

# Catégorisation Sonore des Matériaux Frappés : Approches Perceptive et Cognitive



Mitsuko Aramaki & Mireille Besson  
Institut de Neurosciences Cognitives de la Méditerranée  
CNRS - Université de la Méditerranée (UMR 6193)  
Marseille, France

Richard Kronland-Martinet & Sølvi Ystad  
Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique  
CNRS (UPR 7051)  
Marseille, France

## Contexte général

Dans notre environnement, les sons que nous percevons sont *porteurs d'informations* qui nous parviennent sous la forme d'indices contenus dans le signal acoustique. Ces informations sont directement reliées aux caractéristiques physiques de la source mais leur sens est bien souvent déduit des traitements cérébraux de haut niveau que l'analyse acoustique ne peut pas expliquer à elle seule. De même, la création de sons réalistes dans les applications liées à la synthèse sonore et à la Réalité Virtuelle sous-entend une adéquation entre les sons, l'environnement virtuel et le contexte créés.

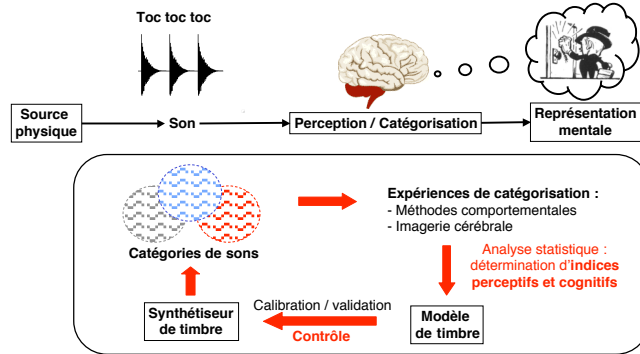
### Sémiotique des sons :

- Comment reconnaît-on un événement sonore à l'écoute ?
- Quels sont les indices acoustiques fondamentaux porteurs de l'information ?

### Réalité Virtuelle Sonore :

- Contrôle intuitif des systèmes de synthèse
- Création de sons cohérents avec une description sémantique

Cette étude fait partie du projet pluridisciplinaire « senSons » (financement ANR, resp. Sølvi Ystad, LMA, Marseille) associant physique, psychoacoustique, traitement du signal et neurosciences.



## Protocole expérimental

### Construction des stimuli :

1. Resynthèse de sons écologiques pour chaque catégorie de matériaux par méthode additive :

$$s(t) = \theta(t) \sum_{m=1}^M A_m \sin(2\pi f_m t) e^{-\alpha_m t}$$

avec  $\{A_m; f_m; \alpha_m\}$  estimés par l'analyse de signaux mesurés.

2. Processus d'égalisation des hauteurs tonales

3. Construction de continua sonores

- 3 transitions étudiées : (BOIS ↔ METAL), (BOIS ↔ VERRE), (VERRE ↔ METAL)
- 5 continua différents par transition

**Morphing sonore** : simulation d'une transition progressive d'un son de matériau à un autre

Variation des paramètres de synthèse (amortissement, amplitude)

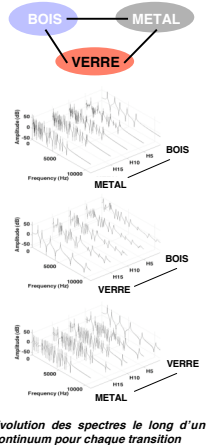
Mat1 → Mat2

S<sub>1</sub> ... S<sub>20</sub>

Paramètres d'amortissements :

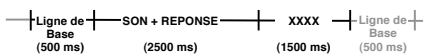
- Modélisation des  $\alpha_m$  par  $\alpha(\omega) = e^{a_1 \omega + a_2}$
- Interpolation linéaire entre les valeurs initiales et finales de  $a_1$  et  $a_2$

Paramètres d'amplitudes : technique de « fondu-enchaîné » entre les spectres de départ et d'arrivée sur les amplitudes des composantes spectrales.



### Déroulement :

- Présentation des 300 stimuli (=15 continua x 20 sons hybrides) dans un ordre pseudo-aléatoire
- Tâche : « Classifier le plus rapidement possible le son dans une des 3 catégories : BOIS, METAL, VERRE. »
- Motif d'un essai :



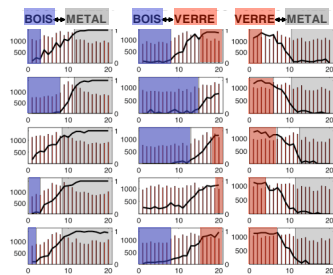
Participants : 11 hommes et 11 femmes, droitiers, non musiciens

### Analyse :

1. Calcul du pourcentage de réponses
2. Mesure du temps de réponse
3. Mesure de l'activité électrique cérébrale (EEG) avec le système d'acquisition Biosemi (32 électrodes)

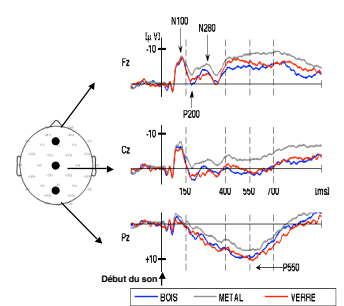
## Résultats

### Données comportementales



Fonctions de catégorisation (courbes noires) et temps de réponse moyen (diagramme en barres) en fonction de la position du son (de 1 à 20) pour chaque continuum. Les zones colorées regroupent les sons qui ont été jugés comme typiques de chaque catégorie de matériau.

### Données électrophysiologiques



Potentiels évoqués par les sons typiques de Bois, Métal et Verre pour les électrodes centrales {Fz, Cz, Pz}.

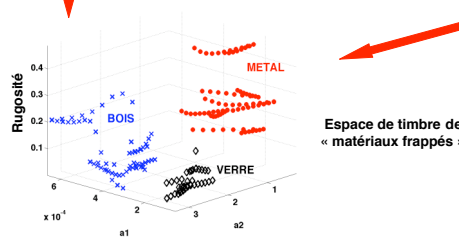
## Conclusion

### Point de vue neurosciences :

- Pas de différences significatives avant 150 ms, en particulier au niveau de la composante N100.
- Différentiation des tracés dès 150 ms pour les sons Métal par rapport aux sons de Bois et de Verre, qui se traduit par une amplitude de P200 plus petite et une amplitude de N280 plus grande.

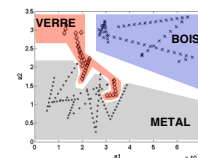
### Retour sur l'acoustique :

- Différentiation précoce du Métal ⇒ indice spectral qui différencie le Métal
- Investigation des descripteurs de timbre spectraux : barycentre, étendue spectrale, rugosité



### Point de vue synthèse :

- Validation du modèle de synthèse
- Calibration des paramètres d'amortissement :



⇒ L'amortissement est un descripteur important pour la catégorisation des matériaux mais il n'est pas suffisant notamment dans la distinction Métal-Verre.

## Références

M. Aramaki & R. Kronland-Martinet. "Analysis-synthesis of impact sounds by real-time dynamic filtering", *IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing*, 14(2) :695-705, 2006.

M. Aramaki, R. Kronland-Martinet, Th. Voinier, et S. Ystad. "A percussive sound synthesizer based on physical and perceptual attributes", *Computer Music Journal*, 30(2) :32-41, 2006.

W.W. Gaver. "How do we hear in the world ? Explorations in ecological acoustics", *Ecological Psychology*, vol 5(4), pp. 285-313 (1993).

R.L. Klatzky, D.K. Pai & E.P. Krotkov. "Perception of material from contact sounds", *Presence*, vol 9(4), pp. 399-410, MIT Press (2000).

S. McAdams. "Recognition of sound sources and events", paru dans *Thinking in sound: the cognitive psychology of human audition*, Oxford Univ. Press, Oxford, pp. 146-198 (1993).

R.P. Wildes & W.A. Richards. "Recovering material properties from sounds", *Natural computation*, pp. 358-363, MIT Press (1988).