



**HAL**  
open science

## Human Actions Conciousness

Jean-Pierre Roll, Mireille Bonnard

► **To cite this version:**

| Jean-Pierre Roll, Mireille Bonnard. Human Actions Conciousness. 2005. hal-00003906

**HAL Id: hal-00003906**

**<https://hal.science/hal-00003906>**

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.

# La conscience du mouvement humain

Responsables scientifiques : J-P ROLL et Mireille BONNARD

## Jean-Pierre ROLL

Laboratoire Neurobiologie Humaine  
UMR 6149- Université de Provence  
Centre St Jérôme Case 362  
13397 Marseille Cedex 20  
Tel: 04 91 28 82 98  
Fax: 04 91 28 86 69  
E-mail: lnh@newsup.univ-mrs.fr

## Mireille BONNARD

Mouvement et Perception  
UMR6152, CNRS-Université de la Méditerranée,  
Faculté des Sciences du Sport, 163 avenue de Luminy, CP 910,  
13288 Marseille Cedex 9  
Tel: 04 91 17 22 65  
Fax: 04 91 17 22 52  
E-mail: Bonnard@laps.univ-mrs.fr

## Équipes partenaires

- Laboratoire de Psychologie Cognitive FRE 2071 - Université de Provence/CNRS
- Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation - Université de Genève - Suisse
- GDR CNRS « Anthropologie du Corps », Marseille
- Laboratoire d'Informatique de Marseille
- Centre d'IRMf de la Timone, Marseille

## Rappel des enjeux et objectifs

*La conscience de l'action* semble largement attachée au fait que nous l'exécutons avec nos effecteurs corporels, et notamment nos muscles dont le *compartiment sensoriel* aurait alors une fonction déterminante. On ne peut néanmoins pas nier le rôle des mécanismes moteurs (liés à la commande du mouvement) dans l'émergence la conscience du mouvement de soi.

Le premier volet de ce projet a l'ambition de faire avancer les connaissances concernant les substrats et les opérations neurales impliquées dans l'apprentissage, l'exécution et la perception consciente de nos gestes symboliques. Il se propose d'établir que le geste d'écrire est bien *plus* qu'un simple acte moteur et que son exécution est la source d'apports cognitifs qui s'intègrent à ceux de la lecture lors des apprentissages linguistiques.

Le deuxième volet de ce projet a pour objectif d'étudier, au niveau des substrats cérébraux, l'interaction entre *mécanismes moteurs et perceptifs* dans l'émergence de la *conscience du mouvement de soi*. Pour cela, nous réaliserons deux expériences complémentaires en IRMf en confrontant le sujet à des variations de forces externes pour étudier comment, lors d'un événement volontaire, le sujet peut séparer consciemment ce qui provient de son action propre et ce qui est produit par ces forces externes.

Nous réalisons également des développements *methodologiques* en IRMf afin de mettre au point une méthode de détection d'activations fonctionnelles basée sur une analyse multi-échelle qui permette d'effectuer des analyses de groupe (multi-sujets) tout en prenant en compte la complexité des réseaux impliqués dans ces processus complexes et leur variabilité inter-sujets. Enfin les développements techniques nécessaires aux expérimentations IRMf sont communs à l'ensemble du projet.

## Rappel du calendrier des travaux

Année 2002 - 1<sup>er</sup> Volet : Substrats cérébraux de la perception des actions de la main humaine

1 *Mouvements usuels de la main (flexion/extension)*

- IRMf (Marseille) Étude des activations corticales associées à l'évocation de mouvements virtuels de la main : travaux achevés sur 8 sujets, publication sous presse (in *Cognitive Brain Research*)
- MEG (Paris Salpêtrière) Étude des activations corticales associées à l'évocation de sensations illusoire de la main : Protocole mis en place, adaptations techniques réalisées ainsi que deux expérimentations préliminaires

2. *Mouvements symboliques de la main, Dessin - Écriture*

- Codage neurosensoriel proprioceptif de mouvements de dessin et d'écriture. Étude microneurographique : « Neurothèque » constituée à ce jour en totalité ainsi que les patterns moyens de stimulation devant servir à évoquer des mouvements virtuels d'écriture et de dessin.
- Développement et mise en place de la chaîne de stimulation vibratoire et de son programme de pilotage achevé
- Préparation des patterns de vibration et de stimulation visuelle afin d'évoquer des sensations simples de dessin achevée.

Octobre 2002-2<sup>e</sup> Volet : Mouvements alternés de flexion/extension du poignet.

Réalisation d'une expérience IRMf sur la dissociation consciente des forces internes et externes dans la cinématique du mouvement.

- Réalisation d'une expérience en TMS étudiant les mécanismes neurophysiologiques sous-tenant la préparation consciente à agir (préalable à la passation en IRMf).
- Méthodologie : Démarrage des développements méthodologiques (O. Coulon)

## État d'avancement à mi-parcours (septembre 2002)

### Volet 1 : Substrats corticaux de la perception consciente des mouvements usuels de la main

Pour identifier les activités corticales associées à la seule perception d'un mouvement par IRM fonctionnelle il est nécessaire de pouvoir différencier les activités corticales liées aux projections sensorielles des afférences fusoriales à celles liées à leur traitement perceptif. Nous avons comparé au moins deux conditions dans lesquelles le même stimulus évoquait ou non une sensation illusoire de mouvements.

Les résultats obtenus chez 8 sujets montrent que lors des trois conditions l'ensemble des zones corticales impliquées dans la somesthésie et le contrôle moteur sont activées. Lorsque les conditions sont comparées, il apparaît que la sensation de mouvement est spécifiquement liée à des activités dans les aires motrices et prémotrices, ainsi que dans le cortex associatif pariétal, qui n'apparaissait pas dans des études antérieures en PET. Des différences de vitesse des deux mouvements illusoire semblent liées à des activités dans l'aire motrice supplémentaire et le cortex moteur primaire. Ces résultats, illustrés dans la figure 1, sont en cours de publication dans *Cognitive Brain Research* (Romaiguère, Anton, Roth, Casini, Roll, sous presse) (Figure 1).

*Conscience des mouvements symboliques de la main : dessin, écriture*

Nous disposons à ce jour d'un ensemble conséquent d'enregistrements unitaires de « signatures proprioceptives » de gestes

graphiques, de dessins géométriques, de lettres, de mots courts et de chiffres. La collecte de populations significantes de fibres afférentes au cours de l'exécution de ces diverses formes graphiques a nécessité une soixantaine d'expérimentations de microneurographie dès lors que l'on enregistre les messages sensitifs correspondant à chaque forme, et pour les divers muscles qui agissent une articulation. La figure 2 illustre nos résultats où l'on voit que chaque signe exécuté renvoie vers le SNC un message qui lui est propre et qui code ses caractéristiques paramétriques d'exécution.

La neurothèque ainsi constituée a été mise en forme pour piloter un ensemble de vibreurs situés sur chacun des muscles de l'articulation afin d'induire des mouvements virtuels d'écriture et de dessin perçus alors que non exécutés.

La chaîne de pilotage et de contrôle des stimulations vibratoires a été réalisée et les premières expérimentations effectuées, les patterns de présentation visuelle de dessins de forme géométrique simple ont été implémentés.

### Volet 2 : Interactions entre processus moteurs et sensoriels dans la conscience du mouvement de soi : Étude des substrats cérébraux par IRMf

*Substrats cérébraux de la dissociation consciente des forces internes et externes dans le mouvement.* Une première expérience en IRMf a été réalisée avec un dispositif permettant d'appliquer différents niveaux de friction constants au cours d'un bloc. Au cours d'un protocole bloqué, nous avons utilisé une tâche de

reproduction consciente des forces actives versus de reproduction de la cinématique d'un mouvement rythmique du poignet contre une friction supérieure. Les structures cérébrales activées montrent que la condition de référence implique en réalité des processus cérébraux préparant de manière spécifique la tâche *qui va suivre*. D'autre part, cette étude montre que la reproduction des forces actives demande une implication importante des structures cérébrales impliquées dans des processus de mémorisation et, surtout, dans des processus attentionnels. Travaux ayant fait l'objet d'un DEA (mention TB, allocation de recherche), article en préparation.

*Préparation consciente à agir.* Une expérience en TMS a été réalisée pour étudier les mécanismes neurophysiologiques sous-tendant la préparation consciente à agir afin 1) de compenser les effets d'une perturbation du mouvement ou 2) de se laisser faire. Elle a permis de montrer que des modulations

d'excitabilité cortico-spinale permettaient au sujet de préparer l'émergence du mouvement souhaité (articles soumis), l'expérience peut être réalisée en IRMf.

*Développement d'un manipulandum amagnétique:* Le pilotage du dispositif mécanique permettant d'imposer un mouvement du poignet ou de varier le couple du manipulandum en temps réel dans l'IRMf a été réalisé par un étudiant ingénieur et bénéficie à l'ensemble du projet.

*Développements méthodologiques:* Nous avons développé une technique de représentation multi-échelles des images (« scale-space »), qui s'applique de manière générique à plusieurs types de données, à savoir : des volumes 3D - pour l'analyse de cartes d'activations - et des textures 2D définies sur des surfaces triangulées. Nous avons également proposé une méthode de « gonflement » de la surface corticale, essentiellement à des fins d'observation des résultats.

## Programme de travail prévu pour l'année 2003

### Volet 1 : Perception des mouvements usuels de la main

- Expérimentation MEG programmée en décembre 2002 et premier trimestre 2003
- Expérimentation IRMf: mouvements virtuels simples de dessin présentés par le canal proprioceptif et le canal visuel (fin 2002 et 2003).

*Mouvement symbolique de la main: dessin, écriture*

- Étude en laboratoire des mouvements virtuels de dessin et écriture évoqués par des patterns vibratoires « naturels » (issus des enregistrements microneurographiques préalables) (2003)
- Transfert de cette expérimentation en IRMf et comparaison avec les activations corticales évoquées par la présentation visuelle des mêmes symboles graphiques (2003).

### Volet 2 : Substrats cérébraux de la dissociation consciente des forces internes et externes dans le mouvement

- dernière expérience avec des forces externes variant en cours de mouvement. Au cours d'un protocole IRMf événementiel, durant lequel les sujets devront produire des mou-

vements rythmiques stables du poignet tout au long de la séance, ils seront confrontés à des variations de couple du manipulandum de différentes amplitudes. En comparant les cas de compensation volontaire consciente et non consciente à chaque niveau de perturbation, nous saurons 1) quels sont les réseaux impliqués dans l'émergence des états conscients lors de la production d'un mouvement et 2) si l'émergence des états conscients affecte l'activation des réseaux moteurs corticaux.

*Préparation consciente à agir*

- réalisation de l'expérience en IRMf

*Méthodologie:* deux directions de travail sont définies. 1) il s'agit de compléter le procédé d'analyse multi-échelles de volumes fonctionnels. Le point important consiste en l'intégration de mesures statistiques multi-échelles dans la représentation de chaque carte d'activation individuelle. 2) d'étudier les possibilités de normalisation spatiales de surfaces corticales afin de pouvoir effectuer des analyses surfaciques.

## Publications issues du projet

### Volet 1

- Roll JP (2002) Physiologie de la Kinesthèse « La proprioception musculaire: Sixième Sens ou Sens Premier? » *Intellectica*. (Sous Presse)
- Romaiguère P, Anton JL, Roth M, Casini L, Roll JP (2002) Kinaesthesia activates both motor and parietal cortical areas in humans: a parametric fMRI study. *Cognitive Brain Research* (sous presse)

### Volet 2:

- De Graaf, J., Gallea, C., Pailhous, J., Anton, J.-L., Roth, M., & Bonnard, M. (en préparation). Fictive execution of a forthcoming movement revealed by cerebral activity. A fMRI study. Bonnard, M., Camus, M., de Graaf, J., & Pailhous, J. (soumis). Binding cognitive and motor function: A TMS study.

