

Le son et l'espace pour la réhabilitation des troubles perceptifs et des troubles psychopathologiques

Isabelle Viaud-Delmon
CNRS UMR 9912 – IRCAM
Equipe Espaces Acoustiques et Cognitifs
Paris
isabelle.viaud-delmon@ircam.fr

Réalité Virtuelle et santé

- **Psychiatrie** (Riva 2005 Cyberpsychol Behav)
 - Phobies
 - Stress post-traumatique
 - Hyperactivité et Troubles Attentionnels
 - Troubles alimentaires
 - Addictions
- **Neurologie**
 - Hémiparésie
 - Évaluations neuropsychologiques traditionnelles renouvelées
- **Kinésithérapie**
 - Troubles de l'équilibre
 - Réhabilitation motrice (Holden 2005 Cyberpsychol Behav)
- **Distraction de la douleur pendant divers traitements** (Hoffman et al 2001 Clin J Pain)
- **Douleurs liées aux membres fantômes** (Murray et al 2007 Disabil Rehabil ; Cole et al 2009 Disabil Rehabil)



Les mécanismes perceptifs et cognitifs sont faits pour traiter des signaux multisensoriels

- Encoder, stocker et avoir accès à une information perceptive se fait par défaut dans un environnement multisensoriel
- Le traitement unisensoriel est sous-optimal : il correspond à un mode artificiel de traitement qui n'utilise pas toutes les capacités de la perception

Espace et temps : les règles gouvernant l'intégration multisensorielle au niveau neuronal (Stein & Meredith 1993)

- Des stimuli spatialement coïncidents produisent un accroissement de la réponse, tandis que des stimuli spatialement disparates produisent une dépression ou pas d'interaction
- L'importance de l'accroissement dépend du degré de coïncidence spatiale et temporelle entre les modalités sensorielles

Démonstration de l'efficacité des stimuli multisensoriels pour la reconnaissance d'objets réalistes

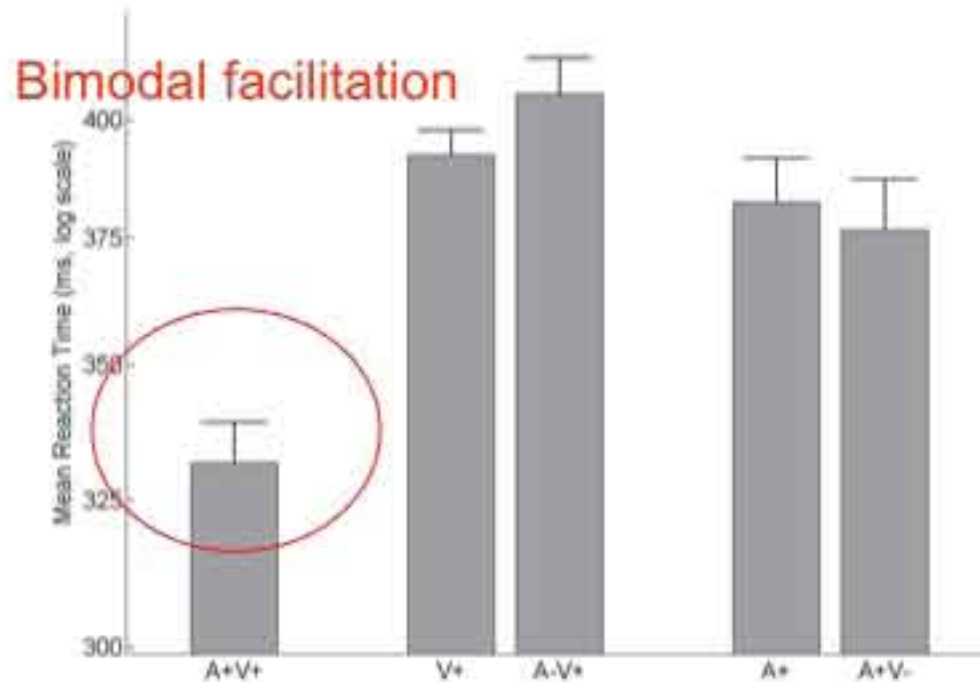
Protocole :

- Stimuli : deux objets réalistes (telephone et grenouille)
- Tâche d'identification (go/no-go)

“Dès que vous voyez ou entendez le téléphone, tapez dans vos mains le plus vite possible”



Effet de facilitation bimodale



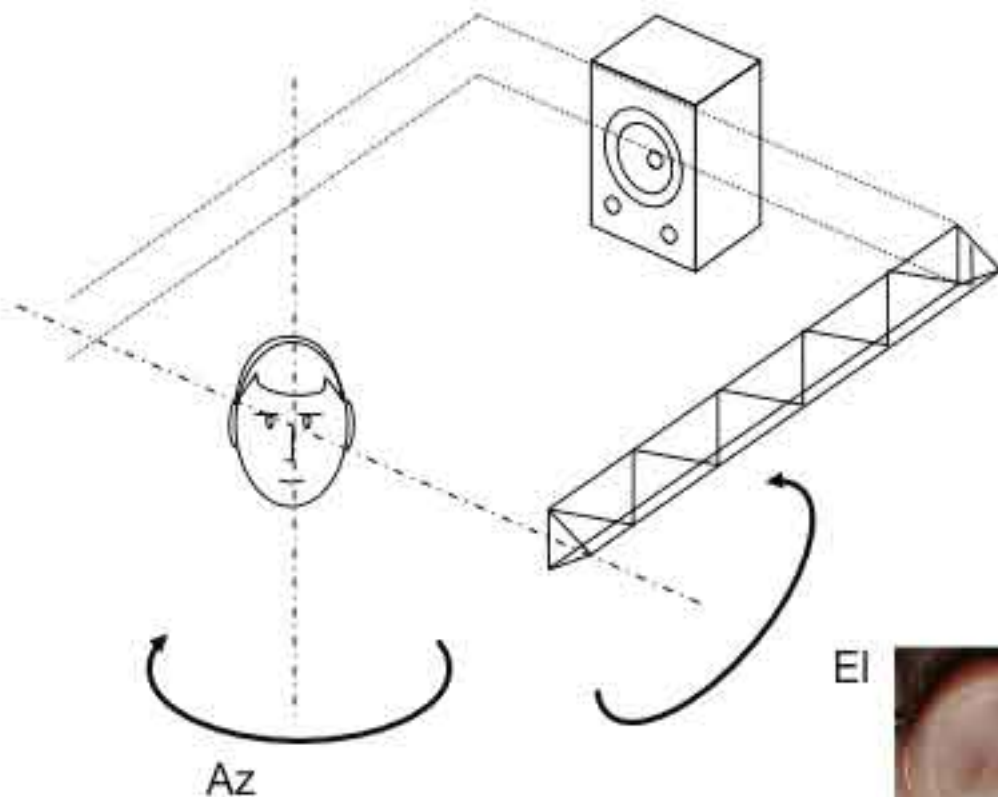
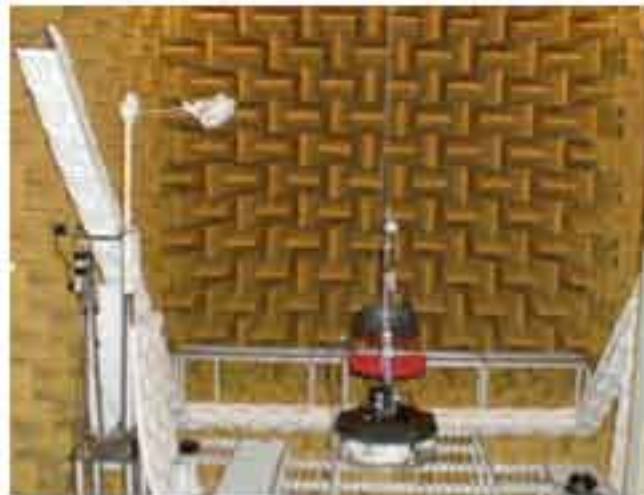
Suied et al 2009 Exp Br Res

- Temps de réaction plus court que celui prédit par un traitement indépendant des informations : intégration de l'information visuelle et auditive

Prédominance du canal visuel dans les applications de RV

- Le développement de la RV s'est appuyé sur la sophistication des environnements visuels malgré :
 - Champ de vue limité (la plupart du temps impossible de stimuler tout le champ de vision)
 - Limitation computationnelle (taux de rafraîchissement non constant)
- Potentiels de la modalité auditive :
 - Très immersive (Hendrix & Barfield 1996 Presence)
 - L'audition est la seule modalité sensorielle à informer instantanément le sujet sur l'entité de l'espace autour de lui
 - Dispositifs de reproduction sonore d'un champ spatial cohérent disponibles

Rendu binaural sur casque



El



Rendu auditif spatial en RV

- Application pour l'étude de l'intégration multisensorielle d'informations émotionnelles : la phobie des chiens (Suied et al in press Cyberpsychology Behavior and Social Networking; Taffou et al 2012 Studies in health technology and informatics)
- Application pour le traitement des acouphènes (Londero et al 2010 Virtual Reality)



Utilisation des nouvelles technologies pour aider les personnes à risque d'exclusion sociale

- Explorer les liens entre l'intégration visuo-auditive et le ressenti émotionnel en RV
 - Les études sur l'affect sont majoritairement faites dans une seule modalité sensorielle à la fois
 - Les études sur l'intégration multisensorielle utilisent des stimuli non-affectifs
 - L'information émotionnelle est souvent perçue via plusieurs voies sensorielles, mais l'intégration multisensorielle de stimuli affectifs est peu investiguée (catégorisation émotionnelle plus rapide et plus précise qu'en unisensoriel; e.g. Collignon et al 2008 Br Res)

Méthodes : population et setup



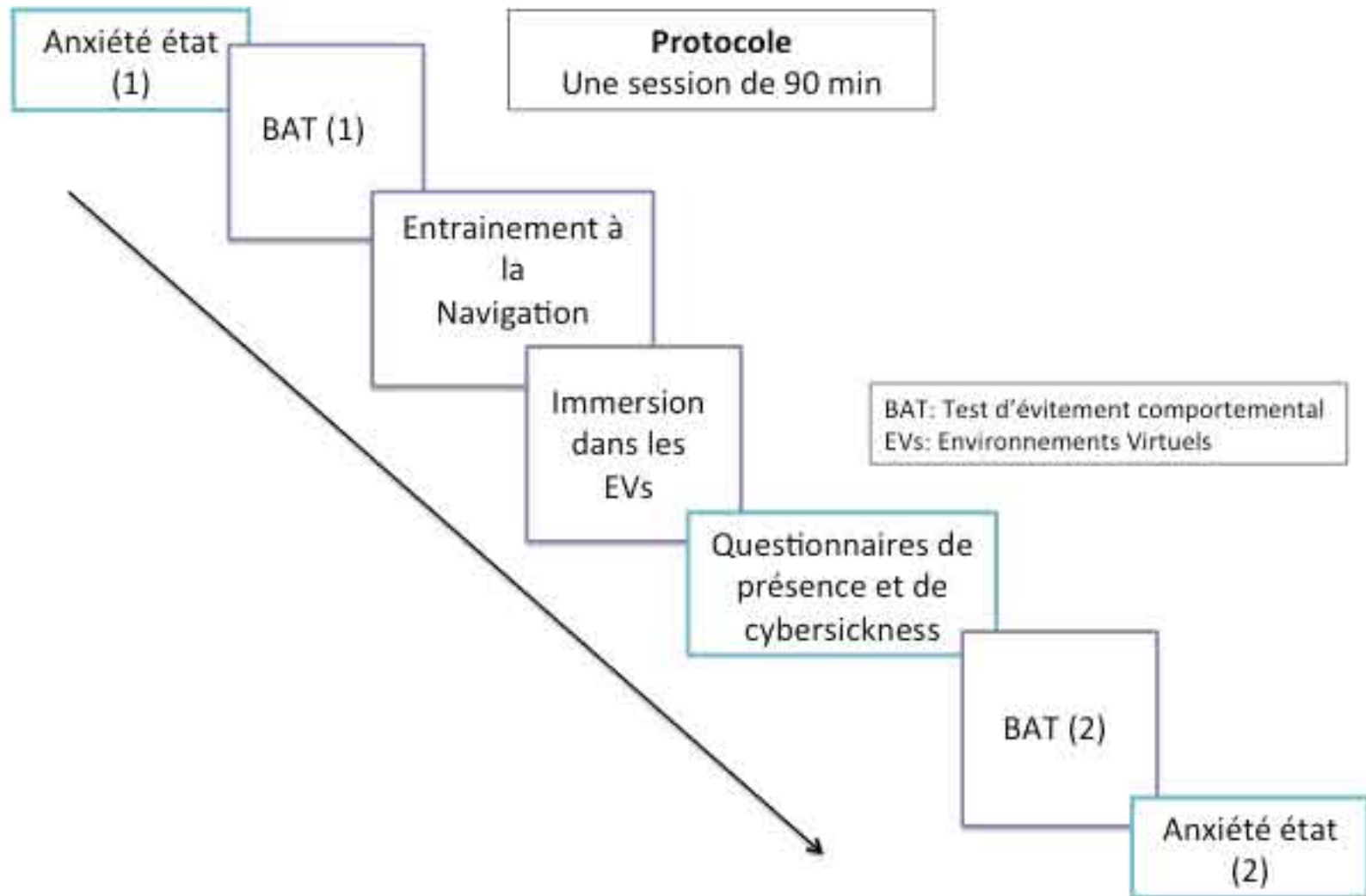
Recrutement de 21 sujets selon leur degré de peur des chiens

Groupe DogFear (N=11, 7 femmes, âge moyen= $39,2 \pm 13,8$)

Groupe NoFear (N=10, 4 femmes, âge moyen= $32,5 \pm 12,1$)



Méthodes



Méthodes : Test d'évitement comportemental

- 14 étapes
- Scores de 0 à 14 selon le nombre d'étapes complétées
- Mesure du ressenti subjectif de peur (SUDs)



Méthodes : immersion en EV auditif et visuel

- Scène d'extérieur (jardin) et scène d'intérieur (hangar) contenant des chiens auditifs et visuels
- Tâche : trouver une grenouille
- Mesures :
 - SUDs (0-100), mesure du ressenti de peur
 - Niveau de conductance électro-dermale



Scène d'extérieur



Scène d'intérieur

Méthodes : progression dans l'EV visuel et auditif



= Auditif

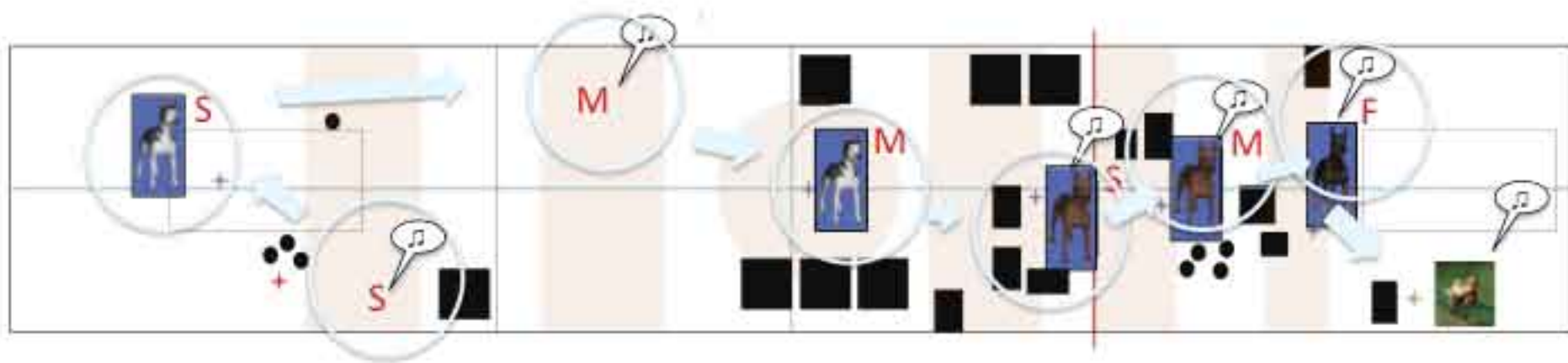


= Visuel



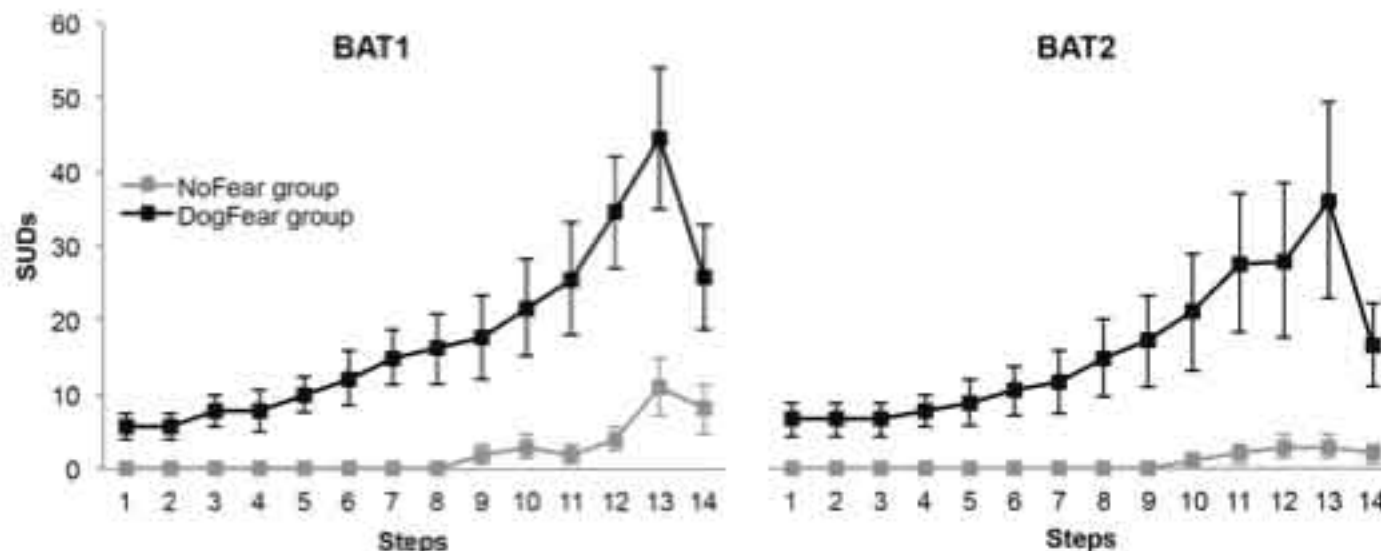
= Audio-Visuel

S = Static
M = Moving
F = Following

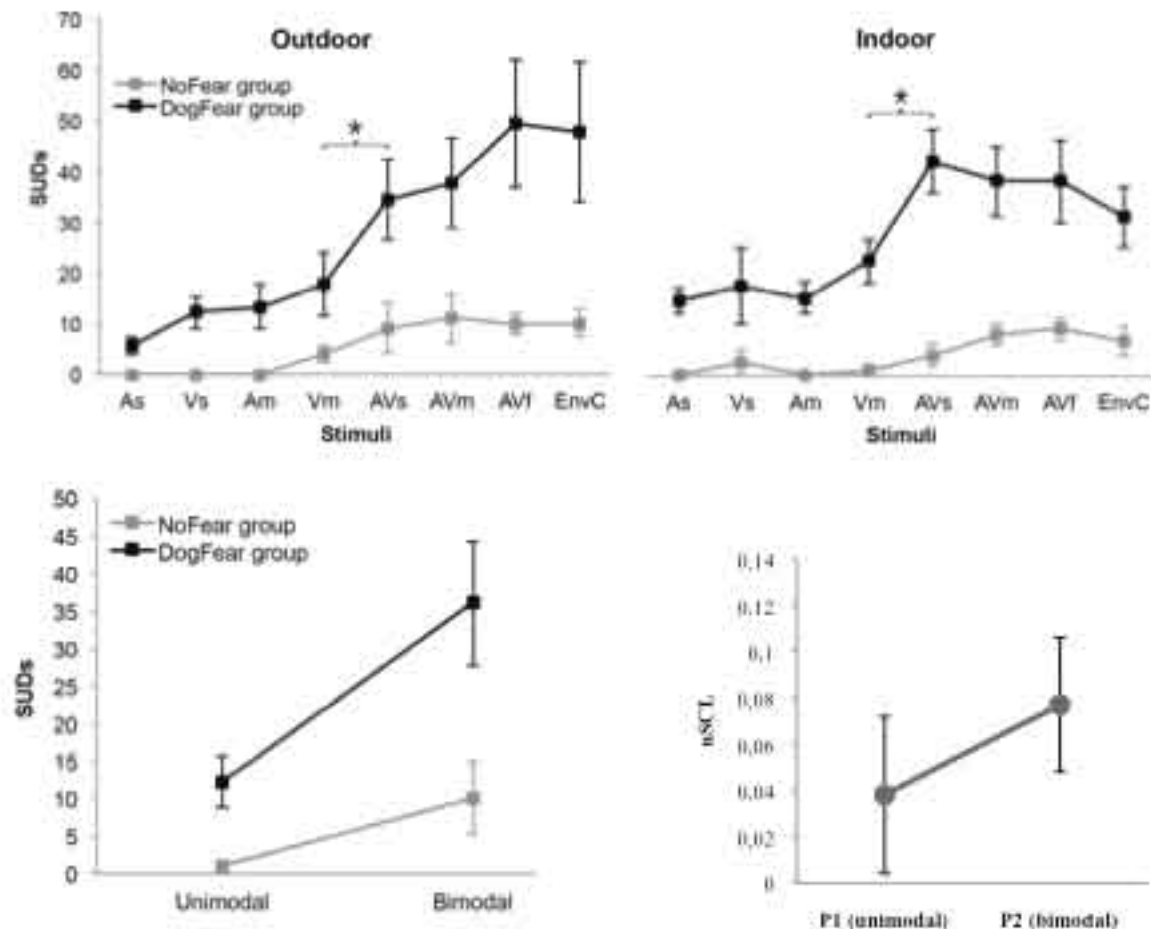


Résultats des tests d'évitement comportemental

- Tous les participants du groupe NoFear sont allés au bout des tests
- 3 participants (sur 9) du groupe DogFear ne sont pas allés au bout des tests



Résultats : ressenti émotionnel dans les EV visuo-auditifs



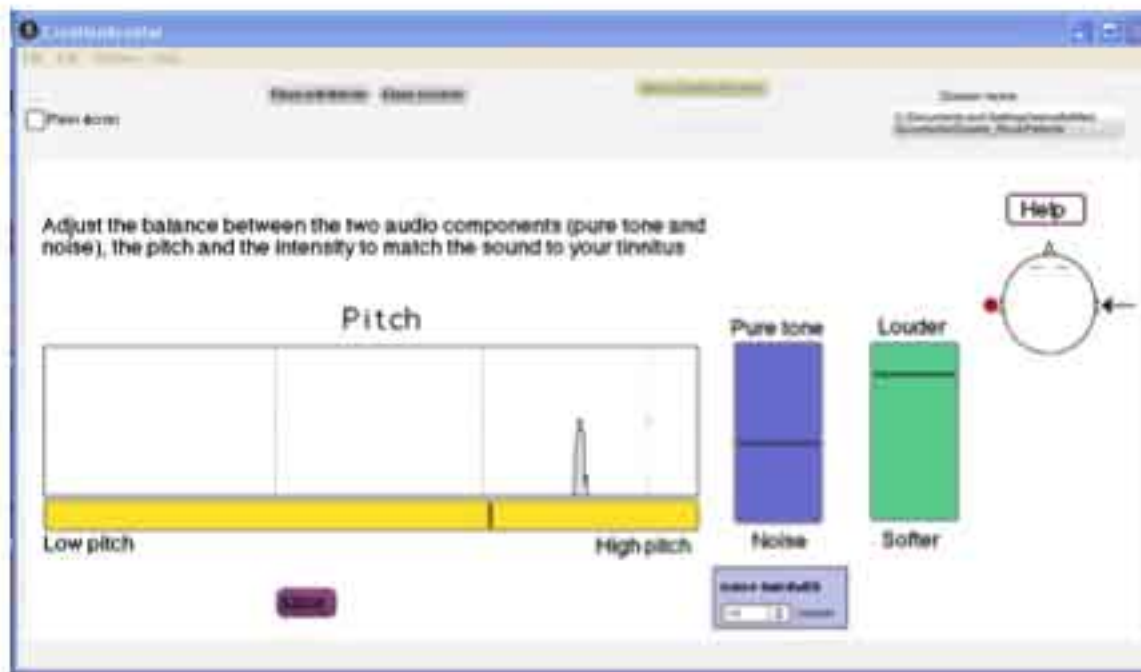
Résultats

- Augmentation du ressenti émotionnel lors de la présentation de stimuli audio-visuels congruents spatialement et temporellement
- Intérêt d'un rendu sonore adéquat

RV pour les acouphènes ?

- Acquérir une sensation d'agentivité sur le membre fantôme peut être utile pour enlever la douleur liée à celui-ci (Cole et al 2009 Disabil Rehabil)
- Concept : désapprendre la douleur en offrant au patient la possibilité d'acquérir une agentivité sur sa perception de l'acouphène, obtenu par le biais d'une interaction sensorimotrice naturelle avec une représentation visuelle et auditive de sa perception acouphénique
 - Stimuler la boucle auditivo-motrice

Modélisation acoustique de l'acouphène: construction d'un avatar de la perception acouphénique

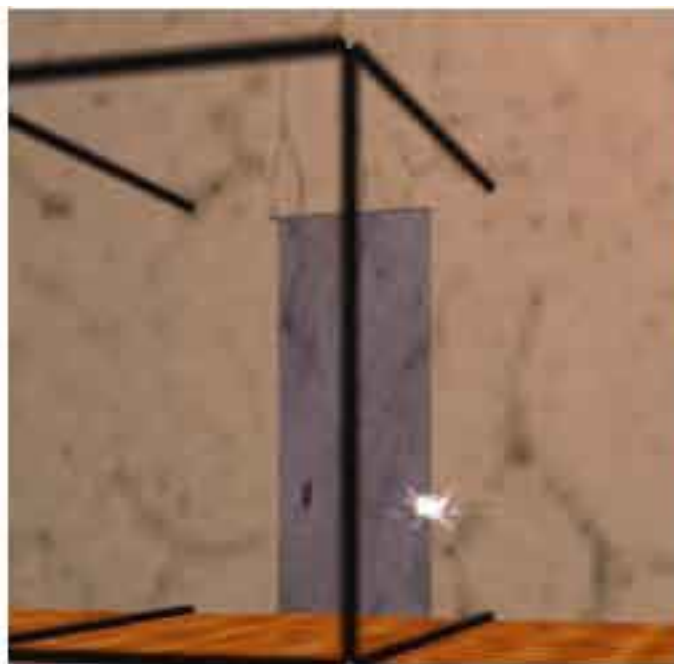


Mise en correspondance du contenu spectral, fréquentiel et intensité entre l'avatar auditif et l'acouphène subjectif

Set-up

- Tracking de la tête et d'une baguette dans la main pour fournir une interaction avec l'EV
 - Caméras infra-rouges Optitrack
 - Traqueur des mouvements de la tête
 - Traqueur de la baguette (avatar de l'acouphène)
- Immersion dans un EV visuel et auditif
 - Visiocasque
 - Casque audio pour rendu binaural





Environnements virtuels (1)



Scene extérieure : campagne

Environnements virtuels (2)



Scene extérieure : ville

Environnements virtuels (3)



Scene intérieure : maison vide

Caractérisation de l'acouphène /création avatar

Sélection patients &
randomisation

Liste d'attente
n=30

RV
n=60

TCC
n=60

Relaxation

8 sessions de
RV

8 sessions de
TCC de groupe

Evaluation finale

Suivi à 3 et 6 mois

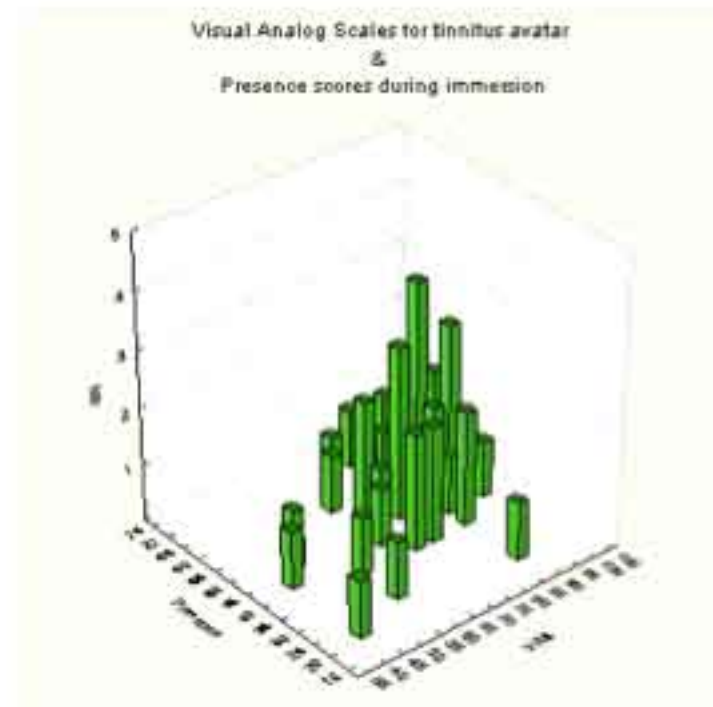
Acouphène unilatéral (> 1 an)

Sessions de RV

- Anxiété état avant immersion (STAI, Spielberger et al 1983)
- Immersion en RV :
 - Scène extérieure : paysage vert entouré de montagnes (3)
 - Scène extérieure : environnement urbain (3)
 - Scène intérieure : maison vide (2)
- **Présence** (Schubert et al 2001): vérification du niveau minimal de présence afin que la thérapie soit efficace
- Symptômes liés à la “cybersickness” (Viaud-Delmon et al 2000)
- Anxiété état après immersion

Aperçu des résultats sur l'immersion en RV (1)

- Bons scores à l'EVA jugeant la similitude entre l'avatar de l'acouphène et l'acouphène subjectif
- Présence élevée
- Lien entre les deux mesures

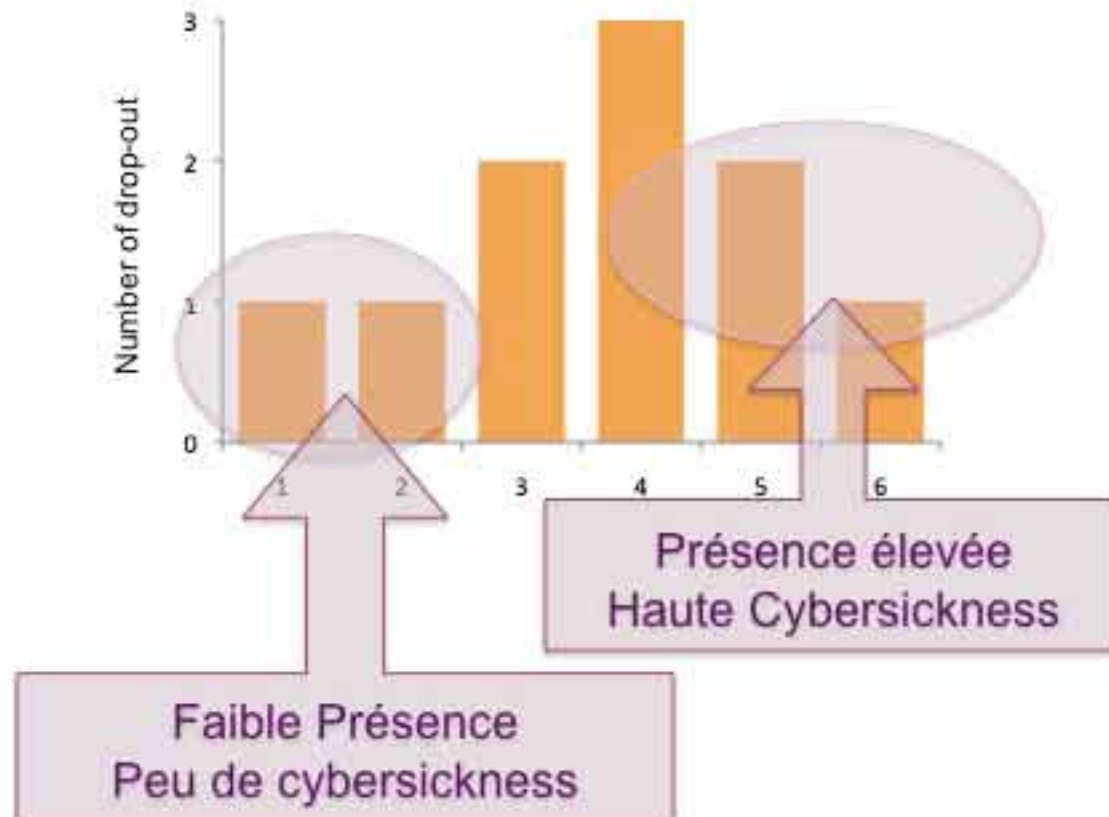


Aperçu des résultats sur l'immersion en RV (2)

- Acceptation de la méthode
 - Étendue de l'âge 24-80 ans, moyenne= 53, SD = 13
 - Sorties d'essai : 10 patients (moins de 17%)

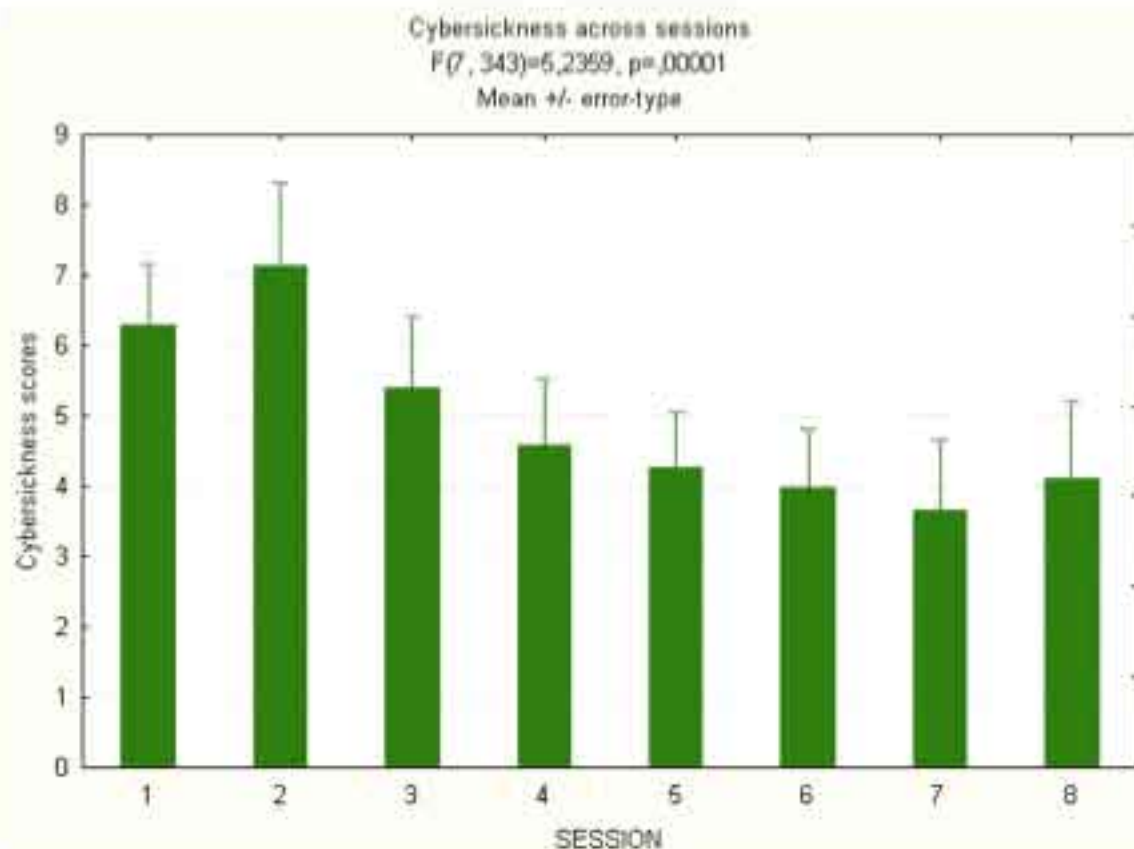
Distribution des sorties (séances 1 à 6)

- 5 patients arrêtent à cause de l'inconfort lié à la cybersickness
 - 5 patients seulement s'arrêtent pour d'autres raisons



Aperçu des résultats sur l'immersion en RV (3)

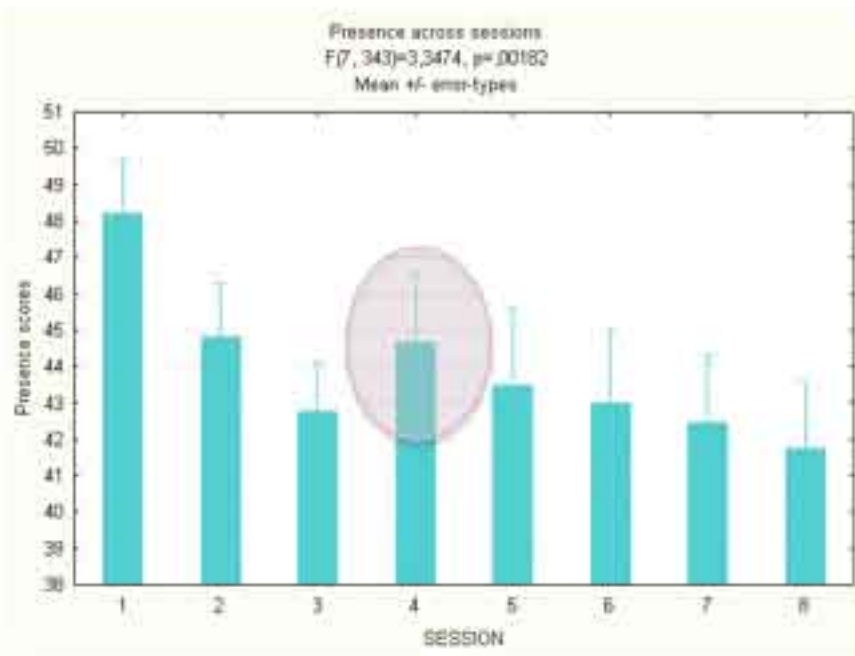
- Diminution progressive des manifestations liées à la Cybersickness
- Immersion longue (devrait être stoppée) : certains patients continuent même s'ils sont malades



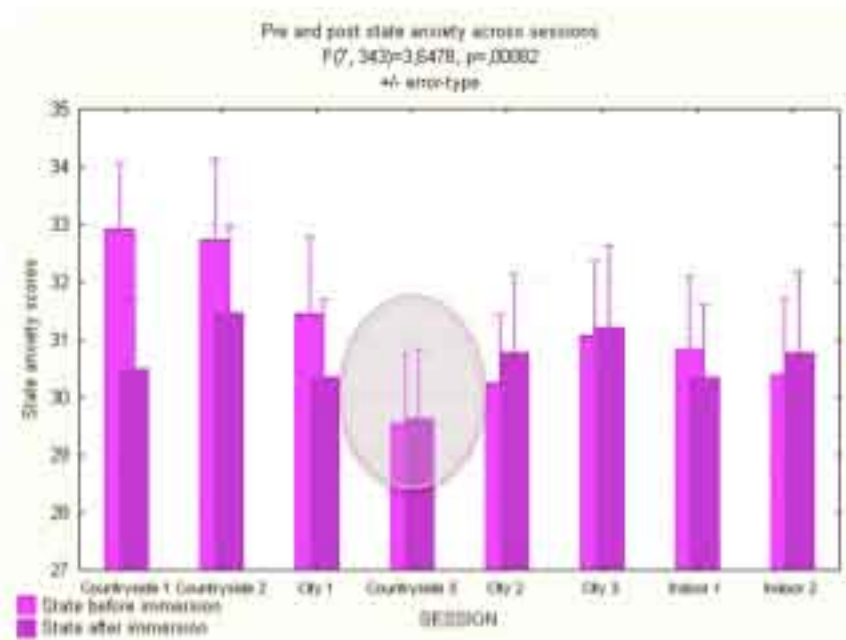
Aperçu des résultats sur l'immersion en RV (4)

- Role de l'EV

Scores présence



Scores anxiété



Conclusions préliminaires

- Efficacité comparable de la TCC et de la RV, un résultat comparable aux thérapies par exposition pour l'anxiété
 - Résultat exceptionnel dans ce cas compte tenu des conditions cliniques dans lesquelles ont eu lieu la thérapie en RV
- Quels sont les mécanismes engagés par la thérapie ?
 - Association de l'acouphène avec les processus moteurs, engagement de l'action motrice en même temps que la perception
 - Rôle de l'environnement virtuel visuel ?



Botella & al 2010 Behavior Therapy

Réalité augmentée auditive pour les thérapies de l'acouphène ?

- Inclusion du son ambiant dans le casque audio et super imposition de l'acouphène recréé
- Manipulation de l'acouphène recréé dans l'environnement réel
 - Pas de gradation émotionnelle de l'environnement virtuel visuel
 - Plus facile de faire une fusion perceptive entre le percept auditif avec un percept visuel virtuel ?
 - Est ce que l'immersion dans la virtualité est nécessaire au traitement ?

Marine Taffou (IRCAM)

Olivier Warusfel (IRCAM)

Clara Suied (IRBA)

Alain Londero (HEGP)

Pierre Bonfils (HEGP)

Rachid Guerchouche (INRIA)

Georges Drettakis (INRIA)



TINNITUS RESEARCH INITIATIVE

