

Organologie, généalogie et pratique de la guitare hexaphonique :

du traitement individuel des cordes au contrôle gestuel instrumental.

Loïc Reboursière

`loic.reboursiere@umons.ac.be` | `loic.reboursiere@etu.univ-lille.fr`

17 décembre 2021

Une dissertation soumise pour l'obtention du grade de Docteur de Philosophie en Arts de
l'Université de Lille et du grade de Docteur de Philosophie en Arts et Sciences de l'Art de
l'UMONS.

Directeur : Prof. Vincent Tiffon (Université Aix Marseille)

Co-directeur : Prof. Thierry Dutoit (UMONS)

Co-encadrant : Dr. Romain Bricout (Université de Lille)

Membres du jury

Pr. Vincent Tiffon - Université de Lille, Directeur

Pr. Thierry Dutoit - Université de Mons, Co-directeur

Dr. Romain Bricout - Université de Lille, Co-encadrant

Pr. Roald Baudoux - Ecole d'Arts Arts2, Membre

Pr. Michel Stockhem - Ecole d'Arts Arts2, Membre

Pr. Stéphane Dupont - Université de Mons, Président du jury

Pr. Caroline Traube - Université de Montréal, Rapportrice

Pr. Otso Lähdeoja - Uniarts Helsinki, Rapporteur

Membres du jury

- Pr. **Vincent Tiffon** - Université de Lille, Directeur
Pr. **Thierry Dutoit** - Université de Mons, Co-directeur
Dr. **Romain Bricout** - Université de Lille, Co-encadrant
Pr. **Roald Baudoux** - École d'Arts Arts², Membre
Pr. **Michel Stockhem** - École d'Arts Arts², Membre
Pr. **Stéphane Dupont** - Université de Mons, Membre
Pr. **Caroline Traube** - Université de Montréal, Rapportrice
Pr. **Otso Lähdeoja** - Uniarts Helsinki, Rapporteur



« Take the time to make some sense
Of what you want to say
And cast your words away upon the waves »

The Masterplan, Noël Gallagher



Remerciements

Je tenais à remercier les membres de mon comité de suivi qui, par leur écoute, leurs remarques et la qualité de nos échanges m'ont aidé à avancer et à formaliser ce travail dense. Merci à Thierry pour son écoute, sa gentillesse et sa présence pendant toutes ces années et aussi pour avoir rendu beaucoup de choses possibles. Merci à Vincent qui m'a suivi du début jusqu'à la fin de la fin sans rien lâcher. Je tenais aussi à remercier Roald pour son écoute, ses remarques pertinentes et sa présence malgré un sujet qui s'est éloigné de son axe premier. Merci à Stéphane et à Romain pour nos différentes périodes d'échanges riches, constructifs et vivifiants sur les thématiques de ce travail. Merci à Michel Stockhem pour avoir accepté la mise en place de ce doctorat Arts et Sciences de l'Art et pour m'avoir renseigné la bourse Wallonie Bruxelles Enseignement qui a rendu la fin de cette thèse plus sereine. Merci enfin à Véronique Moeyaert pour sa présence et son soutien tout au long de ces comités.

Merci aux relecteurs Marc, Christine et Clémence. Parmi ceux-ci, un merci particulier à Marc pour avoir pris en charge une très grande partie des transcriptions de chacune des hésitations des guitaristes interviewés.

Merci à Johan pour toute son aide, son professionnalisme et l'écoute qu'il a apporté à nos différents échanges et à la réalisation des différents prototypes matériels pendant toutes ces années.

Merci aux anciens (ou non) étudiants (Alexandre D., Jean, Alexandre A., Pierre P., Pierre T., Livio et Yannick) qui ont participé à cette thèse, de près ou de loin, dans le cadre de stage, de projet de fin d'année ou de séminaire. Merci à vous d'avoir fait avancer les développements, les enregistrements et d'avoir alimenté ma réflexion.

Merci aux guitaristes (Ivann, Sébastien, Raphaël, Philippe et Alexandre A.) d'avoir pris part aux enregistrements. Les échanges que nous avons eus et les

pratiques dont j'ai été le spectateur privilégié ont été très riches d'enseignements et très importants pour ce travail. Un merci particulier à Ivann qui est présent quasiment depuis le début de cette aventure et qui, par sa pratique instrumentale magistrale et toujours renouvelée, a stimulé grandement la réflexion autour des outils et des thématiques de ce travail. Merci à Olivier L. pour son écoute, sa gentillesse et son professionnalisme qui ont permis à mes connaissances de l'ingénierie sonore d'être éclairées. Merci aussi à Martin et à Lionel pour leurs présences et nos échanges pendant les périodes de résidence du projet *Puzzle*.

Merci à mes collègues du laboratoire ISIA pour leur bonne humeur constante, leurs conseils et leur aide. Merci notamment aux membres d'une des versions du premier paysager (Kevin, Noé, Jean-Benoit, Mathilde et Delphine). Merci à Nathalie pour nos échanges réguliers et pour son aide, pendant toutes ces années, à la navigation dans les eaux parfois troubles de l'administration universitaire.

Je tiens aussi à remercier mes parents qui ne s'attendaient, probablement pas, à voir revenir à la maison leur fils de presque 40 ans. Et ce, à plusieurs reprises. L'écriture de ce manuscrit n'aurait probablement pas pu aboutir sans ces périodes de « retraite » intenses et leur soutien tout au long de ce travail.

Un merci plus général à ma famille et à mes amis qui ont pris des nouvelles, apporté leur soutien ou avec qui j'ai pu échanger sur les thématiques de ce travail, me permettant garder motivation et enthousiasme. À leur attention : oui j'ai trouvé des choses à force de chercher, lisez les pages qui suivent.

Merci à mes enfants, Léon et Adèle, d'avoir supportés les différentes périodes denses qui ont jalonné ce travail. Je les remercie aussi pour leur énergie qui m'a aidé à ne jamais rien lâché. Je les remercie un peu moins pour les réveils matinaux ou nocturnes. Merci pour leurs rires respectifs qui peut changer bien des choses.

Enfin, merci à Clémence de m'avoir soutenue toutes ces années. Merci à elle d'avoir été là à chaque étape et d'avoir tenue, telle un roc, pendant les périodes intensément nombreuses ou nombreusement intenses (c'est selon) qui ont jalonné ces 7 années. Merci pour ton écoute, pour ton aide sur le manuscrit et pour être toi.

Table des matières

Introduction générale	3
1 Les mutations de la guitare	9
1.1 La singularisation de la guitare acoustique classique	12
1.1.1 L'évolution de la guitare jusqu'au XIX ^e siècle	13
1.1.2 La guitare au XIX ^e siècle	16
1.2 Les guitares acoustiques à cordes métalliques	19
1.3 La guitare-harpe	22
1.4 La guitare multimanche	26
1.5 La guitare à registre étendu	29
1.6 La guitare-viole	30
1.7 La guitare microtonale	31
1.8 La guitare <i>steel</i>	33
1.9 La guitare à résonateurs	36
1.10 La guitare électrique	38
1.10.1 Premières électrifications	39
1.10.2 Vers la guitare électrique <i>solidbody</i>	43
1.10.3 Les microphones	47
1.10.3.1 Le principe des microphones magnétiques	47
1.10.3.2 L'évolution des microphones magnétiques	48
1.10.3.3 Les microphones magnétiques à faible impédance	49
1.10.3.4 Les microphones piézoélectriques	50
1.10.3.5 Les microphones optiques	51

1.10.3.6	Différentes sonorités	51
1.10.4	L'électronique de la guitare électrique	52
1.10.5	L'amplificateur	55
1.10.6	Les unités de traitements sonores	59
1.10.7	Un système technique en devenir constant	64
1.11	La guitare stéréophonique	66
1.12	La guitare préparée	69
1.12.1	À l'origine, le piano préparé	69
1.12.2	Les préparations appliquées à la guitare	71
1.12.3	Les techniques étendues	72
1.13	La guitare-orgue	74
1.14	La guitare-synthétiseur	78
1.14.1	Évolution de la guitare-synthétiseur	78
1.14.2	Les contrôleurs en forme de guitare	83
1.14.3	Les développements récents	85
1.15	La guitare électro-acoustique	87
1.16	La guitare à vibration infinie	89
1.17	La guitare hexaphonique	92
1.17.1	Les origines	93
1.17.2	Les années 90 et 2000	96
1.17.3	Terminologie : hexaphonique, polyphonique ou	98
1.18	La guitare et les instruments augmentés	102
1.19	Conclusion	108
2	Généalogie technique et gestuelle de la guitare	111
2.1	Concepts et méthodologies	114
2.1.1	Médiologie	114
2.1.1.1	Les Médiasphères	115
2.1.1.2	Matières Organisées (MO) et Organisations Ma- térialisées (OM)	117
2.1.1.3	Les effets médiologiques	121

2.1.2	Organologie générale	122
2.1.2.1	Le processus d'extériorisation	122
2.1.2.2	Organes et relation transductive	123
2.1.2.3	Rétentions et filtrages	125
2.1.2.4	Caractère associatif et dissociatif des technologies et <i>pharmakon</i>	127
2.1.3	Le « triple corps » de la prothèse	130
2.1.4	Conclusion	132
2.2	Généalogie des mutations de la guitare	133
2.2.1	Présentation de la généalogie des mutations	133
2.2.2	Les mutations « mères »	137
2.2.3	Ligne de filiation directe : électrification	139
2.2.3.1	Éléments constitutifs	139
2.2.3.2	Les styles associés	140
2.2.4	Ligne de filiation directe : synthèse et contrôle gestuel	142
2.2.4.1	Éléments constitutifs	142
2.2.4.2	Filiation de transition	144
2.2.4.3	Les styles associés	146
2.2.5	Ligne de filiation directe : captation individualisée des cordes	149
2.2.5.1	Les éléments constitutifs	149
2.2.5.2	Des développements restreints	150
2.2.6	Évolution de l'orgue et du synthétiseur	151
2.2.6.1	Évolution de l'orgue	153
2.2.6.2	Évolution du synthétiseur	159
	Les techniques de synthèse	159
	Les techniques du contrôle gestuel	164
2.2.6.3	Mouvements médiologiques	166
2.2.7	Conclusion	168

2.3	Les évolutions transverses	170
2.3.1	Les prothèses et leurs intégrations	171
2.3.1.1	Classification	171
2.3.1.2	L'intégration et la pratique	174
2.3.1.3	Le numérique et les médiasphères	177
2.3.2	Évolution des pédales de traitements sonores	181
2.3.2.1	Transistor, <i>fuzz</i> et filtre	182
2.3.2.2	<i>Bucket Brigade Device</i> et amplificateur opérationnel	186
2.3.2.3	Numérisation et modélisation	189
2.3.2.4	Le fabricant de pédales	195
2.3.2.5	La complexification des pédales d'effet	201
2.3.2.6	Le timbre, la durée et le mouvement du timbre et de la durée	206
2.3.3	Les archétypes percussif et vocal	208
2.3.4	Filiation transverse : vers le son continu organique	214
2.3.4.1	Précisions et extensions de la « vocalisation de la guitare »	214
2.3.4.2	Tendance <i>percussive</i> dans l'évolution de la guitare	223
2.3.4.3	Conclusion	224
2.3.5	Filiation transverse : l'instrument ensemble	225
2.3.6	Une vue plus large de l'évolution de l'instrument	232
2.4	Conclusion	233
3	Développement logiciel et matériel hexaphonique	237
3.1	Contexte global	241
3.2	Les dispositifs de captation individuelle de la vibration des cordes	245
3.2.1	Les systèmes de captation hexaphonique	245
3.2.2	Les guitares utilisées	248
3.3	Logiciel : Le multieffet hexaphonique	252
3.3.1	Système logiciel de programmation audio	254

3.3.2	Multieffet hexaphonique : architecture globale et modules	257
3.3.2.1	Structure globale d'un traitement sonore hexaphonique	259
3.3.2.2	Traitements sonores intégrés	259
	<i>hexFuzz</i>	260
	<i>hexHarmo</i>	260
	<i>hexDelay</i>	261
	<i>hexTremolo</i> et <i>hexRingmod</i>	261
	<i>hexFlanger</i>	262
	<i>hexFreeze</i>	262
	<i>hexGigaverb</i>	263
	<i>hexLooper</i>	263
3.3.2.3	Interconnexion des traitements sonores	264
3.3.2.4	Connexion d'interfaces de contrôles externes	267
3.3.2.5	Aire de jeu	268
3.3.3	L'adaptation pour les systèmes embarqués basés sur Linux	268
3.3.4	Le biais de l'outil	270
3.4	Logiciel : Reprise du projet de recherche Enriched Guitar Transcription	273
3.5	Matériel : Boîtier de conversion et de préamplification hexaphonique	275
3.5.1	Version 1 : les boîtiers de conversion et d'alimentation	276
3.5.2	Version 2 : Le préamplificateur hexaphonique à gain variable	279
3.6	Matériel : Embedded Multi-Effects for Hexaphonic Guitar (EMEHG)	282
3.6.1	EMEHG version 1 : le boîtier	285
3.6.2	EMEHG version 2 : le <i>rack</i>	286
3.6.3	Architectures matérielles pour traitements sonores hexaphoniques	288
3.6.4	Comparaison des architectures matérielles existantes	292

3.7	Matériel : Contrôleur de paramétrage des traitements (EMEHG- fx-controller)	295
3.7.1	Les éléments importants	295
3.7.1.1	Encodeur rotatif avec bouton-poussoir	295
3.7.1.2	Multiplexeur CD4051	297
3.7.1.3	Écran OLED et visualisation	298
3.7.2	Fonctionnement global	299
3.8	Matériel : Pédalier de contrôle (EMEHG-foot-controller)	300
3.8.1	Les éléments importants	302
3.8.1.1	Registres à décalage 74HC595	302
3.8.1.2	Diodes électroluminescentes tricolores adressables WS2812	304
3.8.2	Fonctionnement global	305
3.9	Conclusion	308
4	Analyse des pratiques de la guitare hexaphonique	311
4.1	La pratique de la guitare hexaphonique dans <i>Puzzle</i> d’Ivann Cruz	316
4.1.1	Dispositif technique global	317
4.1.2	Étude d’une configuration de <i>Puzzle</i>	319
4.1.2.1	Les préconfigurations	319
	<i>hexFuzz</i> ,	321
	<i>hexHarmo</i> ,	322
	<i>hexFlanger</i>	322
	<i>hexDelay1</i>	323
	<i>hexTremolo</i> ,	326
	<i>hexGigaverb</i>	327
	<i>hexFreeze</i>	327
4.1.2.2	Les interfaces de commande	329
4.1.2.3	Le contrôle par les gestes instrumentaux	334
4.1.2.4	Première répartition des configurations des trai- tements sonores hexaphoniques	337

4.1.3	La pratique hexaphonique d’Ivann Cruz à travers 4 pièces	341
4.1.3.1	<i>Puzzle</i>	342
4.1.3.2	<i>Lignes de Fuite</i>	345
4.1.3.3	<i>Puzzle</i> : étape de travail <i>live</i>	347
4.1.3.4	<i>No overdub</i>	348
4.1.4	Conclusion	350
4.2	Étude de la pratique des traitements sonores hexaphoniques	351
4.2.1	Présentation des guitaristes sélectionnés	352
4.2.2	Présentation de la méthodologie et du protocole mis en place	353
4.2.2.1	Le protocole expérimental	354
4.2.2.2	Les scénarios	355
4.2.2.3	Les guitares et le multieffet hexaphonique utilisés	359
4.2.2.4	Le dispositif d’enregistrement	364
4.2.2.5	Remarques sur le protocole expérimental	366
4.2.3	Constitution de l’ensemble de données - GIHME	367
4.2.3.1	Dérushage	369
4.2.3.2	Annotations	369
4.2.3.3	L’enjeu de la visualisation des données	375
4.2.3.4	Conclusion	377
4.2.4	Analyse des interviews	378
4.2.4.1	Contraintes et limitations	379
4.2.4.2	Appropriation du système	382
4.2.4.3	Modes de jeu, traitements et polytimbralité	384
4.2.4.4	L’instrument et la pratique du guitariste	387
4.2.4.5	Les spécificités du dispositif hexaphonique	392
4.2.5	Conclusion de la pratique des traitements sonores hexaphoniques	396
4.3	Conclusion	397
	Conclusion générale	401

A	Pré-configurations de traitements hexaphoniques	407
A.1	Pré-configurations développées pour <i>Puzzle</i>	408
A.1.1	Presets de hexFuzz	408
A.1.2	Presets de hexDelay1	409
A.1.3	Presets de hexHarmo	411
A.1.4	Presets de hexTremolo	412
A.1.5	Presets de hexFlanger	413
A.1.6	Presets de hexDelay2	414
A.1.7	Presets de hexGigaverb	415
A.2	Pré-configurations développées pour les expérimentations	416
A.2.1	Presets de hexRingmod	416
A.2.2	Presets de hexGigaverb	418
A.2.3	Presets de hexFlanger	420
A.2.4	Presets de hexTremolo	424
A.2.5	Presets de hexOverdrive	426
A.2.6	Presets de hexDelay1	430
	Glossaire	439
	Bibliographie	469
	Table des figures	487
	Liste des tableaux	497
	Résumé/Abstract	503

Introduction générale

La guitare hexaphonique est une guitare électrique ou acoustique à laquelle a été ajoutée un microphone hexaphonique. Ce microphone particulier est constitué d'un ensemble de six microphones, chacun captant le son d'une seule corde ; il délivre donc six signaux électriques séparés. À l'inverse, les microphones que l'on trouve « par défaut » sur n'importe quelle guitare électrique sont monophoniques et ne délivrent qu'un seul signal dans lequel les sons des six cordes sont mélangés. Le microphone hexaphonique apporte donc une approche différente du microphone monophonique que l'on trouve sur les guitares électriques.

En outre, le microphone hexaphonique apparaît avec les premières guitares-synthétiseurs¹ à la fin des années 1970. Dans cet usage particulier, il a pour rôle de permettre la détection, par l'utilisation d'algorithmes de détection, de la note jouée, notamment pour les jeux en accords². La détection des notes jouées par le guitariste est ensuite utilisée pour contrôler des unités matérielles ou des programmes permettant la génération de sons de synthèse. Au début des années 1980, les premiers microphones hexaphoniques disponibles pour le grand public apparaissent et quelques luthiers et ingénieurs s'en emparent. Les systèmes qu'ils développent permettent l'application d'un ou plusieurs traitements sonores indépendants pour chaque corde, là où un traitement sonore pour guitare électrique est généralement appliqué sur toutes les cordes en même temps. Ces systèmes ne rencontrent pas de succès publics et tombent dans l'oubli. Ils réapparaissent cependant, ici et là, à partir des années 2000. Malgré plusieurs retours, ce type de pratique ne se développera que très peu. Ces deux usages du microphone hexaphonique (contrôle gestuel instrumental et applications de traitements sonores indépendants pour chaque corde) constituent

1. Se référer à « [La guitare-synthétiseur](#) », p. 78.

2. Détecter plusieurs notes présentes au même moment dans un flux audio monophonique reste, encore aujourd'hui, un challenge. Le fait de pouvoir séparer les cordes et, par corrélation les différentes notes, avant même l'étape de détection/analyse, est un élément fondamental pour la détection des notes lorsque plusieurs sont jouées simultanément.

deux approches très différentes de la guitare électrique avec des communautés de pratique de tailles très différentes : le contrôle gestuel des sons de synthèse ou des traitements sonores est une des problématiques féconde de la recherche en informatique musicale (notamment au sein de la thématique des nouvelles lutheries et des instruments augmentés³) et une problématique de base des musiques électronique ou électroacoustique. Les différentes guitares-synthétiseurs⁴, bien qu'ayant une notoriété relative, sont encore développées aujourd'hui et ont été utilisées par des guitaristes tels que Pat Metheny, John MacLaughlin, John Abercrombie ou encore Adrian Belew⁵. À l'inverse, le traitement sonore polyphonique, malgré quelques productions industrielles et développements d'avant-garde, ne s'intègre dans la pratique que de quelques rares guitaristes.

La différence de développement de ces deux types d'usages au sein des communautés guitaristiques est peu compréhensible à nos yeux, tant les deux approches nous semblent fécondes en termes de potentiels sonores et compositionnels. Le point de départ de notre travail est constitué par les questionnements suivants : pourquoi la pratique de traitements sonores hexaphoniques ne s'intègre pas dans une communauté de guitaristes ? Pourquoi y'a-t-il une différence entre les deux usages du microphone hexaphonique ? Comment et en quoi ces deux usages modifient les pratiques guitaristiques ? L'approche de ce travail se veut fondamentalement large et transversale dans un premier temps. Comme nous le verrons, l'acceptation d'un instrument, par une communauté, et l'ancrage de sa pratique sont le résultat de plusieurs facteurs. Ces facteurs touchent à la fois à la facture de l'instrument, à son évolution technique, au développement et à la transmission de sa pratique gestuelle, aux « modes musicales » d'une époque donnée, mais aussi à l'acceptation par le public de sa sonorité, aux discours *marketing*, etc.

Pour répondre à ce questionnement, l'approche mise en œuvre dans ce travail est à la fois organologique et pratique. L'approche organologique propose, tout d'abord, une description d'une grande partie des mutations qui ont jalonné ou jalonnent l'évolution de la guitare. Cette description large (18 mutations y sont intégrées) permet de créer un socle de connaissances de base dans les différentes identités de l'instrument. Cette base commune est utilisée dans le

3. Se référer à « [La guitare et les instruments augmentés](#) », p. 102.

4. Se référer à « [La guitare-synthétiseur](#) », p. 78.

5. Se référer à « [Ligne de filiation directe : synthèse et contrôle gestuel](#) », p. 142.

deuxième chapitre pour développer une généalogie technique et gestuelle de l'instrument s'appuyant sur l'organologie générale de Bernard Stiegler (2006) et sur la médiologie de Régis Debray (1994). Ces deux méthodes fournissent des outils permettant de mettre en lumière l'impact des grandes évolutions technologiques sur les différentes mutations par rapport aux aspects techniques, gestuels et sociaux constamment en interaction. Cette approche multiple permettra de mettre en évidence des filiations entre les différentes mutations. Celles-ci seront à la fois le reflet des grandes évolutions techniques mais aussi le développement de concept transversaux actualisés au fil de l'évolution. Ces développements aideront à positionner le double objet de notre étude (traitements sonore hexaphonique et contrôle gestuel instrumental), tant en termes techniques (par rapport à ce qui a existé) qu'en termes d'ancrage dans une ou plusieurs thématiques transversales. De plus, la présentation de ces filiations a entraîné le développement analyses plus précises sur l'évolution de l'orgue électronique, du synthétiseur et des traitements sonores. Ces trois éléments apportent plus de reliefs aux différentes filiations. L'analyse de l'évolution actuelle des traitements sonores s'avère particulièrement pertinente par rapport à notre objet d'étude puisque, comme nous le verrons, des proximités se dessinent entre les traitements actuels et les traitements sonores hexaphoniques.

Les aspects plus théoriques des deux premiers chapitres ont nourri le développement des outils de la partie pratique de notre travail. Celle-ci est, là-aussi, développée autour de deux chapitres (chapitres 3⁶ et 4⁷). Le troisième chapitre est consacré aux développements techniques liés à la mise en place des différents éléments matériels et logiciels nécessaires à l'utilisation de la guitare hexaphonique. Concernant l'application de traitements sonores de manière indépendante sur chacune de corde, aucune solution « clé en main » n'était disponible au démarrage de ce travail de recherche. Un ensemble d'éléments matériels et programmatiques a donc été développé pour pallier ce manque et s'adapter aux besoins de ce travail. Concernant le contrôle gestuel instrumental, nous avons utilisé un logiciel de détection de notes et de techniques de jeu développé préalablement à la thèse, et auquel l'auteur de ce travail a participé⁸. En parallèle à ces deux éléments, d'autres unités matérielles ont été développées dans le but

6. Se référer à « Développement logiciel et matériel hexaphonique », p. 237

7. Se référer à « Analyse des pratiques de la guitare hexaphonique », p. 311

8. Se référer à « Logiciel : Reprise du projet de recherche Enriched Guitar Transcription », p. 273.

de vérifier la possible intégration des technologies hexaphoniques dans l'instrumentarium du guitariste électrique sans l'utilisation d'un ordinateur personnel.

Le dernier chapitre de ce travail propose une analyse de deux types de pratique du dispositif hexaphonique développé dans le chapitre 3. La première pratique est la pratique longue que met en place le guitariste, compositeur et improvisateur Ivann Cruz⁹ dans la construction de sa performance *Puzzle*¹⁰. Cette performance sonore et vidéo s'est construite sur quatre années et s'inscrit dans un contexte de pratique professionnelle. Dans ce cadre, les logiciels créés de traitements sonores hexaphoniques et de détection des notes et des techniques de jeu ont été utilisés. Le second type de pratique est celui issu d'un cadre expérimental mis en place, d'une part, pour intégrer plus de guitaristes et d'autre part, pour pratiquer des aspects des traitements sonores hexaphoniques moins développés dans le cadre de *Puzzle*. Ces expérimentations ont réuni cinq guitaristes qui ont suivi un même protocole sur une durée de trois jours chacun. Les différents scénarios développés dans ces expérimentations ont tous entraîné l'enregistrement d'improvisations de la part des guitaristes et la réalisation d'interviews. C'est ce dernier matériau qui a servi de base à l'analyse que nous menons.

Pour finir cette introduction générale, nous devons mentionner le cadre dans lequel cette thèse s'est déroulée. En effet, l'aspect pluridisciplinaire qu'elle développe a trouvé écho dans plusieurs institutions. Une cotutelle entre l'Université de Lille (France) et l'Université de Mons (Belgique) est au cœur de sa structure. De plus, la discipline Arts et Sciences de l'Art dans laquelle elle s'intègre pour la partie belge, ajoute aux deux Universités, l'École Supérieure des Arts, Arts² de Mons. Ce travail a donc pu bénéficier de l'appui de trois structures sur les thématiques d'organologie, de développement technique et de pratique instrumentale. Dans le cadre de la mention Arts et Sciences de l'Art dans lequel ce travail de recherche s'inscrit pour la partie belge, le travail artistique est le développement de l'instrument en lui-même. La position que nous défendons dans ce travail est celle du luthier numérique, notamment mise en œuvre dans les différents outils techniques développés pour et en collaboration avec les guitaristes qui les ont utilisées. Enfin, il nous faut préciser que ce travail de recherche n'a pas fait l'objet d'un financement spécifique en dehors d'une bourse

9. En ligne <http://muzzix.info/Cruz> [consulté le 27/07/2021].

10. *Puzzle*, Ivann Cruz et Lionel Palun, création le 27 mars 2019, Maison Folie de Wazemmes, Lille, France.

Wallonie-Bruxelles Enseignement (01/03/2021 au 30/09/2021), de charge de cours à l'Université de Lille (2015/2016 et 2016/2017) et de différents contrats de travail non directement en lien avec le sujet de la thèse.

Chapitre 1

Les mutations de la guitare

Sommaire

1.1	La singularisation de la guitare acoustique classique	12
1.1.1	L'évolution de la guitare jusqu'au XIX ^e siècle . . .	13
1.1.2	La guitare au XIX ^e siècle	16
1.2	Les guitares acoustiques à cordes métalliques	19
1.3	La guitare-harpe	22
1.4	La guitare multimanche	26
1.5	La guitare à registre étendu	29
1.6	La guitare-viole	30
1.7	La guitare microtonale	31
1.8	La guitare <i>steel</i>	33
1.9	La guitare à résonateurs	36
1.10	La guitare électrique	38
1.10.1	Premières électrifications	39
1.10.2	Vers la guitare électrique <i>solidbody</i>	43
1.10.3	Les microphones	47
1.10.3.1	Le principe des microphones magnétiques	47
1.10.3.2	L'évolution des microphones magnétiques	48
1.10.3.3	Les microphones magnétiques à faible impédance	49
1.10.3.4	Les microphones piézoélectriques	50
1.10.3.5	Les microphones optiques	51
1.10.3.6	Différentes sonorités	51
1.10.4	L'électronique de la guitare électrique	52
1.10.5	L'amplificateur	55

1.10.6	Les unités de traitements sonores	59
1.10.7	Un système technique en devenir constant	64
1.11	La guitare stéréophonique	66
1.12	La guitare préparée	69
1.12.1	À l'origine, le piano préparé	69
1.12.2	Les préparations appliquées à la guitare	71
1.12.3	Les techniques étendues	72
1.13	La guitare-orgue	74
1.14	La guitare-synthétiseur	78
1.14.1	Évolution de la guitare-synthétiseur	78
1.14.2	Les contrôleurs en forme de guitare	83
1.14.3	Les développements récents	85
1.15	La guitare électro-acoustique	87
1.16	La guitare à vibration infinie	89
1.17	La guitare hexaphonique	92
1.17.1	Les origines	93
1.17.2	Les années 90 et 2000	96
1.17.3	Terminologie : hexaphonique, polyphonique ou	98
1.18	La guitare et les instruments augmentés	102
1.19	Conclusion	108

La guitare, telle qu'on la connaît aujourd'hui, sous l'une ou l'autre de ses formes populaires (acoustique classique¹, *folk*² ou électrique³, par exemple) est le résultat d'une évolution de près de 20 siècles qui s'est accélérée à partir du XIX^e siècle. Ces trois cristallisations formelles citées en exemple cachent cependant d'autres évolutions, d'autres mutations qui, bien que moins présentes en termes de taille de communauté de pratique, participent au développement du son, de la pratique, de l'identité et de la place sociale de l'instrument. La liste présentée dans la suite de ce texte détaille 18 mutations. Chaque mutation présente des synthèses de taille variable. En effet, la présence d'écrits scientifiques sur chacune de ces mutations varie grandement : il y a, par exemple, beaucoup plus d'écrits sur la guitare électrique *solidbody*⁴ que sur la guitare-viole⁵. De même, chacune des mutations pourrait être l'objet d'un travail de recherche à part entière et les informations présentées ci-dessous sont bien évidemment synthétisées par rapport à la démarche d'organologie générale et à notre objet d'étude qu'est la guitare hexaphonique. La présentation de ces 18 mutations tente de donner cependant un aperçu synthétique des enjeux techniques, gestuels, sonores et sociaux de chacune d'entre elles.

La guitare hexaphonique est intégrée dans le parcours de ces 18 mutations. Cette guitare qui correspond à une guitare électrifiée (la plupart du temps *solidbody*⁶) munie d'un microphone hexaphonique (ensemble de six microphones, un par corde) apparaît à la fin des années 1970 et est utilisée dans la pratique de la guitare-synthétiseur⁷. Le microphone hexaphonique est, dans ce cadre, utilisé pour faciliter la détection des notes jouées dans le but de commander précisément les sons du synthétiseur. En dehors de cette utilisation, cet élément technique, remarquable dans l'évolution de la guitare, capte le son de chaque corde séparément de telle sorte qu'il est possible de construire des chaînages de traitements sonores totalement indépendants pour chacune des cordes. Ce dernier type d'utilisation, apparu au début des années 1980, ne se développe, de manière limitée, que dans le courant des années 2000. La présentation des évolutions de la guitare que nous proposons d'effectuer intègre cette mutation

1. Se référer à « [La singularisation de la guitare acoustique classique](#) », p. 12.

2. Se référer à « [Les guitares acoustiques à cordes métalliques](#) », p. 19.

3. Se référer à « [Vers la guitare électrique *solidbody*](#) », p. 43.

4. Se référer à la note de bas de page 3.

5. Se référer à « [La guitare-viole](#) », p. 30.

6. Se référer à la note de bas de page 3.

7. Se référer à « [La guitare-synthétiseur](#) », p. 78.

dans l'évolution globale de l'instrument, dans le but de mettre en lumière les jalons historiques, techniques et de pratiques instrumentales qui permettent son développement.

Cette présentation des 18 mutations suit, autant que possible, un développement chronologique descriptif qui rend possible la mise en place d'une base commune pour le développement de la généalogie technique et gestuelle qui sera développée dans le deuxième chapitre⁸. Précisons avant de commencer notre histoire des mutations de la guitare, que par souci de lisibilité, les termes « main droite » et « main gauche » utilisés essentiellement pour mentionner des techniques de jeu, feront référence, dans la suite de notre texte, respectivement, à la main qui pince les cordes et à la main qui frette les cordes.

1.1 La singularisation de la guitare acoustique classique

L'arc musical constitué d'une corde tendue sur un bois souple semble constituer un des ancêtres des cordophones⁹. Le terme cordophone renvoie à une catégorie organologique intégrant tous les instruments dont le son est produit par la mise en vibration (de différentes manières) de cordes (Michels, 1977, p. 34). Au cours de l'évolution, des systèmes d'amplification, calebasse ou carapace d'animal, sont adjoints aux instruments de cette catégorie. Le manche apparaît vers 2000 av. J-C¹⁰ et ajoute à l'instrument la possibilité de modifier, par l'appui du doigt, la proportion de corde vibrante. Cette réduction de la corde vibrante permet de modifier la hauteur de la note produite. Cet ajout ainsi que l'augmentation du nombre de cordes sont les points de départ du développement des instruments à cordes à travers le monde. Le développement d'un instrument spécifique pendant une période donnée est indissociable, entre autres, du développement des autres instruments évoluant dans cette période. La guitare apparaît comme un exemple de cette situation puisque tour à tour les différentes versions de l'instrument qui apparaissent entre le Moyen Âge et le XX^e siècle empruntent aux instruments « à la mode » à ces différents

8. Se référer à « Généalogie technique et gestuelle de la guitare », p. 111.

9. En ligne <http://snico2.free.fr/?page=i1a> [consulté le 17/12/2021].

10. En ligne <http://soinuka-lutherie.over-blog.com/article-la-guitare-classique-66882242.html> [consulté le 17/12/2021].

moments tels que : la *cithare*¹¹, le *luth*¹², la *vièle*¹³, la *viole de gambe*¹⁴, le *cistre*¹⁵, la *mandoline*¹⁶, le *théorbe*¹⁷, etc. Dans certains cas, ce seront des éléments de lutherie d'un instrument qui seront appliqués à un autre et dans d'autres cas se seront l'accord et la répartition des cordes de l'un qui seront utilisés par l'autre ou encore le type de pincement utilisé (doigt ou plectre).

1.1.1 L'évolution de la guitare jusqu'au XIX^e siècle

La guitare apparaît dans les écrits littéraires à partir de 1250, mais ce n'est qu'à partir du XIV^e siècle que les théoriciens la reconnaissent en tant qu'instrument à part entière et non plus seulement comme un substitut de la cithare antique (Charnassé, 1985, p. 18). Bien que, dès 1470, l'aspect physique de l'instrument est proche de celui de la guitare acoustique classique actuelle (Charnassé, 1985, p. 23), cette dernière n'apparaît définitivement qu'à la fin du XVIII^e siècle. C'est, en effet, durant les 30 dernières années de ce siècle que

11. La cithare est issue d'une ancienne famille d'instruments qui regroupe tous les instruments avec une ou plusieurs cordes tendues entre les extrémités d'une baguette en bois. L'arc musical (une seule corde) s'inscrit dans cette famille, tout comme la cithare de concert moderne qui est un instrument sur table avec touche, avec une caisse de résonance plate, 5 cordes tendues au-dessus d'une touche de 29 frettes et 33 à 42 cordes jouées à vide (Michels, 1977, p. 35).

12. Le luth est un dérivé du *oud* qui arrive en Europe avec les invasions Maures. Comme lui, il a un fond bombé, un manche court, des cordes réparties en chœur. Le luth diffère cependant du *oud* sur plusieurs points : pour le luth les cordes sont en boyau ; le luth se joue au doigt ; le manche du luth est fretté (Michels, 1977, p. 43).

13. La vièle est un instrument à cordes frottées dont la forme oblongue sera précurseur de la forme de la guitare classique. Elle se joue principalement à l'épaule, comme un violon, mais aussi verticalement posée sur une cuisse. L'accordage de cet instrument peut être accompagné d'une ou deux cordes placées en dehors du manche (Michels, 1977, p. 39).

14. La viole de gambe est un instrument cousin de la famille des violons et de la famille des guitares. En effet, elle s'utilise avec un archet et intègre des frettes sur son manche. Elle dispose de 7 registres accordés en tierce et en quarte (Michels, 1977, p. 39).

15. Le cistre est un instrument à cordes pincées métalliques et doublées. Il a une forme de poire et un fond plat (Michels, 1977, p. 43).

16. La mandoline est un instrument à cordes pincées doublées avec une caisse de résonance bombée comme le luth. Son manche est court et fin et sa tessiture se trouve dans le registre aigu (Michels, 1977, p. 43).

17. Le théorbe est un *luth* auquel des cordes supplémentaires ont été ajoutées. Celles-ci ne s'appuient pas sur un manche et sont plus longues, permettant ainsi l'ajout d'un registre grave à l'instrument. Les chœurs peuvent être doubles ou triples suivant les versions et les époques (Michels, 1977, p. 43).

des transformations décisives lui sont apportées : les proportions changent, la courbure de la caisse s'accroît, l'ornementation devient plus sobre et l'accord se fixe. La première guitare à six cordes dont nous ayons la trace est celle de François Lupot en 1773 (Charnassé, 1985, p. 77). Ce type de guitare qui sera, par la suite, nommée « guitare romantique » est le type d'instrument qui mènera à partir du milieu du XIX^e à la fois aux guitares de Antonio de Torres, source des guitares acoustiques classiques telles qu'on les connaît aujourd'hui, et aux guitares Martin, source des guitares à cordes métalliques.

Avant cette fixation formelle, la guitare passe par de nombreuses phases dans l'évolution de sa facture, de sa pratique et de sa place dans la société et dans les instrumentariums contemporains de son évolution. La guitare et sa pratique sont, au départ, calquées sur celles d'instruments tels que la viole et la vièle : on en joue indifféremment avec les doigts, le plectre ou l'archet (Charnassé, 1985, p. 13). Le jeu à l'archet sera cependant rapidement abandonné avec la discrimination entre les instruments à cordes frottées et à cordes pincées. Par la suite, il faudra attendre la Renaissance pour qu'une technique plus précise se dégage.

Deux formes de guitare se dessinent dès le XIII^e siècle : la guitare mauresque et la guitare latine (Charnassé, 1985, p. 14). La guitare mauresque se rapproche du oud¹⁸ et du luth apporté par les invasions Maures du VIII^e siècle. Comme ceux-ci, elle a un fond bombé et des cordes métalliques. Elle se joue le plus souvent au plectre et possède des sonorités plus perçantes que la guitare latine. Cette dernière est de forme plus complexe (ovale pour la partie inférieure, à pans coupés vers le manche, qui n'est pas sans rappeler la forme de la vièle ou de la viole) et possède un fond plat. Son jeu principalement au doigt et ses cordes en boyau lui confèrent une sonorité plus douce que la guitare mauresque qui en feront l'instrument des amateurs de musique raffinée.

À partir de la Renaissance, cependant, la guitare mauresque semble se fondre dans l'évolution du luth et ce qui est reconnu comme « guitare » garde la forme ovale de la guitare latine en intégrant la structure d'accord du luth. En effet, à partir de cette époque jusqu'au milieu du XVIII^e siècle, les évolutions

18. Le oud est un instrument à corde pincées et qui est apporté en Europe par les invasions maures. Son corps est bombé et son manche est beaucoup plus fin que celui du luth (qui dérive du oud). Son manche n'est pas fretté, ce qui permet de jouer les quarts et trois-quarts de ton. L'accordage est constitué de 5 registres doubles et d'un registre grave simple. Les cordes sont en métal et on joue de l'instrument avec un plectre.

de la guitare suivent celles de l'oud vers le luth occidental : le jeu au plectre est abandonné pour celui au doigt (Charnassé, 1985, p. 35), l'accordage est constitué de plusieurs **chœurs** (d'abord trois, puis quatre à la Renaissance) et d'un **registre** aigu simple ou doublé (la **chanterelle**) qui seront accordés d'abord à la quinte, puis à la quarte (accordage actuel, ndlr)¹⁹. Il faut noter que pendant la Renaissance, la guitare n'est pas l'instrument de prédilection, mais ce sont le **luth** et la **vihuela**²⁰ qui occupent cette place. Cette dernière correspond à la réponse espagnole à l'invasion musicale des Maures à travers la présence du luth. En effet, la **vihuela**, tout en reprenant le principe des cordes doublées (elle possède 6 **chœurs**) reprend une forme ovale proche de la guitare latine. La guitare (renaissance) de cette époque sera principalement proche de cet instrument tout en ayant seulement 4 **chœurs** de cordes correspondant au 4 **chœurs** au milieu de la **vihuela** (le **chœur** le plus grave et le plus aigu ont été enlevés).

Dès 1600, les cordes graves en boyau sont filées de cuivre ou d'argent et le style de jeu change pour un jeu d'accompagnement en accord, dit « à l'espagnole ». Les partitions intègrent ce style en combinant deux types d'écriture : la **tablature** (support traditionnel) pour les parties mélodiques et une notation en accord (lettre ou chiffre) pour les parties d'accompagnement (Charnassé, 1985, p. 32).

Le XVIII^e siècle est décisif pour l'évolution et la singularisation de la guitare. En effet durant cette période, la fonction de « maître de guitare » ainsi que les revues hebdomadaires ou les recueils de partitions apparaissent (Charnassé, 1985, p. 71). La multiplication de ces fixations sur support écrit permet un développement de la technique de la guitare tant au niveau du positionnement de l'instrument (d'abord sur les genoux, puis sur la jambe droite surélevée pour terminer sur le genou gauche surélevé) qu'au niveau du positionnement des deux mains (la main gauche doit être perpendiculaire aux cordes, la pose sur la table d'harmonie du petit doigt et de l'annulaire sont interdits, etc.).

19. Un accordage à la quarte signifie que les cordes à vides sont accordées avec un intervalle de quinte, soit trois tons et demi. De même, un accordage à la quinte signifie que les cordes à vides sont accordées avec un intervalle de quarte, soit deux tons et demi.

20. La **vihuela** est un instrument qui se rapproche de la guitare latine par sa forme. Elle possède 6 **chœurs** simples accordés en quarte comme le **luth**. Elle est jouée aussi bien au doigt, au plectre qu'à l'archet.

Les différentes étapes de l'évolution de la guitare seront nommées à posteriori en fonction de la période musicale dans laquelle elles se cristallisent. C'est ainsi que les différentes étapes sont nommées « guitare renaissance » (forme de la guitare latine avec 4 **chœurs** dont l'accord correspond aux 4 **chœurs** centraux de la **vihuela**) et « guitare baroque » (augmentation du registre grave avec l'ajout d'un cinquième **chœur**). Le terme de « guitare romantique », quant à lui, s'étendra sur les périodes classique et romantique. C'est cette dernière évolution à laquelle appartient la guitare du luthier François Lupot que nous avons mentionnée précédemment. Celle-ci obtient un sixième **chœur** et perd ses cordes doublées. C'est aussi ce type de guitare qui sera développé par Christian Friedrich Martin (fondateur de la marque Martin & Co) dans ses premières années aux États-Unis vers lesquels il émigre en 1833.

1.1.2 La guitare au XIX^e siècle

Le XIX^e siècle est un siècle important pour le développement de l'instrument. Pendant la première moitié du siècle, la plupart des éléments propres à la pratique actuelle sont inventés et la notion de virtuose se développe à travers toute l'Europe. Fruit de l'intégration sociale de l'instrument à travers les siècles, trois niveaux de répertoires entraînant chacun trois types de techniques apparaissent : savante, intermédiaire et amateur (**Charnassé, 1985**, p. 90). La période est propice aux expériences, que celles-ci se situent au niveau de la lutherie ou au niveau de la pratique. En Europe, c'est à cette période que le luthier et guitariste Antonio de Torres fabrique les guitares qui sont considérées comme les mères des guitares acoustiques classiques actuelles (**Charnassé, 1985**, pp. 91-93). Ce modèle de guitare sera diffusé en partie grâce au guitariste Francisco Tarrega (ce travail de diffusion sera repris, augmenté et développé au XX^e par le guitariste Andrés Segovia qui fera un travail important pour développer la création d'un répertoire et ainsi inscrire la pratique de la guitare acoustique classique dans la musique classique et contemporaine). Cette période fera de l'Espagne le pays de la guitare acoustique classique par excellence.

En Amérique à la même période, la guitare suit un développement parallèle à celui à l'œuvre en Europe mais celui-ci est mu par d'autres considérations que le développement de l'instrument. En effet, dans son étude sur la guitare

en Amérique de la période victorienne²¹ au jazz, Jeffrey J. Noonan (2008) montre comment la guitare, qui se développe au départ dans les salons de la classe moyenne américaine²², va être utilisée par les fabricants de banjo et de mandoline à travers le mouvement BMG (Banjo, Mandoline, Guitare). En effet, pour développer et asseoir la pratique de leurs instruments (essentiellement banjo²³ et mandoline²⁴), ces industriels vont s'appuyer sur la notoriété de la guitare et sur son image d'instrument raffiné pour construire une image plus sophistiquée au banjo puis à la mandoline et promouvoir le développement d'ensemble intégrant ces trois instruments. Le banjo et la mandoline avaient une image d'instruments simples et populaires, qui pouvaient être appris rapidement, là où la guitare était perçue (et définie comme tel par les acteurs du mouvement BMG) comme un instrument complexe à prendre en main. Cette relation ambiguë entre d'une part, le banjo et la mandoline, et d'autre part, la guitare, s'est notamment développée dans les colonnes de périodiques musicaux de l'époque tels que : *S.S. Stewart's Banjo and Guitar Journal*, *The Crescendo* ou *The Cadenza*. Ces magazines édités en partie par les industriels servaient notamment et ce, de manière non dissimulée, à la publicité du banjo puis de la mandoline ; la place de la guitare dans ces feuilles était fortement liée à l'appréciation et au positionnement de l'éditeur. Noonan (2008) synthétise cette relation ambivalente :

In the early years of the BMG movement, its apologists had consciously courted the guitar, linking it to the banjo and eventually to the mandolin to improve the image of these two instruments. But by the second decade of the twentieth century, mandolin advocates asserted that the mandolin club

21. La période victorienne s'étend au cours du XIX^e siècle de 1832 à 1901. Elle est nommée ainsi notamment au règne de la Reine Victoria du Royaume-Uni pendant la grande majorité de la durée de cette période et coïncide avec l'apogée de la révolution industrielle britannique et de l'Empire britannique.

22. Qui ne pouvait pas encore se permettre d'avoir un piano.

23. Le banjo est un instrument à cordes pincées possédant 4 ou 5 registres simples. Sa caisse de résonance est un cadre rond, constituée de métal et de bois. L'instrument peut être à fond ouvert (*open-back*) ou fermé. Sa table d'harmonie est une membrane dont la matière a évolué au fil du temps, mais est aujourd'hui constituée de matière synthétique. Le banjo à 5 cordes présente une particularité au niveau de l'accordage car la première et la dernière corde sont des aiguës. D'autre part, l'accord est en *open-tuning*.

24. La mandoline est un instrument à cordes pincées constituée de six registres doubles avec une caisse de résonance bombée comme le luth. Son manche est court et fin et sa tessiture se situe dans le registre aigu.

had evolve into a plucked-string orchestra without need of guitar support (p. 124).²⁵

Les orchestres d'instruments à cordes pincées mentionnés par la citation ci-dessus, font références à plusieurs évolutions conjointes. Tout d'abord si le début du mouvement BMG voit le développement plus prononcé du banjo, c'est la mandoline qui devient l'instrument populaire à la fin du siècle et au début du suivant. Ensuite, le lieu du concert passe du salon à la salle de concert, d'une part parce que la demande du public augmente et d'autre part, car le banjo et la mandoline, grâce au mouvement BMG, ont acquis la « respectabilité » nécessaire pour se produire dans ce genre de lieux. L'arrivée de ces instruments dans les salles de concerts a eu deux effets : le premier a été l'augmentation des registres couverts par les deux instruments avec le développement de nouveaux instruments tels que le banjo basse, le mandoloncelle²⁶, clavecin, clavier, etc.) etc. Le second effet fut l'augmentation du niveau sonore de ces instruments. Si cette augmentation du volume sonore s'applique rapidement aux banjos et aux mandolines, il n'en est pas de même pour la guitare, toujours dénigrée en grande partie par les fabricants de banjos et de mandolines. Cette discrimination sera une des causes de la suppression de la guitare des orchestres BMG :

While guitarists called for higher technical and performance standards, the BMG industry focused on creating and promoting not just more accessible music, but instruments that might be learned and played quickly and easily. While guitarists searching for more sophisticated music found themselves drawn more and more to their European musical roots, BMG publishers aimed for the lowest common denominator in players and listeners, even more vigorously promoting America's popular songs and dances. And as the BMG leadership touted the new American mandolin orchestra as the answer to its call for an elite status for the banjo and mandolin, guitarists found themselves not only inaudible in these ensembles but eventually pushed out of them altogether (Noonan, 2008, p. 95).²⁷

25. Dans la première période du mouvement BMG, ses apôtres ont consciemment courtoisé la guitare, en la reliant au banjo puis à la mandoline dans le but d'améliorer l'image de ces instruments. Cependant, à partir des années 1910, les défenseurs de la mandoline affirmèrent que les groupes de mandoline avaient évolué en orchestre d'instruments à cordes pincées dans lesquels la présence de la guitare n'était plus nécessaire. [traduction par l'auteur].

26. Un mandoloncelle est un développement de la mandoline dans une tessiture plus grave.

27. Là où les guitaristes appelaient à une augmentation du niveau technique et du niveau performatif, l'industrie BMG porta son effort sur la création et la promotion pas seulement d'une musique plus accessible, mais aussi d'instruments qui pouvaient être joués facilement

Cette exclusion de la guitare des orchestres d'instruments à cordes pincés américains laissa finalement le champ libre à son émancipation. En effet, les travaux de lutherie sur l'augmentation du volume sonore à l'œuvre sur les instruments du XIX^e finirent par lui être appliqués. Là où Torres, en Espagne, conservait la forme de la guitare à laquelle il intégrait avec succès ses recherches et celles d'autres luthiers (tel que le barrage en éventail), les luthiers européens immigrés aux États-Unis développèrent un nouvel instrument, la guitare *archtop* qui allait permettre à l'instrument de prendre une nouvelle place dans le jazz du début du XX^e siècle et lors des premières électrifications de développer le style *bebop*²⁸. Il faut noter aussi que le XIX^e siècle fut une période fertile dans la mutation de l'instrument. C'est ainsi que se développe entre autres les guitares-harpes²⁹, les guitares-violes³⁰ et les guitares³¹.

1.2 Les guitares acoustiques à cordes métalliques

L'utilisation de cordes métalliques se développe, comme nous l'avons vu, à la fin du XIX^e siècle. Christian Frederick Martin, luthier immigré allemand et fondateur de la marque de guitare Martin & Co., est souvent cité comme ayant

et rapidement. Alors que les guitaristes étaient à la recherche d'une musique plus sophistiquée se tournaient de plus en plus vers les racines musicales européennes, les éditeurs BMG cherchant à trouver le plus petit dénominateur commun unissant les instrumentistes et les auditeurs, promulguèrent de manière encore plus vigoureuse les chansons et danses populaires d'Amérique. A mesure que les orchestres de mandolines étaient présentés de manière racoleuse par les dirigeants du BMG comme la réponse à leur appel à une reconnaissance de la mandoline et du banjo comme instruments « élitistes », les guitaristes se retrouvèrent non seulement inaudibles mais aussi évincés de ces structures orchestrales. [traduction par l'auteur].

28. Le *bebop* est une forme de jazz qui se développe à partir des années 1940. Il apparaît notamment à partir d'une volonté de musiciens afro-américains de s'émanciper des big-bands de jazz. On trouve dans les musiciens participant au développement de ce style : Charlie Christian qui apporte la guitare *archtop* électrifiée, Dizzy Gillespie, Charlie Parker et Thelonious Monk. Ce style est en majorité très rapide avec de nombreux changements d'accords et des solos plus longs. Il se différencie par cette complexité des premières formes de jazz dit mainstream

29. Se référer à « [La guitare-harpe](#) », p. 22.

30. Se référer à « [La guitare-viole](#) », p. 30.

31. Se référer à « [La guitare multimanche](#) », p. 26.

donné naissance aux premières guitares acoustiques à cordes métalliques³². En effet, dans les années 1850, il développe le barrage dit « en X » de la [table d'harmonie](#) qui permet de renforcer cette-dernière et ainsi de monter des cordes avec des plus fortes tensions acoustiques telles que les cordes en métal. De plus, cela confère à ses guitares un volume sonore et une [tenue du son](#) plus importants ainsi qu'une sonorité particulière qui fera notamment l'image de la marque³³.

L'intégration de ce type de cordes dans les guitares se développe essentiellement dans les deux dernières décennies du XIX^e siècle. Elle fait l'objet de discussions conflictuelles dans les colonnes des périodiques musicaux de l'époque, comme le note [Noonan \(2008\)](#). :

Among points of the points of contention that arose in magazines from the 1880s and 1890s, four remained hot topics for years to come : right-hand fingering techniques, supporting the guitar when playing, the use of steel strings on the guitar, and the creation of new, hybrid instruments (p. 46).³⁴

Celui-ci précise le développement de ce changement organologique ([Noonan, 2008](#)) :

[...] by the last two decades of the nineteenth century, steel strings appeared regularly on guitars in America. [...] many of the early BMG publishers who sold musical merchandise marketed both gut and steel strings for the guitar side by side in their guitar (p. 51).³⁵

32. Notons ici, que bien que l'histoire musicale se souvienne de Christian Frederik Martin comme celui qui a développé les premières guitares avec cordes en métal, il apparaît plus probable que plusieurs luthiers travaillaient sur cette problématique durant cette période. Christian Martin est celui qui a soit synthétisé au mieux les idées dans l'air du temps, soit réussi à avoir le meilleur développement commercial. De même pour Torres en Espagne.

33. Cependant, comme pour Torres, il apparaît, que si Martin est crédité pour le développement de ce type de guitare, d'autres travaux de luthiers se développaient à la même période autour de ces thématiques (inclusion des cordes en métal et augmentation du volume sonore). Il n'en reste pas moins que Martin, comme Torres pour la guitare acoustique classique, est celui qui a réussi à intégrer ces éléments d'une manière qualitative et qui a réussi à diffuser commercialement ses instruments.

34. Parmi les points de discorde qui s'ont apparus dans les magazines entre 1880 et 1890, quatre d'entre eux sont restés des sujets récurrents aux cours des années : les techniques main droite, la manière de tenir la guitare en performance, l'utilisation de cordes en acier et la création d'instruments hybrides. [traduction par l'auteur].

35. [...] dès les deux dernières décennies du XIX^e siècle, les cordes en acier sont régulièrement intégrées sur les guitares américaines. [...] De nombreux éditeurs BMG qui vendaient

Le changement organologique qui s’amorce à la fin du XIX^e siècle, soutenu par les industriels, se développe en parallèle de l’éviction de la guitare des orchestres de mandolines. Il permet à la guitare américaine de s’émanciper d’une part, de ses racines européennes et, d’autre part, des autres instruments du mouvement BMG dans lequel elle était enfermée.

Au début du XX^e siècle, l’intégration des cordes métalliques s’accompagne d’une augmentation de la taille de la caisse de résonance de l’instrument que l’on retrouve, par exemple, sur les guitares Gibson Style O (Burrows, 2013, p.50), L-4 (Burrows, 2013, p. 59), puis L-5 (Burrows, 2013, p. 62). Cette augmentation de la taille de la caisse apporte un volume sonore plus important à l’instrument et amène l’apparition de la guitare *archtop* dans les années 1910, 1920. Cette mutation, en plus de la grande taille de sa caisse de résonance, possède une *table d’harmonie*³⁶ bombée³⁷. Les guitares *archtop* partagent, au niveau de leur lutherie, plusieurs points communs avec les instruments de la famille des cordes frottées : cette table d’harmonie bombée de laquelle elles tirent leurs noms, un *chevalet*³⁸ flottant qui n’est pas collé à l’instrument mais maintenu par la seule tension des cordes (les cordes sont alors fixées à un *cordier*) et des *ouïes*³⁹ en forme de *f* qui sont autant d’éléments empruntés à leurs cousins à cordes frottées. Souvent crédités à la marque Gibson, les débuts de la guitare *archtop* sont comme pour le développement de la guitare acoustique Torres ou du barrage en X de Martin, le fait de plusieurs travaux de lutherie parallèles⁴⁰. La table bombée et les ouïes, associées à la taille importante de la caisse de résonance qui se généralise en ce début de siècle, apportent à ce

des biens de consommation musicaux faisaient la publicité de guitares avec cordes en boyau et cordes en acier côte à côte. [traduction par l’auteur].

36. La table d’harmonie d’une guitare correspond à la partie frontale de la caisse de résonance de l’instrument. On l’appelle table d’harmonie car c’est cette partie en particulier (et le barrage qui la soutient) qui définit la richesse et la couleur harmonique de l’instrument.

37. *Arch* est le diminutif de *arched* qui signifie « voûté », ou plutôt « bombé » dans notre cas. *Top* signifie « dessus » de l’instrument et donc correspond à la table d’harmonie.

38. Le chevalet est la partie sur laquelle repose les cordes de l’instrument.

39. Trou dans la caisse de l’instrument en forme de *f* que l’on trouve notamment sur les violons, violoncelles, etc.

40. Orville Gibson dépose en 1898 un brevet pour un système *archtop* appliqué à une mandoline⁴¹ et pouvant s’appliquer à une guitare. Cependant deux autres brevets précèdent celui de Gibson et décrivent des agencements similaires : celui A. H. Merrill en 1896 s’applique aussi à une mandoline⁴² et celui de J. S. Back en 1893 est appliqué sur une guitare. Cependant, force est de constater que malgré ses brevets précoces, ce n’est qu’à partir des années 1920 que la guitare *archtop* se développe et rencontre une certaine popularité.

type de guitare un volume sonore plus important et une précision accrue dans la diffusion du son de l'instrument. C'est à cette période que Gibson apparaît comme une marque de référence notamment avec le modèle L-5 développé par Lloyd Loar. Les guitares *archtop* feront partie des premières guitares électrifiées⁴³ et c'est un modèle électrifié, la Gibson ES-150 (Burrows, 2013, p. 104) qui permettra, au milieu des années 1930, au guitariste Charlie Christian de développer le *bebop*. Il faut noter que parallèlement à cette forme arrondie des guitares *archtop* qui rappelle celle des guitares acoustiques classiques espagnoles⁴⁴, Martin développe ses propres formes qui aboutiront aux débuts des années 1930 à la gamme Dreadnought (telle que la Martin D-28 (Burrows, 2013, p. 83)). Les *éclisses* de ce type de guitare possèdent un arrondi moins marqué entre la partie avant et la partie arrière de la caisse de résonance. Cette forme est particulièrement appréciée par les joueurs de musique *folk* et le terme « guitare *folk* » deviendra le terme général représentant ce type de guitare. Le terme « guitare électro-acoustique » qui apparaît dans les années 1970 fera référence à l'électrification de ce type de guitare et des guitares acoustiques classiques. Certains des modèles listés ci-dessus sont repris à la figure 1.1.

1.3 La guitare-harpe

Comme nous l'avons vu, le XIX^e siècle est le théâtre de nombreux développements et tests au niveau de la lutherie en ce qui concerne les instruments à cordes pincées. Les banjos, les mandolines et les guitares gagnent en puissance sonore, les cordes en métal deviennent partie intégrante des guitares acoustiques, la tessiture des banjos et des mandolines se développent par la création de nouveaux instruments évoluant dans des registres plus graves ou plus aigus pour soutenir l'intégration des ceux-ci dans les orchestres. En plus de ce développement, apparaissent de nouvelles guitares hybrides⁴⁵ qui intègrent plus

43. Se référer à « Premières électrifications », p. 39.

44. L'acronyme ES des premières électrifications de chez Gibson signifie « Electric Spanish » (Espagnole Électrique).

45. La citation de Noonan que l'on trouve p. 20 parle déjà d'instruments « hybrides » sans jamais utiliser le terme guitare-harpe. Il est cependant fort probable que c'est, en partie, à ce type d'instruments qu'il faisait référence.



(a) Martin 1-28, 1860. (b) Gibson Style O, 1903. (c) Gibson L5, 1922. (d) Martin D-28, 1931.

FIGURE 1.1. Évolution des guitares acoustiques à cordes métalliques in (Burrows, 2013).

de cordes et/ou plusieurs manches. Ces instruments sont désignés par le terme guitare-harpe⁴⁶.

Ce terme rassemble les instruments qui ont en commun d'avoir une ou plusieurs cordes non-frettées en plus du manche fretté de la guitare. Les cordes rajoutées sont, de manière générale, dans le registre grave. De plus, le chevalet est étendu (là encore, dans la majorité des cas) de manière à accueillir ces nouvelles cordes. Gregg Miner, collectionneur de guitares-harpes et fondateur de la Harp Guitar Foundation a fourni une étude organologique sur l'instrument qui a débouché sur une nouvelle entrée dans *The Grove Dictionary of Musical Instruments* (Libin, 2014). Il définit l'instrument comme suit :

A guitar, in any of its accepted forms, with any number of additional unstopped strings that can accommodate individual plucking. These instruments, a separate and distinct category within the guitar family, are those most commonly and popularly referred to today as harp guitars. In this case (whatever the original intent of the use in the hybrid name), the word »harp« is now a specific reference to the unstopped open strings, and is not specifically a reference to the tone, pitch range, volume, silhouette similarity, construction, floor-standing ability, nor any other alleged »harp-like« properties. To qualify in this category, an instrument must have at least one unfretted string lying off the main fretboard.⁴⁷

Cette définition pose clairement que la seule caractéristique reprise de la harpe dans les guitares-harpes est l'ajout d'une (au minimum) corde non-frettée en plus des cordes initialement présentes sur le manche. Gregg Miner définit 6 catégories et 9 sous-catégories de guitares-harpes différentes⁴⁸, qui témoignent d'une période de grande liberté au niveau de la lutherie de l'instrument.

46. Certains collectionneurs utilisent aussi le terme « guitare étendue » ou « *extended guitar* ».

47. Une guitare, ou toute autre forme acceptée comme telle, comprenant un nombre variable de cordes dont la taille ne peut pas être diminuée pour changer la hauteur du son et qui peuvent être pincées individuellement. Ces instruments, une catégorie séparée et distincte au sein de la famille organologique de la guitare, sont communément et populairement connus sous le terme guitare-harpe. Dans ce cas, le mot « harpe » est maintenant une référence reconnue aux cordes non-frettées de l'instrument et non précisément une référence au son, à la tessiture, au volume, à la silhouette, à la construction, à sa tenue, ou à toute autre propriété de la harpe. Pour être qualifié comme une guitare-harpe, un instrument doit avoir au minimum une corde non-frettée tendue en-dehors de la touche principale de l'instrument. [traduction par l'auteur]. En ligne <https://www.harpguitars.net/history/org/hgorg.htm#def13> [consulté le 17/12/2021]

48. En ligne <http://www.harpguitars.net/history/org/hgorg2.htm> [consulté le 17/12/2021].

Les quatre premières catégories définies par Miner regroupent les guitares-harpes suivant des caractéristiques physiques spécifiques :

- La première catégorie rassemble les instruments dont la tête (qui accueille les cordes) a été augmentée dans le sens de la largeur ou de la longueur, à la façon d'un **théorbe**⁴⁹, de manière à installer les cordes supplémentaires⁵⁰. Une barre de bois ou de métal peut être présente sous ses cordes pour solidifier la structure de l'instrument. Certains modèles de cette catégorie montrent une augmentation de la largeur du manche.
- La deuxième catégorie fait intervenir un manche supplémentaire dont la tête est distincte de celle du manche de la guitare de base et qui n'est pas fretté. À l'inverse de la première catégorie, il semble donc, que les cordes supplémentaires des instruments de cette catégorie pouvaient produire des **hauteurs** différentes puisque l'instrumentiste peut appuyer la corde à différents endroits et ainsi raccourcir la portion de corde vibrante.
- La troisième catégorie, quant à elle, regroupe des instruments dont les tailles de la caisse de résonance et de la table d'harmonie ont été augmentées par une ou des excroissances circulaires liant la table d'harmonie à la tête de l'instrument. Cette excroissance (que Miner appelle *arm* ou bras) intègre souvent une rosace supplémentaire et peut être doublée en étant présente de part et d'autre du manche fretté. Les cordes supplémentaires non-frettées ajoutées à ces instruments peuvent se trouver entre le manche fretté et la ou les excroissances ou directement sur l'excroissance.
- Pour les instruments inclus dans la quatrième catégorie, les cordes supplémentaires recouvrent tout ou partie de la caisse de résonance. Elles sont fixées par rapport aux cordes du manche fretté soit parallèlement soit avec un angle oblique par l'ajout d'éléments mécaniques de fixation supplémentaires. Le manche et la **tête** ne sont pas modifiés puisque la longueur des cordes est limitée à la longueur de la caisse de résonance.
- La cinquième catégorie concerne des formes composites qui regroupent donc au moins 2 formes de guitare-harpe des quatre premières catégories.

49. Le théorbe est cet instrument populaire à la Renaissance et à la période Baroque qui pourrait être considéré comme un luth augmenté par 6 à 8 cordes basses non frettées. Les cordes ajoutées peuvent être très longues (d'environ quelques dizaines de centimètres à environ 2 mètres!), le manche est alors étendu dans sa longueur pour soutenir les cordes ajoutées.

50. Miner utilise le terme de *Theorboed Headstock* (ou tête d'inspiration théorbe) pour décrire la particularité de ces instruments.

— La dernière catégorie, quant à elle, inclut toutes les formes ne pouvant être intégrées dans les catégories précédentes.

Concernant ces instruments, Jeffrey J. Noonan (2008) précise : « Advertisements, editorials, letters, and columns regularly touted it as an economical replacement for the refined harp »⁵¹ (p. 51). La harpe était à la mode dans les salons du XIX^e et la guitare-harpe s'est développée en Europe au cours de ce siècle pour devenir populaire en Amérique à la fin du même siècle. Noonan mentionne notamment que dans les périodiques BMG, les publicités pour ce type d'instruments étaient plus importantes que les publicités pour les guitares *archtop*, ce qui dénote, selon lui, une plus grande adhésion de la communauté BMG à cet instrument. L'utilisation de cet instrument s'estompe cependant à partir des années 1930 à mesure que la guitare hawaïenne (ou guitare *steel*⁵²) et la guitare électrique gagnent en popularité. Ces guitares ont été « redécouvertes » au début des années 2000 par des guitaristes comme Andy McKee⁵³. Ces instruments représentent un exemple probant d'une période faste pour les expérimentations autour de la lutherie de la guitare acoustique. De plus, nous pouvons noter que l'augmentation de la taille de la caisse de résonance de l'instrument que nous avons détaillée dans la partie précédente⁵⁴ est contemporaine des guitares-harpes. L'évolution de cet élément de lutherie s'intègre donc dans un contexte global et dans plusieurs mutations et ne concerne pas uniquement la guitare acoustique à six cordes métalliques.

1.4 La guitare multimanche

Les guitares multimanches sont, comme leur nom l'indique, des guitares intégrant plusieurs manches. Le ou les manches ajoutés sont généralement ceux d'autres instruments (mandoline, guitare basse, etc.) ou celui d'une guitare dont les registres ont été doublés (aussi appelée « guitare douze cordes »). Gregg Miner fait référence à ces instruments comme à des « cousins » de la

51. « Les publicités, les éditos, les lettres et les colonnes des magazines [du mouvement BMG, NDLR] faisaient régulièrement la promotion de cet instrument comme remplaçant économique de la harpe raffinée » [traduction par l'auteur].

52. Se référer à « [La guitare steel](#) », p. 33.

53. Se référer à « [La guitare électro-acoustique](#) », p. 87.

54. Se référer à « [Les guitares acoustiques à cordes métalliques](#) », p. 19.

guitare-harpe. L'une des différences avec les guitares-harpes de la deuxième catégorie est qu'ici les manches sont en grande majorité frettés. Les références iconographiques de Greg Minner montrent notamment une guitare à deux manches frettés de 1690 associée au luthier français Alexandre Voboam⁵⁵. Les deux manches utilisés sont ceux d'une guitare à six cordes et d'une mandoline. D'autres exemples iconographiques sont donnés qui s'étendent sur le XIX^e et le XX^e siècles et présentent des instruments avec 2, 3 ou 4 manches, de guitare, de guitare basse ou de mandoline, à registre simple ou double et qui sont positionnés parallèlement ou se tournant le dos⁵⁶. Malgré l'absence d'iconographie spécifique au XVIII^e, on peut facilement déduire que le développement des guitares multimanches a été parallèle à celui de la guitare acoustique. Au XX^e siècle, les marques de guitares électriques *solidbody*⁵⁷ proposent aussi des modèles de guitares multimanches. c'est le cas, par exemple, de la Gibson SG double-manche utilisée notamment par Jimmy Page du groupe Led Zeppelin. Celle-ci intègre deux manches de guitare électrique : le premier dispose de 6 registres simples et le second de 6 registres doublés (communément appelée « guitare 12 cordes »).

On retrouve une adaptation et un développement, quasi à l'extrême, de ce principe dans le travail de la luthière canadienne Linda Manzer, notamment dans la guitare qu'elle a créée pour le guitariste de jazz-fusion Pat Metheny. Cette guitare est reprise à la figure 1.2. Elle est constituée de deux rosaces et de quatre manches. Le premier manche est d'une guitare 6 cordes simples, le deuxième est un manche non fretté (en anglais *fretless*) court à 12 cordes simples, le troisième est un manche non fretté court à 12 cordes simples au chevalet resserré qui fait se rapprocher les cordes les unes des autres (l'espace entre les cordes est plus important au niveau du *sillet de tête* qu'au niveau du *chevalet*) ; pour finir, le quatrième manche est un ensemble de 12 cordes, non-frettés et ne s'appuyant pas sur un manche, est ajouté sur la partie arrière de la caisse de l'instrument. Notons aussi que chaque ensemble de corde est amplifié grâce à des microphones piézoélectriques placés sous les 4 chevalets et qu'un ensemble de potentiomètres permet de mixer le son global de l'instrument.

55. En ligne, <http://www.harpguitars.net/history/org/org-multi-neck.htm> [consulté le 17/12/2021].

56. Un seul exemple de ce type d'instrument est présent dans l'iconographie de Gregg Miner, en ligne <http://www.harpguitars.net/history/org/org-multi-neck.htm>, [consulté le 17/12/2021].

57. Se référer à *Vers la guitare électrique solidbody*, p. 43.



FIGURE 1.2. La guitare multimanche de Pat Metheny, Linda Manzer, 1984.

1.5 La guitare à registre étendu

La guitare à **registre** étendu est une guitare possédant un nombre de **registres** supérieur aux 6 registres simples présents sur les guitares Torres et Martin. Elle est, au même titre que la guitare multimanche, considérée par Gregg Miner comme un « cousin » de la guitare-harpe. Les cordes ajoutées sont disposées dans la continuité de celles déjà présentes, ce qui entraîne la présence d'un manche plus large que celui des guitares à 6 **registres** simples.

Le nombre de registres supplémentaires peut varier grandement. Les augmentations les plus communes vont donner des guitares à 7, 8, 10 ou 12 registres. Les registres sont plus souvent simples mais peuvent pour tout ou partie être doublés. La guitare 7 cordes (le plus souvent en version électrique) qui intègre une corde grave supplémentaire⁵⁸, par exemple, se retrouve très souvent dans la pratique des musiques métal ou apparentées. La guitare acoustique à 10 cordes en boyau, pour sa part, se retrouve plus dans des pratiques classiques ou contemporaines. On la trouve notamment utilisée dans des œuvres du compositeur Maurice Ohana (et d'autres)⁵⁹ au début du XX^e ou dans celles de Dominic Frasca (*New York Guitar Festival, 2006*). La guitare utilisée par ce dernier est particulièrement intéressante pour notre thématique puisque bien qu'il s'agisse d'une guitare à cordes nylons, cette guitare particulière intègre un système de captation individuel pour chaque corde du même type que ceux utilisés par certaines guitares hexaphoniques⁶⁰. Un ordinateur portable, une carte son, un boîtier de conversion et le logiciel Logic Pro complètent ce dispositif (*GuitarPlayerMagazine, 2006*). L'ordinateur est essentiellement présent pour placer les cordes par groupe dans l'espace stéréophonique et leur appliquer un mixage spécifique. Des références iconographiques que présente Gregg Miner⁶¹ montrent, en plus, deux guitares à 8 cordes (dont une datée de 1899), une guitare à 11 cordes (appelée « *archguitar* »)⁶² et une guitare *lap steel*⁶³ avec

58. Avec l'accord classique mi-la-ré-sol-si-mi, la corde grave supplémentaire est accordée en si grave.

59. En ligne <http://www.tenstringuitar.com/repertoire.html> [consulté le 17/12/2021].

60. Se référer à « *La guitare hexaphonique* », p. 92.

61. En ligne <http://www.harpguitars.net/history/org/org-multi-course.htm> [consulté le 17/12/2021].

62. En ligne <https://archguitar.com/> [consulté le 17/12/2021].

63. Se référer à « *La guitare steel* », p. 33.

17 cordes (1916) réparties en 3 accords différents (deux accords de 5 cordes et un accord de 7 cordes).

Nous pouvons aussi citer l'exemple du Stick développé par Emmett Chapman⁶⁴. La forme générale de celui-ci se limite à un long manche intégrant, suivant les modèles, entre 8 et 12 registres simples. L'instrument, dans la majorité de ces versions, n'a pas de corps en dehors de ce long manche. Ces instruments sont essentiellement électriques et intègrent différents agencement de microphones. Il faut noter qu'ils sont essentiellement développés pour être joués en *tapping*⁶⁵ et en *double-tapping*⁶⁶.

1.6 La guitare-viole

La guitare-viole est une guitare dont le manche a été modifié pour pouvoir facilement utiliser la technique d'archet des instruments à cordes frottées. Comme nous l'avons vu dans le développement de la guitare acoustique⁶⁷, l'utilisation de l'archet au XIV^e siècle faisait partie du vocabulaire gestuel, au même titre que les doigts ou le plectre. Cette technique fut abandonnée avec la discrimination entre les instruments à cordes frottées et les instruments à cordes pincées. L'évolution de l'instrument vers sa forme classique ne permet qu'une utilisation limitée de l'archet. En effet, de par la structure plate de la *touche* de la guitare, il est impossible d'utiliser l'archet sur une seule corde, en dehors de la corde la plus grave et de la corde la plus aiguë. En 1823 cependant, le luthier viennois Johann Stauffer (qui fut le maître de C.F. Martin avant qu'il immigre aux États-Unis) inventa l'« Arpeggione », instrument qui hybride un violoncelle et

64. En ligne <http://stick.com/> [consulté le 17/12/2021].

65. Le *tapping* est une technique de jeu qui consiste à fretter une corde de manière percussive avec suffisamment de force pour la mettre en vibration sans avoir à la pincer. Cette technique permet à la main qui frette de devenir main d'attaque et non uniquement une main de sélection.

66. Le double-tapping est une extension du *tapping* pour laquelle les deux mains sont utilisées pour sélectionner et attaquer les frettes voulues. Cette technique est souvent attribuée au guitariste Eddie Van Halen.

67. Se référer à « La singularisation de la guitare acoustique classique » p. 12.

une guitare et qui est un cousin de la **viole de gambe**⁶⁸. Du **violoncelle**⁶⁹ et de la viole de gambe, il reprend les **ouïes** le jeu à l'archet et la position de jeu ; de la guitare, il reprend la division en frettes, les six cordes et la taille fine, bien qu'augmentée, de la guitare romantique. Cependant, cet instrument (comme la viole de gambe avant lui) tomba rapidement dans l'oubli.

L'utilisation de l'archet avec la guitare fut redécouvert par les guitaristes à partir des années 1960 : Eddie Philips de The Creation, Jimmy Page de Led Zeppelin, Lee Ranaldo de Sonic Youth, Jónsi de Sigur Rós, ou encore les utilisateurs de guitares préparées⁷⁰ sont autant de guitaristes qui ont intégré cette prothèse gestuelle à leur jeu instrumental. Le guitariste Jonathan Wilson obnubilé par ce type d'instrument, construisit, à partir de 1993, une adaptation de l'Arpeggione de Stauffer qu'il nomma GuitarViol et qu'il déclina en version acoustique, électro-acoustique et électrique avec un corps plein⁷¹. Avec ces instruments, il souhaitait pouvoir utiliser les techniques de doigt, d'archet ou de plectre sur des cordes frettées avec une qualité comparable. Le nom de cet instrument est choisi en référence à la manière dont les joueurs de viole de gambe tiennent leurs instruments dans le tableau « Les noces de Cana » du peintre Paul Véronèse en 1563.

1.7 La guitare microtonale

La guitare microtonale apparaît au début du XX^e siècle et est issue d'une remise en cause des douze tons de la gamme tempérée occidentale. La gamme tempérée ou à tempérament égal découle des théories arithmétiques de Pythagore. Cette gamme découpe une octave en 12 demi-tons de telle sorte que le rapport entre les fréquences de notes adjacentes soit identique.

68. La viole de gambe est un instrument cousin de la famille des violons et de la famille des guitares. En effet, elle s'utilise avec un archet, se rapproche de la taille d'un violoncelle, bien que plus petit, et intègre des frettes sur son manche. Elle dispose de 7 **registres** accordée en tierce et en quart.

69. Le violoncelle est un instrument de la famille à cordes frottées. Sa tessiture se situe entre la contre-basse et le violon alto. Sa taille plus importante que celle du violon induit un jeu avec l'instrument placé à la verticale. L'instrumentiste, quant à lui est assis.

70. Se référer à « **La guitare préparée** », p. 69.

71. En ligne <http://www.togamanguitars.com/history.php> [consulté le 17/12/2021].



FIGURE 1.3. Electric Spartan, Togaman Instruments, 2002.

Cette division de l'octave en 12 demi-tons ne constitue qu'une manière de découper l'octave. D'autres systèmes sont envisagés à partir du début du XX^e siècle. En 1907, Ferruccio Busoni dans « Aesthetics for a New Music » (Busoni, 1907) propose déjà de séparer chaque demi-ton en trois, entraînant la composition de gammes à 36 tons. Robert Neumann, pour sa part, propose de séparer la gamme en 53 tons. Cette théorie musicale de la microtonalité touche tous les instruments et n'est pas l'apanage de la guitare. Le compositeur et violoniste mexicain, Julian Carillo, fait construire des harpes, des guitares et des pianos pour développer musicalement la pensée microtonale qu'il développe. Il en va de même pour le compositeur tchèque Alois Hába qui fait construire des pianos, des guitares, des clarinettes et des trompettes au quart ou au sixième de ton. Harry Partch développe des instruments qui se basent sur l'intonation juste et la division de l'octave en 43 sons.

Notons qu'avant la théorisation de la pensée microtonale par les compositeurs que nous venons de citer, le luthier René Lacôte avait construit en 1852 une guitare à tempérament réglable⁷². En complément de cette remarque, notons également que les frettes présentes sur les premiers luths correspondaient à des

72. Cette guitare est conservée au musée de la Philharmonie de Paris, <https://collectionsdumusee.philharmoniedeparis.fr/doc/MUSEE/0157804> [consulté le 17/12/2021].

cordes de boyau entourant le manche et qu'elles pouvaient être déplacées pour ajuster l'accord aux autres instruments ainsi que l'espacement entre les tons.

À partir de la deuxième moitié du XX^e siècle, plusieurs luthiers proposeront des systèmes pouvant être adaptés et ne limitant pas l'instrument à un seul type de division de la gamme : on peut ainsi citer les touches de guitare interchangeables de Tom Stone commercialisées par Novatone, les frettes mobiles des luthiers Walter Vogt, Matthias Grohn, Tolgahan Cogulu et John Schneider. Ces différents systèmes sont détaillés par John [Schneider \(2015a, p. 141\)](#).

1.8 La guitare *steel*

La guitare *steel* est une guitare qui rejoint la guitare-viole⁷³ en ceci qu'elle constitue un instrument construit ou adapté autour de l'intégration et de la facilitation d'une technique de jeu spécifique. La technique autour de laquelle cette guitare s'agence est la technique du [glissé](#) qui consiste à faire glisser un élément (le [tonebar](#)), généralement cylindrique, plein et métallique, mais qui peut aussi être en verre, sur les cordes de la guitare. Celle-ci est positionnée à plat (soit sur les genoux, soit grâce à une bandoulière) et le [tonebar](#) est maintenu entre le majeur et l'annulaire. Le [tonebar](#) limite les actions de la main au seul maintien de l'objet, entraînant, de fait, une limitation drastique des techniques utilisables par la main gauche. L'accord de ces guitares est généralement celui d'un accord ou *open-tuning*⁷⁴, ce qui permet au guitariste de réaliser une suite d'accords simplement en faisant glisser le [tonebar](#) sur les cordes. Cette pratique spécifique du [tonebar](#) est née dans l'île d'Hawaï à la fin du XIX^e siècle et son invention est attribuée au guitariste Joseph Kekuku. Elle devient populaire en Amérique à partir du début du XX^e siècle et est connue sous le nom « guitare hawaïenne ». Elle sera par la suite beaucoup utilisée dans la musique *country*⁷⁵ et sa forme évoluera selon trois variantes :

73. Se référer à « [La guitare-viole](#) », p. 30.

74. L'*open-tuning* correspond à l'accord des cordes à vide de la guitare permettant d'obtenir directement (sans fretter de notes supplémentaires) un accord. Pour jouer en *open-tuning* de sol, par exemple, le guitariste pourra répartir les cordes de l'accord de sol majeur (sol-ré-si) de la manière suivante : Ré-Sol-Ré-Sol-Si-Ré.

75. La musique *country* est un mélange de musiques traditionnelles qui est apparue essentiellement dans le sud des États-Unis. Elle se développe essentiellement sur les bases de la musique et des instruments apportés par les immigrés européens dès le XVII^e et XVIII^e

- la guitare *lap-steel* : cette variante est la variante de base ; la guitare est positionnée sur les genoux, l'espace entre le manche et les cordes a été augmenté de manière à ce que la barre métallique utilisée ne rentre pas en contact avec les frettes, le manche s'est épaissi pour favoriser la stabilité de l'ensemble. C'est ce type de guitare qui arrive de l'île d'Hawaï au début du XX^e siècle. La marque Weissenborn développe aux Etats-Unis ce modèle particulier de guitares à partir des années 1920. Dans notre époque contemporaine, le guitariste Ben Harper est un des artistes populaires qui a remis au goût du jour cet instrument en l'utilisant dans une musique plutôt rock loin de la [musique hawaïenne](#) et [country](#).
- la deuxième variante est la guitare *steel* à console qui possède généralement plusieurs manches dont le nombre de cordes peut aller jusque 8. Les manches multiples rendant impossibles le jeu sur les genoux, ceux-ci sont encadrés et accompagnés de pieds et l'instrumentiste en joue comme s'il était assis à une table.
- la dernière variante est la guitare *steel* à pédales (*pedal steel guitar*). Elle présente les mêmes caractéristiques que les guitares *steel* à console et possède, en plus, des pédales et des leviers (les leviers sont actionnés grâce aux mouvements latéraux des genoux) supplémentaires permettant d'altérer et de transposer de différentes manières les notes jouées.

Un autre terme que l'on rencontre régulièrement pour mentionner une utilisation importante de la technique de [glissé](#) avec un objet est le terme de « guitare *slide* ». Celui-ci est souvent employé dans le blues et constitue une appellation générique faisant référence à l'utilisation régulière par un guitariste de cette technique. L'élément utilisé pour effectuer le glissé est un objet soit métallique (*slide*), soit en verre (*bottleneck*), creux. Il peut être aussi bien utilisé avec une guitare acoustique ou avec une guitare électrique. La guitare est, ici, positionnée « normalement » autour du corps du guitariste et non à plat sur les genoux ; le guitariste insère un doigt à l'intérieur du *slide* (c'est d'ailleurs ce point qui différencie le *slide* ou le *bottleneck* du *steel*) et déplace sa main parallèlement au manche. A l'inverse des guitares *lap-steel* qui entraînent quasi-exclusivement l'utilisation de cette technique, le *slide* permet d'utiliser aussi bien la technique du glissé avec un objet que les techniques habituelles

siècles. Les instruments alors présents comptent le violon d'Irlande et de Grande-Bretagne, la mandoline italienne, la guitare espagnole, entre autres. La guitare électrique *solidbody* et la guitare *steel* à console sont aujourd'hui des instruments présents dans ce style.

avec les doigts libres de la main gauche. Il est évident que les possibilités de positionnement des doigts sont limitées par la présence du *slide*, mais elles ne sont pas supprimées et permettent l'apparition de techniques mixtes (notes frettés et notes jouées avec le *slide*) que ne permet pas la guitare *steel*. Ces guitares et pratiques se développent presque simultanément dans les musiques blues et hawaïennes de la fin du XIX^e siècle et du début du XX^e siècle.

Bien que nous ayons culturellement une proximité avec la musique américaine et que l'utilisation du *slide* apparaît clairement, cette technique de jeu semble être présente depuis l'apparition des arcs musicaux à travers le monde (Berimbau au Brésil, Eotilé ou Dodo en Côte-d'Ivoire, Be ou Mbegn pour les Pygmées, etc.) et dans les adaptations qui en ont été faites⁷⁶. C'est le cas du *diddley bow* ou *jitterburg* joué par les femmes zoulous du Swaziland. Ce chordophone est constitué d'une corde métallique, d'une corde à linge ou d'une lanière de pneu tendue entre deux clous sur une planche ou un mur. Des tasseaux de bois ainsi qu'une bouteille en verre positionnée de force entre la corde et le mur permettent de tendre la corde. Cet instrument est utilisé au XIX^e siècle dans le blues du sud des Etats-Unis comme instrument d'apprentissage de la guitare *slide*. C'est une version électrique que construit le guitariste Jack White⁷⁷ dans la séquence introductive du film *It Might Get Loud* de Davis Guggenheim⁷⁸. Dans cette séquence, le guitariste construit un archétype de guitare électrique à partir d'une planche de bois de récupération faisant office de manche et d'un fil de fer en guise de corde. La corde est tendue grâce au positionnement forcé d'une bouteille en verre sous celle-ci. Un microphone et un connecteur Jack 6.35mm⁷⁹ sont ensuite ajoutés et la guitare « improvisée » est connectée à un amplificateur via un traitement sonore de *fuzz*⁸⁰.

76. Slide & Steel, en ligne <http://snico2.free.fr/?page=i1a> [consulté le 17/12/2021].

77. Jack White est le leader et guitariste de groupe tels que The White Stripes, The Raconteurs ou encore The Dead Weather.

78. *It Might Get Loud*, Davis Guggenheim, 2008, séquence introductive, en ligne <https://www.youtube.com/watch?v=yZ7DZ7HPXck> [consulté le 17/12/2021].

79. La dénomination « Jack 6.35mm » est la dénomination technique des connecteurs utilisés. Ce type de connecteur s'est imposé dans le monde audio notamment par le développement des standards téléphoniques naissants dès la fin du XIX^e siècle.

80. Le traitement sonore appelé *fuzz* est une distorsion forte du signal qui fait apparaître de nombreuses harmoniques supplémentaires. Mathématiquement, elle correspond à l'application au signal audio d'une fonction asymétrique.

La guitare *steel* est un des exemples de mutation qui s'est construit autour d'une technique spécifique et qui a réussi à développer une communauté de pratique suffisante pour faire vivre l'instrument. Notons que la présence de cette technique de jeu dans le blues a permis d'élargir la palette sonore qui lui était associée.

1.9 La guitare à résonateurs

Une guitare à résonateurs est une guitare acoustique qui, au lieu de transmettre les ondes acoustiques des cordes vibrantes directement à la [table d'harmonie](#), les transmet à un ou plusieurs disques coniques de métal faisant office d'amplificateurs (appelés résonateurs) directement dans le corps de l'instrument. Cette technique d'amplification faisait partie des différentes techniques mécaniques qui apparaissent vers la fin du XIX^e et qui se développent parallèlement à l'amplification électrique et aux développements de lutherie classique (telle que l'augmentation de la taille de la caisse de résonance par exemple). Comme le mentionne le guitariste Bob [Brozman et al. \(1993\)](#) dans son histoire de la marque d'instruments à résonateurs NATIONAL, ce type d'amplification s'inspire de la technologie des premiers phonographes acoustiques Edison ou Victrola :

Many would-be inventors in America and Europe had similar ideas about how to make guitars louder. By the 1920s there were at least two plausible means : mechanical amplification and electrical amplification. Attempts to mechanically amplify the guitar started in the late Nineteenth century. An English patent from 1860 hints at a primitive version of a resonator guitar, but represented a failed attempt. Later efforts to mechanically amplify stringed instruments were inspired by the technology of Edison and Victrola phonographs. The principle components of these early non-electric phonographs was a pickup head that transmitted sound from the stylus to a small mica disc. The disc acted like a banjo skin or a paper in a kazoo. It amplified the sound. A long horn acted like a megaphone, directing the sound to the listener's hear (p. 20).⁸¹

81. De nombreux inventeurs en devenir en Amérique et en Europe avaient des idées similaires sur la manière de faire sonner les guitares plus fortes. Dans les années 1920, il y avait au moins deux moyens plausibles : l'amplification mécanique et l'amplification électrique. Les premières tentatives d'amplification mécanique de la guitare remontent à la fin du XIX^e

La citation reprise ci-dessus mentionne d'autres recherches sur l'amplification des instruments acoustiques. Quelques brevets concernant cette thématique et menant au système que John Dopyera intégrera au début du XX^e dans les guitares de la marque NATIONAL sont détaillés par Gary Atkinson (1998). Comme il le mentionne, la plupart des brevets (à de rares exceptions près) du XIX^e ne s'applique pas à la guitare mais à des instruments tels que le violon, le banjo ou encore les instruments à vent. Le dernier brevet qu'Atkinson cite (MacMillan et MacMillan, 1913) indique pour la première fois que l'utilisation de métal est la plus adaptée pour la fabrication de résonateurs.

John Dopyera teste cette technique d'amplification avec plusieurs matériaux différents et il considère, lui-aussi, que le meilleur résultat sonore est obtenu avec une matière métallique tel que de l'aluminium modelé en cônes d'une forme similaire à des petits haut-parleurs (Brozman et al., 1993, p. 20). Il développe ainsi la *Tricone* dans laquelle sont intégrés trois résonateurs de ce type reliés entre eux par une barre en aluminium en forme de « T » (nommée *T-bar* par l'inventeur). Cette barre a une fonction supplémentaire puisqu'elle fait aussi office de *chevalet*. En effet, dans cette barre d'aluminium est intégré un *sillet* en bois sur lequel les cordes viennent reposer (celles-ci sont tenues par un *cordier* se situant dans le prolongement de la caisse de l'instrument). L'ensemble repose sur un support de bois (ou de métal suivant les modèles) intégré dans la caisse de résonance de l'instrument. Grâce à la double fonctionnalité de la barre d'aluminium en forme de « T », les vibrations acoustiques des cordes sont transmises du chevalet aux trois résonateurs qui les amplifient et envoient le son vers la caisse de résonance de l'instrument. Ce système d'amplification sera d'abord intégré, en 1927, dans des mandolines et des ukulélés avant d'être intégré, la même année, dans des guitares à 4 cordes simples (*Tricone Tenor Guitar* à manche court et *Tricone Plectrum guitar* à manche long) (Brozman et al., 1993, p. 50). À partir de 1930, une adaptation du système d'amplification remplace les trois résonateurs de la *Tricone* par un seul beaucoup plus grand. Ce type de système est appelé « The Biscuit » de par la forme du *sillet*

siècle. Un brevet anglais de 1860 fait allusion à une version primitive d'une guitare à résonateur, mais il s'agit d'un échec. Les efforts ultérieurs pour amplifier mécaniquement les instruments à cordes ont été inspirés par la technologie des phonographes Edison et Victrola. Les principaux composants de ces premiers phonographes non électriques étaient une tête de lecture qui transmettait le son du stylet à un petit disque de mica. Le disque agissait comme la peau d'un banjo ou comme le papier d'un kazoo. Un long pavillon agissait comme un mégaphone, dirigeant le son vers l'oreille de l'auditeur.[traduction de l'auteur].

qui semble se rapprocher d'un biscuit. Une dernière adaptation du système d'amplification appelé « *spider cone* » (que l'on pourrait traduire par « cône araignée ») utilise un résonateur unique renversé relié au chevalet non plus par une *T-bar* en aluminium mais par un système en aluminium à 8 branches reliées entre elles latéralement et rappelant la forme d'une toile d'araignée d'où ce type de modèle tire son nom.

Ces différents modèles d'amplification induisent des sonorités différentes des instruments : le système Tricone est celui qui permet la meilleure clarté sonore et la meilleure tenue du son. Bob Brozman et al. (1993) mentionne que ce type de guitare convient particulièrement aux styles de musique tels que la *country*, la musique hawaïenne, le blues ou le jazz (pp. 100-101). À l'inverse, les instruments intégrant le système de type « biscuit » possèdent une attaque plus puissante mais une tenue du son beaucoup moins longue qui convient particulièrement au jeu rapide du style *bluegrass* tout comme au blues ou au jazz. Les systèmes inversés des « cônes-araignées » se situent entre les deux précédents types en offrant une meilleure tenue du son que les modèles à résonateur unique non inversés mais avec une amplitude sonore moins développée que ces derniers (AcousticLife, 2018).

1.10 La guitare électrique

Le développement de la guitare acoustique classique, comme nous l'avons vu, s'est étendu sur plusieurs siècles pour achever sa mue formelle. Cette longue évolution a nécessité l'emprunt d'éléments de lutherie, de jeu instrumental ou d'adaptation de répertoires à des instruments voisins. Les XVIII^e et XIX^e siècles ont challengé la forme classique par de nombreuses mutations qui ont apporté entre autres les guitares à cordes métalliques. Le développement de la guitare électrique, à l'inverse, s'est réalisé beaucoup plus rapidement. L'électrification de l'instrument s'est notamment imposée avec la guitare électrique *solidbody*⁸² sur un peu moins de 70 ans (1890-1960), depuis les premiers essais d'électrification jusqu'à sa position d'instrument hégémonique dans les musiques populaires des années 1950 et 1960. Cette rapidité relative s'explique notamment par le fait que la guitare électrique s'appuie sur la pratique et les évolutions héritées des guitares acoustiques ; elle n'apparaît donc pas *ex-nihilo*.

82. Se référer à « Vers la guitare électrique *solidbody* », p. 43.

De plus, l'industrialisation de la fabrication de la guitare électrique *solidbody* dans les années 1950 stimulera un développement de masse auquel aucune autre mutation n'aura eu accès avant elle.

1.10.1 Premières électrifications

L'électrification de la guitare est souvent associée à une volonté d'augmentation du volume sonore de l'instrument dans le contexte des *big-bands* de jazz des années 1930. Il faut préciser à nouveau ici, que cette problématique de l'augmentation du niveau sonore, qu'elle soit obtenue de manière acoustique, mécanique⁸³ ou électrique est fortement présente tout au long du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle. Elle apparaît aussi comme une question centrale qui permet de définir dans quels lieux de diffusion (salon, salle de concert, etc.), dans quel cadre instrumental (solo, ensemble, orchestre) tel ou tel instrument a le droit/ la possibilité d'apparaître et la place à laquelle il peut prétendre (accompagnement ou *lead*). *In fine*, c'est l'augmentation du volume sonore par l'amplification électrique qui connaîtra le plus grand développement et qui s'appliquera de manière massive à la plupart des instruments.

Le 2 septembre 1890, l'officier de l'U.S. Navy, George Breed (1864-1939) dépose un brevet ([Breed, 1890](#)) détaillant ce qui semble être pour la première fois, l'application de l'électricité à des instruments à cordes ([Hill, 2008](#), p. 14). Cependant, ce brevet ne décrit pas un système permettant de convertir les vibrations acoustiques en courant électrique mais l'inverse. Grâce au système présenté par George Breed, les cordes de l'instrument sont mises en vibration par l'utilisation de la force électromagnétique⁸⁴. Dans cette invention, les cordes des instruments (métalliques) sont alimentées par un courant direct. Une roue sur laquelle sont espacés aléatoirement des points de contact permet l'activation ou la désactivation du courant direct ([Hill, 2008](#), p. 17). La fréquence induite par l'activation et la désactivation du courant (bien que non régulière de par l'espacement aléatoire des points de contacts) crée une *force de Laplace*⁸⁵ permettant de mettre en vibration les cordes de l'instrument. Cette technique

83. Se référer à « [La guitare à résonateurs](#) », p. 36.

84. Nous reviendrons plus en détail sur cette invention particulière notamment dans la partie « [La guitare à vibration infinie](#) », p. 89.

85. La force de Laplace est la force électromagnétique qu'exerce un champ magnétique sur un élément conducteur parcouru par un courant. Cette force est celle qui met en vibration

est appliquée dans le brevet cité ci-dessus à une partie des cordes d'un piano et à toutes les cordes d'une guitare acoustique. La figure 1.4 est une reproduction du brevet de George Breed montrant l'application du système à la guitare. Cette première application de l'électricité à la guitare est importante d'une part parce qu'elle initie concrètement l'utilisation de l'électricité avec l'instrument et d'autre part, parce que la technique employée correspond à la technique utilisée dans les microphones magnétiques des années 1920 et 1930 mais inversée. En effet, pour ces derniers types de microphones, le courant n'est pas envoyé dans la corde, mais généré par le mouvement de celle-ci à l'intérieur du champ magnétique créé par le microphone⁸⁶. Rappelons ici que le passage aux cordes métalliques (qui constituent donc un matériau pouvant conduire le courant) des guitares acoustiques à l'œuvre à la fin du XIX^e est une condition essentielle pour susciter une telle invention. Malgré cette utilisation pionnière de l'électricité avec la guitare, ce n'est qu'à partir des années 1920 que l'on assiste à l'électrification du son (à la création du couple microphone/amplificateur) de différents instruments et à leur commercialisation. L'ordre d'électrification des instruments suit les popularités de l'époque et c'est ainsi que les premiers instruments électrifiés et commercialisés sont essentiellement des banjos, des guitares *lap-steel* ou des guitares *archtop*.

En 1928, l'entreprise Vega est la première à mettre sur le marché un banjo électrique (Gruhn et Carter, 1994) ; les banjos sont les instruments les plus vendus à cette période. En 1931, Rickenbacker crée la *Frying Pan* (voir la figure 1.5(a)), première guitare *lap-steel* équipée en série du microphone magnétique en forme de fer à cheval (typique des guitares Rickenbacker de l'époque et qui se rapproche fortement du *design* que propose George Breed dans son brevet). Cette guitare est celle qui, dans la plupart des livres consacrés à l'instrument, est qualifiée de « première guitare électrique ». Le microphone en forme de fer à cheval (*horseshoe*) fut développé par le guitariste George Beauchamp (Hill, 2008, p. 161) qui était lui-même joueur de *lap-steel*. Celui-ci a déjà fait parti,

les cordes lorsque la guitare intègre un élément tel que le *EBow* ou un *sustainer*. C'est aussi celle qui est utilisée dans la première guitare électrifiée de George Breed.

86. Ceci correspond à la loi Faraday-Lenz qui stipule qu'un aimant placé dans (ou à proximité de) une bobine induit un courant aux bornes de la bobine qui induit une force électromotrice (loi de Lenz). La force électromotrice produite est proportionnelle à la variation au cours du temps du champ électromagnétique créé. Le mouvement de la corde de guitare crée donc une force électromotrice dont l'intensité est proportionnelle au mouvement de la corde.

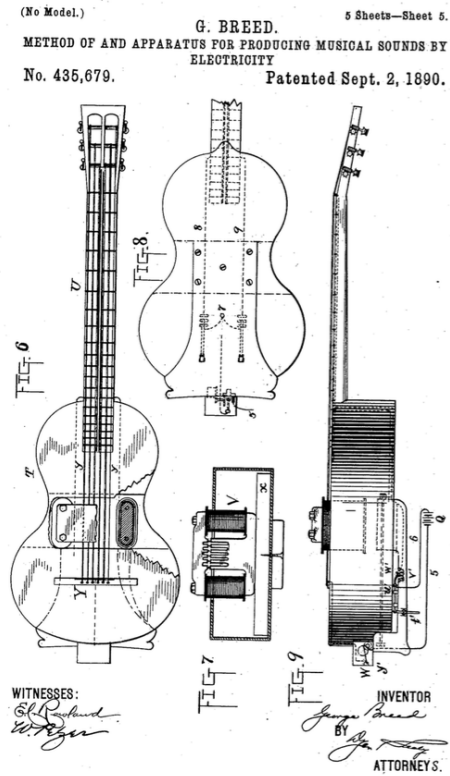


FIGURE 1.4. Représentation de la guitare acoustique électrifiée par George Breed.

pendant quelques temps, de l'aventure National Resonator Instruments, mais après plusieurs désaccords il se dirige vers l'électrification du son de l'instrument (Hill, 2008, p. 46). Cependant un autre point remarquable de la *Frying Pan* est que le corps utilisé est un morceau de bois plein dans lequel une cavité est creusée pour accueillir le microphone. Cette caractéristique est à la base des guitares électriques *solidbody* qui se développeront par la suite. Gibson se lance dans les guitares *lap-steel* électrifiées en 1935 avec la EH-150. L'année d'après, la compagnie sort l'ES-150 (voir la figure 1.5(c)), guitare *archtop* électrique, qui devient l'instrument de prédilection du guitariste de *bebop* Charlie Christian. L'acronyme EH correspond à « Electrified Hawaiian » alors que ES correspond à « Electric Spanish ». Ce dernier est souvent le terme employé à l'époque pour parler des guitares *archtop* rappelant ainsi l'origine espagnole de la forme de l'instrument. Précisons ici que Lloyd Loar, qui est ingénieur chez Gibson dans les années 1920⁸⁷, développe une guitare-harpe électrifiée en 1923 ainsi qu'une guitare basse et un violon électriques l'année d'après. Cependant, les instances dirigeantes de Gibson de l'époque ne donnent pas suite à ses travaux. Lloyd Loar démissionne et crée l'entreprise Vivi-Tone en 1933 au sein de laquelle il développe plusieurs instruments acoustiques électrifiés : guitare (voir figure 1.5(b)), mandoline, mandoloncelle (Hunter, 2008, p. 12).

Ces différents exemples apportent les mêmes problématiques que celles rencontrées avec les guitares acoustiques Torres et Martin : bien qu'étant considérées comme les premières guitares acoustiques, respectivement, classique et *folk*, celles-ci s'intègrent dans un écosystème global d'inventions dans lequel d'autres luthiers effectuent des recherches dans des directions similaires. Ce contexte et cet écosystème sont particulièrement flagrants avec l'émergence des instruments électrifiés qui s'étend sur une quarantaine d'années. D'autre part, il ne faut pas perdre de vue que les exemples présentés précédemment sont de natures différentes. Le dépôt d'un brevet, par exemple, n'induit pas la commercialisation d'un instrument : c'est notamment le cas avec le brevet de George Breed qui avec l'utilisation des batteries de l'époque (nécessaires à l'alimentation de la roue d'activation/désactivation de la source de courant) n'aurait pas tenu plus de quelques minutes dans un contexte de concert (Hill, 2008, p. 29). Cependant, chacune de ces étapes qu'elles soient de l'ordre du développement de technologie, de l'ordre du prototype instrumental ou de l'ordre

87. En ligne <https://www.vintageguitar.com/33029/lloyd-loar/> [consulté le 17/12/2021].



(a) Rickenbacker Frying pan, 1931. (b) Vivitone élec-troacoustique, NMM 1936. 1374, n°de série 623, 1936-1939. (c) Gibson ES-150,

FIGURE 1.5. Les premières guitares électrifiées commercialisées.

de l'instrument commercialisé sont autant de jalons qui permettent de créer le contexte et l'écosystème nécessaire à l'émergence de la guitare électrique. Cette remarque fait écho à celles du même type que nous avons formulées en parlant des guitares acoustiques de Torres et de Martin ou encore les guitares à résonateurs et le développement de l'amplification acoustique.

1.10.2 Vers la guitare électrique *solidbody*

La guitare électrique *solidbody* est développée pour résoudre un problème technique des premières électrifications. La **boucle de rétroaction sonore** (ou « effet Larsen », *feedback*) apparaît lorsqu'un récepteur (le microphone) et un émetteur amplifié (l'amplificateur) sont présents simultanément. Si la distance entre ces deux éléments est trop faible, le microphone capte le son de l'amplificateur

et lui renvoie avec un volume sonore augmenté créant ainsi une boucle. Les guitares acoustiques électrifiées sont particulièrement sujettes à ce phénomène. En effet, la caisse creuse de ces guitares ayant pour but d'amplifier la vibration des cordes transmises à la table d'harmonie, agit donc comme un deuxième amplificateur accentuant encore plus rapidement le volume sonore de la boucle créée. La guitare électrique à corps plein (*solidbody*) se développe donc en réponse à cette problématique technique. Dans ce type de guitare, le corps de l'instrument ne possède alors pas de caisse de résonance mais correspond à un morceau de bois plein qui permet d'éviter cette « double amplification » du son. Il faut noter qu'avec les guitares électriques *solidbody*, la **boucle de rétroaction sonore** peut toujours être obtenue en minimisant fortement la distance entre la guitare et l'amplificateur et en augmentant le volume de ce dernier.

Cependant, le premier instrument électrique fretté à corps plein et commercialisé ne fut pas une guitare mais une guitare basse. Paul Tutmarc⁸⁸ développe pour Audiovox Manufacturing la #736 Electronic Bass Fiddle en 1937 (Hill, 2008, p. 198). Cette guitare basse électrique ne répondait pas à une problématique de **boucle de rétroaction sonore** trop importante, mais à celle de l'encombrement de l'instrument connue par les joueurs de contrebasse. À l'inverse des contrebasses, cette guitare basse avait un manche fretté et se tenait à l'horizontale, non à la verticale. Bien que l'instrument ait été utilisé par des musiciens locaux (la compagnie était basée à Seattle), il ne se développa pas commercialement et tomba dans l'oubli. Il faut attendre le développement de la guitare électrique *solidbody* pour que la guitare basse électrique trouve sa place dans l'instrumentarium populaire.

Quelques années après Paul Tutmarc, en 1941, le guitariste de jazz et de *country* Lester William Polsfuss, mieux connu sous le nom de Les Paul, obnubilé par le son des guitares électriques et leur problème de **boucle de rétroaction sonore**, construit son propre prototype de guitare électrique *solidbody* qu'il nomme The Log (voir figure 1.6) (Waksman, 1999, p. 37). Celui-ci est conçu dans les usines Epiphone⁸⁹ à partir d'un bloc de pin rectangulaire sur lequel Les Paul fixe deux microphones monophoniques « faits maison » ; ce bloc de

88. En ligne <https://www.historylink.org/File/7479> [consulté le 17/12/2021].

89. Une marque concurrente de Gibson à l'époque et qui fut rachetée par la firme quelques années plus tard.

bois fut complété par un manche, un chevalet, une *barre de vibrato*⁹⁰ et des cordes. Les Paul est contraint d'ajouter les « ailes »⁹¹ d'une guitare Epiphone pour que son prototype soit considéré comme celui d'une nouvelle guitare par le public. Les Paul essaya de vendre son invention à Gibson, mais comme avec l'ingénieur Lloyd Loar quelques années auparavant, la marque ne vit pas l'intérêt de l'invention. Plus tard, Paul Bigsby, inventeur du système de *barre de vibrato* qui porte son nom⁹², développe, en 1947, une guitare électrique à corps plein à destination du guitariste de *country* Merle Travis, contemporaine de l'Esquire de Leo Fender (Waksman, 1999, pp. 90-91).

C'est à partir de 1950, après avoir réalisé des amplificateurs et des guitares *lap-steel*, que Leo Fender développe l'Esquire qui deviendra l'année d'après la Broadcaster puis la Telecaster⁹³ (Bacon, 2006, pp. 17-28). Avant de se lancer dans la construction d'instruments électriques, Leo Fender réparait des radios, des amplificateurs et sonorisait des manifestations. De cette période, il garde une volonté de créer du matériel facile à réparer et donc à construire. La production de la Telecaster est réalisée avec cette volonté de simplicité de fabrication ; cette simplicité de fabrication ainsi que la participation de la guitare dans le son du *rock'n'roll* et de la *country* de l'époque lancent définitivement la guitare électrique dans une production de masse. Gibson, qui avait d'abord éconduit Les Paul et son prototype de guitare électrique à corps plein, lance, en partenariat avec ce dernier et deux ans après Leo Fender, la Gibson Les Paul qui allait devenir l'un des modèles les plus importants de la marque.

Ces deux guitares font partie des trois guitares électriques *solidbody* qui sont devenues aujourd'hui des standards⁹⁴. La différence notable de sonorité entre les guitares des deux marques est essentiellement due aux types des microphones utilisés. Cet élément essentiel à la définition du *timbre* d'une guitare

90. Une barre (ou bras) de vibrato est une solution mécanique reliée aux cordes de l'instrument par le chevalet et qui permet de tendre ou de détendre les cordes, modifiant ainsi la hauteur de la ou des notes jouées.

91. Terme représentant les parties situées au-dessus et en-dessous du manche de guitare qui permettaient à son invention de ressembler aux guitares de jazz électriques (guitares *archtop*) de l'époque.

92. En ligne <https://web.archive.org/web/20060424120659/http://www.bigsbyguitars.com/history.html> [consulté le 17/12/2021].

93. Le nom Broadcaster fut abandonné pour celui de Telecaster pour cause de conflit avec des noms de modèles de batteries développées par la Fred Gretsch Manufacturing Company.

94. On peut ajouter à ce duo, la Fender Stratocaster qui sera produite quelques années après la Telecaster.



FIGURE 1.6. La Log de Les Paul, 1941.

électrique *solidbody* est détaillé dans la partie suivante. Rappelons ici, l’anecdote de Les Paul qui dut rajouter des « ailes » à son prototype pour que celui-ci soit considéré comme une guitare. Ce que cette anecdote révèle en creux est le peu d’impact du corps dans la sonorité de l’instrument ou du moins, la prédominance du visuel sur la sonorité du prototype.

Le lecteur désireux d’approfondir précisément ces premières références de guitares électriques *solidbody* pourra se référer à (Navarret, 2013) ainsi qu’à de nombreux livres dédiés à ces instruments.

1.10.3 Les microphones

1.10.3.1 Le principe des microphones magnétiques

La principale technologie utilisée par les microphones de guitare électrique est magnétique. Un microphone magnétique est constitué d’un ou plusieurs aimants (ou d’éléments métalliques magnétisés) et d’une bobine de fil de cuivre enroulée autour des aimants (dont le nombre de tours atteint généralement plusieurs milliers). Cet ensemble aimant(s)-bobine permet de générer un champ magnétique. L’altération de ce champ par le mouvement d’un élément métallique qui le traverse, tel que les cordes d’une guitare électrique *solidbody*, entraîne la génération d’un courant proportionnel au déplacement de la corde et la conversion du mouvement vibratoire de la corde en courant électrique. Cet ensemble aimant(s)-bobine agit comme un [filtre passe-bas](#) électrique passif. Il a donc une fréquence de coupure (qui se situe généralement entre 2kHz et 5kHz (avec l’utilisation d’un condensateur 470pF (Lemme, 2020)) pour des microphones magnétiques de ce type) qui caractérise les fréquences à partir desquelles l’atténuation va s’appliquer. Cette fréquence de coupure agit de manière importante sur le son rendu par le microphone et est fonction du diamètre du fil de cuivre utilisé, du nombre de tours contenus dans la bobine. De plus, plus le nombre de tours est important, plus la fréquence de coupure est basse et plus la tension générée est importante⁹⁵. Il existe deux types de microphones : le microphone à « simple bobinage » (*single-coil*) et le microphone à « double bobinage » (*humbucker*) (Lemme, 2020, p. 81). Les deux parties d’un micro-

95. Une tension plus importante à la sortie du microphone permettra plus facilement, par exemple, de mettre en saturation les lampes triodes du pré-amplificateur d’un amplificateur à lampes (se référer à « [L’amplificateur](#) », 55).

phone à double bobinage sont montées en opposition de phase (les signaux électriques qu'ils véhiculent sont symétriques)⁹⁶. Les microphones à simple bobinage génèrent des bruits parasites lorsqu'ils sont utilisés à proximité d'autres générateurs électro-magnétiques, tels que les transformateurs électriques. Les microphones à double bobinage ont été développés pour permettre, à l'étape de mixage des signaux symétrisés (dans notre cas, cette étape correspond au fil sortant du microphone), la suppression de ces bruits parasites⁹⁷. Le nombre de microphones magnétiques présents sur une guitare électrique est généralement compris entre un et trois (quelques rares exceptions proposent jusqu'à quatre microphones). Ce type de microphone est le plus largement utilisé sur les guitares électriques. A partir des années 1970, des microphones de remplacements sont disponibles. Ceux-ci offrent des variations des différents éléments constituant le microphone entraînant, de facto, le développement de gamme sonore quasi infinie, chaque microphone proposant généralement une fréquence de coupure et une tension de sortie différentes influençant ainsi son rendu sonore.

1.10.3.2 L'évolution des microphones magnétiques

Le microphone développé par George Beauchamp pour la Rickenbacker Frying Pan (Beauchamp, 1937) sera le premier à employer la technique utilisée dans la grande majorité des cas à partir des années 1950, 1960 et encore de nos jours (ce point participe notamment à conférer à cette guitare le titre de « première guitare électrique »). Il sera, de plus, intégré massivement dans les modèles suivant la commercialisation de la Frying Pan. En 1935, Knoblaugh dépose un brevet décrivant le principe du *humbucker* qui lui sera attribué en 1938 (Knoblaugh, 1938). Bien qu'il l'applique au piano, il mentionne que cette technique peut être utilisée avec tous les instruments possédant des cordes métalliques. En avance sur Seth Lover qui, travaillant pour Gibson, dépose son brevet en 1957, de même que la marque Gretsch qui présente son microphone FilterTron

96. Deux signaux en opposition de phase vont avoir, à tous moments, des mouvements opposés. Ils sont donc symétriques.

97. La désymétrisation des signaux symétriques revient à soustraire le signal en phase au signal en opposition de phase. Un parasite capté par un système symétrique s'appliquera, théoriquement, de la même manière à chacun des deux signaux et sera annulé par l'opération de soustraction.

à la foire NAMM⁹⁸ cette même année. A la fin des années 1950, les principaux designs sont déjà présents à travers les quatre marques que sont Gibson (avec le P90 et le *humbucker*), Fender (avec les microphones des Fender Telecaster et Stratocaster), Gretsch (avec les microphones FilterTron) et Rickenbacker (avec le microphone en forme de fer à cheval aussi appelé « *horseshoe* ».). Il est intéressant de noter que certains développements des années 1930 proposent une approche différente en captant les vibrations des cordes par les ondes acoustiques transmises au chevalet et non directement par la déformation du champ magnétique généré par les microphones. C'est le cas des microphones développés par Lloyd Loar pour les guitares de la marque Vivitone. Le système utilisé sur ces guitares correspond à un chevalet en bois fixé sur une lame métallique qui elle-même est reliée par une vis à l'aimant et à la bobine. Le tout étant contenu dans une sorte de « tiroir » qui s'intègre dans la caisse de la guitare (Loar, 1935). Dave Hunter (2008) cite un système développé par Stromberg-Voisinet proposant un microphone électromagnétique directement fixé à la [table d'harmonie](#) et captant les vibrations de celle-ci (p. 12).

1.10.3.3 Les microphones magnétiques à faible impédance

Comme nous l'avons vu, les microphones dont nous venons de décrire le fonctionnement et les premiers développements atténuent les fréquences du son capté à partir de la fréquence située dans le fourchette 2Khz et 5Khz. Cette caractéristique induit un filtrage assez important du son de la corde vibrante notamment dans les harmoniques aiguës. Les Paul, que nous avons déjà mentionné précédemment, développe des microphones « basse impédance »⁹⁹ (Lemme, 2020, p. 128) (par opposition aux microphones décrits ci-dessus et que l'on qualifie de « haute impédance ») dans une volonté d'élargissement du spectre sonore rendu par le microphone.¹⁰⁰ Ces microphones basse [impédance](#) utilisent des bobines de cuivres constituées de moins de tours que pour les microphones

98. Le NAMM *show* est le plus grand rassemblement mondial des constructeurs et fabricants d'instruments et matériels de musique. La première foire eut lieu en 1901.

99. L'impédance d'un circuit avec une source de courant alternative (comme c'est le cas de la guitare) correspond à une approximation de la « résistance globale » d'un circuit. Cette résistance globale est le résultat de la présence des composants électroniques suivants : résistance, condensateur et inductance (Robjohns, 2003).

100. L'[impédance](#) de sortie d'un microphone peut-être comparée à la résistance induite par celui-ci.

haute **impédance**, ils génèrent une tension de sortie moins importante mais ont une fréquence de coupure plus élevée permettant à ces microphones de rendre un son avec un contenu fréquentiel plus riche que ceux des microphones haute **impédance**. Les Paul, dans sa recherche d'un son le plus proche possible du son des cordes, intégrera ce type de microphone dans les Paul Recording ([Burrows, 2013](#), p. 428), Professionnal ([Burrows, 2013](#), p. 412) et Personal. Ce type de microphone est accompagné d'un pré-amplificateur intégré dans l'instrument et dont les contrôles sont accessibles sur la guitare. La marque EMG ¹⁰¹ deviendra, par la suite, la marque spécialiste de ce type de microphone. Nous pouvons noter que les microphones hexaphoniques magnétiques, du fait de la petite taille des cellules de captation (elles possèdent donc une bobine beaucoup plus petite que celle des microphones « haute **impédance** »), entrent dans la catégorie des microphones magnétiques « basse **impédance** ».

1.10.3.4 Les microphones piézoélectriques

Dans les années 1970, les microphones piézoélectriques ¹⁰² pour guitare apparaissent. Ils sont utilisés pour l'amplification des guitares acoustiques ¹⁰³ et pour la création de microphones hexaphoniques ¹⁰⁴. Cette technologie est différente de celle des microphones magnétiques ([Lemme, 2020](#), p. 152). La piézoélectricité utilise la propriété de certains matériaux pouvant générer un courant sous une contrainte de déformation physique. Les microphones piézoélectriques des guitares électriques sont intégrés aux **pontets** du **chevalet** ; ceux des guitares acoustiques peuvent être intégrés sous le **sillet** ou collés sur la **table d'harmonie** de l'instrument. C'est ainsi que toute variation de cette pression de base induite par la corde tendue (ou par la vibration de la **table d'harmonie**) permet la déformation des capteurs et la conversion des vibrations acoustiques en variations électriques. De nombreux modèles génèrent une **impédance** de

101. En ligne <https://www.emgpickups.com/> [consulté le 17/12/2021].

102. L'effet piézoélectrique et son utilisation comme méthode de captation d'un signal acoustique datent, cependant, de la fin du XIX^{ème} siècle avec les travaux de Jacques et Paul Currie sur le microphone à cristal en 1880 : en ligne <https://www.shure.com/pt-BR/shows-e-producoes/louder/the-history-of-crystal-microphones-and-artifacts-from-the-shure-archives> [consulté le 17/12/2021].

103. Cf. la partie « La guitare électro-acoustique », p. 87.

104. Cf. la partie « La guitare hexaphonique », p. 92.

sortie faible et sont accompagnés d'un circuit de pré-amplification proposant ou non des contrôles accessibles sur la guitare.

1.10.3.5 Les microphones optiques

La dernière catégorie de microphones est celle des microphones optiques. Le principe de cette technologie est simple : une LED¹⁰⁵ émet de la lumière qui est reçue par un composant de photo-captation (photo-diode, photo-transistor ou photo-résistance). Le mouvement de la corde (placée dans ce flux lumineux) modifie la quantité de lumière reçue et par conséquent la tension générée. Chaque corde possède son ensemble diode-composant de photo-captation. Les premiers travaux sur ce type de microphones apparaissent dans les années 1970 avec deux brevets en 1973. Le premier est celui de Ron Hoag (1971)¹⁰⁶ et le second celui de Denis A. Faber. Ces technologies connaîtront plusieurs améliorations et seront commercialisées seulement à partir des années 2000. Ce type de technologie est très peu répandue au moment de l'écriture de cette thèse et n'apparaît que chez quelques marques de guitares telles que Willcox Guitar¹⁰⁷. Notons que, malgré son développement limité, une campagne de financement participatif de l'entreprise Light4Sound proposant ce type de technologie a été réalisée avec succès en 2020¹⁰⁸. De plus, du fait que chaque corde ait son dispositif individuel de captation, ce type de microphone peut rapidement devenir hexaphonique.

1.10.3.6 Différentes sonorités

Les différentes technologies employées dans la réalisation de ces microphones induisent de fortes différences en termes de sonorité. Deux éléments entrent en ligne de compte dans cette différenciation : d'une part, le positionnement des microphones étant différents, ils ne captent pas les mêmes choses et d'autre part, les réponses fréquentielles diffèrent grandement. En effet, comme nous

105. Diode électro-luminescente.

106. Des images de ce brevets sont disponible en ligne <https://news.softpedia.com/news/Light-Music-Technology-On-Sale-The-Optical-Pickup-Patent-52851.shtml> [consulté le 17/12/2021].

107. En ligne <https://www.willcoxguitars.com/> [consulté le 17/12/2021].

108. En ligne <https://www.kickstarter.com/projects/light4sound/opikthe-optical-guitar-pickup> [consulté le 17/12/2021].

l'avons vu, les microphones magnétiques haute **impédance** agissent comme des filtres sur le son des cordes qu'ils captent et diminuent, de fait, le spectre fréquentiel capté (c'est d'ailleurs en partie pour cela qu'il existe autant de versions différentes chez les marques proposant des microphones de remplacement¹⁰⁹.) Les microphones magnétiques haute **impédance** ont, de manière générale, une réponse fréquentielle qui s'étend entre 2 et 5 kHz suivant les microphones ; à l'inverse, les microphones piézoélectriques et les microphones magnétiques basse **impédance** couvrent tout le spectre audible (jusqu'à 20kHz) (Zollner, 2014, p. 21). De plus, par leurs positionnements, essentiellement limités au **chevalet** (pour les guitares électriques), la sonorité de ce type de microphone est ainsi directement plus proche du son de la vibration des cordes. Les guitares équipées de tels microphones sont d'ailleurs souvent estampillées de l'expression « sonorité acoustique » ou d'autres termes équivalents. De plus, le positionnement du microphone change le contenu fréquentiel capté par le microphone et donc le son de l'instrument. En effet, les différentes fréquences **harmoniques**¹¹⁰ qui sont générées par le pincement d'une note parcourent la corde avec des mouvements oscillatoires à des fréquences différentes ; changer la position d'un microphone permet à celui-ci de capter différents états d'amplitude de chacune de ces harmoniques et donc des sonorités différentes. Les microphones piézoélectriques étant nécessairement intégrés au niveau du chevalet, ils ne peuvent capter qu'un seul type de sonorité. Les microphones optiques, quant à eux, tels qu'ils sont présentés par la compagnie Light4Sound semblent présenter des caractéristiques sonores similaires aux microphones piézoélectriques.

1.10.4 L'électronique de la guitare électrique

La guitare électrique en plus des microphones présents, intègre de manière générale des éléments de contrôles du flux électrique par le biais de potentiomètres

109. A titre d'exemple, la marque Seymour Duncan, qui est une des principales marques créant des microphones de remplacement, possède 227 références dans son catalogue (26/10/2021).

110. Les notes générés par un instrument de musique sont composées de plusieurs fréquences. La fréquence principale qui donne le nom à la note est appelée fréquence fondamentale ou fondamentale. Les autres fréquences sont des multiples de cette fréquence fondamentale et sont appelées fréquences harmoniques ou harmoniques.

et de sélecteurs. Ces composants permettent de modifier et de « sculpter » le son de base de l'instrument de différentes manières :

- Les potentiomètres permettent, de manière générale, de régler soit le volume (global de l'instrument ou individuel pour chaque microphone), soit la « couleur sonore » (*tone*) du ou des microphones. Le nombre de potentiomètres peut grandement varier d'une guitare à l'autre. Les combinaisons les plus fréquentes sont constituées de 2, 3 ou 4 potentiomètres ; cependant d'autres configurations peuvent être trouvées en fonction des instruments. Le potentiomètre de *tone* s'intègre, en général, dans un circuit de filtrage passe-bas passif¹¹¹ dont il permet de modifier la fréquence de coupure. Ce réglage permet de contrôler la « brillance »¹¹² du son de l'instrument en augmentant ou en diminuant la quantité de hautes fréquences présentes.
- Le sélecteur est un interrupteur à plusieurs positions qui permet généralement de sélectionner le son d'un microphone ou le son résultant d'une combinaison de microphones particulière. Le nombre de positions varie suivant le design électronique de la guitare et suivant le nombre de microphones qu'elle embarque. Changer de microphone ou de combinaisons de microphones permet au guitariste de rapidement changer de sonorité.

La configuration minimum pour ces deux éléments est constituée par un potentiomètre de volume (dans le cas de guitare à un microphone par exemple). Il est difficile d'établir une configuration maximale étant donné que les configurations peuvent drastiquement changer d'une guitare à l'autre. A titre d'exemple, une Fender Stratocaster (dans sa structure classique) embarque trois microphones simple bobinage, un sélecteur cinq positions, deux potentiomètres de *tone* et un pour le volume général. De même, une Gibson Les Paul embarque, de manière générale, deux microphones double bobinage, un sélecteur trois positions

111. Le filtre passe-bas passif est un filtre constitué permettant de laisser passer les basses fréquences jusqu'à une certaine fréquence, appelée fréquence de coupure. Au-delà de celle-ci, les fréquences sont atténuées. Dans l'implémentation électronique qui est intégrée dans la guitare, le potentiomètre permet alors de faire varier la fréquence de coupure sur une plage de valeurs préalablement définies par les valeurs des composants utilisés (un condensateur et une résistance en série).

112. Le terme brillance est un autre terme porté par les discours marketing et que l'on retrouve dans le discours des guitaristes. On le retrouve cependant aussi dans les thématiques d'analyse de signal audio dans lesquelles il fait essentiellement référence au contenu en hautes fréquences du signal observé.

et un ensemble composé d'un potentiomètre de volume et d'un potentiomètre de *tone* par microphone.

En dehors de ces réglages que l'on trouve régulièrement sur la plupart des guitares électriques, peuvent s'ajouter d'autres éléments. La plupart du temps, ceux-ci sont présents sous la forme d'interrupteurs ou de potentiomètres supplémentaires. Ceux-ci permettent de sélectionner différentes caractéristiques des microphones telles que la mise hors-phase des microphones¹¹³, la coupure temporaire du son de l'instrument (*kill-switch*¹¹⁴), le réglage (via un potentiomètre ou un sélecteur) d'un paramètre d'un traitement sonore intégré (tel que sur la guitare Modulator de la marque Shergold (Burrows, 2013, p. 487), par exemple), la sélection d'un programme particulier sur un module sonore externe, etc. Les guitares Fender Jaguar intègrent, par exemple, des potentiomètres et des sélecteurs supplémentaires. Ils sont utilisés (cette utilisation peut varier suivant les différentes versions de la guitare), d'une part, pour alterner entre différents circuits électroniques (*rhythm* et *lead*¹¹⁵) et d'autre part pour couper une bande de fréquences spécifiques dans les médiums. En plus des potentiomètres de volume et de *tone* généraux, le circuit *rhythm* de ces guitares possède ses propres potentiomètres de volume et de *tone*. De même, certaines guitares, notamment électro-acoustiques, peuvent embarquer des réglages d'égalisation (sous la forme de potentiomètre à glissière) permettant de régler le niveau de trois bandes de fréquences (basse, medium, aiguë). d'un système de pré-amplification qu'elles embarquent. C'est notamment le cas de la guitare Godin Multiacs que nous détaillerons plus loin dans ce document.

113. La mise hors-phase d'un microphone correspond à l'inversion du fil de masse et du fil du point chaud d'un microphone. Cette mise hors-phase a une influence sur le son qui est dépendante des autres microphones activés ou non.

114. Le *kill-switch* correspond à un sélecteur utilisé comme un interrupteur pour ouvrir ou fermer le circuit sonore de la guitare et donc de faire entendre ou non le son de la guitare. L'alternance rapide entre la position ouverte et la position fermée procure un effet quelque peu radical de trémolo, notamment mis en avant par le guitariste Tom Morello dans le groupe Rage Against The Machine.

115. Les circuits *rhythm* et *lead* des guitares Fender Jaguar sont deux "couleurs" différentes pouvant être utilisées par le guitariste. Le premier a été conçu, comme son nom l'indique, pour les rythmiques et applique un filtre passe-bas qui diminue fortement la quantité en haute fréquence. Le second, là encore, comme son nom l'indique, a été réalisé pour les moments de *lead* et augmente la quantité de hautes fréquences présentes dans le son de l'instrument. Il faut noter ici que ces deux circuits sont historiquement d'abord introduits dans la Fender Jazzmaster qui précède la Jaguar.

1.10.5 L'amplificateur

Malgré son nom qui suggère une fonction unique, l'utilité de l'amplificateur des instruments électriques est double : il permet d'amplifier et de diffuser le son de la guitare. Deux amplifications se déroulent à l'intérieur de l'amplificateur : la première amplification est appelée « préamplification » et permet d'« ajuster » le son de l'instrument, son timbre caractéristique avant sa diffusion. La seconde amplification est une amplification de puissance. Elle vise à fournir le courant, et donc la puissance électrique, nécessaires pour mettre en mouvement le haut-parleur et ainsi permettre la conversion du son électrique en son acoustique. L'amplificateur est avec la guitare électrique *solidbody* (et ces microphones magnétiques) l'un des éléments importants dans la construction du **timbre** de l'instrument. C'est notamment cet élément qui, avant n'importe quelle pédale de traitement sonore, permet d'appliquer un « premier traitement » au **timbre** de la guitare en donnant, par ses réglages, la possibilité à celle-ci, d'avoir une sonorité claire ou avec plus ou moins de distorsion. Pour avoir une bonne idée de ce qu'implique cette particularité, nous allons détailler la sonorité caractéristique de 3 marques d'amplificateurs qui sont aujourd'hui les marques principales. Bien évidemment, il existe un grand nombre de marques d'amplificateur et la volonté ici n'est pas d'en faire un historique (les données de référence manquent sur ce sujet particulier et beaucoup d'amplificateurs sont des adaptations des amplificateurs des 3 marques que nous allons décrire), mais bien de montrer l'importance des amplificateurs dans la couleur sonore d'un guitariste ou d'un groupe en particulier.

Dès la deuxième moitié des années 1940, Léo Fender crée ses premiers amplificateurs à lampes¹¹⁶ (Princeton, 1947 - Deluxe, 1948 - Professional, 1946). Il définit alors un **timbre** qui sera celui, tout d'abord, de la *country* et de la *musique surf* des années 1950 et 1960, mais aussi du blues électrique de Muddy Waters (Waksman, 1999, p. 113). Ce **timbre** est le fruit de la recherche d'une so-

116. Les lampes présentes dans les amplificateurs sont des lampes triodes. Ce type de lampes est un composant permettant l'amplification du signal. Jusqu'au développement des transistors, elle est le principal élément utilisé dans les amplificateurs. Elle joue un rôle important dans la création du son des premières guitares électriques *solidbody*. Bien que l'amplification qu'elle propose soit non linéaire (celle-ci ne s'applique pas de la même manière sur toutes les bandes de fréquences), cette limitation technique donna au son des guitares électriques *solidbody* un caractère « chaud » et « vivant » dont l'absence sera reprochée à l'amplification par transistor.

norité claire sans distorsion. Il contient moins de fréquences médiums et laisse, de fait, une place plus importante aux fréquences basses et aiguës. Cette sonorité typique se retrouve chez de nombreux guitaristes et il est difficile de n'en citer qu'un spécifiquement. Nous pouvons cependant lister le guitariste de *country* Jimmy Bryant dans les années 1950 (c'est notamment par lui que les ventes de la Telecaster se développent drastiquement (Bacon, 2006, p. 25)), le guitariste de rock et de blues Eric Clapton qui dans la partie solo de sa carrière utilise plusieurs amplificateurs Fender¹¹⁷ ou encore, plus récemment, feu le guitariste de rock Jeff Buckley dont le son découle en grande majorité de ces amplificateurs¹¹⁸. Il faut noter que Fender intègre de base, dès 1955 dans le Tremolux un traitement de **trémolo**¹¹⁹ (Hunter, 2004, p. 11) et en 1963 un traitement de **réverbération**¹²⁰ (Hunter, 2004, p. 13) dans le Vibroverb qui appuieront cette signature sonore caractéristique de la marque¹²¹. Cette remarque est d'importance parce qu'elle signifie que même avant l'arrivée en masse des pédales de **trémolo** et de **réverbération**, ces traitements font partie intégrante de la sonorité de l'instrument. La sonorité claire (certains emploient le terme « cristalline ») typique des amplificateurs Fender est en partie due à la présence d'une boucle de rétroaction négative qui ré-injecte une petite partie du signal de la fin du circuit vers le début du circuit. Cette boucle a pour action d'augmenter la réponse fréquentielle de l'amplificateur, de lisser le signal, d'augmenter la réponse en hautes et basses fréquences et de diminuer la distorsion du circuit¹²².

C'est sur cette caractéristique que se distingue notamment le son des amplificateurs anglais Vox (Vox AC15, 1957 - AC30, 1959) dont le design supprime cette

117. En ligne http://www.claptonweb.com/materiel_amplis_en.php [consulté le 17/12/2021].

118. En ligne <https://www.groundguitar.com/jeff-buckley-gear/> [consulté le 17/12/2021].

119. Le trémolo correspond à une modulation lente par le biais d'un LFO de l'amplitude du signal traité.

120. « La réverbération d'un son est la somme des réflexions du son original sur les parois d'un espace clos. C'est un indice perceptif fort qui nous permet de reconnaître le type de lieu. » (Verfaille, 2001, p. 19.) Le traitement sonore de réverbération permet de modifier la perception du lieu dans lequel le son de l'instrument est diffusé.

121. D'autres marques telles que Ampeg (Ampeg Reverberocket, 1961), Gibson (Gibson 2RT, 1962) ou Magnatone (Magnatone 460, 1962) proposent quelques années avant Fender des systèmes de **réverbération** à ressort intégrés dans les amplificateurs

122. En ligne <https://youtu.be/cniYDKzULc8?t=23> [consulté le 17/12/2021].

boucle de rétroaction négative (en plus des références différentes de lampes triodes et de haut-parleur par rapport à la marque Fender)¹²³. Le **timbre** de ces amplificateurs contient alors plus de fréquences médiums et permet de faire apparaître la distorsion des lampes plus rapidement. Ce type d'amplificateurs répond plus facilement au jeu du guitariste et au potentiomètre de volume de la guitare. Un volume bas sur la guitare ou un jeu piano permet d'obtenir une sonorité claire et sans distorsion, là où l'augmentation du volume de la guitare ou un jeu *forte* permettra de faire apparaître la distorsion et d'augmenter le volume sonore. Ces amplificateurs sont présents chez la plupart des groupes britanniques de la fin des années 1950 et du début des années 1960 (The Shadows, The Beatles ou encore The Who utilisent ces amplificateurs) et définissent en grande partie le son de ces groupes et de ce que les américains ont appelé l'« invasion britannique » pour définir la présence importante de groupes britanniques d'envergure dans les années 1960. Ces amplificateurs sont, par exemple, la source essentielle du **timbre** du guitariste Brian May de Queen¹²⁴.

Par rapport à la sonorité « cristalline » des amplificateurs Fender, le son des amplificateurs Vox est donc plus rapidement distordu. Cette nécessité de volume et de distorsion devient plus précise et plus pressante au début des années 1960¹²⁵. La marque Marshall, se basant sur le schéma d'un amplificateur Fender Bassman¹²⁶, y apporte des modifications pour augmenter le volume sonore en sortie. L'amplificateur Marshall JTM45 devient la référence pour plusieurs guitaristes de cette époque tels que Jimi Hendrix et Eric Clapton. Les amplificateurs de la marque deviennent la signature sonore du guitariste Angus Young du groupe AC/DC¹²⁷. Il faut noter que Marshall intègre au milieu des années 1980 un contrôle de « volume général » (*master volume*) et un système

123. En ligne <https://youtu.be/cniYDKzULc8?t=224> [consulté le 17/12/2021].

124. Les chansons du groupe donnent une bonne idée de la sonorité de ces amplificateurs puisque Brian May n'utilise que très peu de traitements sonores et que ceux-ci n'interviennent que sur des parties très limitées des chansons du groupe. Le guitariste démontre cette sonorité typique : en ligne <https://youtu.be/vyyTBeAmZIc> [consulté le 17/12/2021].

125. En ligne <https://youtu.be/cniYDKzULc8?t=482> [consulté le 17/12/2021].

126. En ligne https://en.wikipedia.org/wiki/Marshall_Amplification [consulté le 17/12/2021].

127. Les chansons du groupe donnent une bonne idée de la sonorité de ces amplificateurs puisqu'Angus Young n'utilise pas d'effet significatif avec.

de changement de canal (*channel switching*¹²⁸). Jusqu'alors le volume général n'est pas présent sur les amplificateurs, ce qui entraîne que le niveau sonore et le niveau de distorsion du signal sont corrélés. En d'autres termes, avant cet ajout, il n'est pas possible d'avoir un son distordu à un faible niveau sonore. Le potentiomètre volume général règle ce problème. Les amplificateurs équipés d'un système de changement de canal possèdent deux canaux aux timbres différents entre lesquels il est possible d'alterner par l'utilisation d'un sélecteur sous forme de pédale. Cette fonctionnalité est importante car elle permet à la guitare d'accéder à deux timbres distincts seulement avec l'amplificateur. Bien évidemment, les différentes sonorités de chaque marque dépendent aussi des lampes et des haut-parleurs utilisés, mais il est intéressant de voir, par cet exposé rapide, comment le son de l'amplification de la guitare dans les années 1950, 1960, se construit par augmentations successives du volume et de la distorsion.

Tout d'abord basés sur divers agencements de lampes triodes, les amplificateurs, comme la plupart du matériel audio, profitent des avantages des transistors et des circuits intégrés. Ceux-ci permettent un gain de place et une linéarité dans la réponse électrique supérieure à celle des lampes. La production de masse des transistors va aussi en faire des composants bon marché pouvant facilement être intégrés dans des systèmes d'amplification. Il faut cependant attendre la fin des années 1970 et le début des années 1980 pour que les transistors soient intégrés de manière régulière. En effet, une différence de timbre notable apparaît entre les deux types de composants et les deux sonorités divisent la communauté des guitaristes : au son « chaud » et non-linéaire des lampes, on oppose le son « froid » et régulier des transistors¹²⁹. Les deux technologies sont toujours présentes aujourd'hui et ont tendance à se répartir, de manière générale, suivant les styles musicaux : le rock et le blues utiliseront plus généralement des amplificateurs à lampes, là où le métal (moderne) et les musiques acoustiques (utilisant des guitares électro-acoustiques) utiliseront plus volontiers des systèmes d'amplification à transistors. Ces deux exemples sont bien évidemment génériques et il est tout à fait possible de trouver des guitaristes de métal utilisant des amplificateurs à lampes et des guitaristes de

128. En ligne https://en.wikipedia.org/wiki/Marshall_Amplification#Competition_from_American_amplifier_companies [consulté le 17/12/2021].

129. En ligne <https://www.sageaudio.com/blog/studio-equipment/differences-tube-solid-state-amps.php> [consulté le 17/12/2021].

blues ou de rock utilisant des amplificateurs à transistors, mais le timbre que chaque technologie procure reste cependant fortement associé à ces styles.

En ce qui concerne la structure physique de l'amplificateur, les différents éléments le constituant peuvent être intégrés au sein d'une même structure ou être séparés en plusieurs éléments matériels (Navarret, 2013, p. 21). Lorsque tous les éléments sont intégrés, on parle alors de **combo** (ou *solid-state amplifier*). Cette forme est l'une des deux formes les plus communes. La deuxième forme la plus commune pour les guitaristes est celle de la **tête d'amplification** qui sépare les hauts-parleurs (qui sont alors intégrés dans un **baffle** ou *cabinet*) de la partie d'amplification (pré-amplification et amplification de puissance). La séparation des trois éléments (pré-amplificateur, amplificateur de puissance et baffle) est plutôt rarement utilisée dans les contextes de *live* mais peuvent se retrouver plus facilement dans les studios d'enregistrement de par l'encombrement qu'ils imposent.

À partir du milieu des années 1990 et du début des années 2000, la sonorité des amplificateurs, comme celle des guitares et des traitements sonores, est modélisée virtuellement et intégrée dans des programmes qui sont exécutés par un ordinateur ou une unité matérielle dédiée. Les amplificateurs sont parmi les premiers éléments qui sont simulés. Ces modélisations sont au départ, telle une mise en abîme, intégrées dans des amplificateurs à transistors (Line 6 AxSYS 212¹³⁰ en 1994), permettant à ceux-ci de « sonner » comme n'importe quel autre amplificateur. Ces numérisations ne semblent pas convaincre complètement lorsqu'elles apparaissent et il faut attendre les évolutions des techniques de modélisations pour qu'elles deviennent convaincantes aux oreilles des guitaristes. Le succès commercial récent du Kemper Profiler¹³¹ est un de ces exemples.

1.10.6 Les unités de traitements sonores

Avant de commencer notre présentation des unités de traitements sonores, nous souhaitons clarifier l'utilisation et l'orthographe de certains termes récurrents présents dans notre document. Tout d'abord, le terme « multieffet » est écrit

130. En ligne <https://www.youtube.com/watch?v=fwaEmt7CVk0> ou <https://www.soundonsound.com/reviews/line-6-ax2-212> [consulté le 17/12/2021].

131. En ligne <https://www.kemper-amps.com/products/profiler/line-up> [consulté le 17/12/2021].

avec différentes orthographes sur les sites spécialisés en audio et en musique. C'est ainsi que l'on trouve des orthographes telles que « multi-effets », « multi effet » ou encore « multi effets ». Cependant, ce mot étant construit autour du préfixe « multi », il s'écrit sans trait d'union¹³². Le mot adjoint au préfixe l'est dans sa forme singulière. Nous utiliserons donc l'orthographe « multieffet » dans la suite de ce texte. D'autre part, bien que le terme *pedalboard* se traduise en français par le terme « pédalier », nous utiliserons, dans ce document, ces deux termes différemment. En effet, le premier (*pedalboard*) fait référence à un ensemble d'unités de traitements ou de contrôle définissant le « son » de l'instrumentiste. Le second (*pédalier*) terme à une connotation plus générique non nécessairement lié au son. Il sera souvent accompagné des termes « de contrôle » ou de « de commande » signifiant un aspect utilitaire. Le *pédalier* peut, en outre, être intégré dans un *pedalboard*.

Les unités de traitements sonores (*effects units*) permettent de modifier le son de tout instrument électrique. Bien que développés au départ pour la guitare électrique *solidbody*, les traitements sonores sont aujourd'hui communs avec d'autres types d'instruments tels que des basses, des pianos électriques, des synthétiseurs ou même des harpes électriques¹³³.

La forme la plus commune des unités de traitements sonores est celle de la pédale d'effet, boîtier, en grande majorité de forme rectangulaire embarquant un interrupteur actionnable au pied, quelques contrôles sous la forme de potentiomètres (en moyenne 3 ou 4) et un connecteur d'entrée et un connecteur de sortie au format Jack 6.35 mm. Enfin, plusieurs traitements peuvent se trouver intégrés dans une même unité, on parle alors de multieffet. Dans ce dernier cas, plusieurs interrupteurs actionnables au pied sont disponibles et peuvent être complétés par une pédale de contrôle continue. L'ensemble des unités utilisées par un instrumentiste se nomme *rig* (même si ce terme fait référence à une réalité plus large incluant, au minimum, la guitare et l'amplificateur) ou *pedalboard* (lorsque les pédales sont centralisées sur une structure matérielle prévue à cet effet et unifiant l'ensemble). Un exemple de *pedalboard* est repris à la figure 1.7. La modification d'un paramètre d'une pédale d'effet nécessite

132. En ligne http://bd1.oqlf.gouv.qc.ca/bd1/gabarit_bdl.asp?id=1533 [consulté le 17/12/2021].

133. Sur ce dernier type d'instrument, le lecteur pourra se référer au travail de la harpiste Lara Somogyi (*Reverb*, 2018) ou encore à la chaîne YouTube de la harpiste Emily Hopkins : en ligne <https://www.youtube.com/c/EmilyHopkins> [consulté le 17/12/2021].



FIGURE 1.7. Exemple de *pedalboard* incluant différentes pédales de traitements sonores.

au guitariste de s'agenouiller et rend le jeu difficile. Les pédales sont donc, la plupart du temps, réglées à l'avance et non modifiées pendant le concert (sauf volonté de l'instrumentiste). Les unités de traitements sonores numériques proposent généralement la possibilité d'enregistrer des configurations (*preset*) qui peuvent être rappelées à la volée pendant la performance. Certaines pédales disposent cependant une entrée supplémentaire permettant de connecter une *pédale d'expression* (forme identique à une pédale de volume que l'on trouve dans d'autres instruments électriques) qui permet de faire varier un ou plusieurs paramètres de manière continue. Les modèles haut de gamme des pédales numériques peuvent proposer un contrôle extérieur numérique de tous les paramètres du traitement par le biais de la norme MIDI. De plus, depuis plusieurs années, on voit émerger sur certaines pédales d'effets des contrôles en tension hérités des synthétiseurs modulaires. Cet héritage se décline au niveau du format des traitements sonores qui, pour certains se trouvent déclinés dans la norme Eurorack¹³⁴ des modules sonores des synthétiseurs modulaires.

134. C'est par exemple le cas de la pédale Afterneath de la marque Earthquaker Devices pour laquelle une déclinaison au format Eurorack existe : en ligne <https://www.earthquakerdevices.com/afterneath-eurorack-module> [consulté le 17/12/2021].

En dehors de la forme hégémonique de la pédale d'effet, la forme *rack*¹³⁵ a été très populaire dans les années 1980. La baie utilisée contient toute une série de traitements sonores au format *rack* qui sont généralement positionnés en arrière de la scène et pour lesquels des *pédaliers* de commande spécifiques sont développés¹³⁶. Cette forme est un vecteur de qualité professionnelle des traitements sonores par rapport aux pédales de traitements sonores de cette époque dont les performances ne sont pas aussi développées. Le système développé par Pete Cornish pour Mark Knopfler (Dire Straits) en 1982 est repris à la figure 1.8.

Même si cette pratique reste marginale, les traitements sonores peuvent être directement intégrés dans les guitares ; ils permettent, alors, un accès simplifié aux paramètres du traitement. Le jeu instrumental est alors moins facilement tenable et nécessite l'utilisation d'un mode de jeu en conséquence (comme par exemple le *tapping* qui permet de libérer une main pour modifier un paramètre du traitement) ou l'attente d'un moment de pause dans la performance. Le guitariste Matthew Bellamy du groupe Muse, par exemple, possède deux guitares de la marque Manson Guitar intégrant des effets directement à l'instrument. La première embarque un Kaos Pad¹³⁷, processeur de traitement sonore numérique qui peut être contrôlé par une dalle sensible détectant la pression et les positions verticale et horizontale du doigt. La seconde intègre un traitement de *fuzz* de la marque Zvex (la Zvex Fuzz Factory¹³⁸).

Les différentes unités de traitements sonores sont généralement connectées en série, les unes après les autres, mais des systèmes parallèles peuvent être mis en place par l'utilisation de pédales de commutation ou de duplication du signal

135. Le *rack* correspond à une baie permettant d'accueillir des effets de studio dont la taille est standardisée. Dire qu'un effet audio est au format *rack* signifie que son boîtier extérieur correspond à la taille en question.

136. Le lecteur pourra se référer au *rig* utilisé par Mark Knopfler dans les années 1980 : en ligne <https://www.mk-guitar.com/2014/05/31/mark-knopflers-effect-rack-of-the-love-over-gold-alchemy-tour-in-198283/> [consulté le 17/12/2021] ou à celui de David Gilmour dans les années 1990 : en ligne http://www.kittrae.net/music/David_Gilmour_Tone_Building_1A.html [consulté le 17/12/2021].

137. En ligne [Manson Guitars MB-1 Standard Matt Bellamy signature guitar review](#), Music Radar, 26/10/2021 [consulté le 17/12/2021].

138. En ligne <https://www.zvex.com/guitar-pedals/fuzz-factory-guitar-effects-pedal> [consulté le 17/12/2021].



FIGURE 1.8. Système de *rack* de traitements sonores développés par Pete Cornish pour Mark Knopfler, 1982.

telles que les boîtiers A/B ou A/B/Y¹³⁹. Des systèmes de boucle d'effets¹⁴⁰ peuvent aussi se retrouver au format pédale d'effet. Ces *boucles d'effet* permettent de connecter un ensemble de traitements sonores qui peut être activé ou désactivé à partir d'un seul interrupteur au pied.

Les listes et les classifications de traitements sonores proposées dans (Verfaillie, 2003) et (Bricout, 2009) permettent de synthétiser la plupart des traitements sonores existants. Les traitements cités dans ces travaux se retrouvent presque entièrement tous sous forme de pédales d'effets ou intégrées dans des *racks* d'effets ou dans des programmes. Les pédales de traitements sonores peuvent se répartir en trois grandes catégories. Le traitement sonore agit soit sur l'amplitude (*trémolo*), soit sur le timbre (*fuzz*, *distorsion*), soit sur la répétition d'une copie retardée (*délai*, *flanger*, etc.) du son de l'instrument. Nous reviendrons plus en détails spécifiquement sur les différents types et sur l'évolution des traitements sonores plus loin dans ce texte¹⁴¹. En effet, ceux-ci, apparaissent aujourd'hui comme un élément incontournable du jeu guitaristique qui permet à l'instrument (mais aussi à d'autres) et aux instrumentistes de s'orienter plus rapidement vers une approche timbrale de l'instrument. L'analyse plus précise que nous apporterons nous permettra de les intégrer dans différentes lignes de filiations que nous développerons dans le chapitre suivant¹⁴².

1.10.7 Un système technique en devenir constant

La guitare électrique *solidbody*, et par extension tout instrument électrique, intègre toute une série d'éléments électroniques (potentiomètres de *tone*, de

139. Ces boîtiers permettent de commuter un signal audio entrée vers un canal (A) ou un autre (B) ou vers les deux en même temps (Y). Ils peuvent par exemple être connectés à des agencements de pédales d'effets et/ou des amplificateurs différents.

140. La boucle d'effet est un système d'abord présent sur les amplificateurs de guitares. Celle-ci s'intègre entre la partie de pré-amplification et l'amplification de puissance. Les traitements sonores peuvent ainsi être appliqués au signal pré-amplifié par l'amplificateur, alors que de manière générale, ces traitements sont appliqués en amont de l'amplificateur. Le principe de la boucle d'effet a été intégré et multiplié dans des *pédaliers* d'activation/désactivation de boucle d'effets. Ceux-ci proposent plusieurs canaux sonores, auxquels un ensemble de pédale d'effets peut-être connecté, pouvant être activés ou désactivés grâce à un seul commutateur. Ce genre de matériel facilite la gestion de plusieurs pédales analogiques en même temps.

141. Se référer à « *Évolution des pédales de traitements sonores* », p. 181.

142. Se référer à « *Les évolutions transverses* », p. 170

volume, microphones, sélecteur, amplificateur, etc.) et amène une séparation fondatrice dans la relation entre le geste instrumental et le son produit. De par la séparation de l'organe d'amplification/diffusion du reste de l'instrument, la guitare électrique *solidbody* se démarque fortement de la caisse de résonance et de la rosace (ou des ouïes) des mutations acoustiques. L'espace créé, comme nous l'avons vu, permet l'intégration d'unités de traitements sonores. Ces unités ainsi que les autres modules électroniques que nous venons de citer font de la guitare électrique *solidbody* non plus uniquement un instrument mais un système technique composé de plusieurs éléments ayant une influence sur le **timbre** généré. Santiago Quintans (2010), pour sa part, utilise le terme d'« instrument réseau ». Bien que ce terme évoque pour nous la thématique de la « communication » qui nous semble moins adaptée dans ce contexte, les idées qu'ils développent sont de même nature :

Elle [la guitare électrique, NDLR] est le générateur d'un « objet » sonore qui va être modelé de plusieurs façons jusqu'à émerger en tant que son. Cette séparation radicale entre « objet générateur » de son et lieu de diffusion constitue un parcours ou les « lieux » de manipulation se multiplient (son acoustique, choix du *pickup*, contrôle de volume et de « tonalité », pédales, et finalement contrôle de timbre et de puissance de l'amplificateur) créant un réseau de contrôle qui permet de sculpter le signal sonore d'une manière complexe avant qu'il devienne « son » (paragr. 7).

Les « lieux de manipulation » qu'il mentionne correspondent, entre autres, aux différents éléments de contrôle qui apparaissent avec les différents modules¹⁴³ électroniques intégrés à l'instrument (réglages présents sur la guitare, sur l'amplificateur ou sur chaque pédale de traitement sonore utilisée). Les trois éléments composants le système technique (instrument-traitements sonores-amplificateur) permettent une grande quantité de variations sonores et de **timbres** possible, notamment par le développement constant de nouveaux traitements sonores. En effet, si les éléments de contrôle présents sur les guitares électriques et sur les amplificateurs n'ont pas radicalement changé depuis les premiers développements de masse des années 1950, le constant développement d'unités de traitements sonores et les différentes possibilités de chaînage qu'ils apportent positionne le système technique « guitare électrique » dans un

143. Nous utiliserons par la suite le terme de « prothèse ». Se référer à « **Le processus d'extériorisation** », p. 122.

devenir sonore constamment mouvant et remis à jour. Bien évidemment, cette caractéristique peut être appliquée à tous les instruments électriques.

1.11 La guitare stéréophonique

Avec le développement de la **diffusion stéréophonique** « grand public » dans les années 1950, des guitares stéréophoniques apparaissent. Pour rappel, la **diffusion stéréophonique** se base sur deux points de diffusion (enceintes ou amplificateurs dans le cas d'une guitare électrifiée) situées généralement à gauche et à droite de l'auditeur. La **diffusion stéréophonique** joue sur la corrélation entre les signaux des deux canaux : si cette corrélation est totale, on a un son qui paraît être au centre de la rampe stéréophonique. Si elle est inexistante, on perçoit un son à chaque extrémité, positionné sur chaque enceinte. Les autres situations conduisent à des perceptions d'un signal plus ou moins unique, positionné à tel ou tel endroit de la rampe¹⁴⁴. La **stéréophonie** se développe dans un contexte de son haute fidélité qui est alors présent dans le marketing des solutions stéréophoniques grand public. Les travaux autour de guitares stéréophoniques s'intègrent dans cette mouvance. Notons ici cependant, que si nous mentionnons la **diffusion stéréophonique** comme contexte dans lequel se développe la guitare stéréophonique, cette-dernière, constitue bien une source, là où la **diffusion stéréophonique** constitue la partie terminale de la chaîne de diffusion. Précisons de même, que le fait que la captation soit stéréophonique, n'entraîne pas nécessairement une **diffusion stéréophonique**. Une opération de mixage de deux canaux de la guitare peut tout à fait être réalisée avant la diffusion monophonique sur un amplificateur guitare par exemple. À l'inverse, le son d'une guitare électrique monophonique peut-être diffusé par une opération de mixage sur un système de diffusion stéréophonique.

Les premières marques de guitares électriques solidbody à se lancer dans l'expérience sont Gibson et Gretsch en 1958 : la première propose sur ses modèles ES-345 (Burrows, 2013, p. 206) et ES-355 (Burrows, 2013, p. 207) une sortie audio distincte par microphone alors que la seconde, avec son système « Project-O-Sonic », intégré sur les modèles haut de gamme 6193 Country Club Stereo (Burrows, 2013, p. 214) et 6136 White Falcon (Burrows, 2013, p. 158),

144. Pour plus de détails sur la stéréophonie, le lecteur peut se référer à (Merlier, 2006, p. 181)

propose une sortie audio pour les cordes graves et une sortie audio pour les cordes aiguës. Ces deux agencements deviennent les archétypes de guitares stéréophoniques qui se trouveront ré-actualisés dans les décennies suivantes : le système « Rick-O-Sound » de Rickenbacker, par exemple, développé au début des années 1960 reprend le concept de Gibson, alors qu'en 1976, la Modulator de Shergold (Burrows, 2013, p. 487) reprend le concept de Gretsch.

Ces deux agencements proposent deux approches différentes permettant, au minimum, le travail plus fin du rendu sonore de l'instrument. En effet, dans les deux cas, l'utilisation de deux amplificateurs permet d'adapter la réponse de chacun au type de signal reçu (signal du microphone placé au niveau du manche ou au niveau du chevalet, signal des cordes graves ou des cordes aiguës). Dans le premier cas (une sortie par microphone), le système d'amplification (caractère sonore particulier de celle-ci, égalisation, volume etc.) peut-être adapté à chaque microphone. Cette configuration se rapproche plus d'une augmentation qualitative du rendu sonore de l'instrument par une corrélation, si non totale, pour le moins forte des deux signaux. En effet, étant donné que chaque microphone de la guitare stéréophonique capte le même évènement sonore (la mise en vibration des cordes), c'est ce même évènement qui est diffusé sur les deux amplificateurs et qui amène une corrélation importante des deux signaux.

Dans le second cas (une sortie audio pour les cordes graves et une sortie audio pour les cordes aiguës), la **stéréophonie** permet d'appliquer une amplification/diffusion différenciée par groupe de cordes. Même si cela peut améliorer le rendu global du son de l'instrument, cet agencement met plus en avant l'espace stéréophonique que la première proposition, par la décorrélation plus marquée que permet ce système (pas obligatoirement de simultanéité et différences de **timbre** entre les notes des cordes graves et des cordes aiguës). En effet, à l'inverse des systèmes stéréophoniques intégrés sur les guitares Gibson, différents éléments sont captés par les systèmes stéréophoniques des guitares Gretsch : d'un côté, la vibration des cordes graves, de l'autre la vibration des cordes aiguës. Il ne s'agit donc pas directement d'une amélioration du rendu sonore de l'instrument mais plus d'une séparation des relations harmoniques et timbrales de l'instrument. Avec un tel dispositif, les différents doigts pour un même accord peuvent être interprétés différemment en fonction de la répartition des cordes sur les points de diffusion ; un jeu en arpège pourrait, quant à lui, se traduire par un aller-retour entre les deux points de diffusion. Cette séparation relationnelle entre les cordes graves et les cordes aiguës actualise la

distance apparue entre le geste effecteur et la diffusion du son de l'instrument au moment de l'électrification de la guitare¹⁴⁵, en proposant un second plan dans la mise en espace et dans la projection sonore. Elle ajoute une nouvelle dimension au triptyque geste-instrument-son produit.

On peut noter ici deux autres guitares dont les conceptions poussent encore plus loin, pour l'époque, le principe de séparation des cordes : la Vega 1200¹⁴⁶ stéréophonique en 1959 propose un microphone en position manche et un microphone en position chevalet pour chaque corde. Ces signaux sont ensuite répartis sur une sortie stéréophonique séparant les cordes graves des cordes aiguës à la manière des guitares Gretsch. Le second système qui est produit en 1965, est intégré dans les Phantom Stereo VI et XII¹⁴⁷ de la marque Vox (respectivement 6 et 12 cordes), guitares possédant trois microphones séparés en cordes graves et en cordes aiguës et deux potentiomètres de contrôle, volume et *tone* par corde. Avec ces guitares, ce sont les premiers microphones et traitements hexaphoniques qui se dessinent. Ajoutons que le microphone Submarine¹⁴⁸ propose une nouvelle approche dans la captation stéréophonique de la guitare. En effet, celui-ci (qui, comme son nom l'indique, a la forme d'un sous-marin miniature) permet de capter séparément le son de deux cordes (soit les deux cordes graves, soit les deux cordes aiguës) en plus de la captation des cordes proposée de base sur l'instrument. Cette approche s'inscrit dans la séparation harmonique et timbrale proposée par les systèmes Gretsch. Le concepteur de ce microphone indique notamment que ce dernier lui permet dans le cadre de concert solo de pouvoir jouer l'accompagnement dans une tessiture se rapprochant de celle de la guitare basse (en transposant les cordes captées d'une octave plus basse) tout en gardant le son normal de la guitare pour la partie mélodique. Quelques années plus tard, cette même marque a produit une version « pro » de ce microphone qui autorise à choisir, pour chaque corde, le canal de sortie (gauche ou droite) auquel celle-ci est raccordée. Dans ce cas, c'est le système de la Vega 1200 qui est repris et actualisé, avec cette fois-ci plus de liberté pour l'instrumentiste qui définit alors des groupes de cordes comme il le souhaite.

145. Cette mise à distance n'existe (logiquement) pas chez les instruments acoustiques.

146. En ligne <http://marksimonguitars.com/albumpg/1959Vega1200Stereo/slides/R1-02043-015A.html> [consulté le 17/12/2021].

147. En ligne <http://www.voxshowroom.com/us/guitar/phanst12.html> [consulté le 17/12/2021].

148. En ligne <https://www.submarinepickup.com/> [consulté le 17/12/2021].

Nous pouvons citer un dernier modèle de guitare proposant une autre utilisation de la [stéréophonie](#), la Parker Fly. Celle-ci embarque deux microphones magnétiques de type double-bobinage et un microphone piézoélectrique (accompagné d'un pré-amplificateur intégré à l'instrument). Cette guitare possède deux sorties : une sortie stéréophonique où le côté gauche concerne les microphones magnétiques et le côté droit concerne le microphone piézoélectrique. Une sortie monophonique propose un mixage entre le son de deux types de microphones. A l'inverse des deux agencements précédents, celui-ci est un agencement mettant en avant deux caractères sonores particuliers. En effet, comme nous l'avons vu la sonorité des microphones piézoélectriques est très différentes des microphones magnétiques¹⁴⁹, le guitariste a donc accès avec cette guitare à deux timbres différents.

Comme nous le remarquons dans les exemples cités, les guitares stéréophoniques se développent de manière éparse au cours des décennies qui suivent l'avènement de la diffusion stéréophonique. Malgré ce développement discret, le second agencement ainsi que les exemples de la Vega 1200 et des Phantom Stereo de Vox, posent les premiers jalons du traitement sonore hexaphonique et d'une nouvelle relation à l'instrument. Ces jalons seront, par la suite, repris et développés dans certaines guitares-synthétiseurs et dans les recherches sur les instruments augmentés.

1.12 La guitare préparée

1.12.1 À l'origine, le piano préparé

Le terme « guitare préparée » apparaît à la suite des travaux du compositeur américain John Cage sur les pianos préparés à partir de 1940. Les préparations qui accompagnent ces pianos consistent en l'insertion d'objets sur, entre ou sous les cordes dans le but d'en modifier la vibration et donc le timbre. Des fils, du papier, du carton, des vis, des billes, des mailloches, des baguettes ou tout autre objet peuvent ainsi être placés à l'intérieur de l'instrument ou utilisés pour mettre les cordes en vibration. Bien que John Cage soit souvent référencé comme l'instigateur de ces travaux, des compositions antérieures à 1940 référencent l'utilisation de préparations. C'est le cas du compositeur fran-

149. Se référer à « [Les microphones](#) », p. 47.

çais Maurice Delage qui dans *Ragamalika* (1912-1922) prévoit l'utilisation d'un morceau de carton pour étouffer le son de la corde de si bémol pour imiter le son d'une percussion indienne ; le compositeur brésilien Heitor Villa-Lobos, quant à lui, demande aux pianistes, dans *Chôro No. 8* (pièce pour deux pianos et grand orchestre, 1925) d'insérer des morceaux de papiers entre les cordes et les marteaux pour modifier le timbre de l'instrument¹⁵⁰. Cage cite, lui-même, les travaux du compositeur américain Henry Cowell comme ayant été des références pour ses propres travaux. Cowell développe en 1922 une technique de jeu particulière qu'il nomma « piano à cordes » (*string piano*). Cette technique implique l'interaction du pianiste directement avec les cordes du piano sans passer par le clavier. Cage développa sa recherche sur les pianos préparés de 1940 à 1954 (Bosseur, 1993) au travers de pièces pour pianos préparés solo, duo ou encore pour ensemble¹⁵¹. Notons ici que l'inventeur belge George Cloetens (1871-1949) développa un système qu'il appela Luthéal (pour lequel il déposa deux brevets en 1919¹⁵²) qui, ajouté à un piano permettait d'en modifier le timbre. Ce système intègre deux types de « préparations » : un mécanisme permet d'étouffer le son des cordes et d'obtenir un son proche du clavecin alors que le second mécanisme vient insérer au milieu de la corde des lamelles métalliques auxquelles sont fixés des morceaux de cuir dans le but de faire entendre la première harmonique¹⁵³ de la note jouée.

Il faut noter que les œuvres et improvisations mettant en oeuvre les préparations utiliseront rapidement toute une série de nouvelles façons de mettre en vibration des instruments utilisés. La guitare préparée n'échappera pas à ces nouveaux modes de mise en vibration des cordes.

150. En ligne https://en.wikipedia.org/wiki/Prepared_piano [consulté le 17/12/2021].

151. Nous pouvons citer entre autres les œuvres *Totem Ancestor* de 1942 qui a été écrite pour une chorégraphie de Merce Cunningham, *A Book of Music* en 1944 composé à la demande de deux pianistes professionnels Robert Fitzdale et Arthur Gold et *Four Dances* en 1943-44 écrite pour la chorégraphe Hanya Holm.

152. En ligne https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_brevets_d'invention_de_Georges_Cloetens [consulté le 17/12/2021].

153. La première harmonique d'une note correspond au multiple de la fréquence fondamentale par 2 et donc à l'octave.

1.12.2 Les préparations appliquées à la guitare

La préparation de guitares se développe à partir des années 1960 et s'applique aussi bien sur les guitares acoustiques que sur les guitares électriques. Les guitaristes et compositeurs Bjørn Fongaard, Keith Rowe et Fred Frith constituent l'avant-garde de ce nouveau champ d'investigation de l'instrument.

Les préparations que l'on trouve sur les guitares peuvent être de tout type et de toute matière (Hopkin et Landman, 2012). Il est ainsi fréquent de trouver des boulons et des écrous, des pinces crocodiles, des épingles à nourrice, des plombs de pêche fixés sur les cordes, mais aussi toutes sortes d'éléments introduits entre, sur ou sous tout ou partie des cordes tels que des feuilles de papier, de carton, d'aluminium, des bouchons, des barres de métal, des baguettes, des crayons, des tournevis, des ressorts ou encore des récipients ou instruments en forme de bol (tels que les bols tibétains), etc. La mise en vibration des cordes peut être de même réalisée par toutes sortes d'objets tels que : des éponges métalliques avec lesquelles les cordes sont frottées, le fil de pêche passé entre les cordes puis tiré, des éléments à moteur/vibreux (petit ventilateur, brosse à dent électrique, téléphone, etc.) pouvant être aussi utilisés directement sur les microphones, des baguettes, mailloches ou tout élément pouvant être utilisé de manière percussive sur les cordes, etc. Les traitements sonores peuvent, bien évidemment, être utilisés en complément de ces techniques et préparations. Un exemple d'utilisation (ainsi que de nombreux autres) de ce matériel hétéroclite chez Keith Rowe est notamment relaté dans son interview pour le site Prepared Guitar¹⁵⁴.

On peut ainsi distinguer à côté de l'instrument des objets tels que des tournevis, des limes à bois, des balles rebondissantes accrochées à une baguette, des cailloux, des ressorts, des barres métalliques, etc. D'autres photographies de guitares préparées sont présentes sur ce site¹⁵⁵.

Dans un souci de pédagogie à destination des guitaristes et des compositeurs, le duo de guitaristes Peter Yates et Mathew Elgart documente les pratiques de préparations pour la guitare acoustique classique qu'ils ont développé ou qu'ils ont rencontré au cours de leurs carrières (Elgart et Yates, 1990). En plus de détails techniques sur la mise en place des préparations et sur le type de timbre

154. En ligne « Keith Rowe 13 questions » [consulté le 17/12/2021].

155. En ligne <http://preparedguitar.blogspot.com/2014/10/prepared-guitar-photo-archive.html> [consulté le 17/12/2021].

qu'elles produisent, les auteurs joignent deux partitions et des considérations pour la notation de ce type de pratiques. Les luthiers Yuri Landman (qui est aussi guitariste) et Bart Hopkins s'adonnent au même type de travail en élargissant la palette des préparations ou des modifications de l'instrument aux guitares électriques (Hopkin et Landman, 2012) (le travail de Yuri Landman s'applique sur ce dernier type de guitares, là où celui de Bart Hopkins s'applique plus aux instruments acoustiques à cordes pincées qu'il crée et dont la guitare fait partie). Notons que de nos jours, l'utilisation de préparations intègre les manuels et les institutions d'apprentissage. En ce qui concerne les méthodes spécifiquement liées à la guitare, nous pouvons noter que celle de Josel et Tsao (2014) intègre un chapitre spécifique sur les préparations.

1.12.3 Les techniques étendues

Les préparations d'instruments que nous venons d'explorer entrent dans une catégorie plus large de techniques de jeu qui sont regroupées sous le terme « techniques étendues » (« *extended techniques* »). Ces « techniques étendues » ne concernent pas uniquement la guitare mais s'appliquent à tous les instruments. Elles pourraient être définies comme : toutes techniques de jeu venant compléter les techniques de jeu « classiquement » utilisées avec un instrument. Le terme « classiquement » est volontairement ambigu puisque ce qui est reconnu comme étant partie intégrante de la pratique d'un instrument dépend du style de musique et du type d'instrument. Ces techniques peuvent être classées en deux types :

- Les techniques empruntées à un autre style et/ou à un autre instrument : les techniques de **tiré de corde**¹⁵⁶ ou de **glissé** sont très communes dans la pratique de la guitare électrique mais le sont beaucoup moins dans celle de la guitare acoustique classique. Pour cette-dernière, elles peuvent donc être classées dans les techniques étendues. De même, l'utilisation d'un archet de violon peut, là aussi, être considérée comme une technique étendue, dépassant la pratique « classique » de l'instrument ;
- Les techniques de jeu créant un timbre dont la hauteur n'est pas facilement reconnaissable (*unpitched*) telles que les percussions appliquées avec la main

156. Le tiré de corde (ou *bend*) correspond à une note attaquée par la main droite dont la hauteur est altérée en faisant glisser la corde sur la frette avec la main gauche (pour un guitariste droitier).

à la caisse de résonance ou celles appliquées aux cordes à l'aide de baguette, mailloche, etc., le frotté¹⁵⁷, certains glissés¹⁵⁸ ou l'utilisation de certaines préparations.

Notons, pour clore cette partie, que les délimitations de ce que recouvre le terme de « techniques étendues », en plus d'être dépendantes du style de musique et du type d'instrument, sont dépendantes de l'époque et de l'évolution de la pratique de l'instrument. La technique du pizzicato Bartók¹⁵⁹, aussi appelée pizzicato « claquant » (*snap pizzicato*) peut être un exemple de cette tendance. Cette technique d'abord appliquée essentiellement aux instruments à cordes frottées est intégrée dans la partie « Guitar Basics » de la méthode de [Josel et Tsao \(2014\)](#) et n'est donc pas (plus) considérée comme une technique étendue de l'instrument. De même, l'exemple du guitariste acoustique Andy McKee (et d'autres tels Don Adler et Antoine Dufour entre autres) est porteur d'une extension des techniques de base de la guitare acoustique. En effet, ce guitariste qui est apparu au grand public au début des années 2000 apporta un renouveau dans la pratique de la guitare acoustique et électro-acoustique en intégrant, là encore de manière intensive, l'utilisation de la technique de *tapping*, de *double-tapping*, du *slap* auxquelles il adjoignit la percussion sur la caisse de l'instrument et sur les cordes ou encore l'appui sur les cordes à partir du haut du manche (à la différence de la technique habituelle qui fait passer la main sous le manche)¹⁶⁰. Cette dernière technique lui permet notamment d'accéder plus facilement à la percussion sur le haut de la caisse. Ajoutons que si Andy McKee est celui qui a donné une visibilité mondiale à ce type de technique, celui-ci présente le guitariste Preston Reed comme sa référence principale. Cette pratique connut un essor important dans le monde de la guitare acoustique populaire.

157. La technique du frotté est une technique qui utilise la main, le doigt ou un objet pour frotter tout ou partie des cordes.

158. Lorsque la technique du glissé est employée en effleurant les cordes, celle-ci produit des timbres dont la hauteur est difficilement définissable.

159. Cette technique est nommée en référence au compositeur Béla Bartók qui fut l'un des premiers à l'utiliser de manière intensive dans ces quatuors d'instruments à cordes frottées à partir de 1928. Elle consiste, à la guitare, à appliquer un étouffement des cordes en appuyant la paume de la main droite sur celles-ci et à pincer très fortement la corde de manière à ce qu'elle « claque » sur le manche.

160. Un exemple d'utilisation de ces techniques peut être entendu, par exemple, sur le morceau *Drifting* de l'album *Art of Motion* paru en 2005. Le guitariste développe plusieurs vidéos dans lesquelles il détaille les techniques utilisées ([TrueFire, 2017a,b](#)).

1.13 La guitare-orgue

Les guitares-orgues apparaissent quelques années après les premières guitares stéréophoniques et sont les premières guitares à utiliser le geste instrumental pour contrôler un timbre différent de celui de la guitare. Avec ce type d'instrument, les notes jouées deviennent des commandes qui contrôlent les notes générées par un circuit d'orgue électronique intégré directement à l'intérieur de l'instrument. Un exemple de ce type d'instrument est repris à la figure 1.9 avec la guitare Vox V251.

L'orgue (acoustique) est l'un des premiers instruments qui supprime la relation physiologico-acoustique directe présente dans tout instrument acoustique (le « continuum énergétique » développé par Claude Cadoz (1999)). En effet, de manière générale, dans le cas des instruments acoustiques, la main, la bouche ou le pied par leurs actions, sur les cordes, les becs, les clés, les anches ou encore les peaux mettent directement des structures acoustiques en vibration. Dans le cas de l'orgue, les mains et les pieds activent différents éléments d'une machinerie complexe permettant de contrôler, essentiellement, le nombre et le type des tuyaux sélectionnés. Le débit de l'air est continu et le jeu de l'instrumentiste sur les claviers, pédales et autre boutons de registres¹⁶¹ mettent en vibration des configurations de tuyaux pré-établies à l'avance. Ces éléments décrivent un instrument mécanico-acoustique. Dans le cas de l'orgue électronique, la pression sur les touches de clavier ferme le circuit électronique qui génère alors le son à la hauteur représentée par la touche enfoncée. Là aussi, des boutons permettent de choisir des timbres ou des caractéristiques sonores pré-définis.

C'est en 1962 que Robert Murrell dépose le brevet pour « guitare électronique » qui lui sera attribué en 1965. Le brevet décrit un système de détection des notes jouées par la modification des frettes, cette détection pouvant ensuite être utilisée pour contrôler un orgue électronique. Dans le cas de la guitare-orgue, les frettes reprennent alors le rôle des touches du clavier de l'orgue électronique. Comme le montre le schéma du manche de la Vox V251 repris à la figure 1.9

161. Un orgue peut avoir plusieurs claviers qui sont raccordés à différents types de tuyaux. Les pédales peuvent avoir plusieurs actions : activation de sons dans le registre grave, contrôle de l'expressivité du son généré, etc. Les boutons de registres, quant à eux, sont des mécanismes qui permettent de sélectionner des jeux particuliers (un jeu est un ensemble de tuyaux produisant le même type de timbre) ou des capacités particulières de l'orgue (tremblant par exemple).



FIGURE 1.9. La guitare-orgue V251 de Vox, 1966.

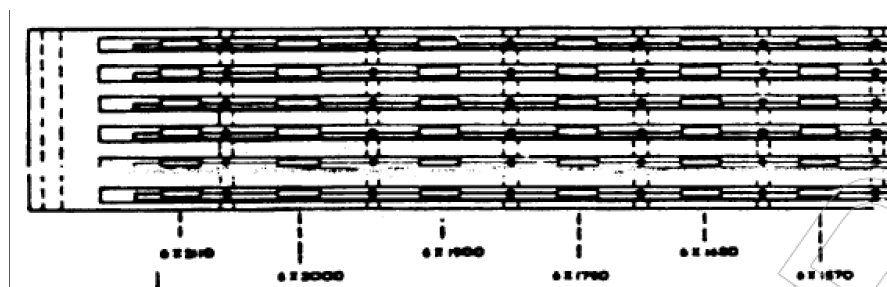


FIGURE 1.10. Représentation technique du manche de la guitare-orgue Vox V251 (Thomas Organ Company, 1967).

(extrait du manuel de réparation (Thomas Organ Company, 1967, p. 13)), les frettes de cet instrument ne correspondent pas à une barre métallique unique mais à un ensemble de 6 petites barres métalliques. De plus, les rectangles indiqués sur chaque case du manche représentent différentes résistances dont les valeurs sont reprises dans le manuel de réparation (Thomas Organ Company, 1967, p. 10). La sélection d'une note par l'appui sur la corde entraîne la fermeture du circuit électronique et l'application d'une résistance égale à la somme des résistances présentes sur les frettes précédant celle qui est sélectionnée. Les différentes valeurs de résistance permettent de faire varier la fréquence du ou des oscillateurs générant le son d'orgue électrique. De plus, chaque corde est connectée à un circuit indépendant, le système est donc polyphonique et supporte le jeu en accord. Ce système permet, d'autre part, de générer des sons sans avoir à attaquer les cordes avec la main droite, technique que l'on retrouvera dans les contrôleurs en forme de guitare¹⁶². D'autre part, la majorité de ces guitares-orgues propose une pédale permettant de faire apparaître ou disparaître le son d'orgue de manière continue au pied. Il faut noter que, de par la structure technique de l'instrument, la technique du *tiré de corde* n'est pas utilisable avec le son d'orgue électronique.

Dès le milieu des années 1960, Vox met sur le marché la V251¹⁶³ (voir figure 1.9) (Burrows, 2013, p. 365), première guitare-orgue. Cette guitare-orge possède deux microphones simple bobinage et les éléments de commandes as-

162. Se référer à « Les contrôleurs en forme de guitare », p. 83.

163. En ligne http://www.voxshowroom.com/us/guitar/guitar_organ.html [consulté le 17/12/2021].

sociés (sélecteur de microphones, potentiomètre de volume et potentiomètre de *tone*). En plus de ces éléments classiques de guitare électrique, de nombreux sélecteurs, potentiomètres et boutons sont présents sur la caisse de cet instrument : le son d'orgue peut-être activé ou désactivé, il peut avoir différentes sonorités pré-définies et peut être transposé selon différentes octaves. De plus, jusqu'à six notes tenues peuvent être ajoutées au son obtenu par le jeu sur le manche reprenant ainsi une fonctionnalité assurée à l'orgue par le *pédalier*. D'autre part, un interrupteur permet d'activer ou désactiver un son de flute et un potentiomètre et un sélecteur forme le circuit de percussion. Ce dernier ne génère pas réellement un son de percussion mais l'effet généré se rapproche d'un *trémolo* plutôt rapide et abrupt, l'onde modulant l'amplitude sonore de l'orgue étant rapidement atténuée pour se rapprocher d'un son percussif. Pour finir, un plectre métallique peut-être connecté à la guitare : le déclenchement du son d'orgue n'est alors plus le fait unique de l'appui sur les cordes, mais de la combinaison de l'appui sur les cordes et de l'attaque de celle-ci avec le plectre. ¹⁶⁴

Quelques autres références de guitares-orgues apparaissent à la suite de la V251. C'est le cas des Guitorgan de chez Musicronics, développé par Robert Murrell, avec des modèles comme la B35 ¹⁶⁵, dans les années 1970, ou la B300 par exemple. Celles-ci reprennent l'idée de séparation des frettes présentes chez Vox mais introduisent des éléments en nylon au niveau des séparations pour reconstituer la frette. Elles intègrent un réglage d'égalisation ¹⁶⁶ (*equalisation*) à quatre bandes et 7 sonorités et/ou effets différents. Aux alentours de cette même période apparaît la Godwin Guitar Organ (Burrows, 2013, p. 477) qui reprend la plupart des fonctionnalités présentées dans les deux précédents modèles et les augmente en fonction des versions.

La guitare-orgue est la première mutation de la guitare à proposer le contrôle du son d'un autre instrument de manière électronique. En dehors du son spécifique de l'orgue électronique qu'il contrôle, le manche de l'instrument ainsi

164. Une démonstration des différentes possibilités de cet instrument peut être visualisée en ligne https://www.youtube.com/watch?v=S5S_xWVzMYM [consulté le 17/12/2021].

165. Une démonstration de ce modèle est disponible en ligne https://www.youtube.com/watch?v=TJ8_7k7sOTg [consulté le 17/12/2021].

166. L'égalisation permet de régler le volume de différentes bandes de fréquence d'un signal audio. Une configuration classique permet de régler le niveau de trois bandes de fréquences : grave, médium et aiguë ainsi qu'un volume général. Cependant, d'autres configurations avec plus de bandes de fréquences existent.

modifié devient une interface de commande générique potentiellement adaptable à n'importe quel instrument électronique.

1.14 La guitare-synthétiseur

Les guitares-synthétiseurs sont, comme leur nom l'indique, des guitares qui peuvent contrôler n'importe quel son de synthèse analogique ou numérique à partir des notes jouées par le guitariste. Elles apparaissent dès la fin des années 1970 et de même que la guitare-orgue, elles intègrent un système de conversion des notes en commandes. Ces commandes permettent de contrôler un synthétiseur sonore, la plupart du temps préexistant et extérieur à la guitare (à l'inverse des guitares-orgues qui intègrent le module électrique à l'intérieur de l'instrument). Deux approches sont cependant à l'œuvre dans les différentes guitares-synthétiseurs : des systèmes qui comme les guitares-orgues intègrent les commandes au niveau du manche et des systèmes qui extraient du son des cordes l'information d'attaque et de **hauteur** de la note jouée.

1.14.1 Évolution de la guitare-synthétiseur

Avant le contrôle de sons de synthèse par la guitare à la fin des années 1970, Tom Mulhern décrit une étape préliminaire (Mulhern, 1995) qui apparaît, selon lui, entre 1972 et 1976. Cette première étape voit le monde des synthétiseurs apparaître dans le monde de la guitare électrique. En effet, les prémices des guitares-synthétiseurs correspondent à des ensembles intégrant plusieurs effets (qui peuvent donc, à ce titre, être considérés comme des multieffets). Même si ces multieffets ne sont pas directement des guitares-synthétiseurs, puisque les instruments ne contrôlent pas de sons de synthèse, ils intègrent les éléments emblématiques des synthétiseurs : les **filtres** et les **générateurs d'enveloppes**. Le EMS Synthi Hi-Fli¹⁶⁷ est un exemple de ce type de pré-guitare-synthétiseur et intègre, entre autres, des traitements de **boost**, de **générateur d'octave**, de **modulation en anneau**, de **fuzz**, de **modulateur de phase** ainsi que différents **filtres** (différents agencements d'un ou plusieurs **filtres résonants**) et la possibilité de contrôler des temps d'attaque (le « A » de l'**enveloppe ADSR**) et de chute (le « D » de l'**enveloppe ADSR**) du traitement.

167. En ligne https://www.gilmourish.com/?page_id=77 [consulté le 17/12/2021].

Les premières guitares-synthétiseurs analogiques correspondent basiquement dans leur structure à une guitare munie d'un microphone hexaphonique magnétique reliée à un synthétiseur, la plupart du temps pré-existant, comme nous l'avons déjà mentionné, avec lequel on interagit généralement avec un clavier (ou via des câbles d'interconnexions¹⁶⁸). L'un des co-fondateurs de ARP, David Friend, mentionne dans le film « Electromotive, the Story of ARP Instruments » de Alex Ball (2020), qu'ils ont commencé le développement de la guitare-synthétiseur parce que les guitaristes cherchaient à avoir les mêmes sons que les claviéristes de l'époque. Il ajoute aussi qu'il s'agissait là pour eux d'une opportunité de marché très intéressante puisque la communauté des guitaristes était beaucoup plus importante que celle des claviéristes.

Un synthétiseur analogique constitue un ensemble de modules électroniques (oscillateur, amplificateur, *filtres*, *générateurs d'enveloppes*, etc.) contrôlables en tension (VCO, VCA, VCF). Les interfaces de commande utilisées (clavier dans la plupart des cas et guitare dans le cas qui nous intéresse particulièrement) possèdent un convertisseur *pitch-to-voltage* ou *conversion note-tension* qui permet la transformation de la *hauteur* de la ou des notes jouées en différents niveaux de tension. Ces différents niveaux de tension connectées à un ou plusieurs oscillateurs, préalablement calibrés, permettent l'émission d'un ou plusieurs sons aux *hauteurs* jouées. Un système de ce type est par exemple présent dans Slavedriver de la marque 360 Systems¹⁶⁹. Ces systèmes, comme le mentionne David Friend (Ball, 2020), sont basés, entre autres, sur des composants logiques : « You were basically building special purpose processors out of discrete logic chips »¹⁷⁰ (1 :18 :31).

Les composants logiques qu'il mentionne arrivent à la suite du transistor et sont des composants électroniques qui permettent, entre autre dans le cas des guitares-synthétiseurs, la réalisation des premières analyses du signal audio. Ce type de composants permettent d'intégrer dans le circuit électronique la

168. On parle alors de synthétiseur modulaire. Celui-ci est constitué d'un ensemble d'éléments réalisant une des opérations de la synthèse sonore (*oscillateur*, *filtre*, *enveloppe ADSR*, *filtre résonant*). Chaque élément et/ou paramètre de l'élément peut être contrôlé par des tensions variables générées par d'autres modules (VCO, VCA, VCF, etc.)

169. En ligne <https://www.matrixsynth.com/2013/03/360-systems-slavedriver-guitar.html> [consulté le 26/10/2021].

170. « Vous deviez quasiment construire des processeurs avec un objectif spécifique uniquement à base de composants logiques. » [traduction de l'auteur].

logique booléenne¹⁷¹ qui est la base de la programmation informatique. Ces composants que l'on appelle aussi « porte logique » possède le plus souvent 2 entrées et 1 sortie (mais d'autres combinaisons avec plus d'entrées existent) et fonctionne selon deux niveaux logiques qui représentent selon les cas, un 1 ou un 0, un circuit ouvert ou fermé, *true* ou *false*. Les deux entrées sont alors comparées de différentes manières (on parle des portes OU, ET¹⁷², NON, etc.) et le résultat est envoyé vers la sortie. La combinaison de plusieurs de ces éléments permet d'effectuer des opérations complexes. Le manuel de réparation de l'Avatar¹⁷³ indique à de multiples endroits l'emploi de portes ou de circuits logiques¹⁷⁴. De même, le manuel de réparation du Roland GR-300¹⁷⁵, indiquant le fonctionnement de la détection de la fréquence de la note jouée, fait mention de l'utilisation d'un comparateur convertissant le signal de la fondamentale (obtenu après l'application d'un **filtre passe-bande** filtrant les harmoniques au-delà de la fréquence fondamentale) en une onde de forme carrée (0 ou 1) dont la fréquence est celle de la fréquence fondamentale¹⁷⁶. Cependant, il ne s'agit que d'un tout petit exemple de l'utilisation d'un composant logique dans les guitares-synthétiseurs. D'abord monophoniques (par exemple, l'ARP Avatar en 1977) les synthétiseurs contrôlés par ces guitares deviennent polyphoniques (e.g, Roland GR-500 (Kakehashi, 1976) (voir figure 1.11(a)) en 1977, Roland GR-300 en 1982) puis numériques (e.g, Roland GM-70 en 1986) en passant par des modèles hybrides utilisant des sons analogiques contrôlés par un système numérique (e.g, Roland GR-700 en 1985).

171. La logique booléenne permet de modéliser des raisonnements logiques en exprimant un « état » en fonction de conditions. Les conditions ET et OU sont les conditions les plus directement compréhensibles. Dans le premier cas, par exemple, il faut que la première et la deuxième conditions soient vraies pour que le résultat soit vrai. Si l'une des conditions est fausse le résultat est faux.

172. Les portes logiques OU génèrent un 1 en sortie si l'une **ou** l'autre des entrées est à 1. Si les deux entrées sont à 0, la sortie est à 0. Les portes logiques ET génèrent un 1 en sortie si l'une **et** l'autre des entrées sont à 1 et donc, par réciprocity un 0 en sortie si l'une des entrées est différente de 1.

173. En ligne https://www.synthxl.com/offwp/Arp_Avatar_service_manual.pdf [consulté le 17/12/2021].

174. Les circuits logiques correspondent à plusieurs unités logiques utilisées dans des circuits intégrés. Elles sont soit dupliquées, soit combinées pour créer une fonction plus complexes.

175. En ligne http://www.synfo.nl/servicemanuals/Roland/ROLAND_G-303_G-808_GR-300_SERVICE_NOTES.pdf [consulté le 17/12/2021].

176. Ce genre de comparateur peut être utilisé pour détecter les passages du signal électrique par 0, un front montant se traduisant par un niveau logique de sortie haut et un front descendant par un niveau logique bas.

Les guitares-synthétiseurs numériques peuvent se présenter sous deux dénominations différentes : les systèmes « *pitch-to-MIDI* » et « les guitares MIDI ». Dans les deux cas, un programme analyse les signaux audio séparés de chaque corde pour déterminer la hauteur des notes jouées et convertir ces hauteurs en notes MIDI¹⁷⁷. Ce système de conversion est une conversion numérique de la technique de conversion *pitch-to-voltage* que nous venons de mentionner pour les synthétiseurs analogiques. Cette conversion numérique entraîne l'utilisation d'un programme et d'un microcontrôleur ou microprocesseur suivant les cas. La différence entre les systèmes *pitch-to-MIDI* et les guitares MIDI est que dans le premier cas, le système de conversion des notes et le synthétiseur sont intégrés dans un boîtier externe (il peut alors être contrôlé par n'importe quelle interface qui respecterait la structure des signaux électriques attendue). C'est le cas, par exemple, du Roland GM-70 et de l'Ibanez MC-1. Dans le second cas, seule la conversion des notes jouées en MIDI est présente et est directement intégrée à la guitare. Un connecteur DIN 5 broches (spécifique à la norme MIDI) est intégré à la guitare et rend l'instrument compatible avec n'importe quel synthétiseur intégrant la norme MIDI. C'est le cas, par exemple, de la guitare Casio MG-500 (Trask, 1987). De même que pour les synthétiseurs analogiques, les sons des guitares-synthétiseurs numériques sont souvent les mêmes que ceux des synthétiseurs commandés par des claviers : le Korg Z3 utilise, par exemple, une puce de synthèse FM (Yamaha YM2414 composée de 8 canaux FM utilisant chacun quatre opérateurs¹⁷⁸) présente dans les Yamaha TX81Z et DX-11. Les synthèses utilisées dans les différentes guitares-synthétiseurs suivent l'évolution présente dans les synthétiseurs utilisant un clavier. Les différents systèmes décrits ci-dessus ne sont pas tous de qualité comparable et nombre

177. La norme MIDI émane d'un consortium de fabricants emmené entre autres par les entreprises Roland (Ikutaro Kakehashi) et Sequential Circuits (Dave Smith), la volonté de départ de ce consortium étant de créer un système de synchronisation et d'interconnexion entre instruments électroniques. Smith et Wood (1981) ont présenté une première version de ce système qui fut adopté en 1982 comme standard. Il est à la fois un protocole de communication permettant de faire communiquer simplement les machines et logiciels qui l'intègrent et une norme de représentation d'une partition musicale réduisant chaque note à des messages numériques note-on/note-off spécifiant la note jouée et l'amplitude de celle-ci.

178. Les opérateurs de la synthèse FM sont l'unité de base de cette technique de synthèse. Ils sont composés d'un oscillateur, d'un amplificateur contrôlé en tension et d'un générateur d'enveloppe (évolution de l'amplitude du signal généré dans le temps).

d'entre eux détectent mal les notes jouées et/ou induisent de la *latence*¹⁷⁹ (pour les systèmes numériques). Ce manque de constance dans la qualité des différents développements entraînent une désaffection de la part du public et c'est la constance des développements de la marque Roland (qui est la principale référence pour ce type d'instrument) qui permettra à cette mutation de ne pas disparaître.

Nous pouvons noter ici, qu'avec les systèmes *pitch-to-MIDI*, les premiers microphones hexaphoniques accompagnés des éléments électroniques nécessaires (potentiomètres, sélecteur et connecteur pour la plupart) adaptables sur la plupart des guitares sans modification préalable de l'instrument apparaissent (Roland STK-1GR en 1984, Korg ZD3 en 1989, Fishamn Triple Play en 2013, etc.). Bien que l'intérêt des firmes les commercialisant soit de pouvoir transformer « facilement » n'importe quelle guitare électrique en guitare-synthétiseur et ainsi d'étendre le nombre d'utilisateurs de leurs produits, cela a permis, d'une part, à des marques existantes de proposer des modèles prêts à l'emploi pour contrôler les synthétiseurs (c'est par exemple le cas de Gibson avec la Les Paul "Studio Custom" Roland Ready Synthesizer Controller et la Explorer Guitar Synthesizer) et d'autre part, l'appropriation par les guitaristes, luthiers et ingénieurs des possibilités de ce type de microphones¹⁸⁰ et la création de matériel différent des modules de synthèse présents sur le marché.

Ajoutons pour conclure que dans le cas de systèmes de conversions *pitch-to-voltage* ou *pitch-to-MIDI*, les gestes du musicien sont réduits à des informations caractéristiques (hauteur de la note, attaque de la note, fin de la note, vitesse) et limitées par rapport à la finesse d'un geste instrumental d'un guitariste professionnel par exemple. Quelques systèmes, tels que la barre *whammy* virtuelle de la guitare Ibanez IMG2010¹⁸¹ ou la possibilité de créer sur le manche des zones spécifiques auxquelles peuvent être assignées des sons de synthèse différents tels que sur les système Axon AX50 USB¹⁸² ou AX100 USB, permettent,

179. La latence correspond au temps mis par la numérisation, l'analyse et le traitement du son. Lorsque ce temps est trop long, le musicien sent un décalage entre le moment où il a joué et le moment où il entend le son produit.

180. Pour la plupart des références citées précédemment se référer à : en ligne <http://www.joness.com/gr300/> [consulté le 17/12/2021].

181. En ligne <https://www.joness.com/gr300/img2010.htm> [consulté le 17/12/2021].

182. En ligne <https://www.soundonsound.com/reviews/terratec-axon-ax50-usb> [consulté le 17/12/2021].

cependant, d'augmenter le vocabulaire des gestes utilisables pour contrôler les sons de synthèse.

1.14.2 Les contrôleurs en forme de guitare

Parallèlement à ces systèmes basés sur l'analyse numérique des signaux électriques hexaphoniques, se développent des « contrôleurs » dont la forme tire une inspiration plus ou moins appuyée de la guitare. Avant de détailler ces différents dispositifs, il faut noter que le terme « contrôleur » est un anglicisme dérivé du terme « *controller* » que l'on pourrait traduire par « commande » ou encore « interface de commande ». Dans la suite de ce texte, ces différents termes (ou équivalents) feront référence au même type de dispositif. Les SynthAxe (Burrows, 2013, p. 606), repris à la figure 1.11(b)), et Stepp DG1 (Burrows, 2013, p. 605) développés en 1986 sont des exemples de ces dispositifs de commande qui reprennent de manière plus ou moins marquée la forme de la guitare électrique. Comme les systèmes précédents, ces contrôleurs ne produisent pas de son mais doivent être associés à des générateurs sonores externes. Leurs formes marquent fortement leurs différences par rapport aux guitares électriques « classiques ». Dans le cas de la SynthAxe, le manche forme avec le reste du corps de l'instrument un angle d'environ 120 degrés ; deux groupes de cordes sont, de fait, présents : celui du manche et celui du corps de l'instrument. La Stepp DG1 reprend des principes identiques mais les cordes du corps restent dans l'alignement du manche. Le corps de chaque instrument s'éloigne fortement de celui d'une guitare électrique avec la présence d'un grand nombre de boutons permettant de sélectionner différentes configurations sonores. Ces dispositifs s'appuient sur un système de détection des notes intégré au manche qui s'inspire des systèmes utilisés dans les guitares-orgues¹⁸³. Des cordes de longueurs réduites sont utilisées pour garder le mode d'interaction principal de l'instrument et pour détecter le début de chaque note. Cependant, certaines configurations (nommées suivant les modèles « *Keyboard Mode* » ou « *Mode Clavier* ») de ces dispositifs de commande permettent de déclencher les sons de synthèse directement à partir du contact effectué sur le manche (là encore, comme pour les guitares-orgues).

Un autre exemple de contrôleur est celui de la Yamaha G10 (O'Donnell, 1988). Celui-ci intègre plusieurs capteurs pour obtenir la conversion MIDI du jeu

183. Se référer à « *La guitare-orgue* », p. 74.

instrumental. Un système de captation par ultrason est utilisé pour détecter la position du doigt et ainsi la frette jouée. Ce système de captation utilise le même principe de calcul de la distance que celui des sonars. Dès que l'ultrason émis rencontre un obstacle (le doigt qui appuie sur une corde), l'onde est réfléchi et captée par le récepteur. Le temps entre l'émission et la réception du signal réfléchi permet de retrouver la distance entre le capteur et la main et donc, la frette sur laquelle le doigt a appuyé. Il faut noter ici que l'émission de la fréquence ultra-sonique et la captation de son écho sont réalisées par un élément piézoélectrique (Takabayashi et al., 1988) sur laquelle la corde est posée au niveau du chevalet. En plus de ce système de captation particulier de la frette jouée, un microphone magnétique permet de capter la *vélocité*¹⁸⁴ de la note jouée (Yamaha appelle ce microphone le « *String Velocity Sensor* ») et un autre utilise un système optique (équivalent à ce que nous avons détaillé pour les microphones optiques) pour détecter les *tirés de corde*. A ceci s'ajoute toute une série de potentiomètres et de boutons ainsi qu'une barre de vibrato virtuelle (du même ordre que celle présente sur l'Ibanez IMG2010) et un connecteur permettant de brancher un capteur de souffle¹⁸⁵ de type Yamaha BC1 ou BC2¹⁸⁶. Ce système, pour appuyer sa différence avec les systèmes *pitch-to-midi* et avec les guitares MIDI, était annoncé avec une latence inférieure à 1 ms.

Ces interfaces de commande représentent des instruments aphones dans le sens où Romain Bricout (2011) l'entend : qui ne produisent de son que s'ils sont connectés à un synthétiseur ou à un générateur sonore répondant à la norme MIDI (e.g. *sampler*, boîte à rythme, etc.) (paragr. 6). Il faut cependant noter, que dans le cas de la Stepp DG1, le synthétiseur est directement intégré à la guitare alors qu'il est externe dans le cas du SynthAxe (Denyer, 1987). Notons aussi, que le cas des systèmes *pitch-to-MIDI* ne constituent des instruments que partiellement aphones puisque le son de la guitare peut être utilisé conjointement aux sons de synthèse.

184. La *vélocité* correspond à la vitesse avec laquelle la ou les notes sont jouées.

185. Un capteur de souffle capte les changements de pression qui lui sont appliqués par la variation du souffle.

186. Dans ce type d'utilisation le souffle de l'instrumentiste contrôle l'amplitude des notes jouées. Ce genre de capteur est aussi utilisable sur les synthétiseurs de type « clavier » de la marque.

1.14.3 Les développements récents

Depuis les années 2000, les modules générant le son des guitares-synthétiseurs sont présents sur des ordinateurs par le biais de programmes avec interface graphique (Fishman Triple Play¹⁸⁷ et Jam Origin MIDI Guitar en 2012¹⁸⁸) ou dans des versions moins développées, sous forme de pédales d'effets ne nécessitant pas de microphone hexaphonique. D'autre part, les systèmes *pitch-to-MIDI* sont maintenant utilisables à partir d'un microphone monophonique (Roland SY-300, logiciel Jam Origin MIDI Guitar) rendant, *de facto*, obsolète l'utilisation d'un microphone hexaphonique pour le contrôle de sons de synthèse. Les contrôleurs dont la forme est inspirée de la guitare poussent encore plus loin les concepts développés dans les années 1980 en s'éloignant de plus en plus des éléments physiques composant la guitare, notamment par le remplacement des systèmes de captation des contacts frettes/cordes par des simples boutons. Le dispositif se rapproche alors du clavier comme le souligne la compagnie Starr Labs dans la description de son modèle Z6S¹⁸⁹ : « Pluck and strum it like a guitar or tap it like a keyboard. »¹⁹⁰ Les modèles de cette entreprise gardent cependant les cordes présentes comme sur les interfaces de commande en forme de guitare des années 1980. Le modèle Kitara de la compagnie Misa Digital¹⁹¹, cependant, va plus loin en supprimant entièrement les cordes et en les remplaçant par un écran tactile sensible à la pression de plusieurs doigts. Avec ce dernier exemple, on assiste au remplacement complet des composantes acoustiques de la guitare par des capteurs électroniques qui restent intégrés à la forme de l'instrument. Il est en effet intéressant de noter que là où les contrôleurs en forme de guitare des années 1980 cherchaient à montrer physiquement leurs différences tout en gardant présentes les cordes de l'instrument, les contrôleurs actuels cherchent à garder la forme de l'instrument en supprimant tous les éléments vibratoires de l'instrument.

187. En ligne <https://www.fishman.com/tripleplay/> [consulté le 17/12/2021].

188. En ligne <https://www.jamorigin.com/> [consulté le 17/12/2021].

189. En ligne <https://www.starrlabs.com/product/z6s/> [consulté le 17/12/2021].

190. « Pince et gratte les cordes comme sur une guitare ou utilise les touches comme sur un piano. » [traduction par l'auteur].

191. En ligne <https://misadigital.com/products/kitara> [consulté le 17/12/2021].

1.15 La guitare électro-acoustique

Comme nous l'avons introduit précédemment une guitare électro-acoustique est une guitare acoustique qui a été électrifiée par l'ajout d'un microphone lui permettant de convertir en courant électrique les vibrations acoustiques des cordes en vue d'être amplifiées et diffusées par un amplificateur. L'amplification du son de la guitare permet à l'instrument de pouvoir s'adapter au niveau sonore des autres instruments dans des contextes d'ensembles ou d'être entendu dans des contextes de diffusion de grande taille ou ouverts sur l'extérieur. Les premières guitares électriques dont nous avons parlé précédemment sont électro-acoustiques¹⁹² (Gibson ES-150, guitares Vivitone, etc.), cependant le terme « électro-acoustique » n'apparaît que dans les années 1970. En effet, les premières guitares acoustiques électrifiées du début du XX^e siècle sont dès le départ dites « électriques » et l'arrivée de la guitare électrique à corps plein à partir des années 1950 nécessitera l'ajout du terme *solidbody* pour opérer la distinction. Avec le développement de masse de la guitare électrique *solidbody*, on assiste à un glissement référentiel à partir duquel le terme « guitare électrique » fait essentiellement référence à ce type de guitare électrifiée. L'utilisation du terme « électro-acoustique » comme qualificatif de l'instrument à partir des années 1970 agit comme un élément différenciant. Ce terme fait donc exclusivement référence à des guitares acoustiques dans lesquelles sont intégrées un microphone, un connecteur Jack 6.35 et la plupart du temps un pré-amplificateur (les microphones sont donc actifs) ; il s'agit là, d'un système invasif intégré de façon permanente à l'instrument. Cependant, à la différence des guitares électriques *solidbody*, cette intégration permanente n'annule pas la possibilité de jouer la guitare de manière acoustique, sans la brancher à un système d'amplification.

De plus, l'apparition de ce terme met en exergue le développement des systèmes de captation et d'amplification spécifiquement dédiés aux guitares acoustiques. Pour rappel, l'amplification d'une guitare acoustique est plus complexe que celui d'une guitare électrique d'une part, comme nous l'avons vu, parce que ces guitares sont plus sujettes aux [boucles de rétroaction sonore](#) (ou « effet Larsen ») et d'autre part, parce que la réponse fréquentielle de l'instrument est plus riche que la guitare électrique *solidbody* qui, elle, cherche à éliminer les vibrations du corps de l'instrument. Les systèmes de captation des guitares

192. Se référer à « [Premières électrifications](#) », p. 39.

électro-acoustiques sont donc plus précis que ceux des guitares électriques et les systèmes de diffusion à même de rendre un spectre plus large. Ces deux éléments sont basés sur des systèmes haute fidélité capables de rendre les évolutions fréquentielles subtiles de la conception acoustique de l'instrument.

Dans le sillage de ces systèmes directement intégrés dans l'instrument sont apparus des systèmes non invasifs et ne nécessitant pas la modification de l'instrument. Ces systèmes de captation entrent dans la problématique plus large de la captation de la guitare acoustique pour la diffusion du son par le biais d'un système électrique. De fait les guitares munies de ces systèmes non invasifs seront considérées dans la suite de notre travail comme des « guitares acoustiques électrifiées » et non directement « électro-acoustiques ». Les éléments utilisés pour capter le son acoustique de la guitare peuvent être de type piézo-électrique, céramique, magnétique à condensateur ou un ensemble de tout ou partie de ces différents types de captation. Ils peuvent être placés à l'intérieur de l'instrument (tels les systèmes B-Band AST ou K&K Pure Classic¹⁹³ repris dans (Schneider, 2015b, p. 67)), sur celui-ci ou y être extérieurs (microphone à condensateur sur pieds, par exemple). Le son peut être capté au niveau du chevalet, au niveau de la table d'harmonie ou encore au niveau de la rosace. Certains systèmes permettent de fixer sur la guitare un microphone extérieur dont l'orientation peut être adaptée (tel le DPA 4099G¹⁹⁴ repris dans (Schneider, 2015b, p. 68)). Là où les positions des différents microphones d'une guitare électrique à corps plein permettent de capter des timbres et des sonorités différents, l'utilisation de plusieurs sources et de types de captations sur une guitare acoustique permet de rendre une image sonore plus large et plus détaillée de la richesse vibratoire de l'instrument. Notons que les microphones magnétiques listés ici sont très proches en terme de forme des microphones magnétiques des guitares électriques *solidbody*. Cependant, d'une part, leur intégration n'est pas invasive (ils se fixent sur la rosace et peuvent être facilement retirés) et d'autre part, certains d'entre eux intègrent des systèmes spécifiques permettant de limiter le phénomène de **boucle de rétroaction sonore** tel que le microphone M1 active de chez LR Baggs¹⁹⁵ par exemple.

193. En ligne <https://www.kksound.com/pure-pickup> [consulté le 17/12/2021].

194. En ligne <https://www.dpamicrophones.fr/instrument/micro-instrument-4099> [consulté le 17/12/2021].

195. En ligne <https://www.lrbaggs.com/pickups/m1-acoustic-guitar-pickup> [consulté le 17/12/2021].

1.16 La guitare à vibration infinie

La guitare, comme nous l'avons vu au cours de ses multiples évolutions, reste un instrument à cordes pincées et à vibration finie. Cela signifie qu'une fois les cordes mises en vibration, leurs sons s'atténuent jusqu'à disparaître. La recherche de méthodes pour augmenter la longueur des notes jalonne les différentes étapes du développement de l'instrument (amplification, [distorsion](#), [boucle de rétroaction sonore](#), etc.). Cependant les guitares présentées ci-dessus sont spécifiquement celles qui intègrent des dispositifs électroniques ou électromagnétiques permettant de faire vibrer et d'entretenir le son des cordes indéfiniment.

Parallèlement au développement des synthétiseurs analogiques, apparaissent, à partir de la fin des années 1960, deux appareils, l'un électronique et l'autre électro-mécanique, permettant de maintenir indéfiniment le son d'une ou plusieurs cordes. L'*Ebow* (pour *Electronic Bow* ou archet électronique) est une prothèse électronique construite autour d'un capteur (microphone magnétique pour une seule corde), d'un amplificateur et d'un actuateur (microphone magnétique dont le branchement est inversé). Le microphone monophonique monocorde capte le son de la corde jouée. Celui-ci une fois converti en tension est amplifié et envoyé à l'actuateur, qui génère en retour un champ magnétique à même d'entretenir le son de la corde jouée. Le système une fois mis en vibration entre dans une boucle de rétroaction sonore entraînant le son infini. Cette prothèse est utilisable à la main et met en vibration une seule corde à la fois. L'*Ebow* se place en s'appuyant sur les deux cordes jouxtant la corde mise en vibration de sorte qu'il n'est plus possible de les jouer. Une seconde version du *Ebow* intègre un sélecteur permettant de choisir si la corde est mise en vibration à la fréquence de la note jouée ou avec une transposition d'un octave plus haute. Cette prothèse est restée pendant de nombreuses années la seule prothèse disponible permettant ce genre d'action sur une seule corde. Il a fallu attendre l'année 2018 pour que la marque TC Electronic mette sur le marché sa version (TC Electronic Aeon¹⁹⁶) d'une prothèse, utilisable à la main, permettant la mise en vibration infinie d'une corde. La seconde prothèse, le Gizmotron¹⁹⁷ utilise une approche électro-mécanique pour maintenir le son

196. En ligne <https://www.tcelectronic.com/product.html?modelCode=PODAS> [consulté le 17/12/2021].

197. En ligne <https://www.gizmotron.com/> [consulté le 17/12/2021].

d'une note indéfiniment. Le dispositif est intégré sur la guitare au niveau du chevalet de l'instrument et embarque des touches (dans l'idée des touches d'un piano) au-dessus de chaque corde. Une fois enfoncées, les touches activent un moteur qui met en vibration une roue dentelée amenée par le même mouvement d'appui au contact de la corde. Le mouvement circulaire de la roue dentelée ainsi en contact avec la corde génère une vibration infinie de la (ou des) corde(s)¹⁹⁸. Bien qu'inventé au milieu des années 1970 par Lol Creme and Kevin Godley¹⁹⁹, ce dispositif sera rendu accessible au grand public en 1979. Il sera notamment utilisé par Jimmy Page sur l'album *In Through the Out Door* (1979), dernier album du groupe Led Zeppelin. Bien que tombé dans l'oubli à cause d'inconsistances au niveau de sa fabrication et de sa fiabilité, une nouvelle version de cette prothèse apparaît en 2016 après trois années d'études et d'améliorations du design original.

A partir des années 1980, le principe du *Ebow* est repris et appliqué aux six cordes. Le guitariste et inventeur canadien Mickaël Brook développe la Infinite Guitar, guitare modifiée intégrant un système de vibration infinie des six cordes. Il développera deux guitares supplémentaires de ce type, une pour le guitariste et producteur de musique Daniel Lanois et une pour le guitariste The Edge de U2. Ce dernier utilisera la guitare sur le morceau *With or Without You*²⁰⁰. Parallèlement au développement de cet instrument, Alan Hoover et Gary Osborn de l'entreprise Maniac Music développèrent le sustainiac dont une version fut inspirée par l'Infinite Guitar de Brooke²⁰¹. Plus tard, la marque Fernandes développa son propre sustainer.

En 2010, l'ingénieur Paul Vo crée, à partir de notes prises par Robert Moog²⁰² avant sa mort, la guitare Moog qui intègre un *sustainer* et des filtres spécifiques qui ont fait en partie la renommée de la marque. Paul Vo pousse plus

198. Dans cette même approche électro-mécanique, nous pouvons rappeler l'utilisation dans les pratiques de guitares préparées d'éléments motorisés (brosse à dent électrique, vibreur, etc.) directement en contact avec les cordes. Le guitariste Paolo Angeli utilise, par exemple, un mini ventilateur modifié duquel il peut régler la vitesse et sur les pales duquel il vient coller des fils plastiques. Ces fils plastiques, une fois le ventilateur mis en vibration, sont mis en contact avec une (ou plusieurs) corde(s) pour activer la (ou les) mis(es) en vibration.

199. En ligne <https://www.gizmotron.com/aboutus> [consulté le 17/12/2021].

200. U2, *The Joshua Tree*, 1987.

201. En ligne Looper's Delight mailing list archive : Some Sustainiac history, <http://www.loopers-delight.com/LDarchive/200008/msg00268> [consulté le 17/12/2021].

202. Robert Moog est l'un des premiers, avec Don Buchla, à avoir inventé le synthétiseur.

loin le développement du *sustainer* de la guitare Moog et le commercialise sous le nom VO-96²⁰³. Cet appareil s'intègre dans une guitare acoustique à cordes métalliques entre le chevalet et la rosace et permet, en plus de la vibration infinie des cordes, de modifier les **harmoniques** mis en vibration. Des contrôles accessibles sous forme de potentiomètres linéaires ou de boutons permettent d'accéder à différents paramètres : pré-configurations des harmoniques vibrants, balance entre le niveau des harmoniques bas et des harmoniques aigus, modulation/arpège des harmoniques, etc. Une seconde invention mise sur le marché un an après (2017) reprend une partie des principes présents dans le VO-96 et l'intègre dans un système manuel monocorde d'une tenue proche du stylo, le EMPick²⁰⁴.

Ajoutons, avant de conclure, que certaines marques de guitares (comme les marques Fernandes ou Kramer (Burrows, 2013, p. 635)) proposèrent une gamme de guitare intégrant directement un *sustainer* et que d'autres développèrent des modèles signatures²⁰⁵ : c'est le cas, par exemple, de la marque Parker qui développa un modèle pour le guitariste Adrain Belew²⁰⁶ intégrant un Sustainiac et récemment de la marque Fender qui développa en 2020 un modèle Stratocaster, intégrant un *sustainer* de la marque Fernandes, pour le guitariste Ed O'Brien du groupe Radiohead.

Ce qui apparaît clairement après la présentation de ces différentes prothèses de mises en vibration infinies des cordes est que ce type de système amène la guitare de plus en plus vers les synthétiseurs analogiques avec leurs modules oscillatoires. Du simple contournement de l'aspect fini du **tenue du son** de la guitare par des systèmes monophoniques (EBow, Aeon) puis polyphoniques (Infinite Guitar, Sustainiac, Fernandes Sustainer), on arrive, avec les systèmes de Paul Vo à des systèmes de mise en vibration infinie polyphoniques et paramétrables se rapprochant des synthétiseurs. Il est intéressant de noter qu'un mouvement opposé, ou symétrique, s'opère entre les guitares munies de sys-

203. En ligne <https://voinventions.com/vo-96/> [consulté le 17/12/2021].

204. En ligne <https://voinventions.com/join-wond2-project/> [consulté le 17/12/2021].

205. Les guitares signatures sont des guitares développées spécifiquement pour des guitaristes connus et permettent à la marque de gagner en visibilité auprès d'une communauté particulière ou d'asseoir sa notoriété.

206. Adrian Belew est notamment connu comme membre du groupe de rock progressif King Crimson mais a aussi eu une carrière importante en tant que guitariste de studio et de tournée pour David Bowie, Frank Zappa, les Talking Heads, entre autres, ainsi qu'une carrière solo.

tème de vibration infinie et les synthétiseurs : les premières, par la finitude de leur **tenue du son** cherchent à aller vers le son continu, alors que les synthétiseurs de part leur nature continue cherchent à mettre en place des dispositifs de contrainte, de discrétisation du flux audio incessant de leurs générateurs²⁰⁷. Notons pour clore cette partie, que le Gizmotron est la seule prothèse présentée ici proposant une mise en vibration infinie et une activation/désactivation indépendante pour chaque corde. Les autres systèmes polyphoniques de mise en vibration infinie des cordes s'appliquent sur toutes les cordes et la désactivation ne peut être obtenue qu'en étouffant les cordes que l'on souhaite exclure de la vibration infinie. Ces cordes sont, dans ces cas, inutilisables par d'autres modes de jeu.

1.17 La guitare hexaphonique

Comme nous l'avons précisé en introduction de ce document, le terme « guitare hexaphonique » désigne une guitare équipée d'un microphone hexaphonique. Pour rappel, ce microphone est un ensemble de six microphones, un par corde dont le principe est apparu avec la guitare stéréophonique Vega 1200²⁰⁸ (bien que les signaux des six microphones soient répartis sur une sortie stéréophonique), mais qui a été développé de manière systématique et sans réduction stéréophonique avec les guitares MIDI et les systèmes *pitch-to-midi*²⁰⁹. Au lieu du signal unique des microphones monophoniques de guitare électrique, ce microphone particulier délivre six signaux séparés, un pour chaque corde. Ces six signaux ne sont pas directement diffusés, mais utilisés pour piloter des synthétiseurs. En effet, ils facilitent grandement l'opération de détection des notes jouées, notamment dans le jeu en accords ; ces détections sont ensuite utilisées pour contrôler les instruments de synthèse des guitares-synthétiseurs. Ce cas d'usage du microphone hexaphonique est celui dont la pratique est la plus développée, mais il n'est pas le seul. En effet, avec un tel microphone, il est possible d'appliquer de manière indépendante pour chaque corde des traitements différents ou équivalents mais avec des paramétrages différents. Il est, par exemple, possible de décider d'appliquer un traitement de **distorsion** sur les cordes de Mi

207. L'**enveloppe ADSR** est un exemple de ce genre de dispositifs, les **séquenceurs** en sont un autre.

208. Se référer à « **La guitare stéréophonique** », p. 66.

209. Se référer à « **La guitare-synthétiseur** », p. 78.

grave et de La (6^{ème} et 5^{ème} cordes), un **délai** et un **trémolo** sur les cordes Ré, Si et Mi aigu (4^{ème}, 2^{ème} et 1^{ère} cordes) et une **distorsion**, une **modulation en anneau** et une **réverbération** sur la corde de Sol (3^{ème} corde). Il est, de même, possible d'appliquer six traitements de **délai** indépendants (un par corde), chacun ayant sa vitesse et son nombre de répétition propres. Ce type d'utilisation est d'ailleurs présente dès les premières guitares-synthétiseurs. C'est ainsi que certaines guitares-synthétiseurs analogiques telles que l'ARP Avatar et le Roland GR-100 intègrent des traitements de distorsion polyphonique. Notons que ce traitement est d'ailleurs celui qui est en grande majorité présent dans l'imaginaire collectif lorsque le terme « guitares-synthétiseurs » est évoqué²¹⁰.

1.17.1 Les origines

C'est avec la disponibilité, vers la fin des années 1970, de microphones hexaphoniques vendus séparément des guitares-synthétiseurs (microphone hexaphonique de l'ARP Avatar, les microphones Bartolini ou encore ceux du luthier Atlansia) que luthiers et ingénieurs se lancent dans le développement de pédales d'effets hexaphoniques. C'est le cas notamment de Keith McMillen et de Matthias Grob qui développent chacun une pédale de distorsion hexaphonique : la PolyFuzz²¹¹ pour le premier et la PolyDistorsion²¹² pour le second. La PolyFuzz de Keith McMillen est un ensemble de trois traitements configurables indépendamment pour chaque corde : **fuzz**, **distorsion** et **générateur d'octave** inférieure. Elle sera utilisée notamment par le guitariste de jazz John Abercrombie. Mathias Grob, de son côté, persuadé de l'intérêt de ce type de traitement sonore fait essayer à plusieurs guitaristes la pédale qu'il a développée. Le retour qu'il donne sur ces différents tests est, cependant, plutôt négatif :

Clients always started to solo on the guitar when they heard the distortion and criticized it for this problem before even realizing the great freedom they had for polyphonic playing. Also, we realized, that most rock musicians were not able to play two voice melodies and had their taste fixed to

210. Cette constatation fait suite à diverses séances d'écoute menées par le doctorant dans un cadre hors thèse.

211. En ligne, Keith McMillenTimeline, http://www.keithmcmillen.com/wp-content/uploads/2014/12/keith_mcmillen_timeline.pdf [consulté le 17/12/2021].

212. En ligne, The development history of the PARADIS guitar sound, Matthias Grob, <http://www.matthiasgrob.org/pEE/sndhist.htm>, [consulté le 17/12/2021].

the simple chords and thus were not really interested in the advantage of the polyphonic distortion. Jazz and classic players that had the abilities and could have created great sounds with their harmonic understanding, did not even try Polydistorsion, because they « knew » that distortion was not for them.²¹³

Cette citation de Mathias Grob met en avant deux éléments. Le premier élément est la non-correspondance du son de la **distorsion** hexaphonique par rapport aux pratiques instrumentales des guitaristes qui testent le matériel. Concernant, les guitaristes de jazz et de musique classique qui testent la pédale d'effet, Matthias Grob annonce clairement qu'ils n'ont pas d'intérêt par rapport à la **distorsion** et c'est, de fait, par extension, qu'ils ne s'intéressent pas à la distorsion hexaphonique. En ce qui concerne les guitaristes de rock, bien que Grob ne détaille pas aussi clairement, nous pouvons faire la supposition que le son généré par une pédale d'effet de distorsion hexaphonique est loin des standards sonores de l'époque. En effet, rappelons qu'au milieu des années 1980 le style *hard rock* est à son apogée avec des groupes déjà établis tels que Led Zeppelin, AC/DC, Van Halen ou encore Deep Purple et des nouveaux arrivants comme les Guns'n'Roses, Bon Jovi ou Def Leppard, et que ces groupes jouent la plupart du temps dans des stades ; ils jouent donc fort sur des guitares électriques à microphones magnétiques et leur sonorité est essentiellement basée autour de la distorsion, qu'elle provienne d'un amplificateur, d'une pédale ou encore d'un mélange des deux.

La différence de sonorité se situe, d'une part, au niveau de l'utilisation des microphones piézoélectriques qui, comme nous l'avons vu²¹⁴ diffèrent grandement par rapport aux microphones magnétiques, notamment en apportant une sonorité définie par les fabricants de guitares comme « acoustique ». D'autre part, il s'avère que la sonorité d'une distorsion hexaphonique est très différente de celle d'une distorsion monophonique. En effet, il existe une différence

213. Les clients commençaient toujours par faire un solo quand ils entendaient la distorsion et critiquaient la pédale à cause de sa sonorité avant même d'avoir réalisé la grande liberté que leur donnait le jeu polyphonique. Nous nous sommes aussi rendus compte que la plupart des guitaristes rock n'étaient pas capables de jouer des mélodies à deux voix et que leurs goûts s'arrêtaient aux accords simples et qu'ils n'étaient, par conséquent, pas vraiment intéressés par les avantages de la distorsion polyphonique. Les joueurs de jazz et de musique classique qui, avec leurs compréhensions des harmoniques du son, auraient pu créer des nouveaux sons, n'ont même pas essayé la PolyDistorsion, parce qu'ils « savaient » que la distorsion n'était pas pour eux. [traduction par l'auteur].

214. Se référer à « **Les microphones** », p. 47.

notable en termes de **timbre** entre le fait d'appliquer une distorsion sur un signal complexe (comme celui capté par un microphone monophonique d'une guitare sur laquelle un accord serait joué) et celui d'appliquer une distorsion sur chaque signal élémentaire constituant du signal complexe (comme ce serait le cas d'une distorsion appliquée sur le signal de chaque corde capté par un microphone hexaphonique alors qu'un accord aurait été joué) puis de mixer les différents signaux élémentaires ainsi distordus. La différence entre les deux approches se trouve dans le phénomène d'intermodulation qui apparaît lors de l'amplification de signaux complexes²¹⁵. Tout d'abord, il faut noter que les traitements de **distorsion**, d'*overdrive* ou de *fuzz* ont pour effet, entre autres, d'ajouter des **harmoniques** au signal sur lequel ils sont appliqués²¹⁶. Si l'on prend, pour exemple et comme approximation de deux notes pincées simultanément, le cas d'un signal constitué de deux composantes fréquentielles (F1 et F2), la distorsion de ce signal entraîne dès lors l'apparition des **harmoniques** de ces deux fréquences. Le principe d'intermodulation fait apparaître des fréquences supplémentaires, correspondant à la somme (F1+F2) et à la soustraction (F1-F2)²¹⁷. Les fréquences résultantes de l'addition et de la soustraction des deux composantes de base se répercutent à chaque **harmonique** créé par la distorsion. Il en résulte une quantité importante de « nouvelles » fréquences qui rendent le spectre plus riche et les notes moins discernables. Dans le cas de l'utilisation d'un système de captation hexaphonique, les deux notes pincées (approximées par les fréquences F1 et F2) ne génèrent pas de fréquences résultantes par intermodulation puisqu'elles évoluent sur deux canaux séparés. Il en résulte que seuls les **harmoniques** créés par la distorsion restent présents. Cette présence limitée de fréquences supplémentaires, par rapport à une distorsion monophonique, entraîne la création d'un signal traité plus « clair » car présentant un spectre fréquentiel moins fourni (Sablotny et al., 2014). Un exemple montrant la différence de **timbre** entre une distorsion monophonique et une distorsion hexaphonique a été créé par la compagnie Spicetone sous la forme d'une vidéo (SpicetoneFX, 2014). Dans celle-ci, les rendus sonores d'une pédale Big-

215. En ligne <https://fr.wikipedia.org/wiki/Intermodulation> [consulté le 17/12/2021].

216. Pour une comparaison des signaux générés par chacun de ces traitements, le lecteur pourra se référer à : en ligne <https://youtu.be/gj8cT7WEGmo> [consulté le 17/12/2021].

217. Voir note de bas de page 215.

Muff d'Electro-Harmonix (monophonique) et d'une pédale 6APPEAL²¹⁸ de Spicetone (hexaphonique) sont comparés à travers différents modes de jeu.

Le deuxième point mis en avant est double : d'une part, le niveau technique nécessaire pour apprécier les potentiels des traitements sonores hexaphoniques doit être suffisamment développé pour, par exemple, jouer une mélodie à deux voix (il est possible d'entendre deux voix dans des techniques instrumentales comme le *trémolo* de la guitare classique ou comme la basse alternée (jeu de l'accompagnement sur les cordes basses et de la mélodie sur les cordes aiguës) du blues). D'autre part, les guitaristes qu'il considère comme ayant ce niveau technique (guitaristes jazz et classiques) n'intègrent pas dans leurs instrumentariums la *distorsion*. Nous reviendrons sur ce point dans l'analyse des pratiques que nous effectuons plus loin dans ce travail²¹⁹.

1.17.2 Les années 90 et 2000

La fin des années 1980 et le début des années 1990, portées par le développement du son numérique, semblent marquer un arrêt des initiatives personnelles de développement de traitements sonores polyphoniques analogiques. Parallèlement, la firme Roland continue le développement de ces guitares-synthétiseurs et le terme « polyphonique » ré-apparaît dans les manuels d'utilisation de ces modules notamment sur le Roland VG-8Ex en 1998 dans lequel est intégré un traitement de *transposition* de la note paramétrable indépendamment pour chaque corde.

En dehors du traitement sonore matériel Polysubbass²²⁰ de la marque Paradis développé en 1984²²¹, il faut attendre le début des années 2000 pour que des solutions logicielles et matérielles proposant des traitements sonores polyphoniques se développent : *plugin* VST Mathons PolyPlug²²² en 2004, patch Pure

218. En ligne <https://liveweb.spicetone.com/6appeal/> [consulté le 17/12/2021].

219. Se référer à « Étude de la pratique des traitements sonores hexaphoniques », p. 351.

220. En ligne <https://www.polybass.com/> [consulté le 17/12/2021].

221. Cette unité de traitements a eu plusieurs « vies » détaillées en ligne <https://www.polybass.com/history/> [consulté le 17/12/2021].

222. En ligne <http://www.mathons.com/polysystem.htm> [consulté le 17/12/2021].

Data SMECK (Puckette, 2007) , Roland VG-99²²³ en 2007 et Keith McMillen StringPort²²⁴ en 2009).

La seconde décennie des années 2000 montre l'intégration des problématiques du traitement sonore et de l'analyse polyphoniques dans la recherche académique dans des mises en œuvre aussi bien artistiques que technologiques : Bates propose l'utilisation de plusieurs schémas de spatialisation du son de ces cordes qu'ils utilisent dans plusieurs œuvres (Bates et al., 2008) et Graham développe un système qui, sur base du contenu tonal, influence la spatialisation du son de son instrument (Graham, 2012a)²²⁵. Dans (Reboursière et al., 2010), les auteurs proposent quelques outils basés sur les signaux hexaphoniques parmi lesquels un outil permettant de créer des groupes de notes pour leur appliquer un traitement particulier et un outil de *transposition* des notes en fonction d'une gamme préalablement fixée. Parallèlement à ce mouvement de la recherche académique, quelques nouvelles solutions commerciales de microphones et de traitement sonores hexaphoniques apparaissent : Roland développe, en 2013, les pédales GR-D (distorsion polyphonique) et GR-S (diverses modulations polyphoniques) ; la production de ces pédales est, au moment de l'écriture de ces lignes, arrêtée. La compagnie lithuanienne Spicetone met sur le marché sa distorsion hexaphonique numérique, la 6APPEAL en 2014. Les microphones ne sont pas en reste, puisque Ubertar et Cycfi proposent tous les deux les microphones hexaphoniques magnétiques. Les premiers sont passifs²²⁶ et les seconds actifs et modulaires²²⁷ (ils peuvent être adaptés à des instruments à n'importe quel nombre de registres). Quelques luthiers se spécialisent dans le développement de guitares intégrant de base un microphone hexaphonique. C'est le cas de la gamme iGuitar (Burrows, 2013, p. 877) du luthier Brian Moore²²⁸, de nombreuses guitares de la marque japonaises Total Sound Communication²²⁹ ou encore de la marque Mika Guitars²³⁰ avec, par exemple la

223. En ligne <https://www.roland.com/fr/products/vg-99/> [consulté le 17/12/2021].

224. En ligne <https://www.keithmcmillen.com/labs/stringport-2/> [consulté le 17/12/2021].

225. Se référer « La guitare et les instruments augmentés » à p. 102.

226. En ligne <http://www.ubertar.com/hexaphonic/> [consulté le 17/12/2021].

227. En ligne <https://www.cycfi.com/projects/nu-series-v2/> [consulté le 17/12/2021].

228. En ligne <http://iguitarworkshop.com/> [consulté le 17/12/2021].

229. En ligne https://www.proix.com/gui_syn.html [consulté le 17/12/2021].

230. En ligne <http://www.mykaguitars.com/gallery.htm> [consulté le 17/12/2021].

Custom Semi-Hollow # 175 de 2015²³¹. Cette-dernière intègre 3 microphones magnétiques monophoniques, un microphone piézoélectrique hexaphonique et toute une série de potentiomètres et sélecteurs. Comme son nom l'indique, il s'agit d'une commande de guitare sur-mesure et d'autres luthiers ont pu avoir des demandes similaires, mais ceux que nous avons cités apparaissent comme s'étant spécialisés dans ces intégrations. Des marques de guitares plus établies proposent, de même, des modèles intégrant ce type de microphones : c'est le cas de la marque Godin qui intègre un microphone piézoélectrique hexaphonique sur plusieurs modèles de guitare (Godin Multiacs, Godin LGXT, etc.) et de la marque Wilcox Guitars qui propose un modèle intégrant un microphone optique avec une sortie hexaphonique²³². Comme nous l'avons vu précédemment²³³, les microphones optiques étaient jusque-là utilisés dans des guitares électriques monophoniques et, bien que leur technologie propose de base une captation corde par corde, la sortie faisait l'objet, jusque-là, d'une réduction monophonique.

1.17.3 Terminologie : hexaphonique, polyphonique ou ...

Avant de poursuivre notre étude de l'évolution de l'utilisation de la guitare hexaphonique, intéressons-nous aux termes employés pour parler de l'application de traitements différenciés pour chaque corde ou d'algorithmes d'analyse des gestes. En effet, dans le paragraphe précédent nous avons utilisé sans discrimination les termes « hexaphonique » ou « polyphonique ». Si nous avons utilisé ces deux termes c'est, tout d'abord, parce qu'ils l'ont été historiquement : les traitements sonores de Mathias Grob et de Keith McMillen utilisent tous les deux une version raccourcie du terme « polyphonique » (« Poly ») bien que le ou les traitements qu'ils développent soient appliqués sur 6 cordes (et donc sont hexaphoniques), mais ils utilisent le terme « hexaphonique » lorsqu'ils parlent des microphones utilisés. Cette différenciation vient, selon nous, du fait que Matthias Grob et Keith McMillen maîtrisent le développement de leurs outils, ils peuvent facilement les adapter à un plus grand ou plus petit nombre de cordes. Ils considèrent donc, par l'utilisation du diminutif « poly »,

231. En ligne <http://www.mykaguitars.com/instruments/175/default.htm> [consulté le 17/12/2021].

232. En ligne <https://www.willcoxguitars.com/product/atlantis-hexfx-guitar/> [consulté le 17/12/2021].

233. Se référer à « Les microphones », p. 47.

que leurs systèmes ne sont pas limités aux six cordes de la guitare. Cependant, étant donné qu'ils ne maîtrisent pas les processus de fabrication des microphones qu'ils intègrent, ils ne peuvent donc pas facilement les adapter et ceux-ci restent définitivement « hexaphoniques ».

L'utilisation de ces deux vocables restent toutefois problématique²³⁴ : le terme « polyphonique » à cause de sa polysémie, le terme « hexaphonique » à cause de sa limitation. D'une part, « polyphonique » fait à la fois référence à des instruments pouvant jouer plusieurs notes en même temps (piano, guitare, synthétiseur polyphonique, etc.) qu'à un procédé d'écriture compositionnel (la « polyphonie ») consistant à superposer « deux ou plusieurs mélodies indépendantes, vocales et/ou instrumentales, ayant un rapport harmonique ou non. »²³⁵. D'autre part, le terme « hexaphonique » est rapidement inadapté lorsque la lutherie de l'instrument visé intègre ce type de technologie sur des guitares 7 cordes (Graham et al., 2015) et 10 cordes²³⁶ mais aussi sur des violoncelle, violon ou contre-basse²³⁷.

En dehors de ces deux termes, d'autres approches et/ou discussions ont été menées sur des sites ou sur des forums liés à ce type de pratique. C'est notamment le cas du post « *Any hexaphonic fx processors with individual string outputs ?* »²³⁸ du forum *vguitarforums* qui recense, à partir de sa deuxième page²³⁹, une réflexion sur le terme correct à employer. Ce forum est au départ une ressource créée par la communauté des guitaristes utilisant les produits Roland VG (Roland VG8, VG88, VG99, etc.). Ces unités matérielles intègrent essentiellement des outils de simulation du son de microphone, d'amplificateur, etc. et des traitements sonores et nécessitent un microphone hexaphonique. Proposant des tutoriels, des démonstrations et une mise à disposition de pré-

234. Matthias Grob détaille la problématique liée à la recherche d'un terme pertinent et fédérateur quant à ce type de pratique de cette prothèse. En ligne <http://hexaphonic.org/index.htm> [consulté le 17/12/2021].

235. En ligne <https://www.cnrtl.fr/definition/polyphonie> [consulté le 17/12/2021].

236. Dominic Frasca, Impossible guitar, en ligne <https://www.youtube.com/watch?v=vMG0qETo63E> [consulté le 17/12/2021].

237. En ligne <https://www.cycfi.com/2018/09/nu-multi-for-bowed-instruments/> [consulté le 17/12/2021].

238. « Existe-il des processeurs d'effets hexaphoniques avec des sorties individuelles pour chaque corde ? ». En ligne <https://www.vguitarforums.com/smf/index.php?topic=20793.0> [consulté le 17/12/2021].

239. En ligne <https://www.vguitarforums.com/smf/index.php?topic=20793.25> [consulté le 17/12/2021].

configurations liés aux produits de la gamme VG, ce forum a étendu ses thématiques pour inclure des discussions sur les thèmes des guitares-synthétiseurs, des interface de commande MIDI, des guitares utilisant des prothèses techniques spécifiques, etc. Il est aussi devenu l'un des lieux sur internet où le traitement sonore polyphonique pouvait être discuté. C'est dans ce cadre que la discussion mentionnée ci-dessus apparaît ; les propositions de termes présentées ci-dessous sont donc essentiellement des suggestions émanant de guitaristes qui ont pratiqué l'application de traitements différenciés pour chaque corde :

- L'utilisateur GuitarBuilder fait référence à la sémantique « *Separate String Processing* » (ou « Traitement Séparé des Cordes » en français) (Guitar-Builder, 2018) utilisée sur le site Separate Strings²⁴⁰. Ce site est un site de vente de diverses unités matérielles en lien avec les connecteurs et câbles 13 broches utilisés par les systèmes Roland (câble de conversion connecteur 13 broches vers connecteurs Jack 6.35, boîtiers de connexions multiples, boîtier de séparation des différents signaux, etc.).
- L'utilisateur vanceg fait référence au terme « *Isophonic* » (vanceg, 2018b) qui est le fruit d'un groupe de travail qu'il mentionne sur ce sujet (bien qu'il ne donne pas d'informations particulières sur ce groupe de travail, il mentionne cependant le nom de Ricky Graham dont la recherche a déjà été citée précédemment dans ces lignes (Graham, 2010, 2012b; Graham et al., 2015)). Il justifie l'emploi du préfixe « Iso » d'une part pour sa racine latine qui signifie « égal » et pour son utilisation dans le mot « *Iso-lated* ». « *Isophonic* » fait donc référence à un système qui applique une attention « égale » à chaque corde ou qui traite chaque corde de manière « isolée ».
- L'utilisateur mooncaine propose le terme « *multichannel pickup* » (mooncaine, 2018) (ou « microphone multi-canal » en français). Celui-ci s'inscrit dans la sémantique utilisée par les cartes d'acquisition audio ou par les systèmes de diffusion sonore.
- L'utilisateur scratch17 utilise le terme « *multi-timbral guitar* » (vanceg, 2018c) (ou « guitare multi-timbrale » en français). Cette sémantique s'intègre dans une démarche d'utilisation de la synthèse sonore.
- L'utilisateur vanceg propose en réponse aux différentes suggestions l'acronyme « ISP » (scratch17, 2018) pour qualifier ce genre de systèmes. Cet acronyme peut être utilisé pour définir plusieurs expressions similaires : « Independent String Processing » (« Traitement de Corde Indépendant »),

240. En ligne <http://www.separate-strings.co.uk/> [consulté le 17/12/2021].

« *Independent Source Processing* » (« Traitement de source Indépendant »),
« *Independent Signal Processing* » (« Traitement de signal indépendant »).

Bien que plusieurs propositions aient été effectuées dans cette discussion, aucune n'a remporté l'unanimité. De plus, chacune d'entre elles ne vise pas nécessairement la même chose : la proposition de l'utilisateur mooncaine, par exemple, se limite aux microphones alors que celles de Vanceg s'attachent au système dans son ensemble et que celle de scratch17 qualifie seulement l'instrument. Nous reviendrons plus loin dans notre travail sur la question d'un (ou plusieurs) terme adéquat, mais force est de constater que les dernières propositions de Vanceg se rapprochent fortement des termes que nous avons utilisés jusque-là pour définir les différentes parties de ce système. Comme il l'indique dans un autre commentaire (Vanceg, 2018a), le but des termes (*Isophonic* ou ISP) qu'il propose est d'induire directement dans le nom qu'il ne s'agit pas seulement d'un système « poly » ou « multi », mais que ce système « poly » ou « multi » provient d'un seul instrument.

Il faut préciser que pour appliquer des traitements sonores indépendants pour chaque corde il faut, d'une part, que le microphone capte de manière indépendante le son de chaque corde et d'autre part, que le connecteur de sortie donne accès à chaque signal capté pour que le ou les traitements sonores puissent être appliqués de manière indépendante pour chaque signal. La guitare Moog²⁴¹ que nous évoquions précédemment possède un système de captation et de traitement du son (intégré dans la guitare) hexaphonique²⁴² réduit vers un connecteur monophonique. L'exemple de la guitare Vega 1200²⁴³ est du même ordre : cette guitare présente des microphones individuels pour chaque corde, mais cette captation indépendante des cordes est réduite vers une sortie stéréophonique. Le même type de réduction est présente dans les modules de synthèse ou d'émulation sonore de chez Roland, par exemple, qui, bien qu'intégrant une entrée hexaphonique (via le connecteur 13 broches) la réduit en sortie monophonique. Lorsque dans ce travail de recherche nous parlons de « traitements sonores hexaphoniques » ou encore de « traitements sonores appliqués de manière indépendante pour chaque corde », nous induisons que les entrées

241. Se référer à « [La guitare à vibration infinie](#) », p. 89.

242. L'auteur de ce travail a eu, pendant un certain temps, accès à une de ces guitares et a pu vérifier que le circuit électronique correspondait en grande partie à la multiplication par 6 d'un certain ensemble de composants électroniques.

243. Se référer à « [La guitare stéréophonique](#) », p. 66.

et les sorties de chacun de ces traitements rendent accessibles les signaux de chaque corde individuelle²⁴⁴.

Cette indépendance peut aussi se retrouver dans le dernier élément de la chaîne de la guitare électrique, la diffusion. En effet, cette étape peut prolonger le traitement indépendant des cordes par l'utilisation de six amplificateurs guitares (ou six enceintes). Dans le cadre de ce travail de recherche nous mettrons cependant de côté la question de la diffusion d'une guitare possédant un système de captation et de traitement indépendant pour chaque corde, puisqu'au-delà de la diffusion « basique », c'est la mise en espace de 6 sources monophoniques qui apparaît. Cette mise en espace (ou spatialisation) est un des piliers esthétiques de l'électroacoustique ou de l'acousmatique et cette question pourrait, selon nous, faire l'objet d'un travail à part entière. Nous ne développerons donc pas ce sujet dans le cadre de notre présente étude.

1.18 La guitare et les instruments augmentés

La recherche sur les instruments augmentés découle des recherches sur le contrôle expressif des sons de synthèse. A la suite des travaux précurseurs de John Chowning (Chowning, 1973) et de Jean-Claude Risset (Risset et Mathews, 1969; Risset, 1966) sur la synthèse sonore, il apparaît clairement que le geste instrumental est un élément essentiel pour l'obtention d'un son de synthèse expressif. À la suite de cette découverte, tout un pan de la recherche en infor-

244. Comme nous le verrons plus loin dans l'analyse des pratiques (se référer à « [Analyse des pratiques de la guitare hexaphonique](#) », p. 311), une réduction peut cependant être apportée à un système hexaphonique par l'utilisation de traitements identiques avec des réglages eux-mêmes identiques sur différentes cordes. En effet, si l'on applique un traitement de **délai** sur chaque corde basse possédant chacun les mêmes réglages et un traitement de **trémolo** avec des réglages identiques des paramètres sur chaque corde aiguë, on se trouve dans une configuration identique à celle de l'utilisation d'une guitare stéréophonique de type Gretsch Country Club Stereo, par exemple, à laquelle seraient connectées une pédale de **délai** à la sortie correspondant aux cordes basses et une pédale de **trémolo** à la sortie correspondant aux cordes aiguës. Cependant, le fait d'utiliser un système hexaphonique pour réaliser ce genre de configuration permet, si on le souhaite, d'appliquer des traitements indépendants pour chaque corde à la suite des **délais** et **trémolos** et ainsi de retrouver la caractéristique d'un système dont les cordes sont captées et traitées de manière indépendante (ou isolées pour reprendre une des idées derrière le terme *Isophonic*). Cette option n'est pas disponible avec une guitare stéréophonique puisque l'accès indépendant au signal de chaque corde est réduit en stéréophonie dès l'instrument.

matique musicale s'oriente autour de l'étude des gestes instrumentaux et de la création d'interface gestuelle (ou « contrôleur ») à même de contrôler expressivement les sons de synthèse et plus tard, tout élément sonore audionumérique. Comme nous l'avons déjà mentionné, ces nouveaux « instruments » sont appelés « instruments aphones » par Romain Bricout (2011) dans le sens où ceux-ci ne produisent pas de son (le son est produit par un programme avec lequel ils communiquent) mais sont vecteurs de références gestuelles. Les contrôleurs en forme de guitare dont nous avons déjà parlé²⁴⁵ entrent dans cette catégorie d'instrument aphone et sont des éléments précurseurs des contrôleurs gestuels de cette recherche. Depuis les recherches des années 1980, de nombreuses interfaces de commandes différentes ont été commercialisées. Certaines compagnies, recherchant une expressivité proche des instruments de musique traditionnels, proposent des dispositifs possédant des capacités gestuelles très fines : c'est le cas du contrôleur à vent Sylphyo²⁴⁶ de Aodyo, des différents modèles de Eigenharp²⁴⁷ développés par EigenLabs ou encore du Linnstrument²⁴⁸ de l'entreprise Roger Linn Design. Ces deux derniers contrôleurs intègrent des boutons pouvant capter plusieurs types d'action : la frappe, la pression, les déplacements gauche-droite ou les déplacements haut-bas du doigt une fois celui-ci appuyé. Pour sa part, le Sylphyo intègre un capteur de souffle et des capteurs de mouvements directement dans le contrôleur.

Les instruments augmentés apparaissent à partir des années 1980 à la suite de ces travaux sur les interfaces de contrôle gestuel. Ceux-ci font l'objet de plusieurs définitions. Le terme est défini par Miranda et Wanderley (2006), comme :

Augmented instruments, also referred to as extended or hybrid instruments or hyperinstruments, are acoustic (sometimes electric) musical instruments extended by the addition of several sensors, providing performers the ability to control extra sound or musical parameters. The original instrument maintains all its default features in the sense that it continues to make the same sounds it would normally make, but with the addition of extra features that may tremendously increase its functionality (p. 21).²⁴⁹

245. Se référer à « Les contrôleurs en forme de guitare », p. 83.

246. En ligne <https://www.aodyo.com/presentation-sylphyo-page-fr-3.html> [consulté le 17/12/2021].

247. En ligne <http://www.eigenlabs.com/> [consulté le 17/12/2021].

248. En ligne <https://www.rogerlinndesign.com/linnstrument> [consulté le 17/12/2021].

249. Les instruments augmentés, appelés également instruments étendus, hybrides ou hyper-instruments, sont des instruments de musique acoustiques (parfois électriques) éten-

On trouve aussi une définition plus succincte dans (Bevilacqua et al., 2006) : « “Augmented instruments” , i.e. acoustic instruments with added gesture sensing capabilities »²⁵⁰ (paragr. 1). Ces deux définitions font donc état d’instruments le plus souvent acoustiques (mais qui peuvent cependant être électriques) auxquels sont ajoutés de nouvelles capacités gestuelles produisant des sonorités auxquelles l’instrument n’avait auparavant pas accès.

Notons que le terme *hyperinstruments* mentionné par Wanderley et Miranda fait référence aux travaux précurseurs de Tod Machover et de son équipe de recherche, le *hyperInstruments group* du Massachusetts Institute of Technology (MIT)²⁵¹ sur ce type d’instruments. D’autres expressions sont également utilisées dans la littérature scientifique telles que « instruments étendus », « *cyberinstruments* » ou encore « *hybrid Instruments* » (Bongers, 2000). Ils pointent, cependant, tous vers le même type de recherche et le terme « instrument augmenté » est celui qui s’est imposé avec le temps. Dans une volonté de synthèse et de précision de ces différentes définitions, Otso Lähdeoja liste les éléments caractéristiques de ce type d’instrument (Lähdeoja, 2010b). En résumant son propos, l’instrument augmenté est un instrument existant, inscrit dans une pratique musicale, auquel on applique une extension technologique analogique et/ou numérique avec laquelle interagissent, par captation directe ou indirecte (Wanderley, 2001, pp. 41-44), le corps et les gestes du musicien pour étendre les potentiels sonores de l’instrument. Wanderley définit la captation directe comme étant la mesure de grandeurs physiques relatives aux gestes (notamment par l’utilisation de capteurs) alors que la captation indirecte permet de détecter les gestes par analyse du signal sonore par le biais d’un programme informatique.

Dans le premier cas (captation directe), des capteurs sont ajoutés à l’instrument. C’est ainsi que dans (Freed et al., 2006) les auteurs augmentent un violoncelle électrique 6 cordes avec, entre autres les capteurs suivants : une matrice de boutons est utilisée pour sélectionner des configurations sonores

du par l’addition de plusieurs capteurs, permettant au musicien de contrôler des paramètres sonores ou musicaux additionnels. L’instrument original garde ses propriétés initiales en ce sens qu’il continue à produire les sons qu’il produirait normalement, mais avec l’ajout de propriétés qui augmentent ses fonctionnalités de manière formidable.[traduction par l’auteur].

250. « Instruments augmentés », c’est-à-dire des instruments acoustiques auxquels ont été ajoutées des capacités de détections gestuelles.

251. En ligne <https://park.org/Events/BrainOpera/Archive/Hyperinstruments/index.html> [consulté le 17/12/2021].

prédéfinies, trois **capteurs de pression** permettent de modifier les voyelles utilisées dans un traitement sonore vocal²⁵², un potentiomètre à glissière permet de régler la proportion de son non traité par rapport au son traité. De même, dans (Lähdeoja, 2009), un **gyroscope**²⁵³ 2 axes est placé sur la **tête** de la guitare pour détecter la position relative du manche de l'instrument. Le mouvement de la position basse vers la position haute permet de contrôler le volume d'un traitement sonore de **synthèse granulaire**²⁵⁴. De plus, sur cette même guitare, Lähdeoja ajoute un capteur piézoélectrique permettant de détecter différentes positions spécifiques de percussion du corps de la guitare. Ces positions sont ensuite utilisées pour déclencher différents échantillons sonores. Dans (Rebourrière et al., 2010), trois **capteurs de pression** sont fixés à l'arrière du corps d'une guitare électrique pour extraire la vitesse du mouvement de la guitare autour du ventre de l'instrumentiste, la pression moyenne exercée sur les capteurs et la position relative de la pression. Ces différentes informations sont utilisées pour contrôler les paramètres d'un traitement sonore de **wah-wah** (**fréquence de coupure**, largeur de la bande de fréquences du **filtre passe-bande**, volume du traitement). D'autres stratégies d'augmentations sont présentes dans la littérature sur d'autres instruments tels que, par exemple, la trompette (Leeuw, 2009) ou encore la flute traversière (Palacio-Quintin, 2012).

Le second type de captation dont les augmentations des instruments augmentés peuvent faire l'objet, la captation indirecte, induit l'utilisation d'un programme informatique pour analyser le signal audio de l'instrument augmenté dans le but d'en extraire des informations temporelles, physiques ou psycho-acoustiques, etc., particulières permettant de caractériser le jeu instrumental.²⁵⁵ Dans (Jehan, 2001), des timbres d'instruments acoustiques existants sont modélisés par la relation de la fréquence fondamentale aux valeurs de **brillance**, de **sonie** et

252. Le traitement sonore vocal développé dans ce contexte est constitué de 5 filtres à formant résonants sur les voyelles a, e, i, o, u pour des voix de soprano, alto, basse, contrebasse et ténor. Un formant correspond à une fréquence de résonance des cordes vocales lors de l'émission d'une voyelle. Dans notre exemple, chaque voyelle est donc représentée par 5 formants dont la résonance peut-être augmentée ou diminuée.

253. Un gyroscope est un capteur de vitesse angulaire.

254. La synthèse granulaire est une technique de synthèse sonore visant à générer des textures sonores complexes à partir de « grains ». Ces grains correspondent à des échantillons sonores d'une durée comprise entre 10 et 100 ms.

255. Le lecteur désireux d'approfondir ce domaine pourra se référer à (Mitrović et al., 2010) pour trouver une liste détaillée et documentée d'informations pouvant être extraites à partir d'un flux audio.

spectre de puissance instantané. Les timbres ainsi modélisés sont ensuite utilisés dans un synthétiseur audio. Cette technique est notamment utilisée dans le Hyperviolin développé par le groupe *Hyperinstruments* précédemment cité. Richard Graham (2011) analyse les notes jouées pour les répartir en classes (*pitch class*) dans lesquelles chaque note est éloignée de la suivante et de la précédente d'une octave. La classe numéro 4, par exemple, contient tous les *Mi*, dans le cas de Graham, présents sur le manche de la guitare. L'évolution des classes dans le temps (des notes jouées, indépendamment de leurs positions sur le manche de l'instrument) permet au guitariste de mettre en lumière l'évolution mélodique de son jeu et celle-ci contrôle différents paramètres d'un système d'ambisonie (azimuth et distance²⁵⁶).

Un dernier exemple de captation indirecte peut être trouvé dans (Reboursière et al., 2012) où des algorithmes sont proposés pour détecter plusieurs techniques de jeu de base de la guitare (*legato ascendant*, *legato descendant*, *glissé*, *tiré de corde*, *étouffé*, etc.). Ces détections sont ensuite utilisées pour contrôler des traitements sonores numériques²⁵⁷ ou pour déclencher des enregistrements sonores²⁵⁸.

L'extraction de données gestuelles via des capteurs ou par analyse du signal de l'instrument s'accompagne d'une étape de *mapping* qui permet de définir la relation entre les informations extraites des données gestuelles captées (par des capteurs analogiques ou par analyse du son de l'instrument) et le son qui est contrôlé. Cette étape est fondamentale puisque c'est elle qui va définir comment l'instrument va « réagir » aux gestes de l'interprète. Il s'agit de programmer une ou plusieurs *fonctions de transfert* convertissant les données d'un ou plusieurs capteurs, d'une ou plusieurs détections vers un ou plusieurs paramètres sonores (Wanderley et Depalle, 2004). Le déclenchement d'un enregistrement sonore par la détection d'une note *harmonique* et le contrôle du volume du traitement sonore de *synthèse granulaire* par l'utilisation de la captation angulaire selon 1 axe donné sont des cas de *mapping* d'un paramètre gestuel vers un paramètre audio (*one-to-one*). De même, le contrôle du traitement sonore de *wah-wah*

256. L'azimuth de l'ambisonie correspond à l'angle vertical (sur l'axe haut bas) auquel le son est diffusé et la distance correspond à l'éloignement perçu de la source sonore.

257. En ligne <https://vimeo.com/34504237> [consulté le 17/12/2021].

258. Se référer à « La pratique de la guitare hexaphonique dans *Puzzle* d'Ivann Cruz », p. 316.

présenté est un exemple de *mapping* de plusieurs informations gestuelles vers plusieurs paramètres audio (*many-to-many*).

Nous pouvons ajouter, que si le terme « *mapping* » est fortement présent dans le sillage des instruments augmentés et dans la recherche autour de l'expressivité du geste musical dans les contrôleurs, il ne naît pas avec eux, mais est intrinsèque aux instruments musicaux : les différents type de bois, les types de microphones, les composants électroniques des traitements sonores ou de l'amplification sont tous des cas de *mapping* en ceci qu'ils viennent chacun avec leurs fonctions de transfert inhérentes à leurs constitutions. La particularité des instruments augmentés, et des systèmes audionumériques qu'ils contrôlent, est que l'étape de *mapping* est entièrement programmable et paramétrable, là où le guitariste ne pouvait que difficilement modifier les composants électroniques de ses traitements sonores ou les différents bois de sa guitare sans avoir de connaissances préalables respectivement en électronique ou en lutherie²⁵⁹.

Les augmentations présentées ci-dessus sont essentiellement électroniques (capteurs) ou numériques (programme d'analyse et de détection) et s'intègrent dans le contexte de la recherche autour de l'expressivité du contrôle gestuel musical numérique. Bien qu'une réponse mécanique (adaptation au violoncelle d'un chevalet guitare spécifique²⁶¹) soit apportée pour résoudre le problème de l'accessibilité rapide à des accordages alternatifs (Freed et al., 2006), la quasi totalité des augmentations sont de nature analogique ou numérique. Comme nous le verrons dans la suite de ce texte, nous laisserons le terme « augmentation » à ces recherches spécifiques et y préférons celui de « prothèse » pour faire référence à tous ces éléments intégrés à la pratique instrumentale qui viennent étendre les possibilités premières des différentes mutations.

259. Précisons que l'accès donné par certains sites aux schémas électroniques de pédales existantes ou les sites vendant des kits²⁶⁰ pour fabriquer soi-même telle ou telle pédale d'effet tendent à nuancer cette affirmation puisqu'accédant aux sources des montages électroniques, les guitaristes peuvent modifier électroniquement tout ou partie du traitement sonore qu'ils utilisent. Ces schémas ne concernent bien évidemment pas toutes les pédales existantes, mais seulement une partie correspondant essentiellement aux modèles populaires. Néanmoins, bien que l'accès à ce genre de ressources se soit développé de manière importante récemment, le guitariste doit toujours acquérir des connaissances avant de se lancer dans la modification de ses traitements sonores et donc dans l'adaptation des diverses fonctions de transfert qui y sont intégrées.

261. En ligne <https://hipshotproducts.com/collections/guitar-string-bending/products/doubleshot-multiple-tuning-system> [consulté le 17/12/2021].

1.19 Conclusion

L'exploration que nous venons d'effectuer est riche et les différentes mutations présentées placent l'instrument dans une multiplicité d'identités (Benett et Dawe, 2001; Coelho, 2003) que certains nommeront *guitarscape* (Dawe, 2010). Que ce soit les mutations empruntant à d'autres instruments (guitare-harpe, guitare multi-manche, guitare-viole, guitare *steel*, guitare-orgue ou guitare-synthétiseur), les mutations développant le volume sonore de l'instrument (guitare à résonateurs, guitare électrique *solidbody*), les mutations développant le **timbre** de l'instrument (guitare à registre étendu, guitare microtonale, guitare préparée), celles proposant des modes de captations et de restitutions sonores différentes (guitare électrique *solidbody*, guitare électro-acoustique, guitare stéréophonique et guitare hexaphonique) ou celle donnant accès aux possibilités quasi infinies de la pratique informatique (guitare augmentée), l'instrument a connu un ensemble de modifications dans sa lutherie, dans sa pratique et dans son acceptation sociale assez remarquable.

Bien que, dans cette première partie, les mutations aient été présentées de manière individuelle, force est de constater que des liens plus ou moins directs apparaissent entre elles. Le premier type de lien est bien évidemment historique : une mutation se base (au niveau de la technique, de la pratique instrumentale ou dans son acceptation sociale) sur celles qui l'ont précédées. C'est le cas des différentes variations de l'instrument qui amènent aux guitares Torres puis aux guitares à cordes métalliques de Martin, mais aussi des guitares stéréophoniques qui s'appuient sur les guitares électroniques *solidbody* pour pouvoir émerger. Le deuxième type de lien est un lien de principe plus transversal : les mutations empruntant à d'autres instruments que nous venons de citer, intègrent le **timbre** et/ou les possibilités gestuelles des instruments qui composent leurs noms. La guitare-viole reprend le chevalet arrondi et la pratique de l'archet des instruments à cordes frottées ; la guitare multi-manche, la guitare-orgue et la guitare-synthétiseur incorporent le **timbre** d'autres instruments à cordes pincées, de l'orgue électrique ou du synthétiseur. Cette incorporation s'intègre dans un circuit électronique ou physiquement par l'ajout de manches. Ces remarques sur la présence de proximités entre les différentes mutations sont le point de départ de la généalogie que nous développons dans le chapitre suivant. La présentation descriptive, à l'œuvre dans ce chapitre que nous clôturons, développe une connaissance générale de l'évolution de l'instrument

qui agira comme autant de piliers sur laquelle cette généalogie s'appuiera. La généalogie et l'analyse présentées dans le chapitre suivant permettront aussi de préciser un peu plus la place et les enjeux d'une pratique de la guitare hexaphonique parmi ces différentes évolutions.

Chapitre 2

Généalogie technique et gestuelle de la guitare

Sommaire

2.1	Concepts et méthodologies	114
2.1.1	Médiologie	114
2.1.1.1	Les Médiasphères	115
2.1.1.2	Matières Organisées (MO) et Organisations Matérialisées (OM)	117
2.1.1.3	Les effets médiologiques	121
2.1.2	Organologie générale	122
2.1.2.1	Le processus d'extériorisation	122
2.1.2.2	Organes et relation transductive	123
2.1.2.3	Rétentions et filtrages	125
2.1.2.4	Caractère associatif et dissociatif des technologies et <i>pharmakon</i>	127
2.1.3	Le « triple corps » de la prothèse	130
2.1.4	Conclusion	132
2.2	Généalogie des mutations de la guitare	133
2.2.1	Présentation de la généalogie des mutations	133
2.2.2	Les mutations « mères »	137
2.2.3	Ligne de filiation directe : électrification	139
2.2.3.1	Éléments constitutifs	139
2.2.3.2	Les styles associés	140
2.2.4	Ligne de filiation directe : synthèse et contrôle gestuel	142
2.2.4.1	Éléments constitutifs	142

2.2.4.2	Filiation de transition	144
2.2.4.3	Les styles associés	146
2.2.5	Ligne de filiation directe : captation individualisée des cordes	149
2.2.5.1	Les éléments constitutifs	149
2.2.5.2	Des développements restreints	150
2.2.6	Évolution de l'orgue et du synthétiseur	151
2.2.6.1	Évolution de l'orgue	153
2.2.6.2	Évolution du synthétiseur	159
2.2.6.3	Mouvements médiologiques	166
2.2.7	Conclusion	168
2.3	Les évolutions transverses	170
2.3.1	Les prothèses et leurs intégrations	171
2.3.1.1	Classification	171
2.3.1.2	L'intégration et la pratique	174
2.3.1.3	Le numérique et les médiasphères	177
2.3.2	Évolution des pédales de traitements sonores	181
2.3.2.1	Transistor, <i>fuzz</i> et filtre	182
2.3.2.2	<i>Bucket Brigade Device</i> et amplificateur opé- rationnel	186
2.3.2.3	Numérisation et modélisation	189
2.3.2.4	Le fabricant de pédales	195
2.3.2.5	La complexification des pédales d'effet	201
2.3.2.6	Le timbre, la durée et le mouvement du timbre et de la durée	206
2.3.3	Les archétypes percussif et vocal	208
2.3.4	Filiation transverse : vers le son continu organique	214
2.3.4.1	Précisions et extensions de la « vocalisation de la guitare »	214
2.3.4.2	Tendance <i>percussive</i> dans l'évolution de la guitare	223
2.3.4.3	Conclusion	224
2.3.5	Filiation transverse : l'instrument ensemble	225
2.3.6	Une vue plus large de l'évolution de l'instrument	232
2.4	Conclusion	233

Comme nous l'avons vu dans la présentation de notre sujet, les différentes sous-questions du problème que nous traitons dans ce travail (pourquoi la sonorité du microphone hexaphonique n'a pas convaincu ? Pourquoi les traitements sonores hexaphoniques n'ont-ils pas trouvé davantage d'échos chez les guitaristes ? Pourquoi une pratique autour de guitares équipées de microphones hexaphoniques ne s'est-elle pas plus développée ?) nécessitent une approche plus large que celle proposée par les études organologiques plus classiques. S'intégrer dans une classification telle que celle de Hornbostel-Sachs basée essentiellement sur les aspects de lutherie des instruments n'aurait pas vraiment eu de sens. Notre approche se doit d'observer et de mettre en rapport, autant que faire se peut, plusieurs dimensions pour donner une envergure suffisante au balisage des techniques, pratiques et tendances sonores existantes que nous essayons de mettre en place.

La mise en place de notre généalogie et la mise en lumière des différentes lignes de filiation seront sous-tendues par le concept d'« organologie générale » développé par le philosophe Bernard Stiegler (2006) et par la « médiologie » développée par Régis Debray (1994). Ce concept et cette méthodologie permettent de penser le développement de la guitare hexaphonique comme faisant partie d'un ensemble plus grand dans lequel les évolutions techniques et les prothèses dans lesquelles elles s'incarnent sont au centre d'une relation entre l'individu et le groupe. Notons ici que les réflexions de Bernard Stiegler et de Régis Debray s'appuient sur les travaux de l'ethnologue André Leroi-Gourhan (notamment sur la relation entre le geste et la technique (Leroi-Gourhan, 1964)) et sur les travaux du philosophe des techniques Gilbert Simondon (2005) dont nous détaillerons les points d'intérêts dans la suite de ce texte.

Les descriptions des 18 mutations de la guitare, que nous avons introduites dans le chapitre précédent, développent une base globale de connaissance de l'évolution de l'instrument. Comme nous l'avons mentionné dans la conclusion de ce chapitre, l'approche individualisée de chacune de ces mutations est abandonnée dans notre deuxième chapitre au profit d'une mise en regard de chacune d'entre elles. Cette mise en regard, d'abord chronologique, nous amène à construire une généalogie technique et gestuelle dans laquelle chacune de ces mutations est intégrée. Celle-ci fera ressortir des lignes de filiation. Ces dernières sont le reflet des évolutions globales des paradigmes techniques, mais aussi de thématiques qui apparaissent comme transversales (elles se trouvent dans des mutations sans lien technique apparent) et multimodales (elles s'in-

carnent aussi bien dans la pratique gestuelle, que dans les traitements sonores ou encore dans les mutations elles-mêmes). Ces différentes lignes de filiation nous aideront, petit à petit, à caractériser les proximités techniques et gestuelles dans lesquelles s'intègre la guitare hexaphonique.

2.1 Concepts et méthodologies

2.1.1 Médiologie

Le terme « médiologie » est défini par Régis [Debray \(1994\)](#) comme suit :

J'appelle [...] « médiologie » la discipline qui traite des fonctions sociales supérieures dans leurs rapports avec les structures techniques de transmission. [On] appelle « méthode médiologique » l'établissement, cas par cas, de corrélations, si possible vérifiables, entre les activités symboliques d'un groupe humain (religions, idéologies, littératures, arts, etc.), ses formes d'organisation et son mode de saisie, d'archivage et de circulation des traces. [Le médiologue prend] pour hypothèse de travail que ce dernier niveau exerce une influence décisive sur les deux premiers. Les productions symboliques à un instant t ne peuvent s'expliquer indépendamment des technologies de la mémoire en usage au même instant. C'est dire qu'une dynamique de la pensée n'est pas séparable d'une physique des traces.

La médiologie est donc l'étude de la relation entre les productions symboliques (Religion, Art et Politique) et les systèmes techniques utilisés pour les diffuser et les transmettre. Plus que l'étude de relations, la médiologie tente de mettre en lumière les interactions entre les modes de sauvegardes et les structures de diffusion dans le développement et le déploiement des productions symboliques. Ces interactions sont souvent « cachées » parce que les éléments techniques qui les sous-tendent sont soit inconnus soit trop intégrés. À titre d'exemple de ces éléments techniques inconnus ou trop intégrés, Bernard [Stiegler \(2004\)](#) et Vincent [Cotro \(2004\)](#) abordent séparément la question de l'influence qu'a eue l'apparition de l'enregistrement sur le jazz. Le premier mentionne que le phonographe a été un élément essentiel dans la formation du son de Charlie Parker notamment grâce à l'écoute des enregistrements de Lester Young. Pour le second, l'évolution des supports d'enregistrement et de leur durée maximale a une influence sur les styles qui se sont développés. En effet, les disques 78 tours d'une durée située entre trois et quatre minutes et demie n'auraient jamais permis la fixation de performances plus longues et l'évolution « vers

les conceptions et l'expressivité propres à Miles Davis (*Kind of Blue*, 1959) et surtout à John Coltrane (*My Favorite Thing*, 1960) ou encore l'apparition de style comme le *free jazz* ».

La méthode médiologique, comme l'appelle Régis Debray, donne deux outils pour aider la mise en lumière des interactions. Le premier outil est de nature comparatiste, il s'agit des médiasphères ; le second correspond aux outils techniques et sociaux ou Organisations Matérialisées (OM) et Matières Organisées (MO) mis en œuvre dans le déploiement des productions symboliques.

2.1.1.1 Les Médiasphères

Les médiasphères sont un outil comparatiste qui définit « des « milieux » technologiques distincts organisés selon des « médiums » dominants » (Bricout, 2009, p. 56). Ces ensembles milieux technologiques/médiums dominants forment des différentes périodes qui se sont succédé tout au long de l'histoire. Chacune de ces périodes actualise la manière avec laquelle se développent et se transmettent (mémorisation et diffusion) les productions symboliques. Une nouvelle médiasphère ne supprime bien évidemment pas la précédente, mais elle actualise la manière dont les traces sont enregistrées et transmises, modifiant, en même temps, la manière dont les productions symboliques apparaissent. À titre d'exemple, le courrier électronique n'a pas supprimé le courrier papier (même s'il en a fortement diminué sa présence), mais il a modifié toute une série d'éléments qui influence notre vie au jour le jour : la livraison d'un courrier électronique est instantanée là où celle du courrier papier prend plusieurs jours. En réaction, les réponses tendent à être toujours plus instantanées, ce qui modifie notre manière de travailler.

Il existe cinq médiasphères : la mnémosphère, la logosphère, la graphosphère, la vidéosphère et la numérosphère. Celles-ci sont décrites ci-dessous :

- la **mnémosphère** est la médiasphère primitive qui s'articule autour de l'oralité comme voie de transmission principale des créations symboliques. Cette période est celle de la transmission de père en fils, de mère en fille ou encore de maître à élève ;
- la **logosphère** est la médiasphère de l'écriture. Elle apparaît tout d'abord comme un moyen de fixation de la parole, notamment des récits sacrés. C'est l'époque de la Cité et de la démocratie grecque. L'écriture est ici utilisée comme un outil de témoignage ;

- la troisième médiasphère est la **graphosphère** : elle est la médiasphère de l'imprimé. Elle permet le développement et la diffusion des idées. L'auteur et l'artiste sont reconnus et acquièrent un statut, là où pendant la logosphère l'anonymat était de mise ;
- la **vidéosphère** est la médiasphère du flux audiovisuel. L'information est disponible à tous les foyers équipés d'un récepteur télévisuel. La communication est une communication en étoile : du centre vers de nombreux récepteurs. Romain Bricout (2009) dans son travail organologique sur l'instrumentarium électroacoustique propose de renommer cette médiasphère « **audio-vidéosphère** » puisqu'elle est fondée sur les technologies **audio-visuelles** et non uniquement visuelles (p. 57) ;
- la **numérosphère** est la sphère dans laquelle nous nous trouvons actuellement. Bien évidemment, les contours de cette médiasphère sont encore à définir clairement. Malgré le fait que nos propos soient entièrement soutendus par ce paradigme technique, certains traits sont déjà assez clairement définis : c'est en effet la sphère des *bits* de données, des réseaux, de la dématérialisation, du « temps réel » et de la séparation entre l'« instance de calcul » et l'« interface ». Comme Louise Merzeau (1998), Romain Bricout préférera le terme « hypersphère » au terme « numérosphère ». Il scindera cependant en deux cette médiasphère d'une part en gardant le terme « numérosphère » et, d'autre part, en y intégrant celui d'« interfaçosphère ». Cette scission place le couple instance de calcul (le programme)/interface (les éléments utilisés pour interagir avec ce programme) au centre de cette médiasphère. L'ordinateur est l'exemple qui vient le plus rapidement en tête : en effet, les opérations sont réalisées par les programmes et les composants matériels internes (instances de calcul) de la machine (tels que le processeur, la mémoire vive, la carte graphique, le disque dur, etc.) et l'utilisateur interagit avec ces éléments de l'instance de calcul par une interface utilisateur¹ et par le biais d'interfaces matérielles (clavier, souris, écran) permettant d'en modifier les paramètres et de visualiser le résultat des modifications. Le *smartphone* et ses « apps » est un exemple plus récent de

1. Il faut noter ici que bien que la plupart des programmes que nous utilisons possède une interface utilisateur de type graphique (*Graphical User Interface* ou GUI) un grand nombre d'entre eux possède une interface utilisateur en ligne de commande. Ce-dernier type de programme est lancé à partir d'un programme appelé « terminal » qui offre une interface textuelle par laquelle une ligne de commande indique le nom du programme à exécuter, les différentes options à prendre en compte.

cette séparation qui propose une interface gestuelle tactile comme moyen de modification des paramètres des diverses instances de calcul/programmes.

2.1.1.2 Matières Organisées (MO) et Organisations Matérialisées (OM)

La médiologie est l'étude des médiums. Le médium est ce qui permet de transmettre les signes et les symboles, le canal qui permet de délivrer le message². Il est donc l'affaire d'une dualité (entre transmetteur et récepteur) que [Debray \(1998a\)](#) décrit de manière limpide en prenant l'exemple du couple musée/œuvre d'art : « Le musée, par exemple, a servi et sert encore de médium à « l'œuvre d'art ». Par cet exemple, on comprend que le musée et l'œuvre d'art sont liés et qu'ils participent tous deux au médium. Debray nomme cette dualité le « double corps » du médium. Ce « double corps » est constitué d'un vecteur « technique » qu'il nomme « Matière Organisée » (« MO ») et d'un vecteur organisationnel ou politique, l'« Organisation Matérialisée » (« OM »). L'œuvre d'art, dans cet exemple, correspond à la Matière Organisée et le musée à l'Organisation Matérialisée. Dans un autre registre, l'écriture peut être prise comme exemple : elle suppose à la fois du papier, des stylos, des livres, des ordinateurs (« MO »), mais aussi des écoles et un corps enseignant (« OM ») pour transmettre, ainsi que des éditeurs pour créer et diffuser les livres. Si nous adaptons ces deux éléments à la problématique de la guitare hexaphonique, il est donc nécessaire que le matériel adéquat (guitare hexaphonique, traitement hexaphonique, etc.) soit accessible, qu'un corpus d'œuvres intègre cette pratique (« MO ») et que des structures (virtuelles ou réelles) en permettent l'enseignement ou l'expérimentation pratique (« OM ») pour que ce nouveau type de pratique instrumentale se développe et se transmette. Ce que nous soulignons ici, cette nécessité pour une nouvelle pratique instrumentale de s'ancrer dans un corpus d'œuvres et dans des structures qui permettent de s'approprier cette pratique, est l'idée que [Bricout \(2009\)](#) synthétise par le terme « répertoire minimal » (p. 324).

2. Nous pouvons ici rappeler la célèbre formule de Marshall McLuhan dont le titre original est « the medium is the message » (le médium c'est le message) signifiant que le médium, le canal de transmission conditionne le message dans son type et/ou sa forme. Pour McLuhan, l'impact d'un message est subordonné à l'importance et à l'influence du médium utilisé, dans la vie des individus ([McLuhan, 1964](#)).

Les OM et les MO se subdivisent en sous-catégories qui évoluent selon les médiasphères. La « Matière Organisée » ou « corps technique » du médium est constituée de supports physiques d'inscription (livre, bande magnétique, disque dur, etc.), de procédés généraux de symbolisation (écriture, l'image, le son, etc.) et de dispositifs de diffusion (salle de concert, radio, *podcast*, concert virtuel, etc.). L'« Organisation Matérialisée », quant à elle, « corps institutionnel » du médium, se répartit en code linguistique hégémonique (grammaire, style, etc.), cadre d'organisation (cité, église, école, etc.) et matrice de formation (salle de cours, bibliothèques, conservatoires, forums, etc.). Dans son application de la médiologie à l'analyse musicologique, Vincent Tiffon (2005) reprend le tableau développé par Régis Debray (2000) et l'adapte au domaine musical (Tiffon, 2006). Cette synthèse est développée par Romain Bricout (2009). La figure 2.1 reprend les deux synthèses au sein d'un même tableau et permet de façon concise de comprendre l'application de la méthode médiologique à la musique et les différents éléments qui entrent en jeu dans chaque médiasphère.

Comme le montre ce tableau, les supports physiques ont évolué vers des représentations de plus en plus abstraites : de l'action de coucher un langage sur une surface (papyrus, papier), on en vient à imprimer (graphosphère), à graver un support (audio-vidéosphère), puis à modifier d'une manière spécifique un certain nombre de 0 et de 1 sur un espace de stockage (hypersphère) ou à utiliser des interfaces qui porteront des gestes spécifiques permettant l'interaction indirecte avec le support. En ce qui concerne les procédés de symbolisation, le son acoustique de la logosphère a été codé (écriture graphique), puis converti (son analogique - électricité), pour finalement être échantillonné, discrétisé dans le but d'être recréé (tout comme le geste instrumental) sous forme numérique. Pour ce qui est des dispositifs de diffusion, là où le schéma en étoile³ délivre un flux linéaire d'une source vers un ou plusieurs récepteurs, le schéma d'étoiles interconnectées⁴ de l'hypersphère propose un flux sur demande, adaptable en fonction de chaque personne. Les matrices de formation, pour leur part, se sont de plus en plus individualisées et spécialisées : on passe du séminaire de la logosphère dans lequel le savoir dogmatique est transmis à un groupe, au Conservatoire où un savoir dogmatique adapté par le professeur est dispensé

3. Le schéma en étoile fait référence à un schéma de diffusion d'une source vers plusieurs récepteurs. C'est le mode de diffusion de la télévision et de la radio, par exemple. Il est particulièrement présent dans l'audio-vidéosphère.

4. Le schéma d'étoiles inter-connectées correspond à un schéma de diffusion de proche en proche, de nœud en nœud. L'exemple le plus direct est celui du réseau mondialisé Internet.

à un élève ou un petit groupe d'élèves. À partir de l'audio-vidéosphère, le savoir est diversifié par le biais d'émissions spécifiques et délivré directement à une masse de spectateurs ou d'auditeurs. La diversification entamée pendant l'audio-vidéosphère se spécialise et le savoir disponible devient pointu dans l'hypersphère avec l'apparition des forums spécialisés qui regroupent de nouvelles communautés. Un mouvement identique vers l'individualisation s'opère pour les cadres d'organisation : l'institution laisse la place au « fait à la maison » à travers notamment le *home studio*⁵. L'analyse organologique que nous développons plus loin dans ce document⁶ permettra de préciser quelques éléments de ce tableau.

5. Avec la diminution des prix des ordinateurs, le développement des programmes audio recréant les possibilités du studio (station de travail audionumérique ou *digital audio workstation* (DAW)) et des interfaces de contrôle, le home-studio et la Musique Assistée par Ordinateur (MAO) se développent fortement à partir des années 1990.

6. Se référer à la partie « [Généalogie des mutations de la guitare](#) », p. 133 et à la partie « [Les évolutions transverses](#) », p. 170.

Médiasphères					
Médiums	Logosphère	Graphosphère	Audiosphère (vidéosphère)		
			NuMérosphère	Hypersphère	
Matières Organisées (MO) - vecteurs techniques de type logistique ("mediums techno- typiques")	Support physique d'inscription et de stockage	Papyrus, parchemin : codex	Bande magnétique, disque noir	Mémoire numérique : disques durs, clés USB, <i>ipod</i> ...	Interfaces (en tant que rétribution tertiaires)
	Procédés généraux de symbolisation - mode d'expression (régime sémiotique dominant)	Chant psalmodié (icône)	Ecriture graphique (symbole)	Son analogique (indice)	Multimédia numérique (convergence icône, indice, symbole mais nature essentiellement iconique : discrétisation - échantillonnage)
Organisations Matérialisées (OM) - vecteurs institutionnels de type stratégique (Médiums ethno- culturels)	Dispositif de diffusion (régime de diffusion)	Agora (étoile)	Radiodiffusion (étoile)	Web - internet (Réseaux = étoiles interconnectées)	"Réseaux de musiciens" (étoiles interconnectées)
	Codes linguistiques hégémoniques	Organum Plainchant	Style classique (harmonie et contrepoint)	Ecriture phonogrammatique	Calcul algorithmique
Cadres d'organisation	Cité / Eglise	Institut/Editeur	Studios de recherche	Nouvelles mixités	
Matrices de formation	Séminaire	Conservatoire	Maisons de la radio Télévision	Home studio	
				Forums de discussion	

FIGURE 2.1. Les médiums dans leurs médiasphères respectives - synthèse reprenant les travaux de V. Tiffon (Tiffon, 2006) et l'apport de R. Bricout (Bricout, 2009).

2.1.1.3 Les effets médiologiques

En complément des outils que nous venons de préciser, la médiologie définit des « effets » (Debray, 1998b) remarquables qui sont présents avec l'apparition, l'intégration et le développement d'un nouveau paradigme technique. Nous détaillons ci-dessous ceux qui apparaissent comme les plus prégnants par rapport à notre sujet d'étude :

- Effet-diligence : l'effet diligence correspond à la tendance qu'a le nouveau de commencer par imiter l'ancien. Les premiers wagons des trains sont des diligences posées sur les rails du chemin de fer, les premiers films sont des pièces de théâtre filmées⁷, etc.
- Effet-cliquet : effet qui indique l'irréversibilité du progrès technique. On n'écrit plus de documents à la machine à écrire après l'ordinateur, on ne retourne pas au téléavertisseur (ou *pager*) après le téléphone portable et le *smartphone*, etc.
- Effet-vélo : effet qui désigne le « retour d'un système socio-technique qui semblait en déclin ».
- Effet-jogging : effet qui montre l'« effet rétrograde du progrès matériel » et qui constitue en quelque sorte le corollaire de l'effet-cliquet. Cet effet est nommé ainsi « en référence à la pratique de la course à pied peu après l'invention de l'automobile pour compenser une perte d'activité physique » (Tiffon, 2014).

La médiologie avec les outils qu'elle propose nous permettra d'introduire dans notre étude organologique des mutations de la guitare⁸, des éléments sur les évolutions globales qu'amènent les grands changements de paradigme technique.

7. De nombreux exemples de cet « effet-diligence » appliqué au cinéma se retrouvent dans les leçons de mise en scène du cinéaste russe du début du XX^e Sergueï Mikhaïlovitch Eisenstein (Eisenstein et Nijny, 1989).

8. Se référer à la partie « Généalogie des mutations de la guitare », p. 133 et à la partie « Les évolutions transverses », p. 170.

2.1.2 Organologie générale

Un concept qui vient compléter et étendre la méthode médiologique est celui de l'organologie générale. Ce concept développé par Bernard Stiegler reprend des éléments des travaux d'André Leroi-Gourhan et de Gilbert Simondon qu'il réunit et complète. Cette approche nous permet de ne pas avoir une lecture uniquement technique de notre sujet d'étude, mais de le confronter aux dimensions sociales et physiologiques (essentiellement gestuelles dans notre cas). La pensée développée par Stiegler commence, entre autres, par le processus d'extériorisation d'André Leroi-Gourhan qui nous permettra d'intégrer notamment la notion de prothèse.

2.1.2.1 Le processus d'extériorisation

L'anthropologue André Leroi-Gourhan, connu notamment pour ses travaux sur les techniques, définit dans les années 1960, le processus « d'extériorisation » (Leroi-Gourhan, 1964). Ce dernier est le processus selon lequel l'homme s'appuie sur des prothèses pour pallier les limites de sa nature. Il développe ainsi des outils lui permettant de couper, de tailler, de soulever, etc. plus que ce que ses capacités ne lui permettent. La découverte puis la maîtrise du feu lui permettent par la suite de combler l'absence de fourrure pouvant le protéger du froid. Les prothèses inventées par l'homme apparaissent donc comme des éléments permettant de découpler différentes capacités physiques : sa vitesse de déplacement avec l'invention des différents moyens de locomotion, sa force musculaire avec l'arc ou encore le marteau, sa vue et son ouïe avec les lunettes et les appareils auditifs, sa capacité à communiquer indépendamment de la distance qui le sépare de son interlocuteur grâce aux différents réseaux de communications, etc. De plus, comme le mentionne Romain Bricout l'« inhumation des défunts [...] représente l'un des tout premiers marqueurs d'une vie symbolique, constituera quant à elle une forme d'extériorisation des formes de croyances dans les rites funéraires » (Bricout, 2009, p. 271).

Bernard Stiegler (1998) précise que le terme « extériorisation » ne lui semble pas correct, car il se référerait à quelque chose qui était au préalable « à l'intérieur », ce qui pour lui n'est pas le cas. L'électricité n'était auparavant pas dans la guitare, mais l'homme, dans une période d'inventivité et de développements techniques, a tenté de détourner son utilisation comme source d'énergie pour

propager et amplifier le son. Romain Bricout (2009) ajoute que si l'homme crée la technique (et donc les prothèses), la technique (et donc les prothèses) le crée en retour (p. 113). Si le terme d'extériorisation est à la base de la réflexion sur les prothèses, nous utiliserons dans la suite de notre texte le terme « prothèse » dans cette idée d'aller-retour que Bernard Stiegler pointe. Cet ajustement semble des plus pertinents par rapport à notre thématique instrumentale, puisque ce mouvement se cristallise notamment dans la relation entre les instrumentistes et leurs instruments : l'instrument est le socle d'une pratique gestuelle instrumentale héritée (il crée donc l'instrumentiste ou la pratique de l'instrumentiste), mais que l'instrumentiste actualise en retour, avec sa propre gestuelle et sa propre manière de « faire sonner » son instrument (il crée l'instrument). Ce rapport d'aller-retour entre l'homme et la prothèse est la base de l'organologie générale.

2.1.2.2 Organes et relation transductive

L'organologie générale est la méthode que je propose pour décrire la façon dont évoluent conjointement, au cours de l'histoire de l'humanité, les organes physiologiques, les organes artificiels et les organisations sociales. Un organe physiologique (y compris le cerveau, siège de l'appareil psychique – mais l'appareil psychique n'est pas réductible au cerveau, et suppose des organes techniques, des artefacts, supports de symbolisation, et dont la langue est un cas) n'évolue pas indépendamment des organes techniques et sociaux : leurs évolutions sont inscrites dans ce que Simondon appelle des relations transductives, c'est-à-dire des relations dont les termes sont constitués par la relation même, ce qui signifie aussi que l'évolution de l'un des termes de la relation implique une évolution corrélative de l'autre terme. L'organologie générale décrit une relation transductive à trois classes de termes (physiologiques, techniques et sociaux). (Stiegler, 2006, p. 46)

Cette définition de l'organologie générale donnée par Bernard Stiegler permet d'introduire les deux éléments principaux que sont la relation transductive et le triptyque représenté par les organes physiologiques, techniques et sociaux. La « relation transductive » qui unit les trois organes est définie par Simondon (2005) comme « une opération physique, biologique, mentale, sociale, par laquelle une activité se propage de proche en proche à l'intérieur d'un domaine, en fondant cette propagation sur une structuration du domaine opérée de place

en place ». Bernard Stiegler utilise et adapte donc cette notion à son concept pour appuyer le fait que chaque organe (physiologique, technique et social) est relié aux autres. Deux conséquences peuvent en ressortir : d'une part, la modification ou l'évolution d'un des termes de ce triptyque entraîne la modification ou l'évolution des deux autres, d'autre part, « un terme de la relation n'existe pas hors de la relation » (Stiegler, 1998, paragr. 11). Un exemple de cette relation transductive peut-être l'évolution de l'écriture, notamment dans son passage du stylo au clavier. Cette évolution est portée par différentes prothèses techniques (machine à écrire, ordinateur puis smartphone) ; elle modifie, au minimum, les muscles de la main (organe physiologique) qui sont mis en jeu : il s'agit de moins en moins de promener un stylo sur une feuille et de plus en plus de rendre les doigts mobiles et véloces sur n'importe quelle interface et taille d'écran. Ces évolutions ont des répercussions sur la manière dont s'organise le travail ou dont se transmettent les savoirs (organe social) : dans le premier cas, la productivité augmente puisque l'on va plus vite et que le texte inscrit sur le support est dénué de tout problème lié à la clarté de la lecture et dans le second la mémorisation par l'écriture s'estompe. Ces modifications de l'organisation du travail peuvent avoir des répercussions sur la santé des travailleurs (organe physiologique) puisque les temps d'écrans explosent. Cette problématique du temps passé à travailler devant un écran a entraîné le développement de filtres (physiques ou virtuels) de la lumière bleue (organe technique) qui est générée par les écrans d'ordinateur et qui est facteur de fatigue.

L'ajustement permanent dû au caractère transductif qui unit les trois organes entraîne une série de ce que Stiegler appelle « défonctionnalisation » et « refonctionnalisation ». Ces deux termes correspondent respectivement à la perte ou au gain d'une nouvelle fonctionnalité pour un des organes. L'art, de manière générale, est un des domaines où cet ensemble (défonctionnalisation/refonctionnalisation) apparaît régulièrement : l'apparition de chaque nouveau courant artistique en est un exemple ; le *ready-made Fountain* de Marcel Duchamp amène une défonctionnalisation du statut d'œuvre d'art⁹ qui sera refonctionnalisé dans les travaux d'une grande partie des artistes de la fin du XX^e siècle (à partir de ce moment, tout type d'objet peut entrer dans un musée). Dans le domaine musical, nous pouvons citer le sérialisme d'Arnold

9. Cette œuvre de Marcel Duchamp correspond à un urinoir en porcelaine renversé, signé « R. Mutt » et daté de 1917. Celle-ci marque la naissance de l'art conceptuel en bouleversant le postulat de l'œuvre d'art qui peut être n'importe quel(s) objet(s) dès lors qu'il intègre les codes de l'œuvre d'art (signature, date, présence dans un catalogue ou dans un musée, etc.).

Schönberg qui vient défonctionnaliser les règles harmoniques de composition en traitant chaque demi-ton de la gamme tempérée comme équivalent. Cette défonctionnalisation sera refonctionnalisée dans des œuvres musicales comme celles de Alban Berg et de Anton Webern, entre autres. Les défonctionnalisations ont pour vocation à être refonctionnalisées, pour recréer de nouveaux systèmes, de nouvelles stabilités dans la relation entre les organes qui seront elles-mêmes, tôt ou tard, modifiées à nouveau.

2.1.2.3 Rétentions et filtrages

Comme avec André Leroi-Gourhan et Gilbert Simondon, Bernard Stiegler reprend et développe l'étude de l'objet temporel développée par Edmund Husserl (1964). La mémoire est ainsi constituée de trois types de rétentions que l'on nomme primaire, secondaire et tertiaire. Ces rétentions font référence à différentes strates de ce qui est retenu, engrangé par la mémoire. Les différents types de rétentions sont définis ci-dessous :

- Les rétentions ou « sélections » primaires correspondent à la mémoire immédiate. Cette mémoire ne contient pas tous les éléments du flux du réel, mais seulement une partie d'entre eux, ceux que nos organes physiologiques de perception ont réussi à capter ;
- les rétentions secondaires correspondent à la mémoire à plus long terme. Elles peuvent être personnelles ou collectives. La pratique instrumentale est, par exemple, une rétention secondaire personnelle de par son action répétitive. L'expérience se constitue ainsi par sédimentation de la mémoire à force de répétition. Le concert, pour sa part, est un exemple de rétention secondaire collective. Ce type de rétention dans sa nature double pourrait s'apparenter au « bagage culturel » d'une personne en ceci qu'il constituerait l'ensemble des expériences (personnelles et collectives) accumulées ;
- les rétentions tertiaires, que Bernard Stiegler ajoute à la pensée d'Husserl, concernent la matérialisation de la mémoire dans la mémoire collective qui n'est pas vécue, mais transmise. L'histoire de la musique, tout comme la pratique musicale, sont transmises par des professeurs et par des supports écrits, tout comme la connaissance du festival Woodstock de 1969 par le biais des enregistrements vidéos par exemple. Les rétentions tertiaires peuvent aussi être le socle de rétentions secondaires collectives en passant d'abord par les rétentions primaires. Il faut que les connaissances

soient transmises et perçues pour qu'elles puissent s'inscrire dans la mémoire plus longue des rétentions secondaires. Bernard Stiegler utilise ici le terme de « processus d'adoption » dans le sens où l'appropriation d'une mémoire collective participe d'une intégration volontaire. Celui/elle à qui l'on transmet choisit de « faire sien/sienne » (ou non) ce qui lui est transmis.

À ces trois catégories de rétentions viennent s'ajouter des processus de filtrage d'une catégorie sur une autre, qui vont orienter la sélection opérée par les rétentions précédentes. Bernard Stiegler utilise le terme de « protention » pour définir le filtrage opéré par les rétentions secondaires sur les rétentions primaires ; l'action de ce filtrage sera le développement de mécanismes de pré-sélection qui viendront s'appliquer sur les rétentions primaires, de sorte que les éléments captés par nos organes de perception sont déjà orientés en fonction de nos rétentions secondaires. En somme, pour prendre un exemple musical, on ne perçoit pas la même chose d'une œuvre musicale que l'on pratique ou pas un instrument, que l'on ait suivi des cours de composition ou non.

Les deux autres filtrages concernent ceux que les rétentions tertiaires opèrent sur les rétentions secondaires et sur les « sélections » primaires. Ces surdéterminations appliquées aux « sélections » primaires et aux rétentions secondaires agissent comme des cadres qui apportent des « supports de pensée » aux rétentions primaires et des « supports de mémoire » sur les rétentions secondaires.

Un programme informatique, par exemple, filtre les actions que l'utilisateur peut effectuer en les limitant et offre un cadre spécifique pour travailler tel ou tel médium. Cette prothèse technique est donc support de pensée en ce sens qu'elle oriente les actions effectuées dans une certaine direction. Le logiciel Pro Tools¹⁰, par exemple, qui permet de réaliser les opérations de montage et de mixage de fichiers sonores, offre une tout autre manière d'aborder la création sonore qu'un logiciel comme Max MSP, qui, à partir d'une page blanche, invite à construire son propre outil musical¹¹. Chacun de ces logiciels agit, de plus,

10. Le logiciel Pro Tools est un logiciel qui fonctionne à partir de pistes sonores virtuelles superposées sur lesquelles peuvent être placés horizontalement un ou plusieurs enregistrements sonores. La dimension horizontale correspond au temps de lecture et le positionnement de chaque enregistrement dans cette dimension horizontale représente le temps de la composition auquel les enregistrements sonores seront lus.

11. Le logiciel Max MSP est un logiciel permettant de créer ses propres outils sonores et vidéos. La création de ces outils fonctionne par la connexion de blocs opérant un traitement simple sur des données, de vecteur audio ou des trames vidéos. La mise bout à bout de ces

comme un support de mémoire puisqu'il peut activer une mémoire de références musicales dans laquelle va s'inscrire la pratique : celle du travail de l'échantillon sonore, dans le premier cas, à travers l'électroacoustique, l'électronique ou encore le rap ; celle de la manipulation en temps réel de la pratique instrumentale et des synthétiseurs pour le second cas. Le même type d'analogie pourrait être repris en comparant la guitare classique et la guitare électrique qui agisse chacune comme un support de pensée, car elles permettent chacune des sonorités différentes ainsi qu'une approche de la musique particulière (là où l'approche gestuelle d'un piano est essentiellement horizontale, celle de la guitare est bi-dimensionnelle) et un support de mémoire (chacun des instruments vient avec une mémoire de gestes instrumentaux spécifiques). Concernant l'aspect support de mémoire, Romain Bricout (2009) précise que même si les prothèses techniques n'ont pas vocation à transmettre la mémoire, elles restent cependant dépositaires d'une mémoire gestuelle qu'elles transmettent malgré elles. Les modalités d'action que sont le « support de mémoire » et le « support de pensée », qui peuvent être mises en jeu par les organes sociaux et les organes techniques, seront plus loin dans ce document¹² augmentées d'une troisième modalité, celle du « support de pratique ». Avant de définir cette modalité, nous allons, tout d'abord décrire, les caractères associatifs ou dissociatifs des technologies ainsi que la notion de *pharmakon* développés par Bernard Stiegler.

2.1.2.4 Caractère associatif et dissociatif des technologies et *pharmakon*

Gilbert Simondon introduit la notion d'« individuation psychique » qui caractérise les liens entre deux entités animées, l'individu et le groupe, mais aussi la place de la technique dans cette relation. L'individuation est le processus par lequel un individu, ou un groupe se distingue des autres, de manière biologique, psychologique et sociale. L'individuation est un processus, elle est donc toujours dynamique et inachevée. Cependant là encore, des liens se tissent, les évolutions ne sont jamais indépendantes, mais conjointes : lorsqu'un individu s'individue dans le groupe, le groupe s'individue par lui. Pour Bernard Stiegler, le troisième élément de cette individuation se situe dans la conjonction

blocs permet la création d'outils spécifiques plus ou moins complexes. La manipulation de l'outil créé est réalisée en temps réel.

12. Se référer à « Le « triple corps » de la prothèse », p. 130.

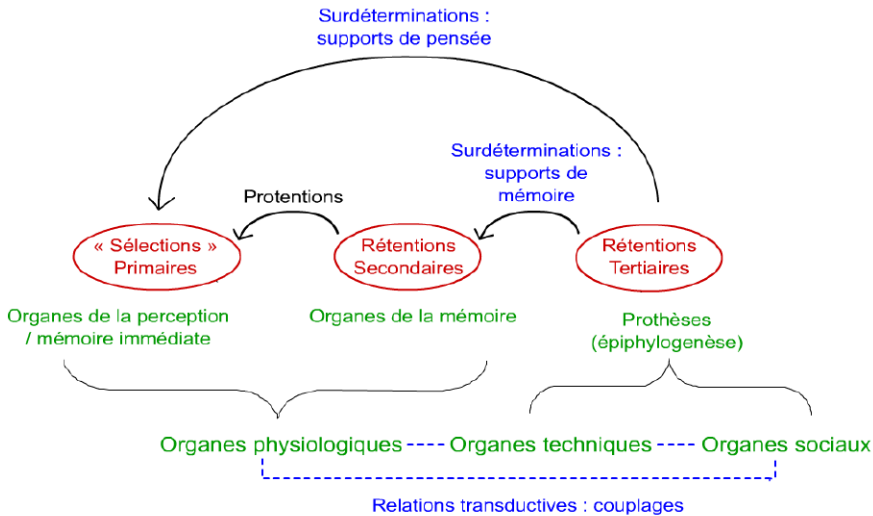


FIGURE 2.2. « Pour une organologie générale » in (Bricout, 2009, p. 76).

« et » entre le « je » et le « nous/groupe » (définie comme « double conjonction disjonctante » (Stiegler, 2005, pp. 251–278)) qui, pour lui, est « technique ». La communication, comme le rappelle Romain Bricout (2009), bien que transparente, est une technique qui s’acquiert et se transmet (p. 131). Le jazz fusion qui apparaît à la fin des années 1960 est un mouvement musical qui incorpore dans le jazz des éléments d’autres courants musicaux tels que le rock ou le funk. Le développement de ce style musical est un exemple d’individuation conjointe entre le musicien/le groupe de musique (le « je ») qui intègre les codes, les modes de jeu, les unités matérielles (le milieu technique) du style musical absorbé (le « nous ») non pas seulement en les important à l’identique, mais en les filtrant à travers sa propre unicité et originalité. Dans le même temps, cette hybridation ajoute de la porosité à la frontière entre, par exemple, le jazz et le rock, ce qui a pour conséquence d’augmenter le public du jazz avec une partie du public du rock, mais aussi à certains artistes venant du rock d’intégrer dans leurs jeux des éléments de jazz. Le milieu technique est donc le socle de l’individuation du « je » et de celle du « nous ». Il faut cependant noter que les mécanismes d’individuation ne fonctionnent pas de la même manière selon

l'époque dans laquelle ils se déroulent par l'évolution même de ce socle technique. Selon les technologies employées dans ce processus d'individuation et le milieu technique dans lequel elles évoluent, ces technologies peuvent être identifiées comme ayant un caractère « associatif », dans le sens où elles fournissent un milieu favorable à l'individuation ou un caractère « dissociatif » dans le sens inverse. L'audio-vidéosphère et l'hypersphère fournissent, de manière générale, respectivement des exemples d'un milieu dissociatif et d'un milieu associatif. En effet, le schéma de diffusion, respectivement, en « étoile » (du centre vers l'extérieur) de l'audio-vidéosphère, typique de la télévision et de la radio par exemple, est un exemple de milieu dissociatif puisqu'il ne favorise qu'un pan de l'individuation (du présentateur vers les spectateurs). À l'inverse, les réseaux de l'hypersphère et les diverses possibilités de retours ou d'interactions avec le contenu proposé qu'ils apportent (les différentes sources de savoir présentées peuvent être, le plus souvent, commentées et débattues) placent cette médiasphère dans un contexte résolument associatif.

Stiegler complète ces deux qualificatifs par une notion intégrant une dualité au sein de la prothèse technique, la notion de « *pharmakon* ». Ce terme grec, qui est la racine du mot « pharmacie », intègre étymologiquement deux sens, celui de « remède » et celui de « poison ». En effet, si le médecin prescrit le médicament, le pharmacien en vérifie le dosage ; un dosage correct agissant comme un remède, un dosage trop élevé pouvant agir comme un poison. C'est de cette dualité que Bernard Stiegler affuble les objets techniques, faisant de n'importe quelle prothèse technique un « remède » ou un « poison » en fonction de son usage. Pour prendre des exemples contemporains, le développement du *streaming* a permis le développement du « *replay* »¹³, du « *podcast* »¹⁴ et de la diffusion de séries à grandes échelles qui sont autant une porte d'entrée dans la connaissance que le développement d'un système addictif.

Insistons encore sur le fait que c'est l'usage d'une technologie et la pratique d'une prothèse technique qui permettent de définir concrètement si une prothèse technique agit plutôt comme un « remède » ou comme un « poison ».

13. Le *replay* est en service disponible auprès de toutes les chaînes de télévision et correspond à la possibilité de revoir quasiment n'importe quelle émission déjà diffusée de manière différée.

14. Le *podcast* a la même fonction que le *replay* pour la radio, mais devient en plus de cela un médium à part entière, dans le sens où il n'est plus tributaire d'une radio pour exister, les « plateformes » de « *streaming* » se chargeant de sa diffusion).

En effet, si les récents développements en apprentissage profond (ou *deep learning*)¹⁵, par exemple, ont permis de faire des avancées spectaculaires dans des domaines tels que la reconnaissance vocale¹⁶ ou la séparation de pistes audio à partir d'un enregistrement sonore¹⁷, c'est aussi ce type de technologie qui est à la base de l'efficacité des outils de reconnaissances faciales actuels et c'est aussi elle, par l'automatisation qu'elle promet de toute une série de tâches, qui annonce une nouvelle approche du travail qui touchera essentiellement les métiers les moins qualifiés et entraînera, comme le suggère Éric Sadin, une probable crise sociale (Sadin, 2018).

2.1.3 Le « triple corps » de la prothèse

Nous avons détaillé plus haut¹⁸ les notions, développées par Romain Bricout, de « support de pensée » et « support de mémoire ». Ces deux modalités que peuvent mettre en jeu les prothèses techniques et les organes sociaux s'appliquent à différents types de rétentions : aux « sélections » primaires pour la première et aux rétentions secondaires pour la seconde. Romain Bricout, dans son étude sur l'instrumentarium électroacoustique, fait émerger, aux côtés des supports de pensée et de mémoire, une troisième modalité d'action des prothèses, celle du « support de pratique ». Cette modalité agit, au même titre

15. L'apprentissage profond (ou *deep learning*) est un champ de l'intelligence artificielle utilisant des réseaux de neurones artificiels pour résoudre un problème. L'utilisation de réseaux de neurones est une pratique existante dans le champ de l'intelligence artificielle. Ces techniques ont connu un bond en avant grâce au développement de la puissance de calcul qui a permis l'augmentation drastique du nombre de « couches » et de la taille du réseau. Le qualificatif « profond » fait directement référence à cette augmentation drastique des couches d'analyse.

16. La reconnaissance vocale a été une des premières percées notable due au *deep learning*. Cette fonction correspond à la reconnaissance par un système informatique de mots-clé utilisés comme commandes d'un programme. Ce domaine de recherche n'est pas récent mais ce n'est que grâce aux développements du *deep learning* qu'il a pu être intégré dans des produits commerciaux. C'est ce genre de technologie qui est utilisé dans les système Alexa d'Amazon, Siri d'Apple et « Ok Google! » de Google.

17. La séparation de pistes est l'opération qui permet à un système informatique d'extraire, à partir d'un enregistrement sonore comprenant plusieurs instruments, des fichiers sonores pour chaque instrument présent dans le morceau originel. Cette thématique de recherche a connu des grandes améliorations grâce aux technologies de *deep learning* qui lui ont été appliquées ces dernières années.

18. Se référer à « Rétentions et filtrages », p. 125.

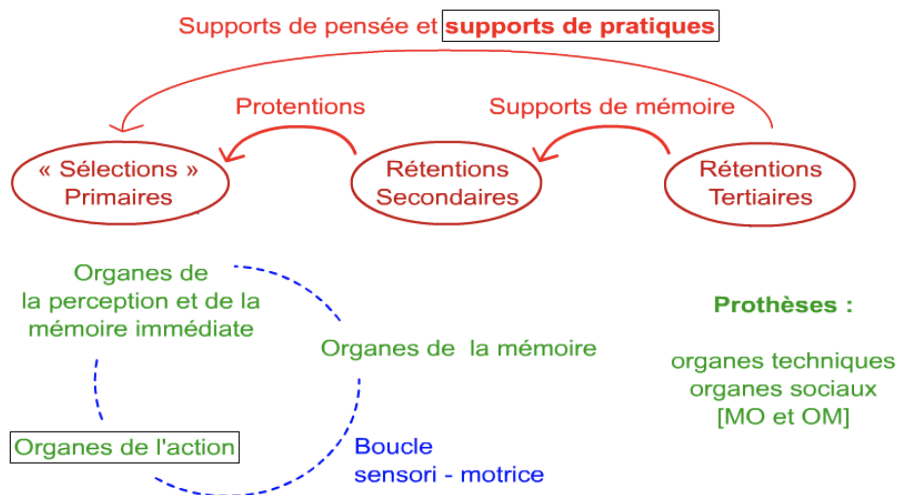


FIGURE 2.3. « Le «triple corps» de la prothèse – Support de mémoire, support de pensée et support de pratique » in (Bricout, 2009, p. 169)

que le support de pensée, directement sur les « sélections » primaires. Dans sa comparaison entre l'électroacoustique et la musique électronique, il met en avant la dualité de cette modalité d'action. L'électroacoustique, pour sa part, découle d'une organisation sociale des pratiques musicales et sonores : c'est dans le studio de recherche sonore de la radio (une organisation sociale) de l'audio-vidéosphère que Pierre Schaeffer découvre la musique concrète (qui ouvrira la voie à la musique électroacoustique) par son expérience fondatrice de la « cloche coupée »¹⁹. C'est par le cadre d'organisation qu'est le studio de recherche sonore de la radio que les musiques concrète puis électroacoustique s'intègrent et trouvent ancrage dans la pratique musicale contemporaine. À l'inverse, la musique électronique naît de la manipulation, de la pratique du matériel et donc d'une organisation technique des pratiques. Bien évidemment, la pratique du matériel par un public de plus en plus large, comme on le voit tout au long du XX^e siècle, notamment dans ce passage du studio de recherche au *home studio*, est rendue possible par la miniaturisation des composants

19. Pour plus d'éléments sur Pierre Schaeffer et cette expérience fondatrice, se référer à « Pierre Schaeffer et le phonogène » in (Bricout, 2009, pp. 24-26).

et par le développement des procédés de fabrication de matériel électronique. C'est grâce à ces deux éléments que les prothèses techniques peuvent sortir des studios et être rendues disponibles au plus grand nombre. Comme le note Romain Bricout ([Bricout, 2009](#)), l'appropriation du matériel par la pratique des acteurs de la musique électronique a permis « de court-circuiter dans un premier temps les OM afin d'aller plus vite » (pp. 165-166). Ces acteurs, sans passer, par la case « Organisations Matérialisées », ont redécouvert, par la pratique technique, une partie des éléments mis à jour par Pierre Schaeffer. Cependant, seulement une partie des éléments mis à jour par Pierre Schaeffer a été redécouverte, et Romain Bricout indique que l'intégration dans la pratique musicale électronique des éléments restants nécessitera alors l'intervention des Organisations Matérialisées. L'organisation sociale des pratiques et l'organisation technique des pratiques sont donc les deux parties de cette modalité d'action des prothèses techniques qu'est le support de pratique.

Cette modalité d'action est intégrée par Romain Bricout dans une représentation graphique présente à la figure 2.3. Dans cette représentation, il affine les apports de la médiologie et de l'organologie générale auxquels il adjoint sa contribution. Par cette synthèse, Romain Bricout définit ce qu'il appelle le « triple corps » de la prothèse qui est à la fois : support de pensée, support de mémoire et support de pratique.

2.1.4 Conclusion

Ce premier moment théorique de notre étude organologique nous aura permis de poser les fondations sur lesquelles le travail de généalogie qui va suivre²⁰ pourra se développer. La médiologie et l'organologie générale nous mettent à disposition des outils et des concepts qui permettent d'identifier rapidement les éléments techniques et organisationnels sous-jacents dans la mise en place et dans l'ancrage de pratiques instrumentales.

20. Se référer à « [Généalogie des mutations de la guitare](#) », p. 133.

2.2 Généalogie des mutations de la guitare

La présentation des différentes mutations dans la première partie de ce travail²¹ fut dense. Nous allons, dans cette sous-partie, les synthétiser et les mettre en regard avec l'appui des méthodes et concepts décrits précédemment²². Tout d'abord à travers un arbre généalogique technique (voir figure 2.4) mettant en lumière les parentés techniques entre les différentes mutations, puis par un tableau récapitulatif (voir tableau 2.8) de toutes les prothèses rencontrées. La vision large que nous avons prise dans la description des mutations nous permettra d'identifier, à travers le prisme de l'évolution de la guitare, les changements de paradigmes techniques que la médiologie décrit par le biais des médiasphères²³. Elle nous permettra aussi de mettre en lumière des filiations directes ou transverses qui sont présentes dans les différentes médiasphères ou que l'on retrouve dans chaque médiasphère sous différentes formes. Bien que notre démarche soit large, elle se resserrera tout au long de cette partie vers notre sujet de recherche dans le but d'esquisser les contours des différents éléments à l'œuvre lors de l'apparition du microphone et des premiers traitements sonores hexaphoniques à la fin des années 1970. La généalogie des différentes mutations que nous avons créée expose les différentes mutations que nous avons décrites précédemment et tente de tracer des lignes de filiation technique permettant de mettre en lumière les logiques d'enchaînement à l'œuvre derrière l'apparition de chaque mutation.

2.2.1 Présentation de la généalogie des mutations

Cette généalogie utilise différents éléments graphiques :

- Les différentes mutations de la guitare sont placées horizontalement en fonction de leur date d'apparition selon un axe temporel. Cela permet notamment de remettre en contexte l'espacement temporel entre celles-ci. Bien évidemment, si le bord gauche des représentations graphiques de forme rectangulaire définit l'apparition de la mutation, le bord droit n'indique pas sa disparition. Chacune des mutations une fois créée, évolue et même si

21. Se référer à « [Les mutations de la guitare](#) », p. 9.

22. Se référer à « [Concepts et méthodologies](#) », p. 114.

23. Se référer à « [Les Médiasphères](#) », p. 115.

elle disparaît un temps peut revenir à tout moment, dans les travaux d'un luthier particulier ou dans les développements d'une grande marque : c'est par exemple le cas des guitares-harpes²⁴ qui bien qu'ayant eu un développement fort entre la fin du XIX^e et les années 1920-1930 et ayant disparu après cette période, réapparaissent finalement, ici et là à partir de la fin du XX^e, dans des travaux de luthiers (nous pensons, par exemple, aux travaux des luthiers Fred Carlson²⁵ et Thierry André²⁶ ou dans des marques comme Timberline Guitars²⁷). Il faut noter que les mutations dont les rectangles sont colorés appartiennent à des lignes de filiations que nous détaillons ci-après ;

- Les flèches pleines reliant les différentes mutations définissent les relations généalogiques techniques : une mutation n'apparaît pas ex nihilo, mais sur base d'une mutation qui a précédé et à laquelle, soit une ou des prothèses ont été ajoutées, soit une partie de l'instrument a été modifiée (intégration de frettes supplémentaires sur le manche des guitares microtonales²⁸, manche arrondi de la guitare-viole²⁹ qui vient remplacer le manche de la guitare, résonateur des guitares à résonateurs,³⁰ etc.). Les prothèses sont indiquées dans une teinte violette de part et d'autre des flèches représentant la modalité par laquelle la relation de la filiation s'opère ;

24. Se référer à « [La guitare-harpe](#) », p. 22.

25. En ligne <https://www.fredcarlsoncreativeluthier.com/works> [consulté le 17/12/2021]

26. En ligne <https://www.andrestruments.com/multi> [consulté le 17/12/2021].

27. Timberline Guitars est une marque américaine de guitares acoustiques faites à la main. Elle s'est associée aux alentours de 2016 avec Gregg Miner pour développer une série de guitares-harpes que la marque vend actuellement.

28. Se référer à « [La guitare microtonale](#) », p. 31.

29. Se référer à « [La guitare-viole](#) », p. 30.

30. Se référer à « [La guitare à résonateurs](#) », p. 36.

- Les flèches en pointillés permettent de mettre en avant des parentés de « principe » qui relient deux mutations partageant une approche commune. Nous n'avons, par exemple, pas trouvé de preuve de lien entre le microphone hexaphonique des guitares-synthétiseurs analogiques³¹ et le microphone stéréophonique des guitares stéréophoniques³². Cependant, les captations séparées que ces deux mutations proposent nous semblent proches et participent d'une même idée. Il en est de même pour la guitare-orgue³³ et les contrôleurs en forme de guitare³⁴ qui, si la parenté directe n'est pas prouvée, partagent une technique similaire de captation de la note jouée³⁵ ;
- Des formes rectangulaires en pointillés indiquent pour certaines mutations la présence d'une parenté extérieure. C'est le cas, par exemple, de la guitare augmentée³⁶ qui émerge grâce au travail plus général autour des instruments augmentés ou de la guitare à vibration infinie³⁷ dont l'approche découle du flux sonore continu à la base de la synthèse (et que les synthétiseurs s'emploient à contraindre). Il en va de même pour toutes les mutations dont le nom est composé (guitare-viole, guitare-harpe, guitare-orgue, etc.) et qui puisent toutes une inspiration plus ou moins forte dans les instruments qui sont juxtaposés au terme « guitare » ;
- Des repères de développements technologiques importants ont été rajoutés dans la partie basse de la figure. Ceux-ci permettent de mettre en perspective les différentes mutations par rapport à des évolutions techniques plus générales participant à leurs développements.

Il faut noter ici que, par souci de lisibilité, les étapes menant à la guitare romantique n'ont pas été renseignées. Celle-ci est prise comme point de départ de

31. Se référer à « [La guitare-synthétiseur](#) », p. 78.

32. Se référer à « [La guitare stéréophonique](#) », p. 66.

33. Se référer à « [La guitare-orgue](#) », p. 74.

34. Se référer à « [Les contrôleurs en forme de guitare](#) », p. 83.

35. Pour rappel, ces deux instruments intègrent des systèmes de captation des frettes sur lesquelles les doigts appuient directement dans le manche de l'instrument. De plus, ils partagent une fonctionnalité particulière, la capacité de pouvoir générer un son seulement par appui sans avoir besoin d'attaquer la corde avec la main droite.

36. Se référer à « [La guitare et les instruments augmentés](#) », p. 102.

37. Se référer à « [La guitare à vibration infinie](#) », p. 89.

notre généalogie étant donné que c'est cette mutation qui permet la naissance des guitares Torres en Espagne, mais aussi des guitares Martin aux États-Unis. Les premières amèneront la guitare acoustique classique et les secondes l'électrification (grâce aux cordes en métal) et la guitare qui sera nommée *folk* par la suite. Une fois ces éléments graphiques de base précisés, nous pouvons entrer un peu plus dans les détails des différentes relations et des lignes de parenté que cette figure nous permet de faire apparaître.

2.2.2 Les mutations « mères »

Par une observation rapide de la généalogie, nous pouvons, tout d'abord, remarquer que plusieurs mutations concentrent la naissance des autres. Il s'agit de la guitare romantique, de la guitare électrique *solidbody* et de la guitare-synthétiseur analogique. Ces trois mutations « mères » apparaissent chacune dans deux médiasphères différentes sur lesquelles s'étendent leurs développements : la graphosphère et l'audio-vidéosphère.

Les mutations que la **guitare romantique** permet de faire apparaître sont des mutations qui nécessitent la modification définitive de l'instrument. Les cordes supplémentaires non frettées des guitares-harpes, les manches supplémentaires des guitares multimanches, le barrage en éventail et l'augmentation de la taille de la caisse de la guitare acoustique classique ou encore le barrage en X des guitares acoustiques à cordes métalliques sont des prothèses qui, une fois installées, ne peuvent être retirées. L'aspect modulaire des prothèses qui pourrait se définir par la caractéristique de celles-ci de pouvoir être appliquées ou non, intégrées ou non, n'est, en effet, pas présent avec ces prothèses agissant en grande partie sur les vibrations acoustiques de l'instrument. Celles-ci induisent, *de facto*, la construction d'un nouvel instrument là où les prothèses qui apparaissent avec l'électricité, même si elles sont intégrées, peuvent généralement être activées ou désactivées, laissant la sonorité de l'instrument de base intacte. Nous reviendrons sur ce point plus loin dans notre texte³⁸.

La **guitare électrique *solidbody*** correspond à l'intégration du flux de l'audio-vidéosphère à l'instrument. Comme nous l'avons vu, l'électrification de la guitare amène la séparation entre la source du son et son élément de diffusion, éléments qui étaient auparavant présents au sein de la même entité. On retrouve

38. Se référer à « [Les prothèses et leurs intégrations](#) », p. 171.

le même type de séparation dans le flux sonore de la radio et dans le flux vidéo de la télévision qui sont deux éléments typiques de l'audio-vidéosphère. Avec l'amplificateur, la guitare n'est plus seulement un instrument, mais un système technique dans lequel tous les éléments agissent sur le son produit. L'espace ainsi créé et la miniaturisation de l'électronique qui devient possible plus facilement dans les années 1960 permettent l'intégration des prothèses de traitements sonores qui s'intègrent dans une chaîne et prennent la forme de pédales d'effet. Le point d'entrée de ce système technique est la guitare et le son capté par les microphones, le point de sortie en est l'amplificateur. La chaîne de pédales d'effets entre ces deux points permet une grande variabilité dans le système en termes de **timbres** que l'instrument peut « revêtir » et de gestes instrumentaux que ce **timbre** va induire ou permettre. Ce que cette variabilité montre en creux est la notion de modularité, que nous avons introduite ci-dessus et qui est aussi une caractéristique des organes techniques de l'audio-vidéosphère. Les prothèses peuvent être présentes, mais ne sont pas obligatoires et leurs positionnements dans la chaîne sont interchangeables tant qu'elles satisfont aux normes électriques d'entrée et de sortie. Cette caractéristique tranche nettement avec les mutations découlant de la guitare romantique. Là encore, nous approfondirons cette remarque dans la suite de ce texte.

La **guitare-synthétiseur** ajoute une nouvelle séparation dans le système technique qu'est la guitare électrique *solidbody* puisqu'elle convertit électriquement, non pas le son comme cette-dernière, mais le geste instrumental. Là encore, l'espace créé permettra l'intégration de prothèses, notamment à partir de l'utilisation de programmes informatiques qui tenteront de recréer une relation entre le geste instrumental et le son produit. Nous reviendrons plus loin dans ce texte en détail sur les différentes étapes techniques de ce glissement ³⁹.

Ces trois mutations « mères » sont les socles autour desquels se construisent des lignes de filiations plus ou moins directes. Deux de ces lignes (celle de l'électrification et celle de la synthèse et de la numérisation du geste) comme nous le verrons, correspondent aux différentes étapes transitoires dans l'intégration des paradigmes techniques des médiasphères qui se succèdent.

39. Se référer à « **Ligne de filiation directe : synthèse et contrôle gestuel** », p. 142.

2.2.3 Ligne de filiation directe : électrification

2.2.3.1 Éléments constitutifs

La ligne de filiation de l'électrification est reprise à la figure 2.5. Elle comporte 5 éléments : la guitare romantique, la guitare acoustique à cordes métalliques, la guitare *lap-steel* (ou « hawaïenne »), la guitare *archtop*, les premières électrifications et la guitare électrique *solidbody*. Chacune de ces mutations constitue une étape nécessaire pour l'électrification de l'instrument, dans le développement de la guitare électrique *solidbody* et dans l'établissement de sa position hégémonique dans les musiques populaires des années 1960 et 1970.

La guitare romantique avec ses cordes nylon, comme nous l'avons vu, est définie comme mutation première de notre généalogie. C'est elle qui arrive aux États-Unis avec les immigrés (dans une forme, bien que proche, qui n'est pas encore celle des guitares Torres). Des cordes métalliques et un barrage en X lui seront adjoints à partir de la moitié du XIX^e, période pendant laquelle les travaux de lutherie tournent autour de l'augmentation du niveau sonore de l'instrument. L'électrification de la guitare par le principe du champ électromagnétique n'aurait pas été possible si la guitare acoustique ne s'était pas renforcée dans sa structure et munie de cordes métalliques. Cette modification, bien plus qu'aucune autre, apparaît comme une modification d'importance majeure pour la suite du développement de l'instrument. Effet diligence⁴⁰ oblige, les premières guitares électrifiées ne sont pas *solidbody*, mais sont des guitares acoustiques à cordes métalliques auxquelles sont ajoutés un microphone et un amplificateur. En effet, les luthiers ne construisent pas aussitôt un tout nouvel instrument comme la guitare électrique *solidbody*, mais ils utilisent l'existant. Comme nous l'avons vu,⁴¹ les guitares *archtop* ou les guitares *lap-steel* sont parmi les premiers types de guitares à être électrifiés. Si la guitare *lap-steel* Rickenbacker Frying Pan est reconnue comme étant la « première guitare électrique *solidbody* », les guitares *archtop* sont celles qui seront les plus électrifiées. L'archétype « guitare électrique » tel qu'il est populairement perçu aujourd'hui dans la forme de la guitare électrique *solidbody* ne découle finalement que du remplacement du corps des guitares *archtop* électrifiées par le corps plein. Bien évidemment, les microphones, les amplificateurs et les éléments de contrôle

40. Se référer à « Les effets médiologiques », p. 121.

41. Se référer à « Premières électrifications », p. 39.

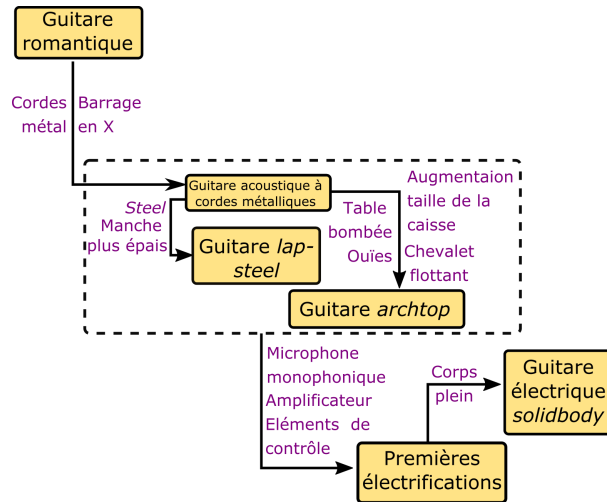


FIGURE 2.5. Filiation : électrification

électronique intégrés dans la guitare continuent d'évoluer, mais ils précèdent la guitare électrique *solidbody*. C'est donc finalement une modification de la lutherie (et non un apport de l'électronique) apparaissant des suites d'une limitation de l'instrument face au contexte technique de la nouvelle médiasphère, qui permet l'émergence technique de ce nouveau standard instrumental.

2.2.3.2 Les styles associés

La guitare électrique *solidbody* est l'instrument par essence du rock'n'roll qui se développe dans les années 1950 et explose dans les années 1960 et 1970. Cependant, ce seul style n'aurait probablement pas connu autant de succès et l'instrument ne se serait pas autant développé s'il n'y avait pas eu d'étapes de développement intermédiaires dans l'appropriation de l'instrument par le public. En effet, la guitare n'est pas l'instrument le plus populaire aux États-Unis à la fin du XIX^e, laissant cette place au banjo ou à la mandoline. Il semble, dès lors, difficilement pensable qu'une nouvelle mutation et un nouveau style s'imposent cinquante ans après sans étapes intermédiaires.

Une partie de la réponse se trouve dans les mutations intégrant les cordes métalliques. En effet, l'élément remarquable de la guitare *lap-steel*, de la guitare acoustique à cordes métalliques et de la guitare *archtop* est qu'elles s'ancrent toutes dans un ou plusieurs styles musicaux différents. Comme nous l'avons vu, la guitare *archtop* naît de l'exclusion de la guitare acoustique des orchestres BMG et se développe dans le jazz puis, avec son électrification, dans le *bebop*, par l'entremise du guitariste Charlie Christian. La guitare *lap-steel*, quant à elle, est l'instrument de la *musique hawaïenne* (à la mode dans les années 1920 aux États-Unis), et s'intègre par la suite dans la *country* et le *blues* à travers la pratique de la guitare *slide* (le *blues* se développe à partir des années 1920 notamment dans la ville de Chicago). Les guitares acoustiques à cordes métalliques auxquelles Martin donnera la forme Dreadnought à partir des années 1930 se feront les instruments de prédilection de la *musique folk* américaine, puis *folk* contestataire dans les années 1960. D'un instrument secondaire, la guitare devient donc à partir de 1920 un instrument de premier plan dans plusieurs styles musicaux. Ces mutations qui précèdent la guitare électrique *solidbody* développent l'image de l'instrument à travers différentes communautés et permettent une intégration plus profonde de l'instrument dans l'instrumentarium populaire.

Cependant, la transition avec la guitare électrique *solidbody* du rock'n'roll ne sera pas directe. Les communautés des différents styles associés aux guitares acoustiques métalliques ne sont pas nécessairement prêtes au changement, notamment par rapport à l'augmentation du volume sonore qu'amène la guitare électrique *solidbody*. Steve Waksman (1999) cite notamment l'exemple du guitariste Bob Dylan qui, après s'être inscrit dans une tradition *folk* acoustique, s'est fait huer lors du concert au festival folk de Newport le 25 juillet 1965 après l'exécution de trois compositions entièrement électriques. Le volume sonore que le groupe engendrait ne correspondait pas à la vision intimiste et poétique qu'avaient les amateurs de cette musique. Cependant, tous les styles dans lesquels s'ancrent les guitares acoustiques à cordes métalliques ne sont pas aussi conservateurs que celui de la *musique folk*. c'est notamment le cas du *blues*, comme l'indique Robert Palmer (1992) indirectement « Virtually every

innovation associated with rock guitar playing in the 1960s can be traced back to black musicians of the middle and late 1950s »⁴².

Robert Palmer fait ici essentiellement référence aux musiciens de blues. Waxman, dans cette lignée, développe notamment les portraits des guitaristes de Muddy Waters et Chuck Berry en montrant à quel point le son et les expérimentations qu'ils développèrent avec leurs guitares électriques *solidbody* (et avec eux, ceux des scènes locales dans lesquelles ils gravitaient) posèrent les jalons du rock'n'roll électrique des années 1960 et 1970 tels que Jimi Hendrix, les Beatles ou encore les Rolling Stones allaient le pratiquer. Pour ces musiciens, l'électrification de l'instrument leur permet de se rendre audibles notamment par rapport à une musique qui est essentiellement portée par des hommes blancs.

L'aboutissement de cette ligne de filiation de l'électrification semble donc être le résultat de plusieurs facteurs. D'une part, l'évolution technique qui s'étend sur une cinquantaine d'années et qui s'incarne dans la nouvelle forme de la guitare électrique *solidbody*. D'autre part, aux styles qui ont permis le développement de la pratique de l'instrument dans les premières décennies du XX^e, vient s'adjoindre le blues qui s'approprie le nouvel instrument et qui permet au rock'n'roll de s'ancrer quelques années plus tard. Par ces mouvements, la défonctionnalisation apportée par l'électrification de l'instrument se refonctionnalise dans le blues des Afro-Américains des années 1950 et de manière plus globale dans le rock'n'roll des années 1960 et 1970. Cette refonctionnalisation renouvelle complètement la pratique de l'instrument et crée un nouveau dogme encore, en partie, à l'œuvre aujourd'hui.

2.2.4 Ligne de filiation directe : synthèse et contrôle gestuel

2.2.4.1 Éléments constitutifs

Cette famille intègre 7 mutations dont les évolutions s'étendent sur la deuxième moitié du XX^e à la suite des premiers synthétiseurs. Elle commence avec la guitare électrique *solidbody* qui va permettre l'apparition de la guitare-orgue et de la guitare-synthétiseur analogique. Chacune d'entre elles va, à son tour,

42. Virtuellement toutes les innovations associées au jeu de guitare des années 1960 peuvent être ramenées aux musiciens noirs du milieu et de la fin des années 1950. [traduction par l'auteur].

donner naissance à une mutation, respectivement les contrôleurs en forme de guitare et le système *pitch-to-midi*/guitare MIDI. La filiation entre la guitare-orgue et les contrôleurs en forme de guitare n'est pas directe, mais de principe de par la proximité technique des prothèses qu'elles intègrent. Comme nous l'avons vu, ces deux mutations réalisent la détection des notes jouées à partir du manche de l'instrument. Il s'agit, finalement, pour les contrôleurs en forme de guitare, d'une « conversion » en partie numérique du principe des guitares-orgues entièrement analogiques. La guitare augmentée apparaît essentiellement comme fille de la guitare électrique *solidbody* et des guitares acoustiques (même si, comme c'est le cas de la guitare préparée, elle peut être fille de n'importe quelle autre mutation), mais aussi dans une parenté de principe avec les contrôleurs en forme de guitare et les systèmes *pitch-to-midi*. En effet, la guitare augmentée émerge à travers le champ plus large des instruments augmentés et apparaît comme un effet-vélo décrivant la tentative des instruments acoustiques et électriques d'accéder aux possibilités sonores et gestuelles de l'hypersphère, éléments que l'on trouve en germes dans la guitare-orgue et dans les guitares-synthétiseurs.

Il apparaît, de fait à la vue de cette filiation et à l'inverse de la précédente, que toutes les mutations de cette filiation proviennent de parentés extérieures : l'orgue électronique pour la guitare-orgue, le synthétiseur analogique puis numérique pour la guitare-synthétiseur analogique, les systèmes *pitch-to-midi* et les guitares MIDI, les contrôleurs MIDI génériques pour les contrôleurs en forme de guitare et, comme nous l'avons déjà mentionné, les instruments augmentés pour la guitare augmentée. Cette constatation tend à indiquer qu'un glissement de référence en termes de popularité instrumentale tend à se produire pendant les années 1970 et que la guitare n'est plus l'instrument de référence pour l'intégration d'un certain type d'innovations sonores en cours à cette période. Cette remarque est importante, car elle va nous permettre de nous extraire de notre objet d'étude pour développer notre connaissance des instruments partageant les mêmes évolutions techniques : l'orgue et le synthétiseur. Nous y reviendrons plus loin dans ce texte⁴³.

43. Se référer à « Évolution de l'orgue et du synthétiseur », p. 151.

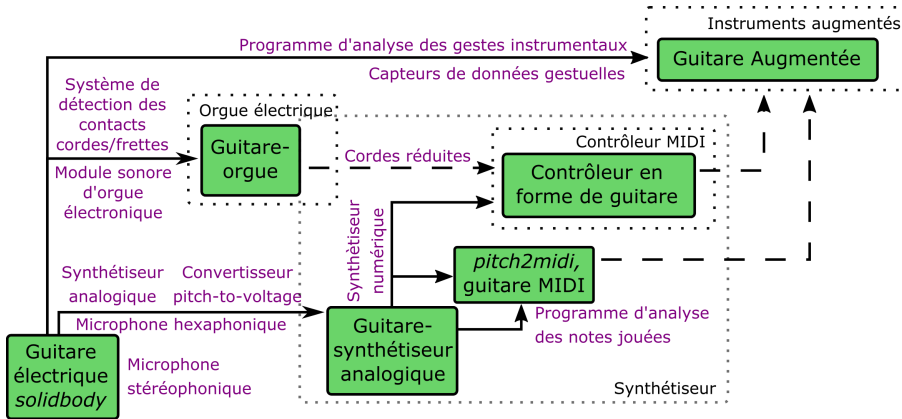


FIGURE 2.6. Filiation : numérisation du geste

2.2.4.2 Filiation de transition

Cette ligne de filiation est particulièrement intéressante puisque, bien que se développant essentiellement pendant l’audio-vidéosphère, ces mutations intègrent les germes de l’hypersphère. Il en résulte des mutations qui, avant le développement généralisé du contrôle gestuel instrumental à travers les interfaces et les programmes de l’hypersphère, tentent d’incorporer le son autre par le biais de ces interfaces.

La transition caractéristique de cette ligne de filiation se traduit par la présence précurseure du contrôle gestuel instrumental et du programme. En effet, elle met, tout d’abord, en avant deux approches différentes de la conversion du geste en commande. La première approche est celle, que nous venons de décrire, de la captation par le manche apportée par les guitares-orgues ; la seconde est l’extraction des informations d’attaque et de hauteur, de la ou des notes jouées, à partir du signal audio du microphone hexaphonique des guitares-synthétiseurs analogiques. Dans le premier cas, le geste instrumental agit comme un interrupteur ouvrant ou fermant le circuit électronique générant le son ; il fait, littéralement, partie du circuit électronique. Dans le deuxième cas, des composants électroniques extraient des informations pertinentes à la description du jeu instrumental (attaque et hauteur). Les deux techniques seront ensuite numérisées avec la génération suivante tout comme le son de syn-

thèse. La numérisation agit sur les interfaces de contrôles des guitares-orgues et des guitares-synthétiseurs analogiques comme une « simple » conversion⁴⁴ qui ne modifie pas fondamentalement ce qui était déjà présent. Elle agit cependant d'une autre manière sur la synthèse qui, si elle aussi est convertie, intègre de nouvelles évolutions, comme c'est le cas de la synthèse par modèle physique que nous avons introduite précédemment⁴⁵ qui n'aurait pas été possible auparavant (ou beaucoup plus compliquée à mettre en œuvre et donc moins porteur de pratique).

Il est intéressant de remarquer que bien que Wanderley (2001) définisse les principes de « captation directe » et de « captation indirecte » (pp. 41-44), environ 40 ans après, dans le cadre des instruments augmentés, il est clair que ces deux aspects sont déjà à l'œuvre, pour la guitare, dès les années 1950. Il faut noter ici, que dès les versions analogiques de ces techniques de captation le vocabulaire gestuel instrumental est réduit à quelques informations, à quelques déclencheurs et n'intègrent pas la finesse du jeu développé par le guitariste. La thématique des instruments augmentés apparaît aussi dans ce contexte et tente, tel un *pharmakon* stieglerien, de soigner ce déficit en tentant d'apporter plus d'expressivité au contrôle gestuel instrumental du son de synthèse. Il faut noter que la guitare-synthétiseur utilisant un système *pitch-to-midi* (intégré ou extérieur) est, à notre connaissance, le seul instrument acoustique ou électrique qui intègre la captation indirecte dans un produit commercial. Les autres instruments qui ont migré vers l'hypersphère ont tous réalisé cette migration par la transformation en interface de commande s'inspirant des instruments originaux. C'est par exemple le cas des batteries électroniques ou des contrôleurs à vent. Le seul cas, à notre connaissance, de guitariste utilisant la captation indirecte en dehors d'une pratique de recherche universitaire est celui de Pat Metheny avec son projet *Orchestrion*⁴⁶ (2009-2013). Dans ce projet, Pat Metheny contrôle soit par le biais d'un programme à interface graphique, soit par le biais d'une guitare toute une série d'instruments qu'il appelle « *Orchestrionics* ». Ces derniers correspondent à des instruments (piano, vibraphone, xylophone, percussions, par exemple) dont le jeu est automatisé. Cette automatisation est

44. Dans les premiers temps du numérique, cependant, ce procédé n'est pas « simple » et la puissance des composants est limitée, notamment en termes de fréquence d'échantillonnage et de précision d'encodage. Il faut attendre les années 2000 pour que les systèmes de conversion numérique soient aussi puissants que ceux des derniers modèles analogiques.

45. Se référer à « *Les contrôleurs en forme de guitare* », p. 83.

46. En ligne <https://www.patmetheny.com/orchestrioninfo/> [consulté le 17/12/2021].

obtenue par l'utilisation de solénoïdes⁴⁷ ou d'éléments pneumatiques contrôlés numériquement. Par l'utilisation d'un système d'analyse du signal audio qui permet la détection d'éléments du jeu du guitariste et d'une interface de connexion entre le programme et les transducteurs, Pat Metheny contrôle directement tous ces instruments (Metheny, 2010). En dehors de cet exemple unique, les algorithmes de détection qu'introduit la guitare-synthétiseur analogique permet l'intégration plus généralisée du traitement de signal dans les algorithmes des pédales de traitements sonores numériques qui peuvent alors construire de nouveaux traitements tels que la *transposition* ou l'effet de *freeze* qui s'appuient sur ces éléments de traitement du signal.

Pour finir, la guitare augmentée apparaît comme la mutation résultante de ces évolutions. Cependant, le cadre universitaire dans lequel la guitare augmentée se développe, la place (comme tous les instruments du domaine de recherche des instruments augmentés) dans une position constante de prototype qui diffère de l'intégration (technique, pratique et commerciale) de la guitare-synthétiseur. Nous reviendrons sur cette question des différents niveaux d'intégration des prothèses plus loin dans ce texte⁴⁸.

2.2.4.3 Les styles associés

Des trois types de mutations présentes dans cette ligne de filiation, seules les guitares-synthétiseurs (analogiques, systèmes *pitch-to-midi* et contrôleurs en forme de guitare) ont développé une communauté de pratique. La guitare-orgue, comme nous l'avons mentionné, semble être une tentative de développement de l'image de l'orgue électronique à travers la guitare électrique *solidbody*, plus que d'une réelle volonté de développer la pratique d'un nouvel instrument. De même que la guitare romantique qui arrive aux États-Unis est utilisée par les fabricants de banjos et de mandolines pour donner une image plus raffinée à

47. Un solénoïde correspond à un fil conducteur enroulé en spirale (bobine) qui génère un champ magnétique lorsqu'il est traversé par un courant. Dans le contexte qui est le nôtre, il semble que le terme solénoïde corresponde à l'utilisation de cette bobine en conjonction avec un élément cylindrique en fer mobile présent en son centre ou électro-aimant. Lorsque le solénoïde est traversé par un courant, une force attractive ou répulsive est appliquée au noyau mobile. Un mouvement de va-et-vient peut donc être créé à partir d'un courant alternatif. Ce mouvement peut ensuite être utilisé pour percuter des surfaces directement ou par le biais d'un élément percussif.

48. Se référer à « L'intégration et la pratique », p. 174.

ces instruments, le développement très limité de la guitare-orgue pourrait suggérer une « opération séduction » de la part du fabricant d'orgues électroniques Vox⁴⁹. La guitare augmentée, quant à elle, est un objet de recherche dont la pratique, même si elle s'intègre dans un domaine plus large, reste limitée à des cas particuliers et personnels.

Pour ce qui est de la guitare-synthétiseur, les contours de la communauté créée restent assez flous et la guitare-synthétiseur semble n'avoir été active (du moins par les travaux de guitaristes de renom international) que de la fin des années 1970 au milieu des années 1990. Au non initié, il reste cependant compliqué de citer un nom de guitariste utilisant une guitare-synthétiseur. La persistance de la marque Roland dans le développement de cette technologie et le développement du forum VGuitarForums⁵⁰ semble cependant montrer que les guitaristes de cette première période ont entraîné des vocations. Steve Waksman synthétise l'utilisation de cette mutation par les guitaristes de jazz fusion Pat Metheny, John McLaughlin et Allan Holdsworth (Waksman, *shed*). Pat Metheny utilise le Roland GR-300 et la guitare qui l'accompagne (la G-303) dès l'album *OffRamp*, 1982⁵¹. John McLaughlin utilise, pour sa part, une guitare-synthétiseur de la marque 360 System sur l'album *Inner Worlds*⁵² en 1976. Allan Holdsworth utilise de manière intensive le SynthAxe sur les albums *Atavachron* en 1986⁵³, *Sand*⁵⁴, en 1987 et *Flat Tire : Music for a Non-Existent Movie*⁵⁵, en 2001. D'autres guitaristes de jazz fusion utiliseront aussi cette mutation. C'est le cas, par exemple, de Lee Ritenour qui utilise la guitare-synthétiseur de chez 360 System sur l'album *Captain Finger*⁵⁶ en 1977 et la SynthAxe, avec laquelle il pose sur la couverture de l'album *Erath Run*⁵⁷ en 1986. Les guitaristes de rock et de rock progressif tels que Adrian Belew (King Crimson), Andy Summers (The Police), Steve Hackett (Genesis), Chuck Hammer (David Bowie, Lou Reed) et Jimmy Page (Led Zeppelin) utilisent aussi différentes versions de guitares-synthétiseurs. Adrian Belew, par

49. Pour rappel, la première guitare-orgue dont nous ayons la trace est une guitare de la marque Vox.

50. En ligne <https://www.vguitarforums.com/smf/> [consulté le 17/12/2021].

51. *OffRamp*, Pat Metheny, 1982.

52. *Inner Worlds*, John MacLaughlin - Mahavishnu Orchestra, 1976.

53. *Atavachron*, Allan Holdsworth, 1986.

54. *Sand*, Allan Holdsworth, 1987.

55. *Flat Tire : Music for a Non-Existent Movie*, Allan Holdsworth, 2001.

56. *Captain Finger*, Lee Ritenour, 1977.

57. *Erath Run*, Lee Ritenour, 1986.

exemple, utilise les guitares-synthétiseurs de la marque Roland sur l'album *The Experimental Guitar Series (Volume 1) : The Guitar As Orchestra*,⁵⁸ 1995. Jimmy Page, quant à lui, utilise le synthétiseur GR-300 et la guitare G-303 sur l'album *Death Wish II*⁵⁹ en 1982 (musique du film éponyme de Michael Winner, 1982) et sur l'album *Lucifer Rising And Other Soundtracks*⁶⁰ en 2012⁶¹. Chuck Hammer, qui a été guitariste pour David Bowie et Lou Reed, utilise de manière intensive les guitares-synthétiseurs Roland GR-500 et GR-300 dès 1981, sur l'album *Guitarchitecture*⁶² et encore aujourd'hui en 2021 sur l'album *Aetherial*⁶³.

Avec ces guitaristes apparaissent rapidement deux types d'utilisation des guitares-synthétiseurs : une correspond à l'accès au **timbre** de synthèse qui n'était auparavant pas accessible à la guitare et l'autre correspond à l'utilisation de cette mutation pour créer toute une ambiance sonore, tout un orchestre (pour reprendre le terme présent dans le titre de l'album d'Adrian Belew). Dans le premier cas, le style dans lequel la mutation est utilisée ne change pas, mais c'est le **timbre** que le guitariste utilise qui dénote et qui apporte la nouveauté par rapport à l'existant. C'est notamment le cas du timbre présent sur tout le morceau *Morning Calls* de John McLaughlin⁶⁴ ou encore du **timbre** proche de la trompette utilisé dans le morceau *Off Ramp* de Pat Metheny⁶⁵. Dans le second cas, la guitare-synthétiseur est utilisée pour créer un univers sonore complet s'affranchissant la plupart du temps des contraintes de style et de sonorité attendue de l'instrument. Ce type d'utilisation s'apparente à la pratique de design sonore qui se développe avec l'apparition de la phonofixation et de la radio. Bien évidemment, toutes les nuances et hybridations entre ces deux cas extrêmes sont possibles.

58. *The Experimental Guitar Series (Volume 1) : The Guitar As Orchestra*, Adrian Belew, 1995.

59. *Death Wish II*, Jimmy Page, 1982.

60. *Lucifer Rising And Other Soundtracks*, Jimmy Page, 2012.

61. Cet album est une réédition de travaux antérieurs. Le nom *Lucifer rising* est tiré du film éponyme de Kenneth Anger de 1980 pour lequel la musique avait été conçue. Elle n'a cependant pas été utilisée.

62. *Guitarchitecture*, Chuck Hammer, 1981.

63. *Aetherial*, Chuck Hammer, 2021.

64. *Inner Worlds*, John McLaughlin, 1976.

65. *Off Ramp*, Pat Metheny, » 1982.

2.2.5 Ligne de filiation directe : captation individualisée des cordes

2.2.5.1 Les éléments constitutifs

La dernière ligne de filiation que notre représentation graphique permet de faire apparaître est celle de la captation individualisée des cordes. Elle est évidemment en lien direct avec notre objet d'étude. Les mutations qui composent cette ligne de filiation sont : la guitare électrique *solidbody*, la guitare stéréophonique, la guitare-synthétiseur analogique et la guitare à traitements sonores hexaphoniques. La guitare électrique *solidbody* comme nous l'avons vu avec la précédente ligne de filiation donne naissance à la guitare-synthétiseur analogique en lui intégrant un microphone hexaphonique, un synthétiseur analogique et un système de conversion hauteur-tension. Elle donne aussi naissance à la guitare stéréophonique. La stéréophonie, dans ce cas, est intégrée soit par le remplacement des microphones monophoniques par des microphones captant séparément le son des cordes graves et le son des cordes aiguës (c'est le cas des systèmes présents dans les guitares des marques Gretsch, Vega et Vox et du microphone Submarine qui apporte une sortie venant compléter celle déjà présente sur la guitare), soit par l'utilisation d'un connecteur de sortie stéréophonique liant le son de deux microphones monophoniques chacun à une sortie individuelle (c'est le cas des systèmes présents sur les guitares Gibson et Parker)⁶⁶. Cette mutation est reliée à la guitare-synthétiseur analogique par un lien de principe. Là encore, aucun lien n'est avéré entre les deux mutations, mais le principe de captation stéréophonique (dans le cas de la séparation de la captation entre les cordes basses et aiguës) semble être une étape préliminaire de la captation individualisée du microphone hexaphonique. Pour finir, la guitare à traitements sonores hexaphoniques découle directement de la guitare-synthétiseur analogique en remplaçant les éléments de synthèse sonore par des traitements sonores que l'on retrouve classiquement avec la guitare électrique. Les premières versions de ces traitements reprennent quelques éléments des guitares-synthétiseurs analogiques : le traitement de *fuzz* hexaphonique de la PolyFuzz de Keith McMillen par exemple (qui intègre aussi, pour rappel, un traitement de *distorsion* et de *générateur d'octave*) est déjà présent dans l'ARP Avatar.

66. Pour plus de détails sur ces différentes utilisations de la captation stéréophonique, se référer à « La guitare stéréophonique », p. 66.

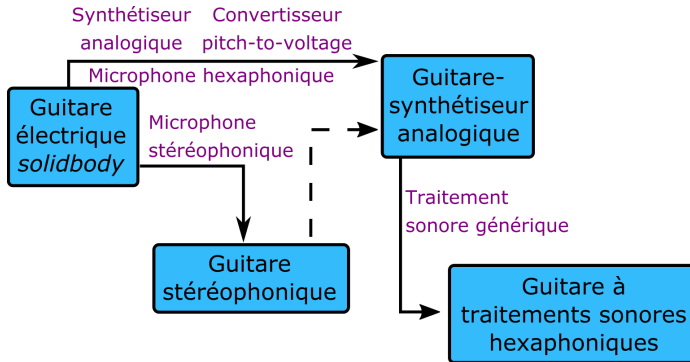


FIGURE 2.7. Filiation : captation individualisée des cordes

2.2.5.2 Des développements restreints

L'approche qu'apporte la captation individualisée de chaque corde correspond à la création d'une nouvelle distance au sein du système technique qu'est la guitare électrique. Après la séparation entre la source du son et son élément diffuseur (amplificateur) qui arrive avec l'électricité, la modification du rapport entre le geste et le son produit qu'amènent les guitares-orgues et guitares-synthétiseurs analogiques, cette ligne de filiation décrit une fragmentation de la captation du son de la guitare, mettant en relief les individualités dans ce qui était abordé auparavant, de manière générale, comme un tout. Comme nous l'avons vu, la guitare stéréophonique et la guitare à traitements sonores hexaphoniques n'ont, à leur apparition, pas entraîné la création de communautés de pratique. Aucun style ne s'est développé à partir de celles-ci et aucun style existant ne s'est approprié ces mutations. Comme nous l'avons indiqué plus haut⁶⁷, ces deux mutations réapparaissent à partir des années 2010. La persistance sur le marché de produits tels que le microphone Submarine⁶⁸ (captation de deux cordes graves ou deux cordes aiguës) et les microphones hexaphoniques Cycfi⁶⁹ montrent que des communautés de pratiques existent pour ce genre de mutations. L'aspect communautaire de l'hypersphère est ici probablement à prendre en compte dans ce changement de traitement de ces deux muta-

67. Se référer à « La guitare hexaphonique », p. 92.

68. En ligne <https://www.submarinepickup.com/> [consulté le 17/12/2021].

69. En ligne <https://www.cycfi.com/> [consulté le 17/12/2021].

tions qui apparaît après 40 ans. En effet, c'est l'une des caractéristiques de l'hypersphère : les forums plus ou moins généralistes tendent à s'hyperspécialiser dans des groupes (Facebook, Mattermost, Slack⁷⁰ ou autres) et par ces communautés hyperspécialisées, il devient aujourd'hui possible de vendre des produits s'adressant à une niche. À la fin des années 1970, les organisations matérialisées ne sont pas du tout les mêmes et il est plus difficile de développer une pratique autour d'un produit de ce type.

Il semble difficile de pousser plus loin ce constat avec les informations dont nous disposons à ce moment de notre cheminement. La troisième partie de ce travail essaiera de faire avancer la question en se mettant à hauteur de musiciens pour essayer de mieux comprendre ce qui se joue dans ce type de mutations.

2.2.6 Évolution de l'orgue et du synthétiseur

La représentation généalogique que nous avons proposée précédemment (voir figure 2.4, p. 135) nous a permis de faire apparaître des lignes de filiations reliant les différentes mutations. Autant, celle-ci nous a aidés à mettre en avant et à caractériser ces différents types d'évolution, autant elle a mis en lumière une analyse limitée de certaines d'entre elles. La ligne de filiation de la synthèse et du contrôle gestuel, par exemple, a notamment mis en avant le fait que les mutations qui la constituent empruntent à d'autres leurs caractéristiques particulières. L'orgue et le synthétiseur sont notamment des instruments qu'il nous semble important d'investiguer étant donné leur proximité avec les évolutions médiaphériques en cours au XX^e siècle et l'instrument au cœur de notre travail. L'étude des mutations de la guitare que nous avons réalisée s'étant focalisée sur cet instrument, nos études de la guitare-orgue et de la guitare-synthétiseur ne font pas mention d'instruments précurseurs tels que,

70. Ces trois références correspondent à celles de trois réseaux sociaux. Ils définissent différents types de liens tissés avec la communauté réunissant à la fois utilisateurs et amateurs avertis. La marque Cycfi par exemple, utilise le groupe Facebook comme élément principal de communication pour réunir les deux types de profils et le groupe Mattermost pour des discussions plus techniques autour des produits que la marque commercialisent.

par exemple, le Telharmonium⁷¹, le Theremin⁷² ou le Chamberlin⁷³. L'idée bien sûr n'est pas de détailler l'application de toutes les évolutions techniques de l'électricité à la musique, mais de mettre en avant que la guitare n'est pas le seul instrument important de l'hypersphère. La synthèse sonore (avec la phonofixation) est un des autres développements sonores d'importance de l'audio-vidéosphère et celle-ci met, en grande partie en jeu des instruments à clavier (carillon, clavecin, piano ou orgue) et que notre focalisation sur la guitare empêche d'intégrer correctement. En effet, l'imposante liste présente sur le site « *120 years of electronic music* »⁷⁴, qui recense les inventions qui ont mené à la musique électronique, fait état d'environ 75% d'instruments (le site

71. Le Telharmonium est construit en 1897 par Thaddeous Cahill et peut être considéré comme le premier synthétiseur opérant une synthèse additive. Cahill utilise un système basé sur des roues dentelées mises en rotation à côté d'un ensemble aimant-bobine générant un champ électromagnétique. Ce mouvement cyclique crée des variations cycliques dans la déformation du champ électromagnétique et donc des sinusoïdes. La variation du nombre et de la taille des dents des roues permet donc de générer différentes fréquences. Il faut noter qu'à cette époque l'amplificateur n'est pas encore inventé et que le seul moyen de rendre audible cet instrument est de le connecter au réseau téléphonique. Ce principe de la roue dentelée sera repris 37 ans plus tard dans l'orgue Hammond B3 qui aura un succès commercial très important.

72. Le Theremin est inventé en 1928 par Léon Theremin. Il correspond à un oscillateur contrôlé en fréquence et en amplitude par la position des mains par rapport à deux antennes. Cet instrument se base sur l'effet hétérodyne découlant de l'étude des signaux radio. La génération d'une fréquence audible est obtenue par la génération des deux ondes radio hautes fréquences dont les hauteurs sont différentes. Une soustraction de ces deux ondes permet alors d'entendre la fréquence audible. De plus, la fixation de l'une des fréquences et la variabilité de la seconde, permet de moduler la fréquence audible. Cet instrument est important car il constitue l'un des premiers cas de contrôle gestuel continu (là où le contrôle proposé par les instruments à clavier de l'époque sont essentiellement discrets, *on* ou *off*) d'un son électronique. D'autres instruments de la même période telles que les Ondes Martenot ou le Trautonium intègrent aussi un système de contrôle continu de la fréquence et de l'amplitude sonore par le biais d'un élément tangible : une bague que l'on déplace avec un doigt le long d'un fil pour le premier et une barre métallique sensible à la pression pour le second.

73. Le Chamberlin est développé en 1951 aux États-Unis par Harry Chamberlin et correspond à l'un des premiers *samplers* basé sur les bandes magnétiques. Chaque touche est reliée à une bande magnétique sur laquelle sont enregistrés un ou plusieurs sons. La pression sur la touche active l'avancée de la bande magnétique qui est lue par une tête de lecture. La lecture de la bande se termine lorsqu'une touche est relâchée ou lorsque le son a été lu dans son entièreté. Le mécanisme d'avancée de la bande s'arrête alors et un ressort à laquelle la bande magnétique est accrochée permet de le remettre en position initiale. Cet instrument servira de base au plus connu Mellotron.

74. En ligne <http://120years.net> [consulté le 17/12/2021].

intègre 138 références) utilisant le clavier comme interface de contrôle avec les sons électroniques. Dans cette liste, aucune référence n'est en lien avec la guitare, ce qui tend à nous prouver que la guitare est étrangère au développement de la synthèse et qu'elle s'y raccroche par la guitare-synthétiseur analogique. Il nous semble donc utile de creuser les évolutions du son de synthèse et du contrôle gestuel instrumental à travers une étude plus précise de l'évolution de l'orgue et du synthétiseur.

Il apparaît d'abord que l'orgue et le synthétiseur partagent deux éléments techniques. Ceux-ci sont la conversion du geste instrumental en commande et la multiplicité de timbres. Cela fait, *de facto*, de l'orgue l'ancêtre direct du synthétiseur. À titre de comparaison, la guitare électrique *solidbody* s'inscrit essentiellement dans l'amplification sonore et non dans l'utilisation du geste instrumental comme commande ou dans la multiplicité de timbre, du moins pendant environ les 30 premières années de son existence⁷⁵. L'orgue s'inscrit dans un développement constant depuis l'antiquité et grâce à l'électrification de son procédé opéré par l'orgue Hammond des années 1930 sort de son cantonnement dans les églises. Cependant, ce n'est qu'avec les synthétiseurs analogiques que les deux concepts de conversion du geste instrumental en commande, d'une part, et de la multiplicité de timbres d'autre part, s'ancrent fermement dans la pratique populaire. L'audio-vidéosphère voit donc exploser les trois composantes que sont : l'amplification, le contrôle gestuel instrumental et la multiplicité de timbres qui s'incarnent, entre autres, dans la guitare, l'orgue électrique et le synthétiseur. Il est intéressant de noter que bien que notre approche soit dans un premier temps plutôt axée vers la technique, les trois « tendances » que nous mettons en avant semblent faire chacune référence à un organe de l'organologie générale de Bernard Stiegler : l'organe technique pour l'amplification, l'organe physiologique pour le contrôle gestuel instrumental et l'organe social pour la multiplicité de timbres (la multiplicité de **timbres** accessibles par un instrument joue sur la perception du son que l'instrument a ou devrait avoir et sur la place sociale de cette sonorité).

2.2.6.1 Évolution de l'orgue

Comme nous l'a appris notre étude des mutations de la guitare, une mutation qui atteint une reconnaissance suffisante auprès du public est précédée par des

75. Se référer à « **Évolution des pédales de traitements sonores** », p. 181.

développements préliminaires et des versions antérieures. L'orgue Hammond est ce type de mutation qui a réussi à obtenir la reconnaissance du public et a atteint un « marché de masse ». Son électrification, en plus de régler le problème des églises qui ne disposait pas d'un orgue acoustique, a permis de la faire sortir de ces églises et d'être utilisé par les musiciens du rock, du rock psychédélique puis du rock progressif des années 1960 et 1970. Durant ces deux décennies, il intègre, à part entière, l'instrumentarium et le son électrique de ces groupes.

L'intégration de l'électricité est, cependant, antérieure à l'orgue Hammond et est essentiellement utilisée pour automatiser électro-mécaniquement les mécanismes de souffleries ou encore pour remplacer les dispositifs de commande d'arrivée d'air dans les tuyaux. Cette dernière utilisation permet notamment la séparation de la console⁷⁶ et des tuyaux. Cette séparation présente dès l'orgue à tuyaux apparaît en quelque sorte comme le corollaire de celle opérée par la guitare lors de son électrification. Pour cette dernière, on assiste à la séparation entre la partie utilisée pour la génération sonore et la partie utilisée pour sa diffusion, alors que pour l'orgue les éléments qui déclenchent les vibrations sont séparés des éléments vibratoires, d'amplification et de diffusion (qui sont alors d'un seul tenant). La séparation que connaît l'orgue s'apparente donc plus à celle qui est opérée dans les années 1970 par les premières guitares-synthétiseurs. L'orgue électronique actualise cette séparation en nécessitant l'adjonction d'un caisson contenant les haut-parleurs et qui a pour rôle la diffusion du son. Bien que les parties de génération sonore, de contrôles et de préamplification soient présentes au sein du même dispositif, elles demeurent néanmoins trois éléments distincts. Cette caractéristique place notre étude des mutations de la guitare sous un nouvel éclairage des plus parlants. En effet, les séparations successives qu'amènent la guitare électrique puis la guitare-synthétiseur analogique sont déjà présentes dans l'orgue intégrant l'électricité puis dans l'orgue électrique.

Laurens Hammond commence par développer ses orgues avec l'idée de proposer une solution électrique aux églises qui n'ont pas les moyens d'acquérir un orgue à tuyaux. Cette stratégie est héritée en partie des harmoniums (ou *reed organ*) qui remplacent les tuyaux de l'orgue à tuyaux par des anches (comme l'on trouve dans les saxophones ou clarinettes, mais aussi dans les harmonicas

76. La console d'un orgue correspond à tous les éléments qui entrent dans le jeu instrumental : les claviers, les registres, le **pédalier** et les pédales.

ou les accordéons) et qui intègrent des pédales dont l'action continue permet de générer l'air utile à la mise en vibration de celles-ci. Cependant, ce type d'orgue propose une palette sonore limitée que les orgues électriques Hammond viennent augmenter. S'il y a une augmentation des **timbres** disponibles avec l'orgue électrique par rapport aux harmoniums, celle-ci n'est pas comparable avec la quantité disponible sur les orgues à tuyaux. D'autre part, Laurens Hammond remplace les anches de l'harmonium par un système de roue phonique *tone-wheel organ* hérité du Telharmonium. Dans cet instrument, la mise en rotation de ces roues dentelées devant un ensemble bobine-aimant permet d'appliquer au champ magnétique créé (le principe est le même que pour les microphones magnétiques de la guitare électrique) une déformation cyclique fonction de l'espacement entre les dents et de la taille de celles-ci. Cette déformation une fois convertie en onde acoustique résulte en une onde sinusoïdale dont la fréquence dépend de la roue et de ces dents. Plusieurs roues permettent de générer ainsi plusieurs **harmoniques**.

L'orgue Hammond intègre, de manière générale, les caractéristiques suivantes :

- Ceux-ci sont constitués le plus souvent de 2 claviers (ou *manuals*) de 61 touches et d'un **pédalier** de 25 ou 32 touches. Le **pédalier** est utilisé pour générer des sonorités dans les fréquences basses ;
- 4 groupes (2 par clavier) de 9 « tirettes » (équivalent du potentiomètre à glissière) permettent de contrôler le volume sonore individuel des 9 **harmoniques** constituant le son de l'orgue. Celui-ci est constitué des 6 premières harmoniques de la série harmonique (fondamentale, première octave, première octave et quinte, 2^{ème} octave, 2^{ème} octave et tierce majeure, 2^{ème} octave et quinte) auxquelles s'ajoutent la 3^{ème} octave (8^{ème} **harmonique**) et deux sous-harmoniques : une quinte inférieure et une octave inférieure. L'omission de la 7^{ème} **harmonique** (2^{ème} octave et 7^{ème} mineure) a pour objectif de rendre le son de l'orgue consonant, les quintes présentes venant renforcer les différentes octaves. Seule la tierce majeure apporte une modulation majeure dans le son généré ;
- Une série de boutons en forme de touches de clavier avec des couleurs inversées sont présents dans la continuité gauche des deux claviers de jeu. Ils permettent de sélectionner 1 préconfiguration sonore enregistrée parmi 12 ;

- Dans ce clavier de préconfigurations, les deux dernières touches (Si et Si bémol) permettent de définir des préréglages utilisateur. Les 4 groupes de tirettes permettent de définir ces préconfigurations, chacun des claviers pouvant accéder à deux groupes de tirettes en fonction de la touche Si ou Si bémol activée de son clavier de préconfiguration ;
- 4 interrupteurs se trouvant sur la droite de l'instrument permettent d'obtenir un son « percussif ». Le premier interrupteur permet d'activer ou de désactiver le son percussif, le deuxième permet de choisir une amplitude normale ou plus faible, le troisième de définir une durée du son courte ou plus longue et le dernier de choisir entre l'ajout d'une octave ou d'une quinte à l'octave. Ce système est enclenché lors du premier appui sur une ou plusieurs notes et nécessite le relâchement des touches avant d'être enclenché à nouveau ;
- 3 interrupteurs et 1 sélecteur rotatif permettent d'appliquer et de contrôler un traitement sonore de *vibrato* : les deux interrupteurs permettent d'activer ou de désactiver le *vibrato* sur l'un ou l'autre des claviers ; le sélecteur rotatif permet de sélectionner différentes intensités de *chorus* ou de *vibrato*. Le dernier interrupteur permet de choisir entre un volume sonore normal ou plus faible ;
- Les orgues Hammond sont accompagnés de caissons contenant des haut-parleurs tournants, les fameuses cabines Leslie (*Leslie rotary speaker*) que nous avons déjà évoquées. Un sélecteur accessible à partir de la console permet de faire varier la vitesse entre deux préconfigurations.

Nous avons souhaité détailler précisément les fonctionnalités présentes sur les orgues Hammond, car elles nous semblent d'une grande modernité par rapport à notre sujet d'étude⁷⁷. Ce qui apparaît clairement après cet examen est que l'orgue Hammond correspond à l'une des premières commercialisations d'un instrument intégrant de la synthèse sonore additive. En effet, en intégrant une adaptation du système du Telharmonium et les tirettes d'amplitude de 9 harmoniques qui constituent son son, l'orgue Hammond permet de sculpter une

77. Bien que commercialisé dans les années 1950, l'orgue Hammond est créé dans les années 1930.

grande quantité de spectres sonores (bien que consonants et loin de ceux que permettront d'obtenir des systèmes additifs plus complets). De plus, les deux touches du clavier de préréglages Si et Si bémol, constituent les premières préconfigurations utilisateurs dont nous avons connaissance pour un instrument de musique. Ce type de fonctionnalité (permettre à l'utilisateur de créer des préconfigurations) est présente dans les systèmes et programmes numériques, tels que les synthétiseurs ou les pédales d'effets numériques par exemple. Un autre élément qui nous semble porteur d'une certaine modernité est la section dédiée à la définition de la percussivité du son qui correspond en fait à une **enveloppe ADSR** rudimentaire une dizaine d'années environ avant les premiers synthétiseurs modulaires. De même, les préconfigurations de l'orgue Hammond (même si elles constituent une diminution drastique du nombre de registres de l'orgue à tuyaux) constituent déjà un élément qui devra attendre la numérisation des instruments pour être disponibles de manière systématique⁷⁸. L'orgue électrique Hammond se positionne donc comme un instrument particulier dans le XX^e siècle puisqu'il intègre de nombreux éléments qui deviendront des éléments standards des instruments et des programmes qui se développeront par la suite à partir de la numérisation des années 1980⁷⁹.

En dehors de ce principe de la roue phonique, les lampes triodes et les transistors dès leurs apparitions sont utilisés avec les orgues électroniques. Ces derniers éléments permettent de diminuer la place nécessaire à la création des circuits sonores électroniques de l'orgue. Ils permettent aussi la réintégration d'un des principes de l'orgue qui avait été perdu avec le Hammond B-3. En effet, avec les orgues à transistor réapparaît la fonction cumulative permettant d'additionner les différents registres (ou timbres), fonction qui avait disparu avec les orgues Hammond. On voit notamment ce genre de fonctionnalité apparaître dans les « orgues combo » des années 1960. Ceux-ci correspondent à des versions portables d'orgues électroniques qui intègrent dans une seule

78. Il faut noter que bien que les amplificateurs de guitare électrique possèdent pour les plus puissants plusieurs canaux d'entrée, il faut attendre le milieu des années 1980 pour qu'apparaissent sur les amplificateurs Marshall des systèmes de commutation (par le biais d'un **pédalier** connecté à l'amplificateur) entre les différents canaux présents. Le son de chaque canal pouvant être configuré par le guitariste, ceux-ci correspondent à des préconfigurations utilisateur.

79. Le lecteur désireux d'entendre l'action des différents éléments de l'orgue Hammond pourra se référer au lien suivant : en ligne <https://youtu.be/mIjq5dI59g> [consulté le 17/12/2021].

structure tous les éléments (console, génération sonore, préamplification et diffusion). Ils s'appuient en grande majorité sur l'accès généralisé, à partir des années 1960, aux transistors qui permettent la miniaturisation. Ces orgues auront un impact fort sur les styles rock, soul et rock progressif (pour ne citer que ceux-là) des années 1960, 1970. On trouve parmi ces orgues le Vox Continental qui est utilisé par John Lennon, par exemple, sur la chanson *Think For Yourself* des Beatles⁸⁰ ou encore par Alan Price sur la chanson *House of The Rising Sun*⁸¹ des Animals. D'autres références de ce type particulier d'orgues électriques incluent le Yamaha A3⁸², le Farsifa Combo Compact Series⁸³, le Gibson G-101⁸⁴ et le Fender Contempo⁸⁵.

Plus les technologies se développent plus les sons des orgues électroniques se confondent avec ceux des synthétiseurs. C'est ainsi que Yamaha développe le GX-1⁸⁶ en 1976 qui est nommé orgue synthétiseur polyphonique (« *polyphonic synthesizer organ* »). Ce terme nous paraît tout à fait juste, car il marque la superposition des technologies employées dans les deux instruments. Il reprend de l'orgue électronique sa forme globale : il possède trois claviers (un monophonique de 37 touches qui correspond en partie au Yamaha SY-1⁸⁷ (1974) et deux polyphonique de 61 touches), un **pédalier** (25 touches), un grand nombre de sélecteurs et d'interrupteurs rappelant le nombre important de registres et un contrôle des amplitudes des harmoniques plus développé que sur le Hammond B-3. Du synthétiseur, il reprend les paramètres d'enveloppe, de filtrage, de générateur de bruit, de modulation, de **post-toucher** (*aftertouch*)⁸⁸ ou de **portamento**⁸⁹, etc. via des potentiomètres à glissière, ainsi qu'un levier actionnable avec le genou (système que l'on trouve sur les guitares *lap-steel* à

80. *Rubber Soul* The Beatles, 1965.

81. *The Animals*, The Animals, 1964.

82. En ligne <http://www.combo-organ.com/Yamaha/yamaha.htm#A-3> [consulté le 17/12/2021].

83. En ligne <http://www.combo-organ.com/Farfisa/Compact/index.htm> [consulté le 17/12/2021].

84. En ligne <http://www.combo-organ.com/Gibson/gibson.htm> [consulté le 17/12/2021].

85. En ligne <http://www.combo-organ.com/Fender/fender.htm> [consulté le 17/12/2021].

86. En ligne <http://www.vintagesynth.com/yamaha/gx1.php> [consulté le 17/12/2021].

87. En ligne <http://www.vintagesynth.com/yamaha/sy1.php> [consulté le 17/12/2021].

88. Ce paramètre de la norme MIDI permet, lorsqu'il est implémenté, d'envoyer l'information de la pression appliquée à la touche après qu'une note ait été générée.

89. Le portamento MIDI correspond à la possibilité de changer de notes de manière continue, créant une sorte de « glissement » d'une note à la suivante.

console) et un **capteur ruban**⁹⁰. Nous reviendrons plus en détail sur l'imbrication de chacun de ces éléments dans la partie suivante. En termes de sonorités, il emprunte aux deux instruments. Cet orgue synthétiseur polyphonique sert à cette époque de prototype pour Yamaha qui intègre une grande quantité de fonctionnalités et qui sont déclinées dans les premiers synthétiseurs polyphoniques de marque tels que le Yamaha CS-80 (1977). Cet instrument fait partie du haut de la gamme de Yamaha et seulement une petite quantité sera produite notamment à cause de son coût élevé. Ils seront cependant utilisés par de nombreux artistes de renommées internationales tels que Stevie Wonder, John Paul Jones (Led Zeppelin), Keith Emerson (Emmerson, Lake and Palmer)⁹¹ ou encore Benny Anderson (ABBA).

Les orgues à tuyaux sont les instruments qui rendent facile l'accès à une grande quantité de **timbres** sonores. Avec ces instruments, ce sont les premières préconfigurations qui sont présentes. L'orgue électrique Hammond B-3 conserve ce principe, mais y adjoint une version primitive de synthétiseur additif. Bien que la synthèse additive ne soit pas le premier type de synthèse utilisée avec les premiers synthétiseurs modulaires, les préconfigurations de timbres multiples, la possibilité de modifier directement le timbre en contrôlant le volume de chacune des **harmoniques** et le nombre important d'éléments de contrôle que l'on trouve sur certains modèles préfigurent selon nous l'explosion des possibilités de contrôles et d'interconnexion qui se généralisent avec les systèmes numériques, la norme MIDI puis les programmes informatiques à interface utilisateur de l'hypersphère.

2.2.6.2 Évolution du synthétiseur

Les techniques de synthèse Bien avant les premiers synthétiseurs analogiques des années 1950, Laurens Hammond, à qui l'on doit l'orgue électrique que nous avons décrit dans la partie précédente, développe le Novachord en 1938. Cet instrument n'est ni un orgue électronique ni un synthétiseur, mais pose les fondations de la synthèse soustractive. En effet, l'on trouve sur cet ins-

90. Un capteur ruban est un capteur qui se présente sous une forme rectangulaire allongée et qui est à la fois sensible à la pression et à la position.

91. Pour voir cet instrument en action le lecteur pourra visionner l'interprétation de la chanson *Fanfare for The Common Man (Works Volume I, BMG,1977)* suivante : en ligne <https://youtu.be/c2zurZig4L8> [consulté le 17/12/2021].

trument un nombre important d'éléments qui font dès les années 1960 partie des éléments de base des synthétiseurs. Il intègre une technologie lui permettant de générer 72 notes seulement à partir de 12 oscillateurs accordée dans une gamme de fréquences hautes. Celle-ci se base sur une division par 2 (*divide down technology*) de la fréquence haute des 12 oscillateurs de base. La division d'une fréquence par deux permet d'obtenir la même note à l'octave inférieure. Cette opération est répétée 6 fois de manière à obtenir les 72 notes du clavier. Le Novachord est polyphonique, ce qui signifie que les 72 notes peuvent être jouées en même temps. D'autre part, il intègre 3 **filtres résonants** qui permettent de sculpter le son et qui sont des éléments essentiels de la synthèse des années 1960⁹².

En dehors de cet instrument précurseur, les premiers synthétiseurs apparaissent, de par leur coût élevé, par le biais des institutions. C'est par exemple le cas des RCA MkI et MkII⁹³ du Columbia-Princeton Electronic Music Center en 1951 et du synthétiseur du BBC Radiophonic Workshop en 1958. Les synthétiseurs de cette époque sont intégrés dans des pièces entières et doivent se programmer à l'aide de cartes perforées avant de pouvoir entendre le résultat sonore. Ils sont alors essentiellement réservés à de rares compositeurs (Milton Babbitt et Charles Wuorinen⁹⁴ à Princeton par exemple) ou pour produire des effets spéciaux pour des films de science-fiction ou pour des émissions radiophoniques. Les sonorités synthétiques intègrent l'espace populaire par ces biais. Durant cette première étape de vie du synthétiseur, ce sont les institutions qui gèrent le développement, la production et la diffusion d'éléments sonores ou musicaux issus de la synthèse.

92. D'autres contrôles reprennent et développent certains éléments disponibles sur les orgues électroniques de la marque. Le mode percussion est, par exemple, repris et accompagné d'un mode chant. Ces deux modes proposent différentes longueur d'attaque qu'il est ensuite possible d'affiner via un sélecteur sept positions. Plusieurs vibratos sont actionnables par l'intermédiaire de 2 interrupteurs mais ceux-ci sont mécaniques à la différence de ceux des orgues électroniques qui sont électroniques.

93. En ligne <http://120years.net/the-rca-synthesiser-i-iiharry-olsen-hebert-belarus1952/> [consulté le 17/12/2021].

94. Charles Wuorinen compose sur ce synthétiseur la pièce *Time's Economium* (1938) qui obtiendra le prix Pulitzer en 1968. En ligne https://youtu.be/CKq8DkBk_GA [consulté le 17/12/2021].

Dans les années 1960, l'accès aux transistors se développe et ils deviennent moins onéreux. C'est à cette période que Don Buchla⁹⁵ et Robert Moog⁹⁶ développent leurs premiers synthétiseurs modulaires chacun sur une côte des États-Unis et chacun en lien avec un compositeur particulier : Morton Subotnick pour le premier et Herb Deutsch pour le second. L'adjectif « modulaire » fait référence à la structure de ces synthétiseurs qui correspond à un assemblage de modules réalisant chacun une fonction particulière et qui sont reliés entre eux par des câbles de connexion. Ces connexions qui une fois réalisées décrivent un « patch », permettent autant le transport du signal audio de la sortie d'un module vers l'entrée d'un autre que le contrôle de chacun des paramètres des modules par une tension générée par un autre module. Le module Model 144 de Don Buchla, par exemple, correspond à un générateur de deux signaux carrés modulables en fréquence ou en amplitude. La fréquence de base de l'oscillateur tout comme la fréquence et l'amplitude de la modulation sont contrôlables par des potentiomètres ou par des tensions générées par d'autres signaux. C'est ici qu'apparaît le terme qualificatif « contrôlé en tension » (*voltage controlled*) qui sera accolé aux différents éléments : oscillateur, amplificateur, filtre, etc. En dehors des modules de générations de signaux de base (carré, sinusoïdal, triangle ou en dents de scie), les synthétiseurs Moog et Buchla intègrent des filtres, des générateurs de bruit, des amplificateurs, des enveloppes ADSR, des mixeurs, des séquenceurs⁹⁷ qui deviendront les éléments de base de la synthèse sonore.

Bien que l'orgue Hammond intègre déjà une gestion des harmoniques se rapprochant de la synthèse additive, le son de ces synthétiseurs diffère drastiquement. En effet, la technique employée ici par Moog et Buchla est celle de la synthèse soustractive et consiste à utiliser un signal sonore continu riche en harmoniques (signal carré, triangle, etc.) et à lui appliquer plusieurs filtrages successifs et des contraintes temporelles. La technique est donc fort différente de celle qui consiste à gérer l'amplitude d'une sélection d'octaves et d'harmonique de ma-

95. En ligne <https://120years.net/buchla-synthesisersdonald-buchlausa1963/> [consulté le 17/12/2021].

96. En ligne <http://120years.net/moog-synthesisersrobert-moogusa1963-2/> [consulté le 17/12/2021].

97. Un séquenceur est un outil permettant d'automatiser une série de commandes (hauteurs d'un signal, lecture d'enregistrements sonores, démarrage d'une enveloppe ADSR, changement d'instruments de synthèse, lecture des différentes notes d'une partition MIDI, etc.) dans le temps.

nière indépendante. De plus, là où, les harmoniques présentes sur le Hammond sont le résultat d'un choix qui tend vers la consonance, les générateurs de signaux utilisés par les synthétiseurs modulaires sont le fait de la décomposition harmonique complète du signal. L'ensemble des **harmoniques** que ces signaux génèrent a une sonorité brute beaucoup moins consonante que celle des orgues Hammond⁹⁸.

Pour répondre aux musiciens qui sont autant attirés par le synthétiseur modulaire que désarmés face à cet instrument qui n'a rien d'instrumental, Robert Moog ajoute rapidement un clavier du même type que celui que l'on trouve, de manière générale, sur l'orgue. Précisons ici, que la possibilité de rappeler des préconfigurations n'est pas disponible avec le modulaire (il faudra attendre les mémoires des systèmes numériques), le son se construit donc en temps réel. L'album *Switched-On Bach* de Wendy Carlos⁹⁹ qui reprend des œuvres du compositeur Jean-Sébastien Bach jouées au synthétiseur lance le développement du synthétiseur à plus grande échelle. Après l'ajout du clavier, une deuxième réduction est opérée à l'instrument. Celle-ci arrive avec l'ARP 2600¹⁰⁰ qui fixe un certain nombre de modules et qui supprime une grande partie des contrôles en tension. Ces paramètres peuvent toujours être configurés par le biais de potentiomètres à glissière, mais, pour la grande majorité, ne peuvent plus être modulés par d'autres signaux. Cette réduction permet de limiter la complexité du synthétiseur modulaire et de la synthèse qui devient alors plus facilement appréhendable par les musiciens¹⁰¹. Cette réduction sera le départ d'un mouvement général de réduction qui fera du synthétiseur des années 1980 plus une machine à rappeler des préconfigurations peu modulables qu'une machine à sculpter le son. Les synthétiseurs FM tels que le Yamaha DX-7¹⁰² (1983) sont à cette image.

98. Les **harmoniques**, au-delà de la 8^{ème} (qui correspond à la 3^{ème} octave supérieure), amènent des intervalles de seconde mineure (8^{ème} harmonique), de quarte augmentée (9^{ème} harmonique) ne favorisant pas la consonance.

99. *Switched-On Bach*, Wendy Carlos, 1968.

100. En ligne <https://120years.net/arp-synthesizers-arp-usa-1970/> [consulté le 17/12/2021].

101. Dans une démarche pédagogique, le synthétiseur s'accompagne de pictogramme décrivant l'action de chaque module.

102. Bien que le DX-7 soit le synthétiseur FM le plus populaire, la synthèse FM est intégrée préalablement à celui-ci dans les synthétiseurs Yamaha GS-1 et GS-2 en 1981 et dans les synthétiseur NED Synclavier I (1977) et II (1979). Ces-derniers peuvent être utilisés avec des guitares avec l'intégration d'un système *pitch-to-midi*.

La synthèse FM est développée par John Chowning en 1973 et répond, en partie, à la problématique de la création de sons de synthèse plus naturels. John Chowning (1973) montre qu'il est possible d'obtenir des spectres sonores complexes évoluant dans le temps à partir de la modulation de fréquence déjà utilisée dans les synthétiseurs modulaires (et, de manière plus générale, dans la transmission du signal radio). Cette technique améliore le rendu réaliste de la synthèse sonore avec un minimum d'éléments nécessaires à son fonctionnement (on parle dans ce contexte d'« opérateurs »). Elle devient la technique principale des années 1980 et ce type de synthèse est utilisé dans de nombreux disques de musiques populaires de cette décennie. Il faut ajouter que la réduction des contrôles de modulations en temps réel qui arrive dans les années 1980 est supportée par le développement de la numérisation des synthétiseurs. Celle-ci commence dès le milieu des années 1970 et introduit, entre autres, dans son sillage l'écran comme élément principal de visualisation et de configuration. Les potentiomètres à glissière ou rotatifs ne sont plus utiles, tout passe par l'écran et seulement quelques contrôles (essentiellement des boutons de rappel de préconfigurations ou un contrôle du volume sonore global) restent à disposition. Il faut noter que certains synthétiseurs utilisent les possibilités du numérique pour développer des synthétiseurs additifs. C'est le cas du NED Synclavier II¹⁰³ (1979) ou du Kawa K5000 (1996). Ce type de synthèse ne se développe, cependant, pas au-delà de quelques références.

Les premiers échantillonneurs¹⁰⁴ se développent eux aussi avec les microprocesseurs et microcontrôleurs du milieu des années 1970 (Fairlight CMI¹⁰⁵ (1979) et Synclavier II (1979), par exemple). Devant le succès des samplers et grâce à l'accès à la mémoire morte (ROM) qui devient plus simple à la fin des années 1980, la synthèse à base d'échantillons apparaît à la fin des années 1980. Elle est par exemple intégrée dans le Roland D-50 (1987) dans lequel les échantillons sont modulés et filtrés par des éléments de synthèse soustractive. Au milieu des années 1990, Julius O. Smith (1992) met au point la synthèse par modèle physique (ou synthèse par guide d'ondes). Ces travaux sont le début de ce que l'on appelle plus généralement la modélisation et seront notamment intégrés

103. En ligne <https://120years.net/the-synclavier-ii-new-england-digital-corporation-usa-1980/> [consulté le 17/12/2021].

104. Un échantillonneur (ou *sampler*) est un instrument permettant d'enregistrer des échantillons sonores et de les relire en leur appliquant des traitements ou non.

105. En ligne <https://120years.net/fairlight-computer-music-instrument-peter-vogel-kim-ryrie-australia-1979/> [consulté le 17/12/2021].

dans le Yamaha VL-1 (1994). La modélisation peut aussi bien être appliquée aux instruments (desquels on pourra définir les caractéristiques physiques : taille de la caisse de résonance, matériau, etc.) qu'au matériel analogique. On assiste depuis le milieu des années 1990, avec une nette accélération à partir des années 2000, à la duplication de tout type de matériel analogique et d'instruments (synthétiseurs, pédales d'effet ou encore amplificateur). D'autre part, depuis 2010, on assiste à un effet-vélo important par rapport aux synthétiseurs analogiques que ceux-ci soient entièrement modulaires ou avec claviers. Deux tendances sont à l'œuvre : le développement de toute une nouvelle génération de créateurs de synthétiseurs modulaires avec le développement de la norme Eurorack et la ré-édition par certaines marques des synthétiseurs qui ont fait leurs renommées (Moog, Korg, etc.) ou encore la copie de synthétiseurs anciens (Behringer).

Les techniques du contrôle gestuel Le contrôle gestuel offert par les synthétiseurs est essentiellement basé sur le clavier. Celui-ci est d'ailleurs directement hérité du clavier de l'orgue (et non du piano) puisque celui-ci n'est constitué que d'interrupteur ouvrant ou fermant un circuit électronique, activant ou désactivant le son d'une note. Avec l'arrivée du MIDI à partir de 1982, les claviers maîtres¹⁰⁶ intègrent le paramètre de « vitesse ». La vitesse correspond sur le principe à la vitesse à laquelle le musicien appuie sur la touche. Cependant, celle-ci semble être intégrée physiquement dans certains claviers comme le Roland JX-8P (1985)¹⁰⁷ par l'ajout d'un capteur de pression (*force resistive sensor* ou FSR) sous la touche. Ce n'est donc pas le mouvement d'appui global qui est pris en compte, mais seulement la force de la fin du mouvement. De même, un paramètre de *post-toucher* (*aftertouch*) est présent dans la norme MIDI. Ce paramètre permet de définir le comportement du son après que la note ait été jouée (par l'ouverture d'un filtre, l'augmentation de l'amplitude par exemple). Cependant, bien que la vitesse ait été

106. Les claviers maîtres sont des claviers compatibles avec la norme MIDI mais qui ne produisent aucun son. Ils ne peuvent générer un son que lorsqu'ils sont connectés à un élément matériel compatible avec cette norme (synthétiseur, ordinateur avec programme de génération sonore, etc.). Ces claviers de commande font partie de la catégorie des instruments « aphones » développée par Romain Bricout (2011).

107. Se référer à la partie « Block Diagram » (p. 4) du manuel de réparation du Roland JX-8P, en ligne http://www.synfo.nl/servicemanuals/Roland/JX-8P_SERVICE_NOTES.pdf [consulté le 17/12/2021].

assez rapidement implémentée (en version simplifiée donc) sur de nombreux claviers de synthétiseurs et claviers maîtres, le **post-toucher** n'est intégré de manière plus automatique que depuis une dizaine d'années. De manière générale, une intégration de qualité de ces deux paramètres se trouve à la fin des années 1990 et au début des années 2000 dans les claviers haut de gamme. Depuis 2019 cependant, la norme **MIDI MPE** (*Midi Polyphonic Expression*) qui se présente comme la deuxième version du protocole **MIDI** a été ratifiée. Le but de celle-ci est notamment de proposer une structure de développement intégrant plus de données gestuelles dans tous les matériels compatibles avec la norme. Le « clavier » Roli Seaboard par exemple, qui adapte le concept du clavier de contrôle classique, intègre dans ses touches 5 dimensions de contrôle. Celles-ci sont sensibles à l'appui, à la pression et au relâchement de la touche ainsi qu'aux déplacements verticaux et horizontaux¹⁰⁸.

En dehors des possibilités offertes par le **MIDI**, d'autres types de dispositifs de commande ont vu le jour pendant le développement de la synthèse au XX^e siècle. À partir des années 2000, ces interfaces de contrôle se développent de manière systématique. Dès les premiers synthétiseurs modulaires, Don Buchla souhaitant s'extraire du clavier développe un système sensible à la pression des doigts qui reprend en partie la forme du clavier. Chaque touche de ce contrôleur peut être accordée à volonté de manière à pouvoir configurer le clavier avec n'importe quel enchaînement de notes. Un autre intérêt est que les gestes appliqués au clavier puisqu'ils contrôlent des niveaux de tension peuvent être utilisés pour contrôler n'importe quel autre paramètre du synthétiseur, ce qui fait de ce clavier l'ancêtre des contrôleurs intégrant la norme **MIDI MPE** actuelle ! En dehors de ce contrôleur en avance sur son temps, seulement quelques rares interfaces de commande viennent s'ajouter aux synthétiseurs jusqu'à la fin du XX^e siècle. Yamaha développe, par exemple, un capteur de souffle au début des années 1980 le BC1 qui peut être connecté au Yamaha CS01 (de même que les guitares-synthétiseurs qui sont connectées à des synthétiseurs existants) ou intègre sur le SY35 (1992) un joystick deux axes permettant de contrôler le passage entre plusieurs sons. Le **capteur ruban** qui reprend le principe du capteur du Trautonium, est intégré sur le Yamaha GX-1. Il sera rendu compatible avec la norme MIDI et avec la norme Eurorack¹⁰⁹ par la marque Doepfer.

108. En ligne <https://roli.com/products/blocks/seaboard-block-studio-edition> [consulté le 17/12/2021].

109. En ligne http://www.doepfer.de/home_e.htm [consulté le 17/12/2021].

D'autre part, les recherches sur les instruments augmentés et sur les nouvelles lutheries se déclinent en quelques produits qui ne sont pas spécifiquement liés aux synthétiseurs sonores, mais à tout programme permettant une génération sonore à partir de données MIDI. Nous pouvons citer le Eigenharp¹¹⁰ et les gants Mimu¹¹¹. Le premier est un contrôleur qui, dans sa forme, ressemble au Chapman Stick que nous avons détaillé plus haut. À l'inverse de ce dernier, le Eigenharp ne contient que des capteurs : une matrice de boutons sensibles à la pression et à la pression latérale, un ou deux capteurs ruban et un bec (comme sur les flutes à bec) numérique. Les gants interactifs Mimu sont sans fil et intègrent des capteurs de flexions au niveau des doigts, des capteurs permettant d'obtenir l'angle de rotation du poignet, un bouton et retour haptique opéré grâce à un vibreur.

2.2.6.3 Mouvements médiologiques

L'étude plus poussée que nous venons de réaliser sur les évolutions des orgues et des synthétiseurs nous aide à avoir une image globale plus précise de l'évolution d'une partie des techniques, du son et de la musique du XX^e. Celle-ci nous écarte de notre étude des mutations de la guitare, mais nous donne à voir une partie de l'évolution médiologique à l'œuvre dans ces évolutions instrumentales. Se focaliser sur ces instruments nous a permis de faire surgir les racines de l'interfaçosphère et de la numérosphère dans leurs applications à la musique. Dans cette évolution, l'orgue électronique a une position particulière puisque bien que populaire à partir des années 1950, il disparaît et se trouve absorbé par les synthétiseurs des années 1970, 1980. Cependant, les fonctionnalités qu'il propose (préconfigurations, préconfigurations définies par l'utilisateur, clavier qui agit comme un contrôleur, accès direct et simultané à deux ou trois (avec le pédalier) timbres pouvant évoluer par la modification du contenu harmonique en temps réel par l'utilisation de « tirettes », etc.) sont tout à fait remarquables et préfigurent les dispositifs de commande MIDI à base de clavier des années 2000. Un exemple de ce type de contrôleur peut être le Novation Remote 25¹¹². Commercialisé au début des années 2000, celui-ci intègre un clavier 25 touches, une série de 8 potentiomètres linéaires, un grand nombre de

110. En ligne <http://www.eigenlabs.com/> [consulté le 17/12/2021].

111. En ligne <https://mimugloves.com/> [consulté le 17/12/2021].

112. En ligne <https://fr.audiofanzine.com/clavier-maitre-midi-25-touches/novation/Remote-25/> [consulté le 17/12/2021].

boutons pouvant aussi servir de sélecteurs (ces trois éléments se rapprochent des contrôles de l'orgue Hammond B-3), ainsi que des potentiomètres circulaires supplémentaires (éléments des synthétiseurs analogiques), qu'un joystick permettant un double déplacement horizontal et vertical et qu'une dalle sensible à la pression (éléments des synthétiseurs numériques). Bien évidemment, la grande différence avec ces interfaces de commande est que les actions des différents éléments de contrôle qu'elles intègrent doivent être programmées. Celles-ci proposent donc, quasiment de base dès les années 2000, un grand nombre d'éléments de contrôle qui prennent leurs origines avec l'orgue électronique. Quelques actualisations provenant du synthétiseur pourront se retrouver ici et là sur certains contrôleurs, mais c'est essentiellement le modèle apporté par l'orgue électrique qui prévaut.

Tout comme l'écriture qui était présente pendant la logosphère (mais limitée à l'utilisation par les moines copistes) et qui se développe de manière généralisée pendant la graphosphère (médiasphère de l'imprimerie, du développement des livres, de la diffusion des idées, etc.), le contrôle gestuel instrumental développé de manière systématique dans l'interfaçosphère est déjà présent dans la médiasphère précédente (audio-vidéosphère). Ce contrôle gestuel instrumental est « induit », « intégré » ou encore « inhérent » à la structure et aux composants électroniques de l'orgue puis du synthétiseur pendant l'audio-vidéosphère et il est « dévoilé », « révélé » (comme on révèle l'image sur un négatif d'appareil photographique argentique) ou plus simplement « rendu accessible » par l'interfaçosphère dans une version entièrement programmable avec les instruments augmentés et seulement partiellement programmable avec le *home studio*, la musique assistée par ordinateur et le programme à interface graphique¹¹³. Cette structure de contrôle de l'orgue qui avait été défonctionnalisée par le synthétiseur se retrouvera refonctionnalisée par l'interfaçosphère.

D'autre part, si la composition harmonique et le contrôle individuel de l'amplitude des **harmoniques** présents sur le Hammond B-3 posent une base importante pour la manipulation et la création de **timbre**, ces deux éléments ne sont qu'une « conversion » par rapport au précédent (orgue à tuyaux), qui s'accom-

113. Les logiciels audio dont le fonctionnement est fermé (tels que les stations de travail audionumériques par exemple) proposent, de manière générale, un accès limité à la programmation de l'action des gestes réalisés sur ces interfaces. Les actions réalisables sont limitées par le programme. Les logiciels « page blanche » du type Max MSP ou Pure Data permettent une ré-interprétation complète des gestes effectués sur les contrôleurs.

pagne à la fois d'une « réduction » (des timbres possibles) et d'un « ajout » de fonctionnalité (contrôle de l'amplitude des harmoniques). Cette conversion, cette réduction et cet ajout de fonctionnalité permettent cependant à l'orgue électrique de sortir des églises pour trouver sa place dans l'instrumentarium populaire des années 1960, 1970. Dans un mouvement similaire, la synthèse soustractive des synthétiseurs modulaires connaît une réduction, par la forte diminution puis la suppression de la possibilité de moduler en tension les paramètres sonores, qui lui permet de développer son utilisation en dehors d'une communauté de spécialistes et ainsi d'intégrer la musique populaire.

De plus, le développement important des modélisations numériques soutenu par le développement de l'ordinateur personnel amène le synthétiseur à s'intégrer jusqu'à la dissolution dans le programme informatique, tout comme le son de l'orgue électronique s'est trouvé englobé et dissout dans le synthétiseur. Si la production sonore de l'orgue Hammond et des synthétiseurs modulaires participent d'une relation de principe (pour reprendre le terme présent dans notre généalogie), l'interface de contrôle de l'orgue Hammond se fond dans la réduction générale opérée depuis le synthétiseur modulaire, mais opère une parenté directe avec les interfaces de commande à clavier des années 2000.

En termes d'évolution, les deux instruments semblent donc décrire plusieurs mouvements similaires : celui d'une réduction des potentiels qui permet l'accès à une communauté de pratique plus grande et celui d'une absorption ou d'une dissolution dans un nouveau plus englobant. Ce dernier mouvement correspond à l'effet-clicquet que définit la médiologie : on ne revient plus à l'orgue après le synthétiseur et, pendant les années 1990 et 2000, on ne revient pas à la synthèse après la modélisation. Cependant, son corollaire, l'effet-jogging, est actuellement à l'œuvre pour la synthèse dans le retour du synthétiseur modulaire que nous avons évoqué plus haut.

2.2.7 Conclusion

La généalogie des mutations de la guitare présentée constitue une première synthèse des mutations étudiées dans la première partie de ce travail. Elle a permis de mettre en lumière 3 lignes de filiation : celle de l'électrification, celle de la synthèse sonore et du contrôle gestuel instrumental et, pour finir, celle de la captation individualisée des cordes. Comme nous l'avons vu, chaque étape,

chaque mutation de l'électrification s'intègre dans un des styles musicaux de l'époque, ce qui permet d'ancrer les différentes évolutions et de développer la place de la guitare dans l'instrumentarium populaire. La guitare électrique *solidbody* bien que s'appuyant sur ce développement de l'instrument au cours de la première moitié du XX^e siècle, s'inscrit en opposition sonore et sociale par rapport à ce qui précède. D'abord avec le blues électrique des Afro-Américains des années 1950 puis dans le rock'n'roll des années 1960 et 1970.

À l'inverse de la guitare électrique *solidbody* qui s'est refunctionalisée et a créé un nouveau standard, les mutations de la filiation de la synthèse sonore et du contrôle gestuel instrumental¹¹⁴ empruntent à d'autres et peinent à s'inscrire dans des communautés de pratiques de taille importante. Une étude plus poussée des instruments auxquels ces mutations empruntent (orgue et synthétiseur) nous a permis d'avoir une vue plus précise de l'évolution médiologique globale à l'œuvre pendant tout le XX^e siècle. Cette étude nous a notamment montré l'importance de l'orgue Hammond B-3 qui met en place une partie des bases de l'interfaçosphère musicale qui s'intègre dans les interfaces de commande MIDI des années 2000 et comme un parent de principe du son de synthèse des années 1960. D'autre part, nous avons pu mettre en avant que l'orgue et le synthétiseur opèrent des mouvements similaires : ils deviennent populaires après une étape de réduction (de leurs potentiels) et se retrouvent absorbés et dissouts dans le nouveau (l'orgue est absorbé dans le synthétiseur, le synthétiseur dans l'ordinateur). À chacune des absorptions, les popularités diminueront pour laisser place au nouveau dans lequel elles seront intégrées selon les codes du nouveau.

Il faut noter que si la guitare-orgue et la guitare-synthétiseur ont développé des communautés de pratiques restreintes, une partie des sonorités spécifiques de l'orgue électrique et des synthétiseurs est intégrée dans des pédales telles que les Electro-Harmonix B9¹¹⁵ et Synth9¹¹⁶. Le retour de ces sonorités par le format « pédale » montre l'importance du dogme créé par le système « guitare électrique » qui ne semble pouvoir absorber le son « autre » que par la médiation de ce format matériel. Nous reviendrons sur ce point plus loin dans ce texte¹¹⁷.

114. Pour rappel, les mutations présentes dans cette ligne de filiation sont la guitare électrique *solidbody*, la guitare-orgue, la guitare-synthétiseur analogique, les systèmes *pitch-to-midi*, les contrôleurs en forme de guitare, et les guitares augmentées.

115. En ligne <https://www.ehx.com/products/b9/> [consulté le 17/12/2021].

116. En ligne <https://www.ehx.com/products/synth9/> [consulté le 17/12/2021].

117. Se référer à « Évolution des pédales de traitements sonores », p. 181.

Les trois filiations que nous avons décrites ci-dessus participent toutes à une continuité à la fois historique et technique. Cependant, d'autres filiations apparaissent de manière transversale et se cristallisent aussi bien dans des prothèses que dans des mutations, mais aussi dans des techniques de jeu sans nécessairement développer ce type de continuité.

2.3 Les évolutions transverses

La généalogie que nous avons proposée en introduction de la partie précédente¹¹⁸ laisse apparaître des limites, notamment par l'apparition, en filigrane, de lignes de filiation transverses qui nécessitent plus de recul pour prendre corps. Deux filiations transverses retiennent particulièrement notre attention : celle qui mène vers le son continu vivant/organique/altéré et celle de l'instrument ensemble. Ces deux filiations ont en commun de ne pas suivre une continuité historique et/ou technique comme c'est le cas des filiations extraites de notre généalogie. De plus, elles sont transversales et s'incarnent aussi bien dans des prothèses, des pratiques que directement dans des mutations. Pour nous permettre de développer ces filiations, nous allons tout d'abord revenir sur les prothèses qui parcourent les mutations¹¹⁹. En effet, la généalogie que nous avons proposée n'intègre pas toutes les mutations (notamment les pédales de traitements sonores qui sont parmi les prothèses les plus utilisées) que nous avons mentionnées dans cette partie. Nous allons donc, dans un premier temps, fournir une synthèse plus complète et intégrant un développement des points qui auraient été trop vite présentés. De plus, pour nous aider dans la présentation des différents éléments des lignes de filiations transverses, nous nous appuyerons sur les concepts d'« archétype percussif » et d'« archétype vocal » de Martin Laliberté. Ces deux archétypes apportent un cadre de classification simple et synthétique permettant d'intégrer les différentes modalités mises en jeu par les éléments de ces mutations transverses.

118. Se référer à « [Généalogie des mutations de la guitare](#) », p. 133.

119. Se référer à « [Les mutations de la guitare](#) », p. 9.

2.3.1 Les prothèses et leurs intégrations

Comme nous l'avons mentionné en introduction de ce chapitre, la présentation des diverses mutations de la guitare a fait surgir un grand nombre de prothèses que notre généalogie n'a pas permis de visualiser en totalité. Dans cette partie, nous reprenons toutes les prothèses qui ont été mentionnées dans notre étude des mutations. Cette liste est présentée sous la forme d'un tableau (voir tableau 2.8, p. 172) à triple catégorisation : le lieu d'application, la dominante gestuelle ou sonore et la médiasphère d'appartenance.

2.3.1.1 Classification

La première catégorie est basée sur l'endroit où les mutations interviennent ; celles-ci peuvent être utilisées « avant les cordes », « entre les cordes et avant l'envoi vers l'organe de diffusion » ou « vers l'organe de diffusion ». Si l'on prend l'exemple simple de la guitare électrique *solidbody*, le plectre est une prothèse qui est utilisée avant les cordes, le microphone magnétique est une prothèse qui est intégrée dans l'instrument et l'amplificateur se situe, pour sa part, après l'instrument.

La deuxième catégorie divise les prothèses par rapport à leur « dominante gestuelle » ou à leur « dominante sonore ». Chacune des prothèses reprises dans ce tableau a une influence sur le geste du musicien et sur le son de l'instrument, mais l'une des deux influences prédomine la plupart du temps sur l'autre. Cette catégorie peut être vue comme la modalité première par laquelle l'instrumentiste accède à la prothèse. Un exemple de la présence des deux dominantes se trouve notamment dans les systèmes de mise en vibration infinie des cordes¹²⁰. En effet, l'*EBow*, par exemple, est classé avec une dominante gestuelle puisqu'avant le son qu'il permet de produire, c'est la main du guitariste qui interagit avec la prothèse. À l'inverse, le Sustainiac (cf. *sustainer*), par son intégration directe dans la guitare, ne nécessite pas d'interaction gestuelle supplémentaire (en dehors de la fixation de la puissance de la vibration à partir des potentiomètres ajoutés à la guitare) ce qui en fait une prothèse à dominante essentiellement sonore. Une séparation identique peut-être constatée au sein des pédales de traitements sonores. En effet, le filtrage, la répétition ou la modification du timbre que ces pédales apportent, développent leur dominante

120. Se référer à «La guitare à vibration infinie », p. 89.

	Pré-audio-vidéosphère	Audio-vidéosphère	Hypersphère
Avant les cordes			
Dominante gestuelle	Plectre, médiator, onglet	Ebow, The Wond (vibration infinie sur une seule corde)	Capteurs gestuels pour contrôle de paramètre de pédales d'effet (Source Audio Hot Hands)
	Archet	Gizmotron (vibration infinie des 6 cordes activée indépendamment)	Capteur gestuel intégré à un multi-effets (Kaoss Pad)
	Steel, slide, bottleneck		Contrôleur en forme de guitare (SynthAxe, Stepp DG1, Starr Labs)
	Système de percussion des cordes (guitare de Paolo Angeli)		Contrôleur générique intégré (ACPAD, Guitar Wing)
	Préparations		Capteur gestuel générique (pression, inclinaison, accélération, distance, etc.)
Dominante sonore	Cordes supplémentaires (guitare-harpe, guitare à registre étendu)	Sustainer, Sustainiac, VO-96 (vibration infinie des 6 cordes simultanément)	
Entre les cordes et avant l'envoi vers l'organe de diffusion			
Dominante gestuelle	Manches supplémentaires (guitare multi-manches)	Potentiomètre (volume, tonalité, égalisation, etc.)	Programme de détection des gestes instrumentaux (<i>pitch-to-midi</i>) intégré (Fishman Triple Play)
		Sélecteur (microphone, combinaisons de microphones, phase/hors-phase, etc.)	
		Contrôles des paramètres de l'amplificateur déportés (Epiphone Professionnal)	
		Interrupteur (Kill-switch)	
		Système <i>pitch-to-voltage</i> (guitare-orgue, guitare-synthétiseur analogique)	
Dominante sonore	Résonateur	Microphone : monophonique, stéréophonique, hémiphonique	
		Traitements sonores intégrés analogiques (Gretsch Chet Super Axe, Vox Apache et Phantom, Les Paul Kay, Audiovox Effector, Gibson Firebird X)	
		Traitements sonores intégrés numériques (Manson Guitar avec Kaos Pad et Zvex Fuzz Factory, Gibson Firebird X)	
		Module sonore d'orgue électronique (Vox 251, Musicronics, etc.)	
Vers l'organe de diffusion			
Dominante gestuelle		Pédale d'expression et de volume	Programme de détection des gestes instrumentaux (<i>pitch-to-midi</i>) ou autre
		Pédale d'effet avec contrôleur continu actionnable au pied (Wah-wah, Digitech Whammy)	Pédale d'effet numérique avec GUI (PolyEffects Beboo)
Dominante sonore		Traitements sonores analogiques/numériques mono, stéréo ou hexa (pédale d'effet, multi-effets, rack)	Programme de traitements sonores virtuels mono, stéréo ou hexa ou (GuitarRig, etc.) ou d'amplificateur virtuel à interface graphique
		Amplificateur	Amplificateur virtuel avec interface graphique
		Synthétiseur (analogique et numérique)	Synthétiseur virtuel avec interface graphique

FIGURE 2.8. Synthèse des prothèses des mutations de la guitare.

essentiellement sonore. Cependant, l'exemple des pédales telles que la *wah-wah* et la *whammy* mettent en avant, en premier lieu, une dimension gestuelle forte.

La troisième catégorie est le type de médiasphère auquel appartient la prothèse. Trois catégories sont ainsi définies : « pré-audio-videosphère », « audio-videosphère » et « hypersphère ». Une prothèse appartient à la catégorie « pré-audio-videosphère » lorsqu'elle ne met pas en œuvre l'électricité, l'interface (et la re-gestualisation) ou le programme. Le geste et le son qu'elle apporte ou vient modifier, le sont par le biais de l'acoustique ou de la mécanique. Les éléments permettant d'attaquer les cordes tels que le *plectre*, l'*archet* ou le *tonebar* sont des exemples des prothèses de cette catégorie ne mettant en œuvre ni électricité, ni interface, ni programme ; il en est de même pour le résonateur¹²¹ qui vient amplifier acoustiquement les vibrations de l'instrument ou pour les cordes supplémentaires des guitares-harpes¹²² qui peuvent vibrer par sympathie (donc de manière acoustique) ou être mises en vibration par la main. Une prothèse est « audio-videosphérique » lorsque le geste et le son qu'elle apporte ou vient modifier le sont par le biais de l'analogique ou du numérique (sans contrôle par une interface graphique). Les pédales de traitements sonores analogiques, les microphones et l'amplificateur en sont probablement les exemples les plus probants. Les dispositifs de mise en vibration infinie des cordes en sont un autre exemple. Les pédales de traitements sonores ou les amplificateurs numériques sont aussi présents dans cette catégorie. En effet, bien qu'ils soient construits autour d'instances de calcul, les modalités gestuelles qu'ils développent sont celles de l'audio-videosphère. Nous détaillons ce point particulier plus loin dans ce texte¹²³ Pour finir, une prothèse appartient à l'« hypersphère » lorsqu'elle met en jeu le programme et l'interface gestuelle. Les programmes d'analyse du jeu instrumental des guitares-synthétiseurs numériques ou encore les capteurs gestuels des guitares augmentées, parce que leurs comportements doivent être paramétrés par le biais d'une interface graphique (même si celle-ci n'est plus utilisée après cette étape de paramétrage), sont des exemples de ce type de prothèse.

Ce tableau nous permet de tirer quelques enseignements de façon rapide. Tout d'abord, il apparaît que les prothèses issues de médiasphères précédant l'audio-videosphère se situent essentiellement avant les cordes (en dehors du résona-

121. Se référer à « *La guitare à résonateurs* », p. 36.

122. Se référer à « *La guitare-harpe* », p. 22.

123. Se référer à « *Le numérique et les médiasphères* », p. 177.

teur, qui se situe dans l'instrument) et qu'elles se répartissent aussi bien en dominante gestuelle qu'en dominante sonore. Ensuite, les prothèses de l'hypersphère sont quasiment toutes des prothèses à dominante gestuelle (en dehors des programmes de traitements sonores virtuels ou d'amplificateur virtuel à interface graphique) et se retrouvent aux trois lieux géographiques définis précédemment. Les prothèses de l'audio-vidéosphère, quant à elles, sont autant à dominante gestuelle qu'à dominante sonore. Tout comme les prothèses de l'hypersphère, celles-ci se retrouvent intégrées aussi bien en amont ou en aval de l'instrument que sur (ou dans) l'instrument lui-même. De plus, ces dernières prothèses constituent la majorité des prothèses listées, renforçant ainsi visuellement l'ancrage essentiellement audio-vidéosphérique qu'a établi la guitare au cours du XX^e siècle. De même, un grand nombre de ces prothèses montre des tentatives d'intégration (qui n'ont pas généré des communautés de pratique particulières) à l'instrument. Pour finir, il est important de remarquer l'augmentation particulièrement importante des prothèses à dominante sonore à partir de l'audio-vidéosphère.

Pour conclure sur cette présentation de notre synthèse des prothèses, il nous semble important de préciser deux choses : premièrement, le terme « intégration » a souvent été utilisé dans les lignes qui ont précédé. Il nécessite, cependant, d'être détaillé pour bien en mesurer les différentes dimensions. Deuxièmement, il nous semble aussi important de préciser comment le numérique et les gestes s'intègrent dans les médiasphères. En effet, on pourrait « naturellement » penser que la numérisation ou que l'utilisation de geste implique forcément une classification de la prothèse dans l'hypersphère, cependant nous classons les pédales telles que la *wah-wah* ou la *whammy* ou encore toutes les pédales de traitements sonores, comme faisant partie de l'audio-vidéosphère. Nous précisons donc dans la suite du texte ces différents points.

2.3.1.2 L'intégration et la pratique

Le terme d'intégration a souvent été utilisé jusqu'ici. Cette action d'incorporation d'un élément extérieur dans « un tout » ou dans un système donné nous semble tout à fait appropriée pour parler aussi bien de l'ajout d'un manche pour l'obtention d'une guitare multimanche, de l'utilisation de sons de synthèse dans des styles comme le rock ou le jazz ou encore de l'utilisation d'un programme de détection d'éléments du jeu du guitariste dans le but de déclencher

des éléments sonores. Cependant, les différentes intégrations citées en exemple semblent être de différentes natures et relever de temporalités différentes.

Le premier type d'intégration est une intégration technique et pratique. Le premier niveau de ce type d'intégration est celui mis en œuvre dans le prototype. Les prothèses entrant dans ce premier niveau sont essentiellement celles liées aux guitares et instruments augmentés. L'intégration de ces augmentations fait le plus souvent preuve d'une robustesse limitée¹²⁴ et leur adaptation n'est, la plupart du temps, pas facilement généralisable à d'autres instruments et instrumentistes. De surcroît, leurs mises en œuvre sont le plus souvent le résultat de l'assemblage d'un grand nombre d'éléments hétérogènes (capteur, microcontrôleur programmable, carte son, ordinateur, programme, etc.) qui entraîne l'augmentation des câbles, interfaces de connexion et sources d'alimentation à même de démultiplier les potentiels problèmes techniques. L'aspect quasiment unique des instruments augmentés entraîne une limitation de la pratique instrumentale des augmentations et de la transmission de cette pratique.

Les interfaces de commande génériques, pour leur part, sont le résultat d'un deuxième niveau d'intégration, d'une part en rassemblant au sein d'une même entité tous les éléments techniques nécessaires au fonctionnement de la prothèse (intégration des capteurs, du microcontrôleur et de la communication MIDI sans fil dans le cas de l'ACPAD, par exemple) et d'autre part, en développant les interconnexions avec le matériel existant de la pratique visée (Source Audio Hot Hands qui se connecte sur les pédales de la marque ou par l'interface de connexion Neuro Hub, à n'importe quel matériel MIDI). Ce premier niveau est indispensable pour un potentiel développement important de la prothèse et une possible intégration de celle-ci dans une pratique instrumentale donnée. Il faut noter que toutes les prothèses listées dans notre synthèse, en dehors des capteurs gestuels génériques, puisqu'elles sont des produits commerciaux, ont déjà réglé les problématiques du premier niveau de ce type d'intégration.

Un deuxième type d'intégration concerne le caractère définitif, semi-définitif ou modulaire de l'ajout d'une prothèse. Par **caractère définitif**, nous n'entendons pas la modification irréversible de l'instrument, mais le changement irréversible du **timbre** de l'instrument. Il s'agit de l'effet cliquet de la médiologie

124. Dans (Reboursière et al., 2010) ou (Lähdeoja, 2008), les stratégies d'augmentations gestuelles intégrant des capteurs génériques nécessitent la fixation de ceux-ci (et du microcontrôleur auxquels ils sont connectés) via du papier ou pâte adhésive. Ce type d'intégration est difficilement généralisable, en l'état, à n'importe quel type de guitare.

qui empêche de revenir en arrière une fois l'intégration réalisée. On ne peut pas jouer acoustiquement une guitare électrique *solidbody*, ni ne pas utiliser le résonateur d'une guitare à résonateur ou ne pas jouer les registres doubles d'une guitare à 12 cordes (6 registres doubles). De même, il n'est pas possible de se passer du microphone, du potentiomètre de volume et de l'amplificateur lorsque l'on utilise une guitare électrique *solidbody* ou une guitare à vibration infinie, par exemple, ni de jouer autre chose que les sons de synthèse sur les contrôleurs en forme de guitare. Le caractère **semi-définitif** concerne les prothèses qui, bien que modifiant fondamentalement le caractère de l'instrument, peuvent être utilisées ou non, activées ou désactivées. Il est toujours possible de jouer une gamme à tempérament égal sur une guitare microtonale comme il est possible de jouer uniquement le manche comprenant les 6 registres simples d'une guitare multimanche. Enfin, il est toujours possible d'entendre uniquement le son de la guitare avec les guitares-orgues et les guitares-synthétiseurs (analogique ou numérique). Le caractère **modulaire** de l'intégration d'une prothèse concerne celles qui ne modifient pas fondamentalement le caractère de l'instrument et qui peuvent être activées ou désactivées, utilisées ou non, placées sur l'instrument ou enlevées. Les préparations d'une guitare préparée peuvent être enlevées, de même que le *Gizmotron* ; les pédales ou les programmes de traitements sonores peuvent être activés, désactivés ou retirés de la chaîne, tout comme l'*EBow*. Le *sustainer* peut-être, lui aussi activé ou désactivé et, si l'intérêt du guitariste diminue pour cette prothèse, enlevé de l'instrument ¹²⁵.

Le dernier type d'intégration des prothèses que nous avons rencontré jusque là concerne l'intégration dans la pratique instrumentale et dans l'instrumentarium. Cette intégration est donc à la fois technique (instrumentarium) puis personnelle (pratique). Cette pratique peut ensuite, dans certains cas, s'étendre à une communauté. C'est ici l'exemple de la pédale *whammy* popularisée par Tom Morello (Rage Against The Machine) ou encore des guitares Manson intégrant un Kaoss Pad et popularisées par Matthew Bellamy (Muse). Avec l'intégration dans la pratique instrumentale, on retrouve les différentes strates des rétentions auxquelles Bernard Stiegler fait référence ¹²⁶. À chaque fois, les guitaristes ont intégré ces nouvelles prothèses dans leurs pratiques en développant de nouvelles rétentions primaires puis secondaires, de type personnel.

125. Étant donné que celui-ci vient se positionner dans un emplacement de microphone magnétique de type *single-coil* ou *humbucker*, il peut facilement être remplacé par l'un ou l'autre.

126. Se référer à « Rétentions et filtrages », p. 125.

Leurs notoriétés respectives a directement placé les modes de jeu créés dans le domaine des rétentions secondaires collectives, par la démonstration de ceux-ci dans leurs performances *live* respectives.

Il nous semblait important d'apporter ces précisions sur les différentes réalités que recouvre l'emploi du terme « intégration » dans notre texte. Cela nous a permis de mettre en lumière deux niveaux d'intégration technique : celui « basique » ou « premier » mis en œuvre dans le prototype et celui du produit commercial qui assemble plusieurs éléments techniques au sein d'une même entité et qui s'intègre dans un système technique de pratique instrumentale. Ces deux premiers niveaux apparaissent comme des jalons obligatoires pour qu'une prothèse ou qu'une mutation atteignent le mécanisme des rétentions par la pratique personnelle du guitariste et potentiellement par une pratique collective.

2.3.1.3 Le numérique et les médiasphères

Comme mentionné précédemment, il nous semble utile de préciser l'articulation du numérique avec les médiasphères. En effet, bien que le numérique soit en grande majorité relié à l'hypersphère (tout comme l'électricité l'est avec l'audio-vidéosphère), toutes les prothèses intégrant un programme numérique ne nous semblent pas nécessairement dépendre de l'hypersphère. Quelle est la différence dans le *rig* d'un guitariste entre une pédale de traitement sonore analogique et une pédale de traitement sonore numérique ? Quelle est la différence, dans la pratique, entre, par exemple, une pédale de *flanger* Boss BF-2¹²⁷ analogique et une pédale de *transposition* Boss PS-6¹²⁸ numérique (des images de ces pédales sont reprises à l'image 2.9) ? Selon nous, aucune. Ce changement de technologie n'induit pas la re-gestualisation de l'hypersphère, puisque le programme se trouve inséré dans une « forme » typique de l'audio-vidéosphère : celle de la pédale d'effet, dont il reprend les codes gestuels. Le programme, ici, agit essentiellement comme un « élément de conversion » qui permet d'accéder à de nouvelles sonorités (le traitement de transposition complexe que propose

127. La pédale Boss BF-2 est une pédale de *flanger* analogique dont la production est aujourd'hui arrêtée et remplacée par des versions plus récentes. En ligne <https://www.boss.info/fr/products/bf-2/features/> [consulté le 17/12/2021].

128. La pédale Boss PS-6 est une pédale de *transposition* numérique. En ligne <https://www.boss.info/global/products/ps-6/> [consulté le 17/12/2021].



FIGURE 2.9. Les pédales Boss PS-6 et BF-2.

la Boss PS-6 ne peut pas être obtenue par l'utilisation de composants analogiques). De plus, le *mapping* des éléments de contrôles de la pédale numérique est, dans ce cas, rendu le plus transparent possible par la re-création d'un comportement attendu. Rappelons ici que l'interfaçosphère n'est pas qu'une question d'interface gestuelle, mais qu'elle induit aussi une re-gestualisation ou encore une re-programmation de l'activité gestuelle. Cette re-programmation correspond à l'étape de *mapping* mise en avant par les instruments augmentés et qui consiste en l'écriture d'un programme définissant l'action des gestes sur les éléments de contrôle (potentiomètres, sélecteurs et bouton on/off). Les actions provoquées par l'utilisation des éléments de contrôle présents sur la pédale Boss PS-6 sont de même nature que celles provoquées par les éléments de contrôle de la pédale Boss OD-3; elles entraînent la modification directe d'un des paramètres du traitement sonore ou la sélection d'un mode sonore différent présent dans le traitement.

On se trouve, dans le cas des pédales de traitements sonores numériques, dans une position différente de celle du guitariste qui utiliserait le logiciel Guitar-

Rig¹²⁹ par exemple. En effet, ce logiciel de modélisation de pédales d'effets et d'amplificateurs dispose d'une interface graphique avec laquelle il est possible d'interagir par la souris, le clavier ou la pression et le déplacement des doigts. Comme l'a montré Romain Bricout avec la notion d'« instrument aphone » (Bricout, 2011), ce type d'interactions (mouvement horizontal et vertical d'une flèche sur un écran, clic, appui sur une touche, etc.) a entraîné le développement et l'utilisation d'interfaces de contrôle externes (clavier maître MIDI, pédalier, contrôleur) pour « retrouver » un contrôle direct (temps réel) plus musical de logiciels de production sonore ou des traitements sonores. C'est ainsi que les **pédaliers** de contrôle MIDI tels que les Behringer FCB1010¹³⁰ ou encore le Roland FC-300¹³¹ qui proposent l'accès à toute une série de boutons et à une ou des **pédales d'expression** sont des références classiques chez les guitaristes travaillant avec un ordinateur. Ceux-ci agissent clairement comme un effet diligence en agrégeant des comportements gestuels déjà présents et intégrés dans les pratiques de guitares électriques. En effet, l'utilisation d'un **pédalier** de contrôle est déjà présente aux côtés des *rack* des années 1980. C'est le cas, par exemple, du *rack* multieffet (analogique) Omni¹³² de la marque MXR (1983) qui est accompagné par le **pédalier** MX-181. Les **pédaliers** de contrôles sont donc devenus obligatoires à partir de l'abandon de la forme « pédale d'effet » au profit des formats *rack*. Les **pédaliers** Roland et Behringer cités précédemment sont donc bien un effet diligence en termes d'interface de contrôle disponible aux guitaristes.

C'est un mouvement inverse qu'opère la marque IK Multimédia lorsque, plusieurs années après avoir développé le premier logiciel de modélisation de traitements sonores et d'amplificateurs pour *smartphone* et tablette interactive, celle-ci développe aussi bien des interfaces de contrôle (sous forme de **pédalier** et de pédale d'expression¹³³), qu'un amplificateur. Le mouvement dans

129. GuitarRig est un logiciel fournissant des émulations de pédale de traitements sonores et d'amplificateur à même de permettre au guitariste de recréer virtuellement son chaînage de traitements favoris. En ligne <https://www.native-instruments.com/fr/products/komplete/guitar/guitar-rig-6-pro/> [consulté le 17/12/2021].

130. En ligne <https://www.behringer.com/product.html?modelCode=P0089> [consulté le 17/12/2021].

131. En ligne <https://www.roland.com/fr/products/fc-300/> [consulté le 17/12/2021].

132. En ligne <http://www.muzines.co.uk/articles/mxr-omni/6084> [consulté le 17/12/2021].

133. En ligne <https://www.ikmultimedia.com/products/irigstompio/?pkey=irigstomp-io> [consulté le 17/12/2021].

cet exemple est celui qui va du programme à interface graphique vers la pratique gestuelle du guitariste électrique, en somme de l'hypersphère vers l'audiovidéosphère. Il faut attendre des interfaces de commande telles que l'ACPAD pour sortir de cet effet.

D'autre part, le programme à interface graphique et l'écran de contrôle tactile de l'hypersphère (et de manière plus générale l'ordinateur¹³⁴) ont eux aussi très récemment opéré un effet-jogging. Les produits de la marque ModDevices¹³⁵ sont définis par leurs créateurs comme des unités matérielles d'accueil pour *plugin* (*standalone hardware plugin host*)¹³⁶. Ce nom signifie que les pédales qu'ils ont développées peuvent exécuter plusieurs *plugins* audio. Un *plugin* audio est un programme à interface graphique réalisant une tâche ou un traitement sonore spécifique (par exemple l'émulation d'une pédale d'effet ou d'un amplificateur) et pouvant être exécuté seul ou intégré dans n'importe quel logiciel de type station de travail audio numérique (*digital audio workstation* ou DAW). Cette interopérabilité des programmes audio est rendue possible par différentes normes telles que les normes VST de Steinberg¹³⁷ ou LV2¹³⁸, par exemple. Dans le cas de ModDevices, seule la partie du code réalisant de manière effective le traitement est intégrée dans les unités matérielles de la marque. La partie du code générant l'interface graphique est, elle, intégrée dans un programme à interface graphique global permettant la réalisation visuelle (par le déplacement, le positionnement et la liaison d'objets graphiques représentant les différents modules disponibles) de multieffets complexes. Le programme de départ (*plugin* audio) est donc scindé en deux sous-programmes : l'un opère le traitement directement sur la pédale et l'autre permet une manipulation graphique de celui-ci par un ordinateur. Le mouvement du programme à interface graphique vers la pratique gestuelle du guitariste électrique est totalement réalisé dans les pédales d'effets de la marque Poly Effects¹³⁹ qui intègrent un écran tactile permettant de configurer directement, par le biais d'une interface

134. Avec le développement des performances des plateformes embarquées et le développement de versions du système d'exploitation Linux spécialement dédiées au matériel embarqué.

135. En ligne <https://moddevices.com/> [consulté le 17/12/2021].

136. En ligne <https://youtu.be/5USQ7BsZ054?t=9> [consulté le 17/12/2021].

137. En ligne <https://new.steinberg.net/developers/> [consulté le 17/12/2021].

138. En ligne <https://lv2plug.in/> [consulté le 17/12/2021].

139. En ligne <https://www.polyeffects.com/> [consulté le 17/12/2021].

graphique, les traitements sonores¹⁴⁰. Cependant, avant ces développements récents (la pédale ModDuo de ModDevices date de 2014 et les pédales de Poly Effects de 2016), on assiste à partir de la première décennie des années 2000 au mouvement inverse : de la pédale d'effet ou du multieffet numérique vers le programme à interface graphique ; de l'audio-vidéosphère, vers l'hypercône. C'est le cas, par exemple, de la marque Source Audio qui propose le logiciel Neuro¹⁴¹ qui permet d'éditer graphiquement les préconfigurations des pédales ou **pédaliers** de la marque ou du logiciel TonePrint de TC Electronic¹⁴² qui permet l'édition des préconfigurations ainsi que la modification de l'assignation des paramètres aux contrôles des pédales d'effet (dans ce cas précis, les contrôles des pédales d'effet peuvent ainsi modifier d'autres paramètres ou d'autres échelles de valeurs que ceux pour lesquels ils étaient prévus au départ).

Les différents exemples que nous venons de citer détaillent les différents visages que prend l'hybridation de l'audio-vidéosphère et de l'hypercône dans la thématique des traitements sonores. Ces exemples montrent aussi bien la tentative des fabricants de pédales d'intégrer les possibilités (interopérabilité, interface de contrôle gestuel, etc.) typiques de l'hypercône que la volonté des développeurs de l'hypercône de s'intégrer dans le monde des guitaristes par la reprise de formats matériels typiques de leur instrumentarium. Pour finir, il faut noter que l'utilisation du programme de la numérosphère dans les mutations de la guitare est aussi présente dès le développement des systèmes *pitch-to-midi*. Ces systèmes, comme nous l'avons vu, sont des conversions des systèmes *pitch-to-voltage* présents dans les guitares-synthétiseurs analogiques¹⁴³. Ces systèmes sont à relier à l'hypercône du fait de leur nature d'interface permettant une re-gestualisation.

2.3.2 Évolution des pédales de traitements sonores

La manière dont nous avons abordé l'étude des mutations et des prothèses jusqu'à présent a été de mettre toutes les prothèses et toutes les mutations au

140. Il faut noter que cet exemple correspond d'une certaine manière à l'adaptation et à la spécialisation du principe du *smartphone* dans une forme de pédale de guitare qui permet ici une intégration directe dans le système technique du guitariste électrique.

141. En ligne <https://www.sourceaudio.net/neuro-editors.html> [consulté le 17/12/2021].

142. En ligne <https://www.tcelectronic.com/tonePrints.html> [consulté le 17/12/2021].

143. Se référer à « La guitare-synthétiseur », p. 78.

même niveau en abaissant les barrières dues aux diverses popularités et aux différentes échelles de développement. Ceci nous a permis d'intégrer par exemple la guitare-orgue, la guitare à vibration infinie, ou encore les capteurs des guitares augmentées, etc. Il nous semble cependant important, ici, de mettre ce principe en pause pour nous intéresser plus spécifiquement aux unités de traitements sonores. En effet, de toutes les prothèses, ce sont sûrement celles qui ont le plus gros impact en termes d'évolution de la pratique de l'instrument et que nous avons le moins développées jusqu'à présent. Toute une culture à la fois technique, pratique et sociale s'est développée autour de ces prothèses. Celle-ci a explosé dans les années 2000, redessinant à la fois la pratique instrumentale et le paysage sonore de la guitare et des instruments électriques (et électrifiés). Les pédales de traitements sonores apparaissent, selon nous, aujourd'hui comme les prothèses principales par lesquelles le son et la pratique de l'instrument évoluent le plus. Elles sont, elles aussi, le vecteur du changement médiatique qui apparaît vers la fin du XX^e siècle et amènent une nouvelle évolution dans la manière de jouer et dans l'identité sonore de l'instrument. Cette culture, très développée, fournit beaucoup d'informations et de documents qui nous permettent aujourd'hui de construire une première organologie générale de l'évolution de ces traitements sonores.

2.3.2.1 Transistor, *fuzz* et filtre

Le premier effet audio intégré dans une unité de traitement sonore sous forme de pédale est un **tremolo** de DeArmond en 1946. Celui-ci fonctionne électromécaniquement : un moteur est alors utilisé pour faire balancer de manière régulière le liquide électrolytique d'une fiole présente dans la pédale. Le signal électrique de la guitare passant à l'intérieur de cette fiole est modulé en fonction de la quantité de liquide qui entre en contact avec le fil conduisant le signal électrique. En dehors de cette technologie tout à fait singulière¹⁴⁴ et comme nous l'avons vu dans la partie précédente, les traitements sonores sont d'abord basés sur les lampes triodes et intégrés, seuls ou en duo dans les amplificateurs. Le **tremolo** et la **réverbération** sont régulièrement présents

144. Cet exemple est le seul exemple d'époque que nous ayons concernant l'emploi de cette technologie. Il faut noter que la marque Rainger FX a récemment introduit la pédale MI-NIBAR qui permet l'incorporation d'un liquide influençant le son de la pédale (qui est une *overdrive*).

dans les amplificateurs, ce qui signifie qu'avant l'arrivée des pédales d'effets, les traitements sonores sont déjà intégrés dans le son des guitaristes.

En dehors du traitement de *trémolo* de DeArmond, les pédales de traitements sonores apparaissent dans les années 1960, notamment grâce à l'accès au transistor électronique qui se démocratise. Le transistor est un composant électrique qui permet, entre autres, une amplification linéaire du signal à l'inverse des lampes triodes qui sont alors utilisées dans les amplificateurs et dans le matériel présent dans les studios. Leurs petites tailles permettent à toute la partie d'amplification d'un circuit d'être réduite de manière drastique puisqu'un transistor est un composant décrivant un parallélépipède de moins d'un centimètre de côté. Les transistors au germanium sont développés au Bell Labs en 1947 et les transistors au silicone sont développés par Texas Instrument en 1954. Les premiers sont chers, avec un comportement peu prédictible¹⁴⁵, mais très musicaux (Hunter, 2004, p. 46) ; les seconds sont plus stables, peu chers et proposent un gain de sortie plus élevé.

L'un des premiers traitements qui apparaît sous forme de pédale d'effets est le traitement de *fuzz*. Celui-ci apparaît avant cette « mise en boîte » dans la chanson *Rumble* de Link Wray¹⁴⁶ en 1958 et découle de la réalisation de coupes dans la membrane du haut-parleur d'un amplificateur que le guitariste utilisait (Denis, 2016). Quelques années plus tard en 1962, une table de mixage défectueuse d'un studio de Nashville donne une sonorité particulière qui est par la suite intégrée dans la pédale FZ-1 Fuzz-Tone de la marque Maestro par l'ingénieur Glenn Snoddy. Cette pédale ne se vend pas pendant plusieurs années, mais ce statut change avec son utilisation par les Rolling Stones sur le morceau (*I Can't Get No*) *Satisfaction*¹⁴⁷. Une deuxième pédale de *fuzz* apparaît en Angleterre en 1965 : la Tone Bender de Sola Sound réalisée par Gary Hurst. Gary Hurst est alors technicien dans le magasin de musique Macari's¹⁴⁸ de la rue Denmark à Londres¹⁴⁹. En réponse à la demande du guitariste Vic Flick

145. Les transistors au germanium sont, en effet, sensibles à la température et à l'humidité et disposent d'une tolérance qui varie fortement (Hunter, 2004, p. 29). Dans les années 1960, ces transistors ne faisaient pas l'objet de tests avant d'être intégrés dans les pédales de *fuzz*. Il en résulte une inconstance sonore des pédales de cette époque.

146. *Rumble*, Link Wray & his Ray Men, 1958.

147. (*I Can't Get No*) *Satisfaction*, The Rolling Stones, 1965.

148. En ligne <https://www.macaris.co.uk/> [consulté le 17/12/2021].

149. La rue Denmark est une rue de Londres entièrement dédiée aux magasins de musique depuis les années 1960.

qui est alors guitariste sur les musiques des films « James Bond », il travaille à rendre le son d'une Maestro Fuzz-Tone « meilleur et plus long »¹⁵⁰. La sonorité de cette pédale s'étend alors à tous les guitaristes et groupes anglais des années 1960¹⁵¹ tels que Jeff Beck (The Yardbirds), Jimmy Page (Led Zeppelin), Eric Clapton, Mike Ronson (David Bowie), Pete Townshend (The Who), etc. La notoriété grandissante de cette pédale et sa production limitée, entraînent d'autres marques à copier et à modifier le schéma électronique de la Tone Bender telles que le feront, par exemple, Marshall (pour qui Gary Hurst adapte le schéma électronique de la Tone Bender) avec la Supa Fuzz, Rotto Sound avec la Fuzz et B&M avec la Fuzz Unit. Une de ces versions modifiées, la Fuzz Face d'Arbiter Electronics LTD réalisé par Ivor Arbiter (1966) sort du lot et est utilisée, entre autres, par Jimi Hendrix qui apparaît comme l'un des premiers guitaristes qui compose avec les traitements sonores (aussi bien avec des éléments présents dans les studios¹⁵² que des pédales d'effets). Il faut noter que les premières versions de ces trois pédales sont réalisées à base de transistors au germanium qui font preuve de l'instabilité musicale que nous avons mentionnée précédemment et qui participe à l'adhésion des guitaristes. À partir de la deuxième ou troisième génération, ces pédales migrent vers les transistors à silicium. Ces transistors sont ceux utilisés dans la Big Muff d'Electro-Harmonix (1969) qui développe cette nouvelle référence des traitements de *fuzz* en offrant une *tenue du son* supérieure aux autres pédales. Ces quatre pédales deviennent, par leurs statuts précurseurs et par leurs impacts sur le son de la musique des années 1960 et 1970, des icônes qui seront copiées, adaptées et rééditées. À l'image des amplificateurs Marshall, comme nous l'avons vu¹⁵³, qui naissent du schéma électronique d'un amplificateur Fender Bassman, les nouvelles pédales d'effets émergent souvent de la reprise et de la modification de schémas existants.

Parallèlement au développement des pédales de *fuzz*, la pédale *wah-wah* apparaît au milieu des années 1960. Le son typique de celle-ci émerge lorsque l'ingénieur Brad Plunkett remplace, sur certains amplificateurs de la marque Vox,

150. Cette anecdote est racontée par Gary Hurst dans la série d'interviews NAMM Oral History. En ligne <https://www.namm.org/library/oral-history/gary-stewart-hurst> [consulté le 17/12/2021].

151. Notamment la deuxième version de cette pédale, la Tone Bender Mk II en 1966.

152. Pour l'utilisation de traitements sonores sur un album, le lecteur pourra se référer à l'album *Are You Experienced*, The Jimi Hendrix Experience, 1968.

153. Se référer à « *L'amplificateur* », p. 55.

un sélecteur permettant l'application d'un gain sur une bande de fréquences médiums par un potentiomètre. Le sélecteur est alors cher et son remplacement par un potentiomètre permet de diminuer le coût de la modification. Le guitariste de studio Del Casher propose d'intégrer ce potentiomètre dans une pédale de volume d'un orgue électronique Vox Jaguar pour qu'il puisse le bouger tout en jouant de la guitare (Lux et Orkin, 2021, 0 :26 :40). Le nom *wah-wah* vient de la technique de jeu développée par le trompettiste de jazz Clyde McCoy à partir de sa sourdine. En effet, la mise en mouvement de cette sourdine par une des mains du trompettiste simultanément à son jeu fait apparaître ce timbre qui ressemble à la prononciation du mot *wah-wah*. Ce terme est alors repris, ainsi que le nom du trompettiste, pour promouvoir la première commercialisation du principe, la Vox Wah-Wah (1967). Une fois la pédale commercialisée, Frank Zappa puis Jimi Hendrix en deviennent les utilisateurs les plus connus¹⁵⁴. À l'inverse des premières pédales de *fuzz* que nous avons mentionnées précédemment et dont l'utilisation se « limite » au rock des années 1960 puis 1970, la pédale *wah-wah* est présente dans des styles de musique plus variés incluant en plus du rock, le *rhythm'n'blues*¹⁵⁵ et la *soul*¹⁵⁶ du musicien Sly Stone (Sly and The Family Stone) puis de la maison de disque Motown¹⁵⁷ avec des morceaux comme *Papa was a Rolling Stone* (1972)¹⁵⁸, mais aussi le jazz du trompettiste Miles Davis ou du saxophoniste King Curtis, par exemple. La pédale *wah-wah* est donc une pédale particulière dans notre présentation par rapport à la quantité de styles dans lesquels elle s'intègre, mais aussi par le fait qu'elle représente le premier traitement sonore manipulable au pied de manière continue. Par cette diversité d'intégration so-

154. Pour entendre une utilisation maintenant devenue « classique » de cette pédale, le lecteur peut se référer à l'introduction du morceau *Voodoo Child (Slight Return)*, *Electric Ladyland*, The Jimi Hendrix Experience, 1968.

155. Le *rhythm'n'blues* est un style musical dont l'appellation a fait référence à différents types de musique au fur et à mesure de son évolution. Dans les années 1950, par exemple, il fait essentiellement référence à des chansons afro-américaines avec des influences provenant du blues, du jazz et de la soul.

156. La *soul* est un style musical afro-américain qui intègre les influences du gospel au *rhythm'n'blues*.

157. La Motown est une maison de disque américaine qui, à partir des années 1960, devient l'une des figures incontournables du *rhythm'n'blues* et de la *soul* avec des artistes comme Marvin Gaye, Stevie Wonder, Diana Ross and The Supremes ou encore Mickael Jackson and The Jackson Five.

158. *Papa was a Rolling Stone*, The Temptations, 1972,

nore et par cette particularité gestuelle, elle devient un son et une technique de jeu à part entière¹⁵⁹.

La pédale *wah-wah* ouvre la porte à d'autres pédales d'effets intégrant d'une manière ou d'une autre le filtrage. Cet élément hérité des synthétiseurs se retrouve dans des pédales comme la Mu-tron III de Musitronics (1972) développée par Mike Beigel et qui intègre un *suiveur d'enveloppe*, un filtre contrôlé en tension (VCF) et un préamplificateur. C'est aussi à cette période que se développe le traitement de *modulateur de phase* (*phaser*) avec l'Univibe de la marque Shin-ei développé par Fumio Mieda (1968)¹⁶⁰, la Maestro Phase Shifter (1971) ou la MXR Phase 90 développée par Keith Barr (1974).

2.3.2.2 *Bucket Brigade Device* et amplificateur opérationnel

La deuxième période du développement des pédales d'effets intervient dans les années 1970. En effet, dès le début de la décennie, de nombreux nouveaux circuits intégrés sont régulièrement mis sur le marché amenant les fabricants à mettre en pédale de nouveaux traitements. C'est le cas notamment des *Bucket Brigade Device* (BBD) et des amplificateurs opérationnels.

Les BBD¹⁶¹ sont des circuits intégrés permettant la génération d'un retard dans la transmission du signal par l'utilisation de plusieurs condensateurs mis en série et retenant le courant pendant une certaine durée. Le nom « Bucket Brigade Device » (qui pourrait être traduit littéralement par « Dispositif de Brigade à Sceaux ») fait référence à une technique d'extinction des incendies par la création d'une chaîne humaine qui faisait passer les seaux d'eau de maillons en maillons. Dans notre cas, les maillons sont des condensateurs qui stockent une partie du signal audio qui est ensuite libérée par l'utilisation d'une horloge

159. Il faut noter qu'une autre pédale reprend le principe gestuel en 1989. Il s'agit de la WH-1 Whammy d'IVL technology (qui devient à partir de 1991 la DigiTech Whammy). La pédale de contrôle continu présente sur la Whammy permet de contrôler le facteur de *transposition* du son.

160. L'Univibe, bien que son créateur ne soit pas d'accord, (Lux et Orkin, 2021, 0 :40 :32) se rapproche de l'effet sonore obtenu par les hauts-parleurs tournants de *cabines Leslies*

161. Le lecteur intéressé par une approche détaillée de l'implémentation électronique de ce type de composant pourra consulter les sites suivants : en ligne <https://anasounds.com/miniaturization-of-the-delay-the-bbd/> ou <https://www.electrosmash.com/mn3007-bucket-brigade-devices> [consulté le 17/12/2021].

externe paramétrée à une fréquence donnée¹⁶². Il faut noter que l'utilisation de ce générateur d'horloge externe fait des BBD des composants analogiques à temps discret. Ils se situent donc à la frontière entre l'analogique et le numérique : analogique dans leur structure, mais contrôlé par un signal (l'horloge) qui sera un des éléments de base des systèmes numériques¹⁶³. Ces composants, lorsqu'ils sont utilisés dans le domaine musical, permettent donc le retard du signal audio et entraînent la création de nouvelles pédales d'effets. Ce nouveau composant est inventé par Philips Research Labs entre 1968 et 1969 (Sangster et Teer, 1969) et est intégré pour la première fois dans l'amplificateur Roland JC120 (1975). Des traitements sonores sont intégrés dans cet amplificateur parmi lesquels un *vibrato*, un effet de *réverbération*, une *distorsion* et un effet de *chorus* stéréophonique. C'est ce dernier traitement qui utilise le BBD pour produire le *délai* sur lequel est appliquée la modulation de la fréquence spécifique à ce traitement. En dehors de cette utilisation précurseuse des BBDs, d'autres traitements sonores peuvent être rapidement conditionnés dans des boîtiers de pédale d'effet, comme c'est le cas pour le *délai* (Boss Delay DM-1, 1978 ou Electro-Harmonix Memory Man, 1976), le *flanger* (Electro-Harmonix Electric Mistress ou EchoFlanger, 1977) ou la *réverbération* (DOD FX45, 1985 et Arion SRV-1, 1986). Nous pouvons rappeler ici que ces traitements existent tous avant l'apparition de ce composant : le *délai* et le *flanger* sont obtenus par la mise en boucle de bandes magnétiques¹⁶⁴ et la *réverbération* est obtenue par la diffusion du son dans un grand espace (comme une église par exemple),

162. Correspondant basiquement à un composant électronique générant un signal à une fréquence donnée.

163. Pour rappel, le numérisation d'un signal nécessite l'échantillonnage et le codage du signal à numériser. L'échantillonnage est réalisé, entre autres, avec la participation d'une horloge qui permet de définir la fréquence à laquelle le système encode les échantillons du signal analogique. Les pédales d'effets utilisant ce type de composants ne peuvent donc pas être considérées comme totalement analogiques. Cet argument est cependant repris régulièrement par les marques comme argument commercial.

164. Le traitement de *délai* obtenu avec les bandes magnétiques consiste en l'intégration d'un enregistreur et d'une tête de lecture au sein du même appareil. La distance entre les deux et la vitesse de lecture de la bande définissent le temps de délai. Le traitement de *flanger* a été obtenu par une action manuelle directement sur la bande.

dans une chambre d'écho¹⁶⁵, dans une plaque de métal¹⁶⁶ ou encore dans un ressort¹⁶⁷. Précisons que les **réverbération** utilisant les BBDs ne sont pas de bonne qualité et qu'il faudra attendre la numérisation des pédales pour que ce traitement puisse se développer significativement.

L'amplificateur opérationnel, pour sa part, apparaît en 1968 et est intégré dans des pédales de **distorsion** à partir du milieu des années 1970 (MXR Distorsion+ (1974), DOD Preamp 250 (1976), Guyatone Zoombox (1976), Proco Rat (1978)). Pour rappel, à cette période, les amplificateurs ne disposent pas encore d'un volume global (*master volume*) ce qui oblige les guitaristes à jouer à un niveau sonore élevé s'ils souhaitent obtenir de la **distorsion**. Les premières pédales de **distorsion** qui apparaissent au milieu des années 1970 permettent de régler ce manque. En effet, les amplificateurs opérationnels utilisés dans ces pédales permettent d'obtenir le même type de résultat sonore sans le besoin d'un volume élevé. Les pédales d'*overdrive* telles que la Boss OD-1 (1977) et l'Ibanez TS-808 Tube Screamer (1979) réalisent le même genre d'opérations, mais avec une sonorité moins distordue (moins de hautes fréquences sont générées que pour les pédales de **distorsion**) et un contour sonore plus lisse (*soft clipping* opposé au *hard clipping* des pédales de **distorsion**) et moins abrupte que les pédales de **distorsion**. Ce type de pédale permet d'augmenter le niveau sonore présent à l'entrée de l'amplificateur et ainsi de faciliter la mise en distorsion des lampes (dans le cas d'un amplificateur à lampes). La distorsion plus légère que ces pédales amènent leur permet d'être aussi bien utilisées par Stevie Ray

165. Une chambre d'écho est un dispositif qui se développe énormément dans les années 1940, 1950 et qui correspond en une pièce dont l'intérieur est modulable en fonction de la sensation d'espace à donner au son affecté. Ces pièces sont présentes aussi bien dans les studios de la télévision, de la radio que dans les studios de musique.

166. La réverbération à plaque de métal (*plate reverb*) est une réverbération dans laquelle le son est diffusé grâce à un ou 2 microphones piézoélectriques à travers une plaque de métal. Les ondes du son ainsi réverbérées par le matériau sont captées par un ou des microphones piézoélectriques. Ce type de réverbération amène un spectre en hautes fréquences plus développé et dont la tenue est plus longue qu'une **réverbération** à ressort par exemple. Une des premières références est la EMT 140 (1957), en ligne <https://www.wikiaudio.org/emt-140-plate-reverb/> [consulté le 17/12/2021].

167. La **réverbération** à ressort est le premier type de **réverbération** compacte développé, dès le départ, à destination du grand public. Elle est d'abord présentée dans un boîtier externe à la fin des années 1950, puis intégrée dans les amplificateurs de guitares électriques au début des années 1960. Son nom, comme pour la **réverbération** à plaques, vient de son procédé qui entraîne une transduction électro-mécanique du son à travers un ressort. Le son résultant de ce traitement est capté à la sortie du ressort.

Vaughan que par Kirk Hammett (Metallica). Dans ce dernier exemple, ce type de pédale est souvent utilisé avec un amplificateur présentant déjà un niveau sonore élevé que la pédale d'*overdrive*¹⁶⁸ augmente (entraînant plus de distorsion des lampes) et précise (une grande partie des groupes de Heavy Metal des années 1980 utilisent, à cette période, ce genre de combinaison).

Ces deux composants, comme nous l'avons vu, ont une influence importante sur les types de traitements sonores qui deviennent disponibles sous forme de pédales dans les années 1970 et forment avec le transistor, les trois composants qui ont eu le plus d'impact sur les pédales d'effets analogiques. Ils apportent chacun le développement de sonorités nouvelles qui s'incarnent dans des styles et/ou dans des périodes musicales spécifiques.

2.3.2.3 Numérisation et modélisation

Parallèlement au développement des autres pédales de traitements sonores et depuis le milieu des années 1970, les systèmes se numérisent. Il faut cependant attendre le début des années 1980 pour que les traitements sonores matériels intègrent des programmes (qui sont exécutés par des microprocesseurs puis par des microcontrôleurs¹⁶⁹). Avant l'utilisation de programmes, la numérisation du signal et du traitement est réalisée par des composants logiques, comme nous l'avons vu, avec les guitares-synthétiseurs analogiques¹⁷⁰. Ces composants permettent notamment d'échantillonner le signal audio analogique, de séquencer des commandes (organiser dans le temps une série d'actions), de stocker/mémoriser des valeurs et de convertir le signal numérique en signal analogique. Un exemple d'unité matérielle réalisant un traitement sonore numérique à partir de composants discrets est celui du système 250 (1976) de

168. Le terme *overdrive* peut être traduit en français par « sur-alimentation » et signifie que ce type de traitement présentera un niveau de sortie, plus élevé que les pédales de distorsion par exemple, à même de mettre les lampes en distorsion. Avant l'arrivée des amplificateurs à plusieurs canaux, les pédales d'*overdrive* permettent par leur activation/désactivation le passage d'un son « clair » à un son « distordu » moins prononcé que les pédales de distorsion.

169. Dans cette première période du développement du numérique, un microprocesseur représente un composant électronique qui incorpore un jeu d'instructions (de fonctions) prédéfinies. Le microcontrôleur arrive à la suite du microprocesseur et intègre une mémoire dans laquelle le programme, qui peut être mis à jour, est stocké.

170. Se référer à « *Évolution de la guitare-synthétiseur* », p. 78.

chez EMT ¹⁷¹. Cette entreprise allemande est connue dès les années 1970 pour la réalisation d'unité de réverbération à plaque de métal et c'est elle qui développe la première **réverbération** numérique (Blessner et Bader, 1980). Il s'agit, en réalité, d'un multieffet puisque ce système intègre des traitements de **délai**, **chorus**, **modulateur de phase** et d'écho en plus de la **réverbération**. Une grande quantité de composants est nécessaire à la fabrication de cette machine, ce qui fait de celle-ci un système de grande taille convenant plus aux studios qu'aux guitaristes jouant en concert. À la suite de ce système, les **réverbérations** numériques à base de microprocesseurs apparaissent et s'intègrent dans les studios. C'est par exemple le cas de la Lexicon 224 (1979) et de l'EMT-251 ¹⁷² (1980) qui deviennent des standards pendant cette décennie. Les années 1980 sont la période où la norme en termes de format des traitements sonores est le *rack*. Ils sont, de manière générale, plus qualitatifs et apparaissent essentiellement dans les studios et chez les musiciens professionnels, ils sont donc chers. À l'inverse de ces traitements numériques, les tentatives de pédales de **réverbération** à base de BBDs que nous avons mentionnées précédemment ¹⁷³, ne sont pas du tout de qualité comparable à ces versions en *rack* et sont rapidement abandonnées.

Il faut attendre 1983 pour que la marque japonaise Boss réalise le premier traitement sonore de **délai** numérique sous forme de pédale compacte, le Boss DD-2 ¹⁷⁴. Cette pédale s'appuie sur un microcontrôleur programmable réalisé sur mesure, le RDD63H101, et déjà utilisé dans le Roland SDE-3000 ¹⁷⁵ (1983) qui est un **délai** numérique sous forme de *rack*. La pédale Boss DD-2 est, comme les *racks* de cette époque, une pédale d'effet chère et il faut attendre la Boss DD-3 ¹⁷⁶ (1986) pour que les **délais** numériques deviennent abordables aux guitaristes. Comme pour les premiers traitements sonores électriques, l'augmentation de l'utilisation des composants numériques entraîne la chute de leurs coûts de fabrication et, par conséquent, la chute de leurs prix de vente. Même

171. En ligne <https://www.uaudio.fr/blog/emt-250-electronic-reverberator-overview/> [consulté le 17/12/2021].

172. En ligne <https://studioelectronics.biz/services/emt-250-251-reverb-repair-and-service/> [consulté le 17/12/2021].

173. Se référer à « *Bucket Brigade Device* et amplificateur opérationnel », p. 186.

174. En ligne <https://www.bossus.com/blog/2015/11/11/echoes-in-time-the-history-of-boss-delay-pedals/> [consulté le 17/12/2021].

175. A cette époque Boss et Roland font partie de la même entreprise et les échanges de technologie entre les produits des deux marques sont courants.

176. En ligne http://www.synfo.nl/servicemanuals/Boss/DD-2_DD-3_SERVICE_NOTES.pdf [consulté le 17/12/2021].

si le traitement présent dans la pédale Boss DD-3 n'est pas identique à celui que propose la EMT 250, les microcontrôleurs permettent une réduction drastique de la taille des matériels numériques réalisés à base de composants logiques tout comme le transistor l'avait fait par rapport aux lampes triodes. Il faut attendre 1987 pour que Boss développe la RV-2, qui est considérée comme la première pédale de **réverbération** numérique abordable, compacte et réellement utilisable dans des conditions *live*¹⁷⁷. Parallèlement aux pédales de **délai**, la marque Boss développe les pédales DSD-2 (1983) et DSD-3 (1986) qui ont la particularité d'intégrer une fonction **échantillonneur**¹⁷⁸. Un échantillon sonore de 800 millisecondes maximum peut alors être enregistré et lu en boucle. Cette première intégration compacte de cette fonctionnalité ouvre la voie aux **boucleurs** qui proposent dès 1994 (Oberheim Echoplex puis Lexicon JamMan en 1996) la possibilité de superposer plusieurs pistes sonores enregistrées à la « volée » pour une durée entre 50 et 200 secondes (pour cette dernière durée, une augmentation de la mémoire est nécessaire). Le Digitech JamMan (2005) propose un total de 6 heures d'enregistrement.

Ces trois exemples de pédales et plus particulièrement l'exemple des pédales de **délai** et de **réverbération** montrent la position de précurseur de la marque Boss pour ces technologies et plus largement la plus grande présence des firmes japonaises dans les années 1980. En effet, si les années 1960 et 1970 ont essentiellement été tournées vers des entreprises américaines et anglaises, les années 1980 sont principalement japonaises. Des marques comme Ibanez, Maxon, Arion, Roland et Boss, qui apparaissent dans la deuxième moitié des années 1970 dans le domaine des pédales d'effets, se développent fortement dans les années 1980 grâce à des innovations (notamment chez Boss/Roland) et des pédales qui deviennent rapidement des incontournables¹⁷⁹, mais aussi à leur capacité de produire en masse et à répondre à la demande grandissante de

177. Comme la Boss DD-2 qui se base sur un microcontrôleur déjà utilisé dans le Roland SDE-3000, la Boss RV-2 se base sur la même puce que celle présente dans le mini *rack* Boss RRV-10 (1985).

178. L'**échantillonneur** est d'abord une unité matérielle numérique, qui est ensuite portée sous forme logicielle, permettant d'enregistrer des échantillons sonores (*samples*) et d'en déclencher la lecture par l'utilisation d'une commande. Ces deux fonctions sont intégrées dans les pédales Boss DSD-2 et DSD-3.

179. Avant les pédales de **délai** et de **réverbération** de chez Boss, les pédales de **distorsion** et d'**overdrive** telles que les Boss OD-1 (1977) et DS-1 (1978) et l'Ibanez TS808 Tube Screamer (1979) introduisent les marques japonaises auprès de la communauté mondiale des guitaristes en devenant des standards.

l'époque pour le matériel de traitement sonore audio. À ces éléments s'ajoute aussi la faillite d'entreprises américaines telles qu'Electro-Harmonix en 1983 et MXR en 1984¹⁸⁰ qui laissent une grande partie du marché disponible aux marques japonaises.

Malgré la promesse apportée par le numérique et la reconnaissance acquise par certain matériel de studio, la qualité globale des premiers traitements sonores numériques reste souvent faible. On assiste, dans les années 1990 à un retour des traitements sonores analogiques (en opposition aux traitements numériques qui se ressemblent tous, mais aussi en opposition au format *rack* généralisé et encombrant) sur laquelle nous reviendrons plus loin dans ce texte avec le développement du phénomène des pédales « boutique »¹⁸¹. Il faut attendre la deuxième moitié des années 1990 pour observer un retour des traitements sonores numériques par le biais de la modélisation numérique de tous les éléments du système technique « guitare électrique ». Les modèles physiques sont utilisés pour représenter des éléments acoustiques (cordes vibrantes et caisse de résonance d'une guitare par exemple) ou pour la représentation de matériel analogique existant (pédale d'effet, amplificateur, synthétiseur, etc.) (Smith, 2006). En 1996, l'amplificateur AxSYS 212 de Line 6¹⁸², telle une mise en abîme, intègre plusieurs modèles d'amplificateurs à lampes de différentes marques (ceux-ci lui permettent de prendre la sonorité de n'importe lequel de ces amplificateurs) ainsi que des traitements sonores. Ces modélisations sont par la suite intégrées dans le multieffet Line 6 Pod (1998) ou dans des pédales d'effets telles que la Line 6 DL4 en 1999, par exemple. Roland développe sa propre technologie d'émulation (le Composite Object Sound Modeling, COSM) que l'entreprise intègre, entre autres, dans le Roland VG-8 (1995), VG-99 (1999) et dans le GP-100. De même que l'amplificateur AxSYS 212 qui intègre des modélisations numériques d'amplificateurs, la gamme de guitares Variax de Line 6 intègre à partir de 2002 des modélisations de guitares acoustiques « iconiques » ainsi que la possibilité d'en modifier des composantes physiques (telles que la taille ou le matériau de la caisse de résonance par exemple). Là encore, cette guitare, par l'utilisation des modèles physiques, peut « sonner » comme n'importe quelle autre. Comme pour renforcer cette image, les premiers modèles de

180. Electro-Harmonix fut relancée par son fondateur Mike Matthews dans les années 1990 et MXR fut relancée par la marque Dunlop en 1987.

181. Se référer à « [Le fabricant de pédales](#) », p. 195.

182. En ligne <https://www.soundonsound.com/reviews/line-6-ax2-212> [consulté le 17/12/2021].

guitare Variax (la Line 6 Variax 500¹⁸³) n'intègrent qu'un microphone hexaphonique piézoélectrique (intégré au niveau du chevalet et donc difficilement identifiable) et aucun microphone monophonique. Notons que la première intégration de modèles physiques d'instruments acoustiques date de 1993 avec le synthétiseur Yamaha VL-1 dans lequel sont intégrés des modèles physiques d'excitateurs (cordes) et de résonateurs (caisse de résonance) acoustiques.

La modélisation numérique d'instruments, de traitements sonores et d'amplificateurs est, aujourd'hui, devenue la norme des systèmes numériques, qu'ils se présentent uniquement sous forme logicielle ou qu'ils soient intégrés dans des unités matérielles. Les systèmes intégrant ces modèles numériques sont dans une course de quantité et de qualité qui semble assez éloignée de notre remarque précédente sur le devenir constant du système « guitare électrique ». Du fait que ces modélisations proposent de recréer l'ancien et qu'elles réalisent un fort effet-diligence, elles ne se posent clairement pas comme élément novateur d'un point de vue artistique. Cependant, puisque ces modélisations deviennent la norme d'une grande partie de l'industrie musicale, elles entraînent une démocratisation importante de l'accès au matériel *vintage* et professionnel¹⁸⁴. La plupart des guitaristes peuvent aujourd'hui avoir « facilement » avoir accès aux sonorités de tels ou tels amplificateurs des années 1960, par exemple. De cette démocratisation de l'accès aux sonorités *vintage* et professionnelles, de nouvelles pratiques, de nouvelles techniques ou de nouveaux modes de jeu peuvent cependant apparaître. Les logiciels ou unités matérielles Mod Devices Duo ou Dwarf¹⁸⁵ et Poly Effects Beebo ou Digit¹⁸⁶ par exemple, intègrent, en plus des algorithmes de modélisation, des possibilités de chaînages de traitements sonores importantes (plusieurs signaux sonores parallèles en même temps, outils de séparation et de recombinaison des signaux, etc.). Ces possibilités de chaînage, intégrées avec un grand nombre d'algorithmes, offrent des possibilités qui sont difficilement réalisables et qui seraient extrêmement coûteuses avec des traitements sonores physiques en termes d'interconnexions entre les différents modules. Les modélisations sont, selon nous, au matériel *vintage* ce que les pédales de traitements sonores grâce aux transistors, BBD et micropro-

183. En ligne <https://fr.line6.com/legacy/variax500/> [consulté le 17/12/2021].

184. Ces modélisations physiques sont aussi bien disponibles dans amplificateurs d'entrée de gamme coûtant quelques centaines d'euros, que dans du matériel haut de gamme dépassant le millier d'euros. La différence de prix se porte essentiellement sur la qualité des modélisations.

185. En ligne <https://moddevices.com/> [consulté le 17/12/2021].

186. En ligne <https://www.polyeffects.com/> [consulté le 17/12/2021].

cesseurs/microcontrôleurs furent par rapport aux traitements sonores présents dans les studios de création sonore.

En dehors de cette position avant-gardiste de Line 6 à la fin des années 1990, l'entreprise a eu une influence sur la deuxième vague des pédales d'effets numériques par le biais des pédales « boutique » numériques un peu avant les années 2010. En effet, plusieurs anciens employés de la marque fondent leurs propres entreprises : c'est le cas, par exemple, des marques Strymon¹⁸⁷ et Meris¹⁸⁸ qui développent toutes deux des pédales de traitements sonores numériques originaux qui s'éloignent des « simples » modélisations numériques du matériel existant. Le retour en force des technologies numériques dans le courant des années 2000 est essentiellement dû à l'amélioration globale des composants numériques : que ce soit en termes de qualité de conversion et de vitesse de transfert entre les composants, de taille de mémoire ou de consommation électrique, tous les composants affichent une augmentation de leurs performances. De plus, des puces spécifiques à l'exécution d'algorithmes de traitement du signal appelées DSP¹⁸⁹ ont fait leur apparition. Nous pouvons, même si les informations que nous avons sur le microcontrôleur de la pédale Boss DD-2 sont très limitées, esquisser une comparaison. Les pédales Strymon utilisent, par exemple, un DSP dont la fréquence est de 266 MHz (voire 366 MHz pour certaines pédales)¹⁹⁰ là où elle varie entre 1,28 et 5,18 MHz pour le microcontrôleur de la Boss DD-2¹⁹¹. D'autre part, en termes de résolution d'échantillonnage le microcontrôleur de la pédale Boss DD-2 travaille en 12 bits (chaque échantillon du signal peut-être codé sur 4096 valeurs) alors que

187. En ligne <https://www.strymon.net/> [consulté le 17/12/2021].

188. En ligne <https://www.meris.us/> [consulté le 17/12/2021].

189. Les DSP sont des puces qui essaient d'augmenter le nombre d'instructions (de lignes programmes) exécutables en une seconde. Une partie de l'optimisation du temps de calcul effectuée par les DSP est due à l'utilisation de fonctions intégrées matériellement (telles que la transformée de Fourier ou des filtres, par exemple). Cette intégration matérielle induit l'usage d'une seule instruction, là où elles en nécessitent plusieurs si elles sont directement intégrées dans le code informatique.

190. En ligne <https://www.strymon.net/dsp-anyway/> [consulté le 17/12/2021].

191. Il faut noter qu'avec ces informations nous ne pouvons pas faire de comparaison directe en termes de nombre d'instructions réalisées par seconde, puisque cette donnée dépend de la vitesse de travail de l'unité de calcul (DSP ou microcontrôleur) et de la fréquence d'échantillonnage. Cette dernière n'est pas connue pour la Boss DD-2.

les pédales de la marque Strymon travaillent en 32 bits flottants¹⁹² (laquelle permet de représenter des nombres allant de 1.2^{-38} à 3.4^{38} et s'impose comme la norme actuelle). Ces deux ordres de grandeur donnent une idée de l'écart de performance qui apparaît entre les deux périodes.

Notons pour clore cette partie que la numérisation a apporté un nouveau traitement qui lui est spécifique, le *bitcrusher*. Ce traitement permet une réduction de la fréquence d'échantillonnage¹⁹³ (*sampling rate*) ou de la précision d'encodage¹⁹⁴ (*bit depth*)¹⁹⁵. Les diminutions de ces deux grandeurs dégradent le signal audio et permettent de reproduire les sonorités obtenues dans les différents matériels numériques qui ont précédé (puisque ceux-ci fonctionnaient avec des fréquences d'échantillonnage et des précisions d'encodage plus faibles). Les termes « son 8 bits » ou « son 16 bits » font, par exemple, référence aux consoles de jeu des années 1980, 1990 qui sont basées sur des composants à précision d'encodage 8 ou 16 bits. Le *bitcrusher* permet de retrouver ce type de sonorités particulières.

2.3.2.4 Le fabricant de pédales

L'évolution des traitements sonores, de l'accès à leurs technologies et le changement de médiasphère, ont entraîné l'évolution du métier de fabricant de pédales d'effet. Cette évolution amène le développement important de la quantité de marques de pédales d'effet disponibles à partir des années 2000 et, dans ce sillage, l'extension de la palette sonore couverte par les pédales d'effet.

Comme nous l'avons vu avec l'évolution des premières pédales de *fuzz*¹⁹⁶, les premiers fabricants de pédales d'effet sont, pour la plupart, des personnes ayant reçu une formation technique travaillant comme ingénieur dans les studios tels

192. Le terme « flottant » fait référence à la possibilité de travailler avec des chiffres à virgules. L'absence de ce terme signifierait que tous les nombres sont traités comme des entiers.

193. La fréquence d'échantillonnage se mesure en Hertz et indique le nombre d'échantillons du signal analogique converti en données numériques par seconde.

194. La précision d'encodage est exprimée en nombre de bits et définit le nombre de valeurs sur lesquelles le signal analogique est encodé.

195. Pour avoir une idée de la sonorité de la dégradation du signal entraîné par l'utilisation du *bitcrusher*, le lecteur pourra se référer à : en ligne <https://youtu.be/5wAuMjPGGI8> [consulté le 17/12/2021].

196. Se référer à « *Transistor, fuzz et filtre* », p. 182.

que Glenn Snoddy¹⁹⁷ ou technicien réparateur dans les magasins de musique (Gary Hurst¹⁹⁸). Dans cette mouvance apparaissent des ingénieurs dont le travail est spécialement dédié, dans un premier temps, à un artiste spécifique. C'est le cas notamment de Roger Mayer qui travaille avec Jimi Hendrix et de Arthur « Midget » Sloatman avec Frank Zappa. Roger Mayer est un officier de la marine anglaise dans les années 1960 pour laquelle il travaille sur des recherches sous-marines. C'est à la suite d'une discussion avec Jimmy Page (Led Zeppelin) à la fin d'un concert qu'il entre dans le monde des traitements sonores et des pédales d'effet. L'ingénieur développe pour le guitariste une pédale de *fuzz* avec plus de distorsion et avec une *tenue du son* plus importante que celles présentes à l'époque. Par la suite, il construit l'Octavia¹⁹⁹ en 1967 qu'il présente à Jimi Hendrix à la suite d'un concert. C'est à partir de ce moment que naît une collaboration entre les deux hommes qui dure plusieurs années. Elle se traduit par la présence de Roger Mayer à chaque session d'enregistrement ou de performance *live* du guitariste dans le but d'adapter, d'ajuster et de réparer le matériel (pédales d'effet et amplificateurs) en fonction des envies et idées musicales du guitariste. Le même type de collaboration est présent entre Arthur « Midget », Sloatman et Frank Zappa à la différence que celui-ci est aussi l'ingénieur responsable de l'entièreté du studio Utility Muffin Research Kitchen de Frank Zappa. Là encore, l'ingénieur a autant en charge le maintien et le bon fonctionnement du matériel existant que le développement ou l'ajustement de matériel pour le guitariste. Il travaille notamment au développement d'un système électronique avec différentes fonctions de gain et de filtrage qui est directement intégré dans la principale guitare de Frank Zappa, la Gibson SG « Baby Snakes ». Les deux ingénieurs, après la fin de leurs collaborations respectives avec ces guitaristes, développent une activité commerciale de fabrication et/ou de réparation de matériel et/ou de développements sur mesure. Roger Mayer sous la marque éponyme²⁰⁰ reprend et commercialise l'Octavia, mais développe aussi de nouveaux produits. Arthur Sloatman sous la marque Spontaneous Audio Devices²⁰¹ intègre le circuit originellement présent dans la guitare de Frank Zappa sous la forme d'une pédale d'effet, la Son

197. Concepteur de la Maestro FZ-1, Fuzz-Tone.

198. Concepteur de la Sola Sound Tone Bender.

199. l'Octavia correspond à un traitement de *fuzz* intégrant une *transposition* à l'octave.

200. En ligne <https://www.roger-mayer.co.uk/> [consulté le 17/12/2021].

201. En ligne <https://spontaneousaudio.com> [consulté le 17/12/2021].

of Kong²⁰², puis se concentre sur la réparation et les projets sur mesure avec la marque Midget Electronics²⁰³. Durant cette première période où les composants électroniques des pédales d'effet ne sont pas encore totalement fiables et où l'industrie des traitements sonores n'est encore qu'à ses balbutiements, les personnages tels que Roger Mayer et Arthur Sloatman développent une image très qualitative qui s'approche de celle de l'artisanat. Celle-ci tranche avec le développement de la production de masse des pédales d'effet qui arrive avec les années 1980. Cette image qualitative se trouve aussi chez Peter Cornish²⁰⁴ qui, dans un premier temps, adapte des *pedalboard* de guitaristes professionnels pour les rendre plus résistants aux tournées en termes physiques et en termes de qualité du signal sonore²⁰⁵, ainsi que chez les marques Keeley Electronics²⁰⁶ et Analog Man²⁰⁷ qui développent, au début des années 2000, des adaptations sur-mesure de pédales d'effet. Les modifications qu'ils proposent sont par la suite généralisées et proposées à la vente²⁰⁸. La connaissance approfondie des circuits de pédales d'effets existantes entraîne chacun d'entre eux à développer par la suite des pédales de traitements sonores originales, actualisant là encore le principe de « création sur base de l'existant » que nous avons mentionné avec les amplificateurs et les pédales de *fuzz*.

Avec les années 1990 arrive le phénomène des pédales « boutique » qui se développe de manière très importante à partir des années 2000 et qui apporte un changement drastique de la posture du fabricant de pédales. Ce terme décrit l'apparition de marque de pédales d'effet dont toutes les étapes de la réalisation sont gérées par le fabricant avec une approche « *Do It Yourself* »²⁰⁹ : de la conception du circuit à la soudure des composants, du perçage et de

202. En ligne <https://spontaneousaudio.com/products/son-of-kong/> [consulté le 17/12/2021].

203. En ligne <http://www.midgetelectronics.com> [consulté le 17/12/2021].

204. En ligne <http://www.petecornish.co.uk/index2.html> [consulté le 17/12/2021].

205. Plus le nombre de pédales de traitements sonores est important, plus une dégradation du signal audio peut apparaître et un travail sur les composants et sur la conception des traitements peut-être nécessaire pour améliorer le *tone* global de l'instrument.

206. En ligne <https://robertkeeley.com/> [consulté le 17/12/2021].

207. En ligne <https://www.analogman.com/> [consulté le 17/12/2021].

208. La vente de modification signifie que le guitariste doit envoyer la pédale d'effet qu'il souhaite faire modifier et que celle-ci lui est retournée lorsque la modification est effectuée.

209. Le terme « *Do It Yourself* » (DIY) fait référence à la volonté de s'approprier les connaissances et savoir-faire nécessaires à la résolution d'un problème, de manière à le réaliser soi-même en limitant au maximum le recours à des experts ou à des professionnels.

la customisation du boîtier à la réalisation du circuit imprimé, de la communication autour de ses créations à la vente des pédales d'effets, chacune des étapes est alors réalisée par le fabricant de pédales. De plus, ces pédales sont vendues plus chères que les pédales alors disponibles à cette période. Les pédales, encore essentiellement japonaises dans les années 1990, bénéficient pour un grand nombre d'entre elles de la diminution des coûts de fabrication due à la production de masse. À l'inverse, les pédales « boutique » sont produites en petites séries et le plus souvent réalisées par des personnes uniques (du moins dans les premiers temps de développement). Il faut cependant préciser que si toutes les opérations de la création d'une pédale de traitement sonore analogique deviennent réalisables par une seule personne cela signifie que le matériel nécessaire (fer à souder, plaque en époxy (pour la réalisation du circuit imprimé), boîtier, perceuse à colonne, etc.) devient lui aussi abordable en termes de coût.

Ce changement d'approche des fabricants de pédales n'est pas le seul élément qui caractérise cette nouvelle génération. En effet, il s'avère qu'une grande partie d'entre eux, à l'inverse de leurs prédécesseurs des années 1970 et 1980, n'a pas de formation en électronique. Ces nouveaux fabricants sont guitaristes, autodidactes, et se sont autoformés par les livres et surtout par les forums spécialisés qui se développent à cette période : les dirigeants des marques Fulltone²¹⁰, Way Huge²¹¹ et JHS Pedals²¹² sont des exemples de ce type de fabricants, guitaristes et autodidactes. Deux références sont particulièrement citées par cette génération. La première est le livre *Electronic Projects for Musicians* de Craig Anderton (1975) dont la première édition paraît en 1975, mais qui se retrouve accessible en téléchargement sur différents sites internet des années 1990. Craig Anderton est un journaliste du magazine Popular Electronics²¹³. Ce magazine est à destination des amateurs d'électronique et a pour objectif de vulgariser les techniques utilisées dans le développement de matériel électronique, entre autres, par la publication et l'explication de schémas électroniques. Craig Anderton publie alors des articles sur le matériel audio qui créent rapidement un engouement. Comme il l'indique dans (Lux et Orkin, 2021), une

210. En ligne <https://www.fulltone.com/pedals> [consulté le 17/12/2021].

211. En ligne <https://www.jimdunlop.com/products/electronics/way-huge/> [consulté le 17/12/2021].

212. En ligne <https://www.jhspedals.info/> [consulté le 17/12/2021].

213. En ligne <https://worldradiohistory.com/Popular-Electronics-Guide.htm> [consulté le 17/12/2021].

erreur dans le premier schéma électronique qu'il publie lui apporte quelque 300 retours par courrier soit d'amateurs corrigeant le schéma, soit d'amateurs demandant de l'aide. Son livre est publié avec l'idée de montrer aux musiciens qu'ils peuvent créer eux-mêmes leurs propres pédales de traitements sonores. Il intègre aussi bien des schémas électroniques, les explications décrivant leurs fonctionnements que la présentation du matériel nécessaire ainsi que les bonnes pratiques à prendre en compte dans la réalisation de ces divers projets. Ce livre a un impact important sur cette nouvelle génération de fabricants puisqu'un grand nombre d'entre eux sont guitaristes. Un exemple des plus évocateurs sur ce point est celui de Joshua Heath Scott, fondateur de JHS Pedals qui développe à partir de 2018 une chaîne YouTube dans laquelle il met en scène, explique et joue avec toutes les pédales d'effets qu'il expose dans ses vidéos ²¹⁴.

La seconde référence donnée par cette nouvelle génération de fabricants de pédales est celle de l'ingénieur R.G Keen qui apparaît comme le pionnier de la mise en ligne de schémas électroniques ²¹⁵. Cette mise en ligne s'accompagne rapidement de forums ou de groupes de discussion dès la fin des années 1990. Ces forums et groupes de discussion sont des lieux dans lesquels des communautés de pratique et d'apprentissage se créent autour de la thématique de la fabrication de traitements sonores sous forme matérielle. À titre d'exemple, nous pouvons citer les sites amzfx ²¹⁶, diystompboxes.com ²¹⁷, The Gear Page ²¹⁸, ou encore Experimental Anonymous ²¹⁹. Aujourd'hui, ces forums sont toujours présents, ainsi que bien d'autres qui sont apparus entre temps. De nombreux blogs et groupes sur les réseaux sociaux viennent compléter l'éventail des dispositifs de transmission disponibles. Il faut noter que si les groupes des réseaux sociaux et les forums s'intègrent totalement dans le schéma en étoiles interconnectées (interaction dans la communication de plusieurs types de communication en étoile, d'un émetteur vers plusieurs récepteurs) de l'hypersphère ²²⁰, les blogs, eux, se rapprochent plus d'un schéma de diffusion typique de l'audio-vidéosphère (un émetteur vers plusieurs récepteurs

214. En ligne <https://www.youtube.com/user/jhspedals> [consulté le 17/12/2021].

215. En ligne <http://www.geofex.com/> [consulté le 17/12/2021].

216. En ligne <http://www.muzyque.com/> [consulté le 17/12/2021].

217. En ligne <https://www.diystompboxes.com> [consulté le 17/12/2021].

218. En ligne <https://www.thegearpage.net/board/index.php?forums/effects-pedals-strings-things.4/> [consulté le 17/12/2021].

219. En ligne <http://experimentalistsanonymous.com/> [consulté le 17/12/2021].

220. Se référer à « Les Médiasphères », p. 115.

sans interaction entre différents émetteurs et/ou récepteurs) qui aurait subi une conversion à la nouvelle norme en vigueur aujourd'hui (le programme). Il s'agit de spécialistes ou d'amateurs qui proposent alors un contenu sur un élément technique ou sur une pédale d'effet en particulier. Cette pratique qui s'inscrit directement dans l'approche DIY est reprise par les marques qui n'hésitent pas à présenter des articles aussi bien sur des pédales d'effets peu connues (c'est le cas notamment du blog Kula's Cabinet de la marque Catalinbread²²¹) que sur les techniques spécifiques (par exemple la marque Effectrode Thermionic²²²) qu'elles mettent en œuvre dans leurs produits. Il faut noter que le mouvement DIY et la mise en ligne des schémas électroniques ont entraîné l'apparition d'un nouveau produit : le kit. Celui-ci correspond à l'ensemble de tous les composants nécessaires à la construction d'une pédale qui ne sont ni soudés ni assemblés. Les étapes sont à exécuter par le guitariste ou la personne qui acquiert le kit. Ceux-ci correspondent à des copies de pédales existantes ou à des schémas développés par des membres de la communauté.

La volonté de Craig Anderton avec son livre a ainsi totalement pris corps dans les années 2010 et il est aujourd'hui plus simple de construire des pédales d'effets, de connaître l'histoire de celles-ci et de comprendre les technologies qui les composent de par la grande quantité de ressources présentes. Pour finir, précisons que cette facilité d'accès au savoir et à la réalisation est fortement présente pour les traitements sonores analogiques, mais qu'elle est beaucoup moins facilitée pour les traitements sonores numériques matériels. En effet, les composants analogiques et le matériel sont aujourd'hui accessibles en termes de quantité et de coût là où les composants numériques nécessitent souvent encore des méthodes de productions qu'il est difficile de reproduire chez soi et présentent des coûts qui peuvent être relativement élevés pour certains types de composants. Cependant, concernant ce dernier point, des cartes électroniques programmables telles que les cartes Arduino²²³ ou Teensy²²⁴ sont, aujourd'hui, des solutions tout à fait pertinentes pour le développement DIY de pédales de traitements sonores numériques comme le montrent les projets

221. En ligne <https://catalinbread.com/blogs/kulas-cabinet> [consulté le 17/12/2021].

222. En ligne <https://www.effectrode.com/knowledge-base/> [consulté le 17/12/2021].

223. En ligne <https://www.arduino.cc/> [consulté le 17/12/2021].

224. En ligne <https://www.pjrc.com/teensy/> [consulté le 17/12/2021].

pedalShield du site Electrosplash²²⁵ ou TGA Pro : Guitar Audio Shield²²⁶. L'aspect fortement hypersphérique des plateformes Arduino et Teensy règle, en partie, cette problématique de l'accès à la production de pédales de traitements sonores numériques qui pourrait entraîner le développement de kit de pédales numériques ou pour le moins le développement d'une pratique de prototypage physique des traitements sonores numériques. Cependant, le passage de cette pratique de prototypage à une pratique commerciale (qui est très simple dans le cas des traitements sonores analogiques) reste complexe dans le cas des traitements sonores numériques. Il faut noter que c'est notamment pour faciliter cette transition que l'entreprise Spin Semiconductor²²⁷ a réalisé la puce FV-1²²⁸. Ce circuit intégré rassemble tous les composants numériques nécessaires à l'intérieur de son boîtier tels que le microcontrôleur, la mémoire, le système d'échantillonnage numérique (Analog to Digital Conversion, ADC) et de conversion vers l'analogique (Digital to Analog Conversion, DAC), ainsi que des traitements sonores de *réverbération*, *décalage*, *transposition*, etc. La facilité d'accès et d'utilisation de ce type de puce a permis à des fabricants de pédales analogiques de proposer à la vente des traitements numériques. C'est notamment le cas de Earthquaker Devices avec la Rainbow Machine (2012), de Chase Bliss Audio avec la pédale MOOD (2019), de la Red Panda Tensor (2018), etc²²⁹.

2.3.2.5 La complexification des pédales d'effet

À partir des années 2000, plusieurs tendances apparaissent : les pédales de traitements sonores sont prises dans un mouvement global de complexification par rapport à la conception des traitements sonores et à l'intégration de modalités de contrôle importantes. De manière générale :

— les pédales intègrent plus systématiquement plusieurs traitements à l'intérieur d'un même boîtier ;

225. En ligne <https://www.electrosplash.com/pedalshield-mega> [consulté le 17/12/2021].

226. En ligne <https://www.pjrc.com/tga-pro-guitar-audio-shield/> [consulté le 17/12/2021].

227. Cette puce a été développée par Keith Barr fondateur des marques MXR et Alesis.

228. En ligne <http://www.spinsemi.com/products.html> [consulté le 17/12/2021].

229. Le lecteur désireux d'approfondir le sujet peut se référer à : en ligne <https://reverb.com/fr/news/fv-1-chip-history-5-pedals> [consulté le 17/12/2021].

- leurs paramètres sonores se voient plus régulièrement affublés de possibilités d'automatisations préprogrammées (modulation ou séquençement) ;
- des solutions de contrôles externes via des **pédales d'expression**, des interfaces de commande MIDI ou un **contrôle en tension** sont présentes de façon, là aussi, plus récurrente.

Le cumul de plusieurs traitements à l'intérieur d'une même pédale n'est pas nouveau (l'Octavia de Roger Mayer cumule traitement de *fuzz* et d'un **générateur d'octave**²³⁰), mais il devient plus systématique à partir de 2005. Pigtronix met sur le marché la Disnortion²³¹ en 2006 qui intègre des traitements d'un **générateur d'octave**, de *fuzz* et d'*overdrive*. Les deux derniers traitements sont positionnés en parallèle l'un par rapport à l'autre, recevant tous les deux le son du **générateur d'octave**. Le signal de sortie correspond à un mixage des traitements de *fuzz* et d'*overdrive*. Dans le même esprit, la marque TC Electronics produit à partir de 2009 la Nova Drive qui intègre au sein du même boîtier un traitement d'*overdrive* et de **distorsion** et pour lequel l'utilisateur peut définir le type de chaînage (série ou parallèle). Pour finir, la pédale Janus de Walrus Audio en 2013 cumule un traitement de *fuzz* en série avec un traitement de **trémolo**. Ces trois exemples correspondent à une première approche de la présence de plusieurs traitements au sein d'un même boîtier. Dans ces cas, les contrôles de chaque traitement sont disponibles directement via des potentiomètres, des sélecteurs ou encore des boutons et chacun des traitements peut-être activé ou désactivé indépendamment des deux autres²³². Il faut noter qu'avec les deux premiers exemples de pédales d'effets, la question du chaînage apparaît en creux²³³. Cette question est notamment au centre de plusieurs pédales de la marque Old Blood Noise Endeavors²³⁴. La pédale Procession (2015) est une pédale de **réverbération** qui peut être mise en série avec l'un des trois traitements suivants : **trémolo**, *flanger* ou **chorus**. Ceux-ci partagent deux potentiomètres permettant de contrôler la vitesse et l'intensité de la modulation sélectionnée. Un contrôle de *dry/wet* est présent par un potentiomètre qui permet de donner à entendre le son de la guitare non traitée parallèlement au son

230. Se référer à « Le fabricant de pédales », p. 195.

231. En ligne <https://fr.audiofanzine.com/saturation-multiple-ou-autre-saturation-pour-guitare/pigtronix/disnortion/> [consulté le 17/12/2021].

232. La Walrus Audio propose un joystick pouvant évoluer sur deux dimensions et contrôler, à la fois le traitement de *fuzz* et le traitement de **trémolo**.

233. Dans l'exemple de la Janus de Walrus Audio, le chaînage est un chaînage en série dont l'ordre n'est pas indiqué car celui-ci ne change pas le résultat sonore final.

234. En ligne <https://www.oldbloodnoise.com/> [consulté le 17/12/2021].

de la guitare traitée. La pédale Dark Star (2016) reproduit le même principe, mais avec des traitements de *décali*, *transposition* et *bitcrusher* intégrés à la suite de la *réverbération*. Un sélecteur permet de choisir l'un de ces trois traitements et deux potentiomètres permettent de contrôler deux paramètres de chacun des traitements. Là encore, un potentiomètre de *dry/wet* est présent qui peut donner à entendre le son de la guitare non traitée parallèlement au son de guitare traitée. D'autres exemples de cette marque intègrent la Minim²³⁵ (2019) ou encore la Visitor²³⁶ (2020). Le cumul de plusieurs traitements dans une seule pédale est aujourd'hui assez répandu, mais Old Blood Noise Endeavors semble être la première marque qui axe clairement son développement autour de pédales proposant différents chaînages des traitements. De même, au-delà du cumul de traitements, ces pédales, en se focalisant sur le chaînage, abordent une question qui était, auparavant, relativement coûteuse à réaliser.

Une deuxième tendance qui se développe à partir des années 2010 de manière régulière est l'automatisation des paramètres sonores par le biais du séquençement ou de la modulation. Le séquençement qui est présent dès les synthétiseurs modulaires des années 1960 (notamment sur les premiers synthétiseurs Buchla) permet de définir une séquence de valeurs que prennent alternativement un ou plusieurs paramètres sonores. Cette séquence est contrôlée par un tempo général qui définit la vitesse à laquelle chaque élément de la séquence est appliqué au paramètre sonore. Chaque étape est aussi appelée « pas ». Le corollaire du séquençement est la modulation que l'on trouve déjà dans les traitements de *trémolo* des premiers amplificateurs et de manière systématique avec les modules *VCO* des synthétiseurs des années 1960. Avec ce type d'automatisation, la valeur du paramètre sonore est modifiée de manière continue, généralement en suivant la forme d'une onde prédéfinie (triangle, sinus, carrée, dents de scie, etc.). On trouve l'utilisation du séquençement notamment dans la marque ZVex qui produit, à partir de 2005, une série de trois pédales intégrant un *séquenceur* 8 pas dont la Seek Trem (2005), la Ringtone (2006) et la Ooh Wah II (2006)²³⁷. Le *séquenceur* (*sequencer*) permet alors d'auto-

235. En ligne <https://www.oldbloodnoise.com/pedals/minim> [consulté le 17/12/2021].

236. En ligne <https://www.oldbloodnoise.com/pedals/visitor-parallel-multi-modulator> [consulté le 17/12/2021].

237. Ces trois pédales ont été mises à jour en 2014 avec un *séquenceur* 16 pas et plusieurs autres paramètres. Le lecteur souhaitant écouter le résultat sonore de ces pédales pourra se référer à : en ligne <https://www.zvex.com/guitar-pedals/super-seek-trem-guitar-effects-pedal>, <https://www.zvex.com/guitar-pedals/ringtone-guitar-effects-pedal>, <https://www.zvex.com/guitar-pedals/ooh-wah-ii-guitar-effects-pedal>.

matiser huit valeurs pour chacun des paramètres principaux du traitement mis en œuvre dans la pédale (vitesse de modulation pour le [trémolo](#), fréquence de modulation pour la [modulation en anneau](#) et fréquence du filtre pour la Ooh Wah II). De même, la marque Empress Effect développe sa première pédale de trémolo en 2005²³⁸ ; celle-ci intègre un sélecteur de séquences rythmiques (*pattern*) avec 8 préréglages. Une autre utilisation de la séquence se retrouve dans l'intégration de l'arpégiateur²³⁹ dans certaines pédales d'effets telles que la Earthquaker Devices Arpanoid²⁴⁰ (2013) ou, bien qu'avec une approche un peu différente, la Chase Bliss Audio Thermae²⁴¹ (2018). Ces pédales cumulent des traitements de [délai](#) et de [transposition](#). La séquence choisie/paramétrée est appliquée au facteur de transposition de chaque répétition du [délai](#). Là où le premier exemple (Arpanoid) se limite à différentes séquences préenregistrées, le deuxième exemple (comme toutes les pédales de la marque Chase Bliss Audio) donne plus de latitude dans les sonorités pouvant être obtenues : il est ainsi possible, par exemple, de remplacer le séquençement du signal répété par une modulation continue de celui-ci et ainsi de revenir à une sonorité de [délai](#) analogique classique²⁴². La marque Chase Bliss Audio nécessite notamment un arrêt un peu plus long dans cette thématique de l'automatisation des paramètres sonores. En effet, toutes les pédales²⁴³ de la marque sont équipées d'un ensemble de micro-sélecteurs (*dipswitch*) permettant de rendre la majorité des paramètres de la pédale contrôlables par une modulation ou par des interfaces extérieures ([pédale d'expression](#) ou [contrôle en tension](#)). Les modulations peuvent être de deux types : linéaire en aller-retour (jusqu'à la valeur définie par le potentiomètre contrôlant le paramètre) ou linéaire avec arrêt (jusqu'à la

[com/guitar-pedals/super-ringtone-guitar-effects-pedal](https://www.zvex.com/guitar-pedals/super-ringtone-guitar-effects-pedal) ou <https://www.zvex.com/guitar-pedals/super-seek-wah-guitar-effects-pedal> [consulté le 17/12/2021].

238. Pour voir la dernière version de cette pédale d'effet en action, le lecteur pourra se référer à : en ligne <https://empresseffects.com/products/tremolo> [consulté le 17/12/2021].

239. L'arpégiateur est un système définissant une séquence de [hauteurs](#) s'appliquant successivement à un signal audio. Le [séquenceur](#) est donc appliqué au facteur de transposition d'un traitement de [transposition](#).

240. En ligne <https://www.earthquakerdevices.com/arpanoid> [consulté le 17/12/2021].

241. En ligne <https://www.chaseblissaudio.com/shop-pedals/thermae> [consulté le 17/12/2021].

242. La modulation du signal répété d'un traitement de [délai](#) est présente pour la première fois avec la version deluxe de la pédale Memory Man de la marque Electro-Harmonix (1978). Cette sonorité devient par la suite typique du traitement de [délai](#) analogique.

243. Depuis 2019, la marque intègre cependant un nouveau design de pédale n'incluant pas ces micro-sélecteurs.

valeur indiquée par le potentiomètre). La « direction » de la modulation peut, de même, être paramétrée (par l'utilisation d'un micro-sélecteur spécifique) en prenant comme point de départ soit la valeur maximale du paramètre, soit sa valeur minimale. Bien que la modulation soit un élément technique présent depuis 60 ans et de manière particulièrement extensive dans les synthétiseurs modulaires, cette marque est la première à intégrer par défaut ce système dans des pédales de traitements sonores. Dans cet exemple, la modulation est appliquée à n'importe quel paramètre alors qu'elle était auparavant habituellement à un seul paramètre.

Une troisième tendance est la présence, de manière plus en plus récurrente, de connecteurs pour des interfaces de contrôle externes de type **pédale d'expression**, **MIDI** ou **contrôle en tension**. Cette tendance n'apporte pas nécessairement de complexité en soi, mais les interfaces externes (notamment **MIDI** et le **contrôle en tension**) sont souvent présentes sur des pédales haut de gamme proposant déjà une certaine complexité dans le traitement ou dans les contrôles disponibles. Bien que ces pédales puissent être utilisées sans ces interfaces externes, leur présence amène une strate supplémentaire de contrôle et donc de complexité. Les pédales Moog de la gamme Mooger Fooger²⁴⁴, par exemple, possèdent toutes la possibilité de modifier chaque paramètre du traitement sonore pour un **contrôle en tension** tout en rendant disponibles en sortie certains signaux présents dans la pédale pouvant contrôler des paramètres d'autres modules ou pédales. Ces fonctionnalités sont bien évidemment héritées des synthétiseurs modulaires ou semi-modulaires développés par la marque Moog. Les pédales de la marque Chase Bliss Audio, que nous venons de décrire, proposent des contrôles externes via une **pédale d'expression** ou un **contrôle en tension** qui peuvent s'appliquer à plusieurs paramètres en même temps, là où ces contrôles externes ne s'appliquent généralement qu'à un seul paramètre. Les pédales de la marque Meris²⁴⁵ intègrent aussi bien le contrôle **MIDI** que le contrôle par **pédale d'expression**. Le contrôle via le protocole **MIDI** permet de modifier tous les paramètres et éléments de la pédale. Pour sa part, la pédale d'expression permet de contrôler tous les paramètres sonores du traitement et agit comme un paramètre d'interpolation entre deux préconfigurations contrôlé par le geste effectué avec le pied. Si entre les deux préconfigurations, seul un paramètre est modifié, la **pédale d'expression** retrouve une fonction « classique » en ne contrô-

244. En ligne <https://youtu.be/XD1hRdXyLk4> [consulté le 17/12/2021].

245. En ligne <https://www.meris.us/> [consulté le 17/12/2021].

lant qu'un seul paramètre. Notons que les marques Old Blood Noise Endeavors et CopilotFX développent chacune un système d'automatisation par modulation sous forme de pédale pouvant se connecter à n'importe quelle entrée de type **pédale d'expression** (la Expression Ramper²⁴⁶ (2021) pour la première et la Broadcast²⁴⁷ (2013) pour la seconde). Le développement de ce type de pédale « utilitaire » montre bien, selon nous, l'importance que prend l'automatisation des paramètres dans l'époque actuelle.

Il faut préciser que si l'on observe un nombre croissant d'entreprises qui intègrent de manière prononcée les nouvelles modalités de contrôle, tant en termes d'automatisation des paramètres sonores que d'utilisation d'interfaces de contrôles externes, plusieurs d'entre elles essaient de limiter la complexité d'utilisation en n'intégrant que très rarement des modalités de contrôle développées. C'est notamment le cas des marques comme Earthquaker Devices,²⁴⁸ Old Blood Noise Endeavors²⁴⁹ et JHS Pedals²⁵⁰.

2.3.2.6 Le timbre, la durée et le mouvement du timbre et de la durée

Cette longue étude de l'évolution des pédales de traitements sonores nous a permis de saisir l'importance de ces prothèses dans la pratique actuelle. Elles deviennent partie intégrante de l'apprentissage de l'instrument et un élément essentiel du son des groupes. Il nous semblait obligatoire de faire cet aparté conséquent puisque ces prothèses sont celles qui sont le plus utilisées avec la guitare et les instruments électriques. L'évolution que nous venons de décrire pourrait être résumée du point de vue du musicien par trois citations tirées du film « The Pedal Movie » (Lux et Orkin, 2021). La première est celle de Craig Anderton qui en parlant des pédales de *fuzz* des années 1960 indique :

That gave birth to the guitar solo in lot of ways. If you listen back to the early days of the British invasion or Buddy Holly or people like that, the solo tended to be fairly economical, you know, quite short, and so

246. En ligne <https://www.oldbloodnoise.com/pedals/expression-ramper> [consulté le 17/12/2021].

247. En ligne <https://www.copilotfx.com/broadcast.html> [consulté le 17/12/2021].

248. En ligne <https://www.earthquakerdevices.com/> [consulté le 17/12/2021].

249. En ligne <https://www.oldbloodnoise.com/> [consulté le 17/12/2021].

250. En ligne <https://www.jhspedals.info/> [consulté le 17/12/2021].

they weren't really timbral. They were all treated from a melodic standpoint. Effects made the solos possible from a timbral standpoint (0 :15 :18).²⁵¹

La deuxième citation est celle du bassiste Marcus Miller (Lux et Orkin, 2021) : « The colours that you can get man, really change the music. There are certain pieces of music that would not be the same without the effect. »²⁵² (0 :56 :14). La troisième citation est celle du guitariste Jay Mascis du groupe Dinosaur Jr. (Lux et Orkin, 2021) : « When I was learning the guitar, I was learning to play effects at the same time. »²⁵³ (1 :14 :00).

Ces citations montrent clairement l'évolution de l'intégration des pédales de traitements sonores dans la pratique instrumentale. Les pédales de *fuzz* mettent en avant une sonorité spécifique et semblent être l'une des premières étapes à la prise en compte du *timbre* dans l'écriture musicale populaire. Les *timbres* que permettent d'obtenir les différentes pédales de traitements sonores qui apparaissent au fur et à mesure deviennent une partie fondamentale de certaines pièces musicales pour Marcus Miller et sont dès la fin des années 1980 intégrées dans l'apprentissage des guitaristes. Cette évolution du musicien par rapport aux pédales de traitements sonores et l'intégration fine de ces dernières dans l'instrumentarium électrique ouvrent la voie aux pédales « boutique » et à l'explosion du nombre de fabricants de pédales d'effets des années 2000. Il est intéressant de remarquer que les traitements sonores qui commencent par la création de *timbres* particuliers dans les années 1960 et 1970, continuent leurs développements en augmentant la durée du son de l'instrument, notamment avec les *délais*, les *réverbérations* puis les *boucleurs*. Avec le *délai* et la *réverbération*, les éléments sonores (répétitions et résonances) évoluant à l'intérieur de cette durée créée deviennent en partie indépendants de la note qui les a générés. À partir de 2005, 2006, les *timbres* et les durées créés sont plus régulièrement combinés (Pigtronix Disnortion, TC Electronic NovaDrive et Walrus

251. Cela a, en quelque sorte, donné naissance au solo de guitare. Si vous écoutez les débuts de l'Invasion Britannique (au niveau musical, ndlr) ou Buddy Holly ou des gens évoluant dans ce style, le solo tendait vers quelques-chose de plutôt économique vous voyez, plutôt court et ils n'étaient pas vraiment axés sur le timbre. Ils étaient tous écrits à partir d'un point de départ mélodique. Les effets ont permis aux solos d'être joués d'un point de départ timbral. [traduction par l'auteur].

252. Les couleurs que tu peux avoir, mec, changent profondément la musique. Il y a certaines pièces de musique qui ne seraient pas les mêmes sans les traitements. [traduction par l'auteur].

253. « Quand j'apprenais à jouer de la guitare, j'apprenais en même temps à jouer des effets. » [traduction par l'auteur].

Audio Janus, par exemple) et automatisés (Empress Effects Tremolo, ZVex SeekTrem, Ringtone et Ooh Wah II). Le systématisme plus marqué de ces automatisations et de ces combinaisons entraîne l'apparition de mouvement dans l'évolution temporelle des **timbres** et des éléments sonores qui apparaissent dans ces durées. La fixité des premières répétitions, résonances et **timbres** des pédales d'effets des années 1960 à 1980 est aujourd'hui mise en mouvement et apporte une certaine organicité à partir du machinique.

2.3.3 Les archétypes percussif et vocal

À la fin des années 1990, Martin Laliberté développe le concept selon lequel tous les instruments acoustiques découlent d'archétypes vocal et percussif dont ils développent des tendances plus ou moins marquées (Laliberté, 1999, 2004; Laliberté, 2006). Les instruments de musique évoluent « entre une tendance *vocale* » et une « tendance *instrumentale primordiale* », nommées respectivement « archétype vocal » et « archétype percussif ». Ces archétypes ne correspondent pas à la voix ou à la percussion « réelles » et « tangibles », mais doivent être considérés comme des « modèles » ou encore comme des « idées primitives » à partir desquelles peut se construire une réflexion. Avant de définir les différents archétypes, il faut noter que dans la suite de ce texte, nous utiliserons, comme Martin Laliberté le propose, la graphie *italique* lorsque nous mentionnerons les archétypes.

Pour Martin Laliberté (1999), l'archétype vocal :

[...] se caractérise d'emblée par la linéarité mélodique, par la production d'un continuum monodique de hauteurs, par l'émission d'un son quasi entretenu, phrasé par les possibilités du souffle ou par sa facilité pour les ornements. Une grande flexibilité de la hauteur, de la dynamique et du timbre constitue sa seconde caractéristique, la plus essentielle. Il s'agit du modèle de la synthèse soustractive. [...] Pour différencier clairement cet archétype de la voix humaine réelle, on peut évoquer l'image du son sinusoïdal éternel utilisé par Joseph Fourier : totalement stable, à la hauteur totalement claire et fixe, à l'intensité et à la phase parfaitement constantes. Ceci représente en fait un cas limite, une asymptote un peu absurde vers laquelle pourrait tendre l'instrument vocal.[...] la *voix* s'intéresse davantage aux hauteurs qu'aux bruits, aux phrasés continus et aux ornements qu'à des effets rythmiques *percussifs*, à la mobilité du timbre plutôt qu'à sa parfaite stabilité [...] (p. 2).

Cet archétype est, par exemple, celui des instruments à cordes frottées, du theremin ou encore des modulations (gestes (Cadoz, 1994) ou signaux). L'archétype percussif, de son côté (Laliberté, 1999) :

[...] représente le corps de l'homme stylisé, la manifestation de l'éternelle cavité résonante (ventre, poitrine...), ou, au moins, une cristallisation du geste instrumental primordial.[...] Cette forme acoustique en attaque-résonance s'oppose à celle des sons entretenus comme ceux de la voix chantée.[...] les limitations mécaniques des percussions réelles entraînent souvent une organisation collective de ces instruments : la recherche d'une variété sonore variable entraîne l'apparition de familles d'instruments, d'ensembles ou d'orchestres. La percussion favorise non seulement des spectres riches, mais aussi des enveloppes variées des divers paramètres sonores, transformant dynamiquement la perception des objets musicaux produits par les instruments. Elle recherche davantage les objets sonores ambigus, comme les composites timbre/harmonie, que les objets sonores mélodiques simples. Il s'en suit une nature verticale, harmonique ou massique, contrastant avec la nature horizontale de la voix. Cette fois, le cas limite, l'asymptote serait un bruit parfaitement blanc. [...] la percussion se caractérise aussi par une dépendance totale de la culture technique dans laquelle elle se manifeste. Il n'y a pas de percussion abstraite : l'archétype est toujours réalisé concrètement (pp. 4-5).

Cet archétype est bien évidemment celui des instruments de percussion, mais aussi ceux d'instruments à cordes pincées comme la guitare ou le banjo par exemple. Il est aussi l'archétype du geste instrumental, des claviers maîtres et des contrôleurs MIDI ou des capteurs gestuels génériques.

En complément de ces définitions, Martin Laliberté définit toute une série d'oppositions permettant de détailler chacun des archétypes selon plusieurs caractéristiques (tableau 2.1, p. 212). Le tableau mettant en œuvre les oppositions des archétypes reste, de l'aveu propre de son auteur, schématique puisque binaire. Les instruments, de manière générale, développent tous une tendance vocale et une tendance *percussive*, ils apparaissent toujours comme des mixtes mettant en avant, la plupart du temps, une tendance plus qu'une autre. La voix chantée, par exemple, brise le continuum ultime de l'archétype *vocal* par les mots qu'elle formule. De même, les synthétiseurs FM ou à modèles physiques coupent avec la *vocalité* des synthétiseurs soustractifs (qui filtrent et séquentent un signal continu), mais produisent quand même un son continu le temps que la touche du clavier reste enfoncée. À l'inverse, les synthétiseurs

soustractifs (avec une tendance vocale forte) utilisent des outils pour séquencer leurs signaux continus et ont, de ce fait, aussi une tendance *percussive*.

Telle une résonance par rapport à notre étude, Martin Laliberté utilise l'évolution de la guitare pour appliquer ces concepts théoriques et détailler l'évolution de cet espace mixte entre archétype *percussif* et *vocal*. Il met en avant comment les différentes évolutions de l'instrument jusqu'à la guitare électrique se sont inscrites dans une dynamique de vocalisation de l'instrument (voir figure 2.10). Martin Laliberté fait remonter la guitare au *oud* et au *luth*, deux instruments à cordes pincées avec un temps de résonance limité. Comme nous l'avons vu²⁵⁴, l'augmentation du volume sonore et donc du temps de résonance des notes est au cœur de l'apparition de la guitare acoustique classique et de la guitare acoustique à cordes métalliques²⁵⁵, puis de l'émergence de la guitare électrique *solidbody*. Martin Laliberté ajoute à ces différents éléments la pédale *wah-wah* pour l'expressivité qu'elle permet d'obtenir et l'*EBow* pour la quasi-pureté du son continu qu'il produit. Cet ensemble d'éléments permet à Martin Laliberté de parler de « vocalisation » de la guitare.

D'autre part, il prend un autre exemple (Laliberté, 1999) que nous avons aussi détaillé plus haut dans ce texte, celui de l'orgue. Ce dernier a effectué, en partie, un mouvement inverse à celui de la guitare puisqu'en :

[...] se développant, l'orgue est passé d'un modèle médiéval relativement *vocal* à un comportement *percussif* de plus en plus évident, du moins pour une partie importante de ses composantes (p. 9).

Les tirettes des volumes des différentes *harmoniques* que nous avons décrites²⁵⁶ pour l'orgue Hammond sont un des éléments qui développe la tendance *vocale* de l'instrument. Parallèlement l'évolution de la tendance *percussive* de l'instrument, passe pour Martin Laliberté par le jeu des instrumentistes qui à cette même époque devient plus percussif. Rappelons que des contrôles sont aussi présents sur l'orgue Hammond pour générer un son percussif. Un autre exemple de l'évolution de la tendance *percussive* de l'orgue est donné par Martin Lali-

254. Se référer à « La singularisation de la guitare acoustique classique », p. 12 et à « Les guitares acoustiques à cordes métalliques », p. 19.

255. Rappelons qu'au moment de son apparition la guitare à cordes métalliques ne s'appelle pas « guitar folk » (terme que Martin Laliberté emploie dans ces différents articles). Cette terminologie arrive plus tard dans le XX^e.

256. Se référer à « Évolution de l'orgue et du synthétiseur », p. 151.

berté avec l'usage de la distorsion²⁵⁷. En effet, dans le cas de cet instrument, ce traitement est utilisé pour obtenir un **timbre** plus complexe que le timbre harmonique original de l'instrument et donc pour augmenter sa tendance *percussive*. À l'inverse, ce traitement permet à la guitare électrique d'augmenter la durée des notes jouées et donc sa tendance *vocale*.

257. Il faut noter que le terme « distorsion » qui pour nous fait référence à une certaine manière de distordre le signal de l'instrument, est utilisé ici comme terme générique pour désigner l'un des trois traitements (sans le nommer directement) de la famille de la distorsion (*overdrive*, *fuzz* et *distorsion*). .

Caractéristiques	Voix	Percussion
Origine	parole	geste
	homo sapiens	homo faber
Partie du corps	tête/gorge/souffle	ventre/thorax et main
Forme d'intelligence	abstraction, idéal	intelligence de la matière, du monde
	raison et déductions	raison et induction
Forme émotive	émotivité, subjectivité individuelle	émotivité collective, fusion de masse
Monde	humain tendant vers le surhumain (ascèse)	non-humain tendant vers l'humain (machine quasi-vivante)
Domaine social	individuel ou solitaire	collectif
Tendance	apollinienne-dionysiaque	dionysiaque-apollinienne
Idéal sonore	pureté	complexité
Forme acoustique	son entretenu	son percussif
Type de son	harmoniques	inharmonique/flou/glissant
Analogie avec langage	voyelle	consonne
Formes musicales	thématisme des hauteurs et motifs	non-thématisme
	rapsodies, improvisations sur réservoirs motiviques (ou formes couplet-refrain)	répétitions-variations (formes de danse)
		développements des figures et des personnages rythmiques
		déductions logiques
Densité	linéarité/voix individuelles	effets de masses
		impact global
Dominante	mélodie	timbre et rythme
Écriture	ligne/contrepoint	harmonie
	phrasé expressif	
Orchestration idéale	solo, a capella	ensemble ou orchestre
Complexité atteinte par	ornementation	accroissement de la masse
Conception du temps	limité par le souffle et le corps mais vise les continuum (hauteurs, temps, timbre, etc.)	illimité (recours aux machines) mais favorise les événements discrets
Perception	synchronique/synthétique	diachronique/historique
Technologie	analogique	numérique
Paradigme de synthèse	synthèse soustractive	synthèses non-linéaires et par modèles physiques
	modèle source/filtre	

TABLE 2.1. Oppositions complémentaires des archétypes in (Laliberté, 2006, pp. 23-24)

Enfin, il faut noter que Martin Laliberté applique ses concepts à d'autres éléments que les instruments de musique qui en étaient le champ d'investigation premier. Il utilise, en effet, les archétypes aussi bien pour classer les gestes qui accompagnent Jimi Hendrix pendant l'utilisation de ses pédales d'effets pendant ses performances *live* (figure 2.11(b)) (Laliberté, 2010), que pour proposer une classification de quelques gestes instrumentaux (figure 2.11(a)) intégrant les gestes mixtes (Laliberté, 2004) au-delà du geste de déclenchement et du geste de modulation (Cadoz, 1994). Enfin, il utilise le même type de mise en relation pour classer les différents instruments de musique en fonction des corps vibrants les constituants (Laliberté, 2006, pp. 36-37) ou encore étudier le *timbre* des sons (Laliberté, 2006, pp. 38-39).

Ces deux archétypes ont un pouvoir évocateur très fort par rapport aux analyses que nous venons d'effectuer et aux méthodologies que nous employons. En effet, les termes de « dominante gestuelle » et « dominante sonore » que nous employons dans notre tableau de synthèse des prothèses des mutations de la guitare se rapprochent de certaines caractéristiques des archétypes développées dans le tableau 2.1. De même, ces archétypes semblent aussi se rapprocher des médiasphères de Régis Debray, notamment l'audio-vidéosphère et l'hyphersphère. Le flux de la première est proche de la « pureté », du « son entrenu » et de la « synthèse soustractive » de l'archétype *vocal* alors que le programme et l'interface gestuelle de la seconde se rapprochent du « geste » ou du « non-humain tendant vers l'humain (machine quasi-vivante) ».

Ces proximités ne sont cependant pas directement transposables : notre dominante sonore intègre, par exemple, à la fois une tendance *vocale* (EBow) et une tendance *percussive* (séquenceurs intégrés dans certaines pédales de traitements sonores). Dans la suite de ce document, nous nous appuyerons sur ces concepts développés par Martin Laliberté, qui, grâce aux détails des caractéristiques de chaque archétype, apportent plusieurs points d'entrées. Ces points d'entrée multiples vont nous permettre notamment de rassembler au sein de nos lignes de filiation transversales aussi bien les gestes, les prothèses, les types de traitements sonores que des modes de jeu ou des réglages spécifiques des traitements sonores.

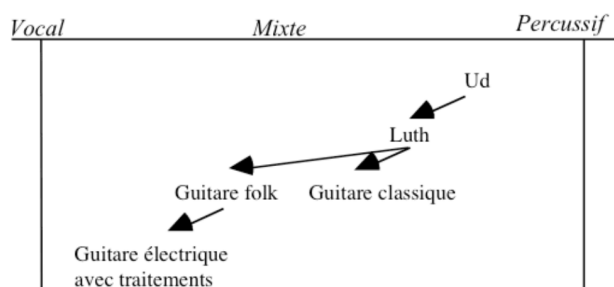


FIGURE 2.10. « Vocalisation des guitares », Martin Laliberté in (Laliberté, 1999).

2.3.4 Filiation transverse : vers le son continu organique

2.3.4.1 Précisions et extensions de la « vocalisation de la guitare »

À la suite de l'étude des mutations de la guitare, une des choses qui nous a paru, pour le moins saisissante est que la guitare, grâce aux prothèses électriques, peut inverser la nature finie du son qu'elle produit. Tous les autres instruments ont développé des techniques de jeu (le souffle continu²⁵⁸ pour les instruments à vent, l'utilisation continue de l'archet pour les instruments à cordes frottées, etc.) ou utilisé des prothèses mécaniques (telles que la pédale *forte*²⁵⁹ du piano). Dans ces cas, la **tenue du son** est limitée par les capacités gestuelles. Nous intégrons cinq catégories dans cette filiation : l'entretien manuel, l'augmentation du volume sonore, les traitements sonores : famille des distorsions, l'entretien électronique et les traitements sonores : « résonances ». Les cinq catégories sont réparties plus ou moins de manière chronologique, même si les développements des deux dernières se juxtaposent en termes de période d'apparition²⁶⁰. De plus, lorsque cela était possible, les prothèses ont été réparties chronologiquement à l'intérieur même des différents blocs gra-

258. Le souffle continu est une technique des instruments à vent par laquelle l'instrumentiste remplit d'air ses poumons à mesure qu'il en expulse dans son instrument.

259. La pédale *forte* du piano est une pédale qui permet la désactivation des étouffoirs présents sur les cordes. Une fois que celle-ci est enfoncée, même les cordes non jouées peuvent entrer en vibration par le biais des vibrations sympathiques.

260. Se référer à « La guitare à vibration infinie », p. 89 et à « Évolution des pédales de traitements sonores », p. 181.

	Vocal	Mixte			Percussif
Gestes continus	Chanté				
	Soufflé	Frotté : matière lisse	Frotté : matière rugueuse	Frotté : matière discontinue	
Gestes discontinus		Roulement : serré	Roulement : moyen	Roulement : lâche, irrégulier	
			Frappé : mou	Frappé : moyen	Frappé : dur

(a) « Quelques gestes instrumentaux. »

	Vocal	Mixte			Percussif
Parties du corps	Bouche larsens	Bouche <i>wah-wah</i>			
	Bouche volume/phrasé	Bouche <i>bends/whammy</i>			
	Langue trille/trémolo		Langue jeu		
	Main vibrato <i>bends</i>	Main <i>whammy</i>	Main frotte	Main commutateur	Main frappe
		Pied <i>wah-wah</i>		Pied commutateur	
				Pied Ponctuation gestuelle	

(b) « Gestes de Jimi Hendrix. »

FIGURE 2.11. Applications des archétypes aux gestes musicaux, Martin Laliberté in (Laliberté, 2006).

phiques. Nous manquons cependant de données pour pouvoir appliquer cette répartition aux éléments des catégories « Entretien manuel » et « Traitements sonores : « résonances » ».

La première catégorie est celle de l'**entretien manuel**. Elle est essentiellement constituée des techniques ou des modes de jeu suivants : archet, **trémolo** (technique de jeu), **vibrato** (*tonebar*), vibrato (doigt), vibrato (*bottleneck*), vibrato (*slide*). Dans le cas du vibrato réalisé à la main, le doigt qui frette réalise un mouvement vertical, rapide et répétitif qui permet de faire durer la note plus longtemps. Lorsqu'un *bottleneck*, un *slide* ou une *tonebar* est utilisé, le vibrato est obtenu par un mouvement horizontal (à l'inverse du vibrato effectué au doigt), rapide et répétitif. Le **vibrato** effectué à partir d'un *slide* crée un son plus bruité que le **vibrato** exécuté au *bottleneck*, qui, lui-même, crée un son plus bruité que le **vibrato** effectué avec une *tonebar*. Dans ce dernier cas, il faut noter que les cordes pour guitares *steel* sont des cordes métalliques lisses, là où les cordes métalliques basses que l'on trouve classiquement sur les guitares à cordes métalliques sont filetées. Ce filetage est en partie l'élément qui introduit l'aspect bruité lorsque le guitariste utilise un *slide* ou un *bottleneck*. Le **vibrato** réalisé au doigt présente un aspect beaucoup moins bruité, mais une **tenue du son** moins importante que le **vibrato** réalisé avec la *tonebar* et les cordes lisses des guitares *steel*. À ces techniques de jeu viennent s'ajouter le jeu à l'archet et la technique de **trémolo**. Ces deux techniques permettent d'obtenir des sons qui durent plus longtemps que ceux générés à partir des techniques de **vibrato**. Ces deux techniques sont placées horizontalement au même niveau, car elles intègrent toutes les deux (en dehors de la dimension gestuelle) un élément de la tendance percussive : le timbre bruité et riche pour la première et l'aspect répétitif pour la seconde. Comme nous le mentionnions pour les autres types d'instruments, les techniques présentes dans cette catégorie sont limitées par l'action de la main et proposent donc une sonorité infinie qui est fonction, en partie, des capacités physiologiques du musicien.

La deuxième catégorie est celle de l'**augmentation du volume sonore**. Elle est constituée de : la guitare acoustique classique, de la guitare acoustique à cordes métalliques, de la guitare *archtop*, du résonateur, de la guitare électrique *solidbody* et du **boucle de rétroaction sonore**. Cette famille d'éléments correspond en grande partie aux éléments de la ligne de filiation de l'électrification ²⁶¹ que nous avons décrite à laquelle sont intégrés d'autres éléments (résonateur et **boucle de rétroaction sonore**). Les barrages en éventail de Torres (guitare acoustique classique) et en X de Martin (guitare acoustique à cordes métalliques) ainsi que le travail sur la caisse de résonance augmentent la **tenue du**

261. Se référer à « **Ligne de filiation directe : électrification** », p. 139

Vocal	Vers le son infini					Percussif
Entretien manuel		Archet Trémolo (technique de jeu)		Vibrato (tonebar) Vibrato (doigt) Vibrato (bootleneck) Vibrato (slide)		
Augmentation du volume sonore	Larsen	Electrification Amplification	Résonateur	Archtop	Guitare acoustique à cordes en métal Guitare acoustique classique	
Traitements sonores : famille des distorsions		Fuzz à gain élevé Fuzz (oscillation auto-entretenue)		Distorsion Overdrive	Fuzz classique (germanium et octave fuzz)	
Entretien électronique	Ebow Gizmotron Sustainer Feedback Freeze VO-96 Wond		Enveloppe			
Traitements sonores : « résonance »		Reverb shimmer Reverb hall	Reverb plate	Reverb room	Reverb à ressort Délai (slapback)	

FIGURE 2.12. Les archétypes et la filiation transverse du son infini.

son de la note jouée par l'instrument. Les éléments de lutherie de la guitare *archtop* permettent à la guitare de devenir un instrument important du jazz au début des années 1900. L'électrification est une étape fondamentale dans le développement du son infini, qui en plus de l'augmentation de volume sonore obtenue grâce à l'amplificateur, apporte le **boucle de rétroaction sonore**, premier vrai son continu accessible à une guitare. Il est bien évidemment intéressant de noter que celui-ci, bien que problématique pendant la période des premières amplifications, devient dans les années 1960 un élément musical à part entière. À ces prothèses, nous pouvons intégrer le résonateur qui parallèlement aux premières électrifications permet d'améliorer l'amplitude sonore et la **tenue du son** de l'instrument. L'ordre chronologique de ces différentes étapes correspond à autant de jalons menant la guitare de l'archétype *percussif* vers l'archétype *vocal*.

La troisième catégorie concerne les **traitements sonores** et plus particulièrement les pédales de la **famille des distorsions** (*overdrive*, *distorsion* et *fuzz*) à laquelle est ajoutée le **boucle de rétroaction sonore**. Cette catégorie s'intègre quasiment naturellement dans la continuité de la catégorie précédente puisqu'elle se développe historiquement et conceptuellement à la suite de l'électrification. En effet, de par le volume sonore et la **tenue du son** qu'elles proposent, ces pédales permettent à la guitare de développer un peu plus sa tendance *vocale* en se rapprochant du son entretenu. En plus des pédales d'*overdrive* et de *distorsion*, nous faisons intervenir, dans cette catégorie, trois types de *fuzz* car ils proposent chacun une graduation différente dans la **tenue du son** (*fuzz* classique (germanium et *octave fuzz*), *fuzz* à gain élevé, *fuzz* avec oscillations auto-entretenu). Le premier type fait référence aux pédales de *fuzz* des années 1960 que nous avons décrites un peu plus haut²⁶². Celles-ci utilisent des transistors au germanium avec ou non un générateur d'octave (comme la Octavia de Roger Mayer, 1968) qui rendent le son instable avec un **timbre** assez bruité. Ce type de traitement propose l'entretien du son le moins développé de cette famille, ce qui le place avec une tendance *percussive* plus importante que les autres. Le deuxième type de *fuzz* fait référence aux pédales intégrant plusieurs transistors au silicone telles que la Big Muff d'Electro-Harmonix (1968) qui en utilise 4. Ce type de transistor et leur nombre (qui est supérieur à 4 dans les pédales qui arrivent à la suite de la Big Muff) permettent d'obtenir un gain élevé avec une durée de note plus longue. Le dernier type (*fuzz* avec

262. Se référer à « Transistor, *fuzz* et filtre », p. 182.

oscillations auto-entretenues) apparaît dans les années 1990 notamment avec la ZVex Fuzz Factory dont certains réglages entraînent l'apparition d'un *feedback* permettant la *tenue du son*. Toutes les pédales de *fuzz* n'intègrent pas cette option, et celles qui l'intègrent ne génèrent pas uniquement cette sonorité. Il est question ici d'un réglage particulier de ce type de pédale²⁶³. Les traitements de *distorsion* et d'*overdrive* sont positionnés avec une tendance *vocale* plus prononcée que les traitements *fuzz* classiques puisqu'ils proposent tous les deux une *tenue du son* plus importante.

La quatrième catégorie d'éléments qui tendent vers le son infini est celle de l'entretien électronique. C'est évidemment dans cette catégorie que nous retrouvons la famille des *sustainers*²⁶⁴, mais aussi les pédales de *feedback*, de *freeze* du son et d'enveloppe. Une pédale de *feedback* (telle que la Sonic Annihilation de Death By Audio (2001) ou la Eye of God de la marque Devi Ever (2010), par exemple) ne produit pas de son en elle-même, mais donne accès à une boucle de rétroaction sonore dans laquelle d'autres pédales de traitements peuvent être connectées. Elle se rapproche en ce sens du paramètre de *feedback* que l'on trouve sur les traitements de *décalé* tout en pouvant s'appliquer à n'importe quel type de pédale. Les sonorités qu'elle permet de créer dépendent, en grande majorité, des pédales de traitements qui y sont connectées²⁶⁵. Une pédale de *freeze* permet de lire en boucle un échantillon du signal audio d'une durée limitée (quelques centaines de millisecondes). La lecture de cette boucle est effectuée de sorte que les transitions ne s'entendent pas créant ainsi un son continu. Tout comme pour la pédale de *feedback*, la sonorité produite dépend énormément des pédales de traitements intégrés en amont. La pédale d'enveloppe permet d'appliquer au son produit par l'instrument une enveloppe de type « *enveloppe ADSR* » (toutes les pédales de ce type ne proposent pas nécessairement les réglages de chacune des étapes de *enveloppe ADSR*) ce qui implique que la durée du son de l'instrument peut

263. Le lecteur souhaitant entendre la différence entre ces différents types de traitements de *fuzz* pourra se référer à : en ligne <https://youtu.be/CLSiJA43pYM> [consulté le 17/12/2021].

264. Se référer à « *La guitare à vibration infinie* », p. 89.

265. Dans le cas de l'utilisation d'une pédale de *transposition*, le son accumule les transpositions à chaque ré-injection du son ; dans le cas de pédales de *distorsion*, le son produit se rapproche de la *boucle de rétroaction sonore* de l'amplificateur ; dans le cas de traitement de *réverbération* ou de modulation (tels que le *vibrato* par exemple, le son est entretenu tout en incluant des modulations. Le lecteur souhaitant approfondir ce point pourra se référer à : en ligne <https://youtu.be/vAqBL7y1gEk> [consulté le 17/12/2021].

être largement augmentée. Étant donné qu'elle permet d'obtenir des sonorités percussives (par le paramétrage d'un temps limité des trois dernières étapes de l'enveloppe par exemple), son positionnement a été défini au centre de l'axe *vocal-percussif*. Les pédales de type *freeze* et *feedback* sont situées à proximité du groupe des, *sustainers* car leurs actions premières est de faire durer le son. La pédale de *feedback* a une tendance *percussive* plus développée que la pédale de, *freeze* car elle « empile » les strates sonores provoquant, de manière générale, un *timbre* plus complexe qui l'éloigne du « son pur » de l'archétype *vocal*. La pédale de *freeze* entretient un son complexe, seulement si le son est préalablement complexe. D'autre part, les *sustainers* permettent l'entretien de la vibration de la corde, là où les pédales de *feedback*, de *freeze* et d'enveloppe permettent l'entretien du signal audio après sa génération par l'instrument. Ils sont répartis en deux groupes principaux : ceux qui s'appliquent sur toutes les cordes (sustainiac, Fernandes sustainer, VO 96, etc.) et ceux qui s'appliquent seulement sur une corde (Wond et EBow). Le dernier groupe est celui qui se rapproche le plus du son entretenu de l'archétype *vocal*. Les *sustainers* s'appliquant sur toutes les cordes apportent un *timbre* plus complexe se rapprochant plus de l'archétype *percussif*. Le Gizmotron permet de faire la jonction entre les deux groupes puisque plusieurs configurations sont accessibles en fonction des touches enfoncées²⁶⁶.

La dernière catégorie « résonance » intègre essentiellement la famille des traitements de *réverbération*. Ceux-ci vont appliquer au son produit par l'instrument toute une série de résonances qui permettra au son de durer plus longtemps (aux alentours de la vingtaine de secondes pour les *réverbérations* numériques les plus longues) augmentant de ce fait la tendance *vocale*. Nous avons proposé une classification temporelle par rapport à la période d'intégration des différents types dans des matériels liés à la guitare. Comme nous l'avons vu, la *réverbération* existe à l'état naturel ou dans des systèmes acoustiques avant d'être intégrée dans les amplificateurs ou les pédales de traitements sonores²⁶⁷. Lorsque nous mentionnons, par exemple, dans ce schéma « reverb (*plate*) », nous faisons référence à l'implémentation numérique des *réverbéra-*

266. Pour rappel, le Gizmotron est un système se fixant au niveau du chevalet qui donne accès à 6 touches indépendantes permettant de mettre en marche l'un des six moteurs disponibles (chaque moteur est en lien avec une corde spécifique). La mise en marche de ces moteurs via les touches disponibles déclenche la rotation d'un disque entrant en contact avec la corde. Ce contact et cette rotation entraînent l'entretien du son de la corde.

267. Se référer à « *Évolution des pédales de traitements sonores* », p. 181.

tions à plaques de métal. Nous avons ajouté la **réverbération** de type « *shimmer* ». Celle-ci apparaît comme une préconfiguration disponible sur certaines pédales un peu avant 2010 et s'impose, aujourd'hui, comme une configuration incontournable, au même titre que les préconfigurations « *plate* », « *hall* » ou « *spring* ». Ce réglage particulier se base sur une **réverbération** longue à laquelle sont ajoutées plusieurs **transpositions** successives à l'octave supérieure. Ce traitement supplémentaire combiné à la durée longue de la **réverbération** utilisée permet d'obtenir une sorte d'ornementation qui renforce la tendance *vocale* de cette préconfiguration. Il faut noter que nous avons ajouté la configuration « *slapback echo* » du **décalé** à cet ensemble. Pour rappel, cette configuration correspond à la combinaison d'un temps de délai très court (inférieur à 100 ms) et d'une seule répétition. Ces réglages créent un son plus ample qui inscrit la répétition dans la continuité directe du son produit par l'instrument, créant de ce fait une résonance plus qu'une répétition. D'autre part, il faut noter, que la **réverbération** à ressort présente dans les amplificateurs dès les années 1960 participe à cette accentuation de la tendance vocale de la guitare électrique *solidbody*. L'augmentation du volume sonore que propose l'amplification n'est donc pas le seul élément qui y participe.

Maintenant que nous avons détaillé les différentes catégories mises en avant dans ce schéma, nous pouvons développer notre augmentation du concept de « vocalisation de la guitare » de Martin Laliberté. Avec les catégories 2, 3 et 4, nous retrouvons le mouvement général qu'il décrit. L'augmentation du volume sonore, d'une part, et de la **tenue du son**, d'autre part, développées dans les différentes évolutions physiques de l'instrument se poursuivent dans les traitements sonores de la famille des distorsions puis dans les systèmes d'entretien électronique. D'autre part, la première catégorie (« entretien manuel ») montre qu'avant l'électrification, des techniques de jeu, qui permettaient de tendre vers cet idéal, existaient. Cependant, les techniques de **vibratos** sont limitées en termes de durée et la technique de l'archet reste limitée dans son utilisation avec la guitare (essentiellement présente dans les pratiques de guitares préparées ou chez quelques guitaristes de musiques populaires²⁶⁸). La tenue du son proposée par la technique du **trémolo**, quant à elle, est toujours dépendante de la qualité du geste musical et peut difficilement effacer entièrement sa composante rythmique. Il faut noter que bien que les techniques de **vibratos** aient une durée limitée, elles se combinent aussi à l'instrument. En d'autres termes,

268. Se référer à « *La guitare-viole* », p. 30.

si l'instrument est utilisé avec des éléments qui augmentent la *tenue du son*, le *vibrato* s'applique comme une augmentation additionnelle de cette *tenue du son*. Les prothèses électroniques (ou électro-mécaniques) sont donc essentielles à l'instrument pour qu'il se rapproche significativement de cet archétype *vocal*. La dernière catégorie est intéressante, selon nous, car elle tempore, en partie, la linéarité présente dans la vocalisation de la guitare. Le mouvement général est bien présent, mais les pédales de traitements sonores montrent que même si les prothèses d'entretien électronique se rapprochent fortement de l'archétype *vocal*, ce mouvement n'est pas une fin en soi et que toute une série de prothèses avec des tendances moins prononcées apparaît dans cet espace mixte.

Il faut noter que, comme nous l'avons mentionné en introduction de cette partie, notre filiation « vers le son continu » ne concerne qu'une partie de la vocalisation de la guitare de Martin Laliberté. En effet, celui-ci ajoute la pédale *wah-wah* comme élément tendant vers l'archétype *vocal*. L'expressivité apportée par le contrôle continu présent avec cette pédale combinée à la qualité sonore du traitement donnent l'impression de manipuler une voix. Si l'on se focalise sur le contrôle continu et sur l'expressivité *vocale* qu'il apporte, on peut alors intégrer dans notre représentation les prothèses telles que la pédale *whammy*, la pédale de volume et la *pédale d'expression* (ainsi que les contrôleurs *MIDI* offrant ce type de contrôle), le Hot Hands de Source Audio et tous les capteurs génériques continus des guitares augmentées. Ce type d'interface de commande nécessite, *de facto*, des connecteurs adaptés qui, comme nous l'avons vu, apparaissent de plus en plus fréquemment sur les pédales récentes²⁶⁹.

Le mouvement global de vocalisation de la guitare décrit par Martin Laliberté est donc repris ici et développé. On retrouve la grande ligne que celui-ci décrit, mais en complément d'autres éléments qui interviennent dans cet espace mixte. La présence du *délai* via le pré-réglage de *slapback echo* est, cependant, selon nous, porteuse d'un autre enseignement, celui d'une tendance *percussive* qui se déploie parallèlement à cette vocalisation.

269. Se référer à « La complexification des pédales d'effet », p. 201.

2.3.4.2 Tendance *percussive* dans l'évolution de la guitare

Si le mouvement vers l'archétype *vocal* correspond au mouvement principal jusque dans les années 1970, le développement important d'un traitement comme le *délai* dans les années 1980 intègre dans l'évolution de l'instrument, par la répétition qu'il propose, une dimension *percussive* très nette, qui tranche avec la vocalisation de Martin Laliberté. Cette répétition trouve une continuité et une forme stricte dans les *boucleurs* des années 1980 et 1990. Dès lors, il semble difficile de regrouper tous les traitements sonores en un seul groupe comme le fait Martin Laliberté. Cette tendance *percussive* est d'ailleurs présente dès les années 1960 avec les modulations des *trémolos* des amplificateurs. Avec cet exemple de la modulation du *trémolo*, il nous semble important de préciser quelques éléments par rapport aux archétypes. En effet, si le contrôle gestuel à partir de pédales ou de capteurs (comme c'est le cas pour la *wah-wah* ou les capteurs des instruments augmentés) est à classer du côté de l'expressivité de l'archétype *vocal*, la modulation de l'amplitude sonore du *trémolo*, de par sa nature machinique et répétitive, est à classer du côté de l'archétype *percussif* (la nature machinique est présente dans le tableau de Martin Laliberté par les expressions « non-humain tendant vers l'humain (machine quasi-vivante) » et « illimité (recours aux machines) [...] »). Comme la *réverbération* ou le *délai*, les différentes fréquences de modulation induisent différents degrés de présence de la tendance *percussive*. Une fréquence de modulation très basse donne moins à entendre le rythme machinique et une fréquence de modulation haute transforme généralement le rythme en un élément de timbre. Une utilisation « classique » de ce traitement entraîne une perception plus précise du rythme²⁷⁰. Il faut noter que le même type de remarque pourrait être décliné et adapté à tous les traitements intégrant une modulation machinique (*chorus* et *flanger*²⁷¹, par exemple). Une remarque du même ordre pourrait être formulée pour le traitement de *délai* pour lequel lorsque le temps de retard est très court (*slapback echo*²⁷²), celui-ci développe une tendance *vocale* plus importante (le

270. Se référer à l'enregistrement sonore *ref-mono-Tremolo_timbres-mono*, en ligne <https://vimeo.com/640301423> [consulté le 17/12/2021]. Dans celui-ci, trois vitesses de modulation sont successivement appliquées : 1, 6 et 12 Hz donnant chacune des sensations rythmiques plus ou moins marquées.

271. Se référer à l'enregistrement sonore *ref-mono-Flanger_timbres-mono*, en ligne <https://vimeo.com/640301340> [consulté le 17/12/2021].

272. Se référer à l'enregistrement sonore *ref-delay-slapback_echo-50_0.3-mono*, en ligne <https://vimeo.com/640301224> [consulté le 17/12/2021].

timbre résultant se rapproche de celui d'une *réverbération* courte). Une utilisation « moyenne » ou « médiane » du traitement permet d'en développer l'aspect clairement *percussif*²⁷³. Un temps de délai long avec un taux de ré-injection élevé garde une dimension rythmique très forte, mais introduit des rythmes qui sont la résultante de l'accumulation des couches répétées et qui rendent potentiellement moins perceptible le rythme initial²⁷⁴. D'autre part, et pour finir sur ces exemples liés au *délai*, un temps court et un taux de ré-injection élevé apportent à la fois une dimension rythmique forte et une nappe sonore²⁷⁵. Un mouvement plus simple semble être présent pour le *boucleur* qui arbore une tendance *percussive* très nette jusqu'à une certaine durée de l'enregistrement sonore qu'il met en boucle (il semble complexe d'avoir une sensation de rythme avec des boucles d'une durée de plusieurs dizaines de secondes, par exemple).

Le troisième élément (après la répétition et la modulation) qui nous amène à parler du développement d'une tendance *percussive* des traitements sonores est la « séquence » qui, comme la modulation, se retrouve de plus en plus présente dans les pédales de traitements sonores récentes. Là encore, bien que de nature *percussive* de par sa répétition, la séquence, en fonction de son réglage et du paramètre auquel elle s'applique, peut donner à entendre une tendance *vocale*. C'est par exemple le cas de l'arpégiateur qui, bien que fortement rythmique développe, généralement, une mélodie qui est plus de l'ordre de l'archétype *vocal*.

2.3.4.3 Conclusion

Cette filiation transverse du son continu nous a permis, en grande partie, de préciser le mouvement que Martin Laliberté définit sous les termes de « vocalisation de la guitare ». Cette première étape a tenté de mettre une graduation dans les différentes prothèses ou techniques d'une même famille. Elle a aussi mis à jour le fait qu'en plus d'une tendance *vocale* ou *percussive* prédomi-

273. Se référer à l'enregistrement sonore *ref-delay-utilisation_moyenne-350_0.4-mono*, en ligne <https://vimeo.com/640301251> [consulté le 17/12/2021].

274. Se référer à l'enregistrement sonore *ref-delay-long_fb_eleve-3000_0.7-mono*, en ligne <https://vimeo.com/640301132> [consulté le 17/12/2021].

275. Se référer à l'enregistrement sonore *ref-delay-rythmique_et_nappe-70_0.97-mono*, en ligne <https://vimeo.com/640301188> [consulté le 17/12/2021].

Vocal Pureté	Vers l'instrument ensemble		Percussif Complexité
Multiplicité des techniques	Travis picking	Trémolo (classique)	
	Deux techniques ou plus en parallèle		
Individualisation des cordes		Submarine Stéréophonique (Rickenbacker) Submarine Pro	Hexaphonique piézo Hexaphonique magnétique Guitare préparée
Le son autre		Multi-manches Guitare-synthétiseur ou guitare-orgue (avec le son de guitare)	Guitare-synthétiseur (AXON et Fishman Triple Play)
Traitements sonores	Chorus, doubleur Modulation en anneau Traitements avec dry/wet ou parallélisation des traitements Pédales A/B/Y		Boucleur Traitements sonores hexaphonique

FIGURE 2.13. Les archétypes et la filiation transverse de l'instrument ensemble.

nante, un traitement sonore donné possède généralement en lui la possibilité d'accentuer l'un ou l'autre des archétypes en fonction des réglages utilisés.

Ce développement nous a amenés à mettre à jour la présence d'une tendance *percussive* qui, si elle n'est pas prédominante jusqu'au 1970, prend de plus en plus de place à partir des années 1980 et s'instaure comme élément caractéristique principal à partir des années 2000 avec les différents systèmes d'automatisation des paramètres sonores intégrés dans les pédales d'effets.

2.3.5 Filiation transverse : l'instrument ensemble

La seconde filiation transverse qui apparaît avec notre étude des mutations et des prothèses est celle que nous nommons « instrument ensemble ». Celle-ci correspond aux différentes possibilités qui peuvent être mises en œuvre pour donner la sensation de la présence de plusieurs instruments. Cette filiation

transverse nous intéresse particulièrement, car l'application de traitements sonores de manière individuelle pour chaque corde peut amener assez rapidement, en fonction des réglages, la sensation de la présence de plusieurs instruments alors qu'un seul est en train de produire le son. Comme pour la précédente filiation, toutes sortes d'éléments, que ce soit des mutations, des prothèses ou encore des techniques ou des modes de jeu, peuvent amener différentes présences de cette sensation. Avec cette notion d'instrument ensemble, c'est essentiellement la tendance *percussive* qui se développe. Les différents éléments qui constituent cette évolution transverse sont repris à la figure 2.13. Cette filiation transverse est constituée de 4 catégories : multiplicité des techniques de jeu, individuation des cordes, son autre et traitements sonores.

Comme pour la première évolution transverse, il apparaît que bien avant l'utilisation de l'électricité et le développement des traitements sonores, le jeu instrumental, par des techniques particulières, permet d'obtenir la sensation de la présence de plusieurs instruments. Nous pouvons commencer par reprendre la technique de *trémolo* que nous avons déjà évoquée dans la précédente filiation. Dans celle-ci, nous faisons référence au son tenu obtenu par la répétition rapide des doigts ou du médiator. Dans cette filiation-ci, nous ne ferons référence qu'à la version pour guitare classique de cette technique. En effet, en plus d'offrir la sensation d'un son infini par la répétition rapide (par l'utilisation répétée de l'annulaire, de l'index et du majeur), le développement de cette technique de jeu dans le cadre de la guitare classique intègre, par le biais du pouce, un accompagnement à la mélodie. Cette technique peut notamment être appréciée dans la célèbre pièce de Francisco Tarrega, *Recuerdos de la Alhambra* (1896)²⁷⁶. On retrouve ce principe dans une version adaptée avec les techniques de la « basse alternée » du blues et du pincement (*picking*) type « Merle Travis »²⁷⁷. Le principe de cette technique est d'utiliser le pouce pour jouer l'accompagnement en alternant le pincement entre les cordes basses pendant que les autres doigts jouent la mélodie en pinçant les cordes aiguës. On voit bien ici la proximité avec la technique du *trémolo* dans la présence de deux éléments mélodiques en parallèle.

276. Le lecteur pourra se référer, par exemple, à cette interprétation : en ligne <https://youtu.be/ycYC2pCDkhU> consulté le [26/10/2021].

277. Merle Travis est un guitariste de *country* très célèbre dans les années 1950 qui a popularisé une version rapide de cette technique héritée du blues. Une présentation de cette technique peut être visualisée en ligne <https://youtu.be/m6b371mNkCw> [consulté le 17/12/2021].

Ayant comme visée de détailler les différentes modalités par lesquelles l'instrument ensemble peut apparaître, nous nous plaçons, à l'inverse de la filiation précédente, dans un mouvement qui va de la tendance *vocale* vers la tendance *percussive*. Dans ce contexte, lorsqu'une technique, prothèse ou mutation, mettra en œuvre à la fois une tendance vocale et une tendance percussive, nous prendrons en compte plus facilement la tendance percussive. Ce postulat nous amène donc, dans le contexte de cette filiation, à classer la technique de la « basse alternée » avec une dimension vocale plus forte que celle du *trémolo*. En effet, la différence de *timbre* plus marquée entre l'accompagnement du pouce et la répétition du *trémolo* favorise, selon nous, la sensation de la présence de plusieurs instruments et donc une tendance *percussive*. Ces deux exemples développent de manière générale l'utilisation de deux techniques de jeu en même temps dont la répartition dans l'espace mixte s'effectuerait en fonction de la différence de *timbre* entre les deux techniques employées simultanément.

La deuxième catégorie de cette classification est celle de l'individualisation des cordes. Il s'agit là des systèmes de captation hexaphonique ou stéréophonique, auxquels nous ajoutons les préparations de la guitare préparée. Dans le cas de la captation stéréophonique, nous ne prenons en référence que les captations stéréophoniques proposées par les systèmes Rickenbacker de la fin des années 1950 et par le système Submarine²⁷⁸ (le système proposé sur les guitares Gibson n'individualise pas les cordes, mais les microphones monophoniques). Il faut cependant préciser que, comme dans de nombreux cas, c'est l'usage de ces prothèses qui peut valider cette classification. En effet, un microphone hexaphonique ou stéréophonique utilisé sans l'application de traitements différents (ou de réglages différents pour chaque traitement parallèle) pour chaque corde ou groupe de cordes ne délivre pas de sensation d'ensemble. C'est le cas notamment de la Godin Multiac qui, si elle embarque un microphone hexaphonique, propose aussi une sortie monophonique (en plus de la sortie hexaphonique accessible par le connecteur DIN 13 broches normalisé par la marque Roland) qui réduit les possibilités d'obtenir une sensation d'ensemble à partir du traitement différencié des cordes. De même, le connecteur DIN 13 broches s'il est relié à un système de guitare-synthétiseur de chez Roland, par exemple, pour générer un son de synthèse spécifique ne donne pas a priori la sensation de la présence d'un ensemble d'instruments.

278. Se référer à « La guitare stéréophonique », p. 66.

La classification dans l'espace compris entre les deux archétypes est effectuée en prenant l'hypothèse que les prothèses listées sont utilisées de façon à mettre en avant la sensation d'ensemble. Dans ce contexte, les systèmes de captation stéréophonique (Rickenbacker et Submarine) sont positionnés au milieu de l'axe entre l'archétype *vocal* et l'archétype *percussif* pour signifier que les deux voix qu'ils proposent sont la porte d'entrée vers l'ensemble de l'archétype *percussif*. Les systèmes de captations hexaphoniques et la guitare préparée sont positionnés quasiment au niveau de l'archétype *percussif*. Le détail, dans cette classification, des différents types de préparation et le degré de sensation d'ensemble que leurs juxtapositions provoquent, dépassent le cadre de cette thèse. Cependant, la présence de cette mutation signifie que chacune des cordes peut être préparée de manière à mettre en œuvre un **timbre** différent pour chacune d'entre elles. Nous avons également intégré la version professionnelle du système de captation Submarine. En effet, celle-ci diffère de la version de base par la possibilité de définir la répartition des cordes sur les sorties gauche et droite de la stéréophonie. Cette version du microphone stéréophonique est positionnée avec une tendance *percussive* plus forte que le système basique.

La troisième catégorie concerne l'intégration du son d'un autre instrument à celui de la guitare. Nous l'avons vu avec plusieurs mutations telles que la guitare multimanche²⁷⁹, la guitare-orgue²⁸⁰ et la guitare-synthétiseur²⁸¹. La guitare multimanche met en avant l'ensemble de manière ambivalente. En effet, si l'ensemble est physiquement présent par l'intégration des manches des différents instruments, le jeu simultané de ceux-ci, et donc l'apparition de la sensation d'ensemble, est plus complexe et limite grandement l'expressivité de l'ensemble. Les techniques de jeu se limiteraient, à priori, soit à l'utilisation de techniques permettant le jeu sur deux manches simultanément (par exemple le *tapping* et l'utilisation de cordes à vide, soit à l'utilisation d'une technique entraînant une résonance longue (attaque *forte* ou **harmonique**, par exemple) qui permettrait de jouer, par exemple, une mélodie sur un autre manche. Cette limitation de l'apparition nous fait positionner cette mutation légèrement avant le centre de l'axe auquel étaient positionnés les systèmes de captation stéréophonique précédemment décrits. La guitare-orgue et la guitare-synthétiseur (analogique et les systèmes *pitch-to-midi*/guitare MIDI), pour leur part, occupent cette position

279. Se référer à « **La guitare multimanche** », p. 26.

280. Se référer à « **La guitare-orgue** », p. 74.

281. Se référer à « **La guitare-synthétiseur** », p. 78.

centrale, car l'un comme l'autre permettent de faire entendre conjointement le son de l'autre (orgue électronique ou son de synthèse) et celui de la guitare. D'autre part, les systèmes de guitares-synthétiseurs Axon et Fishman Triple Play (dans sa dernière version) permettent de mettre en œuvre la granularité du microphone hexaphonique. Pour rappel, le premier système permet de définir des zones sur le manche de l'instrument auxquelles peuvent être assignées différents sons de synthèse ; le second permet, à partir de n'importe quelle note, de déclencher un ou des enregistrements sonores préalablement chargés dans le système. Ces deux prothèses sont donc positionnées à l'extrémité *percussive* de notre axe, car elles peuvent potentiellement donner à entendre, par le jeu et la modulation des **timbres** utilisés, jusqu'à six voix en parallèle.

La dernière catégorie est celle des traitements sonores. Cette catégorie est certainement la plus complexe à classer de par les nombreuses possibilités qui peuvent apparaître par les différentes combinaisons. Nous allons cependant isoler les différents traitements ou les différents éléments présents dans les traitements qui permettent d'obtenir cette sensation d'ensemble. Le premier groupe de cette catégorie est constitué par les traitements tels que le **chorus**, le doubleur ou la **modulation en anneau**. Les deux premiers sont des traitements qui multiplient le signal en entrée du traitement et qui permettent au son transformé d'avoir plus de « corps », plus de présence. Le **chorus** tente de reproduire la sonorité légèrement déphasée présente lorsque plusieurs instruments ou voix jouent la même chose en même temps. Le doubleur est un type de pédale d'effet encore peu développé qui intègre une technique de mixage qui consiste à dupliquer la piste d'un instrument et de lui appliquer un léger décalage. Il est commun, en studio, d'appliquer ce type de manipulation, pour donner de l'« épaisseur » au son d'un instrument. Un exemple de ce type de manipulation intégré dans un format de pédale d'effet est la pédale 30ms Automatic Double Tracker²⁸² de la marque Keeley. La **modulation en anneau**, pour sa part, est positionnée avec une tendance *percussive* un peu plus forte que les deux traitements précédents, car suivant les réglages utilisés et les notes jouées, la sensation de la présence de deux instruments peut-être plus ou moins claire²⁸³. Le deuxième groupe de cette catégorie est constitué par les traitements qui intègrent une parallélisation soit avec le signal non traité

282. En ligne https://robertkeeley.com/30ms_Automatic_Double_Tracker [consulté le 17/12/2021].

283. Se référer à l'enregistrement sonore **ref-Ringmod-2timbres-3000_1_1-mono**, en ligne <https://vimeo.com/640306203> [consulté le 17/12/2021].

avec la présence d'un paramètre de *dry/wet* soit entre plusieurs traitements. La *transposition* ou le *générateur d'octave* proposent, de manière générale, un paramètre de *dry/wet* qui permet de donner la sensation d'avoir au minimum deux instruments en même temps. La pédale Pitch Fork (2014) d'Electro Harmonix²⁸⁴, par exemple, propose, en plus de la préconfiguration de plusieurs intervalles, différents modes permettant de choisir si l'intervalle est généré en-dessous ou au-dessus (en termes de *hauteur* de la ou des notes jouées) ou les deux à la fois. Avec ce dernier mode, le placement du potentiomètre de *dry/wet* en milieu de course permet d'obtenir la sensation d'avoir trois instruments jouant en même temps. Les traitements de *décali* ou de *réverbération* proposent généralement des paramètres *dry/wet*, cependant seulement certains réglages donnent cette sensation d'ensemble. Nous pensons, par exemple, aux préconfigurations *multi-tap* présentes sur certaines pédales de décalis. Ces configurations cumulent un grand nombre de lignes à retard avec des temps de retard qui sont des multiples d'un temps de référence principal. Nous pensons, de plus, à certaines pédales intégrant, dans leur boucle de rétroaction ou dans les résonances qu'elles génèrent, d'autres traitements. La pédale Particle (2011) de la marque Red Panda, par exemple, transforme le signal ré-injecté dans la pédale en grains²⁸⁵ de taille et de positionnement dans la mémoire du *décali* plus ou moins aléatoires ou à la pédale Procession (2015) de la marque Old Blood Noise Endeavors qui intègre en série avec une *réverbération* longue un traitement sonore parmi les trois suivants : *flanger*, filtre (dont la fréquence de coupure est modulée) ou *trémolo*. Nous pouvons ajouter à cette première liste, les pédales utilitaires de type A/B/Y qui permettent, entre autres, la redirection du signal audio présent en entrée vers deux sorties simultanément et donc sa parallélisation.

Le *boucleur* est aussi un élément permettant de donner l'impression d'avoir plusieurs instruments en même temps. Cette impression est cependant construite dans le temps puisque chaque boucle doit d'abord être enregistrée avant d'être

284. En ligne <https://www.ehx.com/products/pitch-fork-plus/> [consulté le 17/12/2021].

285. Cette notion de « grain » découle de la synthèse granulaire. Cette technique de synthèse consiste en la synthèse de signaux sonores à partir de « grains » qui correspondent à des échantillons d'un signal sonore de basse de l'ordre de 10 à 100 ms. Les grains peuvent être adaptés en termes de longueur, de *hauteur* (par *transposition*), d'enveloppes. Leur répartition spatiale et leur densité (le nombre de grains) peuvent aussi être contrôlés. Les différents paramètres d'un synthétiseur granulaire peuvent être contrôlés de manière aléatoire.

répétée. La présence de deux instruments n'est au minimum effective que lorsque la première boucle a été enregistrée et que le guitariste joue « sur » celle-ci. De plus, cette sensation d'ensemble apparaît encore plus lorsque les sonorités de chaque boucle changent de manière importante par rapport aux précédentes soit par la différence dans le type de jeu (accords/solo), soit par les traitements utilisés, soit par les réglages de la guitare (sélection de microphone(s) différente) ou de l'amplificateur (changement de canal par exemple)²⁸⁶.

Les traitements sonores hexaphoniques et le **boucleur** sont positionnés horizontalement au même niveau, bien que ces prothèses n'amènent pas l'ensemble de la même manière. Les traitements sonores hexaphoniques développent l'ensemble soit par l'utilisation de chaînages identiques pour chaque corde, mais dont les traitements utilisent des paramétrages différents soit par l'utilisation de chaînage de traitements différents. Le **boucleur** permet, comme nous l'avons vu, d'empiler différentes boucles après les avoir enregistrées. Dans ce dernier cas, l'ensemble se construit dans le temps au fur et à mesure de l'accumulation des différentes boucles. Nous reviendrons, dans la dernière partie de ce travail, plus en détail sur les traitements sonores hexaphoniques.

Comme nous l'avons mentionné en introduction de cette partie, la filiation dont il est question ici nous intéresse particulièrement, car elle est rapidement présente lorsqu'un instrumentiste commence à investiguer l'application de traitements sonores individuels pour chaque corde. L'application à chaque corde, par exemple, d'un traitement de type différent à chaque fois permet d'obtenir une guitare dont la sonorité donne une sensation d'ensemble (le **timbre** d'un **décalage** est, par exemple, suffisamment différent de celui d'une **distorsion** ou d'une **modulation en anneau**, pour pouvoir les distinguer). Dans tous les exemples que nous avons donnés ci-dessus, le parallélisme (de lignes mélodiques, de traitements sonores, via le réglage *dry/wet*, la présence de traitements mis en parallèle ou l'empilement de boucles, de techniques de jeu, de modes de jeu, etc.) est l'une des clés principales pour aller vers un instrument qui donne à en entendre plusieurs. Dans ces différentes configurations, les différences de **timbres** entre les différentes voix aident à préciser la sensation d'ensemble. À la différence de l'évolution transverse précédente qui démontrait deux mouvements clairs (un vers l'archétype *vocal* puis un vers l'archétype *percussif*), cette évolution transverse ci est présente depuis longtemps, mais n'est pas de-

286. Pour un exemple de ce type d'utilisation, le lecteur pourra se référer à : en ligne <https://youtu.be/GxdAqDC9sHw> consulté le [26/10/2021].

venue une norme. Cette remarque fait notamment écho à notre sujet d'étude puisque le développement du microphone hexaphonique ne s'est pas développé en dehors de son utilisation avec les guitares-synthétiseurs (qui en réduisent, la plupart du temps, les potentiels en utilisant des sons de synthèse, la plupart du temps monophoniques). Il faut noter cependant que, comme nous l'avons mentionné tout au long de notre exposé, les modes de jeu et les configurations des traitements vont grandement influencer la sensation de plusieurs voix en parallèle. Cette première répartition nécessite donc une étude plus poussée dans laquelle seraient intégrées différentes configurations de traitement et différentes techniques de jeu.

2.3.6 Une vue plus large de l'évolution de l'instrument

À l'inverse des filiations que nous avons mises en avant à partir de notre généalogie des mutations de la guitare et qui s'inscrivent chacune dans un continuum historique particulier, les évolutions transversales décrites ici correspondent à des pratiques qui s'incarnent de différentes manières et à partir d'éléments techniques différents. La synthèse des prothèses que nous avons opérée et la plongée plus poussée dans les traitements sonores que nous avons effectuée nous ont permis d'avoir une vision plus précise et plus adaptée à la nature transverse de ces filiations. Avec ces évolutions transverses, c'est bien la question de l'usage et des pratiques qui est présente à travers le physiologique (l'instrumentiste et ses techniques et modes de jeu), le technique (le système technique « guitare électrique ») ou le social (la sonorité d'une époque, d'un style et la défonctionnalisation de ces sonorités et de ces styles). La ligne de filiation du son infini nous a permis tout en augmentant et précisant la thématique de la « vocalisation de la guitare » développée par Martin Laliberté, de faire apparaître un mouvement parallèle vers l'archétype *percussif* qui se développe de manière importante à partir des années 2000. La ligne de filiation de l'instrument ensemble nous a permis de positionner le microphone et les traitements sonores hexaphoniques dans ce tableau et d'étoffer la liste des pratiques proches dans lesquelles cette pratique-ci peut s'ancrer et prendre appui. Si notre généalogie²⁸⁷ n'avait pas réussi à donner corps à la présence des traitements sonores, cette partie montre bien, il nous semble, l'importance de cette forme dans le monde guitaristique. Il est tout d'abord le médium prin-

287. Se référer à « [Généalogie des mutations de la guitare](#) », p. 133.

cipal de la grande variété des sonorités que peut prendre l'instrument (et, par extension, de tous les instruments électriques) et, ensuite, celui par lequel l'ordinateur et le synthétiseur sont intégrés à la pratique de l'instrument. C'est notamment le cas avec les systèmes Mod Devices que nous avons évoqué qui intègre l'équivalent d'un ordinateur dans un boîtier matériel de type pédale en combinaison avec un programme à interface graphique. Pour les synthétiseurs, cela passe, d'une part, par la modélisation numérique de sonorités typiquement synthétiques intégrées, par exemple, dans la Synth9 d'Electro-Harmonix à la présence de système d'automatisation complexe que l'on trouve de plus en plus dans les pédales récentes.

2.4 Conclusion

L'analyse organologique que nous venons d'effectuer a été l'objet de la confrontation des différentes mutations de l'instrument et des prothèses qui jalonnent son développement à la pratique et à l'évolution des sonorités de la musique en général et des différents styles en particulier. Ces confrontations ont permis d'incarner concrètement les passages de la graphosphère à l'audio-vidéosphère, notamment avec la ligne de filiation de l'électrification²⁸⁸, puis de l'audio-vidéosphère à l'hypersphère. Ce dernier passage s'incarne en partie dans la ligne de filiation « synthèse et contrôle gestuel » par la conversion de la guitare en interface (soit par la conversion des éléments de jeu, soit par l'utilisation de capteurs de données gestuelles) à même de contrôler n'importe quelle réalité sonore numérisée. La guitare, si elle apparaît comme l'instrument de la révolution électrique, n'est, cependant, pas l'instrument de la révolution apportée par le programme ou le contrôle gestuel.

Pour comprendre de manière plus fine ce qui se joue dans cette transition, il nous a fallu approfondir notre connaissance des orgues électriques, des synthétiseurs et des traitements sonores. En effet, il apparaît que le passage à l'hypersphère prend, dans un premier temps, appui sur l'orgue électrique et sur le synthétiseur. Les contrôles du premier se retrouvent dans les interfaces génériques de contrôle à base de clavier qui apparaissent en masse dans les années 2000 ; les sonorités du second et, plus particulièrement les techniques de modélisation virtuelle à l'œuvre dans la synthèse des années 1990, sont une des

288. Se référer à « [Ligne de filiation directe : électrification](#) », p. 139.

bases sonores des programmes de Musique Assistée par Ordinateur des années 2000. En dehors des recherches universitaires sur les instruments augmentés et de quelques interfaces et capteurs commerciaux (ACPAD, Guitar Wing, Hot Hands), il faut attendre l'évolution des processeurs embarqués pour voir apparaître dans le système technique « guitare électrique » les possibilités des programmes de l'hypersphère par l'intermédiaire des pédales de traitements sonores ou des **pédaliers** multieffets. Cette persistance du matériel (par rapport à l'utilisation directe d'un ordinateur) place les formes « pédale » et « **pédalier** » comme des médiums puissants sans lesquels l'intégration des évolutions apportées par l'hypersphère aurait, sans doute, concerné une communauté de pratique plus restreinte. L'intégration dans ces médiums spécifiques réduit cependant les potentiels de l'interfaçosphère puisque les gestes utilisés ne sortent que très peu des canevas préétablis (potentiomètres, boutons et sélecteurs). On retrouve cependant le programme de la numérosphère à travers les systèmes d'automatisation des pédales récentes et dans les multieffets, qui, au-delà de fournir une grande quantité de **timbres** différents, deviennent des hôtes matériels génériques pour des programmes sonores préexistants.

Le dernier effet de l'hypersphère que nous avons mis en avant est celui du guitariste-fabricant de pédale. Ce personnage qui s'autoforme à la fabrication de pédales de traitements sonores via les forums spécialisés s'inscrit, selon nous, dans l'avènement du « musicien-luthier » que développe Romain **Bricout** (2009, p. 23)²⁸⁹. L'hypersphère, dans ce cas, par son contexte technologique fortement associatif, favorise l'avènement de cette figure du « guitariste-fabricant » de pédale qui n'est pas sans faire écho à la pratique du *controllerism* (**Bricout**, 2009, p. 62). Cette pratique consiste à créer ses propres contrôleurs, ses propres interfaces gestuelles pour le contrôle d'éléments sonores (ou d'autres médiums) numériques. Elle vise notamment à s'extraire des limites fixées par le « clavier maître ». Là encore, les personnes construisant ce type de matériel s'appuient sur des communautés spécialisées.

Les filiations transverses que nous avons décrites se sont appuyées sur les archétypes *percussif* et *vocal* et sur la « vocalisation de la guitare » de Martin Laliberté (**Laliberté**, 1999). Pour rappel, la « vocalisation de la guitare » fait

289. Si tant est que l'on considère, comme nous le sous-entendons ici, que les pédales de traitement sonore deviennent de véritables instruments à part entière ou qu'elles sont, pour le moins, des éléments du **timbre** de l'instrument au même titre que les bois, les cordes et les microphones employés

référence au fait, selon Martin Laliberté, que toute l'évolution de la guitare jusqu'aux traitements sonores n'est qu'un mouvement global vers le son pur et continu de l'archétype *vocal*. L'étude des mutations et les approfondissements que nous y avons apportés (évolution de l'orgue électrique²⁹⁰ et du synthétiseur²⁹¹, classification des prothèses gestuelles et sonores de la guitare²⁹² et évolution des traitements sonores²⁹³) sont venus préciser et détailler le mouvement global décrit par Martin Laliberté. De plus, l'analyse plus approfondie de l'évolution des traitements sonores a aussi mis en avant une dimension *percussive* complétant la vocalisation de la guitare. Cette dimension percussive, si elle est moins présente tout au long du XX^{ème} siècle, se développe globalement de manière plus marquée et plus systématique à partir du XXI^{ème} siècle. De même, les traitements sonores sont apparus comme un élément complexe à introduire dans une répartition entre archétype *percussif* et *vocal* puisque suivant les réglages qui leur sont appliqués, le **timbre** qu'ils génèrent peuvent mettre en œuvre différentes proportions de chacune des deux tendances.

La seconde filiation transverse que nous avons développée est celle de l'« instrument ensemble » qui tend à mettre en avant la capacité des diverses mutations, prothèses, pratiques gestuelles ou traitements sonores à faire entendre plusieurs voix simultanément. Cette filiation montre, de manière globale, une tendance percussive plus marquée et intègre les traitements sonores hexaphoniques et le contrôle gestuel instrumental (par le biais de s guitares-synthétiseurs) de la guitare hexaphonique. La captation parallèle du microphone hexaphonique et la singularisation sonore de chaque corde qu'elle permet, selon nous, de se rapprocher de la notion d'ensemble (que Martin Laliberté place comme élément de l'archétype *percussif*), tout comme le contrôle par la guitare d'un ou plusieurs sons de synthèse sonore en parallèle ou non du son de l'instrument. L'intégration de notre objet d'étude dans ce développement du concept d'« instrument ensemble » permet d'ancrer, en partie, ce qui n'apparaissait jusqu'ici que comme un épiphénomène. En effet, la filiation directe de l'individualisation des cordes²⁹⁴ qui apparaît à la « marge » des deux autres filiations directes qui sont le reflet des évolutions médiasphériques, n'était que peu développée. La

290. Se référer à « **Évolution de l'orgue** », p. 153.

291. Se référer à « **Évolution du synthétiseur** », p. 159.

292. Se référer à « **Les prothèses et leurs intégrations** », p. 171.

293. Se référer à « **Évolution des pédales de traitements sonores** », p. 181.

294. Se référer à « **Ligne de filiation directe : captation individualisée des cordes** », p. 149.

combinaison de ces deux filiations consolide un peu plus l'intégration de notre objet d'étude dans des contextes techniques et de pratique instrumentale.

À partir de cette base, nous allons présenter dans la partie suivante les développements pratiques de cette thèse. Ceux-ci ont consisté en un développement logiciel puis matériel du contexte technique permettant d'utiliser des traitements sonores hexaphoniques et un système de contrôle gestuel instrumental. Ces développements font l'objet de plusieurs évolutions qui se sont nourries, au fur et à mesure, des différents éléments mis en avant par la généalogie et les lignes de filiation.

Chapitre 3

Développement logiciel et matériel hexaphonique

Sommaire

3.1	Contexte global	241
3.2	Les dispositifs de captation individuelle de la vibration des cordes	245
3.2.1	Les systèmes de captation hexaphonique	245
3.2.2	Les guitares utilisées	248
3.3	Logiciel : Le multieffet hexaphonique	252
3.3.1	Système logiciel de programmation audio	254
3.3.2	Multieffet hexaphonique : architecture globale et modules	257
3.3.2.1	Structure globale d'un traitement sonore hexaphonique	259
3.3.2.2	Traitements sonores intégrés	259
3.3.2.3	Interconnexion des traitements sonores	264
3.3.2.4	Connexion d'interfaces de contrôles externes	267
3.3.2.5	Aire de jeu	268
3.3.3	L'adaptation pour les systèmes embarqués basés sur Linux	268
3.3.4	Le biais de l'outil	270
3.4	Logiciel : Reprise du projet de recherche Enriched Guitar Transcription	273
3.5	Matériel : Boîtier de conversion et de préamplification hexaphonique	275
3.5.1	Version 1 : les boîtiers de conversion et d'alimentation	276

3.5.2	Version 2 : Le préamplificateur hexaphonique à gain variable	279
3.6	Matériel : Embedded Multi-Effects for Hexaphonic Guitar (EMEHG)	282
3.6.1	EMEHG version 1 : le boîtier	285
3.6.2	EMEHG version 2 : le <i>rack</i>	286
3.6.3	Architectures matérielles pour traitements sonores hexaphoniques	288
3.6.4	Comparaison des architectures matérielles existantes	292
3.7	Matériel : Contrôleur de paramétrage des traitements (EMEHG-fx-controller)	295
3.7.1	Les éléments importants	295
3.7.1.1	Encodeur rotatif avec bouton-poussoir	295
3.7.1.2	Multiplexeur CD4051	297
3.7.1.3	Écran OLED et visualisation	298
3.7.2	Fonctionnement global	299
3.8	Matériel : Pédalier de contrôle (EMEHG-foot-controller)	300
3.8.1	Les éléments importants	302
3.8.1.1	Registres à décalage 74HC595	302
3.8.1.2	Diodes électroluminescentes tricolores adressables WS2812	304
3.8.2	Fonctionnement global	305
3.9	Conclusion	308

Après avoir détaillé comment les grandes évolutions technologiques transparaissent dans l'évolution de la guitare et mis en lumière la filiation de l'instrument-ensemble dans laquelle la guitare hexaphonique semble pouvoir être intégrée, il est important de confronter ces mises en évidences théoriques à une pratique de cet instrument. Comme nous l'avons déjà mentionné, l'instrumentarium hexaphonique est à créer¹ pour qu'une pratique de celui-ci puisse se développer et être analysée. Les éléments développés doivent pouvoir s'intégrer dans l'instrumentarium du guitariste électrique et être « facilement » utilisables. Cette facilité d'utilisation est d'autant plus importante que les traitements sonores hexaphoniques, par exemple, de par la multiplication des possibilités qu'ils proposent, génèrent une complexité qu'il faudra essayer de réduire sans limiter.

L'instrumentarium que nous décrivons ci-dessous intègre deux logiciels : le premier est un logiciel proposant plusieurs traitements sonores hexaphoniques aussi appelé « multieffet hexaphonique² ». Le terme « traitement sonore hexaphonique » induit la présence de six copies indépendantes d'un traitement donné. Chacune de ces copies est appliquée à une corde spécifique de l'instrument et peut être paramétrée indépendamment des autres. Le deuxième logiciel est un logiciel de détections des gestes instrumentaux³ principaux de la pratique guitaristique. Celui-ci avait été développé dans le cadre de recherches précédant ce travail (Reboursière et Dupont, 2013). Il n'a ici subi qu'une modification utilitaire de manière à être utilisable avec la configuration du guitariste Ivann Cruz⁴.

À ces deux programmes s'ajoute le développement de plusieurs unités matérielles. Ces dernières ont différentes raisons d'être. Le préamplificateur hexaphonique à gain variable, par exemple, permet l'alimentation des microphones hexaphoniques, la conversion du connecteur DIN 13 broches⁵ des guitares que

1. Il faut noter que si cette affirmation était vraie au début de ce travail de recherche, elle l'est un peu moins au moment de l'écriture de ces lignes. En effet, la marque Synquanon, que nous avons citée, développe depuis 2020 toute une série de traitements hexaphoniques matériels. L'approche qu'ils utilisent s'appuie sur le paradigme du synthétiseur modulaire.

2. Se référer à « Logiciel : Le multieffet hexaphonique », p. 252.

3. Se référer à « Logiciel : Reprise du projet de recherche Enriched Guitar Transcription », p. 273.

4. Se référer à « La pratique de la guitare hexaphonique dans *Puzzle* d'Ivann Cruz », p. 316.

5. Pour rappel, ce connecteur est le connecteur utilisé par les guitares-synthétiseurs Roland depuis les années 1990. À défaut de la présence de concurrent pendant de nombreuses années, ce connecteur est devenu la norme pour les guitares hexaphoniques. D'autres marques,

nous avons à disposition et l'application d'un gain indépendant au signal de chaque corde. Cette dernière fonctionnalité permet une adaptation à différents systèmes de captation hexaphonique (qui n'ont pas tous les mêmes caractéristiques). Le travail effectué autour du multieffet embarqué⁶ nous a rendu possible l'exploration des traitements sonores hexaphoniques à partir des plateformes matérielles de prototypages rapides actuels. Cet élément permet de simplifier l'utilisation de notre dispositif en intégrant au sein d'une seule unité matérielle la plupart des éléments nécessaires (boîtier de conversion et d'alimentation,⁷ carte son, ordinateur, etc.) à l'utilisation du dispositif. Cette intégration est importante, car elle rend possible l'intégration simple du dispositif hexaphonique dans l'instrumentarium « classique » du guitariste électrique. Pour finir, deux interfaces de commande ont été développées⁸ dans le but d'interagir avec le programme de traitements sonores hexaphoniques. La première facilite le paramétrage des traitements en donnant un contrôle physique à chaque paramètre (par le biais d'un encodeur rotatif⁹). La seconde est un pédalier incluant les activations/désactivations indépendantes de chaque traitement sonore hexaphonique qui étoffe la dimension performative de l'instrumentarium.

Il faut noter que le temps du développement matériel est un temps long et qu'il ne nous a pas été possible de soumettre ces différents éléments matériels aux pratiques guitaristiques présentées et analysées dans le dernier chapitre¹⁰. À l'inverse, les logiciels développés ont fait l'objet de plusieurs périodes de pratiques par des guitaristes professionnels. L'analyse de ces pratiques est l'objet de la dernière partie de ce travail de recherche¹¹. D'autre part, les codes, schémas électroniques et données de constructions des unités matérielles ont été

telles qu'Ubertar et Cycfi utilisent d'autres types de connecteurs, mais proposent aussi une compatibilité avec le connecteur Roland.

6. Se référer à « [Matériel : Embedded Multi-Effects for Hexaphonic Guitar \(EMEHG\)](#) », p. 282.

7. Se référer à « [Version 1 : les boîtiers de conversion et d'alimentation](#) », p. 276.

8. Se référer à « [Matériel : Contrôleur de paramétrage des traitements \(EMEHG-fx-controller\)](#) », p. 295 et à « [Matériel : Pédalier de contrôle \(EMEHG-foot-controller\)](#) », p. 300.

9. Se référer à « [Encodeur rotatif avec bouton-poussoir](#) », p. 295.

10. Se référer à « [Analyse des pratiques de la guitare hexaphonique](#) », p. 311.

11. Se référer à « [Analyse des pratiques de la guitare hexaphonique](#) », p. 311.

rendus disponibles en *open source* sur la plateforme Github à travers plusieurs dépôts¹².

3.1 Contexte global

Le contexte technique permettant d'utiliser les potentiels de l'hexaphonie passe par le développement d'éléments logiciels et matériels. Il s'intègre dans un contexte de Musique Assistée par Ordinateur classique dans lequel le son capté doit être converti numériquement, traité par ordinateur, puis reconverti vers le domaine analogique et diffusé. À cette chaîne classique peut se rajouter une ou plusieurs interfaces de commande gestuelles permettant d'interagir avec les paramètres des programmes numériques autrement que par la souris et le clavier.

Dans notre cas, les éléments utilisés pour mettre en place cet agencement sont :

- Une guitare électrique munie d'un microphone hexaphonique. Voir à ce sujet la partie suivante¹³ ;
- un boîtier de conversion permettant la transformation du connecteur du microphone hexaphonique utilisé¹⁴ vers une série de connecteurs Jack 6.35mm femelles pouvant être facilement utilisés avec le matériel audio ;
- une carte son possédant au minimum 6 entrées et 2 sorties analogiques (dans le cas d'une diffusion stéréophonique, 6 dans le cas de l'utilisation d'une table de mixage avant la diffusion) et un connecteur MIDI. Dans notre cas, il s'agissait de la carte RME Fireface UC¹⁵ ;

12. <https://github.com/loicreboursiere/EMEHG-AsymetricalPower>, <https://github.com/loicreboursiere/hexaandmapping-lib-pd>, <https://github.com/loicreboursiere/EMEHG-fx-controller> et <https://github.com/loicreboursiere/EMEHG-foot-controller>. Chacun de ces dépôts est intégré comme sous-module du dépôt principal : <https://github.com/loicreboursiere/EMEHG>.

13. Se référer à « Les dispositifs de captation individuelle de la vibration des cordes », p. 245.

14. Pour rappel, le connecteur le plus répandu est le connecteur DIN 13 broches utilisé par Roland depuis les années 1990 (les modèles de guitares hexaphoniques des années 1970, 1980 utilisaient un connecteur 24 broches). Ce connecteur est présent aussi bien sur les différentes versions de microphones GK que sur les guitares Godin Multiac et XTSA que nous avons utilisées. Cependant, la marque Cycfi, que nous avons déjà citée, utilise un connecteur Lemo à 19 broches.

15. En ligne <https://www.rme-audio.de/fireface-uc.html> [consulté le 17/12/2021].

- un ou plusieurs ordinateurs sur lesquels sont exécutés les programmes développés : le multieffet hexaphonique¹⁶ et le programme de détection des gestes instrumentaux¹⁷ ;
- une console de mixage qui, suivant les cas pratiques, peut être optionnelle et dont les caractéristiques, si elle est utilisée, dépendent du contexte. Un travail de développement sur le multieffet hexaphonique, par exemple, ne nécessite pas obligatoirement un tel matériel. Un casque audio connecté à la carte son peut, dans ce cas, être parfaitement suffisant. Dans le cas d'une session de travail sur haut-parleurs, une table de mixage avec un minimum de 6 entrées (ou même 2 si un prémixage est réalisé dans le multieffet hexaphonique) et 2 sorties (la Mackie 1402 VLZ4¹⁸ est un exemple de ce type de table de mixage) est utile pour le contrôle et l'adaptation du son en fonction du système de diffusion et de l'espace dans lequel il évolue. Dans le cas du travail sur le projet *Puzzle*¹⁹ par exemple, les besoins en matière d'entrées et de sorties présentes sur la console sont plus importants puisque 4 ordinateurs sont utilisés et que 3 d'entre eux ont besoin de recevoir les signaux de la guitare hexaphonique ;
- un système de diffusion qui, comme nous l'avons mentionné au point précédent, dépend du contexte. D'une écoute stéréophonique au casque jusqu'à l'utilisation d'un grand nombre de haut-parleurs en passant par une diffusion stéréophonique ou hexaphonique, tous les scénarios sont possibles. Il faut noter que dans les premières résidences de travail sur le projet *Puzzle*, plusieurs configurations de haut-parleurs ont été testées (notamment quadriphoniques et hexaphoniques). Cependant, en dehors de cette étape de tests, c'est une diffusion stéréophonique des traitements sonores hexaphoniques qui a été utilisée. Un moment envisagé, le travail autour de la diffusion des traitements sonores hexaphoniques a été mis de côté dans le cadre de notre travail de recherche. Ce travail spécifique n'était, en effet, pas indispensable pour qu'une pratique des traitements sonores hexaphoniques puisse se développer et il s'agit, de plus, d'un travail de recherche à part entière ;

16. Se référer à « [Logiciel : Le multieffet hexaphonique](#) », p. 252.

17. Se référer à « [Logiciel : Reprise du projet de recherche Enriched Guitar Transcription](#) », p. 273.

18. En ligne <https://mackie.com/products/vlz4-series-analog-mixers> [consulté le 17/12/2021].

19. Se référer à « [La pratique de la guitare hexaphonique dans *Puzzle* d'Ivann Cruz](#) », p. 316.

- des contrôleurs MIDI d'abord génériques puis, comme nous le verrons plus loin²⁰, réalisés sur mesure ont été développés pour paramétrer plus facilement les traitements sonores, pour les activer et les désactiver ou pour rappeler des configurations prédéfinies.

Le schéma 3.1 montre l'agencement et l'interaction entre les différents éléments du contexte technique de la guitare hexaphonique.

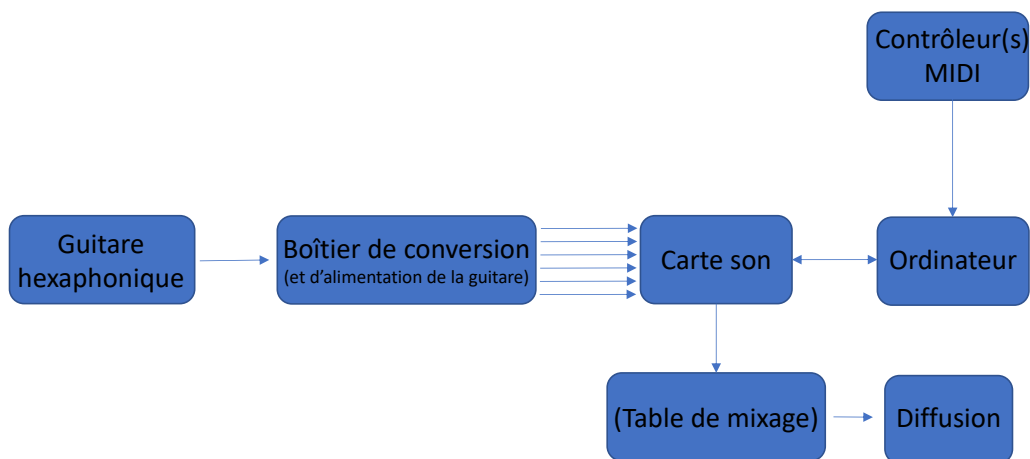


FIGURE 3.1. Les différents éléments entrant dans la réalisation d'un système de guitare hexaphonique.

Notons ici que le programme de traitements sonores hexaphoniques développé a fait l'objet d'une attention particulière puisqu'il s'agit d'un outil qui a été utilisé dans le cadre d'une performance professionnelle ne nécessitant pas obligatoirement la présence du chercheur. Même si beaucoup de travail reste à faire sur ces thématiques, une attention particulière a été portée à la robustesse et à une certaine facilité d'utilisation du programme par une tierce personne.

20. Se référer à « Matériel : Contrôleur de paramétrage des traitements (EMEHG-fx-controller) », p. 295 et à « Matériel : Pédalier de contrôle (EMEHG-foot-controller) », p. 300.

Pour finir, il faut prendre en compte le fait que les développements technologiques détaillés ci-dessous n'ont pas été tous réalisés pendant la même période et qu'ils n'ont pas tous eu la même portée sur le plan de l'appropriation par les guitaristes. Ils se sont étendus sur la quasi-totalité du travail de recherche, tel un affinage constant de l'instrumentarium hexaphonique, et ont fait intervenir différentes personnes²¹. Le développement du multieffet hexaphonique a été réalisé dans le logiciel Max MSP²² et a suivi les premières étapes du développement du projet Puzzle²³ d'Ivann Cruz (fin 2014-début 2019). Ce projet a aussi nécessité le portage et l'adaptation de l'application EGT²⁴ vers le système d'exploitation Windows. La première intégration du multieffet dans un système embarqué²⁵ a été réalisée lors du Shake Up' 2017²⁶ organisé par le Click²⁷ de l'UMONS. Cette première intégration a nécessité l'adaptation du multieffet et la création d'une nouvelle version à partir du logiciel Pure Data²⁸. En effet, la plateforme embarquée utilisée fonctionne avec le système d'exploitation Linux avec lequel seul le logiciel Pure Data est compatible²⁹. De plus, cette première intégration matérielle a permis le développement de la première version d'un contrôleur spécialement adapté au paramétrage des traitements sonores hexaphoniques³⁰. La deuxième version du système embarqué sous forme de

21. Johan Dechristophoris, technicien du laboratoire ISIA qui accompagne les chercheurs ayant besoin de développements électroniques, Jean Le Bellego dans le cadre de son stage de Master 1 électronique embarquée de l'ISEN, Alexandre Decrème pour son stage de Bac de Helha, Alexandre Antoine pour son stage de Master 1 électronique embarquée de l'ISEN, Pierre Paque pour son stage de Master 1 électronique embarquée de l'ISEN, Pierre Talbot pour son stage volontaire de Bac 2 Music Tech, McGill.

22. Se référer à « [Multieffet hexaphonique : architecture globale et modules](#) », p. 257.

23. Se référer à « [La pratique de la guitare hexaphonique dans Puzzle d'Ivann Cruz](#) », p. 316.

24. Se référer à « [Logiciel : Reprise du projet de recherche Enriched Guitar Transcription](#) », p. 273.

25. Se référer à « [Matériel : Embedded Multi-Effects for Hexaphonic Guitar \(EMEHG\)](#) », p. 282.

26. En ligne <https://clicklivinglab.org/project/click-shakup/> [consulté le 17/12/2021].

27. En ligne <https://le-click.be/> [consulté le 17/12/2021].

28. Se référer à « [L'adaptation pour les systèmes embarqués basés sur Linux](#) », p. 268.

29. Pour rappel, les logiciels Pure Data et Max MSP proviennent du même projet, leurs fonctionnements respectifs ainsi que les différents modules qu'ils intègrent restent très proches. Il n'existe cependant pas de moyen de convertir un patch Max MSP au format Pure Data et il convient, d'en ce cas, de re-développer le programme entier.

30. Se référer à « [Matériel : Contrôleur de paramétrage des traitements \(EMEHG-fx-controller\)](#) », p. 295.

*rack*³¹ a entraîné le développement d'un préamplificateur hexaphonique avec gain variable³² indépendant ainsi que l'externalisation de l'interface de contrôle permettant le paramétrage des traitements. Les expérimentations³³ réalisées à partir de scénarios d'utilisation du multieffet hexaphoniques ont entraîné le développement d'un pédalier de contrôle permettant l'activation ou la désactivation indépendante de six traitements sur six cordes³⁴. Enfin, une guitare électrique *solidbody* intégrant le microphone hexaphonique Cycfi Nu³⁵ a pu être construite dans le dernier trimestre de ce travail.

Avant de détailler les divers logiciels et unités matérielles que nous avons développés, nous allons faire le point sur les différents systèmes de captation hexaphonique, leurs fonctionnements et leurs intégrations dans les instruments ainsi que sur les différentes guitares que nous avons à disposition pendant ce travail de recherche.

3.2 Les dispositifs de captation individuelle de la vibration des cordes

3.2.1 Les systèmes de captation hexaphonique

Comme nous l'avons déjà présenté³⁶, il existe deux grandes technologies de microphone hexaphonique : électromagnétique et piézoélectrique. Seule la technologie optique, que nous avons déjà évoquée³⁷, n'a pas été utilisée dans des microphones hexaphoniques. Ce point est notamment dû au développement très restreint des microphones optiques puisque, comme nous l'avons vu, la technologie optique utilisée dans les microphones pour guitares est naturellement basée sur un système de captation indépendant de vibration des cordes.

Les microphones hexaphoniques piézoélectriques ou électromagnétiques sont quasiment tous connectés à des systèmes actifs qui doivent être alimentés par

31. Se référer à « EMEHG version 2 : le *rack* », p. 286.

32. Se référer à « Version 2 : Le préamplificateur hexaphonique à gain variable », p. 279.

33. Se référer à « Étude de la pratique des traitements sonores hexaphoniques », p. 351.

34. Se référer à « Matériel : Pédalier de contrôle (EMEHG-foot-controller) », p. 300.

35. En ligne <https://www.cycfi.com/projects/nu-series/> [consulté le 17/12/2021].

36. Se référer à « La guitare hexaphonique », p. 92.

37. Se référer à « Les microphones », p. 47.

une source de courant extérieure. Seuls les microphones hexaphoniques Ubertar³⁸ sont passifs. Les microphones actifs sont donc accompagnés d'une carte électronique ayant globalement pour rôle de transférer l'alimentation jusqu'au microphone, d'effectuer un ou plusieurs filtrages, etc. Dans le cas des microphones piézoélectriques, cette carte a aussi une fonction d'adaptation d'impédance³⁹ permettant de convertir la très haute impédance (entre 1 et 10M Ω (Karki, 2000)) des microphones piézoélectriques vers les échelles attendues par le matériel auquel ils seront connectés (une carte son propose, par exemple, une impédance d'entrée comprise entre 10k Ω et 20k Ω (Yaniger, 2017) et le Roland VG-99 une impédance d'1M Ω ⁴⁰). Cette carte électronique peut être accompagnée de potentiomètres, boutons ou sélecteurs qui peuvent être intégrés dans un boîtier ou directement dans l'instrument. Seul le microphone Roland GK-3 est disponible dans un boîtier extérieur dont le format est pensé pour être adaptable sur un grand nombre de modèles de guitares sans avoir à modifier l'instrument. Dans le cas de ce microphone, le boîtier se fixe directement sur le corps de la guitare au niveau de la portion qui s'étend après le chevalet ; un câble relie alors ce boîtier au microphone qui est placé le plus proche possible du chevalet.

Le fait que seul le Roland GK-3 propose ce type d'intégration non invasive signifie que toutes les autres possibilités (kit Roland GK-3⁴¹, Graphtech Ghost

38. En ligne <http://www.ubertar.com/hexaphonic/> [consulté le 17/12/2021].

39. Pour obtenir un transfert de puissance électrique optimal dans l'interconnexion de deux circuits électroniques (une guitare avec un microphone hexaphonique de technologie piézoélectrique et un boîtier de conversion, par exemple), l'impédance de sortie du premier circuit doit correspondre à l'impédance d'entrée du second. Si cette règle n'est pas respectée et que l'entrée du second circuit possède une impédance plus basse que l'impédance de sortie du premier circuit il en résulte une perte d'énergie dans les hautes fréquences (Robjohns, 2003). Un circuit d'adaptation d'impédance permet de faire correspondre l'impédance de sortie du premier système électronique à l'impédance d'entrée du second système. Il faut ajouter qu'en pratique le matériel audio est conçu avec la règle d'avoir la une grande impédance d'entrée et une faible impédance de sortie (Robjohns, 2003). Cette caractéristique permet de pallier à la diminution de l'impédance lorsque plusieurs unités électroniques sont connectées à une unité électronique (plusieurs microphones à une table de mixage ou une table de mixage à plusieurs haut-parleurs, par exemple). Une impédance d'entrée trop basse pourrait alors être trop drastiquement diminuée si plusieurs circuits y étaient connectés ce qui entrainerait des baisses du niveau sonore et des pertes en hautes fréquences.

40. En ligne https://www.roland.com/fr/support/knowledge_base/201951319/ [consulté le 17/12/2021].

41. En ligne <https://www.roland.com/fr/products/gk-kit-gt3/> [consulté le 17/12/2021].

Hexpander⁴², RMC Polydrive⁴³ ou Cycfi Nu⁴⁴) nécessitent la création d'une nouvelle guitare ou la modification d'une guitare existante. Certains fabricants de guitares tels que Brian Moore⁴⁵ ou Kiesel Guitars⁴⁶ se sont spécialisés dans ce type d'intégration avec l'un ou l'autre de ces systèmes. Cependant, ces instruments, bien que disponibles à la vente en ligne, ne sont pas pris en charge par des distributeurs internationaux, ce qui entraîne qu'ils ne peuvent être testés que dans les ateliers de ces fabricants. La seule marque distribuée internationalement proposant, dans sa gamme de guitares, des guitares équipées de systèmes de captation hexaphonique est la marque Godin⁴⁷. L'accès à ce type d'instrument est donc limité en fonction de la position géographique (les ateliers iGuitar de Brian Moore et Kiesel Guitars sont situés aux États-Unis). Il faut noter cependant que les marques Fender et Parker ont chacune commercialisé des guitares équipées de systèmes hexaphoniques : la Fender Stratocaster GC-1⁴⁸ pour la première et la guitare signature Adrian Belew⁴⁹, mais celles-ci ne sont actuellement plus commercialisées. Pour finir, il faut noter que la grande majorité de ces guitares utilisent le connecteur DIN 13 broches popularisé par Roland. Seuls Ubertar et Cycfi utilisent d'autres options : un connecteur DIN 7 broches pour le premier et un connecteur LEMO 19 broches pour le second. Chacun d'entre eux, cependant, donne la possibilité d'être compatible avec le format Roland.

Après cette présentation générale des différents systèmes hexaphoniques, intéressons-nous aux guitares qui ont été utilisées pendant cette thèse.

42. En ligne <https://graphtech.com/pages/ghost-pickup-systems> [consulté le 17/12/2021].

43. En ligne <https://www.rmcpickup.com/polydriveiv.html> [consulté le 17/12/2021].

44. En ligne <https://www.cycfi.com/projects/nu-series/> [consulté le 17/12/2021].

45. En ligne <http://iguitarworkshop.com/i1000SeriesiGuitar.USB.aspx> [consulté le 17/12/2021].

46. En ligne <https://youtu.be/jVusotSfga4> [consulté le 17/12/2021].

47. En ligne <https://godinguitars.com/fr/categorie-produit/electriques/multi-voice-fr> [consulté le 17/12/2021].

48. En ligne <https://www.roland.com/us/products/gc-1/> [consulté le 17/12/2021].

49. En ligne <https://youtu.be/kfKwLNy1SMo> [consulté le 17/12/2021].

3.2.2 Les guitares utilisées

Au cours de ce travail de recherche, plusieurs guitares hexaphoniques ont été utilisées. Deux grands types de solutions ont été étudiés : l'intégration du microphone magnétique Roland GK-3 sur différentes guitares et l'utilisation de guitares de la marque Godin⁵⁰ intégrant des microphones piézoélectriques hexaphoniques de la marque RMC⁵¹. Chacune de ces guitares a été acquise à différentes périodes. La première guitare est une guitare personnelle du chercheur sur laquelle a été ajouté un microphone hexaphonique Roland GK-3 (voir figure 3.2(a)). Il s'agit d'une Fender Stratocaster Made In Japan. Celle-ci est une guitare électrique *solidbody* qui reprend la structure classique d'une Fender Stratocaster (3 microphones simple bobinage, un sélecteur 5 positions, un potentiomètre de volume et 2 potentiomètres de *tone*) à laquelle est donc ajouté le microphone hexaphonique.

Il a ensuite été fait l'acquisition d'une guitare Godin Multiac SA à cordes nylon⁵². Cette guitare spécifique permettait d'étoffer l'ensemble de *timbres* à disposition notamment par rapport au type de cordes et au type de captation. En effet, à l'inverse de la Fender Stratocaster qui possède trois microphones simple bobinage en plus du microphone hexaphonique Roland GK-3, la Godin Multiac SA possède un seul microphone hexaphonique piézoélectrique avec son électronique intégré (Polydrive de la marque RMC⁵³). Les connecteurs de sortie présents sur la guitare (connecteur DIN 13 broches et connecteur Jack 6.35mm monophonique) permettent d'accéder aux signaux séparés de chaque corde ou à une réduction monophonique des signaux séparés. Trois potentiomètres à glissière permettent de contrôler les niveaux sonores des bandes de fréquences basse, médium et aiguë d'un *égaliseur*⁵⁴ à trois bandes appliqués au signal monophonique. Un sélecteur permet d'adapter le réglage de la bande de fréquences médium en choisissant une fréquence centrale parmi deux (700Hz ou

50. En ligne <https://godinguitars.com/> [consulté le 17/12/2021].

51. En ligne <https://www.rmcpickup.com/> [consulté le 17/12/2021].

52. En ligne https://godinguitars.com/manuals/hsheet07_multiacsa.pdf [consulté le 17/12/2021].

53. En ligne <https://www.rmcpickup.com/polydriveii.html> [consulté le 17/12/2021].

54. Un égaliseur est un système permettant d'appliquer un gain particulier à différentes bandes de fréquences. Le plus commun est l'égaliseur 3 bandes (basse, médium et aiguë), mais les niveaux d'un plus grand nombre de bandes de fréquence peuvent être présents permettant d'accéder ainsi à un réglage plus fin du son. Les limites basses et hautes des bandes de fréquences dépendent du nombre de bandes contrôlables.

1200Hz). Deux autres potentiomètres à glissière sont présents. Ils permettent de contrôler, pour le premier, le volume général monophonique de l'instrument et, pour le second, le volume du synthétiseur dans le cas de l'utilisation de matériel Roland. Deux boutons sont, de même, présents pour naviguer dans la liste des préconfigurations disponibles sur ce matériel (voir figure 3.2(b)). Notons que ces trois derniers contrôles sont aussi présents sur le boîtier accompagnant le microphone Roland GK-3.

Pendant la période de cette thèse et, en prévision de la mise en place de la phase d'expérimentation⁵⁵, une guitare Godin xTSA⁵⁶ a été acquise. Cette guitare est un mélange entre la Fender Stratocaster et la Godin Multiac SA. Comme la première, elle intègre un circuit monophonique « classique » des guitares électriques *solidbody* (deux microphones à double bobinage positionné au niveau du manche et du chevalet) et 1 microphone simple bobinage (position « rosace »), un sélecteur 5 positions, un potentiomètre de volume, un potentiomètre de *tone* et des cordes métalliques. Comme la seconde, elle intègre les contrôles de l'égaliseur 3 bandes, du volume général et du matériel Roland. De même, elle reprend les fonctionnalités des deux boutons présents sur la Godin Multiac SA, mais remplace ceux-ci par un interrupteur momentané à deux positions⁵⁷. Le potentiomètre à glissière gérant le niveau sonore du synthétiseur devient, avec cette guitare (et toutes les versions électriques de la même collection) circulaire. De même, une sortie supplémentaire, par un connecteur Jack 6.35mm femelle, fait son apparition et permet d'accéder au son des microphones magnétiques monophoniques.

Dans le dernier trimestre de cette thèse, une guitare électrique intégrant un microphone Cycfi Nu a été construite à partir d'éléments séparés (provenant du site Warmoth⁵⁸) qui ont été assemblés. Cette guitare électrique *solidbody* reprend la structure d'une Fender Stratocaster⁵⁹ et intègre le microphone hexa-

55. Se référer à « *Étude de la pratique des traitements sonores hexaphoniques* », p. 351.

56. En ligne <http://godinguitars.com/xtsa.pdf> [consulté le 17/12/2021].

57. Un interrupteur momentané signifie que lorsque l'action sur celui-ci est relâchée, il revient à sa position initiale. Celui présent sur la guitare Godin xTSA est à deux positions, ce qui signifie qu'il peut être actionné vers le haut ou vers le bas et qu'il revient à la position médiane lorsqu'il est relâché.

58. En ligne <https://warmoth.com/> [consulté le 17/12/2021].

59. Le set de microphones monophoniques est un Seymour Duncan Classic Stack Plus Strat (STK-4M).



(a) Roland GK-3 installé sur la Fender Made in Japan.

(b) Contrôles présents sur la Godin Multiac SA.



(c) Cycfi Nu installé sur une guitare de type Fender Stratocaster.

FIGURE 3.2. Les différents systèmes hexaphoniques utilisés.

phonique magnétique Cycfi Nu⁶⁰, une carte électronique d'interconnexion et le connecteur LEMO 19 broches. Un boîtier, le Cycfi Nexus⁶¹, accompagne le système et fait office de boîtier de conversion entre le connecteur 19 broches et une série de connecteurs Jack 6.35mm femelles stéréophoniques. C'est, de plus, par ce boîtier, que le microphone est alimenté en courant. Du fait de l'arrivée tardive de cette guitare dans l'instrumentarium hexaphonique, celle-ci n'a pas pu être utilisée par les guitaristes qui ont pris part aux expérimentations⁶². Elle a cependant été utilisée pour enregistrer les sons de base à partir desquels les démonstrations des traitements sonores que nous avons évoqués tout au long de ces pages ont été enregistrées.

Il faut noter que le microphone Roland GK-3 a été testé avec une guitare Music Man Axis⁶³. Le premier test a été réalisé lors de la première résidence du projet Puzzle⁶⁴ et de la découverte du système par le guitariste Ivann Cruz. La guitare Music Man est sa guitare personnelle et après une première session de test avec la Fender Stratocaster Made In Japan, il a été décidé de fixer le microphone sur cette guitare. Celle-ci est constituée de deux microphones double bobinage et d'un système de trémolo (*double locking* type Floyd Rose Music Man). L'espace entre le microphone en position chevalet et le trémolo que cette guitare intègre n'étant pas suffisamment important pour intégrer le Roland GK-3⁶⁵, celui-ci a été positionné après le microphone double bobinage de la position chevalet. Le microphone GK a finalement été abandonné par le guitariste, d'une part parce que la sonorité globale lui paraissait moins intéressante pour la pratique des traitements sonores hexaphoniques que celui de la Godin Multiac SA. D'autre part, parce que le positionnement du microphone Roland après le microphone double bobinage de la position chevalet de cette guitare entraîne la présence du câble de liaison des cellules hexapho-

60. En ligne <https://www.cycfi.com/projects/nu-series/> [consulté le 17/12/2021].

61. En ligne <https://www.cycfi.com/projects/nexus-gk/> [consulté le 17/12/2021].

62. Se référer à « Étude de la pratique des traitements sonores hexaphoniques », p. 351.

63. En ligne <https://www.musicman.fr/instruments/guitars/axis> [consulté le 17/12/2021].

64. Se référer à « La pratique de la guitare hexaphonique dans *Puzzle* d'Ivann Cruz », p. 316.

65. Le positionnement du Roland GK-3 est conseillé par la marque comme devant être le plus proche possible du microphone chevalet. Cette position facilite le travail des algorithmes de détection de la hauteur jouée en limitant le nombre d'harmoniques présentes à cet endroit. Dans le cadre de l'application de traitement différencié pour chaque corde, ce positionnement n'est pas indispensable et le microphone peut être positionné à n'importe quel endroit.

niques au kit de fixation et d'amplification dans le mouvement de la main du guitariste. Ce problème aurait pu être résolu par l'intégration à la guitare d'un kit GK-3⁶⁶ (équivalent du Roland GK-3, mais directement à intégrer dans la guitare). Cette opération modifie cependant l'instrument de façon permanente et cela n'a pas été souhaité par le guitariste. Le choix s'est donc porté dans un premier temps sur l'utilisation de la Godin Multiac SA. Après plusieurs périodes de résidences et de pratique du dispositif hexaphonique, Ivann Cruz a fait l'acquisition d'une Godin LGXT⁶⁷. Cette guitare est très proche dans sa forme de la Godin xTSA et diffère notamment sur les microphones mono-phoniques utilisés (et sur le bois du corps de l'instrument). Là encore, il s'agit de microphones double bobinage. Ces microphones sont de la marque Seymour Duncan, là où ils étaient de la marque Godin pour la xTSA.

La figure 3.3 reprend la plupart des guitares utilisées tout au long de ce travail de recherche.

3.3 Logiciel : Le multieffet hexaphonique

Le multieffet développé dans le cadre de ce travail de recherche est l'outil principal du développement de la pratique hexaphonique que nous analysons dans le dernier chapitre⁶⁸. Il a d'abord été développé sur ordinateur dans un cadre d'utilisation classique de Musique Assistée par Ordinateur (présence d'une carte son, d'un système de diffusion, d'interface de contrôle gestuelle) puis intégré dans un système embarqué. Un boîtier de conversion est nécessaire pour transformer les 13 broches du connecteur DIN⁶⁹ employé par les systèmes Roland et les guitares Godin en 6 connecteurs Jack 6.35mm. Cette

66. En ligne <https://www.roland.com/fr/products/gk-kit-gt3/> [consulté le 17/12/2021].

67. En ligne <https://godinguitars.com/manuals/lgxt.pdf> [consulté le 17/12/2021].

68. Se référer à « Analyse des pratiques de la guitare hexaphonique. », p. 311.

69. Pour rappel, ce type de connecteur est celui employé par la marque Roland depuis les années 1990 avec ses systèmes de guitares-synthétiseurs. Il est devenu le standard auquel les autres marques de guitares (telles Godin) ou de guitares-synthétiseurs se sont conformées. Il faut cependant noter que la marque Cycfi et la marque Ubertar se sont affranchies de cette norme. La première utilise un connecteur LEMO 19 broches et la seconde un connecteur DIN 7 broches.



(a) Fender Made in Japan munie du Roland GK.



(b) Godin Multiac (c) Godin LGXT. (d) Guitare type Fender Stratocaster avec Cycfi Nu installé.

FIGURE 3.3. Les différentes guitares utilisées pendant le travail de recherche.

transformation permet la connexion directe à la carte son RME Fireface UC ⁷⁰ utilisée.

Nous allons maintenant faire un état de l'art des solutions logicielles que nous avons prises en considération dans la création de notre multieffet, avant de détailler les différentes parties le constituant.

3.3.1 Système logiciel de programmation audio

La programmation d'un multieffet hexaphonique peut être réalisée de deux façons : soit par l'utilisation d'un programme tiers permettant le développement d'application audio par le biais d'éléments graphiques, soit par l'utilisation d'un langage de programmation.

La première façon est l'utilisation de logiciels de programmation par objets graphiques comme Max MSP de Cycling' ⁷⁴ ⁷¹ et Pure Data ⁷². Ceux-ci correspondent à des logiciels dits « page blanche » sur lesquelles des blocs graphiques peuvent être placés et connectés entre eux. Chaque bloc réalise une fonctionnalité (paramétrable) particulière (multiplication, addition de signaux ou de nombres, [transposition](#) de la [hauteur](#) du son, application d'un temps de retard, etc.) et l'interconnexion de ces blocs permet de développer des fonctions plus complexes. Ces logiciels peuvent traiter aussi bien des objets sonores que des objets visuels. Ils disposent d'éléments d'interfaces graphiques (*slider*, potentiomètres, sélecteur, etc.) pouvant être connectés aux différents blocs dans le but d'en modifier les paramètres. Un grand nombre des blocs disponibles donnent accès à des interfaces physiques permettant ainsi de connecter les différents modules sonores (ou vidéo) développés à des contrôleurs [MIDI](#), à des sites internet ou encore à des cartes de prototypage physique rapide (utilisation de capteurs ou d'actionneurs) du type Arduino ⁷³ ou Teensy ⁷⁴ par exemple. Ces deux logiciels partagent la même base, mais le premier (Max MSP) a suivi un développement commercial alors que le second (Pure Data) a été rendu disponible en ligne par le biais d'une licence *open-source* permissive. Les différentes bibliothèques qui ont été ajoutées au programme de base au fil des années sont le

70. En ligne <https://www.rme-audio.de/fireface-uc.html> [consulté le 17/12/2021].

71. En ligne <https://cycling74.com/> [consulté le 17/12/2021].

72. En ligne <https://puredata.info/> [consulté le 17/12/2021].

73. En ligne <https://www.arduino.cc/> [consulté le 17/12/2021].

74. En ligne <https://www.pjrc.com/> [consulté le 17/12/2021].

fait d'une communauté de développeurs active. La différence d'orientation prise par ces deux logiciels a entraîné des développements dans des directions différentes : le développement commercial de Max MSP a induit la présence d'une interface graphique plus centrée vers l'utilisateur (en comparaison à l'interface graphique minimaliste de Pure Data), le développement d'éléments de traitements sonores et vidéos pointus, mais aussi le rapprochement avec des logiciels existants. C'est notamment le cas du logiciel Live d'Ableton dans lequel des patchs Max MSP peuvent être intégrés (à la manière d'un *plugin* audio). Dans le cas de Pure Data, là aussi, de nombreux éléments sonores et vidéo pointus ont été ajoutés et la partie sonore de base du logiciel a été convertie en **bibliothèque** (nommée `libpd`⁷⁵) pour différents langages de programmation tels que : C++, Java, Python, C#, Objective-C. Cela signifie que les patchs créés avec le logiciel peuvent être intégrés dans n'importe quel programme écrit avec l'un de ces langages, que celui-ci soit exécuté sur un ordinateur, en ligne ou sur un système embarqué. Les avantages de ces deux programmes ont servi au développement de différentes versions du multieffet hexaphonique.

En ce qui concerne les langages de programmation, le principal langage pour les applications audio temps réel⁷⁶ est le langage C++⁷⁷. À partir de ce langage, différents **cadres applicatifs** ou **bibliothèques** (appelées aussi « librairies » par anglicisme) sont disponibles et peuvent être utilisés. Une **bibliothèque** est typiquement un ensemble de fonctions autour d'une thématique particulière (extraction de caractéristiques du signal audio (**bibliothèque** `{aubio}`⁷⁸, par exemple), synthèse audio (**bibliothèque** STK⁷⁹, par exemple), son audio 3D pour le jeu vidéo (**bibliothèque** OpenAL⁸⁰ par exemple), etc.). Cet ensemble de fonctions peut être ajouté à n'importe quel programme écrit dans le langage de la **bibliothèque**. Les lignes de code, faisant appel à des fonctions des **bibliothèques** ajoutées, exécutent directement le code présent dans la **bibliothèque**.

75. En ligne <https://github.com/libpd/libpd> [consulté le 17/12/2021].

76. La notion « temps réel » signifie les conversions (analogique-numérique et numérique-analogique) et les opérations appliquées au signal doivent être exécutées le plus rapidement possible. Le seuil de 10 ms est régulièrement cité comme étant la limite au-delà de laquelle un temps de **latence** se fait entendre. En-dessous de ce seuil, la sensation de temps réel est obtenue. Il faut noter que ce seuil, même s'il est communément admis, est dépendant de chaque personne.

77. En ligne <https://en.cppreference.com/w/cpp> [consulté le 17/12/2021].

78. En ligne <https://aubio.org/> [consulté le 17/12/2021].

79. En ligne <https://ccrma.stanford.edu/software/stk/> [consulté le 17/12/2021].

80. En ligne <https://openal.org/downloads/> [consulté le 17/12/2021].

Il faut noter que `libpd` que nous avons mentionnée ci-dessus (créée sur base du logiciel Pure Data) est une **bibliothèque** intégrant un grand nombre de modules sonores. Un **cadre applicatif** (ou *framework*) correspond à une structure ou à une méthode de travail spécifique que le programme doit intégrer. Des **bibliothèques** peuvent généralement être ajoutées à un **cadre applicatif** donné. Un élément de ce type qui a suscité un intérêt important pour nous (nous l'avons notamment utilisé dans la reprise du projet EGT⁸¹) est le **cadre applicatif** JUCE⁸². Celui-ci fournit une structure décrivant les différentes étapes de programmes audio incluant ou non une interface graphique, interagissant ou non avec des interfaces de commande gestuelles extérieures ou avec d'autres programmes. Celui-ci a été en partie créé pour unifier le développement de *plugin* audio. En effet, avant le développement de ce **cadre applicatif** spécifique, le concepteur d'un *plugin*, s'il souhaitait le rendre disponible pour tous les systèmes d'exploitation et/ou les différentes stations de travail audio numériques, devait réécrire plusieurs fois le programme pour le rendre compatible avec les différentes normes de *plugins* existantes (VST⁸³, LV2⁸⁴, AU⁸⁵, par exemple). Avec le **cadre applicatif** JUCE, un même programme avec une interface graphique spécifique peut être « facilement » rendu compatible avec différents systèmes d'exploitation (Windows, Mac OSX, Linux, etc.) et/ou différentes plateformes (mobile, ordinateur, etc.) et/ou différentes normes de *plugins*.

Un autre langage, cependant, présente un intérêt particulier dans le contexte qui est le nôtre. Il s'agit du langage FAUST⁸⁶ qui est développé par le centre national de création musicale GRAME.⁸⁷ Ce langage est un langage fonctionnel (Orlarey et al., 2009) développé spécifiquement pour le traitement ou la synthèse audio du signal en temps réel. À partir d'une syntaxe réduite, il permet de programmer, des traitements sonores, avec ou sans interface graphique, connectés ou pas à des interfaces de contrôles gestuelles extérieures. Le deuxième

81. Se référer à « Logiciel : Reprise du projet de recherche Enriched Guitar Transcription », p. 273.

82. En ligne <https://juce.com/> [consulté le 17/12/2021].

83. En ligne <https://new.steinberg.net/developers/> [consulté le 17/12/2021].

84. En ligne <https://lv2plug.in/> [consulté le 17/12/2021].

85. En ligne <https://developer.apple.com/library/archive/documentation/MusicAudio/Conceptual/AudioUnitProgrammingGuide/AudioUnitDevelopmentFundamentals/AudioUnitDevelopmentFundamentals.html> [consulté le 17/12/2021].

86. En ligne <https://faust.grame.fr/> [consulté le 17/12/2021].

87. En ligne <https://grame.fr/> [consulté le 17/12/2021].

élément caractéristique de ce langage est qu'il peut être exporté de manière optimisée vers une quantité importante de plateformes différentes, que celles-ci soient logicielles (Max MSP, Pure Data, Soul⁸⁸ (Letz et al., 2020), VST (Michalevsky et al., 2014), LV2 (Gräf, 2013), JUCE (Albouy et Letz, 2017), etc.), matérielles (Teensy⁸⁹ (Michon et al., 2019), Sharc Audio Module⁹⁰, Bela⁹¹, Esp 32⁹² (Michon et al., 2020), application Android (Michon, 2013)) ou en ligne (Wap (Buffa et al., 2018), WebAssembly (Stéphane Letz, 2017)). La quantité et la diversité de ces différentes plateformes d'export constituent l'une des grandes forces du langage Faust. À l'inverse des solutions logicielles présentées plus haut dans ce texte (Max MSP et Pure Data) et qui sont exclusives, les solutions liées à l'utilisation d'un langage de programmation sont complémentaires. En effet, un traitement sonore hexaphonique réalisé en Faust peut, par exemple, être exporté pour le **cadre applicatif** JUCE auquel des **bibliothèques** C++ peuvent être ajoutées. Le programme ainsi créé dans JUCE peut ensuite être exporté comme application autonome, comme *plugin* audio ou comme application pour *smartphone*. Cependant, avec les connaissances qui étaient les nôtres au moment des premiers développements du multieffet hexaphonique, le logiciel Max MSP était l'alternative la plus adaptée et la plus rapide à mettre en œuvre.

3.3.2 Multieffet hexaphonique : architecture globale et modules

Développer un traitement sonore hexaphonique à partir des logiciels « page blanche » ou des **cadres applicatifs** et **bibliothèques** spécialisés dans le développement audio n'est pas une chose compliquée en soi. En effet, ces différentes possibilités proposent toutes des exemples de traitements sonores ainsi que des solutions pour instancier⁹³ un nombre donné de fois un traitement particu-

88. En ligne <https://soul.dev/> [consulté le 17/12/2021].

89. En ligne <https://www.pjrc.com/> [consulté le 17/12/2021].

90. En ligne <https://wiki.analog.com/resources/tools-software/sharc-audio-module/faust> [consulté le 17/12/2021].

91. En ligne <https://bela.io/> [consulté le 17/12/2021].

92. En ligne <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32> [consulté le 17/12/2021].

93. La notion d'« instance » est empruntée à la programmation et correspond à la création d'un objet à partir d'un modèle. L'instanciation d'un modèle dans un objet entraîne la réservation d'un espace mémoire dédié et l'initialisation de l'objet.

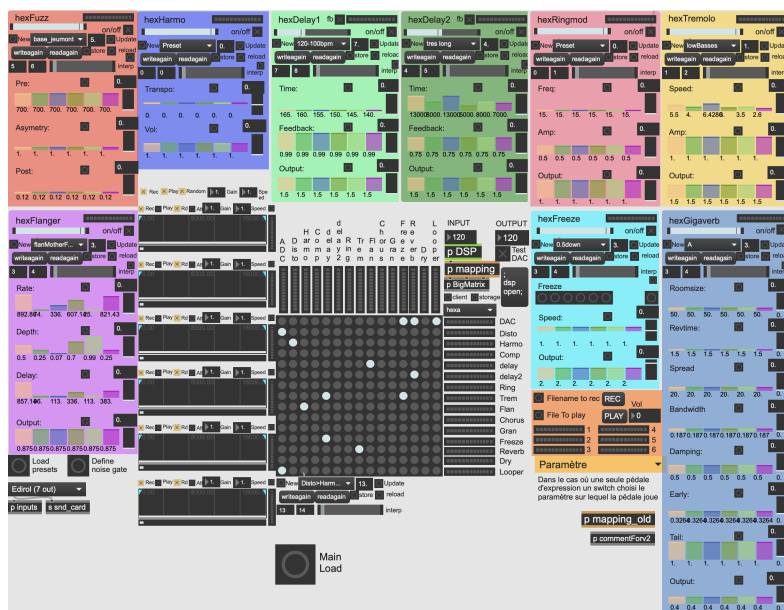


FIGURE 3.4. Le multieffet hexaphonique développé dans Max MSP.

lier⁹⁴. Max MSP ayant été la première solution de développement utilisée c'est l'objet `poly~` qui est utilisé pour instancier les différents traitements sonores. Celui-ci possède la particularité de pouvoir désactiver chacune des instances séparément (par le message `mute`) et ainsi de les supprimer de la boucle de calcul du programme⁹⁵. Le patch Max MSP développé est repris à la figure 3.4.

94. Le langage Faust possède la fonction `par`, les langages de programmation plus classiques peuvent utiliser des tableaux ou des vecteurs d'objets par exemple. Max MSP et Pure Data possède le principe d'abstraction ou encore des objets spécifiques tels que `poly` ou `clone`.

95. Ce comportement correspond à la même idée que le concept de « *true bypass* » que l'on trouve de manière quasi systématique aujourd'hui sur les pédales de traitements des guitares électriques. Les pédales intégrant ce principe ajoutent une ligne électrique qui, en quelque sorte, contourne le traitement lorsque celui-ci est désactivé. Cela a pour effet ne pas modifier le signal d'entrée en évitant les possibles pertes de niveau sonore, ou l'ajout de bruit par exemple. Le principe est le même au niveau de l'objet `poly~` qui en plus de ne pas modifier le signal d'une instance donnée, libère de la puissance de calcul puisque le traitement n'est pas effectué.

3.3.2.1 Structure globale d'un traitement sonore hexaphonique

Les différents traitements sonores développés suivent tous la même structure avec une séparation entre les objets réalisant le traitement audio et les objets réalisant l'interface graphique de contrôle. Chaque paramètre d'un traitement sonore spécifique possède 6 curseurs. Chacun de ces curseurs correspond à la valeur de ce paramètre pour une corde donnée. Un 7^{ème} curseur est présent pour chaque paramètre et permet le contrôle des 6 autres. De plus, les valeurs des paramètres peuvent être introduites soit graphiquement, par la manipulation du curseur, soit par le clavier en entrant directement la valeur souhaitée dans des boîtes indiquant la valeur numérique du curseur. Cette dernière fonctionnalité, bien que basique, est utile lorsqu'il est nécessaire de spécifier une valeur précise qui peut s'avérer difficilement atteignable par les curseurs graphiques. Les différents traitements possèdent chacun leur système d'enregistrement et de gestion de préconfigurations. Les objets de la famille `pattrstorage` utilisés pour la mise en place de ce système intègrent la possibilité d'interpoler entre deux préconfigurations⁹⁶. L'interpolation est le procédé qui permet le passage continu d'une valeur numérique à une autre par le calcul des valeurs intermédiaires. Ce principe appliqué à l'échelle d'une configuration d'un traitement sonore hexaphonique revient à réaliser autant d'interpolations qu'il y a de paramètres. Ce procédé complète le « rappel » de préconfigurations, qui, lui, correspond à un changement direct (sans transition) de préconfiguration. Pour finir, chaque traitement possède un contrôle de *dry/wet* permettant de définir le taux de signal traité par rapport au signal non traité. Il faut noter que celui-ci peut être, d'une certaine manière, considéré comme une interpolation entre le niveau sonore non traité et le niveau sonore traité. Un exemple de l'interface graphique utilisée pour chaque traitement du multieffet hexaphonique est repris à la figure 3.5.

3.3.2.2 Traitements sonores intégrés

Les traitements utilisés dans ce patch de multieffets sont des traitements qui font partie de l'instrumentarium de la guitare électrique. Cependant, les trai-

96. Par défaut, l'interpolation entre deux pré-configurations est réalisée entre une pré-configuration donnée et la suivante (dans la liste des pré-configurations disponibles), mais celle-ci peut intervenir entre n'importe quelles pré-configurations.

tements de *modulation en anneau*, de *flanger* et de *freeze* apparaissent comme ceux avec lesquels les guitaristes avaient le moins de pratique. Les traitements hexaphoniques listés ci-dessous sont essentiellement le résultat de l'adaptation de traitements existants provenant, soit, directement des exemples du logiciel Max MSP, soit de la littérature. Étant donné que l'accent, dans ce travail, a été mis sur la pratique, nous n'avons pas cherché à développer des traitements complexes (traitement de *délai* avec plusieurs lignes à retard, *modulation en anneau* ou *trémolo* avec *séquenceur*, par exemple), mais plus à limiter ceux-ci à leurs fonctions principales.

hexFuzz Le traitement de *fuzz* est un traitement qui applique au signal une distorsion asymétrique. Cela signifie que les parties positives et négatives du signal qui entrent en distorsion sont asymétriques (Zölzer et al., 2011, pp. 146-147). À l'inverse et à titre de comparaison, les traitements d'*overdrive* et de *distorsion* appliquent une distorsion « symétrique », identique aux parties positives et négatives du signal (Zölzer et al., 2011, pp. 126-127). Une approximation de ce comportement asymétrique est obtenue, dans les traitements sonores hexaphoniques présents dans *bibliothèque* d'objets Max MSP du CNMAT (Andrews, 1997)⁹⁷, par l'utilisation d'une fonction tangente hyperbolique à laquelle un coefficient est ajouté pour créer l'asymétrie recherchée.

hexHarmo Le traitement de *transposition* utilisé est l'objet *transpose* des exemples de traitements sonores⁹⁸ du logiciel Max MSP. Cet objet est basé sur l'implémentation d'un *effet Doppler* (Zölzer et al., 2011, p. 178) auquel le mouvement de la source sonore a été retiré⁹⁹.

97. Il faut noter que cet ensemble d'objets n'est plus disponibles dans les versions actuelles de la *bibliothèque* d'objets Max MSP CNMAT. La citation montre que le CNMAT a travaillé sur la problématique des traitements sonores hexaphoniques dès 1997, mais les traitements auxquels l'auteur a eu accès sont plus simples et plus basiques que ceux décrits dans la référence.

98. En ligne https://docs.cycling74.com/max8/vignettes/sound_processing_techniques_topic [consulté le 17/12/2021].

99. L'effet Doppler correspond à l'effet obtenu lorsqu'une source sonore se déplace autour de l'auditeur. Il en résulte une modification de la *hauteur* perçue par l'auditeur. L'exemple caractéristique de cet effet est celui de l'ambulance qui passe et dont la *hauteur* du son de la sirène est modifiée.

hexDelay Le traitement de **décalai** implémenté est basé sur les objets Max MSP présents à cet effet : `tapin~`, `tapout~`. Le premier va créer une mémoire tampon circulaire (*ring buffer* ou *buffer* circulaire¹⁰⁰) d'une taille définie par l'utilisateur. Ce type de mémoire (qui est programmatique) agit comme si son entrée et sa sortie étaient connectées (d'où l'utilisation du terme « circulaire »). La mémoire est remplie au fur et à mesure par décalages successifs à chaque réception d'**échantillons** audio. Les **échantillons** en fin de *buffer* sont supprimés pour laisser la place aux nouveaux **échantillons**. La mémoire est ainsi constamment mise à jour. L'objet `tapout~` est celui qui représente la ligne à retard. Cet objet va lire la mémoire tampon circulaire avec un décalage correspondant à la valeur du paramètre de temps de décalai du traitement. À ce système de *buffer* circulaire est ajoutée une boucle de rétroaction dont le volume est contrôlable par le paramètre *Feedback* du traitement. Un gain de sortie a été ajouté de manière à pouvoir adapter le volume du traitement par rapport au signal non traité lorsque le paramètre *dry/wet* n'est pas utilisé à sa valeur maximale.

hexTremolo et hexRingmod Les traitements de **trémolo** et de **modulation en anneau** sont tous les deux basés sur une modulation d'amplitude du signal sonore. La modulation d'amplitude (*Amplitude Modulation* ou AM) consiste en la modification d'un signal porteur par une onde modulante (Zölzer et al., 2011, pp. 84-85). Dans le cas du **trémolo** et du **modulation en anneau**, le signal porteur est celui de la guitare et l'onde modulante est généralement une onde sinusoïdale¹⁰¹. Ce qui différencie les deux traitements est la plage de fréquence de l'onde modulante. Le **trémolo** a une plage de fréquence de 0.1 à 20Hz qui résulte dans une modulation lente de l'amplitude. Le traitement de **modulation en anneau** commence au-delà de la fréquence haute de l'onde modulante du **trémolo**. Au-delà de 70Hz, il donne à entendre trois fréquences correspondant à l'onde porteuse (le signal de guitare), à la somme et à la soustraction de l'onde porteuse et de l'onde modulante. Entre 20Hz et 70Hz, la perception des trois composantes n'est pas aussi claire (Zölzer et al., 2011, p. 85). Comme pour le traitement de **décalai** un paramètre de gain a été ajouté à ces deux traitements.

100. En ligne <https://embeddedartistry.com/blog/2017/05/17/creating-a-circular-buffer-in-c-and-c/> [consulté le 17/12/2021].

101. D'autres types d'ondes (carrée, dents de scie, triangle, etc.) peuvent cependant être utilisées.

hexFlanger Le traitement de *flanger* présent dans le patch est aussi issu des exemples du logiciel Max MSP. Comme nous l’avons déjà précisé le *flanger* est le résultat de la modulation continue (par une onde sinusoïdale) du temps de délai d’une ligne à retard (avec boucle de rétroaction) et du mixage de cette ligne à retard avec le signal non traité. Il faut noter que les *timbres* disponibles à partir de ce *flanger* hexaphonique vont plus loin que la majorité des équivalents présents sous forme de pédales d’effet¹⁰² (Electro-Harmonix Electric Mistress¹⁰³ ou Boss BF-2¹⁰⁴, par exemple). En effet, les composants spécifiques utilisés dans les pédales de traitements sonores analogiques vont avoir une fonction particulière à l’intérieur du circuit, mais ils vont aussi être porteurs de limites. Ces limites hautes et basses vont définir l’échelle de valeurs sur laquelle va évoluer chaque paramètre de la pédale et ainsi modifier le *timbre* du traitement. C’est, par exemple, en partie par ces échelles, que la famille des pédales Big Muff de la marque Electro-Harmonix a pu se développer¹⁰⁵. Lors de l’implémentation sous forme de programme du principe global d’un traitement sonore, aucune échelle de valeurs n’est définie au préalable, mais l’est a posteriori. L’implémentation de ce *flanger* particulier intègre des limites qui se situent dans des gammes de valeurs plus grandes que celles généralement utilisées. Il en résulte une gamme de *timbres* beaucoup plus étendue que ce que l’on trouve de manière générale dans les versions pédales du traitement¹⁰⁶.

hexFreeze Le traitement de *freeze* intégré dans le patch multieffet provient de la *bibliothèque vb-objects*¹⁰⁷ pour Max MSP. Le gel du son peut-être obtenu de plusieurs manières (Charles, 2008), mais chacune d’entre elles se base sur un calcul de la transformée de Fourier d’un échantillon sonore d’une certaine longueur (initialisée par défaut à 400ms dans le cas de l’objet `vb.freezer~`). À partir de la transformée de Fourier, les coordonnées polaires sont calculées,

102. La Lovetone? - Flanger with No Name est la seule pédale qui à notre connaissance propose une gamme de *timbre* développée.

103. En ligne <https://www.youtube.com/watch?v=irW-k5icylw&t=325s> [consulté le 17/12/2021].

104. En ligne <https://youtu.be/r08kCBrjWPA> [consulté le 17/12/2021].

105. Le lecteur désireux d’approfondir les différentes versions existantes de ces pédales pourra se référer à : en ligne http://www.kittrae.net/music/music_big_muff.html [consulté le 17/12/2021].

106. Se référer à l’enregistrement sonore `ref-mono-Flanger_timbres-mono`, en ligne <https://vimeo.com/640301340> [consulté le 17/12/2021].

107. En ligne <https://vboehm.net/downloads/> [consulté le 17/12/2021].

la phase est altérée et le spectre est resynthétisé à partir d'une conversion des coordonnées polaires en coordonnées cartésiennes. Dans le cas de cet objet, la phase est simplement remplacée par une valeur aléatoire. L'échantillon ainsi resynthétisé est ensuite lu par l'objet `groove~` de Max MSP¹⁰⁸. Celui-ci permet, entre autres choses, la lecture en boucle d'un échantillon sonore et le paramétrage de sa vitesse de lecture. Un contrôle de la vitesse de lecture est ajouté à notre traitement de *freeze* hexaphonique qui permet alors de transposer¹⁰⁹ le son gelé.

hexGigaverb Le traitement de réverbération utilisé est un des exemples¹¹⁰ utilisant le moteur `gen~`¹¹¹ présent dans le logiciel Max MSP. Il s'agit d'une implémentation du code GVerb de Juhana Sadeharju¹¹². Ce traitement de réverbération particulier permet la génération de réverbérations longues à partir d'un réseau de lignes à retard. L'implémentation effectuée dans le module `gen~` de Max MSP intègre de nombreux contrôles comme la quantité de premières réflexions (*early reflections*), le niveau de la queue (*tail*) de la réverbération ou encore l'absorption de la pièce simulée (*damping*).

hexLooper Le boucleur présent dans ce patch est basé sur l'objet `groove~` de Max MSP¹¹³. Celui-ci permet, entre autres, la lecture en boucle d'un échantillon sonore et le paramétrage de sa vitesse de lecture. Différentes vitesses de

108. En ligne <https://docs.cycling74.com/max7/refpages/groove~> [consulté le 17/12/2021].

109. Pour rappel, la modification de la lecture d'un échantillon sonore modifie sa hauteur. À titre d'exemple, un échantillon sonore lu à une vitesse deux fois moins rapide que sa vitesse de base est transposé à l'octave inférieure. Un échantillon sonore lu à une vitesse deux fois plus rapide que sa vitesse de base est transposé à l'octave supérieure. Lors du changement de vitesse, la hauteur peut ne pas être modifiée par l'utilisation du traitement de *time-stretching* (Zölzer et al., 2011, p. 189).

110. En ligne https://docs.cycling74.com/max8/vignettes/gen_topic [consulté le 17/12/2021].

111. `Gen~` est un module de Max MSP permettant le développement de traitements audio optimisés ayant une précision de l'ordre de l'échantillon (*per-sample basis*). Les traitements développés via ce module peuvent être exportés et intégrés dans des applications et dans des unités matrielles.

112. En ligne <https://github.com/highfidelity/gverb> [consulté le 17/12/2021].

113. Voir note de bas de page 108.

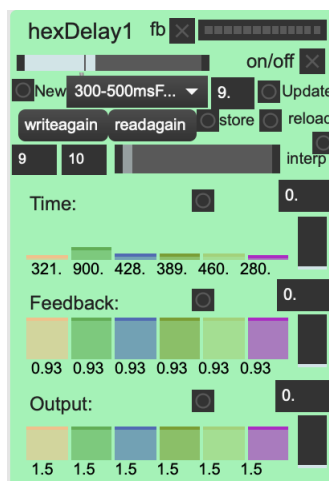


FIGURE 3.5. Interface graphique du traitement de **décal** hexaphonique.

lecture prédéfinies ont été ajoutées à partir de l'« aire de jeu »¹¹⁴ permettant au guitariste d'accéder rapidement, par le biais d'un pédalier de commande externe, de manipuler la phrase musicale qu'il a enregistrée. Bien que ce traitement soit présent dans 6 instances, le contrôle de chacune de ces instances est commun, par souci de simplicité par rapport aux possibilités déjà présentes. Il n'est donc pas utilisé en hexaphonie. Il faut noter que ce traitement ne faisait pas partie de la structure de départ du patch, mais qu'il a été rajouté à la demande du guitariste.

D'autres traitements tels que le **chorus** ou la **synthèse granulaire** ont été développés, mais n'ont finalement pas été retenues.

3.3.2.3 Interconnexion des traitements sonores

Les différents traitements sonores sont reliés par une matrice d'interconnexion permettant de choisir graphiquement l'ordre d'agencement des traitements.¹¹⁵ Cette caractéristique a été ajoutée pour permettre la définition et la gestion

114. Se référer à « Aire de jeu », p. 268.

115. Ce type de matrice d'interconnexion est déjà présente dans les configurations matérielles des synthétiseurs analogiques modulaires des années 1960.

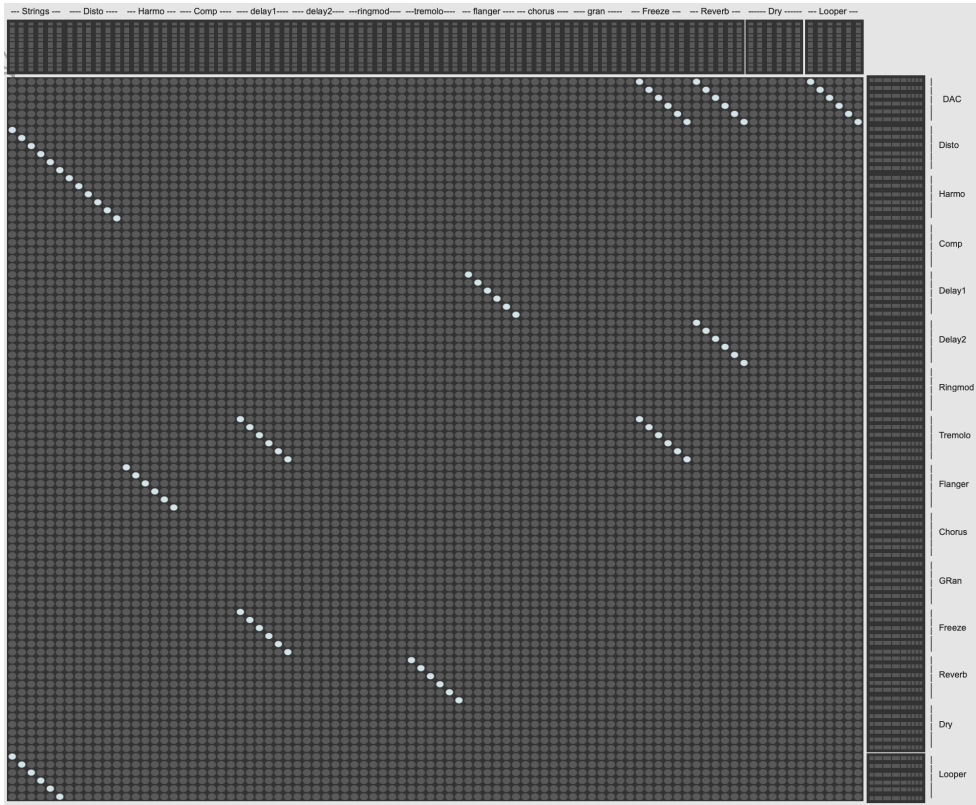
simples des différents chaînages qui allaient être créés.¹¹⁶ Cette matrice d'interconnexion, hexaphonique au départ, a cependant été réduite dans la page principale du programme par souci de simplicité d'utilisation et de visualisation. En effet, le patch intègre 10 traitements sonores ce qui représente 60 signaux audio à interconnecter auxquels doivent être rajoutée la connexion des entrées et des sorties. Ceci porte donc le nombre de signaux interconnectables à 72. La matrice réduite pourrait être qualifiée de « matrice monophonique » puisque la connexion des 6 signaux d'un traitement sonore hexaphonique est réalisée directement à partir d'un seul bouton. Pour une meilleure visualisation de cette problématique, la matrice globale et la matrice réduite sont reprises à la figure 3.6. Un lien est créé entre les deux matrices de telle sorte que la manipulation de la matrice réduite se répercute automatiquement sur la matrice hexaphonique globale. La matrice réduite possède, elle aussi, un système de gestion des préconfigurations qui lui permet de sauvegarder aussi bien les différents agencements que les préconfigurations utilisées par les traitements sonores. Pour finir, il faut que les différentes préconfigurations d'agencement des sorties audio soient programmées. Cette fonctionnalité permet d'adapter rapidement une configuration globale du patch à différentes situations de diffusion.

Cette structure offre donc un double niveau de préconfigurations : un niveau de préconfiguration « traitement » et un niveau de préconfiguration « *pedalboard* ». Il faut noter que ces deux niveaux de préconfigurations, s'ils sont souvent présents dans les systèmes numériques (logiciels ou matériels), ne le sont que très peu avec les pédales de traitements sonores analogiques¹¹⁷. Dans ce dernier cas, le changement de chaînage doit être réalisé directement à la main. Il s'ensuit qu'une grande majorité des guitaristes n'a pas l'habitude de ces systèmes et que, lors des expérimentations¹¹⁹, cette partie spécifique a généralement

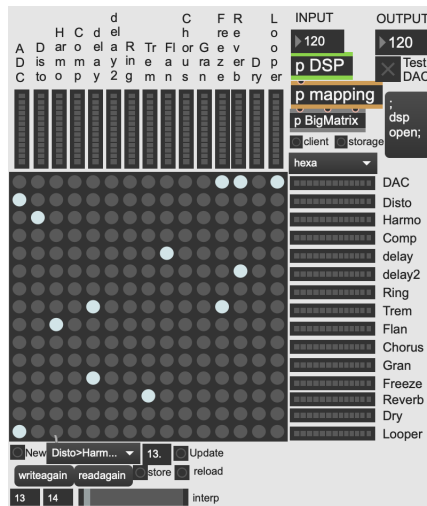
116. Sans cet outil, il aurait été nécessaire de modifier directement le patch à la main à chaque changement d'agencement des traitements sonores.

117. Nous pouvons, cependant, nuancer cette remarque. En effet, comme nous l'avons vu dans notre étude de l'évolution des pédales de traitements sonores, l'actuel développement important des pédales numériques ou des pédales hybrides¹¹⁸, leur relative transparence par rapport aux pédales analogiques et le développement du contrôle MIDI par connecteur Jack 3.25mm (ou « minijack ») apportent de plus en plus un niveau de pré-configuration « traitement » directement au niveau des pédales. De même, de nouveaux *pédaliers* permettant le contrôle de plusieurs pédales par ce biais apparaissent et permettent plus facilement d'accéder à un niveau de pré-configuration « *pedalboard* ».

119. Se référer à « *Étude de la pratique des traitements sonores hexaphoniques* », p. 351.



(a) Matrice hexaphonique.



(b) Matrice réduite.

FIGURE 3.6. Les matrices d'interconnexion.

constitué une nouveauté au même titre que les traitements sonores hexaphoniques. La problématique de l'ordre des traitements sonores a cependant été, la plupart du temps, fixée rapidement.

3.3.2.4 Connexion d'interfaces de contrôles externes

D'autre part, un système de *mapping* a été développé pour accéder rapidement au pilotage par des interfaces gestuelles externes (pédaliers, pédales d'expression, etc.) de n'importe quel paramètre présent dans le multieffet. L'interface graphique (figure 3.7) créée pour ce système propose une ligne par relation entre un élément de contrôle physique et un paramètre. Cette ligne permet de définir les informations suivantes : interface matérielle utilisée, type de message MIDI, numéro de l'élément MIDI, canal MIDI¹²⁰, plage de valeurs d'entrée, plage de valeurs à contrôler et le paramètre sur lequel le contrôle va s'appliquer. Il faut noter qu'une recherche de facilitation de la visualisation, la couleur d'arrière-plan de chaque ligne de *mapping* est définie en fonction de la couleur choisie pour l'interface graphique du traitement auquel le paramètre contrôlé appartient. En raison du grand nombre d'éléments nouveaux déjà présents dans ce patch, mais aussi pour une prise en main plus rapide par les guitaristes, il a été choisi de ne pas complexifier davantage l'outil par l'ajout de fonctionnalités de *mapping* plus évoluées (définition d'une courbe d'évolution plutôt que d'une évolution linéaire, *mappings* combinés entre plusieurs éléments de contrôle, etc.).

0	to Max 2	prog	1	1	0.	0.	1.	0.	1.	▶0.	hexFuzz-bypass	Save	X on/off	Update
1	to Max 2	prog	2	1	0.	0.	1.	0.	1.	▶0.	hexGigaverb-bypass	Save	X on/off	Update
2	to Max 2	prog	3	1	0.	0.	1.	0.	1.	▶0.	hexTremolo-bypass	Save	X on/off	Update
3	to Max 2	prog	4	1	0.	0.	1.	0.	0.	▶0.	freeze-all	Save	X on/off	Update
4	to Max 2	prog	5	1	0.	0.	1.	0.	1.	▶0.	hexDelay1-bypass	Save	X on/off	Update

FIGURE 3.7. Interface de *mapping* des paramètres par des interfaces gestuelles externes.

120. Le canal MIDI est un numéro définissant le canal utilisé pour une interface de commande MIDI donné. Il permet notamment dans des configurations à multiples interfaces gestuelles que la source des différents messages MIDI envoyés soit correctement différenciable.

3.3.2.5 Aire de jeu

Un sous-patch permettant d'intégrer rapidement de nouvelles fonctionnalités vient compléter les différents éléments déjà détaillés. Bien que simple, cette fonctionnalité a son importance notamment dans le travail avec un artiste puisque cela permet de tester de nouvelles idées (notamment de contrôle) sans avoir à travailler directement sur les traitements. En effet, la modification directe des traitements entraîne l'impossibilité de les utiliser. Comme les paramètres de chaque traitement peuvent être contrôlés de n'importe quel endroit du patch, l'utilisation d'un sous-patch pour travailler sur de nouvelles fonctionnalités est une façon flexible, pendant les périodes de résidences, de continuer le développement tout en laissant au guitariste la possibilité de jouer et d'expérimenter le dispositif. C'est ainsi qu'un système de configuration des vitesses de lecture (vitesse aléatoire et retour à la vitesse d'origine) des sons gelés par le traitement de *freeze* a été ajouté ou encore qu'une fonctionnalité de *tap tempo*¹²¹ a été testée avec le traitement de *délai*. Ces fonctionnalités non intégrées peuvent cependant être accessibles par le biais de l'interface de *mapping*.

3.3.3 L'adaptation pour les systèmes embarqués basés sur Linux

Le passage du logiciel Max MSP au logiciel Pure Data dans le développement du multieffet hexaphonique a été effectué avec la volonté d'être intégré dans des systèmes matériels basés sur le système d'exploitation Linux. Comme nous le verrons plus loin¹²², la carte Raspberry Pi avec son adaptation¹²³ de la distribution Debian du système Linux a pu être utilisée grâce à la mise sur le marché en 2017 de la carte son Octo¹²⁴ développée par l'entreprise Audio Injector. Cette carte constitue, selon nous, avec la carte codec CS42448 pour

121. Le *tap tempo* est une fonctionnalité que l'on trouve notamment sur les traitements de *délai* et qui permet de définir le temps de répétition par appuis successifs sur un bouton actionnable au pied dédié. Le temps du *délai* correspond alors au temps séparant deux appuis

122. Se référer à « *Matériel : Embedded Multi-Effects for Hexaphonic Guitar (EMEHG)* », p. 282.

123. En ligne <https://www.raspberrypi.org/software/operating-systems/> [consulté le 17/12/2021].

124. En ligne <https://www.audioinjector.net/rpi-octo-hat> [consulté le 17/12/2021].

Teensy,¹²⁵ une des premières carte son multicanal disponible pour la plateforme Raspberry Pi. Le nouveau développement du multieffet hexaphonique pour le logiciel Pure Data permet donc la constitution du premier multieffet hexaphonique pour plateforme embarquée¹²⁶.

Cette adaptation s'accompagne de plusieurs évolutions :

- Les éléments d'interface graphique et de traitements audio sont maintenant présents au sein d'un même patch, là où ils constituaient précédemment deux patches distincts. Ils ne sont cependant pas reliés par des câbles de connexion, mais par l'intermédiaire des objets `send` et `receive` qui permettent l'envoi et la réception de données numériques ou de signaux audio à n'importe quel endroit du patch. Cette décision pourrait sembler contraire à notre volonté de construire un système embarqué. En effet, ce genre de système n'intègre généralement pas d'interface graphique avec laquelle l'utilisateur interagit directement, mais plutôt des écrans (LCD, OLED, afficheurs alphanumériques, etc.) qui affichent l'état des différents éléments du programme. Cependant, dans le but de gagner du temps dans la réalisation des éléments matériels, il a été choisi de permettre la connexion aux périphériques classiques d'un ordinateur (clavier, souris et écran). En effet, le développement d'une interface graphique sur un écran est une étape qui peut s'avérer longue et fastidieuse. De plus, cette étape n'entraîne pas directement dans nos problématiques de recherche.
- La connexion entre les différents traitements est à réaliser à la main. Cela permet notamment de construire des patches avec un plus petit nombre de traitements. Dans la version Max MSP, 10 traitements sont toujours visuellement présents même s'ils ne sont pas utilisés. Dans le cadre d'un système embarqué, seul ce qui est nécessaire est présent dans les patches créés.
- Le principe de construction du multieffet hexaphonique reprend en grande majorité celui présent dans le projet Automatonism¹²⁷. Ce projet recrée les différents modules d'un synthétiseur modulaire dans le langage Pure Data.

125. Se référer à « Architectures matérielles pour traitements sonores hexaphoniques », p. 288.

126. Se référer à « Matériel : Embedded Multi-Effects for Hexaphonic Guitar (EMEHG) », p. 282.

127. En ligne <https://www.automatonism.com/the-software> [consulté le 17/12/2021].

C'est la structure générale de celui-ci dont nous avons repris l'idée dans notre multieffet hexaphonique. Chaque traitement est présent dans une liste et peut être ajouté automatiquement par simple clic au patch principal, autant de fois que cela est souhaité. Cela permet la création simple de différents *pedalboards* hexaphoniques là où la précédente version constituait une entité dont la forme était en grande partie fixe.

- Les traitements sont disponibles directement au format hexaphonique, mais aussi en format monophonique. Nous revenons sur ce point dans la partie suivante¹²⁸.

La figure 3.8 montre un exemple de *pedalboard* hexaphonique créé à partir de la version Pure Data du multieffet.

Il faut noter, pour conclure, que nous utilisons dans le cas de l'implémentation Pure Data du multieffet, plus facilement le terme *pedalboard*. Cela est tout à fait justifié, puisqu'un multieffet est une unité, matérielle ou programmatique, qui intègre directement plusieurs traitements, ce qui est le cas de la version Max MSP. Le *pedalboard*, pour sa part, correspond à l'accumulation de plusieurs pédales de traitements sonores choisies par le guitariste ce qui correspond plus à l'approche mise en œuvre dans la version Pure Data.

3.3.4 Le biais de l'outil

S'il y a quelque-chose que la médiologie nous apprend, c'est que le médium porte en lui, de par sa structure, une manière de penser et de pratiquer le média qu'il diffuse. Cette remarque s'applique tout à fait à notre multieffet qui, agissant comme un médium de la pratique des traitements sonores hexaphoniques, leurs applique une structure et une manière de penser spécifiques. Cette structure et cette manière de penser reprennent clairement, dans notre cas, le paradigme de la pédale de traitement sonore. Les traitements possèdent plusieurs paramètres et un contrôle d'activation et de désactivation auquel a été ajouté systématiquement un contrôle de *dry/wet*. Le système de gestion de préconfigurations, quant à lui, est un paradigme hérité des systèmes numériques. Cette approche, dans la recherche qui est la nôtre, apporte, selon nous, un biais en proposant essentiellement une « approche par bloc » puisqu'elle

128. Se référer à « Le biais de l'outil », p. 270.

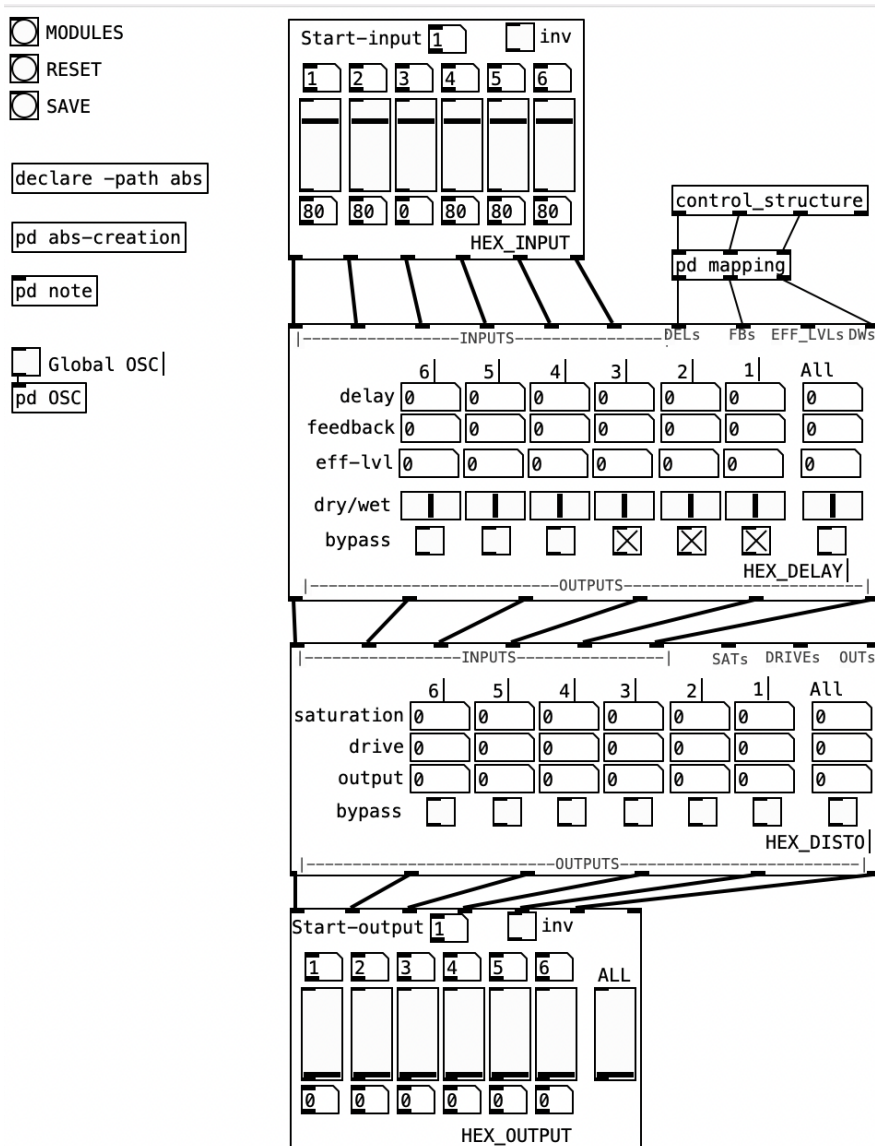


FIGURE 3.8. Un *pedalboard* hexaphonique virtuel créé avec le multieffet Pure Data.

donne à voir et à manipuler des ensembles de paramètres qui sont activés ou désactivés simultanément et non des cordes individuelles pour lesquelles le chaînage pourrait être choisi. Cette seconde approche que l'on pourrait qualifier d'« approche par corde » (par opposition au terme « approche par bloc ») est accessible par la grande matrice d'interconnexions (voir figure 3.6(a)), mais celle-ci est invisibilisée par la simplification opérée par la matrice réduite présente à l'ouverture du patch. De plus, dès l'utilisation du terme « traitement sonore hexaphonique », cette idée d'approche par bloc est déjà présente puisque le terme traitement renvoie cette idée d'unité. Cette dernière est d'ailleurs « inscrite » dans les traitements que nous avons présentés avec le patch Max MSP puisqu'ils disposent tous d'un paramètre d'activation et de désactivation global et non hexaphonique. Ce choix de développement réalisé de manière inconsciente traduit bien malgré son investissement dans ce sujet de recherche, les biais présents chez le chercheur. D'autre part, en ce qui concerne l'aspect lié à la terminologie employée, l'approche par corde est beaucoup plus présente dans les expressions « Separate String Processing » ou « Independent String Processing » respectivement proposées par les utilisateurs du forum VGuitarForums¹²⁹ GuitarBuilder et vanceg¹³⁰. Ce biais d'implémentation présent dans le patch Max MSP est en partie pris en charge dans la version Pure Data par la présence de versions monophoniques des traitements (qui pourraient être chaînées et appliquées à une corde spécifique) et par l'individualisation des contrôles d'activation/désactivation. Il est, de même, entièrement pris en charge dans l'adaptation du patch Max MSP qui a été réalisée pour le 2^{ème} scénario des expérimentations¹³¹.

Pour conclure et comme pour contrebalancer ce qui vient d'être dit, il faut noter que, dans le cadre du projet *Puzzle* du guitariste Ivann Cruz décrit plus loin¹³², l'absence de contrôles d'activation/désactivation individuels et l'approche par bloc ont aidé à ancrer la pratique du dispositif par le guitariste. En effet, ce projet intégrant des traitements monophoniques, des traitements hexaphoniques, des activations de traitements sonores à partir de déclenchements d'enregistrements vocaux à partir des seuls gestes effectués par le guitariste, le biais hérité de l'application d'une pensée « pédale d'effet » a été un paramètre

129. En ligne <https://www.vguitarforums.com/> [consulté le 17/12/2021].

130. Se référer à « Terminologie : hexaphonique, polyphonique ou .. », p. 98.

131. Se référer à « Étude de la pratique des traitements sonores hexaphoniques », p. 351.

132. Se référer à « La pratique de la guitare hexaphonique dans *Puzzle* d'Ivann Cruz », p. 316.

d'ancrage pour ce dernier. En effet, ayant lui-même une pratique personnelle importante des traitements sonores sous forme de pédales d'effets, retrouver les codes de cette pratique (l'interrupteur sur lequel on appuie avec le pied pour activer le traitement) lui a permis de faciliter son entrée dans la pratique des traitements sonores hexaphoniques. On retrouve ici l'effet-diligence de la médiologie que nous avons décrit plus haut¹³³

3.4 Logiciel : Reprise du projet de recherche Enriched Guitar Transcription

Le logiciel Enriched Guitar Transcription (EGT) (Reboursière et Dupont, 2013) est un logiciel de détection des notes jouées et des techniques de jeu de base de la guitare. Ce logiciel résulte de recherches sur la détection des techniques de jeu (Reboursière et al., 2012; Lähdeoja et al., 2012) et tente, au sein d'un même programme, l'intégration de tous les algorithmes mis à jour. L'enjeu de ce logiciel est de réunir au sein d'un même processus de calcul les détections de toutes les techniques, là où ces détections étaient préalablement réalisées indépendamment. Il faut noter que l'intégration de la détection de toutes les techniques de jeu n'avait pas été finalisée avant la reprise du logiciel pour l'intégration dans ce projet et n'a pas été terminée dans le cadre de ce projet de recherche. Le portage effectué (d'un logiciel développé pour le système d'exploitation Mac OS X vers le système Windows) avait pour but d'adapter EGT à l'ordinateur spécialement acquis par le guitariste pour le projet Puzzle. La détection des notes, *legato ascendant*, *legato descendant* et *harmonique* (case V et case VII) est fonctionnelles, mais seules les détections des notes et des *harmoniques* ont été utilisées par Ivann Cruz dans son projet.

Le logiciel EGT a été développé sous la forme d'un *plugin VST* directement intégré dans un programme hôte minimal. Pour rappel, un *plugin VST* est un programme de traitement ou d'analyse audio prévu pour être intégré dans le fonctionnement d'un autre programme d'édition ou de traitement sonore nommé « hôte ». Les logiciels comme Ableton Live¹³⁴ ou Avid Pro Tools¹³⁵ agissent comme des logiciels hôtes pour *plugins VST*. Dans notre cas, le pro-

133. Se référer à « Les effets médiologiques », p. 121.

134. En ligne <https://www.ableton.com/> [consulté le 17/12/2021].

135. En ligne <https://www.avid.com/fr/pro-tools> [consulté le 17/12/2021].

gramme faisant office d'hôte minimal n'a pour fonction que le chargement du *plugin* et la réception des flux audio entrants en provenance de la carte son. Le portage vers un nouveau système d'exploitation a entraîné l'utilisation du *cadre applicatif* JUCE¹³⁶. Ce choix s'est basé sur la nature de ce *cadre applicatif* qui a pour but de rendre un code donné facilement compatible avec différents systèmes d'exploitation. Il faut noter que dès le départ, le programme EGT a intégré une séparation entre le code de l'interface graphique et le code réalisant les analyses. Dans le portage vers un nouveau système d'exploitation, seule la partie graphique a nécessité une nouvelle programmation, les diverses *bibliothèques* utilisées disposant toutes d'une version pour le système d'exploitation cible. Il faut noter, pour finir, que les notes et techniques de jeu détectées sont envoyées vers les applications réceptrices grâce au format d'encodage Open Sound Control (OSC)¹³⁷. Ce format (du même ordre que le protocole de communication MIDI) a été développé pour permettre une communication rapide et flexible (Wright et Freed, 1997) entre différentes applications en s'appuyant sur les protocoles de communication réseau (UDP ou TCP). Le message envoyé vers les ordinateurs qui le réceptionnent contient l'adresse /GTR/note les 9 paramètres :

- `on_off` : 1 si la note est jouée, 0 si elle est arrêtée ;
- `string` : numéro de la corde sur laquelle la note a été jouée ;
- `fret` : numéro de la frette sur laquelle le doigt a appuyé pour jouer la note ;
- `timestamp` : le temps (à partir du lancement de l'application) auquel la note a été jouée ;
- `pitch` : la *hauteur* de la note jouée ;
- `amplitude` : l'amplitude de la note ;
- `articulation` : la technique de jeu utilisée pour jouer la note ;
- `palm-muting` : 1 si l'attaque a été étouffée par la main pinçant la note et 0 si elle a été jouée normalement ;
- `plucking-point` : le lieu où la corde a été pincée. Il faut noter que parmi tous ces éléments (qui sont en partie hérités des précédents travaux de recherche sur le logiciel) seulement les paramètres `on_off`, `string`, `fret` et `articulation` sont utilisés. Ce dernier permet de définir si la note jouée a été jouée de manière normale, en *legato ascendant*, en *legato descendant* ou en *harmonique*.

136. En ligne <https://juce.com/> [consulté le 17/12/2021].

137. En ligne <http://opensoundcontrol.org/> [consulté le 17/12/2021].

3.5 Matériel : Boîtier de conversion et de préamplification hexaphonique

La première étape matérielle nécessaire (en dehors de l'accès à une guitare équipée d'un microphone hexaphonique), dans l'utilisation d'un programme de multieffets hexaphoniques exécuté sur ordinateur concerne l'alimentation du microphone et la conversion du connecteur 13 broches vers un format facilement utilisable avec le matériel audio (carte son ou table de mixage). En effet, le microphone Roland GK-3 ou les microphones piézoélectriques hexaphoniques de chez RMC sont des microphones actifs. Cela signifie qu'ils doivent être alimentés en tension et en courant (à l'inverse des microphones monophoniques présents sur les Fender Stratocaster Made In Japan ou sur la Godin xTSA, par exemple, qui sont passifs et ne requièrent donc pas d'alimentation). Concernant cette partie, la marque Roland a défini une norme de fonctionnement des éléments matériels de la famille GK (Roland GK-1, 2 et 3, les différentes versions des modules matériels GR, VG¹³⁸, etc.) à laquelle les autres marques se sont conformées au fur et à mesure. Il faut noter que l'alimentation utilisée par le Roland GK-3 et les différents microphones compatibles avec le système GK est symétrique. Cela signifie qu'une version positive et une version négative (symétrique par rapport à 0) d'un niveau de tension donné doivent être délivrées au microphone pour qu'il fonctionne correctement. Bien que notre but ne soit pas de contrôler un système de la famille GK, le caractère symétrique de la tension à appliquer au circuit électronique du microphone hexaphonique doit être respecté. D'autre part, le connecteur DIN 13 broches utilisé par les produits GK n'existe pas sur d'autres types de matériel audio usuel (table de mixage, carte son, par exemple) en dehors de ceux compatibles avec la norme GK. Il convient donc de convertir ce connecteur vers des connecteurs de type Jack 6.35mm ou XLR¹³⁹ qui sont les normes classiques dans les applications audio matérielles. Le site [separate-strings.co.uk](https://www.separate-strings.co.uk), par exemple, propose cette conversion physique directement sous la forme d'un câble¹⁴⁰. Les différents éléments matériels dé-

138. Se référer à « [La guitare-synthétiseur](#) », p. 78.

139. Le format XLR correspond à un connecteur intégrant 3 contacts permettant de transmettre un signal symétrique (positif, négatif et masse) plus robuste sur les longues distances. Si un parasite apparaît sur les lignes de signaux, la démodulation du signal symétrique opérée par le matériel sur lequel est connecté le câble XLR permet de supprimer le parasite.

140. En ligne <https://www.separate-strings.co.uk/breakout%20cables%20and%20more.html> [consulté le 17/12/2021].

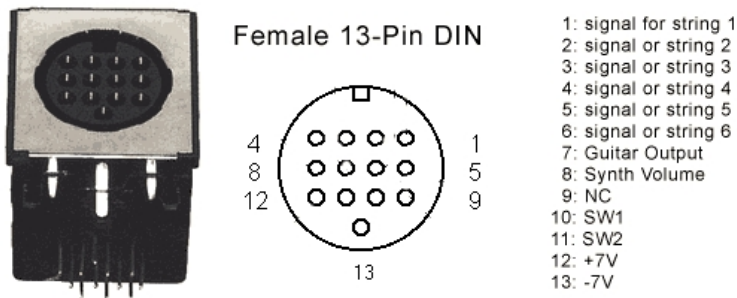


FIGURE 3.9. Connecteur DIN 13 broches et détails du brochage pour les systèmes compatibles avec le matériel Roland.

crits ci-dessous, pour leur part, prennent la forme de boîtiers ou sont intégrés dans des boîtiers possédant des fonctionnalités plus étendues¹⁴¹. Pour finir, il faut noter que, comme le montre la figure 3.9, les autres broches du connecteur DIN 13 (en dehors des broches du signal indépendant des cordes et des broches d'alimentation) sont utilisées pour transférer les informations de boutons et de sélecteurs présents sur le Roland GK-3 et intégrés dans les guitares Godin. Celles-ci ne sont cependant pas utiles dans notre cas d'application.

Les circuits d'alimentation et de préamplification ont été réalisés par Johan Decristophoris, technicien du laboratoire ISIA (UMONS, Belgique) en collaboration avec le chercheur.

3.5.1 Version 1 : les boîtiers de conversion et d'alimentation

La première version d'unité matérielle de conversion et d'alimentation est réalisée en réponse à une version primitive développée par le chercheur en 2008 dans le cadre de son travail de fin d'études. Dans cette version primitive, les broches du connecteur DIN 13 broches sont directement reliées, par des fils, à 6 connecteurs monophoniques Jack 6.35mm femelles. L'alimentation du microphone est alors gérée par deux piles 4.5V (permettant de générer les tensions positive et

141. Se référer à « [Matériel : Embedded Multi-Effects for Hexaphonic Guitar \(EMEHG\)](#) », p. 282.

nécessaires)¹⁴². Comme le montre la figure 3.10, les connecteurs Jack 6.35mm, les piles 4.5V et le câblage nécessaire sont directement fixés à l'arrière de la Fender Stratocaster Made In Japan avec du papier collant.



FIGURE 3.10. Version primitive d'un système de conversion et d'alimentation du microphone hexaphonique. À droite, sous le papier collant noir, les deux piles 4.5V, en haut à gauche les 6 connecteurs Jack 6.35mm femelles et au milieu le connecteur DIN 13 broches.

La mise en boîtier de ces systèmes de conversion et d'alimentation, développée dans le cadre de ce travail de recherche, répond donc au manque de robustesse de cette version primitive. En effet, l'intégration des fils (reliant les broches du connecteur DIN 13 broches aux connecteurs Jack 6.35mm monophoniques femelles) dans un boîtier évite toute tension superflue sur les fils et diminue la présence d'une résistance intrinsèque à la longueur des câbles. De même, l'alimentation, au lieu d'utiliser 2 piles 4.5V fixées sur la guitare, est prise en

142. Cette version primitive a été développée en 2008 avec peu de connaissances sur le sujet et peu d'informations disponibles en ligne (les articles les plus anciens consultés sur le site [vguitarforum](http://vguitarforum.com) datent, par exemple, du mois de janvier 2008 (Elantric, 2008c)). Aucun détail n'a été retrouvé dans les notes du chercheur concernant la justification du choix de l'alimentation par 2 piles de 4.5V.

charge par un transformateur 220V/2x12V, connecté à un circuit symétriseur Velleman (kit K8042¹⁴³). Comme son nom l'indique, un circuit symétriseur a pour fonction de créer une tension positive et une tension négative. Cette carte particulière réalise cette opération à partir des deux tensions positives transmises par le transformateur. Ce-dernier, de plus, évite alors l'utilisation de piles et fournit une tension stable. La tension de sortie du circuit symétriseur peut être ajustée par le réglage de deux potentiomètres intégrés au circuit. Dans le cas de notre application, ceux-ci ont été paramétrés pour générer une tension symétrique de $-/+7V$. Il faut noter que l'information concernant l'alimentation du Roland GK-3 n'est plus directement disponible auprès de Roland (elle n'apparaît pas dans les manuels utilisateur récents). Celle-ci a été obtenue grâce à l'utilisateur Elantric sur le forum en ligne vguitarforums.com (Elantric, 2008b). Celui-ci a réalisé tout un travail d'accumulation des différentes documentations disponibles chez les constructeurs développant des guitares ou du matériel compatible avec la norme GK (Roland, Axon, RMC, Graphtech, etc.). Il a par exemple référencé un document du constructeur Axon sur lequel cette information est spécifiée (Elantric, 2008a).

Le transformateur et le circuit symétriseur ont été intégrés dans un boîtier séparé, connecté par un câble XLR au boîtier permettant la conversion du connecteur DIN 13 broches en 6 connecteurs Jack 6.35mm femelles. La figure 3.11 montre les deux éléments constituant cette première version.

Pour finir, il faut noter que la première version de ce boîtier est, à l'image de la version primitive de 2008, brute, dans le sens où elle n'intègre aucun circuit électronique. Dans le cadre de l'utilisation d'un système de traitements sonores hexaphoniques, il convient alors de la connecter à un matériel audio pouvant prendre en charge la préamplification du signal et l'adaptation de l'impédance. La préamplification permet, entre autres, d'appliquer un gain aux signaux délivrés par les microphones et l'adaptation d'impédance permet au contenu haute fréquence du spectre du signal audio de ne pas être perdu.

143. En ligne <https://www.velleman.eu/products/view/?country=fr&lang=fr&id=353668> [consulté le 17/12/2021].

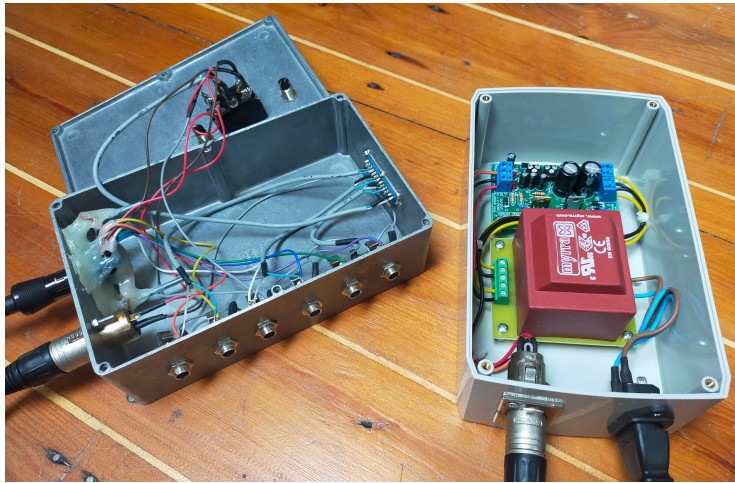


FIGURE 3.11. Première version des boîtiers de conversion et d'alimentation. À gauche, le boîtier de conversion DIN 13 broches-Jacks 6.35mm et à droite le boîtier d'alimentation.

3.5.2 Version 2 : Le préamplificateur hexaphonique à gain variable

La deuxième version de notre unité matérielle de conversion suit la construction et le test de la carte Septar (Graham et al., 2015). Cette carte a pour rôle l'adaptation d'impédance des microphones piézoélectriques et intègre le tout sur un PCB plus robuste que le montage réalisé dans la version 1. Un problème de distorsion est apparu avec cette carte et les guitares électriques Godin (xTSA et LGXT). Ce problème n'est pas présent dans le cas de la Godin Multiac SA ce qui tend à vouloir dire que des modifications ont été apportées soit aux capteurs piézoélectriques soit au circuit électronique présent dans les guitares Godin. De plus, une étude plus poussée du système électronique accompagnant les guitares Godin (RMC Polydrive X (apollomusicsservice, 2014)) a montré que celui-ci effectue déjà l'adaptation d'impédance rendant, à priori, superflue la duplication de ce processus. Pour palier à la problématique de l'adaptation à différents systèmes de captations individuelles des cordes, nous avons développé une deuxième version de notre système d'alimentation et de conversion auquel

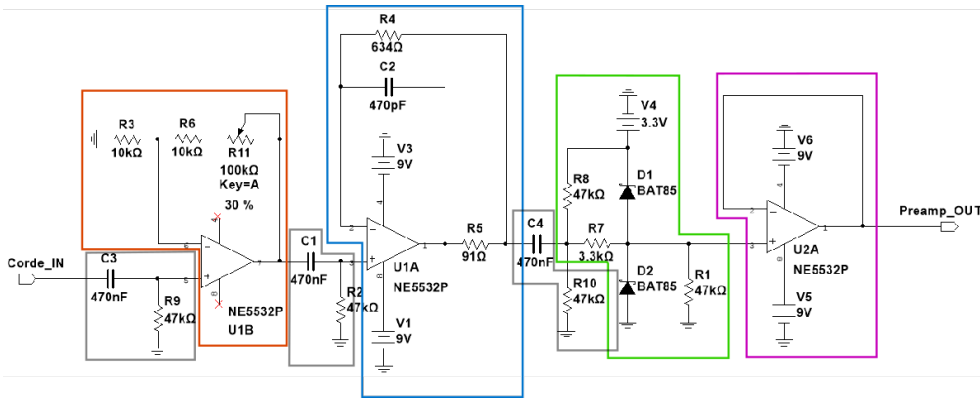


FIGURE 3.12. Le schéma électronique du circuit de préamplification à gain variable pour une corde.

nous avons adjoint un système d'amplification indépendant pour chaque corde présentant un gain variable.

La figure 3.12 présente le schéma électronique du circuit utilisé pour une corde donnée.

Ce circuit électronique est composé de 4 grandes parties :

- Un premier amplificateur opérationnel est intégré dans un montage non-inverseur à gain variable (figure 3.12, partie rouge). C'est cette partie qui va gérer l'amplification. Les valeurs des différents composants sont choisies de manière à obtenir une plage de valeurs pour le facteur de gain située entre 2 et 12. En amont de celui-ci, se trouve un [filtre passe-haut](#) (figure 3.12 partie grise) ayant pour rôle la suppression de la composante continue (DC component). Cette composante est une valeur fixe de tension qui « décale » la plage de tension alternative générée par les microphones. Celle-ci est problématique dans un circuit d'amplification puisqu'elle se trouve elle-même amplifiée si elle n'est pas supprimée¹⁴⁴.

144. À titre d'exemple si les microphones délivrent une tension comprise entre 300mV et 400mV et qu'une composante de 4V est présente, le signal global en entrée de l'amplificateur opérationnel évolue donc entre 4.3V et 4.4V). Si un facteur d'amplification de 3 est appliqué, la plage de tension du microphone évolue maintenant entre 900mV et 1.2V et la composante continue devient 12V. Le signal global après amplification évolue donc entre 12.9V et 13.2V. Cette plage de tension peut résulter en une saturation du signal de sortie

- La 2^{ème} partie correspond à un **filtre passe-bas** (figure 3.12, partie bleue). Celui-ci est adapté de la fiche technique du **codec**¹⁴⁵ CS42448 de Cirrus Logic¹⁴⁶. Ce **codec** est présent sur la carte Octo d'Audio Injector¹⁴⁷ qui est la première carte son intégrée dans la version 2 de l'unité matérielle du multieffet hexaphonique¹⁴⁸.
- La 3^{ème} (figure 3.12, partie verte) partie de ce circuit permet de préparer le signal pour la plage de tension admise par le **codec** (0-3.3V.) Le signal après la suppression de la composante continue (figure 3.12, partie grise) évolue donc en positif et en négatif autour de 0V. L'adaptation du niveau de tension du signal pour son utilisation avec le **codec** commence par l'ajout d'une composante DC (par le pont diviseur constitué par R8 et R10) correspondant à la moitié de la plage acceptée par le codec ($3.3V/2=1.65V$). Les diodes D1 et D2 permettent ensuite d'écarter le signal dans le cas où la tension de celui-ci dépasserait la plage de tension admise par le **codec**.
- La 4^{ème} partie du schéma électrique (figure 3.12, partie violette) correspond à un montage suiveur (sur base d'un amplificateur opérationnel) avec une fonction d'adaptation d'**impédance**. Il faut noter ici que les filtres servant à retirer la composante continue (figure 3.12, partie grise), parce qu'ils ont une fréquence de coupure très basse, induisent une haute **impédance** supplémentaire. L'adaptation d'**impédance** réalisée par le circuit suiveur s'applique donc à l'**impédance** cumulée du microphone et des trois premières parties du circuit électronique.

de l'amplificateur opérationnel utilisé. Retirer la composante continue avant toute opération d'amplification permet, dans notre cas (avec les valeurs que nous avons définies) d'obtenir un signal dont la tension évolue entre 900mV et 1.2V, plage beaucoup moins problématique pour l'amplificateur opérationnel.

145. Un codec audio est un circuit intégré dans lequel cohabitent un système de conversion analogique-numérique (Analog to Digital Conversion ou ADC) et un système de conversion numérique analogique (Digital to Analog Conversion ou DAC) dont les fréquences d'échantillonnage peuvent être choisies sur une plage prédéfinie de valeurs. Il peut aussi intégrer des filtres audio ou d'autres éléments particuliers.

146. En ligne <https://www.cirrus.com/products/cs42448/> [consulté le 17/12/2021].

147. En ligne <https://www.audioinjector.net/rpi-octo-hat> [consulté le 17/12/2021].

148. Se référer à « **Matériel : Embedded Multi-Effects for Hexaphonic Guitar (EMEHG)** », p. 282.

En ce qui concerne l'alimentation, à l'inverse des précédentes versions de ce module, la tension symétrique a été pour cette version fixée à $\pm 9V$. Cette valeur provient du schéma du circuit Polydrive X de chez RMC mis en ligne par l'utilisateur `apolomusic-service` sur le site freestompboxes.org (apolomusic-service, 2014). Cet utilisateur qui a eu en réparation une guitare Godin LGXT du même type que celle que nous avons décrite plus haut¹⁴⁹ a réalisé ce schéma par rétro-ingénierie en l'absence de retour de la marque RMC. L'augmentation de la tension d'alimentation nous permet d'avoir une plage de variation plus large sur laquelle peut évoluer le signal des microphones.

Notons, pour finir, que celui-ci a été intégré dans la 2^{ème} version du multieffet hexaphonique¹⁵⁰ embarqué mais aussi dans un boîtier externe de manière à être utilisé directement avec une carte son ou du matériel audio du commerce. La figure 3.13 montre le préamplificateur hexaphonique intégré dans ce boîtier externe. La carte électronique située en bas de l'image à laquelle est relié le connecteur DIN 13 broches (à gauche) correspond au préamplificateur hexaphonique. La seconde carte électronique correspond au circuit symétriseur, à côté duquel se situe le transformateur torique (qui permet un gain en hauteur). Dans la partie haute de l'image sont positionnés les connecteurs Jacks 6.35mm (à gauche) et le connecteur d'alimentation (à droite).

3.6 Matériel : Embedded Multi-Effects for Hexaphonic Guitar (EMEHG)

Les solutions matérielles permettant la réalisation d'applications audio embarquées et plus particulièrement d'applications audio hexaphoniques embarquées ont subi des évolutions importantes tout au long de ce travail de recherche. Bien évidemment, les solutions matérielles pour créer des applications audio multicanales existent avant les travaux développés dans cette thèse, mais celles-ci sont essentiellement des solutions industrielles (XMos Core 200 Dev Kit¹⁵¹, Sharc

149. Se référer à « [Les dispositifs de captation individuelle de la vibration des cordes](#) », p. 245.

150. Se référer à « [EMEHG version 2 : le rack](#) », p. 286.

151. En ligne <https://www.xmos.ai/usb-multichannel-audio/> [consulté le 17/12/2021].

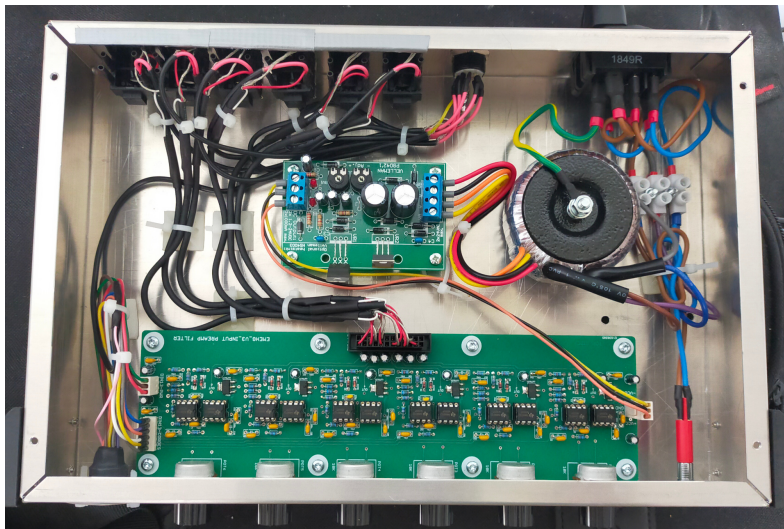


FIGURE 3.13. Le préamplificateur hexaphonique v2 intégré dans un boîtier indépendant.

Audio Module¹⁵², etc.), qui nécessitent un niveau de compétences conséquent en électronique analogique, numérique et embarquée, ainsi qu'un temps important de mise en œuvre et d'adaptation. Les solutions embarquées auxquelles nous faisons référence ici correspondent à des cartes électroniques « fille »¹⁵³ développées par des entreprises spécialisées qui se connectent sur des plateformes électroniques de prototypages rapides telles que Raspberry Pi¹⁵⁴, Arduino¹⁵⁵, Teensy¹⁵⁶ ou encore BeagleBone¹⁵⁷. Les cartes Raspberry Pi et BeagleBone sont des nano-ordinateurs. Ce terme signifie qu'elles correspondent à des ordinateurs de taille comparable à la taille d'une carte de crédit. En plus d'intégrer la plupart des éléments et des fonctionnalités que l'on trouve sur

152. En ligne <https://www.analog.com/en/design-center/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/sharc-audio-module.html> [consulté le 17/12/2021].

153. Une carte électronique dite « fille » est une carte électronique qui se connecte sur une carte principale pour en augmenter les capacités.

154. En ligne <https://www.raspberrypi.org/> [consulté le 17/12/2021].

155. En ligne <https://www.arduino.cc/> [consulté le 17/12/2021].

156. En ligne <https://www.pjrc.com/> [consulté le 17/12/2021].

157. En ligne <https://beagleboard.org/> [consulté le 17/12/2021].

un ordinateur « classique » (microprocesseurs, mémoire, espace de stockage par un connecteur de carte mémoire au format SD, connecteur USB, connecteur HDMI, connecteur Ethernet, module de connexion WIFI, etc.), celles-ci exécutent une distribution particulière du système d'exploitation open source Linux tout en donnant accès à une série de broches permettant de connecter des transducteurs de diverses natures. Le fait qu'elles exécutent un système d'exploitation a pour conséquence que les programmes développés et exécutés sur un ordinateur « classique » peuvent l'être sur ces nano-ordinateurs. Il faut bien évidemment relativiser cette affirmation en mentionnant le fait que bien que ces nano-ordinateurs intègrent tous les composants présents sur un ordinateur, les performances qu'ils affichent sont moins élevées (la vitesse de calcul est généralement plus faible, de même que la taille de la mémoire vive ou que l'espace de stockage). Il convient donc de vérifier si un programme donné dispose de suffisamment de ressources sur ce type d'ordinateurs pour fonctionner. C'est notamment le cas du programme Pure Data qui peut être exécuté sur ces deux cartes et c'est cette caractéristique qui nous a poussés à développer une adaptation¹⁵⁸ du multieffet hexaphonique Max MSP¹⁵⁹. Comme nous l'avions mentionné, le logiciel Max MSP n'est pas compatible avec le système d'exploitation Linux¹⁶⁰.

La carte Teensy utilise une autre approche puisqu'elle intègre un microcontrôleur qu'il faut programmer en utilisant le **cadre applicatif** spécifique à la carte. Dans le cas des cartes de la famille Teensy, ce **cadre applicatif** reprend pour base le **cadre applicatif** des cartes Arduino. Ces dernières ont dès leur apparition été très fortement orientées vers l'apprentissage de la programmation d'interactions avec des éléments physiques (par l'utilisation de capteurs, d'actuateurs, de diodes électroluminescentes, etc.). Elles disposent donc d'une quantité importante de ressources pédagogiques disponibles en ligne¹⁶¹. L'utilisation de ces plateformes de prototypages rapides a été rendue relativement « simple » notamment par la présence en ligne d'un grand nombre d'éléments pédagogiques détaillant leur fonctionnement. Les solutions matérielles multi-

158. Se référer à « [L'adaptation pour les systèmes embarqués basés sur Linux](#) », p. 268.

159. Se référer à « [Multieffet hexaphonique : architecture globale et modules](#) », p. 257.

160. Voir note de bas de page 158.

161. En ligne <https://www.arduino.cc/en/Guide> [consulté le 17/12/2021], en ligne <https://www.instructables.com/circuits/arduino/projects/> [consulté le 17/12/2021] ou encore en ligne <https://fr.coursera.org/learn/arduino-platform> [consulté le 17/12/2021], par exemple, parmi beaucoup d'autres.

canales embarquées qui apparaissent à partir de 2017 déplacent en partie la problématique de la création de matériel audio vers une question d'assemblage de modules de plus en plus accessibles et vers une question de programmation particulièrement adaptée à nos compétences.

Avant de faire une comparaison des différentes architectures matérielles embarquées disponibles pour l'application de traitements sonores hexaphoniques en temps réel, nous allons détailler les deux unités matérielles que nous avons développées. En effet, les intégrations dans ces unités matérielles ont été réalisées avec les premières interfaces apparues en 2017, mais n'ont pas nécessairement été mises à jour avec celles qui sont apparues après 2017. Cependant, les interfaces post 2017 ont été testées dans un cadre hexaphonique.

3.6.1 EMEHG version 1 : le boîtier

La première version d'un boîtier matériel pour le traitement sonore polyphonique a été construite autour d'une carte Raspberry Pi 3¹⁶² à laquelle a été ajoutée la carte son Octo de la marque Audio Injector. Cette carte fille pour Raspberry Pi s'accompagne d'une carte intégrant les connecteurs d'entrée et d'une carte intégrant les connecteurs de sortie. Une image de ce boîtier est présente à la figure 3.14. Deux autres éléments et un ensemble de connecteurs sont intégrés au boîtier et viennent compléter les cartes électroniques que nous venons de lister :

- Un contrôleur permettant le paramétrage des traitements sonores hexaphoniques. Son fonctionnement est détaillé plus loin dans ce texte¹⁶³ ;
- un écran tactile 7" permettant d'utiliser l'interface graphique du système d'exploitation de la Raspberry Pi 3 ;
- toute une série de connecteurs permettant de déporter ceux qui sont présents sur la Raspberry Pi 3 tels que les connecteurs USB, HDMI ou encore Ethernet. Il faut noter que l'utilisation de l'écran tactile intégré au boîtier nécessite une adaptation de l'interface graphique du multieffet hexaphonique, dans le but de rendre chaque élément visible. Cette étape n'appa-

162. En ligne <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/> [consulté le 17/12/2021].

163. Se référer à « Matériel : Contrôleur de paramétrage des traitements (EMEHG-fx-controller) », p. 295.

raissant pas, dans un premier temps, primordiale, la connexion d'un écran par le connecteur HDMI a été préférée.

Cette version de l'unité matérielle EMEHG s'appuie dans un premier temps sur la version 1 du boîtier de conversion et d'alimentation présentée précédemment ¹⁶⁴. La connexion entre le boîtier de conversion DIN 13 broches-Jack 6.35mm et le boîtier EMEHG est donc réalisée par l'intermédiaire de 6 câbles Jack 6.35mm. Si l'on reprend le schéma matériel global de la mise en œuvre du multieffet hexaphonique ¹⁶⁵, cette version permet donc d'intégrer au sein de la même unité matérielle l'ordinateur, la carte son et un des dispositifs de commande développés. L'image 3.15 montre graphiquement l'intégration effectuée. Il faut noter sur ce schéma la présence des éléments « EMEHG-fx-ctrl » et « EMEHG-foot-ctrl » : il s'agit de deux contrôleurs MIDI réalisés dans le cadre de cette thèse et dont le fonctionnement est détaillé ci-dessous ¹⁶⁶. Une deuxième phase d'évolution a tenté d'intégrer directement le connecteur DIN 13 broches, le circuit d'alimentation et un circuit de préamplification au boîtier, mais l'espace restant dans ce boîtier particulier était trop restreint. Il a alors été choisi de créer une deuxième version de cette unité matérielle dans un boîtier de type *rack*.

3.6.2 EMEHG version 2 : le *rack*

Cette deuxième version de l'unité matérielle dont une image est reprise à la figure 3.16 modifie l'approche prise avec la 1^{ère} version de plusieurs manières : — La forme du boîtier change. Elle se conforme au standard audio que l'on trouve notamment dans les studios son, en utilisant un *rack* 19 pouces au format 2U ¹⁶⁷ ;

164. Se référer à « Version 1 : les boîtiers de conversion et d'alimentation », p. 276.

165. Se référer à la figure 3.1 « Les différents éléments entrant dans la réalisation d'un système de guitare hexaphonique », p. 243.

166. Se référer à « Matériel : Contrôleur de paramétrage des traitements (EMEHG-fx-controller) », p. 295 et à « Matériel : Pédalier de contrôle (EMEHG-foot-controller) », p. 300.

167. Le format *rack* est un format dont les dimensions sont standardisées. Le format 19 pouces correspond à une longueur de 48.26cm et le format 2U correspond à une hauteur

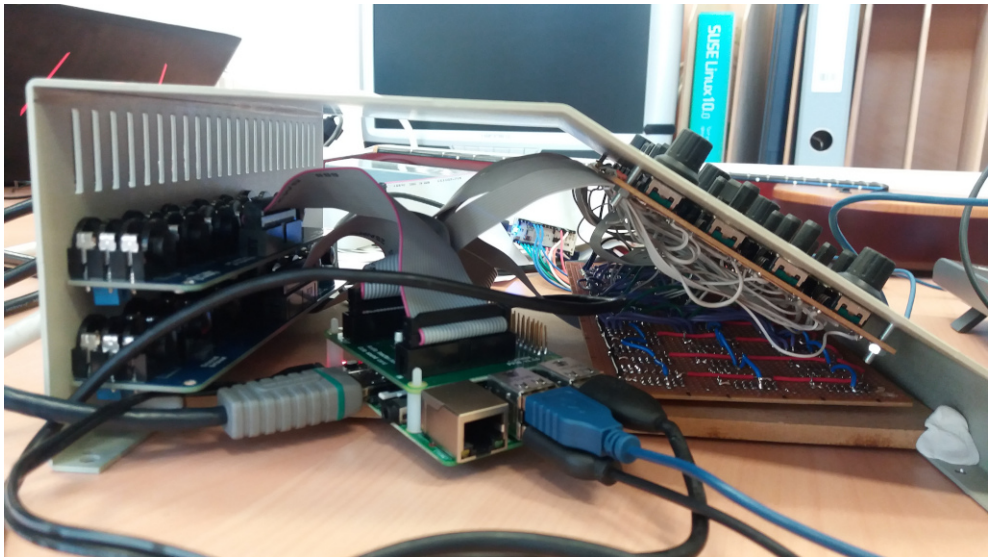


FIGURE 3.14. EMEHG v1.

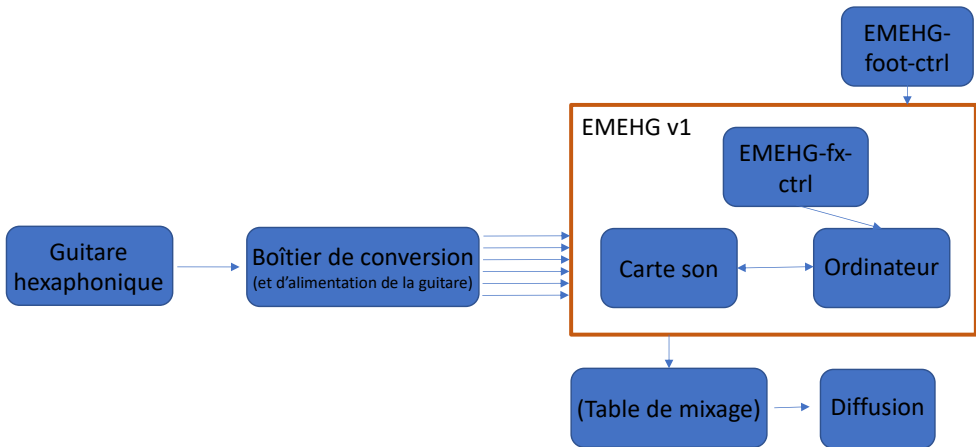


FIGURE 3.15. Les différents éléments entrant dans la réalisation d'un système de guitare hexaphonique - EMEHG v1.

- le contrôleur des paramètres des traitements hexaphoniques¹⁶⁸ est externalisé et n'est plus intégré dans le boîtier ;
- le préamplificateur hexaphonique à gain variable présenté précédemment¹⁶⁹ est intégré au *rack*. La guitare hexaphonique peut donc être directement reliée à l'unité par le connecteur DIN 13 broches ;
- l'alimentation est intégrée et permet la mise sous tension du préamplificateur et de la Raspberry Pi ;

Le schéma 3.17 montre graphiquement l'implication de cette unité matérielle sur l'instrumentarium hexaphonique. Il faut noter rapidement que les parenthèses présentes entourant certains éléments signifient que ceux-ci ne sont pas obligatoires à l'utilisation du multieffet hexaphonique matériel. Cette nouvelle architecture est l'équivalent de systèmes matériels déjà présents dans l'instrumentarium du guitariste électrique. En effet, les multieffets que nous avons déjà évoqués¹⁷⁰, intègrent les mêmes paradigmes de connexion : la guitare y est directement connectée, le son traité peut-être directement connecté à un système de diffusion et les interfaces de commande gestuelles MIDI externes peuvent être intégrées comme moyen d'interaction avec les traitements utilisés.

Cette unité matérielle s'appuie, comme nous l'avons vu, sur une carte Raspberry Pi accompagnée d'une carte Octo d'Audio Injector. Cependant, d'autres solutions embarquées pour le traitement sonore multicanal ont été commercialisées pendant la période de cette thèse et ont été testées. Toutes n'affichent pas les mêmes performances et toutes ne sont pas adaptées à l'utilisation avec un multieffet hexaphonique.

3.6.3 Architectures matérielles pour traitements sonores hexaphoniques

À notre connaissance la carte `codec` CS42448¹⁷¹ pour Teensy 3.2 (qui peut-être adaptée pour la Teensy 3.6, 4.0 et 4.1) est la première à faire son apparition

de 8.9cm. Un *rack* 19 pouces se caractérise essentiellement par sa hauteur par un nombre d'unités (U) spécifique.

168. Se référer à « Matériel : Contrôleur de paramétrage des traitements (EMEHG-fx-controller) », p. 295.

169. Se référer à « Version 2 : Le préamplificateur hexaphonique à gain variable », p. 279.

170. Se référer à « Les unités de traitements sonores », p. 59.

171. En ligne https://oshpark.com/shared_projects/2Yj6rFaW [consulté le 17/12/2021].

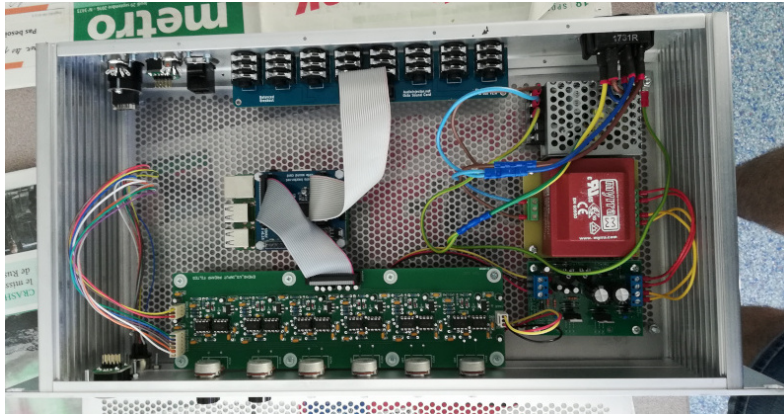


FIGURE 3.16. EMEHG v2.

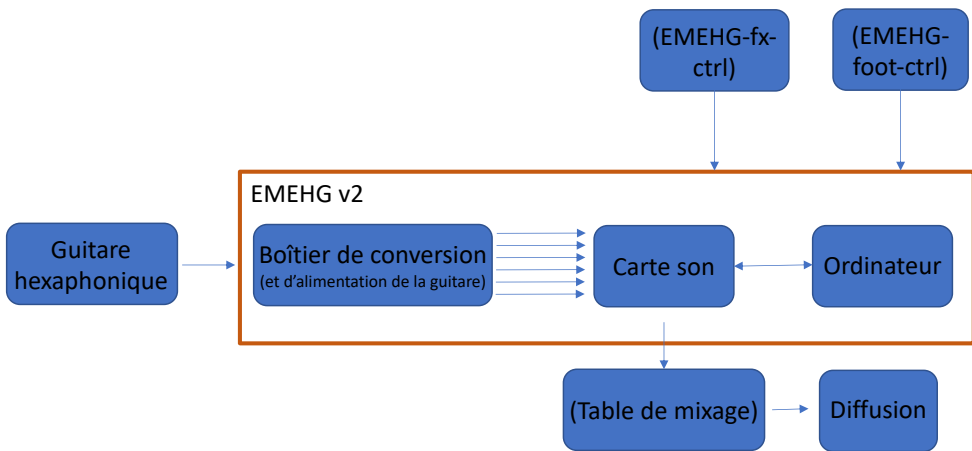


FIGURE 3.17. Les différents éléments entrant dans la réalisation d'un système de guitare hexaphonique - EMEHG v2.

en avril 2017. Celle-ci est basée sur le `codec` Cirrus Logic CS42448 qui dispose de 6 entrées et 8 sorties et peut échantillonner le signal audio jusqu'à 192kHz avec une `résolution de quantification` de 24 bits. La fréquence d'échantillonnage et la `résolution de quantification` sont cependant limitées à une qualité CD (44.1 kHz, 16 bits) dans l'implémentation présente dans la `bibliothèque` audio du `cadre applicatif` Teensy¹⁷². Cette limitation est due en partie à des nécessités matérielles au début du développement de la `bibliothèque` audio, mais l'amélioration de ces caractéristiques est un travail en cours¹⁷³.

La carte Octo de la marque Audio Injector est rendue disponible en juin 2017¹⁷⁴ et se base sur le même `codec` que la carte Teensy. L'approche est cependant différente puisque la carte se connecte sur une carte Raspberry Pi (carte fille) munie d'un système d'exploitation Linux. Elle utilise le pilote audio générique ALSA¹⁷⁵ (Advanced Linux Sound Architecture) présent sur ce système pour interagir avec les programmes d'édition, de traitement et d'analyse audio. Comme le montre le tableau 3.1, les fréquences d'échantillonnage disponibles sont 44.1, 48 et 96kHz et la `résolution de quantification` est 24bits. Cette carte fille est accompagnée d'une carte d'entrée et d'une carte de sortie incluant des connecteurs Jack 6.35mm femelles.

En mai 2018, la marque CTAG développe, pour la plateforme Bela, la carte son Beast¹⁷⁶ qui correspond à la superposition de deux cartes CTAG Face¹⁷⁷. Les caractéristiques de cette carte se rapprochent de celles de l'Octo d'Audio Injector tout en allant plus loin. Les deux `codecs` Analog Devices AD1938¹⁷⁸ utilisés sur les cartes Face permettent à la carte Beast de proposer 8 entrées et 16 sorties. Les fréquences d'échantillonnage proposées sont 48, 96 et 192kHz et la `résolution de quantification` est de 24bits. De plus, le système Bela est basé

172. En ligne <https://github.com/PaulStoffregen/Audio> [consulté le 17/12/2021].

173. En ligne https://www.pjrc.com/teensy/td_libs_AudioRoadmap.html [consulté le 17/12/2021].

174. En ligne <https://www.audioinjector.net/rpi-octo-hat> [consulté le 17/12/2021].

175. En ligne https://www.alsa-project.org/wiki/Main_Page [consulté le 17/12/2021].

176. En ligne <https://blog.bela.io/introducing-ctag-multichannel-systems/> [consulté le 17/12/2021] et en ligne <https://hackaday.io/project/9634-ctag-face-and-beast-multichannel-audio-systems> [consulté le 17/12/2021].

177. En ligne <https://eu.shop.bela.io/collections/ctag-multi-channel-audio-system/products/ctag-face> [consulté le 17/12/2021].

178. En ligne <https://www.analog.com/en/products/ad1938.html> [consulté le 17/12/2021].

sur une distribution particulière du système Linux, la distribution Xenomai ¹⁷⁹, qui lui permet de donner aux processus audio une priorité ultra-haute (par rapport aux autres processus) aboutissant à une latence du système d'exploitation d'1ms. L'une des problématiques dans l'utilisation d'un système d'exploitation généraliste est que les différents processus (programmes exécutés par l'utilisateur ou lancés par le système d'exploitation lui-même) ont des priorités qui ne correspondent pas à celui dont les applications audio ont besoin. Si cette caractéristique n'est généralement pas problématique avec un ordinateur de bureau ou portable récent (la vitesse de calcul disponible est suffisamment importante pour gérer tous les processus suffisamment rapidement), elle devient une problématique très forte sur des architectures avec des puissances de calcul plus faibles (cartes Raspberry Pi et BeagleBone Black), notamment dans le cas de traitements sonores hexaphoniques. La distribution Xenomai a été spécialement développée pour pallier ce problème en donnant aux processus audio une priorité supérieure aux autres processus. Ajoutons, pour finir, que cette carte est accompagnée d'une seconde carte fille accompagnée de câbles audio permettant d'exposer et d'utiliser directement les entrées et les sorties audio par des câbles Jack 3.25mm.

La Elk Pi ¹⁸⁰ fonctionne sur le même principe que la carte CTAG. Le système d'exploitation Elk OS est une adaptation du système Xenomai qui peut être installé sur une carte Raspberry Pi. Il fournit donc aussi un système d'exploitation avec une latence excessivement courte (annoncée de l'ordre de la 1ms). La carte Elk Pi est basée sur le [codec](#) Texas Instruments PCM3168 ¹⁸¹. Un ensemble de 6 entrées (dont deux peuvent être commutées soit en entrées audio soit en entrées de type [contrôle en tension](#)) et 6 sorties (dont deux peuvent être commutées soit en sorties audio soit en sorties de type [contrôle en tension](#)) sont disponibles. Les [fréquences d'échantillonnage](#) et la [résolution de quantification](#) sont les mêmes que pour la CTAG Beast. La carte Elk Pi peut être accompagnée de la carte Elk Blackboard ¹⁸² qui permet d'avoir directement accès à des connecteurs physiques audio (pour chaque entrée et sortie) ainsi qu'à quelques éléments de contrôle (boutons, potentiomètres à glissière et écran).

179. En ligne <https://source.denx.de/Xenomai/xenomai/-/wikis/home> [consulté le 17/12/2021].

180. En ligne <https://elk.audio/elk-pi-basic-dev-kit/> [consulté le 17/12/2021].

181. En ligne <https://www.ti.com/product/PCM3168A> [consulté le 17/12/2021].

182. En ligne <https://elk.audio/blackboard/> [consulté le 17/12/2021].

Les performances de chacune des cartes détaillées ci-dessus sont reprises dans le tableau 3.1.

Cartes	CS42448	Audio Injector Octo	CTAG Beast	Elk Pi
Plateforme parente	Teensy	Raspberry Pi	BeagleBone Black	Raspberry Pi
Cadre d'utilisation	Teensy Audio Library	Raspbian	OS basé sur Xenomai	OS basé sur Xenomai
Codec	Cirrus Logic CS42448	Cirrus Logic CS42448	Analog Devices AD1938	Texas Instruments PCM3168
Entrées	6	6	8	4+2
Sorties	8	8	16	4+2
Fréquence d'échantillonnage (en kHz)	44.1, 48, 88.2, 96	44.1	48, 96 ou 192	48, 96 ou 192
Résolution de quantification ¹⁸³	16	24	24	24
Prix (en euros)	31.42	86.32	307	319

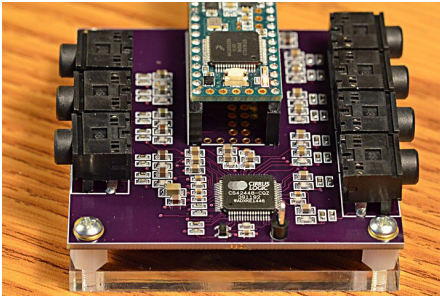
TABLE 3.1. Caractéristiques des cartes son multicanaux pour système embarqué.

3.6.4 Comparaison des architectures matérielles existantes

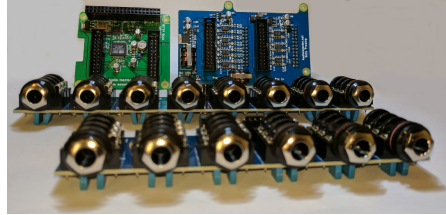
Les différentes architectures n'ont pas les mêmes caractéristiques comme le montre le tableau récapitulatif 3.1. Il en résulte des performances disparates. Les tests de chacune de ces plateformes ont été réalisés au fur et à mesure de leurs acquisitions de manière empirique. La plupart du temps, ces tests consistaient en l'application de traitements sonores présents de base dans les bibliothèques ou plateformes accompagnant ces cartes et dupliqués six fois. Les tests portés avant tout sur la charge de calcul appliquée aux processeurs de ces cartes par le ou les traitements sonores hexaphoniques et sur l'influence de cette charge sur la qualité sonore du traitement.

Les plateformes qui ont pu être testées sont les suivantes :

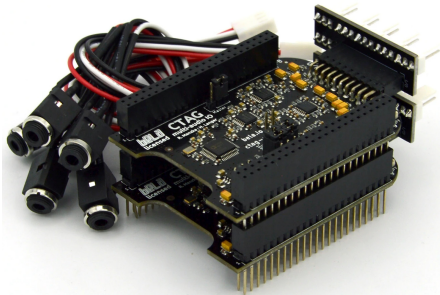
- Raspberry Pi 3 et carte son Octo d'Audio Injector ;
- BeagleBone Black, Bela et carte son CTAG Beast ;
- Teensy 3.2, 3.6, 4.0 et 4.1 et carte codec CS42448 ;
- Raspberry Pi 4, système d'exploitation Elk et carte son Elk Pi



(a) Carte codec CS42448 pour Teensy.



(b) Carte Octo de Audio Injector.



(c) Carte CTAG Beast pour Bela.



(d) Elk Pi et Elk Blackboard.

FIGURE 3.18. Les différentes cartes son multicanaux pour système embarqué.

Le tableau 3.2 reprend les résultats obtenus après le test des différents traitements présents dans les exemples de chaque plateforme. On remarque rapidement que les versions 4.0 et 4.1 des cartes Teensy permettent d'envisager la constitution d'un multieffet hexaphonique, là où la Teensy 3.2 est convenable pour l'utilisation d'un traitement hexaphonique. Les cartes Octo et Beast affichent des résultats limités. Ceci est probablement dû aux cartes mères les accueillant, respectivement la Raspberry Pi 3 et la BeagleBone Black. La carte Elk Pi, par exemple, qui prévoit le même temps de latence que le système Bela et qui utilise une carte Raspberry Pi 4, présente des performances beaucoup plus marquées. Malgré le côté empirique de ce test, il apparaît clair que les ressources des systèmes embarqués pour le prototypage actuel montrent des performances permettant d'envisager concrètement la réalisation d'un multieffet hexaphonique matériel.

Cartes	Codec CS42448 avec Teensy				Audio Injector Octo	CTAG Beast	Elk Pi
	3.2	3.6	4.0	4.1			
Nb de traitements hexaphoniques simultanés	1	2 à 3	6	6+	3	3	6+

TABLE 3.2. Résultats des tests empiriques des cartes sons multicanaux pour système embarqué.

L'aspect empirique de ce premier test peut être transformé en tests intégrant une méthode plus précise. En effet, le langage Faust que nous avons mentionné plus haut¹⁸⁴ grâce aux différents moteurs d'exportation dont il dispose permet d'exporter des traitements sonores hexaphoniques pour chacune des plateformes que nous venons de mentionner. L'homogénéisation des traitements sonores est la base indispensable pour pouvoir comparer les performances de chaque système. Ce langage a été connu tardivement par le chercheur qui n'a pas pu l'intégrer dans ces tests.

184. Se référer à « [Système logiciel de programmation audio](#) », p. 254.

3.7 Matériel : Contrôleur de paramétrage des traitements (EMEHG-fx-controller)

Cet élément matériel a été construit pour paramétrer physiquement, et plus simplement, les traitements sonores hexaphoniques des patchs des multieffets développés. Ce contrôleur correspond à une matrice de 4x7 encodeurs rotatifs auxquels ont été ajoutés (pour la dernière version) un écran Oled pour la visualisation et un encodeur rotatif pour le paramétrage général. Dans chacune des versions, les différentes lignes correspondent aux différents paramètres du traitement sonore et les colonnes correspondent aux différentes cordes (de la plus grave à la plus aiguë). Les encodeurs rotatifs de la septième colonne agissent comme des contrôles globaux de chaque paramètre. Il en résulte que leur utilisation entraîne la modification de la valeur d'un paramètre donné sur les 6 cordes en même temps. Ce contrôleur, comme nous l'avons vu, était directement intégré à la première version du multieffet embarqué EMEHG¹⁸⁵ puis a été intégré dans un boîtier extérieur lors du développement de la deuxième version. Cette version externe est reprise à la figure 3.19

3.7.1 Les éléments importants

3.7.1.1 Encodeur rotatif avec bouton-poussoir

Un encodeur rotatif est un composant qui est aussi appelé populairement « potentiomètre infini ». Ce nom vient de sa proximité formelle avec le potentiomètre. En effet, tout comme le potentiomètre, il s'agit d'un composant avec un axe rotatif. Cependant, la comparaison s'arrête là et, à l'inverse d'un potentiomètre qui agit comme une résistance variable (entre un minimum et un maximum), l'encodeur rotatif permet la rotation infinie de son axe. À ce titre, ce composant ne comporte ni début ou fin, ni valeur minimum ou valeur maximum¹⁸⁶. Ce composant comporte, au minimum 2 sorties de type « tout ou rien » dont l'état logique peut être lu par une carte telle que la Teensy 3.2. La rotation de l'arbre de l'encodeur rotatif est subdivisée en un certain nombre de

185. Se référer à « Matériel : Embedded Multi-Effects for Hexaphonic Guitar (EMEHG) », p. 282.

186. En ligne <http://bildr.org/2012/08/rotary-encoder-arduino/> [consulté le 17/12/2021].

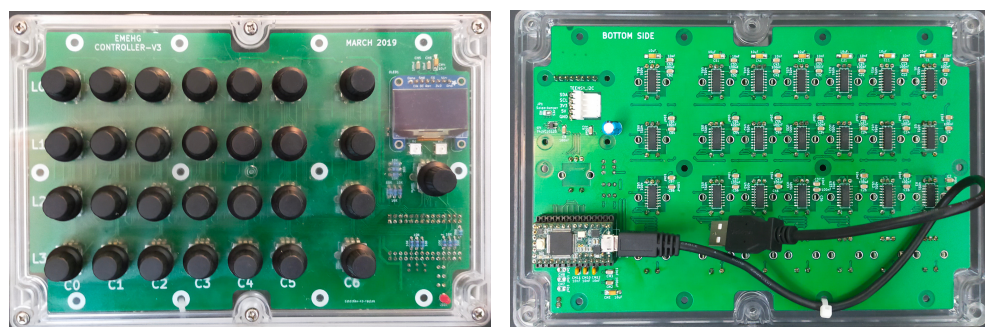


FIGURE 3.19. Contrôleur de paramétrage des traitements en version externe. À gauche, la face avant du contrôleur, à droite, la face interne de la carte électronique sur laquelle on distingue la Teesny 3.2 et les 7 groupes de 3 multiplexeurs. Le câble USB est relié à un connecteur fixé au boîtier.

pas (qui change suivant les modèles). À chaque pas, les sorties de l'encodeur changent alternativement de valeur. Cela signifie que le sens de rotation d'un encodeur rotatif est déduit de la comparaison de l'état logique de ces sorties par rapport à leur état logique précédent. Si l'on prend une suite binaire représentant l'état des sorties après 4 rotations d'un encodeur dans un sens donné, on obtient, pour une direction spécifique, la suite : 00, 01, 11, 10. Dans la direction inverse, on obtient la suite : 00, 10, 11, 01. Il apparaît, d'une part, que ces deux suites diffèrent et, d'autre part, que c'est la différence dans l'enchaînement des différents états qui permet de déduire la direction du mouvement opéré. La représentation binaire 00 est ainsi présente dans les deux séries ; sa valeur seule ne permet donc pas de discriminer entre une rotation à gauche ou à droite. Cependant, celle-ci est précédée dans la première série de la représentation binaire 01 alors que c'est la représentation 11 qui la précède dans la deuxième série. C'est donc bien une valeur et la valeur qui la précède qui permettent de définir la direction du mouvement. Les encodeurs rotatifs que nous utilisons dans cette interface sont pourvus d'une fonction « bouton poussoir » supplémentaire. Cela signifie que l'appui sur l'arbre de l'encodeur agit comme un bouton. Cet appui change l'état d'une troisième sortie qui vient s'ajouter aux deux précédentes. Un encodeur de ce type nécessite donc la connexion de 3

« pattes » à une carte de type Teensy (ou Arduino). Si la connexion d'un encodeur rotatif ne pose pas de réelle difficulté, la connexion de 28 encodeurs, comme c'est le cas de la matrice de notre contrôleur, est plus complexe, car elle nécessiterait un total de 87 entrées pour que chaque composant soit branché en direct sur la carte. Étant donné qu'aucune carte de prototypage rapide ne propose autant d'entrées (le maximum est de 54 sur l'Arduino MEGA et de 58 sur les Teensy 3.5 et 3.6, par exemple), il est nécessaire d'utiliser d'autres composants qui vont nous permettre de limiter le nombre d'entrées à utiliser et de lire de manière séquentielle l'état logique des 3 sorties de tous les encodeurs rotatifs : les multiplexeurs.

3.7.1.2 Multiplexeur CD4051

Ce type de composant est très commun dans les circuits électroniques. Il permet d'augmenter le nombre d'entrées ou de sorties d'un microcontrôleur donné. De façon plus détaillée, ce composant permet de lire (ou d'écrire) séquentiellement l'état logique de plusieurs sorties de périphériques (ou d'entrées) à partir d'une même entrée (ou sortie) d'un microcontrôleur. Une broche principale (entrée ou sortie) est connectée à un des canaux disponibles (2, 4, 8 ou 16 suivant les modèles) sur le multiplexeur par un système d'adressage définissant le numéro du canal à connecter à celle-ci. Le système d'adressage correspond à un ensemble de broches dont l'état permet de définir en binaire le numéro de canal à connecter. Le CD4051 que nous utilisons possède 8 canaux dont l'adressage est réalisé par la fixation des états de trois broches (nommées A, B et C dans la documentation du composant¹⁸⁷). Si nous souhaitons, par exemple, connecter la broche principale avec le canal 6, les broches A, B et C doivent être fixées respectivement aux niveaux logiques 0, 1 et 1. De plus, ce multiplexeur particulier intègre par le biais d'une broche notée INHIBIT (ou INH) dans la documentation du composant, la possibilité d'être activé ou désactivé. Cette fonctionnalité nous est particulièrement utile dans le contexte de ce contrôleur comme nous le verrons ci-dessous¹⁸⁸.

187. En ligne <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4051b.pdf?ts=1630562742527> [consulté le 17/12/2021].

188. Se référer à « Fonctionnement global », p. 299.

3.7.1.3 Écran OLED et visualisation

L'écran utilisé est un écran monochrome Adafruit Oled d'une résolution de 128x64 pixels avec une diagonale de 1.3 pouce¹⁸⁹. Il peut être commandé par les bus SPI ou I²C. Dans notre cas, c'est ce dernier qui a été utilisé. Le terme I²C fait référence à un type de bus de données (et donc à un type de communication) sur lequel plusieurs appareils peuvent être branchés et adressés indépendamment. Dans l'ensemble de composants branchés sur un bus I²C, un est l'élément primaire qui donne les ordres aux composants secondaires. L'un des intérêts de ce protocole est de n'utiliser que deux câbles (l'un permet de transmettre les données (SDA) et l'autre transmet le signal d'horloge (SCL) permettant la synchronisation de l'envoi et de la réception des données) pour contrôler un ou plusieurs appareils. Il s'agit ensuite de définir tout un codage permettant de contrôler les divers éléments des matériels secondaires. Différents types de composants peuvent communiquer selon cette norme que ce soit des mémoires EEPROM, des capteurs, des multiplexeurs ou dans notre cas des écrans. La communication avec l'écran utilisé est ici facilitée par la disponibilité d'une *bibliothèque* spécifique¹⁹⁰. Celle-ci facilite l'affichage d'informations sur l'écran par le biais de toute une série de fonctions permettant l'affichage de texte, de formes géométriques ou de fichiers de type image. C'est elle qui prend en charge la communication I²C avec l'écran et le suivi du protocole de données mis en place par le fabricant. Il faut noter que la technologie Oled a été choisie, car elle permet l'utilisation d'écrans de plus petites tailles¹⁹¹. Cette donnée est importante à prendre en compte dans notre cas, notamment par rapport à la taille du boîtier dans lequel le circuit imprimé est stocké. À titre de comparaison, à résolution équivalente, les écrans utilisant la technologie LCD Graphical Display sont, en moyenne, de 1 à 1.5 cm plus long et plus large que les versions Oled.

189. En ligne <http://www.adafruit.com/datasheets/SSD1306.pdf> [consulté le 17/12/2021].

190. En ligne https://github.com/adafruit/Adafruit_SSD1306 [consulté le 17/12/2021].

191. La technologie Oled se base sur

3.7.2 Fonctionnement global

Le code et la structure matérielle de ce contrôleur ont subi plusieurs modifications au cours de leur développement. Cependant, pour chacune de ces modifications, le principe de base est resté le même :

- Chaque colonne se voit attribuer 3 multiplexeurs. À chaque multiplexeur d'une colonne est assignée 1 broche des encodeurs rotatifs (broche 1, broche 2 et bouton-poussoir). Il en résulte que 4 canaux sont utilisés sur chacun des 3 multiplexeurs correspondant aux broches des 4 encodeurs rotatifs présents dans 1 colonne¹⁹². Les entrées INHIBIT d'une même colonne sont connectées entre elles permettant ainsi d'activer ou de désactiver simultanément les multiplexeurs d'une colonne de manière à pouvoir opérer une lecture des données colonne par colonne.
- Les sorties des multiplexeurs correspondant à une même caractéristique (broche 1, broche 2 et bouton poussoir) sont reliées ensemble. Il en résulte que seulement 3 entrées du microcontrôleur sont utilisées : une pour la broche 1, une pour la broche 2 et une pour le bouton-poussoir.
- Chaque entrée d'adressage (A, B ou C) d'un multiplexeur est reliée avec les entrées d'adressage (A, B, ou C) de tous les autres multiplexeurs (toutes les entrées A sont reliées ensemble, toutes les entrées B sont reliées ensemble et toutes les entrées C sont reliées ensemble).
- Le principe énoncé au point précédent peut sembler limitatif puisqu'une adresse spécifique s'applique à tous les multiplexeurs. Cependant, si l'on relie ce principe au fait que chaque colonne possède son système indépendant d'activation/désactivation, le processus des lectures des données de chaque broche d'un encodeur rotatif revient à réaliser 3 étapes : une colonne est sélectionnée par activation de ses multiplexeurs et par désactivation des multiplexeurs des autres colonnes, l'adresse d'un encodeur spécifique est ensuite envoyée aux trois multiplexeurs actifs puis les données de chaque broche du multiplexeur sont lues. Le principe est répété pour les 4 encodeurs rotatifs de la colonne. Les multiplexeurs de celles-ci sont ensuite désactivés et ceux de la suivante activés. Le processus de sélection de l'encodeur et de lecture de l'état des broches est ensuite opéré 4 fois et ainsi de suite.

192. Pour rappel, les multiplexeurs utilisés intègrent 8 canaux. Dans notre cas, seulement 4 de ces 8 canaux sont utilisés. Il a été cependant décidé de laisser une marge pour des évolutions futures qui nécessiteraient d'ajouter des encodeurs à chaque colonne.

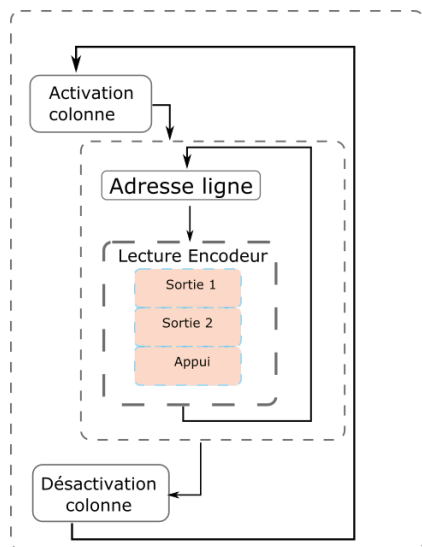


FIGURE 3.20. Schéma bloc de la lecture des encodeurs rotatifs.

La structure que nous avons choisie permet de limiter le nombre de connexions d'entrées et de sorties numériques nécessaires à 13 pour cette matrice d'encodeurs rotatifs (au lieu des 87 nécessaires si les encodeurs avaient été reliés directement au microcontrôleur). La structure globale du code est reprise à la figure 3.20.

3.8 Matériel : Pédalier de contrôle (EMEHG-foot-controller)

Cette interface matérielle permet de contrôler l'activation et la désactivation de 6 traitements sur chacune des 6 cordes de manière individuelle. Elle a été développée à la suite des expériences réalisées¹⁹³ pour pallier la limitation présente

193. Se référer à « Étude de la pratique des traitements sonores hexaphoniques », p. 351.

avec le **pédalier MIDI** utilisé pour celles-ci. Pour rappel, le **pédalier MIDI Behringer FCB1010** utilisé¹⁹⁴ met à disposition 10 boutons actionnables au pied et 10 **banques**¹⁹⁵. Dans le cadre des expériences réalisées, le multieffet utilisé intégrait 6 traitements. L'activation/désactivation individuelle de ceux-ci est alors rendue possible par le changement de **banque**. Celui-ci, suivant les scénarios, permet soit de changer de cordes et d'accéder ensuite, à partir des 6 premiers boutons du FCB1010, à l'activation/désactivation des 6 traitements, soit de changer de traitement et d'accéder ensuite, à partir des 6 premiers boutons du FCB1010, à l'activation/désactivation des cordes. Une étape de navigation, plus ou moins longue, à travers les **banques** est alors nécessaire avant de pouvoir obtenir le résultat désiré.

Le **pédalier** de contrôle que nous présentons ici (voir figure 3.21) supprime cette étape de navigation en donnant accès à chaque activation/désactivation individuelle directement et reproduit de manière quasiment mimétique la matrice présente dans le patch utilisé pour les expérimentations. Il intègre une matrice de 7 lignes par 7 colonnes de boutons-poussoirs actionnables au pied et de diodes électroluminescentes. Sur le même principe que l'interface matérielle servant à fixer les valeurs des paramètres des traitements sonores, chaque ligne et chaque colonne possède une activation/désactivation générale qui s'applique aux 6 éléments que cette ligne ou cette colonne englobent. Une image du **pédalier** est reprise à la figure 3.21. Il faut noter que la réalisation de ce **pédalier** est un cas quasi extrême en matière de taille et de facilité d'accès aux différents boutons. Un plus grand nombre de traitements nécessiterait une autre approche pour obtenir une interface « facilement » utilisable par le guitariste.

Bien que le principe de base de ce **pédalier** soit proche de celui du contrôleur du paramétrage des traitements que nous avons décrit précédemment¹⁹⁶, une autre méthode a été utilisée pour le design électronique. Celle-ci se base essentiellement sur des registres à décalage et sur des diodes électroluminescentes

194. En ligne, <https://www.behringer.com/Categories/Behringer/Accessories/Midi-Foot-Controllers/FCB1010/p/P0089> [consulté le 17/12/2021].

195. Le terme « banque » utilisé dans le contexte d'une interface de commande MIDI fait référence au nombre de configurations disponibles d'un même ensemble de contrôles (bouton, potentiomètre rotatif, potentiomètre à glissière, etc.) donné. Dans le cas du **pédalier MIDI Behringer FCB1010**, par exemple, les 10 **banques** présentes permettent, entre autres, d'assigner différents types de message MIDI à un bouton donné.

196. Se référer à « **Matériel : Contrôleur de paramétrage des traitements (EMEHG-fx-controller)** », p. 295.

adressables de type NeoPixel. De plus, le système est construit autour d'une carte électronique Teensy 3.2¹⁹⁷ et d'une carte qui est le résultat d'une adaptation sur mesure d'une carte Arduino Uno¹⁹⁸. Cette dernière gère l'appui des boutons et les diodes électroluminescentes. Elle est connectée à la première en tant que périphérique maître d'une communication I²C.¹⁹⁹ La carte électronique Teensy permet la réception des changements d'état des boutons sur lesquels le guitariste a appuyé et transmet ces informations en MIDI. Nous allons détailler ces différents composants avant de détailler le fonctionnement global du *pédalier*.

3.8.1 Les éléments importants

3.8.1.1 Registres à décalage 74HC595

Un registre à décalage 74HC595²⁰⁰ est un circuit intégré logique dont l'usage est très répandu dans la réalisation de circuit électronique. Il permet notamment d'augmenter le nombre de sorties numériques disponibles (8 dans notre cas) sur un microcontrôleur. Cette caractéristique est du même ordre que les multiplexeurs CD4051 utilisés dans le cadre du contrôleur des paramètres des traitements sonores, mais son fonctionnement est différent. Dans le cas des registres à décalage, une série de valeurs (l'une après l'autre) est envoyée en série à l'entrée du circuit intégré et chaque valeur est « décalée » à travers les 8 registres présents par l'utilisation d'un signal d'horloge (succession de transition entre un état haut et un état bas, entre 1 et 0). Une fois que la configuration des broches de sorties est en place, une transition entre un état haut et un état bas de la broche « bascule » (*latch*) permet la fixation des valeurs des broches de sortie. Ce type de composant permet la conversion de données en série vers des données parallélisées. Les registres correspondent à des espaces de stockage temporaire. Ce composant est souvent utilisé dans le contrôle d'un grand nombre de diodes électroluminescentes pour lesquelles des configurations

197. En ligne <https://www.pjrc.com/store/teensy32.html> [consulté le 17/12/2021].

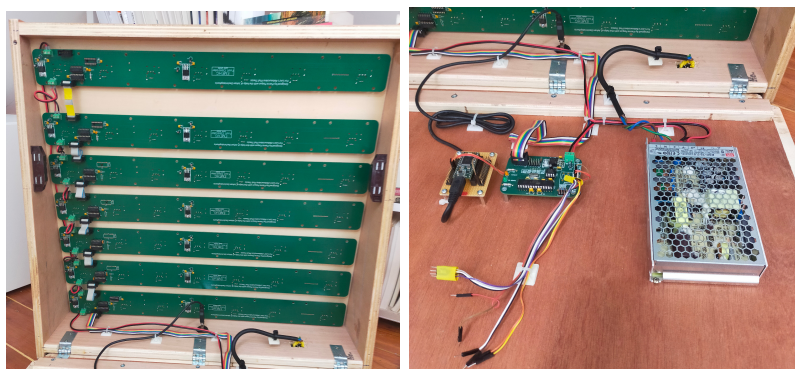
198. En ligne <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3/> [consulté le 17/12/2021].

199. Se référer à « Matériel : Contrôleur de paramétrage des traitements (EMEHG-*fx-controller*) », p. 295.

200. En ligne <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd74hc595.pdf?ts=1629636752229> [consulté le 17/12/2021].



(a) pédalier de contrôle EMEHG-foot-controller.



(b) Cartes électroniques des lignes de boutons poussoirs et LEDs. (c) Carte Teensy, carte de gestion de boutons et des LEDs et alimentation.

FIGURE 3.21. Différentes vues du pédalier de contrôle EMEHG-foot-controller.

d'activation/désactivation des diodes sont stockées en mémoire et envoyées aux registres à décalage soit en une seule fois soit de façon animée²⁰¹. Une des particularités de ce composant est qu'il peut être chaîné. Cela signifie que lorsque plus de 8 bits sont envoyés en série les registres à décalage du deuxième composant prennent le relais. De même, lorsque plus de 16 bits sont envoyés, les registres à décalage du troisième composant prennent le relais, etc. Lorsque le nombre de bits est supérieur au nombre total de registres disponibles, le système boucle et le décalage recommence à partir du premier registre.

3.8.1.2 Diodes électroluminescentes tricolores adressables WS2812

Les diodes électroluminescentes (DELs) de type WS2812 (équivalentes au DELs NeoPixel de la marque Adafruit²⁰²) correspondent à un ensemble de 3 DELs (rouge, vert et bleu) connectées à un circuit logique intégré dans lesdites DELs. La couleur de ces DELs peut être définie par l'état d'une seule broche et celles-ci peuvent être chaînées. À titre de comparaison, les DELs RVB classiques disposent de 4 pattes : une patte par couleur (rouge, vert et bleu) et une patte pour une anode ou une cathode commune suivant les modèles²⁰³. Le contrôle, par un microcontrôleur, de ce type de DEL tricolore nécessite 3 sorties analogiques pour chaque DEL utilisée. Les DELs de type WS2812 correspondent à un ensemble de 3 DELs (rouge, vert et bleu) connectées à un circuit intégré spécifique. Celui-ci permet le chaînage d'un grand nombre de DEL et leur pilotage indépendant en ne connectant, au microcontrôleur, que le câble de données de la première DEL de la chaîne. Ces DELs utilisent la Modulation de Largeur d'Impulsion²⁰⁴. À l'inverse des cartes Arduino qui utilisent la varia-

201. Une transition d'un état haut vers un état bas de la broche `latch` après chaque décalage d'1 bit de donnée entraîne l'affiche des états successifs des LED. Une transition d'un état haut vers un état bas de la broche `latch` après le décalage des 8 bits entraîne la modification de toutes les LED allumées en une seule fois.

202. En ligne <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/WS2812B.pdf> [consulté le 17/12/2021].

203. La différence entre les modèles à anode commune et ceux à cathode commune se situe au niveau de la manière dont les DEL vont être reliées à l'alimentation.

204. La Modulation de Largeur d'Impulsion ou MLI (Pulse Width Modulation ou PWM) correspond à la génération d'un signal carré dont le temps passé à l'état haut et le temps passé à l'état bas pour un cycle d'horloge donné peuvent être paramétrés. Ce procédé est par exemple utilisé pour simuler, à partir des sorties numériques d'une carte Arduino, un contrôle continu analogique, comme c'est le cas du contrôle de l'intensité d'une DEL.

tion de la largeur d'impulsion pour recréer un contrôle continu (comme pour contrôler la luminosité d'une DEL par exemple) à partir de sorties numériques, les DELs de type WS2812 utilisent deux configurations prédéfinies pour définir les valeurs 1 ou 0. La valeur 1 est obtenue à partir d'un cycle où l'état haut est maintenu pendant $800\mu\text{s}$ et l'état bas pendant $450\mu\text{s}$ alors que la valeur 0 est obtenue avec un état haut maintenu pendant $400\mu\text{s}$ et un état bas pendant $850\mu\text{s}$. Un ensemble de 24 bits (8 bits par couleur) est envoyé en série pour chaque DEL WS2812 présente dans la chaîne. À chaque changement de couleur d'une des DELs, un message contenant un multiple de 24 bits est envoyé à la chaîne de DELs : la première DEL ampute la série des premiers 24 bits et envoie le reste de celle-ci vers la DEL suivante et ainsi de suite. La modification de la modulation à largeur d'impulsion permettant d'envoyer les paquets de 24 bits à chaque DEL WS2812 est prise en charge par un [bibliothèque](#) spécifique qui est, dans notre cas, la [bibliothèque Adafruit NeoPixel](#)²⁰⁵. Celle-ci permet, par exemple, le réglage de la luminosité de l'ensemble des DELs WS2812 présentes dans la chaîne et la configuration indépendante des composantes (rouge, vert et bleu) de chaque DEL de la chaîne. Dans notre cas, lorsque ce [pédalier](#) est connecté au patch Max MSP utilisé pour les expérimentations, un processus d'initialisation permet d'envoyer les valeurs des composantes des couleurs utilisées visuellement par les traitements sonores du patch vers le [pédalier](#), de manière à configurer les différentes couleurs des DELs WS2812 en conséquence.

3.8.2 Fonctionnement global

Comme nous l'avons mentionné plus haut, le [pédalier](#) est constitué de deux microcontrôleurs : l'un est intégré sur une carte Teensy et l'autre est un ATmega 328²⁰⁶ intégré sur une carte réalisé sur mesure (adaptation d'une carte Arduino Uno). Sept cartes électroniques identiques (1 par ligne) intègrent les boutons actionnables au pied et les DELs WS2812 associées. Chaque DEL WS2812 nécessitant environ 50 mA pour fonctionner, une alimentation externe d'environ 2.5 A alimente les 7 cartes électroniques et la carte sur-mesure intégrant l'ATmega 328 (voir figure 3.21(c) et 3.21(b)). Cette carte est celle qui a en gestion l'activation et la désactivation des DELs et l'envoi du changement d'état des

205. En ligne https://github.com/adafruit/Adafruit_NeoPixel [consulté le 17/12/2021].

206. En ligne <https://www.microchip.com/en-us/product/ATmega328> [consulté le 17/12/2021].

boutons à la carte Teensy. Sur le bus de données I²C, cette carte agit comme le périphérique I²C principal et la carte Teensy comme le périphérique I²C secondaire. La carte Teensy, pour sa part, est alimentée directement par la connexion USB et permet l'envoi d'une commande MIDI relative à chaque bouton activé ou désactivé. Il faut noter que la carte Teensy a cette particularité de pouvoir être reconnue directement en tant que périphérique MIDI par l'ordinateur auquel elle est connectée. C'est ce comportement qui permet notamment d'utiliser l'envoi des commandes MIDI par le port USB. Si cette fonctionnalité est absente (comme c'est le cas pour les cartes Arduino par exemple) la connexion est réalisée grâce à un connecteur DIN 5 broches et une interface intermédiaire de conversion aurait été nécessaire pour être reconnue par l'ordinateur comme un périphérique MIDI. La carte Teensy évite donc l'utilisation d'une carte son intégrant une entrée MIDI ou d'une interface de conversion MIDI/USB spécifique.

Les cartes correspondant à une ligne de la matrice de boutons actionnables au pied et des DELs WS2812 associées sont toutes construites sur le même modèle et reprennent le même principe de fonctionnement. Les sept boutons actionnables au pied sont connectés à 7 sorties de registres à décalage (type 74HC595). Chacune des 7 sorties est connectée à une entrée unique, du microcontrôleur ATmega 328. La mise à 1 d'une des broches de sortie des registres à décalage intègre le bouton-poussoir connecté à cette broche dans un circuit électrique ouvert avec le microcontrôleur. Lorsqu'un appui est effectué sur celui-ci, le circuit est alors fermé et l'état de l'entrée du microcontrôleur change. Une boucle itérative envoie un bit d'activation alternativement sur chacune des sorties. À chaque boucle, l'état du circuit entre un bouton spécifique et le microcontrôleur est testé : un état bas signifie que le circuit entre la sortie activée des registres à décalage et le microcontrôleur est fermé et donc que l'on a appuyé sur le bouton ; à l'inverse, un état haut signifie que le circuit entre la sortie activée des registres à décalage et le microcontrôleur est resté ouvert et donc que le bouton n'a pas été utilisé. Il faut noter que comme les DELs WS2812, les registres à décalage de chaque ligne sont chaînés. Ils sont eux aussi représentés par un ensemble de 49 éléments. Le processus itératif mentionné n'est donc pas double comme cela était le cas pour le contrôleur du paramétrage des traitements (un premier processus sélectionne une ligne, un deuxième teste alternativement chaque encodeur rotatif présent dans cette ligne puis le premier processus change de ligne, etc.), mais simple et parcourt la

chaîne des 49 ensembles (bouton actionnable au pied et DEL WS2812) présents sur le [pédalier](#). La détection d'un changement d'état d'un bouton actionnable au pied entraîne l'activation de la DEL associée et l'envoi de l'information à la carte Teensy. Un total de 4 octets est ainsi envoyé sur le bus I²C à la carte Teensy : les deux premiers concernent le numéro du bouton dont l'état a été modifié et les deux suivants la valeur de l'état. Le premier octet de chaque ensemble correspond à un code définissant quelle donnée (numéro de bouton ou état du bouton) est envoyée dans le deuxième octet de chaque ensemble.

Les 7 cartes électroniques des lignes de boutons actionnables au pied et de DELS WS2812 associées (voir [figure 3.21\(b\)](#)) sont reliées entre elles par des ensembles de connecteurs présents en entrée et en sortie de celles-ci. Ces connecteurs permettent le transfert carte à carte :

- des signaux de commandes des registres à décalage (`data`, `clock` et `latch`) ;
- du signal du circuit créé entre le bouton et le microcontrôleur et dont l'état est testé par le microcontrôleur ATmega 328 ;
- du signal de données de la dernière DEL WS2812 de la ligne.

La carte de la dernière ligne de la matrice connecte ces signaux au microcontrôleur ATmega 328. Il faut noter qu'à la fin de chaque ligne les signaux de commandes des registres à décalage et le signal du circuit créé sont connectés à un trigger de Schmitt inverseur (type 74HC14²⁰⁷). Ce composant permet de lever une indétermination potentielle par rapport au niveau logique à appliquer. Un niveau logique (haut ou bas, 0 ou 1, LOW ou HIGH en programmation Arduino) est représenté par une plage de tension spécifique dépendante de la famille de composants utilisée. Dans notre cas, par exemple, les composants logiques utilisés (registres à décalage et trigger de Schmitt) sont de la famille HC. Cette norme définit, d'une part, que l'état bas est compris entre 0.1 et 0.8V et que l'état haut est compris entre 3.5 et 4.9V pour une tension d'alimentation de 5V. Si la tension présente sur les différentes lignes de notre circuit se situe entre 0.8 et 3.5V, il subsiste une indétermination sur l'état logique à appliquer. En fonction des charges électriques présentes dans le circuit (dues aux composants mis en jeu, à la longueur de la chaîne électrique qui entraîne aussi une baisse de tension, etc.), la tension sur chacune de ces lignes électriques peut être ame-

207. En ligne <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn74hc14.pdf> [consulté le 17/12/2021].

née à se situer dans cette zone d'indétermination. La présence de trigger de Schmitt sur les cartes de chaque ligne assure une intégrité des niveaux logiques nécessaires. Il faut noter que la plupart des triggers de Schmitt (et notamment ceux que nous utilisons) sont inverseurs. Cela signifie que l'opération booléenne qu'ils appliquent fait ressortir le complément du signal d'entrée. Une mise en série avec un deuxième trigger de Schmitt (le circuit intégré 74HC14 intègre 6 triggers de Schmitt) est donc effectuée pour retrouver le signal original.

3.9 Conclusion

Ce troisième chapitre constitue la première étape de la partie pratique de cette thèse et présente les différents développements logiciels et matériels qui ont été effectués. Les développements logiciels ont consisté à la mise en place d'un multieffet hexaphonique et à l'adaptation d'un logiciel de détection des notes et des techniques de jeu de la guitare. Ces deux logiciels sont les éléments principaux qui rendent les possibilités de l'hexaphonie directement accessibles. Le multieffet hexaphonique développe pour sa part une dimension audio-vidéosphérique en se positionnant comme une « augmentation » des systèmes monophoniques existants. Il actualise des dispositifs qui étaient un temps disponibles (multieffets de Matthias Grob, StringPort de Keith McMillen, etc.²⁰⁸), mais qui avaient, au début de cette thèse, disparu. Le logiciel EGT, quant à lui, apparaît comme l'usage hypersphérique du microphone hexaphonique. Les détections qu'il réalise développent celles présentes dans les guitares-synthétiseurs²⁰⁹.

Les unités matérielles présentées dans ce chapitre, de leur côté, apparaissent, de prime abord, comme moins essentielles à la mise en œuvre de l'hexaphonie dans un contexte de recherche. En effet, elles ne sont pas nécessaires pour que, dans le cadre de recherche qui est le nôtre, des guitaristes puissent utiliser les différentes facettes de ce dispositif. Cependant, il nous est très vite apparu comme nécessaire de ne pas développer un matériel quasiment inexistant qui aurait uniquement été utilisé dans le cadre de cette thèse, sans réfléchir à des formes qui permettent son intégration et son utilisation dans la pratique des guitaristes. Les unités matérielles développées se positionnent cependant comme plusieurs éléments d'un dispositif hexaphonique qui pourraient s'in-

208. Se référer à « [Les origines](#) », p. 93.

209. Se référer à « [La guitare-synthétiseur](#) », p. 78.

tégrer dans l'instrumentarium des guitaristes électriques. Nos recherches sur le multieffet embarqué montrent qu'au moins deux plateformes matérielles de prototypage rapide (Elk Pi et Teensy 4.1) sont suffisamment puissantes pour exécuter un multieffet comprenant 6 traitements sonores hexaphoniques. Les deux interfaces de contrôle, quant à elles, facilitent l'interaction avec les multiples paramètres du multieffet. Le [pédalier](#) devient, par l'évolution de la texture sonore qu'il propose, une interface essentielle dans le développement de performances ou de compositions basées sur le dispositif hexaphonique. Pour rappel, les différents codes informatiques, schémas électroniques et éléments de construction de ces unités matérielles sont disponibles en ligne sous licence *open source* sur la plateforme Github²¹⁰.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, les unités matérielles développées n'ont cependant pas pu être soumises à la pratique instrumentale. Seul le multieffet hexaphonique et le logiciel EGT l'ont été à travers une pratique longue et des pratiques issues d'un cadre expérimental. L'analyse de ces pratiques est présentée dans le chapitre suivant.

210. Les différents dépôts sont disponibles à partir du dépôt principal : <https://github.com/loicreboursiere/EMEHG>.

Chapitre 4

Analyse des pratiques de la guitare hexaphonique

Sommaire

4.1	La pratique de la guitare hexaphonique dans <i>Puzzle</i> d’Ivann Cruz	316
4.1.1	Dispositif technique global	317
4.1.2	Étude d’une configuration de <i>Puzzle</i>	319
4.1.2.1	Les préconfigurations	319
4.1.2.2	Les interfaces de commande	329
4.1.2.3	Le contrôle par les gestes instrumentaux	334
4.1.2.4	Première répartition des configurations des traitements sonores hexaphoniques	337
4.1.3	La pratique hexaphonique d’Ivann Cruz à travers 4 pièces	341
4.1.3.1	<i>Puzzle</i>	342
4.1.3.2	<i>Lignes de Fuite</i>	345
4.1.3.3	<i>Puzzle</i> : étape de travail <i>live</i>	347
4.1.3.4	<i>No overdub</i>	348
4.1.4	Conclusion	350
4.2	Étude de la pratique des traitements sonores hexaphoniques	351
4.2.1	Présentation des guitaristes sélectionnés	352
4.2.2	Présentation de la méthodologie et du protocole mis en place	353
4.2.2.1	Le protocole expérimental	354
4.2.2.2	Les scénarios	355

4.2.2.3	Les guitares et le multieffet hexaphonique utilisés	359
4.2.2.4	Le dispositif d'enregistrement	364
4.2.2.5	Remarques sur le protocole expérimental	366
4.2.3	Constitution de l'ensemble de données - GIHME	367
4.2.3.1	Dérushage	369
4.2.3.2	Annotations	369
4.2.3.3	L'enjeu de la visualisation des données	375
4.2.3.4	Conclusion	377
4.2.4	Analyse des interviews	378
4.2.4.1	Contraintes et limitations	379
4.2.4.2	Appropriation du système	382
4.2.4.3	Modes de jeu, traitements et polytimbralité	384
4.2.4.4	L'instrument et la pratique du guitariste	387
4.2.4.5	Les spécificités du dispositif hexaphonique	392
4.2.5	Conclusion de la pratique des traitements sonores hexaphoniques	396
4.3	Conclusion	397

Ce dernier chapitre constitue une première approche de l'étude de différents types de pratiques de la guitare hexaphonique. Il permet d'incarner de manière pratique, à travers différents guitaristes (et donc à travers différentes pratiques guitaristiques) et différents contextes, les développements détaillés dans le chapitre précédent¹. Cette confrontation à la pratique instrumentale s'intègre dans le positionnement de « luthier numérique » que nous prenons dans ce travail. Celle-ci ne nous amène pas seulement à concevoir des outils parce qu'ils n'existent pas ou plus, mais aussi à confronter leurs existences à la pratique des musiciens visés. Grâce à cette étape, nous organisons socialement (bien que de manières limitées en ce qui concerne le nombre de guitaristes et de durées) une pratique du système technique que nous avons développé. Cette organisation sociale nous permet d'affiner notre développement et par cet affinage de mettre en avant des caractéristiques particulières du système.

Deux contextes de pratiques sont ainsi présentés. D'une part, une pratique longue de l'instrumentarium hexaphonique à travers le projet *Puzzle*² du guitariste, compositeur et interprète, Ivann Cruz³. Cette pratique a été initiée en 2014 et le spectacle *Puzzle* qui est né de ce travail a été créé le 15 mars 2019⁴. Dans ce projet, le guitariste a utilisé aussi bien le multieffet hexaphonique⁵ que le logiciel EGT⁶ sur une performance d'une durée d'environ une heure. Cette pratique représente une pratique qualitative du dispositif qui s'est affinée tout au long du développement du projet. Les dimensions audio-vidéosphérique (à travers le multieffet) et hypersphérique (à travers le logiciel EGT) du dispositif hexaphonique sont utilisées en parallèle de l'utilisation de traitements monophoniques et de la présence d'éléments vidéo générés en temps réel⁷. Au-delà de la seule utilisation du dispositif hexaphonique, la performance *Puzzle* est donc le développement de la cohabitation de ces différents éléments sonores et vidéo.

De manière à augmenter et diversifier la pratique du dispositif hexaphonique, une seconde expérience vient compléter cette analyse. Celle-ci s'appuie unique-

1. Se référer à « Développement logiciel et matériel hexaphonique », p. 237.

2. En ligne <https://muzzix.info/PUZZLE> [consulté le 17/12/2021].

3. En ligne <https://muzzix.info/Cruz> [consulté le 17/12/2021].

4. Maison Folie de Wazemmes, Lille, France.

5. Se référer à « Logiciel : Le multieffet hexaphonique », p. 252.

6. Se référer à « Logiciel : Reprise du projet de recherche Enriched Guitar Transcription », p. 273.

7. Par le vidéaste Lionel Palun, <https://www.wordpress.lionelpalun.com/>.

ment sur le multieffet hexaphonique qui apparaît, selon nous, comme l'incarnation de la spécificité du dispositif hexaphonique. L'utilisation des détections des notes et des techniques de jeu comme éléments de contrôle (de paramètres sonores, d'enregistrements ou d'autres médiums) se rapproche d'une pratique des interfaces gestuelles qui n'est, dès lors, pas spécifique au dispositif hexaphonique⁸. Cinq guitaristes ont ainsi été sélectionnés pour participer, chacun, à trois journées de pratique du multieffet suivant un protocole défini au préalable et identique pour tous. Le protocole a été spécifiquement construit pour développer la pratique d'éléments qui ne sont pas ou peu présents dans le projet *Puzzle*. L'uniformisation du protocole, ainsi que la récolte des données qui a été effectuée, permet une analyse postérieure plus « aisée » et plus homogène que si d'autres guitaristes s'étaient inscrits dans une pratique longue et qualitative du dispositif. Bien qu'une grande quantité de données ait été récoltée, l'annotation et la consolidation de l'ensemble de données ne sont pas encore finalisées et ce sont les interviews menées après la pratique de chaque étape du protocole qui ont été analysées.

Ce chapitre est donc divisé en deux grandes parties. La première développe et analyse la pratique mise en œuvre par Ivann Cruz dans son projet *Puzzle* et la seconde les pratiques mises en œuvre dans le cadre des expériences réalisées. Les analyses sont accompagnées d'exemples vidéo ou sonores. Dans un souci de simplicité d'accès à ces exemples, ces enregistrements ont été rendus disponibles en ligne sur la plateforme Vimeo⁹. Bien que les exemples sonores aient dû être intégrés dans des formats vidéo pour être disponibles sur cette plateforme, ils seront référencés dans la suite de notre texte comme « enregistrements sonores ». Ces exemples sont tirés des sessions de travail sur le projet *Puzzle* et des expérimentations ou ont spécifiquement été créés pour exemplifier un de nos propos. Dans cette dernière catégorie, un enregistrement sonore

8. Nous pouvons préciser ces affirmations en mentionnant que deux points de vue sont ici à l'œuvre : celui de l'auditeur et celui du musicien. Le « rendu sonore » obtenu par l'utilisation du logiciel EGT n'est, pour l'auditeur, pas différent de celui qui peut être obtenu par le biais d'autres interfaces de contrôle gestuelles. Elle est, cependant, tout à fait singulière pour la pratique du guitariste. L'application de traitements sonores différenciés (dans leurs paramétrages et/ou dans leurs chaînages) pour chaque corde, en revanche, est à la fois source d'une « nouveauté » sonore et pour l'écoute de l'auditeur et pour la pratique du guitariste. C'est cet élément qui nous permet de définir l'utilisation du multieffet hexaphonique comme étant l'« incarnation de la nature spécifique » du dispositif hexaphonique mis en œuvre.

9. En ligne <https://vimeo.com/> [consulté le 17/12/2021].

de référence¹⁰ a, par exemple, été utilisé avec chaque préconfiguration détaillée ou introduite dans les parties suivantes. Il correspond à un accord de *Ré* majeur (avec la corde la plus grave accordée en *Ré*) joué de différentes manières : note à note, gratté, pincé, etc. Ce fichier a été enregistré à partir de la guitare équipée du microphone Cycfi Nu que nous avons décrite précédemment¹¹. Il ne reflète, bien évidemment, qu'en partie ce que les guitaristes ont obtenu comme **timbres** à partir d'une préconfiguration (ces **timbres** sont le résultat de gestes qui ne correspondent pas forcément à ceux utilisés dans l'exemple et, la plupart du temps, de la combinaison de plusieurs traitements), mais permet de donner une bonne idée des possibilités sonores que celle-ci recouvre. Ce fichier contient six pistes de même que les enregistrements créés à partir de celui-ci. Dans le but de faciliter la lecture de ces enregistrements, ceux-ci ont été réduits dans une version monophonique.

10. Se référer à l'enregistrement sonore `ref-D_Chord_src-norm`, en ligne <https://vimeo.com/640272628> [consulté le 17/12/2021].

11. Se référer à « [Les guitares utilisées](#) », p. 248.

4.1 La pratique de la guitare hexaphonique dans *Puzzle* d'Ivann Cruz

Ivann Cruz¹² est un guitariste, compositeur et improvisateur membre du collectif Muzzix¹³ (Lille, France) qui évolue dans différents projets oscillants entre l'improvisation, le *rock progressif* et la musique contemporaine. Il est le premier guitariste à avoir été contacté et à avoir accepté d'entamer un travail avec les développements que nous avons présentés dans le chapitre précédent¹⁴ et, plus particulièrement, le multieffet hexaphonique développé dans le logiciel Max MSP¹⁵, le logiciel de détection des notes et des techniques de jeu EGT¹⁶ et le boîtier d'alimentation et de conversion version 1¹⁷. Le travail avec ce guitariste a commencé fin 2014 et s'est ancré dans la création de la performance *Puzzle* en mars 2019 (maison Folie de Wazemmes¹⁸, Lille). Avant la création, le guitariste a publié le disque *Lignes de Fuite* (Circum-Disc, 2017)¹⁹ dans lequel deux pièces (*L'Obscur Aliment des Signes*²⁰ et *Quantophrénie*²¹) intègrent l'utilisation des outils cités ci-dessus. De même, une performance *live* utilisant le dispositif a été réalisée en mai 2016 à la Malterie. Ces trois éléments sont autant de jalons dans le développement de la pratique du dispositif hexaphonique sur lesquels nous nous appuierons.

Le développement du projet *Puzzle* a constitué un fil rouge dans le développement de ce travail de recherche. Il s'est construit pendant plusieurs moments

12. En ligne <https://muzzix.info/Cruz> [consulté le 17/12/2021].

13. En ligne <http://muzzix.info/> [consulté le 17/12/2021].

14. Se référer à « Développement logiciel et matériel hexaphonique », p. 237.

15. Se référer à « Multieffet hexaphonique : architecture globale et modules », p. 257.

16. Se référer à « Logiciel : Reprise du projet de recherche Enriched Guitar Transcription », p. 273.

17. Se référer à « Version 1 : les boîtiers de conversion et d'alimentation », p. 276.

18. En ligne <https://maisonsfolie.lille.fr/> [consulté le 17/12/2021].

19. En ligne <https://www.circum-disc.com/ivann-cruz-lignes-de-fuites/> [consulté le 17/12/2021].

20. En ligne https://youtu.be/6NHiatHpLzg?list=OLAK5uy_m7jYXw7K3IR7s7C1-XIn2hcntC8brDncg [consulté le 17/12/2021].

21. En ligne https://youtu.be/bm8xfhJQeGg?list=OLAK5uy_m7jYXw7K3IR7s7C1-XIn2hcntC8brDncg [consulté le 17/12/2021].

de résidence²² et avec l'intégration progressive de plusieurs personnes : l'ingénieur du son Olivier Lautem²³ (présent dès le début du projet), musicien et encadrant d'atelier d'écriture Martin Grangier²⁴ et le vidéaste Lionel Palun²⁵. La performance *Puzzle* à la fin de ces quatre années de gestation devient une œuvre multimédia pour guitare hexaphonique et vidéo temps réel.

4.1.1 Dispositif technique global

L'œuvre *Puzzle* utilise un ensemble matériel assez important que l'on retrouve de manière assez classique dans les spectacles dits « multimédia ». La figure 4.1 présente les différents éléments présents dans le dispositif technique mis en place et détaille leurs interactions. La figure 4.2 tirée de la fiche technique du projet²⁶ permet de se rendre compte de la scénographie globale du spectacle.

La principale source sonore est une guitare électrique *solidbody* munie d'un microphone hexaphonique (Godin Multiac SA, puis Godin LGXT²⁷ acquise par le guitariste). Celle-ci intègre à la fois une sortie hexaphonique (avec le connecteur DIN 13 broches) et une sortie monophonique (avec le connecteur Jack 6.35 mmm). La sortie hexaphonique est utilisée avec le multieffet hexaphonique (Figure 4.1, Ordinateur 1), dont le son est diffusé sur une stéréophonie positionnée en fond de scène de part et d'autre de l'écran vidéo, et avec le logiciel EGT (Figure 4.1, Ordinateur 2). La sortie monophonique est utilisée avec un ensemble de pédales de traitements sonores et un amplificateur guitare positionné à côté du guitariste.

Les notes et techniques de jeu détectées par le logiciel EGT contrôlent la lecture d'enregistrements sonores vocaux et l'application de divers traitements sonores sur ceux-ci (Figure 4.1, Ordinateur 3). Un algorithme de détection d'intervalles a été ajouté directement sur l'ordinateur gérant les enregistre-

22. Art Zoyd, Valenciennes - dernier trimestre 2014, Espace Pier Paolo Pasolini, Valenciennes - début 2016, Espace Culture, Université de Lille - début 2017, Gare Numérique, Jeumont - décembre 2017, Maison Folie de Wazemmes, Lille - 2018 et 2019.

23. En ligne <https://www.teatroescienza.it/Rassegna2017/Olivier%20Lautem.pdf> [consulté le 17/12/2021].

24. En ligne <https://martingranger.net/> [consulté le 17/12/2021].

25. En ligne <https://www.wordpress.lionelpalun.com/> [consulté le 17/12/2021].

26. Cette fiche technique a été réalisée par Olivier Lautem.

27. Se référer à « Les dispositifs de captation individuelle de la vibration des cordes », p. 245.

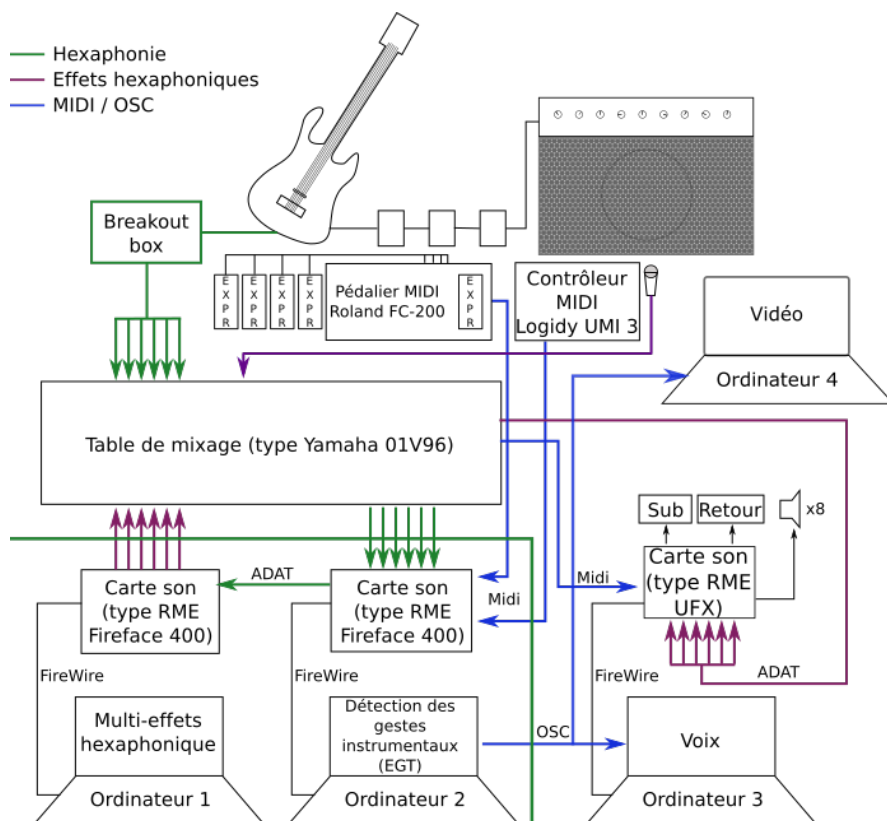


FIGURE 4.1. Dispositif technique global, *Puzzle*, 2016.

ments vocaux. Cet algorithme détecte l'intervalle et son caractère (ascendant ou descendant)²⁸ par la comparaison de deux notes successives. Cela signifie que pour un intervalle donné, le résultat obtenu (l'élément sonore déclenché ou contrôlé) peut être différent suivant que la deuxième note est plus aiguë ou plus grave que la première. Les enregistrements sonores ainsi déclenchés ou modifiés sont spatialisés en temps réel par l'ingénieur du son à partir de la table de mixage. Le système de diffusion utilisé varie en fonction des lieux et intègre entre 8 et 12 haut-parleurs positionnés dans la salle. Ils sont accompagnés par un caisson de basse. D'autre part, les détections réalisées par le logiciel EGT sont aussi utilisées pour contrôler des éléments vidéo en temps réel (Figure 4.1, Ordinateur 4) diffusés sur l'écran placé en fond de scène derrière le musicien. Pour finir, un ensemble d'interfaces de commande MIDI est utilisé pour interagir avec le multieffet hexaphonique dans le but de contrôler certains paramètres du multieffet hexaphonique ou le déclenchement de certaines préconfigurations des traitements sonores hexaphoniques.

Le dispositif mis en place pour le projet *Puzzle* permet une diversité de textures sonores très différentes et très riches. L'une des particularités de ce spectacle est que tous les éléments sonores (enregistrements vocaux modifiés ou non, traitements sonores hexaphoniques, traitements sonores monophoniques) et quelques éléments vidéo sont contrôlés uniquement par le guitariste (en dehors de la spatialisation en direct des enregistrements vocaux) et son instrument. Nous allons, dans la partie suivante, détailler une des configurations logicielles utilisée pendant le développement du projet pour préciser les différents éléments qui la constituent.

4.1.2 Étude d'une configuration de *Puzzle*

4.1.2.1 Les préconfigurations

Chacun des traitements du chaînage (en dehors du *hexFreeze* et du *hexLooper*) utilise une préconfiguration particulière de base lorsque le programme est exécuté. L'ensemble de ces préconfigurations est visible à la figure 4.4 et chacune d'entre elles (ainsi que toutes celles développées tout au long du projet *Puzzle*)

28. Le caractère d'un intervalle est ascendant ou descendant. Un intervalle est descendant si la première note est la plus haute; un intervalle est ascendant si la première note est la plus basse.

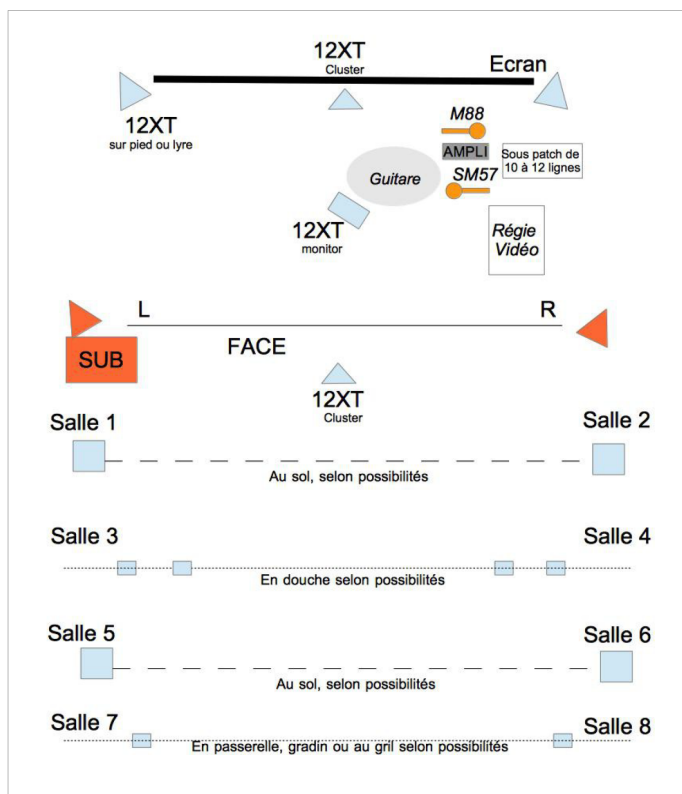


FIGURE 4.2. Schéma d'implantation scénique, *Puzzle*, Olivier Lautem, 2019.

est reprise de manière détaillée en annexe²⁹. De plus, d'autres préconfigurations sont accessibles par les interfaces de commande et les relations de *mapping* que nous décrivons ci-dessous³⁰. Les facteurs d'interpolation³¹ de préconfigurations sont, en effet, contrôlés par des pédales d'expression externes, pour les traitements : *hexDelay1*, *hexGigaverb* et *hexFlanger*. De plus, un des boutons du *pédalier MIDI* utilisé est paramétré pour changer la préconfiguration du traitement *hexDelay1*. Cette fonction ajoutée au contrôle d'interpolation de la pédale d'expression permet donc, au guitariste, de naviguer parmi 4 préconfigurations pour ce traitement particulier. La figure 4.3 reprend les différentes préconfigurations accessibles par l'interpolation des pédales d'expression.

Il nous semble maintenant important de détailler les différentes préconfigurations, notamment dans les relations entre les cordes qu'elles mettent, pour certaines, en avant. Les chiffres entre parenthèses, positionnés après les noms des préconfigurations, représentent des liens vers leur affichage sous forme de tableau repris en annexe. Pour chaque préconfiguration, une note de bas de page référence l'enregistrement sonore correspondant à l'utilisation de l'enregistrement de référence traité avec cette préconfiguration spécifique.

hexFuzz, `base_jeumont`³² [A.2] : cette configuration est équivalente à celle que l'on pourrait trouver sur un traitement monophonique puisqu'un paramètre donné a la même valeur pour toutes les cordes. Cependant, comme nous l'avons vu précédemment³³, les six traitements de *fuzz* appliqués indépendamment sur chaque corde, même s'ils sont paramétrés de manière identique, génèrent un *timbre* très différent du *timbre* de l'équivalent monophonique.

29. Se référer à « Pré-configurations développées pour *Puzzle* », p. 408.

30. Se référer à « Les interfaces de commande », p. 329.

31. Pour rappel, le facteur d'interpolation de pré-configurations correspond au calcul de pré-configurations intermédiaires entre une pré-configuration de départ et, dans notre cas, la suivante (par rapport à la liste globale des pré-configurations du traitement). Un facteur d'interpolation positionné à 50% aboutira, par exemple, à un pré-configuration pour laquelle chaque paramètre se situe à équidistance des valeurs des paramètres présents dans les pré-configurations de départ et d'arrivée. Ce paramètre peut-être contrôlé de manière continue apportant ainsi un fondu sonore entre deux pré-configurations.

32. Se référer à l'enregistrement sonore `ref-Puzzle-hexFuzz-base_jeumont-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640006018> [consulté le 17/12/2021].

33. Se référer à « Les origines », p. 93.

hexHarmo, 9bd5d3muoctd4d4u³⁴ [A.11] : cette configuration applique des facteurs de *transposition* non identiques pour chaque corde, elle peut donc être qualifiée d'hexaphonique. Les facteurs de *transposition* appliqués et leurs équivalences sur le plan des intervalles sont présentés au tableau 4.1.

Corde	Mi	La	Ré	Sol	Si	Mi (aigu)
Transposition (en cents)	300	-500	-1200	200	-700	-200
Intervalle	tierce mineure	quarte	octave (descendante)	seconde	quinte (descendante)	descendante

TABLE 4.1. Les intervalles de la préconfiguration 9bd5d3muoctd4d4u du traitement *hexHarmo*.

Les intervalles utilisés dans cette préconfiguration permettent de cumuler des intervalles proches (intervalles de seconde) difficilement réalisables à la guitare³⁵ avec des intervalles plus « classiques » et plus lointains (octave, quinte, etc.). Cette configuration donne la possibilité au guitariste de créer une densité harmonique en cumulant ces intervalles proches et lointains. D'autre part, l'octave inférieure utilisée sur la corde de *Ré* « casse » la répartition naturelle des hauteurs de l'accord de la guitare en plaçant la hauteur la plus grave au milieu du manche. Ce choix participe, pour le guitariste, de sa position d'improvisateur qui, dans ce cas, cherche à bousculer ses repères pour l'amener au-delà des réflexes qu'il a acquis dans le développement de sa pratique.

hexFlanger : les deux préconfigurations suivantes sont accessibles par l'utilisation d'une pédale d'expression reliée au facteur d'interpolation :

- *theFlan*³⁶ [A.13] : cette configuration est probablement celle où la présence de l'hexaphonie est la plus marquée. Elle intègre en effet une différenciation

34. Se référer à l'enregistrement sonore *ref-Puzzle-hexHarmo-9bd5d3muoctd4d4u-mono_reduction*, en ligne <https://vimeo.com/640006181> [consulté le 17/12/2021].

35. La réalisation d'intervalle de seconde demande un écartement important des doigts qui peut être compliqué à tenir sur la longueur. L'utilisation des cordes à vide simplifie ce problème puisqu'il est nécessaire de ne fretter qu'une seule corde pour obtenir l'intervalle. La quantité d'intervalles de seconde disponibles par ce biais est cependant limitée.

36. Se référer à l'enregistrement sonore *ref-Puzzle-hexFlanger-theFlan-mono_reduction*, en ligne <https://vimeo.com/640005948> [consulté le 17/12/2021].

forte sur 3 des paramètres (*Rate*, *Depth* et *Delay*) du traitement (là où pour d'autres traitements comme le *décali*, la différenciation s'applique, le plus souvent à un seul paramètre). Elle est abordée par le guitariste comme une guitare dont chaque corde serait préparée différemment.

- *haha*³⁷ [A.14] : cette configuration est celle que l'interpolation à partir de la préconfiguration précédente permet d'obtenir³⁸. Celle-ci, bien qu'utilisant des valeurs différentes pour chaque paramètre et pour chaque corde, propose un *timbre* plus « homogène » avec des disparités moins grandes que la précédente configuration. Cela est dû notamment au fait que les paramètres évoluent autour d'une certaine valeur moyenne avec une déviation par rapport à cette moyenne peu importante.

hexDelay1 : ces quatre configurations sont accessibles deux à deux par le biais des facteurs d'interpolation (35msFB100%-300-500msFb100%³⁹ et *slowedBass-120-100bpm*⁴⁰). La 1^{ère} est celle qui est chargée de base lorsque le programme se lance, la 3^{ème} est celle qui peut être rappelée par l'intermédiaire du *pédalier* de contrôle⁴¹. La 2^{ème} et la 4^{ème} sont celles qui sont accessibles à partir des contrôles d'interpolation. Les quatre configurations détaillées ci-dessous mettent toutes en œuvre un taux de réinjection (paramètre *Feedback*) élevé. Cela signifie que les notes jouées vont être répétées de manière abondante :

- 35msFB100%⁴² [A.8] : cette configuration est monophonique et chargée avec le lancement du programme. Le temps de délai très court et le taux de réinjection élevé apportent une répétition très rapide qui tend vers le son continu. Cette caractéristique se rapproche du son continu du traitement de *freeze* ;

37. Se référer à l'enregistrement sonore *ref-Puzzle-hexFlanger-haha-mono_reduction*, en ligne <https://vimeo.com/640005915> [consulté le 17/12/2021].

38. Se référer à l'enregistrement sonore *ref-Puzzle-hexFlanger-interp1-mono_reduction*, en ligne <https://vimeo.com/640441524> [consulté le 17/12/2021].

39. Se référer à l'enregistrement sonore *ref-Puzzle-hexDelay1-interp1-mono_reduction*, en ligne <https://vimeo.com/640441474> [consulté le 17/12/2021].

40. Se référer à l'enregistrement sonore *ref-Puzzle-hexDelay1-interp2-mono_reduction*, en ligne <https://vimeo.com/640441488> [consulté le 17/12/2021].

41. Se référer à « *Les interfaces de commande* », p. 329.

42. Se référer à l'enregistrement sonore *ref-Puzzle-hexDelay1-35msFb100%-mono_reduction*, en ligne <https://vimeo.com/640005543> [consulté le 17/12/2021].

- 300-500msFb100%⁴³ [A.9] : cette configuration est hexaphonique. L'accès à celle-ci est réalisé par l'utilisation d'une pédale d'expression. Le taux de réinjection, identique pour chaque corde, diminue quelque peu par rapport à la précédente (0.97 pour la première, 0.93 pour la seconde), mais reste très élevé. C'est le temps de délai qui devient hexaphonique. Les différents temps de délai s'agrègent autour d'une moyenne de 375ms avec une déviation peu importante. Seul le temps de délai de la corde de *Si* est positionnée à une valeur beaucoup plus lente que la moyenne des autres cordes. Bien qu'évoluant autour d'une moyenne, les différents temps de délai ne montrent pas de rapport rythmique particulier. L'interpolation de la précédente configuration avec celle-ci permet de passer d'un **timbre** rythmique rapide tendant à la continuité à un **timbre** qui devient polyrythmique et qui propose jusqu'à 6 tempos différents ;
- slowedBass⁴⁴ [A.6] : cette configuration est hexaphonique par son temps de délai. Le taux de réinjection est le même pour toutes les cordes et il est le plus élevé de toutes ces préconfigurations. Les temps de délai sur chaque corde diminuent globalement à mesure que les cordes deviennent plus aiguës ; le temps de répétition est donc plus lent pour les cordes graves. Les différents temps montrent des rapports rythmiques très clairs notamment entre les cordes de *Ré* et *Si* et les cordes de *La* et *Sol* (rapport de 2 pour 1). Ce rapport signifie que les répétitions effectuées par la corde de *Si*, par exemple, sont synchronisées (si les deux cordes sont pincées au même moment ou si le pincement de la 2^{ème} corde est synchronisé avec une des répétitions de la 1^{ère}) avec celles de la corde de *Ré* toutes les 2 répétitions. D'autre part, un rapport de quasiment 3/2 est présent entre les temps des cordes de *Mi* aigu et de *Si*. Celui-ci permet aussi une synchronisation avec les répétitions des cordes de *Ré* et *Mi* aigu. La même approximation est aussi présente entre les cordes de *Mi* grave et *Ré*. Il faut noter que le rapport entre le temps de délai des cordes de *Mi* grave et de *Mi* aigu correspond quasiment à un rapport de 2, mais n'est pas parfaitement marqué. Il est probable que celui-ci l'était lors de la toute première version de cette configuration, mais que le guitariste, après l'avoir pratiqué, a préféré l'adapter pour obtenir des répétitions légèrement désynchronisées. Pour fi-

43. Se référer à l'enregistrement sonore `ref-Puzzle-hexDelay1-300_500msFb100%-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640005639> [consulté le 17/12/2021].

44. Se référer à l'enregistrement sonore `ref-Puzzle-hexDelay1-slowedBass-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640005886> [consulté le 17/12/2021].

Tempo	120					
Cordes	Mi (grave)	La	Ré	Sol	Si	Mi aigu
Temps (ms)	757	666	500	333	250	376
Figure rythmique	~♩.	♩..	♩	♩..	♩	~♩.

TABLE 4.2. Correspondance rythmique des temps de délai de la préconfiguration *slowedBass*.

la sensation de polyrythmie nécessiterait un jeu plus fourni de la part du guitariste pour être aussi présente.

- 120-100bpm⁴⁵[A.7] : cette configuration est hexaphonique. Les temps de retard sont tous différents, mais compris dans une plage allant de 140ms (pour le Mi grave) à 165ms (pour le Mi aigu) avec une augmentation graduelle de 5ms à chaque changement de corde. L'équivalence sur le plan du tempo donne une plage évoluant entre 363 et 428 bpm. Ce type de configuration est utilisé pour tendre vers 6 tempos différents. Elle est accessible à partir du facteur d'interpolation, ce qui entraîne que le guitariste peut passer d'un tempo à 120bpm avec une construction rythmique dense à 6 tempos différents ;

hexTremolo, lowBass⁴⁶ [A.12] : cette configuration est une configuration hexaphonique. Les valeurs de la vitesse de modulation du *trémolo* sont différentes pour chaque corde, mais elles sont comprises dans une échelle de fréquences très limitée (entre 2.6Hz et 5.5Hz). De plus, les vitesses sont réparties de telle sorte à augmenter du grave vers l'aigu (à l'exception de la corde de *Sol* qui est celle qui a la vitesse de modulation la plus rapide). La structure de cette configuration rappelle la préconfiguration 300-500msFb100% du *hexDelay1* pour laquelle ce sont les temps de délai qui se répartissent autour d'une valeur moyenne et le temps de délai de la corde de *Si* qui est beaucoup plus élevé que les autres ;

45. Se référer à l'enregistrement sonore `ref-Puzzle-hexDelay1-120_100bpm`, en ligne <https://vimeo.com/640005589> [consulté le 17/12/2021].

46. Se référer à l'enregistrement sonore `ref-Puzzle-hexTremolo-lowBasses-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640006201> [consulté le 17/12/2021].

hexGigaverb : les deux préconfigurations suivantes sont accessibles par l'utilisation d'une pédale d'expression reliée au facteur d'interpolation⁴⁷. Elles sont monophoniques et l'interpolation entre les deux permet de changer d'espace de manière fluide :

- A⁴⁸ [A.18] : cette configuration est monophonique. Elle met en œuvre un espace qui correspond plus ou moins à celui d'une petite pièce avec des qualités réverbérantes. Les premières réflexions acoustiques se déploient rapidement et pendant un certain laps de temps qui permet au son de durer ;
- B⁴⁹ [A.19] : cette configuration est monophonique. Elle définit un espace dont la taille correspond à la préconfiguration A, mais avec un temps de réverbération des réflexions acoustiques secondaires beaucoup plus long. Cette configuration crée donc deux niveaux d'éléments sonores : celui des premières réflexions rapides et celui des réflexions secondaires qui créent une nappe sonore évoluant en parallèle ;

hexFreeze : le traitement de *freeze* ne dispose d'aucune préconfiguration. Cependant, un système de configuration aléatoire des vitesses de lectures des échantillons « gelés » peut être déclenché à partir d'un des boutons du *pédalier* de contrôle⁵⁰ utilisé. Cette configuration aléatoire⁵¹ est contrainte et les facteurs de transposition obtenus ne sont pas nécessairement tous différents. L'utilisation de cette fonctionnalité va apporter un facteur de transposition aléatoire positionné entre deux octaves inférieures et deux octaves supérieures pour les cordes de *Mi* grave, *La*, *Si* et de *Mi* aigu, et une transposition d'une octave inférieure, d'une octave supérieure ou nulle sur les cordes de *Ré* et *Sol*. Cette fonctionnalité permet donc de passer d'un traitement monophonique à un traitement hexaphonique tout comme le passage entre les préconfigurations 35msFB100% et 300-500msFb100% du *hexDelay1* par l'interpolation.

47. Se référer à l'enregistrement sonore `ref-Puzzle-hexGigaverb-interpl-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640506180> [consulté le 17/12/2021].

48. Se référer à l'enregistrement sonore `ref-Puzzle-hexGigaverb-A-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640006066> [consulté le 17/12/2021].

49. Se référer à l'enregistrement sonore `ref-Puzzle-hexGigaverb-B-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640006107> [consulté le 17/12/2021].

50. Se référer à « [Les interfaces de commande](#) », p. 329.

51. Se référer à l'enregistrement sonore `ref-Puzzle-hexFreeze-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640005982> [consulté le 17/12/2021].

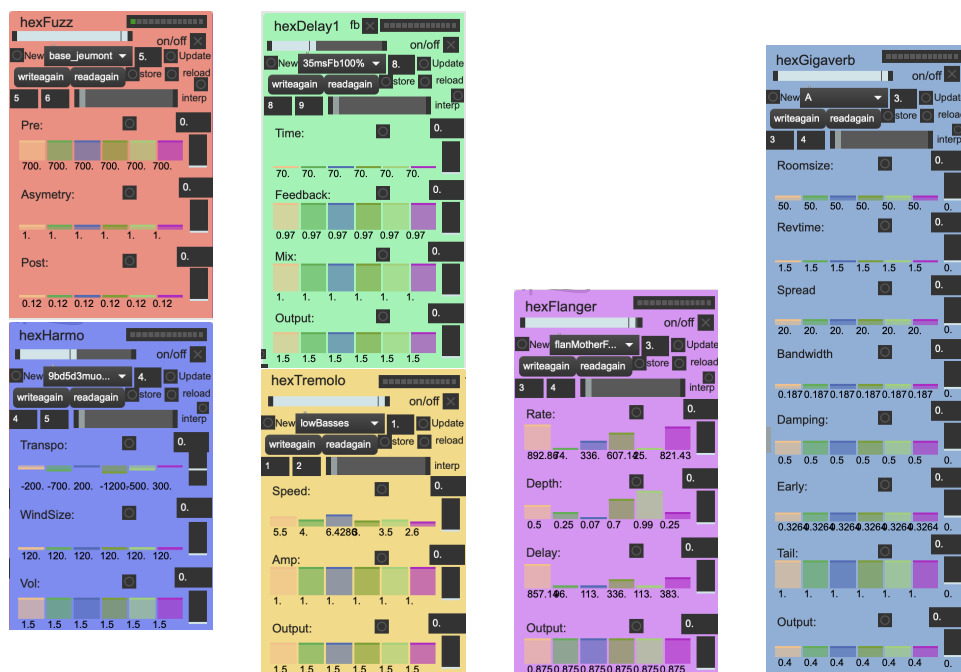


FIGURE 4.4. Les préconfigurations utilisées avec chaque traitement.

4.1.2.2 Les interfaces de commande

Plusieurs unités matérielles de contrôle actionnables au pied (pédalier et pédales) sont utilisées dans *Puzzle*. Celles-ci sont visibles à la figure 4.5. Ces contrôleurs servent, de manière générale, à interagir avec le multieffet et à modifier la configuration de base du patch que nous venons de décrire. Un pédalier MIDI Roland FC-200⁵² proposant un ensemble de boutons (10 banques de 10 boutons) auquel vient s'ajouter une pédale d'expression intégrée et un second pédalier de commande avec 3 boutons (Logidy UMI 3⁵³) sont utilisés par le guitariste. Quatre pédales d'expression sont connectées à ces deux contrôleurs (ceux-ci intègrent les connecteurs et systèmes nécessaires à l'intégration de ce type de pédale). Il y a donc cinq pédales d'expression au total permettant ainsi le contrôle continu de cinq paramètres. Tous les autres contrôles sont des contrôles de déclenchement.

Le tableau 4.4 reprend les relations entre les différentes interfaces de commande utilisées et les paramètres qu'ils contrôlent :

- Les boutons de la première banque du pédalier FC-200, dans un comportement identique aux pédales de traitements sonores monophoniques, sont essentiellement utilisés pour le contrôle de l'activation et de la désactivation globale (pour toutes les cordes) de chaque traitement⁵⁴. Notons que le *freeze* général (pour toutes les cordes simultanément) est, pour sa part, assigné au bouton 4 (banque 1) du pédalier. De même, le bouton 9 (banque 1) n'est pas assigné à une activation et à une désactivation globale d'un des traitements, mais à différents numéros (préconfiguration n° 6, *slowedBass* ou préconfiguration n° 8, *35msFb100*) de préconfigurations du traitement *hexDelay1*.

52. En ligne <https://www.roland.com/fr/products/fc-200/> [consulté le 17/12/2021].

53. En ligne <https://www.logidy.com/umi3> [consulté le 17/12/2021].

54. Il faut noter que le bouton 10 contrôlant l'activation et la désactivation de *hexDelay2* est un reliquat de précédentes configurations. Ce 2^{ème} traitement de *délai* était essentiellement utilisé avec des lignes à retard très longues (entre 5 et 30 secondes), ce qui permettait de créer différentes nappes sonores qui perduraient lorsque le guitariste s'arrêtait de jouer. Cette fonctionnalité a été en partie reprise par l'utilisation du *boucleur* et du *freeze*. N'ayant pas besoin de remplacer l'action particulière de ce bouton, la règle de *mapping* le concernant a été conservée mais le traitement n'est pas utilisé dans le chaînage.



FIGURE 4.5. Le pédalier Roland FC200 et les pédales (d'expression, de volume et wah-wah) utilisés par Ivann Cruz dans Puzzle.

- Différents contrôles liés à l'utilisation du boucleur et au contrôle de la vitesse de lecture des échantillons enregistrés par celui-ci sont réunis sur la banque 2 du pédalier.
- Les boutons du pédalier Logidy UMI3 sont utilisés pour contrôler la vitesse des échantillons du *freeze*⁵⁵ : un bouton permet de définir six vitesses aléatoires individuelles et un autre bouton permet de revenir à la vitesse originale. Le contrôle de vitesse aléatoire individuelle est la seule fonctionnalité hexaphonique accessible par ce *mapping*.

55. Pour rappel, le *freeze* que nous utilisons fonctionne par la lecture en boucle d'un échantillon de 400ms. La lecture de cet échantillon peut donc être accélérée ou ralentie.

- Comme nous l’avons déjà abordé dans la partie précédente⁵⁶, trois pédales d’expression contrôlent trois facteurs d’interpolation : la configuration du traitement *hexGigaverb* peut évoluer de la préconfiguration A à la préconfiguration B ; celle du traitement *hexFlanger* de la préconfiguration **theFlan** vers la préconfiguration **haha**. Le dernier facteur d’interpolation contrôlé est celui du traitement *hexDelay1*. Cette fonctionnalité cumulée à la possibilité de changer la préconfiguration de départ de ce traitement (bouton 9 du **pédalier** FC-200) permet l’accès à 4 préconfigurations (préconfiguration n°6, **slowedBass** - préconfiguration n°7, **120-100bpm** et préconfiguration n°8, **35msFB100%** - préconfiguration n°9, **300-500msFb100%**) au lieu d’une seule. La dernière pédale d’expression permet de contrôler le niveau d’entrée des 6 signaux de la guitare hexaphonique.

Il faut noter que l’utilisation de l’interpolation avec un traitement de **délai** amène un **timbre** spécifique dû à la réduction ou l’augmentation de la durée de la ligne à retard utilisée. Dans le cas du **délai**, ce **timbre** spécifique⁵⁷ est souvent recherché⁵⁸. Ivann Cruz utilise cette particularité comme un geste musical à part entière et a défini ces préconfigurations de manière à pouvoir accéder à ce geste particulier. L’apparition d’un **timbre** caractéristique est aussi présente lorsque le paramètre de la taille de pièce simulée (*Roomsize*) d’une **réverbération** numérique est modifié. Le **timbre** généré apporte, cependant, une distorsion numérique qui n’était pas souhaitée dans le cadre de *Puzzle*. Le paramètre a été fixé de manière identique pour les deux préconfigurations, ce qui évite l’interpolation de ce paramètre et donc l’apparition de cette distorsion numérique.

56. Se référer à « **Les préconfigurations** », p. 319.

57. Pour entendre un exemple de ce **timbre** spécifique appliqué à la guitare hexaphonique, le lecteur peut se référer aux enregistrements sonores *ref-Puzzle-hexDelay1-interp1-mono_reduction.aiff* et *ref-Puzzle-hexDelay1-interp2-mono_reduction.aiff*.

58. Un exemple de ce **timbre** spécifique dans sa version analogique peut-être entendu à la fin (à partir de 4"08) du morceau *Karma Police* du groupe Radiohead (*OK Computer*, 1997). En ligne <https://youtu.be/1uYWYPc9HU?t=246> [consulté le 17/12/2021].

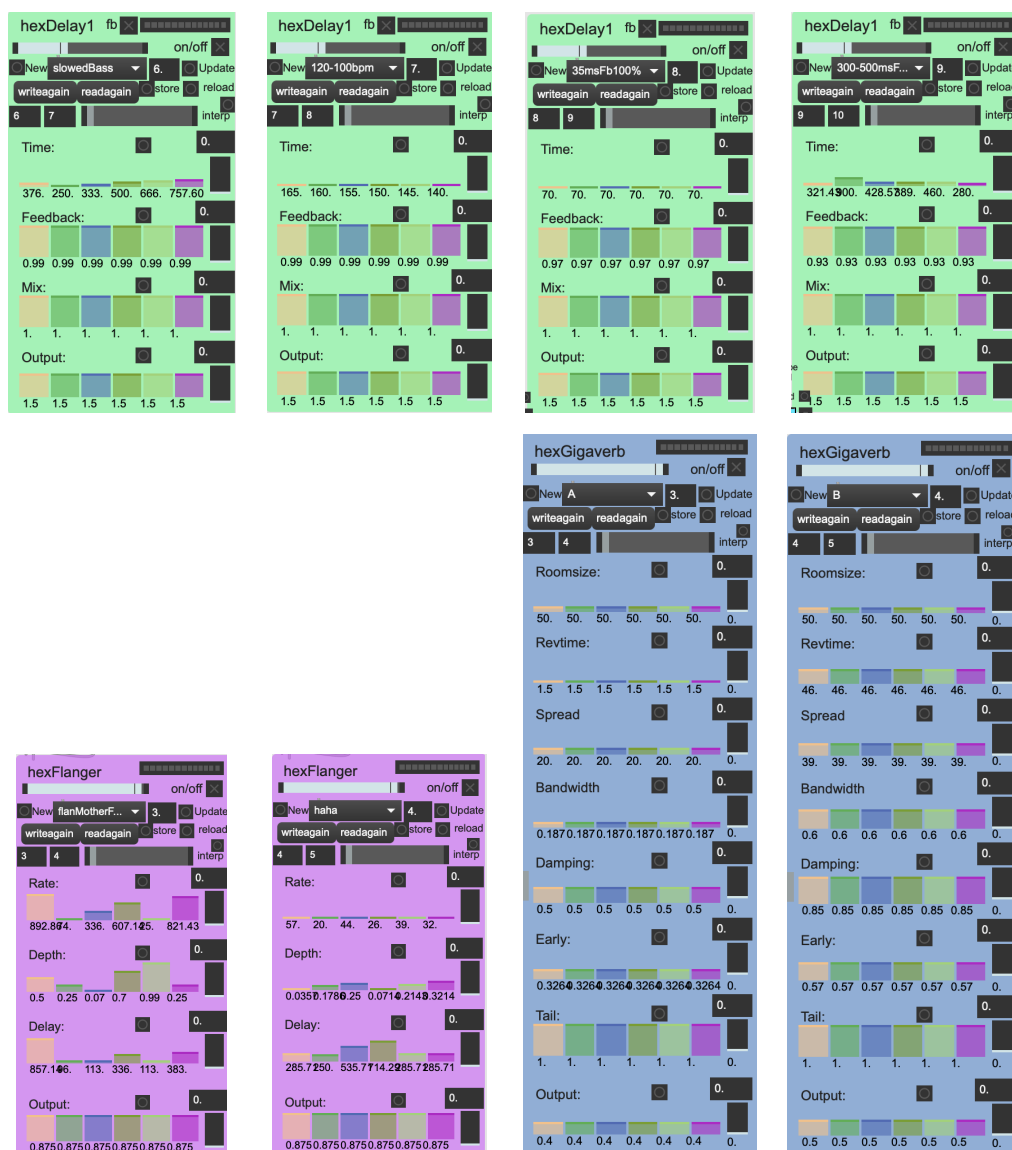


TABLE 4.3. Les préconfigurations sujettes à interpolation par l'utilisation d'une pédale d'expression.

Contrôleur MIDI	Contrôle	Paramètre contrôlé	Fonction
Roland FC-200	Bouton 1	<i>hexFuzz-bypass</i>	hexFuzz - Activation/désactivation globale
	Bouton 2	<i>hexGigaverb-bypass</i>	hexGigaverb - Activation/désactivation globale
	Bouton 3	<i>hexTremolo-bypass</i>	hexTremolo - Activation/désactivation globale
	Bouton 4	<i>freeze-all</i>	Freeze du son de toutes les cordes
	Bouton 5	<i>hexDelay1-bypass</i>	hexDelay1 - Activation/désactivation globale
	Bouton 6	<i>hexFlanger-bypass</i>	hexFlanger - Activation/désactivation globale
	Bouton 7	<i>hexFreeze-bypass</i>	hexFreeze - Activation/désactivation globale
	Bouton 8	<i>hexHarmo-bypass</i>	hexHarmo - Activation/désactivation globale
	Bouton 9	<i>hexDelay1-currentPreset</i>	hexDelay1 - Charge les pré-configurations 8 ou 6
	Bouton 10	<i>hexDelay2-bypass</i>	hexDelay2 - Activation/désactivation globale
	Pédale exp intégrée	<i>hexFlanger-presetInterp</i>	hexFlanger - Facteur d'interpolation
	Pédale exp (externe) 1	<i>global-input</i>	Volume globale du son de la guitare en entrée
	Pédale exp (externe) 2	<i>hexDelay1-presetInterp</i>	hexDelay1 - Facteur d'interpolation
	Pédale exp (externe) 3	<i>hexGigaverb-presetInterp</i>	hexGigaverb - Facteur d'interpolation
	Bouton 1 (banque 2)	<i>looper-rec</i>	Boucleur - enregistrement - global
	Bouton 2 (banque 2)	<i>looper-play</i>	Boucleur - Lecture à vitesse normale - global
	Bouton 3 (banque 2)	<i>looper-rnd</i>	Boucleur - valeur aléatoire pour la vitesse de lecture - global
	Bouton 4 (banque 2)	<i>looper-speed-halfdown</i>	Boucleur - vitesse de lecture divisée par deux - global
Bouton 5 (banque 2)	<i>looper-rev</i>	Boucleur - lecture inversée - global	
Logidy UMI-3	Pédale exp (externe)	<i>looper-speed</i>	Boucleur - contrôle de la vitesse - global
	Bouton 1	<i>random-freeze</i>	Freeze - vitesse aléatoire - individuel
	Bouton 2	<i>backToInit-freeze</i>	Freeze - vitesse initiale - global
	Bouton 3	<i>hexFreeze-speed-slide_7</i>	Freeze - vitesse aléatoire - individuel à vérifier

TABLE 4.4. Table de relations entre les contrôleurs utilisés et les paramètres contrôlés.

4.1.2.3 Le contrôle par les gestes instrumentaux

Pour terminer cette présentation de configuration logicielle spécifique de *Puzzle*, nous allons détailler le *mapping* utilisé entre les gestes instrumentaux détectés par le logiciel EGT et la manipulation des enregistrements sonores.

L'ensemble des assignations des gestes instrumentaux vers les paramètres de lecture, de modulation et de traitement des enregistrements sonores est repris à la figure 4.6. Cette figure utilise une représentation graphique du manche de l'instrument et une légende spécifique pour visualiser directement les assignations utilisées. Il faut préciser ici que les notes, les intervalles (dont l'algorithme est présent sur l'ordinateur gérant les enregistrements vocaux) et les *harmoniques* ont été utilisés pour interagir avec les enregistrements sonores. À partir de ces gestes instrumentaux, 36 éléments en lien avec la lecture ou le traitement des enregistrements sont contrôlés.

Les enregistrements sont des enregistrements vocaux. Ils sont regroupés dans des « banques » (ou dossiers) spécifiques par types (listes de chiffres, extraits de textes littéraires, réponses à des questions spécifiques, etc.) et par durées (onomatopée, mot, phrase, etc.). Le principe de lecture des enregistrements sonores utilisés dans *Puzzle* est la lecture des enregistrements vocaux d'une banque spécifique les uns à la suite des autres (dans l'ordre alphabétique ou de manière aléatoire). On ne lit donc pas le même fichier plusieurs fois de suite, mais une fois que la lecture d'un enregistrement est finie ou stoppée, c'est la lecture d'un autre fichier présent dans la banque qui démarre. Un même enregistrement peut être lu plusieurs fois, mais seulement après avoir épuisé tous les autres enregistrements sonores.

La lecture de ces enregistrements est contrôlée par les gestes instrumentaux selon différentes modalités :

- **lecture (*play*)** : démarre la lecture d'un nouveau fichier de la banque utilisée. Si le geste de contrôle est effectué alors qu'un enregistrement est en cours de lecture, la lecture de celui-ci s'arrête et la lecture de l'enregistrement suivant commence ;
- **arrêt (*stop*)** : action corollaire de la précédente qui arrête la lecture du fichier. La séparation de ces deux actions permet aux contrôles de la lecture et de l'arrêt des enregistrements sonores d'être assignés à deux gestes instrumentaux différents ;

- **pause** : arrête la lecture d'un enregistrement sonore au minutage où il se trouve. Si l'action « lecture » est appelée après l'action « pause », la lecture de l'enregistrement reprend au minutage où il avait été préalablement arrêté ;
- **lecture/arrêt (*play/stop*)** : les deux actions (« lecture » et « arrêt ») sont réalisées alternativement à partir d'un même geste. La première utilisation du geste de contrôle déclenche la lecture d'un enregistrement sonore, la deuxième arrête la lecture, une troisième déclenche la lecture de l'enregistrement suivant, et ainsi de suite ;
- **lecture/pause (*play/pause*)** : les deux actions (« lecture » et « pause ») sont réalisées alternativement à partir d'un même geste. La première utilisation du geste de contrôle déclenche la lecture d'un enregistrement sonore, la deuxième arrête la lecture au minutage où il se trouve, une troisième utilisation du geste assigné déclenche la lecture de l'enregistrement au minutage où il a été arrêté, et ainsi de suite.

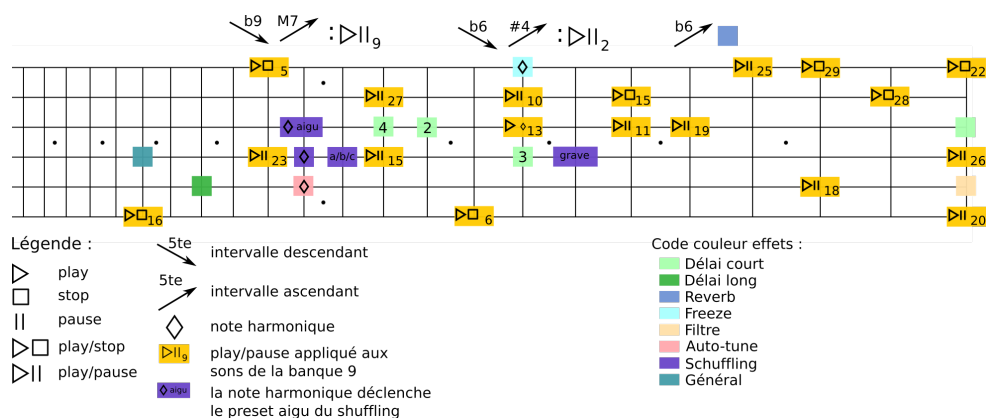


FIGURE 4.6. Carte des assignations gestuelles, *Puzzle*, 2016.

Des notes et des intervalles sont utilisés pour contrôler la lecture des enregistrements sonores par les modalités que nous venons de détailler. Deux intervalles sont utilisés pour la lecture/pause des enregistrements sonores de la banque 9 (9^{ème} mineure descendante et de 7^{ème} majeure ascendante) et deux autres intervalles pour ceux de la banque 2 (sixte mineure descendante et quarte aug-

mentée ascendante)⁵⁹. Les intervalles utilisés ne sont pas limités à une zone du manche ou à un doigté particulier, mais toutes les occurrences de ceux-ci sur le manche ont la même action. Il faut noter que l'intervalle de sixte mineure ascendant est, lui aussi, utilisé (pour déclencher un traitement de *réverbération*) ce qui entraîne que pour un doigté donné de sixte mineure, l'action réalisée est différente selon que cet intervalle est joué de manière ascendante ou descendante. D'autres notes ou techniques de jeu sont employées pour appliquer différents traitements et/ou différentes préconfigurations de ces traitements. La note *Ré* bémol jouée sur la troisième corde (frette 11), par exemple, déclenche alternativement les préconfigurations *a*, *b* et *c* du traitement de *shuffling*⁶⁰. Pour terminer, il faut noter que cette partie spécifique du contrôle des enregistrements sonores par le jeu du guitariste a été développée par l'ingénieur du son Olivier Lautem. Même si ce travail n'est pas de notre fait, il nous semblait important de détailler le fonctionnement de cette partie pour pouvoir donner une image complète des différents éléments entrant en ligne de compte dans le résultat sonore du projet.

Pour finir, il est important de préciser à nouveau le schéma de diffusion sonore utilisé. Le signal monophonique de la guitare est diffusé via un amplificateur placé proche du guitariste et repris par le biais de deux microphones pour une diffusion sur les haut-parleurs de la façade stéréophonique et à l'arrière de l'espace de diffusion de la salle. Le signal hexaphonique résultant de l'utilisation du multieffet est diffusé sur les haut-parleurs de la façade stéréophonique et les différents enregistrements vocaux déclenchés sont spatialisés en direct par l'ingénieur du son sur un ensemble de 8 à 12 haut-parleurs en fonction du lieu de diffusion.

59. Pour rappel, le caractère ascendant ou descendant d'un intervalle est défini par l'ordre des notes. Si la première note est la plus aiguë l'intervalle est descendant, si elle est la plus grave, l'intervalle est ascendant.

60. Le *shuffling* est un traitement de granulation développé par la marque GRM Tools : en ligne <https://inagrm.com/fr/store/product/3/classic> et <https://youtu.be/HDDfwwEDcdQ> [consulté le 17/12/2021].

4.1.2.4 Première répartition des configurations des traitements sonores hexaphoniques

Les présentations des diverses préconfigurations, que nous avons effectuées précédemment ⁶¹, sont riches d'enseignements et nous permettent d'esquisser une première répartition simple.

L'éventail des préconfigurations utilisées dans *Puzzle* est borné par deux types de configuration : d'un côté, une configuration « monophonique » pour laquelle chaque paramètre a une valeur équivalente pour toutes les cordes. Ce type de configuration entraîne une sonorité identique à la version monophonique du traitement, à l'exception du traitement de *fuzz* hexaphonique à partir duquel on obtient une sonorité très différente ⁶². À l'autre extrême, on trouve des configurations qui tendent vers, ce que l'on appelle, une « unité disparate », comme c'est le cas de la préconfiguration *theFlan* du traitement *hexFlanger* ⁶³. Dans ce type de configuration, c'est le contraste entre les cordes qui est recherché. Entre ces deux bornes extrêmes se situent les configurations qui proposent une unité sonore plus ou moins « texturée », plus ou moins « enrichie » (par rapport à la version monophonique) ⁶⁴. Dans la suite de notre texte, l'« unité enrichie » et l'« unité disparate » comme les limites des configurations hexaphoniques (dans lesquelles au moins un des paramètres a, pour une corde ou plusieurs cordes, une valeur différente par rapport aux autres cordes). Cette notion d'unité est importante et inhérente à toutes les configurations que nous avons décrites puisque, même lorsque c'est le contraste qui est recherché, la configuration de chaque corde est pensée « par rapport aux » ou encore « en fonction des » autres cordes. De même, la construction même du patch utilisé dans *Puzzle*,

61. Se référer à « Les préconfigurations », p. 319.

62. Se référer à « Les origines », p. 93 pour une explication de ce phénomène et aux enregistrements sonores *ref-fuzz-700_1_0.12-mono_reduction*, en ligne <https://vimeo.com/640301301> [consulté le 17/12/2021] et *ref-Puzzle-hexFuzz-base_jeumont-hex-mono_reduction* : en ligne <https://vimeo.com/640006018> [consulté le 17/12/2021] pour une comparaison.

63. Se référer à l'enregistrement sonore *ref-Puzzle-hexFlanger-theFlan-mono_reduction*, en ligne <https://vimeo.com/640005948> [consulté le 17/12/2021].

64. Un exemple de l'enrichissement qui apparaît avec la version hexaphonique, le lecteur pourra comparer les enregistrements sonores *ref-Puzzle-hexTremolo-lowBasses-hex-mono_reduction*, en ligne <https://vimeo.com/640006201> [consulté le 17/12/2021] et *ref-hexTremolo-2.6_1.5-mono_reduction*, en ligne <https://vimeo.com/640006201> [consulté le 17/12/2021].

ainsi que le biais que nous décrivions plus haut⁶⁵, tend vers cette « unité », puisque les traitements sont activés ou désactivés pour toutes les cordes en même temps. Cet élément sera modifié par le patch des expérimentations que nous décrivons dans la partie suivante⁶⁶.

Le positionnement d'une configuration par rapport aux autres entre ces deux bornes dépend de trois éléments : la variété timbrale présente dans le traitement monophonique, le paramétrage du traitement hexaphonique qui met plus ou moins en avant cette variété et le jeu du guitariste qui donne ou non à entendre tout ou partie de cette variété.

Le traitement de **trémolo** présent dans le patch, utilisé dans sa forme monophonique, par exemple, permet d'accéder à une variété de **timbres** moins importante que celle du traitement de *flanger*, utilisé sous la même forme⁶⁷. Les versions hexaphoniques de ces traitements ne mettent donc en œuvre la même variabilité de **timbres**. Le traitement de **trémolo** hexaphonique employé dans ce patch se situe donc, dans l'ensemble, plus du côté de la création d'une texture sonore enrichie (par rapport à la version monophonique)⁶⁸ là où le *flanger* hexaphonique du patch se déploie sur toute l'étendue du spectre définie par nos deux bornes⁶⁹. Les étendues que nous définissons ici ont toutes le même point de départ : tous les traitements hexaphoniques peuvent tous donner à entendre l'équivalent d'un traitement monophonique et proposent tous, au minimum, une unité texturée/enrichie lorsque les paramètres sont différents, mais la variabilité des **timbres** proposés par le traitement pris dans sa

65. Se référer à « **Le biais de l'outil** », p. 270.

66. Se référer à « **Étude de la pratique des traitements sonores hexaphoniques** », p. 351.

67. Se référer aux enregistrements sonores `ref-mono-Tremolo_timbres-mono_reduction.aiff` et `ref-mono-Flanger_timbres-mono_reduction.aiff` (dossier `mono_fx/comparaison_tremolo_flanger/`). Le premier est obtenu par l'application de trois vitesses de modulation différentes (1, 6 et 12 Hz) de manière croissante puis décroissante. Le second est obtenu par l'application, dans un premier temps, de 6 fréquences de modulations (2, 8, 20, 50, 150 et 400 Hz) avec une profondeur (paramètre *Depth*) de 0.3. Dans un deuxième temps, les différentes fréquences de modulations sont accompagnées d'une variation du paramètre de profondeur suivant 4 valeurs (0.01, 0.1, 0.5 et 1).

68. Se référer à l'enregistrement sonore `ref-Puzzle-hexTremolo-lowBasses-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640006201> [consulté le 17/12/2021].), pour un exemple de cette texture enrichie délivrée par le **trémolo** hexaphonique.

69. Se référer aux enregistrements sonores `ref-Puzzle-hexFlanger-theFlan-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640005948> [consulté le 17/12/2021] et `ref-Puzzle-hexFlanger-haha-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640005915> [consulté le 17/12/2021]) pour des exemples de cette étendue.

forme monophonique définit l'étendue sur laquelle le traitement hexaphonique peut se déployer. Une représentation de cette première répartition est reprise à la figure 4.7.

Configuration monophonique		Configuration hexaphonique		
Son identique	Son différent	Unité sonore texturée/enrichie		Unité « disparate »
hexDelay1, 35msFB100%	hexFuzz, base_jeumont	hexDelay1, 120-100bpm	hexDelay1, 300- 500msFB100%	hexDelay1, slowedBass
hexGigaverb, A et B		hexTremolo, lowBass	hexFlanger, haha	hexFlanger, theFlan
				hexHarmonizer, 9bd5d3muoctd4d4

FIGURE 4.7. Les différentes configurations que nous avons étudiées réparties entre configuration monophonique, unité texturée et unité disparate.

Le positionnement de la préconfiguration `9bd5d3muoctd4d4u` du traitement *hexHarmo* est un autre exemple de configuration qui tend vers l'« unité disparate », mais pour laquelle le jeu instrumental a une influence importante sur le positionnement définitif sur cet axe. En effet, cette configuration peut développer aussi bien des densités harmoniques complexes (tendant plus selon « nous » vers l'« unité disparate ») en combinant des intervalles éloignés et/ou des intervalles proches que des harmonies qui viennent renforcer, dans l'ensemble, ce qui est joué (ce qui tendrait plus, selon nous vers l'« unité texturée/enrichie »), notamment avec l'utilisation des intervalles d'octave et de quinte⁷⁰. La présence de temps de retard proches dans la configuration `120-100bpm` du *hexDelay1* la positionne tout au début de l'axe, offrant ainsi une texture légèrement diffé-

70. Pour rappel, dans cette pré-configuration la *transposition* de la corde de *Si* est définie à une quinte inférieure et celle de la corde de *Ré* est définie à une octave inférieure.

rente d'une version monophonique, alors que les configurations 500msFB100%⁷¹ et *slowebBass*⁷² se situent, par une différenciation plus marquée des temps de retard, plus loin sur l'axe horizontal. L'élément le plus différenciant entre les deux configurations se situe, cependant selon nous, au niveau du paramètre de réinjection (paramètre *Feedback*). Dans le premier cas, celui-ci est positionné sur toutes les cordes à 0.93 et dans le deuxième cas à 0.99 (pour une valeur maximum de 1.). En plus d'avoir une répétition quasi infinie du son avec la deuxième configuration, les premières répétitions ont un niveau sonore plus élevé que celles de la configuration 500msFB100%. En effet, l'implémentation du paramètre de taux de réinjection de ce traitement correspond au contrôle du niveau sonore du signal ré-injecté dans la ligne à retard. Il en découle que plus le taux de réinjection est élevé plus les répétitions sont importantes et plus elles ont une présence sonore importante. D'autre part, ce taux de réinjection quasi maximum apporte une sorte de deuxième *timbre*, de l'ordre de la nappe sonore qui évolue en parallèle des répétitions⁷³. Cette caractéristique est déjà plus ou moins présente dans la version monophonique du traitement⁷⁴. Il est intéressant de noter que cette caractéristique de l'apparition d'une nappe sonore fait écho à notre présentation de la préconfiguration B du traitement *hexGigaverb* présentée précédemment⁷⁵. Il faut noter que si l'on reprend les notions d'archétype vocal et d'archétype percussif sur lesquelles nous nous sommes basés

71. Se référer à l'enregistrement sonore `ref-Puzzle-hexDelay1-300_500msFb100%-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640005639> [consulté le 17/12/2021].

72. Se référer à l'enregistrement sonore `ref-Puzzle-hexDelay1-slowlBass-hex-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640005886> [consulté le 17/12/2021].

73. Se référer à l'enregistrement sonore `ref-Puzzle-hexDelay1-slowlBass-hex-mono_reduction` à partir d'1"20, en ligne <https://vimeo.com/640005886> [consulté le 17/12/2021]. Ce minutage correspond à l'arrêt du jeu dans l'enregistrement sonore original. Ce qui suit est donc uniquement généré par le traitement.

74. Se référer aux enregistrements sonores `ref-hexDelay1-757_0.99-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640301057> [consulté le 17/12/2021], `ref-hexDelay1-666_0.99-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640300988> [consulté le 17/12/2021], `ref-hexDelay1-500_0.99-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640300933> [consulté le 17/12/2021], `ref-hexDelay1-376_0.99-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640300872> [consulté le 17/12/2021], `ref-hexDelay1-333_0.99-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640300803> [consulté le 17/12/2021] et `ref-hexDelay1-250_0.99-mono_reduction`, en ligne <https://vimeo.com/640300745> [consulté le 17/12/2021] à partir d'1min20. Ce minutage correspond à l'arrêt du jeu dans l'enregistrement sonore original. Ce qui suit est donc uniquement généré par le traitement.

75. Se référer à « *Les préconfigurations* », p. 319.

pour notre étude des lignes de filiations transversales⁷⁶, il apparaît que cette configuration particulière du traitement de *délai* porte simultanément en elle les deux archétypes. L'un est mis en valeur par rapport à l'autre par le jeu instrumental. Le jeu amène une présence plus importante des répétitions rythmiques, là où une absence de jeu (ou un espacement long des notes) permet à la nappe sonore (et donc à l'archétype vocal) de gagner en présence.

Cette première répartition propose quelques grandes lignes permettant une classification des différentes configurations de traitements détaillées plus haut dans ce texte. Il ne s'agit, bien évidemment, que d'une première ébauche limitée par le nombre de configurations prise en compte. Un travail futur devrait prendre en compte toutes les configurations de traitements développées pendant le projet et y ajouter celles des expérimentations. De plus, un travail de caractérisation précis des *timbres* monophoniques devrait précéder celui sur les *timbres* des configurations hexaphoniques, de manière à avoir une base permettant de mettre en valeur précisément les éléments spécifiques de l'hexaphonie et de développer le vocabulaire employé pour décrire les différents *timbres*. En effet, les dénominations d'« unité enrichie/texturée » et d'« unité disparate », si elles fonctionnent, selon nous, pour les configurations que nous venons de décrire, restent limitées.

4.1.3 La pratique hexaphonique d'Ivann Cruz à travers 4 pièces

La pratique d'Ivann Cruz sur le dispositif hexaphonique utilisé dans *Puzzle* a évolué pendant les quatre années de maturation du projet. Au lieu de n'étudier que la version réalisée pour la création⁷⁷. Nous allons nous appuyer, en plus, sur 3 pièces intermédiaires. Deux d'entre elles sont extraites de l'album *Lignes De Fuite* (Ivann Cruz, Circum Disc, 2017). Il s'agit des pièces *L'obscur* *Aliment des Signes*⁷⁸ et *Quantophrénie*⁷⁹. La dernière pièce est une improvisation publique réalisée en 2016 par Ivann Cruz à la Malterie⁸⁰ (Lille, France). Il faut noter que, à la suite de problèmes techniques, seulement une partie de

76. Se référer à « *Les évolutions transverses* », p. 170.

77. En ligne <https://vimeo.com/343698856/ab11e56e25> [consulté le 17/12/2021].

78. En ligne <https://youtu.be/6NHiatHpLzg> [consulté le 17/12/2021].

79. En ligne <https://youtu.be/KaMsXsHeEwg> [consulté le 17/12/2021].

80. En ligne <http://www.lamalterie.com/> [consulté le 17/12/2021].

la performance est disponible. De même, il faut prendre en compte que les trois dernières pièces présentées correspondent à des versions intermédiaires de *Puzzle* pour lesquelles les éléments vidéo temps réel n'étaient pas encore intégrés. Les analyses proposées ici sont réalisées a posteriori sans autres données que les médiums audio et vidéo disponibles. Elles nous placent donc dans la position de l'auditeur. Les expériences que nous présentons plus loin dans ce document⁸¹ sont réalisées à partir d'interviews des guitaristes. Les rapides analyses de ces quatre pièces nous permettront de confronter à la réalité de la pratique instrumentale les configurations qui ont été présentées de manière théorique dans la partie précédente⁸².

4.1.3.1 *Puzzle*

La création du spectacle *Puzzle* en mars 2019 a marqué un jalon dans le développement du projet et dans l'utilisation concrète des outils développés dans le cadre de cette thèse. Les pratiques des traitements sonores hexaphoniques et du contrôle gestuel instrumental des enregistrements vocaux sont intégrées, pour cette création, dans une création artistique globale. Nous précisons ce point, car la présence de la vidéo ajoute un niveau de lecture que le guitariste doit prendre en compte s'il ne veut pas « saturer » d'informations les spectateurs. En effet, les traitements sonores hexaphoniques, par exemple, dans cette version, sont assez peu utilisés dans des contextes de solo, mais sont toujours proposés en tissage par rapport aux enregistrements vocaux. De plus, ils sont utilisés, dans cette version du projet, plus comme une extension des **timbres** déjà disponibles à Ivann Cruz par le biais de son *pedalboard* monophonique, agissant quasiment uniquement comme des **timbres** monophoniques plus ou moins « augmentés ». Ils apportent par moment, plus de texture et plus de relief, pour celui qui connaît le **timbre** des pédales de traitements sonores et à d'autres moments (peut-être), la sensation de quelque chose de peu commun pour une guitare. Il faut préciser qu'à la manière de certaines pédales utilitaires permettant la parallélisation de plusieurs lignes sonores, les **timbres** issus des systèmes de captation hexaphonique et monophonique agissent comme deux circuits audio parallèles.

81. Se référer à « **Étude de la pratique des traitements sonores hexaphoniques** », p. 351.

82. Se référer à « **Étude d'une configuration de *Puzzle*** », p. 319.

Lorsque les traitements sonores hexaphoniques sont employés seuls, ils sont, dans l'ensemble, utilisés par l'instrumentiste comme une couleur supplémentaire, comme s'il s'agissait d'une pédale de traitement sonore monophonique un peu différente. Cette remarque s'appuie notamment sur les traitements de *réverbération* et de *fuzz*⁸³ qui sont utilisés de manière monophonique (chaque paramètre a la même valeur pour toutes les cordes). Le *timbre* particulier de la *fuzz* hexaphonique crée cette nouvelle couleur qui pourrait correspondre à une pédale monophonique particulière. Cette remarque s'appuie aussi sur le *dé-lai* hexaphonique dont l'interpolation entre les différentes préconfigurations est utilisée, par exemple, de manière rapide, dans un passage bruitiste de la performance qui apparaît uniquement comme un élément sonore supplémentaire par rapport aux autres déjà présents⁸⁴. D'autre part, il nous semble que, de par l'approche par « bloc » mise en œuvre dans le patch utilisé, même le traitement de *flanger* hexaphonique utilisé avec la préconfiguration *theFlan*, reste, à l'écoute, de l'ordre du traitement monophonique « particulier »⁸⁵. Celui-ci permet, cependant, une sorte de mimétisme avec les enregistrements vocaux qui sont déclenchés et traités au même moment. La polyphonie de *timbres* vocaux, présente avec les enregistrements, trouve, en quelque sorte, une prolongation dans le traitement.

Lorsque le *timbre* hexaphonique est utilisé en même temps que le *timbre* monophonique, il apparaît un *timbre* global de guitare au sein duquel se déploient plus ou moins distinctement les deux voix correspondant aux deux systèmes de captation présents sur la guitare. La clarté de distinction entre ces deux voix dépend essentiellement de la différence de *timbre* présente entre le système hexaphonique et le système monophonique. Celui-ci peut être très clairement marqué⁸⁶ tout comme difficilement discernable⁸⁷.

83. Se référer à l'enregistrement vidéo 13_PuzzleMFW-fuzz_reverb_hex_transition_, en ligne <https://vimeo.com/639947718> [consulté le 17/12/2021].

84. Se référer à l'enregistrement vidéo 09_PuzzleMFW-pedal_dance, en ligne <https://vimeo.com/639947096> [consulté le 17/12/2021].

85. Se référer à l'enregistrement vidéo 05_PuzzleMFW-declenchements_flanger_mimetisme, en ligne <https://vimeo.com/639946895> [consulté le 17/12/2021].

86. Se référer à l'enregistrement vidéo 08_PuzzleMFW-fuzz_mono_clair_reverb_hexa, en ligne <https://vimeo.com/639947060> [consulté le 17/12/2021].

87. Se référer à l'enregistrement vidéo 14_PuzzleMFW-fuzz_reverb_hex_transition-arret, en ligne <https://vimeo.com/639947861> [consulté le 17/12/2021].

L'autre élément sonore présent dans cette performance de *Puzzle*, en dehors du son composite de la guitare, est la gestion des enregistrements vocaux par le contrôle gestuel instrumental. Les enregistrements vocaux déclenchés et/ou traités sont soit utilisés avec une différence de **timbre** très marquée par rapport à la guitare⁸⁸ (enregistrements vocaux et guitare non traités, par exemple), soit complètement tissés avec le son de l'instrument⁸⁹. Les contrôles gestuels opérés sont répartis en différentes séquences en fonction des types d'enregistrements déclenchés et/ou des traitements appliqués aux enregistrements. La séquence d'introduction utilise, par exemple, le déclenchement de la lecture de phrases entières sans traitement⁹⁰. À d'autres moments, c'est le déclenchement de différents enregistrements vocaux coupés dans leurs lectures et traités⁹¹ qui est utilisé ou encore le déclenchement d'un enregistrement spécifique auquel différents traitements sont opérés successivement⁹². De par la présence d'enregistrements vocaux très courts (mots ou onomatopées), des phrases entières peuvent être reconstruites par le jeu du guitariste⁹³. D'autre part, les informations de nouvelles notes et d'amplitude ont été utilisées à différents moments pour contrôler, par exemple, l'affichage de traits dessinant plusieurs sinusoïdes⁹⁴ ou encore le contrôle du déplacement d'éléments graphiques⁹⁵.

Cette version de *Puzzle* apparaît comme un travail de mixage entre les enregistrements vocaux et un **timbre** de guitare « étendu » par rapport aux possibilités des systèmes monophoniques. Il faut noter, que la relation entre les gestes du guitariste d'un côté et les enregistrements sonores ou les éléments de la vidéo sont rendus « visibles » par le jeu et le choix des **timbres**. La séquence intro-

88. Se référer à l'enregistrement vidéo 00_PuzzleMFW-declenchements_sinusoides, en ligne <https://vimeo.com/639946606> [consulté le 17/12/2021].

89. Se référer à l'enregistrement vidéo 05_PuzzleMFW-declenchements_flanger_mimetisme, en ligne <https://vimeo.com/639946895> [consulté le 17/12/2021].

90. Se référer à la note de bas de page 88.

91. Se référer à l'enregistrement vidéo 01_PuzzleMFW-declenchements_sinusoides-2, en ligne <https://vimeo.com/639946647> [consulté le 17/12/2021].

92. Se référer à l'enregistrement vidéo 17_PuzzleMFW-declenchement_scolarité_sans_histoire, en ligne <https://vimeo.com/639948098> [consulté le 17/12/2021] et à l'enregistrement vidéo PuzzleMFW-declenchement_controle_phrase_solo, en ligne <https://vimeo.com/639948427> [consulté le 17/12/2021].

93. Se référer à l'enregistrement vidéo 06_PuzzleMFW-declenchements_construction_phrase, en ligne <https://vimeo.com/639946943> [consulté le 17/12/2021].

94. Se référer à la note de bas de page 88.

95. Se référer à l'enregistrement vidéo 04_PuzzleMFW-declenchements_flanger_ctrl_video, en ligne <https://vimeo.com/639946810> [consulté le 17/12/2021].

ductive de la performance, par son aspect épuré, sert notamment d'entrée en matière pour que le spectateur réussisse à appréhender cet aspect du spectacle⁹⁶. Cette nécessité de compréhension du lien entre la guitare et les autres médiums peut tout à fait être laissée de côté dans le cadre d'un enregistrement sonore.

4.1.3.2 *Lignes de Fuite*

L'absence d'une synchronisation claire entre les gestes du musicien et les déclenchements des enregistrements vocaux est un parti pris de l'*Obscur Aliment des Signes*⁹⁷ (*Lignes de Fuite*, Circum Disc, 2017, piste 1). Cette pièce, qui utilise les enregistrements vocaux et le son monophonique de la guitare, invisibilise par les choix de **timbres**, opérés par le guitariste, la relation entre les gestes et les éléments sonores contrôlés. Cette invisibilisation permet de donner l'impression d'une pièce écrite, montée et mixée en studio, bien que tout soit réalisé en direct par le guitariste⁹⁸. Cette sensation est, bien évidemment, le fait d'Ivann Cruz qui réalise, dans cette pièce, comme pour *Puzzle*, à la fois un montage et un mixage des différentes sources sonores en temps réel, sans, cette fois-ci, rendre perceptible la relation de contrôle présente entre le jeu instrumental et les enregistrements vocaux. La dernière partie (environ à partir de 8 minutes⁹⁹) laisse entendre quatre éléments sonores distincts : une nappe sonore avec une **hauteur** spécifique, une boucle d'un bruit rapide et percussif, les enregistrements vocaux et une nappe bruitée créée par la guitare (à partir de 8 minutes et 45 secondes¹⁰⁰).

En dehors de cette dernière partie dans laquelle chaque source peut être « facilement » distinguée, le reste de la pièce propose un tissage constant entre les **timbres** des enregistrements vocaux et celui de la guitare monophonique. Comme pour *Puzzle*, la distinction entre les deux sources est dépendante de la différence de leurs **timbres** respectifs et l'on passe alternativement d'un **timbre** qui tend vers une « sonorité globale » à un **timbre** qui met en exergue deux

96. Se référer à la note de bas de page 88.

97. En ligne <https://youtu.be/6NHiatHpLzg> [consulté le 17/12/2021].

98. Se référer à « *No overdub* », p. 348.

99. Se référer à l'enregistrement sonore LObscurAlimentdesSignes-part3, en ligne <https://vimeo.com/640004663> [consulté le 17/12/2021].

100. Se référer à l'enregistrement sonore LObscurAlimentdesSignes-4voices, en ligne <https://vimeo.com/640004624> [consulté le 17/12/2021].

voix séparées. Entre ces deux limites se trouve tout l'espace d'une fusion plus ou moins appuyée entre le **timbre** de la guitare et de celui des enregistrements sonores. Il apparaît notamment que l'application de traitements sonores sur les enregistrements vocaux tend à rapprocher les deux timbres (le son monophonique de la guitare étant toujours traité¹⁰¹) alors qu'une absence de traitements (ou une utilisation apportant une modification du **timbre** « limitée ») tend à les éloigner¹⁰². Il est difficile d'aller plus loin dans l'analyse de cette pièce sans plus de détails sur les préconfigurations et sur les gestes utilisés. Cette remarque qui peut s'appliquer aux quatre pièces que nous analysons ici et qui pointe les limites de cette analyse *a posteriori*, nous a, en partie, poussé à effectuer les expérimentations que nous présentons dans la partie suivante¹⁰³.

La pièce *Quantophrénie*¹⁰⁴ (*Lignes de fuite*, Circum Disc, 2017, piste 4), pour sa part, donne à entendre la relation entre le geste musical et les enregistrements sonores en laissant audible la synchronicité entre les différents éléments de jeu et le déclenchement ou le traitement des enregistrements sonores. Cette synchronicité perceptible amène plus, selon nous, la sensation d'un instrumentiste contrôlant le son de l'instrument et le son des enregistrements vocaux. D'autre part, à l'inverse de la pièce *L'Obscur Aliment des Signes* dans laquelle est opéré un mouvement global de singularisation entre les différents **timbres** tout le long de la pièce, *Quantophrénie* effectue le mouvement global vers la fusion des **timbres** des enregistrements vocaux et de la guitare utilisant les traitements sonores hexaphoniques. Cette pièce développe davantage l'utilisation des traitements sonores hexaphoniques que la création de *Puzzle* et ce, dès son ouverture¹⁰⁵ notamment avec l'utilisation d'un **délai** puis d'un *flanger* hexaphoniques combinés à des notes courtes. L'utilisation des notes courtes¹⁰⁶ a pour effet de laisser clairement apparaître et se développer les différentes répétitions du **délai**, et ainsi, de donner à entendre la polyrythmie spécifique à ce

101. Se référer à l'enregistrement sonore L'ObscurAlimentdesSignes-tissage4-voix-traitee, en ligne <https://vimeo.com/640004832> [consulté le 17/12/2021].

102. Se référer à l'enregistrement sonore L'ObscurAlimentdesSignes-tissage2, en ligne <https://vimeo.com/640004753> [consulté le 17/12/2021].

103. Se référer à « Étude de la pratique des traitements sonores hexaphoniques », p. 351.

104. En ligne <https://youtu.be/KaMsXsHeEwg> [consulté le 17/12/2021].

105. Se référer à l'enregistrement sonore Quantophrenie-hexa-intro, en ligne <https://vimeo.com/640004913> [consulté le 17/12/2021].

106. Une note courte est obtenue en relevant le doigt de la main qui frette aussitôt après avoir fait entendre la note. Elle se rapproche d'une note réalisée avec la technique « étouffé » (aussi appelé *pizzicato*) sans l'aspect étouffé.

traitement hexaphonique. De même, l'interpolation entre les préconfigurations du *délai* est donnée clairement à entendre¹⁰⁷. Ces éléments, bien qu'utilisés dans la création de *Puzzle*, n'ont pas été amenés aussi clairement. Le travail dans ces pièces est toujours de l'ordre du mixage entre les différentes sources sonores que le guitariste contrôle.

4.1.3.3 *Puzzle* : étape de travail *live*

Cette présentation de *Puzzle* datant de 2016 est le premier jalon public intégrant le dispositif hexaphonique. Si, comme pour la création, Ivann Cruz commence par une partie introductive qui donne à entendre clairement la relation de synchronicité entre la guitare et le déclenchement des enregistrements vocaux¹⁰⁸, cette relation est d'autant plus facilement appréhendable par le public du fait de la taille limitée de la salle dans laquelle le spectacle est diffusé. En effet, l'espace de la Malterie dans lequel ce premier jalon est joué et beaucoup plus petit, plus intime que la scène de la Maison Folie de Wazemmes¹⁰⁹ (Lille, France) utilisée pour la création. Cette proximité permet notamment d'entendre le son acoustique de l'instrument¹¹⁰ dans la partie introductive alors que le son électrique de la guitare n'est pas encore donné à entendre. Une autre partie de l'improvisation utilise le même procédé de construction de phrase par le jeu de l'instrumentiste que l'on trouve dans la création¹¹¹. D'autre part, les potentiels des traitements hexaphoniques ont, dans cette version, plus de « place » pour se développer et sont présents plus longtemps. C'est notamment le cas avec l'interpolation des préconfigurations de *délai*¹¹² ou avec

107. Se référer à l'enregistrement sonore Quantophrenie-delai-interp, en ligne <https://vimeo.com/640004907> [consulté le 17/12/2021].

108. Se référer à l'enregistrement sonore PuzzleMalterie230516PART1-declechement-direct, en ligne <https://vimeo.com/640047732> [consulté le 17/12/2021].

109. En ligne <https://maisonsfolie.lille.fr/> [consulté le 17/12/2021].

110. Pour rappel, la guitare Godin Multiac SA est une guitare à corps plein à cordes nylon. La caractéristique de son corps entraîne que le son acoustique qu'elle émet est très faible et ne peut être entendu que lorsque le niveau sonore du lieu dans lequel l'instrument est joué, est faible.

111. Se référer à l'enregistrement sonore PuzzleMalterie230516PART1-declechement-syncho, en ligne <https://vimeo.com/640048045> [consulté le 17/12/2021].

112. Se référer à l'enregistrement sonore PuzzleMalterie230516PART1-transition-delai-voix, en ligne <https://vimeo.com/640048258> [consulté le 17/12/2021].

le changement aléatoire des vitesses de lecture du *freeze* hexaphonique¹¹³. De même que pour les précédentes pièces, les *timbres* des enregistrements vocaux s'entremêlent avec le *timbre* augmenté de la guitare¹¹⁴.

4.1.3.4 *No overdub*

Le disque *Lignes de fuites* indique sur la face arrière de sa pochette, juste en dessous de la liste des différentes pièces qui composent l'album, la mention « *no overdub* ». Cette expression anglaise signifie que les morceaux *L'obscur aliment des signes* et *Quantophrénie*, auxquels la mention fait référence, sont enregistrés en une seule prise. Tous les éléments sonores présents dans ces deux pièces sont générés par le guitariste et par son jeu.

Cette mention est pertinente notamment pour deux raisons : d'une part, en tant qu'auditeur, il est impossible de savoir que le montage et le mixage audio sont réalisés en direct par le guitariste. Comme nous l'avons vu, l'absence de synchronicité notable dans *L'obscur aliment des signes* donne clairement l'impression d'un mixage et d'un montage réalisés en studio. Dans le cas de *Quantophrénie*, même si cette relation est présente plus directement, l'auditeur peut tout à fait ne pas saisir cette dimension. D'autre part, cette mention, lorsqu'elle est mise en parallèle de la richesse des différentes textures sonores présentes dans ces deux pièces (et dans les deux versions de *Puzzle* que nous venons d'analyser), met en avant l'idée que le guitariste a quasiment autant de possibilités d'agencement, de mixage et de traitement que celles offertes par le studio sonore et le matériel dont il est équipé. La différence entre la performance d'Ivann Cruz et le travail de studio réside dans le fait que ce dernier est généralement le résultat de plusieurs étapes successives (enregistrement, montage, travail de la matière sonore, mixage, etc.) et non simultanées. Dans le cas du projet *Puzzle*, Ivann Cruz « enregistre » (par la génération du son en direct), monte (en déclenchant les différents enregistrements vocaux), mixe (par son jeu et par les niveaux sonores qu'il contrôle au pied) et applique les traitements (sur la guitare et sur les enregistrements) à mesure qu'il joue avec les deux timbres de guitare et les enregistrements vocaux.

113. Se référer à l'enregistrement sonore PuzzleMalterie230516PART1-freeze-vitesse-2, en ligne <https://vimeo.com/640048105> [consulté le 17/12/2021].

114. Se référer à l'enregistrement sonore PuzzleMalterie230516PART1-timbres-entremeles, en ligne <https://vimeo.com/640048220> [consulté le 17/12/2021].

Ce mix des deux timbres de la guitare, de même que les traitements sonores hexaphoniques pris séparément, développe un **timbre** de l'instrument que l'on pourrait qualifier d'« étendu ». Celui-ci apparaît donc par la mise en parallèle des circuits de traitements hexaphoniques et monophoniques et par la différence de textures sonores qu'ils apportent. L'aspect polyphonique de certaines configurations des traitements sonores hexaphoniques n'est rendu audible que dans les passages où cet aspect a le temps de se développer. Un temps de développement suffisant apparaît généralement lorsque le nombre de sources sonores différentes entendues au même moment est limité et/ou lorsque la quantité de notes jouées est, de même, limitée (plus il y a de notes jouées, plus les différentes sources se font entendre et deviennent plus délicates à détitiser). Dans tous les autres cas, un mix entre les différentes sources apparaît. Ce mix tend vers un **timbre** global lorsque les **timbres** de chaque source sont proches (guitares traitées avec enregistrements sonores traités par exemple) ou vers une singularisation plus marquée des différentes sources lorsque les **timbres** sont différents (chacune des sources non traitées par exemple et une guitare traitée ou encore l'absence de traitements hexaphoniques et un circuit monophonique sur lequel des traitements sont appliqués). Les différents niveaux sonores de chacune de ces sources entrent, bien évidemment, en compte dans la constitution de ce mix.

Dans ce projet, et dans les divers jalons analysés, les traitements sonores hexaphoniques sont en grande majorité utilisés comme des traitements sonores monophoniques avec plus de textures et de reliefs. Ils sont considérés, au même titre que les traitements monophoniques comme parties prenantes du **timbre** global et augmentés de la guitare électrique. En effet, comme nous l'avons vu, seulement quelques moments des diverses pièces mettent en avant l'aspect hexaphonique. De plus, même dans le cas de la préconfiguration **theFlan** du *hexFlanger* qui apporte le plus de disparités entre les différentes cordes, l'approche par « bloc » limite la portée de ces disparités dans la singularisation des différentes cordes. Les expériences que nous décrivons ci-dessous¹¹⁵ permettront d'aller plus loin dans cette différenciation.

115. Se référer à « Étude de la pratique des traitements sonores hexaphoniques », p. 351.

4.1.4 Conclusion

Cette première analyse des différentes évolutions du projet *Puzzle* nous a permis de poser plusieurs jalons dans notre travail de caractérisation des spécificités du dispositif hexaphonique. Notre étude « théorique » de préconfigurations de traitements sonores hexaphoniques développées dans le cadre de ce projet nous a notamment permis de mettre en place une première classification, une première répartition qui étend celle qui avait été commencée dans l'étude de ligne de filiation transversale¹¹⁶. Cette répartition permet de faire apparaître les termes d'« unité texturée/enrichie » et d'« unité disparate » comme pouvant être les deux extrêmes entre lesquelles les différentes configurations hexaphoniques se positionnent. Le premier terme se pose comme un développement des traitements sonores monophoniques auxquels on aurait « injecté » plus de texture et plus d'enrichissement. Le second développe l'idée d'un contraste très marqué entre les cordes. Ces deux extrémités gardent cependant un aspect unitaire puisque l'approche par « bloc » employée ici entraîne l'application d'un traitement donné sur toutes les cordes en même temps.

D'autre part, le cumul des dimensions audio-vidéosphérique (multieffet) et hypersphérique (EGT) du dispositif hexaphonique permet au guitariste de développer, uniquement à partir de son jeu, un grand nombre d'éléments habituellement gérés en studio. Le guitariste dispose d'une sorte de guitare « multipiste numérique » permettant par l'utilisation des traitements sonores hexaphoniques, des traitements monophoniques et du contrôle gestuel des enregistrements vocaux de réaliser le montage, le mixage temporel et le mixage timbral de sa pièce en direct. Ces opérations de montage et de mixage lui permettent de développer un véritable tissage entre les différentes sources sonores qui peuvent être présentes distinctement ou tendre vers une unité sonore globale.

Pour finir, il faut noter que c'est ce travail de cohabitation et de tissage des différentes sources sonores qui est au centre du projet *Puzzle*. L'utilisation des traitements sonores hexaphoniques dans ce contexte, bien que proposant déjà une étendue timbrale remarquable, reste cependant limitée par l'utilisation de l'approche par « bloc » à l'aspect unitaire que nous venons de mentionner. Les expériences que nous avons réalisées par la suite mettent en avant, de différentes manières, l'approche par « corde » qui a été peu mise en œuvre dans *Puzzle*.

116. Se référer à « [Les évolutions transverses](#) », p. 170.

4.2 Étude de la pratique des traitements sonores hexaphoniques

Le travail avec le guitariste Ivann Cruz dans le cadre de son projet *Puzzle* a permis de mettre en place une pratique du dispositif hexaphonique qualitative. Celle-ci s'est développée sur plusieurs années et a pris le temps de l'évolution et de l'intégration dans la pratique initiale du guitariste. Il ne s'agit, cependant, que d'un seul guitariste qui développe une approche personnelle du dispositif. Cette dernière, comme nous l'avons vu, s'intègre dans le cadre plus large de la création d'un spectacle et inclut, de ce fait, dans sa construction, des éléments et des considérations qui dépassent la seule pratique du dispositif. Les expériences que nous présentons ci-dessous répondent à deux volontés : celle d'étendre la pratique du dispositif à d'autres guitaristes et celle de se focaliser sur les traitements sonores hexaphoniques, en mettant notamment en avant une approche par « corde ». L'extension du dispositif à d'autres guitaristes permet évidemment de diversifier les approches et donc de développer les pratiques résultantes (même si les expériences ne se déroulent pas du tout sur le même temps long que celui de *Puzzle*). La focalisation sur les traitements sonores hexaphoniques résulte d'une volonté de creuser plus profondément cette partie qui est, pour nous, le cœur du dispositif, sa réelle particularité. En effet, le contrôle gestuel instrumental à partir de la guitare hexaphonique, bien que très intéressant de par sa connexion directe à la pratique professionnelle, relève selon nous de domaine de recherche plus général de l'utilisation d'interface de contrôle dans la création musicale, sur laquelle une tentative d'analyse, spécifique à l'utilisation des gestes instrumentaux, pourrait s'appuyer. À l'inverse, de par leur pratique très limitée dans le monde musical, les traitements sonores polyphoniques nécessitent, selon nous, une investigation plus profonde.

D'autre part, après la description du biais¹¹⁷ présent dans le multieffet hexaphonique¹¹⁸ que nous avons développé, il nous semble important d'interroger plus spécifiquement l'« approche par corde » que nous avons mise en avant, mais pas rendue directement accessible. Les expériences décrites ci-dessous se déroulent selon deux scénarios : le premier propose plusieurs répartitions différentes d'un groupe de cordes traitées et d'un groupe de cordes non traitées.

117. Se référer à « [Le biais de l'outil](#) », p. 270.

118. Se référer à « [Logiciel : Le multieffet hexaphonique](#) », p. 252.

Cette approche, par exemple, n'a pas du tout été utilisée dans *Puzzle*. Le second scénario ajoute une dimension performative avec le contrôle, par un **pédalier**, des activations et des désactivations de chaque traitement de manière individuelle pour chaque corde. Là encore, cet élément n'était pas disponible dans le patch de *Puzzle*, puisque tous les traitements utilisaient une activation et une désactivation globale et non indépendante pour chaque corde. Ce scénario a permis le développement d'une matrice d'activation/désactivation qui est devenue un véritable outil au service de l'« approche par corde » des traitements sonores hexaphoniques. Ces expériences ont permis de constituer un ensemble de données (*dataset*) d'une dizaine d'heures d'improvisation du dispositif hexaphonique et de 4h30 d'interviews. Cette base de données sera mise à disposition de la communauté scientifique, mais n'a, pour ce travail de recherche particulier, pas été analysée. Elle a été annotée en partie à l'écriture de ces pages. Cette étape sera finalisée par la suite. En lien avec notre positionnement au niveau de la pratique guitaristique, ce sont, pour ces expériences, les paroles des guitaristes interviewés après chaque improvisation qui ont été analysées.

4.2.1 Présentation des guitaristes sélectionnés

Le choix de l'échantillon des guitaristes sélectionnés a été conditionné par le but de ces expériences : comprendre si la pratique de la guitare hexaphonique faisait apparaître un nouvel instrument ou si elle ne faisait que mettre à jour un certain nombre de pratiques existantes. Dès lors, chaque guitariste sélectionné pour ces expériences l'a été en fonction d'une réaction positive à une présentation introductive préalable du système. En effet, pour l'objectif qui était le nôtre, choisir des guitaristes qui n'auraient pas trouvé d'intérêt au système à la suite de la présentation introductive aurait été contre-productif. Cinq guitaristes ont participé aux expériences détaillées ci-dessous¹¹⁹. Quatre d'entre eux (Sébastien Beaumont¹²⁰, Ivann Cruz¹²¹, Philippe Lenglet¹²² et

119. Se référer à « [Présentation de la méthodologie et du protocole mis en place](#) », p. 353.

120. En ligne <https://muzzix.info/Beaumont> [consulté le 17/12/2021].

121. En ligne <https://muzzix.info/Cruz> [consulté le 17/12/2021].

122. En ligne <https://muzzix.info/Lenglet> [consulté le 17/12/2021].

Raphaël Godeau¹²³) font partie du collectif Muzzix¹²⁴ (Lille, France). Ce collectif compte une trentaine de musiciens qui développe des projets musicaux allant du rock à la musique contemporaine en passant par les musiques expérimentales, improvisées et jazz. Les guitaristes du collectif sélectionnés sont tous à l'aise avec l'improvisation et possèdent un vocabulaire de gestes instrumentaux développés intégrant un grand nombre de techniques de jeu pour la guitare, l'utilisation de prothèses électroniques (pédales de traitement sonore, **EBow**, etc.) ou encore de préparations installées sur l'instrument. Un cinquième guitariste vient compléter ce groupe (Alexandre Antoine). Celui-ci évolue dans un genre musical plus apparenté au rock'n'roll et compose des chansons qu'il joue dans un groupe amateur¹²⁵. Ce guitariste est moins à l'aise avec l'improvisation en tant que genre en soi.

Tous les guitaristes sélectionnés n'ont pas nécessairement une pratique régulière des traitements sonores ni une pratique de la guitare électrique. Sébastien Beaumont, par exemple, bien que la guitare électrique soit son instrument premier, n'utilise, en ce moment, que quelques pédales de traitements sonores (suivant les projets) voire aucune. Raphaël Godeau, professeur au Conservatoire de Lille, vient de la musique pour guitare classique et guitare flamenca. Dans sa démarche d'interprétation, notamment avec le collectif Muzzix, il a développé une pratique de la guitare électrique, mais celle-ci reste périphérique dans sa pratique actuelle.

4.2.2 Présentation de la méthodologie et du protocole mis en place

Chacun des guitaristes présentés ci-dessus a suivi le même protocole de test sur une durée de 3 jours. Les scénarios qu'ils devaient suivre ont tous été ponctués par l'enregistrement d'une improvisation et d'une interview post-improvisation. De ce protocole de tests, toute une série d'enregistrements a

123. En ligne <http://raphaelgodeau.blogspot.com/p/ne-en-1977-comme-tellur-piece-phare-du.html> [consulté le 17/12/2021].

124. En ligne <https://muzzix.info/Presentation?lang=fr> [consulté le 17/12/2021].

125. En ligne https://www.youtube.com/channel/UCLHyrUsYR-gE5r_4Vs45xkQ [consulté le 17/12/2021].

été effectuée pour analyse postérieure. Les interviews réalisées fournissent le matériau pour l'analyse que nous proposons dans la suite de ce texte ¹²⁶.

4.2.2.1 Le protocole expérimental

Les expériences se sont déroulées sur une durée de trois jours pour chaque guitariste. Chacun d'entre eux est passé par trois scénarios. Le travail sur chacun des scénarios a été enregistré ¹²⁷. Le protocole a été le même pour tous les guitaristes sauf pour Alexandre Antoine. Celui-ci a, en effet, participé à un premier test du protocole notamment pour valider le déroulé et le système technique d'enregistrement utilisé. Ce test a été effectué en amont de la période principale d'expérimentation alors qu'il effectuait son stage de Master 1 Électronique embarquée en lien avec l'unité matérielle EMEHG que nous avons développée ¹²⁸. Il a ensuite été invité pendant la principale phase des expérimentations à venir finaliser le scénario 2 qu'il n'avait pu que faire en partie.

Les expériences se déroulent en suivant trois scénarios qui sont décrits en détail dans la partie suivante. En dehors du premier scénario qui fait office de scénario d'introduction, les deux scénarios suivants suivent un protocole identique composé de quatre étapes :

Chaque sous-scénario suit quatre étapes :

- la première étape est la **présentation** de la configuration du sous-scénario par le chercheur ;
- la deuxième étape est une étape de **test** pendant laquelle le guitariste se familiarise, seul ¹²⁹, avec la configuration utilisée dans le sous-scénario. Pendant cette étape, il peut adapter, s'il le souhaite, le chaînage ou les configurations des traitements ;
- la troisième étape est l'étape d'**enregistrement** d'une improvisation par le guitariste sur base des tests qu'il vient d'effectuer. Une durée comprise entre 3 et 5 min avait été mentionnée aux guitaristes dans la séquence de

126. Se référer à « [Analyse des interviews](#) », p. 378.

127. Se référer à « [Le dispositif d'enregistrement](#) », p. 364.

128. Se référer à « [Matériel : Embedded Multi-Effects for Hexaphonic Guitar \(EMEHG\)](#) », p. 282.

129. Le chercheur est là au besoin, mais son intervention est limitée au strict minimum.

- présentation du dispositif, mais certains ont préféré étendre cette durée se sentant plus à l'aise avec des durées plus longues. Il était, de plus, possible à chaque guitariste d'enregistrer plusieurs improvisations avec chaque scénario s'il le souhaitait ;
- une quatrième étape d'**interview** « à chaud » pendant laquelle le chercheur recueille les retours du guitariste sur son expérience du sous-scénario et l'interroge sur des points particuliers qu'il aurait relevés pendant l'écoute.

4.2.2.2 Les scénarios

Le premier scénario que l'on pourrait définir comme scénario initial (scénario 0 ou encore scénario « découverte ») permet aux guitaristes d'appréhender le son de l'instrument, des traitements sonores hexaphoniques et l'utilisation de l'interface graphique du programme qu'ils vont être amenés à utiliser. Ce scénario se déroule en compagnie du chercheur qui explique, si besoin est, les différents traitements, qui manipule l'interface graphique et s'occupe de construire et d'enregistrer les différentes configurations réalisées qui pourront ensuite être utilisées dans les scénarios suivants. Chaque traitement est testé individuellement par le guitariste et des combinaisons de traitements peuvent être testées en fonction des appétences de chacun. Ce scénario suit, à l'inverse des deux suivants, un protocole plutôt libre qui a cependant plusieurs objectifs : construire au minimum un préréglage pour chaque traitement, tester des combinaisons de traitements et créer un premier chaînage servant de **timbre** de référence qui est utilisé pour le scénario suivant. Les deux scénarios suivants, nommés respectivement scénario 1 et scénario 2, suivent le même déroulé : le guitariste est soumis à quatre sous-scénarios prédéfinis et à un cinquième dans lequel il choisit ce qu'il utilise.

Le scénario 1 concerne l'application du chaînage global défini par le guitariste pendant le scénario « découverte » sur des groupes de cordes prédéfinis, laissant les cordes en dehors de ces groupes, non traitées. Cette direction du premier scénario que l'on peut très clairement mettre dans la catégorie de l'« approche par corde », que nous avons mentionnée précédemment ¹³⁰, a été choisie spécifiquement pour contrebalancer l'« approche par bloc » qui est à l'œuvre dans *Puzzle*.

130. Se référer à « **Le biais de l'outil** », p. 270.

Le scénario 1 intègre les sous-scénarios suivants :

- **Scénario 1_1** : les **trois cordes basses** sont traitées, les trois cordes aiguës ne le sont pas.
- **Scénario 1_2** : les **trois cordes aiguës** sont traitées, les trois cordes graves ne le sont pas.
- **Scénario 1_3** : **une corde sur deux** en commençant par la corde la plus grave est traitée, les autres ne le sont pas.
- **Scénario 1_4** : **une corde sur deux** en commençant par la corde la plus aiguë est traitée, les autres ne le sont pas.
- **Scénario 1_5** : la répartition des cordes traitées et des cordes non traitées est **choisie** par le guitariste.

Il faut noter que les répartitions proposées dans le scénario 1 se rapprochent de la répartition proposée par les systèmes des guitares Gretsch stéréophoniques ou par le microphone Submarine Pro que nous avons présentées précédemment¹³¹. Cependant, dans ces deux exemples, les traitements sonores s'appliquent de manière identique pour chaque corde d'un groupe donné, alors qu'avec le système hexaphonique, les cordes d'un groupe donné peuvent chacune avoir leurs chaînages et paramétrages particuliers.

Le second scénario met en œuvre l'utilisation de différentes stratégies de contrôle de l'activation et de la désactivation des traitements sonores hexaphoniques. Cet élément est notamment important dans le cas d'une utilisation *live* des traitements sonores hexaphoniques. En effet, un des points essentiels du système proposé pour qu'il devienne « jouable », par un guitariste dans le cadre d'une performance *live*, est la possibilité de contrôler, au minimum, l'activation et la désactivation des traitements. Bien que tous les paramètres du multieffet soient contrôlables par des interfaces gestuelles extérieures, il a été choisi de se focaliser uniquement sur l'activation et la désactivation. En effet, le contrôle des paramètres d'un ou plusieurs traitements sonores est une pratique moins répandue sans commune mesure avec ce geste primordial de l'activation et de la désactivation d'une pédale d'effet. De plus, l'accès à ce contrôle permet aux guitaristes d'appliquer une première écriture brute qui ne passe plus uniquement par les gestes, mais aussi par les traitements sonores. Cet élément n'était pas présent dans le premier scénario. Les stratégies de contrôle utilisées se basent

131. Se référer à « [La guitare stéréophonique](#) », p. 66.

sur le **pédalier MIDI** Behringer FCB1010¹³² (voir image 4.8). Le contrôle est, dans un premier temps, appliqué de manière globale, et devient dans un second temps individuel. Les sous-scénarios 2_3 et 2_4 permettent, par exemple, d'accéder à l'activation et à la désactivation individuelle des traitements pour chaque corde. Les 10 boutons du **pédalier** Behringer FCB1010 peuvent contrôler n'importe quel paramètre d'un programme sonore. Un système de **banques** (ou de pages) permet d'obtenir jusqu'à 10 versions différentes de cet ensemble de 10 boutons. La navigation entre les différentes banques s'effectue par le biais de deux autres boutons permettant de monter ou de descendre dans la liste des pages. D'autre part, deux pédales offrant un contrôle continu viennent compléter ce matériel. Ces dernières n'ont cependant pas été utilisées dans les expérimentations à l'exception de Philippe Lenglet qui a souhaité pouvoir contrôler le paramètre de fréquence du traitement de **modulation en anneau**.

Dans le cadre de ce scénario, les boutons et les banques du **pédalier** Behringer ont été utilisés pour contrôler l'activation et la désactivation des traitements sonores selon différentes modalités :

- **Scénario 2_1** : un bouton du **pédalier** est utilisé pour contrôler l'activation/désactivation d'un **traitement** hexaphonique de manière globale. Six boutons d'une page du **pédalier** sont donc alloués à l'activation/désactivation des six traitements sonores hexaphoniques. Cette configuration reprend le paradigme du *pedalboard* utilisé dans le projet *Puzzle*.
- **Scénario 2_2** : un bouton du **pédalier** est utilisé pour activer/désactiver tous les traitements sonores appliqués sur **une corde** spécifique (un ensemble de traitements sonores spécifiques a préalablement été choisi pour ce scénario). Six boutons d'une page spécifique sont donc utilisés pour activer et désactiver l'ensemble des traitements sonores appliqués sur chacune des cordes. Cette configuration constitue une incarnation de l'« approche par corde » offrant un accès global aux traitements de chaque corde.
- **Scénario 2_3** : une page du **pédalier** est utilisée (par le biais des 6 premiers boutons) pour contrôler l'activation et la désactivation individuelle d'un **traitement** sur chaque corde. Les boutons 1, 2, 3, 4, 5, et 6 de la

132. En ligne, <https://www.behringer.com/Categories/Behringer/Accessories/Midi-Foot-Controllers/FCB1010/p/P0089> [consulté le 17/12/2021]

cinquième page, par exemple, sont, dans ce scénario, utilisés pour activer ou désactiver le **trémolo** (cinquième traitement) respectivement sur les cordes *Mi* grave, *La*, *Ré*, *Sol*, *Si* et *Mi* aiguë (dans le cas d'un accord standard de l'instrument). Six pages du **pédalier** sont donc nécessaires pour permettre d'activer/désactiver les six traitements de manière individuelle sur chacune des cordes. Si le guitariste veut modifier la **distorsion** (1^{er} traitement de la liste) et ensuite la **réverbération** (dernier traitement de la liste), cela nécessite de sa part l'utilisation de plusieurs gestes de sélection pour obtenir les pages de contrôles spécifiques à chaque traitement. L'approche mise en avant par ce scénario est l'« approche par bloc », mais, cette fois, avec la présence de contrôles individuels d'activation/désactivation pour chaque corde d'un bloc donné.

- **Scénario 2_4** : une page du **pédalier** est utilisée (par le biais des 6 premiers boutons) pour contrôler l'activation et la désactivation individuelle des traitements présents sur **une corde**. Les boutons 1, 2, 3, 4, 5, et 6 de la cinquième page sont, par exemple, dans ce scénario, utilisés pour activer ou désactiver sur la corde de *Si* (cinquième corde à partir de la corde la plus grave) les traitements dans cet ordre : **distorsion**, **délai**, **modulation en anneau**, **flanger**, **trémolo** et **réverbération**. Six pages du **pédalier** sont donc nécessaires pour permettre d'activer/désactiver les six traitements de manière individuelle sur chacune des cordes. De même que le scénario précédent, le guitariste doit faire appel à un certain nombre de gestes de sélection pour obtenir les pages de contrôles spécifiques à chaque corde. L'approche mise en avant par ce scénario est celle de 6 **pedalboards** monophoniques indépendants. Ce scénario reprend l'« approche par corde » mise en œuvre dans le scénario 2_2 avec la présence d'un contrôle d'activation/désactivation indépendant pour chaque traitement sur une corde donnée.
- **Scénario 2_5** : une configuration de la matrice d'activation/désactivation hexaphonique de départ est choisie par les guitaristes. Ceux-ci peuvent aussi, s'ils le souhaitent, créer plusieurs préconfigurations qu'ils pourront rappeler par le **pédalier**. Une modalité de contrôle fine entre celle du scénario 2_3 (une page pour un traitement) et celle du scénario 2_4 (une page pour une corde) est choisie. Les guitaristes peuvent ainsi avoir une ou plusieurs préconfigurations qu'ils peuvent rappeler et à partir desquelles ils peuvent construire leur **timbre** en activant ou désactivant les traitements.

L'ensemble des scénarios que nous venons de décrire est synthétisé au tableau 4.5.

Précisons ici deux choses : d'une part, les trois dernières configurations sont intimement liées à la configuration du **pédalier** utilisé. En effet, si celui-ci avait eu plus de boutons accessibles directement (comme c'est le cas, par exemple, des **pédaliers** Voës MX-18¹³³ ou Mastermind GT/16 de Rjm Music¹³⁴) d'autres relations boutons-activation/désactivation auraient été en jeu. Celles-ci auraient probablement été moins consommatrices en gestes de sélection. Cependant, cela nous aurait probablement empêchés d'étudier l'utilisation de configurations globales et individuelles des approches par « bloc » et par « corde ». D'autre part, c'est l'inexistence d'un **pédalier** pouvant répliquer la matrice d'activation/désactivation mise en place qui nous a poussés à développer le nôtre¹³⁵. Celui-ci constitue, cependant, un cas limite, en matière de dimensionnement, qu'il nous semble difficile de dépasser. Dans le cas d'utilisation d'un multieffet plus important (comme c'est le cas pour le projet *Puzzle*), une stratégie à plusieurs **pédaliers** aurait été nécessaire pour pouvoir accéder à chaque activation/désactivation individuelle.

4.2.2.3 Les guitares et le multieffet hexaphonique utilisés

Pendant ces journées d'expérimentation, les guitaristes avaient à leur disposition deux guitares hexaphoniques : la Godin Multiac SA à cordes nylon et la Godin xTSA à cordes métalliques que nous avons présentées précédemment¹³⁶. Cette dernière a subi une dégradation des cellules piézoélectriques de captation pendant l'enregistrement et a été remplacée par la Godin LGXT d'Ivann Cruz. Les guitaristes pouvaient à tout moment tester l'une ou l'autre de ces guitares et/ou en changer au fil des scénarios. Seul Sébastien Beaumont a testé les deux guitares et tous les autres ont choisi un instrument spécifique du début

133. En ligne <https://www.voës.be/mx18.html> [consulté le 17/12/2021].

134. En ligne <http://www.rjmmusic.com/mastermind-gt-16/> [consulté le 17/12/2021].

135. Se référer à « Matériel : Pédalier de contrôle (EMEHG-foot-controller) », p. 300.

136. Se référer à « Les dispositifs de captation individuelle de la vibration des cordes », p. 245.

Scénario 0 : Découverte des traitements hexaphoniques		
Scénario 1 : Poly-timbralité		
	Avec traitements	Sans traitements
1_1	Mi grave-La-Ré	Sol-Si-Mi aigu
1_2	Sol-Si-Mi aigu	Mi grave-La-Ré
1_3	Mi grave-Ré-Si	La-Sol-Mi aigu
1_4	La-Sol-Mi aigu	Mi grave-Ré-Si
1_5	Répartition faite par le guitariste	
Scénario 2 : Contrôle du bypass		
2_1	1 bouton par bypass global d'un traitement	
2_2	1 bouton par ensemble de traitements pour une corde	
2_3	1 page de pédalier par traitement, 1 bouton par corde.	
2_4	1 page de pédalier par corde, 1 bouton par traitement.	
2_5	Réalisation de preset pour la matrice de bypass + choix d'une modalité de contrôle individuel (2_3 ou 2_4)	

TABLE 4.5. Récapitulatif des différents scénarios et sous-scénarios du protocole expérimental.



FIGURE 4.8. Pédalier Behringer FCB1010 utilisé dans le scénario 2 pour contrôler l'activation/désactivation des différents traitements.

à la fin des expériences, soit en fonction de leurs connaissances préalables des instruments, soit par proximité personnelle avec un type de cordes particulier. Raphaël Godeau avait, par exemple, déjà testé la Godin Multiac à cordes nylon et ne souhaitait pas l'utiliser pendant ces expériences. Alexandre Antoine et Philippe Lenglet, de leur côté, ont choisi une guitare à cordes métalliques, car elle se rapprochait des guitares avec lesquelles ils jouent habituellement.

Le patch utilisé par les guitaristes est une adaptation du patch développé pour le logiciel Max MSP et qui a été utilisé dans le projet *Puzzle*¹³⁷. Il reprend la même structure que ce dernier tout en réduisant le nombre de traitements disponibles (voir figure 4.10). Le choix des traitements sonores à intégrer dans le protocole expérimental s'est tourné vers les traitements les plus « communs » de la guitare, dans le but d'amener le moins de nouveautés à appréhender par les guitaristes en dehors de l'hexaphonie. Ainsi, le patch est constitué des traitements suivants : *overdrive*, *délai*, *modulation en anneau*, *flanger*, *trémolo* et *réverbération*. Il faut noter que le traitement de *fuzz* du patch original a été remplacé par un traitement d'*overdrive*. En effet, le traitement de *fuzz* apporte un niveau très élevé de gain générant un bruit important. Si celui-ci peut être couvert par les différents éléments sonores en jeu dans le spectacle *Puzzle*, cela s'avère plus compliqué dans le cadre plus intime de ces expérimentations. Il a donc été décidé de se tourner vers une implémentation de distorsion du signal moins bruyante¹³⁸.

Dans cette version du patch, chaque traitement intègre un contrôle d'activation/désactivation indépendant pour chaque corde à l'inverse de l'unique contrôle global présent dans chaque traitement du patch utilisé pour *Puzzle*. Cette modification permet d'annuler le biais que nous avons mentionné plus haut¹³⁹ et de développer l'« approche par corde » présente dans les scénarios 1 et 2. Ces contrôles, au départ intégrés dans une optique de gain de place au sein de l'interface utilisateur, ont rapidement été agrandis graphiquement pour permettre aux guitaristes un meilleur retour visuel de leurs actions sur le *pédalier* de contrôle. Ils ont, de plus, été regroupés sous forme de matrice (de taille 6x6, les traitements étant placés sur l'axe horizontal et les cordes sur

137. Se référer à « *Multieffet hexaphonique : architecture globale et modules* » p. 257.

138. Le traitement d'*overdrive* utilisé dispose de 4 paramètres : *Overdrive_1*, *Filter*, *Overdrive_2* et *Output*. Le signal est saturé une première fois, filtré et saturé une deuxième fois. Le paramètre *Output* permet de définir le niveau de sortie du traitement.

139. Se référer à « *Le biais de l'outil* », p. 270.

l'axe vertical) dans un endroit localisé du patch. Au-delà du simple confort, cette matrice est devenue un véritable outil de travail (au même titre que chacun des traitements présents) facilitant la recherche de préconfigurations de chaînage individuel des traitements pour le scénario 2_5. Elle semble, en effet, être un élément essentiel pour accéder pleinement à l'« approche par corde » sans lequel celle-ci aurait probablement été moins naturelle à mettre en œuvre, notamment dans ce scénario. Tous les guitaristes n'ont pas nécessairement utilisé cette approche, mais la matrice de contrôle d'activation/désactivation a l'avantage (par ses deux dimensions) de mettre au même niveau l'« approche par corde » et l'« approche par bloc ». En effet, si le guitariste utilise, en mimétisme au *pedalboard* monophonique, une approche par « bloc », il peut directement cocher (activer) tous les contrôles d'une colonne ou plusieurs colonnes. S'il utilise une approche par « corde », il choisit pour chaque ligne les éléments graphiques qu'il souhaite cocher. Quelques exemples de configuration de cette matrice sont repris à la figure 4.9.

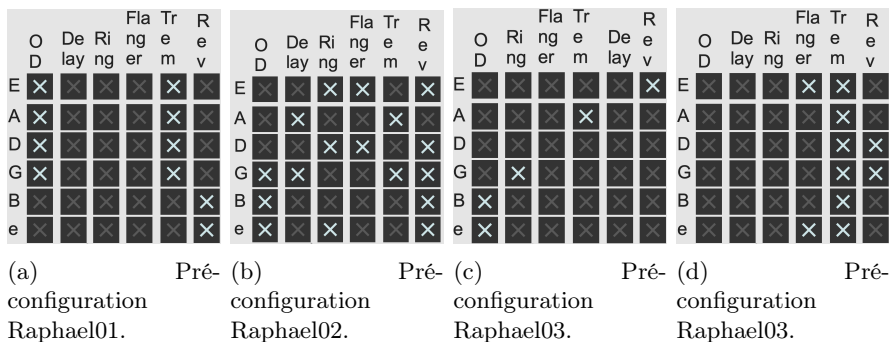


FIGURE 4.9. Différentes configurations de la matrice d'activation/désactivation.

Pour finir, la diffusion du son de la guitare hexaphonique a été réalisée sur quatre enceintes entourant le guitariste et positionnées en carré. Le guitariste était placé au centre du dispositif. Un caisson de basse venait compléter le dispositif de diffusion. Ce système de diffusion était celui disponible dans le lieu d'enregistrement d'accueil¹⁴⁰. Pour suivre la même idée que celle à l'origine de la limitation du nombre de traitements, aucune répartition de diffusion

140. Plateau commun, CEAC./ScaLab Université de Lille.

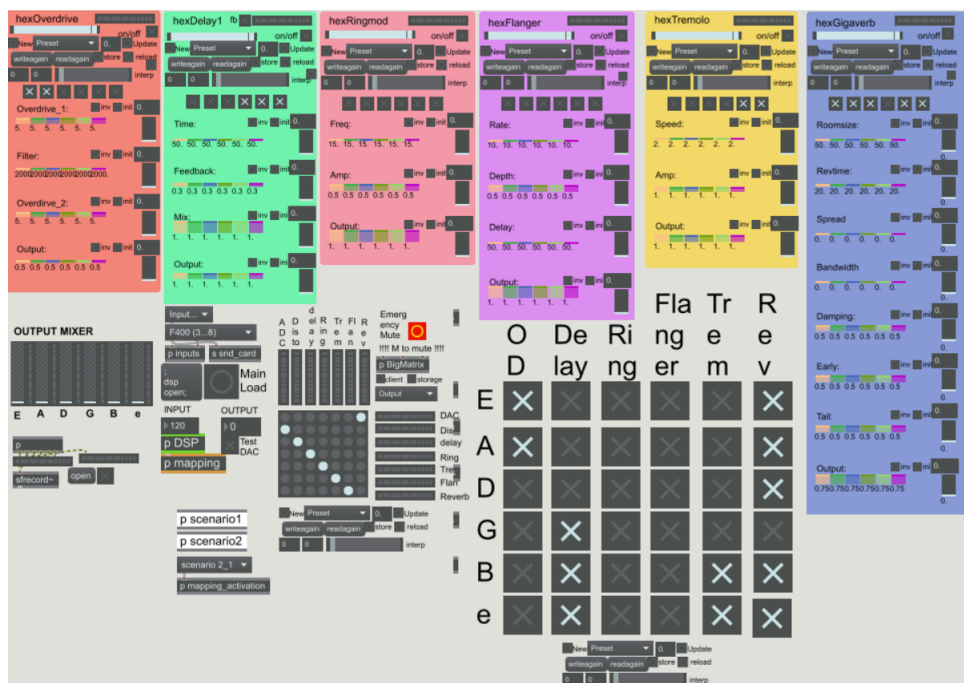


FIGURE 4.10. Patch Max MSP du multieffet hexaphonique utilisé dans le protocole expérimental.

particulière des cordes n'a été utilisée. Le son des six cordes a été diffusé de manière égale sur chacune des enceintes. Le travail de recherche portant sur la spatialisation du son des cordes de la guitare hexaphonique, comme nous l'avons déjà mentionné, est laissé à de futures recherches. Cependant, il faut noter que le son diffusé sur des enceintes de studio d'une part, et l'utilisation d'un dispositif de diffusion permettant d'englober le guitariste dans le son d'autre part, étaient deux éléments facteurs de nouveauté pour tous les guitaristes. Ces facteurs de nouveauté n'ont, cependant, pas entraîné de contrainte particulière, mais seulement une phase rapide d'adaptation.

4.2.2.4 Le dispositif d'enregistrement

Pour permettre de réaliser *a posteriori* une analyse fine des pratiques issues du protocole expérimental, plusieurs médias ont été enregistrés pour chaque scénario et pour chaque guitariste. Le dispositif d'enregistrement utilisé avait pour but de garder des traces aussi bien visuelles que sonores. Deux flux vidéo ont été enregistrés : celui d'un appareil photo Canon 5D filmant le guitariste et celui de l'interface graphique du programme de traitements sonores hexaphoniques dont le guitariste modifiait les paramètres durant les scénarios. Les vidéos de l'appareil photo ont été enregistrées au format *full HD* et ont, par la suite, été compressées avec un codec H264¹⁴¹ pour faciliter leur lecture et leur diffusion pendant l'étape d'analyse. Les vidéos des actions des guitaristes sur l'interface utilisateur ont été enregistrées grâce au logiciel de visioconférence Zoom¹⁴² et ont été converties dans un format identique à celui des vidéos de l'appareil photo. L'utilisation de ce logiciel a notamment permis de déclencher ces enregistrements à distance et ainsi de limiter les actions non reliées à la manipulation du patch hexaphonique par le guitariste.

En complément des flux vidéo, trois flux sonores ont été enregistrés : le flux hexaphonique de la guitare « à l'entrée » du multieffet hexaphonique, donc exempt de tout traitement ; le flux hexaphonique de la guitare après l'application des divers traitements sonores hexaphoniques et une version réduite en monophonie du flux de sortie. Les deux premiers flux sonores sont comparables à des flux « haute définition », par rapport à la version monophonique qui pourrait être qualifiée de flux « basse définition ». Cette dernière a été réalisée dans un but de faciliter l'écoute *a posteriori* de l'improvisation. En effet, à notre connaissance, les lecteurs multimédias tels que VLC , QuickTime ou Windows Media Player limitent tous, d'une manière ou d'une autre, la lecture de fichiers sonores intégrant les six pistes de l'hexaphonie. La version monophonique permet d'entendre chaque piste sans problème avec ces logiciels. D'autre part, le guitariste avait à disposition, dans le patch du multieffet hexaphonique, un dispositif d'enregistrement monophonique, lui permettant d'enregistrer ses improvisations. Durant chaque séance d'enregistrement, chacun des flux était enregistré en continu, à l'exception de celui dont le guitariste avait le contrôle. Les enregistrements globaux permettent donc de tracer le processus d'appro-

141. En ligne <https://fr.wikipedia.org/wiki/H.264> [consulté le 17/12/2021].

142. En ligne <https://zoom.us/> [consulté le 17/12/2021].



FIGURE 4.11. Photographie représentant le dispositif d'enregistrement (guitariste : Philippe Lenglet).

priation et d'utilisation des scénarios et l'enregistrement ponctuel déclenché par le guitariste agit comme un instantané, comme une synthèse de son processus d'appropriation d'un scénario donné. Une photographie du dispositif pendant les expérimentations du guitariste Philippe Lenglet est reprise à la figure 4.11. De par l'hétérogénéité des sources, il n'a pas été possible de synchroniser automatiquement les différents médias. La synchronisation a donc été effectuée par l'intégration d'un événement sonore distinctif sur les pistes audio de chaque média. Ainsi, au début de chaque session d'enregistrement, il était demandé au guitariste de réaliser une note courte étouffée sur la corde la plus grave de la guitare.

Deux personnes¹⁴³ étaient présentes pour s'occuper du bon déroulement du protocole de test. L'une d'entre elles déclenchait l'enregistrement vidéo sur l'appareil photo et l'autre celui de l'enregistrement de l'évolution de l'interface graphique du programme et, grâce à un programme de contrôle à distance du multieffet hexaphonique l'enregistrement des flux sonores hexaphoniques.

4.2.2.5 Remarques sur le protocole expérimental

Il est évident qu'un protocole tel que celui-ci ne cherche pas à mettre en lumière de manière exhaustive les pratiques qui peuvent découler de l'utilisation d'un système de traitements sonores hexaphoniques. Le nombre de guitaristes est limité tout comme la durée de cette expérience. Un plus grand nombre de guitaristes ainsi que le brassage des styles de musiques associés auraient probablement donné une image de la pratique hexaphonique avec plus de reliefs. En effet, bien que chacun des guitaristes ait sa pratique propre, les styles musicaux dans lesquels les guitaristes sélectionnés évoluent sont, dans l'ensemble, proches (en dehors du guitariste Alexandre Antoine). Il est important de prendre, selon nous, les résultats de cette expérience comme une première étape dans la compréhension de la singularité des traitements sonores hexaphoniques.

Une deuxième remarque que nous avons rapidement évoquée à différents endroits concerne la limitation des éléments facteurs de nouveauté. Bien que la volonté ait été de limiter la présence de ces éléments pour permettre aux guitaristes de se focaliser sur les traitements sonores hexaphoniques, force est de

143. L'auteur de ce travail et le chercheur Livio Ratti, étudiant, à l'époque, en Master 1 Musicologie à l'Université de Lille.

constater que certaines nouveautés n'avaient pas été envisagées :

- Le son piézoélectrique était nouveau pour deux des guitaristes. En dehors, d'Ivann Cruz qui avait déjà pratiqué abondamment ces instruments et de Sébastien Beaumont qui possède une guitare (Parker Fly¹⁴⁴) intégrant ce genre de microphone (cependant non utilisé en hexaphonie, mais « seulement » pour le caractère acoustique que son utilisation apporte), les autres guitaristes n'avaient jamais été confrontés à la sonorité de ces microphones. Cette nouveauté a été plutôt facilement intégrée. Malgré la qualité de ces microphones, la confrontation de cette sonorité brute à celle des traitements dans le scénario 1 a été un facteur de frustration comme nous le verrons plus loin¹⁴⁵ ;
- la sélection opérée par le chercheur dans le but de fournir un ensemble de traitements « classiques » de la guitare électrique ne s'est pas trouvée être un ensemble classique pour tous les guitaristes. Les traitements de *flanger* et de la *modulation en anneau* notamment sont apparus comme les moins pratiqués par les guitaristes. Le rendu sonore « particulier » du *flanger* (par rapport à l'image générale que les guitaristes en ont) a aussi participé à ce « non-classicisme ». Ces nouveautés ont cependant, là aussi, été intégrées assez facilement ;
- la diffusion englobante, comme nous l'avons indiqué, était aussi facteur de nouveauté, mais n'a pas posé de problème particulier.

Ces nouveautés ont, en grande majorité, étaient facilement intégrées par les guitaristes et n'ont pas amené de problématiques majeures.

4.2.3 Constitution de l'ensemble de données - GIHME

Les ensembles de données (*dataset*) présents dans l'état de l'art et intégrant des enregistrements de guitare sont essentiellement constitués pour l'extraction de données musicales (*Music* (ou *Media*) *Information Retrieval* ou MIR) (Xi et al., 2018; Su et al., 2014; Reboursière et al., 2012; Kehling et al., 2014; Stein et al., 2010). Leur but est essentiellement de permettre la détection et la classification des notes (Abeßer et al., 2017), des accords (Nadar et al., 2019),

144. En ligne https://en.wikipedia.org/wiki/Parker_Fly [consulté le 17/12/2021].

145. Se référer à « Analyse des interviews », p. 378.

des techniques de jeu (Reboursière et al., 2012; Su et al., 2014), des modes de jeu (Foulon et al., 2014; Pachet et al., 2013), du tempo (Böck et al., 2015), etc. dans le but, soit de générer des partitions (Nakamura et al., 2018) ou tablatures (Kehling et al., 2014; Reboursière et Dupont, 2013) automatiquement, soit pour effectuer un suivi de partition dans le cadre de logiciel d'apprentissage (Dorfer et al., 2018), par exemple, ou encore pour être utilisé dans un contexte de performance *live*¹⁴⁶. La Weimar Jazz Database¹⁴⁷, pour sa part, cherche à s'intégrer dans une approche multidomaine. Celle-ci est issue du projet de recherche Jazzomat (Pfleiderer et al., 2017) qui se développe autour de l'analyse de l'improvisation jazz. Les recherches qui ont développé cet ensemble de données s'inscrivent simultanément dans les domaines de l'étude musicologique du jazz, de la psychologie, de l'improvisation musicale et de l'extraction de caractéristiques musicales (MIR). Il tente donc de développer les connaissances de chacun de ces domaines avec la contribution des deux autres. Il englobe 456 transcriptions d'improvisations musicales d'instruments monophoniques.

L'ensemble de données (*dataset*) constitué dans le cadre de notre travail de recherche (Guitar Improvisations with Hexaphonic Multi-Effects ou GIHME) a pour but de pouvoir réaliser une analyse fine des improvisations pour préciser les interactions entre le jeu guitaristique et les traitements sonores hexaphoniques. Il intègre une quantité de données importantes qui correspondent aux médias enregistrés auxquels est ajoutée toute une série d'éléments extraits de ces médias (techniques de jeu, notes jouées, activation/désactivation des traitements sonores, etc.). Le but premier de cet ensemble de données est musicologique, mais il peut aussi être utilisé dans des problématiques liées aux domaines du MIR. Pour rappel, deux flux vidéo (celui du guitariste testant et improvisant et celui de l'écran de l'ordinateur sur lequel le patch est manipulé) et trois flux audio (hexaphonique sans traitements, hexaphonique avec traitements et réduction monophonique avec traitements) ont été enregistrés simultanément pendant les expérimentations. Une première étape de dérushing a été nécessaire pour synchroniser les différents flux et les découper en fonction des différents scénarios. Une deuxième étape d'annotations a combiné annotations automatiques vérifiées manuellement et annotations manuelles.

146. Ce contexte représenté essentiellement par des publications (Reboursière et al., 2012) et (Pachet et al., 2013; Foulon et al., 2014) est tout à fait minoritaire.

147. En ligne <https://jazzomat.hfm-weimar.de/dbformat/dboverview.html> [consulté le 17/12/2021].

4.2.3.1 Dérushage

Étant donné qu'il n'avait pas été possible de synchroniser les sources entre elles, un signal de synchronisation (attaque étouffée avec une amplitude forte sur la corde de *Mi* grave) a été enregistré sur chacun des médias. Après une première étape d'homogénéisation des formats des deux vidéo (guitariste et écran), un relevé précis des minutages des débuts et fins de chaque séquence a été effectué manuellement. Les trois étapes d'un scénario donné (test, improvisation et discussion) ont été ainsi cataloguées pour chaque sous-scénario et chaque guitariste. Un fichier de dérushage contenant les noms des différents fichiers et les minutages de chaque séquence a été créé. Ce fichier a ensuite été utilisé avec un script python pour automatiser la synchronisation et la découpe de tous les flux enregistrés. Les logiciels `sox`¹⁴⁸ et `ffmpeg`¹⁴⁹ ont été utilisés, à partir de ce script, pour assurer, respectivement, la découpe des flux audio et vidéo.

4.2.3.2 Annotations

Toute une série d'annotations a été générée pour créer ce *dataset*. Chaque type d'annotation a nécessité un type de technique particulier pour être collecté et concaténé dans cet ensemble de données. Il faut noter que seules les improvisations enregistrées par les guitaristes ont été annotées. Les fichiers liés aux étapes de tests ont été mis de côté pour une étude ultérieure. Les improvisations, et les données qui les accompagnent représentent une durée cumulée d'environ 10h de fichiers audio d'improvisations musicales qui, à l'écriture de ces pages, sont en partie annotés.

Différentes méthodes pour différents types de données ont été employées :

- Données d'ordre général : une étape de collecte et de synthèse d'informations a réuni les éléments suivants : le numéro du scénario, la durée, le nom du guitariste, la liste des traitements et des préconfigurations utilisés, l'accord de la guitare et l'évolution de cet accord lorsque cela était néces-

148. En ligne <http://sox.sourceforge.net/> [consulté le 17/12/2021].

149. En ligne <https://www.ffmpeg.org/> [consulté le 17/12/2021].

saire¹⁵⁰.

- Annotations semi-automatisées : les hauteurs des notes jouées ont été extraites automatiquement. Comme notre ensemble de données se base sur des improvisations, il n'est pas possible d'utiliser des partitions pour extraire ces informations. La méthode employée s'inspire de celle utilisée dans (Xi et al., 2018) qui se base, comme dans (Reboursière et al., 2012) sur des signaux hexaphoniques (avec l'utilisation d'un microphone Ubertar¹⁵¹ dans ce cas). Ce type de microphone a un intérêt particulier dans la constitution d'ensemble de données pour des tâches de transcription automatique. En effet, comme nous l'avions déjà évoqué, le microphone hexaphonique facilite le travail de l'algorithme de détection de hauteur puisque celui-ci a besoin de n'en détecter qu'une seule ; un ensemble de six algorithmes de détection fonctionne donc en parallèle¹⁵². L'algorithme `yin-fft`¹⁵³ (Brossier, 2006) de la librairie `aubio`¹⁵⁴ a été utilisé pour réaliser cette tâche. À partir de l'information de hauteur et de la connaissance de la corde sur laquelle les notes sont jouées, les numéros de frette ont été déduits. Les informations de hauteur ont été exportées au format `csv` de sorte à être compatibles avec le logiciel Sonic Visualizer¹⁵⁵. Ce logiciel permet, par la suite, de vérifier et de modifier (si besoin est) les détections automatiques générées par l'algo-

150. L'emploi important de la *scordatura* chez Raphaël Godeau a nécessité la notation de l'évolution de l'accord. Cependant, il n'a pas toujours été possible de confirmer cet accord.

151. Se référer à « Les dispositifs de captation individuelle de la vibration des cordes », p. 245.

152. Pour rappel, l'absence d'un microphone hexaphonique dans l'annotation des différentes notes jouées sur une guitare nécessite l'utilisation d'un algorithme de détecter multi-hauteurs (*multipicth*) dont les résultats sont, de manière générale, plus aléatoire que les algorithmes monophoniques.

153. Comme le nom de cet algorithme d'analyse de la hauteur l'indique, la méthode employée combine l'algorithme `yin` (de Cheveigné et Kawahara, 2002) et une analyse par Transformée de Fourier Rapide (*Fast Fourier Transform* or FFT). Cette combinaison permet notamment la réduction du temps de calcul de la hauteur estimée par l'algorithme `yin` spécifiquement dans les hautes fréquences. Cependant, le choix de cet algorithme est basé sur un test empirique de plusieurs algorithmes (par le biais du logiciel Sonic Visualizer) avec différents enregistrements. Une analyse plus poussée des résultats des estimations des hauteurs pour chaque improvisation permettra probablement d'affiner ce choix ou les résultats obtenus (notamment dans le cas d'emploi de techniques de guitare préparée).

154. En ligne <https://aubio.org/> [consulté le 17/12/2021].

155. En ligne <https://www.sonicvisualiser.org/> [consulté le 17/12/2021].

rithme.

- Annotations automatisées : les informations d’activation et de désactivation des traitements sonores utilisées dans le scénario 2 ont été extraites par un algorithme de vision par ordinateur (*computer vision*) appliqué aux enregistrements vidéo de l’écran d’ordinateur. Cet algorithme a été créé dans le logiciel Max MSP. Celui-ci a été utilisé dans une problématique de gain de temps et par rapport aux connaissances du chercheur à ce moment-là¹⁵⁶. L’algorithme fonctionne en plusieurs étapes :
- La source vidéo (l’enregistrement de l’écran d’ordinateur) subit plusieurs recadrages aux différents points d’intérêts (les éléments graphiques d’activation et de désactivation des cordes) définis à la main.
- Une soustraction est ensuite opérée entre les différents recadrages et une image de référence (une capture d’écran de l’élément graphique activé).
- Le résultat de cette opération est soumis à un seuil fixé manuellement (qui est le même pour toutes les vidéos). Ces opérations permettent d’extraire sous forme de données numériques chaque activation/désactivation graphique individuelle.
- Ces données sont ensuite converties en segments représentant les périodes d’activation d’un traitement donné sur une corde donnée. Les données correspondantes à ces segments sont enregistrées dans un fichier au format `json`¹⁵⁷.
- Les techniques de jeu classiques et étendues (utilisation de l’**EBow**, de préparations, de percussions manuelles, etc.) ont été annotées manuellement. Une certaine granularité a été utilisée dans les annotations de manière à retranscrire le plus fidèlement possible les jeux des guitaristes et notamment

156. Une autre option aurait été de réaliser cet algorithme dans le langage `python`, ce qui aurait permis d’homogénéiser les différents éléments de code utilisés pour générer les diverses annotations. Cependant, la vision par ordinateur via le langage `python` aurait nécessité un apprentissage potentiellement long par le chercheur. Ayant ces connaissances dans l’environnement Max MSP, celui-ci a été préféré.

157. En ligne <https://www.json.org/json-fr.html> [consulté le 17/12/2021].

l'utilisation de préparations et d'ustensiles (voir figure 4.12). Par exemple, l'emploi de l'**EBow** n'est pas juste mentionné, mais il est caractérisé par l'ajout de : mode « fondamentale », mode « **harmonique** », mode « fondamentale » (contact avec les cordes) ou mode « harmonique » (contact avec les cordes). Les différents modes correspondent à différents modes de fonctionnement présents directement sur l'**EBow** et sont actionnables par un interrupteur. Le contact avec les cordes apporte un claquement (de la corde contre l'**EBow**) entretenu avec un rendu sonore très différent du **timbre** « normal » de l'**EBow**. De même, le jeu sur les cordes se situant au-delà du sillet de tête est une technique qui a été annotée et caractérisée en : attaque, tiré, frotté archet ou gratté. Le tableau 4.6 reprend l'ensemble des gestes présents dans les annotations.

— Pour finir, les interviews ont été transcrites (environ 4h30) au format **Word** de manière à pouvoir produire les analyses de la partie suivante¹⁵⁸.

L'ensemble des annotations est ensuite rassemblé dans un fichier global au format **json**.¹⁵⁹

Technique	Définition
Pincé (doigt)	Mise en vibration d'une corde avec le doigt.
Pincé (médiateur)	Mise en vibration d'une corde avec le médiateur.
Pincé (doigt, main gauche)	Mise en vibration de la corde avec le doigt de la main gauche (cette technique peut s'apparenter dans certains cas à <i>legato descendant</i>).
Gratté (doigt)	Voir gratté .
Gratté (médiateur)	Voir gratté .
Trémolo (doigt)	Voir trémolo .
Trémolo (médiateur)	Voir trémolo .
<i>Bend</i>	Voir tiré de corde .
Harmonique	Voir harmonique .
Harmonique artificielle	Voir harmonique artificielle .

158. Se référer à « **Analyse des interviews** », p. 378.

159. Le format **JAMS** (Humphrey et al., 2014) avait un temps été envisagé mais a été mis de côté dépassant le cadre de cette thèse. Un convertisseur vers ce format pourra être créé dans des travaux ultérieurs.

<i>Dead Note</i>	Voir <i>dead note</i> .
Barre de vibrato	Utilisation de la <i>barre de vibrato</i> .
Vibrato (main droite)	<i>Vibrato</i> réalisé par la main droite dans le but de laisser la main gauche libre de réaliser d'autres gestes (comme des gestes de <i>tapping</i>). Elle peut précéder une note réalisée en <i>tapping</i> .
<i>Slide</i> (doigt)	Voir <i>glissé</i> .
<i>Slide</i> (métal ou verre)	Voir <i>glissé</i> .
<i>Tapping</i>	Voir <i>tapping</i> .
<i>Tapping</i> (main droite)	<i>Tapping</i> réalisé par la main droite.
<i>Hammer-on</i>	Voir <i>legato ascendant</i> .
<i>Hammer-on</i> (main droite)	<i>Legato ascendant</i> altérant, par la main droite, une note frettée par la main gauche et préalablement pincée. Cette technique est souvent utilisée lorsque la note jouée par le legato se situe à une distance trop éloignée de la note frettée.
<i>Pull-off</i>	Voir <i>legato descendant</i> .
<i>Pull-off</i> (main droite)	<i>Legato descendant</i> réalisé par la main droite. Cette technique peut être employée lorsque le guitariste amorce avec la main droite une phase de jeu sur manche, par exemple.
<i>Tonebar</i>	Voir <i>tonebar</i> .
<i>Rasgueado</i>	Voir <i>rasgueado</i> .
Médiator (tranche)	Attaque de la corde avec la tranche du médiator (et non pas avec le plat).
Médiator (gratté remontant sur la corde)	Déplacement vers la tête de l'instrument du médiator le long de la corde. Le médiator est utilisé sur la tranche et le mouvement est réalisé sur les cordes graves. Le timbre obtenu est le résultat du contact entre la tranche du médiator et le filage des cordes graves.
<i>Slap</i>	Voir <i>slap</i> .
<i>Bend</i> (manche)	Appui sur la tête du manche de manière à obtenir une légère variation de la hauteur.
<i>Ebow</i> (mode fondamentale)	<i>EBow</i> utilisé dans son mode fondamentale (la fréquence fondamentale de la note jouée est entendue).
<i>Ebow</i> (mode fondamentale) contact corde	<i>EBow</i> utilisé dans son mode fondamentale et pressé plus fermement contre les cordes. La corde mise en vibration claqué alors contre l' <i>ebow</i> .
<i>Ebow</i> (mode harmonique)	<i>EBow</i> utilisé dans son mode harmonique (la 1ère harmonique de la note jouée est entendue).

<i>Ebow</i> (mode harmonique) contact corde	EBow utilisé dans son mode harmonique et pressé plus fermement contre les cordes. La corde mise en vibration claque alors contre l' EBow .
Cordes au-dessus du sillet de tête (tiré)	Appui sur une ou plusieurs des cordes dans la portion située entre le sillet de tête et les chevilles de réglage de manière à faire varier de façon continue la hauteur .
Cordes au-dessus du sillet de tête (attaque)	Pincement de la portion des cordes situées entre le sillet de tête et les chevilles de réglage.
Cordes au-dessus du sillet de tête (frotté archet)	Frottement à l'archet de la portion des cordes situées entre le sillet de tête et les chevilles de réglage.
Cordes au-dessus du sillet de tête (gratté)	Gratté de toutes les cordes dans la portion située entre le sillet de tête et les chevilles de réglage.
Barre de vibrato (percussion légère)	Percussion légère de la barre de vibrato .
Barre de vibrato (percussion forte)	Percussion forte de la barre de vibrato
Désaccordage	Changement de la hauteur d'une corde à vide pendant le jeu par action sur les chevilles de réglage.
Percussion (main sur cordes)	Percussion des cordes avec le plat de la main.
Percussion (poing sur caisse)	Percussion de la caisse avec le poing.
Balle rebondissante sur pic (frotté)	Déplacement continu d'une balle rebondissante (fixée sur une petite barre métallique, tenue par le guitariste) sur le corps de l'instrument
Balle rebondissante sur pic (percussion)	Percussion d'une balle rebondissante (fixée sur une petite barre métallique, tenue par le guitariste) sur le corps de l'instrument.
Tournevis	Introduction d'un tournevis entre les cordes (par alternance en dessus/en dessous).
Tournevis rebondissant	Appui sur le manche du tournevis introduit entre les cordes entraînant un mouvement rebondissant.
Microphone grattement	Grattement d'un microphone (magnétique ou piézoélectrique) avec les doigts ou le médiator.

Microphone percussion	Percussion rapide d'un microphone (magnétique ou piézoélectrique) avec les doigts ou le médiator.
Archet (coup)	Coup unique d'archet sur toutes les cordes.
Archet (aller-retour)	Jeu à l'archet en aller-retour.
Archet (percussion)	Percussion des cordes avec l'archet.
Pinceau	Utilisation d'un pinceau pour frotter les cordes.
Baguette (frotté)	Frottement d'une fine baguette de bois sur les cordes.
Baguette (percussion)	Percussion d'une fine baguette de bois sur les cordes.
Baguette (appui)	Appui ferme d'une fine baguette de bois sur les cordes.
Baguette (trémolo)	Utilisation d'une fine baguette de bois pour réaliser un <i>trémolo</i> .
Baguette (glissé)	Utilisation d'une fine baguette de bois pour réaliser un <i>slide</i> sur tout ou partie des cordes.
Tige métallique (frotté)	Frottement des cordes avec une fine tige métallique.
Déplacement préparation	Déplacement de préparation fixée entre les cordes.
<i>Tamburo</i>	Voir <i>tamburo</i> .
Mailloche	Percussion du corps ou des cordes avec une mailloche.
Moteur (brosse à dents électrique)	Mise en vibration d'une corde par la rotation du moteur d'une brosse à dents électrique.

TABLE 4.6. Ensemble des techniques de jeu utilisées pendant les improvisations.

4.2.3.3 L'enjeu de la visualisation des données

Dans le contexte de l'analyse du *dataset* crée, la visualisation des données est un enjeu important pour lequel des tests ont été effectués dans le cadre de ce travail, mais n'ont pas abouti à quelque chose de suffisamment adapté à notre problématique. En effet, comme nous l'avions mentionné à la fin de notre présentation du projet *Puzzle*, une étude seule des préconfigurations ne nous donne qu'une vue limitée de la performance du guitariste de même qu'une étude *a posteriori* d'enregistrements sonores ou vidéo. Même si dans le cadre de *Puzzle*,



FIGURE 4.12. Ustensiles et éléments de préparation utilisés par Philippe Lenglet.

l'approche par « bloc » permet d'être certain qu'un traitement donné, lorsqu'il est activé, est activé sur toutes les cordes, tant que le jeu de l'instrumentiste n'est pas pris en compte, il est impossible d'avoir une vue précise sur ce qui crée le **timbre** entendu. Cet élément est encore plus prégnant dans le cadre du scénario 2 puisqu'à partir du sous-scénario 3, les traitements ne sont pas les mêmes pour chaque corde.

La vision simultanée des éléments de jeu (notes et techniques de jeu), des configurations des traitements et des activations/désactivations de chaque traitement est un élément essentiel pour permettre une analyse fine de performance avec dispositif hexaphonique. Un test de visualisation a été réalisé dans le logiciel Advène (Aubert et Prié, 2005) et est repris à la figure 4.13. Cette visualisation bien qu'ayant permis l'importation de toutes les annotations lors de la création du fichier n'a, cependant, pas permis la visualisation de chacune d'entre elles lors de la réouverture du fichier. Une problématique technique

du même ordre est apparue avec le test du logiciel ANVIL (Kipp, 2012). Ces deux logiciels ont essentiellement été développés pour faciliter l’annotation de vidéos. D’autres logiciels tels que Visual Inspection Tool¹⁶⁰ (Mitri et al., 2019) ou ELAN¹⁶¹ (Wittenburg et al., 2006) n’ont pas été testés.

Cependant, la problématique, dans notre cas, n’est pas tant une problématique d’annotation qu’une problématique de visualisation puisque les annotations sont générées par d’autres moyens (en partie automatique). Le logiciel dont nous aurions besoin est avant tout un logiciel permettant la visualisation d’informations pertinentes par rapport à un moment spécifique d’une improvisation. Comme nous le voyons sur la figure 4.13, la visualisation de toutes les annotations (qui ne sont qu’en partie présentes sur l’image) est peu fonctionnelle pour opérer une analyse précise. Le développement d’un logiciel sur mesure a été envisagé, mais n’a pas pu être réalisé dans le cadre de ce travail. Ce logiciel aurait pu être basé sur un lecteur vidéo (avec la possibilité de sélectionner une séquence de cette vidéo) et sur une visualisation synthétique des différents éléments entrant en jeu dans la séquence sélectionnée (notes jouées, techniques de jeu employées, chaînage des traitements, préconfiguration des traitements, etc.). Ce travail est laissé à de futures recherches.

4.2.3.4 Conclusion

Le *dataset* présenté ici regroupe 10h d’improvisations musicales et 4h30 d’interviews transcrites. Seule une partie des improvisations, à l’écriture de ces pages, a été annotée en matière de gestes instrumentaux. Les annotations seront poursuivies et finalisées à la suite de ce travail. Ce dataset apparaît comme un dataset original par son sujet (improvisation sur un multieffet hexaphonique), par le style de musique qu’il donne à entendre (musique improvisée et utilisation de préparations), par la quantité et la diversité des gestes instrumentaux qui sont annotés (techniques de jeu « classiques » et techniques « étendues ») et par l’intégration des informations de traitements sonores (préconfigurations et activation/désactivation). L’analyse de ces différents éléments n’a pas été réalisée dans le cadre de ce travail de recherche et est, là encore, laissée à de futurs travaux. Pour ce travail, la réalisation d’un logiciel de visua-

160. En ligne <https://github.com/dimstudio/visual-inspection-tool> [consulté le 17/12/2021].

161. En ligne <https://archive.mpi.nl/tla/elan> [consulté le 17/12/2021].

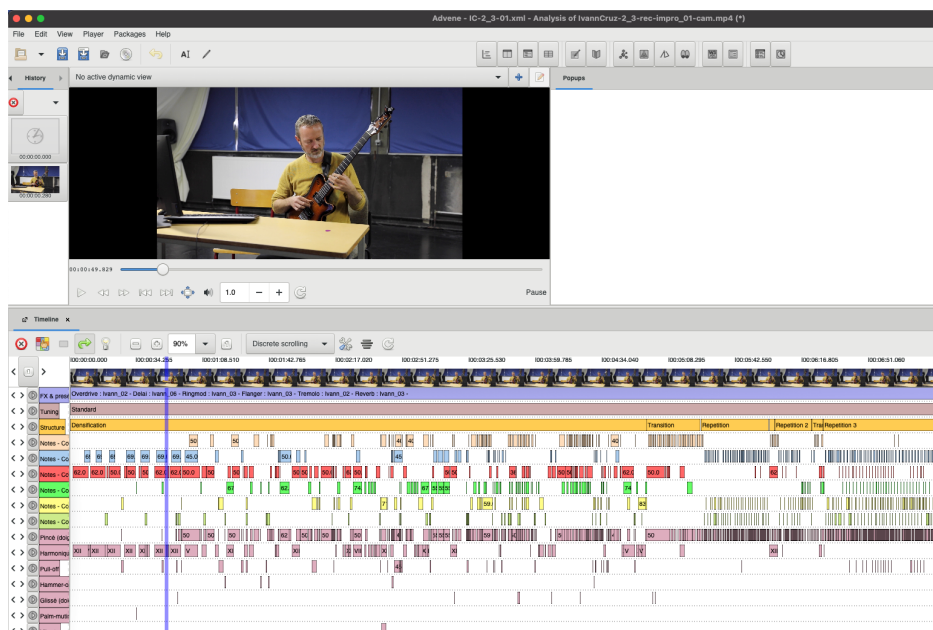


FIGURE 4.13. Visualisation des données récoltées dans le logiciel pour le scénario 2_3 (Ivann Cruz).

lisation semble être une étape obligatoire, mais une recherche plus poussée par rapport à l'existant sera menée. L'analyse que nous présentons dans ce travail se base sur les différentes interviews post-improvisation menées pendant les phases d'expérimentation.

4.2.4 Analyse des interviews

Comme il a été mentionné dans la présentation du déroulé des différents scénarios¹⁶², chaque improvisation était suivie d'un moment d'échanges. Celui-ci avait un format plutôt libre qui permettait au guitariste de s'exprimer sur ce qu'il venait d'enregistrer. Les remarques formulées intégraient des éléments en rapport avec les modes de jeu utilisés, les contraintes rencontrées, la confrontation avec sa pratique personnelle ou encore avec un sentiment général par

162. Se référer à « [Le protocole expérimental](#) », p. 354.

rapport au dispositif spécifique d'un sous-scénario. L'ensemble des interviews constitue environ 4h30 de vidéo. Ces interviews ont été transcrites au format texte et synthétisées pour faciliter l'analyse. Les différentes thématiques que nous présentons ci-dessous sont extraites de la synthèse effectuée et concernent : les contraintes et les limites du dispositif, l'appropriation du système, le rapport des modes de jeu et des traitements, l'instrument dans la pratique guitaristique et les spécificités du dispositif. Le contenu entier des transcriptions des interviews est disponible en ligne¹⁶³. Il faut noter que les interviews ont été transcrites dans le but d'être le plus proches possible de la parole des guitaristes. Très peu d'adaptations du texte parlé ont été effectuées. Ce choix découle d'une volonté de rendre disponibles à d'autres champs de recherche les mots de ces guitaristes avec le minimum d'intervention de notre part.

D'autre part, les différentes préconfigurations définies pendant les expérimentations sont reprises dans l'annexe A¹⁶⁴. Par souci de lisibilité, lorsque des préconfigurations sont mentionnées dans la suite de ce texte, seul le numéro de référence au tableau correspondant en annexe est indiqué entre parenthèses.

4.2.4.1 Contraintes et limitations

Avant de détailler les éléments plus liés aux spécificités de l'hexaphonie, nous allons nous concentrer sur les contraintes et frustrations que les guitaristes ont rencontrées. En effet, chacun d'entre eux à un moment ou à un autre (certaines fois à plusieurs moments) a ressenti une contrainte, une frustration par rapport au dispositif technique ou aux différents scénarios. Par rapport à ce dernier type de contrainte, la remarque de Sébastien Beaumont après le scénario 1_3 est sans équivoque :

[...] je me retrouve un peu démuni, en fait, devant une configuration comme celle-là. Donc, j'ai mes réflexes de guitariste [. . .] qui essaient d'aller chercher quelque chose, mais qui n'est plus là. Donc, oui ça essaie, ça pointe son nez, mais ça ne marche pas [silence]. (Sébastien Beaumont, interview post-scénario 1_3-02, communication personnelle)

163. En ligne https://drive.google.com/drive/folders/1YJhB_6h-I4xJ6Mxg7k1j6t3EyFC5Z72Z?usp=sharing [consulté le 17/12/2021].

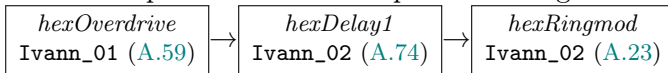
164. Se référer à «Pré-configurations de traitements hexaphoniques», p. 407.

Cette remarque arrive après le premier scénario dans lequel les traitements sonores sont appliqués sur une corde sur deux. Si les deux sous-scénarios qui précèdent offrent une répartition en cordes basses et aiguës (groupe de 3 cordes consécutives) qui peut sembler plus « logique » ou encore « classique » pour certains¹⁶⁵, l’alternance présente dans les scénarios 1_3 et 1_4 déroute. Sébastien Beaumont, sur cette improvisation, utilise la *modulation en anneau* (A.25) et l’*overdrive* (A.62) dont le *timbre* dénote fortement par rapport au son des cordes non traitées¹⁶⁶.

Ivann Cruz, de son côté, parle, sans la nommer clairement, de la contrainte d’appliquer une « approche par corde » sur une configuration qui a été travaillée dans une approche « par bloc » (dans le scénario « découverte ») :

Il y a trop de différences [dans les relations temporelles entre les temps de délais, NDLR] ce qui fait qu’on a. . . oui, elle n’est pas facile à... En tout cas, à prendre comme une idée qu’on peut déformer... J’avais du mal à l’assimiler suffisamment. (Ivann Cruz, interview post-scénario 1_2, communication personnelle)

Le timbre qu’il utilise est créé par le chaînage :



La préconfiguration de délai qu’il utilise intègre des rapports rythmiques entiers entre 4 cordes et laisse les deux dernières avec des temps de retard non synchronisés. La découpe opérée par le scénario 1_2 (cordes basses non traitées, cordes aiguës traitées) semble donc contrarier les relations mises en place¹⁶⁷.

En dehors de l’objet des scénarios, c’est aussi le *pédalier* de contrôle du scénario 2 qui pose problème¹⁶⁸ :

Après ce qui est un peu dommage, là je trouve, c’est de pas avoir accès directement [. . .]. Parce qu’on a sur l’instrument un accès immédiat

165. La dichotomie cordes basses-accompagnement et cordes aiguës-mélodie/solo se retrouve dans différents styles et pratiques.

166. Se référer à l’enregistrement vidéo *SebastienBeaumont-1_3-rec-impro_02-extract*, en ligne <https://vimeo.com/639076145> [consulté le 17/12/2021].

167. Se référer à l’enregistrement vidéo *IvannCruz-1_2-extrait*, en ligne <https://vimeo.com/639067628> [consulté le 17/12/2021].

168. Se référer à l’enregistrement vidéo *RaphaelGodeau-2_3_01-contraintePedalier*, en ligne <https://vimeo.com/639074486> [consulté le 17/12/2021].

à n'importe quelle corde justement. On peut passer de la sixième à la première, sans passer par la cinq, quatre, trois, deux, un. Cinq, quatre, trois, deux. Alors que là, ce n'est pas le cas. [...] c'est du coup la limite la plus forte de cet instrument que je vois [...]. (Raphaël Godeau, interview post-scénario 2_3-01, communication personnelle)

Ivann Cruz fait une remarque équivalente :

Mais là sur un mode de jeu où tu essaies de construire avec un matériau mélodique, rythmique et tout ça. En plus, penser à dire « Mince, j'suis en train de faire un truc [...] et j'vais changer une corde » [Pendant toute cette remarque, Ivann a mimé les gestes sur la guitare et les mouvements sur le **pédalier**]. Enfin, là, je me suis rendu compte que je pouvais, enfin j'étais [...]. Il y avait trop de trucs à penser dans ce qui se passait quoi [Ivann joue les différentes cordes pour faire entendre la richesse du timbre de chacune]. (Ivann Cruz, interview post-scénario 2_3-01, communication personnelle)

Dans cette remarque, ce dernier ajoute aussi en filigrane le fait de la présence d'une densité de **timbres** importante¹⁶⁹ dans la configuration qu'il a créée. Cet élément, ajouté à la navigation entre les six pages du **pédalier** utilisées, complexifie de manière importante le jeu du guitariste. Pour cette improvisation, celui-ci n'a d'ailleurs pas utilisé le **pédalier** du tout.

Enfin, la diaphonie et le niveau des cordes non traitées sont mentionnés comme étant problématiques par plusieurs guitaristes :

Oui, comme un truc qui est au-dessus quoi, mais [...]. C'est plus difficile de [il joue des notes sans traitement]. En plus, il y a des effets [il joue quelques notes], en plus il y a des effets de résonance toujours là de... (Ivann Cruz, interview post-scénario 1_4, communication personnelle)

Concernant le niveau des cordes non traitées, Philippe Lenglet ajoute : « Après y'a une question de [...] niveau de sortie [des cordes non traitées, NDLR] qu'il faudrait peut-être régler. » (Philippe Lenglet, interview post-scénario 1_1, communication personnelle).

Les problématiques de la diaphonie et du niveau sonore des cordes non traitées par rapport à celui des cordes traitées apparaissent, de façon marquée,

169. Se référer à l'enregistrement vidéo IvannCruz-2_3-01-extrait, en ligne <https://vimeo.com/639068316> [consulté le 17/12/2021].

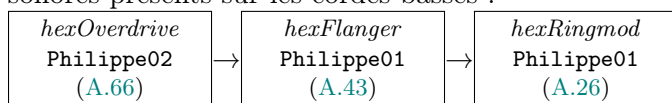
avec les scénarios de la première partie de ces expériences. Comme les traitements étaient appliqués sur toutes les cordes dans le cadre de *Puzzle* (de par l'utilisation de l'« approche par bloc »), ces problématiques étaient beaucoup moins perceptibles et n'ont pas gêné le guitariste. Dans le cas du scénario 1, un jeu réalisé sur les cordes non traitées peut ainsi être capté par les cordes traitées (par les vibrations par sympathie ou les transmissions mécaniques des vibrations à travers le [chevalet](#)). Ceci entraîne l'apparition d'un son traité au niveau sonore faible, mais audible. Il faut noter que les vibrations par sympathie, à l'inverse des vibrations mécaniques qui se transmettent par le chevalet, peuvent être supprimées par le blocage de la ou des cordes vibrantes. Le niveau des cordes non traitées a été rapidement résolu par l'intégration d'un réglage de niveau des cordes positionné avant qu'elles ne soient traitées. Ce réglage était adapté pour chaque corde non traitée pendant la phase de préparation des différents sous-scénarios du scénario 1.

Les contraintes dont les guitaristes témoignent ci-dessus regroupent comme nous l'avons vu des contraintes personnelles où le guitariste se trouve confronté à un scénario particulier dont il a du mal à extraire quelque chose qui le satisfait. Le scénario en question est dépendant du guitariste. En effet, une configuration qui pose problème à un guitariste donné peut ne pas poser problème à un autre guitariste (les scénarios 1_3 et 1_4 ont posé problème à Sébastien Beaumont par rapport aux scénarios 1_1 et 1_2 alors que cela a été l'inverse pour Ivann Cruz). Tous les guitaristes ont éprouvé une contrainte forte au moins par rapport à une configuration de scénario spécifique. Les extraits des interviews mentionnent aussi des problèmes techniques liés aux contraintes du [pédalier](#) et aux limitations de l'instrument. Cependant, malgré tous ces éléments, chacun d'entre eux, après une période de résistance face au système, a réussi à adapter sa technique, à mettre en place des stratégies d'adaptation ou de contournement qui ont permis de transformer une contrainte en élément musical.

4.2.4.2 Appropriation du système

Malgré les contraintes apportées par les scénarios et par le système technique que nous venons de détailler, les guitaristes ont, pour la grande majorité, réussi à s'approprier et à intégrer en partie la complexité du système. Ils ont, pour la plupart, mis en place diverses stratégies pour réduire cette complexité.

Philippe Lenglet a placé la diaphonie au cœur de sa première improvisation¹⁷⁰ : « En fait, c'est ça qui m'intéressait, de faire quelques arpèges simples et quelques harmonisations simples et travailler sur l'écho là, enfin sur le délai. » (interview post-scénario 1_1, Philippe Lenglet, communication personnelle). Le terme « écho » et « délai » employés ici par Philippe Lenglet font référence aux résonances de la diaphonie qui sont données à entendre par les traitements sonores présents sur les cordes basses :



Le traitement d'*overdrive*, employé dans ce chaînage, génère un niveau d'amplification important (bien que moins important que le traitement de *fuzz* qu'il remplace) qui rend clairement audible les ondes acoustiques captées par diaphonie et qui sont modifiées par les traitements présents sur les entrées audio du patch correspondantes.

Dans l'idée d'intégration des contraintes du dispositif, Sébastien Beaumont dans le scénario 1_2 a utilisé une technique de jeu spécifique par groupe de cordes (*trémolo* pour les cordes aiguës traitées et *tapping* pour les cordes graves non traitées) tout le long de son improvisation, de manière à amplifier la distinction entre les deux groupes de cordes créés¹⁷¹.

D'autre part, pour limiter les possibles à un ensemble plus facilement appréhendable, Raphaël Godeau limite les « pôles harmoniques » en utilisant la *scordatura* pour changer l'accord de son instrument. Ainsi, dans le scénario 1_1, l'accordage qu'il utilise est *Mi-La-Ré-La-La-Mi* (au lieu du classique *Mi-La-Ré-Sol-Si-Mi*)¹⁷² qu'il ajuste en cours d'improvisation pour obtenir *La-La-Ré-La-La-Mi*. La corde de *Ré* n'est, dans cette improvisation, pas utilisée. Le guitariste explique : « Ça me paraissait une façon de [...] dans ce chaos, des trois cordes graves d'essayer de trouver une organisation plus claire pour moi. » (interview post-scénario 1_1, Raphaël Godeau, communication personnelle).

170. Se référer à l'enregistrement vidéo PhilippeLenglet-1_1-utilisation_diaphonie, en ligne <https://vimeo.com/639069115> [consulté le 17/12/2021].

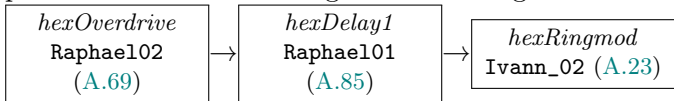
171. Se référer à l'enregistrement sonore SebastienBeaumont-1_2-tremolo_delai, en ligne <https://vimeo.com/639074927> [consulté le 17/12/2021].

172. Se référer à l'enregistrement vidéo RaphaelGodeau-1_1_01-extrait, en ligne <https://vimeo.com/639069333> [consulté le 17/12/2021].

Dans le même ordre d'idée, Alexandre Antoine s'appuie sur des morceaux de son répertoire pour tester au hasard l'application des différents traitements ¹⁷³

[...] j'ai joué des trucs que je connaissais et puis j'ai essayés avec plusieurs effets pour voir ce que ça rendait. Je me suis pas dit tiens : « je vais jouer ça, je vais jouer ça comme effets. J'ai fait un peu au hasard. (Alexandre Antoine, interview post-scénario 2_1, communication personnelle)

Dans le scénario 1_2 (cordes aiguës traitées, cordes graves non traitées), Raphaël Godeau positionne deux petites lamelles métalliques ¹⁷⁴ entre les 3 cordes basses de manière à créer un **timbre** se rapprochant de celui obtenu par l'application sur les cordes aiguës du chaînage suivant :



Ce qui permettait de, pour le coup, d'homogénéiser un peu l'instrument [en parlant de la barre de métal qu'il a installé entre les trois cordes graves, prêt du chevalet, NDLR]. (Raphaël Godeau, interview post-scénario 1_2, communication personnelle)

Comme nous pouvons le voir, les guitaristes ont usé de différentes méthodes pour diminuer la complexité de ce nouveau système. Ils ont, soit intégré certaines contraintes du dispositif comme parties prenantes de leurs improvisations, soit limité les possibles en utilisant des modes de jeu qui leur semblaient plus simples à manipuler dans ce contexte.

4.2.4.3 Modes de jeu, traitements et polytimbralité

« Mais c'est pas évident, parce que c'est, c'est, ça dépend du mode de jeu aussi. » (interview post-scénario 1_4-02, Ivann Cruz, communication personnelle). Cette citation d'Ivann Cruz ponctue une mise en parallèle du scénario 1_4-02 avec les scénarios 1_1 et 1_2. Pour ces derniers, la présence d'une polytimbralité est plus facilement perceptible par la séparation opérée entre les cordes basses et les cordes aiguës (qui rejoint une séparation classique dans

173. Se référer à l'enregistrement vidéo *AlexandreAntoine-2_1_01-morceau_repertoire*, en ligne <https://vimeo.com/639939658> [consulté le 17/12/2021].

174. Se référer à l'enregistrement vidéo *RaphaelGodeau-1_2_01-lamelles_metaliques*, en ligne <https://vimeo.com/639069813> [consulté le 17/12/2021].

la pratique de la guitare) et la séparation entre cordes traitées et cordes non traitées. Pour l'improvisation 1_4-02 du guitariste, une unité sonore proche d'un son issu d'un circuit monophonique se dégage¹⁷⁵. Il est difficile de comparer directement ces deux ensembles d'improvisations puisque les traitements et leurs configurations sont différents.

Cependant, Ivann Cruz marque dans cette citation l'importance des modes de jeu utilisés par rapport au résultat sonore obtenu. Le changement de résultat sonore par le changement de modes de jeu est, de même, présent chez Sébastien Beaumont. En effet, bien qu'il utilise un chaînage et des préconfigurations iden-

tiques entre les scénarios 1_2 et 1_3-01 :

<i>hexOverdrive</i> Sebastien01 (A.62)	→	<i>hexDelay1</i> Sebastien02 (A.81)
---	---	--

le résultat sonore obtenu est complètement différent. Plus que la question du changement de répartition entre les cordes traitées et les cordes non traitées, c'est essentiellement les modes de jeu qu'il emploie dans ces improvisations qui amènent une différence forte. Dans la première improvisation, il utilise essentiellement une technique de **trémolo** (réalisée au médiator) sur les cordes traitées et une technique de **tapping** sur les cordes non traitées. Dans la seconde, il utilise un mode de jeu presque de l'ordre du **pizzicato**, très rythmique et proposant des notes courtes. Les deux techniques de jeu utilisées avec le **délai** (**trémolo** et **pizzicato**) amènent des rendus sonores très différents. La technique du **trémolo** agit en quelque sorte comme une « saturation du **délai** », en ceci que la sensation de la présence de répétitions disparaît parce que le son qui est apporté au traitement est quasiment continu¹⁷⁶. Il faut noter que ce mode de jeu particulier a le même résultat, quelle que soit la durée de la ligne à retard (aussi parce que le taux de réinjection (paramètre *Feedback*) a une valeur élevée). À l'inverse, pour l'improvisation du scénario 1_3-01, une technique de **pizzicato** est employée, mais le jeu sur les cordes traitées est ponctuel¹⁷⁷. Ce jeu ponctuel est le total opposé du **trémolo** utilisé dans l'improvisation du scénario 1_2 puisqu'il laisse toute liberté au **délai** (par ce jeu moins sur la corde

175. Se référer à l'enregistrement vidéo *IvannCruz-1_4_02-texture_mono_etendue*, en ligne <https://vimeo.com/639067994> [consulté le 17/12/2021].

176. Se référer à l'enregistrement sonore *SebastienBeaumont-1_2-tremolo_delai*, en ligne <https://vimeo.com/639074927> [consulté le 17/12/2021].

177. Se référer à l'enregistrement vidéo *SebastienBeaumont-1_3_01-pizzicato*, en ligne <https://vimeo.com/639938782> [consulté le 17/12/2021].

traitée) de se déployer grâce aux répétitions obtenues par le taux de réinjection élevé.

Ivann Cruz reprend cette idée en y apportant un élément supplémentaire : « L'autre [preset, avec plus d'overdrive du scénario 1_3, NDLR] ça induit plus un, un [il cherche ses mots] autre mode de jeu je trouve. » (interview post-scénario 1_4-01, Ivann Cruz, communication personnelle). En effet, ce qu'il mentionne dans cette citation rapide, c'est que le **timbre** d'un traitement, mais aussi la préconfiguration utilisée, va induire chez lui (comme chez la plupart d'ailleurs) une manière de jouer spécifique. Sur cet exemple précis (celui du scénario 1_3¹⁷⁸), les traitements qu'il a choisis apportent une forte dimension timbrale qui, pour lui, l'emmène dans une direction gestuelle radicalement opposée à celle des cordes non traitées. Cette adaptation du mode de jeu en fonction du **timbre** proposé par le traitement est déjà présente dans une pratique avec pédales monophoniques. Elle prend, cependant dans notre cas, une autre dimension par le fait qu'un traitement parallèle (dans ce cas précis, il s'agit d'une absence de traitement) lui soit juxtaposé et que chacun de ces groupes « tend vers » des modes de jeu spécifiques, potentiellement contraires. Cependant, ce que montrent en creux ces exemples est l'impact constant du jeu guitaristique dans ce dispositif : les modes de jeu employés par le guitariste ont un impact sur le traitement employé, ils transparaissent dans la réaction du traitement.

Parce que ça permettait vraiment, d'avoir ces deux voix qui se [il fait des mouvements d'enchevêtrement avec ces deux mains, NDLR]. Parce que y'avait les deux sons différents sur les deux cordes. [...] Hier, ça se mélangeait vraiment. [...] Alors que là, aujourd'hui, je dialoguais entre les deux. Mais je restais par groupe de trois [...]. Loïc : [silence] Oui et tout dépend des effets, puisque là, finalement, les trois cordes basses, trois cordes aiguës, tu les as réutilisées [...]. Sébastien : Oui. (Sébastien Beaumont, interview post-scénario 2_5-01, communication personnelle)

Cette citation de Sébastien développe la même idée en réintégrant la répartition marquée (cordes basses et cordes aiguës) des scénarios 1_1 et 1_2, mais avec des traitements différents.

178. Se référer à l'enregistrement vidéo *IvannCruz-1_3_01-mode_de_jeu_specifique.*, en ligne <https://vimeo.com/639067697> [consulté le 17/12/2021] et à l'enregistrement vidéo *IvannCruz-1_4_01-mode_de_jeu_specifique.*, en ligne <https://vimeo.com/639067902> [consulté le 17/12/2021].

Ce que mettent en avant ces différentes citations est l'interaction constante (proche en ce sens de la relation transductive de Gilbert Simondon¹⁷⁹) entre les traitements, les configurations de ces traitements, la répartition des traitements, les modes de jeu et la sensation provoquée par la présence des différents timbres. De la proximité avec un circuit monophonique de l'improvisation 1_3 d'Ivann Cruz aux dialogues ou au tissage des différentes voix/[timbres](#) des improvisations de Sébastien Beaumont, chacun de ces éléments influe sur la création d'un [timbre](#) global avec plus ou moins de texture ou sur une singularisation des différents [timbres](#). On retrouve, ici en partie, la classification développée dans notre analyse du projet *Puzzle*¹⁸⁰.

4.2.4.4 L'instrument et la pratique du guitariste

La pratique d'une guitare électrique est nécessairement modifiée par l'ajout d'un microphone et d'un système de traitements sonores hexaphoniques. Les gestes effectués par le guitariste n'ont plus la même portée, le même impact, ce qui l'amène à interroger à nouveau son rapport à son instrument et donc sa pratique.

Sébastien Beaumont invoque une certaine familiarité avec la guitare hexaphonique : « [...] c'est un autre instrument, mais en même temps, qui m'est familier [...] » (interview post-scénario 2_5, Sébastien Beaumont, communication personnelle). Ivann Cruz développe le même type d'idée concernant son jeu avec les pédales d'effet :

[...] parce que y'a aussi l'habitude de, de lier le geste instrumental avec des jeux de pieds sur des pédales. Donc voilà, ça me paraît plus rentrer dans la même logique, mais à un niveau supérieur on va dire. (Ivann Cruz, complément interview, communication personnelle)

Ces deux citations introductives mettent en avant le fait que le dispositif proposé dans ces expérimentations possède une parenté marquée avec l'existant, avec les dispositifs que les guitaristes pratiquent. C'est un élément important pour faciliter l'appropriation du système par les guitaristes. Ces remarques auraient d'ailleurs pu être utilisées dans notre partie sur l'appropriation¹⁸¹, mais

179. Se référer à « [Organes et relation transductive](#) », p. 123.

180. Se référer à « [Première répartition des configurations des traitements sonores hexaphoniques](#) », p. 337.

181. Se référer à « [Appropriation du système](#) », p. 382.

elles nous servent, ici, d'introduction aux remarques sur la pratique instrumentale et sur la nécessité de l'interroger et de l'adapter. Comme le mentionne Sébastien Beaumont en développant sa réflexion :

[...] là, c'est un dispositif qui te force quand même à chercher sur l'instrument des moyens d'adaptation, alors que c'est un matériau finalement que je connais. Enfin, tous ces effets-là, je les avais déjà utilisés dans ma vie. Ils font partie du paysage du guitariste. Et malgré tout, le fait de les utiliser en hexaphonie comme ça ben, [court silence] tu repenses aussi les effets différemment, tu repenses, t'adaptes ton jeu, enfin y'a une interaction qui se passe. [Il marque une pause] Enfin c'est pas que ça [le dispositif de guitare hexaphonique, NDLR] remet pas en question, si ça remet en question, dans le sens où on se repose des questions sur, sur l'instrument, mais ça, ça ne la remet pas en cause. [...] c'est pas pareil quoi. Ça remet pas en cause la pratique. Ta pratique, elle reste, elle existe. Par contre, ça la remet en question dans le sens où, comme il se passe d'autres choses, il faut que tu t'adaptes [. . .]. (Sébastien Beaumont, interview post-scénario 2_5, communication personnelle)

Plus tard, il ajoute :

C'est pas comme une pédale lambda qui altère un son préexistant, car ton système oblige à repenser l'instrument tout en préservant le capital guitaristique acquis.[...] tu dois redessiner le rapport géographique à l'instrument avec ton système [...]. (Sébastien Beaumont, complément d'information, communication personnelle)

Cette adaptation passe donc par la dimension géographique du manche de l'instrument qui doit alors être adaptée et mise à jour. Plus que la dimension géographique, c'est le rapport (on pourrait presque dire le *mapping*) entre le geste (positionné géographiquement sur le manche) et le son qui est produit qui doit être adapté. Le dispositif employé ne modifie pas la cause (la pratique), mais la conséquence (le son résultant).¹⁸²

182. Une approche pour essayer de définir le « rapport géographique » des instrumentistes et à quel point celui-ci est modifié ou non par le système hexaphonique pourrait être d'utiliser un modèle transformationnel du manche de l'instrument tel que décrit par De Souza (2018). Celui-ci, s'appuyant sur les travaux du théoricien Lewin (1986), définit un modèle général permettant de rendre perceptible les transformations des intervalles effectués sur le manche d'une guitare dans le cadre d'une pièce ou d'un morceau de musique. Un tel modèle cherche à mettre en lumière des motifs (et leurs évolutions) récurrents qui seraient inhérents au cadre spatial bidimensionnel que représente le manche de la guitare (et de manière plus large, le

La précédente remarque de Sébastien Beaumont l'amène à parler du respect de la pratique du guitariste :

[...] ce qui fait la spécificité de ce que tu proposes [la pratique instrumentale professionnelle et le versant analogique, NDLR]. C'est que le guitariste arrive quand même avec son [il réfléchit], avec son bagage de guitariste. Et c'est pas non plus déclinable à n'importe quel instrument et n'importe quel truc. Il faut quand même qu'il y ait un rapport [il fait les gestes des mains qui tiennent une guitare, NDLR]. Et ça, c'est assez, enfin ça me paraît intéressant parce que [il marque une pause]. [...] y'a un moment où la technologie, où le numérique avait tellement pris le pas que je me demandais si ça valait encore le coup d'avoir une pratique musicale, puisque de toute façon il suffit d'appuyer sur des pads ou des petits carrés pour avoir le résultat [il fait un geste avec ses mains pour mimer l'action sur ce type de [pédalier](#), NDLR]. [. . .] La pratique même de l'instrument quoi. Alors que là [il pointe la guitare qui est sur la table], non. Oui, non, t'es guitariste, mais y'a moyen d'utiliser ton instrument autrement, mais ça ne renie pas et ça remet pas du tout en cause ce que tu as développé pendant des années. Enfin, y'a, y'a aussi un respect quand même de la pratique je trouve. (Sébastien Beaumont, interview post-scénario 1_5, communication personnelle)

L'évocation des interfaces de contrôle [MIDI](#) (ou assimilées) par le biais des « des pads ou des petits carrés » révèle des interfaces de contrôle inadaptées aux gestes instrumentaux du guitariste. Bien que le logiciel EGT ¹⁸³ puisse, à priori, pallier ce manque ressenti par celui-ci (puisque les contrôles utilisables sont générés par le jeu instrumental), il n'a étonnamment pas été évoqué dans ce contexte.

manche d'un instrument fretté) ou comment la physicalité de l'instrument serait intimement liée à la production sonore. Ce type de relation nous rappelle les relations d'interdépendance de la relation transductive reprise dans l'organologie générale de Bernard Stiegler. La structure du manche de la guitare (organe technique) influence les gestes instrumentaux effectués (organe physiologique) qui, en retour, s'inscrivent dans des pratiques ou dans des styles (organe social). Là où, notre travail de recherche se base sur l'analyse d'interviews pour comprendre ce que change le système hexaphonique sur la pratique instrumentale, l'utilisation d'un modèle de ce type permettrait potentiellement la mise en lumière concrète d'une partie de ce changement.

183. Se référer à « [Logiciel : Reprise du projet de recherche Enriched Guitar Transcription](#) », p. 273.

Raphaël Godeau mentionne un autre point en lien avec le respect de la technique du guitariste en faisant remarquer la sensibilité particulière du système de captation présent sur la guitare :

Et quand j'ai regardé [...], c'est par rapport à la réactivité quand même [...], c'est très sensible quoi [il pince les cordes en jouant très légèrement les cordes avec ses ongles, NDLR]. [...] Oui, [il tape le plat de ses ongles sur les cordes], le bruit des ongles sur le [il joue, NDLR], c'est comme si je faisais la poussière. (Raphaël Godeau, interview post-scénario 1_5-5, communication personnelle)

La sensibilité qu'il évoque permet au guitariste de conserver, avec les traitements, toutes les nuances dont il fait preuve dans son jeu¹⁸⁴. C'est un élément important qui permet de rejoindre l'idée de respect de la pratique du guitariste évoquée par Sébastien Beaumont. Ce trait de caractère du dispositif est plus en lien avec la qualité de la captation (bien qu'elle génère de la *diaphonie*) qu'avec le système de traitements sonores.

Cependant, le fait de pouvoir appliquer des traitements sonores différenciés pour chaque corde permet au dispositif de pallier une des limitations de la guitare électrique monophonique. En effet, comme l'évoque Philippe Lenglet par rapport à sa pratique de guitare préparée :

[...] on peut mettre un trémolo ou un délai sur une seule corde, c'est vraiment bien. Ou une reverb sur une corde, ça apporte un peu de profondeur comme ça, et ça va pas tout bouffer, quoi. [...]. C'est vrai qu'sur un effet analogique classique, ça va forcément prendre des proportions énormes. Là, on peut mettre une très grosse reverb, mais juste sur une corde, c'est très pratique ça, ben ouais. (Philippe Lenglet, interview post-scénario 2_4-01, communication personnelle)

La différenciation des cordes opérée par l'ajout de préparations spécifiques est donc perdue, en partie, lors d'une utilisation de traitements monophoniques. Dans ce contexte, le système hexaphonique apporte une extension complète (et non réductrice), vers le domaine des traitements sonores, des timbres obtenus par l'ajout de préparations. Comme l'explique Philippe Lenglet, l'aspect local des préparations ajoutées à la guitare peut être répercuté de manière fine vers les traitements sonores qui sont, eux, localisés sur des cordes spécifiques¹⁸⁵.

184. Se référer à l'enregistrement vidéo RaphaelGodeau-1_5_05-accentuations, en ligne <https://vimeo.com/639073800> [consulté le 17/12/2021].

185. Se référer à l'enregistrement vidéo PhilippeLenglet-2_4_01-precision, en ligne <https://vimeo.com/639069161> [consulté le 17/12/2021].

Raphaël Godeau pousse plus loin cette idée :

[...] sur la guitare classique on travaille dans le but de pouvoir avoir une action la plus indépendante possible de chaque doigt, et donc potentiellement différenciée également par rapport aux cordes. [...] après, il faut savoir malgré tout que beaucoup de guitaristes cherchent encore l'homogénéité la plus parfaite qui puisse être trouvée sur l'instrument. [...] il y a aussi tout un tas de guitaristes qui jouent de la musique contemporaine et qui donc apprécient cette recherche de diversité de timbres, d'énergie, de polyphonie. (Raphaël Godeau, complément interview, communication personnelle)

Cette remarque prolongeait une remarque post-improvisation¹⁸⁶ qu'il avait formulée sur le possible intérêt de guitaristes classiques par rapport à ce dispositif. En effet, la finesse de captation du dispositif et la séparation des six cordes offrent une plateforme qui nous semble idéale pour étendre à la pratique électrique la pratique de dissociation des actions des doigts développée particulièrement par les guitaristes classiques. Cette observation, qui était pour nous contre intuitive au départ de ce travail de recherche, étant donné la présence limitée de cet instrument dans le répertoire classique actuel, prend une autre dimension avec les remarques que nous venons de faire.

Dans ce contexte d'individualisation des doigts, le dispositif hexaphonique revêt la même fonction que dans notre exemple précédent avec la guitare préparée : il offre une continuité électrique fine à une pratique gestuelle qui le demande et lui permet d'accéder pleinement (avec tout son vocabulaire gestuel) aux possibilités des traitements sonores.

Alexandre Antoine fait, cependant, une remarque quant à l'intégration de l'instrument dans un travail de groupe :

C'est, ça dépend vraiment du style dans lequel je vais composer. [...] Si c'est un morceau, si c'est de la musique expérimentale ça pourrait, ça peut faire l'affaire, je pense. Mais si c'est pour, si ça s'insère au sein d'un groupe, ça prendrait peut-être trop de place. En plus de la basse, batterie, piano s'il y en a un. Ça prendrait peut-être trop de place, je pense. J'aurais du mal à trouver ma place avec un son comme ça. Trop complexe. Mais après pour jouer tout seul ou faire des morceaux, enfin que de la guitare, ça pourrait être super intéressant, je pense, [il joue quelques notes, NDLR]. (Alexandre Antoine, interview post-scénario 2_3, communication personnelle)

186. La remarque qui avait eu lieu au moment des expériences avait été formulée en dehors des enregistrements. Si lorsqu'il a été interrogé pour confirmer cette idée, il ne se souvenait pas avoir fait cette remarque. Il a cependant validé l'idée avec les remarques citées ci-dessus.

La question du contexte de l'emploi de ce dispositif est posée par cette remarque. Si les styles musicaux des autres guitaristes ont entraîné, selon nous, l'absence de remarque de ce type, la pratique de groupe d'Alexandre Antoine l'introduit. Nous ne répondrons, bien évidemment, pas dans le contexte qui est le notre. Une autre série d'expérimentations serait nécessaire pour aborder ce problème spécifique.

4.2.4.5 Les spécificités du dispositif hexaphonique

L'un des questionnements tout au long de ces interviews tournait autour de la nature de cet instrument, de ce dispositif. Une question telle que « est-ce un nouvel instrument ? » a été posée à tous les guitaristes. Cette question, somme toute rhétorique, avait pour but d'amener ceux-ci à caractériser les traits principaux de ce dispositif et ce qu'il apportait ou modifiait dans leurs pratiques. Parmi ces tentatives d'explications, des analogies comme celle de l'orgue ont été employées :

Mais y'a un truc un peu de [...], comme un peu un jeu d'orgue je trouve. Tu sais, tu tires les trucs, tu changes d'octave et t'es toujours sur tes claviers. Mais, y'a un truc un peu comme ça, jeu d'orgue, quoi. Avec un contrôleur avec des tirettes. Pouf, pouf [Ivann fait les gestes de la main d'un organiste qui tirerait les boutons de registres]. (Ivann Cruz, interview post-scénario 2_5, communication personnelle)

Cette remarque, formulée lors de la dernière interview du protocole, fait notamment référence au dispositif du deuxième scénario incluant le **pédalier** de contrôle et l'accès indépendant à chaque contrôle d'activation/désactivation¹⁸⁷. Ce sont ces éléments de contrôle qu'Ivann Cruz a à l'esprit lorsqu'il parle des tirettes de l'orgue.

Raphaël Godeau développe, lui aussi, cette idée :

[...] ce n'est pas l'équivalent d'un instrument inconnu. [...] Avec un jeu au doigt, j pense qu'il y a vraiment [...], cette possibilité-là, du coup, de, polyphonique, par moment contrapuntique, etc. Et donc [. . .], un peu comme le jeu de l'orgue finalement. Les jeux d'orgue, enfin [...], les claviers d'orgue qui vont parfois jusqu'à six claviers. Et tu peux avoir un timbre

187. Se référer à l'enregistrement vidéo IvannCruz-2_5_01-orgue.mp4, en ligne <https://vimeo.com/639068396> [consulté le 17/12/2021].

différent, un son différent par clavier. Plus les péd [...], les jeux de pédales, finalement, ça rejoint plus ce travail-là. Ça serait peut-être plus pour moi comme[. . .]. C'est comme si j'étais pianiste et que tu me donnais un orgue ouais. (Raphaël Godeau, interview post-scénario 2_5, communication personnelle)

Le parallèle entre le pianiste et l'organiste par rapport à un guitariste qui découvre la guitare hexaphonique nous semble très juste. C'est l'idée d'une pratique gestuelle qui est transposée, sans être fondamentalement modifiée, mais adaptée, sur un instrument permettant un accès à une polyphonie de **timbres** par le biais d'un système de contrôle. Évidemment, cette métaphore a ses limites¹⁸⁸, mais elle a le mérite d'être limpide.

La présence des activations/désactivations individuelles (contrôlables par le biais du **pédalier**) dans le scénario 2 permet à Raphaël Godeau, en plus de la comparaison de l'instrument avec l'orgue, d'amener la comparaison avec la notion d'ornement¹⁹⁰ :

[...] j'ai parlé plusieurs fois de l'ornement. Quelque part, c'est comme si j'avais différentes possibilités d'ornementation, enfin c'est presque, par rapport à, on pourrait le voir comme ça aussi. [...] Est-ce que c'est plutôt une modulation de type ornemental ou bien une transformation et du coup [...]. Y'a cette question-là, et puis cette question « où est-ce que je le place? Est-ce que je me mets en amont de mon geste ou bien en aval? ». Un peu comme la chaîne d'effets en fait. [...] L'ornement [. . .], il peut devenir structurel, il peut dev [...], il peut créer vraiment une texture à elle toute seul. (Raphaël Godeau, interview post-scénario 2_5, communication personnelle)

L'ornement qui fait référence à un ensemble de gestes (dans lequel on trouve le **trille** et le **mordant** par exemple) venant soutenir les notes principales d'une mélodie est, ici, intéressant dans la possibilité qu'il a de devenir texture sonore,

188. Nous avons déjà évoqué le fait que l'orgue est le premier instrument qui intègre la séparation du continuum énergétique entre le geste et le corps vibrant de l'instrument (Cadoz, 1999), ce qui n'est pas le cas pour la guitare hexaphonique. De plus, si l'orgue et la guitare hexaphonique sont deux instruments qui peuvent faire émerger une polyphonie de **timbres**, celle de l'orgue est en quelque sorte une « polyphonie de polyphonie », dans le sens où le clavier du piano qu'il intègre en plusieurs exemplaires est polyphonique (plusieurs notes peuvent être jouées en même temps), alors qu'une corde « seule » de la guitare est monophonique (elle ne peut produire qu'une seule **hauteur**. Une analogie plus complète avec l'orgue pourrait être celle d'une guitare multimanche hexaphonique.¹⁸⁹

190. Voir **ornementation**.

mais aussi dans la granularité qu'il propose. Raphaël Godeau développe cette idée en utilisant l'exemple de la dernière sonate de Beethoven (*Sonate pour piano n°32 en ut mineur, op 111*, Ludwig Van Beethoven, 1820-1822) dans laquelle le **trille**, parce qu'il est utilisé à plusieurs reprises sur une longue durée (notamment dans le dernier tiers de la pièce), devient une véritable texture sonore. Le geste d'ornement est ici comparé par Raphaël Godeau aux traitements sonores qu'il applique de manière individuelle par le biais du **pédalier**. La possibilité d'appliquer un traitement particulier sur une corde donnée (parmi toutes les autres), accompagnée de la possibilité de l'activer ou de le désactiver, semble, en effet, directement en parallèle avec les deux types d'utilisation de l'ornement. Par le biais du **pédalier**, le **timbre** créé par les différents traitements peut donc être enrichi ponctuellement ou se voir appliquer une texture sonore plus appuyée, entrant, de fait, dans la composition du **timbre** global. De plus, la granularité offerte par l'enrichissement de l'ornement¹⁹¹ est un élément qui entre en résonance avec la granularité (ou finesse) de notre système. Un système de traitements sonores monophoniques peut bien évidemment permettre d'appliquer un traitement temporairement, mais celui-ci s'applique sur toutes les cordes et donc de manière, à priori, moins fine. Ce qui apparaît en creux dans cette comparaison à l'ornement, ce n'est pas uniquement son aspect **temporel** ponctuel, mais c'est aussi une granularité **timbrale** ponctuelle. C'est cette présence d'une granularité timbrale ponctuelle qui est très difficile (voire impossible) à obtenir avec un système de traitements monophoniques (notamment dans le jeu de plusieurs notes simultanées) et que le dispositif hexaphonique rend « facilement » accessible.

Pour finir et revenir à une remarque d'ordre plus général sur le dispositif, la citation de Sébastien Beaumont reprise ci-dessous nous semble faire écho et étendre la notion d'instrument « multi-pistes » que nous évoquions plus haut¹⁹² :

Justement, ça permet d'aller vers des champs qui pourraient être offerts par le numérique et tout ça. Je trouve qu'on s'approche de choses comme ça, tout en respectant la pratique instrumentale. Ben [...] ça vaut le coup. [silence] Je ne suis pas en train de dire que c'est du MIDI ou que c'est [. . .]. C'est pas ça [. . .] justement c'est une espèce d'entre-deux [. . .]. (Sébastien Beaumont, interview post-scénario 2_5, communication personnelle)

191. Voir **ornementation**.

192. Se référer à « **Conclusion** », p. 350.

Il précise, plus tard, la définition de ce qu'il entend par les « champs qui pourraient être offerts par le numérique » : « [...] la possibilité d'assigner n'importe quelle source sonore, audio ou midi. » (complément interviews, Sébastien Beaumont, communication personnelle). Cette remarque de Sébastien Beaumont rejoint celle des multiples **timbres** de l'orgue et notre tentative de classification des types de **timbres**¹⁹³. De plus, elle rejoint la remarque que nous faisons sur la guitare qui intègre les possibilités de montage, de mixage **et** de traitements du studio¹⁹⁴. Cependant, la précision apportée par Sébastien Beaumont n'est pas à prendre au premier degré : le dispositif présenté pendant les expérimentations ne permet pas l'assignation de « n'importe quelle source sonore, audio ou **MIDI** ». Le guitariste signifie, cependant, par cette expression, que l'étendue des **timbres** accessibles par le biais du dispositif est comparable à ceux des multiples sources et traitements auxquels les stations de travail audionumériques donnent « facilement » accès. Bien que comparable dans l'étendue des **timbres** à disposition, elle diffère par la manière d'y accéder. Sa précision sur le fait que le dispositif se situe dans un « entre-deux » par rapport au « **MIDI** » met en avant la particularité de la modalité d'accès à cette polytimbralité. Celle-ci n'est pas celle du contrôle par le biais d'interfaces gestuelles génériques (le « **MIDI** » qu'il évoque), mais celle d'un système audio-vidéosphérique de traitements sonores permettant une granularité (de contrôle et donc de **timbres**) importante qui n'est pas celle de la grande majorité des dispositifs monophoniques existants.

Comme une prolongation de la précédente remarque, Sébastien Beaumont utilise le terme de « design sonore » pour décrire ces divers tests dans le dernier scénario :

[...] après, par rapport aux choses que ça inspire, alors, là moi j'avoue que sur ce que je viens de faire, c'est, c'est plus finalement un environnement sonore ou oui, un design sonore que j'entends. Après faudrait voir comment peut-être développer les jeux aussi, plus guitaristiques [...]. (Sébastien Beaumont, interview post-scénario 2_5-01, communication personnelle)

Pour finir, celui-ci synthétise l'apport du dispositif présent à partir du scénario 2_3 :

Là ce que j'ai fait, je savais que j'avais les quatre presets. Donc je suis allé mentalement de l'un à l'autre. [...] Donc j'ai construit l'impro en fonction

193. Se référer à « **Première répartition des configurations des traitements sonores hexaphoniques** », p. 337.

194. Se référer à « *No overdub* », p. 348.

de ça. Donc je me suis fait vite fait le scénario avant de commencer. Je savais que j'allais aller vers l'archet, puis vers l'ebow, à la fin avec le [il pointe quelque chose hors cadre, NDLR], avec le bottleneck. Mais ce qui est vachement bien, t'as quand même loisir dans, au sein même du travail sur le preset, d'aller chercher ailleurs. (Sébastien Beaumont, interview post-scénario 2_5-01, communication personnelle)

Cette possibilité de modifier finement (légèrement ou de façon plus marquée) une préconfiguration est une autre des spécificités de ce dispositif¹⁹⁵ modifier en direct une configuration donnée d'un traitement monophonique est disponible par le biais de pédales d'expression et/ou, certaines fois, de boutons actionnables au pied, mais cette modification n'est pas comparable à la finesse de l'activation/désactivation des traitements pour chaque corde.

4.2.5 Conclusion de la pratique des traitements sonores hexaphoniques

Le protocole expérimental présenté ici a donc permis l'enregistrement de plusieurs guitaristes improvisant avec le dispositif. Celui-ci par l'orientation donnée aux scénarios et par l'utilisation d'une matrice graphique d'activation/désactivation a mis fortement en avant l'approche par « corde » qui faisait défaut au patch utilisé dans *Puzzle*. Un *dataset* conséquent a pu être collecté, bien qu'il ne soit pas, à l'écriture de ces pages, entièrement annoté et consolidé. La finalisation et l'analyse des données récoltées se dérouleront dans la continuité de ce travail. La synthèse et l'analyse des interviews que nous avons effectuées nous ont permis de mettre en avant un certain nombre d'éléments. Malgré la complexité apparente de l'hexaphonie, les contraintes des scénarios et les limitations du dispositif, la plupart des guitaristes ont mis en place différents contournements et différentes adaptations pour extraire de tous ces éléments un résultat musical. Ces adaptations et contournements ont pu être mis en place par la proximité du dispositif avec les différentes pratiques de guitaristes et par le « respect de la pratique » de ces derniers. On retrouve dans les extraits d'interviews cités des parallèles à notre première classification des **timbres** pouvant être générés par les traitements sonores hexaphoniques : d'une unité « texturée et enrichie » à une unité « disparate ». Si le terme « disparate » nous semblait pertinent par

195. Se référer à l'enregistrement vidéo *SebastienBeaumont-2_5-test-test_06-cam*, en ligne <https://vimeo.com/639939250> [consulté le 17/12/2021].

rapport à la préconfiguration `theFlan` du *hexFlanger* utilisée dans *Puzzle*, il n'apparaît pas comme le plus adapté dans le contexte de ces expérimentations. En effet, l'individualisation totale des différents traitements et des différentes cordes dans ces expériences permet, potentiellement, de sortir de cette « unité » dans laquelle nous avons situé les **timbres** développés dans *Puzzle*. La matrice d'activation/désactivation, tout comme les différentes répartitions du scénario 1, permet plus facilement le développement de pièces mettant en œuvre plusieurs voix. Cet aspect était présent dans *Puzzle* de par le fait de la présence de plusieurs types de sources sonores. Il est cependant présent ici uniquement par le système de multieffets hexaphonique.

4.3 Conclusion

Le dernier chapitre de notre travail nous a permis de mettre à l'épreuve de la pratique musicale une partie des éléments techniques que nous avons développés et présentés dans le chapitre précédent. Deux contextes différents ont été décrits : celui d'une pratique longue et d'une intégration, dans une création professionnelle, du multieffet hexaphonique¹⁹⁶ et du logiciel de détection des notes et des techniques de jeu (EGT¹⁹⁷) ; celui d'expériences ayant réuni cinq guitaristes avec un protocole prédéfini permettant d'aborder le dispositif sous un angle non encore utilisé. En effet, à l'« approche par corde » mise en œuvre dans ce dernier se confronte l'« approche par bloc » utilisée dans le premier.

Plusieurs éléments ont pu être mis en lumière à partir des premières approches pratiques du dispositif hexaphonique :

- Le système n'est pas complètement nouveau pour les guitaristes, mais, malgré sa complexité, il s'intègre facilement à la pratique des guitaristes par sa proximité avec l'existant. De plus, la précision de la captation des microphones hexaphoniques permet d'être proche des qualités gestuelles développées par les guitaristes ;

196. Se référer à « **Multieffet hexaphonique : architecture globale et modules** », p. 257.

197. Se référer à « **Logiciel : Reprise du projet de recherche Enriched Guitar Transcription** », p. 273.

- Cet instrument pourrait être qualifié d'instrument « multipiste » : dans le cas de *Puzzle*, le guitariste applique des traitements sonores, monte et mixe en temps réel à partir de son instrument et de ces interfaces gestuelles de contrôle. Il développe, par ce biais, un discours sonore riche où se mêlent les enregistrements vocaux et le timbre « étendu » de la guitare (de par la cohabitation des systèmes monophonique et hexaphonique). Dans le cas des expérimentations, l'aspect « multipiste » apparaît notamment par la grande diversité des **timbres** disponibles par le biais du multieffet hexaphonique. Cette diversité se rapproche du foisonnement de possibilités présentes dans les logiciels sonores à interface graphique disponibles en MAO. Cette profusion de **timbres** et les possibilités de contrôle (dans le cas de l'utilisation du logiciel EGT) sont directement accessibles par le jeu instrumental ;
- Une première classification des **timbres** des traitements sonores hexaphoniques a été opérée. Elle met en avant les termes d'« unité enrichie/texturée » (par rapport aux équivalents monophoniques) et d'« unité disparate ». Ceux-ci découlent des différentes versions de *Puzzle* et des pièces qui ont été développées avant la création de la performance. Bien que l'analyse des improvisations enregistrées pendant les expérimentations soit laissée à de futures recherches, les résultats de celle-ci viendront probablement compléter cette classification. D'autre part, il apparaît clairement qu'avant une analyse plus poussée des timbres hexaphoniques, il conviendrait de développer une classification des **timbres** des traitements monophoniques. Ceci permettrait de définir un premier vocable et une première classification qui nous semblent obligatoires pour aller au-delà des catégories « simples » que nous avons mentionnées et pour aborder les traitements sonores hexaphoniques. Ces différentes études et classifications constitueraient un complément « électriques » à des études telles que (Traube, 2004) ;
- Un ensemble de données original a été créé. Celui-ci intègre des enregistrements sonores et vidéo d'une dizaine d'heures d'improvisation (en cours d'annotation) ainsi que des transcriptions d'environ 4h30 d'interviews. Les données récoltées peuvent aussi bien être utilisées dans le domaine de la musicologie que dans le domaine du MIR (Music Information Retrieval). Cet ensemble de données intègre notamment une grande variété de gestes instrumentaux qui n'a pas été remarquée dans d'autres *datasets* de l'état

de l'art ;

- Le dispositif permet à des pratiques instrumentales qui font une utilisation importante de la singularisation soit par l'individualisation extrême des doigts de la main, soit par l'utilisation de préparations sur les cordes de la guitare, de trouver une continuité de cette pratique dans les traitements sonores. Ces derniers, lorsqu'ils sont utilisés en monophonie, ont une tendance plus ou moins forte à réduire ce type de pratique.

Conclusion générale

Ce travail de recherche a proposé plusieurs contributions dans le domaine de l'organologie générale de la guitare, du développement technologique de dispositifs hexaphoniques, dans l'analyse des pratiques nées de l'utilisation de ces dispositifs et dans l'étude du **timbre** de l'instrument.

Une **première contribution** est la synthèse de la documentation d'une grande partie des mutations qu'a connue la guitare depuis les guitares mauresque et latine des XII^{ème} et XIII^{ème} siècles, jusqu'à la guitare augmentée de la fin du XX^{ème} siècle. Cette synthèse nous semble constituer une première base solide pour la connaissance globale de l'instrument, notamment à partir de l'électrification de l'instrument. Cependant, les 18 mutations présentées n'ont pas été traitées avec le même niveau de détails. D'une part, parce que toutes n'ont pas fait l'objet de la même quantité de recherches scientifiques et, d'autre part, parce qu'une focalisation croissante sur les mutations en lien avec notre sujet d'étude a été opérée.

De futurs travaux sur cette partie spécifique pourraient intégrer diverses mutations qui n'ont pas été traitées dans ce travail telles que la guitare-lyre, la guitare manouche ou encore la guitare flamenca. D'autre part, comme nous l'avons remarqué, un travail plus précis sur l'amplificateur de la guitare électrique *solidbody* devra être mené. En effet, l'influence de cet élément du système technique « guitare électrique » sur l'évolution du **timbre** de la guitare nous semble fondamentale.

La **deuxième contribution** de ce travail est une organologie générale de l'évolution de l'instrument (qui s'appuie sur le concept éponyme développé par Bernard Stiegler (2006) et sur la médiologie de Régis Debray (1994)). Celle-ci, par le biais d'une généalogie des prothèses techniques présentes dans les mutations de la guitare permet de décrire différentes lignes de filiation. Les lignes de filiation directes (« électrification », « synthèse et contrôle gestuel » et « captation individualisée des cordes ») sont en grande partie le reflet des changements

des grands paradigmes techniques à l'œuvre au cours des siècles. La ligne de filiation directe de la « captation individualisée des cordes » est celle qui est directement en lien avec notre objet d'étude et clarifie les racines techniques de la guitare hexaphonique. Les lignes de filiation transversales (« vers le son continu organique » et « l'instrument ensemble ») développent des thématiques qui se déploient sur différentes prothèses et de différentes manières au cours de l'évolution de l'instrument. Une étude plus précise de l'évolution de l'orgue électrique, des synthétiseurs et des pédales de traitements sonores complète et précise ces différentes lignes de filiation en les intégrant dans des évolutions de « modes musicales » plus globales. Notre approche de l'évolution de l'instrument dépasse, donc, un cadre organologique « classique », basé uniquement sur la facture instrumentale. Elle détaille l'intégration des différentes prothèses techniques apparues au cours de son évolution dans les pratiques instrumentales, dans les pratiques sociales de l'instrument et dans l'évolution du **timbre** de l'instrument. Cette approche tripartite nous permet d'avoir une connaissance plus approfondie du contexte d'apparition de la guitare hexaphonique au début des années 1980 et de son retour à l'époque actuelle.

Des futurs travaux qui développeraient cette partie pourraient, selon nous, s'axer autour de deux idées : d'une part, l'intégration d'autres instruments à l'organologie que nous avons développée et, d'autre part, l'application à celle-ci d'une approche par « style musical ». La première développe la multiplicité de points de vue sur des thématiques communes (telles que les évolutions médiasphériques dans diverses pratiques instrumentales) et rend possible, par la suite, une vue globale fine. La seconde donne accès à une granularité plus importante dans l'appréhension de la guitare par les différentes communautés de pratique. De plus, force est de constater que la visualisation des filiations transverses s'appuyant sur la séparation entre archétype *percussif* et archétype *vocal* montre ces limites, notamment par le fait qu'un traitement donné peut être positionné à différents endroits de ces classifications en fonction de son paramétrage. Dès lors, une nouvelle approche de la visualisation des différents éléments de filiation devra être mise en place.

La **troisième contribution** de ce travail concerne les différents développements technologiques effectués qui, pour la plupart, sont rendus disponibles en *open source* par le biais de la plateforme Github¹⁹⁸. Ceux-ci nous ont permis

198. <https://github.com/loicreboursiere/EMEHG-AsymmetricalPower>, <https://github.com/loicreboursiere/hexaandmapping-lib-pd>, <https://github.com/>

d'une part, de valider le fait que les plateformes actuelles de prototypage rapide disposent d'une puissance de calcul suffisante pour être utilisées pour le développement d'un multi-effets hexaphonique. D'autre part, ils nous ont aussi permis de valider qu'il est possible d'intégrer « facilement » les traitements sonores hexaphoniques dans l'instrumentarium du guitariste électrique grâce aux plateformes matérielles de prototypage rapide actuelles.

En termes de développements futurs, cette contribution pourra être étoffée notamment par une étude plus poussée des performances des différentes plateformes dans un contexte de traitements sonores hexaphoniques. Le langage Faust en amenant une base programmatique commune à chacune d'entre elles, facilitera la comparaison des différents résultats.

La **quatrième contribution** est l'ensemble de données GIHME. Celui-ci apporte un cadre d'étude à l'analyse du **timbre** instrumental utilisant des traitements sonores monophoniques ou hexaphoniques ainsi qu'à l'analyse de pratiques contemporaines de l'instrument. La quantité et la diversité des gestes qui sont annotées, les données sur l'utilisation des traitements et du pédalier de commande, les transcriptions des interviews, ainsi que les enregistrements sonores et vidéos en font un ensemble de données tout à fait original.

Cet ensemble de données, une fois diffusé, encouragera, nous l'espérons, le développement d'études musicologiques ou d'extraction de données musicales en lien avec les pratiques musicales qu'il décrit.

La **cinquième contribution** est l'analyse des pratiques des dispositifs hexaphoniques. Celle-ci a rendu possible la mise en lumière de certaines spécificités du système hexaphonique. La première est la notion d'« instrument multipiste » (qui était présente dans un premier temps sous le terme « instrument ensemble ») signifiant que ce dispositif, par l'implémentation d'éléments audiovisuels (multi-effets hexaphonique) et hypersphérique (contrôle gestuel instrumental), rend possible le développement de **timbres** très variés et l'utilisation de fonction de mixage (entre différentes sources et entre les différentes cordes) qui sont généralement disponibles avec le studio sonore numérique. Une deuxième spécificité est la proximité du système avec la pratique guitaristique et notamment avec les pratiques qui utilisent de manière importante

loicreboursiere/EMEHG-fx-controller et <https://github.com/loicreboursiere/EMEHG-foot-controller>. Chacun de ces dépôts est intégré comme sous-module du dépôt principal : <https://github.com/loicreboursiere/EMEHG>.

l'individualisation des doigts ou des cordes. Le système de traitements sonores hexaphoniques facilite l'extension « sans perte » de cette pratique dans le domaine des traitements.

Cette analyse n'est qu'une première analyse qui peut, évidemment, être étoffée par de futures études. Celles-ci devraient, comme nous l'avons mentionné ci-dessus, s'étendre à un plus grand nombre de guitaristes et intégrer plus de styles musicaux différents. De plus, pour que la première classification des timbres des différentes configurations des traitements sonores hexaphoniques puisse prendre réellement corps, une étude des **timbres** des traitements monophoniques doit être développée. Celle-ci s'intégrerait notamment dans notre démarche d'organologie générale en développant la thématique des différents **timbres** présents dans chaque traitement que nous avons mise en avant dans notre étude des lignes de filiation transverses ¹⁹⁹.

Malgré l'étendue de ce travail, il reste difficile de répondre clairement à la question principale qui l'a généré : « pourquoi la pratique de la guitare hexaphonique ne s'est pas développée ? ». Comme le montre ce travail, de nombreux éléments en lien avec les développements techniques, la pratique instrumentale ou encore la place sociale de l'instrument peuvent être pris en compte. Nous pouvons répondre en partie à notre question de départ en comparant la période d'apparition des traitements sonores hexaphoniques et la période actuelle. L'apparition des premières pédales de traitements sonores hexaphoniques au début des années 1980 ne correspond pas à la sonorité populaire de l'époque (notamment avec la distorsion) dont le *hard rock* est un des étendards. Ces pédales se développent dans un monde pré-internet et ne peuvent pas aussi facilement qu'aujourd'hui développer une communauté de pratique mondiale. Le retour des développements hexaphoniques autour des années 2010 pourrait actualiser le statut de cette pratique. À l'inverse des années 1980, il est, de nos jours, plus simple de créer des communautés dont les membres se répartissent à travers le monde. D'autre part, le développement important des pédales de traitements sonores et les directions timbrales développées par les constructeurs se rapprochent, pour partie, de ce que les traitements sonores hexaphoniques peuvent proposer. De plus, l'« écosystème hexaphonique » industriel se développe depuis quelques années, ce qui tend à créer une dynamique propice aux développements commerciaux. Ces deux dynamiques qui permettent d'inscrire la communauté de pratique hexaphonique à la fois dans un cadre technique

199. Se référer à « **Les évolutions transverses** », p. 170.

existant et dans un cadre de pratique socialement ancrée (celui des guitaristes pratiquants les pédales de traitements sonores). Les développements techniques présentés dans ce travail et leur mise à disposition en *open source* stimulera selon nous ces deux dynamiques et pourraient permettre à une pratique pérenne de s'installer.

Annexe A

Pré-configurations de traitements hexaphoniques

A.1 Pré-configurations développées pour *Puzzle*

A.1.1 Presets de hexFuzz

drywet						
post						
asym	3.45	1.89	1.8	4.29	0.9	1.04
pre	512.06	1000.	286.07	512.06	512.06	512.06

TABLE A.1. *Puzzle* hexFuzz taradsfs

drywet						
post	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
asym	1.	1.	1.	1.	1.	1.
pre	700.	700.	700.	700.	700.	700.

TABLE A.2. *Puzzle* hexFuzz base_jeumont

A.1.2 Presets de hexDelay1

cutFb	0					
drywet	100					
time	428.57	342.86	307.22	285.71	209.06	571.43
feedback	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.3. *Puzzle* hexDelay1 polyDelay01

cutFb	0					
drywet	100					
time	512.82	153.85	92.31	384.62	256.41	461.54
feedback	0.7	0.84	0.81	0.7	0.85	0.7
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.4. *Puzzle* hexDelay1 polyDelay02

cutFb	0					
drywet	100					
time	1000.	1100.	600.	170.	400.	363.
feedback	0.63	0.7	0.95	0.95	0.95	0.95
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.5. *Puzzle* hexDelay1 ré_vif

cutFb	0					
drywet	37					
time	376.	250.	333.	500.	666.	757.6
feedback	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
vol	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.6. *Puzzle* hexDelay1 slowedBass

cutFb	0					
drywet	37					
time	165.	160.	155.	150.	145.	140.
feedback	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
vol	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.7. *Puzzle* hexDelay1 120-100bpm

cutFb	0					
drywet	37					
time	70.	70.	70.	70.	70.	70.
feedback	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
vol	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.8. *Puzzle* hexDelay1 35msFb100

cutFb	0					
drywet	37					
time	321.43	900.	428.57	389.	460.	280.
feedback	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
vol	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.9. *Puzzle* hexDelay1 300-500msFb100

A.1.3 Presets de hexHarmo

drywet	100					
transpo	600.	-700.	100.	800.	-200.	-100.
windsize	120.	120.	120.	120.	120.	120.
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.10. *Puzzle* hexHarmo 4sharp5b2b62b2

drywet	49					
transpo	-200.	-700.	200.	-1200.	-500.	300.
windsize	120.	120.	120.	120.	120.	120.
vol	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

TABLE A.11. *Puzzle* hexHarmo 9bd5d3muoctd4d4u

A.1.4 Presets de hexTremolo

drywet	100					
speed	5.5	4.	6.43	3.	3.5	2.6
amp	1.	1.	1.	1.	1.	1.
vol	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

TABLE A.12. *Puzzle* hexTremolo lowBasses

A.1.5 Presets de hexFlanger

drywet	99					
rate	892.86	74.	336.	607.14	25.	821.43
depth	0.5	0.25	0.07	0.7	0.99	0.25
delay	857.14	96.	113.	336.	113.	383.
vol	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88

TABLE A.13. *Puzzle* hexFlanger theFlan

drywet	99					
rate	57.	20.	44.	26.	39.	32.
depth	0.04	0.18	0.25	0.07	0.21	0.32
delay	285.71	250.	535.71	714.29	285.71	285.71
vol	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88

TABLE A.14. *Puzzle* hexFlanger haha

drywet	99					
rate	57.	20.	44.	26.	39.	32.
depth	0.64	0.14	0.5	0.43	0.21	0.75
delay	714.29	321.43	678.57	392.86	642.86	392.86
vol	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88

TABLE A.15. *Puzzle* hexFlanger haha2

A.1.6 Presets de hexDelay2

cutFb						
drywet	100					
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.
feedback	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
time	5300.	5300.	5300.	5300.	5300.	5300.

TABLE A.16. *Puzzle* hexDelay2 delay long

cutFb						
drywet	48					
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.
vol	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
feedback	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
time	13000.	8000.	13000.	5000.	8000.	7000.

TABLE A.17. *Puzzle* hexDelay2 tres long

A.1.7 Presets de hexGigaverb

drywet	100					
roomsize	50.	50.	50.	50.	50.	50.
damping	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
vol	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
revertime	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
bandwidth	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
early	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
tail	1.	1.	1.	1.	1.	1.
spread	20.	20.	20.	20.	20.	20.

TABLE A.18. *Puzzle hexGigaverb A*

drywet						
roomsize	175.	175.	175.	175.	175.	175.
damping	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
vol	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
revertime	46.	46.	46.	46.	46.	46.
bandwidth	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
early	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
tail	1.	1.	1.	1.	1.	1.
spread	39.	39.	39.	39.	39.	39.

TABLE A.19. *Puzzle hexGigaverb B*

A.2 Pré-configurations développées pour les expérimentations

A.2.1 Presets de hexRingmod

drywet	100					
freq	700.	100.	1000.	1000.	2000.	500.
amp	1.	1.	1.	1.	1.	1.
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.20. les expérimentations hexRingmod alex1

drywet	49					
freq	2187.5	2187.5	2187.5	2187.5	2187.5	2187.5
amp	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.21. les expérimentations hexRingmod alex2

drywet	100					
freq	160.	110.	1000.	1000.	2000.	500.
amp	1.	1.	1.	1.	1.	1.
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.22. les expérimentations hexRingmod Ivann_01

drywet	100					
freq	82.	110.	147.	200.	247.	330.
amp	1.	1.	1.	1.	1.	1.
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.23. les expérimentations hexRingmod Ivann_02

drywet	100					
freq	82.	714.29	714.29	200.	247.	330.
amp	1.	1.	1.	1.	1.	1.
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.24. les expérimentations hexRingmod Ibvan_03

drywet						
freq	500.	1400.	2140.	400.	2678.	1500.
amp	1.	1.	1.	1.	1.	1.
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.25. les expérimentations hexRingmod Sebastien01

drywet						
freq	114.	180.	2140.	400.	150.	2000.
amp	1.	1.	1.	1.	1.	1.
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.26. les expérimentations hexRingmod Philippe01

drywet						
freq	114.	1607.14	2140.	1071.43	2500.	1428.57
amp	1.	1.	1.	1.	1.	1.
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.27. les expérimentations hexRingmod Philippe02

drywet	86					
roomsize	50.	50.	50.	50.	50.	50.
damping	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
vol	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
revtime	75.	75.	1.5	1.5	1.5	1.5
bandwidth	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
early	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
tail	1.	1.	1.	1.	1.	1.
spread	20.	20.	20.	20.	20.	20.

TABLE A.28. les expérimentations hexGigaverb A

drywet						
roomsize	50.	50.	50.	50.	50.	50.
damping	0.5	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
vol	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
revtime	75.	20.	75.	20.	90.	90.
bandwidth	0.19	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
early	0.33	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
tail	1.	1.	0.5	0.5	0.5	0.5
spread	20.	39.	39.	39.	39.	39.

TABLE A.29. les expérimentations hexGigaverb B

A.2.2 Presets de hexGigaverb

drywet	86					
roomsize	50.	50.	50.	50.	50.	50.
damping	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
vol	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
revtime	75.	75.	67.86	1.5	71.43	60.71
bandwidth	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
early	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
tail	1.	1.	1.	1.	1.	1.
spread	20.	57.14	46.43	20.	20.	20.

TABLE A.30. les expérimentations hexGigaverb C

drywet	86					
roomsize	50.	50.	50.	50.	50.	50.
damping	1.	1.	1.	1.	1.	1.
vol	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
revtime	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
bandwidth	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
early	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
tail	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
spread	20.	20.	20.	20.	20.	20.

TABLE A.31. les expérimentations hexGigaverb revmfwcourtesdb

drywet	86					
roomsize	300.	200.	175.	175.	175.	250.
damping	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
vol	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
revtime	14.	6.	2.	2.	2.	8.5
bandwidth	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
early	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
tail	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
spread	25.	25.	25.	25.	25.	25.

TABLE A.32. les expérimentations hexGigaverb revmfwlong126

drywet	86					
roomsize	50.	50.	50.	50.	50.	50.
damping	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
vol	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
revtime	5.	3.	4.	7.	10.	3.
bandwidth	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
early	0.3	0.3	0.93	0.3	0.3	0.3
tail	1.	1.	1.	1.	1.	1.
spread	100.	100.	100.	100.	100.	100.

TABLE A.33. les expérimentations hexGigaverb Philippe02

A.2.3 Presets de hexFlanger

drywet	86					
roomsize	50.	50.	50.	50.	50.	50.
damping	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
vol	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
revtime	35.	1.5	5.	1.5	1.5	35.
bandwidth	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
early	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
tail	1.	1.	1.	1.	1.	1.
spread	20.	20.	20.	20.	20.	20.

TABLE A.34. les expérimentations hexGigaverb Sebastien01

drywet	31					
rate	35.	20.	10.	2.	15.	12.
depth	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
delay	678.57	892.86	321.43	535.71	250.	321.43
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.35. les expérimentations hexFlanger alex1

drywet	31					
rate	2.	2.	2.	1.	1.	1.
depth	0.8	0.8	0.8	0.44	0.44	0.44
delay	678.57	892.86	321.43	535.71	250.	321.43
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.36. les expérimentations hexFlanger alex2

drywet	30					
rate	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.
depth	1.	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
delay	50.	50.	50.	50.	50.	50.
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.37. les expérimentations hexFlanger alex3

drywet	100					
rate	2.	20.	12.	20.	35.	10.
depth	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
delay	400.	320.	200.	150.	500.	900.
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.38. les expérimentations hexFlanger ivann_01

drywet	100					
rate	2.	20.	12.	20.	35.	10.
depth	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
delay	400.	320.	200.	150.	500.	714.29
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.39. les expérimentations hexFlanger Ivann_02

drywet	100					
rate	2.	20.	12.	20.	35.	107.14
depth	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
delay	400.	320.	200.	150.	500.	714.29
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.40. les expérimentations hexFlanger Ivann_03

drywet	100					
rate	2.	20.	0.6	20.	35.	107.14
depth	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
delay	400.	320.	200.	150.	500.	714.29
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.41. les expérimentations hexFlanger Ivann_04

drywet	58					
rate	142.	6.	50.	8.	8.	50.
depth	0.4	0.6	0.6	0.45	0.55	0.45
delay	357.14	320.	320.	320.	320.	320.
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.42. les expérimentations hexFlanger Sebastien01

drywet	58					
rate	142.	357.14	464.29	750.	535.71	678.57
depth	0.4	0.6	0.6	0.61	0.79	0.54
delay	375.	375.	375.	375.	375.	375.
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.43. les expérimentations hexFlanger Philippe01

drywet	58					
rate	250.	750.	250.	1000.	535.71	1000.
depth	0.46	0.43	0.89	0.64	0.79	0.36
delay	250.	250.	250.	250.	250.	250.
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.44. les expérimentations hexFlanger Philippe02

drywet	58					
rate	142.	100.	60.	50.	110.	140.
depth	0.4	0.6	0.6	0.61	0.79	0.54
delay	375.	375.	375.	375.	375.	375.
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.45. les expérimentations hexFlanger Raphael01

drywet	52					
speed	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
amp	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
vol	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

TABLE A.46. les expérimentations hexTremolo alex1

drywet	55					
speed	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
amp	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
vol	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

TABLE A.47. les expérimentations hexTremolo alex-basic

drywet	100					
speed	2.5	5.	8.	6.	4.	2.
amp	1.	1.	1.	1.	1.	1.
vol	2.	2.	2.	2.	2.	2.

TABLE A.48. les expérimentations hexTremolo Ivann_01

A.2.4 Presets de hexTremolo

drywet	57					
speed	2.5	5.	8.	6.	4.	2.
amp	1.	1.	1.	1.	1.	1.
vol	2.	2.	2.	2.	2.	2.

TABLE A.49. les expérimentations hexTremolo Ivann_02

drywet	100					
speed	4.	2.	1.	6.	4.	6.
amp	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.50. les expérimentations hexTremolo Sebastien01

drywet	100					
speed	4.	2.	3.	4.	7.5	5.
amp	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.51. les expérimentations hexTremolo sebastien2

drywet	100					
speed	1.	2.	3.	4.	5.	7.5
amp	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.52. les expérimentations hexTremolo sebastien3

drywet	100					
speed	2.14	3.75	5.89	1.07	3.21	6.96
amp	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.53. les expérimentations hexTremolo Philippe01

drywet	100					
speed	1.	1.5	2.	2.5	3.	3.5
amp	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.54. les expérimentations hexTremolo Philippe02

drywet	100					
speed	1.5	2.5	3.5	2.	3.	4.
amp	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.55. les expérimentations hexTremolo Philippe03

drywet	100					
speed	5.36	8.04	3.5	6.96	5.36	8.57
amp	3.	3.	3.	3.	3.	3.
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.56. les expérimentations hexTremolo Philippe04

A.2.5 Presets de hexOverdrive

drywet	100					
speed	1.	0.5	3.	6.43	4.	1.2
amp	1.	1.	1.	1.	1.	1.
vol	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

TABLE A.57. les expérimentations hexTremolo Raphael01

drywet	100					
speed	1.	1.1	3.	5.	1.5	1.2
amp	1.	1.	1.	1.	1.	1.
vol	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

TABLE A.58. les expérimentations hexTremolo Raphael02

drywet						
od1	10.	10.	5.	10.	10.	5.
filter	1000.	1000.	6075.	850.	4975.	1500.
od2	5.	5.	10.	10.	7.5	10.
output	0.3	0.35	0.25	0.25	0.25	0.25

TABLE A.59. les expérimentations hexOverdrive Ivann_01

drywet						
od1	8.	8.	5.	10.	10.	5.
filter	1000.	1000.	6075.	850.	4975.	1500.
od2	5.	5.	10.	10.	7.5	10.
output	0.3	0.3	0.25	0.25	0.25	0.25

TABLE A.60. les expérimentations hexOverdrive ivann_02

drywet	72					
od1	8.	8.	5.	10.	10.	5.
filter	1000.	1000.	6075.	850.	4975.	1500.
od2	5.	5.	10.	10.	7.5	10.
output	0.3	0.3	0.25	0.25	0.25	0.25

TABLE A.61. les expérimentations hexOverdrive ivann_03

drywet						
od1	10.	9.	9.	9.	9.	10.
filter	2000.	1000.	1500.	3000.	1000.	2500.
od2	7.	8.	10.	8.	10.	10.
output	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23

TABLE A.62. les expérimentations hexOverdrive Sebastien01

drywet						
od1	5.	5.	5.	5.	5.	5.
filter	2000.	1000.	1500.	3000.	1000.	2500.
od2	7.	8.	10.	8.	10.	10.
output	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23

TABLE A.63. les expérimentations hexOverdrive Sebastien02

drywet						
od1	8.	8.	5.	10.	10.	10.
filter	2000.	1000.	1000.	850.	4975.	1500.
od2	5.	5.	10.	10.	10.	10.
output	0.35	0.35	0.25	0.25	0.25	0.25

TABLE A.64. les expérimentations hexOverdrive Alex01

drywet						
od1	10.	10.	10.	10.	10.	5.
filter	3000.	4000.	4700.	850.	4975.	2000.
od2	5.	5.	10.	10.	7.5	10.
output	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

TABLE A.65. les expérimentations hexOverdrive Philippe01

drywet						
od1	10.	10.	10.	10.	10.	10.
filter	3000.	4000.	4700.	850.	4975.	2000.
od2	5.	5.	10.	10.	7.5	10.
output	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

TABLE A.66. les expérimentations hexOverdrive Philippe02

drywet						
od1	10.	10.	10.	10.	10.	10.
filter	3000.	4000.	4700.	2000.	4975.	2000.
od2	5.	10.	10.	10.	7.5	10.
output	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

TABLE A.67. les expérimentations hexOverdrive Philippe03

drywet						
od1	10.	10.	5.	10.	10.	5.
filter	1000.	1000.	6075.	850.	4975.	1500.
od2	5.	5.	10.	10.	7.5	10.
output	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

TABLE A.68. les expérimentations hexOverdrive Raphael01

drywet						
od1	7.	5.	5.	5.	5.	5.
filter	4425.	3875.	6075.	3875.	4975.	3875.
od2	5.	3.	3.	3.	3.	3.
output	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

TABLE A.69. les expérimentations hexOverdrive Raphael02

cutFb	0					
drywet	51					
time	700.	700.	700.	350.	350.	350.
feedback	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.
mix	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38

TABLE A.70. les expérimentations hexDelay1 alex1

A.2.6 Presets de hexDelay1

cutFb	0					
drywet	51					
time	700.	700.	700.	350.	350.	350.
feedback	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.71. les expérimentations hexDelay1 alex2

cutFb	0					
drywet	51					
time	200.	200.	700.	350.	400.	400.
feedback	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.
mix	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38

TABLE A.72. les expérimentations hexDelay1 alex3

cutFb	0					
drywet	48					
time	200.	400.	375.	800.	200.	650.
feedback	0.85	0.7	0.7	0.6	0.85	0.5
vol	0.85	1.	1.	1.	0.8	1.
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.73. les expérimentations hexDelay1 ivann_01

cutFb	0					
drywet	48					
time	200.	400.	375.	800.	200.	650.
feedback	0.85	0.7	0.7	0.6	0.85	0.5
vol	1.22	1.5	1.5	1.5	1.2	1.5
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.74. les expérimentations hexDelay1 ivann_02

cutFb	0					
drywet	48					
time	200.	800.	375.	800.	400.	600.
feedback	0.85	0.39	0.7	0.6	0.68	0.5
vol	1.22	1.5	1.5	1.5	1.2	1.5
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.75. les expérimentations hexDelay1 Ivann_03

cutFb	0					
drywet	48					
time	200.	800.	375.	300.	400.	600.
feedback	0.85	0.39	0.7	0.6	0.68	0.5
vol	1.22	1.5	1.5	1.5	1.2	1.5
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.76. les expérimentations hexDelay1 Ivann_04

cutFb	0					
drywet	19					
time	200.	800.	200.	300.	400.	600.
feedback	0.85	0.39	0.7	0.6	0.68	0.5
vol	1.22	1.5	1.5	1.5	1.2	1.5
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.77. les expérimentations hexDelay1 Ivann_05

cutFb	0					
drywet	43					
time	140.	360.	130.	280.	240.	500.
feedback	0.89	0.75	0.86	0.86	0.89	0.79
vol	1.22	1.5	1.5	1.5	1.2	1.5
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.78. les expérimentations hexDelay1 Ivann_06

cutFb	0					
drywet	43					
time	140.	360.	130.	280.	240.	500.
feedback	0.89	0.75	0.86	0.39	0.89	0.79
vol	1.22	1.5	1.5	1.5	1.2	1.5
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.79. les expérimentations hexDelay1 Ivann_07

cutFb	0					
drywet	75					
time	1000.	500.	750.	375.	500.	750.
feedback	0.8	0.78	0.6	0.97	0.9	0.9
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.80. les expérimentations hexDelay1 Sebastien01

cutFb	0					
drywet	47					
time	340.	654.	186.	500.	400.	790.
feedback	0.8	0.78	0.9	0.8	0.9	0.5
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.81. les expérimentations hexDelay1 Sebastien02

cutFb	0					
drywet	65					
time	340.	654.	186.	500.	400.	790.
feedback	0.3	0.4	0.7	0.3	0.3	0.5
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.82. les expérimentations hexDelay1 Sebastien03

cutFb	0					
drywet	51					
time	340.	654.	186.	500.	400.	300.
feedback	0.8	0.78	0.9	0.8	0.9	0.9
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.83. les expérimentations hexDelay1 sebastien04

cutFb	0					
drywet	46					
time	800.	400.	375.	800.	200.	650.
feedback	0.8	0.7	0.7	0.6	0.9	0.5
vol	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.84. les expérimentations hexDelay1 Philippe01

cutFb	0					
drywet	52					
time	500.	400.	375.	800.	200.	650.
feedback	0.3	0.65	0.7	0.6	0.8	0.5
vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.
mix	1.	1.	1.	1.	1.	1.

TABLE A.85. les expérimentations hexDelay1 Raphael01

Glossaire

Pizzicato (ou pizzicato Bartók) Cette technique consiste à la guitare, à appliquer un étouffement des cordes en appuyant la paume de la main droite sur celles-ci et à pincer très fortement la corde de manière à ce qu'elle « claque » sur le manche. Elle est nommée en référence au compositeur Béla Bartók qui fut l'un des premiers à l'utiliser de manière intensive dans ces quatuors d'instruments à cordes frottées à partir de 1928.

Ambisonie (*ambisonic*) « Le procédé Ambisonic échantillonne le champ acoustique d'une source de telle sorte que la combinaison des signaux produits par l'ensemble d'un réseau de haut-parleurs reproduise un champ acoustique identique à l'original (tant en ce qui concerne les ondes progressives que les ondes stationnaires). Lorsqu'un auditeur place la tête au milieu du champ sonore, la perception de la directionnalité et de l'espace sont les mêmes que l'original, puisque les fronts d'onde sont les mêmes. Il s'agit de la reconstruction de la scène sonore, ce qui plonge l'oreille dans une écoute naturelle. Plus le nombre de haut-parleurs augmente, meilleure sera la précision de la reconstruction (Merlier, 2006, p.25) ».

Amplificateur contrôlé en tension (Voltage Controlled Amplifier) Amplificateur électronique dont le gain est défini par la tension d'entrée.

Archet L'archet est l'élément qui est utilisé pour mettre en vibration les cordes d'instruments à cordes frottées. (violon, violoncelle, etc.). Il correspond à une baguette de bois à laquelle est fixé une mèche en crin de cheval.

Archet électronique (EBow ou *Electronic Bow*) Prothèse électronique construite autour d'un capteur (microphone magnétique pour une seule corde), d'un amplificateur et d'un actuateur (microphone magnétique dont le branchement est inversé). Le microphone monophonique monocorde capte le son de la corde jouée. Celui-ci une fois converti en tension est amplifié et envoyé à l'actuateur, qui génère en retour un champ magnétique à même d'entretenir le son de la corde jouée. Le système une fois mis en vibration entre dans une boucle de rétroaction sonore entraînant le son infini. Cette prothèse est utilisable à la main et met en vibration une seule corde à la fois. L'*Ebow* se place en s'appuyant sur les deux cordes jouxtant la corde mise en vibration de sorte qu'il n'est plus possible de les jouer. Une seconde version du *Ebow* intègre un sélecteur permettant de choisir si la corde est mise en vibration à la fréquence de la note jouée ou avec une transposition à l'[octave](#) supérieure.

Baffle (*cabinet*) Dans le contexte d'un amplificateur guitare où les modules d'amplification et de diffusion sont séparés, la baffle correspond au boîtier intégrant le ou les haut-parleurs utilisés pour la diffusion. Ce terme est une traduction directe du terme anglais « *baffle* » pour lequel une traduction plus correcte serait le terme « enceinte ». Il est, cependant, moins commun dans le langage guitaristique d'employer ce terme pour désigner cette partie du système d'amplification et de diffusion du son de la guitare. Dans ce contexte, le baffle fait référence à une enceinte qui doit être accompagnée d'un système de pré-amplification adéquate pour faire entendre le son de la guitare. Un [combo](#) (tout en un), pour sa part, peut être considéré comme une enceinte active (intégrant un système de pré-amplification et d'amplification de puissance).

Banjo Le banjo est un instrument à cordes pincées possédant 4 ou 5 registres simples. Sa caisse de résonance est un cadre rond, constituée de métal et de bois. L'instrument peut être à fond ouvert (*open-back*) ou fermé. Sa table d'harmonie est une membrane dont la matière a évolué au fil du

temps, mais est aujourd'hui constituée de matière synthétique. Le banjo à 5 cordes présente une particularité au niveau de l'accordage car la première et la dernière corde sont des aiguës. D'autre part, l'accord est en *open-tuning*.

Banque (*bank*) Le terme « banque » utilisé dans le contexte d'un appareil de commande MIDI ou d'un logiciel utilisé en MAO, par exemple, fait référence au nombre de configurations disponibles d'un même ensemble donné. Dans le cas du pédalier MIDI Behringer FCB1010, par exemple, les 10 banques présentes permettent, entre autres, d'assigner différents types de message MIDI à un bouton donné. Cela permet d'augmenter la quantité d'éléments contrôlés grâce, dans la plupart des cas, à l'utilisation de seulement deux boutons supplémentaires, l'un permettant d'incrémenter le numéro de la banque sélectionnée, l'autre de décrémenter ce numéro.

Barre whammy ou barre de vibrato (*whammy bar* ou *vibrato bar*) La barre whammy ou barre de vibrato (appelée aussi de manière erronée barre de trémolo, le trémolo correspondant à une variation périodique de l'amplitude d'un son) est un système mécanique présent sur certaines guitares électriques qui permet, par appui et relâchement de celle-ci, de tendre ou de détendre les cordes et ainsi de modifier la hauteur de la ou des notes jouées. La barre whammy virtuelle de la guitare IMG2010 d'Ibanez n'a aucune influence sur les cordes et ne constitue qu'un capteur dont l'action peut être programmée.

Bebop Le *bebop* est une forme de jazz qui se développe à partir des années 1940. Il apparaît notamment à partir d'une volonté de musiciens afro-américains de s'émanciper des big-bands de jazz. On trouve parmi les musiciens participant au développement de ce style : Charlie Christian qui apporte la guitare archtop électrifiée, Dizzy Gillespie, Charlie Parker et Thelonious Monk. Ce style est en majorité très rapide avec de nombreux changements d'accords et des solos plus longs. Il se différencie par cette complexité des premières formes de jazz dit *mainstream*.

Bibliothèque (*library*) Une bibliothèque (ou *library*), dans un contexte de programmation informatique, correspond à un ensemble de fonctions généralement reliées par une thématique globale. Les bibliothèques peuvent être intégrées dans des programmes, permettant ainsi d'en augmenter les fonctions de base. Lorsqu'un appel à une des fonctions d'une bibliothèque est réalisé dans le code du programme, c'est le code de la fonction correspondante contenu dans la bibliothèque qui est exécuté.

Bitcrusher Le *bitcrusher* est un traitement sonore purement numérique générant une distorsion obtenue par la diminution de la fréquence d'échantillonnage du signal et/ou de la résolution de quantification du signal.

Boost Le traitement sonore de *boost* correspond, comme son nom l'indique, à une augmentation du volume sonore de la guitare. L'application de ce gain se fait via le bouton d'activation de la pédale d'effet. Cet effet peut être considéré, de manière indirecte, comme une première distorsion. En effet, celui-ci permet d'augmenter le courant qui est transmis à l'amplificateur ce qui, en fonction de sa valeur, peut faire apparaître de la distorsion par saturation des éléments d'amplification d'entrée (lampes ou transistors).

Bottleneck (goulot de bouteille) Le *bottleneck* est un tube en verre dans lequel on insère un doigt de la main gauche frettant les cordes et que l'on fait glisser sur les cordes pour obtenir une variation continue de la hauteur entre deux notes. Dans ses premières utilisations par les *bluesmen* Afro-Américain, le *bottleneck* était, littéralement, un goulot d'une bouteille en verre cassé. C'est aujourd'hui un tube en verre régulier qui existe en différentes tailles.

Boucle d'effets (*effect loop* ou *FX loop*) La boucle d'effets est un système d'abord présent sur les amplificateurs de guitares. Celle-ci s'intègre entre la partie de pré-amplification et l'amplification de puissance. Les traitements sonores peuvent ainsi être appliqués au signal pré-amplifié par l'amplificateur, alors que de manière générale, ces traitements sont appliqués en amont de l'amplificateur. Le principe de la boucle d'effets a été intégré et

multiplié dans des [pédaliers](#) d'activation/désactivation de boucle d'effets. Ceux-ci proposent plusieurs canaux sonores, auxquels un ensemble de pédales d'effets peut-être connecté, pouvant être activés ou désactivés grâce à un seul commutateur. Ce genre de matériel facilite la gestion de plusieurs pédales analogiques simultanément.

Boucle de rétroaction sonore (*feedback*) Le *feedback* est le même principe que le [boucle de rétroaction sonore](#) mais appliqué aux traitements sonores. Il s'agit d'une ré-injection d'un signal de sortie vers le signal d'entrée. La quantité de signal ré-injectée est généralement contrôlée par un potentiomètre. On trouve ce réglage dans le traitement de [délai](#) ou intégré seul sous la forme d'une pédale d'effet. Celle-ci possède alors une entrée et une sortie supplémentaire dans laquelle il est possible connecter n'importe quelle pédale de traitement sonore pour colorer ou modifier la boucle sonore ainsi créée.

Boucle de rétroaction sonore ou Larsen (*feedback*) La boucle de rétroaction sonore (ou « effet Larsen ») apparaît lorsqu'il y a un récepteur (le microphone) et un émetteur amplifié (l'amplificateur). Si la distance entre ces deux éléments est trop faible le microphone capte le son de l'amplificateur et lui renvoie avec un volume sonore augmenté créant ainsi une boucle. L'arrêt du larsen s'opère soit en éloignant la guitare de l'amplificateur soit en diminuant tout élément de gain entrant en ligne de compte dans le [tone](#) du de la guitariste (traitement entraînant l'augmentation du volume sonore tel que la [distorsion](#), volume de la guitare, etc.

Boucleur (*looper*) Le boucleur est le principe de la mise en boucle de la lecture d'un enregistrement sonore. Lorsque celui-ci est disponible au format pédale, un appui sur le commutateur au pied disponible est utilisé pour démarrer l'enregistrement du son qui lui est présenté en entrée. Un second appui arrête l'enregistrement et lance la lecture du son enregistré en boucle. Ce principe est équivalent à celui du [délai](#), bien que dans ce cas, le son enregistré est constamment « renouvelé » (une fois la mémoire correspondant

à la taille du temps de délai remplie, le délai recommence à enregistrer au début de la mémoire), alors que le l'enregistrement effectué par le boucleur reste inchangé. Les boucleurs permettent généralement de superposer plusieurs boucles créant ainsi des textures sonores complexes. Tout comme le principe du délai, le principe du boucleur découle des travaux de Pierre Schaeffer sur les bandes magnétiques.

Brillance (*brightness*) Taux de haute fréquence présente dans un signal audio.

Cabine Leslie (*Leslie rotary speaker*) La cabine Leslie est un boîtier de la taille d'un amplificateur qui contient un ou plusieurs haut-parleurs tournants. Ce type de haut-parleur a été développé à l'origine pour les orgues électroniques Hammond, mais il a été utilisé à partir du milieu des années 1960 par les groupes de *rhythm'n'blues* et de rock (c'est notamment le cas de Buddy Guy sur le morceau *Who do men blues ?* (Junio Wells, 1965) et celui des Beatles sur des morceaux tels que *Lucy In The Sky With Diamonds* (*Sergent Pepper Lonely Hearts Club Band*, 1967), *Blue Jay Way* (*Magical Mystery Tour*, 1967), etc.). L'effet a plus tard été reproduit sous forme de pédale d'effet et de plugin.

Cadre applicatif (*framework*) Un cadre applicatif (ou *framework*), dans un contexte de programmation informatique, correspond à une structure, à une méthode de travail spécifique à laquelle le programme doit se conformer. Ces cadres applicatifs permettent, suivant les cas d'utilisation, de rendre le code plus lisible, d'homogénéiser le déploiement du code vers différents types de sortie (programme exécutable, application pour *smartphone*, application serveur, etc.), de gagner en performance, etc.

Capteur de pression (*Force Resistive Sensor* ou **FSR)** Capteur permettant de mesurer la pression qui lui est exercée. Plus la pression est forte, plus la résistance que le matériau induit dans le circuit électronique dans lequel il est intégré est élevé.

Capteur ruban Un capteur ruban est un capteur qui se présente sous une forme rectangulaire allongée et qui est à la position. Certains capteurs utilisant cette appellation sont aussi sensibles à la pression.

Chanterelle La chanterelle sur une guitare correspond à la corde la plus aiguë.

Chevalet Le chevalet est la pièce qui fait la liaison entre le corps de l'instrument et les cordes qui y sont fixées. Dans le cas de la guitare acoustique, celui-ci est collé ou flottant (posé et maintenu par la pression des cordes) et transmet les vibrations des cordes à la table de résonance. Il s'agit donc d'une pièce importante dans la justesse de l'instrument. Dans le cas de la guitare électrique, le chevalet peut être collé, vissé ou flottant (une barre de vibrato permet alors de détendre ou tendre les cordes).

Chœur Un chœur est un ensemble de plusieurs cordes qui sont très proches de sorte qu'elles sont généralement jouées ensemble et qui sont, la plupart du temps accordées à la même hauteur. On retrouve une reprise moderne de ce principe dans les guitares dites 12 cordes qui intègrent 6 chœurs doublés.

Chorus Le traitement de chorus cherche à obtenir l'effet de « masse » qui apparaît lorsque plusieurs sources sonores de nature, de temporalité et de hauteur proches cohabitent. Ce phénomène est notamment perceptible dans les chorales. Une approximation de cet effet a été intégré dans des pédales de traitements sonores dans lesquelles il est obtenu par mixage du signal de la guitare avec un ou plusieurs signaux auxquels on applique un traitement de vibrato. Les deux traitements peuvent alors avoir des sonorités communes.

Cistre Le cistre est un instrument à cordes pincées métalliques et doublées. Il a une forme de poire et un fond plat.

Cithare Le cithare est issue d'une ancienne famille d'instruments qui regroupe tous les instruments avec une ou plusieurs cordes tendues entre les extrémités d'une baguette en bois. L'arc musical (un seul corde) s'inscrit dans cette famille, tout comme la cithare de concert moderne qui est un instrument sur table avec touche, avec une caisse de résonance plate, 5 cordes tendues au-dessus d'une touche de 29 frettes et 33 à 42 cordes jouées à vide.

Codec Dans un contexte d'électronique audio, un codec est un circuit intégré dans lequel cohabite un système de conversion analogique-numérique ou CAN (*Analog to Digital Conversion* ou ADC) et un système de conversion numérique analogique ou CNA (*Digital to Analog Conversion* ou DAC) dont les fréquences d'échantillonnage peuvent être choisies sur une plage prédéfinie de valeurs. Il peut aussi intégrer des filtres audio ou d'autres éléments particuliers. Dans un contexte programmatique, un codec peut faire référence à la norme d'encodage et de décodage d'un flux audio ou vidéo (mp3, H264, FLAC, etc.).

Combo (*solid-state amplifier*) Forme la plus courante d'amplificateur dans lequel les circuits de pré-amplification et d'amplification de puissance ainsi que le haut-parleur sont intégrés.

Contrôle en tension (*Control Voltage* ou **CV)** Le contrôle en tension est une technique d'automatisation d'un paramètre d'un module sonore par une tension extérieure. Cette technique est à la base de la synthèse modulaire des années 1960 puisque le contrôle des paramètres d'un module donné par un autre module est réalisé par l'utilisation d'une tension. Cette technique est de manière plus systématique présente dans les pédales de traitements sonores à partir des années 2010 ou elle complète le contrôle **MIDI** ou par pédale d'expression. De manière générale le contrôle en tension offre une finesse plus importante par rapport au contrôle **MIDI** par exemple..

Conversion note-tension (*pitch-to-voltage conversion, PVC*) La conversion note-tension est un procédé utilisé pour convertir les notes jouées par un instrument en différents niveaux de tension à même de commander les hauteurs générées par un ou des oscillateurs générant des sons de manière à obtenir les mêmes notes que celles effectuées par l'instrument.

Cordier Élément permettant de fixer les cordes lorsque celle-ci ne le sont pas directement sur le chevalet (comme c'est le cas pour les guitares *archtop*). La pièce est alors fixée à l'arrière de la caisse de résonance.

Couleur sonore, sonorité ou son (d'un guitariste) (*tone*) Le *tone* anglais est une notion très présente chez les guitaristes et largement soutenue par le discours marketing des marques. Il peut être utilisé pour parler de deux choses : un potentiomètre de contrôle de la fréquence d'un filtre passe bas que l'on trouve sur la plupart des guitares électriques *solidbody* ou le son d'un guitariste de manière générale. Dans le cas du premier usage, il est souvent traduit en français par le terme «tonalité». Nous préférons les termes «couleur sonore», «sonorité» ou «son (d'un guitariste)» puisque le terme ne fait pas du tout référence à une quelconque structure harmonique.

Country La musique *country* est un mélange de musiques traditionnelles qui s'est répandu principalement dans le sud des États-Unis. Elle se développe essentiellement sur les bases de la musique et des instruments apportés par les immigrants européens dès le XVII^e et XVIII^e siècles. Les instruments alors présents comprennent le violon d'Irlande et de Grande-Bretagne, la mandoline italienne, la guitare espagnole, entre autres. La guitare électrique *solidbody* et la guitare *steel* à console sont aujourd'hui des instruments présents dans ce style.

Diaphonie (*cross-talk*) La diaphonie, dans notre contexte système de captation individuelle des cordes de guitares, est le phénomène lorsqu'une des cellules capte le son de vibrations qui ne correspondent pas à celle de la corde dont il capte le son. La diaphonie peut apparaître par les cordes adjacentes, mais aussi par les transferts mécaniques des ondes via le [chevalet](#).

Diffusion stéréophonique Système de diffusion à deux canaux indépendants, globalement adapté à la perception auditive binaurale humaine. Il comporte deux enceintes (ou amplificateurs guitare) qui sont positionnées respectivement à gauche et à droite de l'auditeur. Selon l'équilibre et la corrélation entre les signaux émis sur chaque canal, la perception humaine localise le son à gauche, à droite ou à n'importe quel point situé entre les deux enceintes. Ainsi un enregistrement de guitare qui serait diffusé avec la même amplitude à gauche qu'à droite serait perçu comme provenant du centre

de l'espace créé. Une amplitude de diffusion plus importante sur l'une des enceintes déplacerait la perception du point d'émission vers celle-ci. De même, un délai entre les deux canaux peut entraîner chez l'auditeur que le son vient du côté où le son est émis en premier lieu.

Distorsion Le traitement de distorsion correspond à une distorsion harmonique par saturation qui, en amplifiant le signal auquel il est appliqué, le comprime et fait apparaître des harmoniques inexistantes au départ.

Double-tapping Le double-tapping est une extension du *tapping* pour laquelle les deux mains sont utilisées pour sélectionner et attaquer les frettes voulues. Cette technique est souvent attribuée au guitariste Eddie Van Halen.

Dry/Wet(signal non traité/signal traité) Ce réglage présent sur différents types de traitements (notamment sur les *délais*, *réverbérations* ou encore les traitements de *transposition*) permet de définir l'équilibre entre le signal traité et le signal non traité présentes dans le signal de sortie du traitement. L'absence de ce paramètre dans le cas d'un traitement de *décalai*, par exemple, ne permettrait d'entendre que le signal retardé. Ce paramètre se trouve le plus souvent sous les appellations *dry/wet* ou *blend*.

Décalai ou ligne à retard(*delay*) Le décalai ou ligne à retard est un traitement sonore qui permet de retarder le signal de la guitare d'une certaine durée. Couplé au son original non retardé de l'instrument, cet effet permet, selon les temps de retard utilisés, de générer des effets de filtrage en peigne statiques ou dynamique (*flanger*) ou de répéter les notes jouées. Un taux de réinjection (*feedback*) permet de définir la quantité de signal retardé réintroduit à l'entrée du traitement pour obtenir plusieurs répétitions.

Echantillon (*sample*) Dans notre contexte, un échantillon (sous-entendu « sonore ») correspond à un enregistrement sonore extrait d'un élément sonore (flux sonore d'un instrument *live* ou enregistrement) pré-existant. Sa durée est souvent limitée.

Echantillonneur (*sampler*) Un échantillonneur est un instrument permettant d'enregistrer des échantillons sonores et de les relire en leur appliquant des traitements ou non.

Eclisse Les éclisses d'une guitare sont deux planches qui épousent les formes de la table d'harmonie et du fond de l'instrument et qui permettent de faire la jointure entre ces deux éléments.

Effet Doppler L'effet Doppler correspond à l'effet obtenu lorsqu'une source sonore se déplace autour de l'auditeur. Il en résulte une modification de la **hauteur** perçue par l'auditeur. L'exemple caractéristique de cet effet est celui de l'ambulance qui passe et dont la **hauteur** du son de la sirène est modifiée.

Egaliseur (*equalizer*) Un égaliseur est un système permettant d'appliquer un gain particulier à différentes bandes de fréquences. Le plus commun est l'égaliseur 3 bandes (basse, médium et aiguë), mais les niveaux d'un plus grand nombre de bandes de fréquence peuvent être présents permettant d'accéder ainsi à un réglage plus fin du son. Les limites basses et hautes des bandes de fréquences dépendent du nombre de bandes contrôlables.

Enveloppe ADSR L'enveloppe ADSR constitue une approximation (matérielle ou logicielle) de la variation de l'amplitude d'un instrument au cours du temps lorsqu'une note est jouée. Elle définit quatre paramètres/moments qui se retrouvent chez la plupart des instruments : l'attaque (*Attack*, A) permet de définir le temps nécessaire pour atteindre le niveau sonore maximale, la chute (*Decay*, D) définit le temps de diminution du volume jusqu'à la phase d'entretien, l'entretien (*Sustain*, S) décrit le temps pendant lequel le volume de la note reste stable, l'extinction (*Release*, R) définit le temps que la note met à disparaître).

Enveloppe spectrale L'enveloppe spectrale correspond à la courbe reliant l'énergie de chaque bande de fréquence présente dans le spectrogramme.

Étouffé avec la main gauche (*dead note*) Une *dead note* est une note étouffée par un appui léger sur la ou les cordes avec un ou des doigts de la main

gauche (main frettant le manche). Plusieurs doigts peuvent être utilisés de manière à bloquer le son des [harmoniques](#). la main peut aussi être utilisée lorsque toutes les cordes sont grattées.

Étouffé avec la paume main droite (*palm mute*) L'étouffé est obtenu par l'appui de la paume de la main droite (pour un guitariste droitier) sur les cordes entre le chevalet et la [rosace](#). L'effet résultant est un effet de « sourdine ».

Filtre Un filtre est un élément matériel ou logiciel permettant de modifier l'équilibre entre les fréquences d'un signal audio en atténuant, supprimant ou amplifiant une partie d'entre elles. Les filtres peuvent être dits «[filtre passe-bas](#) », «[filtre passe-haut](#) », «[filtre passe-bande](#) », etc. Le filtre constitue l'un des éléments de base de la synthèse sonore (notamment soustractive). L'effet de [wah-wah](#) correspond, la plupart du temps à un filtre passe-bande dont la fréquence de coupure est modifiée par l'action du/de la guitariste sur la pédale.

Filtre contrôlé en tension (*Voltage Controlled Filter*) Filtre électronique dont la fréquence de coupure est définie par la tension d'entrée.

Filtre passe-bande (*band-pass filter*) Un filtre passe-bande est un filtre qui laisse entendre une certaine bande de fréquences. Cette bande de fréquence est définie par une [fréquence de coupure](#) haute au-delà de laquelle les fréquences sont atténuées et une [fréquence de coupure](#) basse en-dessous de laquelle les fréquences sont atténuées.

Filtre passe-bas (*low-pass filter*) Un filtre passe-bas est un filtre qui, comme son nom l'indique laisse passer les basses fréquences et atténue les fréquences présentes au-delà de la [fréquence de coupure](#) du filtre.

Filtre passe-haut (*high-pass filter*) Un filtre passe-haut est un filtre qui laisse passer les hautes fréquences et atténue les fréquences présentes en-dessous de la [fréquence de coupure](#) du filtre.

Filtre résonant (*resonant filter*) Un filtre résonant est un [filtre](#) dont la fréquence de coupure peut être amplifiée.

Flanger Le flanger est un traitement sonore qui consiste à mélanger un son avec sa copie décalée dans le temps tout en appliquant une modulation sur le temps de retard (modulation généralement périodique et lente, créée par un LFO).

Folk Voir l'article « Folk music » très complet sur wikipedia : https://en.wikipedia.org/wiki/Folk_music.

Fonction de transfert Une fonction de transfert est un modèle mathématique permettant de définir la relation (l'équation) entre une valeur de sortie par rapport à une valeur d'entrée.

Force de Laplace la force de Laplace est la force électromagnétique qu'exerce un champ magnétique sur un élément conducteur parcouru par un courant. Cette force est celle qui met en vibration les cordes lorsque la guitare intègre un élément tel que le EBow ou un sustainer. C'est aussi celle qui est utilisée dans la première guitare électrifiée de George Breed.

Freeze (gel du son) Le *freeze* est un traitement sonore donnant l'impression que le son de la guitare dure indéfiniment. Ce traitement est obtenu soit par la lecture en boucle d'un court fragment de son enregistré, soit par des procédés d'analyse et de re-synthèse du son (technique utilisée par entre autre par Otso Lähdeoja (2010a)).

Fréquence centrale Fréquence au centre de la courbe de réponse d'un filtre de type passe-bande.

Fréquence d'échantillonnage (*sampling frequency*) La fréquence d'échantillonnage se mesure en Hertz et indique le nombre d'échantillons du signal analogique converti en données numériques par seconde.

Fréquence de coupure La fréquence de coupure d'un filtre est la fréquence à partir de laquelle s'applique l'atténuation du filtre. La fréquence de coupure est utilisé avec les filtres passe-haut, passe-bas ou coupe-bande. Dans le cas d'un filtre passe-bande on utilise le terme « fréquence centrale ».

Fréquence fondamentale Première harmonique de la [série harmonique](#) composant le timbre d'une note. La [fréquence fondamentale](#) est l'[harmonique](#) qui donne le nom à la note. Dans la littérature scientifique on pourra la trouver nommer F0.

Fuzz Le traitement sonore appelé *fuzz* est une distorsion forte du signal qui fait apparaître de nombreuses harmoniques supplémentaires. Mathématiquement, elle correspond à l'application au signal audio d'une fonction asymétrique. Ce traitement sera notamment popularisé par les groupes de rock des années 1960 et 1970.

Gizmotron Le Gizmotron est un système de mise en vibration infinie des cordes par le biais d'une approche électro-mécanique. Le dispositif est intégré sur la guitare au niveau du chevalet de l'instrument et embarque des touches (dans l'idée des touches d'un piano) au-dessus de chaque corde. Une fois enfoncées, les touches activent un moteur qui met en vibration une roue dentelée amenée par le même mouvement d'appui au contact de la corde. Le mouvement circulaire de la roue dentelée ainsi en contact avec la corde génère une vibration infinie de la (ou des) corde(s) dont les touches ont été enfoncées. Le Gizmotron, de par sa structure électro-mécanique, ne propose pas la mise en vibration à l'[octave](#) supérieure de l'[EBow](#) ou du *sustainer*.

Glissando Voir *portamento*.

Glissement (*glide*) Le *glide* est une interpolation entre deux valeurs définies. On retrouve ce paramètre notamment dans les séquenceurs ce qui permet d'opérer des transitions douces entre les différents pas du séquenceur évitant des changements de valeurs brutaux. Le *portamento* est un *glide* appliqué à la [hauteur](#) du son.

Glissé (*slide*) Le glissé (*slide*) correspond à une note attaquée dont la hauteur est altérée par glissement du doigt de la main qui frette les cordes vers une nouvelle case du manche. Cette technique peut-être réalisée à l'aide

d'un objet cylindrique en verre ou en métal (creux ou plein). La guitare *steel* ou la guitare *slide* sont des exemples d'instruments avec lesquels cette technique est exclusivement ou quasi-exclusivement utilisée.

Gratté (*strumming*) Pincement successif de plusieurs cordes. Cette technique peut-être réalisée par un (voir *rasgueado* ou plusieurs doigts lorsqu'elle utilise la main. Elle peut aussi être réalisée au médiator.

Gyroscope Un gyroscope est un capteur de position angulaire.

Générateur d'enveloppe Élément matériel qui permet d'appliquer une variation d'amplitude sur un temps défini (voir *enveloppe ADSR*) à un signal continu.

Générateur d'octave(s) (*octaver*) Un générateur d'octave (*octaver*) est un traitement de transposition du signal audio d'un ou plusieurs octaves. Le signal peut ainsi être transposé à une ou plusieurs octaves supérieures, inférieures. Des combinaisons d'octave sont possibles, le signal est alors transposé plusieurs fois, d'une ou plusieurs octaves, inférieures ou supérieures.

Harmonique Les *hauteurs* générées par un instrument de musique sont considérées comme des sons complexes composés de plusieurs ondes périodiques (plusieurs fréquences représentées par des pics dans une représentation graphique d'une transformée de Fourier) simples appelées aussi *partiels*. Dans le cas d'instruments générant des sons harmoniques, les différents harmoniques sont théoriquement des multiples entiers d'une fréquence principale (qui définit le nom de la note générée) appelée *fréquence fondamentale* (ou fondamentale). Dans le cas de sons inharmoniques, l'espace entre les différentes fréquences n'est pas entier.

Harmonique (technique de jeu) technique qui consiste à pincer la corde de la main droite en l'effleurant de la main gauche de manière à faire ressortir les différentes *harmoniques*. En effleurant la corde au-dessus des frettes XII, VII ou V on obtient respectivement l'octave, la quinte à l'octave et la deuxième octave par rapport à la note de la corde à vide sur laquelle est

jouée l'**harmonique**. Une adaptation de cette technique permet d'obtenir cet effet à partir d'autres notes de base (cf. **harmonique artificielle**). Cette technique de jeu ne doit pas être confondue avec les **harmoniques** d'un son.

Harmonique artificielle Cette technique consiste à faire ressortir les différentes **harmoniques** d'une note en effleurant la corde. La différence avec la technique **harmonique** de base est que la main gauche est utilisée pour fretter une note et la main droite est utilisée pour effleurer la corde (index) et pour la pincer (pouce).

Hauteur (*pitch*) La hauteur d'une note correspond à la fréquence en Hertz (Hz) de sa **fréquence fondamentale** réelle ou perçue. Suivant les types de musique une même note peut avoir des hauteurs différentes.

Impédance L'impédance d'un circuit avec une source de courant alternative (comme c'est le cas de la guitare) correspond à une approximation de la « résistance globale » d'un circuit. Cette résistance globale est le résultat de la présence des composants électroniques suivant : résistance (qui est aussi le nom d'un composant électronique), condensateur et inductance (**Robjohns, 2003**).

Interpolation L'interpolation est le procédé qui permet le passage continu d'une valeur numérique à une autre par le calcul des valeurs intermédiaires.

Kill-switch Le *kill-switch* correspond à un sélecteur utilisé comme un interrupteur pour ouvrir ou fermer le circuit sonore de la guitare et donc de faire entendre ou non le son de la guitare. L'alternance rapide entre la position ouverte et la position fermée procure un effet quelque peu radical de trémolo, notamment mis en avant par le guitariste Tom Morello dans le groupe Rage Against The Machine.

Latence (*latency*) La latence correspond au temps mis par la numérisation, l'analyse et le traitement du son. Lorsque ce temps est trop long, le musicien sent un décalage entre le moment où il a joué et le moment où il entend le son produit plural.

Legato ascendant (*hammer-on*) Le *legato* ascendant (*hammer-on*) est obtenu par le martèlement d'une corde par un doigt de la main gauche (pour un guitariste droitier).

Legato descendant(*pull-off*) Le *legato* descendant (*pull-off*) est obtenu en tirant une corde avec un doigt de la main gauche (pour un guitariste droitier).

LFO (ou *Low-Frequency Oscillator*) Oscillateur spécialisé dans les basses fréquences et offrant généralement des formes d'ondes typiques (sinusoïdale, triangle, carrée, etc.). Ce type d'oscillateur est utilisé comme signal de contrôle sur d'autres éléments comme dans le cas du *flanger* ou du *tremolo*.

Luth Le luth est un dérivé du oud qui arrive en Europe avec les invasions Maures. Comme lui, il a un fond bombé, un manche court, des cordes réparties en chœur. Le luth diffère cependant du **oud** sur plusieurs points : pour le luth les cordes sont en boyau ; le luth se joue au doigt ; le manche du luth est fretté.

Mandoline La mandoline est un instrument à cordes pincées constituée de six registres doubles avec une caisse de résonance bombée comme le luth. Son manche est court et fin et sa tessiture se situe dans le registre aigu.

Mandoloncelle Un mandoloncelle est un développement de la **mandoline** dans une tessiture plus grave.

MIDI Le MIDI ou Musical Instrument Digital Interface, est un protocole de communication entre des instruments électroniques (sampler, boîte à rythme, etc.) ou entre des interfaces de commande (**pédalier**, contrôleur MIDI, etc.) et des éditeurs audio. La norme MIDI définit aussi des formats de fichiers de séquences sonores et de partition numérique.

Mise en relation de paramètres (*mapping*) Programmation d'une ou plusieurs fonctions de transfert plus ou moins complexes entre des données gestuelles (réelles ou figurées par exemples par des signaux **LFO** ou **enveloppe ADSR**, par exemple) et des paramètres sonores, vidéos, ou autres. Il y a différents types de mapping: un-pour-un, plusieurs-pour-un, plusieurs-pour plusieurs,

un-pour-plusieurs (Wanderley et Depalle, 2004). Cette étape théorisée dans la recherche autour de la création de contrôleurs de synthèse sonore expressifs est cependant présent à d'autres échelles : les différents bois des guitares, les microphones de guitares électriques, les lampes triodes et les transistors, etc. sont autant de fonctions de transfert qui modifient l'impact des gestes sur le son perçu. La principale différence entre ces deux types de *mapping* est que celui des contrôleurs et des instruments augmentés est entièrement programmable.

Modulateur de phase (*phaser*) Un modulateur de phase est un traitement sonore qui applique plusieurs filtres souvent de type « passe-tout » (fonctionnant chacun à une fréquence spécifique) au signal de l'instrument et mélange le signal non traité au signal traité. Les fréquences du signal traité (dont les phases ont été modifiées par le filtre) et celles du signal non traitées s'annulent lorsque les deux signaux sont mélangés. Cette manipulation entraîne des coupures dans le spectre où les phases ont été modifiées.

Modulation en anneau (*ring modulation*) La modulation en anneau correspond à la modulation rapide de l'amplitude du signal traité par un signal continu (sinusoïdal, triangle, carré, etc.). Le traitement est le même que pour le *trémolo* dont la vitesse est plus lente.

Mordant Le mordant est un geste d'ornement qui correspond à un *trille* court de 3 notes.

Musique hawaïenne La musique hawaïenne est une musique provenant de l'île d'Hawaï qui est essentiellement basée sur des chants et des danses traditionnels. Elle devient très populaire aux États-Unis au début du XX^e siècle. C'est cette musique qui apporte aux États-Unis la pratique de la guitare *lap-steel*.

Musique surf (*surf music*) La musique surf est une forme de musique populaire associée à la culture du surf et qui apparaît au début des années 1960 principalement en Californie. Le son de cette musique est notamment due à l'utilisation de guitares et d'amplificateurs Fender pour la plupart.

Octave Une octave est un intervalle de 12 demi-tons (ou d'une gamme entière) et correspond à un rapport de fréquence de 2 pour 1.

Opérateur (synthèse FM) L'opérateur de la synthèse FM est l'unité de base de cette technique de synthèse. Il est composé d'un oscillateur, d'un amplificateur contrôlé en tension et d'un [générateur d'enveloppe](#) plural.

Ornementation L'ornementation est un procédé d'enrichissement d'une mélodie par l'ajout de notes ponctuelles par le biais de gestes spécifiques tels que le [trille](#) et le [mordant](#), par exemple.

Oscillateur (*oscillator*) L'oscillateur est la fonction de base des premiers synthétiseurs utilisant la synthèse soustractive. Plusieurs formes d'ondes peuvent être présentes parmi lesquelles : la sinusoïde, l'onde carrée, l'onde triangulaire ou l'onde en dents de scie. Ces formes d'ondes apportent chacune un contenu harmonique différent qui pourra ensuite être filtré et modulé par les autres éléments du synthétiseur.

Oscillateur contrôlé en tension (Voltage Controlled Oscillator) Oscillateur électronique générant un signal périodique dont la fréquence est définie par la tension d'entrée.

Oud Le oud est un instrument à corde pincées et qui est apporté en Europe par les invasions Maures. Son corps est bombé et son manche est beaucoup plus fin que celui du [luth](#) (qui dérive du oud). Son manche n'est pas fretté, ce qui permet de jouer les quarts et trois-quarts de ton. L'accordage est constitué de 5 registres doubles et d'un registre grave simple. Les cordes sont en métal et on joue de l'instrument avec un plectre.

Ouïe Trou dans la caisse de l'instrument en forme de *f* que l'on trouve notamment dans la famille des instruments à cordes frottées mais aussi sur les guitares *archtop*. Les ouïes permettent d'améliorer la projection sonore de l'instrument (par rapport à une ouverture ronde sur la caisse).

Overdrive Le traitement d'*overdrive* correspond à une distorsion harmonique par saturation. Elle constitue un type de distorsion léger au départ obtenue

par la mise en saturation par le volume de la guitare des lampes triodes présentes dans les amplificateurs à lampes.

Partiel un partiel correspond à une onde périodique simple composant un son complexe. Lorsque la fréquence de celui-ci est un multiple de la **fréquence fondamentale**, on l'appelle alors **harmonique**.

Pedalboard Le *pedalboard* permet de réunir et d'organiser facilement les unités de traitements sonores utilisées par le guitariste au sein d'une même structure physique. Par extension, il désigne l'ensemble créé par cette structure et par les pédales et **pédaliers** qu'elle accueille.

Plectre Le plectre est un élément utilisé pour pincer et donc mettre en vibration les cordes. Il peut être fait à partir de corne, de plastique, de matière synthétique, de métal, etc. et est d'une épaisseur plus ou moins prononcée.

Plugin Un *plugin* (ou module d'extension) est un programme qui s'insère et s'exécute dans une autre programme, que l'on appelle «hôte». Ce type de fonctionnement diffère de l'emploi d'une **bibliothèque** dans seule la partie correspondante à la fonction appelée est exécutée. Les *plugins* sont très communs dans la MAO puisque toutes les stations de travail audio numériques permettent d'en intégrer. Les normes de plugins audio les plus communes sont les normes VST, LV2, AU, RTAS et TDM, mais d'autres plus spécifiques viennent compléter la liste des formats disponibles.

Pontet Les pontets sont des pièces présentes sur les chevalet des guitares électriques sur lesquels reposent les cordes. A l'inverse du sillet des guitares acoustiques qui est une seule pièce sur laquelle toutes les cordes viennent s'appuyer, les pontets sont, dans la grande majorité, indépendants pour chaque corde. Ils possèdent une vis de réglage permettant d'ajuster précisément la tension de la corde.

Portamento Le portamento MIDI correspond à la possibilité de changer de notes de manière continue, créant une sorte de «glissement» d'une note à la suivante. Il peut aussi prendre le nom de *glide* ou de *glissando* suivant le

contexte dans lequel il est intégré. D'abord intégré dans les synthétiseurs ou retrouve cet effet dans certaines pédales d'effet (Electro-Harmonix Hogg ou Freeze par exemple).

Post-toucher (*aftertouch*) Ce paramètre de la norme MIDI permet, lorsqu'il est implémenté, d'envoyer des informations de pression appliquées à la touche durant tout le temps où celle-ci reste enfoncée.

Pédale d'expression (*expression pedal*) Une pédale d'expression est une pédale qui permet de contrôler de manière continue un ou plusieurs paramètres d'un traitement sonore. Sa forme est identique à une pédale de volume de n'importe quel instrument électrique.

Pédale Whammy (*whammy pedal*) Le terme «pédale Whammy» fait référence à une pédale de [transposition](#) développée par la marque Digitech, la Digitech Whammy. Cette pédale a pour particularité de posséder un contrôle continu actionnable au pied de même que les pédales *wah-wah* permettant de modifier l'intervalle de transposition.

Pédalier Pédalier est un terme générique pouvant être utilisé pour signifier différentes réalités. Dans le contexte de ce travail, il est essentiellement utilisé pour représenter des pédaliers de commande n'intégrant pas d'éléments sonores tels que : les pédaliers de contrôle générique MIDI, le pédalier de l'orgue ou encore le pédalier de changement de canal de certains amplificateurs. Il faut noter que, bien que ce terme soit la traduction directe du terme [pedalboard](#), ce dernier est utilisé dans notre texte pour signifier l'agencement de pédales de traitements sonores (et de pédale(s) d'expression ou de volume) utilisé par un instrumentiste donné. Le pédalier (de commande) peut être inclus dans le [pedalboard](#).

Rack Le *rack* correspond à une baie permettant d'accueillir des effets de studio dont la hauteur et la largeur sont standardisées. La largeur (19") est fixe et correspond à 482.6 mm. (elle peut cependant être divisée par deux pour certains modules). La hauteur est variable et le format de base (1U)

représente 44,5mm. Les formats suivants (2U, 3U, 4U, etc.) représentent plus ou moins des multiples de cette taille. Dire qu'un effet audio est au format *rack* signifie que son boîtier extérieur correspond à une de ces tailles standard.

Rasguaedo Technique issue du flamenco qui « utilise généralement seulement un doigt pour chaque gratté et développe plusieurs grattés successifs à partir de différents doigts, créant de fait un embellissement rythmique (Josel et Tsao, 2014, p. 70).

Registre Le registre d'un instrument correspond à l'ensemble des notes comprises dans les sous-ensembles grave, médium, aiguë ou suraigu. Pour ce qui est de la guitare, on peut rapprocher le registre grave aux deux cordes les plus graves de même que le registre aigu se retrouve au niveau des deux cordes les plus aiguës. Le registre médium, quant à lui se retrouve avec les deux cordes au centre de l'instrument. Notons que pour l'orgue ou le clavecin, le registre correspond à un choix de timbre particulier.

Rhythm'n'Blues Le *rhythm'n'blues* est un style musical dont l'appellation a fait référence à différents types de musique au fur et à mesure de son évolution. Dans les années 1950, par exemple, il fait essentiellement référence à des chansons afro-américaines avec des influences provenant du blues, du jazz et de la *soul*.

Rig Le *rig* d'un guitariste correspond à l'ensemble du matériel qu'il utilise. Cette liste inclut les différents modèles de guitares, ou d'amplificateurs ainsi que la liste des traitements sonores, applications et autre matériel.

Rock progressif Le rock progressif est un genre musical qui apparaît au Royaume-Uni et en Allemagne à la fin des années 1960 et qui découle du rock psychédélique. Il se distingue du rock'n'roll par une approche plus savante de la musique empruntant au jazz ou à la musique classique. Il est caractérisé notamment par des expérimentations en termes de rythme, de mélodie et d'instrumentation. Tubular Bells de Mike Oldfield (1973) intègre par exemple : 5 guitares (électriques et acoustiques), un ensemble de flûtes tra-

versières, deux claviéristes (utilisant orgues électriques ou synthétiseurs), 2 chanteurs interagissant chacun directement avec une table de mixage, un carillon tubulaire (composé de plusieurs tubes métalliques accordés et dont le son se rapproche de cloches), le tout dans une composition d'environ 25 minutes.

Rosace La rosace d'une guitare acoustique est l'ouverture de la caisse de résonance créée, généralement au centre de l'instrument, pour diffuser le son de la caisse de résonance vers l'auditoire.

Résolution de quantification (*bit depth*) La résolution de quantification est exprimée en nombre de bits et détermine le nombre de valeurs sur lesquelles le signal analogique est encodé.

Réverbération (ou *reverb*) « La réverbération d'un son est la somme des réflexions du son original sur les parois d'un espace clos. C'est un indice perceptif fort qui nous permet de reconnaître le type de lieu. » (Verfaille, 2001, p. 19.) Le traitement sonore de réverbération permet de modifier la perception du lieu dans lequel le son de l'instrument est diffusé. La réverbération est l'un des premiers traitements sonores avec le **trémolo** que l'on trouve dans les amplificateurs guitare. Au départ acoustique, la réverbération est aujourd'hui généralement artificielle et générée par des logiciels ou appareils spécifiques.

Scordatura Action de désaccorder très fortement les cordes de manière à pouvoir jouer avec les **timbres** générés en partie par la mollesse des cordes détendues.

Sillet Le sillet est une pièce du chevalet sur laquelle les cordes d'une guitare acoustique viennent s'appuyer avant d'être fixées au **chevalet**.

Sillet de tête Le sillet de tête est l'élément sur lequel reposent les cordes à la jonction entre le manche et la tête de l'instrument.

Slap Technique qui consiste à frapper (avec le côté du pouce) ou à tirer (avec les autres doigts) les cordes fortement de manière à ce qu'elles claquent

contre le manche de l'instrument. Cette technique très présente dans la pratique de la guitare basse se retrouve ici et là dans la pratique guitaristique.

Slide Le *slide* est tube métallique creux dans lequel on insère un doigt de la main gauche frettant les cordes et que l'on fait glisser sur les cordes pour obtenir une variation continue de la hauteur entre deux notes. Il en existe de différentes tailles. Le *slide* est l'équivalent métallique du *bottleneck*.

Sonie (ou bruyance) (*loudness*) Grandeur psychoacoustique représentant le volume sonore perçu. Elle s'exprime en Sones.

Soul La *soul* est un style musical afro-américain qui intègre les influences du gospel au *rhythm 'n' blues*.

Spectre de puissance instantané (*instantaneous power spectrum*) Le spectre de puissance instantané correspond à l'énergie présente dans chaque bande de fréquence du spectrogramme à un instant donné.

Stéréophonie Se reporter à *diffusion stéréophonique*.

Suiveur d'enveloppe (*envelope follower*) Un suiveur d'enveloppe est une approximation (s'appliquant sur une portion, ou fenêtre, plus ou moins longue) des variations de l'amplitude d'un signal sonore. Celui-ci peut se trouver soit sous forme électronique, soit sous forme logicielle.

Sustainer Le *sustainer* est un terme générique désignant un système de mise en vibration infinie des six cordes simultanément (à l'inverse du *Gizmotron*). La volonté de ne pas mettre en vibration la totalité des cordes entraîne la nécessité de bloquer les cordes exclues de la vibration. Le *sustainer* peut se présenter sous la forme d'un microphone simple ou double bobinage et s'intègre en remplacement de celui-ci. Un interrupteur permettant d'activer ou de désactiver la vibration infinie et un sélecteur permettant d'activer le mode fondamentale (vibration à la fréquence de la note jouée) ou le mode harmonique (vibration à l'*octave* supérieure) complète le système.

Synthèse granulaire (*granular synthesis*) La synthèse granulaire est une technique de synthèse sonore visant à générer des textures sonores complexes à partir de «grains». Ces grains correspondent à des échantillons sonores d'une durée comprise entre 10 et 100 ms, chaque grain ayant une enveloppe d'amplitude indépendante. Divers paramètres (**hauteur**, amplitude, position de la tête de lecture) peuvent varier d'un grain à l'autre. La technique de la synthèse granulaire permet entre autre de jouer sur la densité des grains au cours du temps. Cette technique peut aussi être utilisée comme un traitement sonore à part entière, sans volonté de vouloir recréer des sonorités existantes.

Séquenceur (*sequencer*) Un séquenceur est un système permettant la lecture d'une séquence à un certain tempo. La séquence correspond à une suite de valeurs discrètes (les «pas») d'un paramètre sonore (on parle aussi de séquenceur à pas ou *step sequencer*). Il permet donc d'automatiser une série de commandes (que ce soit les **hauteurs** d'un signal carré, la lecture d'enregistrements sonores, le lancement d'une **enveloppe ADSR**, le changement d'instruments de synthèse, la lecture des différentes notes d'une partition **MIDI**, etc.) dans le temps. Ce type de système diffère de la modulation qui est une variation continue de la valeur d'un paramètre sonore.

Série harmonique Ensemble des **harmoniques** (multiples entiers de la **fréquence fondamentale**) compris dans un son complexe. Le premier élément est de la série est la **fréquence fondamentale**, la deuxième l'octave, la troisième la quinte à l'octave, la quatrième la deuxième octave, etc.

Tablature Une tablature est une forme de partition qui contient une représentation de chaque corde sous forme de ligne. Sur ces lignes sont notées le numéro des cases sur lesquels les doigts doivent appuyer pour exécuter les notes concernées.

Table d'harmonie (*soundboard*) La table d'harmonie d'une guitare acoustique est la partie de la caisse de l'instrument qui est directement liée au

chevalet. Elle reçoit donc les vibrations des cordes par l'intermédiaire du chevalet. Sa surface importante amplifie le son de celles-ci mais en diminue la tenue.

Tamburo Croisement de deux cordes opéré par la main qui frette, dans le but d'obtenir une sonorité proche de la caisse claire de la batterie (Josel et Tsao, 2014, p. 164).

Tapping Le *tapping* est une technique de jeu qui consiste à fretter une corde de manière percussive avec suffisamment de force pour la mettre en vibration sans avoir à la pincer. Cette technique permet à la main qui frette de devenir main d'attaque et non uniquement une main de sélection.

Tenue du son (*sustain*) La tenue du son ou *sustain* d'un instrument correspond au temps que dure la note une fois qu'elle a été pincée. Cet élément dépend des instruments, de leurs éléments de facture et de leurs qualités de fabrication. D'autre part, le sustain est le troisième élément pouvant être paramétré dans une [enveloppe ADSR](#).

Théorbe Le théorbe est cet instrument populaire à la Renaissance et à la période Baroque qui pourrait être considéré comme un [luth](#) augmenté par 6 à 8 cordes basses non frettées. Les cordes ajoutées peuvent être très longues (d'environ quelques dizaines de centimètres à environ 2m !), le manche est alors étendu dans sa longueur pour soutenir les cordes ajoutées.

Timbre Le timbre d'un instrument est ce qui permet à l'oreille de différencier deux instruments qui joueraient la même note. En termes de traitement du signal, le timbre correspond d'une part à une [enveloppe spectrale](#) particulière et d'autre part à l'évolution de cette enveloppe dans le temps.

Time-stretching Le *time-stretching* est un procédé permettant d'augmenter ou de ralentir la vitesse d'un [échantillon](#) audio sans en altérer la [hauteur](#).

Tiré de corde (*bend*) Le tiré de corde correspond à une note attaquée par la main droite dont la hauteur est altérée en faisant glisser la corde sur la frette avec la main gauche (pour un guitariste droitier).

Tonebar Le *tonebar* est un élément métallique en grande partie de forme tubulaire surmonté d'un élément de forme rectangulaire utilisé avec les guitares *steel*, *lap-steel* ou *steel* à pédales et/ou à console. Cet élément remplit la même fonction que le *bottleneck* ou le *slide* en permettant une transition continue en terme de hauteur entre les différentes notes. Sa forme entraîne cependant une prise en main différente que pour le *bottleneck* ou le *slide*: la partie rectangulaire de celui-ci possède une face concave permettant d'accueillir le majeur dont le positionnement est conforté par la pression de l'index et de l'annulaire sur les faces latérales de cette même partie rectangulaire.

Touche (*fretboard*) La touche est la partie plate d'un manche d'une guitare sur laquelle les frettes sont intégrées. Le bois utilisé pour la touche peut être identique ou différent de celui du manche.

Transposition (*pitch shifting*) La transposition est le changement de la hauteur de la note jouée par un intervalle prédéfini.

Trille Le trille est un geste d'ornement (voir *ornementation*) qui correspond au jeu rapide d'une note d'une mélodie avec une note conjointe avec un intervalle d'un ton ou d'un demi-ton, ascendant ou descendant.

Trémolo (*technique de jeu*) Le trémolo est une technique permettant de répéter rapidement une même note. Cette technique se réalise de deux façons différentes suivant le type de cordes utilisé. Avec les cordes en nylon, le pincement successif d'une même corde est opéré par l'annulaire, le majeur et l'index de manière répétitive. Le pouce peut alors être adjoint à ce mouvement mais est généralement utilisé pour jouer l'accompagnement sur les autres cordes. Cette dualité de gestes et de timbres différents apportent la sensation de la présence de deux instruments jouant en même temps. La tension plus élevée des cordes métalliques rend difficile la réalisation du trémolo par cette technique. Avec ce type de cordes, un plectre est alors utilisé et seul l'aspect de répétition rapide est conservé.

Trémolo (traitement sonore) Le trémolo correspond à une modulation lente, par le biais d'un (LFO), de l'amplitude du signal traité.

Tête (*headstock*) La tête de la guitare correspond à la partie située en amont du manche et sur laquelle sont fixées les mécaniques de fixations des cordes. Certains modèles de guitares n'ont pas de tête (les guitares de la marque Steinberger constituent un exemple de guitare électrique *solidbody* sans tête), les mécaniques sont donc fixées d'une autre manière.

Tête d'amplification (*head*) Forme d'amplificateur qui n'intègre que la pré-amplification et l'amplification de puissance. La fonction de diffusion du son est laissée au baffle.

Vibrato (*barre de*) Une barre (ou bras) de vibrato est une solution mécanique reliée aux cordes de l'instrument par le chevalet et qui permet de tendre ou de détendre les cordes, modifiant ainsi la hauteur de la ou des notes jouées.

Vibrato (technique de jeu) Le vibrato en tant que technique de jeu consiste à entretenir la durée du son d'une note lorsqu'elle est générée (par pincement ou frottement), en effectuant un mouvement oscillatoire perpendiculaire à la corde avec le doigt qui frette la corde. Ce mouvement a pour conséquence de modifier légèrement la fréquence de la note jouée. On retrouve cette technique utilisée dans les pratiques de *glissé* avec objets tels que le *slide*, *bottleneck* ou encore le *tonebar*. Il est dans ces pratiques quasi obligatoire (notamment avec le *slide* et le *bottleneck*) de par l'étouffement de la corde inhérent à ces prothèses. Si l'attaque et le déplacement des objets maintiennent la corde en vibration, l'arrêt de l'un ou l'autre signifie très rapidement l'arrêt du son. Cette technique est donc nécessaire dans ce contexte pour obtenir des notes d'une durée plus longue. Ce terme est, d'autre part, aussi utilisé pour faire référence au traitement sonore produisant le même effet *vibrato* (traitement sonore).

Vibrato (traitement sonore) Le terme vibrato employé comme traitement sonore correspond à la modification à intervalle régulier de la fréquence de

la note jouée par un signal continu (de forme sinusoïdale, triangle, carrée, etc.). Ce traitement sonore est l'équivalent, avec cependant plus de possibilités sonores, de la technique de jeu utilisée chez les instruments à cordes (cf. **vibrato** (techniques de jeu)) ou encore, à la guitare de l'utilisation de la **barre de vibrato**.

Vihuela La vihuela est un instrument qui se rapproche de la guitare latine par sa forme. Elle possède 6 **chœurs** simples accordés en quarte comme le **luth**. Elle est jouée aussi bien au doigt, au plectre ou à l'archet.

Viole de gambe La viole de gambe est un instrument cousin de la famille des violons et de la famille des guitares. En effet, elle s'utilise avec un archet et intègre des frettes sur son manche. Elle dispose de 7 **registres** accordés en tierce et en quarte.

Violoncelle Le violoncelle est un instrument de la famille à cordes frottées. Sa tessiture se situe entre la contrebasse et le violon alto. Sa taille plus importante que celle du violon induit un jeu avec l'instrument placé à la verticale. L'instrumentiste, quant à lui est assis.

Vièle (ou vielle) La vièle est un instrument à cordes frottées dont la forme oblongue sera précurseur de la forme de la guitare classique. Elle se positionne principalement à l'épaule, comme un violon, mais aussi verticalement posée sur une cuisse. L'accordage de cet instrument peut être accompagné d'une ou deux cordes placées en dehors du manche.

VST ou Virtual Studio Technology Norme de plug-in de traitement sonore développée par Steinberg en 1982 qui permet de concevoir des programmes de traitement, de synthèse ou d'analyse sonore pouvant être intégrés dans des applications hôtes (comme des **séquenceurs** et des éditeurs audio).

Vélocité (*velocity*) La vélocité correspond à la vitesse avec laquelle les notes sont jouées.

Wah-wah L'effet wah-wah tire son nom d'un rapprochement avec la sonorité de la voix humaine prononçant le son « oua ». Il correspond à la modula-

tion de la fréquence de résonance d'un [filtre passe-bande](#) de petite bande passante (Verfaille, 2003, p.83) (filtre qui ne laisse entendre qu'une plage de fréquences spécifique du son auquel il est appliqué) avec un mouvement répété de va-et-vient. Ce mouvement de va-et-vient est obtenu pour la guitare électrique par l'utilisation d'une pédale de contrôle continu connectée aux composants électroniques formant le filtre.

Bibliographie

- Abeßer, J., Balke, S., Frieler, K., Pfeiderer, M., et Müller, M. (2017). Deep learning for jazz walking bass transcription. In *Proceedings of the AES International Conference*.
- AcousticLife (2018). A resonator guitar crash course (at63). Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=y48zS6rgGf8>.
- Albouy, A. et Letz, S. (2017). Faust audio DSP language for JUCE. In Cicaliato, V., Orlarey, Y., et Pottier, L., editors, *Linux Audio Conference*, pages 61–68, Saint-Etienne, France. CIEREC. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02158740>.
- Anderton, C. (1975). *Electronic Projects For Musicians*. Amsco Publications.
- Andrews, R. (1997). Center for new music & audio technologies (cnmat) : Studio report. In *Proceedings of the 1997 International Computer Music Conference, (ICMC) 1997, Thessaloniki, Greece, September 25-30, 1997*. Michigan Publishing.
- apollomusicsservice (2014). A few days ago in my service popped in lgxt godin guitar for repair. freestompboxes.org. [Article «*RMC - Poly-Drive X [schematic]* »]. Freestompboxes.org : <https://www.freestompboxes.org/viewtopic.php?t=24545>.
- Atkinson, G. (1998). *The History and Artistry of NATIONAL Resonators Instruments*, chapter The Search For Amplification, pages 47–48. Centerstream Publishing.

- Aubert, O. et Prié, Y. (2005). Advene : active reading through hypervideo. *Proceedings of ACM Hypertext'05*, pages 235–244.
- Bacon, T. (2006). *Six Decades of the Fender Telecaster*. Quantum Publishing Ltd. Version française : « La légende Telecaster », 2012, Art et Images.
- Ball, A. (2020). Electromotive - the story of arp instruments. YouTube. <https://youtu.be/131RXiVSI9s>.
- Bates, E., Furlong, D., et Dennehy, D. (2008). Adapting Polyphonic Pickup Technology for Spatial Music Performance. In *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC)*.
- Beauchamp, G. (1937). Electrical stringed musical instrument. US Patent 2089171A, 2 juin 1934, <https://patents.google.com/patent/US2089171A/en?q=U.S.2089171>.
- Benett, A. et Dawe, K. (2001). *Guitar Cultures*. Berg.
- Bevilacqua, F., Rasamimanana, N., Fletty, E., Lemouton, S., et Baschet, F. (2006). The augmented violin project : research, composition and performance report. In IRCAM, editor, *Proceedings of the 2006 Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME06)*.
- Blessner, B. A. et Bader, K.-O. (1980). Electric reverberation apparatus. US Patent 4181820A, 29 avril 1977, <https://patentimages.storage.googleapis.com/95/5c/c3/d4e04d0022ce0f/US4181820.pdf>.
- Bongers, B. (2000). *Trends in Gestural Control of Music*, chapter Physical Interfaces in the Electronic Arts. Interaction Theory and Interfacing Techniques for Real-time Performance, pages 41–70. IRCAM - Centre Pompidou, Paris.
- Bosseur, J.-Y. (1993). *John Cage / Jean-Yves Bosseur ; suivi d'entretiens avec Daniel Caux et Jean-Yves Bosseur*. Musique ouverte. Minerve, Paris.

- Breed, G. (1890). breed. US Patent 435679, 2 septembre 1890, <https://www.google.com/patents/US435679>.
- Bricout, R. (2009). *Les enjeux de la lutherie électronique : de l'influence des outils musicaux sur la création et la réception des musiques électroacoustiques*. Thèse de doctorat, Université de Lille, Laboratoire CEAC.
- Bricout, R. (2011). Les interfaces musicales : la question des « instruments aphones ». In *Methodos [en ligne]*, volume 11. <https://journals.openedition.org/methodos/2493>.
- Brossier, P. (2006). *Automatic annotation of musical audio for interactive systems*. Thèse de doctorat, Centre for Digital music, Queen Mary University of London. Chapter 3, Pitch Analysis.
- Brozman, B., Dopeyra, J. J., Smith, R. R., et Atkinson, G. (1993). *The History and Artistry of National Resonator Instruments*. Centerstream Publications.
- Buffa, M., Lebrun, J., Kleimola, J., Larkin, O., Pellerin, G., et Letz, S. (2018). Wap : Ideas for a web audio plug-in standard. In *Web Audio Conf*, Berlin, Germany.
- Burrows, T. (2013). *1001 Guitars to Dream of Playing Before You Die*. Quintessence.
- Busoni, F. (1907). *Sketch of a New Esthetics of Music*. Precinct.
- Böck, S., Krebs, F., et Widmer, G. (2015). Accurate Tempo Estimation based on Recurrent Neural Networks and Resonating Comb Filters. *Proceedings of the 16th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR'15)*.
- Cadoz, C. (1994). Le geste canal de communication homme/machine - la communication "instrumentale". In *Revue des Sciences et Technologies de l'Information - Série TSI : Technique et Science Informatiques*, volume 13, pages 31–61. Lavoisier.

- Cadoz, C. (1999). Continuum énergétique du geste au son - Simulation multisensorielle interactive d'objets physiques. In Vinet, H. et Delalande, F., editors, *Interfaces homme-machine et création musicale*, pages 165–181. HERMES.
- Charles, J.-F. (2008). A Tutorial on Spectral Sound Processing Using Max/MSP and Jitter. *Computer Music Journal*, 32(3) :87–102.
- Charnassé, H. (1985). *La guitare. Que sais-je?* Presses Universitaires de France, 108, boulevard Saint-Germain, 75006 Paris.
- Chowning, J. M. (1973). The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation. *Journal of the Audio Engineering Society*, 21 :1–10.
- Coelho, V. A., editor (2003). *The Cambridge Companion to the Guitar*. Cambridge University Press.
- Cotro, V. (2004). Jazz : les enjeux du supports enregistré. *Les cahiers de médiologie n°18*, Révolutions industrielles de la musique(18).
- Dawe, K., editor (2010). *The New Guitarscape in Critical Theory, Cultural Practice and Musical Performance*. Ashgate.
- de Cheveigné, A. et Kawahara, H. (2002). YIN, a fundamental frequency estimator for speech and music. *Journal of the Acoustical Society of America*, 111(4) :1917–1930.
- De Souza, J. (2018). Fretboard Transformations. *Journal of Music theory*, 62(1) :1–39.
- Debray, R. (1994). *Manifestes Médiologiques*. Gallimard.
- Debray, R. (1998a). Histoire des quatre m. *Les cahiers de la médiologie*, 2(6) :7–25.
- Debray, R. (1998b). *Les cahiers de la médiologie (n° 6) : Pourquoi des médiologues?*, chapter III. Abécédaire & partis pris, pages 263–283. Number 2. Gallimard. <https://www.cairn.info/revue-les-cahiers-de->

- [mediologie-1998-2-page-263.htm](#).
- Debray, R. (2000). *Introduction à la médiologie*. PUF.
- Denis, G. (2016). Link wray, à la poursuite du son sale et sauvage. In *Actes du colloque "Quand la guitare [s']électrise!" (à paraître)*. Philharmonie de Paris.
- Denyer, R. (1987). Using the Stepp DG1. *Studio Sound*, pages 108–113.
- Dorfer, M., Henkel, F., et Widmer, G. (2018). Learning to listen, read, and follow : score following as a reinforcement learning game. In *19th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR)*.
- Eisenstein, S. M. et Nijny, V. (1989). *Leçons de mise en scène*. Collection Ecrits-Ecran. La Femis.
- Elantric (2008a). Gk internal wiring sheet. vguitarforums.com. [Commentaire #5 sur l'article «GK Schematics»]. VGuitarforums. <https://www.vguitarforums.com/smf/index.php?topic=73.msg3281#msg3281>.
- Elantric (2008b). Must also provide +5vdc on (synth vol) pin 8 - else you will get no sound from the connectedgk processor. vguitarforums.com. [Commentaire #1 sur l'article «GK Schematics»]. VGuitarforums. <https://www.vguitarforums.com/smf/index.php?topic=73.msg115#msg115>.
- Elantric (2008c). Vg-99 - frequently asked questions <http://www.roland.com/v-guitar/>* must join [vguitarforums](http://vguitarforums.com) to view, download / upload file attachments. vguitarforums.com. [Article «VG-99 F.A.Q.»]. VGuitarforums. <https://www.vguitarforums.com/smf/index.php?topic=13.0>.
- Elgart, M. et Yates, P. (1990). *Prepared Guitar Techniques*. California Guitar Archives.
- Foulon, R., Roy, P., et Pachet, F. (2014). *Automatic Classification of Guitar Playing Modes*, volume LCNS 8905, pages 58–71. Springer, Marseille, France,

- Lectures N edition.
- Freed, A., Wessel, D., et Zbyszynski, M. (2006). Augmenting the cello. In *Proceedings of the 2006 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME06)*, Paris, France.
- Gräf, A. (2013). Creating LV2 Plugins with Faust. In *Linux Audio Conference (LAC-13)*, Graz, Austria.
- Graham, R. (2010). The Effects of Polyphonic Technology on Contemporary Electric Guitar Performance. *Society for Musicology in Ireland Postgraduate Conference*, 22.
- Graham, R. (2011). A Live Performance System in Pure Data : Pitch Contour as Figurative Gesture. In *Proc.of Pure Data Convention*, Bauhaus-Universität, Weimar, Germany.
- Graham, R. (2012a). *Expansion of electric guitar performance : Praticce throught the application and development of interactive digital music system*. Thèse de doctorat, Faculty of Creative Arts, University of Ulster.
- Graham, R. (2012b). Expansion of electric guitar performance : Praticce throught the application and development of interactive digital music system.
- Graham, R., Harding, J., Londonderry, D., et Ireland, N. (2015). SEPTAR : Audio Breakout Circuit for Multichannel Guitar. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, pages 241–244.
- Gruhn, G. et Carter, W. (1994). *Electric Guitars and Basses : A Photographic History*. Backbeat Books.
- GuitarBuilder (2018). I like your thinking, vance! here's my suggestion for a eurorack module starting line-up for each string : Vcf (\$100). vguitarforums.com. [Commentaire #50 sur l'article «Any hexaphonic fx processors with individual string outputs ?»]. [VGuitarforums](https://www.vguitarforums.com). <https://www.vguitarforums.com>.

- vguitarforums.com/smf/index.php?topic=20793.25.
- GuitarPlayerMagazine (2006). Dominic Frasca. Guitar Player Magazine. Retrieved from <https://web.archive.org/web/20110923071610/http://www.dominicfrasca.com/Guitarplayer.htm>.
- Hill, M. (2008). George Breed and his electrified guitar of 1890. *The Galpin Society journal*, LXI :192–203.
- Hoag, R. R. (1971). Light responsive transducer for musical instruments. Canadian Patent 921738A, 9 mars 1970, <https://patents.google.com/patent/CA921738A/un>.
- Hopkin, B. et Landman, Y. (2012). *Nice Noise : Modifications and Preparations for Guitar*. Experimental Musical Instruments.
- Humphrey, E. J., Salamon, J., Nieto, O., Forsyth, J., Bittner, R. M., et Bello, J. P. (2014). Jams : A json annotated music specification for reproducible mir research. *Proceedings of the 15th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR 2014)*.
- Hunter, D. (2004). *Guitar Effect Pedals : The Practical Handbook*. Backbeat Books.
- Hunter, D. (2008). *The Guitar Pickup Handbook : The Start of your Sound*. Backbeat Books.
- Husserl, E. (1964). *Leçons pour une phénoménologie de la conscience intime du temps*. PUF.
- Jehan, T. (2001). Perceptual synthesis engine :an audio-driven timbre generator. Thèse de master, Massachusetts Institute of Technology (MIT).
- Josel, S. F. et Tsao, M. (2014). *The Techniques of Guitar Playing*. Barentreiter.
- Kakehashi, I. (1976). Electrical string-instrument. Japan patent 51071618A, 16 juin 1976, <https://patents.google.com/patent/US4137811>.

- Karki, J. (2000). Signal Conditioning Piezoelectric Sensors. techreport, Texas Instrument. <https://www.ti.com/lit/an/sloa033a/sloa033a.pdf>.
- Kehling, C., Abeßer, J., Dittmar, C., et Schuller, G. (2014). Automatic Tablature Transcription of Electric Guitar Recordings by Estimation of Score- and Instrument-Related Parameters. *Proc. of the 17th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx-14)*, pages 1–8.
- Kipp, M. (2012). *Multimedia Information Extraction*, chapter Multimedia Annotation, Querying and Analysis in ANVIL, pages 351–368. Number 21. John Wiley and Sons.
- Knoblauch, A. F. (1938). Pick-up device for electrical musical instruments. US Patent 2119584, 12 septembre 1935, <https://patents.google.com/patent/US2119584A/en>.
- Lähdeoja, O. (2008). An Approach to Instrument Augmentation : the Electric Guitar. In *Proceedings of the 2008 Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME08)*.
- Lähdeoja, O. (2009). Augmenting chordophones with hybrid percussive sound possibilities. In *Proceedings of the 2009 Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME09)*.
- Lähdeoja, O. (2010a). La guitare électrique augmentée : cadre de travail et stratégies pour la conception d’un instrument augmenté. *Appareil [en ligne]*, 5. <https://journals.openedition.org/appareil/1016>.
- Lähdeoja, O. (2010b). *Une approche de l’instrument augmenté : La guitare électrique*. Thèse de doctorat, École Doctorale Esthétique, Sciences et Technologies des Arts, Paris 8.
- Lähdeoja, O., Reboursière, L., Drugman, T., Dupont, S., Picard, C., et Riche, N. (2012). Détection des techniques de jeu de la guitare. In *Actes des Journées Informatique Musicale*.

- Laliberté, M. (1999). Archétypes et paradoxes des nouveaux instruments. In Genevois, H. et Vivo, R. D., editors, *Les Nouveaux gestes de la musique*, pages 121–138. Editions Parenthèses, Marseille.
- Laliberté, M. (2004). Origines et devenir des "nouvelles technologies musicales". In Barbanti, R., Lynch, E., Pardo, C., et Solomos, M., editors, *Musiques, arts et technologies : pour une approche critique*, volume Musique-Ph, pages 347–360. L'Harmattan, Paris.
- Laliberté, M. (2004). *Musiques, arts et technologies : pour une approche critique*, chapter Origines et devenir des « nouvelles technologies musicales», pages 347–360. Musique-Philosophie. l'Harmattan, Paris.
- Laliberté, M. (2006). *Archétypes instrumentaux, analyse et composition musicale. Bilans et prospective*. Habilitation à Diriger des Recherches, sous la direction d'Horacio Vaggione, Université de Paris-8. 3 volumes et 2cd, 349 pages.
- Laliberté, M. (2010). Notations pour la guitare électrique. *Appareil [en ligne]*, 5. <https://journals.openedition.org/appareil/1017>.
- Leeuw, H. (2009). The Electrumpet, a hybrid electro-acoustic instrument. In *Proceedings of the 2009 New Interface for Musical Expression*.
- Lemme, H. (2020). *Electric Guitar : Sound secrets and Technology*. Elektor Publication.
- Leroi-Gourhan, A. (1964). *Le geste et la parole : I. Technique et langage*. Albin Michel.
- Letz, S., Orlarey, Y., Michon, R., et Fober, D. (2020). HYBRIDIZING FAUST AND SOUL. In *International Faust Conference*, Paris, France.
- Lewin, D. (1986). Music Theory, Phenomenology, and Modes of Perception . *Music Perception : An Interdisciplinary Journal*, 3(4) :327–392.

- Libin, L. (2014). *Grove Dictionary of Musical Instruments*. Oxford University Press Inc.
- Loar, L. A. (1935). Stringed musical instrument. US Patent 2025875A, 27 janvier 1934, <https://patents.google.com/patent/US2025875A/en?q=US2025875>.
- Lux, M. et Orkin, D. (2021). The Pedal Movie. Google Play, iTunes store. https://play.google.com/store/movies/details/The_Pedal_Movie?id=_4px4ImPOxA.P.
- MacMillan, J. et MacMillan, G. (1913). Improvements relating to Violins and like Stringed Instruments. GB Patent 191212898A, 1 juin 1912, <https://patents.google.com/patent/GB191212898A/en?q=J+McMillan&assignee=James+Mcmillan&before=priority:19121231&after=priority:19120101>.
- McLuhan, M. (1964). *Understanding the Media : the extensions of man*. McGraw-Hill, New-York.
- Merlier, B. (2006). *Vocabulaire de l'espace en musiques électroacoustiques*. Musique/Pédagogie. Éditions Delatour France, Éditions delatour france edition.
- Merzeau, L. (1998). Ceci ne tuera point cela. *Les Cahiers de Médiologie*, 2(6) :27-39.
- Metheny, P. (2010). Pat metheny - the orchestrion epk. YouTube.
- Michalevsky, Y., Smith, J. O., et Best, A. (2014). Extending the Faust VST Architecture with Polyphony, Portamento and Pitch Bend. In *Linux Audio Conference (LAC-14)*, Karlsruhe, Germany.
- Michels, U. (1977). *Guide Illustré de la musique*. Fayard.
- Michon, R. (2013). FAUST2ANDROID : A FAUST ARCHITECTURE FOR ANDROID. In *Proc. of the 16th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx-13)*, Maynooth, Ireland.

- Michon, R., Orlarey, Y., Letz, S., et Fober, D. (2019). Real Time Audio Digital Signal Processing With Faust and the Teensy. In *Sound and Music Computing Conference (SMC-19)*, Malaga, Spain.
- Michon, R., Overholt, D., Letz, S., Orlarey, Y., Fober, D., et Dumitrascu, C. (2020). A Faust Architecture for the ESP32 Microcontroller. In *Sound and Music Computing Conference (SMC-20)*, Turin, Italy.
- Miranda, E. et Wanderley, M. (2006). *New digital musical instruments : control and interaction beyond the keyboard*, volume 21 of *The computer music and digital audio series*. Middleton, Wisconsin, a-r editio edition.
- Mitri, D. D., Schneider, J., Klemke, R., Specht, M., et Drachslar, H. (2019). Read Between the Lines : An Annotation Tool for Multimodal Data for Learning. *Proceedings of the 9th International Conference on Learning Analytics & Knowledge - LAK19*, page 51–60. New York, NY, USA : ACM.
- Mitrović, D., Zeppelzauer, M., et Breiteneder, C. (2010). Features for content-based audio retrieval. *Advances in Computers*, 78 :71–150.
- mooncaine (2018). re : the name :how about multichannel pickup? vguitarforums.com. [Commentaire #52 sur l'article «*Any hexaphonic fx processors with individual string outputs?*»]. VGuitarforums. <https://www.vguitarforums.com/smf/index.php?topic=20793.25>.
- Mulhern, T. (1995). Guitar synthesizers : What went wrong? *Musician Magazine*.
- Nadar, C.-R., Abeßer, J., et Grollmisch, S. (2019). Towards CNN-based acoustic modeling of seventh chords for automatic chord recognition. In *Proceedings of the 16th International Conference on Sound And Music Computing (SMC)*.
- Nakamura, E., Benetos, E., Yoshii, K., et Dixon, S. (2018). Towards complete polyphonic music transcription : Integrating multi-pitch detection and rhythm quantization. *Proceedings of the 2018 IEEE International Confe-*

- rence on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP).
- Navarret, B. (2013). *Caractériser la guitare électrique : définitions, organologie et analyses de données verbales*. Thèse de doctorat, Université Paris 8.
- New York Guitar Festival (2006). Dominic Frasca at the New York Guitar Festival. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=7N4QqCJp0qM>.
- Noonan, J. J. (2008). *The Guitar in America : Victorian Era to Jazz Age*. University press of Michigan.
- O'Donnell, B. (1988). Yamaha G10. *Music Technology*. <https://www.muzines.co.uk/articles/yamaha-g10/347>.
- Orlarey, Y., Fober, D., et Letz, S. (2009). FAUST : an Efficient Functional Approach to DSP Programming. In FRANCE, E. D., editor, *New Computational Paradigms For Computer Music*, pages 65–96. DELATOUR FRANCE.
- Pachet, F., Roy, P., Moreira, J., et d'Inverno, M. (2013). Reflexive loopers for solo musical improvization. *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (2013)*.
- Palacio-Quintin, C. (2012). *Circuit*, volume 22, chapter Composition interactive : du geste instrumental au contrôle de l'électronique dans Synesthesia 4 : Chlorophylle, pages 25–40.
- Palmer, R. (1992). *Present Tense : Rock & Roll and Culture*, chapter The Church of the sonic guitar, pages 13–38. Duke University Press.
- Pfleiderer, M., Frieler, K., et Abeßer, J. (2017). *Inside the Jazzomat - New perspectives for jazz research*. SCHOTT MUSIC GmbH & Co. KG / Schott Campus.
- Puckette, M. (2007). Patch for guitar. In *Pd-convention*.
- Quintans, S. (2010). La guitare électrique comme moyen de création au sein d'un réseau d'outils compositionnels. *Appareil [en ligne]*, 5. <https://journals.openedition.org/appareil/1021?lang=en>.

- Reboursière, L. et Dupont, S. (2013). EGT : Enriched Guitar Transcription. pages 163–168. Springer International Publishing.
- Reboursière, L., Lähdeoja, O., Drugman, T., Dupont, S., Picard, C., et Riche, N. (2012). Left and right-hand guitar playing techniques detection. In *Proceedings of the 2012 New Interface for Musical Expression*.
- Reboursière, L., Frisson, C., Lähdeoja, O., Mills, J. A. I., Picard, C., et Todoroff, T. (2010). Multimodal Guitar : A Toolbox For Augmented Guitar Performances. In *Proceedings of the 2010 New Interface for Musical Expression*.
- Reverb (2018). Harpist lara somogyi on how to pair effects pedals & harp | reverb interview. Youtube.
- Risset, J.-C. (1966). Computer study of trumpet tones (with sound examples on tape). Technical report, Bell Laboratories, Murray Hill, New Jersey.
- Risset, J.-C. et Mathews, M. V. (1969). Analysis of musical-instrument tones. *Physics Today*, 22(2) :23–30.
- Robjohns, H. (2003). Understanding Impedance. *Sound On Sound [en ligne]*. <https://www.soundonsound.com/techniques/understanding-impedance>.
- Sabolotny, R., Saarts, T., et Afanasjev, V. (2014). Guitar innovation : polyphonic distortion with multichannel guitar pickups. Technical report, Spicetone.
- Sadin, E. (2018). *L'Intelligence artificielle ou l'enjeu du siècle : anatomie d'un antihumanisme radical*. Pour en finir avec. L'échappée.
- Sangster, F. et Teer, K. (1969). Bucket-brigade electronics : new possibilities for delay, time-axis conversion, and scanning. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 4(3) :131–136.
- Schneider, J. (2015a). *The Contemporary Guitar*, chapter 7 Microtones : The Well-Tuned Guitar, pages 141–214. Roman and Littlefield.

- Schneider, J. (2015b). *The Contemporary Guitar*. Roman and Littlefield.
- scratch17 (2018). It seems to me that the nomenclature that has been used wrt guitar synthesis in the past is creating a. vuitarforums.com. [Commentaire #54 sur l'article «*Any hexaphonic fx processors with individual string outputs ?*»]. VGuitarforums. <https://www.vuitarforums.com/smf/index.php?topic=20793.25>.
- Simondon, G. (2005). *L'individuation à la lumière des notions de forme et d'information*. Éditions Jérôme Millon, Grenoble.
- Smith, D. et Wood, C. (1981). The 'usi', or universal synthesizer interface. *Journal of the Audio Engineering Society*. <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=11909>.
- Smith, J. O. (1992). *Physical modeling using digital waveguides*, volume 16 of *Computer Music Journal*, chapter Physical modeling using digital waveguides, pages 74–91.
- Smith, J. O. (2006). *Physical Audio Signal Processing : for Virtual Musical Instruments and Digital Audio Effects*. W3K Publishing, <http://books.w3k.org/>.
- SpicetoneFX (2014). Big Muff vs 6appeal (Electro Harmonix Classic vs Hexaphonic Guitar Overdrive). YouTube. <https://youtu.be/nw-RMAkBccg>.
- Stein, M., Abeßer, J., Dittmar, C., et Schuller, G. (2010). Automatic detection of audio effects in guitar and bass recordings. *Audio Engineering Society Convention*, 128.
- Stiegler, B. (1998). Leroi-Gourhan : l'inorganique organisé. *Les Cahiers de la Médiologie*, 6(2) :187–194.
- Stiegler, B. (2004). *Communication & Langages*, volume Dossier : Son et multimédia, chapter La numérisation du son, pages 33–41. Armand Colin. https://www.persee.fr/doc/colan_0336-1500_2004_num_141_1_3410.

- Stiegler, B. (2005). *De la misère symbolique, 2. La catastrophe du sensible*. Galilée, Paris.
- Stiegler, B. (2006). *Réenchanter le monde. La valeur esprit contre le populisme industriel*. Ars Industrialis, Paris, Flammarion edition.
- Stéphane Letz, Yann Orlarey, D. F. (2017). Compiling faust audio dsp code to webassembly. In *Proceedings of the 3rd Web Audio Conference*.
- Su, L., Yu, L.-f., et Yang, Y.-h. (2014). Sparse Cepstral and Phase Codes For Guitar Playing Techniques Classification. *Proceedings of 15th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR 2014)*, pages 9–14.
- Takabayashi, Y., Ikuma, M., et Norimatsu, T. (1988). Electronic stringed instrument. US Patent 4723468, 9 février 1986, <https://patents.google.com/patent/US4723468A/en?q=US4723468>.
- Thomas Organ Company (1967). Guitar Organ V251 Service Information. techreport, Vox Guitar.
- Tiffon, V. (2005). *Pour une médiologie musicale : une critique des interactions entre innovations techniques et inventions musicales contemporaines*. Thèse d’habilitation à diriger des recherches, Université de Lille-3.
- Tiffon, V. (2006). La représentation sonographique est-elle une aide pour l’analyse perceptive de la musique électroacoustique? *Lien IV : L’analyse perceptive des musiques électroacoustiques*, pages 3–15.
- Tiffon, V. (2014). L’interprétation des enregistrements et l’enregistrement des interprétations : approche médiologique. *Déméter [En ligne]*, Articles, Thématiques, Textes, L’interprétation.
- Trask, S. (1987). Casio MG MIDI Guitar. *Music Technology*. <http://www.muzines.co.uk/articles/casio-mg-midi-guitar/2141>.

- Traube, C. (2004). *An Interdisciplinary Study of the Timbre of the Classical Guitar*. Thèse de doctorat, McGill University.
- TrueFire (2017a). How to play "drifting" - intro breakdown - andy mckee guitar lesson. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=BvPV81Q7zrY>.
- TrueFire (2017b). How to Play "Drifting" - Verse Breakdown - Andy McKee Guitar Lesson. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=HoA-3WswNvI>.
- vanceg (2018a). Because it's based on Hex...and we wanted to speak in more generalized terms about systems which treat multiple. vguitarforums.com. [Commentaire #53 sur l'article «*Any hexaphonic fx processors with individual string outputs ?*»]. VGuitarforums. <https://www.vguitarforums.com/smf/index.php?topic=20793.25>.
- vanceg (2018b). Do you all know Ricky Grahm and the work he's been doing with Delta Sound labs? Ricky is a. vguitarforums.com. [Commentaire #46 sur l'article «*Any hexaphonic fx processors with individual string outputs ?*»]. VGuitarforums. <https://www.vguitarforums.com/smf/index.php?topic=20793.25>.
- vanceg (2018c). Well, I don't think that I'll be using "multi-Timbral" to describe these "hexaphonic" systems either. The approach of. vguitarforums.com. [Commentaire #55 sur l'article «*Any hexaphonic fx processors with individual string outputs ?*»]. VGuitarforums. <https://www.vguitarforums.com/smf/index.php?topic=20793.25>.
- Verfaillie, V. (2003). *Effets audionumériques adaptatifs : Théorie, mise en œuvre et usage en création musicale numérique*. Thèse de doctorat, Université de la Méditerranée (Aix-Marseille II).
- Waksman, S. (1999). *Instrument Of Desire : The electric Guitar and the Shaping of Musical Experience*. The President and Fellows of Harvard College.

- Waksman, S. (Unpublished). Crossing the Electronic Divide : Guitars, Synthesizers, and the Shifting Sound Field of Fusion (unpublished).
- Wanderley, M. et Depalle, P. (2004). Gestural Control of Sound Synthesis. In *Proceedings of the IEEE*, volume 92.
- Wanderley, M. M. (2001). *Interaction musicien-instrument : application au contrôle gestuel de la synthèse sonore*. Thèse de doctorat, Université de Paris 6.
- Wittenburg, P., Brugman, H., Russel, A. and Klassmann, A., et Sloetjes, H. (2006). Elan : a professional framework for multimodality research. In *Proceedings of LREC 2006, Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*.
- Wright, M. et Freed, A. (1997). Open soundcontrol : A new protocol for communicating with sound synthesizers. In *Proceedings of International Computer Music Conference (ICMC)*, pages 101–104.
- Xi, Q., Bittner, R. M., Pauwels, J., Ewert, S., et Bello, J. P. (2018). Guitarset : A dataset for guitar transcription. *Proceedings of ISMIR*. Paris.
- Yaniger, S. (2017). Practical test and measurement : Sound cards for data acquisition in audio measurements (part 2). *AudioXPress*.
- Zollner, M. (2014). *Physik der Elektrogitarre*. Manfred Zollner. Version anglaise disponible à l'adresse suivante : <https://www.gitec-forum-eng.de/the-book/>.
- Zölzer, U., Verfaille, V., Holters, M., Dutilleul, P., Disch, S., Dempwolf, K., Pulkki, V., Lokki, T., Rocchesso, D., Pol, G. D., von dem Knesebeck, A., Arfib, D., Keiler, F., Bonada, J., Serra, X., Amatriain, X., Loscos, A., Evangelista, G., Välimäki, V., Bilbao, S., Smith, J. O., Abel, J. S., Pakarinen, J., Berners, D., Perez-Gonzalez, E., Reiss, J. D., Marchand, S., Plumbley, M. D., et Vincent, E. (2011). *DAFX : Digital Audio Effects DAFX : Digital Audio Effects*. John Wiley & Sons Ltd.

Table des figures

1.1	Évolution des guitares acoustiques à cordes métalliques in (Burrrows, 2013).	23
	(a) Martin 1-28, 1860.	23
	(b) Gibson Style O, 1903.	23
	(c) Gibson L5, 1922.	23
	(d) Martin D-28, 1931.	23
1.2	La guitare multimanche de Pat Metheny, Linda Manzer, 1984. Capture d'écran du site internet https://manzer.com/ , © Linda Manzer, 1984.	28
1.3	Electric Spartan, Togaman Instruments, 2002. Illustration publicitaire, Tagoman Instruments, California, USA.	32
1.4	Représentation de la guitare acoustique électrifiée par George Breed. Photographie extraite du brevet numéro US435679 (Breed, 1890).	41
1.5	Les premières guitares électrifiées commercialisées.	43
	(a) Rickenbacker Frying pan, 1931. Photographie du ©Museum of Making Music, California, USA.	43

(b)	Vivitone électroacoustique, NMM 1374, n°de série 623, 1936-1939. National Music Museum, South Dakota University, 1374, Bill Willroth, Sr. Photographer, USA, 2009, recadrée par nos soins.	43
(c)	Gibson ES-150, 1936. Photographie d'illustration de la page wikipedia https://fr.wikipedia.org/wiki/Gibson_ES-150	43
1.6	La Log de Les Paul, 1941. Photographie d'illustration de l'article « Les Paul's Log Solidbody Guitar », Chris Kies, Premier Guitar, 8 juin 2012, https://www.premierguitar.com/les-pauls-log-solidbody-guitar	46
1.7	Exemple de <i>pedalboard</i> incluant différentes pédales de traitements sonores. Photographie personnelle © Loïc Reboursière, 2021.	61
1.8	Système de <i>rack</i> de traitements sonores développés par Pete Cornish pour Mark Knopfler, 1982. Capture d'écran, ©Pete Cornish 2014, https://www.mk-guitar.com/2014/05/31/mark-knopflers-effect-rack-of-the-love-over-gold-alchemy-tour-in-198283/	63
1.9	La guitare-orgue V251 de Vox, 1966. Photographie d'illustration de l'article Wikipedia « Vox (company) », https://en.wikipedia.org/wiki/Vox_(company)	75
1.10	Représentation technique du manche de la guitare-orgue Vox V251 (Thomas Organ Company, 1967).	76

1.11 Exemples d'une guitare-synthétiseur analogique et d'un contrôleur en forme de guitare.	86
(a) Roland GR-500, 1977. Photographie publicitaire, Brochure Roland, 1977, Japon, mise en ligne par Wayne Scott Jones https://www.joness.com/gr300/GR-500.html	86
(b) SynthAxe, 1986. Photographie d'illustration de l'article "A Curator's Wish : The SynthAxe", Chris Garcia, Computer History Museum, 24 octobre 2013, https://computerhistory.org/blog/a-curators-wish-the-synthaxe/	86
2.1 Les médiums dans leurs médiasphères respectives - synthèse reprenant les travaux de V. Tiffon (Tiffon, 2006) et l'apport de R. Bricout (Bricout, 2009).	120
2.2 « Pour une organologie générale » in (Bricout, 2009, p. 76). . .	128
2.3 « Le «triple corps» de la prothèse – Support de mémoire, support de pensée et support de pratique » in (Bricout, 2009, p. 169) . .	131
2.4 Généalogie des mutations de la guitare - synthèse. Illustration personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. .	135
2.5 Filiation : électrification. Illustration personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. .	140
2.6 Filiation : numérisation du geste. Illustration personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. .	144
2.7 Filiation : captation individualisée des cordes. Illustration personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. .	150

2.8	Synthèse des prothèses des mutations de la guitare. Tableau de synthèse, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	172
2.9	Les pédales Boss PS-6 et BF-2. Photographie personnelle © Loïc Reboursière, 2021	178
2.10	« <i>Vocalisation</i> des guitares », Martin Laliberté in (Laliberté, 1999).	214
2.11	Applications des archétypes aux gestes musicaux, Martin Lali- berté in (Laliberté, 2006).	215
	(a) « Quelques gestes instrumentaux. »	215
	(b) « Gestes de Jimi Hendrix. »	215
2.12	Les archétypes et la filiation transverse du son infini. Illustration personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. . .	217
2.13	Les archétypes et la filiation transverse de l'instrument ensemble. Illustration personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. . .	225
3.1	Les différents éléments entrant dans la réalisation d'un système de guitare hexaphonique. Illustration personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. . .	243
3.2	Les différents systèmes hexaphoniques utilisés. Photographies personnelles, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	250
	(a) Roland GK-3 installé sur la Fender Made in Japan.	250
	(b) Contrôles présents sur la Godin Multiac SA.	250
	(c) Cycfi Nu installé sur une guitare de type Fender Stratocaster.	250
3.3	Les différentes guitares utilisées pendant le travail de recherche.	253
	(a) Fender Made in Japan munie du Roland GK.	253

(b)	Godin Multiac SA. Photographie personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	253
(c)	Godin LGXT. Photographie personnelle, Copyright © Ivann Cruz, 2021.	253
(d)	Guitare type Fender Stratocaster avec Cycfi Nu installé. Photographie personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	253
3.4	Le multieffet hexaphonique développé dans Max MSP. Capture d'écran personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	258
3.5	Interface graphique du traitement de délai hexaphonique. Capture d'écran du multieffet hexaphonique réalisé dans le lo- giciel Max MSP, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	264
3.6	Les matrices d'interconnexion. Capture d'écran du multieffet hexaphonique réalisé dans le lo- giciel Max MSP, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	266
(a)	Matrice hexaphonique.	266
(b)	Matrice réduite.	266
3.7	Interface de <i>mapping</i> des paramètres par des interfaces ges- tuelles externes. Capture d'écran du multieffet hexaphonique réalisé dans le lo- giciel Max MSP, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	267
3.8	Un <i>pedalboard</i> hexaphonique virtuel créé avec le multieffet Pure Data. Capture d'écran du multieffet hexaphonique réalisé dans le lo- giciel Pure Data, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	271

- 3.9 Connecteur DIN 13 broches et détails du brochage pour les systèmes compatibles avec le matériel Roland.
Photographie issue du site Keld Ampworks <http://www.ampworks.co.uk/experiments/gr55-gk-bobbib7/>, Keld Ampworks Guitar Amplifier Repair, Newark, United-Kingdom, <http://www.ampworks.co.uk/>. 276
- 3.10 Version primitive d'un système de conversion et d'alimentation du microphone hexaphonique. A droite, sous le papier collant noir, les deux piles 4.5V, en haut à gauche les 6 connecteurs Jack 6.35mm femelles et au milieu le connecteur DIN 13 broches.
Photographie personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. 277
- 3.11 Première version des boîtiers de conversion et d'alimentation. À gauche le boîtier de conversion DIN 13 broches-Jacks 6.35mm et à droite le boîtier d'alimentation.
Photographie personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. 279
- 3.12 Le schéma électronique du circuit de préamplification à gain variable pour une corde.
Capture d'écran réalisée à partir du logiciel Eagle, Copyright ©Johan Decristophoris, 2021. 280
- 3.13 Le préamplificateur hexaphonique v2 intégré dans un boîtier indépendant.
Photographie personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. 283
- 3.14 EMEHG v1.
Photographie personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. 287
- 3.15 Les différents éléments entrant dans la réalisation d'un système de guitare hexaphonique - EMEHG v1.
Illustration personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. . 287

3.16 EMEHG v2.
 Photographie personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. 289

3.17 Les différents éléments entrant dans la réalisation d'un système de guitare hexaphonique - EMEHG v2.
 Illustration personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. . 289

3.18 Les différents cartes audio multicanal pour système embarqué.
 Synthèse personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. . . 293

(a) Carte codec CS42448 pour Teensy.
 Photographie tirée de la page de présentation du projet, Paul Stoffregen, <https://hackaday.io/project/2984-teensy-audio-library/log/57537-tdm-support-for-many-channel-audio-io>. 293

(b) Carte Octo de Audio Injector.
 Photographie publicitaire, Octo raspberry pi soundcard, Audio Injector, Australia, <https://www.audioinjector.net/rpi-octo-hat>. 293

(c) Carte CTAG Beast pour Bela.
 Photographie publicitaire, Beast, CTAG Audio, Germany, <https://eu.shop.bela.io/products/ctag-beast-cape>. 293

(d) Elk Pi et Elk Blackboard.
 Photographie publicitaire, Elk Pi bundle, Elk, Norway, <https://elk.audio/blackboard/>. 293

3.19 Contrôleur de paramétrage des traitements en version externe.
 À gauche, la face avant du contrôleur, à droite, la face interne de la carte électronique sur laquelle on distingue la Teensy 3.2 et les 7 groupes de 3 multiplexeurs. Le câble USB est relié à un connecteur fixé au boîtier.
 Photographies personnelles, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.296

3.20	Schéma bloc de la lecture des encodeurs rotatifs. Illustration personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	300
3.21	Différentes vues du pédalier de contrôle EMEHG-foot-controller. Photographies personnelles, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	303
(a)	pédalier de contrôle EMEHG-foot-controller.	303
(b)	Cartes électroniques des lignes de boutons poussoirs et LEDs.	303
(c)	Carte Teensy, carte de gestion de boutons et des LEDs et alimentation.	303
4.1	Dispositif technique global, Puzzle, 2019. Illustration personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	318
4.2	Schéma d'implantation technique, <i>Puzzle</i> , Olivier Lautem, 2019. Illustration personnelle, Copyright © Olivier Lautem, 2019.	320
4.3	Représentation des rapports rythmiques présents dans la pré-configuration <code>slowedBass</code> du <i>hexDelay1</i> . Illustration personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	325
4.4	Les pré-configurations utilisées avec chaque traitement. Captures d'écran personnelles, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	328
4.5	Le pédalier Roland FC200 et les pédales (d'expression, de volume et wah-wah) utilisés par Ivann Cruz dans <i>Puzzle</i> . Photographie personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	330
4.6	Carte des assignations gestuelles, <i>Puzzle</i> , 2016. Illustration personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2016.	335

4.7	Les différentes configurations que nous avons étudiées réparties entre configuration monophonique, unité texturée et unité dispartite. Représentation graphique personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	339
4.8	Pédalier Behringer FCB1010 utilisé dans le scénario 2 pour contrôler l'activation/désactivation des différents traitements. Photographie personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	360
4.9	Différentes configurations de la matrice d'activation/désactivation. Captures d'écran personnelles, Mutli-effets hexaphonique, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	362
	(a) Pré-configuration Raphael01.	362
	(b) Pré-configuration Raphael02.	362
	(c) Pré-configuration Raphael03.	362
	(d) Pré-configuration Raphael03.	362
4.10	Patch Max MSP du multieffet hexaphonique utilisé dans le protocole expérimental. Capture d'écran personnelle, Mutli-effets hexaphonique, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	363
4.11	Photographie représentant le dispositif d'enregistrement (guitariste : Philippe Lenglet). Photographie personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2019.	365
4.12	Ustensiles et éléments de préparation utilisés par Philippe Lenglet. Photographie personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2019.	376

4.13 Visualisation des données récoltées dans le logiciel pour le scénario 2_3 (Ivann Cruz).

Capture d'écran personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.378

Liste des tableaux

2.1	Oppositions complémentaires des archétypes in (Laliberté, 2006, pp. 23-24)	212
3.1	Caractéristiques des cartes sons multicanal pour système embarqué. Synthèse personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. . .	292
3.2	Résultats des test empiriques des cartes sons multicanal pour système embarqué. Synthèse personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. . .	294
4.1	Les intervalles de la pré-configuration <code>9bd5d3muoctd4d4u</code> du traitement <i>hexHarmo</i> . Synthèse personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. . .	322
4.2	Correspondance rythmique des temps de délai de la pré-configuration <i>slowedBass</i> . Synthèse personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021. . .	326
4.3	Les pré-configurations sujettes à interpolation via une pédale d'expression. Captures d'écran personnelles, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	332

4.4	Table de relations entre les contrôleurs utilisés et les paramètres contrôlés. Illustration personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	333
4.5	Récapitulatif des différents scénarios et sous-scénarios du protocole expérimental. Synthèse personnelle, Copyright © Loïc Reboursière, 2021.	360
4.6	Ensemble des techniques de jeu utilisées pendant les improvisations. Loïc Reboursière © 2021.	375
A.1	<i>Puzzle</i> hexFuzz taradsfs	408
A.2	<i>Puzzle</i> hexFuzz base_jeumont	408
A.3	<i>Puzzle</i> hexDelay1 polyDelay01	409
A.4	<i>Puzzle</i> hexDelay1 polyDelay02	409
A.5	<i>Puzzle</i> hexDelay1 ré_vif	409
A.6	<i>Puzzle</i> hexDelay1 slowedBass	410
A.7	<i>Puzzle</i> hexDelay1 120-100bpm	410
A.8	<i>Puzzle</i> hexDelay1 35msFb100	410
A.9	<i>Puzzle</i> hexDelay1 300-500msFb100	411
A.10	<i>Puzzle</i> hexHarmo 4sharp5b2b62b2	411
A.11	<i>Puzzle</i> hexHarmo 9bd5d3muoctd4d4u	411
A.12	<i>Puzzle</i> hexTremolo lowBasses	412
A.13	<i>Puzzle</i> hexFlanger theFlan	413
A.14	<i>Puzzle</i> hexFlanger haha	413
A.15	<i>Puzzle</i> hexFlanger haha2	413
A.16	<i>Puzzle</i> hexDelay2 delay long	414

A.17 <i>Puzzle</i> hexDelay2 tres long	414
A.18 <i>Puzzle</i> hexGigaverb A	415
A.19 <i>Puzzle</i> hexGigaverb B	415
A.20 les expérimentations hexRingmod alex1	416
A.21 les expérimentations hexRingmod alex2	416
A.22 les expérimentations hexRingmod Ivann_01	416
A.23 les expérimentations hexRingmod Ivann_02	417
A.24 les expérimentations hexRingmod Ibvann_03	417
A.25 les expérimentations hexRingmod Sebastien01	417
A.26 les expérimentations hexRingmod Philippe01	417
A.27 les expérimentations hexRingmod Philippe02	418
A.28 les expérimentations hexGigaverb A	418
A.29 les expérimentations hexGigaverb B	418
A.30 les expérimentations hexGigaverb C	419
A.31 les expérimentations hexGigaverb revmfwcourtesdb	419
A.32 les expérimentations hexGigaverb revmfwlong126	420
A.33 les expérimentations hexGigaverb Philippe02	420
A.34 les expérimentations hexGigaverb Sebastien01	421
A.35 les expérimentations hexFlanger alex1	421
A.36 les expérimentations hexFlanger alex2	421
A.37 les expérimentations hexFlanger alex3	422
A.38 les expérimentations hexFlanger ivann_01	422
A.39 les expérimentations hexFlanger Ivann_02	422

A.40 les expérimentations hexFlinger Ivann_03	422
A.41 les expérimentations hexFlinger Ivann_04	423
A.42 les expérimentations hexFlinger Sebastien01	423
A.43 les expérimentations hexFlinger Philippe01	423
A.44 les expérimentations hexFlinger Philippe02	423
A.45 les expérimentations hexFlinger Raphael01	424
A.46 les expérimentations hexTremolo alex1	424
A.47 les expérimentations hexTremolo alex-basic	424
A.48 les expérimentations hexTremolo Ivann_01	424
A.49 les expérimentations hexTremolo Ivann_02	425
A.50 les expérimentations hexTremolo Sebastien01	425
A.51 les expérimentations hexTremolo sebastien2	425
A.52 les expérimentations hexTremolo sebastien3	425
A.53 les expérimentations hexTremolo Philippe01	426
A.54 les expérimentations hexTremolo Philippe02	426
A.55 les expérimentations hexTremolo Philippe03	426
A.56 les expérimentations hexTremolo Philippe04	426
A.57 les expérimentations hexTremolo Raphael01	427
A.58 les expérimentations hexTremolo Raphael02	427
A.59 les expérimentations hexOverdrive Ivann_01	427
A.60 les expérimentations hexOverdrive ivann_02	427
A.61 les expérimentations hexOverdrive ivann_03	428
A.62 les expérimentations hexOverdrive Sebastien01	428

A.63 les expérimentations hexOverdrive Sebastien02	428
A.64 les expérimentations hexOverdrive Alex01	428
A.65 les expérimentations hexOverdrive Philippe01	429
A.66 les expérimentations hexOverdrive Philippe02	429
A.67 les expérimentations hexOverdrive Philippe03	429
A.68 les expérimentations hexOverdrive Raphael01	429
A.69 les expérimentations hexOverdrive Raphael02	430
A.70 les expérimentations hexDelay1 alex1	430
A.71 les expérimentations hexDelay1 alex2	430
A.72 les expérimentations hexDelay1 alex3	431
A.73 les expérimentations hexDelay1 ivann_01	431
A.74 les expérimentations hexDelay1 ivann_02	431
A.75 les expérimentations hexDelay1 Ivann_03	432
A.76 les expérimentations hexDelay1 Ivann_04	432
A.77 les expérimentations hexDelay1 Ivann_05	432
A.78 les expérimentations hexDelay1 Ivann_06	433
A.79 les expérimentations hexDelay1 Ivann_07	433
A.80 les expérimentations hexDelay1 Sebastien01	433
A.81 les expérimentations hexDelay1 Sebastien02	434
A.82 les expérimentations hexDelay1 Sebastien03	434
A.83 les expérimentations hexDelay1 sebastien04	434
A.84 les expérimentations hexDelay1 Philippe01	435

A.85 les expérimentations hexDelay1 Raphael01	435
---	-----

Résumé/Abstract

Résumé

La guitare hexaphonique est une guitare électrique munie d'un microphone hexaphonique. Celui-ci correspond à un ensemble de six microphones, chacun captant chacun le son d'une corde particulière. Cette prothèse peut être utilisée pour faciliter le contrôle gestuel instrumental, comme c'est le cas avec les guitares-synthétiseurs, par exemple. Elle permet aussi l'application de traitements sonores indépendants pour chaque corde par le biais de pédales de traitements sonores hexaphoniques. Ces deux usages constituent deux approches très différentes de la guitare électrique et ont développé, au fil des années, des communautés de pratique de taille très différentes. Cette différence de développement de ces deux types d'usages est peu compréhensible à nos yeux, tant les deux approches nous semblent fécondes en termes de potentiels sonores et compositionnels. Ce travail de recherche tente de comprendre pourquoi la pratique de traitements sonores hexaphoniques ne s'intègre pas dans une communauté de guitaristes et pourquoi y'a-t-il une différence entre les deux usages du microphone hexaphonique ? Pour répondre à ces questions, cette thèse s'articule autour d'une double approche organologique et pratique. Un socle de connaissance sur l'évolution est tout d'abord créé par l'analyse descriptive de 18 mutations qui ont jalonné et qui jalonne le développement de l'instrument. Cette base nous permet ensuite de développer une généalogie technique et gestuelle de la guitare mettant en lumière des filiations. Celles-ci sont à la fois le reflet des grandes évolutions techniques mais aussi le développement de concept transversaux actualisés au fil de l'évolution. Ces développements aideront à positionner le double objet de notre étude (traitements sonore hexaphonique et contrôle gestuel instrumental) tant en termes techniques (par

rapport à ce qui a existé) qu'en termes d'ancrage dans une ou plusieurs pratiques transversales.

La partie pratique de cette thèse est double et se nourrit de la l'organologie réalisée. Les éléments matériels et logiciels permettant d'utiliser les potentiels de la guitare hexaphonique ont été développés. Les différents éléments sont développés à partir des plateformes actuelles de prototypage rapide et démontrent que ces deux usages peuvent s'intégrer dans l'instrumentarium du guitariste électrique. Parmi les différents éléments développés, un multi-effets hexaphoniques et un logiciel de détection de notes et de techniques de jeu ont été utilisés dans deux types de pratiques : la première est la création d'une performance musicale et vidéo professionnelle (Puzzle, Ivann Cruz et Lionel Palun) et la seconde est une série d'expérimentations avec cinq guitaristes. Cette dernière pratique a permis de constituer un dataset d'une dizaine d'heures d'improvisations musicales annotées. L'analyse de ces différentes pratiques a mis en lumière plusieurs caractéristiques du dispositif hexaphonique créé : celui-ci positionne la guitare comme un instrument « multipiste » dont la diversité des timbres qu'il peut déployer se rapprochent de celle offertes par les systèmes de MAO. Les traitements sonores hexaphoniques apparaissent finalement comme une prolongation de la guitare électrique qui permet au musicien de conserver sa pratique instrumentale et d'étendre la finesse acquise au fil des années « sans perte » dans les traitements sonores. Ces considérations cumulées à l'évolution actuelle des pédales de traitements sonores (qui partagent des similitudes) tendent à mettre en avant une période propice pour le développement d'une communauté de pratique hexaphonique pérenne. Les outils développés et le dataset créé sont mis à disposition de la communauté dans le but de soutenir ces potentiels développements.

Abstract

The hexaphonic guitar is an electric guitar with a hexaphonic microphone. The hexaphonic microphone is a set of six microphones, each of which picks up the sound of a particular string. This prosthesis can be used to facilitate instrumental gestural control, as is the case with synthesizer guitars, for example. It also allows the application of independent sound effects for each string through hexaphonic sound processing pedals. These two use cases constitute two very different approaches to

the electric guitar and have developed, over the years, very different sized communities of practice. This difference in the development of these two types of use is hardly understandable in our eyes, as both approaches seem to us to be fertile in terms of sonic and compositional potentials. This research work attempts to understand why the practice of hexaphonic sound processing does not integrate into a community of guitarists and why is there a difference between the two uses of the hexaphonic microphone? In order to answer these questions, this thesis is structured around a double organological and practical approach. First of all, a base of knowledge on the evolution of the guitar is created through the descriptive analysis of 18 mutations that have marked and continue to mark the development of the instrument. This base allows us to develop a technical and gestural genealogy of the guitar, bringing to light its filiations. These are at the same time the reflection of the great technical evolutions but also the development of transversal concepts updated in the course of the evolution. These developments help to position the double object of our study (hexaphonic sound processing and instrumental gestural control) both in technical terms (in relation to what has existed) and in terms of its anchorage in one or several transversal practices.

The practical part of this thesis is twofold and is nourished by the realized organology. The hardware and software elements allowing to use the potentials of the hexaphonic guitar have been developed. The different elements are developed from the current rapid prototyping platforms and demonstrate that these two uses can be integrated in the instrumentarium of the electric guitarist. Among the different elements developed, a hexaphonic multi-effects and a note detection and playing techniques software were used in two types of practices : the first is the creation of a musical and video performance (Puzzle, Ivann Cruz and Lionel Palun) and the second is a series of experiments with five guitarists. This last practice made it possible to constitute a dataset of about ten hours of annotated musical improvisations. The analysis of these different practices brought to light several characteristics of the hexaphonic device created : this one positions the guitar as a multi-track instrument whose diversity of timbres that it can deploy is close to that offered by the MAO systems. Hexaphonic sound processing finally appears as an extension of the electric guitar that allows the musician to keep his instrumental practice and to extend the finesse acquired over the years without loss in moving to sound processing. These considerations combined with the current evolution of sound processing pedals (which share similarities) tend

to point to a favourable period for the development of a perennial hexaphonic practice community. The tools developed and the gathered dataset are made available to the community in order to support these potential developments.

This thesis was made using a customized version of "hepthesis".