



**HAL**  
open science

# Représentations du mouvement propre visuellement induit (vection) : approches comportementales, EMG, EEG et MEG chez des sujets sains et des patients vestibulaires

Pierre-Paul Vidal

► **To cite this version:**

Pierre-Paul Vidal. Représentations du mouvement propre visuellement induit (vection) : approches comportementales, EMG, EEG et MEG chez des sujets sains et des patients vestibulaires. 2005. hal-00003531

**HAL Id: hal-00003531**

**<https://hal.science/hal-00003531>**

Preprint submitted on 20 Jan 2005

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Représentations du mouvement propre visuellement induit (vection) : approches comportementales, EMG, EEG et MEG chez des sujets sains et des patients vestibulaires

Responsable scientifique : Pierre VIDAL

Pierre-Paul VIDAL  
UMR 7060, CNRS – Paris 5 – Paris 7  
Laboratoire de Neurobiologie des Réseaux Sensorimoteurs,  
45, rue des Saints-Pères  
75270 Paris CEDEX 06.  
Tel: 01 42 86 33 97 / Fax: 01 42 86 33 99  
E-mail: cnp@ccr.jussieu.fr

Sous-thèmes dont relève ce projet :  
Corps, mouvement, perception des objets dans  
l'espace, handicaps  
Représentation de l'espace  
Espace, vision, images  
Déplacements, itinéraires, parcours, navigation

## Équipes partenaires

- UPR CNRS 640, Neurosciences Cognitives et Imagerie Cérébrale, Hôpital de la Salpêtrière, 47 Bd de l'Hôpital, 75651 Paris CEDEX 13. Tel: 01 44 24 52 92
- Laboratoire de Physiologie du Mouvement, INSERM U483, Bt 444, Université Paris Sud, 91405 Orsay CEDEX. Tel: 01 69 15 70 73,

## Résumé signalétique

Les informations issues des capteurs vestibulaires, du système optique accessoire et les informations proprioceptives convergent au niveau des neurones des noyaux vestibulaires. À partir de ces entrées sensorielles, les neurones vestibulaires centraux élaborent, non pas une, mais plusieurs représentations internes tridimensionnelles du déplacement de la tête et du tronc, à l'origine de notre perception du mouvement propre et de la stabilisation du regard et de la posture. Si ces représentations prennent d'abord appui sur les signaux issus de différents capteurs sensoriels, elles sont aussi tributaires de signaux descendants : copies d'efférence mais aussi modulation résultant des représentations mentales que le sujet élabore sur son mouvement.

Dans ce cadre général, notre projet s'est organisé autour de deux axes : Le premier axe a trait aux règles, qui président à l'intégration des données issues des différents capteurs sensoriels pour aboutir à notre perception du mouvement propre. On sait que la vection résulte d'une interaction visuo-vestibulaire. Il était ainsi acquis que la latence ou l'intensité des vections dépendent de l'entrée vestibulaire. En revanche, il n'était pas démontré que la forme ou la direction même des vections pourraient être affectées par l'entrée vestibulaire. Cette hypothèse a été testée chez différents types de patients vestibulaires, puis pour la première fois au moyen de stimulations galvaniques. L'ensemble des résultats obtenus conforte l'hypothèse et permet d'envisager la mise en place d'une nouvelle technique d'investigation clinique des pathologies vestibulaires.

Le second axe visait à étudier les aires corticales impliquées dans la perception du mouvement propre dans une direction verticale par la méthode des potentiels évoqués et par magnéto encéphalographie (MEG). Dans un premier temps, nous avons tenté d'identifier les aires corticales activées par des stimulus auditifs de 100 dB dont qui activent sélectivement, outre le système auditif, les cellules sensorielles du saccule. Dans un second temps, nous voulions rechercher si ces mêmes aires corticales étaient aussi activées lors d'une sensation illusoire d'un mouvement ascendant ou descendant (vection) provoquées par un flux optique sur l'axe Z. Dans ce cas, la déclaration du sujet au moyen d'un manipulandum et l'enregistrement (EMG) des muscles directement impliqués dans les ajustements posturaux provoqués par l'illusion du mouvement sont utilisés pour dater le plus précisément le début des illusions de vection. Après une longue étape de mise au point méthodologique due à l'environnement MEG, les expériences ont débuté avec succès. Elles sont toutefois freinées par la surcharge du centre MEG.

**Mots-clés :** Vection • Interactions Visuo-vestibulaires • Patients Vestibulaires • Contrôle cognitif du regard et de la posture • Stimulations vestibulaires galvaniques.

*Nombre de chercheurs :* 7.

*Homme-mois :* 7/20.

## Rappel des enjeux et objectifs fixés à l'origine

Ce travail rassemblait plusieurs types de compétences que nous pensions complémentaires et indispensables à sa réalisation. Des psychologues spécialistes de la vection (J.-C. Lepecq, S. Mertz et P. M. Baudonnière), des neurobiologistes spécialistes du contrôle du regard et de la posture (C. de Waele et P.P. Vidal), une ergonome cognitive (C. Teyssède) et un chirurgien ORL (P. Tran Ba Huy). Il s'agissait donc d'une approche pluridisciplinaire, regroupant des psychologues, des neurophysiologistes et des cliniciens. Tous les participants ont collaboré activement au projet.

Les informations issues des capteurs vestibulaires, du système optique accessoire et les informations proprioceptives convergent au niveau des neurones des noyaux vestibulaires (Vidal, Lacour and Berthoz 1979; Lacour, Vidal and Xerri 1981; Anastasopoulos and Mergner 1982). À partir de ces entrées sensorielles, les neurones vestibulaires centraux élaborent, non pas une, mais plusieurs représentations internes tridimensionnelles du déplacement de la tête et du tronc, à l'origine de notre perception du mouvement propre et de la stabilisation du regard et de la posture. Si ces représentations prennent d'abord appui sur les signaux issus de différents capteurs sensoriels, elles sont aussi tributaires de signaux descendants : copies d'efférence mais aussi modulation résultant des représentations mentales que le sujet élabore sur son mouvement. (Lepecq, Giannopulu and Baudonniere 1995; Wertheim, Mesland and Bles 2001). Notre perception du mouvement propre repose donc sur la combinaison de données complémentaires, issues de plusieurs capteurs sensoriels spécialisés, car chacun de ces capteurs ne peut appréhender qu'un sous-ensemble des caractéristiques du mouvement. Parfois, certaines informations sensorielles peuvent être manquantes, anormales, ou encore présenter des incongruités avec les autres entrées sensorielles. Lorsque cela survient, les réseaux de neurones qui sous-tendent le contrôle du regard et de la posture font montre de plasticité, ce qui permet d'élaborer des représentations internes cohérentes et stables d'une réalité externe en fait très fluctuante (Berthoz 1985). Ces fluctuations peuvent avoir pour origine des pathologies, mais aussi un changement d'environnement (i.e. port de lunettes, microgravité, transport passif à vitesse constante) ou encore le vieillissement. Dans ce cadre conceptuel, notre projet s'est organisé autour de deux axes :

Le premier axe a trait aux règles, qui président à l'intégration des données issues des différents capteurs sensoriels pour aboutir à notre perception du mouvement propre. Le défilement de la scène visuelle sur la rétine provoque une augmentation de la décharge des neurones vestibulaires secondaires via le système optique accessoire. Comme ces neurones, par définition, ne peuvent différencier les potentiels post synaptiques excitateurs évoqués par telle ou telle de leurs entrées, il en résulte une sensation illusoire de mouvement (vection), et ce en l'absence d'activation des capteurs vestibulaires. Toute modification des entrées vestibulaires au cours de la vection devrait donc modifier les caractéristiques de la vection, parce que les informations vestibulaires et les informations visuelles issues du système optique accessoire convergent au niveau des mêmes neurones.

Le second axe vise à étudier les aires corticales impliquées dans la perception du mouvement propre dans une direction verticale par la méthode des potentiels évoqués et par magnéto-encéphalographie (MEG). Dans un premier temps, nous avons tenté d'identifier les aires corticales activées par des stimulus auditifs de 100 dB, dont on sait qu'ils stimulent sélectivement, outre le système auditif, les cellules sensorielles du saccule (de Waele, Tran Ba Huy, Diard, Freyss and Vidal 1999). Ce capteur vestibulaire est à l'origine de la détection du mouvement linéaire de la tête dans une direction verticale (axe Z). Dans un second temps, nous voulions rechercher si ces mêmes aires corticales sont aussi activées lors d'une vection verticale provoquée par un flux optique sur l'axe Z. Une datation aussi précise que possible de l'entrée en vection du sujet est obtenue à la fois par action sur un joystick et par l'enregistrement des muscles directement impliqués dans les ajustements posturaux provoqués par l'illusion du mouvement. Ces études ont d'abord été entreprises chez les sujets sains. Elles seront poursuivies, dans l'avenir, chez des sujets porteurs de différents types de lésions vestibulaires. Notre hypothèse est que la compensation de ces lésions est en partie due à des remaniements plastiques au niveau des aires corticales impliquées dans la détection du mouvement propre. Il s'agit donc d'étudier les corrélats neurophysiologiques des changements de sensibilité à la vection que nous aurons testés au cours des études de l'axe 1.

## Résumé des résultats effectivement atteints

### Concernant l'axe 1 : vection et interaction visuo-vestibulaire

2 expériences ont été réalisées qui ont nécessité la mise en place de postes expérimentaux, l'un à l'Hôpital de Lariboisière (Service ORL du Pr P. Tran Ba Huy) et le second à La Salpêtrière UPR 640.

*Pour la première :*

Au total, 49 patients et une dizaine de sujets témoins ont pu être testés. Les patients ont été répartis en 3 groupes : patients

neurotomisés de manière unilatérale précoce (3/4 jours post opération), patients neurotomisés tardifs (entre 1 et 24 mois après) et patients vertigineux.

Les sujets témoins ne décrivent jamais d'altération de la verticale posturale subjective, non plus que de la direction ou de la forme des vections perçues. En revanche, chez les patients, diverses altérations ont été observées.

- Altération de la verticale posturale subjective. Le patient se sent incliné latéralement au cours même de la vection.
- Altération de la direction de la vection. Le patient perçoit

une vection rectilinéaire « oblique » dont la direction ne coïncide pas avec l'axe corporel sagittal ou spinal.

- Altération de la forme de la vection. Le patient perçoit une vection curvilinéaire (en virage).
- Les patients vertigineux manifestent, pour près de la moitié d'entre eux (48 %) des altérations de la vection (sous l'une ou l'autre des formes décrites ci-dessus).
- Les patients en « post neurotomie précoce » présentent des altérations de la vection.
- Les patients en « post neurotomie tardive », dans leur très grande majorité (10 patients 12) ne présentent aucune altération de la vection.

*Pour la seconde expérience: Stimulations Galvaniques (SVG)*

Cette étude a nécessité la constitution d'un dossier auprès d'un CCPPRB ce qui nous a beaucoup retardés. Nous venons juste de recevoir (2 septembre 2002) l'avis favorable du Ministère de la Santé sous le numéro: DGS 2002/0417, nous permettant donc de débiter le programme expérimental.

Les premiers résultats, issus de l'étude de quelques sujets volontaires permettent cependant de dégager certaines tendances: Il semblerait que les altérations de la vection ne dépendent pas de l'intensité absolue des SVG, mais de leurs variations d'intensité. En effet, si les rampes galvaniques suivent l'entrée en vection, les sujets décrivent des inclinaisons de leur corps ou des incurvations de la vection; ces illusions disparaissent avec la rampe décroissante. En revanche, ils n'éprou-

vent pas ces mêmes effets lorsque l'entrée en vection se produit lors du plateau galvanique. Le phénomène semble être de même nature pour des stimulations sinusoïdales, avec un asservissement des altérations de la vection à la polarité, la période et l'intensité de la stimulation galvanique.

### Concernant l'axe 2: Étude des aires corticales impliquées dans la perception du mouvement propre

Les travaux sur cet axe ont pris du retard en raison des problèmes méthodologiques rencontrés. Le système d'acquisition EMG est maintenant fonctionnel et la synchronisation avec les enregistrements EEG-MEG est réalisée. L'adaptation aux contraintes de la MEG a pris beaucoup de temps. Le stimulateur est maintenant opérationnel. Enfin, il a fallu mettre en place le recueil des potentiels évoqués myogéniques des sujets avec le dispositif de stimulations auditives de la MEG pour s'assurer que le niveau des stimuli auditifs était conforme à ceux utilisées en routine clinique et qu'ils induisaient bien l'activation du saccule (de Waele et al. 1999). Cette étape a donné lieu à des calibrations délicates à effectuer dans l'environnement de la MEG. Seules les contraintes liées à la difficulté de l'accessibilité de l'appareillage MEG retardent maintenant le déroulement de l'expérimentation. Deux sujets ont pu être enregistrés. Les données en cours de traitement attestent de la faisabilité de l'étude qui se poursuit actuellement.

### Publications issues du projet

Plusieurs publications sont envisagées: une sera centrée sur les patients vestibulaires, deux autres porteront sur les données issues des expérimentations menées au moyen des stimulations galvaniques, et une portera sur les études MEG/EEG/EMG.

Par ailleurs, nous analysons actuellement la possibilité du dépôt d'un brevet CNRS concernant le poste galvanique/optocinétique étant donné sa valeur diagnostique potentielle. Des contacts à cette intention ont été pris avec M. Chausse de FIST.

