

Neurones miroirs

L'imitation est un processus très avancé, propre à l'homme

Prof. Giacomo Rizzolatti
Université de Parme

Interview Maya Ollier et Luca Urbinati

Pouvez-vous nous rappeler brièvement comment vous avez découvert l'existence des neurones miroirs ?

Nous les avons découverts un peu par hasard, il y a environ dix ans, alors que nous étions occupés à étudier le système moteur du singe. Les neurones miroirs s'activent lorsque le singe fait une certaine action, mais aussi lorsqu'il observe quelqu'un faire la même action. Au début, honnêtement, nous n'y avons pas attaché beaucoup d'importance, mais le phénomène se répétait trop fréquemment et nous avons commencé une série de contrôles et vu que c'était un phénomène bien réel.

Que nous disent les neurones miroirs sur le fonctionnement de notre cerveau ?

L'aspect révolutionnaire a été la possibilité de relier immédiatement une connaissance visuelle avec une connaissance motrice. Le modèle classique de fonctionnement de notre cerveau est que nous devons faire des déductions logiques compliquées. En réalité, si l'on y réfléchit, il n'en est pas ainsi. Si vous me voyez prendre ce crayon, vous ne faites pas un grand raisonnement : la signification du fait de saisir est comprise instantanément, sans processus compliqué. Ensuite, l'exécution est beaucoup plus compliquée que la compréhension et que l'aspect formel. Nous

avons une sorte de "matching system", un système de superposition entre ce qui est vu et ce qui est fait. Le système miroir a été la première démonstration neurophysiologique que ce mécanisme, qui avait été posé comme une hypothèse, existe.

Avec la découverte des neurones miroirs, l'apprentissage par l'imitation ne semble plus être un phénomène mineur...

Ceci est un autre aspect très important. Nous avons étudié les neurones miroirs sur le singe, et nous pensions que le singe était capable d'imiter. En parlant avec des éthologues, nous avons appris que les singes savent imiter quelques expressions faciales, mais ils ne savent pas imiter le fait de prendre. Ce qui signifie que l'imitation est un processus très avancé, propre à l'homme, parce que l'homme a un système miroir même pour des gestes dépourvus de but apparent. Le singe comprend seulement un mouvement qui a un but clair : prendre de la nourriture, écraser, casser. Lorsqu'il voit un geste dépourvu de sens, ce geste se perd dans le système visuel et n'arrive pas au système moteur : le singe comprend que quelque chose bouge, mais ne lui donne pas de signification motrice. C'est grâce aux neurones miroirs que l'imitation est devenue un sujet important. En psychologie, on disait que l'imitateur est stupide, et le créateur génial. Or il faut d'abord imiter et ensuite on peut faire quelque chose de nouveau. Si on ne sait pas imiter, il n'y a pas de culture. C'est pourquoi je dis désormais aux enseignants : "Faites-les imiter, enseignez-leur à copier, c'est ainsi qu'on transmet la culture".

Une théorie dit qu'on n'est capable d'apprendre que ce qui s'inscrit dans ce qu'on croit possible. On rejette le reste...

Honnêtement, je ne sais pas. Je pourrais dire que nous apprenons par imitation ce qui fait partie de notre patrimoine moteur, en rassemblant des actes moteurs élémentaires. Les actes moteurs qui ne correspondent pas à ce que nous faisons ne font pas résonner les neurones miroirs. Mais votre question était plus spécifique...

... si nous sommes en mesure d'apprendre seulement ce que d'une certaine façon nous croyons déjà possible...

Si nous voyons quelque chose qui fait partie de notre patrimoine moteur, nous l'apprenons, et nous pouvons ensuite l'améliorer. A ce sujet, une belle expérience a été faite avec des danseurs : trois groupes de volontaires, un groupe de maîtres de capoeira, un de danseurs classiques et un de personnes qui n'ont jamais pris de leçons de danse, ont été mis devant un écran sur lequel étaient présentés quelques pas de capoeira. Chez les maîtres de cet art, on a vu une activation plus importante du système des neurones miroirs que dans les deux autres groupes...

Une autre expérience, plus récente, démontre que chez une personne qui apprend des exercices physiques, les neurones miroirs augmentent toujours plus. Il y a donc une plasticité du cerveau pour apprendre. La compréhension devient plus expérientielle, plus intérieure, moins cognitive - même si le mot cognitif est un peu ambigu. En somme, elle devient plus phénoménologique.

“ Il faut d'abord imiter et ensuite on peut faire quelque chose de nouveau. ”

Pouvez-vous nous parler des sensations et émotions en miroir ?

Pour l'émotion, nous avons fait l'expérience avec des odeurs (celles qui fonctionnent le mieux étant les odeurs nauséabondes, comme les œufs pourris). Lorsque quelqu'un sent des œufs pourris, toute une série de zones s'active, qui ne sont pas les zones du système miroir, mais une structure de haut niveau appelée insula, située en profondeur dans le cortex. Nous avons fait sentir à nos étudiants une odeur d'œuf pourri et les zones du dégoût se sont activées, avec de fortes émotions, l'envie de vomir, etc. Nous avons précédemment fait sentir des œufs pourris à des acteurs, que nous avons filmés et nous avons ensuite montré à nos étudiants les visages de ces acteurs : les mêmes zones s'activent dans l'insula, que la personne sente l'odeur ou qu'elle voie un autre la sentir...

Les neurones miroirs ont été mis en relation avec l'empathie, en tant que capacité nécessaire à la sur-





“Nous disposons d’un système naturel de co-sympathie.”

vie animale. Or, l’empathie est également considérée comme une des manifestations les plus nobles de la conscience humaine...

Oui, nous disposons d’un système naturel de co-sympathie. A ce sujet, je vous recommande les excellents travaux de Tania Singer : elle mettait des électrodes sur une femme et lui donnait de petits chocs ; après quoi, elle lui faisait voir un film dans lequel son fiancé subissait le même traitement... Les mêmes zones s’activaient lorsqu’elle éprouvait la douleur, ou lorsqu’elle voyait la douleur chez l’autre. Ceci signifie que lorsque nous voyons un autre souffrir, c’est comme si nous souffrions nous-même. Il y a donc vraiment un lien entre les personnes. Tout le système miroir indique que nous sommes liés aux autres, c’est une continue co-participation, vraiment à l’opposé de l’idée des monades isolées qui voyagent dans le monde. Ceci dit, si on lit Adam Smith, il prédit pratiquement ce que sont les neurones miroirs dès son premier livre [NdLR : Théorie des sentiments moraux, 1759]. Il dit à peu près ceci : “Il n’est pas d’homme assez égoïste qui, voyant un autre souffrir, ne sente pas lui-même quelque chose dans son cœur.” Il n’est pas vrai que nous naissons égoïstes ou individualistes : nous sommes en contact continu avec les autres et je ne peux pas faire ce que je veux parce qu’autrement, je disparaîrais et la société meurt.

“Lorsque nous voyons un autre souffrir, c’est comme si nous souffrions nous-même.”

J’ai lu que, par les neurones miroirs, on peut accéder à l’intention d’un autre, à l’état d’esprit qui préside à ses choix d’action et de comportement. Pouvez-vous commenter ?

C’est ce que nous étudions beaucoup maintenant ici, parce que nous pensons qu’il y a des implications pratiques. Si je prends une tasse par l’anse, je veux boire ; si je la prends par le haut, je veux la déplacer, etc. Dans un geste, il y a toujours deux composantes, le comment et le pourquoi. Lorsque nous regardons un autre faire, nous comprenons vite ce qui se passe et, en général, nous déduisons même automatiquement pourquoi il la prend. Ici à Parme, le professeur Fogassi a découvert que des chaînes de neurones s’activent de façon successive lorsque nous faisons une action : si je prends la tasse ainsi, des neurones s’activent pour porter la tasse à la bouche, pour ouvrir la bouche et ainsi de suite : mon intention se manifeste immédiatement par une série d’activations, d’actes moteurs individuels. Lorsque je vais prendre la tasse, j’ai déjà activé le mouvement du bras vers la bouche, l’ouverture de la bouche... il y a une activation par avance, tout est déjà prêt.

Et lorsque je vous vois prendre la tasse, je comprends si vous la prenez pour me l’offrir ou pour me la jeter à la tête...

Oui, parce que le mécanisme lui-même est "miroir", donc vous comprenez mon intention. C’est un mécanisme très simple, mais qui explique un concept philosophique très complexe : l’intentionnalité. Les enfants autistes qui ont un quotient intellectuel normal (certains autistes n’ont pas de défaut d’intelligence, seulement des difficultés relationnelles) comprennent très bien le geste mais chez eux, aucune activation ne se produit... nous l’avons testé avec des gestes comme porter à la bouche. Si un enfant normal vous voit saisir un chocolat, tout son système s’active, et si vous lui demandez : “Pourquoi ?”, il répond : “Pour manger”. L’enfant autiste aussi, mais son système ne s’active pas, parce qu’il comprend seulement rationnellement. Ceci est très intéressant, parce que la plupart des travaux sur l’autisme se basent sur l’amélioration du comportement (ces enfants sont souvent destructeurs, ils crient, pleurent...) alors qu’il serait important pour eux de réussir à acquérir à nouveau la capacité de com-

prendre les autres, pas seulement d’agir parce qu’ils sont punis ou récompensés. Nous ne savons pas encore exactement comment faire, mais nous pensons à des techniques théâtrales ou à des arts martiaux... L’idée actuelle est de réussir à exploiter ce qui reste chez eux de neurones miroirs éveillés, et les faire fonctionner.

Les neurones miroirs ont été découverts tout d’abord dans les zones motrices, puis dans les zones émotionnelles. Qu’en est-il du langage ? L’hypothèse serait que l’architecture globale du cerveau est miroir...

Il faut ici distinguer deux aspects dans lesquels les neurones miroirs jouent un rôle : l’évolution du langage et la phonologie du langage moderne. Nous pensons que le langage dérive des neurones miroirs. Il naît et se développe comme un langage de signes auxquels on associe ensuite des sons. L’autre aspect dans lequel les neurones miroirs sont certainement impliqués est la phonologie, que nous apprenons par imitation, et nous avons montré qu’il y a là un système miroir. Au moment où vous entendez le mot “bière”, même si vous ne faites rien, l’excitabilité d’une partie du cerveau qui codifie le “r” augmente et ce “r” résonne. Avec la stimulation magnétique, nous pouvons montrer que, lorsque j’écoute, j’ai une copie motrice de ce que vous dites. Ceci est très utile pour l’enfant. Savez-vous que les enfants, après un certain temps, perdent la capacité d’imiter d’autres sons et seuls restent ceux qu’ils ont entendu ? Un enfant japonais, par exemple, ne distingue pas un “l” d’un “r” (il entend une sorte de “r” dans les deux cas), parce que quelque chose a été figé en lui. Au début, les enfants sont complètement plastiques. Ensuite, avec l’apprentissage, ils éliminent ce qui n’est pas utile et il leur reste ce qu’ils savent prononcer.

Mais face par exemple à un raisonnement, y a-t-il quelque chose qui capte le raisonnement à un niveau miroir ?

La sémantique très probablement ; en tout cas, beaucoup pensent que oui. Lorsque nous entendons une phrase comme : “Il donne des coups de pied dans le ballon”, il n’y a pas seulement une activation des zones du langage, les zones motrices aussi s’activent : selon certains, elles sont même indispensables

pour comprendre la phrase. Certains disent que nous comprenons tout le langage avec le système moteur, mais je ne sais pas comment on explique la syntaxe ; la syntaxe est vraiment très compliquée... Quelles zones motrices s’activent si je vous dis : “La liberté est belle” ? Les positions extrêmes me gênent, parce que ce qui explique tout... n’explique rien. Il faut rester dans certaines limites !

Dans la perspective prochaine de création d’ordinateurs humanoïdes doués d’intelligence adaptative, est-ce que l’utilisation, dans leurs plans de construction, de neurones miroirs artificiels, serait envisageable et avec quelles conséquences ?

Une chose est de réussir à enseigner à un robot à agir par imitation, une autre de répondre en comprenant pour pouvoir choisir telle ou telle action. Supposons qu’il y ait dans le robot ce mécanisme dont je parlais pour comprendre l’intentionnalité et que, s’il voit une saisie X, il excite une chaîne pour porter l’objet à la bouche ou une autre chaîne pour le jeter. Si le malade tend une main vers un objet, le robot le prend et le lui apporte. Si le malade repousse l’objet, le robot l’emporte. On peut tenter de donner l’intentionnalité au robot, de sorte que selon ce que la caméra lui montre, il reconstruise les programmes moteurs possibles et agisse en conséquence. Il y a des projets européens sur ce sujet ; nous étions nous-mêmes impliqués dans quelques-uns, mais ce sont deux mondes très différents, la robotique et celui-ci... À Gènes, l’équipe du professeur Sandini travaille notamment sur l’insertion de ces aspects biologiques dans les robots...

Mais la chose la plus intéressante, d’après moi, est celle du robot qui comprend les intentions et qui, ensuite, fait ce que tu ne réussis pas à faire, ou que tu n’as pas envie de faire... Pour une personne malade, c’est très commode, surtout si elle est paralysée. ●

