



## **Influence de la touche de la guitare électrique : analyses perceptives et vibratoire**

A. Paté<sup>a</sup>, J.-L. Le Carrou<sup>b</sup>, B. Navarret<sup>a</sup>, D. Dubois<sup>a</sup> et B. Fabre<sup>a</sup>

<sup>a</sup>LAM/d'Alembert - UMR CNRS 7190 - UPMC, 11 rue de Lourmel, 75015 Paris, France

<sup>b</sup>LAM/Institut d'Alembert, UMR CNRS 7190, UPMC Univ Paris 06, 11 rue de Lourmel, 75015 Paris, France

jean-loic.le\_carrou@upmc.fr

Bien qu'essentiellement rayonné par le circuit électro-acoustique allant du *pickup* au haut-parleur de l'amplificateur, le son de la guitare électrique *solid body* tire son origine de la vibration de ses cordes. Cette vibration se voit altérée par couplage mécanique avec la structure de l'instrument, dont le comportement dynamique dépend fortement des éléments de lutherie. La présente étude s'intéresse à l'influence du matériau de la touche de la guitare électrique. La méthode expérimentale utilisée en propose une évaluation psychologique. Dix guitaristes professionnels ont été invités à jouer librement et « à l'aveugle » quatre guitares (deux à touche en ébène et deux à touche en palissandre, identiques par ailleurs) et à exprimer verbalement leur ressenti. Une analyse linguistique du discours des musiciens a permis d'extraire des descripteurs psychologiques pertinents pour la discrimination du matériau de la touche, parmi ceux-ci il est question de la PRÉCISION du son. Des pistes sont envisagées pour établir des liens entre le descripteur psychologique et des descripteurs audio ou mécanique.

## 1 Introduction

La vibration des cordes de la guitare électrique *solid body* est captée par le « microphone », ou *pickup*, dont le signal de sortie est modifié par une chaîne électroacoustique dont le dernier maillon, le haut-parleur, fournit le son final. Un grand nombre d'études scientifiques sur la guitare électrique s'est donc concentré sur cette chaîne électroacoustique : par exemple [1, 2].

Cependant, c'est bien le mouvement de la corde qui fournit le signal à l'entrée de la chaîne électroacoustique : la corde est donc au moins partiellement responsable du son de l'instrument. Etant connectée à une structure vibrante, elle voit son comportement dynamique perturbé par couplage mécanique [3, 4, 5]. Chaque élément de lutherie (bois et forme du manche, du corps, type de frette...) affecte potentiellement la vibration de la corde, donc le son de l'instrument. C'est un phénomène bien connu des luthiers et guitaristes, mais qui reste à décrire à la fois perceptivement et mécaniquement.

Après des études sur le bois du corps [6] et le mode de jonction du manche au corps [7], cet article propose une étude du matériau de la touche. Un changement du bois de la touche est-il perceptible par le guitariste en situation de jeu ? Si oui, sur quel propriété du son ou de la guitare se fonde-t-il ?

L'ultime objectif de nos études est de relier la caractérisation mécanique de l'élément de lutherie à sa caractérisation perceptive. Une famille de méthodes cherche à faire correspondre des grandeurs mécaniques mesurées à des attributs perceptifs calibrés selon le paradigme physique (dans ce cas le son est analytiquement décomposé selon des dimensions définies à partir des paramètres physiques : fréquence fondamentale, temps d'attaque, sonie...). Or, en l'absence d'étude préliminaire du ressenti du musicien, la pertinence psychologique de ces caractérisations physiques reste problématique. Il est possible que le guitariste ne soit pas sensible à certains paramètres pertinents du point de vue de la description mécanique, tout comme il puisse être sensible à des aspects du son qui ne sont pas pris en compte par les modèles mécaniques.

Notre démarche propose de mesurer le ressenti des musiciens en situation de jeu libre (section 2). Ainsi c'est le guitariste lui-même qui fixe ses critères et sa stratégie d'écoute, qu'il va s'agir de comprendre au travers d'une analyse linguistique de son discours (section 3). Les résultats perceptifs sont exposés en section 4. L'identification d'un descripteur psychologique permet de développer de nouvelles hypothèses sur les descripteurs audio (section 5).

## 2 Méthode expérimentale

### 2.1 Guitares, guitaristes et matériel

C'est grâce à une collaboration avec l'Itemm<sup>1</sup> qu'il a été possible d'étudier le matériau de touche isolément. En effet, il est pratiquement impossible de trouver dans le commerce deux guitares électriques ayant comme seule différence le bois de la touche, toute autre chose étant égale par ailleurs.

Six apprentis luthiers ont fabriqué les six guitares de l'étude, suivant les spécifications (géométrie et matériau) du modèle historique [8, 9] *Les Paul Junior* de la marque *Gibson*. Elles sont équipées de *pickups P-90 Dog-Ear BK* de la marque *Kent Armstrong*, et le circuit de tonalité (filtre passe-bas à fréquence de coupure réglable par un potentiomètre) a été débranché. Afin de limiter la variabilité de fabrication, la même planche de bois a servi pour tous les manches et corps, et les guitares ont été réalisées à l'aide des mêmes machines et patrons.

Trois guitares sont à touche en ébène, les trois autres touches sont en palissandre.

Le jeu et la comparaison de six guitares aurait été trop éprouvant pour le musicien, ainsi il a été décidé d'écarter deux guitares sur des considérations ergonomiques. Les quatre guitares (deux pour chaque matériau de touche) retenues pour le test sont visibles en figure 1. Les deux guitares à touche en ébène sont arbitrairement désignées E1 et E2, et les deux guitares à touche en palissandre P1 et P2.

Lors du test perceptif, les guitaristes avaient à disposition un amplificateur *Blues Junior III* de la marque *Fender* ainsi qu'une pédale *OCD v.3* de la marque *Fulltone* pour produire les sons de distorsion.

Les dix musiciens (sujets) ayant participé à l'étude sont professionnels : la guitare électrique est la base de leur activité professionnelle, comprenant du jeu sur scène ou en studio, de la composition, de l'enseignement ou des tests de matériel.

### 2.2 La tâche du guitariste

Installé dans une salle calme à éclairage réduit afin de ne pas déceler les différences visuelles existant entre les deux essences de bois, le guitariste reçoit la consigne de jouer librement les quatre guitares : chaque guitare peut être jouée et rejouée à volonté, le guitariste peut passer d'une guitare à l'autre comme il le souhaite. Les réglages, position et même usage de l'amplificateur et de la pédale de distorsion sont également laissés libres. Le dispositif expérimental est représenté en figure 1.

1. Institut technologique européen des métiers de la musique, Le Mans, <http://www.itemm.fr>



FIGURE 1 – Un guitariste en situation de jeu libre. L'intensité lumineuse a été augmentée pour les besoins de la photographie.

Durant le jeu, le guitariste est invité à exprimer son ressenti. Un dialogue s'instaure alors entre le musicien verbalisant ses impressions et les expérimentateurs relançant la conversation. Les relances de la part des expérimentateurs sont des demandes de reformulations ou de précisions. Afin d'accéder à la subjectivité du musicien, la méthode expérimentale exige que les expérimentateurs n'introduisent aucun nouveau mot et n'utilisent que des mots déjà utilisés par le musicien.

### 2.3 Les données

Chacun des dix entretiens, de durée comprise entre une heure et une heure et demie, est enregistré puis transcrit. Ces données verbales forment ce qui est appelé le « corpus ». La méthode d'analyse de ce corpus est expliquée en section 3.

## 3 Analyse des données verbales

### 3.1 Généralités

L'apparente simplicité des données verbales suggérée par l'emploi de mots de sens commun ne doit pas empêcher de considérer certaines remarques formulées dans les recherches en analyse sensorielle et en terminologie :

- au contraire du vocabulaire des objets visuels et des couleurs, les ressources lexicales du français comprennent très peu de forme simple permettant de décrire les sons [10]. En particulier, du vocabulaire provenant d'autres champs lexicaux est susceptible d'être employé (par exemple les mots *brillant* ou *doux*),
- le même lexème peut être utilisé par plusieurs guitaristes en tant que « mot » ou « terme » [11, 12]. Dans le premier cas, le même « signifiant » peut être employé par plusieurs guitaristes pour exprimer des ressentis différents. Dans le second cas, il existe un accord tacitement négocié — de par l'appartenance à une même communauté — entre les guitaristes sur la correspondance entre un « signifié » et un « signifiant ».

Cet emploi en tant que mot ou terme n'est *a priori* pas connu des expérimentateurs.

Le sens d'un mot employé en contexte peut donc différer du sens commun ou du sens que l'expérimentateur lui attribue, de par sa propre pratique de la langue et son appartenance à une communauté scientifique autre que celle des musiciens. L'analyse du corpus doit en conséquence se garder de toute hypothèse sur le sens des mots. Celui-ci sera inféré d'une analyse sémantique à partir des productions verbales individuelles.

Nous présentons maintenant une méthode permettant l'établissement de relations de proximité sémantique (synonymie ou antonymie par exemple) entre les mots. Elle dérive d'autres travaux [13]. Dorénavant, les mots directement extraits du corpus seront typographiés en italique.

### 3.2 Méthode d'analyse

Tous les fragments de discours décrivant la guitare et/ou le son sont extraits du corpus. La démarche suivante systématise la recherche des mots pertinents :

1. sélection automatique des occurrences de la même suite de lettres, avec ou sans marque flexionnelle,
2. élimination des homographes non-pertinents pour l'étude (par exemple l'adjectif possessif *son*),
3. pour chaque mot ainsi retenu, extraction du fragment de discours le contenant en gardant les informations sur le contexte linguistique, le locuteur et la situation de jeu (doigts, médiateur, son clair, son saturé, etc).

C'est l'examen des fragments de discours qui permet d'accéder à la signification des mots. Celle-ci peut être obtenue au travers :

- du contexte syntaxique de chaque mot,
- de marques linguistiques comme des reformulations, appositions, oppositions ou indications métalinguistiques émanant du musicien lui-même,
- d'adverbes témoignant de la structure du jugement : comparatif ou isolé.

### 3.3 Exemple

A titre d'exemple illustrant la méthode linguistique d'analyse, une citation extraite du corpus est donnée. Questionné au sujet de la distinction entre la « *brillance* » et la « *clarté* » d'un son, le sujet 5 a exprimé :

*Mais euh, le fait d'être brillant, c'est que vraiment il y a une surcharge dans l'aigu, alors que la clarté, c'est, il y a un côté netteté dans le son, mais ça va du coup avec la précision pour moi la clarté. C'est-à-dire qu'il faut qu'il y ait de l'aigu, mais pas trop.*

L'opposition *alors que* montre clairement que pour ce guitariste, *brillant* et *clarté* ne sont pas synonymes. Aucun indice linguistique ne les oppose cependant, et on note que le caractère aigu du son est présent dans le cas de la *brillance* ou de la *clarté*. Du côté des proximités sémantiques,

on remarque que *brillant* est intimement associé à *une surcharge dans l'aigu*, alors que la *clarté* est très proche de la *précision* et de la *netteté*.

On conclut que pour ce guitariste, *clarté*, *précision* et *netteté* sont quasi-synonymes. Le rapprochement sémantique (voir section 4) d'un son *brillant* et d'une *surcharge dans l'aigu* est également inféré.

La méthode de la section 3.2 est appliquée sur tous les fragments de discours de tous les musiciens comme elle l'a été sur l'exemple ci-dessus. La section 4 expose certains résultats de cette analyse linguistique.

## 4 Résultats

### 4.1 Identification des méta-critères

L'analyse linguistique du corpus a établi des proximités sémantiques entre les différents mots utilisés par les musiciens. Sont dégagées des catégories rassemblant des mots en relation de proximité synonymique ou de proximité antonymique.

Cet article ne traite que de deux des huit catégories identifiées. Elles sont présentées dans le tableau 1 : la PRECISION et le SUSTAIN. Ces catégories rassemblent des mots qualifiant uniquement le son produit et entendu (et non l'instrument lui-même ou encore l'interaction entre le musicien et son instrument).

Le nom des catégories sémantiques est indiqué en lettres capitales afin de différencier ce nom — qui devient une étiquette, ou un méta-critère [11] — des mots employés par les musiciens. Le choix par les expérimentateurs du nom de ces méta-critères est une première étape vers une interprétation en termes mécaniques des jugements des musiciens.

Au sein d'une catégorie, on distingue les mots « positifs » (caractères normaux), ayant un sens proche de celui du méta-critère, des mots « négatifs » (caractères gras), ayant un sens opposé à celui du méta-critère. L'appellation « positif » ou « négatif » est ainsi purement sémantique et dénuée de tout jugement de valeur de la part de l'expérimentateur.

### 4.2 Evaluation des guitares suivant les méta-critères

Les fragments de discours contenant les mots des deux catégories présentées sont distingués en formes lexicales à valeur affirmative et formes lexicales à valeur négative. Ces syntagmes diffèrent soit par l'absence ou la présence de marques syntaxiques de négation, soit par l'utilisation d'adverbes : « beaucoup », « très », etc. pour des affirmations, « pas assez », « moins », etc. pour des négations.

Afin d'obtenir un indicateur de l'évaluation des guitares selon les deux méta-critères dégagés, on combine les notions de mots « positifs/négatifs » et de fragments de discours affirmatifs/négatifs. On définit une « évaluation positive » d'une guitare suivant un méta-critère par l'emploi d'un mot positif dans une phrase affirmative, ou d'un mot négatif dans une phrase négative. *A contrario*, une « évaluation négative » d'une guitare selon un méta-critère est définie par l'emploi d'un mot négatif dans une phrase affirmative, ou d'un mot positif dans une phrase négative.

Le tableau 2 récapitule, selon les méta-critères PRECISION

et SUSTAIN, le nombre d'évaluations positives et négatives des quatre guitares du test.

TABLEAU 1 – Deux catégories de mots rassemblés par proximité ou opposition sémantique. Les étiquettes, ou méta-critères, des catégories sont en lettres capitales. Une catégorie voit s'opposer les mots « positifs » (caractères normaux) aux mots « négatifs » (caractères gras).

| Étiquette de la catégorie (méta-critère) | Mots dans la catégorie  |
|--|---|
| PRECISION                                | précision, précis, distinction, définition, clair, clarté, large spectre, inertie, droit, net ≠ <b>envahissement, riche, baveux, baver, bazar, bordel, crade, bourbier, ingérable, merdouilli, tordre, brouillé</b> |
| SUSTAIN                                  | sustain, résonance, vivre, long, longtemps, durer, durée ≠ <b>court</b>   |

TABLEAU 2 – Nombre d'évaluations positives et négatives exprimées pour chaque guitare selon les méta-critères PRECISION et SUSTAIN. Les guitares à touche en ébène (E1 et E2) sont en noir, les guitares à touche en palissandre (P1 et P2) sont en gris.

|                     | Ébène |    | Palissandre |    |
|---------------------|-------|----|-------------|----|
| PRECISION           | E1    | E2 | P1          | P2 |
| évaluation positive | 13    | 10 | 3           | 2  |
| évaluation négative | 0     | 2  | 14          | 5  |
| SUSTAIN             | E1    | E2 | P1          | P2 |
| évaluation positive | 12    | 22 | 24          | 7  |
| évaluation négative | 6     | 3  | 1           | 7  |

Il apparaît dans le tableau 2 que les jugements exprimés sur le SUSTAIN sont plus nombreux que ceux sur la PRECISION. Bien que les guitares et les méthodes expérimentales des deux études diffèrent, ceci vient nuancer un des résultats de [7], qui montrait que contrairement à certains arguments commerciaux, le *sustain* n'était pas le critère le plus important pour juger de la qualité d'une guitare. En revanche, même si les guitares E2 et P1 (et dans une moindre mesure E1) semblent avoir généralement un SUSTAIN apprécié, au contraire de P2 à propos de laquelle les avis sont très partagés. Aucune tendance liée au matériau de la touche ne se dégage à partir du méta-critère SUSTAIN.

La distinction entre touche en ébène et touche en palissandre s'opère au contraire selon le méta-critère PRECISION. Dans le tableau 2, les guitares à touche en ébène recueillent plus de jugements positifs sur la PRECISION, alors que les jugements négatifs apparaissent davantage dans les

jugements relatifs aux guitares à touche en palissandre.

La touche en ébène semble procurer plus de PRECISION au son de la guitare, ainsi que l'exprime le sujet 1 à propos de la guitare E2 :

*un peu plus de définition dans le son, en accord  
on a moins de la bouillie sur le médium*

Les guitares à touche en palissandre, quant à elles, sont décrites par exemple au moyen de (sujet 10 à propos de la guitare P1) :

*moins précis dans l'son, peut-être un peu plus  
baveux*

Encore une fois, ces jugements dits « négatifs » ne signifient en aucun cas que les guitares à touche en palissandre seraient de moins bonne qualité. Au contraire, il est bien souligné que (sujet 5 à propos des guitares E1 et E2) :

*c'est plus chaud parce que justement ça [les  
notes d'un accord] se mélange mieux [...],  
mais du coup ça se mélange et il y a moins de  
précision*

## 5 Un lien avec des indicateurs audio ?

Les termes *précision*, *clarté* et *définition* du tableau 1 suggèrent l'utilisation de descripteurs quantifiant le rapport entre l'énergie précoce et l'énergie tardive, par exemple le C80 [14]. Les guitares de l'étude ont été jouées (à l'aide d'un médiator et d'un capodastre) par un des auteurs — joueur expérimenté de guitare électrique — afin d'en enregistrer la sortie du *pickup* pour chaque note, à partir de laquelle on calcule le C80.

La figure 2 présente le calcul du C80 sur toutes les notes de la deuxième corde (fréquence et note à vide : 247 Hz pour un si2). Le C80 [14] est défini comme :

$$C80 = 10 \log \left( \frac{\int_{\tau=0}^{\tau=80ms} s(t)^2 dt}{\int_{\tau=80ms}^{\tau=+\infty} s(t)^2 dt} \right) \quad (1)$$

où  $s(t)$  est le signal analysé.

La figure 2 montre que le C80 ne parvient pas à différencier les matériaux de touche. Il en va de même d'autres indicateurs tels les D50, EDT [14], ST1 [15], ou des dérivés du C80, obtenus en faisant varier la limite temporelle  $\tau$  entre les portion de signal précoce ou tardive (valeur de  $\tau$  variant de quelques ms à 500 ms, ou ajustée sur la période fondamentale du signal).

Ces indicateurs qui ont été testés ne semblent pas pertinents dans le cas de signaux de guitares électriques. En effet, ils ont été développés pour des objets différents : les réponses impulsionnelles de salles. Une autre cause pour l'échec provisoire de l'établissement de lien entre les descripteurs psychologiques et les indicateurs audio est sans doute le type de signaux sur lequel s'est effectué le calcul : l'auteur s'est évertué à jouer les notes d'une manière la plus neutre et reproductible possible, au capodastre et en ayant branché la guitare directement sur une carte son. En l'absence de retour auditif écologique (amplificateur) et d'expressivité dans ces conditions d'enregistrement « de laboratoire », il est possible que les signaux analysés ne soient pas représentatifs des attributs qu'ont distribués aux guitares les guitaristes en situation de jeu.

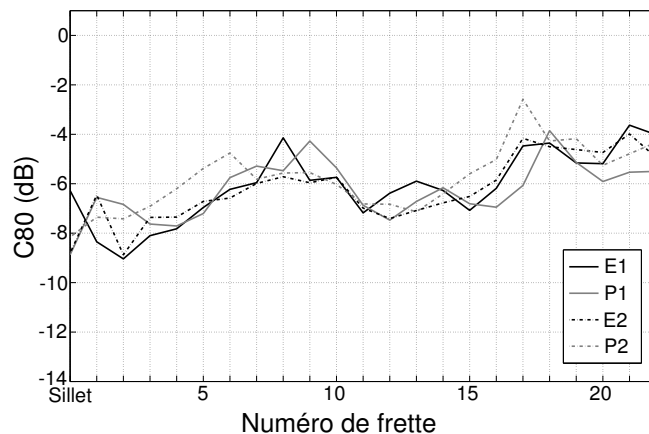


FIGURE 2 – Indicateur C80 calculé à partir des enregistrements de sortie de *pickup* pour toutes les notes de la deuxième corde des quatre guitares de l'étude. Les courbes noires (resp. grises) représentent les guitares à touche en ébène (resp. palissandre).

## 6 Conclusion

Pour étudier l'influence du bois de la touche de la guitare électrique *solid body*, un lot de guitares a été construit spécialement pour l'étude. Le plus identique possible par ailleurs, les quatre guitares testées diffèrent par le bois de la touche : deux ont une touche en ébène, et deux l'ont en palissandre.

Une méthode d'analyse linguistique a été appliquée sur les données issues du discours de dix guitaristes professionnels invités à jouer librement les quatre guitares. Celle-ci a permis d'identifier des proximités sémantiques entre les mots employés par les guitaristes : les mots exprimant le même ressenti sont regroupés.

Les jugements des guitaristes sur les guitares, effectués d'après les mots du regroupement étiqueté PRECISION, permettent de différencier les bois de touche. Les guitares à touche en ébène sont trouvées avoir une meilleure PRECISION, tandis que les guitares à touche en palissandre en manquent.

L'établissement d'un lien entre le concept de PRECISION identifié chez les guitaristes et des descripteurs audio n'est pas direct. Les études futures devront s'attacher à analyser des signaux de guitares produits en situation de jeu, car c'est à eux que correspondent les jugements des guitaristes, et non à des signaux enregistrés en laboratoire. De plus, la notion psychologique de PRECISION semble être liée au jeu en accords (voir la citation du sujet 5 en section 4.2) : cet aspect devrait être pris en compte dans l'élaboration de descripteurs audio adaptés aux signaux de guitares électriques.

Les guitares du test perceptif ont également fait l'objet d'une étude mécanique [5]. Celle-ci montre que les guitares à touche en palissandre présentent des conductances sur le manche plus élevées : elles ont donc davantage tendance à altérer la vibration des cordes. En particulier, la conductance dépend de la fréquence et les différents partiels de corde seront modifiés différemment. Une des différences attendues du changement de matériau de la touche est donc une altération de timbre : pour une note isolée le spectre risque d'être plus irrégulier pour une guitare à touche en palissandre. Pour des notes adjacentes, c'est le timbre qui risque d'être irrégulier pour une guitare à touche en palissandre. Des spectres moins « définis » pourraient être la

cause d'un plus grand « mélange » des notes constituant un accord. . .

## Remerciements

Les auteurs remercient très vivement toute l'équipe mancelle de l'Itemm : les luthiers Vincent Charrier, Loïc Keranfor, Lisa Marchand, Bela Pari, Alexandre Paul and Julien Simon, ainsi que leurs formateurs Yann-David Esmans, Fred Pons et Pierre Terrien. La collaboration entre l'Itemm et l'équipe LAM de l'institut Jean le Rond d'Alembert n'aurait pas été possible sans Vincent Doutaut.

Que les guitaristes ayant participé à l'étude soient chaleureusement remerciés : (ici dans un ordre indépendant de la numérotation présentée dans l'article) Olivier Aude, Yann Armellino, Sylvain Choinier, Anthony Delloye, Jimi Drouillard, Vincent Fournier, René Lebhar, Georges Locatelli, Stéphane Rambaud et Alban Sautour. Enfin merci à Hugues Genevois pour avoir « bêta-testé » le protocole expérimental.

## Références

- [1] N. G. Horton et T. R. Moore, Modeling the magnetic pickup of an electric guitar, *American journal of physics* **77** (2) 144–150 (2009)
- [2] D. Queen, From boom boxes to Beatles, Baez, and Boccherini – The electric guitar at the crossroads, *Proceedings of the 31st convention of the Audio Engineering Society (AES)*, New York City (1966)
- [3] H. Fleischer et T. Zwicker, Mechanical vibrations of electric guitars, *Acta Acustica united with Acustica* **84** 758–765 (1998)
- [4] H. Fleischer et T. Zwicker, Investigating dead spots of electric guitars, *Acta Acustica united with Acustica* **85** 128–135 (1999)
- [5] A. Paté, J.-L. Le Carrou, B. Fabre, Ebony vs rosewood : experimental investigation about the influence of the fingerboard on the sound of a solid body electric guitar, *Proceedings of the Stockholm Musical Acoustics Conference (SMAC)*, Stockholm (Sweden) 182–187 (2013)
- [6] J.-L. Le Carrou, J. Frelat, A. Mancel, B. Navarret : Guitare électrique : quel rôle pour les éléments de lutherie ?, *Actes du 10e congrès français d'acoustique*, Lyon (2010)
- [7] A. Paté, J.-L. Le Carrou, B. Navarret, D. Dubois, et B. Fabre, A vibro-acoustical and perceptive study of the neck-to-body junction of a solid-body electric guitar, *Proceedings of Acoustics 2012*, Nantes (2012)
- [8] A. Paté, B. Navarret, R. Dumoulin, J.-L. Le Carrou, B. Fabre, V. Doutaut, About the electric guitar : a cross-disciplinary context for an acoustical study, *Proceedings of Acoustics 2012*, Nantes (2012)
- [9] B. Navarret, Caractériser la guitare électrique : définitions, organologie et analyse de données verbales, *Thèse de doctorat de l'université Paris 8* (2013)
- [10] D. Dubois, Categories as acts of meaning : the case of categories in olfaction and audition. *Cognitive science quarterly* **1**, 35–68 (2000)
- [11] D. Dubois, A. Giboreau, Descriptors : Attributes ? labels ? terms ? names ? *Food quality and preference* **17**, 671–672 (2006)
- [12] A. Giboreau, C. Dacremont, C. Egoroff, S. Guerrand, I. Urdapilleta, D. Candel, D. Dubois, Defining sensory descriptors : towards writing guidelines based on terminology. *Food quality and preference* **18**, 265–274 (2007).
- [13] P. Cheminée, Est-ce bien "clair" ? stabilité, instabilité et polysémie d'une forme lexicale en contexte, in *Le Sentir et le Dire*, sous la direction de D. Dubois, éditions l'Harmattan, Paris, 309–338 (2009).
- [14] Norme ISO 3382, « Acoustics — Measurements of room acoustic parameters, *Organisation internationale de normalisation*, first edition, Genève (2009)
- [15] A. C. Gade, Investigation of musician's room acoustic condition in concert halls. II : Field experiments and synthesis of results, *Acustica* **69**, 249–262 (1989)