

# La psychomotricité entre **psychanalyse** et **neurosciences**

Histoire, actualités et perspectives :  
pour une pensée en mouvement

---

Sous la direction de **Nicole Girardier** *et al.*

Préface de **Jérôme Boutinaud**

ÉDITIONS IN PRESS  
127 rue Jeanne d'Arc - 75013 Paris  
Tél.: 09 70 77 11 48  
E-mail: [inline75@aol.com](mailto:inline75@aol.com)

[www.inpress.fr](http://www.inpress.fr)

Collection « Cliniques Psychomotrices »  
dirigée par Jérôme Boutinaud et Fabien Joly

*LA PSYCHOMOTRICITÉ ENTRE PSYCHANALYSE ET NEUROSCIENCES. HISTOIRE,  
ACTUALITÉS ET PERSPECTIVES : POUR UNE PENSÉE EN MOUVEMENT*

ISBN 978-2-84835-339-5

© 2016 ÉDITIONS IN PRESS

*Couverture* : Elise Ducamp Collin

*Mise en pages* : Gaëlle Bachy

Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement des auteurs, ou de leurs ayants droit ou ayants cause, est illicite (loi du 11 mars 1957, alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

## Chapitre 13

# **Les dialogues sensori-moteurs : une épreuve de réalité pour nos représentations cognitives**

Sensori-motricité et thérapies  
cognitives ascendantes

YVES ROSSETTI<sup>1</sup>, GILLES RODE<sup>1</sup>

Au cours des 30 dernières années, les neurosciences et les sciences cognitives ont réalisé de très spectaculaires progrès vers la compréhension du fonctionnement mental humain et animal. En particulier, leur association synergique, incarnée par les approches dites de neurosciences cognitives, a permis de produire des connaissances fondamentales importantes concernant de multiples facettes des activités et des représentations humaines. Les neurosciences cognitives sont ainsi conviées à tous les débats concernant le fonctionnement humain, non

---

1. ImpAct, Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon, Inserm UMR-S 1028, CNRS UMR 5292 ; université Lyon-1, 16 avenue Lépine 69676 Bron, France. Plate-forme « Mouvement et Handicap », Hôpital Henry-Gabrielle, Hospices Civils de Lyon, 20, route de Voirles, Saint-Genis-Laval, France.

seulement dans les domaines strictement cognitifs, mais également en ce qui concerne les émotions, les sentiments, l'enseignement, les développements thérapeutiques, et les théories psychiatriques ou psychanalytiques pour ne citer que quelques exemples. L'imagerie cérébrale, qui permet de décrire certains aspects du fonctionnement cérébral occupe une grande place dans ces débats et fait régulièrement la couverture des journaux scientifiques ou de vulgarisation.

Pendant de longues années, l'approche des neurosciences cognitives s'est limitée à l'étude des mécanismes de la cognition proprement dite, c'est-à-dire des représentations élaborées pour rendre compte du monde essentiellement physique. Sous l'influence probable du troisième pilier des sciences cognitives, la modélisation formelle ou par réseaux de neurones, l'intérêt des scientifiques s'est logiquement focalisé sur le traitement de l'information (entrées sensorielles, analyse et extraction d'information, mémorisation, raisonnement, prise de décision, production d'action volontaire ou de simples réponses motrices). Les émotions ou les sentiments, par exemple, sont ainsi restées en marge des sciences cognitives. Mais à l'heure actuelle, l'appétit conquérant des neurosciences cognitives, fortes de leur succès, tend à se porter vers les sphères les plus humaines de nos activités. Cette tendance doit être envisagée sous deux facettes. Tout d'abord, il paraît fondamentalement justifié de ne pas réduire l'esprit humain à une machine à traiter de l'information, et il est donc parfaitement légitime que les approches scientifiques des fonctions cérébrales intègrent leurs dimensions les plus humaines. Il serait en effet outrancièrement réducteur de limiter l'humain à ses dimensions opérationnelles. Mais cet élargissement se doit d'être envisagé aussi bien du point de vue de l'application des outils des neurosciences cognitives aux autres dimensions de l'esprit humain que du point de vue de l'apport de ces dimensions plus subjectives à l'analyse scientifique. Or la balance entre l'exportation du paradigme scientifique vers les approches des phénomènes les plus subjectifs et l'importation de dimensions subjectives des théories, des doctrines ou des sciences humaines demeure très largement au détriment de la seconde. Le succès de cet impérialisme des neuroimages doit amener à s'interroger sur le pouvoir explicatif des images scienti-

fiques. La force des images produites par de telles études est de laisser l'impression, voire de donner à penser, que la production d'une image en couleur de notre matière grise par les techniques modernes d'imagerie cérébrale, permet de voir dans l'esprit humain et d'expliquer, un peu à la manière d'une simple réaction physiologique, un processus ou un phénomène mental quel qu'il soit. L'image possède le pouvoir de parler directement à nos représentations et notre imagination et d'apporter une appréhension « matérialisée » du mystère cérébral ou mental exploré. Au-delà des grandes questions méthodologiques et épistémologiques soulevées par l'imagerie fonctionnelle (e.g. Forest, 2014), la représentation visuelle de la cartographie des aires cérébrales participant à une tâche, ou bien en réalité, significativement plus à une tâche qu'à une autre, devient l'explication des mécanismes impliqués dans cette tâche. La description topographique tient ainsi lieu de représentation fonctionnelle. En effet, si l'anatomie fonctionnelle cérébrale peut identifier une aire ou un ensemble d'aires participant à une fonction, le contenu des représentations subjectives correspondantes ne peut pas être directement inféré par les données anatomiques. Ces contenus appartiennent pour leur part à l'histoire de l'individu qui les vit plus qu'il ne les possède. L'instantané « photographique » de l'imagerie cérébrale donne à l'humain les yeux qui projette son débit sanguin cérébral à l'extérieur et lui permettent de l'objectiver comme s'il s'agissait d'un élément corporel parmi les autres. Quitte à lui faire prendre la géographie cérébrale pour de l'histoire personnelle...

Cette réduction du mental à des images soit-disant métaboliques en temps réel, portée par le rapprochement des neurosciences et des sciences humaines, constitue un véritable péril humain. Nous abordons une époque où les sciences humaines doivent marcher au pas des neurosciences et des sciences cognitives au risque de se déshumaniser, où tout discours et toute approche du mental humain se doit de pouvoir justifier de soit-disant fondements cérébraux. À l'heure où les fonctions cognitives, y compris les plus humaines d'entre elles, doivent être décrites – et en fait uniquement rapprochées en vertu d'une large extrapolation – en terme neuronal pour conserver un intérêt – scientifique –, trop peu d'observateurs soulignent les limites des théories

neuroscientifiques au regard de la complexité des phénomènes humains (ex. : Zarifian, 1994). Tout l'intérêt de la démarche scientifique est de savoir poser des questions, et de rester inébranlablement accroché à la modestie de savoir les réponses à ces questions provisoires. Mais la médiatisation de l'immédiateté nous apprend la satisfaction – toute consommatrice et provisoire – des réponses simples et définitives et les réponses scientifiques aux questions humaines demeurent en réalité des impostures. Les rapprochements, les analogies, les interpolations ou autres extrapolations qui peuvent être proposées entre les fonctions et la matière (neurones, aires, activations, métabolismes) doivent irrémédiablement continuer d'être énoncés à la forme interrogative et l'on devrait soigneusement se garder de toute affirmation simplificatrice – et déshumanisante – sur le sujet.

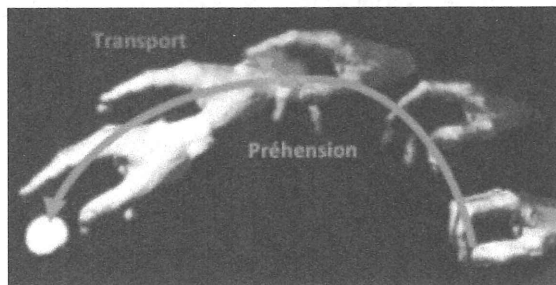
L'épopée des neurones miroirs constitue un exemple criant de l'usurpation actuelle des neurosciences en matière de diffusion scientifique. Ces neurones ont été découverts dans le cerveau du singe macaque. Leur activité s'accroît lorsque le singe effectue un geste transitif simple et lorsqu'il observe le même mouvement réalisé par un congénère ou un humain (voir Rizzolatti et Sinigaglia, 2011). Certains de ces neurones sont activés même lorsque la fin du mouvement et l'objet à atteindre restent masqués par un écran opaque, suggérant ainsi une représentation de l'action ou de l'intention plus que de la main saisissant un objet. Les implications neuronales, évolutionnistes, philosophiques, pédagogiques ou encore sociologiques qui ont été extrapolées à partir de cette observation sont innombrables. De nombreuses limitations de l'impact des neurones miroirs sur nos théories cognitives ont pourtant été décrites. De multiples auteurs ont souligné qu'une seule équipe scientifique a enregistré ces neurones sur une seule espèce animale (Forest, 2014 ; Hyckock, 2014). D'autres critiques portant sur l'interprétation même de ce que pourraient coder ces neurones ont été formulées, soulignant les facteurs confondants liés à la congruence entre l'acteur et l'observateur, ou l'utilité restreinte des fonctions miroir dans nos interactions sociales, qui impliquent beaucoup plus d'actions congruentes que d'actions en miroir (e.g. Barsalou, 2013). Ainsi l'approche d'un acteur vers un observateur ou

son expression de colère ne doivent pas nécessairement générer de locomotion ou de colère chez ce dernier... D'autres objections plus fondamentales doivent sérieusement nous interpeller. Il n'a ainsi jamais été montré, malgré plus de 20 ans d'expérimentations menées sur ces neurones, qu'une lésion des aires « miroir » des singes concernés s'accompagnait d'un déficit de l'imitation. Il n'a également jamais été décrit si ces neurones apparaissent avant, avec ou après les capacités d'imitation au cours du développement du bébé singe.

Malgré ces limitations aussi nombreuses que sérieuses, il semble que l'imprécision ou la généralité des termes associés dans ce concept mal défini aient très largement pris le pas sur l'exploitation rationnelle de ces résultats expérimentaux. Le sujet de l'imitation ou celui de l'empathie, fréquemment associées aux neurones miroirs, nous semble personnellement interroger sur les fonctions en questions en termes de finalité, de conditions de mise en œuvre, voire sur les conditions d'acquisition et de développement. La question de savoir si elles reposent sur un neurone, un groupe de neurones, une aire cérébrale, un réseau d'aires cérébrales, et si ceux-ci ou celles-ci sont localisées dans telle ou telle partie de notre système nerveux, nous paraît en effet tout à fait secondaire et peu informative tant au niveau fonctionnel qu'au niveau thérapeutique.

À l'heure où les neurosciences envahissent les champs médiatiques, scientifiques et sociétaux et font preuve d'un impérialisme dévorant – auquel elles semblent cordialement invitées –, la psychomotricité pourrait faire figure d'irréductible gaulois qui resterait solidement campée un pied dans la physiologie de l'action et l'autre dans la psychanalyse. L'ambition de la psychomotricité est ainsi d'embrasser des niveaux de description qui s'étendraient du neurone moteur ou proprioceptif jusqu'aux concepts d'image du corps en passant par le schéma corporel, imprégnés des approches issues de la psychologie développementale et de la psychologie sociale. Les neurosciences ne s'embarrassent généralement pas de cette complexité, et la résistance de la psychomotricité à l'impérialisme neuroscientifique vient rappeler que les simplifications paradigmatiques ne sauraient s'avérer fructueuses pour aborder la richesse de la réalité clinique. La clinique

psychomotricienne est radicalement fonctionnelle plutôt qu'anatomique ou microscopique.



**Figure 1 : le geste de saisie**

Marc Jeannerod a ouvert la voie de l'étude quantitative de la saisie manuelle humaine par des analyses cinématiques permettant de distinguer les composantes de transport et de préhension du geste de saisie, et en décrivant leurs rapports temporels et fonctionnels ainsi que leur altération pathologique.

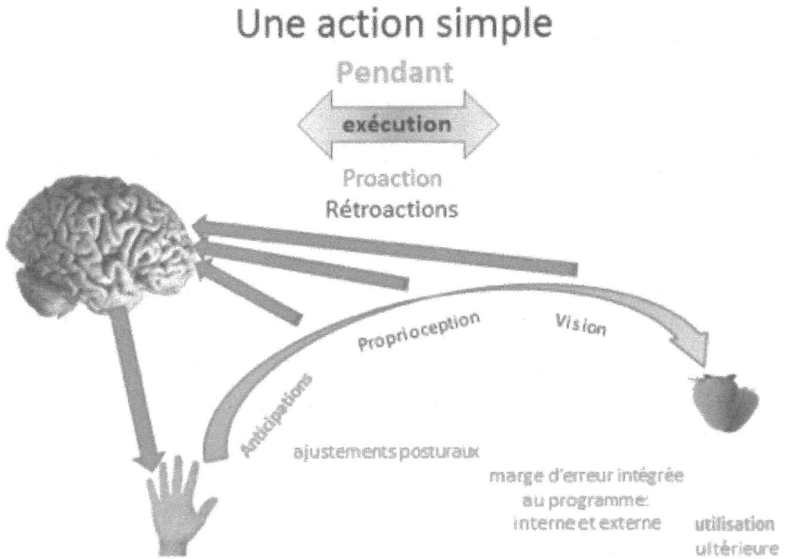
Là où les neurosciences débattent sur d'éventuels neurones impliqués dans l'imitation, les psychomotriciens l'utilisent comme un mode relationnel à visée thérapeutique. L'abord scientifique est absolument nécessaire pour soutenir les progrès des connaissances théoriques, pour proposer des modèles prédictifs, ou pour valider des techniques de prise en charge thérapeutiques, mais il semble bien que nombre de résultats acquis par les neurosciences outrepassent leur légitimité en terme de signification pédagogique, sociale, économique et esthétique. Comme le souligne François Gonon (2014), aidés – ou tirés – par les médias, les neuroscientifiques tirent des conclusions et des implications de leurs travaux qui reposent sur des raccourcis ou des analogies qui ne sauraient relever de la seule rigueur scientifique et misent sur d'autres appétits. Parmi les exemples les plus éloquentes analysés par Denis Forest (2014), ceux de l'imagerie cérébrale et des neurones miroirs sont particulièrement pertinents pour la psychomotricité. Du point de vue fonctionnel du clinicien, l'anatomie doit être utilisée en complément d'un diagnostic pour préciser la localisation lésionnelle, comprendre l'origine du ou des déficits et permettre le cas échéant d'évaluer les possibilités de récupération, mais son intérêt paraît bien moindre que celui de l'analyse physiologique.



La problématique de l'articulation entre psycho et motricité est l'une des plus fascinantes questions concernant l'humain. D'innombrables philosophes et scientifiques ont tenté d'expliquer comment le mental agit sur la matière (Jeannerod, 1983 ; Gauchet, 1992). La démarche d'un Piaget relève d'une approche ontologique qui postule et argumente que le développement cognitif se fonde sur le développement et les interactions sensori-motrices, sur laquelle reposent de nombreux courants psychomotriciens.

La trajectoire scientifique de Marc Jeannerod relève quant à elle d'un positionnement pragmatique face à cette question. Si le mental agit sur la matière musculaire pour produire des forces et déplacements, l'enregistrement des mouvements qui en résultent constitue une source d'information précieuse sur les activités et fonctions mentales. Jeannerod s'est inscrit dans cette perspective dialectique dès ses études initiales sur le sommeil paradoxal (en enregistrant les mouvements oculaires autonomes) jusqu'à ses explorations fondamentales et cliniques de l'agentivité (Rossetti, 2012). L'outil majeur qu'il a fondé pour donner une autre dimension à cette entreprise psychomotrice est indiscutablement l'analyse de la motricité de la main (Jeannerod, 2011). La main constituant l'outil principal de l'intention humaine, la quantification et l'analyse précise de son activité (Figure 1) permet de fonder une approche ascendante du mental (Jeannerod, 1997). La notion classique de « voie finale commune » des physiologistes, fondée par Sherrington (cf. Jeannerod, 1983) a apporté un concept-clef au service de cette démarche ascendante. La « voie finale commune » est constituée par les motoneurones qui commandent directement l'activité musculaire, les nerfs qui véhiculent leurs commandes ainsi que les muscles correspondants. L'idée phare de ce concept est que quel que soit le niveau d'organisation motrice activé – volontaire, automatique ou réflexe – la même efférence spino-musculaire produit le mouvement *in fine*. La projection de multiples commandes parallèles vers la sortie motrice de la moelle épinière implique que cette convergence anatomique s'accompagne de moyens efficaces d'intégration afin d'éviter que notre système moteur ne soit le siège d'un faisceau d'activités désordonnées ou anarchiques. L'observation de la seule

sortie motrice permet d'accéder aux multiples fonctions relevant de niveaux d'organisation volontaires, automatiques ou réflexes impliqués dans la motricité autant qu'elle permet d'explorer l'intégration de ces commandes parallèles en une seule production motrice cohérente.

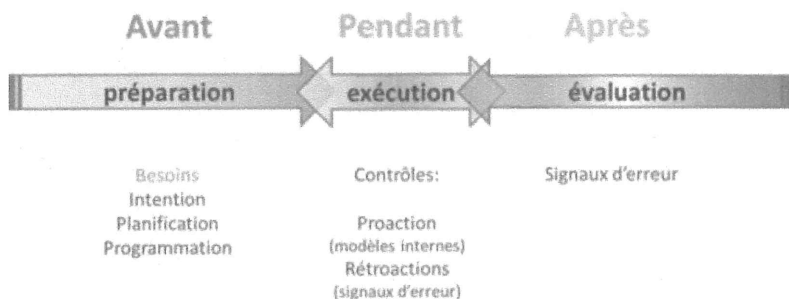


### Figure 2: la réalisation motrice

La partie visible de l'action, sa réalisation, est une expression de notre système moteur mais ne saurait se limiter à des efférences. Le mouvement en cours de production produit un flux continu d'informations proprioceptives (et éventuellement visuelles, auditives, tactiles...) en retour qui permettent d'ajuster les commandes (flexibilité motrice) au sein d'une marge d'erreur intégrée au programme initial. Ces mécanismes de flexibilité reposent également sur des contrôles proactifs qui anticipent la position de la main sur la base des commandes déjà délivrées. De façon moins visible, cette réalisation intègre également des ajustements posturaux anticipatoires, et soumise à la finalité ultime du geste (utilisation ultérieure). ©Yves Rossetti

Cette capacité d'intégration, rendue nécessaire par l'existence de multiples réseaux et fonctions parallèles (brillamment illustrés par les discussions et débats internes mis en scène par Nathalie Sarraute dans « Tu ne t'aimes pas »), constitue un modèle récurrent de notre fonctionnement psychomoteur, au sein duquel le parallélisme est associé à une organisation à la fois circulaire et hiérarchique.

Ainsi, un geste simple peut-il être considéré comme une exécution mécanique extemporanée à laquelle peuvent se rajouter différents types de contrôles basés sur des informations sensorielles (rétroactions) ou internes (proactions) (Rode *et al.*, 1997 ; Figure 2). Mais cette réalisation motrice s'accompagne également d'ajustements posturaux, et intègre des marges d'erreurs calculées. Et elle inclut nécessairement une dimension intentionnelle concernant la finalité du geste réalisé (Figure 2).



### Figure 3 : la réalisation motrice

La réalisation motrice constitue la partie visible de l'iceberg moteur. Elle est précédée par une préparation pendant laquelle les physiologistes distinguent plusieurs processus. La programmation correspond à l'organisation temporelle des variations d'intensité des commandes en termes fonctionnels. Elle est précédée par la planification motrice qui organise l'action en fonction du contexte extérieur. Les physiologistes placent l'intention en amont de ces processus, sans spécifier comment elle naît. Pendant sa réalisation, le mouvement peut être amendé par des boucles de contrôle proactives et rétroactives. Au terme de cette réalisation, des signaux d'erreurs permettent d'évaluer le résultat de l'action. © Yves Rossetti

L'action la plus simple s'inscrit résolument dans le temps et elle est intrinsèquement tournée vers le futur. Tout d'abord, elle fait suite à une intention qui ne saurait lui être simultanée (Figure 3). Elle est également tendue vers le futur par le fait que cette intention aspire à changer d'expérience ou à faire : se déplacer (changer de perspective ou de rayon d'action), modifier le monde extérieur (agir sur un objet, le déplacer, ou agir sur autrui), ou modifier le monde intérieur (soif, froid...). Et à l'inverse du réflexe qui est tourné vers le passé en visant à contrecarrer les effets d'une perturbation, l'action est également tournée vers le futur par les informations qu'elle produit inéluctable-

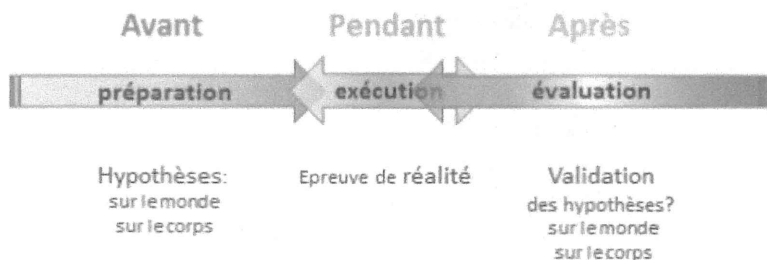
ment. Ces réafférences sont utilisées pour modeler et *mettre à jour nos modèles internes*, qui nous préparent aux futures interactions soi-monde. L'action constitue donc une épreuve de réalité de nos représentations, qui permet au sujet de *se faire*.

La circularité des systèmes sensori-moteurs s'applique donc à tous les niveaux d'organisation. Elle est bien évidemment illustrée par les boucles réflexes, monosynaptiques ou polysynaptiques. Mais elle caractérise également les niveaux d'organisation automatiques et réflexes, qui doivent continuellement ajuster les commandes motrices en fonction des retours sensoriels qui informent sur la réalisation de l'action en cours.

La hiérarchie du système moteur peut être quant à elle illustrée par les contrôles descendants exercés par les niveaux d'organisation volontaire sur les niveaux réflexes ou les niveaux automatiques (Rossetti et Rode, 2004). L'expression de réflexes médullaires peut ainsi être modulée par l'intention du sujet (Gottlieb et Agarwal, 1972; Colebatch et Gandevia, 1979; Dufresne *et al.*, 1980), et cette modulation peut aboutir jusqu'à l'inversion de la réponse réflexe par défaut. La réception d'une balle s'accompagne ainsi d'un mouvement d'extension de l'avant-bras sur le bras, amortissement destiné à accueillir la balle et l'accompagner pendant que les doigts se ferment sur elle, alors qu'en situation passive l'impact de la balle induit une élongation du biceps qui engendre une réponse myotatique en flexion, minimisant le temps de contact entre la main et la balle (Lacquaniti *et al.*, 1991). Le même contrôle descendant des niveaux volontaires s'exerce sur les multiples automatismes sensori-moteurs de la vie de tous les jours : la marche, l'écriture, la conduite automobile, les aptitudes sportives ou artistiques sont automatisées pour libérer les ressources de notre conscience et de notre motricité intentionnelle, mais des superviseurs s'assurent que les actions réalisées restent conformes à notre intention initiale. De fait, l'autonomie des niveaux sous-jacents est uniquement révélée lorsque cette supervision fait défaut : par exemple lorsque l'attention est monopolisée par une autre tâche (et que notre pilote automatique suit une route habituelle plutôt que de nous guider vers notre objectif du jour) ou en présence d'un syndrome frontal (dépendance à l'envi-

ronnement). Une situation de laboratoire permet également de révéler ce défaut de contrôle hiérarchique : la contrainte temporelle. Lorsque l'on doit réaliser une action de pointage ou de saisie rapide, le guidage de ce geste est pris en charge par un pilote automatique. L'autonomie de ce pilotage est démontrée par le fait qu'il est actif pour diriger la main vers une cible déplacée à l'insu du sujet (Pélisson *et al.*, 1986 ; Prablanc *et al.*, 1986). La prise de contrôle du geste par le niveau volontaire nécessite un certain délai, et un geste réalisé trop rapidement peut donc échapper à cette prise de contrôle (Pisella *et al.*, 2000). La supervision par les niveaux volontaires s'avère ainsi plus lente à mettre en œuvre que le pilotage automatique, et il en va de même de la prise de conscience visuelle, qui peut être plus lente que les réponses visuo-motrices automatiques (Castiello *et al.*, 1991).

Associés à d'autres arguments anatomiques et comportementaux, ces résultats expérimentaux ont été utilisés pour appuyer l'idée d'une dissociation entre les fonctions visuo-perceptives et visuo-motrices (e.g. Jeannerod et Rossetti, 1992 ; Milner et Goodale, 1993 ; Rossetti et Pisella, 2000, 2002). Un courant très populaire des neurosciences cognitives de ces 20 dernières années est la théorie des deux systèmes visuels, argumentée par des listes d'exemples de dissociation entre ces deux « fonctions » (Milner et Goodale, 1995 ; Goodale et Milner, 2013 ; Pisella et Rossetti, 2002). Cette théorie doit maintenant être dépassée (Rossetti *et al.*, 2010 ; Rossetti *et al.*, 2015) et l'étude de l'intégration des fonctions perceptives et motrices doit reprendre sa juste place au sein des approches neurocognitives intégratives (Rossetti et Revonsuo, 2000 ; Pisella et Rossetti, 2000).

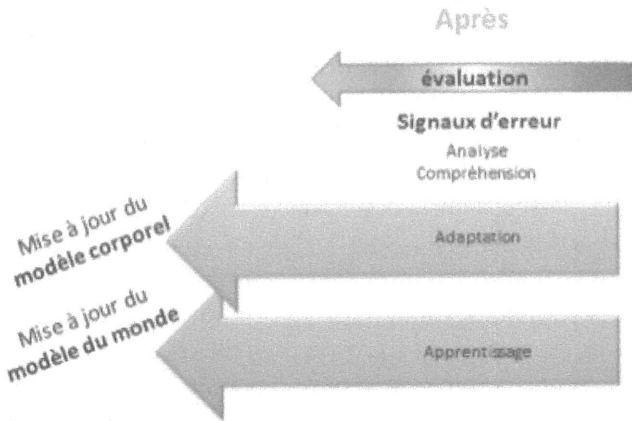


**Figure 4: le temps de l'action**

L'action s'inscrit inmanquablement dans une temporalité triphasique. Sa préparation repose sur les modèles élaborés en fonction des expériences passées et repose implicitement sur des hypothèses concernant le corps et le monde. Sa réalisation constitue une épreuve de réalité pour ces hypothèses. L'évaluation des conséquences de l'action permet de valider ou de remettre à jour les hypothèses existantes. © Yves Rossetti

À ces trois principes organisationnels de l'action que sont la circularité, la hiérarchie et le parallélisme, la plasticité cérébrale vient ajouter des capacités d'auto-organisation. En alimentant les processus de mise à jour de nos prédictions, les évaluations de l'action constituent les fondations des capacités de l'individu à évoluer. La réalisation motrice devient donc également l'épreuve de réalité de nos représentations internes (Figure 4). Il convient de distinguer parmi ces représentations celles qui relèvent d'un modèle de soi et celles qui appartiennent aux modèles du monde (Figure 5). Les premières concernent les contours et conformations du corps, la biomécanique, la cinématique et la cinétique des segments corporels. Elles constituent le schéma corporel, représentation non consciente du corps qui sert de socle à la préparation de nos actions en codant l'état initial de notre organisme en termes de configuration spatiale, de forces et d'équilibre. Ces représentations permettent par exemple de localiser un effecteur moteur – un bras – avant d'initier un mouvement. Les secondes concernent la modélisation du monde extérieur avec les multiples propriétés de l'espace et des objets – vivants ou non – qui nous entourent. Il s'agit par exemple d'estimer le poids d'un objet à saisir, à partir des informations visuelles – présentes – et de l'expérience – passée – conjointe de la vision et de la proprioception. Lorsque ces estimations ne sont

pas suffisamment précises, nous réalisons un mouvement de saisie trop puissant (en soulevant trop haut la bouteille vide que l'on croyait plus lourde, ou en laissant échapper la bouteille pleine que l'on croyait plus légère). Ces deux grandes familles de représentations évoluent par succession d'épreuves de réalité, confrontant à chaque fois le corps et le monde. La répétition d'erreurs systématiques déclenche des processus d'adaptation, qui remettent à jour le modèle corporel. Le manque de précision active des processus d'apprentissage qui remettent à jour le modèle du monde. La différence fondamentale entre ces deux types de mises à jour réside dans leurs propriétés de généralisation; alors que l'apprentissage est contextuel et localisé, l'adaptation, modifiant le modèle corporel, produit des modifications au-delà du contexte l'ayant déclenché: il s'agit de la généralisation. Dans le cas de l'adaptation prismatique par exemple (cf. *infra*), l'adaptation au port de prismes déviant le champ visuel obtenue avec un mouvement donné s'appliquera aussi aux autres mouvements produits par le bras utilisé (revue: Jacquin-Courtois *et al.*, 2013; Rossetti *et al.*, 2015).

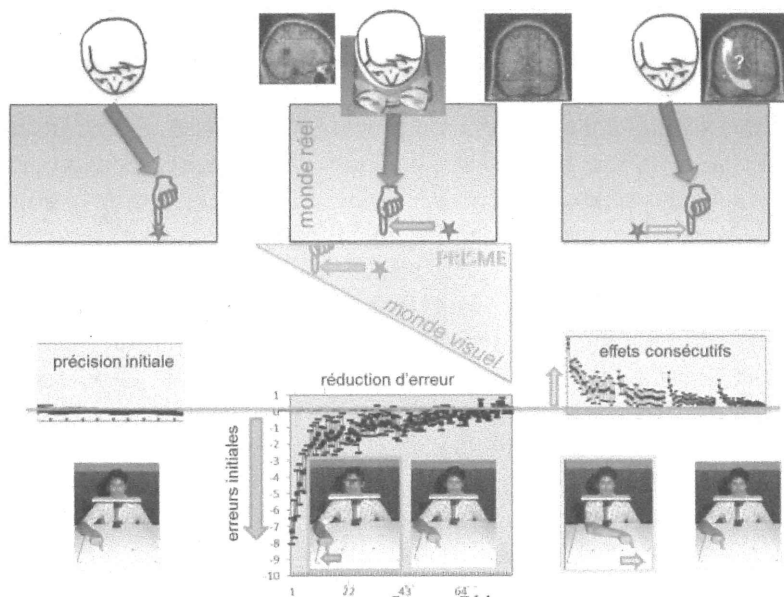


**Figure 5: mise à jour des modèles internes**

Les évaluations de l'action réalisée permettent la validation ou la mise à jour des modèles corporels et du monde extérieur donnant respectivement place à l'adaptation et à l'apprentissage. © Yves Rossetti

Alors que les influences descendantes des niveaux cognitifs sur la sensori-motricité s'inscrivent parfaitement bien dans le courant pancognitivistique actuel, l'existence d'influences ascendantes de la sensori-motricité sur les niveaux cognitifs semble principalement défendue par l'approche développementale piagétienne, reprise et développée par Ajuaguerra. Un autre argument majeur en faveur des interactions sensori-motrices – cognitives – est apporté par l'étude de la plasticité cérébrale de l'adulte. Le paradigme de l'adaptation prismatique illustre particulièrement bien l'influence ascendante des interactions sensori-motrices sur les niveaux cognitifs. Alors que les études classiques de l'adaptation à des manipulations optiques de la vision menées par la psychologie expérimentale depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle concluaient à une absence de généralisation des adaptations produites à d'autres effecteurs moteurs, une application clinique de l'adaptation prismatique est venue remettre en question cette spécificité. L'adaptation prismatique résulte d'une exposition au port de prismes déviant le champ visuel (Redding *et al.*, 2005). Cette exposition doit être active pour produire une adaptation : le sujet portant les lunettes prismatiques doit réaliser des actions dirigées vers des buts visuels. Lors des premiers essais, la déviation optique perturbe la coordination visuo-motrice et les actions sont dirigées vers la position virtuelle des objets. Puis les erreurs sont progressivement réduites et au retrait des lunettes, le sujet est soudainement surpris de voir ses gestes produire des erreurs de l'autre côté ; lorsqu'il porte des verres prismatiques déviant la vision à droite, ses erreurs initiales sont également vers la droite et au retrait des lunettes ses gestes sont dirigés à gauche des objets. Ces effets consécutifs révèlent les modifications compensatrices résultant de l'adaptation : pour réduire les erreurs produites de façon répétées vers la droite, le cerveau a progressivement réorienté ses réponses motrices vers la gauche. Au retrait de la manipulation optique, la compensation subsiste sous la forme d'effets consécutifs (Figure 6), qui seront eux aussi remis à jour par la réalisation de mouvements produisant des erreurs (initialement) compensatrices, afin de retrouver un niveau de coordination visuo-manuel naturel.





### Figure 6 : l'adaptation prismatique

Les trois phases de la réalisation d'une adaptation sont représentées sous la forme de colonnes. Durant les pré-tests (à gauche), le sujet réalise des mouvements précis (ligne de base des erreurs) vers la cible (étoile), reflétant sa coordination visuo-motrice naturelle: son monde visuel est superposé à son monde réel (rectangle). Durant l'exposition prismatique (au centre), le monde visuel du sujet (triangle) devient une image virtuelle du monde physique (rectangle). La cible est donc vue décalée (ici vers la droite du sujet) et le premier mouvement réalisé vers cette cible est dirigé vers son image virtuelle. À la fin de ce mouvement, la main est également vue à travers des prismes et décalée elle aussi, de telle sorte que l'erreur vue (flèche estompée) soit identique à l'erreur réelle (flèche). Le système nerveux prend en compte la répétition de cette erreur et met en place une compensation. Pendant cette période d'exposition, les erreurs diminuent donc progressivement. Au retrait des lunettes (à droite), le monde visuel est à nouveau aligné avec le monde réel, mais le sujet produit des erreurs dirigées en direction opposée de la déviation prismatique (ici vers la gauche du sujet). Ces erreurs attestent qu'une adaptation a pris place et permettent de la quantifier. Si le sujet continue de produire des actions dirigées vers des cibles visuelles sans déviation, une nouvelle remise à jour à lieu et il se réadapte aux conditions naturelles. Les images d'activation cérébrales illustrent l'activation transitoire du cortex pariétal au cours des premiers essais de l'exposition prismatique, puis l'activation du cervelet, véritable substrat de l'adaptation stricto sensu. L'expansion ultérieure de l'adaptation aux fonctions cognitives requiert une action ascendante du cervelet sur le cortex. © Yves Rossetti

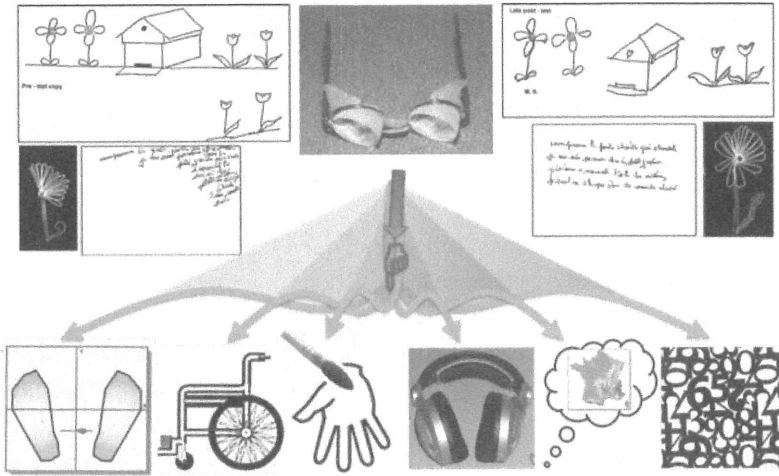
La subsistance – même provisoire – de ces effets consécutifs démontre qu'il ne s'agit pas d'une stratégie intentionnelle puisque le sujet sait que la perturbation a été retirée avec les lunettes. Le mécanisme d'adaptation est donc un processus de mise à jour de notre précision motrice indépendant du contrôle volontaire, reposant sur des substrats cérébelleux (Rossetti *et al.*, 2005 ; Pisella *et al.*, 2006).

L'adaptation prismatique a démontré son intérêt thérapeutique dans le syndrome de négligence spatiale unilatérale. Cette pathologie principalement consécutive à une lésion hémisphérique droite constitue l'exemple le plus singulier de pathologie de la cognition spatiale (Rode *et al.*, 1993 ; Jacquin-Courtois *et al.*, 2013, 2015 ; Rossetti *et al.*, 2008 ; Rode *et al.*, 2015b). Les patients concernés ne se rasent, ne se maquillent, ou ne s'habillent plus du côté gauche, ne mangent que la partie droite de leur assiette, se heurtent au chambranle gauche des portes et restent souvent indifférents à leur hémiplégie gauche. Ils ne perçoivent et n'investissent que la partie droite de l'espace visuel ou auditif et négligent les informations tactiles gauches. Ils présentent également de grandes difficultés à s'imaginer la partie gauche de lieux qui leur sont pourtant familiers.

Leur déficit est le plus souvent interprété comme un déficit attentionnel ou de prise de conscience des informations issues du côté gauche (Lunven et Bartolomeo, 2015). En dépit du caractère hautement cognitif de ce tableau clinique, l'efficacité thérapeutique de l'adaptation visuo-manuelle au port de prismes déviant la vision du côté droit a été démontrée par de nombreux essais cliniques (Figure 7 ; revue : Jacquin-Courtois *et al.*, 2013).

Après avoir principalement exploré les dimensions visuo-motrices de la négligence spatiale (Rossetti *et al.*, 1998), des fonctions non directement concernées par l'adaptation visuo-manuelle mise en jeu lors de l'adaptation ont été également explorées. Des tests d'écoute dichotique, de conduite de fauteuil roulant, de discrimination tactile ou haptique, de bissection mentale d'intervalle numérique (revue : Jacquin-Courtois *et al.*, 2013) ont montré que l'adaptation prismatique pouvait améliorer des fonctions cognitives des patients. Au-delà de son efficacité thérapeutique, un des enjeux majeurs de ces résultats

est d'apporter la démonstration que des interactions sensori-motrices réputées de bas niveau sont en mesure de produire des modifications importantes de niveaux hautement cognitifs.



### Figure 7: Adaptation prismatique et négligence spatiale

L'exercice visuo-manuel réalisé sous prismes déviant le champ visuel vers la droite par les patients produit une adaptation importante vers la gauche, qui s'accompagne d'une expansion à des effets thérapeutiques concernant des aspects visuo-moteurs (dessin, copie, dictée) mais aussi à des effecteurs moteurs et des modalités sensorielles non concernées par l'adaptation prismatique: la balance posturale, la conduite de fauteuil, la sensibilité tactile, l'écoute dichotique, l'imagerie mentale et des représentations numériques. © Yves Rossetti

L'utilisation de lunettes prismatiques déviant le champ visuel vers la gauche peut également produire des effets similaires chez le sujet sain, chez lequel des modifications de la cognition spatiale – mineures en amplitude mais significatives – ont été décrites (revue Michel, 2007). L'efficacité de cette stratégie thérapeutique pour d'autres troubles latéralisés, visuo-constructifs (Rode *et al.*, 1993), posturaux (Tilikete *et al.*, 2002) ou pour le syndrome douloureux régional chronique (Sumitani *et al.*, 2007 ; Rossetti *et al.*, 2013) permet de conclure que les propriétés d'expansion de l'adaptation sensori-motrice vers des fonctions cognitives peuvent s'appliquer à d'autres champs que celui de la négligence spatiale. Il faut souligner enfin que les utilisations opti-

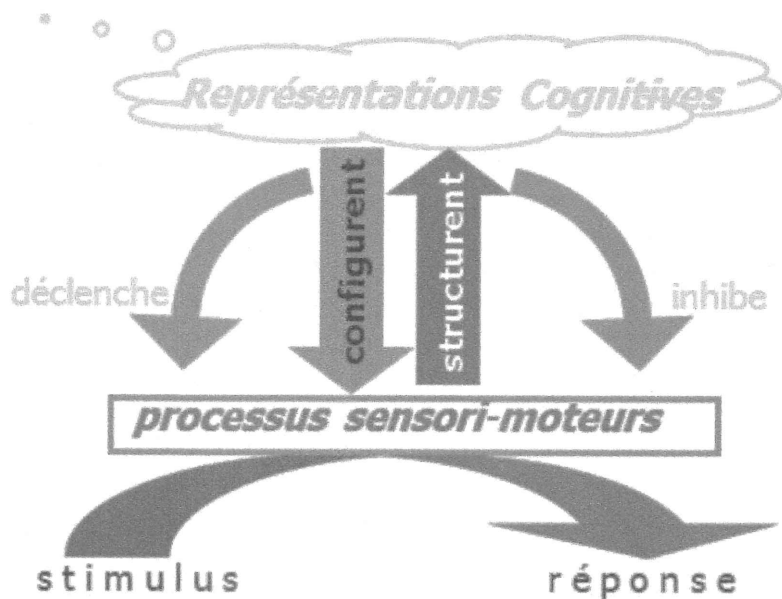
males les plus récentes de cette thérapeutique ascendante produisent un bénéfice thérapeutique de durée surprenante. Des séances quotidiennes de 5 minutes réparties sur une période de 2 semaines apportent un bénéfice de plusieurs semaines (revue : Jacquin-Courtois *et al.*, 2013) et l'application d'une stimulation électrique cérébrale TDCS au cours d'une séance de 20 minutes d'adaptation prismatique peut produire un bénéfice de plusieurs mois (O'Shea *et al.*, 2013). La plasticité cérébrale induite par des interactions sensori-motrices élémentaires peut donc impacter les fonctions cognitives de façon durable.

En conclusion, nous avons abordé ici quelques aspects de l'approche scientifique qui analyse et divise les fonctions et les réseaux cérébraux et mentionné certaines de ces limites face au holisme de la prise en charge thérapeutique qui caractérise l'approche psychomotrice. Si « ce qui est intégré ensemble dans le temps ne doit pas être désintégré par l'étude des fonctions arbitrairement isolées » (J. de Ajuriaguerra, *Enfance*, 1956), cette posture à visée thérapeutique ne saurait néanmoins proscrire les approches visant à comprendre les contributions différentielles de fonctions élémentaires ou à identifier les sous-fonctions présentant un retard de développement ou une altération plus ou moins spécifique (e.g. Pisella *et al.*, 2013). La démarche analytique, qu'elle relève d'un processus scientifique visant à décomposer les fonctions cognitives pour en étudier les parties s'apparente particulièrement à l'interrogation diagnostique, à proposer la prise en charge la mieux adaptée.

Alors que le concept prometteur de recherche translationnelle clinique est mis en avant par les théoriciens et les financeurs, la complémentarité fondamentale entre les approches scientifiques et cliniques mérite amplement d'être encore explorée et développée. Cette démarche translationnelle risque cependant de définir elle-même ses limites si elle n'admet qu'un développement unidirectionnel de la science vers la clinique, frisant parfois avec un impérialisme insuffisamment dénoncé. Mais l'approche holistique ne saurait autant être elle-même qu'en reconnaissant l'ensemble des parties, fonctions et sous-systèmes qui composent l'unité de l'individu-patient. Tout système comprend des parties et la connaissance de

ces parties, si elle ne doit occulter l'appréhension du tout, demeure au service de la compréhension de l'ensemble.

Nous avons essentiellement abordé dans ce chapitre la question des relations entre la sphère psychologique et la motricité. L'une des propriétés de l'adaptation prismatique est que la conscience de la déviation optique s'accompagne d'une réduction des effets consécutifs sensori-moteurs. Les patients négligents, qui ne perçoivent pas l'existence d'une manipulation optique (Rode *et al.*, 2015a) développent généralement des effets consécutifs supérieurs aux sujets sains (Rossetti *et al.*, 1998). Lorsque la déviation prismatique est introduite de façon progressive afin de prévenir la détection consciente de la manipulation optique, les sujets sains montrent également des effets accrus de l'adaptation (Michel *et al.*, 2007). Ces résultats permettent d'illustrer à la fois l'autonomie de niveaux hiérarchiquement moins élevés d'organisation sensori-motrice, qui fonctionnent de façon accrue lorsque les niveaux supérieurs sont « désactivés », et d'attester l'existence d'une dialectique entre les niveaux cognitifs et moteurs par la démonstration des effets ascendants de l'adaptation sensori-motrice vers les niveaux cognitifs les plus élaborés (Figure 8), sous la forme des effets thérapeutiques produits par l'adaptation prismatique sur des déficits acquis de la cognition spatiale. Si la projection sensori-motrice cognitive Piagetienne s'applique au développement de l'enfant, on ne saurait donc limiter son impact à cette phase de la vie, même si ses domaines d'application doivent être délimités (Rossetti *et al.*, 2005). Si la psychomotricité écoute et s'adresse au psychologique pour mobiliser l'organisation sensori-motrice – en congruence assumée ou non avec le pan-cognitivisme actuel – elle constitue aussi une tradition pragmatique qui sait activer le sensori-moteur et l'écouter pour mobiliser le psychisme. Interpeler ainsi des relations psychomotrices implique d'en reconnaître les parties. Il s'agit donc bien d'interagir avec un élément pour mettre l'ensemble en mouvement, et de réconcilier le réductionnisme et le holisme pour approcher la complexité.



**Figure 8 : hiérarchie unidirectionnelle ou dialectique ?**

Les relations entre niveaux cognitifs et sensori-moteurs sont souvent envisagées sous un angle strictement descendant (flèches gris clair) alors que des effets ascendants démontrent une forte influence de l'activité sensori-motrice sur les représentations cognitives (flèche gris foncé) (d'après Rossetti, 1998).

## BIBLIOGRAPHIE

- BARSALOU LW., Mirroring as Pattern Completion Inferences within Situated Conceptualizations, *Cortex*, 2013, 49(10): 2951-3.
- CASIELLO U., PAULIGNAN Y., JEANNEOD M., Temporal dissociation of motor responses and subjective awareness. A study in normal subjects, *Brain*, 1991, 114 (6): 2639-55.
- COLEBATCH JG., GANDEVIA SC., MCCLOSKEY DI., POTTER EK., Subject instruction and long latency reflex responses to muscle stretch, *J. Physiol.*, 1979, 292: 527-34.
- DUFRESNE JR., SOECHTING JF., TERZUOLO CA., Modulation of the myotatic reflex gain in man during intentional movements, *Brain Res*, 1980, 193(1): 67-84.

- FOREST D. (2014), *Neurosepticisme*, Ithaque.
- GAUCHET M. (1992), *L'inconscient cérébral*, Seuil.
- GONON F., KONSMAAN JP., BORAUD T. (2014), « Neurosciences et médiatisation : entre argumentation de la preuve et rhétorique de la promesse », in BRIGITTE CHAMAK et BAPTISTE MOUTAUD (dirs.), « Neurosciences et société », *Enjeux des savoirs et pratiques sur le cerveau*, Armand Colin, pp. 109-133.
- GOODALE MA., PELISSON D., PRABLANC C., Large adjustments in visually guided reaching do not depend on vision of the hand or perception of target displacement, *Nature*, 1986, 30, 320(6064): 748-50.
- GOTTLIEB GL., AGARWAL GC., The role of the myotatic reflex in the voluntary control of movements, *Brain Res*, 1972, 40(1): 139-43.
- GREGORY HICKOK (2014), *The Myth of Mirror Neurons – The Real Neuroscience of Communication and Cognition*, Norton & Company, 304 pp.
- JACQUIN-COURTOIS S., RODE G., LUAUTE J., PISELLA L., FARNE A., O'SHEA J., BOISSON D. and ROSSETTI Y. (2009), Syndrome de négligence spatiale unilatérale : d'un polymorphisme clinique vers un polymorphisme thérapeutique, *Revue de Neuropsychologie*, 1(4): 332.
- JACQUIN-COURTOIS S. (2015), « Rééducation de la négligence spatiale unilatérale, focus sur deux approches thérapeutiques prometteuses », in *La Cognition Spatiale*, D. PÉRENNOU, G. RODE, P. AZOUVI et V. BRUN, Sauramps Médical, Montpellier, pp. 208-233.
- JEANNEROD M., ROSSETTI Y., Visuomotor coordination as a dissociable visual function: experimental and clinical evidence, *Baillieres Clin Neurol.*, 1993, 2(2): 439-60.
- JEANNEROD M. (1983), *Le cerveau machine*, Fayard
- JEANNEROD M. (1997), *The Cognitive Neuroscience of Action*, Blackwell.
- JEANNEROD M. (2011), *La fabrique des idées*, Odile Jacob.
- LACOUR S., JACQUIN-COURTOIS S., and ROSSETTI Y. (2005), « Liens entre représentations spatiales et représentations numériques : Apport de la négligence spatiale unilatérale et de la plasticité visuo-motrice », in *Vision, espace et cognition : fonctionnement normal et pathologique*, COELLO Y., CASALIS S., et MORONI C. (dirs.), Septentrion, Presses Universitaires, psychologie, pp. 61-72.
- LACQUANITI F., BORGHESE NA., CARROZZO M., « Transient reversal of the stretch reflex in human arm muscles », *J. Neurophysiol.*, 1991, 66(3): 939-54.

- LUAUTÉ J., HALLIGAN P., RODE G., ROSSETTI Y. and BOISSON D. (2006), Visuo-spatial neglect : a systematic review of current interventions and their effectiveness, *Neurosci Biobehav Rev*, 30(7): 961-82.
- LUNVEN M. et BARTOLOMEO P. (2015), « Attention et cognition spatiale », in *La Cognition Spatiale*, D. PÉRENNOU, G. RODE, P. AZOUVI et V. BRUN (dirs.), Sauramps Médical, Montpellier, pp. 9-20.
- MICHEL C., Simulating unilateral neglect in normals: myth or reality?, *Restor Neurol Neurosci.*, 2006, 24(4-6): 419-30.
- MILNER AD., GOODALE MA., Visual pathways to perception and action, *Prog Brain Res.*, 1993, 95: 317-37.
- O'SHEA J., REVOL P., COUSIJN H., NEAR J., STAGG C., RODE G., ROSSETTI Y., (2013), Brain stimulation-enhanced therapy for visual neglect, *Clinical Neurophysiology*, 124, 10, e53.
- PÉLISSON D., PRABLANC C., GOODALE MA., JEANNEROD M., Visual control of reaching movements without vision of the limb. II. Evidence of fast unconscious processes correcting the trajectory of the hand to the final position of a double-step stimulus, *Exp Brain Res.*, 1986, 62(2): 303-11.
- PISELLA L. and ROSSETTI Y. (2000), « Interaction between conscious identification and non-conscious sensori-motor processing: temporal constraints », in *Beyond dissociation: Interaction between dissociated implicit and explicit processing*, ROSSETTI Y., REVONSUO A. (dirs.), BENJAMINS AMSTERDAM, pp. 129-151.
- PISELLA L., ROSSETTI Y. (2002), « Neuropsychologie des relations perception/action », in *Percevoir, s'orienter, agir dans l'espace: Approche pluridisciplinaire des relations perception-action*, COELLO Y., HONORE H. (dirs.), Oxford University Press, pp. 205-235.
- PISELLA L., GRÉA H., TILIKETE C., VIGHETTO A., DESMURGET M., RODE G., BOISSON D., ROSSETTI Y., An "automatic pilot" for the hand in human posterior parietal cortex : toward reinterpreting optic ataxia, *Nat Neurosci.*, 2000, 3(7): 729-36.
- PISELLA L., RODE G., FARNÈ A., TILIKETE C., ROSSETTI Y., Prism adaptation in the rehabilitation of patients with visuo-spatial cognitive disorders, *Curr Opin Neurol.*, 2006, 19(6): 534-42.
- PISELLA L., ANDRÉ V., GAVAUULT E., LE FLEM A., LUC-PUPAT E., GLISSOUX C., BARRIÈRE A., VINDRAS P., ROSSETTI Y., GONZALEZ-MONGE S. (2013), A test revealing the slow acquisition and the dorsal stream substrate of visuo-spatial perception, *Neuropsychologia*, 51(1):106-13.



- REDDING GM., ROSSETTI Y., WALLACE B., Applications of prism adaptation : a tutorial in theory and method, *Neurosci Biobehav Rev.*, 2005, 29(3): 431-44.
- RIZZOLATTI G., SINIGAGLIA C. (2011), *Les neurones miroirs*, Odile Jacob.
- RODE G., LACOUR S., JACQUIN-COURTOIS S., PISELLA L., MICHEL C., REVOL P., LUAUTE J., HALLIGAN P., PÉLISSON D., and ROSSETTI Y. (2015), Effets sensori-moteurs et fonctionnels à long terme d'un traitement hebdomadaire par-adaptation prismatique dans la négligence : un essai randomisé et contrôlé en double insu, *Ann Phys Rehabil Med*, 58(0): e1-e15.
- RODE G., LUAUTE J., KLOS T., JACQUIN-COURTOIS S., REVOL P., PISELLA L., HOLMES N., BISSON D., et ROSSETTI Y. (2007), « Bottom-up visuo-manual adaptation : consequences for spatial cognition », in *Sensorimotor Foundations of Higher Cognition, Attention and Performance XXII*, HAGGARD P., ROSSETTI Y., and KAWATO M. (dirs.), Oxford University Press, pp. 207-229
- RODE G., ROSSETTI Y., et BOISSON D. (1997), *Rôle de la vision dans la structuration du geste Motricité Cérébrale*, 18(0): 41-52.
- RODE G., JACQUIN-COURTOIS S., ROSSETTI Y., PISELLA L. (2015), « Formes cliniques de la négligence spatiale unilatérale », in *La Cognition Spatiale*, D. PÉRENNOU, G. RODE, P. AZOUVI et V. BRUN (dirs.), Sauramps Médical, Montpellier.
- ROSSETTI Y., PISELLA L. (2000), « L'ego Lego : déconstruire ou reconstruire le cerveau-esprit ? », *Intellectica*, 2(31): 137.
- ROSSETTI Y., PISELLA L., (2002), « Several "vision for action" systems : a guide to dissociating and integrating dorsal and ventral functions », in *Attention and Performance XIX: Common mechanisms in perception and action*, PRINZ W., HOMMEL B. (dirs.), Oxford University Press, pp. 62-119.
- ROSSETTI Y., REVONSUO A. (2000), « Beyond dissociations : reassembling the mind-brain after all ? », in *Beyond dissociation : Interaction between disassociated implicit and explicit processing*, ROSSETTI Y., REVONSUO A. (dirs.), Benjamins Amsterdam, pp. 1-16.
- ROSSETTI Y., RODE G. (2004), « De la motricité à l'action », in *L'Apraxie*, LE GALL D., AUBIN G. (dirs.), Solal, Marseille, pp. 15-44.
- ROSSETTI Y., PISELLA L. (2015), « Grandeur et décadence de la théorie des deux systèmes visuels », in *La Cognition spatiale*, D. PÉRENNOU, G. RODE, P. AZOUVI et V. BRUN (dirs.), Sauramps Médical, Montpellier, pp. 21-42.

- ROSSETTI Y., JACQUIN-COURTOIS S., CALABRIA M., MICHEL C., GALLAGHER S., HONORE J., LUAUTE J., FARNE A., PISELLA L., RODE G. (2015), « Testing cognition and rehabilitation in unilateral neglect with wedge prism adaptation : Multiple interplays between sensorimotor adaptation and spatial cognition », in *Clinical Systems Neuroscience*, Kansaku éd., Springer, Japan,
- ROSSETTI Y., JACQUIN-COURTOIS S., LEGRAIN V., BULTITUDE J., O'SHEA J. (2013), « Le syndrome douloureux régional complexe à la lumière des troubles de la cognition spatiale : des opportunités physiopathologiques et thérapeutiques », in *Syndromes douloureux chroniques en médecine physique et de réadaptation*, RIBINIK P., GENTY M. (dirs.), Springer-Verlag France, pp. 99-109.
- ROSSETTI Y., OTA H., BLANGERO A., VIGHETTO A., PISELLA L. (2010), « Why does the perception-action functional dichotomy not match the ventral-dorsal streams anatomical segregation : optic ataxia and the function of the dorsal stream », in *Perception, Action, and Consciousness. Sensorimotor dynamics and two visual systems*, GANGOPADHYAY N., MADARY M., SPICER F. (dirs.), Oxford University Press, pp. 163-181.
- ROSSETTI Y., RODE G. and GOLDENBERG G. (2005), « Perspectives in higher-order motor deficit rehabilitation. Which approach for which ecological result? », in *Higher-order motor disorders : from neuroanatomy and neurobiology to clinical neurology*, FREUND HJ., JEANNEROD M., HALLETT M., LEIGUARDA R. (dirs.), Oxford University Press, Oxford, pp. 475-498.
- ROSSETTI Y., RODE G., FARNÈ A., PISELLA L. (2008), « L'oubli du côté gauche », *La Recherche*, (415) : 476-480.
- ROSSETTI Y., RODE G., PISELLA L., BOISSON D., PÉLISSON D. (1999), « Tromper le cerveau pour le guérir », *La Recherche*, octobre 1999, pp. 31-35.
- ROSSETTI Y., RODE G., PISELLA L., FARNÈ A., LI L., BOISSON D., PERENIN MT., Prism adaptation to a rightward optical deviation rehabilitates left hemispatial neglect, *Nature*, 1998, 395(6698): 166-9.
- ROSSETTI Y., Implicit short-lived motor representations of space in brain damaged and healthy subjects, *Conscious Cogn.*, 1998, Sep, 7(3): 520-58.
- SARRAUTE N. (1989), *Tu ne t'aimes pas*, Gallimard.
- TILIKETE C., RODE G., ROSSETTI Y., PICHON J., LI L., BOISSON D., Prism adaptation to rightward optical deviation improves postural imbalance in left-hemiparetic patients, *Curr Biol.*, 2001, 11(7): 524-8.
- ZARIFIAN E., « Les jardiniers de la folie ». *Sciences humaines*. 1994, Paris : O. Jacob. 295