide dans l'analyse des résultats de mon test perceptif,

Mes parents ainsi que mes frères et soeurs pour leur soutien au cours de cette année,

Clara, Basile et Anne-Sophie pour leurs encouragements,

Antonin, Julien, Lucie, Maurice du studio Motif Music pour leur énergie, leur rigueur et leurs conseils,

Laura pour son aide à la correction,

Le Club du CDI pour son aide dans la rédaction, la pertinence de ses interventions et la motivation de ses membres,

Tous mes camarades de la promotion Son 2018, que je remercie pour ces trois belles années passées ensemble,

Tous les participants, enseignants et élèves, au test perceptif,

Jean-Pierre Teulade, Christophe Menguy, et d'autres belles rencontres qui m'ont aiguillé vers ce domaine.

# Résumé

Située au carrefour d'enjeux techniques, liés aux niveaux de diffusion, et esthétiques, liés aux nombreuses implications de la notion d'enveloppe, la compression de dynamique est l'un des procédés majeurs de la production des musiques actuelles (en anglais *pop music*). Depuis une dizaine d'année les pratiques ayant trait à la dynamique sont interrogées dans le cadre des débats autour du phénomène dit de « la guerre du volume ». Ainsi des mises en œuvres alternatives de la compression de dynamique, comme la compression parallèle, sont envisagées afin de répondre au paradigme de la production musicale contemporaine : préserver la sensation de dynamique tout en répondant à la contrainte commerciale d'un niveau de diffusion élevé. Le travail ici présenté, situé dans ce contexte dynamique réduit, propose une évaluation perceptive des différences entre compressions parallèle et série, dans une mise en œuvre à but d'effet qui se restreint à un instrument à forte dynamique instantanée : la batterie. Après un travail théorique préliminaire permettant de présenter les enjeux techniques, esthétiques et historiques des deux procédés, deux mixages du morceau *La vie quoi* (2015) du chanteur Cali sont réalisés afin d'effectuer un test perceptif parmi un panel de sujets experts. Ce travail essaie ainsi de dégager des enjeux esthétiques propres à chaque technique afin d'éclairer et d'élargir les possibilités d'utilisation de la compression de dynamique, au service d'un projet esthétique donné.

**Mots-Clés :** compression de dynamique, mixage musical, esthétique, technologie, musiques actuelles

# Abstract

Dynamic range compression plays a major role in pop music production. It is at the crossroads of both technical issues linked to sound level, and aesthetic ones, linked to the multiple consequences of the notion of “envelope”. Practices around dynamic range have been questioned for ten years with debates about the “loudness war”. Therefore alternative ways of achieving dynamic range compression, like parallel compression, have been implemented in order to respond to the paradigm of modern musical production: trying to preserve a dynamic feeling whilst responding to the commercial constraint of providing high sound levels. The work presented here, set in this reduced dynamic context, proposes a perception-based assessment of the differences between parallel and serial compression, with the aim of creating an effect. The study is reduced to a high momentary dynamic instrument : the drums. Following some theoretical work about the technical, aesthetic and historical aspects of both techniques, two mixes of the song *La vie quoi* (2015) by French singer Cali have been made in order to design a perception-based test with a panel of experts (composed solely of sound engineers). Therefore this work tries to identify the aesthetic concerns linked to each technique in order to clarify and offer a broader use of dynamic range compression, which could serve a defined aesthetic project.

**Keywords** : dynamic range compression, music mixing, aestheticism, technology, pop music

# Table des matières

<b>I.Introduction.....</b>	<b>7</b>
Notices préalables.....	10
<b>II.Généralités sur la compression de dynamique.....</b>	<b>11</b>
A.La dynamique.....	11
1.Définitions.....	12
1.1.Notion de signal audio.....	12
1.2.Mesures du signal audio.....	13
1.2.1.Echelle logarithmique : le décibel .....	13
1.2.2.Echelles de mesure en analogique et numérique .....	14
1.3.Dynamique et niveaux.....	16
1.3.1.Niveau RMS.....	16
1.3.2.Niveau crête .....	17
1.3.3.Mesure de <i>Loudness</i> .....	18
1.3.4.Dynamique.....	19
1.4.Enveloppe.....	20
1.4.1.Définition.....	20
1.4.2.Caractéristiques spectrales de l'enveloppe .....	22
B.La compression de dynamique.....	23
1.Justification de la compression de dynamique.....	23
1.1.Adaptation à un système de dynamique inférieure.....	23
1.2.Réduction de dynamique à but esthétique.....	24
2.Description du procédé.....	25
2.1.Gain et diagramme de transfert.....	27
2.2.Compression avec seuil.....	28
2.3.Limitation.....	30
C.Mise en œuvre de la compression de dynamique : le compresseur.....	31
1.Description générale du compresseur.....	31
1.1.Paramètres de niveau.....	31
1.2.Paramètres temporels.....	32
1.3.Autres paramètres.....	35
1.3.1. <i>Knee</i> .....	35
1.3.2. <i>Look Ahead</i> .....	36
1.3.3. <i>Side Chain</i> externe.....	36
1.3.4.Compresseur multibande.....	37
2.Technologies de compresseurs.....	38
2.1.Compresseurs à tube.....	39
2.2.Compresseurs optiques.....	43
2.3.Compresseurs à transistors à effet de champ (FET).....	47
2.4.Compresseurs à pont de diodes .....	49
2.5.Compresseurs à circuit VCA.....	50
2.6.Compresseurs numériques.....	53
2.6.1.Implémentation matérielle : limiteurs brickwall.....	53
2.7.Implémentation logicielle.....	54

<b>III.Enjeux esthétiques liés à la compression de dynamique .....</b>	<b>57</b>
A.Utilisation en série.....	58
1.Influence du ratio et du seuil.....	58
B.Influence des paramètres temporels .....	61
1.Temps d'attaque.....	61
2.Temps de relâchement (release).....	63
C.Compression parallèle.....	65
1.Historique.....	65
2.Principe général .....	66
3.Approche « transparente ».....	69
4.Recherche d'une modification du timbre .....	71
4.1.Utilisation d'un compresseur en parallèle.....	71
4.2.Utilisation du compresseur multibande en parallèle .....	75
D.Description esthétique de quelques compresseurs analogiques.....	76
1.Fairchild 670®.....	77
2.Manley Variable-Mu®.....	79
3.Teletronix LA-2A®.....	80
4.TubeTech CL1-B®.....	82
5.Urei 1176 LN®.....	83
6.Neve 33609®.....	85
7.SSL Xlogic G-series® compressor.....	86
<b>IV.Evolution des pratiques de la compression de dynamique.....</b>	<b>87</b>
A.Evolution historique.....	87
B.Réduction dynamique et « guerre du volume ».....	97
<b>V.Evaluation perceptive des différences entre compressions série et parallèle : cas de la batterie .....</b>	<b>105</b>
A.Présentation du projet.....	105
1.Modalités générales de l'étude.....	105
2.Choix du morceau.....	107
B.Réalisation du mixage.....	107
1.Organisation de la session de mixage.....	108
2.Réalisation pratique .....	111
2.1.Traitements fréquentiels.....	111
2.2.Traitements dynamiques.....	114
2.2.1.Grosse caisse.....	115
2.2.2.Caisses claires.....	118
2.3.Autres traitements.....	123
C.Test perceptif .....	124
1.Protocole.....	124
1.1.Premier protocole de test .....	125
1.2.Deuxième protocole de test.....	126
1.3.Résultats du test.....	127
1.4.Interprétation des résultats.....	128
1.5.Conclusions du test.....	129
<b>VI.Conclusion générale.....</b>	<b>131</b>
<b>VII.Bibliographie.....</b>	<b>133</b>

1.Ouvrages (et extraits).....	133
2.Articles de revues.....	133
3.Articles internet.....	134
4.Notes de conférences.....	135
5.Publications institutionnelles.....	135
6.Publications des constructeurs.....	135
<b>VIII.Index des illustrations.....</b>	<b>136</b>
<b>IX.Discographie.....</b>	<b>141</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>142</b>
A. Annexe 1 : Découpage spectral en vue de l'écoute analytique.....	143
B. Annexe 2 : Formulaire de réponse au test perceptif.....	144
C. Annexe 3 : Résultats du test perceptifs (valeurs moyennées).....	145

# I. Introduction

Parmi les enjeux de la production sonore, ceux reliés au paramètre dynamique revêtent depuis quelques années une importance particulière avec de nombreux débats, études et publications sur le sujet. On observe même dans le domaine audiovisuel l'établissement d'un cadre réglementaire avec la recommandation EBU-R128. La dynamique est une dimension complexe réunissant des enjeux esthétiques, liés au caractère vivant du son et à la sensation d'espace entre les sources, mais également commerciaux et sanitaires lorsqu'est considérée la question des niveaux de diffusion.

Dans la production musicale, le contrôle de ce paramètre, essentiellement effectué par le procédé de la compression, est progressivement devenu incontournable, en particulier s'agissant des musiques actuelles. Le terme, à l'origine institutionnel, permet d'opérer une séparation entre les musiques classiques, traditionnelles, dans une appréciation plus nuancée le jazz, et les autres courants musicaux<sup>1</sup>. Il englobe en particulier la production musicale à destination du grand public, dont la dénomination anglophone bien connue est *pop music*. C'est dans ce contexte de production que les débats autour de la dynamique sont les plus sensibles car la pratique de la compression s'y est esthétiquement et commercialement imposée, restreignant progressivement la dynamique de ces productions depuis les années 1980. On note depuis quelques années une volonté esthétique, peut-être conséquente aux débats sur le sujet, à tendre vers une sensation de dynamique augmentée, par opposition à une esthétique compacte liée à son tassement pleinement assumé jusqu'au milieu des années 2000. La contrainte commerciale d'un haut niveau de diffusion reste toutefois d'actualité. Ainsi peut-on définir le paradigme de l'ingénieur du son travaillant dans la production des musiques actuelles, en particulier à destination du grand public : maintenir un haut niveau de diffusion tout en

---

<sup>1</sup> COMMISSION NATIONALE DES MUSIQUES ACTUELLES, *Rapport à Mme la Ministre Catherine Trautmann, ministre de la culture et de la communication*, Septembre 1998, p. 14.

préservant autant que possible la sensation de dynamique. Si cette démarche se traduit en partie par une inflexion mesurable du phénomène de réduction dynamique<sup>1</sup>, la contrainte commerciale du niveau de diffusion limite ce recul mesurable. Il existe donc actuellement un véritable enjeu pour l'ingénieur du son, particulièrement s'il intervient en musiques actuelles, à envisager des pratiques de la compression de dynamique alternatives à l'emploi classique en insert de tranche. La compression parallèle, définie par un mélange effectué entre le signal auquel est appliquée une compression et le signal brut, est l'une de ces pratiques alternatives. Développée et pratiquée outre-Atlantique depuis les années 1970, elle reste une mise en œuvre plutôt discrète et moins fréquente que la référence en série, en particulier dans la production européenne, comme en témoigne la faible quantité de documentation sur le sujet. On note toutefois la mention récurrente, parmi les publications sur cette technique, d'une meilleure préservation des transitoires<sup>2</sup> que la mise en œuvre série. Ce constat fait envisager à leurs auteurs l'emploi préférentiel de cette technique dans des contextes dynamiques restreints.

Cette étude se propose d'étudier, dans une approche comparative avec la compression série, les enjeux esthétiques de l'emploi de la compression parallèle dans le contexte des musiques actuelles. Elle se focalise sur le cas de la batterie, instrument au transitoire important dont la préservation est un enjeu important au sein des mixages en contextes dynamiques réduits. On réalisera à ces fins une évaluation perceptive des différences entre les deux approches, afin de dégager des enjeux esthétiques propres à chacune d'elles. La méthode employée, par son approche objective, présente en elle-même un premier enjeu. En effet, l'interrogation rationnelle de l'esthétique du mixage musical est une approche inhabituelle d'une discipline où la subjectivité occupe une place

---

1 **DERUTY, Emmanuel, TARDIEU, Damien**, « About dynamic processing in Mainstream Music », *Journal of Audio Engineering Society*, Vol.62, N°1/2, Jan/Fév 2014, p. 42-55.  
2 **KATZ, Bob**, *Mastering Audio the art and the science*, Burlington, Focal Press, 2003, rééd. Focal Press, 2013, p. 134.

importante<sup>1</sup>. L'ingénieur du son pourra peut être tirer de cette étude des clés de compréhension différentes quant à la pratique de la compression de dynamique et élargir, le cas échéant, son champ d'options techniques à mettre au service d'un projet esthétique donné. Le but d'un tel travail n'est donc pas de démontrer la supériorité de l'une ou l'autre des techniques. En effet, la réussite d'un mixage repose souvent sur la cohérence des moyens techniques mis en œuvre avec une direction guidant sa réalisation. Ne pouvant réduire ces projets esthétiques à une entité univoque, bien que des tendances puissent être dégagées, il serait ainsi malavisé de se prononcer sur la supériorité absolue d'une technique de mixage quelqu'elle soit.

Ce travail débute par une étude théorique de la compression de dynamique qui, dans une première partie, présentera des généralités techniques et technologiques quant à la dynamique et sa compression. Le procédé sera envisagé dans son implémentation historique en série. Cette présentation permettra ensuite d'aborder les enjeux esthétiques liés aux pratiques de la compression de dynamique, en série et en parallèle. L'incidence esthétique de ces pratiques y sera à nouveau envisagée dans une double lecture technique et technologique. Les pratiques de la compression seront enfin interrogées sous un angle historique afin de clore cette partie théorique. La partie pratique de cette étude, aboutissant à l'évaluation des deux techniques par la réalisation d'un test perceptif et l'analyse de ses résultats, fera l'objet de la dernière partie. Cette partie décrira préalablement la réalisation des deux mixages ayant servi de base à ce test, permettant d'illustrer par la pratique chacune des méthodes décrites dans la partie théorique.

---

1 **OWSINSKY, Bobby**, *The Mixing Engineer's Handbook 4<sup>th</sup> Edition*, West Burbank, Bobby Owsinsky Media, 2017, p.12

# Notices préalables

Avant de débiter la lecture de ce travail, quelques précisions lexicales doivent être apportées pour sa bonne compréhension. On rappelle tout d'abord les étapes de la chaîne classique de production musicale. Elle débute par l'étape d'enregistrement, suivi du mixage des pistes individuelles qui en sont issues en vue de fournir un fichier dont le nombre de piste dépend du canal de diffusion (généralement un fichier stéréo) ou des *STEMS* (groupes d'instruments). Ces fichiers sont ensuite finalisés lors de l'étape du *mastering* qui harmonise globalement le matériau musical en vue de sa diffusion publique.

Par ailleurs le milieu de la production sonore, qu'il s'agisse des esthétiques ou des technologies, fait appel à de nombreux anglicismes. Par commodité de lecture et souci de cohérence avec la littérature existante les termes anglais seront employés. La traduction française, lorsqu'elle existe, sera proposée entre parenthèse à la première occurrence. Les mots transparents (par exemple « attaque ») seront laissés en français.

Enfin ce travail fait intervenir un découpage du spectre audible en bandes corrélées à des sensations afin de faciliter l'analyse esthétique. Ce découpage, se basant sur celui du cours dispensé par Pascal Spitz à l'ENS Louis Lumière, est fourni en annexe<sup>1</sup>. Le lecteur non averti est invité à le consulter, en particulier avant la lecture de la deuxième partie.

---

<sup>1</sup> Cf. Annexe 1

## II. Généralités sur la compression de dynamique

### A. La dynamique

Classiquement, l'étude du son musical fait intervenir trois grands paramètres : le spectre, qui représente la répartition fréquentielle de la source (dont on limite souvent l'étude à la bande audible 20Hz-20kHz), la dynamique, en lien avec les variations d'intensité (donc de pression acoustique) perçues, et la spatialisation caractérisant la localisation des sources dans l'espace. Ces trois paramètres sont bien évidemment liées et s'influencent mutuellement. Dans un souci de précision ce travail sur la compression de dynamique se limitera aux rapports entretenus entre ce paramètre et la dimension spectrale. Les liens entre dynamique et espace ne seront ainsi pas abordés car ils devraient alors faire l'objet d'une autre étude à part entière.

Avant d'aborder le procédé lui-même un certain nombre de définitions en lien avec le paramètre dynamique doivent être apportées.

# 1. Définitions

## 1.1. Notion de signal audio

Le terme général de signal définit une fonction rendant compte des variations temporelles de la grandeur physique étudiée<sup>1</sup>.

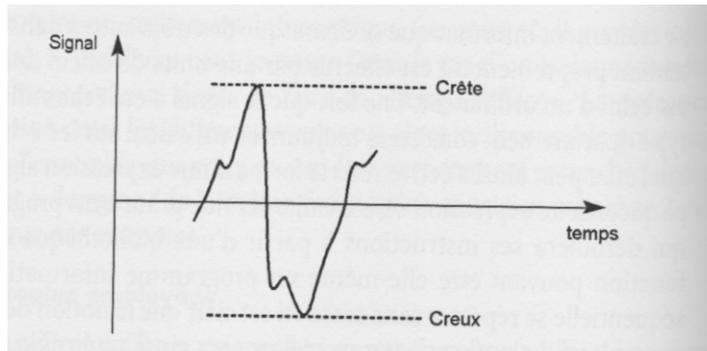


Fig. 1: Représentation du signal audio

Dans le cas présent, le signal audio représente la variation du niveau de tension électrique fourni par la chaîne de transduction, consécutive à la variation du niveau de pression acoustique. Dans le cadre de l'acoustique classique, cette fonction a une valeur moyenne nulle et présente des minima et maxima, appelés crêtes et creux, sensiblement égaux en valeur absolue. Une différence de valeur absolue entre minima et extrema traduit une valeur moyenne non nulle et l'existence d'un décalage (*offset*).

---

<sup>1</sup> **MERCIER, Denis (dir.)**, *Le livre des techniques du son Tome 2*, Paris, Fréquences, 1988, 3e réed Paris, Dunod, coll. Audio-Photo-Vidéo, 2004, p. 254.

## 1.2. Mesures du signal audio

### 1.2.1. Echelle logarithmique : le décibel

L'oreille humaine est sensible à des variations de pression acoustique autour de la valeur de référence que constitue la pression atmosphérique. Ces variations s'étendent sur une plage large : de  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa (seuil d'audition) à 20 Pa (seuil de douleur). Le caractère relatif du mode perceptif, ainsi que l'étendue des valeurs, ont justifié dans le domaine sonore l'utilisation d'une échelle logarithmique pour exprimer la perception de la puissance.

En effet l'échelle logarithmique rend compte sous une forme condensée des variations d'une grandeur par rapport à une valeur de référence. La définition et l'unité de cette dernière qualifient l'échelle utilisée et on parle alors de niveau, exprimé en décibels (dB). La qualification apportée au décibel précise la grandeur mesurée. Par exemple, le niveau de pression acoustique est l'expression en échelle logarithmique de la variation de pression acoustique, exprimée en pascals (Pa), par rapport à la pression acoustique prise en référence, dans ce cas la plus petite variation perceptible ( $2 \cdot 10^{-5}$  Pa). Ce niveau de pression acoustique est exprimé en dB SPL (*Sound Pressure Level*)<sup>1</sup>.

L'absence de précision indique alors un simple rapport entre deux niveaux d'une même échelle.

---

<sup>1</sup> **MERCIER, Denis (dir.)**, *Le livre des techniques du son Tome 1*, Paris, Fréquences, 1987, 4e réed Paris, Dunod, coll. Audio-Photo-Vidéo, 2010, p. 194.

### 1.2.2. Echelles de mesure en analogique et numérique

Dans un souci de cohérence, les mesures de signal audio sont donc également exprimées en échelles logarithmiques, cette fois exprimées en décibels électriques<sup>1</sup>. On distingue là encore des mesures absolues, pour lesquelles l'acronyme précise la valeur de référence, et des mesures relatives, uniquement exprimées en dB. La formule générale de calcul d'un niveau de tension est la suivante :

$$N = 20 \log \left( \frac{V}{V_{ref}} \right)$$

En audio analogique professionnel l'échelle utilisée est le dBu. La valeur de tension de référence (qui donne donc un niveau de 0dBu) est 0,775V. Le niveau de tension nominal des appareils professionnels est le plus souvent de +4 dBu. Toutefois dans certains pays, aux Pays Bas par exemple, la valeur +6dBu peut être rencontrée.

Une autre échelle de niveau de tension, cette fois rencontrée dans l'audio grand public, est le dBV qui prend comme valeur de référence 1V. Le niveau nominal des appareils grands public est fixé à -10dBV.

Une dernière échelle parfois rencontrée en audio analogique est le dBm. Elle mesure cette fois des niveaux de puissance et prend comme valeur de référence une puissance de 1mW dissipée dans une charge de 600 Ohms. Elle est surtout utilisée en télécommunications, réseaux radio et fibre optique. Cette échelle n'est pas ou peu rencontrée en audio et la description en est donc ici donnée à titre indicatif. L'échelle prenant cette fois en compte des rapports de puissance la formule est la suivante :

$$N = 10 \log \left( \frac{W}{W_{ref}} \right)$$

En audionumérique l'échelle utilisée est le décibel pleine échelle (dB FS *full scale*). La valeur de référence est cette fois le plus haut niveau de tension

---

1 **MERCIER, Denis (dir.)**, *Le livre des techniques du son Tome 2, op. cit.*, p. 2-7.

codable sur l'échelle de valeurs numériques. Au-delà de ce niveau de 0dBFS le signal est écrêté, occasionnant une distorsion audible et très caractéristique. Les niveaux en décibels pleine échelles sont donc systématiquement négatifs<sup>1</sup>.

Cependant, le processus de codage peut conduire, selon la position des échantillons dans le signal audio analogique, à l'apparition de crêtes dépassant le niveau maximal correspondant en théorie à un niveau de 0dBFS. Ce phénomène se produit lors de la reconstruction analogique du signal. Ainsi un niveau maximum de +6dBFS peut être mesuré, dans le cas d'une coïncidence de phase, à cause de ce phénomène appelé « crêtes inter-échantillons » ou encore *InterSamples Peaks (ISP)*.

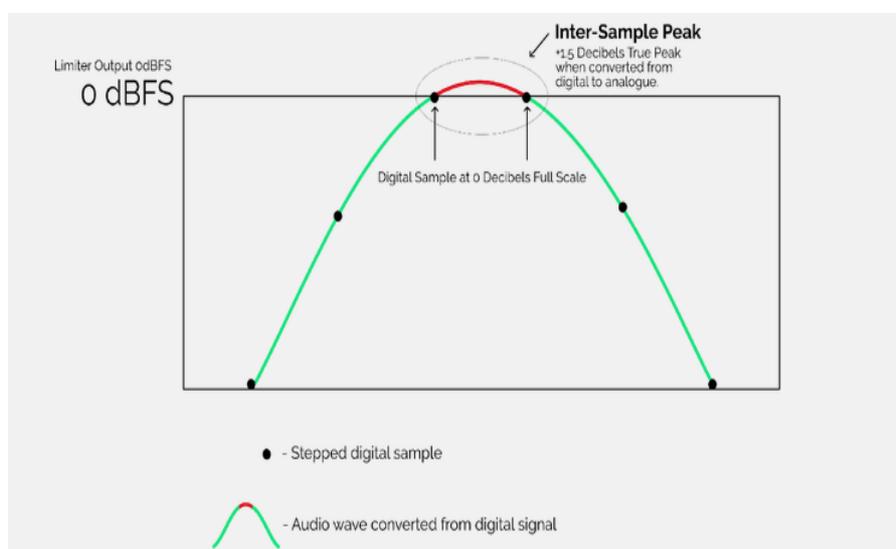


Fig. 2: Crête inter-échantillons

L'emploi d'un sur-échantillonnage et d'un crête-mètre en mode « True Peak » (ces notions seront développées par la suite) sont alors indiqués pour remédier à ce problème, qui concerne surtout les ingénieurs du son de *mastering*.

Enfin, il convient de préciser qu'un alignement des niveaux nominaux est effectué entre les échelles analogiques et numériques : on aligne le niveau nominal analogique (en valeur efficace, classiquement +4dBu) avec un niveau de -18dBFS en échelle numérique.

<sup>1</sup> KATZ, Bob, *Mastering Audio the art and the science*, op. cit., p. 322-323.

### 1.3. Dynamique et niveaux

On définit de manière générale la dynamique comme le rapport, exprimé en décibels (dB), entre le niveau maximal et le niveau minimal d'une modulation (signal). La façon dont sont définis ces deux niveaux conditionne la définition de la dynamique envisagée.

#### 1.3.1. Niveau RMS

On appelle valeur efficace la moyenne quadratique des valeurs de ce signal, effectuée sur un temps d'intégration donné. Pour une tension électrique la formule est la suivante :

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_{t_0}^{t_0+T} u^2(t) \cdot dt}$$

Cette valeur efficace porte en anglais la dénomination RMS (*Root Mean Square*)<sup>1</sup>. L'emploi très répandu de cet acronyme, tant dans les publications que dans la pratique, en justifiera l'emploi dans la suite de ce travail, s'agissant des valeurs efficaces (parfois également appelées moyennes par abus de langage).

Du point de vue psycho-acoustique on relie usuellement cette valeur efficace à la notion de sonie et donc à la perception de la puissance sonore d'une source.

La mesure usuelle de ce niveau efficace est effectuée en analogique à l'aide d'un VU-Mètre, dont le temps d'intégration est de 300 ms et dont la mesure est donnée relativement au niveau 0dB, correspondant à son niveau d'alignement (classiquement +4dBu). Cette valeur RMS est également donnée en audionumérique, cette fois en dBFS RMS.

---

<sup>1</sup> WEISTEINN, Eric W., « Root Mean Square », *Mathworld*, Mai 2017, consulté en Mai 2018, URL : <http://mathworld.wolfram.com/Root-Mean-Square.html>.

### 1.3.2. Niveau crête

Le niveau crête d'une modulation correspond en valeur absolue à l'extremum atteint à un instant donné par le signal. La mesure de ce niveau est effectuée à l'aide d'un crête-mètre<sup>1</sup> (*Peak-Program Meter* ou *PPM*). Bien que ces appareils existent depuis les années 30, leur utilisation s'est répandue avec l'avènement de l'audio numérique.

L'audio analogique fait également intervenir des valeurs maximales de tension admissibles (souvent de +24 à +32dBu) mais celles-ci sont très élevées en regard du reste de la chaîne de traitement. Elles ne sont donc que rarement atteintes. Par ailleurs, il a longtemps été considéré que les éventuelles surcharges électriques dues aux crêtes du signal analogique s'effectuaient sur des temps suffisamment courts pour ne pas être intégrées par l'oreille humaine. Ainsi, la bonne connaissance des facteurs de crête<sup>2</sup> (classiquement entre 8 et 12dB pour un programme musical) associée à la mesure fournie par les VU-mètres permet une pratique confortable dans le domaine de la production musicale analogique. Jusqu'aux années 1990 l'utilisation du crête-mètre a donc été essentiellement réservé au domaine radiophonique, où les problématiques de bande passante imposaient un contrôle du niveau crête de modulation. Il découle de cette utilisation historique une classification relativement complexe de ces appareils, selon la norme et l'institution audiovisuelle concernée, qui n'a pas vocation à être développée ici.

L'audio numérique a généré de nouvelles problématiques de niveaux. En effet, l'échelle de quantification est bornée par une valeur maximale qui lorsqu'elle est dépassée provoque un écrêtage brutal du signal et une distorsion très audible. Or le niveau d'alignement choisi<sup>3</sup> (-18dBFS pour un niveau nominal en analogique) rend le niveau maximal de quantification inférieur au

---

1 **MERCIER, Denis (dir.)**, *Le livre des techniques du son Tome 2, op. cit.*, p. 14-15.

2 Cette notion est définie dans le chapitre « Mesures du signal audio ».

3 **ITU-R**, *Recommendation BS.645-2: Test signals and metering to be used on international sound programme connection*, Mars 1992, consulté en Mai 2018, URL : <http://www.itu.int/rec/R-REC-BS.645/e>.

niveau électrique maximal admissible de nombreux appareils analogiques. En effet, dans le cas d'un niveau nominal de +4dBu l'alignement impose un niveau maximal admissible de +22dBu à l'entrée de l'interface audionumérique. Ce niveau est inclus dans la plage de fonctionnement normal de l'appareil analogique concerné, souvent limitée entre +24 et +32dBu. Le signal numérique peut donc être écrêté sans que le signal analogique dont il est issu ne le soit. Ainsi est-il devenu indispensable de mesurer précisément le niveau crête du signal analogique afin de prévenir tout risque d'écèlement.

La première génération de crêtes-mètres est appelée *quasi-PPM* car ces appareils ont un temps d'intégration non nul dont la valeur – 5ms pour le Type I, 10ms pour le Type II - indique l'approximation réalisée sur la mesure. Par exemple dans le cas d'une intégration sur 5ms la valeur crête réelle est sous-estimée de 4dB pour une crête de 3ms, 15dB pour une crête de 0,4ms. Cette approximation impose la mise en place d'une réserve de gain, appelée *headroom*, dans l'utilisation de crêtes-mètres *quasi-PPM*. Par ailleurs ces appareils ont des temps de retour important (de 1,7 à 2,8 sec pour obtenir une atténuation de 20dB)<sup>1</sup>.

À partir des années 1990 ont été développés une génération de crêtes-mètres numériques appelés *True Peak* (vraies crêtes). Ces appareils permettent de donner à 1% près (0.1dB) la valeur crête réelle du signal à tout instant, indépendamment de toute durée d'intégration. Pour y parvenir un sur-échantillonnage est effectué afin de tenir compte du phénomène de crêtes inter-échantillons.

### 1.3.3. Mesure de *Loudness*

Il faut enfin, s'agissant de mesures de niveaux, évoquer les échelles *Loudness* (que l'on pourrait traduire par *intensité*), mises en place dans le cadre audiovisuel depuis une dizaine d'année. À la mesure physique brute ont été

---

<sup>1</sup> ITU-R, *Recommendation BS.645-2: Test signals and metering to be used on international sound programme connection, op. cit.*

intégrés des paramètres psycho-acoustiques afin de tenir compte de l'influence de la balance spectrale de la source dans la perception de sa puissance. La mesure ainsi fournie est appelée *Loudness* et est donnée en unités LUFS (LU pleine échelle) pour le niveau moyen et en décibels True Peak (dBTP) pour le niveau crête.

Cette échelle de mesure a été retenue dans l'audiovisuel afin de fournir un cadre dynamique formel. Ainsi la recommandation EBU R128<sup>1</sup>, depuis reprise comme norme par de nombreuses institutions audiovisuelles, propose un encadrement des valeurs de *Loudness* à l'échelle d'un programme (en LUFS) et des valeurs crêtes en dBTP.

#### 1.3.4. Dynamique

D'après les définitions précédentes, on peut définir deux types de dynamique, selon l'échelle d'observation envisagée et les niveaux considérés<sup>2</sup>.

On définit la dynamique instantanée comme le rapport entre le niveau RMS et le niveau crête sur un temps d'intégration dont la valeur dépend du crête-mètre employé (idéalement le plus court possible). Il s'agit d'une information d'ordre micro-dynamique, en lien avec la notion d'enveloppe qui sera développée par la suite, et par extension reliée au timbre de la source. Si l'on considère les niveaux RMS et crête moyens du signal sur un temps d'intégration plus long, on définit alors le facteur de crête de ce signal sur cet intervalle (qui peut être toute la durée du signal). Héritée des télécommunications, cette notion caractérise la dynamique du signal de manière plus générale et renseigne sur l'amplitude moyenne des variations autour de la valeur efficace. Il s'agit d'une valeur particulièrement utile pour le dimensionnement des différents appareils d'un chaîne de traitement, afin d'assurer la compatibilité inter-appareils mais également avec le signal source à traiter. Considérant les signaux de forme fixe ce facteur de crête est constant

---

1 **EBU**, *Recommandation R128 : Loudness normalization and permitted maximum levels of audio signal*, Genève, Juin 2014.

2 **DERUTY, Emmanuel, TARDIEU, Damien**, « About dynamic processing in Mainstream Music », *op. cit.*

(par exemple 3dB pour une sinusoïde).

La dynamique définie par ce seul terme décrit le rapport entre le plus haut et le plus faible niveau RMS sur l'ensemble d'un programme (musical, radiophonique, télévisuel). On parle encore de dynamique programme. Cette information macro-dynamique renseigne sur la puissance globale dégagée par un programme. Actuellement dans la pratique on distingue la dynamique programme dans le cadre de la production musicale, qui fait intervenir un rapport de niveaux RMS, et la dynamique programme dans le cadre audiovisuel qui fait intervenir l'échelle *Loudness* évoquée précédemment.

## 1.4. Enveloppe

### 1.4.1. Définition

L'enveloppe est une courbe qui relie les différents extremums du signal audio. On définit ainsi une enveloppe supérieure et une enveloppe inférieure<sup>1</sup>.

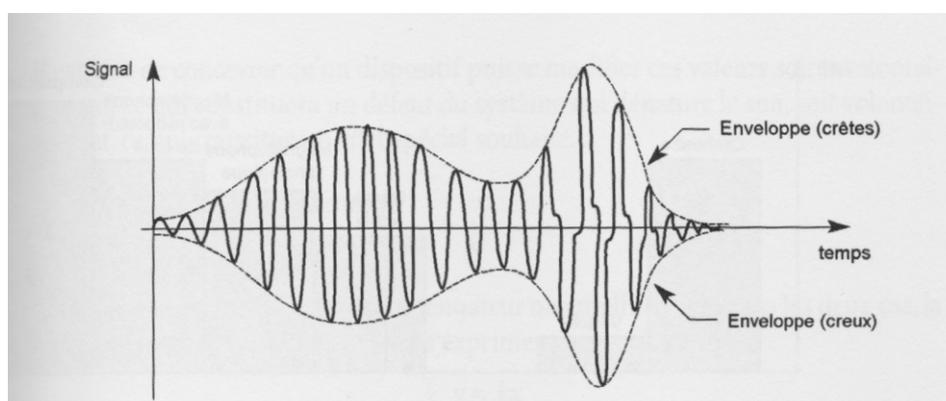


Fig. 3: Enveloppe complète (supérieure et inférieure) du signal

Considérant la valeur moyenne nulle du signal audio (en dehors d'un *offset*), on assimile en pratique l'enveloppe d'un son à sa courbe d'enveloppe supérieure. Cette enveloppe porte donc sous une forme plus condensée les informations relatives à la dynamique. En effet, la courbe décrit l'évolution temporelle de l'amplitude du signal. On peut ainsi y réaliser des mesures de

<sup>1</sup> **MERCIER, Denis (dir.)**, *Le livre des techniques du son Tome 2, op. cit.*, p. 255.

niveaux crêtes et RMS.

Cette représentation est fréquemment utilisée, en particulier en son musical, car elle est à la fois reliée à la sensation de puissance sonore (par les mesures évoquées ci-dessus) et aux caractéristique timbrales de l'instrument. Quatre paramètres<sup>1</sup> définissent de façon générale l'enveloppe d'un son et le poids relatif de chacun entre en considération dans la caractérisation du timbre de la source :

- l'attaque (*attack*), qui est le segment ascendant de la courbe
- la chute ou déclin (*decay*), qui est le segment descendant suivant
- l'entretien ou maintien (*sustain*), qui est un plateau
- l'extinction ou relâchement (*release*), qui correspond à l'atténuation finale et définitive du son considéré.

La figure 4 représente l'enveloppe usuellement appelée ADSR (*attack decay sustain release*).

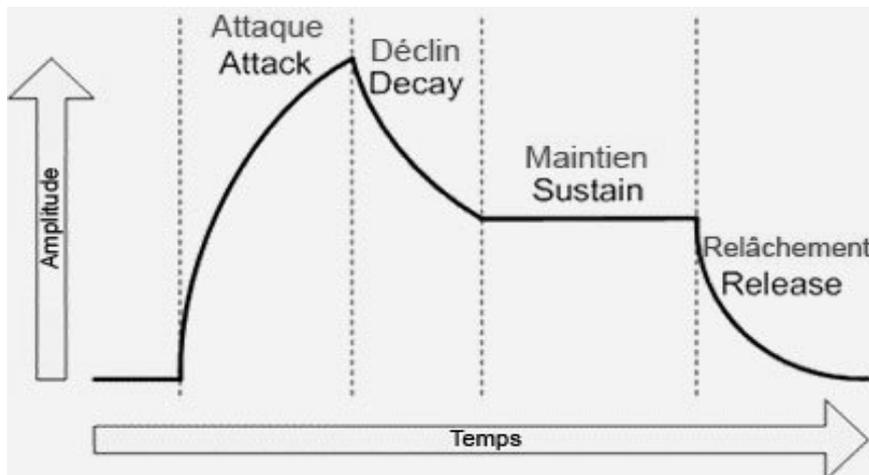


Fig. 4: Enveloppe ADSR

<sup>1</sup> MERCIER, Denis (dir.), *ibid.*, p. 256.

### 1.4.2. Caractéristiques spectrales de l'enveloppe

Le lien de l'enveloppe avec les caractéristiques timbrales d'un son est connu depuis le début du XXe et les débuts de la synthèse sonore. Pour autant, l'enveloppe ADSR n'a été formalisée que dans les années 1960 avec l'essor des synthétiseurs modulaires. Ainsi chaque composante de l'enveloppe renferme pour un son donné des caractéristiques spectrales spécifiques. On peut dégager quelques tendances. La zone d'attaque contient la partie transitoire du son, plutôt reliée à la partie aiguë du spectre, en particulier l'agressivité (2-4 kHz). La zone de *decay* est plutôt reliée à la zone de résonance (bas médium 250-500Hz). Les zones de *sustain* et *release* sont plutôt reliées à la partie médium de l'instrument ainsi qu'aux informations spatiales portées par les extrêmes du spectre.

Il s'agit là bien évidemment d'un découpage schématique et incomplet car la perception tonale de ces différentes zones est au moins aussi dépendante du poids relatif de chacune. Il faut surtout retenir de cette description fréquentielle de l'enveloppe la relation étroite qu'entretiennent paramètres dynamiques et spectraux, l'action sur l'un influençant nécessairement l'autre.

# B. La compression de dynamique

## 1. Justification de la compression de dynamique

### 1.1. Adaptation à un système de dynamique inférieure

La première utilisation de la compression de dynamique (réalisée à l'aide d'un appareil appelé compresseur) est l'adaptation d'un signal de dynamique donnée à un système de dynamique plus faible<sup>1</sup>. Cette situation est typiquement observable au cours des différentes étapes menant à la restitution sur supports de diffusion. En effet, ceux-ci ont une dynamique fixée, déterminée par le rapport signal sur bruit, dans laquelle il convient d'inscrire le message à restituer sous peine de perte d'informations (saturation d'une part, ou disparition des plus bas niveaux dans le bruit de fond d'autre part). Ainsi un disque vinyle a une dynamique de 45dB, un fichier numérique encodé en 16bits (résolution du format *Red Book* employé dans la restitution sur *Compact Disc* ©) une dynamique de 96dB.

Historiquement, l'enregistrement sonore a d'abord fait intervenir des procédés de captation globale, à distance des sources, et à l'aide de microphones omnidirectionnels. La dynamique du signal enregistré est alors corrélée à la dynamique de la source acoustique perçue par un auditeur dans la pièce. Elle est envisagée de manière globale, mesurée comme l'écart entre le niveau efficace maximal et le bruit de fond de la salle. En effet, l'atténuation du niveau avec la distance et la prise en compte du champ réverbéré (en particulier diffus) justifient le recours à des niveaux efficaces. Un exemple souvent employé est celui de l'orchestre symphonique, auquel on attribue une dynamique de 70-80 dB, considérant un niveau efficace de bruit de fond de 40 à 50 dB SPL et un niveau efficace maximal de 120 dB SPL. L'évolution rapide, au cours du milieu du XX<sup>e</sup> siècle, des niveaux maximaux admissibles des microphones a amélioré la

---

<sup>1</sup> **MERCIER, Denis (dir.)**, *Le livre des techniques du son Tome 2, op. cit.*, p. 256.

transduction de la dynamique de la source acoustique au signal électrique. Elle a ainsi rapidement fait apparaître une limitation provenant du support d'enregistrement (bande magnétique) ou de restitution (disque vinyle). Ce constat a entraîné le développement de systèmes de contrôle de la dynamique dès les années 1950.

Au cours des années 1960, on assiste au développement de la captation multi-microphonique directive en proximité, qui devient rapidement la technique d'enregistrement majoritaire en production musicale, en particulier grand public. Le système de captation n'est alors plus assimilable au point d'écoute d'un auditeur placé dans la pièce et implique des enjeux dynamiques supplémentaires. En effet la faible distance à la source, cumulée à la directivité (qui implique une réponse en fréquence moins linéaire qu'un microphone omnidirectionnel) font intervenir le phénomène d'effet de proximité. Il est défini par une exagération de la dynamique instantanée de la source (augmentation du rapport entre niveau crête et niveau efficace). Considérant l'enveloppe de cette source, l'exagération de sa dynamique instantanée est caractérisée par un changement des rapports des différentes composantes de celle-ci, en particulier une accentuation de l'attaque et du *decay*. Ce changement de rapports induit donc également une modification de la balance spectrale de la source avec une augmentation des zones d'agressivité et de résonance<sup>1</sup>. Ces modifications de l'enveloppe de la source ont amené à une seconde utilisation de la compression de dynamique.

## 1.2. Réduction de dynamique à but esthétique

Dans l'approche précédente, le système de dynamique inférieure impose l'emploi d'une compression de dynamique pour des raisons physiques. Ici le recours au compresseur est motivé par un but esthétique, à savoir la modification des paramètres de l'enveloppe. On peut alors parler d'une réduction volontaire de dynamique<sup>2</sup>. Le signal n'est plus envisagé dans sa

---

1 **MERCIER, Denis (dir.)**, *Le livre des techniques du son Tome 2, op. cit.*, p. 87-89.

2 **MERCIER, Denis (dir.)**, *Le livre des techniques du son Tome 2, op. cit.*, p. 259.

globalité comme dans l'approche précédente. L'attention portée aux rapports des différents paramètres de l'enveloppe met alors pleinement en jeu le lien, évoqué auparavant, entre dynamique et contenu spectral et justifie la qualification esthétique du but recherché.

Deux approches peuvent être distinguées. Il peut s'agir d'une part de corriger les modifications générées par effet de proximité. On parlera alors d'une correction de source, qui se focalisera en première intention plutôt sur la dynamique instantanée ou sur la balance spectrale de la source, avec des conséquences réciproques. Il s'agit donc bien d'une action à but esthétique afin de modifier la sensation de la source considérée. Ces modifications peuvent servir par exemple l'intelligibilité en corrigeant les écarts de niveaux d'une voix dus aux mouvements, même minimes, du locuteur face au micro, ou une résonance trop importante qui nuirait à la clarté de celle-ci. Elles sont également utilisées pour faciliter l'intégration d'une source dans un mixage en lissant des variations spectro-dynamiques dues à l'effet de proximité qui ont tendance à la mettre en avant de façon incontrôlée.

D'autre part, la compression de dynamique peut être employée afin de délibérément modifier l'enveloppe de la source en dehors de toute démarche corrective. Il s'agit alors d'un procédé à but d'effet s'inscrivant dans une démarche artistique<sup>1</sup>. L'influence spectrale de la compression est l'aspect privilégié. Cette approche est, comme de nombreuses démarches à but d'effet, majoritairement employée dans la production des musiques actuelles.

## 2. Description du procédé

Le traitement dynamique repose sur un principe simple. Il s'agit de contrôler l'amplification ou l'atténuation du signal en fonction de son niveau d'entrée. Pour réaliser une réduction de dynamique, on peut uniquement atténuer les niveaux élevés ou amplifier de manière plus importante les niveaux faibles que les niveaux élevés. Ces deux approches définissent la compression de

---

<sup>1</sup> **KATZ, Bob**, *Mastering Audio the art and the science*, *op. cit.*, p. 123.

dynamique et sont respectivement distinguées dans la littérature anglo-saxonne par les termes *downward compression* et *upward compression*<sup>1</sup>. Il n'existe pas en français de traduction pour ces deux méthodes que l'on peut comprendre par compression descendante et ascendante. Pour une réduction dynamique équivalente, l'action sur le niveau crête uniquement (premier cas) entraîne une diminution du niveau RMS alors que dans le second le rehaussement des bas niveaux entraîne une augmentation de celui-ci. L'hypsogramme suivant formalise simplement ces deux approches.

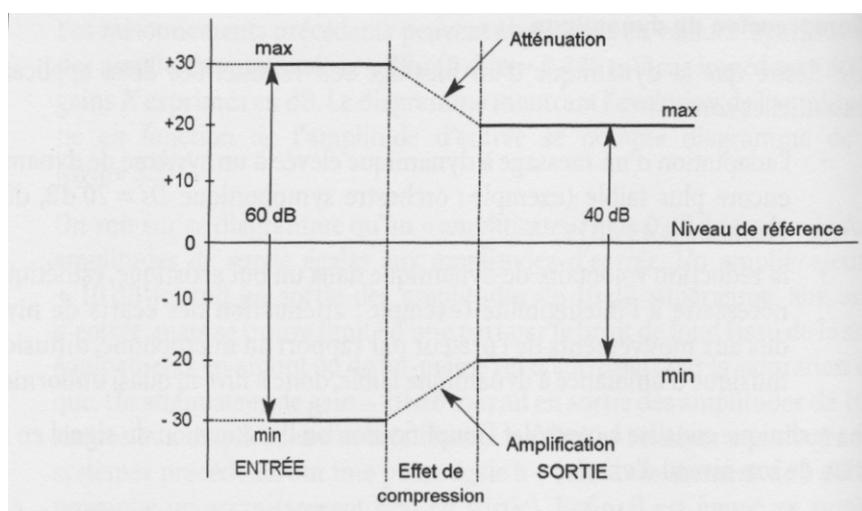


Fig. 5: Hypsogramme d'une compression de dynamique

Par ailleurs, le traitement dynamique permet également l'augmentation de la dynamique, par amplification des niveaux élevés uniquement, ou par atténuation des niveaux faibles. Ces procédés caractérisent le procédé d'extension de dynamique dont il ne sera pas question dans ce travail mais qui méritait d'être à ce stade mentionné. Il convient de noter que l'extension de dynamique fonctionne en pratique sur le principe inverse de la compression, tant du point de vue conceptuel que dans sa mise en œuvre électronique.

<sup>1</sup> KATZ, Bob, *ibid.*, p. 133.

## 2.1. Gain et diagramme de transfert

On peut représenter le comportement du gain d'un compresseur par un diagramme de transfert dont la pente indique l'amplification, ou l'atténuation, appliquée au signal de sortie en fonction du niveau d'entrée. Dans le cas d'un compresseur, cette pente est appelée ratio et se note sous la forme  $x : 1$ , où  $x$  représente la variation dynamique du signal d'entrée associée à une variation de 1dB du signal de sortie<sup>1</sup>.

La description est ici donnée dans un cadre analogique (avec un niveau de référence de 0dBu) et il suffit d'appliquer l'alignement adéquat pour en projeter la représentation dans le contexte audionumérique.

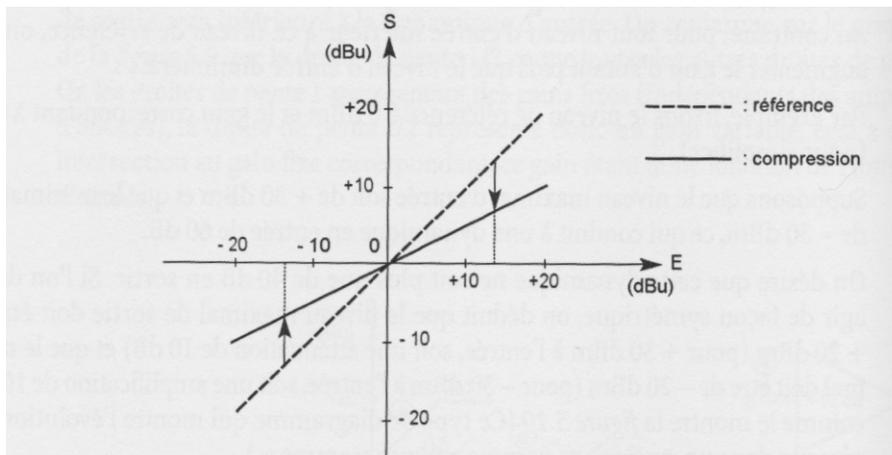


Fig. 6: Diagramme de transfert d'une compression de dynamique

La courbe de référence caractérise un traitement dynamique nul dont le ratio est donc 1:1. À une variation du niveau d'entrée de 1dB, on associe une variation du signal de sortie équivalente, soit 1dB. Il s'agit électriquement d'un montage suiveur.

La courbe en trait plein représente une compression de ratio 2:1 (donc de pente 1/2) où une variation dynamique de 2dB en entrée entraîne une variation dynamique d'1 dB en sortie. Ainsi un signal de +20dBu en entrée est associé à un niveau de sortie de +10dBu.

<sup>1</sup> **MERCIER, Denis (dir.),** *Le livre des techniques du son Tome 2, op. cit.,* p. 259.

On peut apporter plusieurs remarques sur ce diagramme. Tout d'abord, on constate qu'une pente inférieure à 1 définit une compression (et à l'inverse une pente supérieure à 1 définit une extension) de dynamique. Par ailleurs, la symétrie de la courbe par rapport à l'origine (niveau de référence) définit la compression dans son principe fondamental : une atténuation des niveaux élevés et une amplification des niveaux faibles.

## 2.2. Compression avec seuil

La simple application d'un gain variable au signal de sortie entraîne une amplification du bruit de fond. Considérant le principe de rapport signal sur bruit, il est entendu que le signal utile, porteur de l'information souhaitée, est d'amplitude plus importante que le bruit généré par le système (bruit de fond acoustique, bruit thermique en électronique). Il est d'ailleurs si faible qu'on assimile couramment l'amplitude totale du signal (utile + bruit de fond) à celle du signal utile. La simple application d'une compression, telle que définie par le diagramme précédent, va entraîner une atténuation des plages de signal utile et une amplification du bruit lors des plages de silence. Dans le cas d'une source rythmée, la réduction dynamique fera émerger un bruit, également artificiellement rythmé. Cet effet parasite particulier est qualifié d'effet de « pompage ». Ce terme qualifie par extension l'émergence rythmée et audible des bas niveaux (considérant cette fois plutôt le signal utile) dans le signal de sortie et est un effet caractéristique de la compression de dynamique. Souvent considéré comme indésirable il est par ailleurs utilisé à but d'effet dans des procédés dont il sera fait mention par la suite.

Pour palier à ce problème, on souhaite donc limiter la réduction de dynamique aux passages du programme le nécessitant. Ainsi a été développée la compression avec seuil. Il s'agit d'un niveau (RMS ou crête selon le mode de détection) en dessous duquel la compression n'agit pas. L'atténuation réalisée

est alors corrélée au niveau du signal d'entrée excédant ce seuil<sup>1</sup>. Par exemple avec un seuil fixé à 0dBu et un ratio de 2:1 un signal de niveau +4dBu sera atténué de 2dB. Le seuil de compression, appelé *threshold* en anglais, est un paramètre essentiel de tout processeur de traitement dynamique. Il conduit à la représentation usuelle du diagramme de transfert d'une compression de dynamique, donnée par la figure 7.

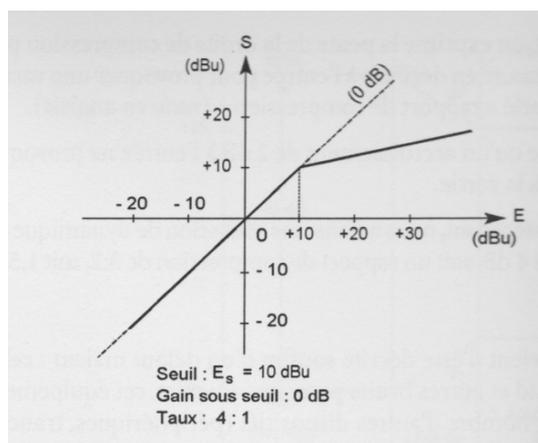


Fig. 7: Diagramme de transfert d'une compression avec seuil

La fonction de transfert est à gain unitaire jusqu'au seuil, traduisant l'absence de compression en dessous de celui-ci. Au-delà, le ratio supérieur à 1:1 (ou pente inférieure à 1) traduit la compression réalisée (de ratio 4:1 dans l'exemple ci-dessus).

L'application d'une compression avec seuil a pour effet d'atténuer les hauts niveaux et donc d'abaisser le niveau RMS du signal. On envisage alors la compression selon le procédé descendant (*downward compression*). C'est pourquoi un réglage de gain de sortie est très souvent proposé à l'utilisateur afin de compenser cette baisse du niveau global. Ce gain s'applique à tout le signal, que la compression soit déclenchée ou non. L'application de ce gain permet cette fois d'envisager la compression sous l'angle du rehaussement des bas niveaux, inchangés par la compression avec seuil, et donc amplifiés dans le signal final après application d'un gain.

<sup>1</sup> **MERCIER, Denis (dir.)**, *Le livre des techniques du son Tome 2, op. cit.*, p. 262-263.

### **2.3. Limitation**

Il s'agit d'une utilisation particulière de la compression avec seuil. En effet, pour des ratios supérieurs à 10:1 l'atténuation au dessus du seuil est telle que ce dernier devient la valeur maximale du signal de sortie. Cet usage particulier de la compression de dynamique est justifié, par précaution, dans des cas où l'on ne connaît pas *a priori* le niveau maximal de la source à enregistrer. Il est également employé lorsque le signal est destiné à un système de diffusion ne supportant pas le dépassement de son niveau maximal admissible sous peine de saturation (émetteur de radiodiffusion, enregistrement numérique).

# C. Mise en œuvre de la compression de dynamique : le compresseur

Ayant décrit le principe de la compression de dynamique, il convient d'aborder l'un des appareils réalisant en pratique ce traitement et qui sera l'objet de toute la suite de ce travail : le compresseur.

Cet appareil permet de réaliser l'amplification commandée en tension et fait intervenir deux circuits de traitement du signal : un étage réalisant l'amplification du signal à traiter et un circuit de contrôle de cette amplification. Ce dernier est alimenté par un signal, dit de commande ou de détection, qui peut être une recopie du signal d'entrée ou une source extérieure, et qui contrôle la compression de dynamique effectuée. Ce circuit de contrôle est appelé *Side Chain*.

## 1. Description générale du compresseur

Le compresseur est un appareil parfois complexe dans son réglage par le nombre important de paramètres proposés, dont le nombre varie toutefois d'un modèle à un autre. Ce chapitre se propose de balayer les réglages les plus couramment rencontrés.

### 1.1. Paramètres de niveau

Il s'agit des paramètres évoqués au chapitre précédent : seuil, ratio et gain de sortie. Il est à noter que, si la compression de dynamique est définie dans son principe par ces paramètres, tous les appareils ne donnent pas forcément accès à leur réglage. C'est par exemple le cas du ratio dans les appareils datant d'avant les années 1970. La description de ces particularités sera abordée dans un chapitre ultérieur décrivant les différentes technologies de compresseurs.

## 1.2. Paramètres temporels

On rappelle que le traitement repose sur un circuit de détection du niveau du signal d'entrée qui contrôle l'amplification (en l'occurrence une atténuation) du signal de sortie selon différentes méthodes qui seront évoquées par la suite. La détection impose en analogique une intégration, même sur un temps très court, qui va donc compromettre une action instantanée de l'appareil. Par ailleurs, l'oreille humaine réalise elle-même une intégration des niveaux (d'où la correction entre sensation de niveau et niveaux efficaces). Il est donc de toute façon souhaitable esthétiquement de réaliser un traitement intégré, plus lissé qu'un traitement instantané influencé par les moindres variations du signal d'entrée. Un tel traitement modifierait totalement les transitoires et la perception timbrale associée. Électroniquement ces opérations d'intégrations sont réalisées grâce à des circuits RC. En introduisant des résistances variables il est donné à l'utilisateur la possibilité de faire varier les constantes de temps des circuits d'intégration et donc les temps de réponse de l'appareil.

On définit ainsi classiquement deux paramètres temporels dans un compresseur. Le premier est le temps d'attaque (*attack*), qui définit la durée entre la détection d'un dépassement du seuil et l'application complète de l'atténuation. Le second est le temps de relâchement (*release*), qui définit le temps séparant la détection du retour sous le seuil et le retour à un gain unitaire. En pratique les valeurs données de ces paramètres correspondent à l'intervalle 10%-90% de la valeur maximale de gain<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> **KATZ, Bob**, *Mastering Audio the art and the science*, *op. cit.*, p. 121.

La figure 8 permet de se représenter simplement ces paramètres temporels.

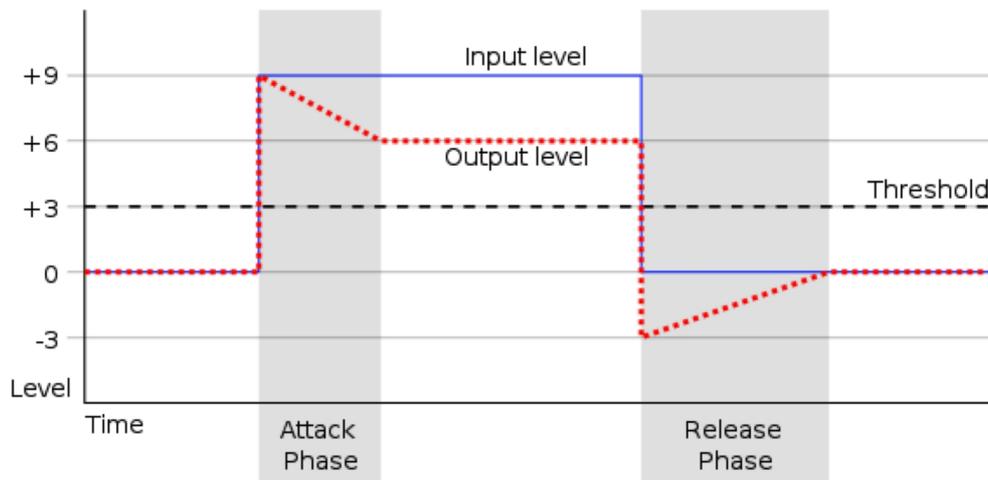


Fig. 8: Evolution du niveau de sortie et paramètres temporels

Ces paramètres temporels offrent à l'utilisateur une grande liberté d'action sur l'enveloppe du signal d'entrée, dont il peut cibler l'une ou l'autre des caractéristiques selon le type de source et le but recherché par le traitement.

Il faut enfin noter que ces paramètres temporels peuvent induire une distorsion harmonique lorsqu'on leur fait prendre des faibles valeurs<sup>1</sup>. En effet, la variation du gain est alors brutale et fait tendre le signal vers un signal carré, générant alors un certain nombre d'harmoniques.

<sup>1</sup> KATZ, Bob, *ibid.*, p. 123.

La figure 9 montre une sinusoïde de fréquence 80Hz à laquelle ont été appliqués des temps d'attaque et de *release* très courts (inférieurs à 1/8 de l'alternance). On remarque bien la réorganisation de la forme d'onde qui tend vers le carré.

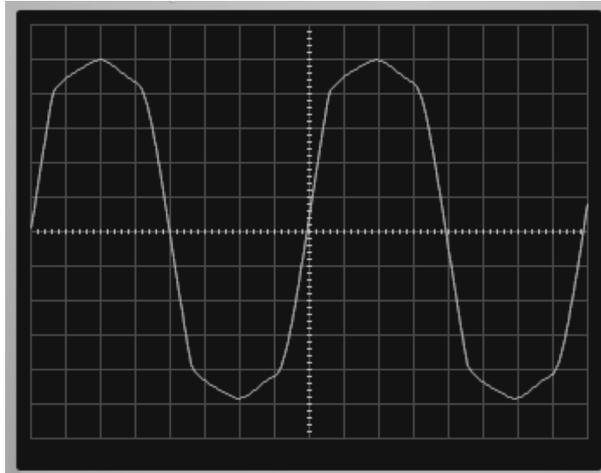


Fig. 9: Oscillogramme d'une sinusoïde (80 Hz) avec temps d'attaque court

La mesure de la distorsion harmonique fait alors bien apparaître, en plus du fondamental un certain nombre d'harmoniques, dans le cas présent impaires. Il s'agit d'un phénomène important qu'il conviendra de garder à l'esprit dans la description ultérieure des différentes technologies de compression.

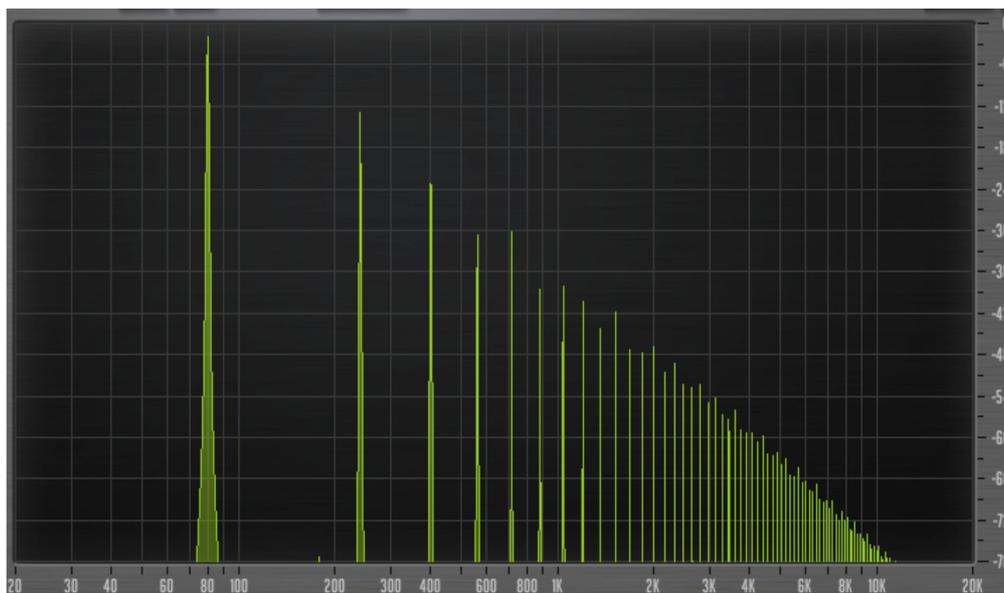


Fig. 10: Mesure de distorsion harmonique de la sinusoïde précédente

### 1.3. Autres paramètres

Les paramètres précédemment évoqués constituent les réglages essentiels de tout compresseur. Des réglages additionnels sont proposées selon les modèles et les technologies associées. On peut en citer plusieurs régulièrement retrouvés.

#### 1.3.1. Knee

Le paramètre *knee* (littéralement le genou) décrit le comportement de la courbe au niveau du seuil. La fonction *hard knee* décrit le comportement classique d'un compresseur, à savoir un passage brutal de la courbe à gain unitaire à celle d'atténuation. Le réglage *soft knee* réalise un lissage entre les deux comportements.

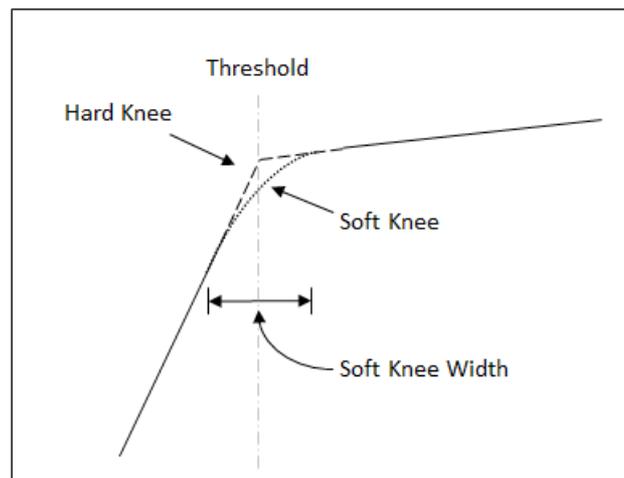


Fig. 11: *Soft et hard knee*

Ce paramètre est préconisé dans le cas où l'on souhaite diminuer la perception de l'entrée en action de la compression<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> KATZ, Bob, *Mastering Audio the art and the science*, op. cit., p. 120.

### **1.3.2. *Look Ahead***

Dans le cas de temps d'attaque très courts, une durée réduite sépare la détection du plein traitement souhaité. La mise en place d'une ligne à retard sur le signal d'entrée peut permettre d'introduire un temps suffisant pour effectuer la compression sur la partie désirée de l'enveloppe. Le compresseur induit alors un délai entre le signal d'entrée et le signal de sortie et le retard introduit est réglable par la fonction *Look Ahead*. Cette fonction est particulièrement utile lorsqu'on souhaite appliquer une compression sur la zone d'attaque de l'enveloppe qui est pour certaines sources (en particulier les percussions) très brève.

### **1.3.3. *Side Chain* externe**

Certains compresseurs offrent la possibilité d'effectuer un traitement dynamique contrôlé par un signal extérieur, grâce à la fonction *side chain*. Cette fonction a plusieurs utilités dont la première est l'intelligibilité ou le démasquage par l'atténuation du niveau d'une source commandée par la présence d'une autre source. On pourra ainsi penser en radio à une atténuation automatique de la diffusion musicale lors de l'entrée de la voix. En mixage musical on peut envisager la commande de la compression de la basse par un autre élément grave du mixage, souvent la grosse caisse, afin de démasquer la pulsation de cette dernière pour augmenter l'énergie rythmique dans le bas du spectre.

L'autre utilisation est une extension de l'effet de pompage décrit précédemment. Il s'agit d'un traitement à but d'effet, surtout utilisé dans les musiques actuelles, essentiellement électroniques. Il consiste à appliquer une compression sur un effectif plus ou moins important (de la source isolée à un mixage entier) commandée par un élément rythmique. Le bon réglage des différents paramètres temporels permet alors d'introduire artificiellement un rythme dans la source considérée. L'effet considéré est d'autant plus audible que le signal traité présente une large bande spectrale et le ratio employé élevé.

### 1.3.4. Compresseur multibande

Il s'agit d'une variante du compresseur appliquant cette fois le traitement par bandes de fréquence. Pour y parvenir cet appareil associe en série un filtre et un compresseur<sup>1</sup> comme le montre la figure 12. Un traitement analogue existe pour réaliser une extension de dynamique.

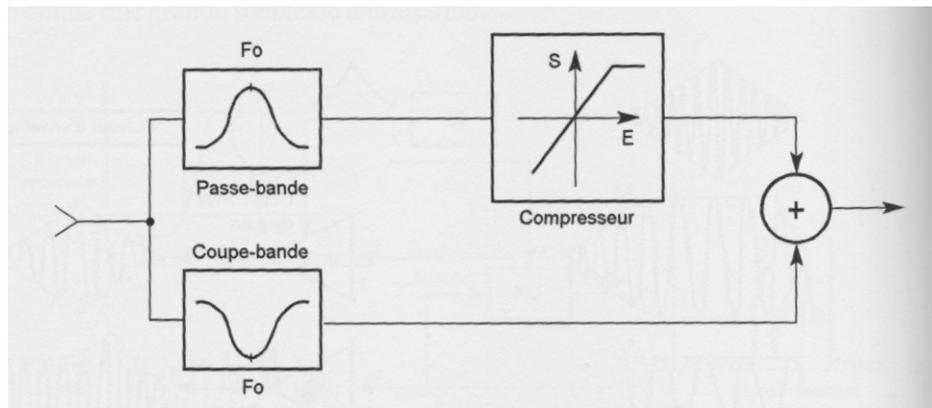


Fig. 12: Synoptique d'un compresseur mono-bande

On notera que l'ensemble du signal passe par l'appareil, la partie non contenue dans la bande traitée étant alors traitée par un filtre complémentaire de la cellule de compression. Le nombre de cellules filtre+compresseur détermine le nombre de bandes du compresseur multibande. L'intérêt d'un tel outil est de contrôler la dynamique d'une zone donnée du spectre. Par exemple, on souhaite dans le cas de la voix contrôler la zone contenant les sibilantes (centre aigu, 4-8kHz). On y parvient en appliquant une compression à seuil qui ne se déclenche que sur cette zone. L'appareil réalisant ce traitement, dénommé *dynamic sibilance controler* ou *de-esser*, est très couramment utilisé dans le traitement de la voix tant parlée que chantée.

<sup>1</sup> MERCIER, Denis (dir.), *Le livre des techniques du son Tome 2, op. cit.*, p. 274.

## 2. Technologies de compresseurs

Historiquement, la première utilisation d'une compression de dynamique peut être associée à l'utilisation des enregistreurs à bande dès les années 1940. Il convient toutefois de noter qu'il s'agit plus là d'un effet collatéral du comportement du gain de l'appareil que d'une utilisation délibérée à but de réduction de dynamique. En effet à des niveaux élevés, s'approchant des niveaux maximums admissibles (avec saturation et détérioration conséquente du contenu sonore) la courbe de transfert de l'appareil est infléchie et un léger écrêtage du signal se produit<sup>1</sup>. La réduction dynamique due à cet écrêtage s'accompagne d'une distorsion et donc d'une coloration caractéristique. Ce phénomène de compression, également appelé « amortissement magnétique » touche préférentiellement les aigus<sup>2</sup> qui seront donc proportionnellement plus atténués avec l'augmentation du niveau. La bande magnétique est ainsi un traitement de compression spectralement sélectif, analogue au multibande.

La sensation sonore associée est souvent décrite par un son plus « chaud », dû au rehaussement des graves et du bas médium consécutif à l'enrichissement harmonique et surtout à l'atténuation des aigus, et plus compact par la réduction dynamique. Cette coloration et ce comportement dynamique justifient encore l'usage contemporain du « couchage sur bande magnétique » de certains *masters*, à but esthétique.

---

1 On rappelle que la transformation d'un signal sinusoïdal en signal carré est caractérisée par l'ajout d'harmoniques, paires ou impaires selon l'appareil générant la distorsion harmonique.

2 **MERCIER, Denis (dir.)**, *Le livre des techniques du son Tome 2, op. cit.*, p. 335.

On peut dater l'apparition des compresseurs en tant qu'appareil référencé au milieu des années 1950<sup>1</sup>. Tous utilisent le principe de l'amplificateur commandé en tension. Il s'agit de faire varier le niveau d'amplification du montage en fonction du niveau du signal d'entrée. Ceci peut s'effectuer au moyen d'une boucle de rétroaction : un circuit de détection module l'amplification, le plus souvent en faisant varier une valeur de résistance. Une autre technique employée, en particulier dans certains compresseurs optiques, est la présence d'un diviseur de tension dont l'une des valeurs de résistance est commandée en tension par le niveau d'entrée. Si le principe général de la compression (une atténuation des niveaux élevés et une amplification des niveaux faibles) et le concept technologique sont donc les mêmes depuis l'origine, les technologies employées pour la détection et l'application du gain au signal de sortie ont fortement évolué. Les chapitres suivants proposent un inventaire des principales technologies de compresseurs utilisées en production musicale.

## 2.1. Compresseurs à tube

Il s'agit des premiers compresseurs identifiés comme tels. À l'instar du procédé utilisant la bande magnétique, il s'agit d'utiliser la partie non linéaire de la caractéristique des tubes à vide, le plus souvent des triodes, parfois des pentodes, pour réaliser la compression du signal. Cette catégorie ne comprend que les appareils où un tube à vide est employé pour réaliser la compression de dynamique. Il est important d'apporter cette précision car de nombreux compresseurs intègrent des tubes pour réaliser l'amplification du signal en sortie ou en entrée mais utilisent une autre technologie pour réaliser la compression elle-même (au niveau de la boucle de rétro-action).

---

1 **BEGGER, Hannes**, « Fairchild 660 and 670 », *Sound on Sound*, Mai 2016, consulté en Mai 2018, URL : <https://www.soundonsound.com/reviews/fairchild-660-670>.

Le tube à vide réalise une amplification de courant commandée en tension<sup>1</sup>. La présence d'une charge en série dans l'anode permet de réaliser l'amplification en tension.

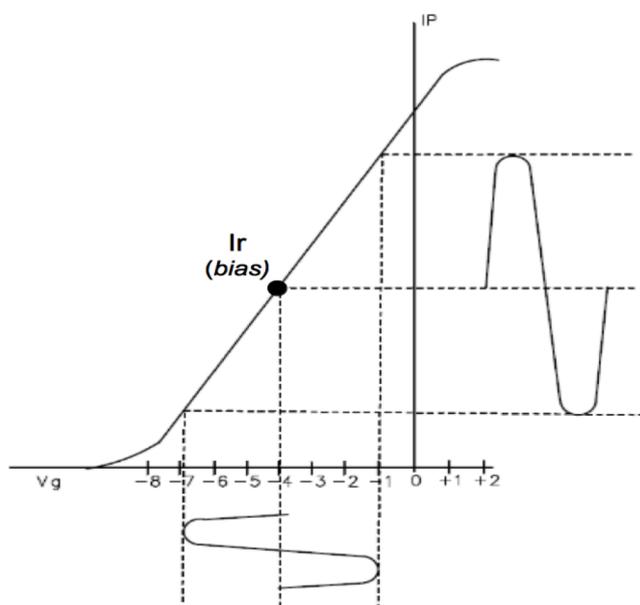


Fig. 13: Caractéristique d'un amplificateur classe A avec tube à vide

Pour un tel montage on définit une valeur de courant de repos  $I_r$ , appelé en anglais *bias*. Cette valeur définit le point de fonctionnement du montage sur lequel sont centrés le signal d'entrée et la plage de fonctionnement linéaire.

Au-delà de cette plage son comportement résistif augmente avec le niveau d'entrée. Placé dans un montage diviseur de tension ou en rétroaction, il permet ainsi de faire varier l'amplification en fonction du niveau d'entrée et donc de réaliser une compression de dynamique. Ce mécanisme a amené à qualifier cette technologie de compression à tubes de *vari-mu* (pour « mu » variable) car « mu » désigne le gain de la fonction de transfert d'un tube<sup>2</sup>.

Comme l'illustre la figure 14, la plage de fonctionnement utilisée pour réaliser la compression est donc la partie non linéaire de la courbe de transfert (dans laquelle la résistance change avec la tension d'entrée). Dans le cas d'un

1 **HARPER, John**, "Tubes 201" - *How Vacuum Tubes Really Work*, 2003, consulté Mai 2018, URL : <http://www.john-a-harper.com/tubes201>.

2 **COOPER, Michael**, « A comprehensive guide to compression and compressors », *BigSqueeze*, 2001, consulté en Mai 2018, URL : <http://recherche.ircam.fr/equipes/design/liens/docs/bigsqueeze/#variable>.

tube celle-ci est relativement étendue et évolue progressivement, en particulier à cause du phénomène d'inertie thermique, ce qui engendre des temps de réponse intrinsèquement assez lents. Toutefois le choix de tubes et de circuits de détection spécifiques permet d'accéder à des compressions à temps d'attaque rapides, c'est le cas du *Fairchild 670*<sup>1</sup>. On constate par ailleurs que la réduction dynamique opérée par le tube s'effectue par un écrêtage du signal et entraîne donc une distorsion harmonique.

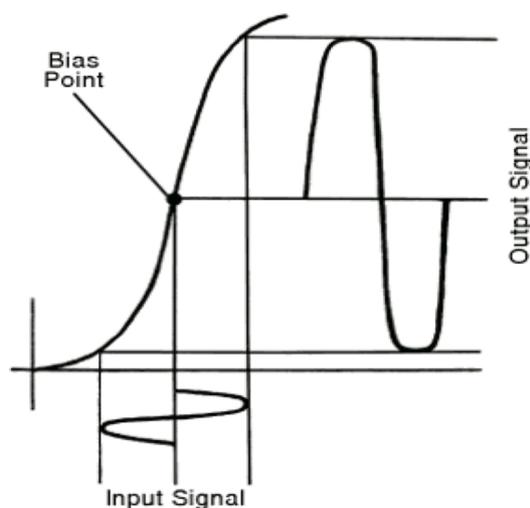


Fig. 14: Compression de dynamique par le tube à vide

La figure 15 illustre l'influence du déplacement de la valeur du courant de repos de l'amplificateur sur l'écrêtage et la compression conséquemment réalisée, en particulier le fait qu'il est dans ce cas possible de n'écrêter qu'une partie des alternances (positives ou négatives). Il en résulte une coloration différente d'un écrêtage des deux alternances, l'enrichissement harmonique ne portant alors que sur une partie du signal. Ce réglage du *bias* fait partie des réglages proposés sur le *Fairchild 670*<sup>1</sup>.

1 BEGGER, Hannes, « Fairchild 660 and 670 », *op. cit.*

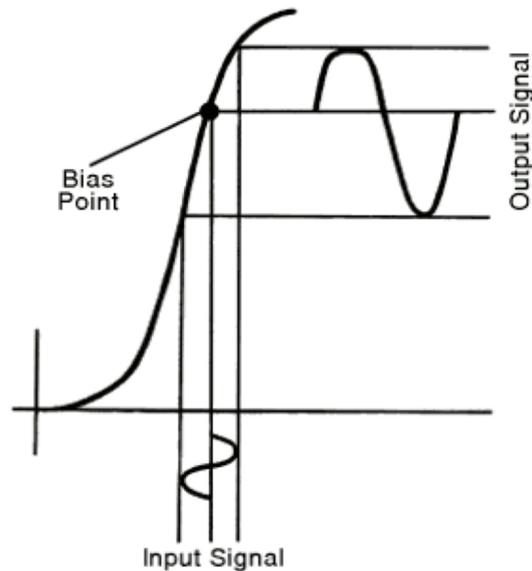


Fig. 15: Influence du déplacement du point de repos

La caractéristique sonore principale de la compression à tube est liée à l'écrêtage et la génération harmonique conséquente, essentiellement de rangs pairs (donc des répliques à l'octave du fondamental). Il s'agit donc d'une distorsion harmonique bien corrélée au timbre d'origine qui amène souvent à la description d'un son « chaleureux » associé à l'amplification à tubes. On peut comprendre en des termes plus analytiques ce terme comme une sensation accentuée de rondeur et de résonance, perçue comme un enrichissement que l'on pourrait qualifier de « consonant » du timbre d'origine.

Par ailleurs une caractéristique de la compression à tube est le comportement non linéaire du ratio en fonction du niveau d'entrée<sup>1</sup>. En effet l'écrêtage augmente à mesure que l'on se rapproche de la zone de saturation et que l'on passe d'une courbe de pente modérée à une pente plus prononcée. On observe même des ratios très importants si l'on se situe dans la partie quasi-horizontale de la courbe. L'évolution lente de la pente de la courbe amène à décrire un réglage de *soft knee* dans cette technique de compression.

On peut donc résumer les caractéristiques de la compression à tube par un ratio non linéaire, une coloration lié à la distorsion harmonique paire, un réglage de *soft-knee* et des paramètres temporels plutôt longs, à l'exception de

1 **COOPER, Michael**, *A comprehensive guide to compression and compressors*, *op. cit.*

certains appareils comme le *Fairchild 670*<sup>®</sup>. Hormis ce dernier on peut citer le *Manley Variable-Mu*<sup>®</sup> parmi les compresseurs très utilisés et réputés de cette catégorie.

## 2.2. Compresseurs optiques

Il s'agit historiquement de la deuxième technologie de compresseurs, développée à la fin des années 1950. La technique de compression est cette fois basée sur une cellule opto-électronique composée d'une diode ou autre composant électro-luminescent et d'une résistance photosensible. Une fraction du signal d'entrée est envoyée dans cette cellule de détection. L'intensité lumineuse de la partie électro-luminescente varie proportionnellement à l'intensité du signal d'entrée et fait ainsi varier la résistance photosensible. Cette résistance fait souvent partie d'un pont diviseur de tension réalisant le contrôle du gain. Ainsi lorsque l'intensité du signal augmente la résistance de la cellule opto-électronique augmente également et le signal de sortie est alors atténué, réalisant la compression de dynamique<sup>1</sup>. La compression effectuée par cette technologie possède un certain nombre de caractéristiques. L'effet de persistance lumineuse de la résistance photosensible impose des temps d'attaque et de *release* relativement longs (plusieurs millisecondes pour le premier, plusieurs dizaines de millisecondes pour le second)<sup>2</sup> qui participent à un faible taux de distorsion. Par ailleurs ces paramètres temporels évoluent avec l'intensité du signal d'entrée, en particulier le temps de *release*. La figure 16 illustre ce phénomène.

---

1 **COOPER, Michael**, *A comprehensive guide to compression and compressors*, *op. cit.*

2 **TREMAINE, Howard M.**, « 12.84. Describe a program-leveling amplifier using electroluminescence control. » in *Audio Cyclopedia*, TREMAINE, Howard M., 1969, Indianapolis, H.W. Sams, p. 548-550.

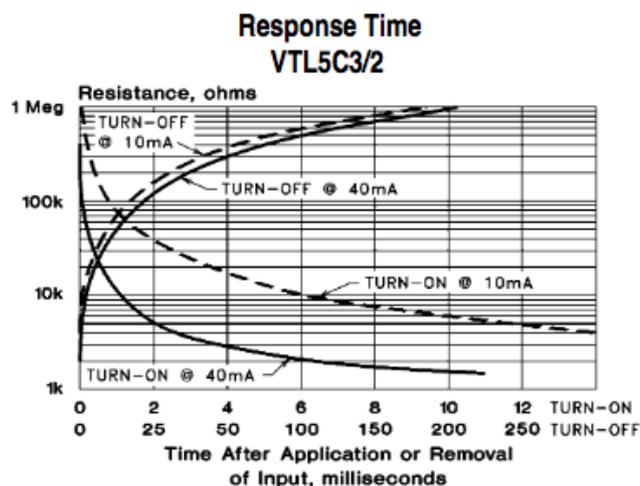


Fig. 16: Courbe de réponse d'une photo-résistance

On constate à l'activation et à l'extinction un retard dans l'établissement du comportement résistif, justifiant les réglages temporels précités. On constate également que, pour un courant plus important (40 mA), la réponse de la cellule est plus rapide, expliquant la réduction du temps de *release* avec l'augmentation du niveau d'entrée.

La pente des courbes de transfert des compresseurs opto-électroniques est plutôt modérée, ce qui entraîne des ratios faibles (souvent autour de 4:1) et un réglage *soft knee*. Par ailleurs, la plage de fonctionnement linéaire de ces appareils est relativement étendue. L'ensemble de ces paramètres, cumulé à la longueur des paramètres temporels, participe au faible taux de distorsion de ces appareils<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> On rappelle le lien entre la réduction des paramètres temporels et la génération de distorsion harmonique.

Un autre particularité de cette technologie est la dépendance fréquentielle du ratio, comme l'illustre la courbe de transfert du Teletronix LA-2A, représentant historique des compresseurs opto-électroniques.

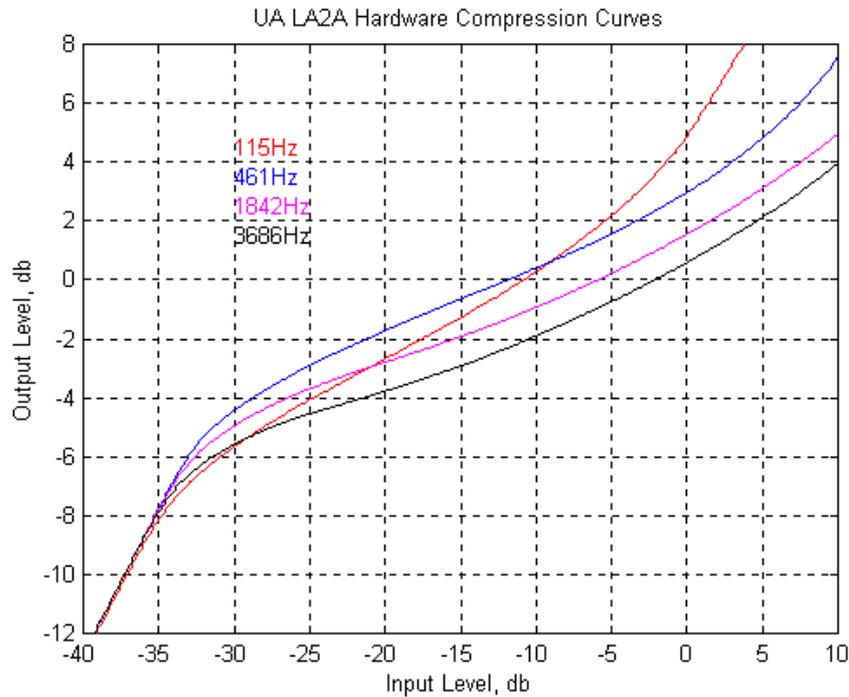


Fig. 17: Courbes de transfert du Teletronix LA-2A en fonction de différentes fréquences du signal d'entrée

On constate d'une part la linéarité du taux de compression sur une plage relativement importante d'environ 30 dB (-30 dBu à 0dBu). On note surtout que le taux de compression et la linéarité de son comportement varient avec la fréquence, une compression plus importante affectant les aigus. Il s'agit d'une autre caractéristique de ces appareils.

Le taux de compression est donc, comme dans le cas des compresseurs à tubes, dépendant du niveau d'entrée. Celui-ci peut varier par le gain d'entrée et par la variation de la fraction de signal source envoyée dans la cellule de détection. Dans les deux cas on amène le signal à compresser dans les parties non linéaires de la courbe de transfert. Ainsi les deux contrôles souvent proposés sur de tels appareils, en particulier les plus anciens, sont un réglage de gain et un réglage de réduction dynamique qui module la fraction de signal envoyée au circuit de détection.

Ainsi, un même taux de compression peut, à nouveau, être atteint par deux méthodes aux implications esthétiques différentes. La compression par augmentation du gain d'entrée introduit une potentielle coloration spectrale dépendante de la technologie employée dans l'étage de pré-amplification (on pensera alors en particulier aux tubes utilisés dans nombre de ces appareils). La seconde méthode n'utilise que les propriétés de l'étage de détection et n'introduit donc pas de coloration liée à l'amplification.

On peut donc résumer la compression opto-électronique par un faible taux de distorsion, des paramètres temporels longs avec un *release* dépendant du niveau d'entrée, des ratios modérés, non linéaires vis-à-vis du niveau et du contenu fréquentiel du signal d'entrée, et un paramètre *soft-knee*. Deux compresseurs renommés de cette catégorie sont le *Teletronix LA-2A*® et le *TubeTech CL1-A*®.

### 2.3. Compresseurs à transistors à effet de champ (FET)

Ces compresseurs fonctionnent sur le même principe que les compresseurs à tubes sauf que l'amplificateur contrôlé en tension n'est plus basé sur un tube mais sur un semi-conducteur : le transistor à effet de champ (FET). Le premier changement notable est l'encombrement et l'échauffement de l'appareil, tous deux très réduits par rapport à un compresseur à tubes. En effet, le transistor à effet de champ est de taille réduite et fonctionne à des tensions basses (descendant jusqu'à quelques Volts selon le montage employé), ce qui réduit l'échauffement.

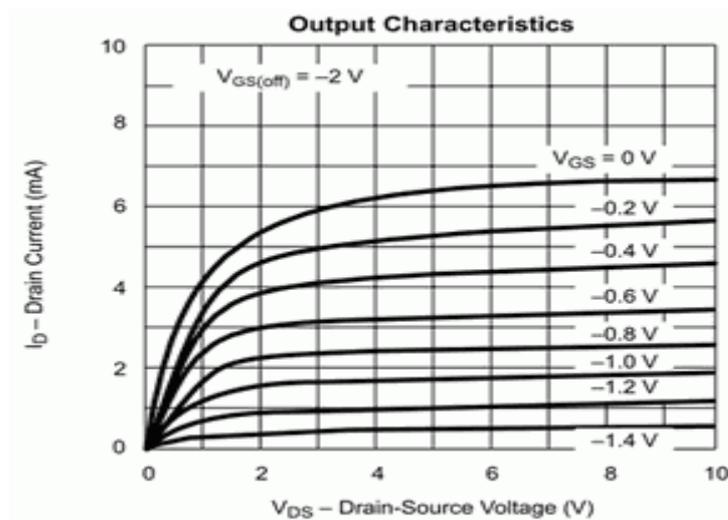


Fig. 18: Caractéristique d'un transistor FET

Le transistor, de manière analogue au tube à vide, réalise une amplification de courant (traversant le drain) commandée en tension, ensuite traduite en tension par une charge placée en série du drain. La tension de commande est la tension grille-source  $V_{GS}$ . On peut séparer la courbe en deux zones : une partie dite ohmique où le transistor se comporte comme une résistance variable commandée en tension et une zone saturée (ou de commutation) où le comportement résistif du transistor est fixé.

La tension d'entrée est la tension drain/source  $V_{DS}$ . Un circuit de rétroaction (intégrant un circuit redresseur) permet d'alimenter la tension de

grille avec une tension continue représentative du niveau d'entrée. Ainsi l'amplification est contrôlée par le niveau du signal d'entrée. Les transistors FET ont par ailleurs une capacité de réponse très rapide aux variations de leur tension de grille (on parle encore de grande vitesse de commutation).

Ainsi les compresseurs à transistor FET sont caractérisés par des paramètres temporels très courts et un taux de distorsion relativement important<sup>1</sup>. En effet, la plage de fonctionnement nominale de ces appareils est plus restreinte que les deux technologies précédentes à cause de la bande passante plus réduite du transistor. Ceci entraîne l'atteinte plus rapide des niveaux de saturation de ces appareils<sup>2</sup>. La coloration spectrale induite par cette distorsion est particulière car majoritairement composée d'harmoniques impaires. Celles-ci sont plutôt reliées à une sensation d'agressivité et une décorrélation spectrale du timbre d'origine. Il s'agit donc d'une distorsion plus agressive, moins perçue comme un enrichissement du timbre de la source.

Il faut également noter, à l'instar des compresseurs à tubes, une non-linéarité du comportement compressif selon le niveau d'entrée. En effet, on constate sur les courbes caractéristiques que le comportement résistif du transistor n'est pas homogène selon le niveau du signal d'entrée. Enfin la rapidité d'action des transistors à effet de champ engendre une rapidité de transition dans la mise en œuvre du traitement, conférant un paramètre *hard knee* à ces compresseurs.

---

1 **MOORE, Austin**, « All Buttons In: An investigation into the use of the 1176 FET compressor in popular music production », *Journal of the Art of Record Production*, n°06, Juin 2012, consulté en Mai 2018 URL : <http://arpjournal.com/all-buttons-in-an-investigation-into-the-use-of-the-1176-fet-compressor-in-popular-music-production>.

2 **COOPER, Michael**, *A comprehensive guide to compression and compressors*, op. cit.

## 2.4. Compresseurs à pont de diodes

Mis au point par Rupert Neve en 1969 dans les séries de compresseurs/limiteurs *2252*<sup>®</sup>, *2253*<sup>®</sup>, *2254*<sup>®</sup>, cette technologie a été popularisée par le modèle *Neve 33609*<sup>®</sup>, autre compresseur répandu en production musicale. Cette technologie est, comme la précédente, basée sur des semi-conducteurs, ici plusieurs diodes, et utilise le comportement résistif du composant.

Deux diodes sont associées pour réaliser la compression des alternances positives et négatives du signal, la réalisation d'un pont de diodes (donc 4 diodes) permettant alors le traitement d'un signal stéréo. L'utilisation de deux diodes pour gérer les deux alternances du signal est source de distorsion de croisement.

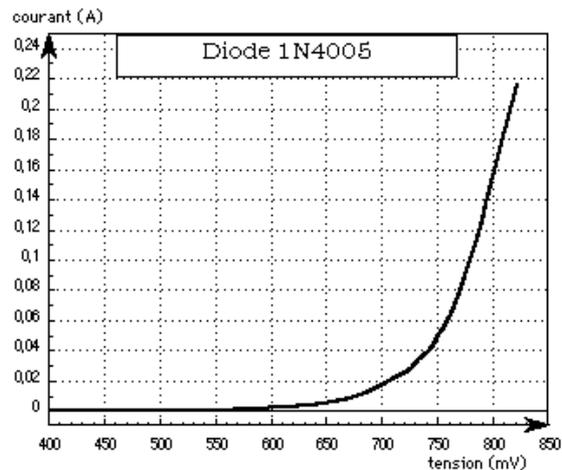


Fig. 19: Caractéristique directe (courant sens passant) d'une diode

Au-delà de la tension de seuil (environ 0,7 V), la résistance de la diode diminue très fortement pour devenir quasi-nulle pour des fortes valeurs de tension (courbe qui tend vers la verticale). Ainsi le comportement résistif d'une diode est inversement proportionnel au niveau de la tension à ses bornes. C'est cette propriété qui est utilisée pour réaliser la compression. Le pont de diode est placé dans la boucle de rétro-action de l'amplificateur. Si le niveau d'entrée est

élevé, le comportement résistif des diodes diminue et la rétroaction est plus importante : l'amplification diminue<sup>1</sup>. On a ainsi bien réalisé une compression de dynamique. De manière analogue aux transistors le temps de commutation de l'état bloqué à l'état passant d'une diode est extrêmement court.

Ainsi, les compresseurs à diodes ont des paramètres temporels qui peuvent prendre des valeurs très courtes, plus courtes encore que les compresseurs à transistor FET. Ils ont par ailleurs un taux de distorsion, harmonique et non harmonique, conséquent et un niveau de bruit de fond plus important que les autres technologies de compresseurs, dû au faible niveau des signaux traités.

## 2.5. Compresseurs à circuit VCA

VCA est l'acronyme de *Voltage Controlled Amplifier*, ou amplificateur commandé en tension. Si les technologies précédentes utilisent le principe de l'amplificateur commandé en tension, le terme VCA est réservé à des circuits intégrés qui réalisent cette fonction. Un des premiers circuits VCA est le *dbx202* « *Black Can* »<sup>®</sup> développé au début des années 1970 par l'ingénieur David Blackmer et constitués de transistors<sup>2</sup>.



Fig. 20: Circuit VCA dbx202  
« Black Can »<sup>®</sup>

- 1 **HILL, Dave**, *Analog Compressor and some of the bits that make what they are*, 2012, Compte Rendu de conférence Audio Days, consulté en Mai 2018, URL : <http://www.cranesong.com/analog%20compressor%20tech.pdf>.
- 2 **THAT CORPORATION**, *A Brief History of VCAs*, consulté en Mai 2018, URL : [http://www.thatcorp.com/History\\_of\\_VCAs.shtml](http://www.thatcorp.com/History_of_VCAs.shtml).

Très rapidement ces circuits ont intégré des amplificateurs opérationnels, engendrant une réduction de l'encombrement et une augmentation la bande passante ainsi que de la dynamique admissible. Ces améliorations ont été accompagnées d'une réduction importante du taux de distorsion. On peut citer à titre d'exemple le VCA *dbx202c*®. Le taux de distorsion a encore été diminué par le développement au cours des années 1980 de circuits VCA classe A, dont sont par exemple équipés les compresseurs *Empirical Labs Distressor EL8*®.

Le principe de fonctionnement repose sommairement sur une modulation du signal d'entrée par l'enveloppe du signal de sortie, au moyen d'une boucle de rétroaction. L'amplificateur réalise la multiplication du signal d'entrée par un signal issu d'un circuit détecteur de crête alimenté par le signal de sortie. On parle parfois de modulation d'amplitude s'agissant de la fonction réalisée par ces circuits. Il faut d'ailleurs noter que leur utilisation n'est pas propre aux compresseurs. On les retrouve dans de nombreuses applications audio par exemple en synthèse modulaire ou en contrôle du mouvement d'un ensemble de faders sur certaines consoles.

Le faible coût de mise en œuvre et l'encombrement réduit ont fait de la technologie VCA la plus répandue parmi les compresseurs disponibles sur le marché actuel. La variété des architectures électroniques de ces appareils, ainsi que des circuits VCA eux mêmes (du tout transistor au tout amplificateur opérationnel en passant par les modèles hybrides, aux circuits classe AB, A ...), rend difficile une description univoque du rendu sonore de ces appareils. On peut toutefois leur dégager quelques caractéristiques communes. Les premières sont un faible taux de distorsion et une grande linéarité du ratio, même pour des taux de compression extrêmement importants. Par ailleurs, il s'agit d'appareils très polyvalents offrant une grande latitude de réglages. En effet, ces compresseurs offrent une plage de valeurs d'attaque et de *release* s'étendant de valeurs extrêmement réduites (très inférieures à la milliseconde, les plus faibles disponibles en compression analogique) à plusieurs secondes. Leur principal

avantage est donc la précision du traitement effectué, en particulier si un contrôle fin des valeurs-crêtes du signal est souhaité<sup>1</sup>.

Il faut noter une évolution majeure dans la pratique de la compression liée à l'implémentation de cette technologie. Si une partie des compresseurs VCA est implémentée sous forme d'unités indépendantes en rack, à l'instar des autres technologies précédemment évoquées, le faible encombrement spatial de ces circuits a également permis leur implémentation au sein des tranches des consoles de mixage. Cet avènement des consoles, dites *solid state*, au début des années 1980 avec un compresseur individualisé par tranche est un tournant majeur dans la production musicale, tant du point de vue technologique qu'esthétique. Ce dernier aspect sera développé dans une section spécifique par la suite. On peut prendre comme illustration de ce tournant dans les pratiques liées à la compression les consoles *SSL série 4000*® (utilisant les circuits VCA *dbx202c*® produit par la société *THAT*©). Ces consoles, ainsi que les séries suivantes (*6000*, *9000*), sont un emblème technologique et esthétique de la production musicale des années 1980 et 1990 et équipent encore aujourd'hui de nombreux grands studios d'enregistrement.



Fig. 21: Console SSL 4000 ®

Enfin, concernant l'implémentation en périphérique individualisé voici à titre informatif une liste non exhaustive de quelques compresseurs VCA souvent rencontrés : *API 2500*®, *DBX160*®, *Alesis 3632*®.

---

1 **COOPER, Michael**, *A comprehensive guide to compression and compressors*, op. cit.

## 2.6. Compresseurs numériques

### 2.6.1. Implémentation matérielle : limiteurs *brickwall*

La fin des années 1980 a été marquée par le développement du traitement audionumérique. Les premiers outils numérique de compression de dynamique ont été des limiteurs dits *brickwall* (mur de brique), implémentés sous forme matérielle. Ces limiteurs sont caractérisés par des possibilités de temps d'attaque nuls, grâce à une fonction *Look Ahead*, et donc un contrôle des valeurs crêtes instantanées du signal (*true peak*) à l'échantillon près. Ils proposent par ailleurs un sur-échantillonnage permettant d'éviter les crêtes inter-échantillons. Une autre fonctionnalité nouvellement offerte par ces outils est la possibilité d'effectuer facilement des sauvegardes et rappels de réglages par des fonctions mémoires. Ces possibilités, absentes des outils de traitement analogique précédemment décrits, sont caractéristiques des compresseurs numériques qui tirent profit du sur-échantillonnage et de la facilité de mise en œuvre de traitements récursifs, moyennant respectivement une augmentation de la charge de travail du processeur et une certaine latence. La complémentarité des options proposées par le traitement numérique peut d'ailleurs expliquer que l'application se soit d'abord orientée vers la limitation du signal et le contrôle des valeurs crêtes, point faible des compresseurs analogiques à l'heure de la quantification numérique. Le calcul effectué par ces appareils repose sur une architecture DSP (*Digital Signal Processor*), des microprocesseurs dédiés au traitement numérique du signal audio. On peut citer parmi les premiers appareils de ce genre les interfaces de transfert numérique *Sony DAL-100*<sup>®</sup> et *Neve DTC*<sup>®</sup>. Ces appareils dédiés au *mastering* numérique intégraient lors de leur sortie en 1989 les premiers limiteurs *brickwall* numériques.

## 2.7. Implémentation logicielle

L'avènement des systèmes *direct-to-disk* au début des années 1990 a été accompagné du développements d'outils logiciels, intégrés aux stations audionumériques de travail (STAN) sous forme de *plugins* (modules d'extension). On peut distinguer parmi ces compresseurs deux catégories.

La première concerne des outils numériques autonomes, émancipés du comportement des technologies analogiques, qui proposent ainsi une transposition dans l'environnement des STAN des traitements proposés par les implémentations matérielles précédemment évoquées. Les réglages proposés balaient l'ensemble des possibilités offertes en analogiques, auxquelles s'ajoutent les spécificités du traitement numérique évoquées dans le chapitre précédent (temps d'attaque nul et détection *true peak*, sauvegarde et rappels de réglages). Le premier logiciel développé dans cette catégorie a été le limiteur *Waves L-1*® en 1994. De très nombreux programmes de ce type sont aujourd'hui proposés, dans une gamme allant de ceux, relativement simples, intégrés aux STAN aux programmes plus complexes proposés par des éditeurs spécialisés (on peut citer à titre d'exemple les éditeurs *Flux*® et *FabFilter*®).

Ces outils disposent de très nombreuses fonctionnalités auxiliaires propres à chaque logiciel, tant en terme de monitoring, avec des interfaces souvent riches en informations, qu'en outils annexes tel le filtrage du signal de *side chain*. Parmi les améliorations apportées à ces programmes au fil des années, on peut noter l'émulation du comportement de certaines technologies analogiques, en particulier s'agissant de la non linéarité du ratio. En effet, ce paramètre est dans le comportement de base d'un compresseur numérique fixe et indépendant du niveau d'entrée. Ainsi, la plupart des compresseurs numériques récents proposent différents « comportements » inspirés des compresseurs analogiques, comme par exemple un mode *opto*. Ces comportements influent sur l'évolution du ratio avec le niveau d'entrée et sur la linéarité ainsi que les temps de réponse de l'étage de détection.



Fig. 22: Interface du compresseur FabFilter Pro-C2 ®

Cette dernière tendance de développement permet de faire le lien avec une deuxième catégorie de logiciels développés depuis les années 2000, en particulier par les éditeurs *Waves*®, *Softube*® et *Universal Audio*®. Elle décrit des émulations numériques de compresseurs analogiques, dont certains ont été cités précédemment. L'ambition est ici d'imiter le comportement tant spectral que dynamique de ces machines en s'affranchissant des limitations matérielles, en terme d'encombrement, de coût et de nombres d'inserts possibles. En effet, la seule limite d'itération de ces traitements devient alors la puissance de calcul disponible. L'interface graphique alors proposée participe à cette volonté d'imitation en proposant les designs des appareils émulés.



Fig. 23: Interface du plugin Universal Audio LA-2A®

L'argument commercial d'une imitation extrêmement fidèle des machines analogiques est sujet à de nombreuses discussions parmi les professionnels et l'absence de tests en aveugle, au sein d'études bien menées, ne permet pas de tirer des conclusions fondées. Ce débat révèle la part de fétichisme liée au matériel analogique et à l'histoire de la production musicale qui lui est associée, indissociable du domaine de l'enregistrement musical. Toutefois il convient de constater un usage très répandu de ceux-ci au sein de la profession, y compris au sein de studios à l'équipement analogique conséquent. Si elle ne permet pas de trancher le débat de l'authenticité de l'émulation cette observation témoigne d'un niveau qualitatif certain du point de vue sonore, et plus encore du point de vue méthodologique. En effet ces outils s'inscrivent parfaitement dans les démarches de mixage actuels, majoritairement effectués au sein des STAN. Le nombre de pistes à traiter y fait souvent primer la possibilité d'itération d'un traitement sur la qualité absolue de celui-ci.

Cette présentation des différentes technologies employées permet de clore ce chapitre qui s'est attaché à décrire les aspects techniques de la compression de dynamique. Il convient désormais d'en aborder les enjeux esthétiques.

# III. Enjeux esthétiques liés à la compression de dynamique

La compression est un traitement souvent considéré comme complexe car sa mise en œuvre fait appel à de nombreux paramètres. Au-delà du nombre parfois important de réglages proposés par les appareils, ce traitement fait intervenir la notion d'enveloppe. Ce paramètre apporte de nombreux renseignements sur la source, tant dynamiques que spectraux. La compression peut ainsi être employée pour traiter en première intention l'un ou l'autre de ces aspects, en gardant toujours à l'esprit leur influence réciproque. Un usage pertinent de la compression de dynamique repose donc tout à la fois sur la bonne connaissance de l'enveloppe de la source à traiter et de l'action des différents réglages de l'appareil sur celle-ci. Cette partie se propose d'étudier l'influence esthétique des différents réglages et mises en œuvre du compresseur, en lien avec la modification d'enveloppe effectuée. La partie concernant la description des enveloppes des différentes sources ne sera ici abordée qu'à titre d'exemple et fait l'objet d'études dans de nombreux ouvrages, par exemple le *Livre des techniques du son Vol.1*. Par ailleurs la littérature en lien avec l'influence esthétique des traitements aborde plutôt ces questions sous l'angle du cas particulier. L'approche adoptée dans cette section en est une généralisation.

# A. Utilisation en série

Dans cette partie sont abordés les enjeux esthétiques de la mise en œuvre classique et historiquement première d'un compresseur, à savoir en série (ou encore en insert de tranche). Dans ce cas l'intégralité du signal est traité.

## 1. Influence du ratio et du seuil

Il s'agit des deux paramètres de niveau associés au principe de base de la compression de dynamique. Ils sont par conséquent souvent considérés en association.

Le réglage de ratio est associé à la linéarité du traitement et donc à la perception plus ou moins « transparente » (au sens de plus ou moins identifiable) de celui-ci. L'application d'un ratio faible (inférieur à 4:1), considéré pour l'instant en l'absence de seuil, entraîne ainsi une légère atténuation des forts niveaux et une légère amplification des faibles niveaux, instaurant un traitement bien corrélé aux caractéristiques spectro-dynamiques de la source d'origine. À l'inverse l'application d'un ratio plus élevé entraîne une atténuation et une amplification plus importantes, respectivement des hauts et des bas niveaux. Sans présumer des réglages temporels du compresseur on note déjà que l'application d'un tel ratio se traduit par une modification spectro-dynamique plus importante de la source, et donc une perception accrue du traitement. En effet la dynamique instantanée est alors fortement réduite et l'amplitude des modifications d'enveloppes induites, en lien avec les niveaux d'atténuation et d'amplification, a alors une traduction spectrale très perceptible. On peut considérer à titre d'exemple la compression d'une source acoustique, à temps d'attaque nul et au ratio important, toujours sans considération de seuil. L'atténuation importante des hauts niveaux entraîne une diminution des transitoires, donc une diminution des parties attaque et *decay* de l'enveloppe *ADSR*. Cela impacte la partie aiguë du spectre qui s'en trouve diminuée, en particulier la zone d'agressivité, ainsi que les zones de rondeur/pulsation et de

résonance pour la partie grave. L'amplification des bas niveaux rehausse les parties *sustain* et *release* associées à la partie médium du spectre (en lien avec la sensation de compacité de la source) ainsi qu'aux informations spatiales (champ diffus de réverbération). Au-delà du tassement dynamique énoncé précédemment on peut ainsi également mettre en évidence un « tassement » fréquentiel de la source dont la balance tend alors vers la partie médium du spectre. Ceci est dû à la fois au renforcement de la zone elle-même et à l'atténuation des parties grave et aiguës. Ces descriptions sont toutefois à relativiser car on considère ici une compression sans seuil, aux effets spectro-dynamiques maximisés. Ce cas ne se produit pas en pratique pour les raisons évoquées dans le chapitre .

Le seuil seul détermine la partie de l'échelle de niveaux de la source sur laquelle la compression va agir. La qualification de ce seuil (élevé, modéré, très bas, etc..) se fait toujours relativement à la dynamique de la source. Un seuil élevé est associé à une compression des hauts niveaux, un seuil plus bas permet de compresser également les niveaux inférieurs. Il convient de préciser pour éviter toute confusion que la sélectivité dynamique évoquée est à envisager de manière relative et il serait erroné de considérer un traitement n'agissant que sur les niveaux élevés en préservant absolument les niveaux inférieurs au seuil. En effet la compression agit bien sur l'intégralité du signal dès que le seuil est franchi et impacte alors les informations contenues par tous les niveaux de son échelle dynamique. Toutefois dans le cas d'un seuil élevé, les niveaux bas et modérés ne subissent le traitement qu'en présence de hauts niveaux. Ainsi le signal résultant est perçu avec une atténuation de ces derniers car l'action est permanente tandis que les niveaux inférieurs au seuil ne sont atténués que par intermittence. Ils sont donc préservés relativement aux niveaux dépassant le seuil. Cette sélectivité dynamique permise par le réglage de seuil permet donc plusieurs niveaux de traitements de l'enveloppe, connaissant sa répartition dynamique pour une source donnée. Une action sur les transitoires uniquement, donc de la zone d'attaque, sera permise par un seuil élevé. Une action sur la zone de *decay* nécessitera un seuil plus faible. Si l'on souhaite uniquement faire

émerger les bas-niveaux (approche parfois utilisée dans le but de créer une réverbération) ou créer un effet de pompage un seuil bas sera alors préconisé.

Les paramètres de seuil et de ratio sont en pratique souvent associés. Leur description individuelle permet d'entrevoir les combinaisons possibles et les conséquences esthétiques associées. Le choix de l'un et l'autre des paramètres répond aux deux questions suivantes : la zone de l'échelle dynamique contenant l'information à traiter (que celle-ci soit spectrale ou dynamique) et le dosage du traitement considéré. Considérons deux exemples pour illustrer ces aspects en y négligeant l'influence des paramètres temporels (tout le signal est traité uniformément dès lors que le seuil est franchi). Ce cas est bien sûr théorique. Dans le cas d'une problématique de dynamique instantanée, caractérisée par des variations importantes de niveau de la source, on peut envisager des seuils élevés et des ratios qui seront fonction de la sensation de stabilité souhaitée. Un tel traitement a bien sûr les conséquences spectrales associées à l'atténuation des transitoires précédemment évoquées : une perte d'agressivité, une sensation de compacité augmentée due à la réduction de la dynamique instantanée et à la perception accrue de la partie médium du spectre. Un tel traitement permet par ailleurs d'augmenter le niveau d'une source dans un mixage en respectant les limites physiques du support d'enregistrement, qu'un niveau crête non maîtrisé pourrait compromettre. En effet l'application du gain de sortie permet, à niveau crête égal, d'augmenter le niveau RMS de la source. On peut ainsi lui donner une place plus importante dans la balance tout en contrôlant son niveau crête.

L'exemple opposé peut être l'utilisation de la compression pour atténuer des informations contenues dans des zones de niveaux inférieurs pour lesquels un seuil plus bas sera alors requis. On peut prendre pour exemple par exemple la résonance d'une corde de guitare exagérée par l'effet de proximité mais toutefois inférieure en niveau au niveau de l'attaque de celle-ci. La correction que l'on souhaite ici opérer est d'avantage spectrale que dynamique. Les variations dynamiques attendues pour ces phénomènes étant plus faibles, on peut prévoir des ratios moins élevés que dans l'exemple précédent.

Ces deux exemples restent évidemment théoriques car ils négligent l'influence des paramètres temporels. En pratique cela causerait un effet de pompage dans le premier par absence de temps de *release*, et rendrait inapplicable le deuxième car les niveaux élevés y seraient également impactés.

## B. Influence des paramètres temporels

Si la notion d'enveloppe contient nombre d'informations spectro-dynamiques celles-ci font sens du point de vue timbral par leur répartition temporelle. Ainsi les paramètres de niveaux ne peuvent être dissociés des paramètres temporels dans le réglage d'une compression de dynamique. On peut ainsi compléter le questionnement du chapitre précédent en y ajoutant la détermination de la partie de l'enveloppe contenant l'information dynamique ou spectrale à traiter.

### 1. Temps d'attaque

Des temps d'attaque courts (inférieurs à 10 millisecondes) permettent de traiter des problématiques liées aux transitoires, en particulier contenus dans la zone d'attaque de l'enveloppe. Les effets de tels traitements sont ceux décrits dans le premier exemple du chapitre précédent qui, en négligeant l'influence du temps d'attaque, revenait à se placer à un temps d'attaque nul. En pratique il est rare de compresser avec des temps d'attaque nul car le traitement résultant dénature de manière significative le timbre de la source et est générateur de saturations<sup>1</sup>. Il convient de rappeler que les transitoires sont intrinsèquement associés à la perception du son musical (on peut pour s'en convaincre se rappeler que seuls les sons purs générés synthétiquement ou le bruit blanc présentent une dynamique nulle). Il est donc fréquent d'allonger le temps d'attaque (on parle alors de retard d'attaque), même de quelques millisecondes, afin de se prémunir

---

1 Cf. Chapitre « Paramètres temporels »

de ces effets, tout en effectuant un contrôle du niveau crête. En effet le temps d'attaque qualifie le temps nécessaire à la mise en œuvre complète du traitement et la partie du signal présente durant ce temps est tout de même compressée mais dans une moindre proportion.

En résumé les temps d'attaque courts permettent dans une première approche, que l'on pourra qualifier de dynamique, de traiter la dynamique instantanée si l'énergie à contrôler est essentiellement contenue dans la zone d'attaque de l'enveloppe. C'est en particulier le cas des instrument percussifs ou dans une moindre mesure de la voix. Les enjeux du réglages du couple seuil/ratio dans ce contexte de contrôle de dynamique instantanée ont été mentionnés dans la section précédente.

Par ailleurs les temps d'attaque courts permettent, dans une approche cette fois-ci spectrale, d'atténuer l'agressivité d'une source et d'en augmenter la compacité par les mécanismes évoqués au chapitre précédent. Dans ces deux approches un retard d'attaque est souvent appliqué. Son dosage dépend du projet esthétique du mixage et répond plutôt à une appréciation subjective.

La description séparée de ces deux approches permet de rappeler que si la compression est un traitement dual dans son effet, impactant à la fois les dimensions spectrale et dynamique, sa mise en œuvre répond en pratique à une intention guidée en priorité par l'une ou l'autre de ces deux dimensions. L'autre est alors plutôt envisagée sous l'angle des conséquences.

Les temps d'attaque longs (supérieurs à 10 ms) permettent d'envisager des problématiques liées aux autres parties de l'enveloppe (*decay*, *sustain*, *release*). La zone de *decay* étant reliée spectralement à la zone de résonance, on la considère alors dans le cas de sources dont l'enveloppe présente un temps d'attaque long (par exemple la basse) ou de sources manifestant un effet de proximité principalement traduit par une exagération du bas-médium.

Les zones de *sustain* et *release* sont envisagées dans des approches assez spécifiques, souvent à but d'effet, par exemple pour artificiellement exagérer

l'attaque d'une source et/ou son agressivité. L'exagération alors produite est alors plus marquée qu'en travaillant la zone de *decay*. Ces réglages d'attaque très longs (supérieurs à plusieurs dizaines de millisecondes) caractérisent quasi-systématiquement des démarches à but d'effet.

Enfin les temps d'attaque longs sont également les plus employés s'agissant de la compression globale de mixage. En effet le mélange effectué au sein d'un mixage entre des sources aux enveloppes différentes met en jeu des interactions complexes, en particulier s'agissant des transitoires, faisant du réglage du retard d'attaque pour une compression globale un exercice nécessaire mais délicat. Des temps d'attaque courts auront tendance à tasser la dynamique instantanée de l'ensemble par atténuation des transitoires, introduisant un caractère plus figé et compact à la scène musicale. Cette effet est accompagné d'un rehaussement de l'effet des traitements de spatialisation, en particulier le champ diffus. À l'inverse des temps d'attaque plus longs vont augmenter l'attaque et l'agressivité du mixage. En pratique si une grande variété de temps d'attaque est employée pour les compression de bus instrumental (par exemple la batterie), la compression globale d'un mixage emploie quasi-systématiquement un retard d'attaque long (supérieur à 20-30ms)<sup>1</sup>. En effet l'objectif du traitement est alors souvent d'une part d'augmenter la compacité de l'ensemble pour privilégier la fusion des sources, et d'autre part de préserver les transitoires et ainsi les timbres et la dynamique définis lors du mixage.

## 2. Temps de relâchement (*release*)

Le réglage du temps de *release* est à considérer conjointement à celui du temps d'attaque pour décrire l'effet réalisé. Il nécessite là encore une perception adéquate de l'enveloppe de la source à traiter. Le réglage de ce temps permet de préciser l'étendue de la zone de l'enveloppe que l'on compresse. Par exemple si l'on souhaite uniquement compresser la partie transitoire du signal, au-delà d'un réglage d'attaque très court, le temps de *release* devra l'être également

---

<sup>1</sup> **KATZ, Bob**, *Mastering Audio the art and the science*, *op. cit.*, p. 122-123.

(quelques dizaines de millisecondes) si l'on souhaite uniquement travailler les zones d'attaque voire de *decay*. À l'inverse une compression de la zone de résonance aura en général un réglage de temps de *release* plus long (pouvant atteindre quelques centaines de millisecondes pour une basse par exemple) car la compression vise alors la zone de *decay*, plus étendue temporellement. Cependant, le réglage d'un temps de *release* trop long entraîne l'application constante d'une atténuation car la remontée du gain n'a alors pas le temps de se terminer avant le passage suivant du signal au dessus du seuil. Par ailleurs, certains compresseurs analogiques et la plupart des compresseurs numériques proposent un réglage *hold* (tenue) de décalage du temps de *release*. Il permet de retarder d'une certaine valeur temporelle la remontée du gain, une fois le signal repassé en dessous du seuil. Ce réglage permet de maintenir la compression à son niveau maximal sur une zone plus étendue que l'enveloppe source ne le permettrait.

Au-delà de la délimitation de la zone à compresser, le réglage du temps de *release* a une influence sur le degré de perception du traitement. En effet plus ce temps est long plus le retour à un gain unitaire s'effectue progressivement, évitant l'effet de pompage. Cet effet de pompage peut à l'inverse être employé artistiquement, comme c'est par exemple le cas en musiques électroniques. Le réglage du temps de *release* est alors souvent effectué afin de faire fusionner la fonction rythmique du compresseur avec la métrique du morceau. L'approche rythmique du réglage du temps de *release* est par ailleurs très répandue dans l'utilisation des compresseurs en mixage musical, particulièrement s'agissant de la compression globale. L'effet d'un temps de *release* ainsi réglé est un renforcement de l'énergie rythmique du morceau et donc du « punch » (au sens de l'énergie) général du morceau.

Pour ces raisons, le réglage de *release* est relativement borné en mixage musical. Les valeurs les plus souvent rencontrées sont situées entre 50ms et 300ms<sup>1</sup>, en précisant qu'il s'agit toutefois d'une fourchette indicative.

---

1 **KATZ, Bob**, *Mastering Audio the art and the science*, op. cit., p. 122-123.

# C. Compression parallèle

## 1. Historique

La première implémentation de la technique peut être observée dès 1965 dans le système de réduction de bruit *Dolby NR-A*<sup>Ⓞ</sup>, basé sur le mélange entre la source brute et un système de compression/expansion parallèle. Cependant il est difficile de dater l'apparition des techniques de traitements dynamiques parallèles en production musicale à proprement parler. La première mention de cette technique apparaît dans un article de Mike Bevelle paru dans la revue *Studio Sound* d'octobre 1977<sup>1</sup>. Il y décrit l'intérêt de l'emploi du mélange entre une source compressée et une source brute dans des contextes où l'on souhaiterait réduire la perception du traitement dynamique. Il cite en particulier le cas de la musique classique. Une vingtaine d'années s'étant à l'époque écoulées depuis l'apparition des premiers compresseurs, il y a fort à parier que cette technique avait été auparavant employée sans pour autant qu'aucune trace écrite ne puisse en attester.

Richard Hulse, ingénieur du son néo-zélandais, formalise au début des années 1990 une implémentation de la technique dans le monde audionumérique dans une série d'articles, à nouveau publiés dans la revue *Studio Sound*<sup>2</sup>.

Parallèlement, à la fin des années 1990 puis dans le courant des années 2000 plusieurs ingénieurs du son américains introduisent cette technique à but d'effet dans des productions musicales grand public. Ainsi des ingénieurs réputés et plusieurs fois primés aux *Grammy Awards* comme Michael Brauer (*Coldplay*, *John Mayer*, *Angélique Kidjo*) ou Andrew Sheps (*Red Hot Chili Peppers*, *Metallica*, *Green Day*, *Ziggy Marley*, *Adele*) popularisent une approche du mixage articulée autour de l'emploi d'un grand nombre de compresseurs placés

---

1 **BEVELLE, Mike**, « Compressors and limiters : their uses and abuses », *Studio Sound Magazine*, Octobre 1977 p. 28-32.

2 **HULSE, Richard**, « Masterclass : parallel compression », *Studio Sound Magazine*, Avril 1996, p 79-86.

en parallèle, utilisés tant pour le contrôle dynamique que pour la coloration apportée aux sources<sup>1</sup>. Il est à noter que la popularisation de l'emploi de ces techniques dans le mixage des musiques actuelles intervient tardivement (début des années 2000), conjointement à l'atteinte d'un nouveau plateau dans la réduction des dynamiques en production musicale, en particulier grand public. S'il convient de ne pas effectuer trop rapidement de lien évident entre ces deux évènements, cette conjonction a souvent fait envisager la compression parallèle comme une alternative à la compression série dans une recherche de plus grande « sensation de dynamique » ou de sensation d'impact (que l'on peut relier à l'agressivité et à la résonance) majorée à cadre dynamique égal.

Deux tendances d'utilisation sont usuellement distinguées. Bob Katz, ingénieur du son américain de *mastering* connu pour ses nombreuses publications autour des enjeux dynamiques, formalise ces approches dans son ouvrage *Mastering, the art and the science*. La distinction est effectuée selon le but recherché et renvoie à l'habituelle dualité rencontrée dans le traitement audio : la recherche d'une correction « transparente »<sup>2</sup> ou l'utilisation à but d'effet.

## 2. Principe général

Le traitement parallèle repose sur un principe simple. Au lieu de traiter l'ensemble du signal, un mélange est effectué entre le signal brut et le signal traité. Ce principe est donc applicable à tous les traitements audio, qu'ils soient fréquentiels, dynamiques ou spatiaux. Le dernier cas est d'ailleurs celui le plus souvent rencontré en mixage. En effet les traitements spatiaux (réverbération, *delay*) sont le plus souvent appliqués sur des pistes auxiliaires (où le signal est donc intégralement traité) ensuite mélangées aux pistes sources dans le mixage. Une balance entre le son brut et le son traité est ainsi réalisée. On doit toutefois

---

1 **SILOVE, Allon**, « An interview with Andrew Sheps », *AudioTechnology*, 11 Octobre 2017, consulté en Mai 2018, URL : <http://www.audiotechnology.com.au/wp/index.php/an-interview-with-andrew-sheps>.

2 Au sens défini précédemment de « moins perceptible possible ».

effectuer une distinction selon l'apport de l'effet au contenu sonore. En effet les traitements de spatialisation apporte au contenu fréquentiel de la source brute des informations initialement absentes. Il est en de même avec l'utilisation des différents effets dits « harmoniques » (chorus, flanger, phaser) qui en enrichissent le contenu fréquentiel. Ils sont donc à distinguer des autres traitements effectués en parallèles, en particulier la compression dont il sera ici question. En effet, ceux-ci ne reposent pas sur la création de nouveaux contenus fréquentsiels, à l'exception des éventuelles distorsions générées par les appareils mais qui ne constituent pas la base descriptive du traitement considéré.

Dans le cadre des traitements dynamiques cette approche consiste donc à mélanger un signal non traité dynamiquement (mais qui peut par ailleurs avoir subi d'autres traitements, par exemple fréquentsiels) avec le même signal traité au moyen d'un processeur dynamique. Cette somme de signaux est effectuée en phase ou en opposition de phase selon la technique employée. La seule exigence est la concordance temporelle des deux enveloppes (à 180° près). Cela ne pose pas de problèmes dans le monde numérique grâce aux compensations de délai effectuées par les STAN<sup>1</sup>. Il convient toutefois d'être vigilant lorsque cette technique fait intervenir des périphériques analogiques dans un environnement de travail numérique car les latences E/S des interfaces audionumériques entrent alors en jeu et une compensation de délai manuelle est alors préconisée au sein de la session de mixage<sup>2</sup>. Il faut par ailleurs prendre en compte le fait que les périphériques analogiques ont eux-mêmes souvent une réponse fréquentielle non linéaire, induisant déjà une modification de phase.

On parle ici de traitement dynamique au sens large car cette technique peut s'appliquer tant avec un compresseur qu'avec un expandeur, selon le but recherché. Ce but reste le même qu'avec l'emploi des traitements en série, à savoir un rehaussement des bas niveaux dans le cas de la compression et un rehaussement des forts niveaux dans le cas d'un expandeur. Toutefois, dans le

---

1 Acronyme de « station audionumérique de travail ».

2 **KATZ, Bob**, *Mastering the art and the science*, op. cit., p. 134.

cas de la mise en parallèle des traitements dynamiques l'effet n'est plus obtenu par une action réductive sur la gamme de niveaux considérée (fort pour le compresseur, faibles pour l'expandeur ) mais sur l'effet cumulatif entre un signal préservé et un signal portant l'information dynamique recherchée. Il ne sera par la suite plus fait mention des aspects expansifs car le présent travail se limite à la compression. Toutefois il était important de mentionner les utilisations parallèles des traitements dynamiques au sens large car ceux-ci sont intimement liés (la fonction de transfert de l'un étant l'inverse de l'autre) et peuvent être utilisés de manière complémentaire dans le cadre des techniques de *compansion* (contraction de compression et expansion)<sup>1</sup>.

De même il convient de préciser que la technique de compression parallèle décrite par la suite, à savoir la somme en phase d'un signal brut et d'un signal compressé n'est qu'une mise en oeuvre de compression parallèle. Il s'agit certes de l'occurrence la plus répandue, ce qui en justifie l'étude, mais elle ne saurait constituer une description exhaustive des réalisations de ce traitement. À titre d'exemple une compression parallèle peut être réalisée en sommant le signal brut en opposition de phase avec celui traité par un expandeur (technique décrite par Chris Allison<sup>2</sup>). En effet, la sortie de l'expandeur est principalement constituée des niveaux élevés du signal source. Sommer celle-ci avec la source en opposition de phase revient à effectuer une soustraction (donc une atténuation) d'autant plus importante que le niveau est élevé. On réalise alors bien une compression.

La différence fondamentale entre les compressions parallèle et série repose sur le rapport à la préservation de l'enveloppe, et particulièrement aux transitoires. En effet, tout traitement de compression appliqué en série impacte les transitoires, même avec un temps d'attaque long, car l'atténuation est enclenchée dès que le seuil est dépassé. Plus généralement, les limites inférieures de réglages des paramètres temporels entraînent en pratique un impact sur

---

1 **KATZ, Bob**, *Mastering the art and the science*, *op. cit.*, p. 137.

2 **KATZ, Bob**, *ibid.*, p. 138.

l'ensemble des paramètres de l'enveloppe, directement si ceux-ci sont situés trouvant dans la plage temporelle traitée, ou indirectement par perception relative à la zone traitée (par exemple une perception accrue d'agressivité par atténuation de la zone de résonance). La compression parallèle met en jeu une autre logique de traitement dynamique. Si la mise en œuvre d'un compresseur série fait intervenir une logique soustractive avec l'atténuation effectuée, la compression parallèle propose une logique additive grâce à la sommation du signal brut et du signal traité. Elle propose ainsi une plus grande liberté d'action sur l'enveloppe. En effet, l'ingénieur du son dispose alors de deux niveaux d'action sur l'enveloppe : le réglage du compresseur sur la piste en parallèle et le dosage du niveau de celle-ci dans la balance avec la source dont l'enveloppe est préservée. S'agissant du contrôle dynamique il est effectué par le niveau du mélange.

La compression parallèle se distingue donc de la mise en œuvre série en proposant par la sommation une action quasi-indépendante sur chaque partie de l'enveloppe, élargissant en théorie les possibilités de traitement. Les parties suivantes présentent les deux approches distinguées par Bob Katz : l'approche transparente et à but d'effet.

### **3. Approche « transparente »**

Cette technique est celle décrite en 1977 par Mike Bevelle puis développée dans le contexte audionumérique par Richard Hulse dans les années 1990. Le but recherché est de rendre l'effet du compresseur aussi imperceptible que possible, autrement dit sans impact sur aucun autre paramètre du son que la dynamique. La technique de référence pour atteindre un tel but serait l'utilisation du *fader* qui permet de ne traiter que le niveau du signal sans impact sur la balance spectrale.

Cette technique de compression se veut transparente par la préservation des transitoires et l'évolution progressive du traitement. En effet une modification des niveaux plus élevés entraînerait d'après les observations

précédentes une perception accrue du traitement, de même que tout changement dynamique brutal induit par le compresseur. Pour y parvenir on souhaite donc que la contribution de la piste compressée diminue proportionnellement à l'augmentation du niveau de la source.

Les réglages du compresseur sont alors les suivants (les valeurs sont indicatives) <sup>1</sup>:

- Le seuil est réglé à un niveau très faible (dans les bas niveaux du signal à traiter) afin que le signal soit constamment compressé et que la réduction de gain soit maximale aux forts niveaux.

- Le temps d'attaque est réglé aussi court que possible (inférieur à la milliseconde) afin de traiter le transitoire et d'éviter une contribution de la piste compressée au transitoire de la somme réalisée. La fonction *Look Ahead* sera alors d'une grande utilité.

- Le ratio employé est relativement faible (entre 1 : 1.5 et 1 : 2.5) afin d'obtenir une évolution la plus linéaire possible de la réduction de gain en fonction du niveau d'entrée.

- Le temps de *release* est moyen (200-500ms) afin d'éviter tout effet de pompage.

- Le gain de sortie est ajusté selon l'augmentation de niveau moyen désirée.

- Le type d'analyse du signal d'entrée (lorsque le compresseur propose

---

<sup>1</sup> **KATZ, Bob**, *Mastering the art and the science*, *op. cit.*, p. 134.

cette fonction) est alors préférentiellement une détection du niveau crête afin de favoriser la compression des hauts niveaux.

La conjonction d'un seuil bas et d'un temps d'attaque très court permet de rendre négligeable la contribution de la piste compressée dans les hauts niveaux et préserve ainsi les transitoires de la piste originale. Le faible ratio et le temps de *release* moyen évitent toute évolution brutale dans le processus de traitement, participant à la recherche de transparence de la démarche.

Cette méthode de compression trouve particulièrement son utilité dans le cadre de productions acoustiques (classique, jazz) où un contrôle dynamique est souhaité tout en respectant le caractère original des sources. Cette approche ne sera pas développée dans la partie pratique car elle s'utilise dans des productions au cadre dynamique moins restrictif, qui n'est pas celui choisi pour inscrire ce travail.

## **4. Recherche d'une modification du timbre**

### **4.1. Utilisation d'un compresseur en parallèle**

Dans cette approche c'est l'influence spectrale de la compression qui est utilisée, en mélangeant une source dont les paramètres de compression assurent une forte coloration avec la source brute. Comme avec un compresseur série on modifie alors la balance spectrale de la source, mais dans une esthétique différente à cause de la sommation. L'utilisation principalement rencontrée de cette technique est la recherche d'une augmentation de la sensation de résonance (bas médium) et/ou de présence voire d'agressivité de la source (haut médium/bas aigu), tout en contrôlant la contribution de la source à la dynamique instantanée du mixage. Ce contrôle est opéré par le gain appliqué au mélange. En effet si la sensation de présence ou de résonance de la source a

augmenté on peut souvent diminuer le niveau de celle-ci dans le mixage. On abaisse alors d'autant son niveau crête et donc son action sur le limiteur placé en fin de chaîne de production lors du *mastering*. On évite ainsi une sensation de tassement dynamique ou de pompage malgré un niveau moyen potentiellement élevé. Par ailleurs les deux niveaux d'action sur le traitement (compresseur et dosage de la piste) laissent un très large choix dans les modifications de l'enveloppe et donc de grandes possibilités créatives.

On comprend alors pourquoi cette utilisation de la compression parallèle à but d'effet est surtout rencontrée dans la production des musiques actuelles, dont les enjeux dynamiques contemporains sont assez spécifiques. Le recours aux matières synthétiques d'une part et aux traitements dès la prise de son d'autre part éliminent un certains nombres de problèmes de dynamique instantanée qui n'ont plus à être corrigés. Le principal enjeu dynamique réside dans la préservation des transitoires et des variations micro-dynamiques malgré un niveau moyen élevé (obtenu grâce à l'emploi d'un limiteur au *mastering*) afin d'éviter la sensation d'écrasement procurée par un son trop compressé. La compression parallèle y est donc souvent réputée auprès des ingénieurs du son américains et anglo-saxons comme une bonne alternative à la compression série dans ce contexte dynamique, par le gain potentiel qu'elle apporte sur les niveaux élevés et les sensations associées (agressivité, présence et résonance).

L'autre paramètre pris en compte dans cette approche est la coloration intrinsèque du compresseur lui-même. Cette dimension s'exprime plus volontiers dans le monde analogique car ces colorations sont le fruit des différentes technologies mises en œuvre et décrites précédemment. Les différentes colorations indiquent ainsi telle machine plutôt qu'une autre pour une recherche esthétique donnée. Par exemple l'emploi du compresseur *Urei 1176*® en *british mode* est réputé comme un classique de la compression parallèle depuis les années 1980 s'agissant de la recherche d'impact et de présence sur les instruments à fort transitoire, par exemple les caisses claires ou les grosses caisses. Une description esthétique plus détaillée des compresseurs couramment

utilisés en production musicale sera l'objet de la partie suivante.

Bien que l'esthétique de la compression de dynamique, en particulier en parallèle, soit un sujet peu documenté, on peut dégager pour cette approche quelques tendances d'utilisation. Ainsi la recherche de puissance sur des instruments à fort transitoire, donc particulièrement les batteries et les instruments percussifs, semble être le domaine d'utilisation préférentiel de cette technique. À l'inverse la voix semble être une source sur laquelle une mise en œuvre simple de cette technique (un seul compresseur en parallèle) apporte difficilement des résultats probants. Elle engendre en effet un déséquilibre spectral indésirable vers la résonance ou l'agressivité. Elle caractérise bien le type de sources qui ont amené Brauer et Sheps à développer une approche multi-compresseurs afin d'augmenter le contrôle des modifications spectrales.

Cette démarche est décrite par Bob Katz sous l'appellation « Attitude Compression »<sup>1</sup> qui décrit bien l'action sur le caractère sonore de la source considérée. Les réglages du compresseurs sont moins formalisés dans cette approche car l'application à type d'effet fait alors intervenir pour bonne part le goût de l'ingénieur du son. Toutefois quelques tendances peuvent être dégagées :

- Le niveau de seuil est variable dans cette approche mais on l'observe souvent à un niveau moyen (relativement au niveau de la source). L'idée est ainsi d'appliquer une compression importante sur les niveaux élevés pour favoriser l'émergence des bas et moyens niveaux, en particulier si la recherche esthétique concerne la zone de résonance.

- Le temps d'attaque est plus long que dans la technique précédente afin de favoriser un rehaussement des transitoires dans le mélange final. Ce temps est ajusté en fonction de l'effet désiré, selon les principes décrits pour une compression série. Il sera d'autant plus long que l'agressivité est privilégiée. Toutefois au-delà d'une certaine valeur il favorise également l'émergence de la

---

1 **KATZ, Bob**, *Mastering the art and the science*, *op. cit.*, p. 135.

partie basse du spectre par rehaussement de la zone de *decay* dans le mélange. On peut résumer de la façon suivante : des temps d'attaque courts (inférieurs à quelques millisecondes) favoriseront l'émergence des bas niveaux uniquement. La sensation associée sera une augmentation de la compacité et des informations spatiales (réverbération) contenues dans les zones de *sustain* et de *release*. L'emploi d'une compression parallèle à forte réduction de gain (seuil bas et ratio élevé) et à temps d'attaque très court est d'ailleurs une technique possible de réverbération. Un peu de retard d'attaque (entre 5 et 20ms) favorisera plutôt l'agressivité (par compression des zones postérieures à l'attaque). Des temps longs (supérieurs à 20 ms) favoriseront un rehaussement de la résonance et de l'agressivité (par préservation conjointe de l'attaque et du *decay*).

- Le ratio est également ajusté selon le but recherché en conjonction avec le temps d'attaque. Des ratios élevés amplifieront les sensations visées par les temps d'attaque décrits auparavant.

- Le temps de *release* est ajusté en fonction du temps d'attaque. Des temps courts favoriseront une sensation de pompage qui peut avoir son utilité dans une recherche d'impact ou d'une énergie corrélée à la fonction rythmique du morceau. Des temps longs joueront plutôt en faveur d'un effet plus progressif et homogène spectralement.

- Le gain de sortie du compresseur est le paramètre le plus subjectif de cette approche car il conditionne le dosage de l'effet dans le mélange final. Il est à noter que la réduction de gain du compresseur est bien plus élevée dans cette technique quand dans l'approche « transparente », ce qui entraînera souvent l'application de gains de sortie plus élevés.

- Il pourra être intéressant d'employer une détection du niveau d'entrée en mode RMS, là encore pour favoriser l'émergence des transitoires.

La variété de ces réglages cumulée aux nombreuses colorations disponibles parmi les compresseurs (en particulier analogiques) permet donc une grande palette d'effets qu'il appartiendra à l'utilisateur d'explorer. C'est cette approche à but d'effet qui a été choisie pour faire l'objet de l'étude comparative menée dans la suite de ce travail. Ce choix a été justifié par un goût personnel pour la production des musiques actuelles cumulé au désir de situer la partie pratique de ce mémoire dans mon domaine d'activité professionnelle envisagé. Cette approche de la compression parallèle y étant la plus répandue, le choix d'interroger cette pratique a été naturel.

## 4.2. Utilisation du compresseur multibande en parallèle

Bob Katz décrit une variante de la technique précédente en utilisant cette fois un compresseur multibande. Il parle de technique de *tonalization*<sup>1</sup>. L'intérêt est cette fois de pouvoir spécifiquement traiter dynamiquement certaines bandes spectrales et de se servir du mixage pour doser l'impact de cette correction dans la balance spectrale de la source.

On peut voir cette technique comme un raffinement de la technique précédente puisque les modifications sont ici plus ciblées spectralement. La philosophie du traitement reste toutefois identique puisqu'il s'agit d'employer le mélange afin d'élargir les possibilités de traitement de l'enveloppe.

---

<sup>1</sup> KATZ, Bob, *Mastering the art and the science*, op. cit., p. 135.

## D. Description esthétique de quelques compresseurs analogiques

L'abord des enjeux esthétiques de la compression permet de d'établir un nouveau lien avec les descriptions technologiques des compresseurs effectuées dans la première partie. En effet, des comportements généraux ont été dégagés par technologie, en particulier concernant les paramètres temporels et la linéarité des valeurs de ratio. On peut à la lecture des dernières sections les relier aux possibilités esthétiques offertes par chacune de ces machines.

Toutefois, les descriptions technologiques généralistes sont insuffisantes pour expliquer toutes les différences sonores entendues entre deux compresseurs, qui justifient en pratique l'emploi de l'un plutôt que de l'autre. En effet, une grande partie du rendu sonore d'un compresseur tient dans la forme de ses courbes d'attaque et de *release*. Celles-ci sont très rarement linéaires, entraînant une répartition inégale dans le temps de l'atténuation ou de l'amplification. Et varient d'une machine à l'autre, y compris au sein d'une même famille technologique. Le comportement des courbes d'attaque et *release* est un aspect technologique très peu documenté, pour des raisons que l'on peut supposer d'ordre industriel. Le rendu sonore de nombreux compresseurs couramment utilisés est cependant en pratique identifié et décrit, malgré l'absence de ces informations technologiques. Ce chapitre propose de détailler esthétiquement les quelques exemples employés pour illustrer les différentes technologies dans le chapitre « Technologies de compresseurs ».

## 1. Fairchild 670®

Références historiques parmi les compresseurs à tubes, les compresseurs/limiteurs *Fairchild 660*® et *670*® ont été conçus par l'ingénieur américain Rein Narma dans les années 1950. Ces compresseurs étaient initialement destinés à la compression des programmes radiophoniques et disposaient donc de temps d'attaque courts (autour de la milliseconde) et de temps de *release* longs et fixés (de 300ms à 25 sec), proposés par paires de valeurs fixées dans des *program time*. Ces valeurs permettent d'appliquer une compression englobant l'intégralité du contenu dynamique du programme concerné.

L'appareil est composé de deux étages d'amplification à tubes. Un circuit parallèle intègre les variations du niveau du signal d'entrée et module la tension de grille du premier étage d'amplification qui réalise donc la compression de dynamique. L'ensemble de ce circuit d'amplification est appelé *Automatic Gain-Controlled Amplifier*, que l'on peut considérer comme l'un des premiers amplificateurs commandés en tension. Cet appareil peut fonctionner comme compresseur avec un ratio de base relativement faible (2:1) qui augmente avec le niveau d'entrée jusque 20:1, ou comme limiteur avec un ratio alors fixé à 30:1<sup>1</sup>.

Une autre caractéristique de la version stéréo (*670*) est la possibilité de traitement en stéréo gauche/droite ou en matricage MS, qui en faisait à l'époque un parfait outil pour le contrôle de la dynamique lors de la gravure sur vinyle. En effet la composante mono du signal *y* est corrélée à la modulation latérale du sillon, et la composante stéréo à la modulation verticale. A titre d'anecdote le traitement de la partie mono (*Mid*) du signal sur un *Fairchild 670*® est notée *LAT* (pour *lateral*) et celui de la partie stéréo (*Side*) notée *VERT* (pour *vertical*).

Ce compresseur est caractérisé par une coloration marquée, caractérisée par une amplification des zones de rondeur et de résonance, et une compression

---

1 **BEGGER, Hannes**, « Fairchild 660 and 670 », *op. cit.*

que l'on pourra qualifier de « douce » au sens de progressive. La coloration s'explique par l'électronique à tubes et par la durée réduite des temps d'attaque (par atténuation de la partie aigüe du spectre). Par ailleurs le comportement programme-dépendant des temps de *release*, tous relativement longs, explique en partie le caractère progressif et non agressif de la compression effectuée, également en lien avec le paramétrage *soft knee* des compresseurs à tube.



Fig. 24: Compresseur/limiteur Fairchild 670®

La présence de longue date de ce compresseur dans les studios d'enregistrement a entraîné son utilisation dans de nombreux contextes, de la compression de mixage à la compression de sources individuelles. L'imprégnation de sa coloration particulière dans plusieurs décennies de productions musicale justifie encore aujourd'hui son utilisation, à but de coloration plus que de contrôle dynamique. Il est en particulier employé pour la compression de bus (master ou de groupe, en particulier la batterie) ou des sources individuelles de premier plan nécessitant des temps d'attaque courts comme la voix.

## 2. Manley Variable-Mu®

Cette technologie de compression a été reprise et développée au début des années 1990 par la marque *Manley*® afin de développer ce qui est devenu l'autre célèbre compresseur à tube : le *Manley Variable Mu*®.



Fig. 25: Compresseur/Limiteur Manley Vari-Mu®

Basé sur une technologie d'adaptation du *bias* par rétroaction du signal d'entrée cumulée à la technologie *vari-mu* classique, il propose en outre un contrôle indépendant des temps d'attaque et de *release* et de la valeur de seuil<sup>1</sup>. Il s'agit là encore d'un compresseur réputé pour le caractère progressif du traitement effectué et une coloration privilégiant les zones de rondeur et de résonance. Il est souvent retrouvé en compression de bus, en particulier sur les batteries ou sur les mixages complets, en série ou en parallèle. Il est particulièrement apprécié de nombreux ingénieurs du son de *mastering*.

Il se distingue du *Fairchild 670*® par une coloration moins marquée qui lui donne un caractère plus clair et agressif (toutes proportions gardées s'agissant de la technologie à tubes). Ce rendu sonore est potentiellement accentué par la variété de réglages des temps d'attaque qui permet d'introduire des retards plus importants que son aîné, ouvrant ainsi la voie à des traitements préservant voire augmentant l'agressivité.

---

1 **MANLEY LABORATORIES Inc**, *Stereo Variable-Mu® Technical Specifications*, consulté en Mai 2018, URL : <https://www.manley.com/pro/mslchp>.

### 3. Teletronix LA-2A®

Il s'agit d'un des plus célèbres modèles de compresseur opto-électronique. Le *Teletronix LA-2A*® est apparu en 1962 et est l'aboutissement d'un développement entamé en 1958 (modèles *LA-1*, *LA-2*). Ce compresseur comprend un étage d'amplification à tubes, responsable d'une coloration spectrale particulière dans le bas du spectre (du centre grave au bas médium), mais réalise bien la compression par un étage opto-électronique. Les temps d'attaque et de *release* sont fixes (respectivement 10 et 60ms). La particularité de ce modèle, à l'instar du *Fairchild 670*®, est un comportement programme-dépendant du temps de *release*. Ainsi si celui-ci est fixé à 60ms ce temps ne concerne que la première moitié du temps de relâchement. L'autre moitié varie entre 1 et 15 sec, selon une intégration du niveau d'entrée<sup>1</sup>. Ainsi les temps de *release* sont raccourcis lorsque le niveau d'entrée est élevé (et donc la compression plus importante) et inversement<sup>2</sup>. Par ailleurs la technologie opto-électronique entraîne un taux de compression modéré (4:1 dans la plage de fonctionnement linéaire) et dépendant du contenu fréquentiel de la source, affectant préférentiellement les aigus. Ce comportement vient donc s'ajouter à la coloration apportée par l'étage d'amplification pour générer une coloration intrinsèque privilégiant le grave et le bas médium. En outre l'utilisateur dispose sur cet appareil d'une possibilité de modulation de la réponse spectrale par le réglage de la fréquence de la coupure du filtre passe-bas présent dans l'étage de détection. Il résulte une prise en compte plus ou moins importante de la partie haute du spectre dans le traitement effectué, la préservant plus ou moins dans le signal de sortie.

Cet appareil est ainsi caractérisé par une compression préférentielle de la zone de *decay* due à la longueur de son temps d'attaque, affectant surtout la zone de résonance et donc le bas médium. Toutefois, sa coloration intrinsèque

---

1 TREMAINE, Howard M., « 12.84. Describe a program-leveling amplifier using electroluminescent control », *op. cit.*, p. 550.

2 Ce comportement avait déjà été évoqué dans la description de la technologie opto-électronique.

participe plutôt à un adoucissement des aigus.. Pour ces raisons cet appareil est réputé pour réaliser une mise en avant contrôlée de la partie basse du spectre de la source (en particulier la zone de rondeur). Il peut également renforcer la présence et dans une moindre mesure l'agressivité de la source en préservant les transitoires selon le réglage fréquentiel choisi. Il s'agit ainsi d'un compresseur très utilisé pour la compression des sources de premier plan comme la voix ou des instruments solistes.



Fig. 26: *Teletronix LA-2A*®

À l'inverse il donne des résultats mitigés en compression globale, qu'il s'agisse de mixage ou de groupe, car son action spectrale dans le bas du spectre est alors plutôt source d'imprécision.

## 4. TubeTech CL1-B®

Autre grande référence des studios d'enregistrement, ce compresseur a été développé en 1987. Il reprend le fonctionnement du *Teletronix LA-2A*® en y ajoutant un contrôle étendu des paramètres temporels (attaque et *release*) qui sont cette fois variables. Sa coloration intrinsèque est moins accentuée dans la partie basse du spectre que son prédécesseur, lui donnant un son plus clair et précis.



Fig. 27: Compresseur *Tube-Tech CL1-B*®

Il est intéressant de noter une analogie d'approche dans le rapport qu'entretiennent cet appareil et le *Teletronix LA-2A*® d'une part, et le *Fairchild 670*® et le *Manley Variable-Mu*® d'autre part. En effet, on considère à chaque fois une technologie relativement ancienne et une évolution apportée trente ans plus tard, dont les principales modifications sont la grande latitude apportée au contrôle des paramètres temporels de la compression et un éclaircissement de la coloration spectrale générale. On peut voir dans cette orientation du développement technologique une manifestation de l'amélioration des possibilités technologiques. On peut également penser qu'elle témoigne d'une évolution esthétique dans l'appréhension du traitement. Les premières technologies mises en œuvres dénotent plutôt d'une volonté de contrôle dynamique dans un but technique, soumis aux contraintes de diffusion. L'évolution des années 1980 traduit une prise en main du traitement à but d'effet, où une grande latitude d'action sur l'enveloppe devient souhaitable. Par

ailleurs l'évolution de la coloration intrinsèque témoigne également d'un changement global d'esthétique opéré dans la production musicale lors de cette décennie. Ce lien entre évolutions esthétiques et technologiques fera l'objet par la suite d'une section spécifique.

## 5. Urei 1176 LN®

Il s'agit du modèle le plus connu de la catégorie des compresseurs FET. Sa première version a été commercialisée en 1967 et a depuis connu de nombreuses variantes (plus d'une dizaine). Il dispose de temps d'attaque extrêmement courts (20  $\mu$ sec à 800  $\mu$ sec), de temps de *release* également courts (50 ms à 1,1 sec) et de quatre ratio fixés, aux valeurs élevés (4:1, 8:1, 12:1, 20:1). L'ensemble de ces paramètres et la distorsion caractéristique du transistor confèrent un caractère agressif et compact au traitement effectué. Il dispose par ailleurs d'un mode qui en fait la spécificité : le « *British Mode* » ou « *All Buttons* », correspondant à l'enclenchement concomitant des 4 interrupteurs de ratio. Dans ce mode le ratio devient alors programme-dépendant avec une accentuation retardée suite à la détection d'une crête du signal<sup>1</sup>.



Fig. 28: Urei 1176 LN®

Il en résulte une atténuation exagérée du signal après sa partie transitoire, créant artificiellement un effet de pompage à la sonorité caractéristique. Le contraste ainsi généré procure une sensation augmentée d'impact. Ce mode est très apprécié à but d'effet sur des sources percussives,

<sup>1</sup> **MOORE, Austin**, « All Buttons In: An investigation into the use of the 1176 FET compressor in popular music production », *op. cit.*

typiquement la caisse claire ou la grosse caisse.

Ce compresseur ne dispose pas de réglage de seuil, cette valeur étant fixée par les différents points de repos des montages à transistors constituant l'appareil. L'utilisateur dispose d'un réglage du gain d'entrée qui influe donc sur la compression du signal (de manière analogue à la compression à tube) et d'un réglage du gain de sortie.

Ce compresseur est couramment utilisé sur les batteries, en particulier la caisse claire et la grosse caisse, ainsi que sur les voix afin d'augmenter leur compacité et leur agressivité.

## 6. Neve 33609®

Représentant le plus répandu des compresseur à pont de diodes, le compresseur/limiteur *Neve 33609*® (2 voies) est réputé pour l'association d'une très grande vitesse d'attaque, caractéristique de cette catégorie, et d'une coloration qualifiée de « chaleureuse <sup>1</sup> » reliée au lissage des transitoires effectué par les transformateurs d'entrée et de sortie. Ce compresseur est caractérisé par un renforcement de la compacité des sources traitées et de leur rondeur, avec une précision notable dans son action sur les transitoires. Cela lui confère une certaine polyvalence d'utilisation, du traitement de la voix à la compression globale d'un multipiste, dans le cadre du mixage ou du *mastering*, qui est souvent son utilisation privilégiée<sup>2</sup>.



Fig. 29: Neve 33609 ®

- 1 Au sens défini précédemment : alliance des sensations de rondeur et de résonance.
- 2 **OWSINSKY, Bobby**, *The Mixing Engineer's Handbook 4<sup>th</sup> Edition*, op. cit., p.222

## 7. SSL Xlogic G-series® compressor

Ce compresseur est la version en unité 1U du compresseur de bus master intégré aux consoles *SSL-4000*. Les caractéristiques sonores associées à la compression qu'il réalise sont assez représentatives des compresseurs VCA.

Le faible taux de de distorsion, même pour des taux de compression importants ou des temps d'attaque très courts, donne un caractère plus précis au traitement par rapport à d'autres compresseurs à temps d'attaque rapide (FET ou diodes). Ce compresseur dispose d'une coloration plus claire que les autres appareils ici mentionnés. Ces caractéristiques ont justifié son usage en compression globale afin d'augmenter à partir des années 1980 la compacité, l'impact et le niveau efficace des mixages<sup>1</sup>. Par ailleurs la grande variété de réglages temporels proposés contribue, malgré le choix de trois valeurs de ratio uniquement, à une grande polyvalence dans le traitement de l'enveloppe. Historiquement associé à l'évolution esthétique des années 1980, il est aujourd'hui encore utilisé dans de très nombreux studios en compression globale, que ce soit dans son implémentation console ou en module individuel (comme l'illustre la figure suivante), aux étapes de mixage et *mastering*.



Fig. 30: Compresseur SSL XLogic G-Series®

Les enjeux esthétiques de la compression de dynamique sont ainsi, à l'image de la présentation qui en a été faite, envisagés par l'ingénieur du son sous deux angles. Les choix opérés par ce dernier s'appuient en effet sur la connaissance de l'influence du paramétrage du traitement mais également sur les caractéristiques sonores de l'appareil lui-même.

<sup>1</sup> OWSINSKY, Bobby, *The Mixing Engineer's Handbook 4<sup>th</sup> Edition*, op. cit., p.224

# IV. Evolution des pratiques de la compression de dynamique

## A. Evolution historique

La description technologique effectuée en première partie a permis de pointer l'évolution importante des possibilités du compresseur depuis son apparition au milieu des années 1950. Les précisions apportées sur les enjeux esthétiques liés à ses réglages permettent à ce stade d'effectuer une rétrospective succincte de l'évolution des pratiques de la compression de dynamique. Celle-ci se limite à son domaine principal d'utilisation : la production musicale à destination du grand public. La faible quantité de documentation synthétique sur les évolutions esthétiques de la production musicale en lien avec les techniques oblige à opérer un découpage temporel dont le caractère subjectif et nécessairement incomplet est reconnu. Cette rétrospective historique vise à illustrer l'évolution des orientations esthétiques en lien avec les pratiques de la compression plutôt qu'à les caractériser de manière exhaustive. On précise d'ailleurs que par commodité le terme de production musicale renverra dans la suite de cette partie à la production des musiques actuelles (ou *pop music* en anglais) uniquement.

Il convient en préambule d'aborder la distinction généralement opérée dans la production des musiques actuelles entre deux grandes tendances esthétiques : la production américaine et la production britannique<sup>1</sup>. Cette distinction est schématique, et donc imparfaite, mais permettra de contextualiser les illustrations historiques présentées par la suite, qui puisent alternativement dans chacune des tendances. L'approche américaine est caractérisée par une approche plus frontale du mixage, où la sensation d'impact et de densité est apportée par le poids spectral des sources et leur placement sur

---

1 OWSINSKY, Bobby, *The Mixing Engineer's Handbook 4<sup>th</sup> Edition*, op. cit., p. 16-20.

un premier plan sonore proche. L'approche britannique est caractérisée par une plus grande attention portée au relief et à la profondeur, apportant la densité et la sensation d'impact par l'empilement des textures et le travail de coloration des traitements spatiaux<sup>1</sup>.

Considérant l'apparition des premiers compresseurs au milieu des années 1950, l'enregistrement musical antérieur à cette date est donc dépourvu de contrôle automatisé de la dynamique. L'action sur la dynamique est effectuée par un ajustement du niveau d'émission acoustique des sources et du niveau de gain des systèmes d'enregistrement. Cela se traduit concrètement par des enregistrements en captation globale mettant en œuvre un nombre réduit de microphones, le plus souvent omnidirectionnels. La dynamique et les rapports de niveaux sont gérés par la distance des sources au dispositif d'enregistrement, les nuances musicales directement effectuées, et par l'ajustement en direct des niveaux d'enregistrement. Ces procédés s'inscrivent dans une démarche privilégiant à cette époque, et depuis les débuts de l'enregistrement musical à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, la transmission d'une expérience musicale authentique, donnant ainsi parfois un caractère quasi-testimonial à celui-ci<sup>2</sup>. La plupart des enregistrements à destination du grand public, qui concernent des musiques acoustiques et recouvrent la musique classique, le jazz ou encore la chanson populaire, présentent des caractéristiques esthétiques communes en lien avec la dynamique : des premiers plans sonores souvent assez éloignés, même s'agissant de chanson, une profondeur importante souvent réalisée par la gestion du niveau, une sensation de salle présente, une dynamique programme importante, et de nombreux artefacts liés aux systèmes de l'époque : distorsion, bruit, craquements, etc. Pour illustrer cette rapide description on peut considérer le morceau *Jeeper Creepers* de Louis Armstrong (1939). On y notera s'agissant des caractéristiques en lien avec la gestion de la dynamique l'importante profondeur

---

1 **OWSINSKY, Bobby**, *The Mixing Engineer Handbook 4<sup>th</sup> edition, op. cit.*, p. 20.

2 **GIULIANI, Elizabeth**, « Comment l'enregistrement d'effaçait devant la musique », in *Musique et enregistrement*, sous la direction de Pierre-Henri Frangne et Hervé Lacombe, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2014.

donnée par le niveau. Celle-ci se manifeste par un premier plan vocal relativement proche et un orchestre très éloigné. On note également une dynamique importante, en particulier s'agissant de l'orchestre.

Les premiers compresseurs comme le *Fairchild 670*<sup>®</sup> ont d'abord été employés dans le but de contrôler la dynamique programme. Ils étaient ainsi employés en compression globale afin de garantir la conformité du signal avec les limitations physiques du canal de diffusion (radiophonique ou disque vinyle). La principale conséquence de cet usage est l'amorce d'une augmentation du niveau moyen dont traitera spécifiquement le chapitre suivant. La fin des années 1950 est également marquée par des expérimentations autour de cet outil, dans un contexte d'émergence des instruments et musiques électriques, et dont un des pionniers est le producteur britannique Joe Meek (1929-1967). Il développe dès les années 1950 des techniques novatrices pour l'époque, qui structureront durablement la production musicale. On notera par exemple la captation de proximité expérimentée dès 1955<sup>1</sup> ou les techniques de superpositions de plusieurs pistes enregistrées du même instrument (procédé dit d'*overdubbing*) dès 1951<sup>2</sup>. Construisant ses propres périphériques de traitement, ses expérimentations l'amènent au cours des années 1950 à envisager la compression à but d'effet. Sur le morceau *Bad Penny Blues* de Humphrey Littleton (Parlophone, 1956) il compresse de manière importante chacune des sources, en particulier le piano et la batterie, parfois jusqu'à la distorsion, afin de produire un morceau dont la stabilité dynamique et la densité sonore sont pour l'époque remarquables. Ce morceau de jazz sera récompensé par une place dans le top 20 des hit-parades jazz mais également pop<sup>3</sup>. Un des exemples les plus aboutis et reconnus des expérimentations de Joe Meek est le morceau *Telstar* (Decca, 1962) interprété par le groupe The Tornados. Ce morceau instrumental, classé numéro 1 aux hit-parades américains et britanniques, fait intervenir une

---

1 **CLEVELAND, Barry**, « Why modern audio recording might not exist without British DIY audio pioneer Joe Meek », *TapeOp*, Avril 2014, URL : <https://tapeop.com/articles/100/joe-meek>.

2 **CLEVELAND, Barry**, *ibid.*

3 **CLEVELAND, Barry**, *ibid.*

compression des sources mais également du mixage dans une approche alors déjà très maîtrisée. La compacité et la tenue dynamique d'une part, la proximité des premiers plans sonores et le lissage des textures sonores (en particulier l'atténuation de l'agressivité) d'autre part, sont particulièrement remarquables dans ce mixage qui préfigure l'évolution ultérieure des pratiques liées à la compression.

Les années 1960 révolutionnent les techniques de production musicale, en particulier à destination du grand public, avec l'avènement de l'enregistreur multipiste<sup>1</sup> (4 pistes au début des années 1960, 8 pistes en 1967, pour arriver à 24 pistes au début des années 1970) qui amène progressivement à la multi-microphonie directive de proximité. Le développement concomitant des consoles de mixage autorise plus facilement la mise en œuvre de la compression de source, même si ce traitement reste complexe dans sa mise en œuvre à cause du nombre restreint de machines disponibles dans les studios. Si les technologies disponibles à l'époque (en particulier les compresseurs à tube) offrent des réglages adaptés à la compression globale, ceux-ci sont plus restreints s'agissant de la compression des sources. En effet, ces compresseurs ne disposent pas de possibilités de temps de *release* courts (ils sont à l'époque pour la plupart programme-dépendants et donc longs) et leurs temps d'attaque sont également longs à l'exception du *Fairchild 670*®. Ces réglages excluent par exemple à l'époque la compression d'éléments individuels sur la batterie, à laquelle on préfère une compression globale de bus le cas échéant. La compression de source se concentre ainsi plutôt sur les éléments de premier plan : les voix, les guitares, et les claviers. La discographie des Beatles est une bonne illustration des évolutions esthétiques en lien avec le travail de la dynamique à cette époque. Les premiers albums témoignent d'une approche globale de la compression, employée dans une finalité technique de contrôle dynamique du mixage donc peu voire non identifiable en tant que telle, cohérente avec les pratiques

---

1 **AMPEX DATA SYSTEMS**, « Ampex History », *Ampex.com*, consulté en Mai 2018, URL : <http://www.ampex.com/ampex-history>.

dominantes à l'époque en studio. Un virage est opéré sur l'album *Revolver* (Parlophone, 1966) avec l'arrivée du jeune ingénieur du son Geoff Emerick qui introduit des compressions de source importantes, en particulier sur les éléments captés en proximité. Sur le morceau *Paperback Writer*<sup>1</sup>, tous les éléments sont compressés. On notera en particulier la volonté de fusionner par la compression la basse (pour laquelle la longueur des paramètres temporels de l'époque est un avantage) avec la grosse caisse, captée individuellement<sup>2</sup> en proximité pour l'une des premières fois. Par ailleurs la compression du bus batterie permet d'en augmenter l'agressivité et la compacité, de même que la compression effectuée sur les voix et guitares électriques. Dans cet exemple le traitement dynamique permet de définir plusieurs standards du son rock : un son agressif, compact, avec un premier plan plus frontal qu'auparavant. Les contraintes temporelles des outils de l'époque, en particulier la présence obligatoire du retard d'attaque, renforce l'action de rehaussement de l'agressivité. Sur le morceau *She Said She Said*, la compression opérée sur la batterie est encore plus marquée et provoque un effet de pompage sur les cymbales que l'on retrouve dans de nombreuses productions de musique rock et pop de cette époque. Un dernier exemple, plus tardif, peut être considéré comme l'un des aboutissements de cette recherche d'agressivité et d'impact propre à la production rock des années 1960. Il s'agit du morceau *When The Levee Breaks* (Atlantic Records, 1971) du groupe Led Zeppelin. L'ingénieur du son Andy Johns (ancien assistant d'Eddie Kramer, ingénieur du son de Jimi Hendrix) a opéré une compression importante sur les microphones d'ambiance de la batterie, situés à plusieurs mètres de celle-ci qui était placée dans le hall du manoir où le groupe enregistrait<sup>3</sup>. Le son ainsi compressé puis passé dans un écho à bandes *Binson* est, par sa compacité et son agressivité, l'une des références du son de batterie rock des années 1960-1970. Il

---

1 Enregistré durant les sessions de *Revolver* mais qui n'est sorti que dans un format single.

2 **HURWITZ, Matt**, « Geoff Emerick - Beatles memories, from the inside », *Mix Online*, 1er Août 2006, consulté en Mai 2018 URL : <https://www.mixonline.com/recording/geoff-emerick-365680>.

3 **WELCH, Chris**, « Andy Johns on the secrets behind the Led Zeppelin IV sessions », *Music Radar*, 31 Octobre 2013, consulté en Mai 2018, URL : <https://www.musicradar.com/news/drums/andy-johns-on-the-secrets-behind-the-led-zeppelin-iv-sessions-586533>.

a d'ailleurs été plusieurs fois échantillonné et réutilisé dans des productions ultérieures, notamment par les Beastie Boys dans le morceau *Rythmin and Stealin* (Def Jam, 1986).

À la fin des années 1960 apparaissent les premiers compresseurs à temps d'attaque et *release* courts, grâce aux technologies FET, diodes et plus tard VCA. Grâce à ces technologies la compression de source va être étendue aux sources percussives, en particulier les éléments individuels de la batterie captés en proximité. La possibilité d'appliquer des compressions à temps d'attaque court permet d'augmenter la compacité et donc la sensation de densité associée aux sources, tout en atténuant leur agressivité. Enfin la coloration intrinsèque de ces machines est moins appuyée dans le bas médium que les technologies antérieures. En pratique, l'emploi de ces compresseurs va surtout se répandre sur les éléments individuels de la batterie et sur les voix. Le travail plus précisément d'éléments captés en proximité permet d'en augmenter la précision et la densité et pour leur donner place plus avancée dans le mixage. Concernant les voix cette pratique de la compression contribue à contrôler leur agressivité par le travail sur le transitoire, et à augmenter leur compacité ainsi que de leur tenue dynamique. Cette pratique conduit progressivement à l'esthétique des voix de la musique pop telles que nous les entendons toujours aujourd'hui. À titre d'exemple les voix de l'album *Thriller* (Epic, 1982) de Michael Jackson sont toutes compressées par l'ingénieur du son Bruce Swedien à l'aide d'un Urei 1176®<sup>1</sup>. Ce type de compresseur est aujourd'hui encore un standard présent et utilisé, en particulier sur les éléments pré-cités, dans la plupart des studios d'enregistrement et de mixage de musiques actuelles<sup>2</sup>.

L'emploi de ces machines s'inscrit ainsi dans un glissement esthétique général qui commence à s'opérer durant la décennie 1970. Il se traduit par un

---

1 **FUSTON, Lynn**, « UA's Classic 1176 Compressor - A History », *Universal Audio*, consulté en Mai 2018, URL : <https://www.uaudio.fr/blog/analog-obsession-1176-history>.

2 **MOORE, Austin**, « All Buttons In: An investigation into the use of the 1176 FET compressor in popular music production », *op. cit.*

son moins agressif, plus compact et gagnant progressivement en précision par le creusement du bas médium. Il convient toutefois de nuancer ce constat en notant que la contribution du compresseur, si elle est bien réelle, n'est pas le facteur principal de cette évolution. En effet sa mise en œuvre est encore relativement limitée car coûteuse en termes financiers et méthodologiques. Il s'agit alors toujours à l'époque de périphériques onéreux qui nécessitent une implémentation extérieure à la console de mixage et dont le nombre souvent limité contraint le nombre de sources compressibles.

On peut à titre illustratif comparer, dans la musique rock, le premier album du groupe Led Zeppelin en 1969 avec l'album *News Of The World* (EMI, 1977) du groupe Queen sorti presque dix ans plus tard. La différence de coloration générale de mixage est parlante, particulièrement s'agissant de la réduction de l'agressivité et du bas médium, accompagnée d'un élargissement spectral dans le bas du spectre (en dessous du haut grave), qui caractérisent l'album de Queen. On y notera également le gain de précision sur la batterie et l'augmentation de la compacité générale du mixage. Considérant la musique pop on peut prendre comme marqueur de cette évolution le titre *Knowing Me Knowing You* (Polar Music, 1976) du groupe suédois ABBA. On y remarque plus encore l'augmentation sensible en niveau et en précision des éléments de la batterie, en particulier la caisse claire et la grosse caisse, dont l'intention de fusion avec la basse pour réaliser la fonction pulsatile du morceau s'affirme. Le changement de coloration spectrale évoqué précédemment est également perceptible. Enfin on notera que la compression des sources oriente ce mixage vers une approche plus analytique en autorisant la juxtaposition d'un nombre plus importants d'entre elles sans nuire à la précision de l'ensemble. Cette évolution vers une approche où la compression, en particulier à temps courts, prend une place de plus en plus importante est encore plus perceptible sur le morceau *Gimme Gimme Gimme* (Polar Music, 1979).

Un tournant esthétique et technologique majeur, cette fois très corrélé à la pratique de la compression, a lieu au début des années 1980 avec l'apparition des consoles *solid-state*, comme la *SSL-4000*®<sup>1</sup>, qui intègrent des compresseurs individuels par tranche. Cette évolution technologique, couplée à l'apparition des réverbérations algorithmiques numériques (comme la *Lexicon L224*®), va permettre de poursuivre et d'étendre l'orientation esthétique précédemment décrite à savoir une recherche de précision et de compacité par le traitement (en particulier dynamique) des sources. La fusion est alors opérée par les traitements spatiaux. La possibilité de compresser individuellement toutes les sources d'un mixage va considérablement élargir les possibilités de traitement, tant à but de correction que d'effet. Cet élargissement est renforcé par l'étendue des réglages proposés par la technologie VCA<sup>1</sup>. Le recours au compresseur se généralise, tant à la prise de son qu'au mixage. Cumulé à un recours croissant aux synthétiseurs et boîtes à rythmes dont la dynamique instantanée est fixée, cette décennie amorce la réduction importante de dynamique instantanée qui s'est opérée jusqu'à aujourd'hui. La compression individuelle de sources permet d'entendre à cette époque des mixages d'une grande précision et d'une grande tenue dynamique. Cette précision est amplifiée par la poursuite et l'amplification de la démarche de coloration générale entamée à la fin des années 1970 (creusement du bas médium). Par ailleurs la compression accompagne une mise en avant des éléments rythmiques des morceaux, en particulier la grosse caisse et la caisse claire. Enfin il faut noter que la technologie VCA équipe également les compresseurs de bus des consoles. Son faible taux de distorsion entraîne alors un recours à des taux de compression globale plus important, augmentant fortement la compacité des productions de l'époque. Le morceau *Waterfront* (Virgin, 1984) du groupe Simple Minds est une bonne illustration de ce tournant esthétique. La dynamique instantanée y est fortement diminuée, et le morceau présente une grande densité sonore malgré un nombre réduit d'éléments musicaux. L'approche analytique repose bien sur le traitement des sources,

---

1 Cf. chapitre «Technologies de compresseurs ».

toutes bien délimitées, et la fusion est opérée par des traitements spatiaux importants ainsi que les nappes des synthétiseurs. On note immédiatement le poids prédominant accordé à la caisse claire, que la compression maintient à un niveau moyen constant. Toutefois, la compression appliquée à la voix permet, par la compacité qu'elle lui procure, de maintenir son intelligibilité malgré sa présence à un plan légèrement reculé. On note, malgré la réduction dynamique des sources et du mixage, le maintien d'un relief et d'une profondeur certes diminués par rapport aux exemples précédents mais bien présents.

Ce rapport au relief et à la profondeur permet de caractériser une évolution ultérieure, des années 1990 au milieu des années 2000, particulièrement présente dans la production rock américaine. Elle décrit des mixages que l'on peut qualifier de frontaux au sens où relief et profondeur ont quasiment disparu. Toutes les sources sont placées au premier plan sonore afin de créer par leur accumulation une très grande sensation de densité et de puissance sonore. Ceci est permis par un usage poussé de la compression, à la fois des sources et du mixage, et l'emploi au mastering des limiteurs *brickwall*. En effet, la précision de détection des crêtes et de la réduction de gain effectués par ces derniers va permettre une nouvelle élévation du niveau RMS des productions en évitant la saturation du support CD (dont la limite de codage dynamique reste 0 dBFS). L'exemple typique de cette tendance, et qui en est d'ailleurs l'amorce, est l'album *Nevermind* (DGC, 1991) du groupe Nirvana, mixé par Andy Wallace et produit par Butch Vig, contributeur important de cette orientation esthétique. Cet album est en pratique plutôt relié à l'usage poussé de la compression de sources et de mixage qu'à la pratique de la limitation au *mastering* car le développement des limiteurs *brickwall* est alors encore récent. Un aboutissement extrême de cette tendance peut être entendu avec l'album *Death Magnetic* (Warner, 2008) du groupe Metallica. Il est pour sa part représentatif d'une certaine évolution des pratiques de la limitation, et du recours toujours plus poussée à celle-ci dans la production. En effet ce procédé a dans ce cas été employée dès l'étape de mixage sans possibilité de manœuvre

ultérieure pour l'ingénieur du son de *mastering*<sup>1</sup>. Cet album, considéré comme le plus compressé de l'histoire (3dB de dynamique programme), a été décrié pour sa qualité sonore, tant par les fans que par la critique<sup>2</sup>. Les pratiques de la compression et de la limitation ici décrites chez Nirvana et Metallica dénotent d'une certaine évolution des pratiques dynamiques depuis les années 1990 mais ne sauraient être généralisées à l'ensemble de la production depuis cette époque. Depuis les années 2000, on assiste en particulier à une diversification des orientations esthétiques, et par conséquent des pratiques dynamiques, qui rend difficile tout dégagement de tendances.

Même s'ils n'ont pas vocation à caractériser exhaustivement les esthétiques de production des musiques actuelles dont les facteurs dépassent bien largement l'utilisation du compresseur, ces différents exemples témoignent toutefois de l'importance croissante prise par cet outil, en particulier depuis le début des années 1980. Cette tendance, généralisable à toutes les musiques actuelles, rend aujourd'hui incontournable l'usage du compresseur pour tout ingénieur du son travaillant à leur production. Par ailleurs l'exemple de l'album *Death Magnetic* permet de mettre en évidence le phénomène dit de la « guerre du volume », qui décrit l'augmentation du niveau RMS des productions musicales depuis les années 1980. Ce phénomène, souvent associé à la pratique de la compression mais dont les enjeux dépassent ce simple cadre technique, est l'objet du chapitre suivant.

---

1 **SHEPPERD, Ian**, « Metallica « Death Magnetic » Clipping Distorsion », *Mastering Media Blog*, 14 Septembre 2008, consulté en Mai 2018, URL : <https://mastering-media.blogspot.fr/2008/09/metallica-death-magnetic-clipping.html>.

2 **ABBOT, Paul**, « Crushing the Death Magnetic ». *TapeOp*, Nov/Dec 2008, consulté en Mai 2018 URL : <https://tapeop.com/columns/end-rant/68>.

## B. Réduction dynamique et « guerre du volume »

Le terme « guerre du volume » (en anglais « *Loudness War* ») décrit le phénomène d'augmentation du niveau RMS de la musique enregistrée<sup>1</sup>, particulièrement notable depuis les années 1980. Il concerne essentiellement la production des musiques actuelles, et les pratiques de la compression de dynamique y sont souvent associées. Cette hausse, motivée par l'industrie musicale, répond à des mécanismes économiques qui seront développés par la suite et dont le fondement est finalement antérieur au développement des compresseurs.

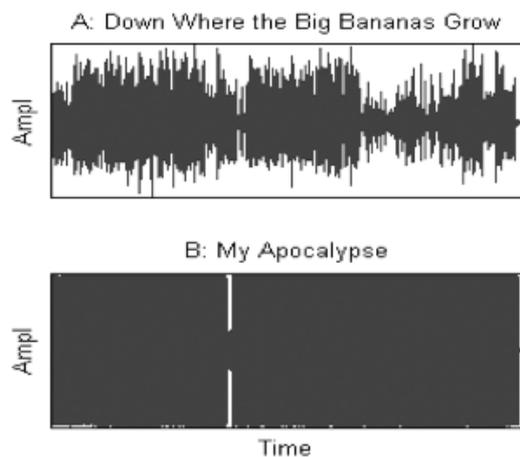
La dynamique admissible des supports d'enregistrement et de diffusion étant bornée, l'élévation du niveau moyen se traduit mécaniquement par une diminution de la dynamique, à la fois globale et instantanée. Il s'agit de l'un des enjeux majeurs de la production sonore contemporaine, dont les préoccupations dépassent la simple production des musiques actuelles. Il en est en effet question dans la production audiovisuelle (radiodiffusion et télévision) et dans une moindre mesure dans la diffusion cinématographique, comme l'indique une recommandation de la CST<sup>2</sup>. Cette section s'appuie en partie sur l'article d'Earl Vickers, publié dans le compte-rendu de la 129e convention AES (4-7 novembre 2010).

---

1 **VICKERS, Earl**, « Loudness War : Background, speculation and recommandations », *AES Convention Paper* n°8175, 4 Novembre 2010, p. 1-2.

2 **CST (Commission Supérieure des Techniques de l'image et du son)**, *RT CST 013*, 10 Juillet 2006, consulté en Mai 2018, URL : [http://cst.fr/wp-content/uploads/2014/03/CST-RT013-P-2006-Niveaux\\_sonores\\_salles.pdf](http://cst.fr/wp-content/uploads/2014/03/CST-RT013-P-2006-Niveaux_sonores_salles.pdf)

Pour envisager simplement l'ampleur du phénomène l'auteur de l'article compare les formes d'ondes d'un enregistrement phonographique réalisé par Thomas Edison en 1909 de « *Down Where The Bananas Grow* » et « *My Apocalypse* », morceau issu de l'album de Metallica *Death Magnetic* (Warner, 2008) et mentionné dans le chapitre précédent.



*Fig. 31: A : enregistrement sur cylindre d'Edison. B : canal gauche du morceau "My Apocalypse"*

Bien que le cylindre d'Edison dispose d'une dynamique admissible réduite comparée aux 96 dB d'un CD audio, la mesure de dynamique programme donne une dynamique de 15 dB dans le premier cas, et 3dB dans le second<sup>1</sup>. Cet exemple met en avant le phénomène d'hypercompression. Ce terme décrit une compression extrême matérialisée par l'absence de variations visibles sur la forme d'onde (toutes les crêtes sont « collées » à la valeur limite, 0 dBFS). Cette pratique, à l'oeuvre depuis le début des années 2000, est l'une des caractéristiques contemporaines de la « guerre du volume ». Les conséquences les plus souvent évoquées de la réduction de dynamique opérée dans les musiques actuelles<sup>2</sup> sont une altération de la qualité sonore, en particulier par la distorsion parfois introduite par les taux de compression trop importants appliqués au mastering. Sont également évoquées une diminution de l'émotion

1 VICKERS, Earl, « Loudness War : Background, speculation and recommandations », *op. cit.*, p. 2.

2 Le niveau RMS des productions se situe à l'heure actuelle autour de -8dBFS.

musicale liée au relief et à la profondeur des mixages, et une fatigue auditive liée au niveau RMS trop élevé et à l'absence de variations dynamiques<sup>1</sup>.

La tendance de l'industrie musicale à rechercher un niveau de diffusion supérieur s'explique en partie par la non-linéarité de la réponse en fréquence de l'oreille. Si l'on se réfère aux courbes d'isotonie<sup>2</sup>, on constate que la sensibilité spectrale de l'oreille, en particulier pour les extrémités du spectre audible, s'améliore avec l'élévation du niveau.

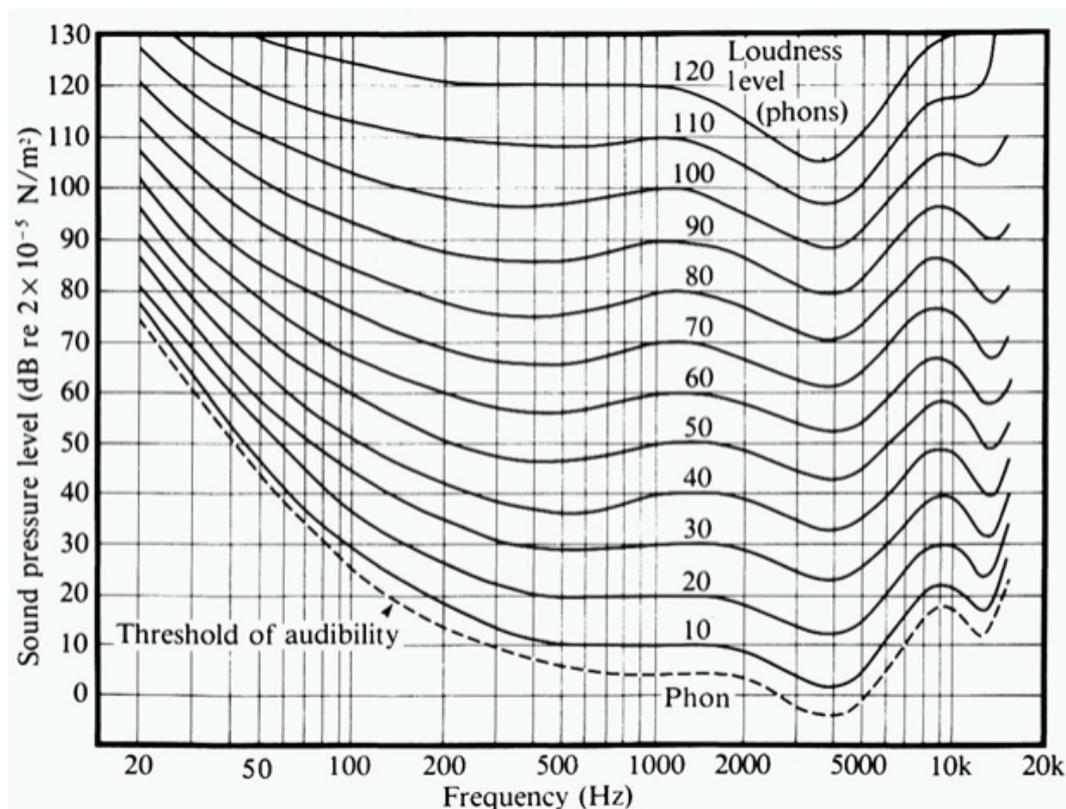


Fig. 32: Courbes d'isotonie

Ainsi, entre deux programmes, celui ayant le niveau de diffusion le plus élevé sera souvent mieux jugé qualitativement par la perception plus large de son spectre sonore. On comprend ainsi la volonté de l'industrie musicale d'élever le niveau moyen des productions afin d'en retirer un meilleur jugement qualitatif à volume égal, et donc un avantage commercial sur la concurrence. Les paragraphes suivants établissent un rapide historique du phénomène en se limitant au domaine de la production musicale qui est celui dans lequel s'inscrit

1 VICKERS, Earl, *ibid.*, p. 2.

2 Établies par Fletcher et Munson en 1933 puis reprises par Robinson et Dadson en 1956, ces courbes sont aujourd'hui ajustées au sein de la norme ISO226 (dernière validation en 2003).

ce travail, bien que, comme cela a été mentionné , l'augmentation des niveaux de diffusion ne s'y limite pas.

Comme mentionné en introduction, la volonté d'augmenter le niveau des productions est antérieure à l'utilisation répandue des compresseurs. En effet dès les années 1960 le producteur américain Phil Spector par la technique devenue célèbre du « *Wall of sound* » élève le niveau RMS de ses enregistrements<sup>1</sup>. Sa technique consiste à augmenter la densité de la production musicale par la multiplication de l'effectif instrumental lors de l'enregistrement (par exemple en faisant jouer deux bassistes ou de grands orchestres symphoniques), par l'emploi de l'effet compressif d'espaces d'enregistrements plus réduits (relativement à la taille de l'effectif instrumental) et par l'utilisation des chambres d'échos. On notera également l'utilisation judicieuse de nombreux effets psycho-acoustiques dans l'arrangement, par exemple l'augmentation de la profondeur de la basse par le phénomène de la « fondamentale absente »<sup>2</sup>. Au cours de la même décennie le label Motown développe son standard « *Loud and Clear* » afin d'augmenter la sensation de niveau de ses productions. Les procédés mis en œuvres sont par exemple une durée réduite des enregistrements permettant une gravure vinyle à des niveaux supérieurs, ou un travail fréquentiel spécifique compensant par l'utilisation de la psycho-acoustique la perception de zones fréquentielles difficilement restituées par le support de diffusion de l'époque<sup>3</sup> (en particulier le centre et l'extrême grave ainsi que les aigus).

L'influence commerciale de la diffusion radiophonique a joué un grand rôle dans l'augmentation du niveau RMS des productions. C'est en effet dans ce contexte qu'est employé en 1979 pour la première fois le terme « guerre du volume »<sup>4</sup>. Deux phénomènes sont à distinguer, d'une part la concurrence entre radios qui, en l'absence de réglementation, a entraîné une augmentation

---

1 VICKERS, Earl, « Loudness War : Background, speculation and recommandations », *op. cit.*, p. 2.

2 VICKERS, Earl, *ibid.*, p. 3.

3 VICKERS, Earl, *ibid.*, p. 3.

4 VICKERS, Earl, *ibid.*, p. 3.

concurrentielle du niveau de diffusion, jusqu'aux limites imposées par la technique. D'autre part, l'industrie du disque elle-même augmente progressivement le niveau des productions afin de préférentiellement bénéficier de ce canal de diffusion, et donc de promotion. Enfin on peut également citer comme facteur explicatif le développement de l'écoute nomade dans des contextes bruyants. Si le phénomène d'augmentation prend sa source dans les années 1960, une accélération notoire est observée au cours des années 1980 qui marquent le début de la « guerre du volume »<sup>1</sup>.

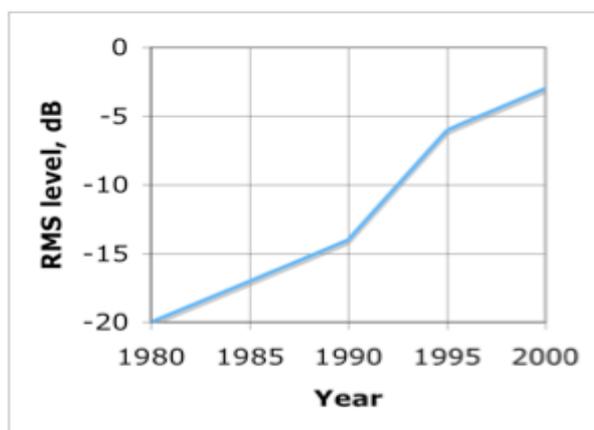


Fig. 33: Niveau RMS des productions les plus fortes depuis 1980.

En parallèle, la dynamique instantanée des productions musicales a donc fortement diminué sur la même période.

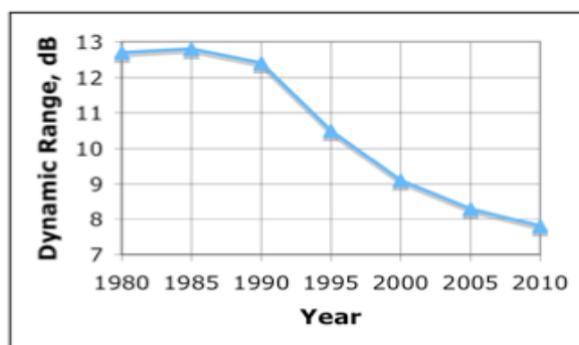


Fig. 34: Evolution de la dynamique instantanée moyenne des productions musicales depuis 1980.

---

<sup>1</sup> **DERUTY, Emmanuel, TARDIEU, Damien**, « About dynamic processing in Mainstream Music », *op. cit.*

Parmi les facteurs technologiques contribuant au phénomène sur cette fenêtre temporelle, l'évolution des pratiques et technologies de la compression de dynamique est prépondérante. Le recours croissant à la compression des sources, associé à des technologies permettant d'importants taux de compression globale, a permis l'élévation importante du niveau RMS observée depuis 1980. Par ailleurs l'avènement des limiteurs *brickwall* au début des années 1990 a encore augmenté les possibilités de compression du signal à l'étape de *mastering*, puis dans certains cas dès le mixage<sup>1</sup>, participant à l'accélération du phénomène observable à cette période. Enfin le développement des compresseurs multibandes est l'un des derniers facteurs en date relatifs à la compression expliquant cette élévation du niveau RMS. En effet ces outils, par leur action ciblée sur des bandes spectrales spécifiques, permettent d'appliquer des réductions de dynamique plus importantes pour une sensation de traitement équivalente à un compresseur classique traitant tout le signal<sup>2</sup>.

Toutefois cette augmentation du recours à la compression doit être envisagée en regard des évolutions technologiques des systèmes d'enregistrement et de restitution<sup>3</sup>. En effet les capacités dynamiques et spectrales de ceux-ci ont particulièrement augmenté depuis les années 1960, particulièrement s'agissant de la restitution des transitoires et des zones extrêmes du spectre. Ainsi par exemple dès les années 1970 le développement des capacités des enregistreurs multipistes a permis de réduire le recours à la technique dite du *bouncing*, détériorante pour les transitoires. Cette technique consiste à reporter sur une ou deux pistes un mixage de celles déjà enregistrées afin de libérer la capacité d'enregistrement. Le passage au CD a dans les années 1980 est caractérisé par l'augmentation significative de la dynamique admissible (96 dB) et du contenu fréquentiel en s'affranchissant des contraintes de restitution des zones extrêmes du spectre liés aux techniques de gravure du vinyle. Il contribue à l'amélioration

---

1 Cf. l'album *Death Magnetic* (Warner, 2008) de Metallica décrit au chapitre précédent.

2 VICKERS, Earl, « Loudness War : Background, speculation and recommandations », *op. cit.*, p. 5.

3 DERUTY, Emmanuel, TARDIEU, Damien, « About dynamic processing in Mainstream Music », *op. cit.*

de la restitution des transitoires. Enfin la transition au début des années 2000 vers les systèmes d'enregistrement audionumériques *direct-to-disk* a encore permis une amélioration de la capacité dynamique en abandonnant la bande magnétique au rapport signal sur bruit plus défavorable. On constate donc que les pratiques de la compression de dynamique s'inscrivent dans un contexte de restitution spectro-dynamique évoluant favorablement, dont l'interaction avec le recours accru à ces traitements ne saurait être négligée<sup>1</sup>.

L'observation de cette évolution conjointe est d'ailleurs une source de débats car le phénomène de la « guerre du volume » ne fait pas l'unanimité dans les conclusions retirées. Il existe d'une part un certain consensus pour envisager une corrélation entre l'élévation du niveau RMS et la diminution importante de la sensation de dynamique, instantanée et programme, dont les conséquences esthétiques mentionnées en début de ce paragraphe découlent alors. Toutefois certains auteurs comme E. Deruty et E. Tardieu, nuancent ce constat en considérant d'une part une relative compensation opérée par l'évolution dynamique des systèmes de restitution. D'autre part ils font intervenir une échelle de mesure perceptive de la dynamique avec l'échelle de *Loudness*<sup>2</sup>. Il apparaît alors selon eux que, considérée sous un angle perceptif, la réduction dynamique opérée s'effectue dans une mesure moins importante que ne le mentionne la littérature sur le sujet. Surtout il apparaît que cette évolution concerne essentiellement les aspects micro-dynamiques, donc de dynamique instantanée, et qu'il conviendrait d'en étudier la corrélation avec les conséquences esthétiques reprochées à la « guerre du volume ». Les aspects macro-dynamiques semblent d'après cette étude inchangés sur la période concernée par le phénomène<sup>3</sup>.

Si le débat est toujours d'actualité sur un sujet aux enjeux et ramifications complexes, on peut en conclusion envisager deux faits traduisant

---

1 **DERUTY, Emmanuel, TARDIEU, Damien**, « About dynamic processing in Mainstream Music », *op. cit.*

2 *Cf.* Chapitre « Dynamiques et niveaux ».

3 **DERUTY, Emmanuel, TARDIEU, Damien**, *ibid.*

une inflexion du phénomène ces dernières années. Le premier concerne une stabilisation, voire une légère diminution des niveaux RMS après un pic atteint au milieu des années 2000<sup>1</sup>. Le deuxième réside dans l'accueil réservé à l'album *Death Magnetic* (Warner, 2008) de Metallica, qui traduit l'émergence d'une prise de conscience au niveau du public.

La présentation de ce phénomène, qu'un travail d'étude de la compression de dynamique dans la production musicale ne pouvait éluder, clôt l'étude théorique de ce procédé. Elle permet par ailleurs de comprendre le cheminement menant au contexte dynamique actuel (en terme de niveau RMS) dans lequel la partie expérimentale suivante s'inscrit.

---

<sup>1</sup> DERUTY, Emmanuel, TARDIEU, Damien, *ibid.*

# **V. Evaluation perceptive des différences entre compressions série et parallèle : cas de la batterie**

## **A. Présentation du projet**

La partie pratique de cette étude consiste à réaliser une étude comparative des deux techniques de compression évoquées précédemment (série et parallèle). Il ne s'agit pas de démontrer la quelconque supériorité de l'une ou l'autre des approches mais bien d'étudier, dans le cadre d'un projet esthétique borné puisque l'étude se limite à un enregistrement, les enjeux perceptifs de ces deux approches. Deux mixages du même morceau seront ainsi réalisés, ne différant que par la technique de compression mise en œuvre. Un test perceptif portant sur différents critères esthétiques permettra ensuite de qualifier les éventuelles différences perçues entre les deux techniques.

### **1. Modalités générales de l'étude**

En regard des très nombreux usages de la compression de dynamique décrits, un certain nombre de contraintes ont dû être fixées afin de garantir la faisabilité et la pertinence de l'étude. Celle-ci ne prétend donc pas recouvrir tous les enjeux esthétiques relatifs à la compression parallèle.

Il a ainsi été choisi d'inscrire l'étude dans le cadre de la production contemporaine des musiques actuelles et par conséquent d'étudier la compression parallèle à but d'effet. Il s'agit d'un choix arbitraire, répondant à la fois à un goût personnel et à la modalité pratique la plus couramment exercée. L'utilisation de cette technique à but d'effet exclut alors de fait la mise en œuvre sur un mixage complet. En effet l'étude se veut représentative de pratiques ayant cours dans la profession afin que ses conclusions revêtent un intérêt pratique à mettre au service d'autres projets esthétiques. Ainsi la mise en

œuvre de la compression portera sur les sources du mixage.

Afin de faciliter l'analyse perceptive il a été décidé de borner l'application des deux techniques à une seule source. Cette décision limite le nombre d'interactions et de biais potentiels, tant pour l'opérateur réalisant le mixage que pour le sujet réalisant l'écoute comparative. Le choix de celle-ci a été guidée encore une fois par une modalité représentative de l'usage professionnel de la compression parallèle. L'étude théorique a mis en évidence une utilisation prépondérante de la compression parallèle sur les sources percussives à fort transitoire. Ainsi la mise en œuvre différentielle de la compression portera sur la batterie, instrument percussif le plus couramment utilisé dans les musiques actuelles. Celle-ci sera dans sa majeure partie acoustique afin d'envisager d'éventuelles problématiques de dynamique instantanée totalement absentes des sources électroniques. Les renforts électroniques des éléments acoustiques, fréquents dans la production actuelle, ne sont toutefois pas exclus. Il convient de préciser que les traitements dynamiques (compressions série et parallèle) ne seront pas appliqués sur l'ensemble de la batterie mais sur ses éléments individuels. En effet en pratique les cymbales ainsi que les toms sont habituellement exclus des compressions de dynamique car leur partie transitoire n'est pas ou peu problématique. On préfère pour ces éléments une gestion dynamique au fader (par le niveau). Ainsi en mentionnant la compression de la batterie on parle en réalité de la compression de la grosse caisse et de la caisse claire.

Le contexte dynamique dans lequel s'effectue l'étude est également fixé afin d'être représentatif des problématiques contemporaines<sup>1</sup>. Les deux mixages seront donc effectués avec un limiteur sur le bus master, réglé à l'identique afin de fixer un niveau RMS de mixage identique aux deux versions. Celui-ci qui devra se situer entre -10 et -7 dBFS RMS, conformément au contexte dynamique actuel.

Enfin les deux mixages réalisés ne devront différer que par le traitement

---

1 Cf. Chapitre « Réduction dynamique et guerre du volume ».

dynamique de la batterie. L'identité des deux mixages sera assurée par l'utilisation, si possible, des *STEMS* (groupes d'instruments) issus du mixage d'origine afin de limiter les biais liés aux traitements et à la balance des pistes ne concernant pas la batterie. La balance de ces *STEMS* sera donc identique, de même que les éventuels traitements appliqués dessus. Enfin, concernant des pistes individuelles de batterie, les traitements seront rigoureusement identiques, à l'exception de la compression de dynamique, et les balances effectuées de manière à obtenir le même niveau RMS mesuré pour le groupe batterie dans chacun des mixages.

## 2. Choix du morceau

Le morceau *La vie quoi* de Cali, sorti en 2015, a été choisi comme support de l'analyse comparative. Répondant favorablement aux différents critères énoncés précédemment, il présente en outre l'avantage d'avoir été mixé par Jean-Baptiste Brunhes, qui encadre ce travail au titre de directeur externe. Ce rôle a facilité les discussions en vue de l'obtention du multipiste et de l'accord d'utilisation au sein de l'étude. Enfin le contexte professionnel de réalisation de ce morceau y garantissait la présence des *STEMS* issus du mixage.

## B. Réalisation du mixage

Les deux mixages ont été réalisés par mes soins sous Pro Tools 12® en régie musique de l'ENS Louis Lumière les 22 et 29 mars 2018, à partir des *STEMS* et du multipiste batterie. Le mixage faisant intervenir la compression série a été effectué en premier afin de définir les axes du projet esthétique à partir du mixage employant la technique la plus répandue. Le deuxième mixage en compression parallèle s'appuie ensuite sur ce cadre.

Le compresseur utilisé est le compresseur numérique *FabFilter Pro-C*<sup>®</sup>. Le choix de cet outil à la coloration neutre et proposant une grande étendue de réglages est guidé par la volonté de séparer l'influence esthétique de la technique de mixage et de l'outil en lui même, pour n'étudier que le premier aspect. En pratique ces deux facteurs sont évidemment indissociables. Leur séparation dans ce travail est justement effectuée afin de fournir un support de réflexion aux associations potentielles.

## 1. Organisation de la session de mixage

La session est donc constituée de sept *STEMS* stéréo (basse, guitares électriques, guitare nappes + synthétiseurs rythmiques, synthétiseurs nappes, violons, voix principale, chœurs) et d'une batterie en décomposée en 17 pistes groupées en 3 *STEMS* distincts (les noms donnés en italique sont les dénominations au sein de la session Pro Tools) : un *STEM* grosse caisse (*aLL KICK*), un *STEM* caisses claires (*aLL SNARES*) et un *STEM* batterie (*aLL DRUMS*).

Au sein des *STEMS* décomposant la batterie, les pistes individuelles ont été regroupées par fonction instrumentales en bus sur lesquels seront appliqués les compressions. Cette approche permet d'exclure de la compression des éléments peu chargés en transitoires dont ce traitement ferait ressortir rapidement les résonances ou le champ diffus, dans le cas présent les pistes *BREAK* (qui consiste en un impact grave) *HH* (charleston ou hi hat) et toutes les cymbales (crash et ride). Le bus grosse caisse réunit ainsi les trois pistes individuelles constituant cet élément. Les pistes de caisse claire ont été séparées entre un bus de caisse claire principale *aSNARE MAIN* et un bus de caisses claires stéréo *aSNARE ST*. Il faut enfin préciser qu'au sein des pistes individuelles composant chaque groupe on retrouve des pistes acoustiques doublées par une piste de boîte à rythme électronique (*Roland TR-808*<sup>®</sup> et *TR-909*<sup>®</sup>).

Un limiteur *FabFilter Pro-L*<sup>®</sup> (en mode sur-échantillonnage pour éviter

les crêtes inter-échantillons) est appliqué sur le bus master, afin de fixer le cadre dynamique du mixage réalisé. Par ailleurs ce *plugin* donne une mesure du niveau crête et du niveau RMS.

Aucun dither n'est appliqué car les mixages sont réalisés en 44.1kHz/24bits. Une vérification régulière du niveau RMS a été effectuée au cours des deux mixages afin de s'assurer de la conformité du cadre dynamique, fixé autour de -8dBFS RMS. Toutefois il convient de préciser que cette valeur de niveau efficace n'est pas fixe et évolue avec la dynamique du morceau sur une plage d'environ 4dB (hors introduction et outro qui ont des niveaux plus faibles), de -11dBFS RMS en début de morceau à -7dBFS RMS sur le dernier refrain. Les niveaux finaux des deux mixages sont rigoureusement identiques (à 0.1 dB près) et ont été vérifiés sur mon installation personnelle à l'aide du plugin Waves WLN Meter®.

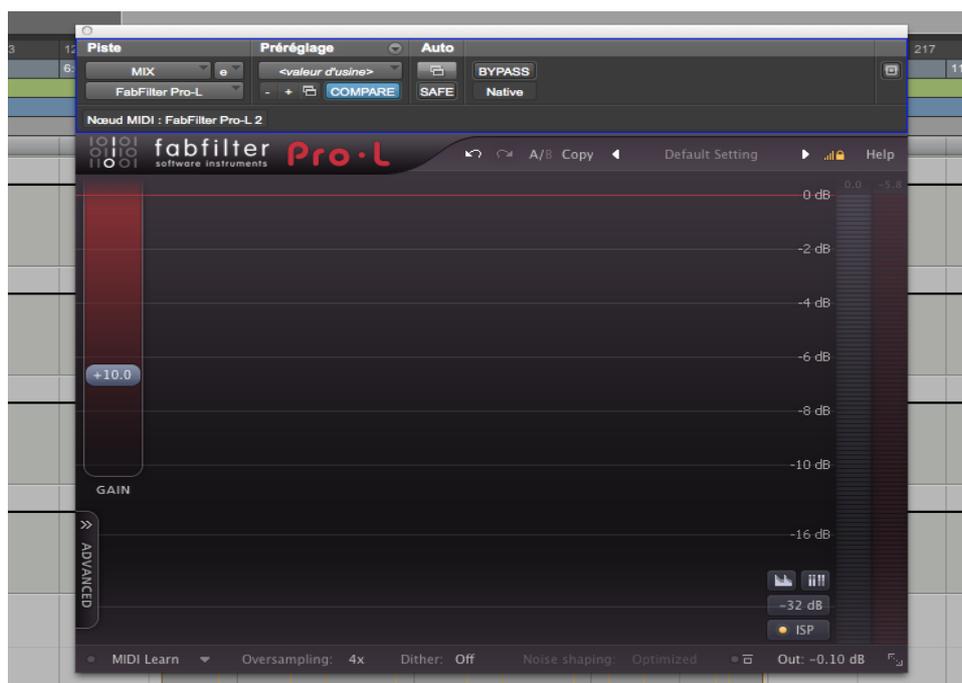


Fig. 35: Réglage FabFilter Pro-L (capture d'écran)

Les images ci-après montrent les mesures réalisées sur le deuxième refrain qui constituera l'échantillon du test perceptif ultérieur.



Fig. 36: Mesures des niveaux RMS de mixage, 2e refrain. Gauche : mixage compression série. Droite : mixage compression parallèle (captures d'écran)



Fig. 37: Mesures des niveaux RMS du *STEM Batterie*, 2e refrain. Gauche : mixage compression série. Droite : mixage compression parallèle (captures d'écran)

Il s'agit de mesures intégrées du niveau RMS (lui même intégré sur 300ms) sur l'ensemble du deuxième refrain, soit 24 secondes réalisées à la fois pour le mixage entier (Fig. 34) et le *STEM* batterie (Fig 35.) afin de s'assurer d'assurer la cohérence du cadre de comparaison.

## 2. Réalisation pratique

L'orientation esthétique du mixage a été légèrement modifiée par rapport à celui d'origine. En effet il a été décidé de rehausser le niveau général de la batterie, sans toutefois contrevenir à la fusion opérée dans le mixage original, afin de faciliter l'évaluation perceptive. Cette modification de la balance a entraîné des phénomènes de masquages fréquentiels, dans les zones de rondeur et résonance d'une part, d'agressivité d'autre part, entre les éléments de la batterie et les *STEMS*. Une légère atténuation a donc été appliquée dans ces zones sur certains *STEMS* au moyen d'un traitement d'égalisation *FabFilter Pro-Q2*®. Un compresseur multibande *FabFilter Pro-MB*® a également été employé lorsque la balance spectrale des *STEMS* évoluait au cours du morceau et nécessitait une correction évolutive. Ce cas s'est présenté concernant l'agressivité de la voix et la résonance du *STEM* de guitares nappes. Une atténuation spectrale importante a par ailleurs été apportée sur le *STEM* basse (-6dB à 125Hz) afin de démasquer la pulsation de la grosse caisse.

### 2.1. Traitements fréquentiels

Des traitements fréquentiels identiques ont été appliqués (à l'aide du plugin *Avid EQ-7*®) sur les pistes batterie dans les deux versions. L'intention générale a été d'en augmenter l'attaque et la présence pour en maximiser l'impact et la précision. Composée de manière très droite et disposant de peu d'impacts, marquant les temps avec précision, cette partie batterie joue par sa composition un fort rôle structurant dans la transmission de l'énergie du morceau. Au-delà du projet d'étude, j'ai jugé que ce traitement était donc

cohérent avec son rôle musical.

Concernant la grosse caisse, après une balance entre les trois pistes individuelles (deux pistes acoustiques et une piste de TR-909®), un traitement spectral a été appliqué sur le bus de groupe pour atténuer le poids du fondamental et de la première harmonique (centre et haut grave) et à rehausser l'attaque (centre aigu) afin d'éviter tout effet de masque avec la basse. Le choix a été effectué dans le sens d'une adaptation de la grosse caisse à la basse, malgré l'objet de l'étude et le risque d'en altérer la perception précise. Ce choix a été motivé par la cohérence avec l'écriture instrumentale. En effet celle-ci donne un poids prépondérant à la basse tandis que la grosse caisse marque tous les temps dans un rôle pulsatile. Il était donc naturel d'opérer la fusion dans le sens d'une précision de la basse. Enfin un léger rehaussement a été effectué dans le bas médium afin de préserver le caractère résonant de la grosse caisse, caractéristique du mixage d'origine. L'image suivante montre les réglages appliqués.



Fig. 38: Traitement fréquentiel sur le STEM grosse caisse (capture d'écran)

La caisse claire principale, qui assure un rôle structurant dans l'assise rythmique puisque placée sur les deuxième et quatrième temps, est décomposée en un bus de pistes de proximité *aSN1*, qui regroupe deux pistes acoustiques et

une piste électronique de *TR-808*<sup>®</sup>, et un bus de pistes de captation globales composées d'un couple situé à distance moyenne (*overhead*) et de trois pistes d'ambiance de pièce, regroupés dans un bus *aSN OH*. Après une balance des pistes composant ces groupes, un traitement fréquentiel a été appliqué sur chacun d'eux.



Fig. 39: Traitements fréquentiels sur les pistes de caisse claire. Gauche : bus overhead et ambiance. Droite : bus des pistes de proximité (capture d'écran)

Le traitement est relativement similaire concernant la partie grave du spectre. Il a consisté à atténuer le caractère résonant de la caisse claire, traitant dans le bus *aSN1* l'effet de proximité, et agissant dans le bus *aSN OH* sur la résonance générée par la pièce. Par ailleurs l'attaque (agressivité) et la brillance de la caisse claire ont été rehaussées uniquement sur le bus de proximité afin d'obtenir ce résultat sans effets de salle ou de bruit supplémentaires. En effet, l'atténuation des aigus avec la distance rendait ici ces zones moins utiles dans les captations à distance que dans celles de proximité.

Le bus de caisses claires stéréo est un élément rythmique moins marqué et qui participe plutôt à un élargissement spatial et fréquentiel de la partie batterie. Il a donc subi un traitement fréquentiel très léger, consistant en une amplification de sa brillance.

Le reste de la batterie, regroupé dans le bus *aLL DRUMS*, a été traité directement sur les pistes individuelles. Le bus de groupe n'a pas été traité, de

même que les pistes de cymbales.



Fig. 40: Traitements fréquentiels du reste de la batterie. Gauche : charley. Droite : break grave. Bas : Cymbale crash (capture d'écran)

Les traitements appliqués ont consisté à établir une répartition de l'énergie dans l'aigu selon la fonction instrumentale. Ainsi par exemple le charleston, au rôle moteur, a vu sa brillance rehaussée tandis que l'agressivité de la crash a été diminuée.

## 2.2. Traitements dynamiques

Les sources rythmiques du morceau sont très représentatives des sources rencontrées en musiques actuelles. En effet elles ne présentent pas de défauts de source de dynamique instantanée car ils s'agit de pistes acoustiques traitées à la prise ou de pistes de boîte à rythme à la dynamique fixée. Ainsi le traitement dynamique est-il dans ce mixage uniquement employé à but d'effet.

### 2.2.1. Grosse caisse

Un compresseur a été inséré sur le STEM de grosse caisse (*aLL KICK*). Le but du traitement de grosse caisse est d'augmenter la perception de celle-ci dans le mixage, ceci par deux moyens. On réalise d'une part une élévation en niveau qui impose alors une réduction dynamique afin d'éviter de trop solliciter le limiteur placé en bout de chaîne. D'autre part cette perception accrue de la grosse caisse passe par un rehaussement de sa fonction pulsatile (ou d'impact) en augmentant sa rondeur, afin d'augmenter la pulsation, et son agressivité afin d'en augmenter la frappe. Le traitement dynamique permet de réaliser conjointement ces deux démarches.

Dans la mise en œuvre série le réglage des paramètres temporels va orienter la réduction de dynamique vers la zone de *decay*. En effet le temps d'attaque est ici de 5 ms et le temps de *release* de 90 ms. Le ratio moyen (4:1), cumulé à un seuil situé dans les niveaux assez élevés du signal, engendre une atténuation maximale d'environ 6 dB, relativement importante. Ajoutés à la courte durée du temps de *release* et au paramètre *hard knee*, ces réglages créent un léger effet de pompage favorisant la fonction pulsatile. Il est à noter que le paramètre *hard knee* est appliqué à tous les compresseurs ici appliqués à la batterie afin de favoriser un traitement agressif. Le retard d'attaque entraîne également une action sur la fin de l'attaque permettant le contrôle de sa contribution au niveau crête du mixage.

L'élévation de niveau réalisée par la suite (par le fader de de la piste) n'est ainsi pas homogène pour toute l'enveloppe et le transitoire (contenant pulsation et agressivité) se trouve in fine plus rehaussé que le reste de l'enveloppe. On a ainsi réalisé les deux opérations souhaitées (rehaussement par le niveau et par la sensation d'impact).



Fig. 41: Compression série appliquée sur le STEM grosse caisse (capture d'écran)

Le traitement parallèle s'effectue au moyen de deux bus auxiliaires *aKICK BUS* et *aKICK COMP* alimentés par le même signal sommé des trois pistes individuelles de grosse caisse, eux-mêmes sommés dans le STEM grosse caisse *aLL KICK*. Le compresseur est appliqué sur le bus *COMP* tandis que l'autre bus reçoit uniquement le traitement fréquentiel antérieur appliqué dans le mixage série sur le STEM grosse caisse. Le temps d'attaque est plus long (9,5 ms) que dans le premier mixage pour laisser passer tout le transitoire, sachant que sa contribution à la dynamique instantanée générale du mixage (et donc son impact sur la limitation) est modulée par le dosage de la piste compressée dans le mélange. Le temps de *release* est équivalent au mixage précédent et le ratio plus élevé (6:1). Cumulé à un seuil inférieur de 5dB au compresseur série, il en résulte une atténuation maximale beaucoup plus importante : 11 dB contre 6 dB dans la version série. Cette réduction plus importante maximise les deux effets de la compression série précédemment décrits : l'effet de pompage et le rehaussement relatif de la zone d'attaque.

Un traitement fréquentiel est appliqué à la suite du compresseur, avec une atténuation par un filtre *Baxandall* de l'extrême grave (en dessous de 60 Hz) pour corriger une perte de précision dans cette zone lors de la sommation. Ce type de traitement fréquentiel consécutif au compresseur est courant dans la pratique pour préciser l'intention spectrale du traitement effectué par le compresseur.

Le dosage du niveau du signal compressé dans le mélange (-5dB) est effectué selon un goût personnel, sans aucune autre logique technique sous-jacente. Le niveau de l'ensemble est ensuite ajusté pour afficher la même mesure de niveau RMS que le mixage en compression série.

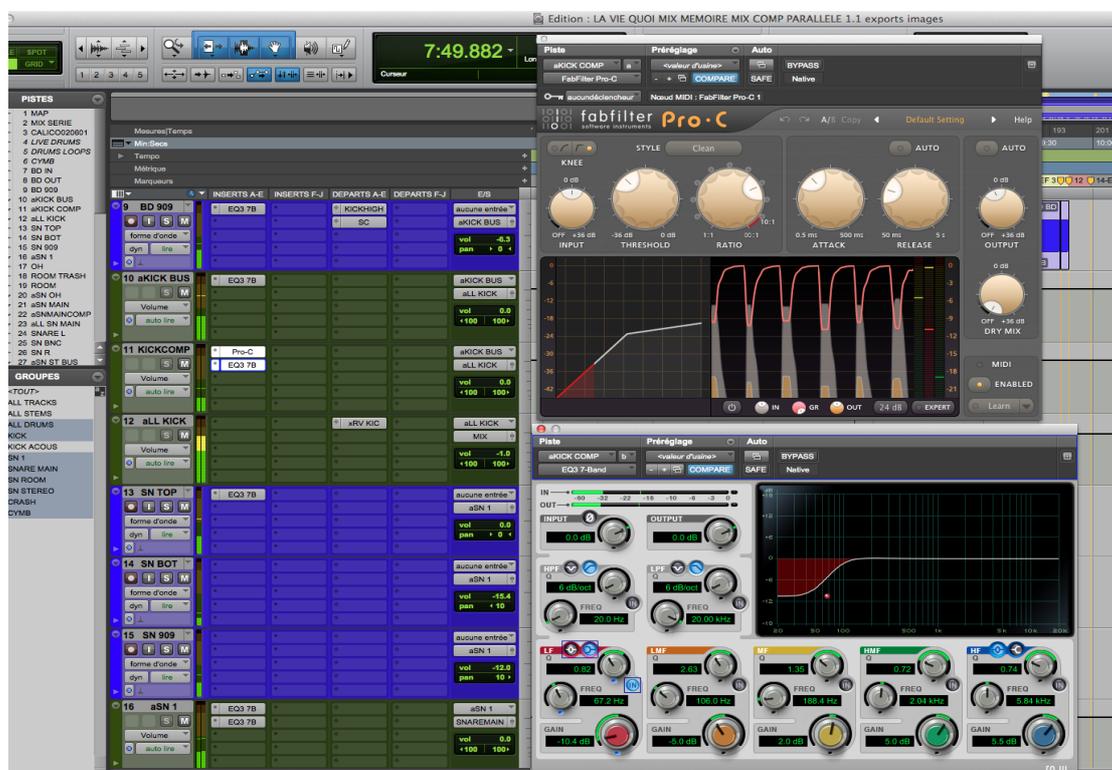


Fig. 42: Compression parallèle appliquée sur le STEM grosse caisse (capture d'écran)

Cette première comparaison des méthodes de compression met en évidence la différence d'approche abordée dans la description théorique. En effet, un même objectif esthétique, ici l'augmentation de la pulsation et de l'attaque, est rempli selon des modalités et donc des résultats différents. La mise en œuvre série remplit cet objectif par un travail direct sur l'enveloppe afin d'en changer l'équilibre des différentes parties. Dans la mise en œuvre parallèle, on somme au

signal de départ un signal dont l'enveloppe contient surtout les informations que l'on souhaite mettre en avant, en l'occurrence la zone d'attaque. Le signal compressé présente dans la version parallèle majoritairement du transitoire et un effet de pompage plus important. Indésirables en écoute seule, ces deux résultats esthétiques deviennent intéressants dans le cadre d'une sommation car leur contribution est contrôlable par le niveau.

Enfin il est à noter une diminution de la contribution des zones de *sustain* et *release*. Cette atténuation est directe dans le cas série et indirecte dans le cas parallèle, s'effectuant relativement à l'augmentation de la zone d'attaque dans le signal sommé. Cette diminution entraîne un recul de la sensation spatiale associée à la grosse caisse. Une réverbération courte (0.1 sec), en algorithme *room*, lui a donc été appliquée afin de lui ajouter des premières réflexions et ainsi la décoller spatialement des autres éléments. Par ailleurs ces réflexions participent également à légèrement élargir la source du point de vue spectral, augmentant le poids de celle-ci dans le mixage, tout en préservant sa précision par leur courte durée.

### 2.2.2. Caisses claires

La compression de la caisse claire principale répond au même projet esthétique, à savoir une augmentation de la sensation d'impact par rehaussement dans l'aigu de l'agressivité et de la présence (4-8kHz) et de la zone de résonance dans le grave.

Le compresseur placé en série dispose d'un retard d'attaque de 3 ms et d'un temps de *release* de 50ms, le plus court disponible sur le *FabFilter Pro-C*<sup>®</sup>. Le seuil réglé pour traiter les hauts niveaux, donc contrôler le niveau crête. Les pistes de caisse claire principale présentant à la source une dynamique instantanée réduite, l'atténuation choisie est relativement faible (3-4 dB) et réalisée par un ratio moyen (4:1).

La zone temporelle visée chevauche la fin de l'attaque et le *decay*, avec une compression plus resserrée temporellement afin de préserver les zones de

*sustain* et *release*. Ceci permet d'une part de ne pas compresser les informations spatiales, en particulier le champ diffus, contenues dans les pistes d'*overhead* et d'ambiance. D'autre part le léger pompage induit participe à la fonction rythmique de la caisse claire. Ces réglages contribuent à rehausser la zone d'attaque et donc la partie aigüe de la caisse claire.



Fig. 43: Compression série appliquée sur le bus de caisse claire principale (capture d'écran)

Par ailleurs le comportement du compresseur est réglé en mode *opto* dans une optique de complémentarité. En effet ce mode renforce le comportement retardé des paramètres temporels, avec des courbes de réponse temporelle non linéaires où la variation de gain est condensée sur les parties tardives du temps d'attaque ou *release*. Cette non linéarité de la réponse temporelle a tendance à « moyenner » le signal sur sa partie transitoire, et donc à en atténuer les aigus. Il en résulte une compression engendrant un son moins détaillé, plus large spectralement, qui ici fonctionne comme un bon complément du traitement plus agressif effectué car il participe au rehaussement du bas médium, dans une approche maîtrisée puisque celui-ci est par la suite affecté par la compression. On obtient ainsi le résultat initialement escompté avec un seul compresseur.

La mise en œuvre parallèle vise à remplir le même objectif. Les différences observables sont comparables à l'approche de la grosse caisse. Le

ratio est plus élevé (8:1), l'attaque (9 ms) et le *release* (216 ms) également. Enfin le seuil est réglé pour obtenir une atténuation importante (10 dB). Il résulte de ces réglages un signal compressé dont la zone d'attaque est sur-représentée. La longueur du temps de *release* permet de compresser les zones de *sustain* et *release* et donc les informations de réverbération. On préserve ainsi la précision de la somme effectuée car ces informations spatiales sont déjà contenues dans le signal brut. Le signal compressé peut finalement être considéré comme un rajout d'attaque au signal source. Le dosage de celui-ci (7 dB inférieur au signal brut) est encore une fois effectué selon un goût personnel, avant un dosage du niveau du bus de sommation pour ajuster le niveau RMS au niveau du mixage en compression série.

Le comportement *clean* (qui est le comportement de base du compresseur, linéaire dans son comportement temporel) est appliqué afin de conserver la fonction agressive des réglages effectués.



Fig. 44: Compression parallèle appliquée sur le bus de caisse claire principale (capture d'écran)

Le bus de caisses claires stéréo est également compressé selon les deux méthodes. Restant cohérent avec le projet esthétique d'une batterie précise à l'impact important malgré un contexte dynamique réduit, le choix des réglages du compresseur série s'oriente encore une fois vers un compromis entre le contrôle du niveau crête et l'augmentation de l'attaque. Les valeurs sont

similaires à celles employées pour la caisse claire principale, et l'effet obtenu est bien au final une augmentation de l'agressivité et de la précision de ces éléments, tout en préservant leur rondeur et leur résonance par le comportement *opto*.



Fig. 45: Compression série appliquée sur le bus de caisse claire stéréo (capture d'écran)

La mise en œuvre parallèle est similaire aux précédentes, à savoir une exagération de l'orientation du traitement effectué en série par un seuil plus bas et un ratio plus important. Les réglages temporels sont quasi-identiques (le *release* est plus long de 40 ms, réglé à l'écoute pour que le traitement déborde un peu plus sur la zone de *sustain* avec toutefois une influence très subtile sur la mise en avant relative de l'attaque). Le comportement est à nouveau réglé en mode *clean* afin de privilégier l'agressivité.



Fig. 46: Compression parallèle appliquée sur le bus de caisse claire stéréo (capture d'écran)

Le tableau suivant donne une vue d'ensembles des réglages employés pour chaque technique.

	GROSSE CAISSE		CAISSE CLAIRE PRINCIPALE		CAISSES CLAIRES STEREOS	
	Série	Parallèle	Série	Parallèle	Série	Parallèle
Seuil (dB FS)	-19	-24	-22	-30	-21	-24
Ratio (x : 1)	4	6	4	8	4	7
Attaque (ms)	5	10	3	9	6	6
Release (ms)	90	112	50	216	60	100

Fig. 47: Tableau comparatif des réglages des compressions appliquées dans les deux mixages

### 2.3. Autres traitements

Deux traitements de réverbération ont été appliqués par le *plugin D-Verb*<sup>®</sup> sur les bus de caisses claires. Un algorithme petit volume (*room*) réalise le placement spatial des éléments par les premières réflexions, et un algorithme grand volume (*hall*) privilégie le champ diffus, opérant un enveloppement spatial et une fusion avec les réverbérations déjà présentes dans les *STEMS*.

Enfin un suivi de niveau a été réalisé afin d'assurer la tenue dynamique de l'ensemble de la batterie tout au long du morceau. Par ailleurs ce suivi a également permis d'assurer la conformité en terme de niveau RMS entre les deux mixages, tant dans leur niveau global que dans le niveau du *STEM* batterie.

À l'issue de l'étape de mixage deux exports sont réalisés pour chaque technique en vue du test perceptif : une version du mixage complet et une version contenant uniquement le *STEM* batterie, dans le but de discriminer différents niveaux d'effets perçus pour ces deux techniques.

# C. Test perceptif

## 1. Protocole

Compte-tenu de la subtilité des différences entre les deux mixages, qui ne diffèrent que par un traitement appliqué sur des éléments d'un groupe d'instruments du mixage, il a été décidé en accord avec Etienne Hendricks et les directeurs de mémoire de procéder au test perceptif sur des sujets experts. Le protocole de test s'adresse donc à des sujets ingénieurs du son ou étudiants ingénieurs du son.

La séquence de test choisie est le deuxième refrain, d'une durée de 24 sec, car l'ensemble de l'arrangement batterie y est présent, ce qui n'est pas le cas du premier refrain. Le troisième refrain est également moins favorable à cause d'une densification finale de l'arrangement non percussif, qui rend plus difficile l'écoute analytique de la batterie. Quatre séquences sont donc prévues pour ce test : deux échantillons du mixage complet (compression de la batterie en série et en parallèle) et deux échantillons du même refrain avec le *STEM* (groupe d'instrument) batterie seul.

Un test préliminaire informel est préalablement réalisé à l'ENS Louis Lumière auprès de quelques étudiants sur les séquences de mixage complet et de batterie seule pour vérifier que les sujets distinguent bien une différence, même non caractérisée, entre les mixages. Ce test informel oriente le protocole du test suivant car il a permis de considérer que la différence perceptive entre les deux techniques était avérée. L'objet du test à venir est donc la caractérisation de cette différence. On évite ainsi dans le test les séquences d'écoute comparative identitaire (par exemple A vs. A), ce qui réduit la sollicitation des sujets. En effet, ce test informel a également mis en évidence, dans les discussions ultérieures, un phénomène de fatigue et de déconcentration apparaissant rapidement dans ce contexte d'écoute analytique musicale.

## 1.1. Premier protocole de test

Un premier protocole de test est élaboré et réalisé à l'ENS Louis Lumière en salle de montage 3 le lundi 7 mai auprès de 15 sujets experts (un professeur et 14 étudiants, tous de la section son). Le sujet est invité dans l'ensemble du test à comparer deux échantillons consécutifs A et B, séparés de 2 secondes de silence, au cours de plusieurs séquences d'écoutes. Cette méthode d'écoute d'échantillons consécutifs est choisie en raison de son statut de référence dans le cadre des tests perceptifs. Le système de diffusion est une paire d'enceintes Amphion Two18, espacées de 238 cm. Le niveau est fixé à 83dB (C) mesurés à la diffusion de l'échantillon au point d'écoute. L'auditeur est placé à ce point d'écoute, situé à 190 cm du centre fantôme du système de diffusion.

Le test est décomposé en deux parties. Dans un premier temps le sujet est invité à graduer sa préférence sur une échelle de 0 à 10 entre les échantillons A et B, 0 représentant une préférence totale pour A et 10 une préférence totale pour B, 5 l'absence de préférence<sup>1</sup>. Pour plus de clarté, on considère pour la suite du protocole la notation suivante :

A : échantillon du mixage complet avec compression série

B : échantillon du mixage complet avec compression parallèle

C : échantillon du STEM batterie avec compression série

D : échantillon du STEM batterie avec compression parallèle

On considère ainsi les séquences d'écoutes suivantes : AB BA CD DC. L'inversion de l'ordre des échantillons permet de vérifier la cohérence des sujets, ainsi qu'une éventuelle influence de ce paramètre sur l'évaluation des sujets. Ces quatre séquences d'écoute sont diffusées dans un ordre aléatoire. Dans cette partie, une réécoute de la séquence est possible. Le lancement des séquences s'effectue à l'aide du logiciel Pro Tools 12®, dans lequel les séquences sont

---

1 Un modèle des fiches d'évaluation de la préférence est fourni en Annexe 2.

préparées et identifiées auprès de l'opérateur (en l'occurrence moi-même) par des marqueurs. Ceux-ci lui permettent de réaliser un ordre différent d'écoute pour chaque partie du test et chaque participant.

Dans une seconde partie le sujet est invité à réécouter les séquences précédentes, à nouveau diffusées dans un ordre aléatoire, et avec cette fois jusqu'à 3 réécoutes possibles, afin d'évaluer les différences selon des critères dimensionnels. Les paramètres choisis sont les suivants : niveau de la grosse caisse, niveau de la caisse claire, compacité, chaleur, agressivité, présence/brillance. La grille d'évaluation de chaque dimension reprend l'échelle précédente de 0 à 10 : 0 représente une appréciation du paramètre beaucoup plus importante dans A, 10 dans B, et 5 l'absence de différence<sup>1</sup>.

## 1.2. Deuxième protocole de test

Suite au premier test une deuxième séance est réalisée à l'ENS Louis Lumière le lundi 14 mai auprès de 17 sujets experts (3 professeurs et 14 étudiants, tous de la section son). Un changement majeur est apporté quant aux modalités d'écoute. En effet l'écoute des échantillons ne s'effectue plus consécutivement mais par un *switch* (commutation) à la volée. Le nombre de répétitions des écoutes est cette fois libre. Ce changement de modalité a été opéré suite aux discussions avec les sujets passant le test du lundi 7 mai. En effet, ceux-ci ont mentionné des difficultés éprouvées dans l'analyse de deux extraits consécutifs. Les deux facteurs alors mis en avant étaient la difficulté de mémorisation et le changement du geste d'écoute habituellement effectué lors d'un mixage musical, à savoir un *switch* à la volée. Par ailleurs il s'est avéré que cette dernière méthode d'écoute avait été employée dans un autre étude comparative relative au mixage musical<sup>2</sup>.

Il s'agit du seul changement opéré dans le protocole du test, qui reprend

---

1 Une copie des fiches d'évaluation dimensionnelle est fournie en Annexe 2.

2 **HJORTKJÆR, Jens, WALTHER-HANSEN, Mads**, « Perceptual effects of dynamic range compression in popular musics », *Journal of the Audio Engineering Society* Vol. 62, Jan/Fev 2014, p. 38-41.

les quatre mêmes séquences d'écoute. Le *switch* à la volée fait cette fois considérer les inversions d'ordre comme des répétitions.

### 1.3. Résultats du test

Les résultats des deux tests sont dans un premier temps cumulés afin d'effectuer une analyse globale. Il apparaît que l'ordre d'écoute (série avant parallèle ou l'inverse), le type d'échantillon (mixage complet ou batterie seule) ainsi que la modalité d'écoute (*switch* à la volée ou écoute consécutive) n'ont pas d'influence significative sur les résultats de ce test. Par conséquent, une moyenne des résultats de chaque sujet est effectuée par variable afin de simplifier leur présentation et leur analyse<sup>1</sup>.

Concernant la préférence globale pour l'une ou l'autre des techniques de compression, il apparaît de manière significative ( $p=0,044$ ) que les sujets ont légèrement préféré la compression parallèle (moyenne  $m=5,4375$ ).

L'analyse des variables dimensionnelles fait également apparaître des différences légères mais statistiquement significatives. Les sujets ont perçu la grosse caisse légèrement plus forte dans le mixage en compression parallèle ( $m=5,4107$   $p=0,023$ ). La caisse claire a également été perçue plus forte, et dans une plus grande proportion, dans ce mixage ( $m=6,0089$   $p<0,001$ ). Le mixage employant la compression parallèle est également perçu comme un peu plus agressif ( $m= 5,6071$   $p=0,002$ ) et brillant ( $m=5,8571$   $p<0,001$ ). On ne montre pas de différence significative s'agissant des critères de compacité ( $p=0,238$ ) et de chaleur ( $p=0,607$ ).

Enfin aucune corrélation statistique n'apparaît entre l'orientation de la préférence globale et l'appréciation des variables dimensionnelles.

---

<sup>1</sup> Le tableau des résultats du test statistique sur valeurs moyennées est donné en Annexe 3.

## 1.4. Interprétation des résultats

L'analyse de la préférence mesurée pour la compression parallèle est difficile en considérant cette variable isolément. Ce critère subjectif est influencé par de nombreux facteurs, par exemple dans ce cas les habitudes d'écoute ou encore l'adhésion au projet esthétique. En l'absence de corrélation avec les critères dimensionnels, l'analyse de ce résultat reste hasardeuse.

Les tendances esthétiques en lien avec l'analyse des variables dimensionnelles sont cohérentes avec les descriptions théoriques données de l'une et l'autre des techniques. En effet, les sensations accrues d'agressivité et de brillance dans la batterie mixée en compression parallèle peuvent être mises en relation avec une augmentation de la part des transitoires dans celle-ci. Ainsi, malgré des niveaux RMS comparables, qui témoignent de la même quantité d'énergie sur la durée d'intégration (300 ms), on peut supposer que ces deux batteries diffèrent par la répartition de cette énergie sur la dite durée, avec un transitoire beaucoup plus représenté dans le cas de la compression parallèle.

Cette augmentation de la sensation d'agressivité et de brillance permet par ailleurs d'expliquer la sensation de niveau plus élevé associée à la grosse caisse et à la caisse claire mixées en compression parallèle. En effet ces zones spectrales, en particulier la zone d'agressivité (2-4kHz) sont également celles de sensibilité maximale de l'oreille. Ainsi les éléments compressés en parallèle présentent, par la modification de leur balance spectrale, une sonie augmentée.

L'absence de résultats significatifs concernant la compacité et le bas du spectre (critère de chaleur) amène à plusieurs réflexions. Concernant le critère de compacité, en lien avec la sensation de réduction de dynamique instantanée, on peut d'une part supposer que la définition du terme n'était pas assez claire pour correctement focaliser la perception des sujets lors du test. D'autre part cette notion fait appel à la sensation subjective de dynamique instantanée, peut être trop variable d'un sujet à un autre car dépendante des habitudes d'écoutes et des goûts personnels. Enfin le contexte dynamique réduit de l'étude et le

matériau musical original, traité dynamiquement dès la prise, ont peut être également concouru à une sensation globalement compressée des deux mixages qui rendait alors difficile l'évaluation du critère. S'agissant du critère de chaleur l'arrangement du morceau peut être une source d'explications. En effet, la grosse caisse y est placée sur tous les temps, générant un effet de masquage avec le bas médium de la caisse claire, placée sur les deuxièmes et quatrièmes temps, et dont le poids spectral est important. Par ailleurs, l'arrangement a fait le choix d'une fusion importante entre la basse et la grosse caisse, par les textures sonores employées pour chacune et l'écriture musicale, qui renforce l'effet de masquage précédent. Il résulte de ces phénomènes une difficulté de discrimination de la batterie (en particulier la grosse caisse) dans la partie grave du spectre, qui peut potentiellement expliquer les résultats obtenus.

### **1.5. Conclusions du test**

On a donc mis en évidence des enjeux esthétiques propres à la compression parallèle, dont le niveau d'effet est global puisqu'il concerne le mixage entier. Cette technique permet, dans une mesure toutefois subtile, d'obtenir s'agissant de la grosse caisse et de la caisse claire un son perçu comme plus agressif et brillant. Ces caractéristiques concourent à un placement plus frontal des éléments dans la balance pour un niveau RMS équivalent. L'absence de résultats significatifs concernant les critères des parties basse et médium du spectre doit faire envisager un autre test, basé sur un matériau musical différent, permettant la discrimination précise des éléments percussifs graves (ici la grosse caisse). Enfin l'absence de corrélation entre la préférence des sujets et l'évaluation dimensionnelle appelle à envisager une autre méthodologie de test pour cet aspect, qui restera cependant à évaluer par son caractère subjectif et personnel.

Par ailleurs l'absence d'influence significative de la modalité d'écoute (en *switch* ou en écoute consécutive) et par conséquent de l'ordre des

échantillons, permet d'envisager à l'avenir une méthode privilégiée pour les tests perceptifs en lien avec l'analyse de mixage musical. En effet, tenant compte des retours des sujets à la fin du premier test, il est *a priori* préférable de privilégier le *switch* à la volée. Cette modalité limite la fatigue liée à la mémorisation et représente un geste d'écoute cohérent avec celui effectué dans la pratique par les ingénieurs du son en mixage musical.

## VI. Conclusion générale

Dans une approche générale la partie théorique de ce travail s'est attachée à aborder de manière synthétique les aspects techniques, technologiques et esthétiques de la compression de dynamique. Elle apporte, je l'espère, des éléments de compréhension à qui souhaiterait en aborder l'usage parfois complexe et non maîtrisé. Ces éléments ont été développés sous un angle généraliste avec la volonté de fournir des outils de compréhension au plus grand nombre de démarches d'exploration de l'outil. Par ailleurs, l'examen des pratiques de cet outil sous l'angle historique aura permis d'envisager les liens que peuvent entretenir l'évolution des technologies et des esthétiques, sujet malheureusement peu documenté.

La finalité pratique de cette étude est riche d'enseignements relatifs à la pratique de la compression de dynamique, et plus généralement au mixage musical. La réalisation des deux versions en vue du test perceptif a tout d'abord permis d'illustrer les descriptions théoriques par une mise en œuvre concrète. Le test perceptif a ensuite conduit à interroger l'esthétique liée à ces pratiques sous un angle inhabituel, départi de la subjectivité et des habitudes de travail habituellement associées au mixage musical. L'expérimentation d'une approche rationnelle des esthétiques de ce domaine était ainsi le premier enjeu de l'étude. La significativité des résultats obtenus valide cette démarche. D'un point de vue méthodologique, on retiendra également que l'écoute en *switch* à la volée est préférable pour le confort des sujets et sans incidence sur la validité des résultats. On pourra donc privilégier cette modalité d'écoute pour de futurs tests similaires.

Le faible écart perceptif mesuré met en évidence la nature des enjeux esthétiques auxquels est confronté l'ingénieur du son dans la pratique du mixage musical. La subtilité des phénomènes perceptifs envisagés rappelle la complexité potentielle des choix esthétiques qu'il est amené à effectuer, contribuant à la

spécificité de son rôle dans la chaîne de production musicale. Dans ce travail exigeant, l'interrogation rationnelle de sa pratique peut apporter de nouveaux éléments nourrissant sa démarche et ses décisions.

Cette subtilité justifie également la part de subjectivité animant la pratique du mixage musical, que ce travail ne saurait remettre en cause. En effet, cette discipline repose sur l'élaboration d'un projet esthétique dont l'appréhension fait appel pour une grande part à la sensibilité et à l'expérience de l'ingénieur du son. Les choix opérés en conséquence sont ainsi influencés par une interprétation et un ressenti personnels qui participent à la richesse de cette pratique. La part de cette subjectivité s'est en particulier manifestée dans le faible écart perceptif mesuré entre deux techniques, pourtant décrites et ressenties comme très différentes par les opérateurs les pratiquant (à commencer par moi même).

Enfin, considérant la réduction de l'étude à un instrument isolé, le faible écart mesuré permet également de rappeler combien le mixage musical est une discipline à envisager de manière globale. La contribution de chaque traitement y reste modeste dans son abord individuel et ne prend sens qu'envisagée dans le cadre plus large du projet esthétique qui guide sa réalisation.

# VII. Bibliographie

## 1. Ouvrages (et extraits)

**GIULIANI, Elizabeth**, « Comment l'enregistrement d'effaçage devant la musique », in *Musique et enregistrement*, sous la direction de Pierre-Henri Frangne et Hervé Lacombe, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2014 p. 77-96.

**KATZ, Bob**, *Mastering Audio the art and the science*, Brulington, Focal Press, 2003.

**MERCIER, Denis (dir.)**, *Le livre des techniques du son Tome 1*, Paris, Fréquences, 1987, 4e réed. Paris, Dunod, coll. Audio-Photo-Vidéo, 2010.

**MERCIER, Denis (dir.)**, *Le livre des techniques du son Tome 2*, Paris, Fréquences, 1988, 3e réed. Paris, Dunod, coll. Audio-Photo-Vidéo, 2004.

**OWSINSKY, Bobby**, *The Mixing Engineer's Handbook 4<sup>th</sup> Edition*, West Burbank, Bobby Owsinsky Media, 2017.

**TREMAINE, Howard M.**, « 12.84. Describe a program-leveling amplifier using electroluminescence control. », in *Audio Cyclopedia*, TREMAINE, Howard M. (dir.), Indianapolis, H.W. Sams, 1969, p. 548-550.

## 2. Articles de revues

**ABBOT, Paul**, « Crushing the Death Magnetic », *TapeOp* n°68, Nov/Dec 2008, consulté en version numérique en Mai 2018, URL :

<https://tapeop.com/columns/end-rant/68>

**BEGGER, Hannes**, « Fairchild 660 and 670 », *Sound on Sound*, Mai 2016, consulté en version numérique en Mai 2018, URL :

<https://www.soundonsound.com/reviews/fairchild-660-670>

**BEVELLE, Mike**, « Compressors and limiters : their uses and abuses », *Studio Sound Magazine*, Octobre 1977, p. 28-32.

**CLEVELAND, Barry**, « Why modern audio recording might not exist without British DIY audio pioneer Joe Meek », *TapeOp* n°100, Avril 2014, consulté en version numérique en Mai 2018, URL :

<http://tapeop.com/articles/100/joe-meek>

**DERUTY, Emmanuel, TARDIEU, Damien**, « About dynamic processing in Mainstream Music », *Journal of Audio Engineering Society*, Vol.62, n°1/2, Jan/Fev 2014, p. 42-55.

**HJORTKJÆR, Jens, WALTHER-HANSEN, Mads**, « Perceptual effects of dynamic range compression in popular musics », *Journal of Audio Engineering Society*, Vol.62, Jan/Fev 2014, p. 38-41.

**HULSE, Richard**, « Masterclass », *Studio Sound Magazine*, Avril 1996, p. 79-86.

**MOORE, Austin**, « All Buttons In : An investigation into the use of the 1176 FET compressor in popular music production », *Journal of the Art of Record Production* n°06, Juin 2012, version numérique consultée en Mai 2018, URL : <http://arpjournal.com/all-buttons-in-an-investigation-into-the-use-of-the-1176-fet-compressor-in-popular-music-production>

**SILOVE, Allon**, « An interview with Andrew Sheps », *Audiotechnology*, 11 Octobre 2017, consulté en version numérique en Mai 2018, URL : <http://www.audiotechnology.com.au/wp/index.php/an-interview-with-andrew-scheps>

**VICKERS, Earl**, « Loudness War : Background, speculation and recommandations », *AES Convention Paper* n°8175, 4 Novembre 2010.

**WENDLE, Mark, KYUNKOOK, Lee**, « The Effect of Dynamic Range Compression on Loudness and Quality Perception in Relation to Crest Factor », *AES Convention Paper* n°9020, 26 Avril 2014.

### 3. Articles internet

**COOPER, Michael**, « A comprehensive guide to compression and compressors », *BigSqueeze*, 2001, consulté en Mai 2018, URL : <http://recherche.ircam.fr/equipes/design/liens/docs/bigsqueeze/#variable>

**FUSTON, Lynn**, « UA's Classic 1176 Compressor – A History », *Universal Audio*, consulté en Mai 2018, URL : <https://www.uaudio.fr/blog/analog-obsession-1176-history>

**HARPER, John**, « Tube 201 - How Vacuum Tubes Really Work », *john-a-harper.com*, consulté en Mai 2018, URL : <http://www.john-a-harper.com/tubes201>

**HURWITZ, Matt**, « Geoff Emerick – Beatles memories, from the inside », *Mix Online*, 1er Août 2006, consulté en Mai 2018, URL : <https://www.mixonline.com/recording/geoff-emerick-365680>

**SHEPPERD, Ian**, « Metallica « Death Magnetic » Clipping Distorsion », *Mastering Media Blog*, 14 Septembre 2008, consulté en mai 2018, URL : <https://mastering-media.blogspot.fr/2008/09/metallica-death-magnetic-clipping.html>

**WELCH, Chris**, « Andy Johns on the secrets behind the Led Zeppelin IV sessions », *Music Radar*, 31 Octobre 2013, consulté en Mai 2018, URL : <https://www.musicradar.com/news/drums/andy-johns-on-the-secrets-behind-the-led-zeppelin-iv-sessions-586533>

**WEISTEINN, Eric W.**, « Root Mean Square » (cours en ligne), *MathWorld*, Mai 2017, consulté en Mai 2018, URL : <http://mathworld.wolfram.com/Root-Mean-Square.html>

## 4. Notes de conférences

**HILL, Dave**, « Analog Compressors and some of the bits that make what they are », *Notes de conférence Audio Days*, Paris, Mars 2012, consulté en Mai 2018, URL : <http://www.cranesong.com/analog%20compressor%20tech.pdf>

## 5. Publications institutionnelles

**COMMISSION NATIONALE DES MUSIQUES ACTUELLES**, *Rapport à Mme la Ministre Nathalie Trautmann, ministre de la culture et de la communication*, Septembre 1998, p. 14.

**CST (Commission Supérieure des Techniques de l'image et du son)**, *RT CST 013*, 10 Juillet 2006, consulté en Mai 2018, URL : [http://cst.fr/wp-content/uploads/2014/03/CST-RT013-P-2006-Niveaux\\_sonores\\_salles.pdf](http://cst.fr/wp-content/uploads/2014/03/CST-RT013-P-2006-Niveaux_sonores_salles.pdf)

**EBU (European Broadcast Union)**, *Recommandation R128 : Loudness normalization and permitted levels of audio signal*, Genève, Juin 2014.

**ITU-R**, *Recommandation BS.645-2 : Test signals and metering to be used on international sound program connection*, Mars 1992, consulté en Mai 2018, URL : <http://www.itu.int/rec/R-REC-BS.645/e>

## 6. Publications des constructeurs

**AMPEX DATA SYSTEMS**, « Ampex history », *Ampex.com*, consulté en Mai 2018, URL : <http://www.ampex.com/ampex-history>

**MANLEY LABORATORIES Inc**, « Stereo Variable-Mu Technical Specifications », *Manley.com*, URL : <https://www.manley.com/pro/mslchp>

**THAT CORPORATION**, « A Brief History of VCA's », *Thatcorp.com*, consulté en Mai 2018, URL : [http://www.thatcorp.com/History\\_of\\_VCAs.shtml](http://www.thatcorp.com/History_of_VCAs.shtml)

## VIII. Index des illustrations

- Fig. 1: Représentation du signal audio .....12  
D'après **MERCIER, Denis (dir.)**, *Le livre des techniques du son Tome 2, op. cit.*, p. 254.
- Fig. 2: Crête inter-échantillons .....15  
D'après « Inter-sample and True Peaks Metering », *Mastering the mix*, consulté en Mai 2018, URL : <https://www.masteringthemix.com/blogs/learn/inter-sample-and-true-peak-metering>
- Fig. 3: Enveloppe complète (supérieure et inférieure) du signal .....20  
D'après **MERCIER, Denis (dir.)**, *ibid.*, p. 255.
- Fig. 4: Enveloppe ADSR .....21  
D'après « L'enveloppe d'amplitude », *Overdrive Music*, consulté en Mai 2018, URL : [http://overdrive.music.free.fr/03subtractive\\_synthesis.php](http://overdrive.music.free.fr/03subtractive_synthesis.php)
- Fig. 5: Hypsogramme d'une compression de dynamique .....26  
D'après **MERCIER, Denis (dir.)**, *ibid.*, p. 260.
- Fig. 6: Diagramme de transfert d'une compression de dynamique .....27  
D'après **MERCIER, Denis (dir.)**, *ibid.*, p. 260.
- Fig. 7: Diagramme de transfert d'une compression avec seuil .....29  
D'après **MERCIER, Denis (dir.)**, *ibid.*, p. 262.
- Fig. 8: Evolution du niveau de sortie et paramètres temporels .....33  
D'après **MANINGO, Emerson**, « How compressors attack and release work. A beginner tutorial », *AudioRecording*, 14 Janvier 2011, consulté en Mai 2018, URL : <https://www.audiorecording.me/how-compressor-attack-and-release-works-a-beginner-tutorial.html>
- Fig. 9: Oscillogramme d'une sinusoïde (80 Hz) avec temps d'attaque court .....34  
D'après **SHPIEZ, Barak**, « How Compression Affects Harmonic Distorsion », *Pro Audio Files*, 27 Juillet 2015, consulté en Mai 2018, URL : <https://theproaudiofiles.com/how-compression-affects-harmonic-distortion/>
- Fig. 10: Mesure de distorsion harmonique de la sinusoïde précédente .....34  
D'après **SHPIEZ, Barak**, *ibid.*

Fig. 11: Soft et hard knee .....	35
D'après « Dynamic Range Control », <i>Mathworks</i> , consulté en Mai 2018, URL : <a href="https://www.mathworks.com/help/audio/ug/dynamic-range-control.html">https://www.mathworks.com/help/audio/ug/dynamic-range-control.html</a>	
Fig. 12: Synoptique d'un compresseur mono-bande .....	37
D'après <b>MERCIER, Denis (dir.)</b> , <i>ibid.</i> , p. 274.	
Fig. 13: Caractéristique d'un amplificateur classe A avec tube à vide .....	40
D'après « Les différentes classes d'amplification des lampes » (cours radioamateur), <i>F6EVT</i> , consulté en Mai 2018, URL : <a href="http://www.f6evt.fr/les-differentes-classes-d27amplification-des-lampes.pdf">http://www.f6evt.fr/les-differentes-classes-d27amplification-des-lampes.pdf</a>	
Fig. 14: Compression de dynamique par le tube à vide .....	41
D'après <b>TAYLOR, Phil</b> , « Guitar preamp tone explained », <i>ToneQuest Report</i> Vol.15 n°5, Mars 2014, p. 14., consulté en ligne en Mai 2018, URL : <a href="http://www.effectrode.com/wp-content/uploads/tonquestreport_sr71_blackbird_preamp_review.pdf">http://www.effectrode.com/wp-content/uploads/tonquestreport_sr71_blackbird_preamp_review.pdf</a>	
Fig. 15: Influence du déplacement du point de repos .....	42
D'après <b>TAYLOR, Phil</b> , <i>ibid.</i> , p.14	
Fig. 16: Courbe de réponse d'une photo-résistance .....	44
D'après « VT-500 Datasheet », <i>PerkinElmer</i> , consulté en Mai 2018, URL : <a href="http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/perkinelmer/VT500.pdf">http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/perkinelmer/VT500.pdf</a>	
Fig. 17: Courbes de transfert du Teletronix LA-2A en fonction de différentes fréquences du signal d'entrée .....	45
D'après <b>BERNERS, Donald P., ABEL, Jonathan S.</b> , « Ask the Doctors ! », <i>UniversalAudio Webzine</i> , Vol.2 n°1, Février 2004, consulté en Mai 2018, URL : <a href="https://www.uaudio.com/webzine/2004/february/text/content2.html">https://www.uaudio.com/webzine/2004/february/text/content2.html</a>	
Fig. 18: Caractéristique d'un transistor FET .....	47
D'après « Le transistor FET », <i>Electronique3D</i> , consulté en Mai 2018, URL : <a href="http://www.electronique-3d.fr/Le_transistor_FET.html">http://www.electronique-3d.fr/Le_transistor_FET.html</a>	
Fig. 19: Caractéristique directe d'une diode .....	49
D'après « Les diodes et le redressement de la tension alternative », <i>Exam2ham</i> , consulté en Mai 2018, URL : <a href="http://exam2ham.free.fr/donnees/diodes.html">http://exam2ham.free.fr/donnees/diodes.html</a>	
Fig. 20: Circuit VCA dbx202 « Black Can » <sup>®</sup> .....	50
D'après source internet, consultée en Mai 2018, URL : <a href="https://www.flickr.com/photos/35746148@N03/3406829808">https://www.flickr.com/photos/35746148@N03/3406829808</a>	

Fig. 21: Console SSL 4000 (®) .....	52
D'après <b>ALBANO, Joe</b> , « Review : Waves SSL-4000 », <i>Ask Audio</i> , 26 Janvier 2015, consulté en Mai 2018, URL : <a href="https://ask.audio/articles/review-waves-ssl-4000">https://ask.audio/articles/review-waves-ssl-4000</a>	
Fig. 22: Interface du compresseur FabFilter Pro-C2 (®) .....	55
D'après « Pro C-2 », <i>FabFilter.com</i> , consulté en Mai 2018, URL : <a href="https://www.fabfilter.com/products/pro-c-2-compressor-plugin-in">https://www.fabfilter.com/products/pro-c-2-compressor-plugin-in</a>	
Fig. 23: Interface du plugin Universal Audio LA-2A(®) .....	55
<i>Image personnelle (capture d'écran)</i>	
Fig. 24: Compresseur/limiteur Fairchild 670(®) .....	78
D'après <b>BEGGER, Hannes</b> , « Fairchild 660 and 670 », <i>op. cit.</i>	
Fig. 25: Compresseur/Limiteur Manley Vari-Mu(®) .....	79
D'après <i>Manley.com</i> , consulté en Mai 2018, URL : <a href="https://www.manley.com/pro/mslchp/">https://www.manley.com/pro/mslchp/</a>	
Fig. 26: Teletronix LA-2A(®) .....	81
D'après « The Teletronix LA-2A Optical Limiter », <i>Vintage King</i> , consulté en Mai 2018, URL : <a href="https://vintageking.com/teletronix-la-2a-optical-compressor-limiter">https://vintageking.com/teletronix-la-2a-optical-compressor-limiter</a>	
Fig. 27: Compresseur Tube-Tech CL1-B .....	82
D'après <i>Softube.com</i> , consulté en Mai 2018, URL : <a href="https://www.softube.com/index.php?id=cl1b">https://www.softube.com/index.php?id=cl1b</a>	
Fig. 28: Urei 1176 LN(®) .....	83
D'après <i>Reverb.com</i> , consulté en Mai 2018, URL : <a href="https://reverb.com/item/930356-urei-1176-silver-face-vintage">https://reverb.com/item/930356-urei-1176-silver-face-vintage</a>	
Fig. 29: Neve 33609 (®) .....	85
D'après <b>MCGUIRE, Ryan</b> , « The History Behind The Neve 33609 Compressor », <i>VintageKing</i> , 2012, consulté en Mai 2018, URL : <a href="https://vintageking.com/blog/2016/06/neve-33609-compressor/">https://vintageking.com/blog/2016/06/neve-33609-compressor/</a>	
Fig. 30: Compresseur SSL XLogic G-Series(®) .....	86
D'après <i>WestLakePro.com</i> , consulté en Mai 2018, URL : <a href="https://westlakepro.com/product/ssl-xlogic-g-series-compressor/">https://westlakepro.com/product/ssl-xlogic-g-series-compressor/</a>	
Fig. 31: A : enregistrement sur cylindre d'Edison. B : canal gauche du morceau "My Apocalypse" .....	98
D'après <b>VICKERS, Earl</b> , « Loudness War : Background, speculation and recommandations », <i>op. cit.</i> , p. 2.	

Fig. 32: Courbes isononiques .....	99
D'après <b>COLLET, Xavier</b> , « La psychoacoustique au service du design sonore (2e partie : comprendre les courbes d'isonie », 8 Septembre 2008, consulté en Mai 2018, URL : <a href="https://xaviercollet.com/2010/09/08/la-psychoacoustique-au-service-du-design-sonore-2eme-partie-comprendre-les-courbes-disonnie/">https://xaviercollet.com/2010/09/08/la-psychoacoustique-au-service-du-design-sonore-2eme-partie-comprendre-les-courbes-disonnie/</a>	
Fig. 33: Niveau RMS des productions les plus fortes depuis 1980 .....	101
D'après <b>VICKERS, Earl</b> , <i>ibid.</i> , p. 4.	
Fig. 34: Evolution de la dynamique instantanée moyenne des productions musicales depuis 1980 .....	101
D'après <b>VICKERS, Earl</b> , <i>ibid.</i> , p. 4.	
Fig. 35: Réglage FabFilter Pro-L (capture d'écran).....	109
<i>Image personnelle</i>	
Fig. 36: Mesures des niveaux RMS de mixage, 2e refrain. Gauche : mixage compression série. Droite : mixage compression parallèle (captures d'écran).....	110
<i>Image personnelle</i>	
Fig. 37: Mesures des niveaux RMS du STEM Batterie, 2e refrain. Gauche : mixage compression série. Droite : mixage compression parallèle (captures d'écran).....	110
<i>Image personnelle</i>	
Fig. 38: Traitement fréquentiel sur le STEM grosse caisse (capture d'écran).....	112
<i>Image personnelle</i>	
Fig. 39: Traitements fréquentiels sur les pistes de caisse claire. Gauche : bus overhead et ambiance. Droite : bus des pistes de proximité (capture d'écran).....	113
<i>Image personnelle</i>	
Fig. 40: Traitements fréquentiels du reste de la batterie. Gauche : charley. Droite : break grave. Bas : Cymbale crash (capture d'écran).....	114
<i>Image personnelle</i>	
Fig. 41: Compression série appliquée sur le STEM grosse caisse (capture d'écran) .....	116
<i>Image personnelle</i>	

Fig. 42: Compression parallèle appliquée sur le STEM grosse caisse (capture d'écran).....	117
<i>Image personnelle</i>	
Fig. 43: Compression série appliquée sur le bus de caisse claire principale (capture d'écran).....	119
<i>Image personnelle</i>	
Fig. 44: Compression parallèle appliquée sur le bus de caisse claire principale (capture d'écran).....	120
<i>Image personnelle</i>	
Fig. 45: Compression série appliquée sur le bus de caisse claire stéréo (capture d'écran).....	121
<i>Image personnelle</i>	
Fig. 46: Compression parallèle appliquée sur le bus de caisse claire stéréo (capture d'écran).....	122
<i>Image personnelle</i>	
Fig. 47: Tableau comparatif des réglages des compressions appliquées dans les deux mixages.....	122
<i>Image personnelle</i>	

# IX. Discographie

**ABBA**, « Knowing Me Knowing You », Suède, Polar Music, 1977, 4min02sec.

**ABBA**, « Gimme ! Gimme ! Gimme ! », Suède, Polar Music, 1979, 4min46sec.

**ARMSTRONG, Louis**, « Jeeper Creepers », in ☒ *Vol. 9 : "Jeepers Creepers" (1938-1939)*, Etats-Unis, M.C.A., 1974, 2min38sec.

**BEASTIE BOYS, (THE)**, « Rhymin' & Stealin », Etats-Unis, Def Jam, 1986, 4min08sec

**BEATLES, (THE)**, « Paperback Writer », Royaume-Uni, Parlophone, 1966, 2min30sec

**BEATLES, (THE)**, « She Said She Said », in *Revolver*, Royaume Uni, Parlophone, 1966, 2min32sec

**HUMPHREY LYTTLETON AND HIS BAND**, « Bad Penny Blues », Royaume-Uni, Parlophone, 1956, 2min46sec.

**JACKSON, Michael**, *Thriller*, Etats-Unis, Epic, 1982, 42min15sec.

**LED ZEPPELIN**, « When The Levee Breaks », in *Led Zeppelin IV*, Royaume-Uni, Atlantic, 1971, 7min08sec.

**METALLICA**, *Death Magnetic*, Etats-Unis, Warner, 2008, 75min

**NIRVANA**, *Nevermind*, Etats-Unis, DGC, 1991, 42min38sec.

**QUEEN**, *News Of The World*, Royaume-Uni, EMI, 1977, 39min30sec.

**SIMPLE MINDS**, « Waterfronts », Royaume-Uni, Virgin, 1983, 5min53.

**TORNADOS, (THE)**, « Telstar », Royaume-Uni, Decca, 1962, 3min20sec.

# **ANNEXES**

# A. Annexe 1 : Découpage spectral en vue de l'écoute analytique

Ce découpage est donné sous la forme :

*bande fréquentielle : qualification spectrale, sensation associée.*

**20-60 Hz** : extrême grave, sensation « tripale »

**60-120 Hz** : centre grave, sensation de rondeur

**120-250 Hz** : haut grave, sensation de corps

**250-500 Hz** : bas-médium, sensation de résonance

**500-1k Hz** : centre médium, sensation de compacité

**1k-2k Hz** : haut médium, sensation de clarté

**2k-4k Hz** : bas aigu, sensation d'agressivité

**4k-8k Hz** : centre aigu, sensation de présence

**8k-16k Hz** : haut aigu, sensation de brillance

**16k-20k Hz** : extrême aigu, sensation d'air

## B. Annexe 2 : Formulaire de réponse au test perceptif

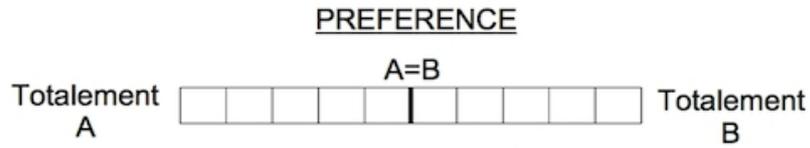


Fig. 48: Curseur de réponse à la première partie du test (subjective)

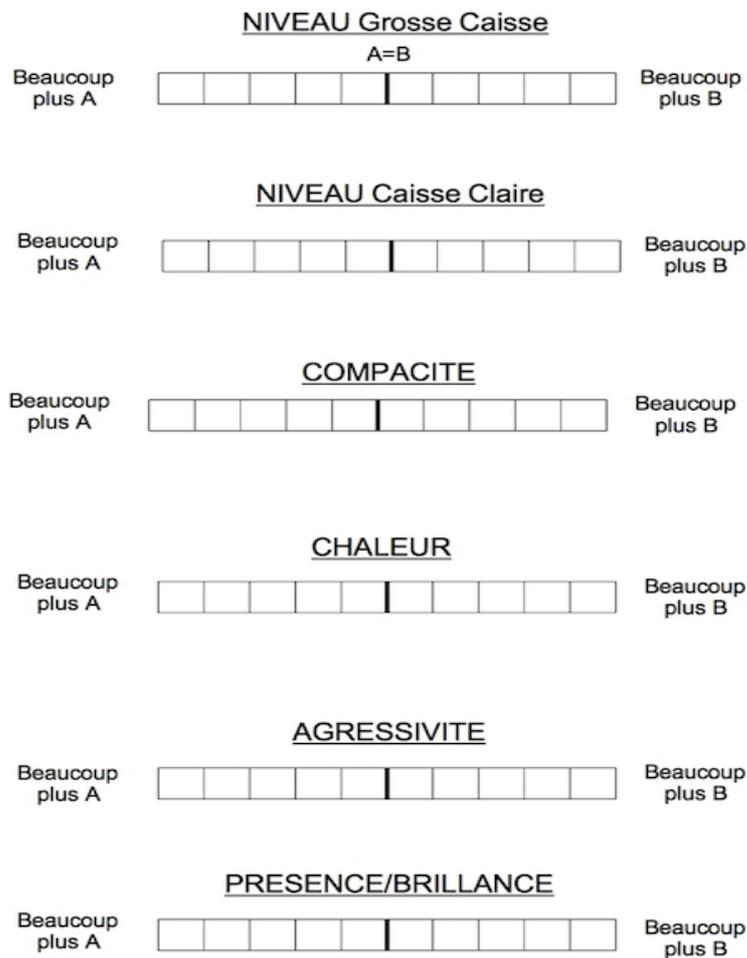


Fig. 49: Curseur de réponse à la deuxième partie du test (dimensionnelle)

## C. Annexe 3 : Résultats du test perceptifs (valeurs moyennées)

**One-Sample Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
VAR00001	112	5.4375	2.27711	.21517
VAR00002	112	5.4107	1.88667	.17827
VAR00003	112	6.0089	1.85266	.17506
VAR00004	112	5.2321	2.07074	.19567
VAR00005	112	4.9018	2.01329	.19024
VAR00006	112	5.6071	2.00161	.18913
VAR00007	112	5.8571	1.97214	.18635

Fig. 50: Valeurs moyennes des réponses des sujets. L'incrémentation des variables du tableau suit les dénominations des variables des formulaires de test

**One-Sample Test**

	Test Value = 5					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
VAR00001	2.033	111	.044	.43750	.0111	.8639
VAR00002	2.304	111	.023	.41071	.0575	.7640
VAR00003	5.763	111	.000	1.00893	.6620	1.3558
VAR00004	1.186	111	.238	.23214	-.1556	.6199
VAR00005	-.516	111	.607	-.09821	-.4752	.2788
VAR00006	3.210	111	.002	.60714	.2324	.9819
VAR00007	4.600	111	.000	.85714	.4879	1.2264

Fig. 51: Résultats du test de significativité

VAR0001 : préférence

VAR0002 : niveau grosse caisse

VAR0003 : niveau caisse claire

VAR0004 : compacité

VAR0005 : chaleur

VAR0006 : agressivité

VAR0007 : présence/brillance