



HAL
open science

Action et imagerie mentale chez l'enfant

Marc Zabalia

► **To cite this version:**

Marc Zabalia. Action et imagerie mentale chez l'enfant. *L'Année psychologique*, 2002, 102 (3), pp.409-422. 10.3406/psy.2002.29599 . hal-03265762

HAL Id: hal-03265762

<https://normandie-univ.hal.science/hal-03265762v1>

Submitted on 28 Sep 2023

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.

Action et imagerie mentale chez l'enfant

par Marc Zabalía

ABSTRACT : *Action and mental imagery in children:*

This work extends comparative studies in children affected by Cerebral Palsy and able children. The aim of this research is the role of action in the mental image processes in 5-6 , 7-8 and 9-10 years old able children. A mental rotation task was presented to the children. In one group, children handle themselves the experimental device, in the other group, the device was handled by the experimenter. Results suggest that action supports the mental imagery processes at least until the age of 9-10 years. Mental imagery becomes independant from the concrete world about 9-10 years old, when a dynamic and flexible spatial thought is available to children.

Key words : *mental imagery, mental rotation, action, spatial representation.*

INTRODUCTION

Depuis les travaux de Piaget jusqu'aux théories actuelles de la cognition, le domaine du développement de l'imagerie mentale est marqué par des divergences de points de vue. Une opposition en particulier concerne le processus de rotation mentale, notamment les relations entre les opérations spatiales et les capacités de représentation de transformations et de mouvements. Pour Piaget et Inhelder (1966) en effet, la représentation imagée de mouvements n'est possible que lorsque l'image mentale est soutenue par les opérations de la pensée, c'est-à-dire pas avant 7 ou 8 ans. Ils considèrent que les représentations imagées sont statiques, qu'elles sont inaptes à figurer le mouvement. Elles sont centrées sur les états et non sur les transformations qui relient les états entre eux. Ce n'est qu'à partir de 7-8 ans que la mobilité de la pensée de l'enfant lui permet de représenter mentalement des actions sur des objets symboliques, car la pensée opératoire constitue le cadre dans lequel les transformations ou les mouvements peuvent être représentés.

¹ Maison de la Recherche en Sciences Humaines, F-14032 Caen Cedex. E-mail : zabalía@mrsh.unicaen.fr

Cette position n'est plus défendable depuis que l'on a montré que des enfants réussissaient une tâche de rotation mentale chronométrique dès l'âge de 4 ans (Marmor, 1975, 1977 ; Kosslyn, *et al.*, 1990). Pour dépasser ces contradictions, des positions théoriques alternatives ont émergé (Lautrey, 1990 ; Dean, 1990) et insisté sur le format de représentation impliqué dans les épreuves présentées aux enfants. En effet, les situations expérimentales sollicitent un mode de traitement analogique, holistique, lorsque l'image mentale est évaluée par des indices chronométriques et un mode de traitement propositionnel, analytique, lorsque l'imagerie mentale est évaluée par des réponses verbales, des dessins ou encore lorsque l'on utilise des stimuli géométriques. La mise en œuvre de l'un ou l'autre des modes de traitement des représentations imagées explique le décalage temporel observé entre les résultats piagétiens et ceux issus des courants cognitivistes (voir Lautrey et Chartier, 1987 pour revue). Cependant, ces oppositions ont eu également comme conséquence le rejet de la théorie piagétienne qui voit en l'action l'origine de la pensée imagée. Les modèles se sont alors tournés vers l'étude de la perception (Kosslyn, 1980 ; Kosslyn et Koenig, 1992). Jusqu'alors, les études expérimentales sur les propriétés des images mentales avaient mis l'accent sur le lien étroit entre imagerie et perception, avançant l'idée de l'existence d'une communauté de structures neuronales entre elles (Kosslyn, 1973 ; Kosslyn, *et al.*, 1978 ; Finke et Kosslyn, 1980). Tout en maintenant l'idée de ce lien, Kosslyn (1994) introduit le rôle de la motricité dans les images de transformations se rapprochant manifestement de la perspective piagétienne. Il suggère notamment que le système moteur est impliqué dans les images de mouvements car il guide le mouvement lui-même. Des données expérimentales soutiennent également l'hypothèse que la transformation des images mentales est guidée, au moins en partie, par des processus moteurs aussi bien lorsqu'il s'agit d'images d'objets géométriques que de parties du corps (Parsons, 1994 ; Parsons *et al.*, 1995 ; Cohen *et al.*, 1996 ; Wohlschlagel et Wohlschlagel, 1998 ; Wexler *et al.*, 1998). Et au delà, en accord avec les conceptions de

Shepard (1984), il semble que les représentations de transformations suivent de façon étroite les propriétés physiques du monde (Creem *et al.*, 2001). Au final, les récentes données empiriques et théoriques voient dans l'action une origine de l'imagerie mentale (voir Bideaud et Courbois, 1998 pour revue). Ces propositions théoriques renforcent les convergences et la complémentarité entre la théorie piagétienne et les travaux des neurosciences cognitives accréditant ainsi le postulat déjà très ancien qui considère que la construction de l'espace et des catégories de pensée part du corps et s'appuie sur nos expériences musculaires élémentaires (Poincaré, 1905).

Dans ce cadre, ce travail pose la question de savoir si la manipulation motrice du matériel par des enfants âgés en moyenne de 6 à 9;6 ans facilite la réalisation d'une tâche d'imagerie mentale. Cette étude concerne des enfants valides bien qu'elle prolonge des études comparatives d'enfants atteints d'Infirmitté Motrice d'origine Cérébrale (IMC) et d'enfants valides. Nous avons d'abord examiné l'évocabilité des deux systèmes de traitement des rotations mentales (Zabalia, 1999). Dans une tâche chronométrique classique, la présence de l'augmentation linéaire des temps de réponse en fonction des écarts angulaires entre les stimuli, révèle que les enfants IMC maîtrisent et utilisent une représentation imagée de type analogique. Cependant, les résultats d'une épreuve de sériation de séquence de rotation (d'après Dean, Scherzer et Chabaud, 1986) sont faibles chez les enfants IMC. La réussite à cette tâche nécessite une compréhension logique du mouvement de rotation. Sa réalisation mobilise non seulement une connaissance du processus de rotation mais aussi la possibilité d'avoir consciemment accès à cette connaissance.

Les caractéristiques du comportement moteur des enfants IMC permettent d'envisager le rôle de la motricité dans la construction de ces deux modes de représentations. La représentation imagée de type analogique, globale et indifférenciée s'appuierait sur la coordination progressive des mouvements et des déplacements. Bien que les situations qui

permettent aux enfants IMC d'accéder, de maîtriser et d'intégrer les notions spatiales soient moins nombreuses et expérimentées de façon moins active, elles leur offrent les éléments nécessaires à la construction de représentations imagées analogiques. Elles seraient construites sur la base d'expériences motrices engageant le corps dans son ensemble ; être porté et déplacé, se mouvoir, y compris dans un fauteuil. Mais les restrictions motrices ont un retentissement plus important au niveau de la construction d'un processus analytique, séquentiel, lequel dériverait des intériorisations de manipulations motrices et de leur coordination. Les restrictions motrices limitent la manipulation d'objets, la coordination d'actions, l'imitation motrice, toutes actions intériorisables et réversibles à l'origine des opérations de la pensée.

Cette idée est confortée par l'étude du rôle de l'action dans la représentation de formes en mouvement (Zabalia, 2000). Nous avons fait l'hypothèse que l'action motrice permet aux enfants IMC l'actualisation mentale des propriétés régissant les déplacements des objets en mouvement. D'après les résultats à une tâche informatisée d'emboîtement de formes qui s'apparente au jeu vidéo *Tétris* (Zabalia et Mellier, 1996), les enfants valides et les enfants IMC anticipent mentalement la transformation de la pièce avant le premier appui. Le temps de réponse témoigne du fait que le mouvement de la forme est représenté avant toute action. Ces résultats sont en accord avec nos résultats précédents (Zabalia, 1999). Cependant, s'ils ont anticipé mentalement le mouvement de la pièce, ils ne parviennent pas à décomposer mentalement ce mouvement pour agir sur la forme. Le nombre de manipulations de l'objet est supérieur à celui des enfants valides, chez qui il correspond au nombre d'actions requises.

Nos résultats renforcent l'idée de l'existence d'une représentation imagée de mouvements indépendante des structures opératoires de la pensée, nous pensons cependant que l'action joue un rôle central dans la construction d'une connaissance spatiale grâce à laquelle une compréhension logique des mouvements et des transformations est possible,

comme le concevaient Piaget et Inhelder (1966). L'objectif de cette recherche est d'étudier le rôle de support que fournit l'action dans les processus de représentation imagée, si ce rôle existe chez l'enfant valide ou bien s'il s'agit d'une spécificité des enfants IMC.

Notre investigation étudie l'effet de l'activité motrice dans une tâche de rotation mentale. Nous faisons l'hypothèse que la manipulation motrice du matériel facilite la réalisation d'une tâche de rotation mentale.

METHODE

1. POPULATION

La tâche a été présentée à 60 enfants scolarisés répartis en six groupes indépendants de dix enfants en fonction de leur âge et de leur affectation à une modalité de la passation (avec ou sans activité motrice). La passation a eu lieu au sein de l'institution scolaire.

	Avec manipulation motrice	Sans manipulation motrice
enfants de 5-6 ans	6;3 ans d'âge moyen (5;1 à 6;6)	6;1 ans d'âge moyen (5;3 à 6;4)
enfants de 7-8 ans	7;7 ans d'âge moyen (7;4 à 8;1)	7;6 ans d'âge moyen (7;6 à 8;3)
enfants de 9-10 ans	9;6 ans d'âge moyen (9;2 à 10;2)	9;9 ans d'âge moyen (9;5 à 10;4)

2. PROCEDURE

Le matériel (fig. 1) est constitué de deux plateaux de bois superposés, l'un fixe (37cm de diamètre) et celui du dessus mobile (21 cm de diamètre). Sur le grand disque, huit dessins symbolisent les angles de rotation de 0° à 360° par pas de 45°. Au centre du petit disque repose un personnage dans une boîte ronde (9 cm de diamètre) qui peut être fermée par un couvercle. On présente à l'enfant le personnage dans sa position canonique (tête à 0°) puis on détermine l'angle vers lequel la tête devra pointer une fois que le couvercle de la boîte aura été placé. Dans une condition, c'est l'enfant qui manipule lui-même le matériel, dans l'autre, c'est l'expérimentateur, auquel l'enfant devra indiquer le moment où il considère que la tête du personnage pointe vers l'angle choisi. Après chaque essai, l'expérimentateur replace le personnage dans sa position canonique à 0°, et ouvre la boîte afin que l'enfant puisse une nouvelle fois observer le personnage. Chacun des huit angles (45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°, 360°) est testé trois fois par condition soit 24 essais pour chaque enfant. Les différentes

orientations sont présentées dans un ordre aléatoire identique pour tous les sujets. Une marge d'erreur de plus ou moins 10° est acceptée.

Fig. 1.— *Matériel expérimental*
Experimental device

RESULTATS

Une MANOVA ne révèle aucun effet d'interaction entre l'âge et la condition de passation ($F(16,94) = 1.37, p < .17$). Le nombre de réussites augmente en fonction de l'âge, et pour les deux conditions de passation ($F(16,94) = 3.38, p = .0002$). Un test *post hoc* HSD de Tukey montre trois comparaisons par paires statistiquement significatives ($p < .05$). A 5-6 ans et à 7-8 ans, les performances des sujets ayant manipulé le matériel sont plus élevées que celles des sujets n'ayant pas eu d'activité motrice. Par contre, les enfants de 9-10 ans qui n'ont pas manipulé obtiennent des scores plus élevés. Ce qui apparaît clairement dans la figure 2.

Fig. 2. — pourcentages de réussites par groupe en fonction de la condition de passation.
Percentage of success for each group according to experimental conditions

L'analyse des performances de chacun des groupes d'âge permet d'observer une diminution progressive du nombre de réussites en fonction de l'orientation du personnage et ce, quelle que soit la condition de passation (fig. 3, 4 et 5). Cet indice reflète l'utilisation par les enfants d'un processus de rotation mentale analogique. En second lieu, il suggère que les enfants ont manifesté des difficultés pour maintenir l'image mentale. Le nombre d'erreurs augmente en fonction de la durée du parcours du personnage entre l'orientation finale et sa position de départ.

La diminution est statistiquement significative pour les groupes d'enfants ayant manipulé le matériel et pour les groupes sans activité motrice (respectivement à 5-6 ans, $F(8, 47) = 16.25, p < .001$; à 7-8 ans, $F(8,47) = 20.53, p < .001$; à 9-10 ans, $F(8,47) = 32.68 p < .001$).

Fig. 3. — Nombre de réussites des enfants de 5-6 ans en fonction des orientations du personnage.
Performances of 5-6 years old children according to orientations of the figurine

Fig. 4. — Nombre de réussites des enfants de 7-8 ans en fonction des orientations du personnage
Performances of 7-8 years old children according to orientations of the figurine

Fig.5. — Nombre de réussites des enfants de 9-10 ans en fonction des orientations du personnage.
Performances of 9-10 years old children according to orientations of the figurine

DISCUSSION

Les résultats indiquent que l'activité motrice entraîne de meilleures performances chez les enfants âgés de 5-6 ans et de 7-8 ans. Par contre, la manipulation motrice du matériel n'entraîne pas de meilleures performances chez les enfants de 9-10 ans. D'après la répartition des performances en fonction de l'orientation du personnage, on peut penser que les enfants ont eu recours à un processus de rotation mentale du personnage. Les performances diminuent progressivement car les enfants ont à maintenir mentalement plus longtemps l'image du personnage et ont simultanément à en imaginer le mouvement. Ceci indique que la réalisation ou l'observation du mouvement de rotation n'engage pas chez l'enfant le "principe de la moindre action" mis en évidence par Shepard et Cooper (1982) et qui consiste à suivre la trajectoire la plus courte et la plus simple. On sait par ailleurs que l'image mentale a un niveau de résolution limité (Finke et Kosslyn, 1980 ; Finke et Kurtzman, 1981a et b) et que la vitesse de rotation augmentent avec l'âge (Marmor, 1975 ; Kail *et al.*, 1980 ; Kail, 1985) réduisant ainsi le risque d'erreur.

L'épreuve utilisée dans l'expérience présente un niveau de difficulté supérieur à celui des tâches de rotation mentale classique. Dans notre étude, la représentation de la rotation suppose la construction préalable d'un cadre de référence stable. Dans les tâches classiques de comparaison d'états, le stimulus standard représentant la position canonique du personnage reste perceptivement disponible constituant alors une référence. Piaget et Inhelder (1966)

avaient montré, lors d'une expérience dans laquelle le sujet doit anticiper les positions d'un escargot sur un cadre, que la présence d'une fleur (une référence stable) entraîne 72 % de réussite dès 4-5 ans. Ce qui pour les auteurs signifie qu'il est plus facile d'imaginer les positions et l'orientation d'un mobile par rapport à un objet fixe qu'en fonction du mouvement (p. 111).

Globalement, on peut inférer de nos résultats que l'action facilite le processus imagé de mouvement et de transformation au moins jusqu'à l'âge de 9-10 ans, âge à partir duquel la représentation du mouvement semble s'affranchir d'un ancrage dans le réel, qu'il soit symbolisé par l'image ou soutenu par l'action.

Nos résultats sont compatibles avec l'hypothèse de Kosslyn (1994) lorsqu'il avance que le système moteur joue un rôle prépondérant dans les transformations d'images en guidant la transformation elle-même. On est d'ailleurs au cœur du point de vue piagétien dans le sens où il considère que l'image mentale ne devient fonctionnelle que guidée par des actions antérieures intériorisées c'est-à-dire les opérations. Il reste cependant à réfléchir sur la dimension développementale. Dans le cadre du modèle de Kosslyn, Bideaud et Courbois (1998), envisagent les programmes moteurs comme étant progressivement détournés de leur fonction effectrice pour simuler les déplacements du corps, les manipulations d'objets, et de fait, ils serviraient de guide aux images de transformations. On retrouve le point de vue piagétien, pour lequel les images mentales jouent un rôle nécessaire dans la connaissance en tant que matériau symbolique, mais pour Piaget ce rôle est secondaire en restant sous la dépendance constante des structures opératoires.

L'implication de l'activité motrice dans les processus de représentation imagée n'est donc pas une spécificité des enfants atteints d'IMC. Les restrictions motrices qui les caractérisent limitent la construction et l'intériorisation de boucles sensori-motrices manipulables mentalement, et comme nous l'avons vu précédemment, elles retentissent sur la

mise en œuvre d'un mode de traitement propositionnel. Les enfants IMC recourent plus volontiers à une stratégie de manipulation motrice, lorsque la tâche nécessite une décomposition et une recombinaison du mouvement. Nous l'interprétons comme le témoignage du rôle de support que fournit l'action dans les processus de représentation de mouvement et de transformation. Les résultats obtenus auprès des enfants valides nous laissent penser que ce que l'on observe chez les enfants IMC n'est pas seulement une stratégie adaptative permettant de dépasser leur difficulté, il semble que l'intégration de coordinations sensori-motrices et les expériences de déplacement enrichissent la pensée imagée tout au long du développement de la connaissance spatiale .

CONCLUSION

Nos données expérimentales confirment que la motricité n'intervient pas de façon momentanée et uniquement dans l'émergence de l'imagerie mentale, ni seulement comme un guide dans les représentations imagées de transformations ou de déplacements. L'action intervient durant toute la genèse de la connaissance spatiale. La motricité constitue le matériau de base à l'origine de l'image mentale, mais son rôle s'étend au delà. Au moins jusqu'à l'âge de 8 ou 9 ans, l'image est ré-évoquée, reconstruite, restructurée, sur la base des nouvelles expériences du sujet dans son rapport à l'espace. Le signifié que l'image symbolise, et notamment lorsqu'il s'agit d'espace, est sans cesse enrichi de nouvelles significations. C'est grâce à cet apport de l'activité motrice que l'image mentale dépasse la simple évocation du réel pour finalement s'en affranchir et permettre la connaissance spatiale. La même image du monde peut ainsi être reconstruite, lue et relue par *l'œil de l'esprit* en fonction des besoins et ré-interprétée en fonction du développement psychologique du sujet. C'est l'indépendance de l'image mentale vis-à-vis du réel, c'est-à-dire la possibilité de représenter le mouvement, les transformations, d'anticiper les changements du monde qui est la condition d'une pensée

spatiale mobile, flexible et inventive. Ceci se traduit par le passage d'une représentation spatiale à un système de représentation, un espace de calcul au sens de Gréco (1978). Il paraît probable que c'est à ce moment là que cette pensée spatiale sera pleinement exprimable par le langage. Pour Hermer-Vasquez et Spelke (1999), le langage intervient dans le développement de la flexibilité de la pensée spatiale, et plus généralement, ses propriétés spécifiques en font la fonction privilégiée pour constituer un système combinatoire de représentation responsable de la flexibilité cognitive particulière à l'humain (Hermer-Vasquez *et al.*, 2001).

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Laurence Tesse pour la réalisation du dispositif expérimental et l'aide apportée à la collecte des données.

RESUME

Ce travail prolonge une série d'études comparatives entre enfants atteints d'Infirmité Motrice d'origine Cérébrale et enfants valides. L'objectif de cette recherche est d'étudier le rôle de support que fournit l'action dans les processus de représentation imagée chez des enfants valides âgés de 5-6, 7-8 et 9-10 ans. Nous avons présenté à deux groupes d'enfants une tâche de rotation mentale. Dans un groupe, les enfants manipulent eux-mêmes le matériel, pour l'autre groupe, c'est l'expérimentateur qui effectue la rotation du dispositif.

Nos résultats suggèrent que l'action facilite le processus imagé de mouvement et de transformation au moins jusqu'à l'âge de 9-10 ans. Ils sont interprétés comme étant le témoignage du rôle de support que constitue l'activité motrice dans le développement de la pensée imagée, laquelle s'affranchit d'un ancrage dans le réel vers 9-10 ans, âge auquel les enfants disposent d'une pensée spatiale mobile et flexible.

Mots clés: imagerie mentale, rotation mentale, action, représentation de l'espace.

BIBLIOGRAPHIE

- Bideaud J., Courbois, Y. — (1998) *Image mentale et développement*, Paris: Presses Universitaires de France.
- Cohen M. S., Kosslyn S. M., Breiter H. C., DiGirolamo W. L., Thompson W.L., Anderson A. K., Bookheimer S. Y., Rosen B. R., Belliveau J. W. — (1996) Changes in cortical activity during mental rotation. A mapping study using functional MRI, *Brain*, 119, 89-100.
- Creem S.H., Wraga M., Proffitt D.R. — (2001) Imagining physically impossible self-rotations: geometry is more important than gravity, *Cognition*, 81, 41-64.
- Dean A.L. — (1990) The development of mental imagery : a comparison of piagetian and cognitive psychological perspectives, *Annals of Child Development*, 7, 105-144.

- Dean, A.L., Scherzer, E., Chabaud, S. — (1986) Sequential ordering in children's representations of rotation movements. *Journal of Experimental Child Psychology*, 42, 99-114.
- Finke R.A, Kosslyn S.M. — (1980) Mental imagery acuity in the peripheral visual field, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 6, 244-264.
- Finke R.A, Kurtzman H.S. — (1981a) Area contrast effects upon perceptual and imagery acuity, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7(4) 825-832.
- Finke R.A, Kurtzman H.S. — (1981b) Mapping the visual field in mental imagery, *Journal of Experimental Psychology: General*, 110, 501-517.
- Gréco P. — (1978) Toutes sortes d'espaces ou : les positions, les figures et le calcul. In Azémar G. et al. (Edit.) *Approches psychopathologiques de l'espace et de sa structuration* (p. 157-165), Paris: Presses Universitaires de France.
- Hermer-Vasquez L., Spelke S., Katsnelson A.S. — (1999) Sources of flexibility in human cognition: Dual-task studies of space and language, *Cognitive Psychology*, 39, 3-36.
- Hermer-Vasquez L, Moffet A., Munkholm P. — (2001) Language, space and the development of cognitive flexibility in humans: the case of two spatial memory tasks, *Cognition*, 79, 263-299.
- Kail R. — (1985) Development of mental rotation: A speed accuracy study? *Journal of Experimental Child Development*, 40, 181-192.
- Kail R., Pellegrino J., Carter P. — (1980) Developmental changes in mental rotation, *Journal of Experimental Child Psychology*, 29, 102-116.
- Kosslyn S.M. — (1973) Scanning visual images: Some structural implications, *Perception & Psychophysics*, 14, 90-94.
- Kosslyn S.M., Ball T.M., Reiser B.J. — (1978) Visual images preserve metric spatial information: evidence from studies of images scanning, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4, 47-60.
- Kosslyn S.M. — (1980) *Image and mind*, Cambridge (Mass): Harvard University Press.
- Kosslyn S.M., Koenig O. — (1992) *Wet mind: the new cognitive neuroscience*, New York: The Free Press.
- Kosslyn S.M., Margolis J.A., Barrett A.M., Goldknopf E.J. — (1990) Age differences in imagery abilities, *Child Development*, 61, 995-101.
- Kosslyn S.M. — (1994) *Image and brain : the resolution of the imagery debate*, Cambridge: MIT Press.
- Lautrey J. — (1990) Unicité ou pluralité dans le développement cognitif : les relations entre images mentales, action et perception, In G. Netchine-Grymberg (Edit.), *Développement et fonctionnement cognitifs chez l'enfant* (p.71-89), Paris: Presses Universitaires de France.
- Lautrey J., Chartier D. — (1987) Images mentales de transformations et opérations cognitives, une revue critique des études développementales, *l'Année Psychologique*, 87, 581-602.
- Marmor G. S. — (1975) Development of kinetic images : when does the child first represent movement in mental images ? *Cognitive Psychology*, 7, 548-559.
- Marmor G. S. — (1977) Mental rotation and number conservation: Are they related ? *Developmental Psychology*, 13(4), 320-325.
- Piaget J., Inhelder B. — (1966) *L'image mentale chez l'enfant*, Paris, Presses Universitaires de France.
- Parsons L. M. — (1994) Temporal and kinematic properties of motor behavior reflected in mentally simulated action, *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 20, 709-730.

- Parsons L. M., Fox P. T., Downs J. H., Glass T., Hirsch T. B., Martin C. C., Jerabek P. A., Lancaster J. L. — (1995) Use of implicit motor imagery for visual shape discrimination as revealed by PET, *Nature*, 375, 54-58.
- Poincaré H. — (1905) *La valeur de la science*, Paris, Flammarion.
- Shepard R.N., Cooper C.A. — (1982) *Mental images and their transformations*, Cambridge, MIT press.
- Shepard R.N. — (1984) Ecological constraints on internal representation: resonant kinematics of perceiving, imagining thinking and dreaming, *Psychological Review*, 91(4), 417-447.
- Wexler M., Kosslyn S. M., Berthoz A. — (1998) Motor processes in mental rotation. *Cognition*, 68(1), 77-94.
- Wohlschlager A., Wohlschlager, A. — (1998) Mental and manual rotation, *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 24(2), 397-412.
- Zabalía M., Mellier D. — (1996) Effets d'exercice de rotation mentale sur le traitement des relations topologiques élémentaires chez des enfants handicapés moteurs, *Les Archives de Psychologie*, 64, 67-82.
- Zabalía M. — (1999) Traitement analogique et traitement propositionnel des rotations mentales chez les enfants IMC, *l'Année Psychologique*, 99,75-97.
- Zabalía M. — (2000) The role of action in the representation of moving shapes in children with cerebral palsy, *Current Psychology Letters, Behaviour, Brain and Cognition*, 2, 71-78.

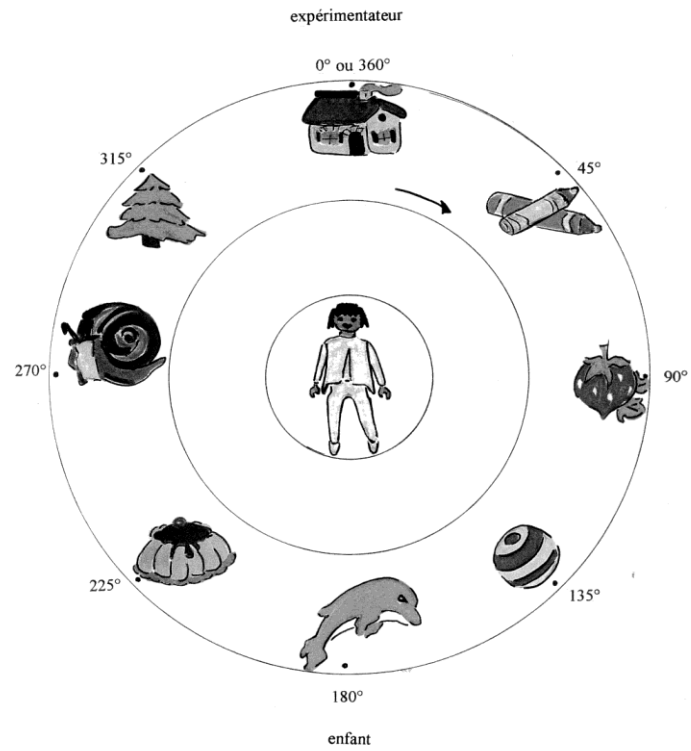


Figure 1

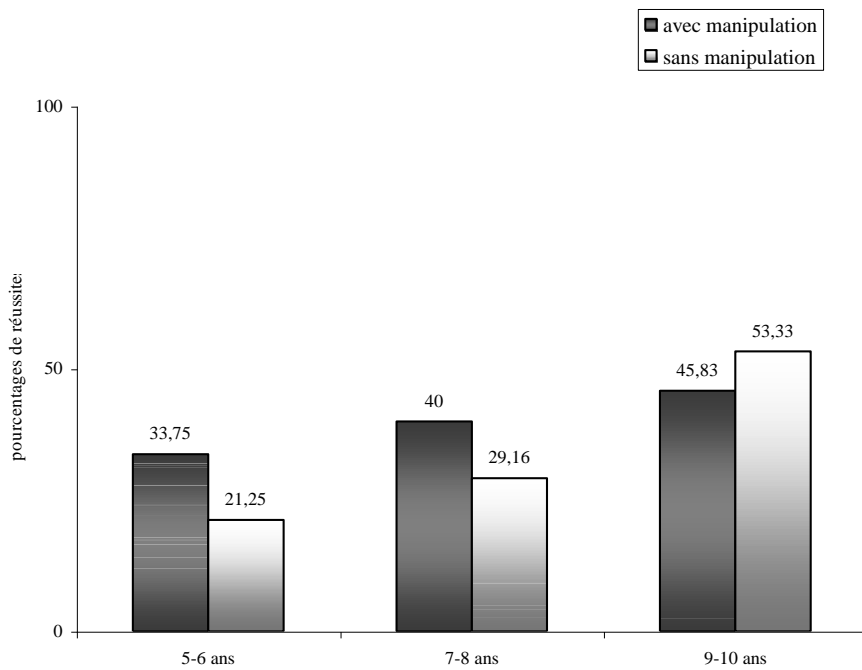


Figure 2

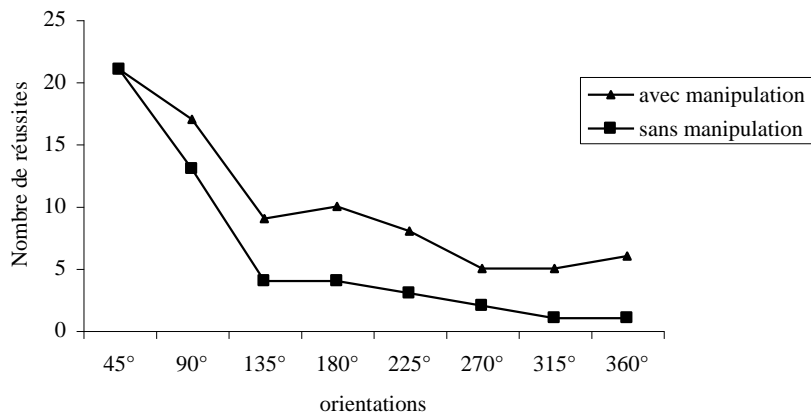


Figure 3

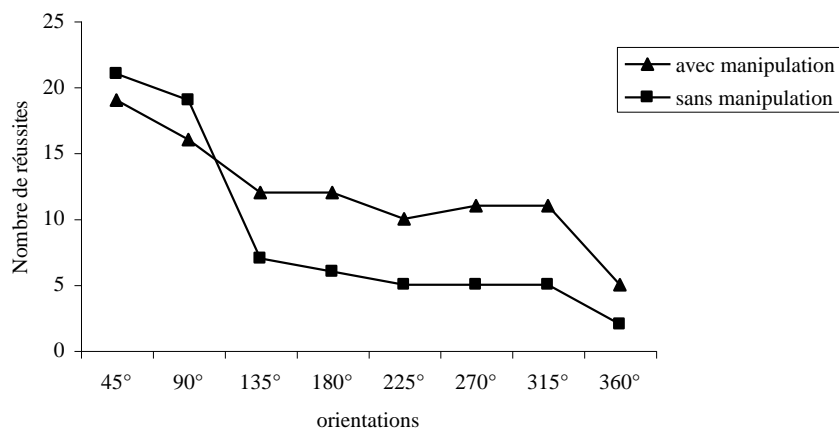


Figure 4

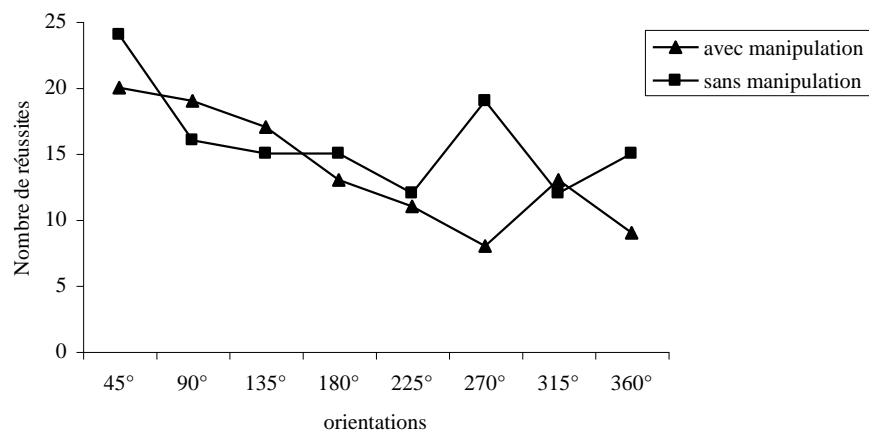


Figure 5

Fig. 1.— *Matériel expérimental*
Experimental device

Fig. 2. — Pourcentages de réussites par groupe en fonction de la condition de passation.
Percentage of success for each group according to experimental conditions

Fig. 3. — Nombre de réussites des enfants de 5-6 ans en fonction des orientations du personnage.
Performances of 5-6 years old children according to orientations of the figurine

Fig. 4. — Nombre de réussites des enfants de 7-8 ans en fonction des orientations du personnage
Performances of 7-8 years old children according to orientations of the figurine

Fig.5. — Nombre de réussites des enfants de 9-10 ans en fonction des orientations du personnage.
Performances of 9-10 years old children according to orientations of the figurine