

La guitare électrique comme instrument augmenté et outil de création musicale

Otso Lähdeoja, Benoît Navarret, Santiago Quintans, Anne Sèdes

► To cite this version:

Otso Lähdeoja, Benoît Navarret, Santiago Quintans, Anne Sèdes. La guitare électrique comme instrument augmenté et outil de création musicale. CIM09 - La Musique et ses Instruments, Oct 2009, Paris, France. hal-01656685

HAL Id: hal-01656685

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01656685>

Submitted on 5 Dec 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LA GUITARE ÉLECTRIQUE COMME INSTRUMENT AUGMENTÉ ET OUTIL DE CRÉATION MUSICALE

Lähdeoja Otso, Université Paris8, Maison des Sciences de l'Homme Paris-Nord, Saint-Denis, France,
otso.lahdeoja@gmail.com

Navarret Benoît, Université Paris8, Maison des Sciences de l'Homme Paris-Nord, Saint-Denis, France,
Équipe LAM, IJLRA, UPMC Univ. Paris 06, CNRS, France, *benoit.navarret@gmail.com*

Quintans Santiago, Université Paris8, Maison des Sciences de l'Homme Paris-Nord, Saint-Denis, France,
Conservatoire à Rayonnement Départemental de la Ville du Mans, France, *santiquintans@gmail.com*

Sèdes Anne, Université Paris8, Maison des Sciences de l'Homme Paris-Nord, Saint-Denis, France,
sedes.anne@gmail.com

RÉSUMÉ

État de l'art en organologie

La guitare est un instrument dont la lutherie n'a cessé d'évoluer au cours de son histoire grâce à des échanges fructueux entre luthiers et guitaristes qui ont pu répondre du mieux possible aux attentes du public [Evans, 1977]. Ses éléments constitutifs ont fait l'objet de multiples recherches : nombre de cordes, matériaux, forme de l'instrument, taille et profondeur de la caisse [Gétreau, 1988]. L'électrification de la guitare est probablement la modification la plus importante qu'ait connu l'instrument au XX^e siècle [Séguret, 1997]. La lutherie a exploré des pistes qui n'auraient pas été envisageables auparavant comme la disparition de la caisse de résonance, l'exploitation du *feedback* et de la puissance sonore des amplificateurs, l'emploi des traitements analogiques et numériques du signal. La guitare électrique est aussi un instrument précurseur de l'innovation technologique. En 1984, elle est le premier instrument à bénéficier du protocole MIDI via une conversion analogique-numérique de type "*pitch to midi*". Elle a été également le premier instrument à être connecté directement à un ordinateur via des interfaces de conversion analogique-numérique dédiées [Garfoot, 2006]. Ces différentes technologies font aujourd'hui partie intégrante de la guitare électrique. Elle se présente désormais comme un instrument augmenté (et augmentable) qui se définit par un réseau de modules de production et de traitements du son, spatialement étendu et configurable selon les sonorités recherchées. Enfin, elle peut être connectée à des environnements informatiques.

État de l'art en musicologie et création musicale

La guitare électrique, instrument "glocal" [Robertson, 1995], est un instrument-clé des évolutions musicales et culturelles des cinquante dernières années. Elle a connu un développement initial fulgurant grâce aux musiques populaires dont elle est devenue une icône. Par la suite, son utilisation s'est progressivement étendue à d'autres répertoires et esthétiques, devenant à la fois un outil de création pour la musique contemporaine et un instrument d'avant-garde sonore [Bennet & Dawe, 2001]. Fortement présente dans la création musicale expérimentale, la guitare électrique a intégré le répertoire de musique écrite, grâce à des compositeurs tels que Tristan Murail, Georges Aperghis, Fausto Romitelli, de l'ensemble l'Itinéraire dans les années 1970, et un interprète aussi singulier que Claude Pavy, ou plus récemment de l'ensemble belge Ictus avec l'instrumentarium du guitariste Tom Pauwels. Cette intégration est marquée par des emprunts de styles ou de sonorités héritées du rock et du jazz (*Vampyr !* de T. Murail ; *Index of metals* de F. Romitelli). Actuellement, dans le contexte de la création contemporaine, la guitare électrique paraît acquérir son autonomie sonore grâce aux moyens d'écriture offerts par les environnements de création numérique. Elle y trouve sa place en tant que module au sein d'un réseau, source sonore à traiter et interface instrumentale, en convergence avec des outils de programmation et d'écriture pour le *live electronic* comme MaxMsp [Courribet, 2009] [Quintans, 2009].

Objectifs

Notre travail a pour but d'amorcer une réflexion sur la particularité de la guitare électrique en tant qu'instrument augmenté, modulaire et comme outil de création musicale. Nous approchons cette spécificité d'un point de vue organologique, en étudiant la nature des hybridations technologiques de la guitare électrique. Nous cherchons à soulever les enjeux de la création artistique expérimentale en interaction avec une musicologie prospective et transversale. Nous souhaitons développer une perspective de recherche correspondant à une musicologie de la guitare électrique.

1. INTRODUCTION

Notre travail a pour but d'amorcer une réflexion sur la particularité de la guitare électrique en tant qu'instrument augmenté, modulaire et comme outil de création musicale. Pour commencer, nous approchons cette spécificité d'un point de vue organologique, en étudiant la nature des hybridations technologiques de la guitare électrique, son caractère modulaire et ses propriétés d'augmentation. Nous traitons ensuite de la guitare électrique en tant qu'outil pour la création musicale, en développant une approche prospective de la musicologie en interaction avec la création musicale expérimentale. À travers ce travail en équipe, nous tentons de développer une perspective de recherche correspondant à une musicologie de la guitare électrique, une musicologie interdisciplinaire et transversale à plusieurs disciplines.

La guitare électrique, instrument "*glocal*" [19], est un instrument-clé des évolutions musicales et culturelles des cinquante dernières années. Elle a connu un développement initial fulgurant grâce aux musiques populaires dont elle est devenue une icône pour s'intégrer jusqu'au sein de l'orchestre contemporain.

Actuellement, la guitare électrique reste peu étudiée sur le terrain de la musicologie et de l'interdisciplinarité. Hors des musiques dites populaires à travers le monde entier, son potentiel expressif, sa qualité instrumentale associée à sa fonction d'interface de contrôle, ainsi que son utilisation dans le contexte du *live electronic* sont assez peu explorées par la création musicale contemporaine, sauf à des fins pour ainsi dire de citation stylistique. Pourtant, par ses applications sonores et son impact culturel, la guitare électrique, instrument modulaire augmenté voire augmentable, interroge de manière résolument contemporaine les notions d'instrument, d'écriture, de composition, d'outil pour le musicien, sur scène ou en studio. Sa lutherie hybride et étendue donne lieu à des possibilités sonores et musicales accrues. D'ailleurs, la guitare électrique est peut-être un des rares instruments contemporains dont on peut observer les mutations en cours.

Aborder la guitare électrique comme objet d'étude dans un contexte de recherche musicologique interdisciplinaire commencera par une approche organologique afin d'appréhender le potentiel sonore, technologique et musical d'un tel instrument, ainsi que ses propriétés modulaires et son "augmentabilité".

2. LA GUITARE ÉLECTRIQUE, UN INSTRUMENT AUGMENTÉ

On devrait peut-être s'interroger sur la spécificité de la guitare électrique, comparée aux autres instruments de musique. Le musicien ne peut construire un son musicalement exploitable qu'en connectant l'instrument à un amplificateur, composant de fait la sonorité entre

divers modules et zones de contrôle tels que le réglage des potentiomètres de volume et de filtrage du signal capté par les microphones de l'instrument et le réglage des contrôleurs de l'amplificateur. La modularité apparaît ainsi comme une propriété de la guitare électrique. Si l'on étudie à travers l'organologie l'apparition et les évolutions d'un tel instrument, la modularité est intrinsèque à sa conception. C'est cette propriété même, en cohérence avec une pensée contemporaine du réseau d'objets modulaires, qui est encore certainement porteuse de développements à venir de l'instrument, en relation avec les technologies numériques, et notamment son "augmentabilité".

2.1. Une organologie de la guitare électrique: continuité et rupture

La guitare est l'un des rares instruments à jouer, encore aujourd'hui, un rôle déterminant dans la plupart des musiques occidentales, à jouir d'une étonnante popularité sur les cinq continents et à avoir connu plus de quatre siècles de profondes mutations organologiques [9]. Sa lutherie n'a cessé de se transformer afin de répondre du mieux possible aux attentes de guitaristes-compositeurs aux profils très variés, qu'ils soient musiciens à la Cour du Roi Louis XIV ou amuseurs des rues, « requins » de studios ou rockeurs des plages, musiciens de bals ou concertistes-solistes, amateurs ou professionnels. Ainsi, ils ont perpétué et renouvelé le répertoire de la guitare, fait évoluer des techniques de jeu, et capté un auditoire à la recherche d'émotions et de sonorités inédites. Parfois délaissée, comme au début du XVIII^e siècle en France [12], la guitare a néanmoins séduit grâce à un prix d'achat raisonnable, un faible encombrement et un apprentissage aisé qui l'ont rendue conviviale. Cette apparente facilité ne masque en rien le travail exigeant nécessaire à la maîtrise d'une technique virtuose qui force souvent l'admiration.

La *guitare électrique*, comme son nom l'indique, est avant tout une *guitare*, et en cela a hérité de connaissances et d'un savoir-faire acquis sur plusieurs siècles. La majorité des modèles de guitares électriques actuellement disponibles sur le marché reposent sur des fondamentaux de lutherie maintes fois éprouvés sur des guitares acoustiques [20] : des cordes métalliques (en acier nickelé), un manche généralement collé ou vissé, une tige de renfort du manche, des essences de bois identiques notamment pour le manche (érable, acajou, touche rapportée en palissandre ou en ébène), des frettes en métal, une décomposition chromatique de la longueur vibrante de la corde et des techniques de réalisation de la caisse similaires (assemblage, collage des éclisses et du fond, tasseaux et contre-éclisses, barrages de la table d'harmonie).

Cependant, le remplacement officialisé, à la fin des années 1940, de la table d'harmonie et de la caisse de résonance par une épaisse planche de bois massif va à

l'encontre des méthodes appliquées dès le XVIII^e siècle afin de rendre la guitare plus sonore. La guitare classique, mise au point en Espagne par Antonio de Torres en 1850, avait permis au guitariste d'être plus sonore grâce à un nouveau barrage dit en « éventail », un allongement du diapason, des tensions de cordes plus élevées et l'augmentation des cotes de la caisse. Christian Friedrich Martin aux États-Unis a emprunté les mêmes voies avec un barrage « en X » optimisé pour des guitares à cordes en métal. Certains modèles des marques Prairie State et Paramount (années 1930) sont souvent cités en exemple tant leurs caisses semblent surdimensionnées et peu ergonomiques [11]. Le passage au corps plein (*solid body* en anglais) démontre indirectement que l'électrification de la guitare est la modification la plus importante qu'ait connu l'instrument au XX^e siècle. La guitare entre dans une ère nouvelle, celle d'une écoute déportée et focalisée sur un autre objet que l'instrument lui-même. La source sonore n'est plus la véritable source. Le musicien porte son attention sur plusieurs éléments d'une chaîne électroacoustique relativement simple sur un plan conceptuel mais complexe quant à la richesse des sonorités inouïes qu'elle peut créer. Cette chaîne électroacoustique est constituée de l'instrument (la guitare électrique), d'éventuels modules de traitements du son et d'un amplificateur (voir Figure 1).

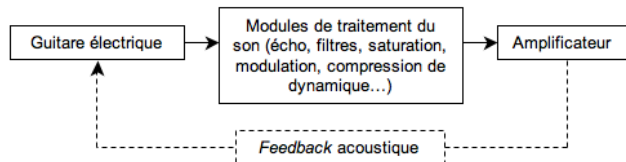


Figure 1. Chaîne électroacoustique élémentaire lors de l'utilisation d'une guitare électrique.

La guitare électrique est équipée d'un ou plusieurs capteurs électro-magnétiques sensibles à la vitesse de déplacement des cordes. Communément appelés « microphones » (*pickups* en anglais), ces capteurs sont constitués d'aimants – ou de pièces de fer doux aimantées – entourés d'un bobinage de fil métallique très fin en cuivre¹. En vibrant, la corde perturbe le champ magnétique produit par l'aimant ce qui crée un courant électrique alternatif « induit » aux bornes de la bobine [6]. Ce courant de faible tension électrique est ensuite modifié par les composants électroniques des modules de traitements du son analogiques ou numériques qu'il traverse (contrôle de la dynamique du signal, filtres,

échors, écrêtage de la forme d'onde, effets de modulation...). En bout de chaîne, l'amplificateur augmente l'amplitude de ce courant et fournit la puissance nécessaire au déplacement d'un ou plusieurs haut-parleur(s). L'onde acoustique rayonnée et perçue provient donc essentiellement des haut-parleurs et non de l'instrument.

L'électrification de la guitare a ainsi renouvelé la façon de penser et de créer le son. Elle a offert des sonorités jusqu'alors impossibles à obtenir, libéré l'instrument de la contrainte du faible volume sonore qui la stigmatisait. Elle a permis de réfléchir à de nouveaux modes de jeux (technique du tapping, le jeu avec le chevalet-vibrato) et d'autres formes d'expression plus spectaculaires (jeu scénique). Elle est également à l'origine de ce que l'on nomme le *feedback*, un phénomène très important qui modifie à distance le comportement vibratoire de la guitare : l'onde sonore émise par le haut-parleur peut mettre en vibration le corps et le manche de l'instrument. Ce *feedback* acoustique est un outil d'expression supplémentaire qui procure des sensations fortes au guitariste et repousse les limites de la lutherie en facilitant la mise en vibration des cordes, jusqu'à l'obtention d'une note de durée infinie ! Des guitaristes tels que Carlos Santana (« Samba Pa Ti », « Oyé Como Va », « Black Magic Women », « Europa ») ou Jimi Hendrix (« I don't Live Today », « Third Stone from the Sun », « Foxy Lady », « Voodoo Child (s.r.) », « The Star Spangled Banner », « Machine Gun ») ont su manier cet effet avec brio.

Dans sa relation avec les mutations technologiques du XX^e siècle, la guitare électrique fait figure d'instrument pionnier. Depuis son apparition elle a été objet d'une intense expérimentation organologique acoustique, électromécanique et désormais numérique. Cette recherche est partagée par une vaste communauté de guitaristes, luthiers et électroniciens, motivée par la valeur attribuée à l'individualité sonore dans les styles musicaux au sein desquels la guitare électrique est traditionnellement jouée. En effet, le rock et le jazz se caractérisent par l'absence d'un répertoire écrit qui constituerait un modèle normatif pour le timbre et les techniques de jeu. Au contraire, il y est souvent valorisant pour un artiste de se démarquer des autres par une sonorité personnelle clairement identifiable, du moins dans les genres tournés vers une démarche de création. La naissance d'une sonorité individuelle passe par un travail de "bricolage" [16] au sein d'un ensemble d'éléments relevant à la fois du corps du musicien et de son environnement technologique : techniques de jeu, types de guitare, amplification, modules de traitements du signal. Pour illustrer ce processus, l'on peut citer la collaboration du guitariste Eddie Van Halen avec l'inventeur Floyd Rose qui a permis la mise au point d'un système de chevalet flottant autorisant, sans désaccords intempestifs, des glissandi avec la barre de vibrato, aux ambitus jusqu'à alors inouïs. Ces "acrobaties" sont devenus

¹Ce type de capteur a d'abord été installé sur des *lap steel* par Adolf Rickenbacker (Brevet G. Beauchamp en 1931). En 1936, il équipa des guitares à caisse de résonance avec la Gibson ES150 (Brevet G. Hart en 1936), et à corps plein dès la fin des années 1940 avec notamment la Fender Esquire en 1950.

emblématiques du jeu de Van Halen et ont eu une influence considérable sur le développement du jeu soliste dans le rock [10].

L'évolution de la guitare électrique a été mue par un va-et-vient entre une industrie proposant des outils sonores et une communauté de guitaristes validant (ou non) ces outils selon leurs critères esthétiques et pratiques, influençant par leur poids économique les choix futurs de l'industrie. Une grande diversité de moyens et de technologies a été employée dans la démarche d'expérimentation, la guitare électrique faisant preuve d'une grande perméabilité technologique. Cette dynamique a donné naissance à un foisonnement d'*objets sonores* dont certains sont aujourd'hui mondialement répandus et d'autres oubliés. D'abord dans le domaine analogique avec le traitement du signal par des "effets" (effets temporels, filtrage, saturation) à partir des années 60, ainsi que la guitare-synthétiseur analogique en 1977 (Roland GR-500). En 1984 la guitare électrique a trouvé une connexion au domaine numérique avec la conversion des aspects du signal audio en données MIDI (la guitare-synthétiseur numérique Roland GR-700) et le traitement du signal numérique à partir des années 1980 (effets audionumériques). Parallèlement au développement de l'informatique grand public, sont apparues des interfaces dédiées à la connexion de la guitare à l'ordinateur, des environnements de création numérique (stations de travail audionumériques, environnements de programmation) ainsi que la modélisation numérique des effets et des amplificateurs, étendant l'instrument dans une dimension dématérialisée.

La guitare électrique a progressivement été adoptée par de multiples cultures, et acquis une dimension mondiale avec des déclinaisons locales. Se transformant avec les nouvelles technologies, s'adaptant aux besoins du marché, générant différentes sonorités dans plusieurs domaines esthétiques et captivant l'imaginaire populaire de différents territoires du globe, la guitare électrique s'est multipliée. Sa morphologie sa sonorité et son rôle musical se sont diversifiés, se renouvelant dans chacun des contextes locaux dans lesquels elle a émergé. Cette interaction entre une idée globale de la guitare et la façon dont elle a été réinventée dans un contexte local nous permet de parler de guitares globales [2].

2.2. Un instrument modulaire

Aujourd'hui, la guitare électrique apparaît comme un instrument hybride, modulaire et configurable selon l'utilisateur. Elle comprend des parties acoustiques, électromécaniques et numériques, toutes intégrées au sein d'un même *environnement instrumental*. Cet environnement est composé de modules de production de traitement et de diffusion du son, distincts et étendus dans l'espace physique et numérique. L'instrument modulaire est hautement configurable par le musicien: bois de

lutherie, microphones, traitements ou "effets", amplificateurs etc... toutes ses parties font objet d'un choix, donnant lieu à une individualisation poussée et à des réalités très hétérogènes coexistant sous le nom de "guitare électrique". L'on peut penser à la différence entre un simple couplage guitare-amplificateur traditionnel et l'instrument étendu d'un The Edge avec des multiples modules de contrôle, de traitement et de diffusion distantes de centaines de mètres en situation de concert et remplissant un studio entier en situation d'enregistrement [22].

L'informatique musicale est essentielle dans le réseau complexe qui est la guitare aujourd'hui, en particulier parce que, 1) elle brise la linéarité temporelle du réseau de base, donnant à la guitare plus de liberté dans son rôle de source hors-temps (avec le possibilités croissante des ordinateurs et les techniques de traitement au niveau du micro temps, les processus linéaires d'enregistrement de source/reproduction se produisent à une vitesse suffisamment rapide pour être perçus par l'oreille comme du temps réel; de cette manière, on peut jouer une note et, apparemment spontanément, générer une grande masse sonore à partir de fragments de la note initiale). 2) Elle brise, aussi grâce aux possibilités micro temporelles du live électronique, l'unité temporelle du réseau de base pour permettre la génération d'une pluralité de couches allant du niveau temporelle méso jusqu'au microtemps d'une manière simultanée [18]. Le principe de modularité de la guitare électrique entre en convergence avec les environnements logiciels de contrôle et de traitement audionumériques, eux-même modulaires et connectables en réseau.

2.3. Un instrument augmentable

L'augmentation d'un instrument peut être pensée comme un processus d'extension de ses possibilités sonores par des moyens technologiques sans compromettre le fonctionnement de l'instrument initial, ses acquis en termes d'expressivité et d'ergonomie découlant d'un rapport causal entre geste et son [14]. Dans cette perspective, la guitare électrique est une guitare acoustique augmentée où les lutheries électromécanique et numérique se superposent à l'acoustique, élargissant sa palette de timbres et introduisant des nouvelles possibilités sonores comme des sons entretenus (feedback, e-bow), des ouvertures vers d'autres temporalités (temps différé des boucles, micro-temps de la granulation), ou encore des techniques de synthèse. Compte tenu de son caractère reconfigurable on peut aussi parler d'un instrument *augmentable*, dont la forme se définit au cas par cas et qui reste ouvert à de nouvelles hybridations technologiques.

La conséquence de l'augmentation d'un instrument au-delà du domaine acoustique est la multiplication des interfaces et la nécessité des messages de contrôle. Afin

de d'inclure les augmentations dans l'élaboration d'un discours musical il est nécessaire de pouvoir interagir avec celles-ci en temps réel. La nécessité de contrôle introduit un flux d'information dans l'environnement instrumental, superposé à la causalité énergétique du rapport geste-son. Dans le cas de la guitare électrique, le niveau de contrôle se manifeste physiquement par des accès gestuels conçus pour coexister avec l'instrument acoustique, tels que des pédales-effecteurs, des boutons, des capteurs de mouvements (par ex. effets "Hot Hands" de Source Audio [21]), voire des interfaces buccales ("Talk Box"). Une autre stratégie est d'extraire de l'information de contrôle du son lui-même, comme c'est le cas dans des effets auto-adaptatifs comme l'auto-filtre ou le compresseur [26].

La question du contrôle est une problématique centrale de l'augmentation instrumentale. La multiplication des possibilités sonores et des accès gestuels peuvent complexifier l'environnement instrumental au-delà des capacités de contrôle dont dispose le musicien en temps réel. Sur la guitare électrique, ce problème a été évité par une grande simplicité des interfaces du niveau augmenté et leur positionnement dans la périphérie de l'ensemble des gestes instrumentaux (pieds, mains, en dehors des gestes de jeu sur l'instrument acoustique). En contrepartie, cette approche n'ouvre que peu de possibilités d'interaction réellement dynamique avec les augmentations, d'où la pratique du "timbre statique" dans la guitare électrique: pour une partie musicale on choisit un "son" avec des effecteurs "on-off" qui restera statique jusqu'à la prochaine modification "monolithique". L'instrument dispose de grandes possibilités timbrales, mais de peu de moyens pour les contrôler en temps réel. Aujourd'hui différents projets industriels et universitaires explorent des stratégies pour étendre le contrôle du musicien sur la partie augmentée de son instrument [13][14]. Un exemple de ces travaux est la guitare augmentée développée au sein du CICM MSH Paris-Nord par Otso Lähdeoja, dont le but est l'intégration de l'instrument initial et des augmentations dans un environnement instrumental cohérent, en prenant comme point de départ la corporalité du musicien et son vécu haptique du jeu "augmenté" [14]. Les ouvertures sonores explorées dans ce projet incluent notamment des possibilités percussives sur le corps de la guitare ("*golpe*" sur guitare électrique), des travaux sur un sustain synthétisé, des effets contrôlés par des mouvements auxiliaires du musicien [27], ou par le jeu sur les cordes². La guitare électrique pose un préalable intéressant pour l'époque actuelle où une généralisation des pratiques *live*-électroniques et mixtes s'opère sous nos yeux.

Avec plus de soixante-dix ans de développement et une communauté d'utilisateurs mondiale, la guitare électrique est un instrument augmenté -et augmentable- solidement

installé, avec une pratique instrumentale hybride largement intégrée par les guitaristes qui travaillent couramment avec les parties acoustiques, électriques et numériques de leur instrument. Des aspects du live-électronique comme l'utilisation simultanée des temporalités différentes, des dispositifs acoustiques et numériques, ou des instruments compris comme des environnements matériels et logiciels en réseau y sont confrontés à une expérimentation concrète en situation de création musicale et de concert. Les résultats ne font pas apparaître une direction commune, mais plutôt une multitude de propositions prospectives, qui sont de grand intérêt pour la création musicale contemporaine, bien au-delà de la guitare électrique elle-même.

3. LA GUITARE ELECTRIQUE COMME OUTIL POUR LA CREATION MUSICALE

Instrument de musique populaire, intégré de nos jours dans l'orchestre contemporain, la guitare électrique est en passe de trouver sa place en tant qu'outil dans l'environnement de travail du compositeur guitariste. Si une musicologie prenant comme objet d'étude la guitare électrique émerge, elle ne peut être que multidisciplinaire, intégrant entre autres l'organologie, les techniques du son, l'audio-numérique, l'examen de la poétique et des manières de faire des musiciens et des compositeurs en action. C'est cette approche musicologique au service des musiciens observant de l'intérieur leur pratique compositionnelle que nous tentons de présenter dans cette partie.

3.1. Une musicologie de la guitare électrique

Etudier la guitare électrique dans sa transversalité convoque, on l'a vu, au moins l'organologie, l'informatique musicale et l'étude des pratiques des musiciens. On pourrait ajouter à ces disciplines l'ethnomusicologie, la sociologie ou encore l'esthétique. De l'intérieur même de la musicologie, la guitare électrique en tant qu'objet d'étude peut renvoyer à des branches enchevêtrées telles que l'étude des musiques jazz, ou des musiques dites populaires, de l'apport des grands solistes (Jimi Hendrix, Carlos Santana, etc...) de la généalogie des styles, de l'étude des mutations des industries culturelles et leurs incidences sur les pratiques d'écoute et de réappropriation, etc.

L'approche musicologique qui intéresse notre équipe concerne la création musicale si l'on peut dire "émergente", expérimentale, hors des standards d'exploitation habituels et souvent en relation avec une recherche théorique et technique en amont et en interaction avec la pratique de la création musicale. Observer l'histoire de la guitare électrique nous permet par exemple de dresser un inventaire des différentes

² www.cicm.mshparisnord.fr Une série de vidéos de la guitare augmentée est visible à: http://lahdeoja.org/ftplahdeoja/augmented_guitar

possibilités sonores de la guitare, aussi bien ses modes de jeu que les styles de sonorités et d'*objets sonores* qu'elle a produit. Une taxinomie sonore de la guitare électrique contemporaine serait certainement intéressante comme base pour un travail de création musicale.

Si l'on observe de près les usages des musiciens, on observe que certains potentiels de la guitare électrique restent d'ailleurs largement inexplorés en termes de création : par exemple: la captation acoustique de la guitare électrique, les modes de jeu du monde la pop, les pédales comme sources de processus compositionnels et morphologiques, ou encore le *live électronique* comme source de complexité temporelle, de timbre et d'organisation.

La captation acoustique de la guitare électrique permet de créer un réseau linéaire parallèle, et donc une sonorité hybride: acoustique, mais de caractère irréel (les articulations et timbres métalliques sont exagérés), cette captation mariée avec le son amplifié de la guitare ouvre un domaine expressif nouveau, avec un éventail de timbre et de nuances élargi. Par ailleurs, les musiciens de rock des années 1980 ont élargi l'éventail de techniques disponibles pour la guitare électrique, mais l'usage musical de ces techniques s'est largement limité au contexte du heavy métal, et pourrait se développer en profondeur dans d'autres contextes esthétiques. Finalement, le potentiel des pédales comme sources de processus et, donc, de morphologies sonores, et la possibilité de multiplier la complexité de la guitare-réseau avec des environnements de programmation tels que Max/MSP, la connectant au domaine microtemporel et granulaire par exemple, sont des possibilités qui situent la guitare dans un contexte de création actuel en la rapprochant des techniques et de l'esthétique des musiques électroacoustiques. Étant donné la pluralité et la richesse de toutes ces perspectives directement issues de la pratique de la guitare électrique au cours de son évolution récente, le potentiel de réflexion et de formalisation issu d'une musicologie prospective alliée à la création musicale expérimentale peut apporter une contribution à la connaissance et à la pratique de la création musicale avec les moyens de la guitare électrique.

3.2. La guitare électrique dans la création contemporaine.

Au-delà de son développement initial au sein des musiques populaires, l'utilisation de la guitare électrique s'est progressivement étendue à d'autres répertoires et esthétiques, devenant à la fois un outil de création pour la musique contemporaine et un instrument d'avant-garde sonore [2]. Fortement présente dans la création musicale expérimentale, la guitare électrique a effectué son intégration dans les répertoires de musique écrite, dans le sillage du travail de compositeurs tels que Georges Aperghis, Tristan Murail, Hugues Dufourt et de l'ensemble Itinéraire dans les années 1970, grâce à un

interprète aussi singulier que Claude Pavy, ou plus récemment de l'ensemble belge Ictus avec l'instrumentarium du guitariste Tom Pauwels. Cette intégration est marquée par des emprunts de styles ou de sonorités héritées du rock et du jazz (*Vampyr !*, 1984, de T. Murail ; *Index of metals*, 2003, ou *Trash TV Trance*, 2002, de F. Romitelli).

La pièce *Seven* (2007) de Peter Eötvös est un exemple assez abouti d'intégration de la guitare électrique au sein d'un orchestre de quarante-neuf musiciens répartis en sept groupes. La guitare est groupée avec le synthétiseur, la harpe et les percussions. On y trouve l'utilisation des pédales de volume, delay, octaver, saturation, barre de vibrato, slide. La guitare se caractérise de deux façons : 1) elle permet la création d'objets sonores (bruitages, masses, sonorités électroacoustiques) souvent combinés avec les percussions, le clavier et la harpe 2) elle génère des glissandi (plus d'une octave sur une corde, descendant des notes les plus aiguës de la guitare), doublant ou imitant les cordes. La guitare électrique chez Eötvös a avant tout une fonction d'orchestration pouvant compléter ou se fondre dans l'ensemble de l'instrumentarium contemporains. D'autres compositeurs comme Hugues Dufourt (*Saturne*, 1979) ou Tristan Murail (*Contes cruels*, 2007) ont su également intégrer la guitare électrique à leur style d'orchestration.

On ne peut évoquer la guitare électrique dans le milieu de la musique contemporaine sans évoquer Steve Reich et son *Electric Counterpoint*, dont le style a largement influencé la sphère des musiciens nord-américains. S'appuyant sur sa rencontre avec Pat Metheny, Reich a su tirer parti des modes de jeu et articulations rythmiques issues du jazz pour structurer l'ensemble de la pièce.

Au-delà de l'intégration de la guitare électrique à l'orchestre ou de l'appropriation et la transformation de modes de jeux issus de styles dits populaires, d'autres approches sont de nos jours identifiables dans la pratique des musiciens liées à leur intérêt pour le *live électronique*, des musiques mixtes et la scène des musiques improvisées.

Ces approches témoignent d'une pensée instrumentale, technologique et musicale se déployant dans un espace conceptuel construit à base de modules, de réseaux d'objets matériels ou logiciels. La guitare électrique, en tant qu'objet, y est augmentable, composable selon le contexte, objet-instrument ou classe d'objets au sein d'un réseau incluant des environnements logiciels eux-même structurés en réseaux d'objets.

3.3. Nouvelles approches conceptuelles : La guitare électrique, objet dans un réseau d'objets

On a évoqué à plusieurs reprises dans l'article les notions d'objet et de réseaux. Cette notion nous est héritée de Horacio Vaggione qui a développé une approche de la composition orientée objet, au moment où émergeait une

réflexion sur le potentiel de la programmation orientée objet en informatique, en la rapprochant de l'objet sonore numérique [23][24]. Le compositeur-chercheur nous rappelle qu'un objet logiciel est une entité active composable, faite d'attributs, de variables, de propriétés, de méthodes permettant des opérations, des comportements ; un objet peut être constitué de réseaux d'objets, il peut être encapsulé ou encapsulable, classe ou instance, polymorphe ; enfin, il est porteur de connectivité. En programmation informatique, les objets sont des représentations virtuelles permettant la formalisation et le traitement de l'information. La fonction d'un tel objet en composition est la transformation du son, qu'on le comprenne comme matériau, matière, donnée à traiter.

En s'inspirant de cet appareil conceptuel, la guitare électrique, étendue à son réseau de modules au-delà du corps physique de l'instrument, devient un objet composable, ensemble modulaire connectable dans un réseau d'objets, qui peut être pensé comme un espace composable, et ouvert, environnement de travail hybride adaptable et transformable au gré des projets. [25][4]. Avec ce type d'outils de formalisation, la guitare électrique ainsi "objectivée" peut être pensée du dehors, avec une vision du compositeur, ou de l'improvisateur, face à ses outils.

Composer veut dire organiser, construire un tout cohérent. Quand on pense en termes de réseau, composer pourrait dire *"générer des véritables événements singuliers et les articuler dans des ensembles de plus en plus grands sans perdre le sens de ces singularités."* [25]. La singularité peut être un geste instrumental, un objet sonore, une note écrite sur une partition ou un processus de bouclage généré par une pédale. "Articuler dans un ensemble" veut dire composer une structure d'outils dans laquelle un événement singulier s'articule, se transforme ou fait émerger d'autres événements. Un réseau serait l'espace complexe dans lequel un objet sonore issu de la guitare pourrait se transformer. *"L'espace est la liberté réelle de l'objet, sa fonction n'est que sa liberté formelle"* [1].

Ce modèle du réseau va en se complexifiant, devient pour ainsi dire l'objet à composer, le domaine d'émergence de la sonorité, dans une perspective dynamique écosystémique [8].

Afin d'illustrer les objectifs prospectifs d'une musicologie dédiée à la création musicale, nous allons présenter ci-dessous un exemple de création, oeuvre en cours de réalisation au studio du CICM à la Maison des Sciences de l'Homme Paris Nord, en relation directe avec l'approche théorique de la guitare en réseau présentée dans

cet article³. Ce qui suit est l'exposé du musicologue décrivant son propre travail de compositeur.

3.4. Un exemple de création avec la guitare électrique en tant qu'outil

Nous présentons certains aspects de l'oeuvre en cours du guitariste et compositeur Santiago Quintans "5 Fragments pour guitare électrique", oeuvre composée en studio⁴.

Quintans pense son réseau comme une mise en relation entre divers modules, outils et moyens qui constituent son environnement de travail, autrement dit l'espace composable défini pour ce projet. Cet environnement comprend :

a) Les moyens de la notation graphique : cette étape est un travail un peu éloigné de la guitare qui se concentre sur la prolifération de matériaux et la création à une échelle temporelle macroscopique (structure d'une pièce). Elle sert aussi, parfois, à "fixer" des idées issues d'autres domaines du réseau.

b) Le tandem "physique" guitare-joueur : conçue comme un "lieu", un *territoire* visible où l'on trouve des choses, des "objets", la guitare est aussi source de matériaux et de forme (au niveau temporel *meso*, plus proche de la parole) ainsi que le corps et les gestes du musicien.

c) Les moyens de l'improvisation : le musicien génère ou développe des formes en temps réel, se servant des outils à sa disposition. Chez Quintans, l'improvisation développe des processus et formes préétablies par l'écriture hors-guitare, c'est-à-dire, la composition fournit le cadre global, les processus et les matériaux ; l'improvisation les développe et les articule dans le temps.

d) Les pédales : sources de 'coloration' (par ex. saturation), ou des sources de matériaux et formes via des traitements temporels (delays et boucles).

e) Les traitements audio avec Max/MSP : ce logiciel est aussi un réseau composable. Source de polyphonie temporelle (microtemps), et de spatialisation (multiplication des sorties du réseau), il sert à complexifier la sonorité du réseau ainsi qu'à la dynamiser (puisque il réagit aux actions du joueur).

Techniquement, le réseau de ce projet est organisé de la manière suivante :

³ Un des attendus de ce projet concerne les spécificités et le potentiel de la prise pour la guitare électrique, notamment la prise de son acoustique. Cette étude est menée avec Benoît Courribet, les résultats seront présentés dans un numéro la revue électronique Appareil, dédié aux identités de la guitare électrique [7].

⁴ Des extraits de "5 Fragments pour guitare électrique" peuvent être écoutés sur le site du cinquième Congrès Interdisciplinaire de Musicologie (CIM09) <http://cim09.lam.jussieu.fr/CIM09-fr/>

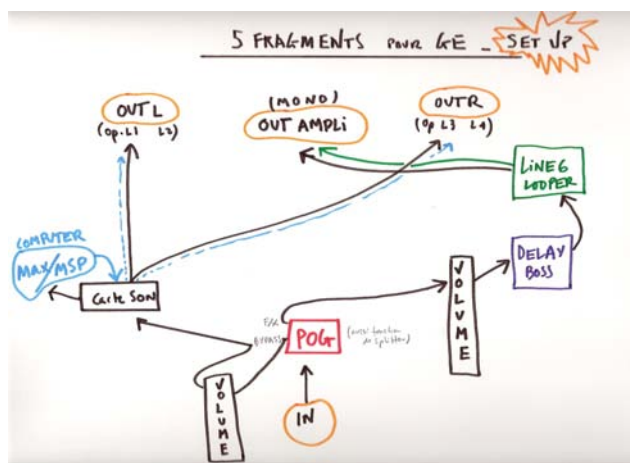


Figure 2. Exemple de la partition de "5 Fragments pour guitare électrique". Le signal (in) se divise en deux grâce à la pédale *Electro-harmonix* POG (*octaver*), qui fait aussi une fonction de *split*. Deux pédales de volume contrôlent le signal envoyé vers l'ordinateur et l'ampli. Les flèches aux multiples couleurs indiquent les différents flux de signal sortant du réseau (noir, signal guitare / vert, masse sonore bouclé / bleu, traitement numérique.)

Ce système suggère donc plusieurs réseaux parallèles (signal, sortie pédale de boucle, captation acoustique, Max/MSP). Donc il s'agit d'un réseau de modules tel que nous l'avons décrit auparavant. On présente ci-dessous quelques exemples pertinents (pour des extraits audio voir note 4).

a) *création de masses sonores.*

- création de masses de type 'spectral' (des accords issus du spectre d'un son) grâce à l'utilisation d'une pédale *Electro-Harmonix* POG, qui permet une transposition de la hauteur de la note à l'octave inférieure ou supérieure (donc élargissant la tessiture de la guitare de deux octaves, et permettant de générer des spectres assez riches), en combinaison avec des pédales de volume et de boucle (qui nous permettent d'enregistrer les différentes parties de la masse d'une manière séquentielle) [Ex. FRG #1].
- création de masses sonores de type granulaire avec un comportement dynamique et spatialisation. Avec le logiciel Max/MSP, le compositeur a construit des "patches" qui, à partir du signal de la guitare, génèrent des grains (entre 0 et 100ms, environs). La taille des grains, la densité de la masse ainsi que son placement dans l'espace sonore stéréo sont définis par la vitesse et l'intensité des attaques à la guitare [Ex. FRG#1].

Figure 3. Extrait de la partition du Fragment #1. Dans la cadre orange, la situation du réseau: en bleu (flux numérique), le preset du patch Max/MSP à utiliser; en vert, l'indication d'activation de la pédale de boucle Line6; en rouge, l'indication de paramétrage de la pédale d'octave (POG). A droite, quelques indications sur les modes de jeu utilisés dans ce fragment. La notation montre la construction d'un accord en trois étapes quatre étapes : 1) Premier accord dans la tessiture normale de la guitare. 2) Corde de mi grave 8va basse (activation de la pédale POG). 3) Désactivation de la pédale POG et accord tessiture normale. 4) Activation de la pédale et accord à la 15e sup. (joué en haut du manche de la guitare et transporté d'une octave avec le POG). Les flèches qui suivent l'indication "spectral loop" indiquent que ses accords seront bouclés dans la pédale line 6 pour créer une masse.

b) *création de "syntaxes" nouvelles, création de "vocabulaire"*

- relation entre la guitare en tant qu'outil et le geste instrumental comme source de matériaux. Il s'agit de mettre en relation la prolifération écrite d'une cellule de hauteurs avec les cordes à vide, et les différentes possibilités de geste instrumental liant les deux. [Ex: FRAG#2]



Figure 4. Plan d'intervalles composés à la table (neuvièmes/septièmes). La taille des intervalles suggère une certaine position de la main gauche.

Un résultat possible est le motif suivant (thème principal du FRG#2 ; les notes appuyées et les cordes à vide sont notées séparément):

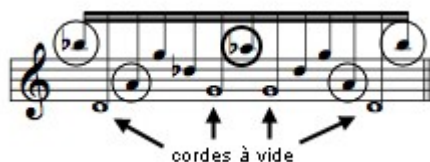


Figure 5. Ici, les intervalles montrés dans l'exemple précédent sont combinées avec des notes jouées "à vide" (ré, sol), avec un geste legato de la main gauche (hammer-on, pull-off). Le résultat est une phrase où rythme, geste et timbre se combinent et font émerger un vocabulaire particulier.

Ce vocabulaire particulier sera, ensuite développé par l'improvisation, avec un travail de traitement numérique en parallèle, pour développer ces nouveaux objets dans le domaine de la sonorité (effet doppler, mélange entre son direct et traité) [ex : FRG#2].

- c) *application de nouvelles techniques de guitare pour générer des matériaux source variés*
- "tapping" générant des textures pointillistes Ex. FRG#5 (zones harmoniques main gauche et droite)

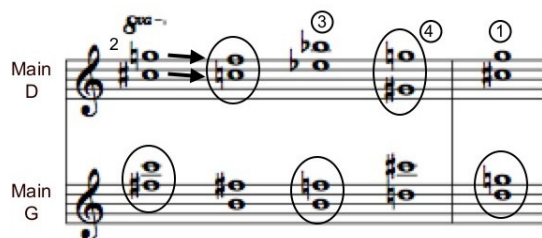


Figure 6. Les accords, découpés en intervalles (mdr: main droite; mg:main gauche) sont joués avec différentes combinaisons (improvisées) de doigts et de rythmes pour créer une sonorité harmonique pointilliste. Les chiffres dans les cercles indiquent un ordre (possible) d'exécution.

- "tapping" comme extension harmonique d'accords.
- d) *sonorités bruiteuses, non-harmoniques*
- travail avec la guitare préparée, manipulations avec des objets trouvés Ex. FRG#4
- e) *Aspect théâtral, mouvements et gestes comme sources de forme*
- actionnement des pédales: bruit et geste intégrant la composition ;
- visualisation d'un processus : le FRG#4 est organisé selon une accumulation de bruitages qui se fait par l'application successive d'objets trouvés sur la guitare. Mettre un *clip* entre les cordes, frapper la guitare avec un

bout de métal sont des gestes significatifs qui deviennent des points de repère pour l'auditeur.

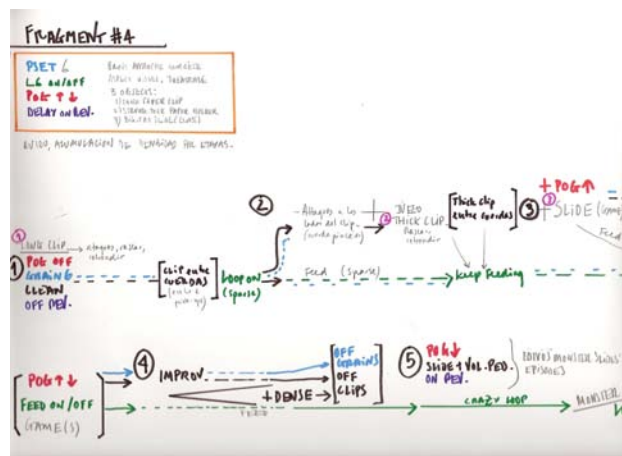


Figure 7. Partition manuscrite du Fragment#4. De droite à gauche, les différentes étapes du processus d'accumulation : 1) son non-traité, guitare jouée avec un *clip*, 2) début du processus de bouclage 3) Passage à un autre "objet trouvé", un gros *clip*. Jeu de *slide*, différents octaves (POG). Debut aussi du flux numérique (bleu). 4) Improvisation de plus en plus dense, bouclage, 5) Geste appelé "Eötvös monster slides" (inspiré par le travail de Eötvös dans la pièce *Seven*), 8ve grave, *delay*, pédale de volume. Les sonorités de chaque étape sont enregistrées dans la pédale de boucle pour créer une masse sonore chaotique et bruiteuse.

Concernant l'organisation de ces matériaux, on constate que :

- a) le réseau ainsi composé est une source complexe d'organisation puisque chaque domaine qui le compose génère des matériaux et des formes ;
- b) la composition au sein d'un réseau consiste à étudier les possibilités d'émergence du réseau et à les organiser d'une manière cohérente dans le temps, et dans une certaine esthétique.

Le compositeur a tenté de faire émerger les aspects suivants :

- *le caractère formel de certains processus à l'intérieur du réseau* : processus de création de masses spectrales audibles dans [FRG #1], processus d'accumulation, [FRG #4].
- *La possibilité de dissociation de rôles musicaux entre les différents domaines du réseau* : Ceci permet de créer un espace sonore particulier au réseau, une sensation de perspective (contrepoint sonore). La dissociation entre masse sonore statique issue des pédales et objet sonore granulaire issu de l'ordinateur, par exemple, crée une sorte

de contrepoint de masses assez expressif. [FRGs #1,#5,#3].

- *La possibilité d'associer les différentes sonorités émergeant du réseau* : Créant des plans sonores très proches, l'on peut créer une sorte de "feuilleté" sonore où l'attaque de la guitare est acoustique, le corps du son est numérique, et le *decay* vient de l'ampli et du son de la salle. Ses plans peuvent se combiner de façons différentes, donnant lieu à plusieurs variations sonores d'un thème. [FRG #2].

- *Nouvelles formes d'improvisation* : l'accumulation de contraintes (écrites), les possibilités de développement sonore (réseau), ainsi qu'une certaine volonté d'appropriation par l'improvisateur des processus de répétition 'machinale' issus de pédales, ont suggéré un jeu basé sur la répétition et le contraste temporel entre cellules, ainsi que sur la différence entre champs sonores [FRG#2].

Les possibilités du réseau sont nombreuses et parfois inattendues. Le compositeur, après avoir travaillé sur cette pièce, a constaté que cette composition d'un environnement de travail et de création modulaire, faite de réseaux d'objets, lui a permis de concilier plusieurs domaines de création dans lesquels, jusqu'à maintenant, il travaillait d'une façon isolée. Le pouvoir catalyseur de la guitare, ainsi que le fait d'accepter la modularité et la multiplicité qui singularisent cet instrument, ont permis, avec l'aide de Max/MSP, de dépasser les anciens paradigmes opposant composition et improvisation et de rapprocher les pratiques des musiciens guitaristes électriques avec celles du studio électroacoustique et audionumérique.

Cette approche où la guitare-objet peut s'insérer dans l'espace composable construit en réseau, permettra certainement à la guitare électrique d'acquérir une autonomie instrumentale et esthétique, loin des clichés habituels à ce jour plus ou moins bien intégrés dans la création musicale contemporaine.

Les répercussions dans la création musicale de ce modèle de guitare-réseau sont variées. De façon générale, on peut dire que la notion de composition se déplace vers la création d'un environnement d'émergence (le réseau), et le travail de création fragmentaire sur chacun des territoires, des modules que comportent le système (écriture, programmation, improvisation, etc.).

4.CONCLUSION

Dans cet article écrit à quatre mains, abordant la guitare électrique, instrument augmenté et outil pour la création musicale, nous avons tenté de faire interagir deux approches : l'une centrée sur l'organologie d'un instrument en mutation, l'autre sur une musicologie asservie à la création musicale, afin d'éclairer sous divers angles la guitare électrique comme objet d'étude. Concernant un

instrument aussi emblématique, objet modulaire et augmentable, privilégiant une créativité se déployant en réseau, ces deux spécialités que sont l'organologie et la musicologie en appellent d'autres : informatique musicale, composition, sociologie...

Dans le cas des artistes engagés dans une démarche qui fait interagir savoir scientifique et création artistique, la création artistique, toujours transversale, devient le lieu d'expérimentation, de validation qualitative, d'exploitation ou de rejet des hypothèses théoriques émanant des différents domaines scientifiques concernés, qu'on serait presque tenté là aussi d'approcher de façon modulaire. Les conditions d'une connaissance transversale reposent vraisemblablement sur la mise en relation de toutes ces disciplines. Ce type d'approche représente un enjeu au sein des relations entre arts, sciences et technologies, typique par ailleurs des relations musique / instruments.

5.REFERENCES

- [1]BEAUDRILLARD, J. *Le système des Objets*, Gallimard, Paris, 1968
- [2]BENNET, A. ; DAWE, K. *Guitar Cultures*. Berg, Oxford-New York, 2001
- [3]CARFOOT, G. "Acoustic, Electric and Virtual Noise : The Cultural Identity of the Guitar" in *Leonardo Music Journal* 16, 2006
- [4] CARVALHO, G. "Formaliser la forme", *Manières de faire des sons*, sous la direction d'A. Soulez et H. Vaggione, l'Harmattan, à paraître
- [5] COLLECTIF, "Identités de la guitare électrique", *revue électronique Appareil*, à paraître, <http://revues.mshparisnord.org/appareil/>, 2009
- [6]COLLECTIF d'auteurs, « Dossier Microphones et amplification dans la guitare électrique », in *Musique & technique, revue professionnelle de la facture instrumentale*, Ed. ITEM, n°3, 2008, pp.25-77.
- [7] COURRIBET, B. "Traitements audionumériques pour la guitare électrique amplifiée", *revue électronique Appareil*, à paraître, 2009
- [8] DI SCIPIO, A. "Emergence du son, son d'émergence. Essai d'épistémologie expérimentale par un compositeur", *Revue intellectica* N° 48-49, *Musique et cognition*, sous la direction d'Anne Sèdes, Compiègne, 2008
- [9] EVANS, T. & M. A. *Guitars, Music, History, Construction and Players From the Renaissance to Rock*, Paddington Press, New York-London, 1977
- [10] Floyd Rose <http://www.vintagekramer.com/parts6.htm>

- [11] GRUHN, G. ; CARTER, W. *Acoustic Guitar and Other fretted Instruments : A Photographic History*, Miller Freeman Books, San Francisco, 1993
- [12] GÉTREAU, F. "Instruments et luthiers parisiens XVIIe-XIXe siècle", *Délégation à l'action artistique de la Ville de Paris*, 1988
- [13] Hyperinstruments
<http://opera.media.mit.edu/projects/hyperinstruments.html>
- [14] LAHDEOJA, O. "Guitare électrique augmentée : une approche du contrôle gestuel des « effets » de la guitare électrique", *Actes des Journées d'informatique musicale, JIM 08*, Albi, 2008
- [15] LAHDEOJA, O. "An approach to instrument augmentation : the electric guitar", *proceedings of the New Interfaces for Musical Expression conference*, Genova, Italia, 2008
- [16] LEVI-STRAUSS, C. *La pensée Sauvage*, Plon, Paris, 1969
- [17] QUINTANS, S. *Guitare électrique : "composer pour un instrument-réseau"*, *revue électronique Appareil*, à paraître, 2009
- [18] ROADS, C. *Microsound*. MIT Press, Cambridge, 2004
- [19] ROBERTSON, R. "Glocalization: Time-space and homogeneity-heterogeneity", in M. Featherstone, S. Lash and R. Robertson (eds) *Global Modernities*, London: Sage, 1995
- [20] SÉGURET, Ch. *L'Univers des guitares*, Ed. Solar, Paris, 1997
- [21] Source Audio: Effets avec captation de mouvement
<http://www.sourceaudio.net/>
- [22] U2 - Zoo TV Live from Sydney dvd island/polygram
- [23] VAGGIONE, H. "On object based composition", O. Laske (Ed.) : *Composition Theory, Interface - Journal of new music research* 20 (3-4), pp. 209-216, 1991
- [24] VAGGIONE, H. "Objects, représentations, opérations", *Ars sonora, revue* 2, pp. 33-51
<http://homestudio.thing.net/revue/content/asr2p30.html>, Paris, 1995
- [25] VAGGIONE, H. "L'espace composable. Sur quelques catégories opératoires dans la musique électroacoustique", *Espace: Musique/Philosophie*, p. 152- 166, L'Harmattan, Paris, 1998
- [26] VERFAILLE, V. *Effets audionumériques adaptatifs* Thèse de Doctorat à l'Université de Aix- Marseille II, 2003
- [27] WANDERLEY, M. M. ; DEPALLE, P. "Gesturally-controlled digital audio effects" *Proceedings of the Conference on Digital Audio Effects (DAFX-01)*, Ireland, 2001