

Modification de certaines caractéristiques physiques des sons de steeldrums en vue de la réalisation de tests psychoacoustiques

P. Gaillard*, M. Castellengo**, C. Legros*

* AcOMM - Laboratoire d'Acoustique, Université de Toulouse 2 – Le Mirail, 5 allées Antonio Machado, 31058 Toulouse Cedex

** Laboratoire d'Acoustique Musicale, CNRS - Université Paris 6 - Ministère de la culture

Case 161, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05

Résumé : Nous présentons ici quelques aspects acoustiques des sons des steeldrums à travers les domaines fréquentiel et temporel. Nous nous intéressons ensuite aux qualités du transitoire d'attaque. Ces particularités en font un bon candidat à l'élaboration de tests psychoacoustiques. Ainsi, dans la perspective d'observer les effets de ces particularités sur l'audition, nous nous proposons de modifier certains aspects de ces sons afin de les rendre propres à servir de stimuli pour nos tests. Nous discuterons enfin de certains aspects concernant ces mêmes transformations.

1. Introduction

La transformation de sons de steeldrums en vue de leur utilisation comme stimuli pour des tests auditifs pose de nombreux problèmes.

Le premier réside dans la complexité naturelle de ces sons qui demandent alors une description générale de leurs caractéristiques dans le domaine fréquentiel, temporel, et au sujet de leur transitoire d'attaque.

Le deuxième point concerne les choix des paramètres à modifier et la méthode à adopter afin d'avoir une série cohérente de stimuli : dissociation des partiels par filtrage, modifications temporelles et fréquentielles.

Ces transformations ne seront pas sans poser quelques difficultés dont nous discuterons certains points. Cependant, il s'agit ici moins de procéder à des modifications très perceptibles que de préserver l'aspect «naturel» des sons.

2. Caractéristiques générales des sons de steeldrums

2.1. Le domaine fréquentiel

Les sons de steeldrums sont particulièrement riches en partiels quasi-harmoniques. En effet, comme nous le voyons sur le sonagramme de la figure 1, les partiels sont très nombreux. La richesse harmonique des steel-

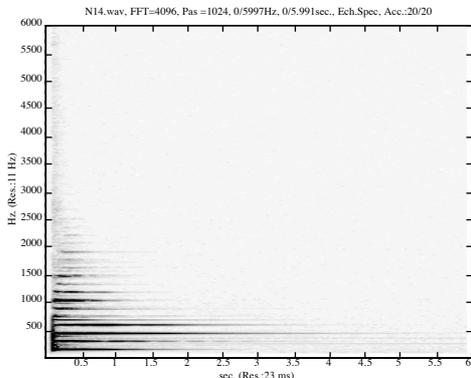


Figure 1 : Spectre d'un son de steeldrum

drums est en partie due à des principes de couplages [1]. D'autre part, l'architecture ainsi que le mode d'accord

des notes favorisent l'apparition de nombreux partiels

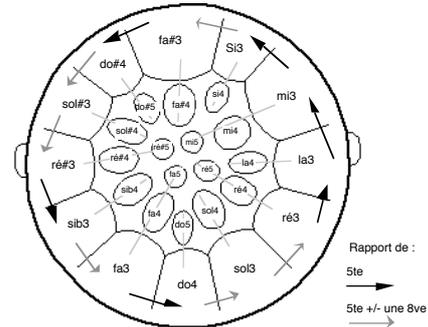


Figure 2 : Exemple d'architecture d'un steeldrum. Les positions des notes entre elles favorisent les couplages

(voir figure 2). Le problème posé au moment de l'analyse des différents partiels mis en évidence lors de l'analyse spectrale est de savoir de quelle plaque ils émanent. Les rapports de quintes et d'octaves laissent à penser que les couplages sont favorisés. Si nous consi-

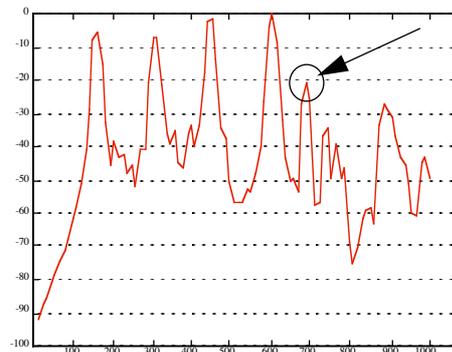


Figure 3 : Relevé de la présence de partiels totalement inharmoniques à 0,5 secondes du début du son

dérons le fait qu'en frappant assez fortement la tôle, c'est l'ensemble du bidon qui vibre, nous expliquons l'apparition de partiels très inharmoniques et retardés [2].

D'autre part, la quasi-harmonicité des partiels ne cache pas une accumulation de pics de fréquences non-harmoniques, venant enrichir le spectre dans une large bande (figure 4) [3].

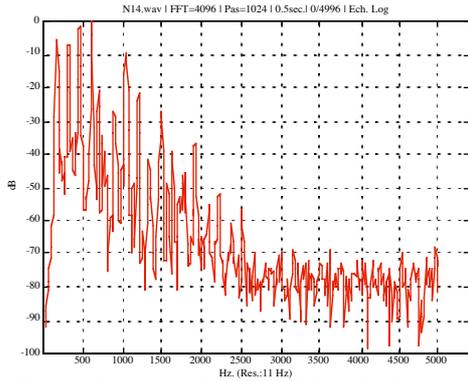


Figure 4 : Spectre entre 0 et 5KHz à 0,5 sec. du début du son

2.2. Le domaine temporel

Si le spectre est remarquable quant à sa richesse, il ne l'est pas moins quant aux variations d'amplitudes qu'il provoque. Dans ce cas, c'est comme si l'origine de chacun des partiels entrant dans la composition du spectre engendrait une variation particulière de l'amplitude globale du son, en fonction de ses qualités propres. En lieu et place d'une décroissance régulière comme nous pourrions nous y attendre dans le cas d'un instrument à percussion, nous obtenons une courbe chaotique où le maximum d'intensité n'est pas au début du son (voir figure 5). On constate ici qu'il faut environ 150 milli-

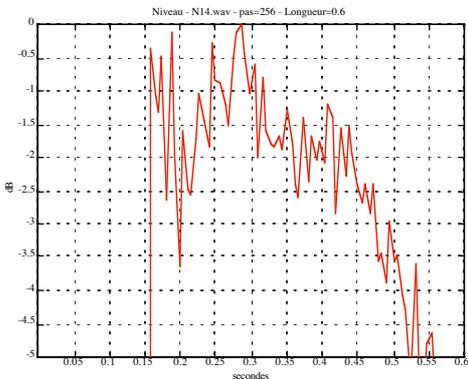


Figure 5 : courbe des niveaux pour les 600 premières milli-secondes

secondes avant que ne survienne le pic d'amplitude, ce qui est relativement long d'un point de vue auditif. De même, au bout de 400 milli-secondes, le son n'a perdu qu'environ 4 dB.

Chaque partiel joue ici un rôle essentiel. Si nous relevons la décroissance individuelle de chacun des quatre premiers partiels de ce son, nous obtenons la figure 6. Nous constatons que chaque partiel a son maximum à un moment différent du début du son. Nous voyons également très bien le grand retard d'apparition du partiel 4.

Par ailleurs, nous voyons également une décroissance faite de nombreux rebonds, très visibles dans le cas du partiel 2. Il semble que ces rebonds soient dus à des retours d'énergie certainement liés à l'hétérogénéité de l'épaisseur de la plaque.

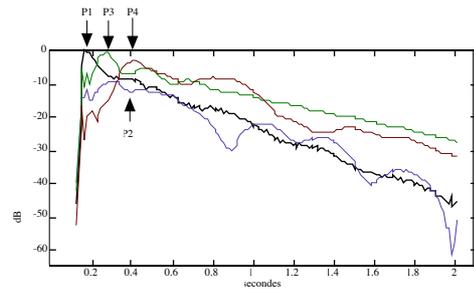


Figure 6 : Décroissance comparée des quatre premiers partiels

2.3. Le transitoire

Le transitoire d'attaque porte très sensiblement les marques de ces «entrées» successives. Une vue en trois dimensions de celui-ci permet de visualiser correctement ce moment du son. Nous avons dans la figure 7

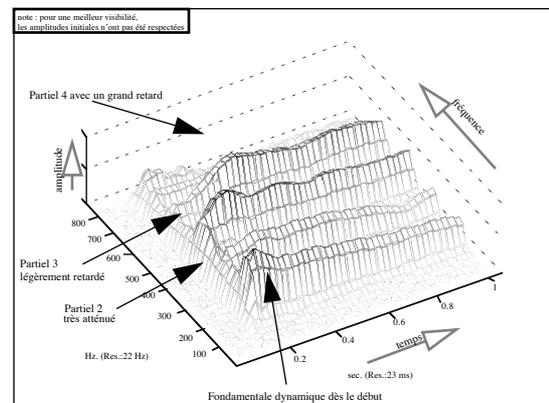


Figure 7 : Vue 3D d'un transitoire d'attaque pour un son de steeldrum

une représentation de la première seconde de son entre 0 et 800 Hz. L'énergie initiale due au coup sur la tôle est transmise directement au fondamental, dont la décroissance est normale pour une percussion : rapide dans les premiers instants, puis un peu plus lente.

Le deuxième partiel (c'est-à-dire l'octave) est atténué par rapport aux autres. Nous ne constatons cependant pas de décroissance rapide, mais au contraire une décroissance lente, parsemée de nombreux retours d'énergie.

Les partiels 3 et 4 ont des profils similaires avec des retards plus ou moins accentués.

Lors d'un roulement, les différents retards de partiels impliquent qu'un coup de roulement peut tomber exactement au moment où l'un ou l'autre des partiels retardés est à son maximum. Suivant la phase de ce partiel, le coup va atténuer ou au contraire favoriser énergétiquement le dit partiel.

D'autres travaux ont permis de mettre en relief le comportement non-linéaire des oscillations de la tôle du steeldrum [4].

Tout cela a de l'influence sur la perception des transitoires d'attaques de ce type de son. En vue de pratiquer des tests auditifs, nous nous proposons à présent de modifier certains aspects physiques de sons isolés. Nous utilise-

rons pour cela essentiellement des techniques de filtrage et de mixage.

3. Modification des paramètres physiques

3.1. Dissociation des onze premiers partiels par filtrage

Afin de transformer de façon auditivement satisfaisante quelques paramètres physiques internes au son de steeldrum, et compte tenu du fait que modifier un paramètre interne à un son ne se fait que rarement sans modifier de façon non-contrôlé les autres caractéristiques de ce même son, nous avons pensé dissocier chaque partiel les uns des autres afin de pouvoir appliquer les transformations sur un partiel en particulier sans affecter les autres. Pour cela, nous avons utilisé le logiciel AudioSculpt de l'IRCAM qui nous a permis de procéder à des filtrages à diverses fréquences sans modifier démesurément le transitoire de chacun d'eux.

Nous avons choisi de filtrer les onze premiers partiels quasi-harmoniques dont voici les fréquences approximatives :

N° partiel	Fréquence partiel	N°Harmonique	Fréquence harmonique	Ecart
1	150		150	
2	300	2	300	0
3	435	3	450	-15
4	590	4	600	-10
5	740	5	750	-10
6	880	6	900	-20
7	1030	7	1050	-20
8	1180	8	1200	-20
9	1320	9	1350	-30
10	1465	10	1500	-35
11	1900	13	1950	-50

Table 1: Fréquences approximatives de chacun des partiels sélectionnés

Nous voyons à cette occasion que l'harmonicité n'est pas parfaite, même en prenant en considération l'approximation du calcul des fréquences (avec une FFT sur 8192 points). Les partiels ont ainsi tendance à être de plus en plus bas, au fur et à mesure que le numéro d'ordre augmente.

3.2. Modification des retards de partiels

Un des premiers points de transformation a été l'accentuation du retard du partiel 4. Nous avons pour cela ajouté du silence au début du son du partiel 4 isolé et mixé les onze partiels. Le résultat est un décalage accentué de 150 à 200 ms, mettant en relief le phénomène.

De même, nous avons atténué ce retard par l'opération inverse. L'effet supposé de cette dernière manipulation étant d'accentuer la sensation de percussivité du son global.

Dans le même esprit, nous avons procédé à la substitution du partiel 4 par son homologue provenant d'un autre son de steeldrum, et possédant une dynamique légèrement différente.

Si le paramètre temporel est ainsi observé dans son ensemble, nous avons également voulu agir sur l'aspect harmonique.

3.3. Mise en harmonicité par reconstruction

C'est ainsi que nous avons imaginé produire un son dynamiquement similaire au son original mais parfaitement harmonique. Mais il n'était pas possible de modifier chaque partiel séparément, car cela aurait entraîné trop d'artefacts de calcul.

C'est pourquoi nous avons créé de toute pièces onze sons dont les fréquences sont de parfaits multiples de 150 Hz et correspondent aux fréquences des harmoniques du tableau 1.

Sur chacun de ces sons, et avant de les mixer, nous leur avons appliqué la dynamique de chacun des partiels originaux. Nous obtenons de la sorte onze partiels, dynamiquement identiques aux originaux, mais dont la fréquence a été entièrement contrôlée.

Le mixage nous a permis d'obtenir un son de steeldrum contenant les retards déjà présents dans le son original mais avec un rapport de fréquences contrôlé.

4. Discussion

4.1. Problèmes de filtrage

Le premier problème dans la manipulation de sons est la perte de données, volontaire ou non. Dans notre cas, nous avons délibérément laissé de côté certaines composantes. Ce choix est évidemment critiquable, puisque subjectif. Cependant, si nous nous replaçons dans l'objectif initial des transformations, nous constatons que ces onze partiels suffisent auditivement à constituer un son ayant un aspect tout à fait naturel, et ne présentant pas, même pour un individu connaissant parfaitement les steeldrums, de manques trop saillants. Ce choix a donc été guidé par une recherche de cohérence auditive et non une recherche de reconstruction mathématiquement satisfaisante.

Par ailleurs, le filtrage en lui-même modifie de façon non-contrôlée certains aspects du son, notamment le début. Or, il s'agit justement du moment du son qui nous intéresse le plus. Cependant, nous ferons la même remarque que pour le choix des partiels.

4.2. Son «naturel»

Les sons que nous avons fournis aux sujets des tests de psychoacoustiques ne sont pas physiquement identiques aux sons originaux. Sur de nombreux aspects comme ceux liés au transitoire et au spectre, il diffèrent profondément. Cependant, ils gardent un aspect «naturel» et auditivement satisfaisant, c'est-à-dire qu'ils ne compor-

tent pas, de façon flagrante, trop d'éléments étranges par rapport à un son original.

Nous avons préféré mettre l'accent sur ce point en évitant d'imposer aux sons les normalisations temporelle et d'intensité, qui modifient de façon souvent trop forte la nature même du son.

5. Références

[1]C. Hampton, C. Alexis, and T. Rossing, "Note Coupling in Caribbean Steel Drums," *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 82, pp. 68, 1987.

[2]T. Rossing, S. Hampton, and J. Boverman, "Acoustics of Caribbean Steel Drums," *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 80, pp. 102, 1986.

[3]U. Hansen, S. Hampton, and T. Rossing, "Acoustics of Caribbean Steel Drums," *13th International Congress on Acoustics, Yugoslavia*, pp. 41-44, 1989.

[4]A. Achong, "The steelpan as a System of Non-Linear Mode-Localized Oscillators. I. Theory, Simulations, Experiments and Bifurcations," *J. Sound Vib. (UK)*, vol. 197, pp. 471-487, 1996.