



HAL
open science

Planification et imitation de l'action chez des personnes bien portantes et des enfants souffrant d'autisme

Jacqueline Nadel

► **To cite this version:**

Jacqueline Nadel. Planification et imitation de l'action chez des personnes bien portantes et des enfants souffrant d'autisme. 2005. hal-00003622

HAL Id: hal-00003622

<https://hal.science/hal-00003622>

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.

Planification et imitation de l'action chez des personnes bien portantes et des enfants souffrant d'autisme

Responsable scientifique : Jacqueline NADEL

Jacqueline NADEL
UMR CNRS 7593
Pavillon Clérambault,
Hôpital de La Salpêtrière
47, Bd de l'Hôpital
75013 Paris
Tel: 33 (0) 1 42 16 17 39/Fax: 33 (0) 1 42 16 17 38 / E-mail: jnadel@ext.jussieu.fr

Sous-thème dont relève ce projet :
Autisme

Équipes partenaires

- Équipe de Neuroimagerie, INSERM/CERMEP Lyon
- Équipe de Neurocybernétique, ENSEA/Université de Cergy/CNRS
- Équipe de Psychologie et Philosophie de l'esprit, CREA, et University of Cambridge
- Équipe de Psychologie Clinique, Hôpital La Grave, Toulouse

Résumé signalétique

Notre approche interdisciplinaire de l'imitation est basée sur l'idée d'une hiérarchie de mécanismes sous-tendant différents types d'imitation, depuis des *mécanismes de bas niveau de résonance* des neurones-miroir, en jeu dans le cas d'observation de mouvements, de *haut niveau de résonance* en jeu dans le cas d'observation d'actions dont c'est la représentation qui est codée, jusqu'aux cas d'imitations impliquant la *planification*, donc l'intervention des fonctions exécutives. L'équipe de neurobiologie cognitive dirigée par Jean Decety, s'est appliquée à montrer l'extension du concept de « représentations motrices partagées » à l'imitation d'action et à la reconnaissance de l'imitation. Travaillant au niveau de la planification des imitations complexes, Élisabeth Pacherie, philosophe, postule avec James Russell un encodage linguistique qui pourrait faire défaut aux enfants autistes. Joëlle Proust s'est attaquée, en tant que philosophe, aux deux types d'explication invoqués pour expliquer les difficultés de mentalisation reconnues comme caractéristiques de l'autisme : un déficit modulaire à former des concepts mentaux, ou une difficulté à simuler la perspective d'autrui. Étudier l'imitation constitue un pas important et peu exploré dans l'articulation entre le rôle empirique et conceptuel de la simulation.

Le diagnostic relativement tardif de l'autisme (au plus tôt actuellement vers 9 mois), indique que les réflexes et le premier développement ne sont pas détectés anormaux, ou spécifiquement anormaux. Nous postulons ainsi une intégrité des imitations de type couplage perception-action, répondant au bas niveau de résonance. Notre option est que la stimulation de ces imitations élémentaires pourrait être utilisée comme une ressource permettant de promouvoir des actions autonomes que les enfants autistes pourraient apprendre et constituer en répertoire d'actions. La séquence des capacités d'imitation et de reconnaissance de l'imitation d'autrui a été mise en évidence chez le jeune enfant sain et chez des enfants autistes de faible niveau développemental par Jacqueline Nadel et son équipe de psychologie développementale. L'équipe de psychologie clinique dirigée par Bernadette Rogé a commencé à utiliser ces séquences pour formater une thérapie comportementale adaptée au suivi de dix enfants autistes. Philippe Gaussier et son équipe de robotique ont montré qu'un robot autonome utilisant la vision comme source principale d'information et capable de détecter la nouveauté, peut découvrir l'imitation comme une propriété émergente sans être implémenté pour imiter. Modélisant les conditions nécessaires et suffisantes pour imiter et reconnaître son imitation une telle architecture pourrait constituer non seulement un moyen de valider les prédictions d'un modèle, mais aussi un outil heuristique pour enrichir la thérapie comportementale.

Mots-clés : autisme • imitation • reconnaissance d'être imité • thérapie comportementale • robot autonome, neuroimagerie

Nombre de chercheurs et assimilés : neuroimagerie : 1, philosophie : 3, psychologie développementale : 2, psychologie clinique : 1, robotique/modélisation : 3. *Nombre de doctorants* : neuroimagerie : 3, philosophie : 0, psychologie développementale : 2 (dont 1 en codirection en robotique), psychologie clinique : 1, robotique : 2 (dont 1 en codirection en psychologie développementale).

Nombre total d'hommes-mois : 192 hommes-mois

Rappel des enjeux et objectifs fixés à l'origine

L'autisme, considéré comme la plus sévère des affections psychopathologiques de l'enfance, se caractérise par des anomalies qualitatives et quantitatives précoces des interactions sociales, de la communication, et de la mentalisation, ainsi que par des déficits exécutifs. Le point de savoir si les enfants autistes ont un déficit spécifique dans le domaine de l'imitation reste très débattu, en raison du fait que l'imitation n'est pas un phénomène unitaire mais plutôt implique selon ses formes une hiérarchie de mécanismes, depuis des mécanismes de bas niveau en jeu dans les imitations élémentaires, jusqu'à des capacités cognitives supérieures sous-tendant des formes plus complexes d'action et de planification. Du moins est-ce ce que nous postulons.

Partant d'un modèle perception-action décrivant les conditions biologiques nécessaires et suffisantes pour produire des imitations de bas niveau, nous avons pour objectif de suivre le développement de l'imitation chez des imitateurs débutants : enfants de 2 à 8 mois, enfants autistes très jeunes ou de faible développement, et robot autonome. Le cheminement depuis l'imitation sans intention d'imiter jusqu'à des imitations complexes planifiées comme telles devait nous mener à tester l'hypothèse de deux niveaux d'obstacles à l'imitation et à la planification auxquels pourraient se trouver confrontés les enfants autistes selon leur niveau développemental. À un niveau élémentaire, certains enfants pourraient avoir des difficultés à initier/imiter des actions parce que l'observation des actions des autres, ou tout simplement l'observation des objets ne sollicite pas de représentations motrices suffisamment fortes ou ne les sollicite pas de façon automatique. À un niveau plus élevé, d'autres enfants ayant franchi cette étape

pourraient avoir des difficultés à imiter des séquences d'actions arbitraires et des planifications à long terme, faute de pouvoir utiliser un mode linguistique d'encodage.

Ces questions devaient être explorées grâce à une série d'expérimentations. Les activations cérébrales engendrées chez des adultes volontaires sous PETScan par ces différents types d'imitation et de reconnaissance de l'imitation d'autrui devaient sous-tendre l'exploration d'une hiérarchie postulée de mécanismes impliqués dans différents types d'imitation. L'enjeu était d'utiliser les connaissances ainsi dégagées pour développer un outil de psychothérapie comportementale à base de formatage imitatif évolutif, rendant possible à terme la communication gestuelle par l'imitation réciproque.

Calendrier

1. Les 6 premiers mois du projet devaient être consacrés à la calibration des expériences de façon à rendre possibles des comparaisons entre protocoles sous PETScan, protocoles pour très jeunes enfants et enfants autistes de faible développement, et protocoles pour robot autonome imitateur débutant.

2. Les 12 mois suivants devaient être consacrés aux expérimentations concernant : 1. les imitations de gestes et d'actions avec objets, 2. les scripts d'action 3. Les rapports entre imiter et être imité.

3. Les derniers 6 mois devaient voir le démarrage de la thérapie comportementale référée aux séquences développementales dégagées dans les expérimentations 1 et 3, voire 2 pour les plus hauts niveaux.

Résumé des résultats effectivement atteints

Une série d'études utilisant la tomographie par émission de positons et l'eau marquée à l'oxygène 15 a été conduite avec pour objectif d'identifier le substrat neurologique impliqué dans l'imitation et les processus de compréhension des actions et des intentions d'autrui. Ces études ont mis en évidence l'existence d'un réseau neuronal partagé, c'est-à-dire, activé de la même façon lorsqu'un individu réalise une action ou la simule mentalement et lorsqu'il observe ou imagine une autre personne réaliser cette même action. D'autres régions corticales sont spécifiquement impliquées selon que le sujet est l'agent ou l'observateur de ses actions. En particulier, il existe une asymétrie caractéristique entre les deux hémisphères au sein du lobule pariétal inférieur et aussi au niveau du sillon temporal supérieur qui semble indiquer que ces régions jouent un rôle majeur dans la distinction entre soi et autrui.

L'existence d'un réseau neuronal partagé entre imité et être imité (activation au niveau du STS et du lobule pariétal inférieur) rend bien compte de la forte corrélation trouvée entre capacités d'imitation de bon niveau et capacités de reconnaissance de son imitation chez les nourrissons et les enfants autistes. Les différences entre les deux activités (cortex pariétal impliqué lorsque le sujet imite, alors que son homologue

dans l'hémisphère droit est davantage activé lorsque les actions du sujet sont imitées) expliquent que nous puissions trouver chez certains enfants autistes un haut niveau de reconnaissance de l'imitation assorti d'un faible niveau d'imitation. Le fait que nous ne rencontrons jamais le cas inverse dans notre population d'enfants autistes peut être en accord avec l'idée avancée par certains que des sous-groupes d'enfants autistes auraient des difficultés praxiques.

Dans le même temps, l'équipe de robotique développait un nouveau type de cartes auto-organisatrices connectées les unes aux autres par des liens réentrants permettant à une architecture minimale, sans supervision particulière, d'apprendre une coordination visuo-motrice. Le robot a appris ensuite à coordonner sa vision avec les mouvements de son bras et cherche à réduire toute différence entre sa proprioception et sa vision, ce qui a pour résultat un couplage perception-action. S'inspirant de l'expérience de Jacqueline Nadel montrant que si l'on faisait interagir un bébé et sa mère au moyen d'un dispositif de vidéoconférence, le bébé ne s'intéressait à sa mère qu'à la condition qu'il n'y ait pas de délai dans la boucle de communication, Philippe Gaussier, Arnaud Revel et Pierre Andry ont ensuite postulé que la capacité à prédire

le rythme des actions perçues et produites par l'autre peut être interprétée comme un signal de renforcement positif, et peut être utilisée comme tel par leur architecture. Mais pour imiter de manière synchrone, il faut être capable d'anticiper les mouvements de l'autre.

À partir d'un modèle antérieurement développé avec Jean Paul Banquet et inspiré d'un réseau de neurones capable d'apprendre à prédire des transitions entre événements réalisés, l'équipe de robotique a réalisé les conditions qui permettent au robot d'apprendre à prédire la perception en fonction de son action précédente pour résoudre ce problème. La perception n'est plus alors un signal impératif mais un flot d'énergie ser-

vant à synchroniser deux oscillateurs. L'inhibition de la perception lorsque la séquence est jugée bien apprise permet à l'imitateur de se découpler de son modèle et de déclencher la production d'une séquence endogène (préalablement apprise). Le modèle peut alors devenir l'imitateur et permettre des situations de « turn taking » importantes à la fois pour leur valeur en termes de communication et en termes d'apprentissage.

Les conséquences pour la communication entre robots mais aussi et surtout pour la communication hommes-machines sont multiples. L'une, directement en prise sur notre programme, concerne la possibilité d'échanges par l'imitation avec des enfants autistes rebutés par l'imprévisibilité de l'humain.

Publications issues du projet

- Andry, P., Moga, S., Gaussier, P., Revel, A., & Nadel, J. (2000). Imitation: learning and communication. *Sixth International Conference on Simulation for Adaptive Behavior, SAB 2000* (pp. 353-362). Cambridge, MA: MIT Press.
- Andry, P., Gaussier, P., & Nadel, J. (2000). Simulations of Dynamical Interactions for Social Learning, European Workshop on Learning robots, EWLR01, 57-64.
- Andry, P., Gaussier, P., Moga, S., Banquet, J-P, & Nadel, J. (2001). Learning and Communication via Imitation: An Autonomous Robot Perspective. *IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, Vol. 31, 5, 431-444
- Blakemore S, & Decety J. (2001). From the perception of action to the understanding of intention. *Nature Reviews Neuroscience*, 2: 561-567.
- Chaminade T, & Decety J. (2002). Neuroimaging evidence in support of a common framework between perception and action. *Behavioural Brain Sciences* [comments on the target paper: Theory of event coding by Hommel and Prinz], in press.
- Chaminade T, & Decety J. Leader of follower? Involvement of the infertile parietal lobule in agency. (Under review in *Neuron*).
- Decety J. (2002). Naturaliser l'empathie [Empathy naturalized]. *L'Encéphale*, 28: 9-20.
- Decety J. (2002). "Is there such a thing as a functional equivalence between imagined, observed and executed actions? In: A. Meltzoff, W. Prinz (Eds.), *The imitative mind, development, evolution and brain bases*, Cambridge University Press, UK, 2002, 291-310.
- Decety J. (2002). Neurobiologie des représentations motrices partagées. In: J. Nadel, J. Decety (Eds.), *Imitation, représentations motrices, intentionnalité*, Presses Universitaires de France.
- Decety J, Chaminade T. (in press). The neurophysiology of imitation and agency. In *Perspectives on Imitation: From Cognitive Neuroscience to Social Science*, ed. S. Hurley, Cambridge: MIT Press. in press.
- Decety J, Chaminade T, Grèzes J, Meltzoff A. (2002). A PET exploration of the neural mechanisms involved in reciprocal imitation. *Neuroimage*, 15: 265-272
- Field, T., Field, T, Sanders, C., & Nadel, J. (2001). Children with autism become more social after repeated imitation sessions. *Autism*, 317-324
- Gaussier, P., Moga, S., & Banquet, J-P (2001). Des boucles perception-action à l'imitation: Une approche ascendante de l'apprentissage par imitation. In J. Nadel, & J. Decety, *Imiter et connaître l'humain: Neurobiologie, philosophie, psychologie, robotique*. Paris: PUF, Coll. Sciences de la Pensée.
- Grèzes J, Decety J. (2001). Functional anatomy of execution, mental simulation, observation and verb generation of actions: A meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 2001, 12: 1-19.
- Grèzes J, Decety J. (2002). Does visual perception of objects afford action? Evidence from a neuroimaging study. *Neuropsychologia*, 40: 212-222.
- Nadel, J. (2002). Some reasons to link imitation and imitation recognition to Theory of Mind. In J. Proust & J. Dokic (Eds.), *Simulation and knowledge of action*. (pp. 251-280). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Nadel, J. (2002). Imitation and imitation recognition in preverbal infants and children with autism. In A. Meltzoff & W. Prinz (Eds.), *The imitative mind*. Cambridge: Cambridge University Press
- Nadel, J., & Decety, J. (2002). L'imitation à l'once des sciences cognitives. In J. Nadel & J. Decety (Eds.), *Imiter et connaître l'humain: Neurobiologie, philosophie, psychologie, robotique*. Paris: PUF, coll. Sciences de la Pensée.
- Nadel, J., & Decety, J. (Eds.) (2002). *Imiter et connaître l'humain: Neurobiologie, philosophie, psychologie, robotique*. Paris: PUF, Coll. Sciences de la Pensée. Sous presse.
- Nadel, J., & Potier, c. (2001). Imiter et être imité: leur rôle dans le développement de la communication chez l'enfant autiste. *Bull. Scient. de l'ARAPI*, 19-21.
- Nadel, J., Potier, C., & Aouka, N. (2001). *Echelle d'imitation. Manuel et feuille de notation*. Paris: Hôpital de La Salpêtrière
- Nadel, J., & Potier, C. (2002). Imiter et être imité: leur rôle dans le développement de l'intentionnalité. In J. Nadel & J. Decety (Eds.), *Imiter et connaître l'humain: Neurobiologie, philosophie, psychologie, robotique*. Paris: PUF, coll. Sciences de la Pensée.
- Nadel, J., & Potier, C. (2002). Imiter, imitez, il en restera toujours quelque chose. *Enfance*, 54, 83-94.
- Nadel, J., & Puy, R. (Eds.) (2002). L'enfant autiste: un enfant en développement. *Enfance*, 53, 1, 110 pages.
- Pacherie, E. (2000). The content of intentions. *Mind and Language*, 15, 4: 400-432.
- Pacherie, E. (2002). Agency lost and found. *Philosophy, Psychology and Psychiatry*, 8, 2-3
- Pacherie, E. (2002). Intention. *MacMillan Encyclopedia of Cognitive Science*. Sous presse.
- Pacherie, E. (à paraître). L'empathie et ses degrés. In A. Berthoz & G. Jorland (eds). *Empathie et connaissance de soi* (titre provisoire), Paris: Editions Odile Jacob.
- Proust, J. (2000), « De l'attribution des intentions d'agir à l'attribution des croyances: pour une théorie « motrice » de la simulation », *Psychologie Française* 45, 4, 295-306.
- Proust, J. (2000), « Can radical simulation explain psychological concept acquisition? » in J. Dokic & J. Proust (Eds.), *Simulation and knowledge of action*, Paris, Bibliothèque du CREA et Dokic et Proust (Eds.), Amsterdam: John Benjamins.

- Proust, J. (2002) « Imitation, simulation et action » in J. Nadel et J. Decety (Eds). *Imiter et comprendre l'humain : Neurobiologie, philosophie, psychologie et robotique*. Paris, PUF, sous presse.
- Proust, J. (à paraître) Perceiving intentions, in J. Roessler & N. Eilan (Eds.), *Agency and self-awareness: issues in philosophy and psychology*, Oxford, Oxford University Press.
- Rinaldi, L. (2002). Limitation, un moyen d'accès à une communication pour les enfants atteints d'autisme. *Bull. Scient. de l'ARAPI*, 53-55.
- Rogé, B. (2002). Le diagnostic précoce de l'autisme: données actuelles. *Enfance*, 54, 1. 21-30.
- Ruby P, Decety J. Effect of the subjective perspective taking during simulation of action: a PET investigation of agency. *Nature Neuroscience*, 2001, 4: 546-550.
- Ruby P, Decety J. How the brain distinguishes between the self and the other at the conceptual level. Submitted to *Nature Neuroscience*.
- Ruby P, Sirigu A, Decety J. Distinct areas in parietal cortex involved in long-term and short-term action planning: a PET investigation. *Cortex* in press.