

Bases Neurales de l'Observation : Contribution des Travaux en Imagerie Cérébrale et en Neurophysiologie

Claire Calmels¹

¹Service Recherche, INSEP, Paris, France

claire.calmels@insep.fr

Cette communication a pour but de préciser les corrélats neuronaux de l'observation de mouvements biologiques. Montrer la contribution des études en imagerie cérébrale (Imagerie Par Résonance Magnétique) et en neurophysiologie (Electroencéphalographie) dans la connaissance et la compréhension des mécanismes mis en jeu lors de l'observation est également un objectif.

Keywords: Observation, Neurones Miroirs, Imagerie par Résonance Magnétique, Electroencéphalographie

L'observation des actions d'autrui implique la mise en jeu d'un réseau neuronal connu sous le nom de système des neurones miroirs (SNM). Ce système activerait dans le cerveau de l'agent observateur les aires motrices de son cortex cérébral puisque ce dernier serait amené à simuler les mouvements perçus (Rizzolatti & Craighero, 2004). Découverts initialement dans le cortex prémoteur ventral du singe, les neurones miroirs (NM) s'activaient lorsqu'un macaque réalisait une action et lorsqu'il observait cette même action réalisée par un de ses congénères ou un être humain. L'existence d'un réseau similaire neuronal chez l'être humain a été mise en évidence via les travaux en imagerie cérébrale et en neurophysiologie

Les travaux en imagerie cérébrale ont identifié les bases anatomiques du SNM. La partie antérieure du sillon frontal inférieur, le cortex prémoteur ventral, le sillon intrapariétal antérieur, supérieur, et postérieur ont été reconnus comme des régions possédant des propriétés miroirs, c'est-à-dire des régions actives durant l'observation et l'exécution d'actions (Buccino, Binkofski, Fink, Fadiga, Fogassi, Gallese et al., 2001; Buccino, Lui, Canessa, Patteri, Lagravinese, Benuzzi et al., 2004; Iacoboni, Woods, Brass, Bekkering, Mazziotta, & Rizzolatti, 1999; Iacoboni, Molnar-Szakacs, Gallese, Buccino, Mazziotta, & Rizzolatti, 2005). Très récemment, il a également été montré que les cortex somatosensoriels primaire et secondaire, et plus spécifiquement l'aire de Brodmann 2 (BA2), jouaient un rôle dans la perception et l'exécution d'actions transitives (Dinstein, Hasson, Rubin, & Heeger, 2007; Gazzola & Keysers, 2009). Les études en IRMf ont également mis en évidence que le SNM chez l'être humain possédait des caractéristiques particulières. Par exemple, il n'était pas sollicité lorsque l'action regardée était impossible à exécuter d'un point de vue biomécanique (Stevens, Fonlupt, Shiffrar, & Decety, 2000) ou n'appartenait pas au répertoire moteur de l'observateur (Buccino, Vogt, Ritzl, Fink, Zilles, Freund et al., 2004). Le niveau d'expertise de l'observateur influait également sur ce système (Calvo-Merino, Grezes, Glasser, Passingham, & Haggard, 2006). Une sollicitation des aires miroirs plus importante a été relevée chez des danseurs experts lors de l'observation de prestations habituellement réalisées par ces sujets comparativement à des mouvements n'appartenant pas à leur répertoire gestuel. Enfin, récemment, il a été établi que des aires n'appartenant pas au réseau des NM étaient impliquées lors de l'observation d'actions nouvelles, inhabituelles, inattendues ou complexes pour lesquelles le but devait être inféré à partir du contexte (e.g., de Lange, Spronk, Willems, Toni, & Bekkering, 2008).

Une autre approche basée sur les travaux en électroencéphalographie (EEG) a également confirmé l'existence chez l'homme d'un réseau neuronal miroir. Cette technique, non invasive et qui n'implique ni radioactivité, ni injection, ni champ magnétique, a révélé une suppression/un blocage du rythme mu lors de l'observation de mouvements biologiques (Pineda, 2005; Ulloa & Pineda, 2007). Cette suppression ou modulation pourrait être un marqueur traduisant l'activité du SNM (Pineda, 2005). L'équipe de Calmels et Stam a, elle, utilisé la mesure de l'index de synchronisation qui permet d'examiner la connectivité fonctionnelle et de déceler les changements linéaires et non linéaires de l'activité corticale

(Stam & van Dijk, 2002). Par exemple, ils ont mis en évidence des patterns de synchronisation inter-cérébrale similaires en situation d'observation et d'exécution de mouvements biologiques mais avec des valeurs plus faibles lors de l'observation (Calmels, Holmes, Jarry, Hars, Lopez, Paillard et al., 2006; Figure 1).

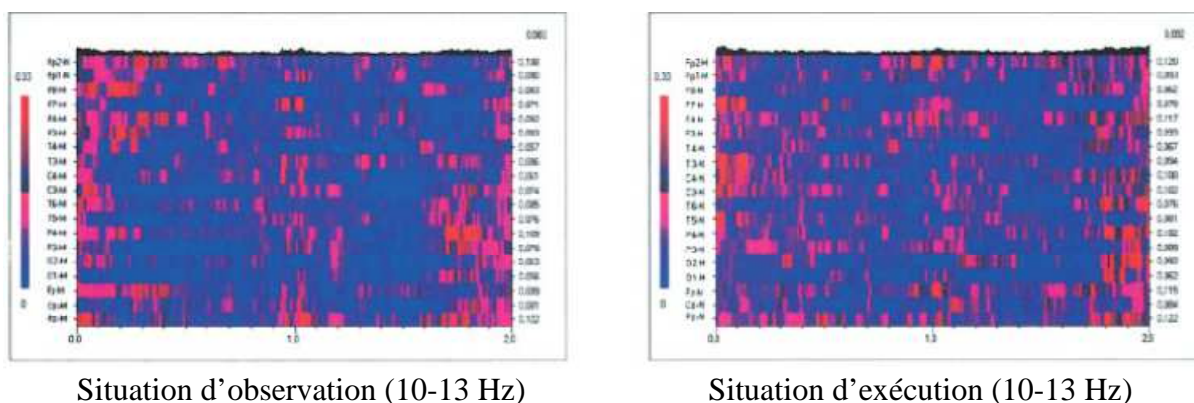


Figure 1

Enfin, récemment, Mukamel, Ekstrom, Kaplan, Iacoboni, et Fried (2010) ont réalisé des mesures extra-cellulaires unitaires chez l'homme et ont révélé des zones habituellement non reconnues comme possédant des propriétés miroirs : l'aire motrice supplémentaire (SMA proper), l'hippocampe, le gyrus parahippocampal, et le cortex entorhinal. Ils ont également rapporté l'existence, dans ces zones, d'anti-NM qui bloqueraient les sorties motrices lors de l'observation et joueraient un rôle dans l'agentivité lors de l'exécution d'actions.

BIBLIOGRAPHIE

- Buccino, G., Binkofski, F., Fink, G.R., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., Seitz, R.J., Zilles, K., Rizzolatti, G., & Freund, H.J. (2001). Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study. *European Journal of Neuroscience*, *13*, 400-404.
- Buccino, G., Vogt, S., Ritzl, A., Fink, G.R., Zilles, K., Freund, H.J., & Rizzolatti, G. (2004). Neural circuits underlying imitation learning of hand actions: an event-related fMRI study. *Neuron*, *42*, 323-334.
- Calmels, C., Holmes, P., Jarry, G., Hars, M., Lopez, E., Paillard, A., & Stam, C. (2006). Variability of EEG synchronization prior to and during observation and execution of a sequential finger movement. *Human Brain Mapping*, *27*, 251-266.
- Calvo-Merino, B., Grèzes, J., Glaser, D.E., Passingham, R.E., & Haggard, P. (2006). Seeing or doing? Influence of visual and motor familiarity in action observation. *Current Biology*, *16*, 1905-1910.
- De Lange, F.P., Spronk, M., Willems, R.M., Toni, I., & Bekkering, H. (2008). Complementary systems for understanding action intentions. *Current Biology*, *18*, 454-457.
- Dinstein, I., Hasson, U., Rubin, N., & Heeger, D.J. (2007). Brain areas selective for both observed and executed movements. *Journal of Neurophysiology*, *98*, 1415-1427.
- Gazzola, V., & Keysers, C. (2009). The observation and execution of actions share motor and somatosensory voxels in all tested subjects: single-subject analyses of unsmoothed fMRI data. *Cerebral Cortex*, *19*, 1239-1255.
- Iacoboni, M., Wood, R.P., Brass, M., Bekkering, H., Mazziotta, J.C., & Rizzolatti, G. (1999). Cortical mechanisms of human imitation. *Science*, *286*, 2526-2528.
- Iacoboni, M., Molnar-Szakacs, I., Gallese, V., Buccino, G., Mazziotta, J.C., & Rizzolatti, G. (2005). Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system. *PLoS Biology*, *3*, e79.
- Mukamel, R., Ekstrom, A.D., Kaplan, J., Iacoboni, M., & Fried, I. (2010). Single-neuron responses in humans during execution and observation of actions. *Current Biology*, *20*, 750-756.
- Pineda, J.A. (2005). The functional significance of mu rhythms: translating "seeing" and "hearing" into "doing." *Brain Research Reviews*, *50*, 57-68.
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, *27*, 169-192.
- Stam, C., & van Dijk, B.W. (2002). Synchronization likelihood: an unbiased measure of generalized synchronization in multivariate data sets. *Physica D*, *163*, 236-251?
- Stevens, J.A., Fonlupt, P., Shiffrar, M., & Decety, J. (2000). New aspects of motion perception: selective neural encoding of apparent human movements. *Neuroreport*, *11*, 109-115.
- Ulloa, E.R., & Pineda, J.A. (2007). Recognition of point-light biological motion: Mu rhythm and mirror neuron activity. *Behavioural Brain Research*, *183*, 188-194.