

# Dossier « VIAUD-DELMON\_PRD\_SMART\_2016 » en réponse à l'appel à projets doctoraux 2016

## INFORMATIONS GENERALES :

---

### **Titre du projet de thèse :**

Rôle de l'action et de l'intégration multisensorielle dans le traitement des acouphènes en réalité virtuelle

### **Encadrant :**

Isabelle VIAUD-DELMON, Chercheur (DR), CNRS

### **Laboratoire d'accueil :**

UMR STMS (unité mixte de recherche UMR9912), équipe « Espaces acoustiques et cognitifs »

Le travail de recherche s'effectuerait en collaboration avec le service d'ORL de l'Hôpital Européen Georges Pompidou

### **Axes thématiques du Labex correspondant au PRD :**

- La compréhension de l'humain dans ses dimensions cognitives, neurophysiologiques et biomécaniques
- Les interfaces et l'interaction de l'humain avec des environnements numériques et des mondes physiques distants

## Rôle de l'action et de l'intégration multisensorielle dans le traitement des acouphènes en réalité virtuelle

### CONTEXTE

Les techniques relevant de la réalité virtuelle ou augmentées sont de plus en plus répandues dans les pratiques sociales des adultes et des enfants, par l'intermédiaire de jeux vidéos, de techniques d'apprentissage ou de nouveaux outils professionnels. Ces technologies représentent une méthodologie innovante pour les troubles perceptifs à la fois d'un point de vue fondamental et d'un point de vue clinique. Elles offrent la possibilité de manipuler et contrôler de façon systématique les paramètres du monde représenté, de façon à répondre à deux objectifs : 1) une mise en évidence des mécanismes en jeu dans les dysfonctionnements; 2) un formatage thérapeutique des interactions avec le monde réel via les interactions avec un monde virtuel qui simule certaines données du monde réel. Grâce à la manipulation du couplage perception-action opérable par les techniques de réalité virtuelle, on peut étudier les pathologies limitant les expériences de couplage perception-action et concernant la notion d'agentivité, ou sentiment d'être à l'origine de nos propres actions.

Le principal avantage de l'immersion dans des mondes virtuels réside dans le fait qu'elle permet d'aborder l'étude des pathologies en situation, et non plus hors contexte, comme c'est le cas classique. L'étude des pathologies de l'émotion souffre très spécifiquement de l'absence de protocoles expérimentaux en contexte. L'émotion est une activité cérébrale à forte composante corporelle qui implique la plupart du temps une interaction avec le monde extérieur. En ce qu'elle peut formater ces interactions, l'immersion dans un monde virtuel dont on peut contrôler les composantes sensorielles est une méthode expérimentale particulièrement appropriée à l'étude de l'intrication entre dysfonctionnements émotionnels et perceptifs.

Les acouphènes sont un trouble perceptif désignant un ensemble de sensations auditives fantômes en l'absence de stimulation acoustique extérieure. Aucun traitement curatif n'est pour l'instant connu pour cette pathologie fréquente et invalidante, ayant de lourdes conséquences émotionnelles. Si les acouphènes font le plus souvent suite à une lésion auditive périphérique responsable d'une hypoacousie, l'entretien du symptôme et ses caractéristiques psychoacoustiques ne peuvent être expliqués que par une modification tonotopique de l'activité des voies auditives cortico-sous corticales (Eggermont & Roberts 2004). Cette situation clinique et les phénomènes de plasticité neuronale à son origine sont à rapprocher de ce qui est rencontré dans le cadre des syndromes douloureux chroniques intervenant en particulier après amputation (Møller 1997, De Ridder et al 2011) et où des thérapies utilisant la réalité virtuelle ont déjà été employées avec succès (Cole et al 2009).

Suivant cette analogie, une étude clinique a été récemment lancée à l'Hôpital Européen Georges Pompidou afin d'évaluer si des techniques de réalité virtuelle pourraient être appliquées dans la prise en charge des acouphènes unilatéraux (Londero et al 2010). Les recherches de ces 5 dernières années démontrent que différents réseaux neuronaux sont impliqués dans ce phénomène et que les thérapies doivent prendre cette diversité en considération sans quoi elles restent vouées à l'échec. La perception de l'acouphène a des corrélats neuronaux multiples, et est accompagnée d'une co-activation des réseaux neuronaux liés à la souffrance émotionnelle, non spécifiques à l'acouphène (Langguth et al 2011). La thérapie en réalité virtuelle que nous proposons consiste à favoriser la dissociation entre la perception de l'acouphène et ses conséquences émotionnelles en utilisant la manipulation du couplage perception-action opérable par les techniques de réalité virtuelle. L'acouphène représente pour le patient un son sur lequel il n'a aucun contrôle, que ce soit au niveau fréquentiel, amplitude, ou spatial. Il s'agit ici de permettre au patient de manipuler l'acouphène dans l'espace de sorte à permettre, à terme, une agentivisation du phénomène permettant sa maîtrise au niveau émotionnel.

## **METHODES**

La recherche proposée repose dans un premier temps sur la synthèse d'un son reproduisant les caractéristiques auditives de l'acouphène perçu par le patient. Dans un second temps, l'acouphène synthétique est inséré dans un environnement de réalité virtuelle interactif et est manipulé en temps réel par le patient de sorte à en contrôler la localisation dans l'espace. Les différentes composantes sonores de l'environnement virtuel (acouphène synthétique ainsi que diverses sources ou ambiances sonores) sont spatialisées au moyen de techniques binaurales. Les technologies de la réalité virtuelle permettent ici de contrôler le rôle de l'action et des différentes entrées sensorielles dans la perception émotionnelle associée à la sensation auditive.

## **OBJECTIFS**

Le succès de la méthode repose sur la similitude spectrale perçue entre l'acouphène synthétique et l'acouphène du patient. Par ailleurs, la possibilité de contrôler la localisation de l'acouphène synthétique suppose qu'un phénomène de fusion intervienne entre ce dernier, présenté à l'oreille controlatérale du patient, et l'acouphène. Cependant, compte tenu de la nature subjective de la sensation acouphénique il n'est pas possible d'établir de manière purement objective une caractérisation fréquentielle de l'acouphène. Celle-ci ne peut se faire que par une procédure d'ajustement contrôlée par le patient.

Différentes approches sont proposées dans la littérature et utilisent le plus souvent un ajustement en fréquence et en niveau d'un signal sinusoïdal pur. Par ailleurs il a pu être montré que la caractérisation fréquentielle de l'acouphène est souvent corrélée au spectre de la perte auditive (Norena et al 2002). Cette observation suggère l'élaboration d'une procédure semi-automatique dans laquelle le contenu fréquentiel de l'acouphène synthétique pourrait être modélisé à partir du profil fréquentiel de la perte auditive du patient, puis affiné ensuite par le patient grâce à un jeu limité de paramètres d'ajustement.

Enfin, le phénomène de fusion pourrait être facilité par une intégration adéquate des différentes informations sensorielles sollicitées lors de l'immersion en réalité virtuelle. Nous faisons l'hypothèse que le contrôle actif d'un acouphène synthétique rendu dans les modalités visuelles et auditives favorisera l'apparition de la maîtrise de la perception acouphénique, lui enlevant son caractère aversif.

L'enjeu du travail proposé est donc dans un premier temps de travailler sur la conception de méthodes de caractérisation de l'acouphène robustes et satisfaisantes pour les patients. Dans un deuxième temps, des expériences seront menées afin d'affiner le protocole d'entraînement en réalité virtuelle, combinant des indices sensoriels visuels, auditifs et proprioceptifs. Un travail clinique avec des patients souffrant d'acouphènes unilatéraux accompagnera la recherche.

## **REFERENCES**

- Cole J, Crowle S, Austwick G, Slater DH. (2009) Exploratory findings with virtual reality for phantom limb pain; from stump motion to agency and analgesia. *Disabil Rehabil.*;31(10):846-54.
- De Ridder D, Elgoyhen AB, Romo R, Langguth B. (2011) Phantom percepts: tinnitus and pain as persisting aversive memory networks. *Proc Natl Acad Sci U S A.*;108(20):8075-80.
- Eggermont JJ, Roberts LE. (2004) The neuroscience of tinnitus. *Trends Neurosci.*;27(11):676-82.
- Langguth B, Landgrebe M, Kleinjung T, Sand GP, Hajak G. (2011) Tinnitus and depression. *World J Biol Psychiatry.*;12(7):489-500.
- Londero A., Viaud-Delmon I., Baskind A., Bertet S., Delerue O., Bonfils P., Warusfel O. (2010) Auditory and visual 3D virtual reality therapy for chronic subjective tinnitus: theoretical framework, *Virtual Reality*, 14(2):143-151.
- Møller AR. (1997) Similarities between chronic pain and tinnitus. *Am J Otol.*;18(5):577-85.
- Norena A, Micheyl C, Chéry-Croze S, Collet L. (2002) Psychoacoustic characterization of the tinnitus spectrum: implications for the underlying mechanisms of tinnitus. *Audiol Neurootol.*;7(6):358-69.